ISSN 2221-7975

ТРУДЫ

СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФИЛИАЛА
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ»

ЧАСТЬ I

РОСТОВ-НА-ДОНУ
2019

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного
Знамени федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

ТРУДЫ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФИЛИАЛА
МОСКОВСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ
ЧАСТЬ I

Подготовлены по результатам
Международной научно-практической конференции
«ИНФОКОМ – 2019»
29 – 30 апреля 2019 года

Ростов-на-Дону
2019

УДК 621.396.1

ББК 32

Т 78

Т 78 Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть I - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019, 566с.

Сборник зарегистрирован в международном центре ISSN (ISSN 2221-7975) и включен в перечень журналов РИНЦ

Сборник размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.skf-mtusi.ru

В настоящий сборник включены статьи, подготовленные по результатам работы XII-ой Международной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2019», которая проходила 29-30 апреля 2019 г. в СКФ МТУСИ. Сборник объединяет статьи по актуальным научным направлениям создания, совершенствования, перспективного развития современных технологий обработки и передачи информации, а также инфокоммуникационных технологий в сфере менеджмента, экономики, и образования.

Материалы статей, представленных в сборнике, даны в авторской редакции.

Сборник рассчитан на научных сотрудников, аспирантов, студентов и специалистов, работающих в области современных технологий связи, информационных технологий обработки информации, инфокоммуникационных технологий в образовании и в сфере экономики предприятий связи.

Составление, дизайн, редакционная верстка сборника: Рыбалко И.П., Головенко М.В.

© СКФ МТУСИ, 2019

Подписано в печать __.__.2019
Формат 60x84/8. Печать офсетная. Тираж 50 экз.
Полиграфический центр «Университет» СКФ МТУСИ,
Ростов-на-Дону, 344002, ул. Серафимовича, 62

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ I

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

А.А. Манин, М.В. Полякова, Е.Г. Чуб, О.И. Соколова Оценка дисперсионной матрицы шумов дискретных измерений с использованием нерегулярных точных наблюдений..... 15

Е.Е. Герасимова Исследование задержек в сенсорной сети..... 24

А.А. Волкова, В.Н. Трофименко, Л.Н. Харченко Управление угловыми скоростями ка на основе прогнозирующей моделью..... 27

А.В. Зуев Функционирование системы распределения канального ресурса в когнитивных сетях..... 32

А.Л. Светлаков, В.Т. Куанышев Описание архитектуры NG-RAN для сетей 5G..... 36

Е.В. Землякова, Н.А. Шустова, Н.В. Болдырихин, И.А. Сосновский Перспективы развития сетей 5G..... 39

К.Д. Никишкин, М.Г. Городничев Возможности применения машинного обучения в медицине..... 42

К.Э. Большаков, Н.И. Ильиных Маломодовые и многосердцевинные оптические волокна..... 47

О.А. Бистерфельд Адаптивная передача данных через спутник-ретранслятор на геостационарной орбите..... 55

А.Б. Фокин, К.А. Батенков, Д.В. Шелковый Расчет надежности сети методом объединения связных подграфов с поглощением..... 66

А.И. Сосновский, И.А. Сосновский Программное обеспечение для мониторинга пакетной сети передачи данных..... 72

А.С. Брик, А.В. Ливадный, С.А. Швидченко Анализ имеющихся беспроводных CAN-адаптеров и сравнению модулей беспроводной связи..... 76

А.С. Новиков, М.А. Щелоков, С.В. Коробенко, И.А. Сосновский Расширение функций бортового радиоэлектронного оборудования системы «ЭРА-ГЛОНАСС» для повышения эффективности перевозок автомобильным транспортом..... 79

А.С. Новиков, М.А. Щелоков, С.В. Коробенко, И.А. Сосновский Автомобильный радар для оповещения водителя о дефектах дорожного покрытия..... 82

Б.Г. Ибрагимов, А.М. Исаев, Р.А. Ганифаев Исследования показателей эффективности мультисервисных сетей связи на базе архитекурных концепций FN..... 84

Б.Г. Ибрагимов, Э.М. Джафарова Исследование и анализ параметров нелинейных эффектов в волоконно-оптических системах передачи..... 90

В.А. Данилов, Л.В. Данилова Эффективность амплитудного подавления негауссовских помех, обусловленных отражением радиолокационного сигнала от взволнованной морской поверхности..... 96

В.Г. Кобак, В.М. Поркшеян, Г.А. Артозей, А.Г. Жуковский Параллельный подход к решению однородной минимаксной задачи с неопределенностями при использовании модифицированной модели Голдберга..... 100

В.Д. Михальчук, А.А. Павлов, В.А. Савельев Интернет вещей. Основные концепции и возможные последствия..... 104

А.В. Бизяев Исследование параметров сплавных оптических разветвителей FBT..... 108

В.А. Буковшин, Н.В. Болдырихин Сравнительное исследование технологий анализа интенсивности сетевого трафика..... 112

В.А. Данилов, Л.В. Данилова, В.И. Юхнов, А.С. Усик Вероятностные характеристики обобщенной огибающей негауссовского случайного процесса..... 116

В.В. Березовский, А.С. Володичев, С.А. Швидченко Анализ особенностей построения L3VPN сетей с целью организации сети для распределенных предприятий холдинга «Объединенные кондитеры» 124

В.В. Березовский, С.А. Швидченко, А.М. Коршун, М.А.А. Абделмаксуд Анализ проблемы создания клиентской L3VPN сети на платформе регионального оператора связи ростовского филиала ПАО «РОСТЕЛЕКОМ» 127

В.В. Березовский, С.А. Швидченко, А.М. Коршун, М.А.А. Абделмаксуд Анализ оборудования для организации связей между ядром сети и устройствами распространения сети провайдера..... 131
В.В. Ершов, Н.В. Руденко, С.В. Гладыщук, В.В. Куликов Применение вихревых ветроэнергетических установок для автономного электроснабжения объектов связи..... 135
В.В. Харченко, С.М. Козловский, Д.В. Харченко Решение электродинамической задачи анализа цилиндрической антенны..... 142
В.Г. Кобак, А.А. Пешкевич, А.Г. Жуковский Использование различных подходов к элитизму в генетическом алгоритме при решении задачи коммивояжера..... 149
В.И. Юхнов, И.А. Енгибарян, О.А. Сафарьян, И.А. Пилипенко Моделирование сигналов в распределенных информационно-измерительных системах..... 152
В.И. Юхнов, И.А. Енгибарян, О.А. Сафарьян, И.А. Сахаров Оценка вариации Аллана при использовании метода статистической стабилизации частоты генераторов..... 156
В.С. Дарморезов, С.А. Швидченко Сравнение методов интерполяции графиков поправки, учитывающих рельеф местности, для расчета зон покрытия вышек базовых станций..... 160
В.С. Дарморезов, С.А. Швидченко Программная реализация моделей Волфиша-Икегами И Окамура-Хата для нахождения оптимальной модели расчета зон покрытия вышек базовых станций для различных типов рельефа..... 165
Г.В. Симонов, Е.В. Ерохина Современные методы TQM и системы управление знаниями – «Knowledge managment» 169
Д.А. Волчков, В.Г. Орлов Структурные принципы построения сканеров для 3D визуализации VR-проектов..... 174
Д.А. Овчинников, С.А. Баранов Применение сетчатого рефлектора для повышения эффективности излучения частотнонезависимых антенн..... 181
Д.В. Денисов, Д.В. Феденев Уязвимость в сетях Ethernet и методы обнаружения вмешательства..... 188
Д.В. Маршаков Алгоритм нейросетевого преобразования символьных сообщений..... 194
Д.Е. Демидов, Н.В. Будылдина Исследование особенностей применения нечеткой логики в сервис-ориентированной маршрутизации..... 198
Д.И. Брехов, И.А. Молоковский Исследование изменений показателей качества обслуживания в беспроводных инфокоммуникационных сетях..... 213
Д.И. Крылов, П.В. Лобзенко WEB-приложение для управления свободным персоналом на основе нереляционной базы данных..... 219
Е.А. Насибулин, Д.В. Кусайкин Анализ параметров современных оптических сплиттеров пассивных оптических сетей..... 222
Е.В. Букрина, Е.И. Гниломедов Блокчейн – сквозная технология цифровой экономики..... 227
Е.В. Игначкова, П.В. Лобзенко Организация связи в распределенных VPN виртуальных сетях..... 234
Е.В. Кубах, И.В. Щербань, Н.Е. Кириленко Алгоритмы частотного анализа биомедицинских электрограмм..... 237
И.Ш. Жаббаров, Т.Д. Фатхулин Обоснование выбора системы виртуализации, предоставляющей необходимый функционал для предприятия заданного уровня..... 241
И.В. Калиенко, И.Г. Попова Построение диаграммы направленности светодиодов по экспериментальным данным в виде непрерывной гладкой функции на основе метода сплайн-аппроксимации..... 249
И.В. Решетникова, Д.А. Иевлева Показатель уровня обслуживания в контакт-центрах..... 257
И.Н. Герасимов, Н.И. Герасимов, О.В. Левада Способ построения оптических многозначных элементов памяти..... 260
И.С. Охрицкий, П.В. Лобзенко Разработка конфигурации «Товарный учет 1.0» на платформе 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ..... 269
К.А. Батенков Симуляция мультисервисных сетей с помощью программной среды Riverbed..... 274

К.А. Батенков, А.В. Королев, В.В. Новиков, А.Н. Орешин Анализ качества восприятия речевого трафика IP сетей..... 278
К.А. Батенков, И.М. Гузяков, М.В. Илюшин, М.В. Стремоухов Анализ влияния импульсных шумов в абонентских линиях с помощью программной среды Mathcad..... 284
К.С. Давыдов, Г.В. Ухов, Т.Д. Фатхулин Анализ ключевых особенностей технологии программно-конфигурируемых сетей (SDN) 288
М.А. Максимов, И.А. Молоковский Анализ помехоустойчивости систем радиосвязи, использующих технологию MIMO..... 296
М.В. Деремов, Н.В. Руденко, В.В. Ершов, Г.З. Махаури Анализ возможности использования ветроэнергетических установок для электроснабжения автономных объектов связи крайнего севера..... 303
Н.В. Болдырихин, А.А. Манин, И.П. Рыбалко, С.А. Качнов Анализ технологий ZIGBEE..... 311
Н.В. Болдырихин, Д.А. Короченцев, А.Н. Манакова, С.А. Качнов Особенности использования динамических моделей при описании сетевого оборудования в задачах мониторинга..... 314
Н.С. Пшевский, Е.В. Глушак Анализ беспроводных технологий, беспроводные технологии передачи данных..... 320
Н.Ю. Батурина, И.В. Калиенко, К.А. Кашуба, Н.И. Абрамова Иследование, расчет и анализ влияния фазовых сдвигов громкоговорителя на амплитудно-частотную характеристику разделительного фильтра..... 330
О.В. Игнатьева, О.Г. Ведерникова Сравнительный анализ алгоритмов программирования для сортировки данных..... 335
П.Н. Башлы, Д.А. Безуглов, В.И. Юхнов Анализ методов фильтрации изображений в условиях аддитивных помех..... 346
С.Ю. Андреев, Р.Б. Трегубов, А.Г. Коркин Решение задачи выбора пропускных способностей каналов связи IP-сети, в которой реализуется система дифференцированного обслуживания..... 353
Ю.В. Иванов Выбор амплитудно-фазового распределения в антенных решетках с частотно-независимыми диаграммами направленности..... 358
Ю.В. Иванов Формирование частотно-независимых пеленгационных характеристик в антенных решетках..... 362
Ю.О. Гусева, Н.В. Будылдина Определение местоположения мобильного устройства на основе алгоритма латерации..... 367
Ю.С. Мамошина, Е.В. Глушак Исследование параметров беспроводных сенсорных сетей с помощью программы OMNET++..... 372
Н.В. Руденко, Я.Н. Тузко, Я.А. Куцкий Физическое моделирование гибридной энергетической установки для электропитания базовых станций сотовой связи..... 376
А.В. Елисеев, А.Г. Жуковский, Н.И. Кундрюкова, Д.О. Салдаев Комплексированный алгоритм фильтрации измерений..... 382
А.В. Елисеев, А.Г. Жуковский, Н.И. Кундрюкова, Д.О. Салдаев Обзор методов определения местоположения мобильной станции в сотовых сетях связи..... 390
А.Е. Бачерикова, Е.В. Ерохина Развитие информационной и коммуникационной инфраструктуры регионов Российской Федерации..... 397
Б.П. Борисов, В.С. Волков Мобильные сети пятого поколения и их влияние на развитие интернета вещей..... 403
В.Г. Кобак, Ю.П. Липченко, А. Далаева, Д.А. Жуковский Решение задачи коммивояжера с помощью модели Холланда..... 409
В.И. Новосельцев, В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский Использование элитных особей в генетическом алгоритме..... 413
А.А. Манин, С.В. Соколов, Е.Г. Чуб Аналитическая оценка параметров возмущений в дискретном стохастическом фильтре на основе нерегулярных точных наблюдений..... 420
А.С. Огарь, О.А. Лаврентьев Расчет качества передачи дискретных сообщений в ВЧ канале с использованием имитационной модели..... 430
А.С. Огарь, О.А. Лаврентьев Методика построения системы радиоконтроля в период проведения культурно-массовых и общественно-значимых мероприятий..... 435
Е.Н. Клеменова, Е.С. Пенькова Адаптация новых форматов информации в веб среде..... 441

А.А. Абрамов, В.Г. Кобак Процесс обработки и отображения железнодорожных объектов полигона..... 446
А.В. Бородин, А.А. Бородина Пьезоэлектрический эффект и его применение в трансформаторах..... 450
А.Д. Блинков, А.Н. Чикалов Исправление дефектов программного обеспечения..... 454
Д.А. Власов, А.Н. Чикалов Программа-конструктор цифровых схем..... 464
С.А. Качмар, А.Н. Чикалов Моделирования графики при помощи шейдеров DirectX..... 467

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник, П.В. Закалкин, Р.А. Корнюшенко Концепция проведения наступательных операций в киберпространстве..... 473
М.Г. Гизатуллин, В.А. Цепаев Некоторые аспекты реализации вредоносного кода на вычислительное устройство пользователя при работе с ресурсами сети интернет..... 478
А.В. Нечаев Антифрод системы и принципы их работы..... 481
А.А. Бречко, Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник Обеспечение информационной безопасности виртуальных частных сетей, создаваемых на базе сетей передачи данных общего пользования..... 488
А.Г. Кирхеев, В.А. Головской, Е.В. Мазур Предложения по выбору оптимальной программной конфигурации специальных робототехнических комплексов..... 495
А.Э. Боярчук, В.И. Юхнов Принципы аудита информационной безопасности киберустойчивой компании..... 499
А.Э. Боярчук, В.И. Юхнов, Ю.В. Жабинский Технологический подход в борьбе с нежелательной информацией в корпоративной почте..... 504
В.Д. Михальчук, Н.В. Болдырихин Применение методов деанонимизации..... 510
Г.П. Солдатова, Н.В. Болдырихин Об использовании распределения символов в методе ассоциативного поиска..... 513
Д.В. Жеделёв, В.Ю. Золотов, Н.В. Болдырихин Особенности программной реализации организации хранения файлов на сервере методом Рабина..... 515
Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник, П.В. Закалкин, Р.А. Корнюшенко Классификация способов несанкционированного доступа к волоконно-оптическим линиям связи..... 520
Е.В. Попенко, Н.В. Болдырихин Анализ существующих кейлоггеров..... 525
И.И. Поляков, В.И. Юхнов, Н.О. Светличная Экосистема ультразвукового прослушивания как проблема нарушения анонимности пользователя индивидуальных средств связи в сети..... 529
И.С. Вербенко, Д.Д. Деев, Н.В. Болдырихин Сравнительный анализ алгоритмов распознавания речи..... 533
П.С. Шевчук, Ю.В. Жабинский, М.Ю. Щерба Технические средства таможенного контроля как инструмент обеспечения авиационной безопасности..... 537
Ю.И. Стародубцев, Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник, И.Р. Ахмадиев Способ мониторинга состояния информационно-телекоммуникационных сетей..... 540
М.Г. Гизатуллин, Д.В. Варакосов Использование программных средств защиты информации лицами, которые осуществляют деяния противоправного характера..... 550

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ..... 553
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ..... 565

ЧАСТЬ II

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕТЕХНОЛОГИИВ СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ, ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА

Е.А. Кузнецова, А.А. Бородина, Д.Л. Устименко Аспекты развития современного информационного общества..... 15
Е.В. Тихонов Коллективных разум в коммуникационных сетях..... 18
А.В. Перепечаев, И.П. Рыбалко Применение технологии Blockchain в сфере недвижимости..... 22
И.В. Головина Компетентностная модель образования: трудности реализации..... 26
Л.А. Гаевская, Е.Р. Сабинина Роль физической культуры и спорта в формировании культуры здоровьесбережения у студенческой молодежи..... 31
Н.В. Карпиленя Духовно-нравственные ценности народа России как фундамент реализации в образовании национальных интересов для устойчивого развития государства..... 34
А.А. Горбачев, Н.В. Болдырихин Анализ однослойных и многослойных нейронных сетей, их сравнение и выявление наилучших сторон программным методом..... 45
А.А. Мержвинский, А.А. Нерсесянц Об объектах теории информации..... 49
А.А. Пожидаева Формирование теории сетевого общества..... 62
А.А. Санников, В.Т. Куанышев Спектральный состав сигнала и оценка скорости распространения звуковых колебаний механической системы..... 65
А.Н. Карлаш, П.И. Рыбалко Инфокоммуникационные технологии в сфере трудоустройства..... 71
А.П. Зверев, В.А. Зверев, И.П. Рыбалко, Г.С. Прудников Один из способов из определения вероятности возгорания торфянников..... 75
А.С. Голубовская, Е.В. Ерохина Роль информационных и коммуникационных технологий в современных управленческих системах..... 80
А.С. Колмогорова, Е.Ю. Елисеева, Ю.В. Заварыкина Исследование закономерностей налоговых поступлений в консолидированный бюджет России в период с 2008 по 2018 годы методами эконометрического анализа..... 85
В.В. Березовский Техника и разум..... 88
В.Д. Дегтярев, И.В. Щербань Алгоритмы частотного анализа биомедицинских электрограмм..... 92
В.О. Зехцер, Е.А. Ревякина Анализ методов поддержки принятия решений..... 100
Д.А. Жуковский, Т.В. Гапоненко, В.В. Юрьева, С.В. Гладыщук Оценка эффективности внедрения информационных технологий..... 106
Е.М. Блинков, В.Т. Куанышев Экосистемы интернета вещей..... 113
Е.И. Горожанина, М.С. Бубнова Совершенствование рабочего цикла оператора нефтегазовой компании путем проектирования модуля интеллектуальной информационной системы..... 124
Е.О. Ткачук Автоматизация обработки оценок образовательных достижений обучающихся, полученных в среде LMS MOODLE..... 128
Е.Ю. Шаламова, Ю.В. Заварыкина, И.Е Черниковская Исследование зависимости уровня покупаемых автомобилей в России от некоторых социальных факторов методами множественного регрессионного анализа..... 135
И.В. Головина, Д.Ю. Довжанский Сетевой эффект и его последствия..... 141
И.И. Салифов, Д.П. Пузырева Организация резервирования оптических трактов в системах WDM..... 147
К.А. Индюхов, К.А. Батенков Оценка нестационарных случайных данных непараметрическими методами..... 152
К.О. Серебрякова, Е.В. Ерохина Способы обеспечения эффективности цифровой экономики..... 155
О.В. Алимова, А.Н. Карлаш, П.И. Рыбалко Проблемы правового регулирования национальной платёжной системы «МИР» 159

С.А. Докучаев, Г.С. Костецкая, Н.О. Светличная Особенности реализации компетентностного подхода в преподавании общенаучных дисциплин в условиях перехода к новым образовательным стандартам..... 162
С.И. Гонта Проблемы информатизации и компьютеризации общества..... 166
Д.А. Жуковский, Т.В. Гапоненко, В.В. Юрьева, С.В. Гладыщук Развитие применения мультимедийных технологий в управлении современными организациями..... 171
Т.В. Гапоненко, Д.А. Жуковский, В.В. Юрьева, Д.С. Дурниян К вопросу об управлении бизнес-процессами телекоммуникационной организации..... 176
Э.А. Бинеев, В.П. Попова Профессионально-психологические аспекты травматизма..... 182
Е.В. Юрченко, Н.В. Будылдина Туманные вычисления интернет вещей..... 186
А.И. Сакалова, С.В. Гладыщук, Б.Б. Конкин О применении компьютерной программы MYTEST..... 197
С.А. Докучаев, Г.С. Костецкая, О.В. Моногаров Математические студенческие олимпиады как необходимый элемент формирования общепрофессиональной компетенции (ОПК-1) бакалавров в области инфокоммуникаций..... 202

STATE AND PROSPECTS OF INFOCOMMUNICATIONS DEVELOPMENT

K.S. Teplov, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva Radio control and data transfer of unmanned aerial vehicles..... 205
N. Tkacuks, E.O. Tkachuk The features of circuitry of a controller of the wind turbines generators..... 207
N.N. Nuriev, A.S. Meleshin, N.O. Svetlichnaya Believe that radio photonics as the basis of creating integrated structures of onboard radar systems, navigation systems and high-speed communication and data transmission systems..... 217
N.O. Grothdovsky, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva On-board multiservice network of aircraft as an element hybrid wireless-optical broadband network access to aviation infrastructure..... 219
S.S. Manakov, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva Ways of improving radio systems define the parameters of aircraft movements..... 221
F.V. Madinsky, A.S. Meleshin, N.O. Svetlichnaya Structure of aviation radio communication and direction of its improvement..... 224
Ya.B. Konstantinova, G.A. Kalinchenko, N.O. Svetlichnaya, M. D. Karepanova The features of a modern ultrasonic piezoelectric transducer..... 228

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ..... 231
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ..... 243

CONTENTS

PART I

STATE AND PROSPECTS OF IFOCOMMUNICATION DEVELOPMENT

A.A. Manin, M.V. Polyakova, Ye.G. Chub, O.I. Sokolova Estimation of the dispersion matrix of discrete noises measurements using irregular precise observations..... 15
E.E. Gerasimova The research of delays in the sensor network..... 24
A.A. Volkova, V.N. Trofimenko1, L.N. Kharchenko Management of angular velocities ka based on the predictive model..... 27
A.V. Zuev Functioning of the system of distribution of the channel resource in cognitive networks..... 32
A.L. Svetlakov, V.T. Kuanishev NG-RAN architecture description for 5G networks..... 36
E.V. Zemlyakova, N.A. Shustova, N.V. Boldyrikhin, I.A. Sosnovsky Prospects for the development of 5G networks..... 39
K.D. Nikishkin, M.G. Gorodnichev Possibilities of application of machine learning in medicine..... 42
K.E. Bolshakov, N.I. Ilinykh Low-mode and multi-core optical fibers..... 47
O.A. Bisterfeld Adaptive data transmission via the relay station satellite on the geostationary earth orbit..... 55
A.B. Fokin, K.A. Batenkov, D.V. Shelkoviy Calculation method of combining network reliability connected subgraph with the absorption..... 66
A.I. Sosnovsky, I.A. Sosnovsky Software for monitoring packet data network..... 72
A.S. Brik, A.V. Livadny, S.A. Shvidchenko Analysis of available wireless can adapters and comparing wireless communication modules..... 76
A.S. Novikov, M.A. Shelokov, S.V. Korobenko, I.A. Sosnovsky The extension of the functions of the avionics system "ERA-GLONASS" to enhance the efficiency of road transport..... 79
A.S. Novikov, M.A. Shelokov, S.V. Korobenko, I.A. Sosnovsky Car radar to alert the driver of road surface defects..... 82
B.G. Ibrahimov, A.M. Isaev, R.A. Hanifaev Research indicators efficiency multiservice networks communication on the basis architecture concepts FN..... 84
B.G. Ibrahimov, E.M. Jafarova Study and analysis of parameters nonlinear effects in fiber-optical transmission systems..... 90
V.A. Danilov, L.V. Danilova Efficiency of amplitude suppression of non-Gaussian interference due to the reflection of the radar signal from the disturbed sea surface..... 96
V.G. Kobak, V.M. Porksheyan, G.A. Artozey, A.G. Zhukovskiy Parallel approach to solving the homogeneous minimax problem with uncertainty when using the Goldberg modified model..... 100
V.D. Mikhalchuk, A.A. Pavlov, V.A. Savelev Internet of things. basic concepts and possible consequences..... 104
A.V. Bizyaev Research of FBT fiber optics splitters parametres..... 108
V.A. Bukovshin, N.V. Boldyrikhin Comparative study of technologies for analysis of intensity of network traffic..... 112
V.A. Danilov, L.V. Danilova, V.I. Yukhnov, A.S. Usik Probabilistic characteristics of the generalized envelope of a non-Gaussian random process..... 116
V.V. Berezovsky, A.S. Volodichev, S.A. Shvidchenko Analysis of the problem of creating a client l3vpn network on the platform of the regional operator of the Rostov branch of OJSC «ROSTELECOM»..... 124
V.V. Berezovsky, S.A. Shvidchenko, A.M. Korshun, M.A.A. Abdelmaksoud Analysis of the problem of creating a client L3VPN network on the platform of the regional operator of the Rostov branch of OJSC "ROSTELECOM"..... 127
V.V. Berezovsky, S.A. Shvidchenko, A.M. Korshun, M.A.A. Abdelmaksoud Analysis of equipment for the organization of relations between the network kernel and provider network devices..... 131

V.V. Ershov, N.V. Rudenko, S.V. Gladyschuk, V.V. Kulikov Application of vortex wind power installations for autonomous power supply of communications objects..... 135
V.V. Kharchenko, S.M. Kozlovsky, D.V. Kharchenko The solution of the electrodynamic problem of the analysis of cylindrical antennas..... 142
V.G. Kobak, AA. Pashkevich, A.G. Zhukovsky The use of different approaches to elitism in genetic algorithm for solving the travelling salesman problem..... 149
V.I. Yukhnov, I.A. Engibaryan, O.A. Safar'yan, I.A. Pilipenko Simulation of signals in distributed information-measuring systems..... 152
V.I. Yukhnov, I.A. Engibaryan, O.A. Safar'yan, I.A. Sakharov Estimation of Allan variation in using the method of statistical generator frequency stabilization..... 156
V.S. Darmorezov, S.A. Shvidchenko Comparison of interpolation methods schedules amendments, taking into account the terrain, to calculate the coverage areas of towers base stations..... 160
V.S. Darmorezov1, S.A. Shvidchenko Software implementation of models Walfish-Ikegami-san and Okamura-Hata to find the optimal model for the calculation of the coverage area of the towers base stations for various types of terrain..... 165
G.V. Simonov, E.V. Erokhina Modern tqm methods and knowledge management systems - Knowledge management..... 169
D.A. Volchkov, V.G. Orlov Structural principles of scanners for the 3D visualization of VR-projects..... 174
D.A. Ovchinnikov, S.A. Baranov The use of a mesh reflector to increase the radiation efficiency of frequency-independent antennas..... 181
D.V. Denisov, D.V. Fedenev Vulnerability in ethernet networks and methods of detection of intervention..... 188
D.V. Marshakov Algorithm for neural network conversion of symbol messages..... 194
D.E. Demidov, N.V. Budyldina Fuzzy logic application features research within service-oriented routing..... 198
D.I. Brekhov, I.A. Molokovskiy The study of changes of quality service indicators in wireless infocommunication networks..... 213
D.I. Krylov, P.V. Lobzenko Free personnel management system..... 219
E.A. Nasibulin, D.V. Kusaykin Parameters analysis modern's optical splitter for passive optical networks..... 222
Y.V. Bukriena, E.I. Gnilomedov Blockchain as through digital economy technique..... 227
E.V. Ignachkova, P.V. Lobzenko Organization of connection in distributed VPN virtual networks..... 234
E.V. Kubakh, I.V. Shcherban, N.E. Kirilenko Algorithms of the frequency analysis of the biomedical electrograms..... 237
I.Sh. Zhabbarov, T.D. Fatkhulin Basis for the selection of the virtualization system providing the necessary functional for the enterprise of the given level..... 241
I.V. Kalienko, I.G. Popova A diagram of the orientation of the leds according to experimental data in the form of a continuous smooth function on the basis of spline-approximation..... 249
I.V. Reshetnikova, D.A. Ievleva Service level indicator in contact centers..... 257
I.N. Gerasimov, N.I. Gerasimov O.V. Levada The method of constructing a multivalued optical logic elements memory..... 260
I.S. Okhritsky, P.V. Lobzenko Applied decision "Accounting of goods operations at the Enterprise 1.0" on the 1C Platform: Enterprise..... 269
K.A. Batenkov Multiservice network simulation on basis of software Riverbed..... 274
K.A. Batenkov, A.V. Korolev, V.V. Novikov, A.N. Oreshin Analysis of the quality of perception of voice IP network traffic..... 278
K.A. Batenkov, I.M. Guzyakov, M.V. Ilushin, M.V. Stremouhov Analysis of the influence of impulse noise in subscriber lines with modulation techniques Mathcad..... 284
K.S. Davidov, G.V. Ukhov, T.D. Fatkhulin Analysis of principal features of software-defined networks (SDN) technology..... 288
M.A. Maksimov, I.A. Molokovskiy Analysis of noise stability of radio communication systems using MIMO technology..... 296
M.V. Deremov, N.V. Rudenko, V.V. Ershov, G.Z. Mahauri The analysis of possibilities of using wind turbines for autonomous power supply of objects of communication of the far north..... 303
N.V. Boldyrikhin, A.A. Manin, I.P. Rybalko, S.A. Kachnov Analysis of ZIGBEE technologies..... 311

N.V. Boldyrikhin1, D.A. Korochencev, A.N. Manakova, S.A. Kachnov Features of use of dynamic models in description of network equipment in monitoring problems..... 314
N.S. Pshevskiy, E.V. Glushak Wireless analysis wireless data transmission technology..... 320
N.Yu. Baturina, I.V. Kalienko, K.A. Kashuba, N.I. Abramova Research, calculation and analysis of the influence of phase shifts of the loudspeaker on the amplitude-frequency characteristic of the separation filter..... 330
O.V. Ignateva, O.G. Vedernikova A comparative analysis of programming algorithms for data sorting..... 335
P.N. Bashly, D.A. Bezuglov, V.I. Yukhnov Analysis of image filtering methods under additive noise conditions..... 346
S.Y. Andreev, R.B. Tregubov, A.G. Korkin The solution to the problem of choosing the bandwidth of communication channels on the IP network, which is implemented by the system of differential service..... 353
Yu.V. Ivanov The choice of amplitude-phase distribution in antenna arrays with frequency-independent radiation patterns..... 358
Yu.V. Ivanov The formation of frequency-independent characteristics in direction-finding antenna arrays..... 362
J.O. Guseva, N.V. Budyldina Mobile device location by means of lateration algorithm..... 367
J.S. Mamoshina, E.V. Glushak Studying the parameters of wireless touch networks by means of the OMNET ++ program..... 372
N.V. Rudenko, Ya.N. Tuzko, Ya.A. Kutsky Physical modeling of a hybrid energy installations for power supply of basic stations cellular communications..... 376
A.V. Yeliseyev, A.G. Zhukovskiy, N.I. Kundryukova, D.O. Saldayev Integrated measurement filtration algorithm..... 382
A.V. Yeliseyev, A.G. Zhukovskiy, N.I. Kundryukova, D.O. Saldayev Overview of methods for determining the location of a mobile station in cellular communication networks..... 390
A.E. Bacherikova, E.V. Erohina The development of information and communication infrastructure of the regions of The Russian Federation..... 397
B.P. Borisov, V.S. Volkov Fifth generation mobile networks and their influence on things internet development..... 403
V.G. Kobak, YU.P. Lipchenko, A. Dalayeva, D.A. Zhukovskiy Solution of the problem of the traveler with the Heland model..... 409
V.I. Novosel'tsev, V.G. Kobak, A.G. Zhukovskiy Use of elite specials in a genetic algorithm..... 413
A.A. Manin, S.V. Sokolov, Ye.G. Chub Analytical evaluation of perturbation parameters in a discrete stochastic filter based on irregular precise observations..... 420
A.S. Ogar, O.A. Lavrentyev Quality of discrete messages transmission in HF channel calculation using the simulation model..... 430
A.S. Ogar, O.A. Lavrentyev Methodology for construction of a radio-frequency control system during cultural-mass and socially significant events..... 435
E.N. Klemenova, E.S. Penkova Adaptation of new information formats in the web environment.... 441
A.A. Abramov, V.G. Kobak Process of processing and displaying railway objects..... 446
A.V. Borodin, A.A. Borodina The piezoelectric effect and its use in transformers..... 450
A.D. Blinkov, A.N. Chicalov Software defects correction..... 454
D.A. Vlasov, A.N. Chikalov The program designer of digital circuits..... 464
S.A. Kachmar, A.N. Chicalov Graphics modeling with help shaders DirectX..... 467

INFORMATION SECURITY

E.V. Vershennik, A.V. Vershennik, P.V. Zakalyukin, R.A. Kornushenko Classification of methods of unauthorized access to fiber-optic communication lines..... 473
M.G. Gizatullin, V.A. Tsepaev Some aspects of implementation of a malicious code on the computing device of the user during the work with internet resources..... 478
A.V. Nechaev Antifraud systems and principles of their work..... 481
A.A. Brechko, E.V. Vershennik, A.V. Vershennik Information security virtual private networks based on data transmission networks for general use..... 488
A.G. Kirheev, V.A. Golovskoy, E.V. Mazur Suggestions to select the optimal software configuration of special robotic complexes..... 495

E.A. Boyarchuk, I.V. Yukhnov Principles of information security audit cyberstudios company..... 499
E.A. Boyarchuk, I.V. Yukhnov, U.V. Zhabinskiy Technological approach in the fight against spam in corporate email..... 504
V.D. Mikhalchuk, N.V. Boldyrikhin Application of deanonimization methods..... 510
G.P. Soldatova, N.V. Boldyrikhin On the use of symbol distribution in the associative search method..... 513
D.V. Zhedelev, V.Y. Zolotov, N.V. Boldyrikhin The software for the organization of storage of files on the server by Rabin's method..... 515
E.V. Vershennik, A.V. Vershennik, P.V. Zakalyukin, R.A. Kornushenko Classification of methods of unauthorized access to fiber-optic communication lines..... 520
E.V. Popenko, N.V. Boldyrikhin Analysis of existing keyloggerov..... 525
I.I. Polyakov, V.I. Yukhnov, N.O. Svetlichnaya Ecosystem of ultarsonic tracking as a problem of violating anonymity of a user of individual communication means..... 529
I.S. Verbenko, D.D. Deyev, N.V. Boldyrikhin Comparative analysis of speech recognition algorithms..... 533
P.S. Shevchuk, YU.V. Zhabinskiy, M.YU. Shcherba Customs control equipment as an aviation security tool..... 537
Yu.I. Starodubtsev, E.V. Vershennik, A.V. Vershennik, I.R. Ahmadiev Control the path of the packages as a way to detect attacks on the routing system..... 540
M.G. Gizatullin, D.V. Varakosov Use of software of information protection by persons which carry out acts of illegal character..... 550

BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTHORS..... 553
AUTHOR INDEX..... 565

PART II

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY IN EDUCATION, ECONOMICS AND MANAGEMENT

E.A. Kuznetsova, A.A. Borodina, D.L. Ustimenko Aspects of development of modern information society..... 15
E.V. Tikhonov Collective intelligence in communication networks..... 18
A.V. Perepechaev, I.P. Rybalko The use of Blockchaine technology in real estate..... 22
I.V. Golovina Competence-based education model: difficulties of implementation..... 26
L.A. Gayevskaya, E.R. Sabinina The role of physical education and sport in formation of health preservation culture of students..... 31
N.V. Karpilenya Spiritual and moral values of the people of Russia as the foundation for implementation in the education of national interests for sustainable development of the state..... 34
A.A. Gorbacev, N.V. Boldyrikhin Analysis of single-layered and multilayered neural networks, their comparison and the identification of the best parties by the program method..... 45
A.A. Mierzvinskyi, A.A. Nersesyants About the objects of the information theory..... 49
A.A. Pozhidaeva The development of network society theory..... 62
A.A. Sannikov, V.T. Kuanishev Signal spectrum composition and evaluation of the mechanical system sound vibrations propagation velocity..... 65
A.N. Karlash, P.I. Rybalko Information and communication technologies at the conclusion of the employment contract..... 71
A.P. Zverev, V.A. Zverev, I.P. Rybalko, G.S. Prudnikov One way to determine the probability of ignition of peatlands..... 75
A.S. Golubovskaya, E.V. Erokhina The role of information and communication technologies in modern management systems..... 80
A.S. Kolmogorova, E.Y. Yeliseyeva, Y.V. Zavarykina Research of regularities of tax revenues in the consolidated budget of Russia during the period from 2008 to 2018 by methods of the econometric analysis..... 85
V.V. Berezovskiy Technique and mind..... 88
V.D Degtyarev, I.V. Shcherban Algorithms of the frequency analysis of the biomedical electrograms..... 92
V.O. Zehcer, E.A. Revyakina Analysis of decision support methods..... 100
D.A. Zhukovsky, T.V. Gaponenko. V.V. Yurieva, S.V. Gladychuk Evaluation of efficiency of introduction of information technologies..... 106
E.M. Blinkov, V.T. Kuanyshev Internet of things ecosystem..... 113
E.I. Gorozhanina, M.S. Bubnova Improvement of the working cycle the operator's gas company through the design of the module intelligent information systems..... 124
E.O. Tkachuk Automation of the assessment of educational achievements of students, obtained in the environment of LMS MOODLE..... 128
E.Y. Shalamova, Y.V. Zavarykina, I.E. Chernikovskaya Research of dependence of level of the bought cars in Russia from some social factors by methods of the multivariate regression analysis..... 135
I.V. Golovina, D.Yu. Dovzhanskiy Network effect and its implications..... 141
I.I. Salifov, D.P. Puzyrev Organizing the reservation of optical traits in WDM systems..... 147
K.A. Indukhov, K.A. Batenkov Estimation of non-stationary random data by nonparametric methods..... 152
K.O. Serebryakova, E.V. Erohina Methods to ensure the efficiency of the digital economy..... 155
O.V. Alimova, A.N. Karlash, P.I. Rybalko Problems of legal regulation of the national payment system «MIR»..... 159
S.A. Dokuchaev, G.S. Kostetskaya, N.O. Svetlichnaya Some peculiarities of realizing competence approach while teaching general scientific disciplines under the high educational standards change..... 162
S.I. Gonta Problems of informatization and computerization of society..... 166
D.A. Zhukovsky, T.V. Gaponenko, V.V. Yurieva, S.V. Gladychuk Development of the application of multimedia technologies in the management of modern organizations..... 171

T.V. Gaponenko, D.A. Zhukovsky, V.V. Yurieva, D.S. Durniyan To the question of the management of the business processes of the telecommunication organization..... 176
E.A. Bineev, V.P. Popova Professional and psycological aspects of traumatism..... 182
E.V. Yurchenko, N.V. Budyldina Foggy computing of internet of things..... 186
A.I. Sakalova, S.V. Gladyshchuk, B.B. Konkin About application of the computer MYTEST program..... 197
S.A. Dokuchaev, G.S. Kostetskaya, O.V. Monogarov Mathematical students olympiads as an essential element in forming a general professional competence (GPC-1) for bachelors of infocommunications..... 202

STATE AND PROSPECTS OF INFOCOMMUNICATIONS DEVELOPMENT

K.S. Teplov, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva Radio control and data transfer of unmanned aerial vehicles..... 205
N. Tkacuks, E.O. Tkachuk The features of circuitry of a controller of the wind turbines generators..... 207
N.N. Nuriev, A.S. Meleshin, N.O. Svetlichnaya Believe that radio photonics as the basis of creating integrated structures of onboard radar systems, navigation systems and high-speed communication and data transmission systems..... 217
N.O. Grothdovsky, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva On-board multiservice network of aircraft as an element hybrid wireless-optical broadband network access to aviation infrastructure..... 219
S.S. Manakov, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva Ways of improving radio systems define the parameters of aircraft movements..... 221
F.V. Madinsky, A.S. Meleshin, N.O. Svetlichnaya Structure of aviation radio communication and direction of its improvement..... 224
Ya.B. Konstantinova, G.A. Kalinchenko, N.O. Svetlichnaya, M. D. Karepanova The features of a modern ultrasonic piezoelectric transducer..... 228

BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTHORS..... 231
AUTHOR INDEX..... 243

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

STATE AND PROSPECTS OF IFOCOMMUNICATION DEVELOPMENT

А.А. Манин, М.В. Полякова, Е.Г. Чуб, О.И. Соколова

ОЦЕНКА ДИСПЕРСИОННОЙ МАТРИЦЫ ШУМОВ ДИСКРЕТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕРЕГУЛЯРНЫХ ТОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Северо - Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова**:** адаптивное оценивание, дисперсионная матрица шумов измерений, фильтр Калмана, непериодические точные наблюдения**.**

Существующие подходы, позволяющие повысить точность калмановской фильтрации при условии априорной неопределенности дисперсионной матрицы помех используют или введение эмпирических масштабных коэффициентов при вычислении апостериорной ковариационной матрицы и дисперсионной матрицы помех измерения, или масштабирование дисперсионной матрицы шумов объекта, или оценку дисперсионных матриц помех измерения и шумов объекта из условия минимума ковариации обновляющей последовательности. В связи с этим в статье рассматривается метод адаптивного определения дисперсионной матрицы помех измерения в процессе текущего оценивания вектора состояния системы, позволяющий обеспечить устойчивость процесса калмановской фильтрации. Приведен численный пример, иллюстрирующий эффективность процедуры оценивания вектора состояния на основе предложенного алгоритма по сравнению с традиционными подходами.

A.A. Manin, M.V. Polyakova, Ye.G. Chub, O.I. Sokolova

ESTIMATION OF THE DISPERSION MATRIX OF DISCRETE NOISES MEASUREMENTS USING IRREGULAR PRECISE OBSERVATIONS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Rostov State Transport University (RSTU), Rostov-on-Don, Russia

Keywords: adaptive estimation, dispersion matrix of measurement noise, Kalman filter, non-periodic accurate observations.

Existing approaches to improve the accuracy of Kalman filtering under the condition of a priori uncertainty of the dispersion interference matrix use either the introduction of empirical scale factors to calculate the posterior covariance matrix and the

dispersion interference matrix of the measurement, or scaling the dispersion matrix of the object noise, or the estimate of the dispersion matrix of measurement noise and object noise from the condition minimum covariance of the update sequence. In this regard, the article considers the method of adaptive determination of the dispersion matrix of the measurement interference during the current estimation of the state vector of the system, which ensures the stability of the Kalman filtering process. A numerical example is presented illustrating the effectiveness of the state vector estimation procedure based on the proposed algorithm in comparison with traditional approaches.

Введение.

Оценка динамических стохастических процессов с использованием методов теории фильтрации и, в частности, фильтра Калмана, предполагает точное априорное задание параметров уравнения наблюдения процесса и вероятностных характеристик помех измерения [1]. Но зачастую на практике параметры помех измерения или известны приближенно, или меняются во времени случайным образом. Наиболее критичной с точки зрения точности оценки здесь является дисперсионная матрица помех измерения, непосредственно определяющая величину коэффициента усиления фильтра и, как следствие, скорость (и даже факт) сходимости процесса оценивания. На сегодняшний день для обеспечения устойчивости калмановской фильтрации при условии априорной неопределенности дисперсионной матрицы помех, в основном, используются три подхода: введение эмпирических масштабных коэффициентов при вычислении апостериорной ковариационной матрицы и дисперсионной матрицы помех измерения [2-4], масштабирование дисперсионной матрицы шумов объекта [5, 6] и оценка дисперсионных матриц помех измерения и шумов объекта из условия минимума ковариации обновляющей последовательности [7, 8].

Недостатком первых двух подходов является отсутствие строгих критериев выбора масштабных коэффициентов и, соответственно, процедуры их вычисления, недостатком последнего – невозможность адаптивного оценивания в реальном времени в силу необходимости предварительного вычисления ковариации обновляющей последовательности.

В связи с этим возникает задача разработки подхода, обеспечивающего устойчивость калмановского фильтра за счет адаптивного определения компонентов дисперсионной матрицы помех измерения в процессе текущего оценивания вектора состояния системы. Для решения этой задачи используем тот факт, что основная идея построения многочисленных информационно-измерительных систем состоит в коррекции первичных измерений датчиков, погрешности которых имеют нестабильные характеристики, по измерениям других датчиков, которые выступают в качестве эталонных. Коррекция при этом производится, как правило, через некоторые интервалы времени, превышающие такт первичных измерений и не всегда одинаковые (зачастую случайные). В качестве примера можно привести такие системы, как: инерциально-спутниковые навигационные системы (НС), где осуществляется коррекция измерений инерциальной НС, погрешности которых растут со временем, по измерениям спутниковой НС, которые выступают в качестве эталонных [9, 10]; НС различных роботов, в которых коррекция навигационных параметров робота (или человека) осуществляется с учетом нулевой скорости его ступни (или нижней точки колеса) в момент касания поверхности земли [11], информационно-измерительные системы различных транспортных систем (морских, железнодорожных и т.д.), где коррекция параметров ориентации и навигации осуществляется в момент прохождения ими базовых (реперных) точек с точно

известными координатами [12], комбинированные навигационные системы на базе инерциальных датчиков обеспечивающие навигацию внутри помещений и замкнутых пространств [13] и т.д.

Но на сегодняшний день подобная коррекция производится, в основном, непосредственной заменой текущих оценок навигационных (или других) переменных соответствующими их точными измерениями без изменения параметров алгоритма оценивания. Очевидно, что при таком подходе рост ошибок оценивания на временном интервале, определенном моментом следующего точного измерения, не уменьшится (что и происходит в вышеупомянутых измерительных системах) [11-15].

В связи с изложенным, рассмотрим далее возможность использования полученных точных наблюдений для построения адаптивного алгоритма формирования дисперсионной матрицы помех измерения, позволяющего на временных интервалах между ними существенно повысить точность и устойчивость процесса оценивания вектора состояния системы в целом.

Постановка задачи.

Т.к. точные наблюдения производятся в дискретные моменты времени, то для решения поставленной задачи рассмотрим далее дискретный вариант фильтра Калмана, в котором оценка вектора состояния системы X_{k+1} в (k+1)-й момент времени определяется по формуле [1-5]:

$$\hat{X}_{k+1} = \Phi_k \cdot \hat{X}_k + K_k \cdot (Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k), \quad (1)$$

где $\hat{X}_k$ – оценка вектора состояния системы в k-й момент времени;

Φ_k – переходная матрица состояния системы;

Z_k – вектор измерений: $Z_k = H_k \cdot X_k + V_k$,

H_k – матрица измерений, отображающая пространство векторов состояния системы в пространство векторов измерений;

V_k – центрированная гауссовская последовательность с искомой диагональной дисперсионной матрицей R_k, оцениваемой по точным наблюдениям;

K_k – коэффициент усиления фильтра, определяемый как:

$$K_k = P_{k/k-1} \cdot H_k^T \cdot (H_k \cdot P_{k/k-1} \cdot H_k^T + R_k)^{-1}; \quad (2)$$

$$P_{k/k-1} = \Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k, \quad (3)$$

где $P_{k/k-1}$ – экстраполированная ковариационная матрица;

Q_k – дисперсионная матрица шума системы.

Исходя из представленной формы коэффициента усиления фильтра, задачу адаптивной оценки дисперсионной матрицы помех измерения по точным наблюдениям сформулируем как задачу нахождения матрицы R_k из условия

совпадения в соответствующий момент времени вектора оценок $\hat{X}_{k+1}$ (1) с точным вектором состояния системы X_{k+1} (точными наблюдениями).

Решение задачи. Для решения поставленной задачи будем использовать далее полное выражение Калмановского коэффициента усиления, полученное подстановкой (3) в (2):

$$K_k = (\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T \times$$

$$\times \left[H_k \cdot (\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T + R_k \right]^{-1},$$

где для удобства последующего решения введем обозначение $(\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T = \gamma_k$ и запишем выражение коэффициента K_k следующим образом:

$$K_k = \gamma_k \cdot \left(H_k \cdot \gamma_k + R_k \right)^{-1}. \quad (4)$$

В этом случае уравнение (1) примет вид:

$$\hat{X}_{k+1} - \Phi_k \cdot \hat{X}_k = \gamma_k \cdot \left(H_k \cdot \gamma_k + R_k \right)^{-1} \cdot (Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k) \quad (5)$$

и относительно матрицы R_k представляет собой нелинейное векторное уравнение, требующее при решении традиционными численными методами применения весьма затратной многократной процедуры обращения матрицы. Для возможности его аналитического решения проведем следующие построения.

Так как по условиям задачи $\hat{X}_{к+1} = X_{k+1}$, то, вводя обозначения $X_{k+1} - \Phi_k \cdot \hat{X}_k = X_*$, $Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k = Z_*$, представим уравнение (5) как:

$$X_* = \gamma_k \cdot \left(H_k \cdot \gamma_k + R_k \right)^{-1} \cdot Z_*. \quad (6)$$

Умножая обе части уравнения (6) на обратную матрицу $\left[\gamma_k (H_k \gamma_k + R_k)^{-1} \right]^{-1}$, имеем:

$$\left(H_k \cdot \gamma_k + R_k \right) \cdot \gamma_k^{-1} \cdot X_* = Z_*,$$

или

$$R_k \cdot \gamma_k^{-1} \cdot X_* = Z_* - H_k \cdot X_*. \quad (7)$$

Для упрощения последующего решения обозначим вектор $\gamma_k^{-1} \cdot X_*$ как Δ_*. Тогда уравнение (7) легко допускает аналитическое решение относительно всех элементов диагональной матрицы R_k, если учесть возможность представления произведения $R_k \Delta_*$ в виде $\Delta_* \mathrm{diag} R_k \mathrm{vect}$, где

$$\Delta_{*\text{diag}} = \begin{vmatrix} \Delta_{*1} & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & \Delta_{*2} & 0 & \ldots & 0 \\ & & \ldots\ldots\ldots & & \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & \Delta_{*n} \end{vmatrix}; \quad R_{k\ \text{vect}} = \begin{vmatrix} R_{k1} \\ R_{k2} \\ \vdots \\ R_{kn} \end{vmatrix},$$

где $\Delta_{*i}, R_{ki}, i = 1,\ldots,n$ – элементы, соответственно, вектора Δ_* и матрицы R_k

.

В этом случае имеем искомое выражение вектора элементов дисперсионной матрицы шумов измерения в виде:

$$\Delta^{-1}{}_{*\text{diag}}(Z_* - H_k X_*) = R_{k\ \text{vect}}, \tag{8}$$

где $\Delta^{-1}{}_{*\text{diag}}$ – обратная матрица, легко вычисляемая в силу ее диагональности:

$$\Delta^{-1}{}_{*\text{diag}} = \begin{vmatrix} \frac{1}{\Delta_{*1}} & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & \frac{1}{\Delta_{*2}} & 0 & \ldots & 0 \\ & & \ldots\ldots\ldots & & \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & \frac{1}{\Delta_{*n}} \end{vmatrix}.$$

Таким образом, найденное решение нелинейного векторного уравнения (5) в виде (8) позволяет аналитически решить поставленную задачу адаптивной оценки дисперсионной матрицы помех измерения по точным наблюдениям.

Далее рассмотрим пример, иллюстрирующий эффективность предложенного подхода.

Пример.

При решении различных видов задач навигации (радионавигации, спутниковой и др.) уравнения движения центра масс подвижного объекта по сферической Земле в географической системе координат в общем случае имеют вид:

$$\dot{\varphi} = \frac{V_y}{(r+h)};$$
$$\dot{\lambda} = \frac{V_x}{\cos\varphi(r+h)}, \tag{9}$$

где φ, λ – географические широта и долгота объекта; r – радиус Земли; h – высота объекта; V_y, V_x – проекции скорости объекта на соответствующие оси географической системы координат.

В рассматриваемом примере полагаем, что объект движется из точки с координатами $\varphi_0 = 0{,}8$ рад, $\lambda_0 = 0{,}3$ рад, в течение интервала времени [0; 1000 с] с постоянной скоростью V = 20 м/с по локсодромической траектории с азимутальным углом A = 0,2 рад по поверхности Земли, рельеф которой приводит к случайному изменению высоты объекта h с нулевым матожиданием и дисперсией $Q = (0{,}15\ \text{м})^2$.

В этом случае проекции его скорости на оси географической системе координат, соответственно, равны:

$$V_x = V \cdot \sin A;\ V_y = V \cdot \cos A.$$

Навигационная система (НС) объекта – комплексированная, на базе слабой интеграции ИНС и СНС. С интервалом 20, 15 и 30 с в НС поступают спутниковые измерения, считающиеся точными, в остальные моменты времени с тактом $\tau = 0{,}1$ с используются показания ИНС по каналам λ и φ, для которых матрица шумов измерений имеет вид:

$$R_k = \begin{vmatrix} 4{,}2 \cdot 10^{-10} & 0 \\ 0 & 9{,}5 \cdot 10^{-10} \end{vmatrix}.$$

В силу характера движения объекта изменение его координат на заданном интервале времени незначительное, что позволяет использовать линеаризованный вариант уравнений навигации (9):

$$\dot{\varphi}(t) = \frac{V_y \cdot (r + 2h_0)}{(r + h_0)^2} - \frac{V_y}{(r + h_0)^2} \cdot h;$$

$$\dot{\lambda}(t) = \frac{V_x}{\cos\varphi_0 \cdot (r + h_0)} \cdot \left[\frac{r + 2h_0}{r + h_0} - \frac{\sin\varphi_0 \cdot \varphi_0}{\cos\varphi_0} \right] - \frac{V_x}{\cos\varphi_0 \cdot (r + h_0)^2} \cdot h +$$

$$+ \frac{V_x \cdot \sin\varphi_0}{\cos^2\varphi_0 \cdot (r + h_0)} \cdot \varphi \qquad (10)$$

Дискретный фильтр, построенный по уравнениям объекта (10), в принятых обозначениях имеет вид:

$$\hat{X}_{k+1} = \Phi_k \hat{X}_k + \Omega_k + K_k (Z_k - H_k \hat{X}_k), \qquad (11)$$

где

$$\hat{X}_k = \begin{vmatrix} \hat{\varphi} \\ \hat{\lambda} \end{vmatrix};\ \Phi_k = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ \tau \frac{V_x tg\varphi_0}{r\cos\varphi_0} & 1 \end{vmatrix};\ \Omega_k = \begin{vmatrix} \tau \frac{V_y}{r} \\ \tau \frac{V_x}{r\cos\varphi_0}(1 - \varphi_0 tg\varphi_0) \end{vmatrix};$$

$$\hat{X}Q_k = \begin{vmatrix} (\tau \frac{V_y}{r^2} \cdot 0{,}15)^2 & \frac{V_y}{r^2} \cdot \frac{V_x}{r^2\cos\varphi_0} \cdot (\tau \cdot 0{,}15)^2 \\ \frac{V_y}{r^2} \cdot \frac{V_x}{r^2\cos\varphi_0} \cdot (\tau \cdot 0{,}15)^2 & (\tau \frac{V_x}{r^2\cos\varphi_0} \cdot 0{,}15)^2 \end{vmatrix};\ H_k = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Т.к. по условиям задачи дисперсионная матрица шумов измерений R_k неизвестна, то оценка навигационных переменных производилась для двух случаев: когда значение R_k задано с ошибкой на всем интервале моделирования ($R_k = \begin{vmatrix} 1{,}1 \cdot 10^{-10} & 0 \\ 0 & 2{,}5 \cdot 10^{-10} \end{vmatrix}$.) и когда значение R_k оценивается по предложенной схеме.

Графики ошибок оценивания, полученные при реализации фильтра (11) в первом варианте показаны на рис. 1, 2, где очевидна существенная погрешность оценки текущих координат объекта: по широте ошибка лежит в диапазоне от 100 до 350 м, по долготе – от 50 до 200 м.

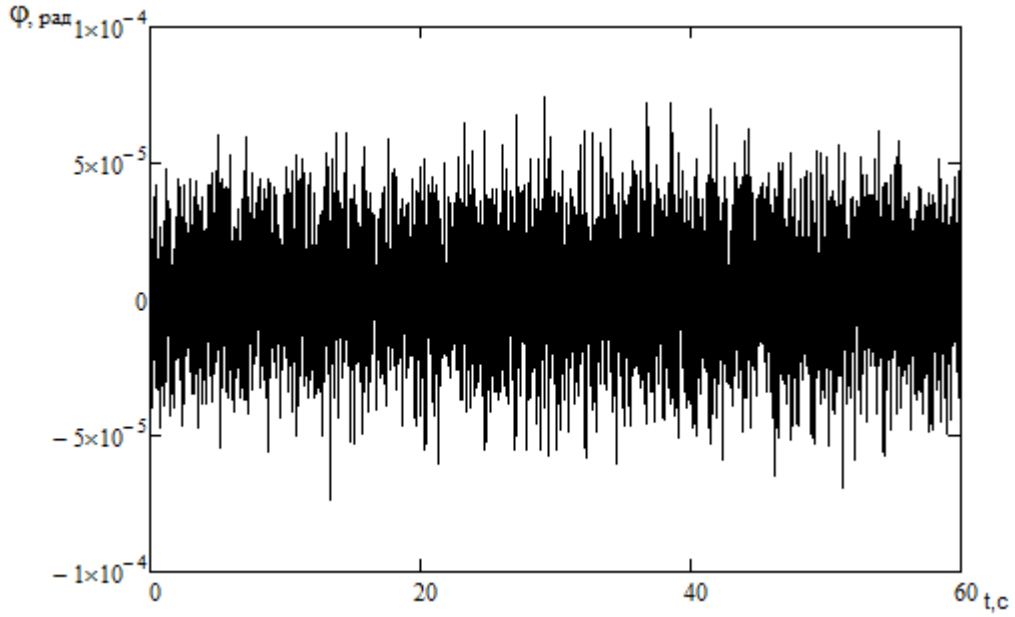


Рисунок 1. График ошибок оценивания широты объекта φ, полученный при реализации классического фильтра Калмана

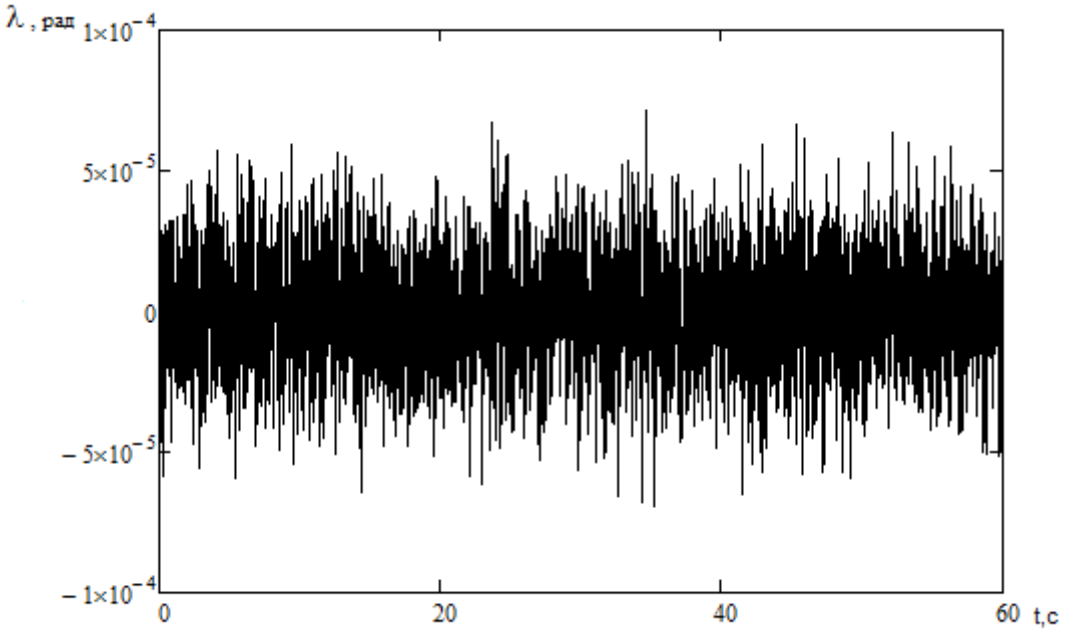


Рисунок 2. График ошибок оценивания долготы λ, полученный при реализации классического фильтра Калмана

При организации адаптивного фильтра в соответствии с приведенным выше алгоритмом ошибки оценивания имеют вид, приведенный на рис. 3, 4.

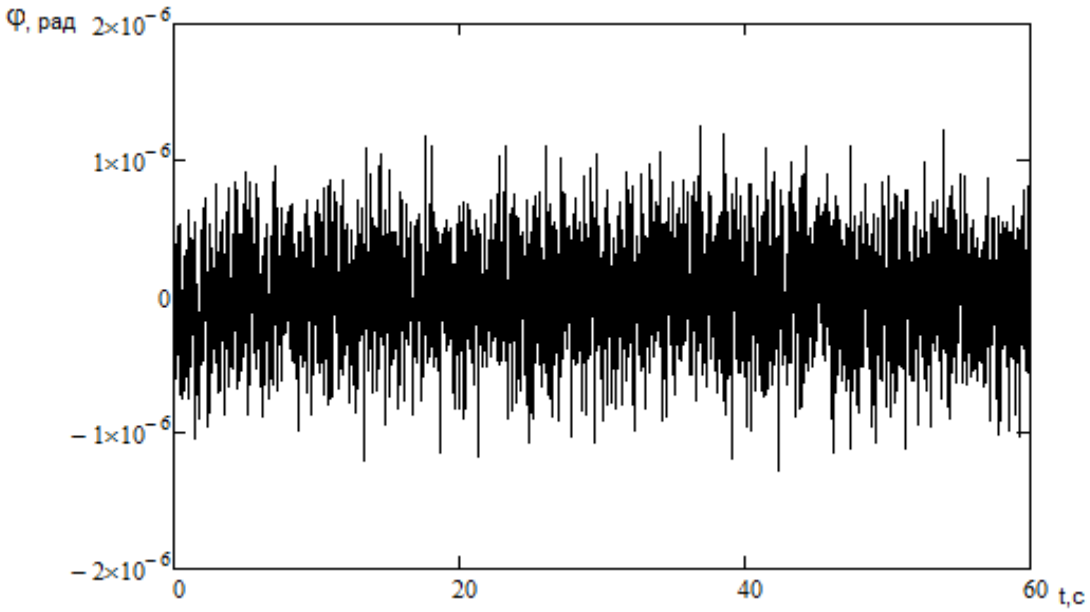


Рисунок 3. График ошибок оценивания широты объекта φ, полученный при реализации адаптивного фильтра

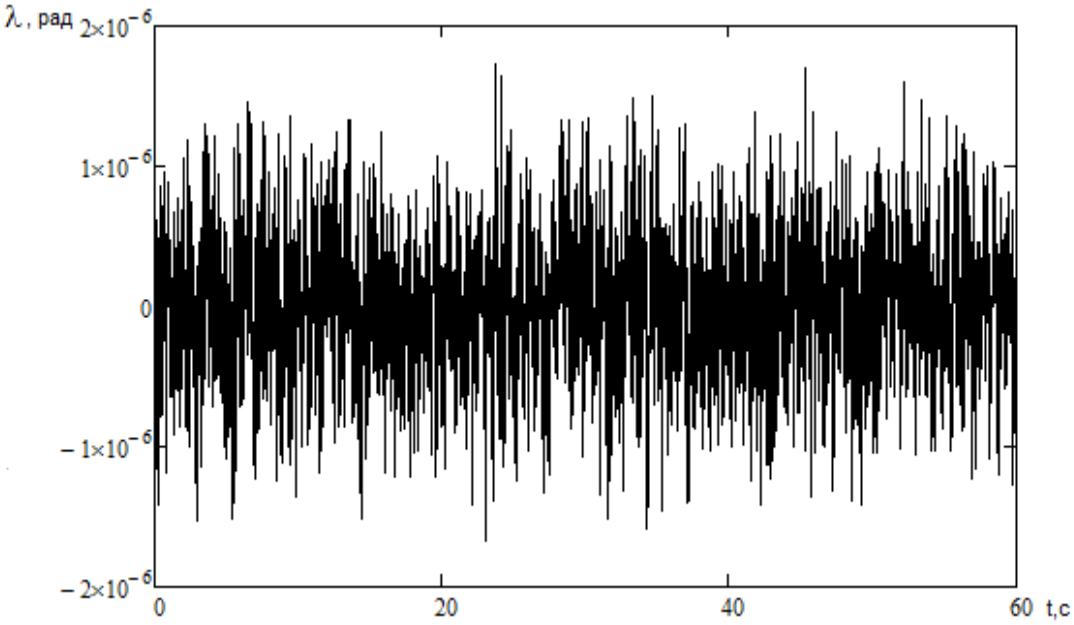


Рисунок 4. График ошибок оценивания долготы λ, полученный при реализации адаптивного фильтра

Очевидно, что при использовании предложенного алгоритма ошибки оценивания резко уменьшились по сравнению с традиционной схемой (до диапазона от 2 до 7 м по широте и от 1,5 до 4 м по долготе).

Заключение.

Из сравнения вариантов традиционной и адаптивной фильтрации по предложенному алгоритму со всей очевидностью следует вывод о преимуществах последнего, несмотря на некоторое увеличение объема вычислительных затрат

(весьма незначительное по отношению к общим затратам для традиционного фильтра).

Простота и точность предложенного алгоритма обеспечивают возможность его эффективного применения для самого широкого класса информационно-измерительных систем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00126.

Литература:

1. Синицын И.Н. Фильтры Калмана и Пугачева. М.: Логос, 2006. 640 с.

2. Anderson B.D.O. Exponential Data Weighting in the Kalman-Bucy Filter // Information Science. 1973. Vol. 5. P. 217-230. https://doi.org/10.1016/0020-0255 (73) 90015-7.

3. Sasiadek J.Z., Wang Q. Low Cost Automation Using INS/GPS Data Fusion for Accurate Positioning // Robotica. 2003. Vol. 21. Iss. 3. P. 255-260. https://doi.org/10.1017/S0263574702004757.

4. Pulido Herrera E., Kaufmann H. Adaptive Methods of Kalman Filtering for Personal Positioning Systems // Materials of the 23rd International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation. Portland, OR, September 21-24, 2010. P. 584-589.

5. Hide C., Moore T., Smith M. Adaptive Kalman Filtering Algorithms for Integrating GPS and Low Cost INS // Symposium of Position Location and Navigation PLANS. 2004. P. 227-233. https://doi.org/10.1109/PLANS.2004.1308998.

6. Hu C., Chen W., Chen Y., Liu D. Adaptive Kalman Filtering for Vehicle Navigation // Journal of Global Positioning Systems. 2003. Vol. 2. Iss. 1. P. 42-47. https://doi.org/10.5081/jgps.2.1.42.

7. Mehra R.K. On the Identification of Variances and Adaptive Kalman Filtering // IEEE Transactions on Automatic Control. 1970. Vol. AC-15, 2. P. 175-184. https://doi.org/10.1109/tac.1970.1099422.

8. Mohamed A.H., Schwarz K.P. Adaptive Kalman Filtering for INS/GPS // Journal of Geodesy. 1999. Vol. 73. Iss. 4. P. 193-203. https://doi.org/10.1007/s001900050236.

9. Литвин А.М., Малюгина А.А., Миллер А.Б., Степанов А.Н., Чиркин Д.Е. Типы ошибок в инерциальных навигационных системах и методы их аппроксимации // Информационные процессы. 2014. Т. 14. № 4. С. 326-339.

10. Резниченко В.И., Малеев П.И., Смирнов М.Ю. Спутниковая коррекция параметров ориентации морских объектов // Навигация и гидрография. 2008. Т. 27. С. 25-32.

11. Луни М. Оптимизация навигационных характеристик мобильного робота // Компоненты и технологии. 2012. № 1. С. 48-50.

12. Цыплаков А.А. Введение в моделирование в пространстве состояний // Квантиль. 2011. № 9. С. 1-24.

13. Шилина В.А. Система инерциальных датчиков для навигации внутри помещений // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. 2015. № 4. Режим доступа: http://sntbul.bmstu.ru/doc/778220.html.

14. Полякова М.В., Соколова О.И. Повышение точности адаптивной фильтрации на основе использования непериодических точных наблюдений // Материалы VII Междунар.науч.-техн. конференции «Технологии разработки информационных систем ТРИС-2016». Геленджик, 04-10 сентября 2016. С. 61-64.

15. Великанова Е.П., Ворошилин Е.П. Адаптивная фильтрация координат маневрирующего объекта при изменениях условий передачи в радиолокационном

канале // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 2 (26). Ч. 1. С. 29-35.

Е.Е. Герасимова

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДЕРЖЕК В СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия.

Ключевые слова: информационные технологии, беспроводная сенсорная сеть, стандарт IEEE 802.15.4 / ZigBee, Network Calculus, кластерная топология, задержки в сети, Riverbed Modeler.

Статья посвящена осмыслению сетевых коммуникаций в современном обществе, ставится задача исследовать задержки в сенсорных сетях.

E.E. Gerasimova

THE RESEARCH OF DELAYS IN THE SENSOR NETWORK

Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

Keywords: information technology, wireless sensor network, IEEE 802.15.4 Standart / ZigBee, Network Calculus, cluster topology, network delay, Riverbed Modeler.

The article is devoted to the comprehension of network communications in modern society, the task is to explore the delays in sensory networks.

Сенсорная сеть состоит из: координатор – устройство, задающее параметры для всей сети, управляет узлами сети, хранит сетевую информацию; маршрутизатор – направляет потоки данных, формирует свой кластер в древовидной топологии; оконечные устройства - датчики, контроллеры, исполнительные механизмы отвечают за сбор и прием данных [2]. Для анализа граничных характеристик сетей связи в настоящее время широко используется теория сетевого исчисления (Network Calculus), которая имеет специализированное направление для применения в сенсорных сетях – Sensor Network Calculus [1].

Исследуемая беспроводная сенсорная сеть базируется на стандарте IEEE 802.15.4, альянсе ZigBee. Основной метод использования в архитектуре IEEE 802.15.4 - доступ с контролем несущей и предотвращением конфликтов — CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Каждый раз, когда устройство захочет передать данные в период конкурентного доступа к каналу, оно должно сначала определить границу ближайшего слота ожидания и отсчитать от него случайное число подобных слотов. Если канал окажется занят после этой паузы, устройству предстоит подождать следующее случайное число фиксированных временных слотов, перед тем как попытаться получить доступ к каналу снова. Если канал свободен, устройство может начать передачу сразу с границы ближайшего слота ожидания [3].

Работа посвящена нахождению задержек в передаче сенсорных данных. В кластерной топологии бывают 2 вида задержек*: задержка на каждом участке*. Такой подход заключается в вычислении границ задержки на сетевом участке (переходе) для агрегированных входных потоков, а затем выходных потоков из конца в конец в качестве суммы задержек на пересылку. В восходящем (1) и нисходящем (2) потоке задержка выражается как:

$$D_{iD} = \bar{b}_{iD} \,/\, R_{iD} + T_{iD} \tag{1}$$

$$D_{iU} = \bar{b}_{iU} \,/\, R_{(i-1)U} + T_{(i-1)U} \tag{2}$$

2 вид задержки называется *задержка отдельных потоков.* Сначала выводится кривая обслуживания, обеспечивающая конкретному индивидуальному потоку F среди совокупности маршрутизаторов на заданной глубине. Затем выводится эквивалентная кривая обслуживания для этого конкретного потока. Требование к пропускной способности: чтобы обеспечить ограниченную задержку, гарантированный объем полосы пропускания R_{iD} должен быть больше или равен скорости поступления суммарного входного потока нисходящего потока $\bar{r}_{iD}$. В результате получаем [4]:

$$R_{iD} \geq \bar{r}_{iD} = r^*_{iD} = \left(\sum_{j=0}^{i} (N^{MAX}_{router})^{H-j}\right) \cdot \bar{r}_H = \left(\sum_{j=0}^{i} (N^{MAX}_{router})^{H-j}\right) \cdot (N^{MAX}_{end_node} + S) \cdot r_{data} \tag{3}$$

Также одним из важных параметров является требование к буферам, хранящим информацию Чтобы избежать переполнения буфера, буфер нисходящего маршрутизатора на глубине i должен иметь возможность хранить все входящие данные, ограниченные кривой поступления $\bar{\alpha}_{iD}(t)$, пока они не будет отправлены по нисходящей линии связи к дочернему маршрутизатору на глубине i + 1. Требуемый размер буфера Q_{iD} нисходящего маршрутизатора на глубине i должен быть, по меньшей мере, равным допуску пакета b^*_{iD} выходной границы $a^*_{iD}(t)$:

$$Q_{iD} = b^*_{iD} = b^*_{iD}{}^{BURST} + b^*_{iD}{}^{UP_\text{ЗАДЕРЖКА}} + b^*_{iD}{}^{DOWN_\text{ЗАДЕРЖКА}} \tag{4}$$

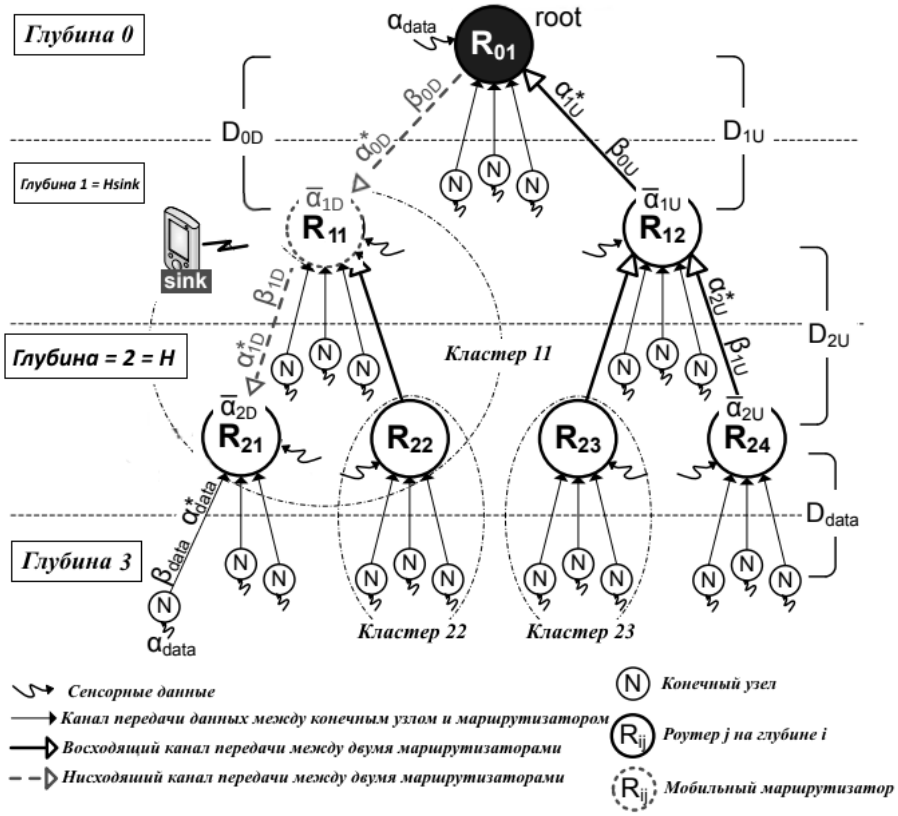


Рисунок 1. Исследуемая беспроводная сенсорная сеть кластерной топологии

В Таблице 1 представлены результаты задержек, пропускной способности и требований к буферу.

Таблица 1. Полученные значения

Параметр	Поток	Глубина	Значение
Продолжительность суперкадра	-	-	245.76 мс
Интервал маячка	-	-	1966.08 мс
Гарантированная ширина временного интервала	-	-	1.627 кбит
Задержка	Восходящий	2 → 1	3.466 с
Задержка	Восходящий	1 → 0	4.677 с
Задержка	Нисходящий	0 → 1	4.385 с
Задержка от конечного узла к родител. маршрутзатору	-	-	2.304 с
Суммарная задержка от самого дальнего конечного узла к шлюзу (1 подход)	B+H	3 → 0	14.834 с
Задержка с использованием эквивалентной кривой обслуживания (2 подход)	B+H	3 → 0	10.047 с
Требуемая проп. способность	Восходящий	0	8.138 кбит/с

Продолжение Таблицы 1.

Требуемая проп. способность	Нисходящий	0	9.765 кбит/с
Требуемое значение буфера	B+H	0	42.799 кбит
Требуемое значение буфера	Нисходящий	1 (Hsink)	67.992 кбит
Требуемое значение буфера	B+H	3	1.719 кбит

Используя второй подход, задержка в сети будет наименьшей. Самое большое значение буфера будет на глубине = 1, так как на ней расположен мобильный шлюз, требуемый большую ширину для обеспечения обработки информации. Представлена системная модель, аналитическая методология, которая позволяет разработчикам системы измерять и анализировать эти сети. Таким образом, можно минимизировать размер буферов маршрутизаторов, чтобы гарантировать, что не будет переполнения и минимизации рабочего цикла каждого кластера (максимизация времени жизни узлов).

Литература:

Росляков А.В., Лысиков А.А., Витевский В.Д. Сетевое исчисление network calculus. Часть 1. Теоретические основы // Инфокоммуникационные технологии. 2018. №1. С. 19-33.

Герасимова Е.Е. Модель кластерной беспроводной сети // 57 студенческая научная конференция ПГУТИ. Материалы конференции, Самара, 2018, С. 100-105.

Герасимова Е.Е. Анализ характеристик беспроводных сенсорных сетей с кластерной топологией // Проблемы техники и технологии телекоммуникаций. Материалы конференции, Уфа, 2018, Т.1. - С. 133-135.

Jurcik P., Koubaa A. Worst-case Dimensioning of Cluster-Tree Sensor Networks with Mobile Sink Behaviour [Text] // Polytechnic Institute of Porto (ISEP-IPP) - 2008.

А.А. Волкова, В.Н. Трофименко[1], Л.Н. Харченко

УПРАВЛЕНИЕ УГЛОВЫМИ СКОРОСТЯМИ КА НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛЬЮ

Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону, Россия
Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: спутниковые системы связи, космический аппарат, оптимальное управление, угловые скорости, аналитический закон управления, прогнозирующая модель, моделирование.

В статье рассматривается применение аналитического закона управления стабилизацией угловых скоростей КА с различными осевыми моментами инерции на основе алгоритма прогнозирующей моделью для осесимметричного КА.

A.A. Volkova, V.N. Trofimenko[1], L.N. Kharchenko

MANAGEMENT OF ANGULAR VELOCITIES KA BASED ON THE PREDICTIVE MODEL

Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia
Rostov State Transport University (RSTU), Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: satellite communication systems, spacecraft, optimal control, angular velocities, analytical control law, predictive model, modeling.

The article deals with the application of the analytical law of control stabilization of angular velocities of spacecraft with different axial moments of inertia based on the algorithm predicting model for axisymmetric spacecraft.

ВВЕДЕНИЕ

Спутниковые системы связи широко используется для обеспечения систем коммутации, управления, навигации, мониторинга и т.д. Для формирования требуемых каналов связи необходима четкая ориентация положения космического аппарата в пространстве. Следовательно, для функционирования таких системы связи наряду с решением задач вывода на орбиту и стабилизация в заданной области орбитального пространства космических аппаратов (КА) необходимо решать задачу угловой стабилизации, в том числе и задачу управления угловыми скоростями.

При синтезе алгоритмов управления большую роль играет объем вычислений для реализации таких алгоритмов. Аналитические методы синтеза алгоритмов управления в последнее время получили широкое распространение, потому что уменьшают количество вычислений и тем самым освобождают вычислительные мощности для задач интеллектуального анализа данных, идентификации, прогнозирования, принятия решений [1, 2].

Для синтеза закона управления угловыми скоростями КА удобно представить в виде твердого тела с соответствующими осевыми моментами инерции. Модель движения в пространстве угловых скоростей описывается следующей системой нелинейных уравнений:

$$\begin{aligned}
&\dot{w}_1(t) + A_1 w_2(t) w_3(t) = u_1(t), \quad w_1(t) = w_1(0) \text{ при } t = 0,\\
&\dot{w}_2(t) - A_2 w_1(t) w_3(t) = u_2(t), \quad w_2(t) = w_2(0) \text{ при } t = 0,\\
&\dot{w}_3(t) + A_3 w_1(t) w_2(t) = u_3(t), \quad w_3(t) = w_3(0) \text{ при } t = 0,
\end{aligned} \tag{1}$$

где A_1, A_2, A_3 – приведенные моменты инерции по соответствующим осям; w_1, w_2, w_3, и u_1, u_2, u_3, – угловые скорости и управления как функции времени, составляющие векторы w и u соответственно.

Для синтеза алгоритмов управления динамическими объектами применяются подходы, основанные на методах оптимального управления [3, 4, 5].

Среди множества алгоритмов оптимального управления нелинейными динамическими объектами особую ценность имеют алгоритмы, реализованные в замкнутой форме. Законы управления, полученные в замкнутой форме, обладают свойствами общности и высокой вычислительной эффективностью. К таким алгоритмам можно отнести алгоритмы на основе объединенного принципа максимума [6, 7] и на основе прогнозирующей модели [8, 9, 10, 11].

Недостатком алгоритмов стабилизации на основе объединенного принципа максимума является наличие скользящего режима, что может сказаться на точности достижения требуемой области фазового пространства [8]. Алгоритм стабилизации на основе прогнозирующей модели свободен от скользящего режима. В работе [11] предложен аналитический закон управления угловыми скоростями КА осесимметричной формы. Уравнения движения такого космического аппарата имеют вид:

$$\begin{aligned} &\dot{\omega}_1 + A_1\omega_2\omega_3 = u_1, && \omega_1(t)\Big|_{t=t_0} = \omega_0, \\ &\dot{\omega}_2 - A_2\omega_1\omega_3 = u_2, && \omega_2(t)\Big|_{t=t_0} = \omega_0, \\ &\dot{\omega}_3 = u_3, && \omega_3(t)\Big|_{t=t_0} = \omega_0, \end{aligned} \tag{2}$$

где A – приведенный момент инерции.

Для объекта (2) аналитические выражения для компонентов вектора управления имеют вид [10]:

В результате преобразований найден закон оптимального управления в замкнутой форме [11]:

$$u_1(t) = -\frac{k_1}{2}\left\{w_1(q_1+q_2)(t_2-t) - \frac{q_1-q_2}{2\alpha}\left[w_1 sin2\beta - w_2(cos2\beta)-1\right]\right\}, \tag{3}$$

$$u_2(t) = -\frac{k_2}{2}\left\{w_2(q_1+q_2)(t_2-t) + \frac{q_1-q_2}{2\alpha}\left[w_2 sin2\beta - w_1(cos2\beta)-1\right]\right\}, \tag{4}$$

$$\begin{aligned} u_3(t) = -k_3 \times \{&w_3 q_3(t_2-t) + \frac{q_1-q_2}{8\alpha^2}[(w_2^2 - w_1^2)(sin2\beta - 2\beta cos2\beta)] - \\ &- 2w_1w_2(cos2\beta + 2\beta sin2\beta - 1)\}. \end{aligned} \tag{5}$$

В формулах (3)–(5) $\alpha = Aw_3$; $\beta = A\,w_3\,(t-s)$; матрицы K, Q имеют диагональный вид.

Для космического аппарата с различными осевыми моментами инерции аналитическую форму законов управления на основе прогнозирующей модели получить затруднительно из-за сложности получения аналитического решения фундаментальной матрицы [12].

В данной работе выполнены исследования применения алгоритма с прогнозирующей моделью для управления угловыми скоростями космического аппарата осесимметричной формы для КА, имеющего различные моменты инерции по трем осям.

Моделирование выполнялось для динамической системы (1) с использованием управлений (3) - (5) В таблице 1 представлены результаты модулирования. На рисунках 1, 2 представлены характерные кривые для угловых скоростей, для управлений соответственно. Время решения определялось по достижению заданного уровня точности стабилизации угловых скоростей (1%).

Таблица 1. Моделирование КА с различными осевыми моментам инерции.

Приведенные осевые моменты инерции			Время решения $t_к$, сек	Затраты на управления $\sum_{i}^{3}\int_{0}^{t_k} u_i^2(t)\,dt$
A1	A2	A3		
1	1,5	1,5	1,35	21.044
1	1,5	1,2	1,35	21.294
1	1,2	1,2	1,35	21.56
1	1	1,5	1,35	21.467
1	1	1	1,361	21.972
1	1	0,5	1,372	22.695
1	0,8	0,8	1,361	22.443
1	0,5	0,8	1,361	22.764
1	0,5	0,5	1,361	23.275

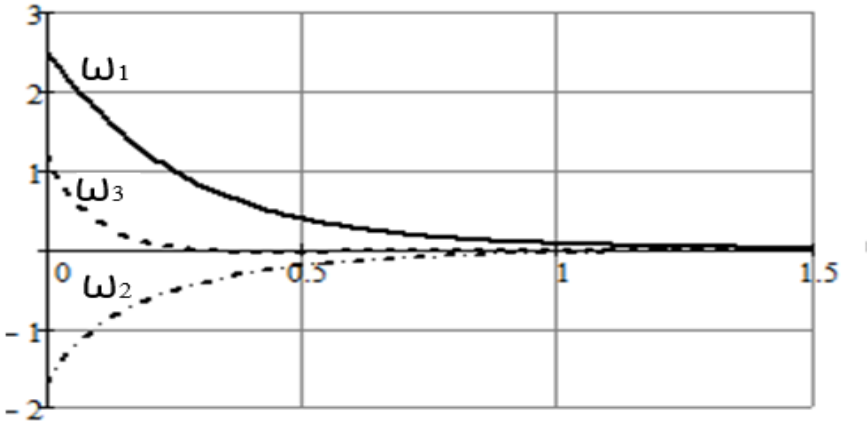


Рисунок 1. Графики изменения угловых скоростей

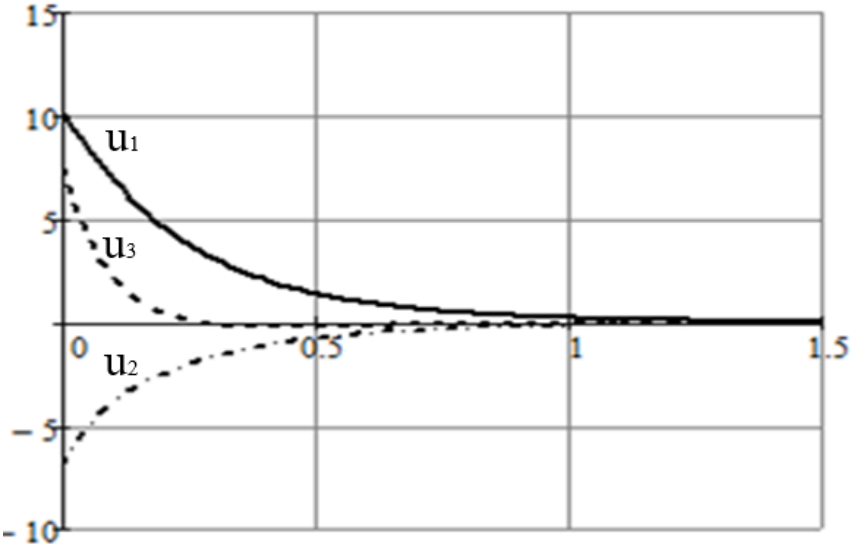


Рисунок 2. Графики изменения управляющих воздействий

Таким образом, моделирование показало, что для стабилизации угловых скоростей КА, имеющего различные моменты инерции по трем осям, можно

использовать аналитический закон управления стабилизации угловыми скоростями осесимметричного КА, для которого получены аналитические выражения законов управления. При этом относительные изменения (трехкратные) приведенных моментов инерции незначительно влияют на длительность интервала оптимизации (в пределах заданной точности) и на затраты приведенных управлений.

Литература:

1. A.A. Kostoglotov, A.I. Kostoglotov, S.V. Lazarenko, and B.M. Tsennykh, “Method of Structural-Parametric Identification of Lagrangian Dynamic Systems in the Processing of Measurement Information,” Measurement Techniques, vol. 57, May 2014, pp. 153 – 159, doi: 10.1007/s11018-014-0422-3.

2. A.A. Kostoglotov, A.I. Kostoglotov, and S.V. Lazarenko, “Joint maximum principle in the problem of synthesizing an optimal control of nonlinear systems,” Automatic Control and Computer Sciences, vol. 41, October 2007, pp. 274 – 281, doi: 10.3103/S0146411607050069.

3. Сю Д., Мейер А. Современная теория автоматического управления и ее применение. М.: Машиностроение, 1972.

4. Красовский А.А., Буков В.Н., Шендрик В.С. Универсальные алгоритмы оптимального управления непрерывными процессами. М.: Наука, 1977.

5. Методы теории оптимального управления в проектировании технических систем: учебное пособие / И. К. Романова. - Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. - 150, [2] с.: ил.

6. Костоглотов, А.А. Структурный синтез дискретных адаптивных следящих систем на основе объединенного принципа максимума / А.А. Костоглотов, С.В. Лазаренко, А.А. Кузнецов, И.В. Дерябкин, В.А. Лосев // Вестник Донского государственного технического университета. - 2017. - Т. 17. . - № 1 (88). - С. 105-112.

7. Костоглотов, А.А. Синтез адаптивных многорежимных регуляторов на основе комбинированного управления объединенного принципа максимума / А.А. Костоглотов, З.В. Лященко, С.В. Лазаренко, И.В. Дерябкин, О.Н. Манаенкова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2016. - № 3. - С. 124-132.

8. Костоглотов А.А., Таран В.Н., Трофименко В.Н. Адаптация алгоритмов управления на основе методов прогнозирующей модели и объединенного принципа максимума // Вестник РГУПС, 3, 2017. – С. 134 -139

9. Kostoglotov A.A., Taran V.N., Trofimenko V.N. Fuzzy Topological Approach to a Solid Control Task// Proceedings of the Third International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’18). Volume 1. – 530 p. – P.373-381.

10. Taran V.N., Trofimenko V.N. Transport Systems Intellectualization Based on Analytical Control Synthesis of Angular Velocities for the Axisymmetric Spacecraft // Proceedings of the Second International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’17). Volume 2. – 470 p. – P. 154-160.

11. Таран В.Н., Трофименко В.Н. Синтез оптимального алгоритма угловой стабилизации методом прогнозирующей модели // Автоматика и телемеханика. - 1997. - N5. - с. 82-85.

12. Таран В.Н., Трофименко В.Н. Синтез оптимального алгоритма угловой стабилизации методом прогнозирующей модели // Автоматика и телемеханика. - 1997. - N5. - с. 82-85.

А.В. Зуев

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА В КОГНИТИВНЫХ СЕТЯХ

Поволжский Государственный Университет Телекоммуникаций и Информатики, Самара, Россия

Ключевые слова: когнитивные сети, система радиосвязи с программируемыми параметрами, когнитивные радиосистемы, протокол управления звена данных, динамический доступ к радиочастотному спектру.

Когнитивные сети (CN) на основе программно-конфигурируемого радио SDR являются актуальной темой среди исследователей беспроводных сетей. Возможности CN и SDR позволяют идентифицировать временно свободные части радиочастотного спектра, которые ранее выделялись для использования только первичными пользователями. Одной из важных задач является исследование того, как MAC протокол влияет на эффективность использования канала когнитивной сети. В локальных вычислительных сетях MAC протокол основывался на аппаратной реализации и тесной связи с физическим уровнем. В MAC протоколах когнитивных радиосетей используется зондирование радиоспектра и используется программная реализация. Это позволяет множеству пользователей когнитивных радиосистем совместно использовать ресурс, определяя какой пользователь (первичный или вторичный) получит доступ к каналу.

A.V. Zuev

FUNCTIONING OF THE SYSTEM OF DISTRIBUTION OF THE CHANNEL RESOURCE IN COGNITIVE NETWORKS

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

Keywords: Cognitive networks CN, software defined radio SDR, cognitive radio systems CRS, media access control MAC, dynamic spectrum access DSA.

Cognitive Networks (CN) based on software-configurable radio SDR is in the focus among researchers wireless networks. Some opportunities of CN and SDR allow to identify temporarily free part of the radio spectrum which was previously allocated for using by primary users. One of the actual issue is studying how MAC protocols reacts on the efficiency of cognitive radio channels using. The cognitive radio MAC protocols are differentiated from their classical MAC protocol. In the local area network MAC protocol actually based on the hardware support and close coupling with the physical layer. Spectrum access sensing technology are used in CR MAC protocols. It enables multiple CR users to share the spectrum resource by determining who (primary or secondary user) will access the channel.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение технологии радиосвязи с программируемыми параметрами software defined radio, SDR с использованием механизмов когнитивного управления в рамках технологии когнитивной системы радиосвязи представляет собой один из

подходов для обеспечения более эффективного использования радиочастотного спектра, РЧС [1]. Пользователь может выбирать ту или иную радиосеть для получения требуемой услуги связи, используя мультистандартный терминал с несколькими программно-управляемыми радиоинтерфейсами.

Постоянно растущая потребность в услугах беспроводной передачи информации, высокие темпы роста пользовательского трафика, развитие рынка беспроводных услуг и приложений создает проблему дефицита РЧС, несмотря на предпринимаемые усилия по увеличению доступности и расширению доступного РЧС, что в том числе путем конверсии. В этих условиях начинают неизбежно возникает противоречие между возможностями новых методов и технологий использования РЧС при беспроводной связи и устаревшей системой распределения РЧС.

ОСОБЕННОСТИ КОГНИТИВНЫХ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Понятие «когнитивности» в целом распространяется не только на радиосистемы. Известны примеры использования когнитивных систем оперативного управления CON (cognitive optical networks) в оптических сетях связи и применительно к Интернету вещей, CoIT (cognitive internet of things). Когнитивная система связи действует как «умная» сетевая инфраструктура с возможностью выбора частоты, модуляции, мощности передачи на основе продукционных правил и приобретаемых знаний об окружающей среде. Свойство когнитивности или, в более широком смысле, интеллектуальности, подразумевает способность к познаванию окружающего мира и возможности самообучения, что подразумевает способность радиосистемы в виде радиоэлектронного средства (РЭС), решать следующие задачи [9]:

1. Обнаружение неиспользуемых в данный момент времени спектральных диапазонов (так называемых «белых пятен») с помощью анализа отношения сигнал/шум;
2. Контроль и адаптивное изменение уровня мощности излучения устройства;
3. Динамический доступ к РЧС;
4. Координация доступа к радиоканалам с другими пользователями КСР.

Когнитивная система радиосвязи КСР (cognitive radio systems, CRS) – технология, которая позволяет системе связи получать знания (данные) о своей операционной и географической среде функционирования, установленных политиках обслуживания пользователей радиочастотного спектра, своем внутреннем состоянии.

Когнитивное радио идентифицирует временно свободные части радиочастотного спектра и временно занимает эти т.н. называемые «белые пятна» («white spots») для приема и передачи информации, не создавая помех другим средствам в выбранном диапазоне [2]. Рабочая группа 1B МСЭ-R определила, что КСР не относится к службам радиосвязи и, следовательно, для КСР не выделяются полосы радиочастот. В настоящее время ведутся работы по нескольким стандартам КСР IEEE 802.11af, IEEE 802.16h, IEEE 802.22. –2009.

Такая система адаптирует характеристики SDR к радиосреде благодаря следующим свойствам:

1. Сбор информации SDR о свойствах окружающей радиосреды для выработки определенного решения об использовании РЧС;

2. Система распознавания свободного РЧС по сведениям полученным и когнитивного канала управления – пилот–канала (pilot-channel) или запрашиваются из централизованной базы данных защищаемых РЭС;

3. Способность регулирования необходимых параметров аппаратно–программной части, в том числе автономная конфигурации [3].

В Российской Федерации с 2015 г. для создания экспериментальной когнитивной сети беспроводного широкополосного доступа выделена полоса частот 470-790 МГц с правом применения радиоэлектронных средств КСР только в опытной сети ФГУП НИИР. Выбор рабочих каналов осуществляется только при запросе вторичного РЭС к базе данных о защищаемых РЭС с информацией о доступных для работы частотных каналах, а при отсутствии связи вторичное РЭС должно прекратить излучение. Максимальная эффективная изотропно излучаемая мощность, ЭИИМ должна составлять для базовых станции 6 дБВт (4 Вт), а для персональных РЭС – 0 дБВт.

С учетом перечисленных особенностей, далее будут рассмотрены особенности использования радиочастотного спектра с помощью управления со стороны сети связи и особенности MAC-уровня когнитивных сетей связи.

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВОБОДНОГО РЧС

В рамках КСР существующая модель управления спектром не может сделать временно неиспользуемый спектр доступным. Поэтому SDR предусматривает использование технологии динамического доступа к РЧС, DSA (dynamic spectrum access) и соответствующий режим управления РЧС [4].

С учетом применения DSA актуальной является задача выбор наилучшей радиосети для текущего обслуживания SDR. При этом со стороны оператора осуществляется управление запросами пользователей SDR на предоставление услуг [5]. Пусть в качестве цели управления доступом оператор связи стремится получить максимальный доход от использования своих канальных ресурсов с учетом ограничений пропускной способности узла доступа в сеть. Здесь важно учитывать коэффициент загруженности узла доступа, интенсивность запросов услуги, «вес» т.е. значимость каждого типа услуги (сервиса). Решения задачи оптимизации обусловлено ограничивающими коэффициентами для каждого типа услуги пользователя. Пусть эти коэффициенты доступны SDR. Учтем, что поиск оптимального решения по подключению к сети учитывает значимость или «вес» сервиса j на узле доступа x, $c_{x,j}(t)$, который определяется по формуле 1:

$$c_{x,j}(t) = \frac{D_j \times \nu_{x,j}}{\sum_{j=1}^{J} D_j \times \nu_{x,j}}, \quad (1)$$

где D_j −стоимость тарифной единицы услуги j в момент времени t;

$\nu_{x,j}$ −количество тарифных единиц (минут, килобит), определяющие объём предоставленного сервиса j на узле доступа x в момент времени t.

В целом задача оптимизации в рамках стратегии выбора сети «за оператора связи» может быть выражена следующим общим выражением:

$$\max_{p^r_{\text{УД},1,1}..p^r_{\text{УД},k,j}} \sum_{k=1}^{K} \sum_{j=1}^{J} D_j \times \lambda^*_{k,j}(t) \times p^Y_{\text{УД},k,j}(t)\ , \quad (2)$$

где $\lambda^{*}_{k,j}(t)$ – оценочная интенсивность запросов на предоставление услуги j, поступивших от k-го пользователя (k-й группы пользователей) в момент времени t;

$p^{r}_{\text{УД},k,j}$– значение ограничивающего коэффициента узла доступа (УД) для сервиса j, который требуется предоставить k-му пользователю (k-й группе пользователей), с возможностью регулярного обновления значения $p^{r}_{\text{УД},K,J}$ через промежуток времени r.

Указанная постановка задачи в дальнейшем должна учитывать особенности когнитивных сетей. В КСР перечень доступных каналов является переменным параметром. Тогда при подключении к сети в целом возникает задача выбора наилучшего из возможных каналов. Для решения этой задачи на уровне оперативного управления в реальном времени используются протоколы уровня звена данных, MAC–протоколы (Media access control). Одновременно MAC–протоколы можно использовать для решения задачи распознавания частично или временного свободного РЧС.

С учетом сказанного, MAC–протокол КСР должен поддерживать следующие основные функции:

- контроль и предотвращение вмешательств в работу РЭС первичных пользователей радиоспектра;
- предотвращение коллизий доступа к каналу для вторичных пользователей радиочастотного спектра;
- реализацию процедуры выбора и занятия наилучшего из доступных, временно свободных, радиоканалов [6].

Существует два вида MAC–протоколов: протоколы совместного и несовместного использования. По протоколам совместного использования вторичные пользователи работают сообща, чтобы максимизировать использование сети, увеличивая общую пропускную способность. Протоколы несовместного пользования позволяют каждому вторичному пользователю РЧС работать независимо от других, пытаясь улучшить лишь свою производительность [7].

По режиму доступа к РЧС в когнитивных сетях выделяют две категории с передачей подтверждения:

- в режиме без подтверждения вторичный пользователь получает доступ к спектру согласно времени простоя/отсутствия использования данной части радиоспектра;
- режим с подтверждением предполагает, что вторичные пользователи борются за возможность передачи по каналу, например, как в случае с множественным доступом с контролем несущей/с предотвращением коллизий CSMA/CA [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из наиболее привлекательных особенностей КСР является техническая возможность динамического доступа к РЧС и к различным радиосетям доступа в целом. Рассмотрена постановка задачи оптимизации как выбор для SDR наилучшего подключения (best connected) к одной из доступных сетей с последующим переходом к решению задачи выбора наилучшего канала данной сети на уровне звена данных с помощью когнитивного MAC–протокола.

Литература:

1. Tuttlebee, H.W. Software defined radio [Текст]/H.W.Tuttlebee –USA: John Wiley & Sons, Ltd., 2002 – 402 pages.

2. Zhang, Y. Cognitive radio networks: architectures, protocols, and standards [Текст]/ Edited by Zhang Yan, Zheng Jun, Hsiao-Hwa Chen.– UK.: CRC Press, 2010 – 525 pages.

3. Palicot, J. Radio engineering. From software to cognitive radio [Текст]/ J. Palicot. –USA.: John Wiley & Sons, Ltd., 2011. – 360 pages.

4. Burns, P. Software Defined Radio for 3G [Текст]/Burns Paul. – London: Artech House Inc., 2003 – 478 pages.

5. Гребешков А.Ю. Принятие решения по предоставлению услуги с помощью многофункционального абонентского терминала SDR в когнитивных сетях связи [Текст]// T-Comm. Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – №7– С. 63–66.

6. Incel, O.D. MC-LMAC: a multi–channel MAC protocol for wireless sensor networks [Текст]: technical report of TR-CTIT-08-61/O.D. Incel, P.Jansen. – Netherlands: Mullender centre for telematics and information technology University of Twente. – 2008. – PP. 1381–3625.

7. Гребешков, А.Ю, Стандарты и возможности применения когнитивного радио[Текст]/ А.Ю. Гребешков, А.В. Зуев А//XXI Российск. научн. конф. проф.-преп. состава, научн. сотрудников и аспирантов ПГУТИ; тез. докл., Самара, 29–31 января 2014 г. – Самара: Изд-во ПГУТИ, 2014. – 1 с.

8. Гребешков, А.Ю. Стандарты и возможности применения когнитивного радио / А.Ю. Гребешков, А.В. Зуев // XXI Российская научн. конф. проф.-преп. состава, научн. сотрудников и аспирантов ПГУТИ; тез. докл., Самара, 29–31 января 2014 г. – 2014. – С. 1.

9. Гребешков А.Ю. Исследование доступа к каналам передачи в реконфигурируемых когнитивных сетях связи следующего поколения/ А.Ю. Гребешков, А.В. Зуев// T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. – Т. 9. № 6. – С. 9-14.

А.Л. Светлаков, В.Т. Куанышев

ОПИСАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ NG-RAN ДЛЯ СЕТЕЙ 5G

Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: 5G, LTE, сеть радиодоступа, архитектура сети, Release 15.

В статье рассмотрена архитектура сети радиодоступа для сетей пятого поколения в двух вариантах: промежуточном и финальном. Приведено описание элементов данной архитектуры.

A.L. Svetlakov, V.T. Kuanishev

NG-RAN ARCHITECTURE DESCRIPTION FOR 5G NETWORKS

Federal Communications Agency Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) FGBOU VO "Siberian State University of Telecommunications and Informatics" in Yekaterinburg (URTISI SibGUTI), Russia

Keywords: 5G, LTE, radio access network, network architecture, Release 15.

The article describes the radio access network architecture for fifth generation networks in two versions: intermediate and final. The elements of this architecture are described.

В связи с растущим количеством потребляемого трафика и как следствие растущими требованиями пользователей к сетям связи разрабатывается следующее, пятое, поколение сетей связи дающее преимущества в числе которых: увеличение пропускной способности до нескольких гигабит в секунду на одну соту, что позволит смотреть потоковое видео в разрешениях Ultra HD (3840×2160 пикселей) и 8k (7680×4320 пикселей); уменьшение задержки, что в совокупности с вышеописанным открывает возможности для развития облачных технологий, что в свою очередь обеспечит к примеру потоковую передачу видеоигр (Streaming) высокой чёткости и с минимальным откликом; также в числе преимуществ высокая энергоэффективность, возможность реализации инттернета вещей, а также высокая мобильность абонента вплоть до скорости перемещения около 500 километров в секунду. [1]

В данной статье, основываясь на стандартах 3GPP (3-rd generation Partnership Project), приведено описание двух видов архитектуры сети радиодоступа для сетей пятого поколения:

- неавтономная архитектура (Non-Standalone Architecture – NSA);
- автономная архитектура (Standalone Architecture – SA).

Неавтономная архитектура является промежуточным этапом перед внедрением «полного» 5G. На данном этапе сеть радиодоступа 5G соединяется с опорной сетью 4G. [2]

Оконечное устройство (User Equipment – UE) соединяется с одной из базовых станций 4G (eNodeB), которая действует как главный узел (Master Node – MN), и с одной из базовых станций 5G (en-gNB), которая действует как вторичный узел (Secondary Node – SN). eNodeB подключается к пакетному ядру 4G (Evolved Packet Core – EPC) через интерфейс S1 и к en-gNB через интерфейс X2. en-gNB также может быть подключен к EPC через интерфейс S1-U, а другие en-gNB между собой - через интерфейс X2-U. [3]

LTE Release 15 как раз добавляет поддержку соединений между eNodeB и en-gNB для интерфейса X2. Схема неавтономной архитектуры представлена на Рисунке 1.

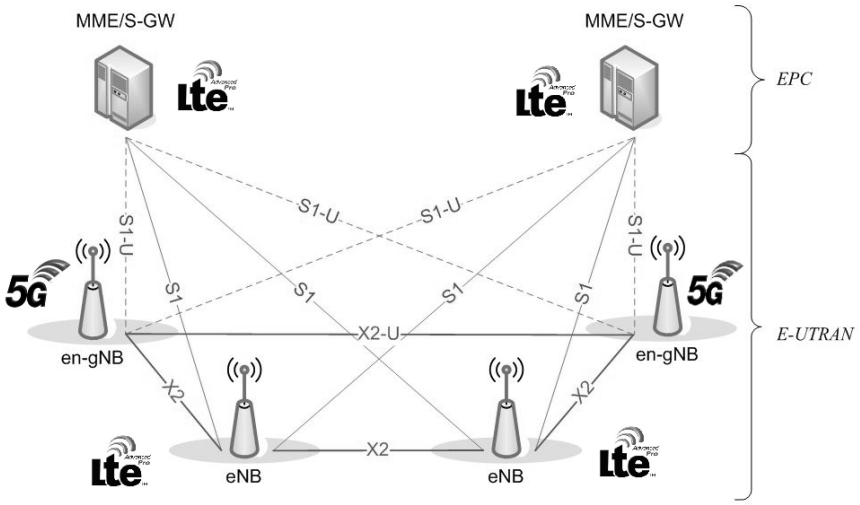


Рисунок 1. Схема неавтономной архитектуры NG-RAN

Где:

- eNodeB и en-gNB описаны выше;
- MME/S-GW (Узел управления мобильностью/Обслуживающий шлюз) – отвечает за процедуры обеспечения мобильности, переключения абонента от станции к станции (handover), слежения и пейджинга UE, также участвует в процессах активации и дезактивации сетевых ресурсов, маршрутизирует и направляет пакеты с пользовательскими данными.

Автономная архитектура исключат использование элементов 4G сетей.
Данная архитектура представлена на Рисунке 2.

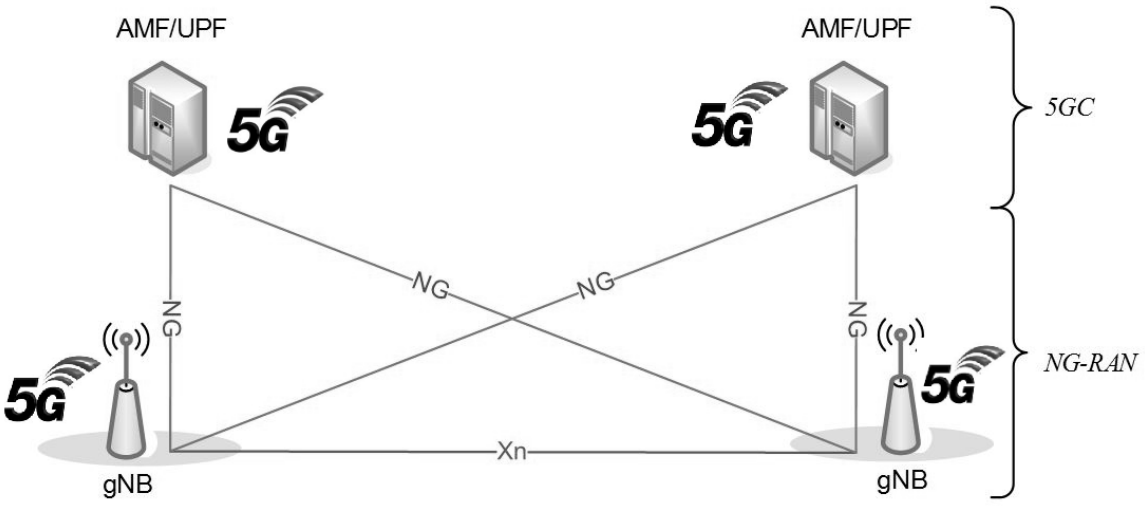


Рисунок 2. Схема автономной архитектуры NG-RAN

В данной архитектуре базовые станции соединяются между собой по интерфейсу Xn и по интерфейсу NG с элементом AMF/UPF.

Где AMF/UPF – обеспечивает доступ и управление мобильностью/плоскость пользователя (Access and Mobility Management Function/ User plane function).

Основные функции AMF:

- сигнализация между узлами опорной сети для мобильности между сетями доступа 3GPP;
- управление зоной регистрации;
- поддержка внутрисистемной и межсистемной мобильности;
- аутентификация доступа;
- авторизация доступа, включая проверку прав роуминга;
- контроль управления мобильностью;
- контроль безопасности сети доступа.

Основные функции UPF:

- маршрутизация и пересылка пакетов;
- отчет об использовании трафика;
- классификатор восходящей линии связи для поддержки маршрутизации потоков трафика в сеть передачи данных;
- обработка QoS для плоскости пользователя (фильтрация пакетов, обеспечение скорости по направлению вверх или вниз;
- проверка трафика восходящей линии связи;
- буферизация пакетов нисходящей линии связи и запуск уведомления о данных нисходящей линии связи. [2]

Исходя из всего вышеописанного видно, что на финальном этапе сети 5G должны будут полностью вытеснить сети 4G.

Литература:

1. О технологии 5G // [Электронный ресурс]. – URL: https://www.huawei.com/minisite/russia/5g/about.html;

2. 3GPP TR 21.915 V1.0.0 (2019-03) Release 15 Description // [Электронный ресурс]. – URL: https://www.3gpp.org/release-15;

3. 3GPP TS 37.340 V15.5.0 (2019-03) Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and NR // [Электронный ресурс]. – URL: https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3198;

Е.В. Землякова, Н.А. Шустова, Н.В. Болдырихин, И.А. Сосновский

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ 5G

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: концепция системы мобильной связи пятого поколения (5G), радиочастотный спектр, технологический облик 5G, технологии развития 5G.

Рассмотрены сетевая архитектура и особенности реализации сетей 5G.

E.V. Zemlyakova, N.A. Shustova, N.V. Boldyrikhin, I.A. Sosnovsky

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF 5G NETWORKS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Key words: concept of the fifth-generation mobile communication system (5G), radio frequency spectrum, technological appearance of 5G, 5g development technologies.

The network architecture and implementation features of 5G networks are considered.

Стандарты сетей поколения 5G разработаны на основе существующих в настоящее время стандартов для сетей 4G/IMT-Advanced. Сети 5G, в сравнении с предыдущим поколением 4G, позволят существенно увеличить пропускную способность до 1-2 Гбит/с. Существенным отличием нового стандарта является возможность использования режима работы device-to-device («устройство с устройством»), то есть без задействования ретранслятора. Помимо этого, достоинством новых стандартов является более высокая энергоэффективность каналов связи, что позволяет существенно экономить расход аккумуляторной батареи, в сравнении с 4G-оборудованием.

По сравнению с сетями прошлого поколения сети 5G ориентированы на потребности абонентов гораздо в большей степени, чем их предшественники. Радиопокрытие таких сетей будет адаптироваться под нужды потребителей таких услуг.

Для реализации сетей сотовой связи 5G используются базовые станции многоэлементных цифровых антенных решеток, с количеством антенных элементов 128, 256 и более. Соответствующие системы получили наименование Massive MIMO. Планируется реализация всего доступного частотного диапазона, в частности использование миллиметрового диапазона на коротких расстояниях.

Стоит выделить три подсистемы в сетевой архитектуре 5G:

- Подсистема №1 - Access – подразумевает использование распределенных и централизованных принципов подключения оконечных устройств к сети, а также планируется поддержка 4G и 3G стандарта.
- Подсистема №2 - Control – предназначена для осуществления управления качеством сервисов, а также для контроля сессий.
- Подсистема №3 - Forward – представляет сеть на физическом уровне, стандартизирует параметры сигналов, сетевые интерфейсы и другие особенности, связанные с регулировкой скорости передачи данных и балансировкой нагрузки.

Реализация расширения спектра частот, используемого в стандарте 5G, достигается за счет двух методов:

- первый метод подразумевает расширения полосы частот и, как следствие, увеличение количества частотных каналов без изменения спектральной эффективности;
- второй метод подразумевает значительное повышение спектральной эффективности за счет оптимизации режимов.

В рамках внедрения технологии 5G предполагается использовать частотный диапазон 6-60 ГГц.

В Таблице 1 приведены основные характеристики современных стандартов мобильных сетей связи. Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что в сетях 5G будут использоваться каналы с полосой частот более 100 МГц, что значительно превосходит все предыдущие стандарты, за исключением LTE-A. Однако спектральная эффективность превосходит даже LTE-A более чем 20 %. При этом пиковая скорость превышает самый быстрый LTE-A до 10 раз. Задержка при этом составляет до 1 мс, что в 10 раз меньше, чем LTE-A.

Таблица 1. Основные системные характеристики технологий от 3G к 5G

Технические характеристики	3G	HSPA+	LTE	LTE-A	5G
Ширина полосы, МГц	5	5	20	100	100+
Спектральная эффективность соты, бит/с/Гц	0,5	2	4	~8	10+
Пиковая скорость, Мбит/с	2	Вниз:42 Вверх:11	Вниз:326 Вверх:86	Вниз:1000 Вверх:375	Вниз:10 000+ Вверх: 5000+
Задержка, мс	50	20	10	10	0,1-1

На пути к развитию технологии 5G в России, в первую очередь должны быть предприняты следующие шаги:

- принятие концепции развития сетей 5G на государственном уровне;
- участие предприятий телекоммуникационной отрасли в межнациональных проектах, например 3GPP, и подобных ему;
- лицензирование диапазона, используемого 5G под гражданские нужды.

Таким образом, внедрение технологий 5G в отрасль телекоммуникаций позволит значительно повысить качество услуг, предоставляемых мобильными сетями, что может составить значительную конкуренцию проводным сетям и обеспечить достойную альтернативу проводному интернету, особенно в сельских и труднодоступных местностях.

Литература:

1. Александр Сафонов. Беспроводные сети 5G postnauka.ru

2. Ким А. В., Тихвинский В. О. Новый мобильный горизонт: итоги MWC-13 //Электросвязь. — 2013. — № 3. с.2-4.

3. Стратегия инновационного развития РФ на период до 2020 года //www.rg.ru/pril/63/14/41/2227_strategiia.doc.

4. Mobile and wireless communications Enablers for the 2020 Information. Society. EU FP7 ICT-317669-METIS //www.metis2020.com

5. Niri S. G. Towards 5G // LTE World Summit-2013.

К.Д. Никишкин, М.Г. Городничев

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: медицина, машинное обучение, диагностика болезней, искусственный интеллект, разработка лекарств.

Дано определение машинному обучению и рассмотрены проблемы связанные с применением машинного обучения. Классифицировано программное обеспечение, основанное на методах машинного обучения и применяемое в медицине. Приведены примеры реализации программного обеспечения и типовых методов машинного обучения.

K.D. Nikishkin, M.G. Gorodnichev

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF MACHINE LEARNING IN MEDICINE

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Key words: medicine, machine learning, diagnosis of diseases, artificial intelligence, drug development

The definition of machine learning is given and the problems associated with the use of machine learning are considered. Classified software based on methods of machine learning and used in medicine. Examples of software implementation and typical methods of machine learning are given.

Машинное обучение – это набор методов искусственного интеллекта, особенностью которого является обучение в процессе решения сходных задач. При построении таких методов применяются средства теории вероятности, численных методов, методов оптимизации, теории графов, математической статистики.

Понятие машинное обучение появилось в середине прошлого века и было определено, как возможность машины демонстрировать поведение, которое не было в ней явно запрограммировано.

Машинное обучение начало активно использоваться только в конце 20-го/начале 21-го века, до этого все исследования и разработки в этом направлении носили чисто исследовательский интерес и не могли быть широко применены в повседневной жизни, так как для их реализации требовались большие, по тем временам, вычислительные мощности, которые могли себе позволить только крупные исследовательские центры и корпорации [2].

Однако сейчас область применения методов машинного обучение расширяется с каждым годом. Эти методы применяются в социологии, экономике, медицине и других областях.

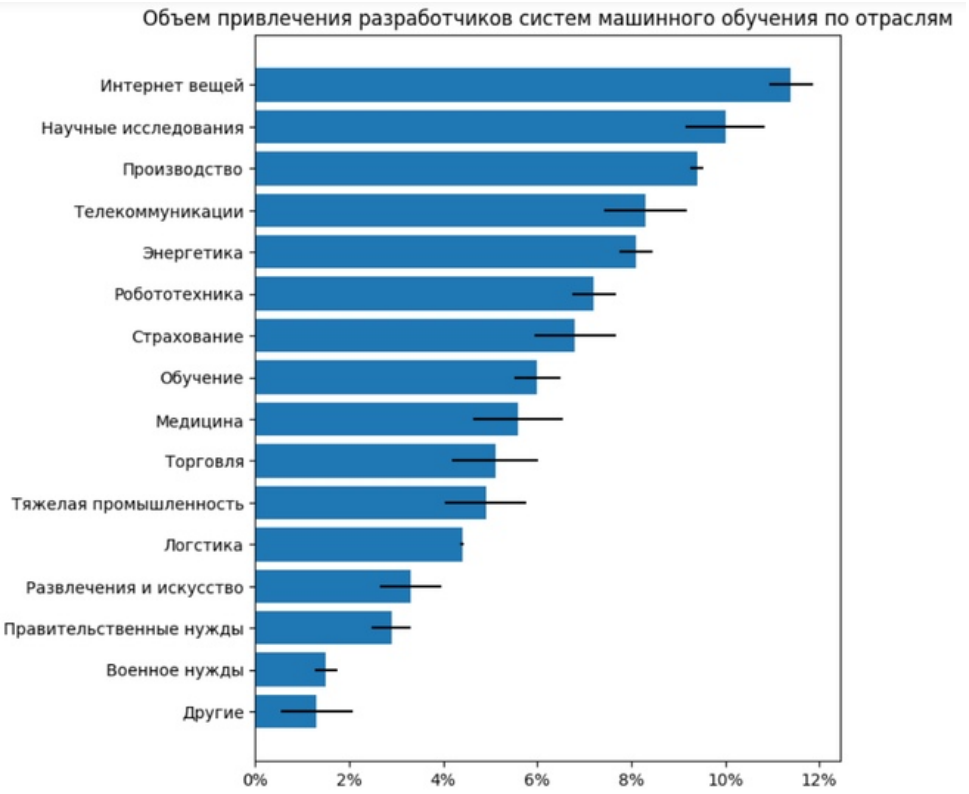


Рисунок 1. Объем привлечения разработчиков систем машинного обучения по отраслям [1].

На сегодняшний день в медицине средствами машинного обучения уже созданы впечатляющие проекты, позволяющие улучшить качество диагностики и лечения заболеваний.

Программное обеспечение, основанное на машинном обучении и применяемое в медицине, можно классифицировать следующим образом:

- Программы-диагносты;
- Программы-консультанты;
- Программы-управленцы;
- Программы-разработчики;
- Другие.

Рисунок 2. Оценка роста количества программ использующих методы машинного обучения [1].

Программы-диагносты.

Это программы, имеющие способность обрабатывать анализы пациента, например флюорографические снимки или анализ крови, и ставить ему диагноз. Как правило это узкоспециализированные программы, которые определяют имеется ли у пациента какое-то конкретное заболевание. Обычно такие программы выступают в качестве помощника врача, что дает возможность поставить более точный диагноз.

Примером таких программ может быть *IBM Watson*. *IBM Watson* – это суперкомпьютер, созданный фирмой *IBM*. Он оснащён вопросно-ответной системой искусственного интеллекта [3]. Одной из областей применения данного суперкомпьютера является медицина. Эта система способна обрабатывать медицинские снимки, ставить точные диагнозы пациентам и предлагать эффективные способы лечения.

Когнитивные службы		
Задавание вопросов (информирование)	Исследование (обучение)	Принятие решения (применение)

Когнитивные процессы более высокого уровня			
Предвидение	Понимание	Анализ / обнаружение	Создание / экстраполяция знаний

Основные способы поведения					
Ведение диалога	Генерация гипотез	Обработка естественного языка	Извлечение / оценка информации	Построение логического вывода	Планирование

Фундаментальные качества				
Сенсорное восприятие	Запоминание / вспоминание	Сообщение	Действие	Понимание

Рисунок 3. Элементы когнитивной системы *IBM Watson.*

Характерным примером может служить система израильская компании *MedyMatch Technology*, состоящая из 20 человек. Данная компания разработала решение, основанное на базе *Big Data* и ИИ, которое призвано помочь врачам точнее диагностировать инсульт. Система *MedyMatch* сравнивает томографию мозга пациента с другими томографиями, хранящимися в «облаке».

Врач не всегда способен заметить незначительные отклонения, а они могут иметь важное значение при диагностировании. Система *MedyMatch* может обнаруживать такие отклонения, благодаря чему вероятность постановки ошибочного диагноза и назначения неправильного лечения сводятся к минимуму.

Для обработки различных медицинских анализов используются различные методы машинного обучения. Например, для работы с ЭКГ используется анализ временных рядов, для анализа флюорографических снимков используются сверточные нейронные сети, которые прекрасно зарекомендовали себя в области распознавании образов, для обработки числовых значений (например, количество

билирубина, полученное с помощью анализа крови) наиболее часто используют логистическую регрессию, случайные леса, *SVM* или нейронные сети [4].

Программы-консультанты.

Это программы, которые позволяют пациенту поддерживать хорошее самочувствие. Они принимают на вход жалобы (симптомы) пациента и отдают на выход некие советы по улучшению самочувствия. Такие программы позволяют пациентам самостоятельно следить за своим здоровьем.

Примером может служить, мобильное приложение британской компании *Your.MD*. Данное приложение построено на технологиях ИИ, машинного обучения и обработки естественного языка, что дает возможность пациенту всего лишь сказать, например, «У меня болит живот», а затем получить от своего смартфона некие рекомендации и экспертный совет. Такой результат достигается за счет того, что система искусственного интеллекта *Your.MD* имеет доступ к огромной по объемам базе данных симптомов, которая была создана все той же компанией.

Также хорошим примером является система цифровых услуг в области укрепления и поддержания здоровья *Doctor smart*. Эта платформа задействует технологии искусственного интеллекта и блокчейна и представляет собой комплексное решение для заботы о здоровье, профилактики заболеваний и мгновенного доступа к профильным сертифицированным специалистам со всего мира.

Разработчики *Doctor smart* добавил в свою платформу систему, предназначенную для проверки рекомендаций специалистов и назначенных ими лекарственных средств. Система способна контролировать правильность интерпретации результатов анализов, постановки диагнозов и вынесения рекомендаций пользователям сервиса *Doctor Smart* за счет автоматизированного сопоставления международных клинических протоколов с ситуацией конкретного клиента. Система сама выдает рекомендации по проведению анализов, диагнозам и лекарственным препаратам, контролируя результативность каждой консультации и учитывая такие факторы как соответствие лекарств друг другу.

Обычно для построения программ консультантов разрабатываются рекомендательные системы [5]. В рекомендательных системах могут быть использованы самые различные алгоритмы. Получаемые результаты могут различаться в зависимости от проблемы, для решения которой спроектирован конкретный алгоритм, и от отношений, которые присутствуют в данных.

Наиболее успешно применяемые алгоритмы:

- Байесовские сети доверия;
- Цепи Маркова;
- Классификация по методу Роккио.

Программы-управленцы.

Эти программы связаны не с лечением пациентов, а с работой медицинских учреждений. Они позволяют автоматизировать и улучшить работу медицинских учреждений.

Примером данной группы программ может быть система мониторинга пациентов *Qventus*. Эта система, предназначена для отслеживания состояния пациентов, лежащих в стационаре, предсказывает возможное ухудшение состояния пациента и заранее резервирует необходимое оборудование и врачей для предотвращения критической ситуации.

Qventus уже доказал свою эффективность, так, например, в одном из госпиталей данная система помогла снизить количество пациентов в стационаре на 39% благодаря тому, что персонал своевременно получал предупреждения о ухудшающемся состоянии больных и мог оперативно оказать помощь.

Еще одним примером таких программ может быть разработка ученых из Университета ИТМО. Они построили компьютерную модель системы для координации работы диспетчеров, бригад скорой помощи и сотрудников больниц. Согласно результатам моделирования, такая система способна повысить эффективность решений медицинского персонала на различных этапах помощи пациентам с подозрением на инфаркт миокарда. Пока система воплощена в компьютерной модели, но, по словам разработчиков, отдельные ее элементы могут быть внедрены во врачебную практику в скором времени.

Обычно такие программы содержат в себе предсказательную модель и рекомендательную систему.

Программы-разработчики.

Это программы, предназначенные для помощи ученым в разработке и тестировании новых препаратов.

Примером таких программ может являться уже упомянутый *IBM Watson*. В 2014 году *IBM* объявила о сотрудничестве с *Johnson & Johnson* и фармацевтической компанией *Sanofi* для работы над обучением *Watson* пониманию результатов научных исследований и клинических испытаний. Данное решение привело к существенному сокращению времени, затрачиваемого на клинические испытания новых лекарственных средств, а врачи получили возможность давать наиболее подходящие лекарства для каждого конкретного пациента.

Еще одним пример таких программ является решение компании *AtomWise* из Сан-Франциско. Их система называется *AtomNet*. Она использует глубокое обучение для прогнозирования поведения молекул и предсказания вероятности с какой они образуют необходимые связи.

Во время обучения система *AtomNet* получила сведения о результатах нескольких миллионов уже известных взаимодействий молекул. Основываясь на этих данных, система научилась предсказывать взаимодействия, которые еще не происходили.

Данное программное обеспечение уже помогло создать препараты для лечения Эболы.

В данных программах обычно используют нейронные сети.

Выводы

Сегодня машинное обучение является весьма перспективным направлением в науке, так как с его помощью люди могут добиваться эффективных результатов в различных областях. Относительно медицины, машинное обучение позволяет улучшать качество диагностирования, помогает в управленческой деятельности, избавляя врачей от рутины и позволяя им больше времени тратить на пациента, а также помогает ученым создавать новые лекарственные препараты.

Литература:

1. https://machinelearning.conferenceseries.com

2. Machine Learning for Medical Diagnosis: History, State of the Art and Perspective, *Igor Kononenko*

3. Эпоха когнитивных систем: Принцип построения и работы IBM Watson, *Роб Хай* (*Rob High*)

4. Интеллектуальные технологии анализа клинических данных, основанные на универсальных методах статистической верификации *Сенько О.В., Кузнецова А.В.*

5. *Махров С. С., Ерохин С. Д.* Анализ методов формирования и выделения ЭЭГ-паттернов при регистрации сигналов в нейроинтерфейсах // T-Comm. 2017. №10.

К.Э. Большаков, Н.И. Ильиных

МАЛОМОДОВЫЕ И МНОГОСЕРДЦЕВИННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский Государственный Университет Телекоммуникаций и Информатики» Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г.Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: маломодовые оптические волокна, многосердцевинные оптические волокна, FMF, MCF, мода, ядро, линейная поляризация (LP).

В статье рассмотрены основные новые виды оптических волокон, а именно: маломодовые и многосердцевинные оптические волокна (FMF и MCF). Также рассмотрены волокна, объединяющие в себе FMF и MCF, называемые маломодовыми многосердцевинными волокнами (FM-MCF). Рассмотрены их основные характеристики и параметры. А также рассмотрены научные достижения в области применения FM-MCF.

K.E. Bolshakov, N.I. Ilinykh

LOW-MODE AND MULTI-CORE OPTICAL FIBERS

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Telecommunications and Informatics" Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) in the city of Ekaterinburg (UrTISI SibSUTI), Russia

Keywords: low-mode optical fibers, multi-core optical fibers, FMF, MCF, mode, core, linear polarization (LP).

The article discusses the main new types of optical fibers, namely: low-mode and multi core optical fibers (FMF and MCF). Also considered are fibers combining FMF and MCF, called low-mode multi-core fibers (FM-MCF). Their main characteristics and parameters are considered. And also reviewed are scientific achievements in the field of FM-MCF.

Стремительный рост IP-трафика требует наращивания емкости оптических систем передачи данных и увеличения пропускной способности оптических волокон. Существующие типы оптических волокон (ОВ) ограничены по пропускной способности в следствии проявления нелинейных эффектов, возникающих при

увеличении вводимой суммарной мощности. Оптические усилители могут поднять уровень мощности сигнала в волокне до 25-30 дБм. Однако, при уровне оптического сигнала выше 17 дБм проявляются нелинейные эффекты, и величина 17 дБм можно считать предельной величиной суммарного уровня передачи оптических сигналов для существующих оптических волокон, что негативно сказывается на длине регенерационного участка. Предусилители на приеме дают выигрыш в бюджете мощности порядка 14 дБм. Ограничивают применение существующих оптических волокон и явление плавления сердцевины оптического волокна при уровне оптической мощности, передаваемой по оптическому волокну уже при 1-2 Вт. Мощность распределенного Рамановского усиления, при котором оптический сигнал усиливается в оптическом волокне уже достигает значений 1,2-1,5 Вт. В большинстве случаев излучение накачки осуществляется на длине волны 1450 нм и подается с приемного конца (рамановское предусиление). В связи с этим можно сказать, что предел мощности в ряде случаев уже достигнут и мы больше не можем увеличить передаваемую мощность систем ВОСП или Рамановского усиления выше установленного уровня.

Ограничения по пропускной способности волокон связаны не только с вводимой суммарной мощностью, но и с площадью модового поля волокна. Особенно ограничивает передаваемую мощность волокно для компенсации дисперсии, так как модовое поле ОВ для компенсации дисперсии составляет < 28 мкм², а стандартного ОВ 70мкм². В этом случае суммарная вводимая мощность в ОВ не должна превышать 0,5 Вт. Для того, чтобы преодолеть эти трудности разрабатываются новые типы оптических волокон.

За последние десять лет было разработано большое количество новых типов оптических волокон. Наиболее передовым и перспективным среди них являются маломодовые (FMF) и многосердцевинные (многоядерные) оптические волокна (MCF). Рассмотрим их поподробнее.

Маломодовые оптические волокна (Few-Mode Fiber – FMF). Как известно, все оптические волокна делят на два больших класса: одномодовые и многомодовые. На Рисунке 1 представлена схема передачи энергии через одномодовое и многомодовое волокно.

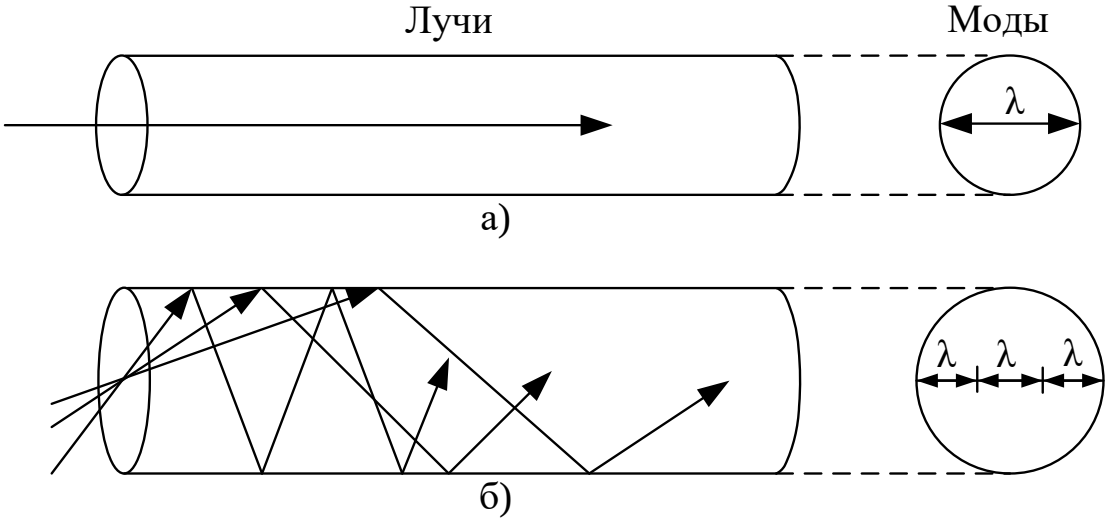


Рисунок 1. Одномодовая (а) и многомодовая (б) схема передачи

Такая классификация связана с тем, что свет – это не только поток частиц, но и электромагнитная волна. По этому наряду с теорией лучей для описания распространения света в оптическом волокне используется теория мод. Теория мод представлена электромагнитным поведением света. В таком представлении световые волны принято называть модами.

Отличие маломодовых волокон от многомодовых заключается в том, что по многомодовым волокнам распространяется большое количество мод низкого порядка и как правило, на небольшие расстояния. Тогда как маломодовые волокна способны передавать гораздо меньшее количество мод более высокого порядка на расстояния большей длины. Ожидается, что такие волокна позволят организовать передачу сигнала с большой пропускной способность на большие расстояния без регенерации и усиления. Маломодовые волокна поддерживают распространение нескольких мод одной сердцевине. На Рисунке 2 представлен профиль моды волокна и показана взаимосвязь между различными определениями моды, где стрелки представляют ориентацию и знак электрического поля.

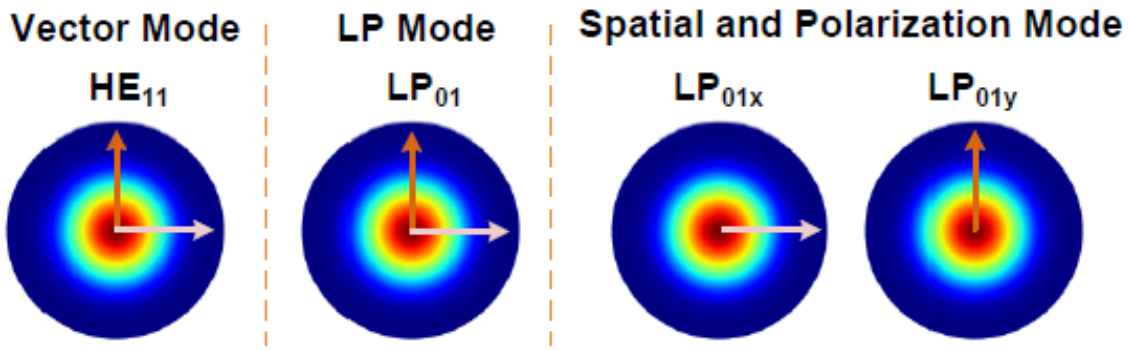


Рисунок 2. Профиль основной моды волокна [1]

Линейно-поляризованные (LP) моды, которые называются скалярными модами, обычно используются для представления волоконных мод в качестве приближенной векторной моды. Связь между векторной и скалярной модами показана на Рисунке 3.

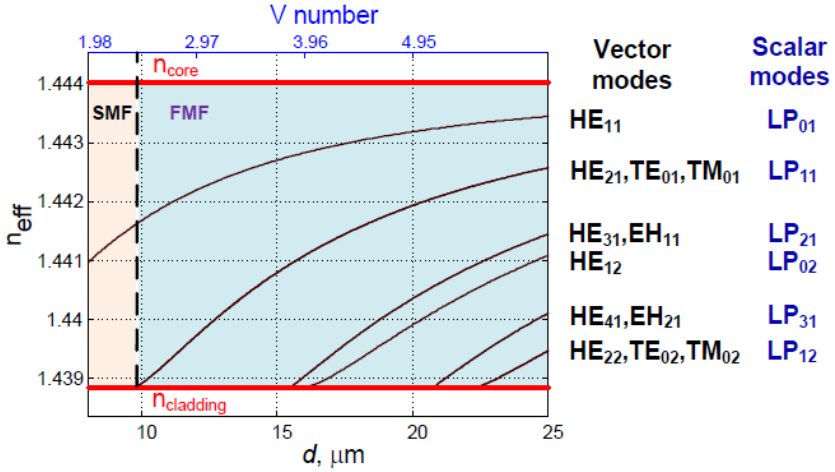


Рисунок 3. Индекс эффективности векторных мод низкого порядка в волокне SI [1]

Векторные моды являются решениями векторного волнового уравнения и обычно рассматриваются как моды реальных волокон. LP-моды решаются из скалярных волновых уравнений, которые являются линейными комбинациями векторных мод. Пространственные моды распознают вырожденные моды LP, где одна мода вращается в определенной степени относительно другой, как две разные моды. Эти моды различаются по индексам a и b. Пространственные и поляризационные моды: эти моды могут быть далее разделены поляризацией, где индексы x и y обозначают две поляризации каждой пространственной моды.

Волокно, которое поддерживает моды LP01 и LP11 можно рассматривать как двухмодовое волокно, считая только LP-моды, или его также можно рассматривать как трехмодовое волокно, где рассматриваются различные пространственные моды.

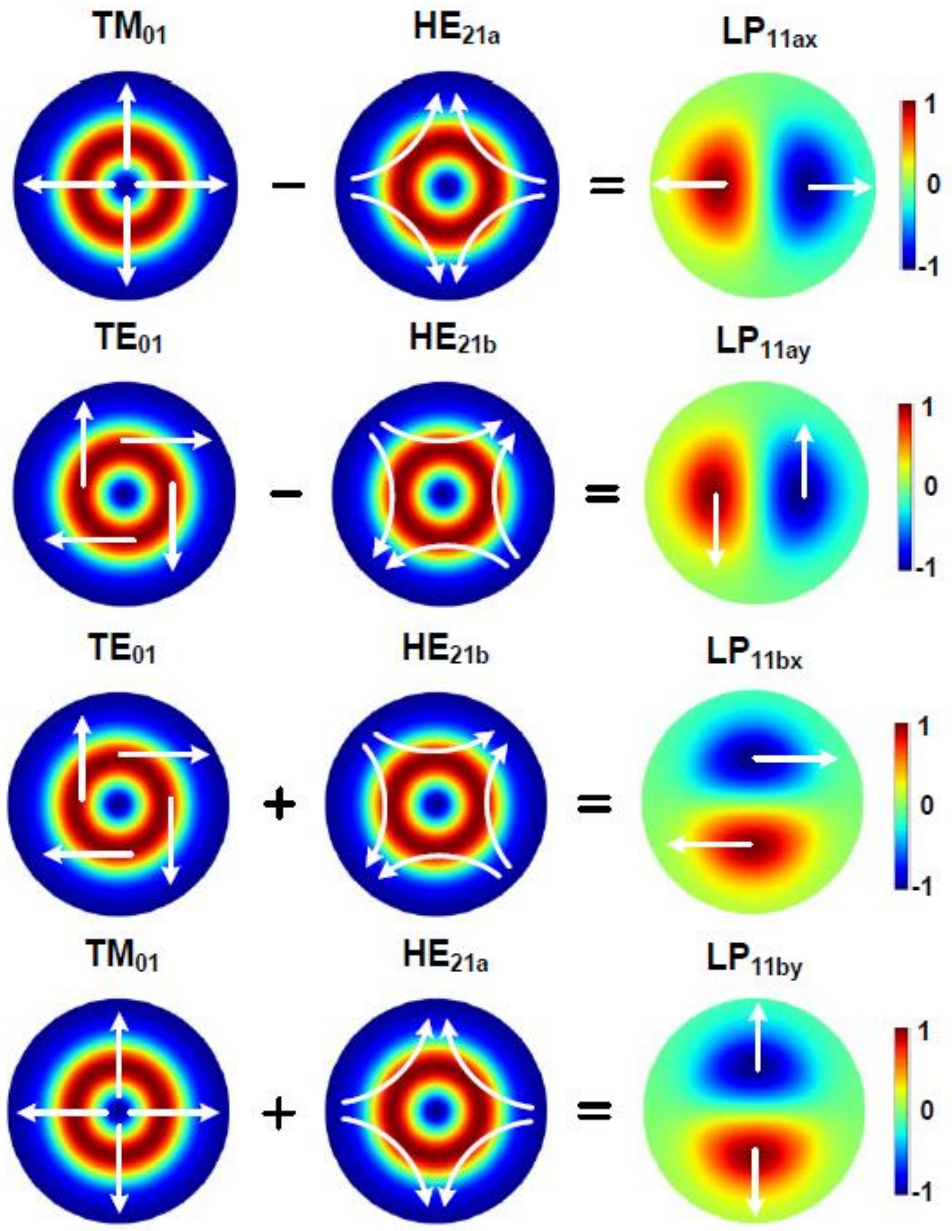


Рисунок 4. Связь между векторной модой и пространственно-поляризационной модой для мод LP11 [1].

В настоящее время разработаны: двух и трех модовые оптические волокна, как для передачи на большие расстояния допустимой суммарной мощности с пространственным мультиплексированием мод, так и для компенсации дисперсии на существующих оптических волокнах с суммарной мощностью 2Вт; многосердцевинные оптические волокна для передачи скоростей Петабит/с; маломодовые волокна с положительным и отрицательным значением дисперсии, а также оптические волокна для лазеров и других элементов волоконной линии передачи. Рассмотрены возможности применения этих волокон совместно с существующими оптическими волокнами.

Многосердцевинные (многоядерные) оптические волокна (Multi core fiber – MCF). Многосердцевинные волокна имеют несколько сердцевин в одной оболочке, которые расположены с некоторым зазором относительно друг друга, образуют симметричную структуру и объединены общей оболочкой. Многосердцевинные оптические волокна отличаются между собой по компоновке сердцевин, из диаметру и диаметру оболочки. Первые MCF имели разнесенные друг от друга на 39 мкм сердцевины диаметром 26 мкм, а диаметр оболочки достигал до 300 мкм. Во многом размер волокна зависит от его структуры – количества и оболочки ядер и расстояния между ними. На сегодняшний день существуют. На сегодняшний день существую многосердцевинные волокна с диаметром оболочки, как у стандартных одномодовых волокон 125 мкм, а также с диаметром 250 мкм. Преимущество данных волокон состоит в том, что их можно будет частично использовать с существующими оптоволоконными компонентами. Был сделан вывод, что четырех-пяти сердцевинные ОВ могут быть изготовлены с диаметром оболочки 125 мкм при сохранении того же качества передачи, как и в стандартных волокнах.

На Рисунке 5 изображены схемы расположения сердечников MCF, представленные на сегодняшний день: гексагональная плотноупакованная структура (HCPS) [3], однокольцевая структура (ORS), двухкольцевая структура (DRS) и структура с квадратной решеткой (SLS) [4].

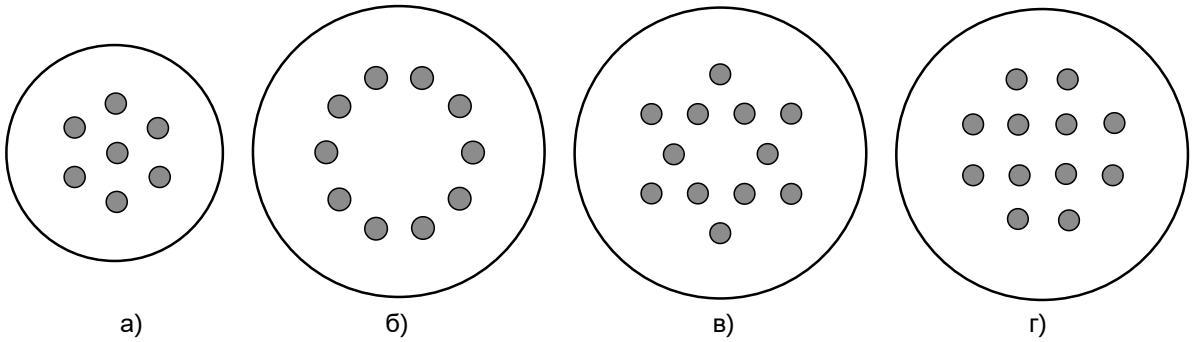


Рисунок 5. Основные схемы, предложенные ранее:
(а) HCPS (б) ORS (в) DRS (г) SLS.

MCF могут быть классифицированы на связанные MCF и несвязанные MCF. В случае связанных MCF, LP-моды в каждом ядре сильно связаны между собой, и формируют супермоды. Благодаря супермодам может быть уменьшена межмодовая дисперсия. Напротив, несвязанные MCF используют сердцевины в качестве независимых волноводов, чтобы уменьшить нагрузку по обработке сигналов.

Стоит отметить, что концепция многосердцевинных волокон может быть выполнена в сочетании с маломодовыми волокнами. Этот подход может обеспечить повышенную гибкость в плане контроля величины межмодовой дисперсии, а также

определенные преимущества в мультиплексировании/демультиплексировании сигналов отдельных пространственных каналов.

Объединение технологии маломодового режима передачи с N модами и технологии многосердцевинных волокон с M сердцевинами обеспечит MxN пространственных каналов. Маломодовые многосердцевинные волокна обозначаются аббревиатурой FM-MCF (Few-Mode Multicore Fibre). Указанные FM-MC волокна были основаны главным образом на несвязанной технологии MCF. При проектировании несвязанных FM-MC волокон необходимо учитывать следующие вопросы, касающиеся конструкции MCF и FMF, а именно:

- взаимные влияния между ядрами или перекрестные помехи (IC-XT);
- компоновка ядра;
- взаимные влияния между модами (IM-XT)
- межмодовая дисперсия (DMD).

Общим подходом к снижению IC-XT является увеличение шага сердечника, что приводит к увеличению диаметра оболочки и ухудшению механической надежности волокна. Уменьшение эффективной площади ядра (A_{eff}) также может подавлять IC-XT. Однако пониженный A_{eff} не подходит для систем передачи на большие расстояния из-за нелинейных эффектов. В общем, A_{eff} отличается в зависимости от режима распространения. Желательно, чтобы A_{eff} для моды LP_{01} было больше, чем у обычных одномодовых многосердцевинных волокон – около 80 мкм^2 при 1550 нм.

Проблема компановки ядер связана с проблемой взаимных влияний. В случае использования MCF в реальной линии передачи предполагается, что все ядра возбуждены одинаково, и каждое ядро получает IC-XT от всех соседних ядер. Агрегированный IC-XT, IC-XT_{worst}, рассчитывается по формуле:

$$IC\text{-}XT_{worst} = IC\text{-}XT + 10 \cdot \log n \quad (1)$$

где n – количество соседних ядер, окружающих каждое ядро.

Не большое число ядер предпочтительно для подавления IC-XT_{worst}. Чтобы максимально увеличить количество ядер MCF и уменьшить n, были предложены различные схемы расположения ядер для SM-MCF, и некоторые из них также используются для FM-MCF.

На рисунок 6 изображены профили показателя преломления, представленные в предыдущих FM и FM-MC волокнах. Профили показателя преломления приводит к маленькому IM-XT и большой межмодовой дисперсии (DMD). Кроме того, многоступенчатый профиль (MSI), градиентный (GI) и градиентный профиль с канавкой могут успешно подавлять DMD.

Рисунок 6. Различные основные профили показателя преломления: (а) ступенчатый (б) многоступенчатый (в) градиентный (г) градиентный профиль с канавками

Комбинация количества мод и количества ядер определяется с учетом этих проблем. Количество ядер определяется требуемым IC-XT с ограничением радиусом оболочки (D_c).

FM-MCF должны иметь большое число пространственных каналов и разрабатываться с учетом этих проблем. Поэтому предлагаются различные типы FM-MCF. В таблице 1 представлены показатели и характеристики разработанных на сегодняшний день FM-MC волокон. Для сравнения характеристик FM-MCF были предложены: относительный коэффициент кратности ядра (Relative core multiplicity factor – RCMF) и относительная пространственная эффективность (relatives patial efficiency – RSE). RCMF указывает, как может быть реализовано большое отношение оптического сигнала к шуму (optical signal to noise ratio – OSNR), которое определяется коэффициентом кратности ядра (core multiplicity factor – CMF) MCF и стандартного SMF. CMF – это совокупная эффективность площади ядра (effective core area – A_{eff}) на 1550 нм каждой моды в каждом ядре MCF согласно следующим уравнениям:

$$RCMF = CMF_{MCF} / CMF_{SMF} \tag{2}$$

$$CMF_{MCF} = \frac{n\sum_i^m A_{eff-i}}{(\pi/4)D_c^2} \tag{3}$$

$$CMF_{SMF} = \frac{A_{eff-SMF}}{D_{c-SMF}} = \frac{80}{(\pi/4)125^2} \tag{4}$$

где n – это число ядер;

m – это число мод;

A_{eff-i} – это совокупная эффективностьi-й моды в каждом ядре;

D_c – диаметр оболочки;

RSE – относительная пространственная эффективность – указывает, сколько SCC реализовано в ограниченном диаметре.

$$RSE = \frac{m \times n}{D_c^2} \cdot 125^2 \tag{5}$$

Таблица 1. Характеристики разработанных FM-MCF

Тип волокна	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
Число ядер (n)	36	19	19	4	7	7	12	19	12	12
Число мод (m)	3	6	6	3	3	3	3	3	6	3
SCC	108	114	114	12	21	21	36	57	72	36
Расположение ядер	HCP S	HCP S	HCP S	SLS	HCP S	HCP S	SLS	HCP S	SLS	SLS
LP_{01}-A_{eff}* (мкм^2)	76	64.3	80.1	112.7	113	110	96	218	87	110
IC-XT_{worst} (дБ/100 км)	-5	-80	-30.8	-39	-12	-40	-59	-7	-27	-55
D_c (мкм)	306	318	246	176	192	195	230	440	227	230
RCMF	21.6	31.1	60.3	11.5	16.8	16.6	16.8	15.8	22	16.5
RSE	18.0	17.6	29.4	6.1	8.9	8.6	10.7	4.6	21.8	10.6
DMD (пс/км)	7400	950	330	3000	4600	2729	530	-	430	63
Длина волокна (км)	5,5	9,76	8,85	37	10	20	404	12	42	527

Наибольшее количество пространственных каналов среди всех зарегистрированных SM-MCF на сегодняшний день составляет 32. Однако было реализовано более 100 пространственных каналов с использованием шестимодовых (LP01, LP11a-LP116 LP21a LP21b и LP02) 19-ядерных волокон [2,3]. Но расстояние передачи этих каналов было ограничено менее 10 км. Кроме того, диаметр этих волокон превышал 300 мкм. RCMF около 60 была достигнута с помощью шестимодового 19-жильного волокна с диаметром менее 250 мкм.

Для использования FM-MCF на больших расстояниях необходимо реализовать низкую DMD и низкую IC-XT. Для осуществления этих требований, было разработано 12-жильное трехмодовое волокно с градиентным профилем показателя преломления. Диаметр оболочки (D_c) такого волокна составил 230 мкм,а эффективная площадь ядра для моды LP_{01} составила 110 мкм^2 и 146,9 мкм^2 для LP_{11}.Таким образом межмодовая дисперсия (DMD) не превысила |63| пс/км, поляризационно-модовая дисперсия (PMD) в среднем достигла 0,55 пс/√км, а параметр IC-XT менее 51,6 дБ/500 км.

Данное волокно было разработано с целью увеличения пропускной способности и длины регенерационного участка без влияния на него негативных факторов, таких как нелинейные эффекты и температурные явления. Большая пропускная способность и длина регенерационного участка достигается по средствам высокой вводимой суммарной мощности. В результате ряда исследований было выявлено, что при увеличении мощности лазерного излучения, температура оптической среды может увеличиваться, что в свою очередь может привести к изменению некоторые параметры ОВ, а частности показателя преломления волокна. С целью выяснения зависимости, изменения показателя преломления волокна от мощности оптического излучения необходимо провести аналогичные исследования для FM-MCF волокон, чему и будет посвящена дальнейшая работа.

Литература:

1. J. Sakaguchi, W. Klaus, J.-M.D. Mendinueta, B.J. Puttnam1, R.S. Luis, Y. Awaji1,N. Wada, T. Hayashi, T. Nakanishi, T. Watanabe, Y. Kokubun, T. Takahata, T.Kobayashi, Realizing a 36-core, 3-mode fiber with 108 spatial channels, in:Proc. of Opt. Fiber Commun. Conf., Los Angeles, CA, USA, 2015, Paper Th5C.2.

2. K. Igarashi, D. Souma, Y. Wakayama, K. Takeshima, Y. Kawaguchi, T. Tsuritani, I.Morita, M. Suzuki, 114 space-division-multiplexed transmission over 9.8-kmweakly-coupled-6-mode uncoupled-19-core fibers, in: Proc. of the Opt. FiberCommun. Conf., Los Angeles, CA, USA, 2015, Paper Th5C.4.

3. T. Sakamoto, T. Matsui, K. Saitoh, S. Saitoh, K. Takenaga, T. Mizuno, Y. Abe, K.bShibahara, Y. Tobita, S. Matsuo, K. Aikawa, S. Aozasa, K. Nakajima, Y.Miyamoto, Low-loss and low-DMD few-mode multi-core fiber with highestcore multiplicity factor, in: Proc. of Opt. Fiber Commun. Conf., Anaheim, CA,USA, 2016, Paper Th5A.2.

4. Y. Sasaki, K. Takenaga, N. Guan, S. Matsuo, K. Saitoh, M. Koshiba, Largeeffective-area uncoupled few-mode multi-core fiber, Opt. Express 20 (2012) B77–B84.

5. C. Xia, R. Amezcua-Correa, N. Bai, E. Antonio-Lopez, D.M. Arrioja, A. Schulzgen,M. Richardson, J. Linares, C. Montero, E. Mateo, X. Zhou, G. Li, Hole-assisted few mode multicore fiber for high-density sp ace-division multiplexing, IEEEPhoton. Technol. Lett. 24 (2012) 1914–1917.

6. Y. Sasaki, Y. Amma, K. Takenaga, S. Matsuo, K. Saitoh, M. Koshiba, Trenchassistedlow-crosstalk few-mode multicore fiber, in: Proc. of Eur. Conf. Exhib.Opt. Commun., London, Sept. 2013, Paper Mo.3.A.5.

7. T. Mizuno, T. Kobayashi, H. Takara, A. Sano, H. Kawakami, T. Nakagawa, Y.Miyamoto, Y. Abe, T. Goh, M. Oguma, T. Sakamoto, Y. Sasaki, I. Ishida, K.Takenaga, S. Matsuo, K. Saitoh, T. Morioka, 12-core _ 3-mode dense spacedivision multiplexed transmission over 40 km employing multi-carrier signalswith parallel MIMO equalization, in: Proc. of Opt. Fiber Commun. Conf., SanFrancisco, CA, USA, 2014, Paper Th5B.2.

8. K. Mukasa, K Imamura, R. Sugizaki, Multi-core few-mode optical fibers withlarge Aeff, in: Proc. of Eur. Conf. Opt. Commun., Amsterdam, Netherlands,2012, Paper P1.08.

9. T. Sakamoto, T. Matsui, K. Saitoh, S. Saitoh, K. Takenaga, S. Matsuo, Y. Tobita, N.Hanzawa, K. Nakajima, F. Yamamoto, Few-mode multi-core fibre with highestcore multiplicity factor, in: Proc. of Eur. Conf. Exhib. Opt. Commun., Valencia,Spain, Sept. 2015, Paper We.1.4.3.

10. K. Shibahara, T. Mizuno, H. Takara, A. Sano, H. Kawakami, D. Lee, Y.Miyamoto, H. Ono, M. Oguma, Y. Abe, T. Kobayashi, T. Matsui, R. Fukumoto,Y. Amma, T. Hosokawa, S. Matsuo, K. Saito, H. Nasu, T. Morioka, Dense SDM(12-core _ 3-mode) transmission over 527 km with 33.2-ns mode dispersion employing low-complexity parallel MIMO frequency-do main equalization, in: Proc. of at the Opt. Fiber Commun. Conf., Los Angeles, CA, USA, 2015, Paper Th5C.3.

О.А. Бистерфельд

АДАПТИВНАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ЧЕРЕЗ СПУТНИК-РЕТРАНСЛЯТОР НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ

ООО «Импульс-406», Пенза, Россия

Ключевые слова: передача информации, спутниковый канал связи, пропускная способность.

В статье рассмотрены особенности передачи данных по спутниковому каналу связи и проанализированы возможности повышения эффективной пропускной

способности канала связи при передаче данных в реальном времени и сокращения времени на передачу всех зарегистрированных данных.

O.A. Bisterfeld

ADAPTIVE DATA TRANSMISSION VIA THE RELAY STATION SATELLITE ON THE GEOSTATIONARY EARTH ORBIT

"Impuls-406" LLC, Penza, Russia

Keywords: information transfer, satellite link, throughput.

In article the author considers data transmission on a satellite link and analyzes a possibility of increase in effective throughput of a communication channel at data transmission in real time and reductions of time for transfer of all registered data.

В Указе Президента Российской Федерации В.В. Путина «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018 г. говорится о необходимости «создания устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объёмов данных…» [1].

В территориально распределенных автоматизированных системах испытаний и эксплуатации сложных технических комплексов (таких, как ракетно-космическая и авиационная техника, гидро- и атомные электростанции) важным аспектом является передача данных между компонентами систем, удаленными друг от друга на большие расстояния. Она реализована при помощи систем связи со спутником-ретранслятором на геостационарной орбите, причем основные объемы данных передаются в монопольном режиме. Спутниковый сегмент канала связи в указанном применении обуславливает, во-первых, повышенную интенсивность искажений, передаваемых в режиме реального времени данных, а во-вторых, значительную задержку сообщений по обратной связи при передаче в режиме гарантированной доставки данных.

Для передачи данных между приемной и передающей стороной устанавливают соединение между ними с использованием канала прямой связи «передатчик-приемник» и канала обратной связи «приемник-передатчик». На передающей стороне все поступающие от источника данные в реальном времени регистрируют в «массиве регистрируемых данных». Период, в течение которого поступают данные от источника, называется периодом регистрации.

Данные для передачи в канал связи разбивают на блоки. Блоки кодируют для обнаружения искажений, вероятных при передаче по каналу связи. Добавляют к блоку заголовок каждого уровня протокола связи. В заголовке указывают данные кодирования, что позволяет при приеме блока данных выявить наличие искажений.

Для передачи всех регистрируемых данных в реальном времени необходимо, чтобы пропускная способность прямого канала связи превышала интенсивность поступления данных от источника данных. Однако, на практике такое соотношение не всегда выполняется. В таких случаях в поступающих от источника данных выделяют значимые для передачи в реальном времени данные. Только эти данные передают в реальном времени в канал связи. Объем и, в общем случае, и интенсивность поступления, отобранных для передачи в реальном времени данных, должны быть согласованными с реальной пропускной способностью канала связи.

После окончания периода регистрации пользователю доставляются все зарегистрированные на передающей стороне данные.

При передаче данных в реальном времени, в период регистрации, при обнаружении искажений с приемной стороны передают заявки на повторную передачу. Повторные передачи выполняют в резервное время, когда нет новых данных от источника. После периода регистрации весь объем передаваемых данных, включая и их часть, не переданных в реальном времени (в случаях, когда недостаточно пропускной способности канала связи и в реальном времени передают только часть данных от источника) передаются приемной стороне также с задействованием обратной связи, что позволяет обеспечить полноту передачи данных.

Неискаженные при передаче блоки передаются пользователю за гарантированное время от момента выдачи данных источником до передачи данных пользователю. Ко времени окончания периода регистрации или через некоторое время после его окончания все, включая и искаженные при передаче в канале связи, блоки данных, переданные при применении известного способа, доставляются к приемной стороне. Если пропускная способность канала связи выше, чем интенсивность поступления данных от источника, то на этом заканчивается процедура передачи данных с гарантией полноты их доставки.

В другом случае, когда не все данные передавались в период регистрации, сформированные в массиве принятых блоков (на приемной стороне) полные данные передаются пользователю после периода регистрации. Время доставки полного объема данных не гарантируется, так как время, необходимое для всех дополнительных передач подвержено флуктуациям из-за помех в канале связи.

Необходимо отметить, что в период регистрации пропускная способность канала связи используется неэффективно из-за большой доли служебных данных при передаче небольших по объему данных отдельных измерений, поступающих от источника данных.

Кроме того, неэффективно используется канал связи при длительной передаче больших объемов зарегистрированных данных; когда нестабильная характеристика канала (вероятность искажения при передаче символа) может меняться и при этом не соблюдается оптимальное значение блока данных, передаваемого в канал связи. При большом уровне искажений передача блоков данных большого объема неэффективна (возрастает частота повторных передач блоков данных, искаженных при передаче); заведомое уменьшение размера блока также неэффективно, так как возрастает доля служебных данных.

На рис. 1 приведена диаграмма из рекомендаций Международного союза электросвязи [2]. На диаграмме показаны фактическая пропускная способность при передаче данных по каналу связи с потенциальной (предельной) пропускной способностью в 10 Мбит/с и при гарантированной доставке данных за счет применения способа доставки с подтверждением (наиболее широко используемый на практике в большинстве компьютерных сетей протокол передачи данных TCP). Диаграмма показывает изменение фактической пропускной способности при различных значениях вероятности искажения символа в канале связи L_{OSS} и времени распространения сигнала в прямом и обратном канале связи RTT. При искажениях в 0,1% передаваемых символов (L_{OSS}=1.E-3) известный протокол с подтверждением имеет фактическую пропускную способность на порядок меньше, чем пропускная способность канала связи. При увеличении расстояния между приемником и передатчиком данных (например, для случая передачи данных через спутник-ретранслятор на геостационарной орбите, RTT≈0,54с) даже с радиоканалом с малой

вероятностью искажений эффективная пропускная способность на два порядка меньше потенциальной пропускной способности канала связи. В протоколе TCP требуется ожидание сообщений от приемника, подтверждающих результаты приема переданных ранее порций данных. На время ожидания выдача в канал связи блоков данных приостанавливается.

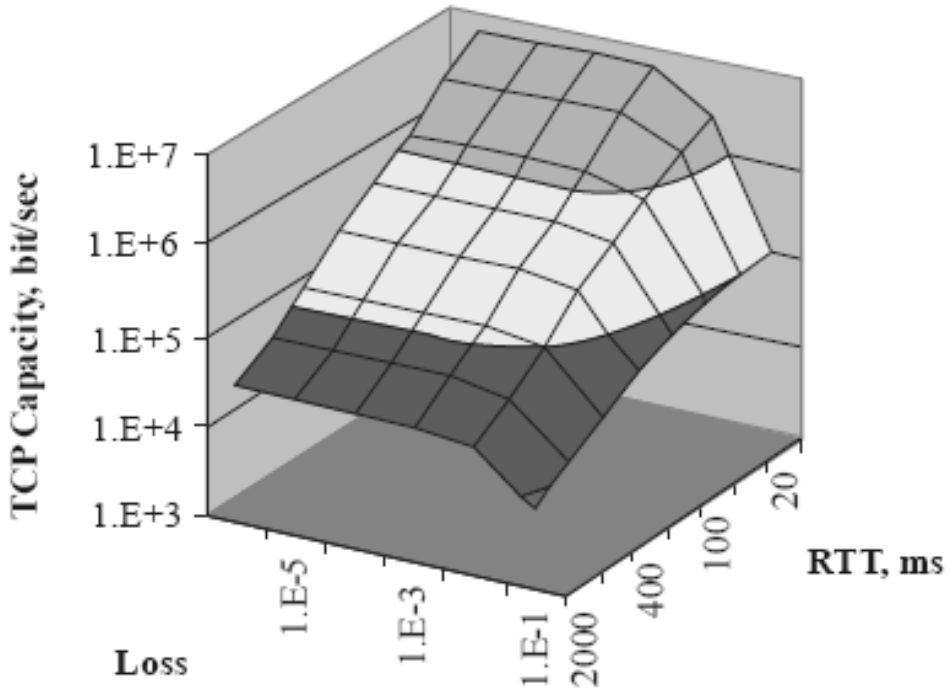


Рисунок 1. Зависимость фактической пропускной способности канала связи от вероятности искажения символа при применении протокола TCP

Ниже проанализированы возможности повышения эффективности передачи данных.

1. В период регистрации на передающей стороне возможно накапливать оптимальный для эффективной передачи объем данных, поступающих от источника, и только затем блок данных передавать через канал связи приемной стороне. За счет этого будет существенно снижено отношение объема служебных данных к объему полезных данных, передаваемых в реальном времени (в период регистрации). В конечном итоге увеличится эффективная пропускная способность канала связи в период регистрации (объем полезных данных, переданных через канал связи в единицу времени).

При этом несколько увеличится и время доставки данных, однако задержка эта будет незначительная и для практики некритичная.

На приемной стороне по результатам контроля искажений в принятых блоках формируют и отправляют передающей стороне сообщения с номерами блоков, передачу которых необходимо повторить. Процедура обслуживания таких сообщений обеспечивает прежде всего доставку в реальном времени данных, поступающих от источника, а в резервное время, по возможности, обслуживаются запросы приемной стороны на повторную передачу блоков, искаженных при передаче.

В случае, когда пропускная способность недостаточна для передачи всех данных в реальном времени, после окончания периода регистрации из массива

регистрируемых данных дополнительно передаются с использованием обратной связи (с гарантией полноты передачи) только блоки данных, которые не вошли в состав отобранных для передачи данных в реальном времени. После окончания дополнительных передач, сформированные в массиве принятых блоков (на приемной стороне) полные данные передаются пользователю.

Необходимо отметить, что и в случае превышения пропускной способности канала связи интенсивности выдачи данных источником (когда возможна передача всех данных от источник в реальном времени), и в случае, когда пропускная способность канала связи позволяет передать только часть данных в реальном времени, время доставки гарантируется только для блоков данных переданных при первой передаче по каналу без искажений (при передачах с резервными блоками достаточно, чтобы из основного блока и из резервных хотя бы один блок был передан без искажений).

По возможности, может осуществляться передача резервных блоков данных. При наличии резерва времени (нет новых порций данных от источника и нет запросов от приемной стороны на повторную передачу блоков) дублируется передача последнего, переданного в канал связи блока данных. Это позволяет существенно повысить вероятность передачи блока данных в канале связи.

Вероятность передачи без искажений блока в канале связи $P_{\text{прд бд}}$:

$$P_{\text{прд бд}} = (1 - P_o)^{R_{бл} + r_{zb}},$$

где: P_o – вероятность искажения символа, передаваемого в канале связи;

$R_{бл}$ – размер блока данных (число символов в блоке), передаваемого в канале связи;

r_{zb} – размер заголовка блока данных (число символов заголовка), передаваемого в канале связи дополнительно с каждым блоком данных.

Вероятность искажения блока в канале связи $P_{\text{птр бд}}$:

$$P_{\text{птр бд}} = 1 - P_{\text{прд бд}}.$$

При передаче одного или нескольких резервных блоков вероятность искажения блока при передаче в канале связи существенно снижается:

$$P_{\text{птр бд}} = \left[1 - (1 - P_o)^{R_{бл} + r_{zb}}\right]^{1 + k_{р\,б}},$$

где: $k_{р\,б}$ – число передаваемых резервных блоков данных.

Например, при $P_o = 10^{-6}$, $R_{бл} = 4096$, $r_{zb} = 80$,

$$P_{\text{прд бд}} = 0{,}996, \quad P_{\text{птр бд}} = 0{,}004$$

В случае, когда дополнительно передается один резервный блок, вероятность искажения (потери) блока в канале связи снижается до $P_{\text{птр бд}} = 0{,}000017$.

Для передачи данных в реальном времени и для дополнительных передач блоков по запросам с приемной стороны необходимо превышение пропускной способности канала связи над интенсивностью поступления данных от источника.

Коэффициент превышения можно оценить статистическим коэффициентом $\overline{k_{пвт}}$ повторов передач блоков данных (средним значением повторных передач блоков, необходимых для компенсации искажений в канале связи). Коэффициент $\overline{k_{пвт}}$ определяется его средним значением во множестве вероятных ситуаций (передача без искажений в первой передаче, с одним повтором по запросу, после двух повторов по запросам и т.д.):

$$\overline{k_{\text{пвт}}} = P_{\text{прд бд}} + 2P_{\text{птр бд}}P_{\text{прд бд}} + 3P^2_{\text{птр бд}}P_{\text{прд бд}} + 4P^3_{\text{птр бд}}P_{\text{прд бд}} + \ldots =$$

$$= (1 - P_{\text{птр бд}}) + 2P_{\text{птр бд}}(1 - P_{\text{птр бд}}) + 3P^2_{\text{птр бд}}(1 - P_{\text{птр бд}}) + 4P^3_{\text{птр бд}}(1 - P_{\text{птр бд}}) + \ldots =$$

$$= 1 + P_{\text{птр бд}} + P^2_{\text{птр бд}} + P^3_{\text{птр бд}} + P^4_{\text{птр бд}} + \ldots = 1 \Big/ \left(1 - P_{\text{птр бд}}\right)$$

Для приведенных выше значений $P_o = 10^{-6}$, $R_{бл} = 4096$, $r_{zb} = 80$

$$\overline{k}_{пвт} = 1{,}0042.$$

Как правило, отрезки времени между поступлениями порций данных от источника стабильны (например, телеметрические измерения от изделий ракетной техники). В том случае, когда пропускной способности канала связи достаточно для передачи в реальном времени всех данных от источника, практически без флуктуаций будут и промежутки времени между выдачами блоков в канал связи. В этих условиях гарантированное время доставки определяется в основном временем распространения радиосигнала от передатчика до приемника (первый компонент времени доставки или первое слагаемое времени доставки $t_{дост1}$), а также незначительной задержкой на накопление оптимального объема блока данных (второй компонент времени доставки $t_{дост2}$). При передаче, например, через один спутник на геостационарной орбите первый компонент времени доставки блока данных ($t_{дост1}$) примерно 0,26 ÷ 0,27 с. Второй компонент времени доставки необходимо учитывать для времени доставки данных по конкретным измерениям отдельных параметров (например, данные измерений параметров сложного технического объекта). Дополнительное накопление данных от источника до объема, оптимального для блока данных, выдаваемого в канал связи, приводит к задержке передачи данных. На максимальное время задерживаются с выдачей в канал связи данные измерений параметров первыми поступившими от источника. Практически не задерживаются данные измерений, после поступления которых объем накопленных данных становится близким или равным оптимальному и накопленный массив после этого отправляется в канал связи. Например, в случаях, когда оптимальным считается $R_{бл\,опт} = 4096$, и интенсивность поступления данных от источника $I = 2$Мбит/с, максимально возможная задержка (второй компонент времени доставки $t_{дост2}$) составит $t_{дост2} = R_{бл\,опт} / I \approx 0{,}002c$. Такое увеличение времени доставки данных не является для практики критическим.

При недостаточности пропускной способности канала связи и с передачей части данных в реальном времени длительность отрезков времени между выдачей блоков в канал связи может варьироваться. Вероятны значительные группы (серии) передач с промежутками времени, соответствующими интенсивности поступления данных от источника. Такие серии циклически повторяются в пределах так называемого «кадра», например, данных телеизмерений по большому числу

параметров сложных технических комплексов. Предлагается, что пропускной способностью канала связи будет обеспечиваться передача выбранных «репортажных» данных в целом и на отрезке «кадров» в частности. Внутри указанных выше серий соответствующее соотношение с пропускной способностью канала связи может не обеспечиваться. Такие серии компенсируются как буферными массивам в канале связи, а также в определенной мере и введением процедуры накопления объема данных от источника до оптимального размера блока, выдаваемого в канал связи. Задействование буферных массивов канала связи увеличивает время доставки данных в режиме реального времени. В предельном случае (и достаточно маловероятном случае) внутри «кадра» все отбираемые «репортажные» данные могут сгруппироваться в одну серию. В этом случае, время доставки первого блока из серии, переданного в канал связи, будет примерно равно времени распространения радиосигнала от передатчика до приемника, затем, внутри серии, время доставки будет постепенно увеличиваться и, в последнем блоке серии, станет равным сумме времени распространения радиосигнала от передатчика до приемника и «времени кадра» (в предельном случае, когда пропускная способность канала связи равна средней интенсивности поступления «репортажных» данных). В одном из практических применений время кадра равно 0,08 с. Таким образом, в предельном (маловероятном) случае время доставки флуктуирует от 0,27 с до 0,35 с (со средним значением менее 0,31 с).

2. Возможна адаптация размера блока данных (выдаваемого в канал связи) к реальному состоянию канала связи. При длительных передачах по каналу связи такой его параметр, как P_o (вероятность искажения символа данных) может меняться. С изменением P_o существенно меняется размер оптимального блока данных (при котором незначительны потери в реальной пропускной способности из-за служебных данных и еще незначительны потери из-за необходимости дополнительных передач блоков данных). Оценить влияние можно следующим образом.

С учетом указанного выше статистического коэффициента $\overline{k_{пвт}}$ повторов передач блоков данных (необходимых для компенсации искажений в канале связи) фактическое (приведенное к одному блоку данных) количество данных, передаваемых в канале связи с пропускной способностью $I_{кс}$, равно $\overline{k_{пвт}}(R_{бл} + \mathrm{r_{zb}})$. При этом (приведенное к одному блоку) количество полезной информации равно $R_{бл}$. Оценить эффективную пропускную способность канала связи $S_э$ можно соотношением:

$$S_э = \frac{I_{кс} R_{бл}}{\overline{k_{пвт}}(R_{бл} + r_{zb})}$$

Оценить («измерить») фактическое состояние канала связи позволяет анализ числа поступающих на передающую сторону запросов на повторную передачу блоков данных.

Периодически подсчитывают соотношение количества запросов приемной стороны и количества выданных блоков в канал связи за некоторый отрезок времени. На указанный отрезок времени анализа накладывают три ограничения. Первое ограничение: размер блока данных, выдаваемых в канал связи должен быть неизменным. Второе ограничение: отрезок времени должен быть достаточно

большим для того, чтобы статистика определения соотношения количества запросов приемной стороны и количества выданных блоков в канал связи была представительной (из сложившихся на практике уровней надежности спутниковых каналов связи для этого необходимо, чтобы в канал связи за указанный отрезок времени в канал связи выдавалось не менее нескольких сотен блоков данных). Третье ограничение: указанный отрезок должен оканчиваться текущим моментом времени.

Вычисленное указанное выше соотношение принимают за оценку вероятности потери блока данных $\overline{P_{\text{птр бд}}}$ при передаче в канале связи. По определенной оценке $\overline{P_{\text{птр бд}}}$ вычисляют оценку текущей вероятности искажения символа $\overline{p}$ при передаче в канале связи по формуле:

$$\overline{p} = 1 - \left(1 - \overline{P_{\text{птр бд}}}\right)^{1/\left(R_{\text{бд}} + r_{zb}\right)},$$

где: $R_{\text{бд}}$ – текущий размер блоков данных, выдаваемых в канал связи;

r_{zb} – размер заголовков блоков данных.

По текущей оценке $\overline{p}$ и заранее заданным зависимостям минимального и максимального значения оптимальных размеров блоков данных $R_{\text{бд опт мин}} = f(p)$ и $R_{\text{бд опт макс}} = f(p)$, определяющих диапазон оптимальных значений $R_{\text{бд}}$ при различных уровнях искажений в канале связи, вычисляют текущие значения $R_{\text{бд опт мин тек}}$ и $R_{\text{бд опт макс тек}}$ (соответствующие текущей оценке $\overline{p}$).

В случае, если текущее значение $R_{\text{бд}}$ больше $R_{\text{бд опт макс тек}}$, уменьшают размер передаваемых блоков данных, а если текущее значение $R_{\text{бд}}$ меньше $R_{\text{бд опт мин тек}}$, увеличивают размер передаваемых блоков данных. Размер нового значения устанавливают из установленного заранее ряда значений $R_{\text{бд}}$ (как правило, целая степень 2) и примерно равное $\left(R_{\text{бд опт макс тек}} + R_{\text{бд опт макс тек}}\right)/2$.

Повторная передача только искаженных блоков (с использованием канала обратной связи) и непрерывная передача блоков передающей стороной, а также процедура накопления данных до оптимального размера при передачах данных в канал связи в период регистрации и адаптация размера выдаваемых в канал связи блоков данных к реальному состоянию канала связи при длительных передачах (как в период регистрации, так и после периода регистрации) позволяет приблизить эффективную пропускную способность к предельной пропускной способности канала связи (рис. 2).

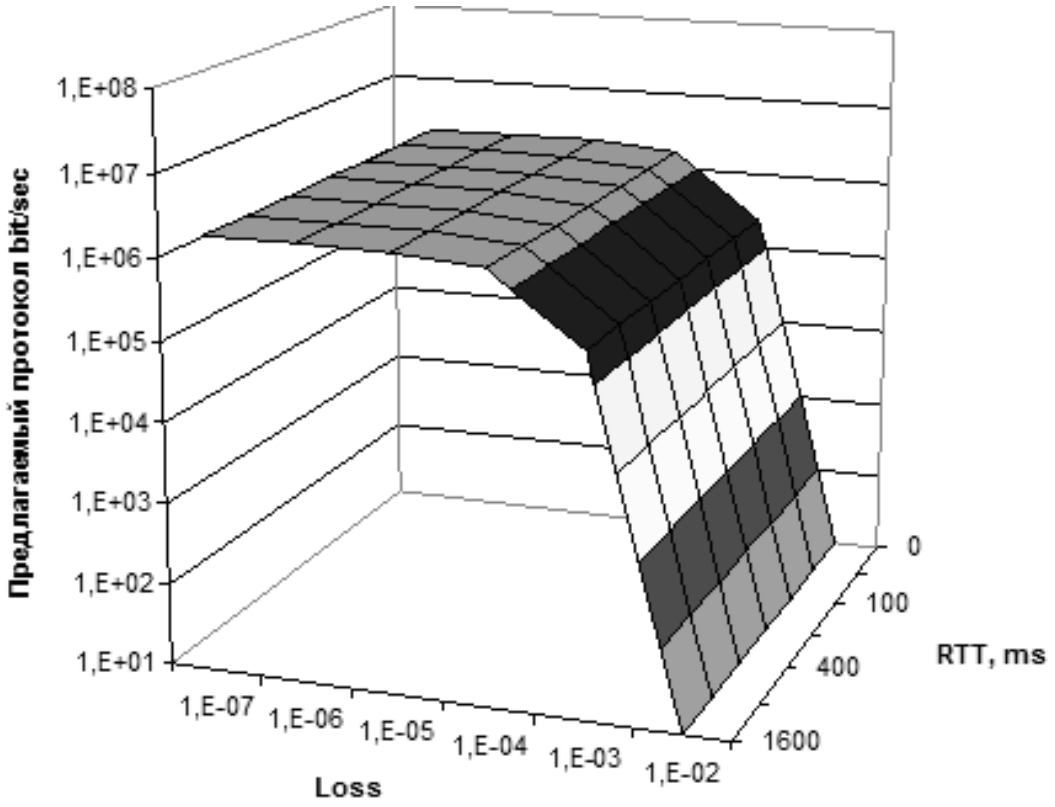


Рисунок 2. Зависимость фактической пропускной способности канала связи от вероятности искажения символа при адаптивной передаче данных

Диаграмма на рис. 2 построена с применением приведенного выше соотношение для определения $S_Э$. Диаграмма представлена для тех же характеристик канала связи, что и на рис. 1, предельная пропускная способность 10 Мбит/с. Гарантируется передача данных и, как при увеличении расстояния между приемником и передатчиком данных, так и при значительном увеличении вероятности искажения символа в канале связи, эффективная пропускная способность близка к потенциальной пропускной способности канала связи.

На рис. 3 приведена диаграмма с зависимостями эффективной пропускной способности канала связи от размера блока данных. Графики, приведенные для различных значений уровня помех в канале связи (P_O), построены по представленному выше соотношению для определения $S_Э$. Диаграмма показывает, что в зависимости от уровня помех в канале, различны оптимальные размеры блока.

Диаграмма показывает, что передача незначительных по объему полезных данных в реальном времени (в период регистрации) позволяет использовать только незначительную часть предельной пропускной способности канала связи. Например, при отдельной передаче каждого измерения параметра, из возможности канала в 10 Мбит/с (как показано в конкретном примере на рис. 3) используется только 16 %. Такой низкий процент практически не зависит от реального уровня помех в канале связи (зона зависимостей на рис. 3 при размерах блока данных от 16 до 128 бит). Накопление данных, передаваемых в период регистрации до оптимального размера блока, передаваемого по каналу связи) позволяет довести эффективную пропускную способность канала связи с незначительным уровнем помех (например, при P_O = 1.00E-6) до 98% от максимальной пропускной способности канала связи. Даже при высоком уровне искажений в канале связи (при P_O = 1.00E-3) эффективная пропускная способность выше 54%.

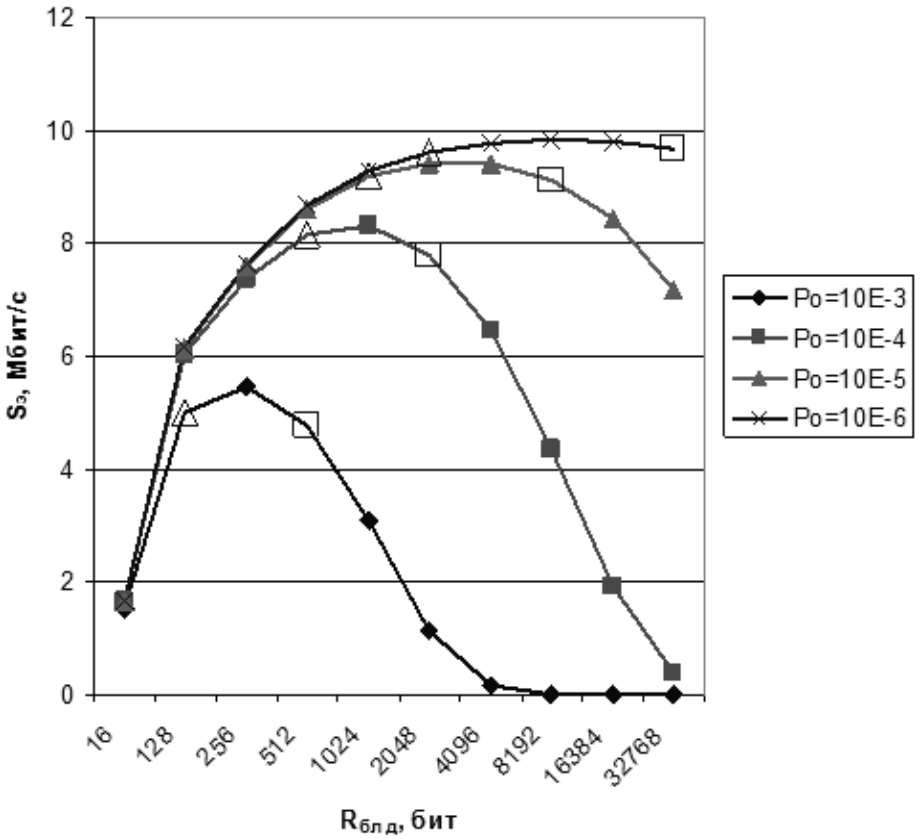


Рисунок 3. Зависимости эффективной пропускной способности канала связи от уровня помех в канале связи

При изменениях уровня помех в канале связи целесообразно изменение (адаптация) до оптимального и размера блока данных, как в период регистрации, так и в период после регистрации.

На диаграмме (рис. 3) на каждой зависимости (для каждого конкретного значения P_O) треугольным маркером отмечены приемлемые для практики удовлетворительные минимальные значения размера блока ($R_{\text{бд опт мин}}$), а четырехугольным маркером удовлетворительные максимальные значения размера блока ($R_{\text{бд опт макс}}$).

На рис. 4 по приведенным выше выделенным точкам диаграммы (рис. 3) построены зависимости $R_{\text{бд опт мин}} = f(p)$ и $R_{\text{бд опт макс}} = f(p)$, которые и используются при адаптации размера передаваемого в канал связи блока данных.

Эффектами от применения предлагаемого способа являются:

– существенное сокращение передач в прямом канале связи для гарантированной полноты передачи определенных объемов данных, что влечет за собой повышение совокупной эффективной производительности канала связи, достигаемое, во-первых, снижением доли служебных данных относительно пользовательских данных передаваемых в период регистрации, во-вторых, снижением числа дополнительно передаваемых блоков данных, компенсирующих их искажение;

– сокращение числа сообщений в обратном канале связи, что влечет за собой сокращение возможных искажений сообщений и в конечном итоге также сокращает непроизводительные затраты на дополнительные передачи данных в прямом канале связи.

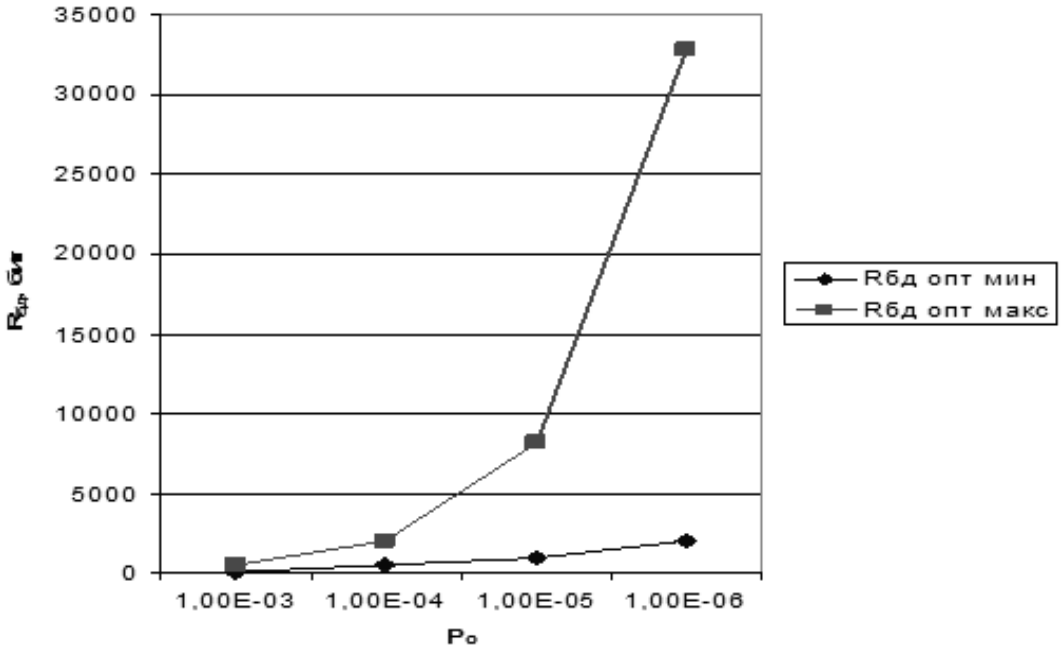


Рисунок 4. Оптимальные размеры блоков данных для различных значений вероятности искажения символа

Вторичный эффект от использования предлагаемого способа передачи заключается в уменьшении затрат на создание систем обеспечения испытаний и эксплуатации сложных технических комплексов за счет повышения уровня унификации компонентов этих систем, так как предлагаемый способ обмена универсален для различных информационных обменов между средствами телеизмерений параметров сложных технических комплексов и центрами контроля поведения сложных технических комплексов, обработки и анализа данных телеизмерений; а также за счет уменьшения затрат на аренду каналов связи.

Литература:

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" [электронный] // URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038 (дата обращения 25.04.2019).

2. Telecommunication standardization sector of International Telecommunication Union. Y/1541, 12.2011. Series Y: Global information infrastructure, Internet protocol aspects and next-generation networks. Internet protocol aspects – Quality of service and network performance. Network performance objectives for-based services [электронный] // URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y (дата обращения 25.04.2019).

3. Камер, Д.Э. Сети TCP/IP, том 1. Принципы, протоколы и структура. – М.: Издательский дом «Вильямс», – 2003. – 880 с.

4. Везенов В.И., Марченков Р.Е., Новиков Ю.А., Пресняков А.Н. Способ передачи информации по каналам связи в реальном времени и система для его осуществления // Патент РФ № 2423004, 27.07.2009.

5. Бистерфельд О.А. Способ передачи информации по каналу связи в реальном времени и система для его осуществления // Патент РФ на изобретение № 2563166, 16.12.2014.

6. Бистерфельд О.А. Способ адаптивной передачи информации по каналу связи в реальном времени и система для его осуществления // Патент РФ на изобретение № 2610686, 07.11.2015.

А.Б. Фокин, К.А. Батенков, Д.В. Шелковый

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СЕТИ МЕТОДОМ ОБЪЕДИНЕНИЯ СВЯЗНЫХ ПОДГРАФОВ С ПОГЛОЩЕНИЕМ

Академия ФСО России, Орел, Россия

Ключевые слова: система связи, надежность связи, связный подграф, граф сети, ребро системы, символьное выражение.

В статье рассматривается вопрос связанный с определением оценки надежности действующих и разрабатываемых сложно разветвленных сетей с применением метода объединения связных подграфов с поглощением позволяющий в разы снизить вычислительную сложность расчета надежности сетей по сравнению с методом полного перебора, а также имеется возможность расчета надежности сети по допустимому значению параметра надежности сети.

A.B. Fokin, K.A. Batenkov, D.V. Shelkoviy

CALCULATION METHOD OF COMBINING NETWORK RELIABILITY CONNECTED SUBGRAPH WITH THE ABSORPTION

Akademiy FSO of Russia, Orel, Russia

Keywords: communication system, reliability of communication, connected subgraph, graph of the network, systems rib, character expression.

The article deals with the question related to the definition of evaluating the reliability of current and future complex branched networks using the method of associations connected subgraphs with absorption allows several times to reduce the computational complexity of calculating the reliability of networks in comparison with brute force, but also has the ability to calculate reliability of the network of possible parameter values network reliability.

В настоящее время при проектировании сложно разветвленных систем или оценке эффективности действующих систем редко присутствует необходимость точного расчета их надежности, так как исходные данные по надежности элементов систем задаются или получаются экспериментальным путем, с некоторой конечной точностью. Проектировщикам сложно разветвленных систем или организациям, осуществляющим их эксплуатацию, необходимо лишь убедиться в том, что

надежность системы, с одной стороны, не ниже заданной и, с другой стороны, не имеет экономически необоснованного запаса надежности. Другими словами, на практике достаточно гарантировать, что истинное значение параметра надежности p_G системы находится в некоторых приемлемых пределах $p_{\min} \le p_G \le p_{\max}$. В качестве параметра надежности p_G можно рассматривать вероятность связности, коэффициент готовности или другие параметры, отражающие степень надежности системы и имеющие вероятностный смысл.

В большинстве случаев надежность систем связи рассчитывается используя сложный алгоритм близкий по своей сути к методу полного перебора всех возможных путей (подграфов), приводящий к высокой вычислительной сложности процедур расчета надежности систем.

Для уменьшения вычислительной сложности расчета надежности сложно разветвленных систем предлагается использовать метод объединения связных подграфов с поглощением с возможностью задания допустимого значения параметра надежности системы, что также может уменьшить вычислительную сложность. Алгоритм расчета надежности системы используя данный метод представлен на Рисунке 1.

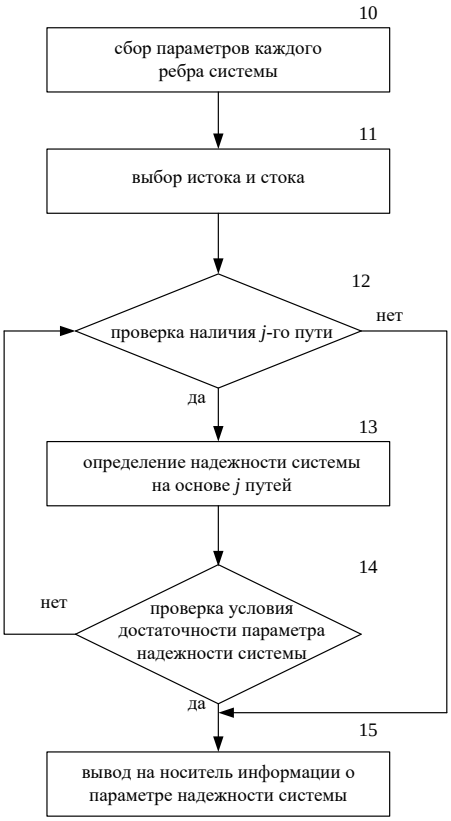


Рисунок 1. Алгоритм расчета надежности сложно разветвленных систем

Реализация расчета надежности сложно разветвленных систем методом связных подграфов с поглощением заключается в следующем:

10. Сбор параметров каждого ребра системы.

Задаются количество вершин в системе, количество ребер между ними N_r, параметры $f_k, k = 1,...,N_r$ надежности каждого k-го ребра, допустимое значение параметра p' надежности системы.

11. Выбор источника и стока (маршрута) согласно данным о системе.

На данном этапе исходя из выбранных источника и стока по известным алгоритмам (например, алгоритмы Дейкстры или Форда–Фолкерсона) [1] определяется упорядоченный в порядке возрастания числа содержащихся ребер набор n путей сложно разветвленной системы.

Задается начальное значение для $j=1$, приводящее к дальнейшей проверке первого пути.

12. Проверка наличия j-го пути.

Выполняется проверка условия $j \le n$. При положительном выводе выполняется определение надежности системы на основе j путей, а при отрицательном выводе вывод на носитель информация о параметре надежности системы после перебора всех известных путей n сложно разветвленной системы.

13. Определение надежности системы на основе j путей осуществляется по методу связных подграфов с поглощением по алгоритму, представленному на Рисунке 2.

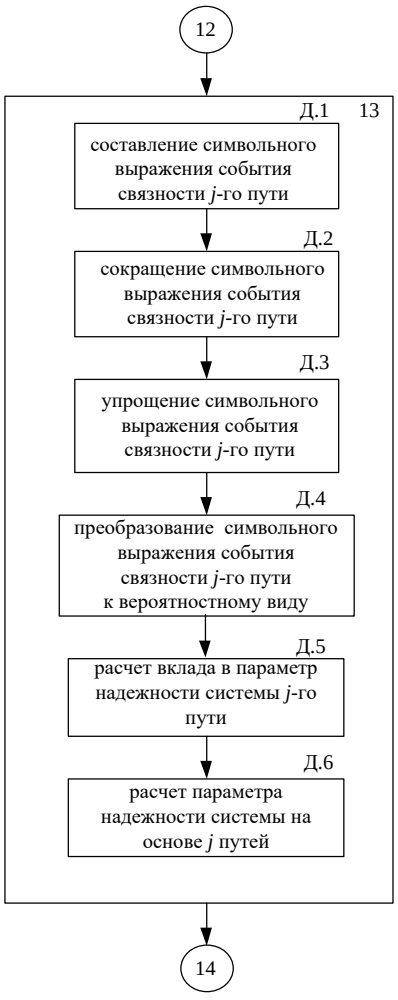


Рисунок 2. Алгоритм определения надежности системы на основе j путей методом связных подграфов с поглощением

Д.1. Составление символьного выражения события связности j-го пути.

Обозначим a_i, $i=1,2,...,n$, событие связности i-го пути, а $b_j=\bigcup_{i=1}^{j}a_i$ – объединение событий связности путей от первого до j-го включительно. Тогда символьное выражение события связности определим как операцию символьного умножения:

$$c_j=a_j*\overline{b_{j-1}},\ j=1,...,n,$$

где a_j – событие исправности всех ребер в j-ом пути,

$\overline{b_{j-1}}$ – событие несвязности исследуемого графа при учете первых $j-1$ путей, $\overline{b_0}=1$.

Д.2. Сокращение символьного выражения события связности j-го пути.

Данную процедуру опишем с помощью операции объединения как:

$$c_j=a_j*\overline{b_{j-1}}=a_j\cap\overline{b_{j-1}}.$$

Вследствие возможной зависимости путей событие связности множеств a_j и $\overline{b_{j-1}}$ будет определяться на основе событий исправной работы ребер системы.

Определим, что каждое событие связности множества a_j определяется как исправность всех k_j входящих в него ребер d_{i_k}, $k=1,2,...,k_j$, т. е. $a_j=\bigcap_{k=1}^{k_j}d_{i_k}$, а значит событие связности j-го пути определится как:

$$c_j=\left(\bigcap_{k=1}^{k_j}d_{i_k}\right)\cap\overline{b_{j-1}}.$$

В развернутом виде равенство можно представить как:

$$c_j=\begin{cases}a_j\cap\left(\bigcup_{k=1}^{k_i}\left(\overline{b_{j-1}}\cap\overline{d_{i_k}}\right)\right),d_{i_k}\in a_j,\\ a_j*\overline{b_{j-1}},d_{i_k}\notin a_i,k=1,2,...,k_j.\end{cases}$$

Из равенства следует, что элементы d_{i_k}, $k=1,2,...,k_j$, $k_i\le k_j$, содержащиеся в левом множителе a_j и повторяющиеся в правом множителе $\overline{b_{j-1}}$, исключаются из рассмотрения в последнем множителе.

Отметим, что удобство операции символьного умножения заключается в том, что каждый из сомножителей оказывается независимым от другого, что позволяет представить параметр надежности системы данного события в виде произведения составляющих его событий.

Д.3. Упрощение символьного выражения события связности j-го пути.

При упрощении получаемых функций после операции символьного умножения находится пересечение отрицаний событий, которое, целесообразно

представить в виде пересечения несовместных (независимых) событий на основе классических операций на множествах.

Так, для удобства события связности подграфов целесообразно обозначить буквами латинского алфавита, например, $a,b,\ldots$, а несвязности – теми же буквами латинского алфавита, но с чертой, например, $\bar{a},\bar{b},\ldots$ Операцию объединения $"\cup"$ записывать как алгебраическое сложение, а пересечения $"\cap"$ – как алгебраическое умножение, что позволяет применять следующие типы сокращений:

$$(a \cap b) * \left(\overline{a \cap b}\right) = (a \cdot b) \cdot \bar{c},$$

$$a \cap \left(\overline{a \cap b}\right) = a \cdot \bar{b}.$$

Д.4. Преобразование символьного выражения события связности j-го пути к вероятностному виду.

Параметр надежности системы j-го пути при условии несвязности всех предыдущих $j-1$ путей находится как:

$$p_{j,\overline{j-1}} = P\left(c_j\right),$$

где возможно заменить все события на соответствующие им параметры надежности ребер системы.

Д.5. Расчет вклада в параметр надежности системы j-го пути.

Вклад в параметр надежности системы *j*-го пути рассчитываем через параметр надежности *j*-го пути при условии несвязности всех предыдущих $j-1$ путей, применив операцию символьного умножения:

$$p_{j,\overline{j-1}} = P\left(a_j\right) * P\left(\overline{b_{j-1}}\right).$$

Д.6. Расчет параметра надежности системы на основе *j* путей.

Параметр надежности системы на основе j путей p_j определяется как параметр надежности системы с учетом первых j путей:

$$p_j = p_{j-1} + p_{j,\overline{j-1}},\ p_0 = 0.$$

14. Проверка условия достаточности параметра надежности системы.

Сравнивается рассчитанный параметр надежности системы на основе *j* путей p_j с требуемым p'.

При выполнении требуемого условия по параметру надежности системы $p_j \geq p'$ осуществляется вывод на носитель информации о параметре надежности системы, а при невыполнении – счетчик j номера пути увеличивается на единицу и осуществляется проверка наличия j-го пути.

15. Вывод на носитель информации о параметре надежности системы.

На носитель информации (например, жесткий диск, флэш-накопитель, экран и др.) выводится следующая информация о сложно разветвленной системе:

– рассчитанный параметр надежности системы на основе j путей p_j (при условии, что $n=0$ параметр надежности системы $p_0=0$);
– количество j использованных для расчета путей в системе;
– реберный состав использованных для расчета путей в системе.

Правомерность теоретических предпосылок проверялась на варианте фрагмента сети связи (рис. 3), пунктирной линией отмечено направление между истоком (вершина 1) и стоком (вершина 5) с следующими исходными данными сети:

– все узлы связи абсолютно надежны;
– вероятность исправности любой линии связи равна 0,9;
– допустимое значение параметра надежности системы $p'=0,86$.

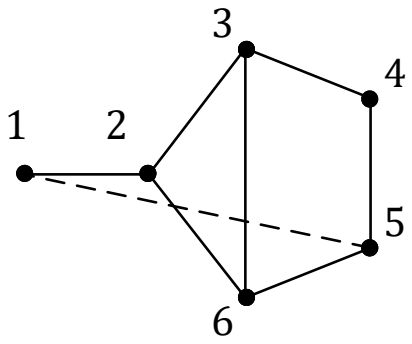


Рисунок 3. Граф фрагмента сети исследуемой системы

Для анализа вычислительной сложности расчета надежности системы целесообразно рассмотреть предложенный алгоритм расчета надежности сложно разветвленных систем с использованием метода объединения связных подграфов с поглощением с методом, основанный на методе полного перебора состояний системы.

Для данного случая предложенный алгоритм расчета надежности сложно разветвленных систем при выборе допустимого значения параметра надежности системы $p'=0,86$ требует исследования только трех путей, то есть $j=3$, параметр надежности системы $p=p_3$, а количество операций умножения и сложения $N_0=7$. В тоже время для способа, основанного на методе полного перебора состояний системы, потребуется исследование двадцати связных состояний системы, то есть $j=20$, параметр надежности системы $p=p_{20}$, а количество операций умножения и сложения $N_0=190$.

Полученные зависимости параметра p надежности сложно разветвленной системы от числа N_0 использованных операций умножения и сложения представлены на рисунке 4, где:

—●— - Способ расчета надежности сложно разветвленных систем;
–◆– - Метод полного перебора.

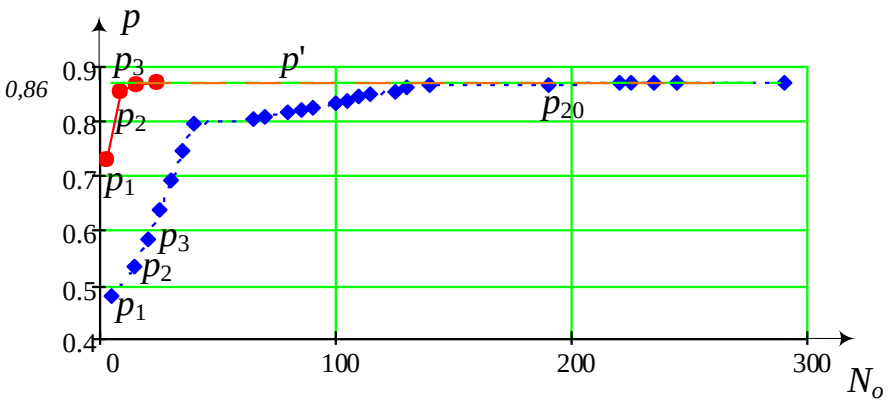


Рисунок 4. График зависимости рассчитанного параметра надежности системы от количества задействованных операций сложения и умножения

Таким образом предложенный алгоритм расчета надежности сложно разветвленных систем позволяет, уменьшить вычислительную сложность расчета надежности системы с применением метода объединения связных подграфов с поглощением, за счет разделения зависимых событий на два независимых (несовместных). Так же с применением данного метода возможно нахождения параметра надежности системы по допустимому значению, что также может уменьшить количество проводимых операций умножения и сложения.

Литература:

1. *Свами М. Графы*, сети и алгоритмы / Свами М., Тхуласираман К. – М. : Мир, 1984. – 454 с.

2. *Дудник Б. Я., Овчаренко В. Ф.* Надежность и живучесть систем связи / Под ред. Б. Я. Дудника // М.: Радио и связь. 1984. 216 с.

3. *Филин Б. П.* Методы анализа структурной надежности сетей связи // Москва : Радио и связь, 1988. – 208 с.

4. *Батенков К. А.* Числовые характеристики структур сетей связи // Труды СПИИРАН. 2017. № 4 (53). С. 5–28.

А.И. Сосновский, И.А. Сосновский

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАКЕТНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: Программное обеспебчение, качество связи, протокол TCP/IP, протокола ICMP, пакетный трафик.

В статье рассмотрено создаваемое программное обеспечение для мониторинга пакетных сетей передачи данных. Программное обеспечение позволит

с помощью компьютера любого вида производить мониторинг качества канала передачи данных между двумя точками сети.

A.I. Sosnovsky, I.A. Sosnovsky

SOFTWARE FOR MONITORING PACKET DATA NETWORK

North Caucasus branch of the order of the red banner of Labor of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow technical University of communications and Informatics", Rostov-on-don, Russia

Keywords: Software, communication quality, TCP/IP Protocol, ICMP Protocol, packet traffic.

The article deals with the created software for monitoring packet data networks. The software will allow using a computer of any kind to monitor the quality of the data link between the two points of the network.

Современное общество трудно представить без средств информатизации. Уже давно стало вполне привычным применение компьютерных средств и иных электронных устройств, позволяющих в значительной степени сократить время на поиск и обработку информации. На современном этапе, молниеносно развиваются новые идеи, направленные на расширение возможностей применения таких устройств в рамках работы их в глобальной сети. Для подтверждения этого достаточно упомянуть теорию интернета вещей, элементы которой уже сейчас реализуются и развиваются в абсолютно различном виде, например, построение систем умного дома. Однозначно, что в такой ситуации вопросам построения и мониторинга работы сети должно уделяться особое внимание, так как многообразие объектов, интегрированных в сеть, порождает различные виды трафика. При этом в сети передача данных они передаются в одном канале.

Принято весь трафик в сети разделять на три вида, это аудио, видео и трафик данных.

Поскольку в сети передача данных происходит в пакетном виде, то для каждого вид трафика выделяются свои особенности. В частности, рассматриваются требования, определяющие своевременность доставки пакетов и их возможность их потери [1].

Для начала рассмотрим трафик данных. К этому типу можно отнести все передаваемые файлы, независимо от их объёма и расширения. Отправка почтовых сообщений, прослушивание аудио и просмотр видео, всё это относится к трафику данных. Поскольку основной задачей является передать файл, то такой трафик критичен к потере пакетов, но не критичен к задержке, возникающей при передаче файла по сети.

Два других вида трафика относятся к потоковым. Это означает, что для соблюдения установленных требований по качеству, представляемых услуг требуется обеспечить передачу в единицу времени определённого количества пакетов с данными [1].

При передаче аудио потока главным является обеспечить минимальную задержку и в идеальном случае доставить все пакеты. Потеря пакетов в некоторых случаях может даже и не повлиять на качество разговора.

При передаче видео важным условие является обеспечение своевременного прибытия всех передаваемых пакетов.

Таким образом, при мониторинге сети необходимо определять как минимум два параметра, это задержка распространения пакетов и количество потерянных пакетов при передаче данных. Именно на этих параметрах, будет производиться оценка качества канала передачи данных.

При построении программного обеспечения мониторинга сети предусмотрено получение информации с использованием утилиты ping. Она используется проверки целостности и качества соединений в сетях на основе протокола TCP/IP. Утилита отправляет запросы (ICMP Echo-Request) протокола ICMP указанному узлу сети и фиксирует поступающие ответы (ICMP Echo-Reply). По времени между отправкой запроса и получением ответа Round Trip Time (RTT) позволяет определять двусторонние задержки по маршруту продвижения пакета и частоту потери передаваемых пакетов. Таким образом, имеется возможность косвенного определения загруженности канала передачи данных.

Основная форма имеет вид, представленный на Рисунке 1.

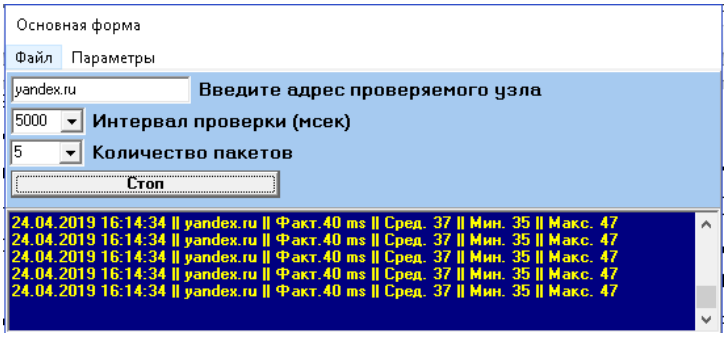


Рисунок 1. Основная форма

На данной форме производиться ввод адреса проверяемого узла, выставление значений интервала передачи ping и количество таких запросов, отправляемых подряд (одной обоймой).

После запуска программы на указанный адрес будет отсылаться один или обойма эхо-запросов. Также может быть установлена любой интервал отправки запросов. По приходу ответов будут определены параметры задержки в канале связи: средние, минимальное и максимальное значение, количество потерянных пакетов. Вся эта информация отражается в окне вывода полученных данных.

На вкладке параметры можно активировать визуализацию получаемой статистики. Для этого необходимо выбрать одно из интересующих полей выпадающего списка, представленного на Рисунке 2.

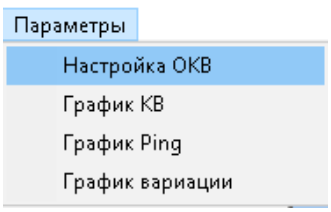


Рисунок 2. Меню параметры

После выбора станут доступны результаты тестирования сети. Они будут обновляться непосредственно с каждым приходом ICMP Echo-Reply (эхо-ответа). Общий вид графиков представлен на Рисунке 3.

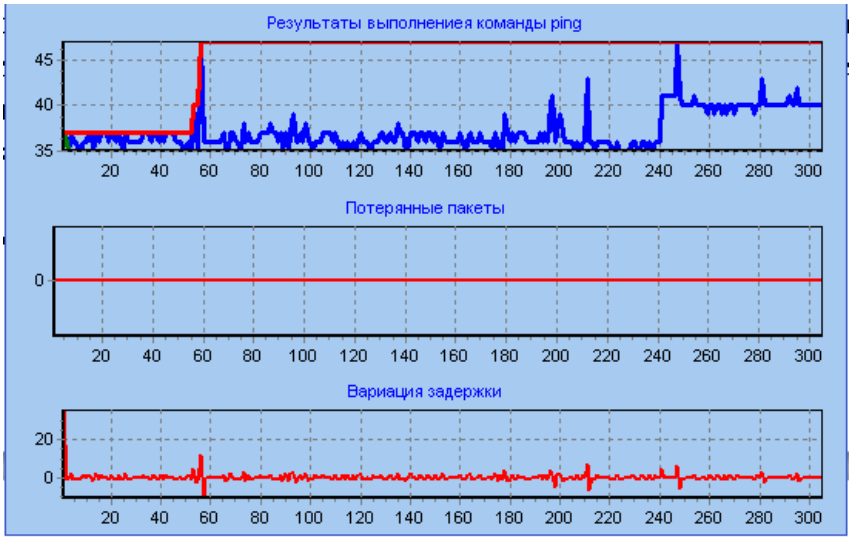


Рисунок 3. Графический вывод тестовой информации

В программе предусмотрена возможность определения качества канала связи. Для этого необходимо самостоятельно выбрать диапазоны для определения оценки. Оценка производится по классической четырёх бальной системе, как это показано на Рисунке 4.

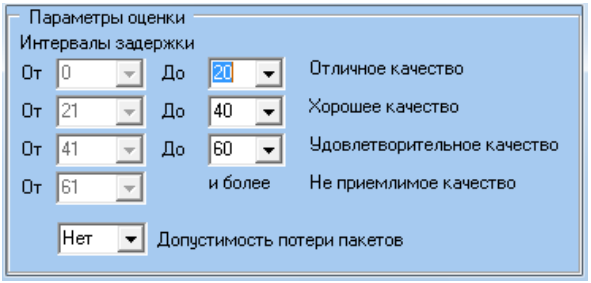


Рисунок 4. Окно для настройки параметров определения качества канала связи

Визуализация представления результатов работы программы представлена на Рисунке 5.

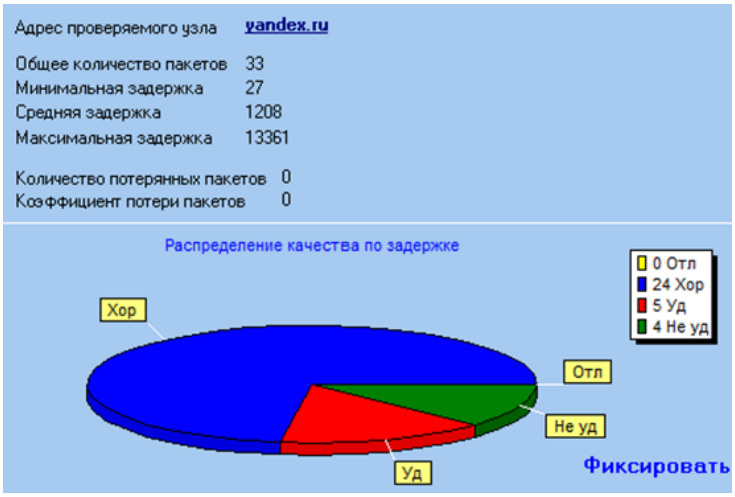


Рисунок 5. Окно вывода результатов работы программы

Полученные данные по окончании работы программы сохраняются и могут быть загружены для дальнейшего анализа.

Рассмотренный программный продукт рассчитан на работу в реальных физических сетях, но он так же может взаимодействовать с разработанными ранее программными продуктами для изучения пакетных сетей передачи данных [2-3].

В качестве дальнейшего развития программы, рассматривается создание модуля обработки статистического материала. Он должен производить сравнение накопленной статистики по времени суток, дням недели, праздничным дням и т.д. Такой подход позволит выявить наличие закономерностей и определить моменты наивысшей загруженности сети.

Литература:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2009. – 958 с.

2. Сосновский И. А., Васильченко И.О. Специальное программное обеспечение для изучения вопросов коммутации виртуальных каналов. Инфоком-2012: Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, 20-21 апр. / СКФ МТУСИ. – Ростов н/ Д, 2012. С. 146-149.

3. Сосновский И.А., Болдырихин Н.В., Венжега В.В. Интерактивная среда изучения и моделирования процессов маршрутизации в IP-сетях. Инфоком-2013: Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, 22-25 апр./ СКФ МТУСИ. – Ростов н/ Д, 2013. С.

4. Специальное программное обеспечение для моделирования процессов коммутации в сетях Ethernet. Сосновский И.А., Манин А.А., Болдырихин Н.В. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. Т. 1. № 9. С. 227-231.

А.С. Брик, А.В. Ливадный, С.А. Швидченко

АНАЛИЗ ИМЕЮЩИХСЯ БЕСПРОВОДНЫХ CAN-АДАПТЕРОВ И СРАВНЕНИЮ МОДУЛЕЙ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

Ключевые слова: Can-адаптер, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, программирование, nRF52, nRF52832, Stm32, приложение UWP.

В данной статье рассматривается задача анализа имеющихся проводных и беспроводных Can-адаптеров и сравнению модулей беспроводной связи.

A.S. Brik, A.V. Livadny, S.A. Shvidchenko

ANALYSIS OF AVAILABLE WIRELESS CAN ADAPTERS AND COMPARING WIRELESS COMMUNICATION MODULES

Keywords: Can-adapter, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, programming, nRF52, nRF52832, Stm32, UWP application.

This article discusses the task of analyzing available wired and wireless Can adapters and comparing wireless communication modules.

Введение.

На сегодняшний день в промышленности и автомобилестроении уровень автоматизации узлов и агрегатов достиг автономности. Поэтому появилась необходимость в создании сети, которая объединяла бы их. Широкое распространение получил стандарт CAN (Control Area Network). Это последовательная шина, обеспечивающая увязку в сеть «интеллектуальных» устройств ввода/вывода, датчиков и исполнительных устройств некоторого механизма или даже предприятий. Стандарт характеризуется высокой помехоустойчивостью и протоколом, обеспечивающим возможность нахождения в сети нескольких ведущих устройств, передачу данных в реальном масштабе времени и коррекцию ошибок. Протокол Can был разработан в середине 1980-х годов компанией Robert Bosch GmbH. Первоначально целью проекта являлась разработка высокоскоростной сети с простым подключением узлов и блоков к шине обмена для автомобилей. CAN предназначался для управления трансмиссией в реальном масштабе времени, системой антизаноса и заменой всей радиальной проводки автомобиля. Решение поставленной задачи – разработка беспроводного Can-адаптера для работы с портативных и мобильных устройств.

Предложения рынка проводных Can-адаперов.

Can-адаптер − устройство ввода/вывода данных, передаваемых по CAN-шине. Обеспечивает широковещательную передачу и прием пакетов, описанных в стандарте CanOpen. В настоящее время на рынке предложено огромное разнообразие проводных Can-адаптеров. Среди них имеются такие крупные игроки, как Ixxat.

1. Can-адаптеры торговой марки Ixxat от HMS. Продукция данной компании отличается высоким качеством и надежностью, поддерживающаяся API на современном уровне (производитель предоставляет пакеты NuGet). Классическим и самым ходовым адаптером является модель IXXAT USB-to-CAN V2. В нем используются мощные комплектующие и реализовано подключение через USB 2.0 Hi-Speed. В компактном варианте CAN-соединение реализовано, как штепсельная вилка DE9. Интерфейсы USB-to-CAN обеспечивают очень высокую пропускную способность данных с минимальной задержкой и низким энергопотреблением. Это позволяет им обеспечивать надежную, беспроблемную передачу, прием сообщений в сетях CAN с высокой скоростью передачи и нагрузкой на шину. Сообщения имеют временную метку, могут быть отфильтрованы и буферизованы непосредственно в Can-адаптере.
2. Can-адаптеры торговой марки SlCan от Slavna. В тоже время, имеются и отрицательные стороны, а именно нестабильная работа адаптеров и программного обеспечения на последней версии операционной системы Windows. Компания также предоставляет различный спектр устройств. Классическим вариантом является Can-адаптер SL-USB-CAN-07-EXT. Данное устройство представляет собой интеллектуальный адаптер CAN шины с гальванически изолированным физическим интерфейсом High Speed CAN согласно ISO 11898-2. Адаптер подключается к компьютеру посредством интерфейса USB. Конвертер поддерживает работу CAN2.0 протоколов версии A и B.
3. Помимо основных компаний, выпускающих Can-адаптеры, на рынке имеется огромное количество безымянных устройств, от неизвестных производителей. Их отличительной особенностью является их же

недостаток, а именно непрограммируемость, ограниченность или отсутствие API, низкое качество и ненадежность.

Предложения рынка беспроводных Can-адаптеров.

Беспроводной Can-адаптер − устройство, выполняющее те же функции что и проводной Can-адаптер, но отличающееся способом соединения с компьютером. Именно эта главная особенность позволяет подключать адаптеры к переносимым и мобильным вычислительным машинам. Отсутствие проводов связи с адаптером не требует подключения адаптера в Can-шину в случае стационарной установки самого адаптера. Предложений Can-адаптеров на рынке меньше, чем у проводных устройств, но тем не менее, достаточно. Проанализировав предложения производителей, было выявлено, что самые частые способы беспроводной связи с адаптером являются технологии Bluetooth и Wi-Fi.

1. Беспроводной Bluetooth Can-адаптер марки Ixxat. Рассмотренная ранее торговая марка Ixxat от HMS, также выпускает устройство CANblue. Этот модуль управляется при помощи Bluetooth спецификации V2.1+EDR. Применение двух данных устройств позволяет реализовать режим моста.
2. Беспроводной WiFi Can-адаптер от Grid Connect. Более специфичным решением являются устройства, подключаемые с помощью технологии WiFi. Самым известным является CAN-WIFI производителя Grid Connect. Устройство использует стандартный интерфейс TCP/IP, что делает этот инструмент идеальным для обслуживания с мобильного оборудования. CAN-WIFI имеет библиотеки, позволяющие вести разработку с .NET, LabView, смартфонами, планшетами или другими платформами, которые предоставляют стандартный интерфейс TCP/IP через соединение Wi-Fi.
3. Существует большое количество беспроводных Can-адаптеров, предназначенных для считывания диагностических данных современных автомобилей. Существенным ограничением данных модулей является возможность их использования только по прямому назначению. Отсутствие надежного или известного производителя лишает каких-либо гарантий и сервисной поддержки.

Цель работы.

Целью проводимого анализа и исследования является создание устройства-адаптера, позволяющего работать с Can-линией, используя беспроводной обмен данных с мобильных устройств [1, 4].

Список функций планируемого к разработке аппаратного средства:

- настройка режима работы Can-адаптера;
- передача и прием Can-пакетов с Can-шин на устройство и обратно.

Список функций планируемого к разработке тестирующего программного средства:

- подключение к аппаратному устройству;
- настройка Can-адаптера;
- передача и прием Can-пакетов на устройство.

Выводы.

Исходя из вышеописанного, можно сделать вывод о том, что в настоящее время производители не представили идеального решение для работы с Can-шинами при помощи небольших и портативных устройств, не существует беспроводных Can-адаптеров, обеспечивающих их гибкое применение, наличие открытого API и

позволяющих разрабатывать программное обеспечение на смартфоны и компьютеры одновременно. Чтобы решить эти проблемы, вытекающие из недостатков и ограничений, поставлена задача разработать аппаратное устройство и его программную часть. Подробно проанализированы возможные к использованию беспроводные технологии передачи данных, микроконтроллеры, обеспечивающие работу устройства. Поэтому, необходимо реализовать собственное программно-аппаратное устройство, обеспечивающее удобную работу и подходящее для решения широкого круга задач.

Литература:

1. Швидченко С.А. Анализ обеспечения безопасности информации в АСУ / Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2018) Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 257-262.
2. Пакеты SDK для модуля nRF52532 / URL: http://developer.nordicsemi.com/nRF5_SDK/ (дата обращения 7.02.2019).
3. Коротко о nRF51822: Быстрый старт // Хабрахабр URL: https://habr.com/ru/post/343166/ (дата обращения 7.02.2019).
4. Практические аспекты обработки сигналов в телекоммуникационных системах / Безуглов Д.А., Безуглов Ю.Д., Швидченко С.А. и др. / Коллективная монография / Ростов-на-Дону, 2013.
5. Описание и характеристики процессора Stm32F103C8T6 // STMicroelectronics URL: www.st.com/resource/en/datasheet/cd00161566.pdf.
6. Среда программирования для микроконтроллеров EmBitz / URL: https://www.embitz.org/ (дата обращения 9.01.2019).

А.С. Новиков, М.А. Щелоков, С.В. Коробенко, И.А. Сосновский

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИЙ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ЭРА-ГЛОНАСС» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОК АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия,
Ростовский колледж радиоэлектроники, информационных и промышленных технологий, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: автомобильная система «ЭРА-ГЛОНАСС», неисправность автомобиля на маршруте, коды неисправностей, передача кода неисправности по сетям связи, организация технической помощи.

Раскрывается технология организации технической помощи автомобильным транспортным средствам за счет передачи диагностических кодов неисправностей сервисным предприятиям по сетям связи путем сопряжения электронного блока управления двигателем с блоком «ЭРА-ГЛОНАСС».

A.S. Novikov, M.A. Shelokov, S.V. Korobenko, I.A. Sosnovsky

THE EXTENSION OF THE FUNCTIONS OF THE AVIONICS SYSTEM "ERA-GLONASS" TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF ROAD TRANSPORT

North Caucasus branch of the order of the red banner of Labor of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow technical University of communications and Informatics", Rostov-on-don, Russia,
Rostov College of Radio Electronics, Information and Industrial Technologies, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: automotive system "ERA-GLONASS", vehicle failure on the route, fault codes, fault code transmission over communication networks, organization of technical assistance.

The technology of the organization of technical assistance to motor vehicles due to the transfer of diagnostic trouble codes to service enterprises on communication networks by pairing the electronic engine control unit with the ERA-GLONASS unit is revealed.

Система ЭРА-ГЛОНАСС разработана таким образом, чтобы автоматически передавать информацию в колл-центр при дорожно-транспортных происшествиях (по сигналам от датчиков столкновения, опрокидывания и т.п.), а также при нажатии кнопки «SOS» [1].

Сигнал о бедствии с данными о местоположении транспортных средств передается через сотовую сеть непосредственно в центр экстренной помощи.

Оперативная служба получит следующие сведения:

- точные координаты места ДТП;
- количество пассажиров в салоне (считается по количеству застегнутых ремней безопасности);
- техническая информация (последние данные по скорости, параметры перегрузок и т.д.);
- базовая информация об автомобиле (модель, номер, цвет и вид топлива).

Все эти данные помогут спасательной команде подготовиться к тому, с чем предстоит столкнуться, быстрее добраться до пострадавших и оказать им помощь.

Для повышения коммерческой эффективности системы ЭРА-ГЛОНАСС следует рассмотреть возможность ее использования для оказания сервисных функций.

Рассмотрим ситуацию, когда автомобиль не может продолжать движение вследствие того, что, например, двигатель не запускается по причине отказа датчика положения коленчатого вала (код ошибки P0335 - нет сигнала ДПКВ) [2].

В таком случае, водитель автомобиля, оборудованного системой ЭРА-ГЛОНАСС может вызвать посредством клавиши «SOS» диспетчера колл-центра и сообщить ему о возникшей неисправности.

Диспетчер свяжется с ближайшей к неисправному автомобилю станцией технического обслуживания автомобилей (СТО). К месту нахождения неисправного транспортного средства будет вызван эвакуатор, который обеспечит его доставку к месту проведения ремонта.

Такой сценарий развития этой ситуации обусловлен, в первую очередь, имеющимися возможностями системы ЭРА, а также тем, что, как минимум, причина неисправности автомобиля никому не неизвестна.

Обычно, водитель автомобиля не имеет штатных средств для считывания кодов неисправностей, обнаруживаемых системой бортовой самодиагностики (OBD) и записываемых в память электронного блока управления (ЭБУ) двигателем [3].

Более того, у водителя не будет при себе запасных частей, которые могут потребоваться для замены вышедших из строя, а также необходимых для проведения ремонта инструментов и принадлежностей.

Ну, и наконец, водитель автомобиля может не иметь знаний, умений и навыков для выполнения этих операций.

Таким образом, примерная калькуляция затрат в этом случае (без учета стоимости потери времени) составит:

- услуги эвакуатора - 10000 руб.;
- услуги такси (для водителя неисправного автомобиля) - 1000 руб.;
- стоимость ремонта на СТО - 2500 руб.;
- всего 13500 руб.

Возможно полагать, что исходя из целей бизнеса автомобильных перевозок - обеспечить доставку грузов «*точно в срок*», владельцу автомобиля в этой ситуации выгоднее, чтобы сервис оперативно приехал к нему, а не он на эвакуаторе (прибытие которого потребуется ожидать некоторое «драгоценное» время) прибыл с неисправным автомобилем на сервис [4].

При наличии возможности передать диагностическую информацию (коды ошибок, data stream и др.) от электронной системы управления двигателем (ЭСУ-Д) по каналам ЭРА-ГЛОНАСС на СТО, техническая помощь может быть оказана на месте нахождения неисправного транспортного средства. Причем, все необходимые запасные части (ДПКВ, ЭБУ и другое оборудование для автомобиля конкретной марки) могут быть заложены со склада в автомобиль технической помощи.

Примерная калькуляция затрат в этом случает (без учета стоимости потери времени) составит:

- услуги эвакуатора - не требуются;
- услуги такси (для водителя) - не требуются;
- выезд автомобиля технической помощи - 5000;
- стоимость ремонта на месте - 2500 руб.;
- всего 7500 руб.

Следует отметить, что экономический эффект может быть существенно большим при учете стоимости потерь времени.

Таким образом, расширение коммерческих функций системы ЭРА-ГЛОНАСС по передаче диагностической информации от ЭСУ-Д автомобилей, имеющих возникшие на маршрутах движения неисправности, может способствовать повышению эффективности сервисных компаний, страховых компаний, а также автотранспортных предприятий, собственники которых заинтересованы в минимизации рисков потерь в своем бизнесе от различных ситуаций на дороге.

Литература:

1. ГОСТ Р 54620-2011. Глобальная навигационная спутниковая система. Система экстренного реагирования при авариях. Автомобильная система вызова экстренных оперативных служб. Общие технические требования. Издание официальное. Москва, Стандартинформ, 2012

2. Электронная система управления двигателем 21129 автомобилей семейства LADA VESTA с контроллером M86 ЕВРО-5 - Устройство и диагностика.

Технологическая инструкция ТИ.3100.25100.12056. - Тольятти. ОАО "АВТОВАЗ", 2015

3. Тюнин А.А. Диагностика электронных систем управления двигателями легковых автомобилей. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007

4. Кузнецов Е.С. Состояние и тенденции развития технической эксплуатации и сервиса автомобилей в России. - М.: Информавтотранс, 2000.

А.С. Новиков, М.А. Щелоков, С.В. Коробенко, И.А. Сосновский

АВТОМОБИЛЬНЫЙ РАДАР ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ О ДЕФЕКТАХ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Ростовский колледж радиоэлектроники, информационных и промышленных технологий, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: радиосканирование дорожного покрытия с борта автомобиля во время движения, оценка топологии дефектов по данным радиометрии, предупреждение аварийных ситуаций в процессе дорожного движения.

Описана проблема построения системы автомобильного радара для предупреждения аварийных ситуаций в процессе дорожного движения за счет заблаговременного обнаружения посредством радиолокации видимых и скрытых под слоем воды дефектов дорожного покрытия различной формы и глубины.

A.S. Novikov, M.A. Shelokov, S.V. Korobenko, I.A. Sosnovsky

CAR RADAR TO ALERT THE DRIVER OF ROAD SURFACE DEFECTS

North Caucasus branch of the order of the red banner of Labor of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow technical University of communications and Informatics", Rostov-on-don, Russia,
Rostov College of Radio Electronics, Information and Industrial Technologies, Rostov-on-Don, Russia

Key words: Radio scanning of a car pavement while driving, evaluation of the topology of defects by radiometry data, warning of emergencies during road traffic.

The problems of building a car radar system to prevent emergencies in the process of road traffic due to early detection by radar of surface defects of various shapes and depths visible and hidden under a layer of water are described.

Несмотря на высокую эффективность адаптивного круиз-контроля (АКК) у него имеется существенный недостаток - отсутствие реакции на дефекты дорожного покрытия (т.н. "лежачие полицейские", стыки пролетов мостов, глубокие выбоины и трещины) при проезде которых следует снижать скорость для предотвращения порчи автомобиля, груза, а также сохранения здоровья водителя и пассажиров [1].

В связи с этим идея модернизации АКК заключается в придании ему дополнительных функций сканирования поверхности дороги и, в случае обнаружения дефектов дорожного покрытия, заблаговременного предупреждения об этом водителя, а также автоматической остановки автомобиля при отсутствии реакции водителя.

Решение задачи обнаружения и идентификации дефектов дороги существенно осложняется неблагоприятными погодными условиями (недостаточная освещенность, рефракция воздуха над поверхностью дороги, дождь, туман, снег и т.п.), а также наличием на поверхности дороги слоя воды, снега и т.п.

Ключевым этапом решения такой важной в практическом плане научно-технической задачи выступает выбор методов и средств для обнаружения дефектов дорожного покрытия.

В настоящее время, уже известны следующие технические решения, которые успешно внедрены в практику автомобилестроения:

- оптический регистратор дорожной обстановки с распознаванием дорожной разметки, дорожных знаков и пешеходов;
- радиолокационные измерители скорости;
- лазерные дальномеры;
- ультразвуковые измерители расстояния и т.п. [1].

Однако традиционные радиолокаторы непригодны для использования на автомобиле. Желательно, чтобы объем такого устройства не превышал габаритных размеров автомобильного аккумулятора. Миниатюрные твердотельные генераторные приборы, которые могут питаться непосредственно от автомобильного аккумулятора, потребляют мощность всего в несколько ватт и способны обеспечивать необходимую дальность действия (около ста метров) автомобильного радиолокатора. Такие радиолокаторы с массой до 5 кг и размерами с ноутбук, способны работать при сильных вибрациях и значительных ускорениях, больших перепадах температуры, при воздействии пыли, влаги, грязи, масла, колебаниях питающего напряжения, устойчивые к помехам от электрооборудования.

Лазерное излучение является узконаправленным, монохроматичным, имеет большую импульсивную мощность и высокую спектральную яркость. Все это делает лазерную локацию конкурентоспособной в сравнении с радиолокаций и оптической локацией.

В лазерном дальномере в качестве источника излучения используется алюминиево-иттриевый гранат, с модулятором добротности на ниобате лития. Это обеспечивает пиковую мощность в 1,5 МВт. При этом, к сожалению, обеспечивается довольно короткое время надежной работы лазерного дальномера (около 15 измерений в минуту в течение одного часа). Причем зелёное излучение (532 нм) неодимового лазера эффективно «пробивает» массу воды, что особенно важно для сканирования дорожного полотна, покрытого слоем дождевой воды [2].

Таким образом, для решения задачи обнаружения и идентификации дефектов дорожного покрытия, возможно, потребуется комплексирование известных методов измерения дальности.

На этой основе возможна разработка комплексной системы обмена информацией о состоянии дорог между автомобилями, способной интегрироваться в существующие прототипы систем Car-to-Car (C2C).

Однако, на сегодняшний день, низкий уровень распространения технологий беспроводного обмена информацией между транспортными средствами обусловлен сравнительно высокой стоимостью WLAN-модуля [3].

Литература:
1. Соснин Д.А. Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей. – М.: Солон-пресс, 2010
2. Кучерявый АЛ. Бортовые информационные системы / Под ред. В А. Мишина и Г.И. Клюева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ульяновск: УлГТУ, 2004
3. http://www.autosystems.ru, http://cyberleninka.ru/article/n/audiovizualnyy-rechevoy-interfeys-dlya-sistem-upravleniya-i-opovescheniya.

Б.Г. Ибрагимов[1], А.М. Исаев[2], Р.А. Ганифаев[3]

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ НА БАЗЕ АРХИТЕКУРНЫХ КОНЦЕПЦИЙ FN

Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан[1]
Военная академия Вооруженных сил Республики Азербайджан, Баку[2]
Национальной Академии Авиации, Баку, Азербайджан[3]

Ключевые слова: эффективность, будущие сети, надежность, производительность, отказоустойчивость, качество обслуживания, угроза безопасности, средняя длина очереди.

В данной статье предметом исследования является эффективность мультисервисных сетей связи (МСС) на базе архитектурной концепции будущих сетей (FN, Future Networks) с использованием современных телекоммуникационных технологий. В качестве критерия эффективности функционирования системы выбрана производительность сети. В результате исследования предложена математическая модель (ММ), учитывающая характер передаваемого полезные и служебные трафики, показатели эффективности сети при оказании мультимедийных услуг и наличие множества сетевых и информационных ресурсов. Получены аналитические выражения, позволяющие оценить показатели качества обслуживания, информационной безопасности и отказоустойчивости функционирования МСС при передаче различных трафиков.

B.G. Ibrahimov[1], A.M. Isaev[2], R.A. Hanifaev[3]

RESEARCH INDICATORS EFFICIENCY MULTISERVICE NETWORKS COMMUNICATION ON THE BASIS ARCHITECTURE CONCEPTS FN

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan[1]
Military Academy of the Republic of Azerbaijan, Baku[2]
National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan[3]

Keywords: future networks, reliability, performance, fault tolerance, quality of service, security risk, average queue length, efficiency.

In this article, the subject research is the effectiveness multiservice communication networks based on the architectural concept future networks (FN, Future Networks) using modern telecommunication technologies. As a criterion for the efficiency of the system,

the network performance was chosen. The study proposed a mathematical model that takes into account the nature of the transmitted useful and service traffics, network performance indicators in the provision of multimedia services and the availability multiple network and information resources. Analytical expression were obtained, allowing to evaluate the indicators quality of service, information security and resiliency multiservice communication networks functioning during the transfer various traffic.

Введение.

Развитие современных телекоммуникационных технологий, рост мультимедийного трафика, передаваемого по каналам связи требуют построения МСС на базе архитектурных концепций FN, использующие SDN&NFV (Software-Defined Networking & Network Functions Virtualization) и IMS (Internet Protocol Multimedia Subsystem) технологий с повышенной эффективностью[1, 2, 3].

Выбор рациональной архитектуры и оптимизация распределения ресурсов в абонентских сетях доступа являются принципиальными задачами, поскольку мультисервисность сети проявляется, в первую очередь, как раз на доступе при множестве используемых NGN (Next Generation Network) и FN технологий, обеспечивающих различные мультимедийные услуги и приложения.

В качестве критерия эффективности МСС выбран показатель производительности систем, которая характеризует следующие комплексные показатели [3, 4, 5, 6]:

- пропускные способности системы аппаратно-программных средств;
- вероятностно-временные характеристики полезных и служебных трафиков;
- отказоустойчивость функционирования системы;
- информационная безопасность в системе обработки информации.

Учитывая исследуемые задачи - эффективность функционирования системы передачи полезных и служебных трафиков, использующие перспективные технологии SDN&NFV и IMS, а также протоколы концепции FN являются наиболее актуальными.

В работах [3, 6] проанализированы методы улучшения характеристики пропускных способностей системы аппаратно-программных средств и алгоритмы защиты информации от несанкционированного доступа. В работе [7, 8] исследованы качества функционирования систем обработки информации с использованием архитектурной концепции и технологий NGN и выявлены их основные сетевые и канальные показатели.

Однако, задача исследования комплексных показателей эффективности функционирования МСС при обработке полезных и служебных трафиков еще не полностью решена.

В данной работе рассматривается решение сформулированной выше задачи – исследование и анализ эффективности МСС на базе архитектурные концепции FN при передаче полезного и служебного трафиков.

Общая постановка задачи.

Для оценки показателей эффективности функционирования МСС, необходима разработка математической модели (ММ), учитывающей характер передаваемого трафика и наличие множества сетевых и информационных ресурсов.

Установлено [3, 6, 7], что исследуемые МСС представляют собой систему массового обслуживания (СМО), которая по кодировке Башарина-Кендалла,

соответствуют общему типу $M/G/N/N_{бн}$ с N обслуживающим пользовательским сервером.

Допустим, что входящий поток пакетов в систему обслуживания имеет пуассоновские законы распределения с параметром λ_i, длительность обслуживания $i-$го трафика имеет произвольное функцию распределения $B(t)$ с моментами b_i.

Исследуемая производительность МСС, в условиях заданной надежности и информационной безопасности, которые функционально описываются следующей зависимостью:

$$S_i(\lambda_i) = W[I_i(\lambda), E[L_{cp}(\lambda_i)], C_{i.\max}, K_i], \quad i = \overline{1,n} \quad , \tag{1}$$

где $E[L_{cp}(\lambda_i)]-$ средняя длина очереди на обслуживание в системе с учетом скорости поступления входящего потока λ_i при обработке $i-$го трафика, $i = \overline{1,n}$; $S_i(\lambda_i)-$ производительность системы аппаратно-программных средств с учетом скорости поступления входящего потока λ_i при обработке $i-$го трафика, $i = \overline{1,n}$; K_i- коэффициент сохранения отказоустойчивости аппаратно-программных средств при обработке $i-$го потока трафика, $i = \overline{1,n}$; $I_i(\lambda)-$ коэффициент информационной безопасности функционирования аппартно-программных средств при обработке $i-$го потока трафик; C_i- пропускные способности системы аппаратно-программных средств при передаче $i-$го потока трафика, $i = \overline{1,n}$.

Математическая формулировка задачи, предлагаемой ММ для оценки показателей эффективности функционирования систем обработки информационных потоков автомобильных служб, описывается следующим функциональным преобразованием трафика:

$$F_{фп}(\lambda) : \{t_{вх}\} \to \{\lambda\} \Big| S(\lambda) = \max_i S_i(\lambda_i), \quad i = \overline{1,n} \quad , \tag{2}$$

при следующих ограничениях

$$E[L_{cp}(\lambda_i)] \le L_{cp}^{доп.}(\lambda_i), \; T_{зад.}(\lambda_i) \le T_{зад.}^{доп.}(\lambda_i) \; , \; P_{отк.} \le P_{отк.}^{доп.} \; , \; i = \overline{1,n}, \tag{3}$$

где $T_{зад.}(\lambda_i)-$ время задержки пакета от момента его поступления до момента отправки с учетом скорости поступления входящего потока λ_i; $P_{отк.}-$ вероятность отказа в обслуживании пакету поступающего трафика; $L_{cp}^{доп.}(\lambda_i)$, $T_{зад.}^{доп.}(\lambda_i)$, $P_{отк.}^{доп.}-$, соответственно, допустимое значение величины среднее длина очереди на обслуживание в системе, времени задержки передачи пакета, вероятность отказа программно-аппаратных средств при передаче $i-$го потока пакетов, $i = \overline{1,n}$.

Выражения (2) и (3) определяют сущность рассматриваемого нового подхода, на основе которого предлагается ММ анализа показателей эффективности МСС.

Анализ показатели отказоустойчивости функционирования сети.

В работе [6] выявлены, что одной из важный критерий производительность сети является коэффициент сохранения отказоустойчивости функционирования системы K_i, $i = \overline{1,n}$, определяющие показатели надежности [7]:

$$K_i = F[P_{HC}(\Lambda,t), P(\Lambda), P_{i.ВББ}(t,\Lambda)] \quad , \quad i=\overline{1,n} \tag{4}$$

На основе исследования [4, 7], установлено, что показатели отказоустойчивости определяется выбором средств обеспечения надежности активных функциональных блоков как коммутаторов и контроллеров с использованием протоколов сетей FN, межсетевых экранов, так и групп сетевых серверов. Эти являются важными и функциональными составами аппаратно-программных средств системы.

Рассмотрим один из вариантов оценки надежности системы, состоящие из одного сетевого сервера, который обслуживает $i-$го потоки пакетов трафиков. Тогда оценка надёжности системы производится с помощью известного математического аппарата:

$$P_{HC}(\Lambda,t) = \prod_{i=1}^{n} [P_{i.ВБР}(t,\Lambda)]^N \quad , \quad i=\overline{1,n} \quad , \tag{5}$$

где $P_{i.ВБР}(t,\Lambda)-$вероятность безотказной работы системы, $i=\overline{1,n}$; Λ – интенсивность отказов узлов коммутации сети, (1/с).

Выражение (5) характеризует отказоустойчивость функционирования МСС с учетом интенсивности отказов Λ аппаратно-программных средств системы.

Следовательно, если известно плотность распределения времени случайного процесса изменения параметров надежность системы в области работоспособности, то вероятность отказа $P(\Lambda)$ в течение времени Т определяется следующим интегралом [7]:

$$P(\Lambda) = \int_0^T p_{вбр}(t)dt \tag{6}$$

где $p_{вбр}(t)-$ плотность распределения времени безотказной работы аппаратно-программных средств системы.

Учитывая число коммутационных узлов N_y и коэффициента готовности, вероятность отказа аппаратно-программных средств при сохранении функционирования сети, выражается следующим образом:

$$P(\Lambda) = 1-[1-K_Г(\Lambda)]^{N_y}, \tag{7}$$

где $K_Г(\Lambda)-$коэффициенты готовности аппаратно-программных средств системы и выражается как

$$K_Г(\Lambda) = \Lambda_b /(\Lambda+\Lambda_b), \tag{8}$$

где Λ_b-интенсивность восстановлений аппаратно-программных средств системы.

Формула (7) и (8) характеризует один из важнейших показателей коэффициент сохранения отказоустойчивости системы K_i, $i=\overline{1,n}$ при заданных коэффициентах загрузки узлов аппаратно-программных средств. При этом коэффициент загрузки сети для полезных $\lambda_{i.n}$ и служебных $\lambda_{i.c}$ трафиков находится выражением:

$$\rho_i = (\lambda_{i.n} + \lambda_{i.c})/(N_y \cdot \mu_i) \le 1 \quad , \quad i = \overline{1,n}, \tag{9}$$

где μ_i – скорость обслуживания $i-$го потока трафика.

Выражения (9) определяет, также коэффициента эффективного использования аппаратно-программных средств сети при обслуживании потоков $i-$го трафика.

На основе ММ, полученных аналитических выражений, проведены численные расчеты показатели отказоустойчивости узлов аппаратно-программных средств сети и получены следующие: $\Lambda \ge (50,...,175)\ c^{-1}$, $K_\Gamma(\Lambda) = 0999$, $P(\Lambda) = 0{,}066$, $P_{врс} = 0{,}9370$, $C_{i.\max} = (700,...,1000)$ Мбит/с , $\rho_i \le 0{,}65,...0{,}40$, $N_y = 10,...,150$.

Анализ показал, что увеличение интенсивности отказов приводит к ухудшению отказоустойчивости функционирования системы при $\rho_i \ge 0{,}45$ и $C_{i.\max} = 625$Мбит/с , а тем самым ухудшает защиту информации от несанкционированных доступов.

Анализ и защита информации в системе обработки информации.

Известно [2, 7], что распространение информационных технологий дало массу новых возможностей в телекоммуникации, науке и быту. Однако вместе с этим развились и методы мошенничества, хищения и подмены информации. Кроме того, в системе с ростом числа информационных технологий потребность в обеспечении информационной безопасности при передаче полезных и служебных трафиков растет.

Учитывая возможные несанкционированные доступы и киберугрозы, коэффициент безопасности функционирования программно-аппаратных средств $I_i^{б}(\lambda_i)$ при обслуживании $i-$го потока пакетов трафиков функционально описывается так:

$$I_i^{б}(\lambda_i) = U[R_i(\lambda_i), I_i^{оф}(\lambda_i), P_{i.u}(\lambda_i)] \quad , \quad i = \overline{1,n} \tag{10}$$

где $R_i(\lambda_i) -$ коэффициент риска при передаче $i-$го потока пакетов трафиков; $I_i^{оф}(\lambda_i) -$

коэффициент опасности функционирования системы обслуживании $i-$го потока пакетов трафиков с интенсивностью λ_i, $i = \overline{1,n}$; $P_{i.u}(\lambda_i) -$ вероятность угрозы при обслуживании $i-$го потока пакетов трафиков с интенсивностью λ_i, $i = \overline{1,n}$.

Выражение (10) оценивает уровень защиты информации от вероятности угрозы информационной безопасности при несанкционированном доступе в системе.

Оценка качества обслуживания потока пакетов трафика.

На основе анализа модели $M/G/N/N_{бн}$ выявлено, что одной из ключевых характеристик для оценки производительности сети является среднее время ожидания пакета в очереди $E[L_{ср}(\lambda_i)]$ на обслуживание в системе [6, 8].

Учитывая формулу Полячека-Хинчина, среднее длина очереди на обслуживание в СМО определяется следующим выражением:

$$E[L_{ср}(\lambda_i)] = \frac{\lambda_{i.n} + \lambda_{i.c}}{C_{i.\max} \cdot N_y} \cdot E[L_n] \cdot \frac{(1 + C_b^2)}{2(1 - \rho_i)} \cdot E[t_{i.пер}] \cdot \lambda_i \quad , \qquad i = \overline{1,n} \tag{11}$$

где $C_b^2 -$ квадрат коэффициента вариации передачи пакета времени и определяет структурную сложность трафика, и вычисляется как $C_b^2 = \sigma_b^2 / m_b^2$, m_b^2 , $\sigma_b^2 -$ величина математического ожидания времени прохождения пакета и его дисперсии, соответственно; $E[t_{i.пер}] -$ среднее время передачи $i -$ го пакета трафика через узлы коммутации системы, без учета времени ожидания в очереди и равно

$$E[t_{i.пер}] = [\rho_i / (\lambda_{i.n} + \lambda_{i.c})] \cdot N_y \quad , \qquad i = \overline{1,n} \tag{12}$$

Выражение (11) и (12) определяет одну из важных вероятностно-временных характеристик обслуживаемого полезного и служебного трафиков и является показателем QoS (QoS – Quality of Service).

Проведенные численные расчеты показывает, что с ростом коэффициента загрузки СМО $\rho \geq (0{,}45,...,0{,}70)$, отвечающего требованиям отказоустойчивости функционирования и информационной безопасности системы при $N_y = 10,...,150$, $У_{наг.} = (0{,}20,...,0{,}40)$, Эрл, $C_s^2 = 1{,}0$ и $C_{i.\max} \leq (155,...,622)$ Мбит/с, средняя длина очереди в узле сети уменьшается. Её заметное изменение начинается со значений $\rho \geq 0{,}55$.

Таким образом, на основе предложенной модели получены аналитические выражения, позволяющие оценить показатели эффективности функционирования системы обработки полезного и служебного трафиков.

Выводы.

На основе исследования эффективности МСС на базе архитектурной концепции FN с использованием современных технологий, предложена ММ, учитывающая наличие множества сетевых и информационных ресурсов, характер полезных и служебных трафиков, позволяющие проанализировать показатели.

На базе модели полученные аналитические выражения и приведенные численные расчеты показали, что наличие сетевых и информационных ресурсов приводит к существенному улучшению характеристик производительности МСС.

Литература:

1. *Кучерявый А.Е. и др.* Исследование моделей балансировки нагрузки в программно-конфигурируемых сетях // Электросвязь, №1, 2019. – С.23 – 29.

2. *Ефимушкин В.А., Козаченко Ю.М., Ледовских Т.В., Щербакова Е.Н.* Будущий облик Единой сети электросвязь и Российской Федерации//Электросвязь. 2018, №10. – С.18 – 27.

3. *Ibrahimov B.G., Humbatov R.T., Ibrahimov R.F.* Performance multiservice telecommunication networks based on the architectural concept future networks using SDN technology // T-Comm**,** Телекоммуникации и транспорт, Москва. – 2018. – Том 12. № 12. – С. 84-88.

4. *Соколов И.А., Шнепс-Шнеппе М.А., Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Селезнев С.П.* Телекоммуникации как решающее звено цифровой экономики. Опыт России // International Journal of Open Information Technologies.Vol. 5, No.6, 2017. – С.76 – 92.

5. *Bianchi G.* Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function» // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. Vol.18, No.3, 2000, p.535-547.

6. *Вишневский В.М.* Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. Москва.: Техносфера, 2003. – 512с.

7. *Ибрагимов Б.Г., Гасанов А.Г., Алиева А.А., Исаев А.М.* Исследование показателей качества функционирования мультисервисных телекоммуникационных сетей на базе архитектурной концепции будущих сетей // Надежность и качества сложных систем. №1(25) 2019. - С.87-94.

8. *Лихтциндер Б.Я.* Трафик мультисервисных сетей доступа. – М.: Горячая линия- Телеком, 2018. – 290 с.

Б.Г. Ибрагимов, Э.М. Джафарова

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ

Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан

Ключевые слова: битовая скорость, нелинейные эффекты, затухание, фазовый-кросс коммутации, волоконно-оптическая линия связи**,** длина волны, волоконно-оптический систем передачи.

Исследованы параметры нелинейных эффектов в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) с использованием перспективных спектральных технологий. Проанализированы важные передаточные характеристики волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) и предложен метод расчета параметров нелинейных эффектов в ВОСП. Нелинейные эффекты в ВОСП ухудшают качество передачи оптического сигнала при увеличении вводимой мощности. В результате исследования, получены аналитические выражения, оценивающие показатели оптических телекоммуникационных систем при использовании WDM&DWDM технологий.

B.G. Ibrahimov, E.M. Jafarova

STUDY AND ANALYSIS OF PARAMETERS NONLINEAR EFFECTS IN FIBER-OPTICAL TRANSMISSION SYSTEMS

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

Keywords: bit rate, nonlinear effects, attenuation, phase-cross switching, fiber-optic communication line, wavelength, fiber-optic transmission systems.

The parameters of nonlinear effects in fiber-optical transmission systems (FOTS) using promising spectral technologies are investigated. The important transfer characteristics fiber-optic communication lines are analyzed and a method for calculating

the parameters nonlinear effects in FOTS is proposed. onlinear effects in FOTS degrade the quality of transmission of the optical signal with an increase in input power. As a result of the study, analytical expressions were obtained, evaluating the performance of optical telecommunication systems using WDM & DWDM technologies.

Введение.

Развитие оптических телекоммуникационных систем на основе технологий транспортных – программно-конфигирируемых сетей и увеличения обьема передаваемого разнородного трафика требует увеличить полосу пропускания и скорость передачи оптических сигналов в волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) с использованием спектральных технологии. Среди спектральных технологий для повышения пропускной способности ВОСП в широком диапазоне - от сотен Мбит/с до сотен Гбит/с особое место занимают SDH (Synchronous Digital Hierarchies), WDM (Wavelength Division Multiplexing) SONET (Synchronous Optical Network), ATM (Asynchronous Transfer Mode), DWDM (Dense WDM).

В ВОСП важным сетевым элементом является волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), который представляет собой превосходную среду передачи оптических сигналов по волоконно-оптических кабелей (ВОК) благодаря высокой пропускной способности, полосой пропускания и низким потерям при использовании [1, 2].

На основе исследования установлено [1, 3-5], что повышение битовой скорости передачи и полосы пропускания ВОСП существенно зависит от передаточных характеристик ВОЛС при использовании WDM&DWDM и OTN (Optical Transport Network) технологии.

Таким образом, проведенные анализы показали [1, 3, 6], что из-за использования спектральных технологий и повышения передаточных характеристик ВОЛС возникает мощный уровень сигнала и маленькая эффективная область ВОК, которые вызывают нелинейные эффекты в ВОСП с длиной волн λ_i.

Следует особенно отметить, что при увеличении скорости передачи по каналам связи (КС) и полосы пропускания ВОЛС, порождающие нелинейные эффекты являются одним из ключевых ограничивающих факторов на передачу сигналов по ВОК, в частности нелинейные эффекты керровского типа, тем более при наличии хроматической и поляризационной модовой дисперсий ВОК [7, 8].

В частном случае, для оптической телекоммуникационной сети, имеются неоднородные сетевые элементы, учитывающие дополнительные ограничения, такие как поддерживаемые используемыми сетевыми элементами скорости передачи, форматы модуляции так и сетки частот.

Допустим, что соединительные участки между сетевых элементов является $L_y(m,k)$, тогда, соединительные участки для передачи оптических сигналов сетевыми элементами, использующие длины волн в рабочих диапазонах может быть описан одномерной матрицей вида:

$$E[L_y(m,k)] = \left|\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_{i.\max}\right|, \; m \neq k, \; i = \overline{1,n} \qquad (1)$$

где m и $k-$соответственно, индексы для номеров начального и конечного сетевых элементов (для рабочих диапазонов C и L при использовании сетки частот 50 ГГц , то $i_{\max} = 192$).

Установлено [1, 3, 7], что с повышением интенсивности оптического излучения возникают также, нелинейные эффекты, заключающиеся в том, что световой сигнал, т.е. импульс вызывает изменение характеристик ВОК, по которому он распространяется. Это, в свою очередь, уже приводит к весьма существенному изменению условий распространения самого оптического сигнала. При этом возникает воздействие светового сигнала на самого себя через изменение характеристик ВОК. При этом изучаемые нелинейные эффекты возникают уже при небольших мощностях порядка $P_{\min} \geq (1,...,10)Vt$.

Следовательно, в ВОСП с использованием WDM&DWDM технологии порождает нелинейные эффекты, которые является проблемным фактором для ВОЛС. При этом возникающие, нелинейные эффекты в ВОСП ограничивают возможную битовую скорость V_b, полосы пропускания ΔF_k и дальность $D(L_n)$ передачи информации по ВОЛС с длиной волн $\lambda_i = (0.85,...,1.55)$ мкм. Тогда функциональная зависимость описывается следующим образом:

$$M_{нэ}(\lambda_i) \to \min_i [V_b(\lambda_i), \Delta F_k, D(L_n)] \tag{2}$$

Поэтому, задача исследования параметров нелинейных эффектов в ВОСП в режиме управления передачей оптических сигналов и анализ характеристик ВОЛС на базе спектральных технологий является наиболее актуальной.

Главное достоинство технологии WDM заключается в том, что она позволяет преодолеть ограничения на пропускную способность каналов связи и существенно увеличить битовая скорость передачи оптических сигналов по отдельному каналу до 10 Гбит/с и выше. Благодаря WDM удается организовать двустороннюю многоканальную передачу трафика по одному волокну, так как в обычных ВОЛС используется пара волокон - для передачи в прямом и обратном направлениях.

Рассматривается решения сформулированные выше задачи - исследование и анализ параметров нелинейных эффектов в ВОСП с использованием спектральных WDM&DWDM технологий.

Общая постановка задачи.

Для исследования и оценки параметров нелинейных эффектов в ВОСП с использованием спектральных WDM&DWDM технологий с учетом, показателя передаточных характеристик ВОЛС, необходимы разработки метода расчета показателя эффективности ВОСП.

Предлагаемый метода расчета, учитывают параметры нелинейных эффектов в ВОСП и передаточных характеристик ВОЛС при воздействии приложенного поля E.

Исследуемая эффективность ВОСП, в условиях заданной нелинейных эффектов и передаточных характеристик ВОЛС, которые функционально описываются следующей зависимостью:

$$E_{ВОСП}(\lambda_i) = W[M_{нэ}(\lambda_i), \alpha_з(\lambda_i), \tau_d(\lambda_i), \gamma_{кн}(\lambda_i)] \quad , \quad i = \overline{1,n} \quad , \tag{3}$$

где $M_{нэ}(\lambda_i) -$ функция, учитывающие показатели нелинейных эффектов в ВОСП при передаче оптических сигналов по ВОК с длиной волн λ_i, $i = \overline{1,n}$; $\tau_d(\lambda_i) -$ величина общего дисперсия оптического сигнала, $i = \overline{1,n}$; $\gamma_{кн}(\lambda_i) -$

коэффициент линейных эффектов в ВОСП и определяющийся следующим соотношением:

$$\gamma_{кн}(\lambda_i) = [P_0 \cdot L_{нэ}(\lambda_i)]^{-1} \quad , (\text{Вт}\cdot\text{км})^{-1} \quad i = \overline{1,n} \, , \tag{4}$$

где $L_{нэ}(\lambda_i) -$ нелинейная длина, км; $P_0 -$ пиковая мощность начального импульса (Вт), которая определяется выражением:

$$P_0 = \frac{P[L_y(m,k)]}{\exp[-\alpha_з(\lambda_i) \cdot L_{нэ}(\lambda_i)]}, \quad i = \overline{1,n} \tag{5}$$

Из выражения (3), (4) и (5) видно, что зависимость передаточных характеристик ВОЛС с длиной волны λ_i и показателя преломления от интенсивности оптического излучения приводит к множеств видов нелинейных эффектов при битовая скорость $V_b(\lambda_i) \le 10$ Гбит/с.

На основе исследования сетевых элементов в оптических трактах установлено [1, 3, 6, 8], что во всех случаях важные нелинейных эффектов в ВОСП, проявляются в виде эффектов рассеяния – Бриллюэна и Рамана , а также эффектов Керра. В результате эти эффектов возникают следующие нелинейных эффектов:

- фазовой кросс-модуляцией (ФКМ);
- генерации третьей гармоники;
- нелинейное преломление от интенсивности $n(\omega) = n_2 |E|^2$;
- фазовая самомодуляция (ФСМ);
- модуляционной нестабильности и формирования солитона.

Для повышения эффективности оптических систем при использовании сетевых элементов и WDM&DWDM технологии, математическая формулировка предложенного метода расчета параметров нелинейных эффектов в ВОСП может быть представлена следующей целевой функцией:

$$E_{эфф.}(\lambda) : \{D[L_y(m,k)]\} \to \begin{vmatrix} M_{нэ}(\lambda_i) \le M_{нэ.доп.}(\lambda_i), \; i = \overline{1,n} \\ V_b(\lambda_i) \ge V_{b.доп}(\lambda_i), \quad i = \overline{1,n} \end{vmatrix} \tag{6}$$

при следующих ограничениях

$$\alpha_з(\lambda_i) \le \alpha_{з.доп.}(\lambda_i) \, , Q_c(\lambda_i) \le Q_{c\,доп.}(\lambda_i) \, , \tau_d(\lambda_i) \le \tau_{d.доп}(\lambda_i) \quad i = \overline{1,n} \quad , \tag{7}$$

где $\alpha_з(\lambda_i) -$ коэффициент затухания оптического сигнала с длиной $i-$й волны, $i = \overline{1,n}$; $V_b(\lambda_i) -$ битовая скорость $i = \overline{1,n}$; $Q_c(\lambda_i) -$ показатель качества приема оптического сигнала с длиной $i-$й волны, $i = \overline{1,n}$; $\alpha_{з.доп.}(\lambda_i)$, $\tau_{d.доп}(\lambda_i)$, $V_{b.доп.}(\lambda_i)$, $Q_{с.доп.}(\lambda_i)$ - допустимые величины коэффициент затухания, дисперсия, битовая скорость, показатель качества приема оптического сигнала, с длиной $i-$й волны λ_i , $i = \overline{1,n}$, соответственно.

Выражения (6) и (7) определяют сущность рассматриваемого нового подхода, на основе которого предлагается метод расчета для исследования и оценки параметров нелинейных эффектов в ВОСП при использовании WDM&DWDM технологий.

Учитывая постановки задачи, в данной работе исследуется параметров нелинейных эффектов в ВОСП при использовании WDM&DWDM технологий и анализируется передаточных характеристик сетевых элементов ВОЛС.

Оценка параметров нелинейных эффектов ВОСП.

На основе исследования [1, 7] установлено, что в ВОСП при передаче оптических сигналов по ВОК нелинейные эффекты могут быть разделены на две большие группы:

- явления показателя преломления вызывают фазовую модуляцию - фазовая автомодуляция (SPM), перекрестная фазовая модуляция (XPM) и четырёхволновое смешение (FWM).
- стимулированные явления рассеивания приводят к потерям мощности-стимулированное Рамановское рассеивание (SRS), стимулированное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (SBS).

Кроме этих эффектов в ВОСП, также бывает упругое рассеяние- релеевское, представляющий собой линейный эффект, который является основным механизмом потерь в кварцевых ВОК и делится на две группы- потери и дисперсии. При этом величина линейная часть $n(\omega)$ с помощью интенсивности поля внутри ВОК $|A|^2$ и нелинейные показатель преломления n_2 определяется выражением [1]:

$$n(\omega) = n[\omega, |A|^2] - n_2 |A|^2 \quad , \tag{8}$$

Здесь значения n_2 является нелинейным показателем преломления, связанной с $x^{(3)}$ выражается как:

$$n_2(\lambda_i) = 0{,}375 x^{(3)} / n(\lambda_i) \, . \tag{9}$$

где $n(\lambda_i) -$ показатель преломления от интенсивности света, т.е. от эффекта Кэрра и с учетом длины волны, выражается следующим образом:

$$n(\lambda_i) = n_0(\lambda_i) + \frac{P(L_y(m,k)}{A_{эфф}} \cdot n_2(\lambda_i) \quad , \tag{10}$$

Выражение (10) характеризует нелинейный коэффициент в ВОСП в зависимости от типа ВОК и определяется на основе фазовая самомодуляция волн (SPM-эффекта). Обычно $n(\lambda_i)$ изменяется в пределах $n(\lambda_i) = (2.10,...,3.50) \cdot 10^{-20}$ м^2/Вт.

С учетом выражения (5), (9) и (10) можно определить одним из важных параметров нелинейных эффектов в ВОСП следующим образом:

$$\varphi_{SPM}(\lambda_i) = \gamma_{кн}(\lambda_i) \cdot \frac{P[L_y(m,k)]}{\exp[-\alpha_з(\lambda_i) \cdot L_{нэ}(\lambda_i)]} \cdot L_{эфф}(\lambda_i) \quad , \quad i = \overline{1,n} \tag{11}$$

где $L_{эфф}(\lambda_i) -$ эффективная длина поглощения света в волокне и находится следующим выражением:

$$L_{эфф}(\lambda_i) = \frac{1}{\alpha_з(\lambda_i)} \cdot [1 - \exp[-\alpha_з(\lambda_i) \cdot L_{нэ}(\lambda_i)] \quad , \quad i = \overline{1,n} \tag{12}$$

Выражение (11) определяет нелинейный набег фазы в ВОСП, учитывая эффективная длина поглощения света в ВОК с длиной $L_{нэ}(\lambda_i)$.

На основе метод расчета параметров нелинейных эффектов в ВОСП проведены

численные расчеты получены следующие результаты: $\lambda_i = (0.85,...,1.55)$ мкм, $V_b(\lambda_i) = 10,...,15$ ГГц, $\alpha_з(\lambda_i) \le (0,25,...,0,20)$ дБ/км, $n_0(\lambda_i) = 1,46$, $L_{эфф}(\lambda_i) \le (20,...,25)$ км, $n(\lambda_i) = (2.10,...,3.50)\cdot 10^{-20}$ м^2/Вт, $A_{эфф} = (40,...110)$ мкм^2, $\gamma_{кн}(\lambda_i) \ge (0,750,...,2,50)$ 1/Вт·км.

Системно-технический анализ показывает, что наиболее сильно нелинейные эффекты проявляются в ВОСП при использовании DWDM технологии. Это объясняется с тем, что передаваемая по ВОК оптическая мощность увеличивается пропорциональна количества спектральных каналов. DWDM- работает на длинах волн в районе 1,55 мкм.

На основе параллельной поляризации в ВОСП с использованием DWDM технологии возникает также, внутриканальные нелинейные эффекты. Последние проявляются в виде уширения линии из-за SPM-эффекта и появления двухбоковых пичков иблизы основной линий-эффекта MI. Модуляционная нестабильность MI-возникает из-за параметрического усиления биения сигнала со спонтанным излучением. Наблюдается она в ВОСП в основном в сверхдлинных линиях.

Таким образом, из вышеизложенные следует, что нелинейные эффекты в ВОСП при использовании WDM&DWDM технологий могут быть как вредными, так и полезными.

Выводы.

Проанализированы две большие групп нелинейных эффектов в ВОСП как параметрические эффекты так и вынужденное рассеяние с учетом передаточных характеристик ВОЛС.

В результате исследование эффективности оптических систем предложен метод расчета параметров нелинейных эффектов в ВОСП с использованием WDM&DWDM технологий и получены важные расчетные выражение.

Литература:

1. *Листвин В.Н., Трещиков В.Н.* DWDM – системы. Москва.: Техносфера, 2015. – 256с.

2.*Gringeri S., Bitar N., and Xia T. J.* Extending software defined network principles to include optical transport //IEEE Communications Magazine, March, 2013. pp. 32-40.

3. *Ibrahimov B. G., Hasanov M. H., Humbatov S. H.* Study and Analysis of Nonlinear Effects in Optical Systems Using Spectral Technologies// 2019 Systems of signals generating and processing in the field of on board communications. IEEE Explore № 46544. MTUSI, 2019.

4. Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д. Анализ современного состояния транспортных сетей с целью внедрения технологии программно-конфигурируемых сетей // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2017. - Т. II. - № 6. - С. 4 - 9.

5.*Убайдуллаев Р.Р.* Волоконно-оптические сети. –М.:Эко-Трендз, 1998.-267 с.

6.*Портнов Э.Л., Рабенандрасана Ж.* Совместное воздействие хроматической, поляризационной модовой дисперсий и фазовой самомодуляции на дисперсионную длину // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2019. Том 13. №2. С. 31-35.

7. *Ибрагимов Б.Г., Джафарова Э.М.* Исследование влияние нелинейных эффектов на передаточных характеристик ВОЛС при использовании WDM и DWDM технологий//Материалы XXIII-Международная НТ по «Современные средства связи», БГАС, Минск.– 2018. – с.149-151.

8. *Agrawal G.P.* Fiber-Optic Communication systems. 2-nd ed. John & Sons inc. 1997. - 561 p.

В.А. Данилов, Л.В. Данилова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АМПЛИТУДНОГО ПОДАВЛЕНИЯ НЕГАУССОВСКИХ ПОМЕХ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ОТРАЖЕНИЕМ РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА ОТ ВЗВОЛНОВАННОЙ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: негауссовская помеха, распределение огибающей, амплитудное подавление, спектр помехи.

Работа посвящена анализу предельных значений эффективности метода амплитудного подавления негауссовской помехи с К-распределением огибающей. Такие помехи характерны при отражении радиолокационного сигнала от взволнованной морской поверхности. Полученые предельные значения сопоставляются с ранее опубликованными данными.

V.A. Danilov, L.V. Danilova

EFFICIENCY OF AMPLITUDE SUPPRESSION OF NON-GAUSSIAN INTERFERENCE DUE TO THE REFLECTION OF THE RADAR SIGNAL FROM THE DISTURBED SEA SURFACE

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Rostov state university of transport communications, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: non-Gaussian interference, envelope distribution, amplitude suppression, interference spectrum.

The work is devoted to the analysis of the limit values of the efficiency of the method of amplitude suppression of non-Gaussian interference with the K-distribution of the envelope. Such interference is characteristic of the reflection of the radar signal from the disturbed sea surface. The resulting limit values are compared with previously published data.

В работах [1, 2] исследуется эффективность метода амплитудного подавления (АП) негауссовской помехи с К-распределением огибающей. Такие помехи характерны при отражении радиолокационного сигнала от взволнованной морской поверхности. В частности, в работе [1] утверждается, что эффективность метода АП

в когерентном приемнике при полосовом спектре помехи может достигать 15 дБ и более. А в работе [2] эффективность метода АП в некогерентном приемнике при полосовом спектре помехи оценивается величиной 30 дБ и более.

В данной работе анализируются аналогичные характеристики в предельном случае воздействия негауссовской помехи, когда параметр α помехи стремится к бесконечности. В основе анализа перечисленных характеристик лежит применение распределения огибающей помехового сигнала, определяемое следующим функциональным соотношением:

$$W(A)=\frac{2Ab^{\nu}}{\Gamma(\nu)}\int_0^{\infty}x^{\nu-1}e^{-bx}pe^{-pA^2}dx, \tag{1}$$

где введено обозначение

$$p=\left(x+P_{ø}\right)^{-1}. \tag{2}$$

В формулах (1), (2) значения b и ν – параметры распределения, зависящие от состояния моря и параметров локатора; $\Gamma(\nu)$ – гамма-функция; $P_{ø}$ – мощность внутреннего гауссовского шума приемника.

Негауссовские помехи с распределением (1) используются для описания отражений радиолокационного сигнала от взволнованной морской поверхности. Мощность P_n помехи с К-распределением огибающей A_k определяется параметрами b и ν:

$$P_n=0,5M\left[A_k^2\right]=0,5\nu/b,$$

где $M[\ldots]$ – символ статистического усреднения. Тогда мощность смеси помехи с шумом связана с параметрами распределения (1) следующей зависимостью:

$$P_{i\,ø}=0,5M\left[A^2\right]=0,5\left(\nu/b+P_{ø}\right)=0,5P_{ø}\left(1+\alpha\right), \tag{3}$$

где $\alpha=\nu/\left(bP_{ø}\right)$ – отношение мощности помехи с К-распределением огибающей к мощности внутреннего гауссовского шума. Параметр α может служить основным показателем степени негауссовости распределения (1). Настоящая работа посвящена анализу характеристик эффективности метода АП при полосовом спектре помехи в предельном случае ($\alpha\to\infty$), соответствующем значению $P_{ø}=0.$

1. Когерентная полосовая обработка

Эффективность метода АП когерентного приемника при полосовом спектре помехи определяется соотношением вида:

$$\mu_1=\frac{P_{i\,ø}}{2}\int_0^{\infty}g_0^2(A)W(A)dA, \tag{4}$$

где введено обозначение:

$$g_0(A)=-\frac{d}{dA}\ln\left[\frac{W(A)}{A}\right]. \tag{5}$$

Функция $g_0(A)$ в (5) определяет оптимальную колебательную характеристику по первой гармонике принимаемого сигнала. Для удобства последующего анализа представим функцию (1) в такой форме

$$W(A)=C_1AF(A), \tag{6}$$

где $C_1 = 2b^{\nu}/\Gamma(\nu)$ – нормирующая константа и введено обозначение:

$$F(A) = \int_0^{\infty} x^{\nu-1} e^{-bx} p e^{-pA^2} dx. \tag{7}$$

Подставляя (6) в формулу (5), учитывая формулу (7), получаем:

$$g_0(A) = -\frac{F'(A)}{F(A)} = -\frac{2A}{F(A)} \cdot P(A), \tag{8}$$

где введена функция

$$P(A) = \int_0^{\infty} x^{\nu-1} e^{-bx} p^2 e^{-pA^2} dx. \tag{9}$$

Для расчета требуемой характеристики (4) при $\alpha \to \infty$ найдем значения функций (7), (9) при $P_{ø} = 0.$ Обозначая найденные функции нулевым индексом с помощью (2) запишем искомые характеристики как:

$$F_0(A) = \int_0^{\infty} x^{\nu-2} \exp\left(-bx - \frac{A^2}{x}\right) dx, \tag{10}$$

$$P_0(A) = \int_0^{\infty} x^{\nu-3} \exp\left(-bx - \frac{A^2}{x}\right) dx. \tag{11}$$

Произведя вычисление интегралов в формулах (10), (11), получаем

$$F_0(A) = 2\frac{A^{\nu-2}}{b^{\nu/2-1}} K_{\nu-2}(z), \tag{12}$$

$$P_0(A) = 2\frac{A^{\nu-1}}{b^{\nu/2-1/2}} K_{\nu-1}(z), \tag{13}$$

где введено обозначение

$$z = 2A\sqrt{b}. \tag{14}$$

В формулах (12), (13) через $K_{\mu}(z)$ обозначена модифицированная функция Бесселя 3-го рода (функция Макдональда). Подставляя найденные функции (12), (13) в формулу (4), принимая во внимание значения (3), (8), находим итоговое выражение, соответствующее предельному значению при $\alpha \to \infty$:

$$\mu_{10} = 4\frac{b^{\nu/2}\sqrt{b}}{\Gamma(\nu)}\left(\nu + \frac{\nu}{\alpha}\right)\int_0^{\infty} A^{\nu} \frac{K_{\nu-2}^2(z)}{K_{\nu-1}(z)} dA. \tag{15}$$

Для простоты анализа будем рассматривать полученное выражение (15) при $\nu = 1$, $b = 0{,}5$. В таком случае с учетом (14) запишем итоговое выражение как:

$$\mu_{10} = \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\int_0^{\infty} z K_1^2(z)/K_0(z)\, dz. \tag{16}$$

Следовательно, при $\alpha \to \infty$ будем иметь значение $\mu_{10} = 3,74.$ Предельное значение (16) явно не соответствует заявленному в работе [1] значению 15 дБ и более.

2. Некогерентная полосовая обработка

Эффективность метода АП в некогерентном приемнике при полосовом спектре помехи следует определять величиной коэффициента:

$$\mu_2 = \frac{M_4 - M_2^2}{16} M\left[h_0^2(A)\right], \tag{17}$$

где M_2, M_4 – моментные функции распределения (1). В формуле (17) через $h_0(A)$ обозначена оптимальная колебательная характеристика, определяемая общим выражением вида:

$$h_0(A) = \frac{W''(A)}{W(A)} - \frac{1}{A}\frac{d}{dA}\ln\left[\frac{W(A)}{A}\right]. \tag{18}$$

Подставляя функцию (1) в выражение (18), находим

$$h_0(A) = 4\left[\frac{R(A)}{F(A)}\right], \tag{19}$$

где функция $F(A)$ определяется соотношением (7) и введено обозначение

$$R(A) = A^2\int_0^\infty x^{\nu-1}e^{-bx}p^3e^{-pA^2}dx - \int_0^\infty x^{\nu-1}e^{-bx}p^2e^{-pA^2}dx. \tag{20}$$

Функция (19) удовлетворяет условию обнуления:

$M\left[h_0(A)\right] = 0,$

в чем легко убедиться производя усреднение функции $R(A)$ с помощью распределения (1).

Подставляя найденное значение (19) в формулу (17), учитывая выражение (6), получаем:

$$\mu_2 = C_1\left(M_4 - M_2^2\right)\int_0^\infty A\frac{R^2(A)}{F(A)}\mathrm{dA}. \tag{21}$$

Формулу (21) проанализируем при $\alpha \to \infty$. Подставляя $P_{ø} = 0$ в выражение (20), находим соответствующее значение:

$$R_0(A) = A^2\int_0^\infty x^{\nu-4}\exp\left(-bx - \frac{A^2}{x}\right)dx - \int_0^\infty x^{\nu-3}\exp\left(-bx - \frac{A^2}{x}\right)dx. \tag{22}$$

Произведя интегрирование в формуле (22), находим:

$$R_0(A) = 2\frac{A^{\nu-1}}{b^{\nu/2-1}}\left[\sqrt{b}K_{\nu-3}(z) - \frac{1}{A}K_{\nu-2}(z)\right]. \tag{23}$$

Определяя моментные функции M_2, M_4 с помощью распределения (1), запишем итоговое выражение:

$$M_4 - M_2^2 = \frac{1}{b^2}\left(\nu^2 + 2\nu + 2\frac{\nu^2}{\alpha} + \frac{\nu^2}{\alpha^2}\right). \tag{24}$$

Подставляя найденные значения в формулу (17), принимая во внимание (12), (23), (24), получаем:

$$\mu_{20} = \frac{1}{2^{\nu-1}b\Gamma(\nu)}\left(\nu^2 + 2\nu + 2\frac{\nu^2}{\alpha} + \frac{\nu^2}{\alpha^2}\right)\int_0^\infty z^\nu\frac{\left[K_{\nu-3}(z) - \frac{2}{z}K_{\nu-2}(z)\right]^2}{K_{\nu-1}(z)}dz.$$

Последнюю формулу будем рассматривать при $\nu = 1$; $b = 0{,}5$. При этих данных получаем:

$$\mu_{20} = 2\left(3+\frac{2}{\alpha}+\frac{1}{\alpha^2}\right)\int_0^\infty z\frac{\left[K_2(z)-\frac{2}{z}K_1(z)\right]^2}{K_0(z)}dz. \quad (25)$$

Принимая во внимание значение функции $K_2(z)=\frac{2}{z}K_1(z)+K_0(z),$ из формулы (25) находим:

$$\mu_{20} = 2\left(3+\frac{2}{\alpha}+\frac{1}{\alpha^2}\right)\int_0^\infty zK_0(z)\,dz. \quad (26)$$

Интеграл в формуле (26) равен 1. Поэтому при $\alpha \to \infty$ получаем итоговое значение

$$\mu_{20} = 6. \quad (27)$$

Предельное значение (27) не соответствует заявленному в работе [2] значению этого параметра в 30дБ и более.

В работе выполнен анализ предельных значений эффективности метода АП негауссовской помехи с К-распределением огибающей. Найденные величины сопоставляются с соответствующими значениями, полученными в работах [1, 2]. Из сказанного можно заключить, что результаты статей [1,2] не согласуются с приведенными предельными значениями, следовательно, эти работы следует признать ошибочными.

Литература:

1. *Милащенко Е.А., Язовский А.А.* Амплитудное подавление негауссовских морских помех в когерентном полосовом тракте приемника.// Изв. Вузов России. Радиоэлектроника. 2016. №1. С. 14-16.

2. *Милащенко Е.А., Язовский А.А.* Амплитудное подавление негауссовских морских помех в некогерентном полосовом тракте приемника.// Изв. Вузов России. Радиоэлектроника. 2016. №4. С. 3-6.

В.Г. Кобак, В.М. Поркшеян, Г.А. Артозей, А.Г. Жуковский

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ С НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЯМИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ГОЛДБЕРГА

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: однородная задача, генетический алгоритм, скрещивание, мутация, метод критического пути, модель Голдберга, теория расписаний.

В работе рассматривается решение однородной минимаксной задачи с неопределенностями. Это означает, что среди значений однородной нагрузки есть такие, чьи значения не определены. Модификация модели Голдберга состоит в следующем: если в результате мутации появляется неопределенность, то повторяем мутацию до 3-х раз, в противном случае мутации не происходит. Также в статье приведены результаты исследования работы генетического алгоритма на различном количестве ядер. Рассматривается алгоритм модели Голдберга и приводятся ее

характеристики, также описываются операторы одноточечного скрещивания и мутации, которые были использованы в алгоритме. Результаты исследований представлены в таблицах, в которых приводится зависимость лучшего решения от количества повторений, а также время выполнения исследования.

V.G. Kobak, V.M. Porksheyan, G.A. Artozey, A.G. Zhukovskiy

PARALLEL APPROACH TO SOLVING THE HOMOGENEOUS MINIMAX PROBLEM WITH UNCERTAINTY WHEN USING THE GOLDBERG MODIFIED MODEL

Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Key words: homogeneous problem, genetic algorithm, crossing, mutation, critical path method, Goldberg model, scheduling theory.

The paper considers the solution of a homogeneous minimax problem with uncertainties. This means that among the values of the uniform load there are those whose values are not defined. The modification of the Goldberg model consists in the following: if uncertainty appears as a result of a mutation, then we repeat the mutation up to 3 times, otherwise the mutation does not occur. The article also presents the results of a study of the work of the genetic algorithm on different numbers of nuclei. The algorithm of the Goldberg model is considered and its characteristics are given, the single-point crossing operators and mutations that were used in the algorithm are also described. The research results are presented in tables, which show the dependence of the best solution on the number of repetitions, as well as the time of the study.

Введение.

Однородная минимаксная задача теории расписаний относится к классу NP-полных. Данную задачу можно решить точными методами: полным перебором, методом ветвей и границ, методами динамического программирования. Однако для получения точного решения потребует больших затрат времени. Поэтому целесообразнее применять эвристические алгоритмы (списочные и генетические), которые иногда дают точное решение, но в основном получаем приближенное решение. В данной работе будем рассматривать однородную минимаксную задачу с неопределенностями, для которой применим генетический алгоритм, а именно модифицированную модель Голдберга. Ключевое отличие данной работы состоит в том, что среди однородных значений матрицы заданий встречаются такие, чьи значение не определены. В этом случаем неопределенность может означать не возможность выполнения заданий на некотором процессоре. В работе имеется еще одна особенность в методе мутации. Если в результате работы оператора мутации в генах особи имеются неопределенности, то мутацию повторяем до трех раз, иначе мутации не происходит.

Математическая постановка задачи.

Существует некоторая вычислительная система, состоящая из набора несвязанных между собой идентичных устройств $P = \{p_1, p_2, ..., p_N\}$. На обработку вычислительной системе поступает набор из *M* независимых параллельных заданий $T = \{t_1, t_2, ..., t_M\}$ известно время решения $\tau(t_i)$ задания на любом из устройств. При этом каждое задание должно выполняться хотя

бы на одном из устройств (процессоре), в каждый момент времени отдельный процессор обслуживает не более одного задания и выполнение задания не прерывается для передачи на другой процессор. Требуется найти распределение заданий по процессорам, не допускающее больших отклонений в загрузке всех процессоров, что равносильно требованию минимизации загрузки наиболее загруженного процессора (минимаксный критерий). Под расписанием следует понимать отображение $A_R : T \to P$, такое что, если $A_R(t_i) = p_j$, то говорят что задание $t_i \in T$, в расписании A_R назначено на процессор $p_i \in P$. При сделанных выше допущениях, расписание можно представить разбиением множества заданий *T* на *N* непересекающихся подмножеств $T_j ; j = 1,..., N$. При этом наилучшим будет расписание, минимизирующее загрузку наиболее загруженного процессора:

$$F = \min_{A_1, A_2, \ldots} \max_{1 \le j \le N} \sum_{t_i \in T_j} \tau(t_i) \qquad (1)$$

Краткий обзор алгоритмов решения.

Ниже будут кратко рассмотрены методы оптимизации: метод полного перебора, метод ветвей и границ.

1. Полного перебор – этот метод характерен простотой в реализации, однако с увеличением количества задач и количества процессоров резко увеличивается и количество возможных вариантов перебора, что влечет за собой увеличение временных затрат на месяцы, годы, столетия.

2. Метод ветвей и границ относится к точным алгоритмам. Данный алгоритм берет свое начало от метода полного перебора. И также как у описанного выше алгоритма увеличивается время выполнения с возрастанием возможных вариантов распределения.

3. Метод динамического программирования дает точный результат, но как и все точные алгоритмы с увеличением количества задач возрастает время расчета.

4. Метод критического пути относится к списочным алгоритмам, отличается простой в реализации. Теоретически вычислительная максимальная оценка погрешности, которая не зависит от количества распределяемых работ или их размера. Уровень точности задается соотношением FCMP / F0 ≤ 4/3-1/3n, где FCMP – решение, полученное с помощью CMP, F0 – точное решение. Следовательно, lim┬(n→∞)⁡(F_CMP)/F0 ≤4/3, т.е. при росте размерности задачи погрешность не будет превышать 0,33. Данный алгоритм можно сочетать с генетическим алгоритмом [9].

Генетический алгоритм.

В данной работе для решения задачи была выбрана модифицированная модель Голдберга. Основные характеристики модели: фиксированный размер популяции, фиксированная разрядность генов, пропорциональный отбор, особи для скрещивания выбираются случайным образом, одноточечный кроссовер и одноточечная мутация, потомки занимают место родителя.

ГА можно описать так: на первом шаге генерируем начальное поколение, рассчитываем фитнес функцию для каждой особи. На втором шаге по очереди выбирается особь первого родителя, вторая выбирается случайно. Производится скрещивание. В результате скрещивания получаем потомков, каждого из потомков

скрещиваем, лучшего потомка сравниваем с родителем, и если он лучше родителя, то потомок становится на место родителя в поколении. На третьем шаге проверяем неизменность лучшего решения на протяжении заданного количества повторений, т.е. окончание алгоритма. Если количество повторений лучшего решения меньше заданного, то возвращаемся к шагу 2. На четвертом шаге определяем лучшую особь, как решение.

Алгоритм одноточечного скрещивания. Для начала случайным образом выбирается точка скрещивания. Потомок 1 получает первую часть генов первого родителя и вторую часть генов второго родителя. Для потомка 2 наоборот первая часть генов (т.е. до точки скрещивания) второго родителя и вторая часть первого родителя.

Алгоритм одноточечной мутации. Случайным образом выбираем ген в особи, значение которого переводим в двоичную систему. В двоичном числе случайным образом выбирается бит и инвертируется. Полученное новое двоичное число переводим в десятичную систему. Если полученное число указывает на неопределенность, то повторяем мутацию. И так до 3-х раз, иначе мутация не происходит.

Вычислительный эксперимент.

Постольку решение генетическим алгоритмом невозможно предсказать, поэтому был проведен вычислительный эксперимент. Программное средство написано на языке Golang в среде программирования JetBrains GoLang 2018.3.3. Аппаратное обеспечение включает процессор Intel(R) Core(TM) i7-4500U CPU @ 1.80GHz 2.40GHz. Операционная система Windows 10.

Ниже в таблицах средние значения указаны для 50 запусков ГА, диапазон значений нагрузки [25;30]. Вероятность скрещивания и мутации – 1, т.е. выполняется в любом случае, количество процессоров – 7, количество задач – 401. Для решения на одном и двух ядрах процессора использовалась одно и та же матрица заданий. Результаты решения однородной минимаксной задачи на одном ядре представлены в таблице 1, а на двух ядрах в таблице 2.

Таблица 1. Решение задачи на одном ядре процессора.

	Кол-во повторений лучшего решения и кол-во особей в поколении		
	500	1000	2000
Среднее значение лучших решений	1581,88	1582,08	1581,16
Лучшее решение	1579	1578	1577
Среднее время (сек)	1,9964472	7,6304094	36,60499295

Таблица 2. Решение задачи на двух ядрах процессора.

	Кол-во повторений лучшего решения и кол-во особей в поколении		
	500	1000	2000
Среднее значение лучших решений	1581,8	1582,12	1581,36
Лучшее решение	1577	1577	1578
Среднее время (сек)	1,3914128	4,6864138	17,35039869

Выводы.

Полученные результаты показывают, что увеличение количества параллельно работающих ядер приводит к уменьшению времени счета задачи с большой размерностью, в любом случае (с распараллеливанием или без) точность полученных результатов остается на одном уровне.

Литература:

1. Лазарев А.А. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы – М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), 2011. — 222 с.

2. Алексеев О.Т. Комплексное применение методов дискретной оптимизации – М.: Наука, 1987г.

3. Эффективные методы решения однородных распределительных задач на основе минимаксного критерия / В.Г. Кобак [и др.]. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 99 с.

4. Кобак В. Г. Методический подход к улучшению работы генетического алгоритма в однородной минимаксной задаче / В.Г. Кобак, Д.В. Титов, В.В. Кобак // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2010. — Т. 10, № 4(47) . — С. 474–479.

5. Кобак В. Г. Повышение эффективности генетического алгоритма на базе модели Голденберга за счет применения элиты / В.Г. Кобак, Д.В. Титов, Д.В. Плешаков, О.А.Золотых // Известия вузов. Северо-кавказский регион. — 2014. — Технические науки, № 3 . — С. 12–15.

6. Кобак В. Г. Повышение эффективности генетического алгоритма на базе модели Голденберга за счет применения элиты / В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, О.А. Золотых, А.Н. Ростов // Известия вузов. Северо-кавказский регион. — 2016. — Технические науки, № 1 . — С. 41–46.

7. Кобак В.Г., Поркшеян В.М., Пешкевич А.А., Жуковский А.Г. Решение задачи коммивояжёра гибридной генетической моделью при использовании путевого подхода. Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: технические науки. Издательство: Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону). №2, 2017 – С.5-9.

8. Григорьев А. М. Решение минимаксной распределительной задачи методом динамического программирования с применением параллельных вычислений.

9. Основные алгоритмы решения однородной минимаксной задачи в различных системах обработки информации: монография / В.Г. Кобак, Д.В. Титов, О.А. Золотых и др. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 185 с.

В.Д. Михальчук, А.А. Павлов, В.А. Савельев

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: интернет вещей, умный дом, сеть связи, межмашинное общение.

В данной статье рассмотрены стадии развития направления интернета вещей. Произведена оценка прогресса данной технологии, проанализированы плюсы и минусы, а также дальнейшее развития и его возможные последствия.

V.D. Mikhalchuk, A.A. Pavlov, V.A. Savelev

INTERNET OF THINGS. BASIC CONCEPTS AND POSSIBLE CONSEQUENCES

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Don state technical university, Rostov-on-don, Russia

Keywords: Internet of things, smart home, communication network, inter-machine communication.

This article describes the stages of development of the Internet of things. The progress of this technology is evaluated, the pros and cons, as well as further development and its possible consequences are analyzed.

В настоящее время активно развивается направление интернета вещей. Когда многие люди впервые слышат это выражение, они не сразу понимают, о чем идет речь. Возможно кажется, что часть фразы пропущена.

Дело в том, что оригинальное название звучит как Internet of Things, то есть сеть, в которую объединены вещи. При этом под вещами подразумеваются довольно большой круг понятий: автомобиль, утюг, мебель, тапочки, дом и т.д. Всё то, что сможет «общаться» друг с другом без участия человека при помощи передачи данных.

Если углубиться в историю, то выясним, что первым человеком, заговорившим о направлении Интернета вещей, был известный ученый-физик Никола Тесла в 1926 году. Его концепция заключалась в том, что в скором времени радио будет предоставлена новая роль - «большого мозга». При этом все вещи станут частью единого целого, а инструменты, благодаря которым это станет возможным, будут легко помещаться в кармане. Однако в то время было невозможно получить практическое применение.

Первая интернет вещь была создана в 1990 году выпускником MIT Джоном Ромки. Это был тостер,который он смог подключить к Интернету.

В 1999 году Кевином Эштоном был предложен сам термин «Интернета вещей» (Internet of Things). А также он создал Центр автоматической индентификации, который занимался радиочастотной идентификацией (RFID) и сенсорными технологиями. Использование RFID-меток значительно ускорило реакцию поставщиков и ритейлеров на изменение спроса и предложения: теперь товары не лежали на складе, а сразу отправлялись туда, где они действительно необходимы. С 2007 года все поставщики крупнейшей американской розничной сети производят товары только с радиометками.

В период 2008-2009 гг. произошел важный этап развития данного направления - переход от «Интернета людей» к «Интернету вещей». В результате количество подключенных к сети предметов превысило количество людей. Интернет вещей не только меняет существующие правила, но и формирует новые правила

экономики совместного использования», тем самым исключая посредников из бизнес-модели. Менее чем за 20 лет Интернет вещей стал трендом рынка информационных технологий.

Согласно теории Роби ван Кранесбура Интернет Вещей имеет структуру четырехслойного пирога.

Первым этапом являются умные предметы. Этот этап мы уже давно преодолели, ведь практически у каждого современного человека в кармане имеется небольшой гаджет, именуемый смартфоном, а ещё у некоторых имеется браслет или электронные часы с датчиками измерения сердечного ритма. Это уже дает некоторое представление, где и как человек ходил, когда у него сердце билось сильнее или слабее, когда он спал и т.д.

Второй этап — это умный дом. Если говорить простым языком, это дом натыканных множеством датчиков, который помогает человеку в повседневных делах и не только. Например, при входе в комнату будет включать кондиционер, для того чтобы сделать комфортную температуру, будет нагреваться вода в чайнике, а после чего готовиться напиток, который этим утром вам должен подойти лучше всего, а если не будет нужных продуктов, то холодильник сам может заказать доставку дроном прямо к окну с продуктами, которые опять-таки, по мнению системы вам подходят больше всего. Третьим этапом будет являться умный город. Город, в котором будет контроль за машинным трафиком из-за чего не будет пробок, постоянный мониторинг малейших технических проблем и мгновенное принятие решения по их устранению. Например, когда идёт прорыв водопровода, образование ямы на дороге, разрыв электронного кабеля и т.д. По факту зачатки этого появляются в европейских странах и Китае, но опять-таки, это только зачатки.

Последним, четвертым этапом является сенсорная планета. Разнообразные датчики будут находится во всех нужных местах, например, в почве, на её поверхности, в воде, в воздухе и практически в ядре земли. В совокупности эти датчики будут давать представление о том, что сейчас происходит с планетой, а также о том, что будет. Например, какой катаклизм следует ждать следующим и стоит ли его ждать вообще. Помимо этого, появится возможность влиять на погоду, например, чтобы дать влаги в засушливых районах и наоборот убрать её с очень дождливых, тем самым сделав баланс и получив больше ресурсов для дальнейшего использования. Казалось бы, четвертый этап можно назвать утопией, но уже сегодня есть мизерные, но зачатки этого. В аграрной промышленности некоторыми организациями используются специальные датчики, определяющие состав почвы, нахождение в ней вредителей, влажность и т.д. В соответствии с этими данными машина добавляет необходимые элементы.

Концепция Интернета вещей базируется на принципе межмашинного общения. То есть электронные устройства взаимодействуют между собой без вмешательства человека

Данный метод коммуникации дает возможность объединять системы между собой. Построить так называемую сеть сетей. Это позволяет изменить бизнес-модели отраслей и даже экономики целых стран. Аналитики прогнозируют колоссальное количество IoT устройств через несколько лет — свыше 50 миллиардов.

Все вышеперечисленное является несомненными плюсами, которые хотел бы иметь каждый, но, как всегда, главной загвоздкой является человеческая природа. Люди во все времена старались какими-либо более простыми путями получить побольше средств. В общем-то речь идёт о способах обхода привычной системы. При такой развитой системе взаимно перекликающихся средств, становится

достаточно просто получить данные какому-либо третьему лицу, то есть важный момент — это защищенность системы.

Данные о вашем передвижении являются достаточно важной информацией. Можно вычислить, где находится ваш дом, работа, любимый магазин, а также когда вы и сколько там времени находитесь. Если при этом ваша входная дверь ещё открывается смартфоном, то вообще можно гарантированно остаться без всего что было ценного дома. Эта проблема присутствует практически в каждом гаджете IoT.

Самая главная проблема на – отсутствие структурированных стандартов. Поэтому при интеграции предлагаемых решений существуют значительные трудности, в том числе с точки зрения законодательства. Также необходимо обеспечить автономность всех вещей, чтобы могли получать энергию из окружающей среды и не было необходимости постоянной замены батареек.

Важным минусом является также тот момент, чем будет являться интернет вещей без интернета. По сути, достаточно будет пропасть электричеству – и возникнет множество трудностей, а технология станет бесполезной. Поэтому необходимо будет обеспечить питанием не только небольшие датчики, но и обрабатывающие системы. Современная «умная» техника действует с помощью запрограммированных алгоритмов, зиждущихся на базовых логических командах и блоках. Весь «ум» прибора расположен в коде программы, которая имеет один огромный минус, заключающийся в отсутствии возможности развития. Поэтому прибор просто выполняет заданный алгоритм и имеет некоторое количество сценариев действия при получении различных ответов в процессе исполнения. При возникновении конфликта между алгоритмом действия и возникшими обстоятельствами, не предусмотренными программой, программа или даст сбой, или предоставит не тот результат, которой от нее ждали. И, что самое важное – не научится на этом опыте: потребуется программист, который придумает, как заставить программу выйти из подобной ситуации.

Подводя итоги хочется сказать, что интернет вещей в ближайшие годы будет основной тенденцией развития. Сегодня 99% вещей все еще остаются все интернета. Не смотря на все недостатки интернета вещей, преимуществ значительно больше, а также если не развивать эту сферу, то значит тормозить прогресс.

Литература:

1. *Сэмюэл Грингард* Интернет вещей: будущее уже здесь // Точка -2017г.

2. Кранц М., Интернет вещей. Новая технологическая революция // Эксмо-2018г.

3. Перспективы развития Интернета вещей в России - Режим доступа : https://www.pwc.ru/ru/communications/assets/the-internet-of-things/PwC_Internet-of-Things_Rus.pdf (дата обращения 14.04.2019).

4. Интернет вещей. Обзор проблем безопасности - Режим доступа : https://business-online.su/blog/internet-veshchey-problemy-bezopasnosti/ (дата обращения 30.03.2019).

5. Что такое Интернет вещей: существующие технологии - Режим доступа : https://strij.tech/publications/tehnologiya/chto-takoe-internet-veschey.html (дата обращения 4.03.2019).

А.В. Бизяев

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПЛАВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ РАЗВЕТВИТЕЛЕЙ FBT

Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: КСС 111, оптические разветвители, инфокоммуникаций, оптическое волокно.

В статье рассмотрены проблемы и методы создания оптических разветвителей на неприспособленных для этого сварочных аппаратах КСС 111. Также рассмотрены задачи сплавных разветвителей в инфокоммуникациях.

Целью данной статьи является обнаружение оптимальных методик производства сплавных разветвителей и рассмотрение возможности создания сварочных аппаратах для сварки оптических волокон типа КСС 111.

A.V. Bizyaev

RESEARCH OF FBT FIBER OPTICS SPLITTERS PARAMETRES

Federal Communications Agency Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) FGBOU VO "Siberian State University of Telecommunications and Informatics" in Yekaterinburg (URTISI SibGUTI), Russia

Keywords: KSS 111, optical splitters, Infocommunications, optical fiber.

The article considers problems and methods for creating optical splitters by means of the welder KSS 111 non-adapted, and reviews the optical splitters application in Infocommunications.

The article is aimed at seeking the most effective methods of alloy splitters manufacturing and developing welding machines for optical fibers welding of the KSS 111 kind.

Введение.

Оптические разветвители - это устройства предназначены для разделения оптического сигнала на N-ое число выходных. При этом оптический разветвитель обеспечивает равномерное распределение мощности и ширину полосы пропускания. Максимальное число ответвлений 128. В исследовательской работе будет создаваться разветвитель 1 на 2.

В качестве аппаратуры для сварки был выбран сварочный аппарат КСС 111, так как он обладает ручной юстировкой волокон, с помощью микроскопа, также имеет V-образные канавки, что позволяет без проблем установить несколько волокон в одну канавку без последствий для сварочного аппарата. Внешний вид сварочного аппарата КСС 111 изображен на рисунке 1. На Рисунке 1 под цифрами показаны следующие элементы сварочного аппарата: 1 - блок юстировки; 2 - блок управления; 3-устройство для защиты места сварки; 4 - микроскоп; 5 - коробка; 6 - инструмент для резки ОВ типа ИР-1; 7 - устройство для резки оболочки ОВ (РО-1); 8 - инструмент для снятия защитно-упрочняющей оболочки волокна С-2; 9 -

затискав; 10 - Ключ, ролики в пакете; 11 - нож, резец в пакете; 12 - Отвертки; 13 - катушка с леской капроновой; 14 - насос; 15 - ножницы, пинцет, ключ; 16 - элементы для защиты места сварки.

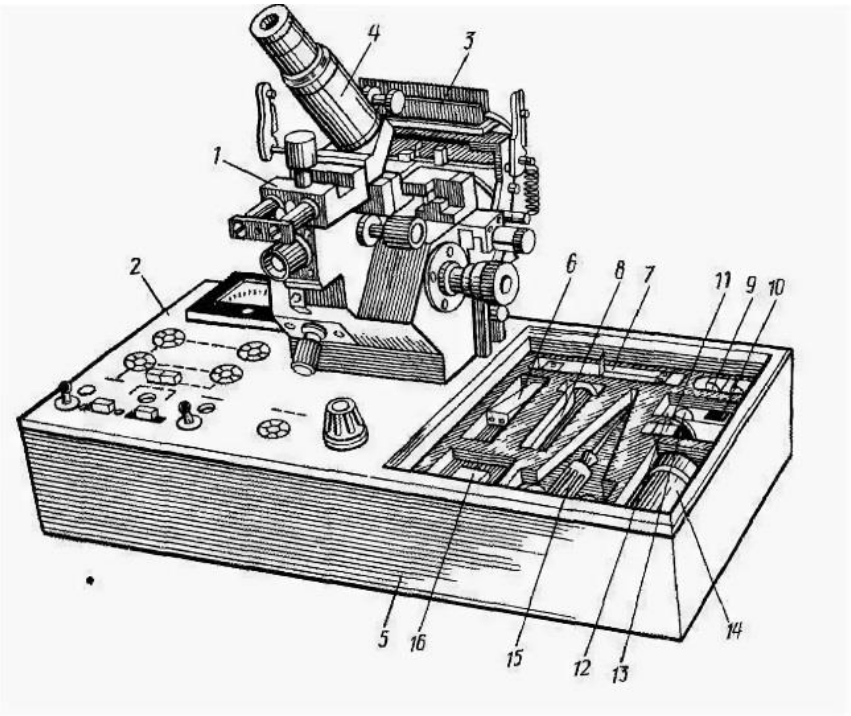


Рисунок 1. Комплект для сварки КСС 111

Ход эксперимента.

Для сварки оптического разветвителя было выбрано многомодовое волокно, имеющее более толстую сердцевину. Внешний вид готового разветвителя представлен на Рисунке 2.

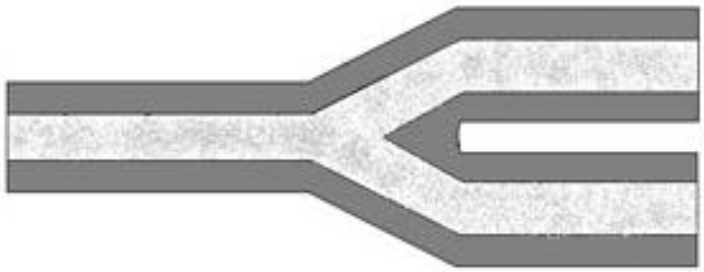


Рисунок 2. Внешний вид оптического сплавного разветвителя

Производство данного сплиттера производилось по нескольким технологиям. Описание технологий и результаты описаны ниже.

Первой технологией была исследована технология простой сварки двух волокон без скрутки. Для создания сплиттера таким способом, в каждую V-образную канавку укладывается по 2 многомодового оптического волокна, предварительно зачищенные от лака в месте сварки. И с помощью электрической дуги они свариваются вместе. Результаты представлены на Рисунке 3:

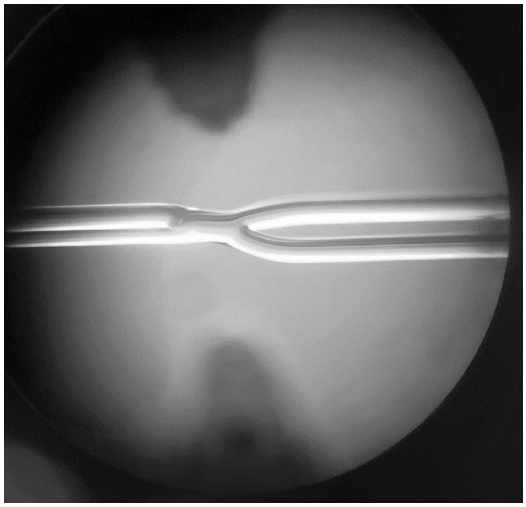


Рисунок 3. Результаты сварки без скрутки

Следующим шагом к концу с одной стороны был подключен лазер, для проверки пропускания сигнала. Было замечено, что сигнал не проходит, значит технология не подходит.

Следующая технология была сварка двух волокон со скруткой. Два подготовленных оптических волокна заводятся в V-образные канавки и с одной стороны начинается скручивается для максимального контакта между волокнами. В результате место сварки также не просвечивалось и сигнала на выходном конце также не было зафиксировано. Результаты сварки со скруткой изображены на Рисунке 4.

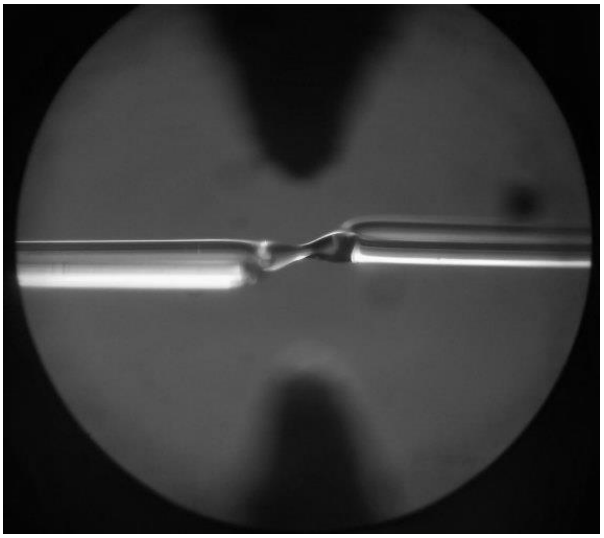


Рисунок 4. Результаты сварки со скруткой

Третья методика сварки, следующая: Волокно подготавливается для сварки. А именно, очищается от лака и скалывается. На неподвижной канавке располагается два волокна, а на подвижной одно. Пример расположения представлен на Рисунке 5.

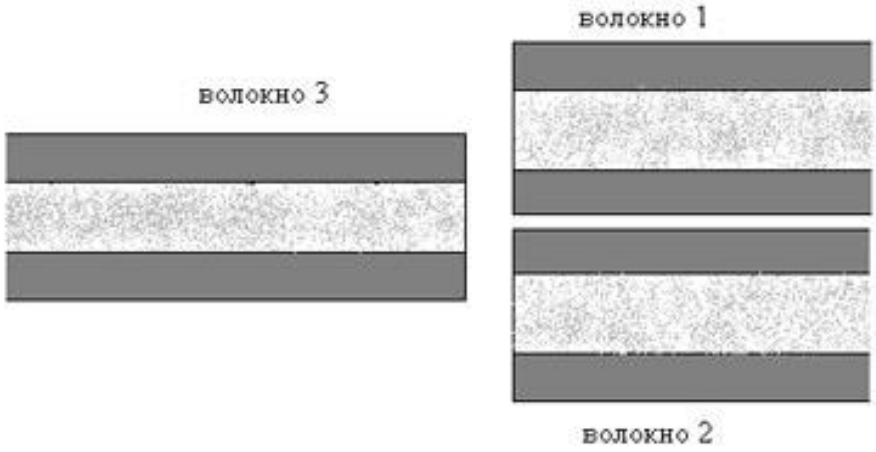


Рисунок 5. Расположение волокон

Затем, сведя эти волокна, в режиме сварки начинается сплавление волокон, при этом не выключая дуги, волокно номер 3, с помощью подвижной канавки начинает вытягиваться до разрыва. Результат изображен на Рисунке 6:

Волокно номер 3 снова зачищается и скалывается. Следующим шагом волокно номер 3 сваривается с узким концом волокна 1 и 2. Результаты практического применения данного метода представлен на Рисунке 7:

По результатам проведения сварки по 3 методу был сделан вывод, что этот способ является самым успешным, так как наблюдается свечение за пределами места сварки. Сигнал имеет огромные потери, которые не позволяет ему распространятся дальше чем на один сантиметр от места сварки. В ходе изучения этого явления было выявлено, что сигнал так сильно затухает из-за того сердцевина не пропускает излучение лазера. А свечение за пределами волокна говорит о том, что сигнал распространяется в оболочке.

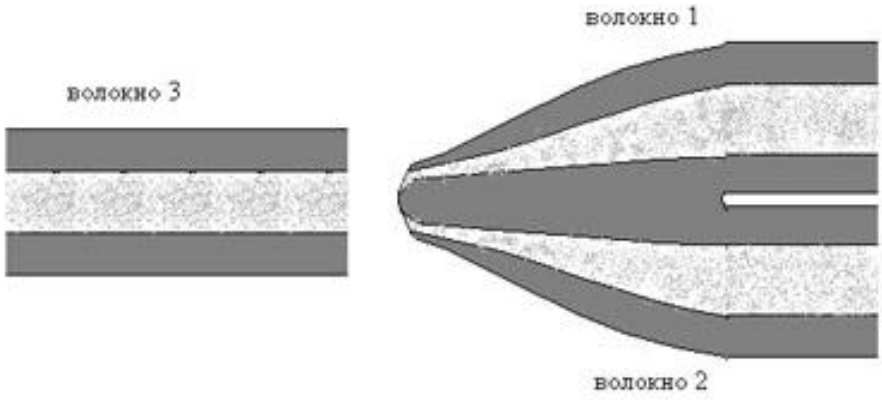


Рисунок 6. Результат вытягивания волокна под номером 3

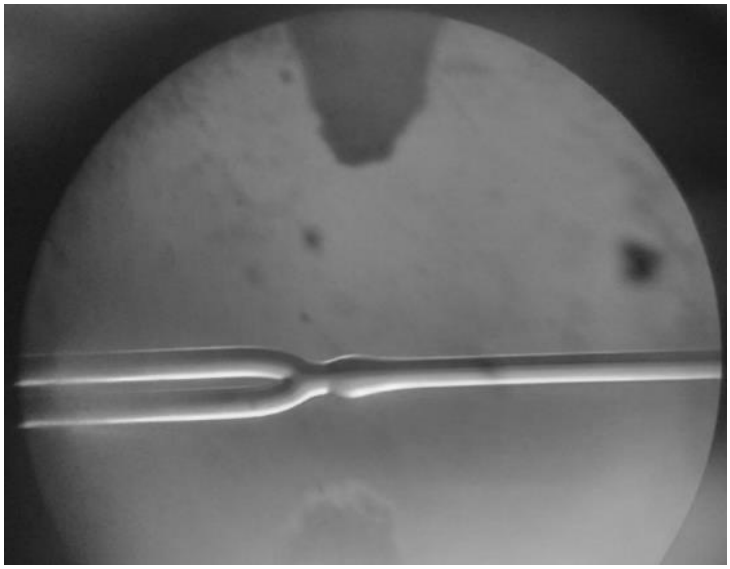


Рисунок 7. Результат сварки по третьему методу

Заключение.

Из полученных результатов исследовательской работы, можно сделать вывод, что данная тема требует дальнейших исследований в направлении изучения методик сварки оптических разветвителей. Также необходимо более глубокое изучение явления, наблюдаемого во время третьего эксперимента.

Литература:

1. Изготовления волоконно-оптического ответвителя. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: http://www.2a-systems.ru/newsdesk_info.php/newsdesk_id/109
2. Основные элементы и органы управления. Назначение и область применения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://helpiks.org/4-6851.html

В.А. Буковшин, Н.В. Болдырихин[1]

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИЗА ИНТЕНСИВНОСТИ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: анализ интенсивности сетевого трафика, интернет-пакет, инкапсуляция, декапсуляция, поверхностный анализ сетевого траффика, средний анализ сетевого траффика, глубокий анализ сетевого траффика, поток пакетов.

Проведено сравнительное исследование и систематизация существующих технологий анализа интенсивности сетевого траффика и рассмотрены особенности их применения в целях информационной безопасности.

V.A. Bukovshin, N.V. Boldyrikhin[1]

COMPARATIVE STUDY OF TECHNOLOGIES FOR ANALYSIS OF INTENSITY OF NETWORK TRAFFIC

Don state technical university, Rostov-on-don, Russia
North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]

Key words: analysis of network traffic intensity, internet packet, encapsulation, decapsulation, surface network traffic analysis, average network traffic analysis, in-depth network traffic analysis, packet flow.

A comparative study and systematization of existing technologies for analyzing the intensity of network traffic was carried out and the features of their use for information security were considered.

Развитие сферы информационной безопасности имеет крайнюю степень значимости для современного цифрового мира [1-8]. Стремительный рост технологий, а с ним и высокий рост передаваемой информации увеличивается ежесекундно в экспоненциальной прогрессии, тем самым, увеличивая необходимость в модернизации систем защиты информации, особенно систем контроля и анализа сетевого трафика. Данная статья предназначена для подробного описания и сравнения основных технологий анализа сетевого траффика.

Целью анализа сетевого траффика является изъятие наиболее важной и полезной информации о действии пользователя в сети в реальном времени [5,8,9]. Такая информация обычно помещается в специализированных заголовках, которые интегрируются к основному содержимому пакета, передаваемого пользователем по сети. Данный процесс в компьютерных сетях принято называть инкапсуляцией.

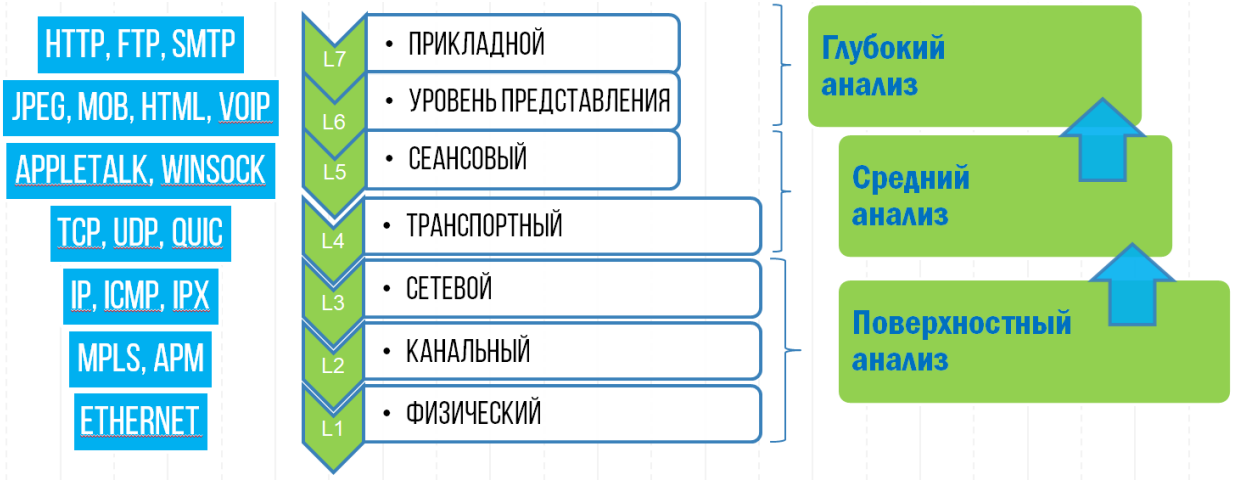


Рисунок 1. Уровни модели OSI в совокупности с названиями заголовков интернет-протоколов

На Рисунке 1 можно увидеть, заголовки каких интернет-протоколов добавляются к передаваемым данным на каждом уровне модели OSI.

В основном, применение анализа интенсивности сетевого траффика встречается в системном администрировании и информационной безопасности для решения различных задач, таких как: оптимизация сетей (сюда входит нормализация

нагрузки на сеть и повышение уровня обслуживания QoS), анализ поведения пользователя, обнаружение и предотвращение сетевых атак, защита от DDoS-атак и многих других.

Классификация технологий анализа. Классифицировать технологии анализа сетевого траффика можно по двум направлениям: глубина анализа пакета и полнота учета состояния потока. Для первого направления крайне важна глубина декапсуляции интернет-пакета, причем, под декапсуляцией здесь понимается процесс распаковки интернет-пакета, а под глубиной – количество уровней заголовков, которые будут распакованы. В настоящий момент разработаны три технологии: поверхностный анализ пакетов (SPI – Shallow Packet Inspection), средний анализ пакетов (MPI – Middle Packet Inspection) и глубокий анализ пакетов (DPP – Deep Packet Processing) [8]. Для четкого понимания разницы между ними, необходимо обратится к модели OSI, изображенной на рисунке 1.

Технология поверхностного анализа (SPI) основана исключительно на заголовках уровня L1-L3 (сетевой, канальный и физический), предъявляет низкие требования к вычислительным ресурсам, что позволяет анализировать большие объемы траффика. Данная технология позволяет изъять IP-адрес получателя и тип используемого транспортного протокола для передачи данных. Данная информация крайне необходима для реализации разграничения прав доступа в сети и межсетевых экранов безопасности. Так как глубина анализа невысокая, операции распаковки и декодирования не потребуют большого объема вычислительных ресурсов и аппаратного времени.

Технология среднего анализа (MPI) основана на обработке заголовков вплоть до сеансового уровня (L1-L5). Так как глубина анализа увеличивается по сравнению с поверхностным анализом, требования к вычислительным ресурсам соответственно повышаются, но вместе с ними, повышается и полнота анализа. Данная технология позволяет изъять информацию, которая относится к работе определенного типа приложения, что позволяет анализировать и фильтровать определенный формат данных, например, URL-адреса интернет-ресурсов. MPI подходит как для разграничения доступа для определенных протоколов, так и для кэширования содержимого пакетов и анализа сжатого или шифрованного сетевого траффика.

Технология глубокого анализа (DPP) является логическим продолжением развития технологий MPI и основана на обработке всего содержимого пакета. Список применения данной технологии значительно расширен, DPP применяется для таких задач, как классификация сетевых приложений, кэширование содержимого пакетов, приоритезация потоков пакетов и многих других. Технология разрабатывалась специально для высокоскоростной обработки и идентификации приложений в реальном времени. То есть, глубокий анализ выполняет задачу классификации протоколов прикладного уровня и определения конкретного приложения, которое использует эти самые протоколы. Технология DPP широко используется в межсетевых экранах и является неотъемлемой частью любого приложения, обеспечивающего сетевую безопасность.

Вторым направлением развития технологий анализа сетевого траффика является учет состояния протокола в процессе анализа [9]. В данном направлении ключевую роль играет понятие потока пакетов. В общем случае поток пакетов – множество пакетов, которые имеют одинаковые свойства. В качестве примера можно рассмотреть пятерку (srcIP, srcPort, dstIP, dstPort, protocol), назовем её «эталонной», состоящую из IP-адреса и номера порта отправителя, IP-адреса и номера порта получателя, а также номера протокола, характеризующего траффик.

Смысл анализа состоит в учете того факта, к какому потоку относится пакет. Другими словами, для формирования нового потока необходимо проверить, соответствуют ли изъятые данные пакета эталонной пятерке, а затем выяснить, относится ли анализируемый поток к одному из уже найденных и сформированных ранее. Технологии анализа, учитывающие состояние потока, требуют значительно большего объема вычислительных ресурсов.

В качестве итога можно сказать, что все существующие в данный момент технологии анализа сетевого траффика широко распространены и активно используются в зависимости от конкретной задачи. Если для анализа и фильтрации всего потока интернет-пакетов логично применить технологии поверхностного анализа, то для более детального разбора действий пользователя в сети, например, для сравнения нагрузки на сеть от различных пользовательских приложений лучше применить технологии глубокого анализа и учета состояния потока. Учитывая стремительное развитие технологий анализа сетевого трафика, а именно применение сигнатурного поиска в DPP и внедрение методов машинного обучения для классификации приложений, можно говорить о том, что область сетевой безопасности выходит на новый технологический уровень, а пользовательская информация при работе с интернет-приложениями становится все более защищенной.

Литература:

1. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Современные проблемы информационной безопасности // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 47-52. (Сборник).

2. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Кибербезопасность как неотъемлемая часть информационного мира // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 52-55. (Сборник).

3. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Об одном способе построения оптимальной порождающей матрицы двоичного линейного блокового кода // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: Сб. статей VIII международной научно-практической конференции. Пенза: Наука и просвещение, 2018. № 1. С. 127-131. (Сборник).

4. *Асриянц С.В., Селёва А.В., Болдырихин Н.В.* Идентификация объекта наблюдения на основе истории его местоположений. Advances in Science and Technology сборник статей IX международной научно-практической конференции. 2017. С. 64-67.

5. *Алтунин Ф.А., Кносаль В.М., Давыдов Р.В., Болдырихин Н.В.* Анализ методов классификации трафика. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 1. С. 23-27.

6. *Тюрин К.А., Болдырихин Н.В.* Алгоритм вероятностной идентификации пользователей сети.Молодой исследователь Дона. 2016. № 2 (2). С. 81-86.

7. Шелудько А.А., Болдырихин Н.В. Поиск информационных объектов в памяти компьютера при решении задач обеспечения кибербезопасности. Молодой исследователь Дона. 2018. № 6 (15). С. 81-86.

8. Callado A., Kamienski C., Szabo G., Gero B., Kelner J., Fernandes S., Sadok D.A Survey on Internet Traffic Identification; Communications Surveys & Tutorials, IEEE Volume 11, Issue 3, 3rd Quarter 2009 Page(s):37 – 52.

9. *Risso F., Baldi M., Morandi O., Baldini A., Monclus P.*, “Lightweight, payload-based traffic classification: An experimental evaluation” in Proc. IEEE ICC, 2008, pp. 5869–5875.

В.А. Данилов, Л.В. Данилова, В.И. Юхнов, А.С. Усик

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОБЩЕННОЙ ОГИБАЮЩЕЙ НЕГАУССОВСКОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: псевдоогибающая радиосигнала, плотность вероятности, эллиптически-симметричные распределения, корреляционная функция, гауссовская помеха, распределение Релея, нелинейная обработка.

В статье рассматривается задача определения плотности вероятности случайной величины, образованной из соседних отсчетов коррелированного случайного процесса с известной двухмерной плотностью вероятности.

V.A. Danilov, L.V. Danilova, V.I. Yukhnov, A.S. Usik

PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF THE GENERALIZED ENVELOPE OF A NON-GAUSSIAN RANDOM PROCESS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Rostov state university of transport communications, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: radio signal pseudobyte, probability density, elliptically symmetric distributions, correlation function, Gaussian interference, Rayleigh distribution, nonlinear processing

The article deals with the problem of determining the probability density of a random variable formed from neighboring samples of a correlated random process with a known two-dimensional probability density.

ВВЕДЕНИЕ

При решении некоторых задач статистической радиотехники иногда требуется знать распределение случайной величины

$$R = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}\ , \qquad (1)$$

образованной из соседних отсчетов

$$\{x_1 = x(t);\ \ x_2 = x(t+\tau)\}$$

стационарного случайного процесса $x(t)$, действующего на входе приемника. Такие задачи возникают, например, при исследовании трактов нелинейной обработки с некогерентным накоплениемсигнала при помехе с некоррелированными отсчетами [1], в задаче статистического моделирования негауссовского случайного процесса с заданным двухмерным распределением [2]. Если отсчетные значения помехи коррелированны, то вместо (1) следует рассматривать более общую случайную величину [3]:

$$\mathcal{R}(x_1, x_2) = [(x_1^2 + \ x_2^2 - 2\rho_1(\tau)x_1x_2)/(1 - \rho_1^2(\tau))]^{1/2} \ , \qquad (2)$$

в которой $\rho_1(\tau)$ – действительная функция от времени, удовлетворяющая условию

$$|\rho_1(\tau)| \leq 1 \, .$$

Функция $\rho_1(\tau)$ в (2) является в общем случае произвольной.

В работе [4] случайная величина (2) определена как обобщенная огибающая стационарного случайного процесса, при этом функция $\rho_1(\tau)$ принималась тождественно равной коэффициенту корреляции $\rho_x(\tau)$ исследуемого процесса $x(t)$. Для случая, когда

$\rho_1(\tau) = \rho_x(\tau)$,

в [4] определена плотность вероятности случайной величины (2) на основании известной двухмерной плотности вероятности $w_2(x_1, x_2)$ стационарного случайного процесса $x(t)$ негауссовского типа.

Цель работы – определение вероятностных характеристик случайной величины (2) при произвольной функции $\rho_1(\tau)$; установление связи между распределением случайной величины (2) и характеристической функцией случайного процесса в виде квазидетерминированного гармонического колебания; доказательство применимости известного [5] интегрального преобразования Фурье-Бесселя к найденному распределению.

1. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОБЩЕННОЙ ОГИБАЮЩЕЙ

Общее выражение для плотности вероятности $W(\mathcal{R})$ случайной величины (2) может быть получено из функции $w_2(x_1, x_2)$ путем перехода к обобщенным полярным координатам $(\mathcal{R}, \theta)$ по формулам

$$x_1 = \mathcal{R}\cos(\theta - \beta); \qquad x_2 = \mathcal{R}\sin\theta, \qquad (3)$$

где

$$\rho_1(\tau) = \sin\beta. \qquad (4)$$

Поскольку якобиан преобразования переменных (3) равен

$$D = \mathcal{R}\cos\beta,$$

плотность вероятности случайной величины (2) может быть записана в виде

$$W(\mathcal{R}) = \mathcal{R}cos\beta \int_0^{2\pi} w_2\left[\mathcal{R}\cos(\theta - \beta)\,, \ \mathcal{R}\,sin\theta\right]d\theta. \qquad (5)$$

Формула (5) определяет плотность вероятности величины $\mathcal{R}(x_1, x_2)$ из (2) при известной совместной плотности $w_2(x_1, x_2)$ коррелированных отсчетов. Для определенного класса двухмерных плотностей $w_2(x_1, x_2)$ распределение $W(\mathcal{R})$

совпадает с распределением $W_A(A)$ огибающей $A(t)$ рассматриваемого случайного процесса. Таким является класс эллиптически-симметричных (ЭС) распределений [6], для которых зависимость от переменных (x_1, x_2) встречается только в комбинации вида (2). При этом величина $\rho_1(\tau)$ равняется коэффициенту корреляции рассматриваемых компонент

$$\rho_1(\tau) = r(\tau), \tag{6}$$

где

$r(\tau) = B_x(\tau)/B_x(0)$;

$B_x(\tau)$ – корреляционная функция помехи.

Таким образом, можно записать

$$w_2^{\text{ЭС}}(x_1, x_2) = C_1 f_1(\mathcal{R}), \tag{7}$$

где C_1 – нормировочная константа. Функция $f_1(\mathcal{R})$ является преобразованием Бесселя нулевого порядка одномерной характеристической функции $Q_1(v)$рассматриваемого случайного процесса $x(t)$:

$$f_1(\mathcal{R}) = (2\pi\, cos\beta)^{-1} \int_0^{\infty} Q_1(v) J_0(\mathcal{R}\, v) v dv\,, \tag{8}$$

где $J_0(x)$ – функция Бесселя. Из (7), (8)следует, что ЭС двухмерная плотность полностью определяется одномерной плотностью $w_1(x)$, с которой связана преобразованием по Фурье характеристическая функция $Q_1(v)$, и коэффициентом корреляции $r(\tau)$ рассматриваемого случайного процесса. При этом одномерная плотность и соответствующая ей характеристическая функция являются четными функциями. Стационарный случайный процесс $x(t)$, для которого двухмерное распределение эллиптически – симметрично и определяется путем задания одномерной плотности и корреляционной функции в соответствии с (7), (8), будем называть ЭС-процессом.

Можно показать, что для двухмерной ЭС-плотности (7) при выполнении условия (6) распределение $W(\mathcal{R})$ совпадает с распределением $W_A(A)$ огибающей. Действительно, подставляя (7) в (5), учитывая (8), получаем

$$W(\mathcal{R}) = 2\pi C_1\, cos\beta\; \mathcal{R}\, f_1(\mathcal{R})\,. \tag{9}$$

Выполняя в (8) сначала обратное преобразование Бесселя, а затем обратное преобразование Фурье и учитывая (9), получаем:

$$w_1(x) = \frac{1}{\pi C_1} \int_0^{\infty} W(|x|\, ch\, z)\, dz \tag{10}$$

Полученное выражение с точностью до постоянного множителя совпадает с приведенной в [5] формулой, связывающей распределение $w_1(x)$ мгновенных значений помехи с распределением ее огибающей. На этом основании заключаем, что для класса ЭС двухмерных плотностей (7) при выполнении равенства (6) распределение $W(\mathcal{R})$ совпадает с распределением $W_A(A)$ огибающей помехи.

Выражение (5) может быть преобразовано в эквивалентную форму, если перейти от плотности вероятности $w_2(x_1, x_2)$ к двухмерной характеристической функции $Q_2(v_1, v_2)$ связанной с плотностью вероятности преобразованием Фурье [5]:

$$w_2(x_1, x_2) = \frac{1}{(2\pi)^2} \iint_{-\infty}^{\infty} \exp(-iv_1x_1 - iv_2x_2) Q_2(v_1v_2)\, dv_1\, dv_2 \quad . \tag{11}$$

Подставляя (11) в (5), после некоторых математических преобразований с учетом интегрального соотношения [7]

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \exp\left(-i\,\mathcal{R}[v_1\cos(\theta-\beta)+v_2\sin\theta]\right)d\theta = J_0\left(\mathcal{R}\sqrt{v_1^2+v_2^2+2\rho_1 v_1 v_2}\right),$$

получаем:

$$W(\mathcal{R}) = \frac{\mathcal{R}cos\beta}{2\pi}\iint_{-\infty}^{\infty} Q_2(v_1,v_2)\,J_0\left(\mathcal{R}\sqrt{v_1^2+v_2^2+2\rho_1 v_1 v_2}\right)dv_1 dv_2\ . \qquad (12)$$

На плоскости (v_1, v_2) сделаем также замену переменных по формулам перехода к обобщенным полярным координатам (λ, α), определяемым как

$v_1 = \lambda\cos(\alpha+\beta)$; $\quad v_2 = \lambda\sin\alpha.$

Принимая во внимание соотношения

$$dv_1 dv_2 = \lambda\, d\lambda\, d\alpha\cos\beta;$$
$$v_1^2+v_2^2+2\rho_1 v_1 v_2 = \lambda^2 cos^2\beta\ ,$$

перепишем (12) в виде

$$W(\mathcal{R}) = \mathcal{R}\int_0^{\infty} F(z)J_0(\mathcal{R}z)zdz\ , \qquad (13)$$

где введено обозначение

$$F(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} Q_2\left[\frac{Zcos(\alpha+\beta)}{cos\beta}, \frac{Zsin\alpha}{cos\beta}\right]d\alpha\quad . \qquad (14)$$

Из формулы (13) следует, что функция $W(\mathcal{R})/\mathcal{R}$ есть трансформанта Фурье-Бесселя нулевого порядка от функции, определяемой в соответствии с (14). На этом основании можно заключить, что функция $F(z)$ может быть определена по формуле обратного преобразования Фурье-Бесселя [5]:

$$F(z) = \int_0^{\infty}\frac{W(\mathcal{R})}{\mathcal{R}}J_0(\mathcal{R}z)\mathcal{R}d\mathcal{R}\ . \qquad (15)$$

Выражения (13), (15) соответствуют аналогичным соотношениям, полученным в [8] для плотности вероятности $W(\mathcal{R})$ величины (1) с учетом независимости значений (x_1, x_2), при

$\rho_1(\tau) = 0,$

$Q_2(v_1, v_2) = Q_1(v_1)Q_1(v_2),$

где $Q_1(v_1)$ – одномерная характеристическая функция исследуемого негауссовского случайного процесса.

2. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

Рассмотрим некоторые примеры расчетов с использованием формул (13), (14). Пусть задан центрированный гауссовский случайный процесс с параметрами $\sigma^2,\ r_1 = r_1(\tau),$ характеристическая функция которого имеет вид [5]:

$$Q_2(v_1,v_2) = exp\left[-\frac{\sigma^2}{2}(v_1^2+v_2^2+2r_1 v_1 v_2)\right]. \qquad (16)$$

Подставляя (16) в (14), после интегрирования с учетом [7] получаем:

$$F(z) = exp\left[-\frac{\sigma^2 z^2}{2}\cdot\frac{1-\rho_1 r_1}{1-\rho_1^2}\right]\cdot I_0\left[\frac{\sigma^2 z^2}{2}\cdot\frac{\rho_1 - r_1}{1-\rho_1^2}\right], \qquad (17)$$

где $I_0(z)$ – модифицированная функция Бесселя нулевого порядка.

С помощью (13) можно найти распределение $W(\mathcal{R})$ обобщенной огибающей (2). Подставляя (17) в (13), будем иметь

$$W(\mathcal{R}) = \frac{\mathcal{R}}{\sigma^2}\sqrt{\frac{1-\rho_1^2}{1-r_1^2}} \cdot exp\left[-\frac{\mathcal{R}^2(1-\rho_1 r_1}{2\sigma^2(1-r_1^2)}\right] I_0\left[-\frac{\mathcal{R}^2(\rho_1 - r_1)}{2\sigma^2(1-r_1^2)}\right]. \quad (18)$$

Выражение (18) совпадает с аналогичным, приведенным в [9]. При выполнении равенства $\rho_1 = r_1$, будем иметь

$$W(\mathcal{R}) = \frac{\mathcal{R}}{\sigma^2} \cdot \exp\left(-\frac{\mathcal{R}^2}{2\sigma^2}\right),$$

что совпадает с релеевским законом распределения огибающей [5] гауссовского шума.

Рассмотрим далее негауссовский случайный процесс в виде квазидетерминированного гармонического колебания

$$y(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \psi), \quad (19)$$

в котором A_0, ω_0 – фиксированные величины, а величина ψ – случайная, равномерно распределенная на интервале [0, 2π]. Характеристическая функция процесса (19) определяется [5] выражением

$$Q_{2y}(v_1, v_2) = J_0\left(A_0\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 cos\omega_0\tau}\right), \quad (20)$$

а нормированная корреляционная функция имеет вид

$$\rho_0(\tau) = \cos(\omega_0\tau) \quad . \quad (21)$$

Подставляя (20) в (14), после несложных математических преобразований с учетом [7], получаем

$$F(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} J_0\left(A_0 z\sqrt{\frac{1-\rho_1\rho_0 - (\rho_1 - \rho_0)\sin(2\alpha+\beta)}{1-\rho_1^2}}\right)d\alpha \quad . \quad (22)$$

При $\rho_1 = \rho_0$ из последней формулы получаем

$$F(z) = J_0(A_0 z), \quad (23)$$

что совпадает с одномерной характеристической функцией [5] процесса (19).

Рассмотрим далее процесс вычисления по (14) для негауссовского случайного процесса $x(t)$ в виде суммы

$$x(t) = y(t) + n(t) \quad , \quad (24)$$

где $y(t)$ – колебание вида (19); $n(t)$ – гауссовский шум (ГШ) с дисперсией σ^2 и коэффициентом автокорреляции $r_1(\tau)$. Случайные процессы $y(t)$ и $n(t)$ будем считать стационарными и независимыми, поэтому характеристическая функция суммы (24) равна произведению характеристических функций слагаемых:

$$Q_{2x}(v_1, v_2) = Q_{2y}(v_1, v_2) \cdot Q_{2n}(v_1, v_2) . \quad (25)$$

Здесь $Q_{2y}(v_1, v_2)$ и $Q_{2n}(v_1, v_2)$ определяются формулами (20), (16), соответственно.

Заметим, что расчеты по формуле (13) для суммы (24) выполнены в общем виде в [9]. Поэтому функция $F(z)$ из (14) может быть найдена по формуле (15) при

подстановке в неё функции $W(\mathcal{R})/\mathcal{R}$, определенной в [9]. С целью упрощения математических выкладок рассмотрим здесь два крайних случая задания произвольной функции $\rho_1(\tau)$, входящей в (2). А именно будем считать:

$$1)\ \rho_1(\tau) = cos\omega_0\tau \quad 2)\ \rho_1(\tau) = r_1(\tau). \tag{26}$$

Подставляя (25) в (14), учитывая (16), (20) и первое равенство (26), после вычисления интеграла с помощью [7], получаем

$$F(z) = exp\left[-\frac{\sigma^2 z^2}{2}\cdot\frac{1-\rho_1 r_1}{1-\rho_1^2}\right] I_0\left[\frac{\sigma^2 z^2}{2}\cdot\frac{\rho_1 - r_1}{1-\rho_1^2}\right] J_0(A_0 z)\,. \tag{27}$$

Проделывая аналогичные выкладки с учетом второго равенства (26), находим

$$F(z) = exp(-\frac{\sigma^2 z^2}{2})\cdot\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} J_0\left(A_0 z\sqrt{\frac{1-\rho_1\rho_0-(\rho_1-\rho_0)\sin(2\alpha+\beta)}{1-\rho_1^2}}\right)d\alpha\,. \tag{28}$$

Полученные результаты (27), (28) соответствуют ранее найденным формулам (17), (22) и сводятся к ним при соответствующих значениях параметров σ^2 и A_0. Отметим, что (28) совпадает с (27) при выполнении второго равенства (26) и при A_0 = 0.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ ОГИБАЮЩЕЙ ПРИ НАЛИЧИИ МОДУЛИРОВАННОЙ ГАРМОНИКИ

Рассмотрим пример вычисления функции $W(\mathcal{R})$ для случайного процесса

$$\hat{x}(t) = y_1(t) + n(t)\quad , \tag{29}$$

в котором слагаемое $y_1(t)$ в отличии от (24) представляется в виде

$$y_1(t) = A_0 cos[\omega_0 t + \phi(t)\ + \psi]\ , \tag{30}$$

где $\phi(t)$ – нормальный случайный процесс, характеризующий угловую модуляцию. Случайные процессы $y_1(t)$ и $n(t)$ также будем считать стационарными и независимыми.

Воспользовавшись выражением для совместной плотности вероятности отсчетных значений

$$\{\hat{x}_1 = \hat{x}(t_1)/A_0,\ \ \hat{x}_2 = \hat{x}(t_2)/A_0\}\,,$$

нормированных по отношению A_0 [10], с помощью (5) получаем

$$W(\hat{\mathcal{R}}) = 2\alpha_1\hat{\mathcal{R}}\sqrt{\frac{1-\rho_1^2}{1-r_1^2}}\cdot\exp\left(-\alpha_1\hat{\mathcal{R}}^2\frac{1-\rho_1 r_1}{1-r_1^2}\right)\ \times$$

$$\times\sum_{k,m=0}^{\infty}\epsilon_k\,\epsilon_m F_k(\tau)\cos(k\omega_0\tau) I_m\left(\alpha_1\hat{\mathcal{R}}^2\frac{r_1-\rho_1}{1-r_1^2}\right)\times$$

$$\times \frac{1}{(2\pi)^2}\iint_0^{2\pi} \exp[-\alpha_1 P_1^2(\varphi_1\varphi_2) I_{2m}\left(2\alpha_1\hat{\mathcal{R}}\frac{\sqrt{a_1^2+a_2^2+2\rho_1 a_1 a_2}}{1-r_1^2}\right)\times$$
$$\times\ e^{-z_1 cos\theta}\cos(m\theta)\cos(k\varphi_1)\cos(k\varphi_2)\,d\varphi_1 d\varphi_2\quad , \tag{31}$$

где $\hat{\mathcal{R}} = \mathcal{R}/A_0$ – нормированное значение величины (2); $\alpha_1 = A_0^2/(2\sigma^2)$ - отношение мощности модулированной гармоники к мощности ГШ; $\epsilon_0 = 1,\ \epsilon_k = 2$ при

$k \geq 1;\ F_k(\tau) = [F_1(\tau)]^{k^2};\ \tau = t_1 - t_2;$

$F_1(\tau)$– огибающая коэффициента корреляции процесса $y_1(t)$. В формуле (31) введены также обозначения:

$$P_1^2(\varphi_1,\varphi_1) = \frac{a_1^2+a_2^2+2\rho_1 a_1 a_2}{(1-r_1^2)^2}\cdot\frac{1-\rho_1 r_1}{1-\rho_1^2}\quad , \tag{32}$$

$$z_1 = \alpha_1\frac{r_1-\rho_1}{(1-r_1^2)^2(1-\rho_1^2)}\,(a_1^2+a_2^2+2\rho_1 a_1 a_2)\quad , \tag{33}$$

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= cos\varphi_1 - r_1 cos\varphi_2 \\ a_2 &= cos\varphi_2 - r_1 cos\varphi_1 \end{aligned}\right\}\quad , \tag{34}$$

$$\theta = \beta + \frac{\pi}{2} - 2\,arctg\frac{a_1 sin\beta + a_2}{a_1 cos\beta}\ . \tag{35}$$

Рассмотрим некоторые частные результаты, вытекающие из общей формулы (31). При $\alpha_1 \to 0$, что соответствует наличию в (29) только гауссовской компоненты, из (31) получим выражение, аналогичное (18) с учетом принятой нормировки. При $\rho_1(\tau) = r_1(\tau)$ из (31) находим

$$W(\hat{\mathcal{R}}) = 2\alpha_1\hat{\mathcal{R}}\cdot\exp\left[-\alpha_1\hat{\mathcal{R}}^2\right]\sum_{k=0}^{\infty}\epsilon_k F_k(\tau)\cos(k\omega_0\tau)\times$$
$$\times\frac{1}{(2\pi)^2}\iint_0^{2\pi}\exp[-\alpha_1 P_0^2(\varphi_1\varphi_2)]I_0\left[2\alpha_1\hat{\mathcal{R}}_0 P_0(\varphi_1\varphi_2)\right]cosk\varphi_1\,cosk\varphi_2 d\varphi_1 d\varphi_1\,, \tag{36}$$

где введено обозначение функции

$$P_0(\varphi_1,\varphi_1) = \left[\frac{cos^2\varphi_1 + cos^2\varphi_2 - 2r_1 cos\varphi_1 cos\varphi_2}{1-r_1^2}\right]^{1/2}, \tag{37}$$

вытекающей из общего выражения (32). При $F_k(\tau) = 1$ из (36) получим соответствующее выражение, применяя метод суммирования по индексу k, описанный в работе [10]. Выполнив соответствующие преобразования с учетом (32), (34), имеем

$$W(\hat{\mathcal{R}}) = 2\alpha_1\hat{\mathcal{R}}\exp\left[-\alpha_1\hat{\mathcal{R}}^2\right]exp\left[-\frac{\alpha_1}{1-r_1^2}(1-r_1 cos\omega_0\tau)\right]\times$$
$$\times\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}exp\left[-\frac{\alpha_1}{1-r_1^2}(cos\omega_0\tau - r_1)\cos(2\varphi)\right]\times$$

$$\times\ I_0\left[\frac{2\alpha_1\hat{\mathcal{R}}}{\sqrt{1-r_1^2}}\sqrt{(1-r_1 cos\omega_0\tau)+(cos\omega_0\tau-r_1)\cos(2\varphi)}\right]d\varphi\,. \qquad (38)$$

Выражение (38) соответствует распределению величины $\dot{\mathcal{R}}(\hat{x}_1,\hat{x}_2)$ для суммы (29), в которой $y_1(t)$ - квазидетерминированное гармоническое колебание постоянной амплитуды, частоты и случайной начальной фазы. При этом предполагается выполненным равенство $\rho_1(\tau)=r_1(\tau)$.

Если в (38) дополнительно положить

$$r_1(\tau)=cos\omega_0\tau\,,$$

то найдем

$$W(\hat{\mathcal{R}})=2\alpha_1\hat{\mathcal{R}}\exp\left[-\alpha_1(\hat{\mathcal{R}}^2+1)\right]\cdot I_0(2\alpha_1\hat{\mathcal{R}})\,. \qquad (39)$$

Выражение (39) является обобщенным законом Рэлея при условии принятой нормировки случайных величин по отношению к A_0. Полученный результат находится в полном соответствии с результатами теории ЭС-распределений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного исследования можно заключить, что распределению модуля радиус-вектора $\mathcal{R}$ в форме (2) при условии (6) совпадает с распределением огибающей случайного процесса с узкополосным спектром в том случае, когда совместная плотность вероятности отсчетных значений эллиптически-симметрична и пропорциональна преобразованию Бесселя одномерной характеристической функции. Полученные вероятностные характеристики в форме (18), (31) могут быть использованы для расчета трактов обнаружения слабых сигналов в приемниках с некогерентным накоплением сигнала при полосовом спектре помехи и в других радиотехнических задачах.

Литература:

1. *Данилов В.А., Данилова Л.В.* Метод инерционного амплитудного подавления коррелированных негауссовских помех. // Радиотехника. 1991, №7. С. 3 – 8.

2. *Данилов В.А.* Вероятностное моделирование негауссовских случайных процессов со спектром узкополосного типа. // Радиотехника и электроника. 1996. Т.41, №8. С. 946 – 950.

3. *Данилов В.А.* Инерционное амплитудное подавление коррелированных негауссовских помех. // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 1991, №4. С. 4 - 9.

4. *Данилов В.А.* Способ определения огибающей для случайных процессов негауссовского типа. // Радиотехника и электроника. 1999. Т.44, №5. С.540 – 542.

5. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. 624 с.

6. *Me Graw D.K., Wagner J.F.* Elliptically Symmetric Distributions. // IEEE Trans. on inf. Tech. 1968. Vol. IT – 14, № 1. P. 110 – 120.

7. *Градштейн И.С., Рыжик И.М.* Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М.: Наука, 1971. 1108 с.

8. *Рытов С.М.* Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы. М.: Наука, 1976. 496 с.

9. *Данилов В.А.* Вероятностные характеристики модуля радиус-вектора точки с коррелированными негауссовскими компонентами. // Радиотехника и электроника. 1991. Т. 36, № 11. С. 2120 – 2124.

10. *Данилов В.А.* Вероятностные характеристики гармонического колебания с амплитудно-угловой модуляцией. // Радиотехника и электроника. 1990. Т.35, №1. С. 208 – 211.

В.В. Березовский, А.С. Володичев, С.А. Швидченко

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОСТРОЕНИЯ L3VPN СЕТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ХОЛДИНГА «ОБЪЕДИНЕННЫЕ КОНДИТЕРЫ»

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: L3VPN сети, сетевое оборудование, маршрутизатор, холдинг, магазин, клиент, провайдер.

В данной статье рассматривается задача анализа услуги L3-VPN с точки зрения клиента и провайдера, использование которой позволит объединять сети магазинов заказчика в единую сеть с целью организации сети для распределенных предприятий холдинга «объединенные кондитеры».

V.V. Berezovsky, A.S. Volodichev, S.A. Shvidchenko

ANALYSIS OF PECULIARITIES OF CONSTRUCTING L3VPN NETWORKS FOR THE ORGANIZATION OF NETWORKS FOR DISTRIBUTED ENTERPRISES OF THE UNITED CONFECTIONERS HOLDING

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: L3VPN network, network equipment, router, holding, store, customer, provider.

This article discusses the task of analyzing the L3-VPN service from the point of view of the client and the provider, the use of which will allow to unite the customer’s retail networks into a single network for the purpose of networking for distributed enterprises of the “united confectioners” holding.

Структура и описание L3VPN сети.

Поставлена задача проанализировать, что представляет собой услуга L3-VPN и для чего она необходима. L3-VPN - это услуга/сервис виртуальной частной сети, которая предоставляется операторами связи на ряду с L2-VPN и VPLS [4]. Данная услуга уже работает на 3 уровне модели OSI (на уровне IP) по принципу точка-многоточка. Она позволяет объединять сети офисов/магазинов заказчиков в единую.

Обмен пакетами клиентов происходит через сеть провайдера. Для организации L3-VPN от клиента уже требуется пограничное оборудование, выполняющее роль маршрутизатора (на языке операторов связи, пограничное оборудование клиента называется CE-Customer Edge).

На Рисунке 1 представлена схема услуги L3-VPN с точки зрения клиента. Зачастую перед владельцами нескольких магазинов стоит задача связать локальные сети этих магазинов в одну единую, которая будет абсолютно изолирована для других.

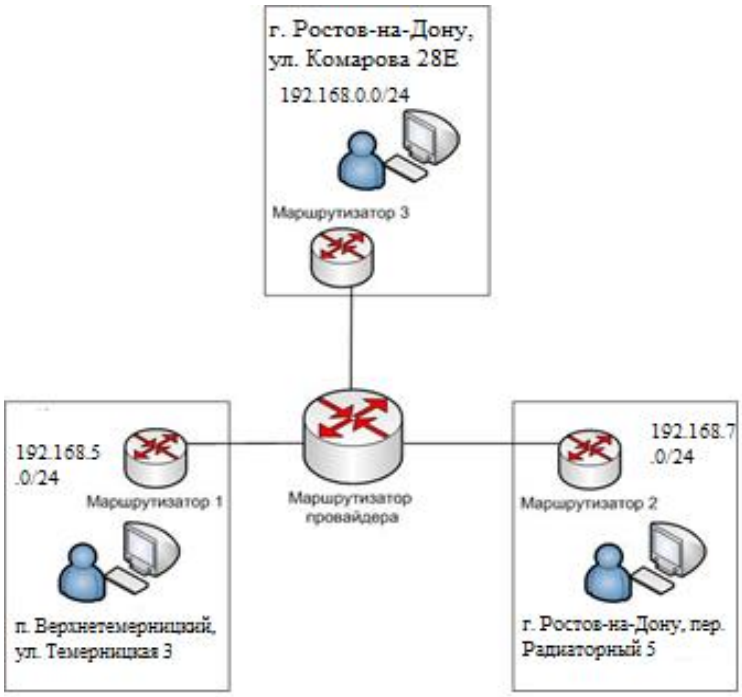


Рисунок 1. Услуга L3VPN с точки зрения клиента

Сформулирована поставленная задача: объединить несколько кондитерских магазинов в различных частях города [6].

Принято решение воспользоваться услугой L3VPN, выбран подходящий по стоимости предоставляемых услуг провайдер. С точки зрения клиента, данная услуга будет выглядеть, как показано на схеме рисунка 1, т.е. таким образом, что все кондитерские магазины подключены к одному маршрутизатору провайдера: филиал в г. Ростове-на-Дону, ул. Комарова 28Е отдает посредством протокола динамической маршрутизации свою сеть провайдеру и принимает сети клиента из п. Верхнетемерницкого, ул. Темерницкая 3 и г. Ростова-на-Дону, пер. Радиаторный 5.

На рисунке 2 представлена схема услуги L3-VPN с точки зрения провайдера. В данном случае задача сети провайдера представить себя маршрутизатором. В реальном виде она может иметь большой размер. Оборудование клиента будет подключено в ближайший пограничный коммутатор оператора связи, а соединение посредством протокола динамической маршрутизации будет осуществлено с его ближайшим маршрутизатором (на языке операторов связи, пограничный маршрутизатор провайдера, к которому подключается клиент, называется PE-Provider Edge).

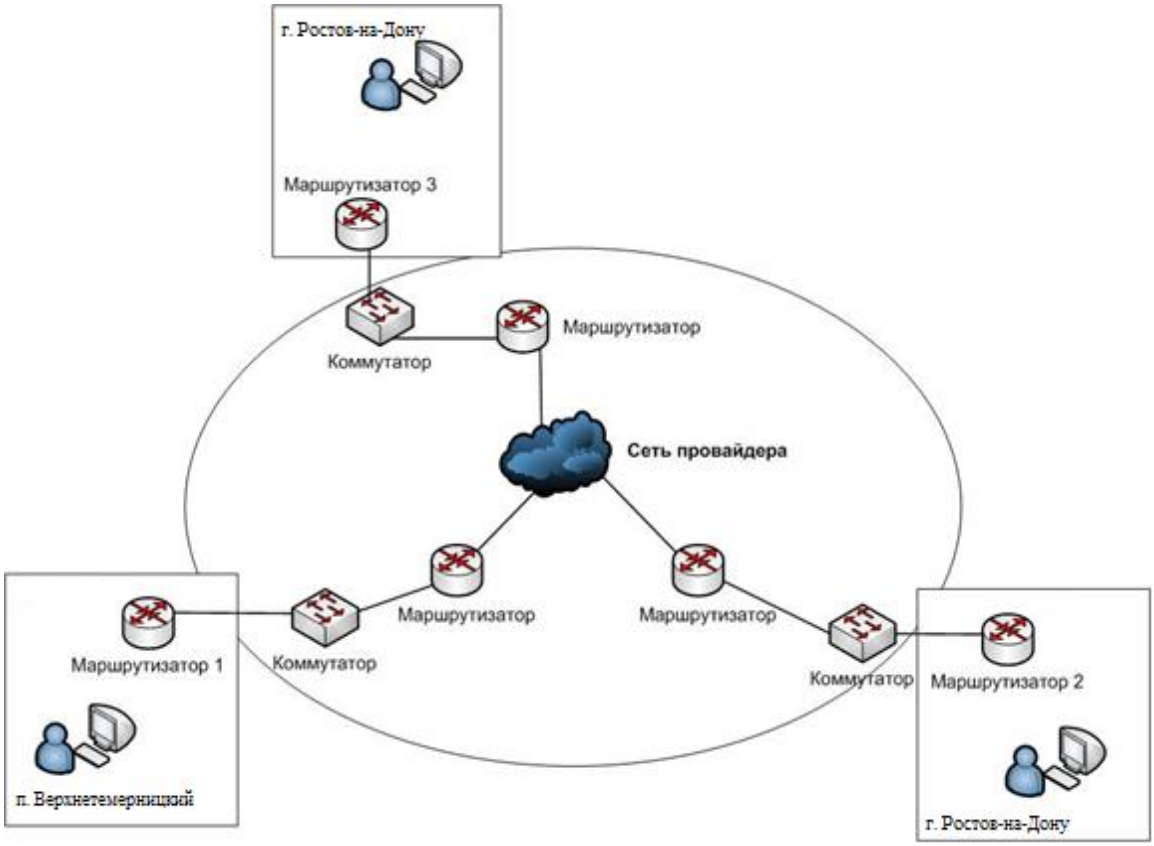


Рисунок 2. L3VPN с точки зрения провайдера

Под «облачком» может скрываться до сотни устройств с протяженностью сети провайдера в несколько тысяч километров, однако, клиент об этом не будет знать. Чтобы настроить данную услугу, администратору оператора связи требуется примерно 20 минут работы.

В случае, если потребуется подключить дополнительный магазин, то провайдеру достаточно будет произвести настройки на том маршрутизаторе, к которому он будет подключен, чтобы добавить его в единую сеть клиента.

Данная услуга является второй по популярности среди клиентов провайдеров. К ее плюсам можно отнести масштабируемость, легкость диагностики в случае возникновения проблем, совмещение с другими услугами провайдера. Минусами L3VPN является нагрузка на пограничные маршрутизаторы провайдера, также, чтобы предоставить данную услугу, все офисы, участвующие в ней должны быть подключены к одному провайдеру.

Оборудование PE, P и CE маршрутизаторов.

CE - Customer Edge router - граничный маршрутизатор клиента, который подключен в сеть провайдера.

PE - Provider Edge router - граничный маршрутизатор провайдера, к нему и подключаются CE. На PE зарождается VPN, на нём они и заканчивают свою работу. Именно на нём расположены интерфейсы, привязанные к VPN. Именно PE назначает и снимает сервисные метки. Именно PE являются Ingress LSR и Egress LSR.

PE должны знать таблицы маршрутизации каждого VPN, ведь это они принимают решение о том, куда посылать пакет, как в пределах провайдерской сети, так и в плане клиентских интерфейсов.

P - Provider router - транзитный маршрутизатор, который не является точкой подключения - пакеты VPN проходят через него без каких-либо дополнительных обработок, иными словами, просто коммутируются по транспортной метке. P нет нужды знать таблицы маршрутизации VPN или сервисные метки. На P нет интерфейсов, привязанных к VPN.

Рассмотрена задача анализа услуги L3-VPN с точки зрения клиента и провайдера, использование которой позволило объединять сети магазинов заказчика в единую сеть.

Литература:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы/В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2002. – 672с.

2. Хорев П.Б. Методы и средства защиты информации в компьютерных системах /П.Б. Хорев. - М.: Академия, 2006. - 430 с. - ISBN 9-35723-987-5.

3. Фейт С. TCP/IP. Архитектура, протоколы, реализация (включая IP версии 6 и IP Security) [Текст]/С. Фейт. - Пер. с англ. - М.: Лори, 2002. - 450 с. ISBN 5-87-006721-2.

4. Практические аспекты обработки сигналов в телекоммуникационных системах / Безуглов Д.А., Безуглов Ю.Д., Швидченко С.А. и др. / Коллективная монография / Ростов-на-Дону, 2013.

5. Виль-Вильямс Е.И. Обучающаяся организация – опыт развития // Интернет журнал «Кадровик.Ру» №4 (апрель, 2002). Режим доступа: http://www.kadrovik.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=196. Дата обращения 19.03.2019.

6. Швидченко С.А. Анализ обеспечения безопасности информации в АСУ / Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2018) Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 257-262.

В.В. Березовский, С.А. Швидченко,
А.М. Коршун, М.А.А. Абделмаксуд[1]

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КЛИЕНТСКОЙ L3VPN СЕТИ НА ПЛАТФОРМЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА СВЯЗИ РОСТОВСКОГО ФИЛИАЛА ПАО «РОСТЕЛЕКОМ»

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский технический университет связи и
информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Студент Каирского университета юридического факультета[1]

Ключевые слова: Cisco Systems, IOS, сетевое оборудование Juniper Networks, операционная система JUNOS, маршрутизатор, оборудование IP/MPLS сетей. Ростовский филиал ПАО «Ростелеком», L3VPN сети.

В данной статье приводится техническое обоснование проводимого исследования для ознакомления с оборудованием IP/MPLS сетей производителя сетевого оборудования JUNIPER и операционной системой JUNOS, а также сбор

материала для реализации проекта по созданию клиентской L3VPN сети на платформе регионального оператора связи Ростовского филиала ПАО «Ростелеком».

V.V. Berezovsky, S.A. Shvidchenko,
A.M. Korshun, M.A.A. Abdelmaksoud[1]

ANALYSIS OF THE PROBLEM OF CREATING A CLIENT L3VPN NETWORK ON THE PLATFORM OF THE REGIONAL OPERATOR OF THE ROSTOV BRANCH OF OJSC "ROSTELECOM"

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Student at Cairo University of Law Faculty[1]

Keywords: Cisco Systems, IOS, juniper Networks network equipment, JUNOS operating system, router, IP/MPLS network equipment. Rostov branch of JSC "Rostelecom", L3VPN network.

This article provides a technical justification for the study to get acquainted with the equipment IP/MPLS networks manufacturer network equipment JUNIPER and JUNOS operating system, as well as the collection of material for the project to create a client L3VPN network on the platform of the regional operator of the Rostov branch of PJSC «Rostelecom».

Введение.

Ещё несколько лет тому назад было принято считать, что порядка 80 процентов установленного сетевого оборудования в мире приходится на продукцию фирмы Cisco. В настоящее время сетевого гиганта сильно потеснили, и уже большой ряд производителей коммутаторов и маршрутизаторов занимают свою нишу. Но при построении магистральных сетей (особенно IP/MPLS) вендоров достаточно мало. Особенно стоит отметить продукцию компании Juniper, уверенно занимающую шкафы с сетевым оборудованием крупнейших операторов страны, в том числе таких, как МТС и Ростелеком.

Juniper Networks - основанная в 1996 году, является признанным мировым лидером в разработке и производстве телекоммуникационного оборудования для крупных Интернет-провайдеров и предприятий среднего и малого бизнеса, и можно сказать практически сдвинула с пьедестала Cisco Systems. Оборудование обеих фирм использует разные ПО. У Cisco это IOS, у Juniper - JUNOS. Большинство продуктов компании использует сетевые процессоры собственной разработки и работает под управлением JUNOS - операционной системы, основанной на FreeBSD и содержащей полный набор POSIX-совместимых команд и инструментов.

Обе компании заботятся о предоставлении материалов для изучения как оборудования, так и принципов маршрутизации и коммутации. Пока в этом вопросе Cisco занимает лидирующие позиции. Целью исследования является ознакомление с инструментами и алгоритмами ОС JUNOS при развертывании сервисных платформ для предоставления услуг клиентам Интернет-провайдерами. В частности, в рамках исследования будет рассмотрена простота и удобство конструкции при организации L3VPN сервисов на базе IP/MPLS сети регионального филиала ПАО «Ростелеком».

Техническое обоснование.

Основной целью проводимого исследования является ознакомление с оборудованием IP/MPLS сетей производителя сетевого оборудования JUNIPER и операционной системой JUNOS, а также реализация проекта по созданию клиентской L3VPN сети на платформе регионального оператора связи Ростовского филиала ПАО «Ростелеком».

Среди предпосылок выбора темы исследования можно выделить наиболее важные:

- недостаточное количество информации по настройке оборудования указанного производителя в сети Интернет;
- раскрытие основ конфигурации и синтаксиса команд управления при настройке IP/MPLS сетей на маршрутизаторах с ОС JUNOS;
- получение практических навыков при построении и диагностике клиентских L3VPN сетей на сети оператора связи.

В рамках данного исследования более детально будет рассмотрен вопрос организации корпоративной сети для предприятий холдинга кондитеров.

В рамках проекта необходимо решить следующие задачи [5]:

1. Разбор топологии сети провайдера;
2. Разработка общей и структурной схемы организации связи холдинга;
3. Организация каналов связи для VPN сети клиента на ресурсах провайдера;
4. Настройка PE и P IP/MPLS маршрутизаторов, участвующих в создании сети;
5. Конфигурация L2 каналов на IP/MPLS сети при организации доступа к CE устройствам;
6. Диагностика работоспособности клиентского сервиса, средствами IP/MPLS маршрутизаторов.

Таким образом, в будущем реализованный проект сможет служить инструкцией для инженерно-технического персонала компаний Интернет-провайдеров при построении подобных клиентских сервисов в сетях с использованием решений производителя Juniper Networks и ОС JUNOS.

Структура и топология IP/MPLS сети.

Для организации сервисов на сети передачи данных Ростовского филиала ПАО «Ростелеком» необходимо иметь представление о топологии и структуре сети филиала [4].

Топология сети - геометрическая форма и физическое расположение узлов сети по отношению друг к другу. Топология сети позволяет сравнивать и классифицировать различные сети. Различают два основных вида топологии:

1. Топология «Кольцо» представляет собой последовательное соединение узлов, когда последний соединён с первым. Достоинство - правильное администрирование может гарантировать восстановление передачи данных в обратном направлении. Основным недостатком топологии является загрузка транзитных узлов «чужим» траффиком.

2. Топология «Звезда» - схема соединения, при которой каждый узел подсоединяется к сети при помощи отдельного соединительного кабеля. Преимущества: быстрое и простое масштабирование, централизованное управление сетью и локализация аварийных ситуаций на сети. Недостаток - выход из строя центрального устройства приводит к остановке работы всей сети. К разновидностям топологии «Звезда» - относится «Древовидная структура», или как ее еще называют

– «иерархическая структура», где каждый узел более высокого уровня связан с узлами более низкого уровня звездообразной связью, образуя комбинацию звезд.

Топология сети передачи данных Ростовского филиала ПАО «Ростелеком» имеет сложную иерархическую структуру.

Иерархию сети можно разбить на 4 основных уровня:

1. Уровень доступа (ACCESS) - устройства включения абонентов к сети провайдера, узлами сети в основном являются коммутаторы и мультиплексоры по технологиям FTTX и XDSL, основной целью которых служит по сути агрегирование трафика с абонентских портов в единые потоки данных;

2. Уровень распространения (DISTRIBUTION) - это узлы для сбора трафика с удаленных площадок для дальнейшего его переброса в центр дерева. На сети Ростовского филиала ПАО «Ростелеком» организована L3 IP/MPLS сеть, основными компонентами уровня распространения которой являются мощные маршрутизаторы производителя Juniper Networks;

3. Ядро сети (CORE) - является корнем сети, и конечным узлом агрегации трафика перед предоставлением провайдерских сервисов. Как и на уровне распространения здесь используются более мощные маршрутизаторы Juniper Networks. Но с учетом недостатка топологии “Звезда», чтобы минимизировать проблемы с центральным устройством и возможность остановки работы всей сети, компоненты ядра имеют резервирование, как и самих устройств, так и каналов связи с устройствами сети распространения;

4. Сервисный уровень (Service) - Уровень сервисных устройств сети провайдера, на которых заключены точки терминации IP/VPN сетей, серверов аутентификаций пользователей и биллинга.

Иерархическая структура схематично представлена на Рисунке 1.

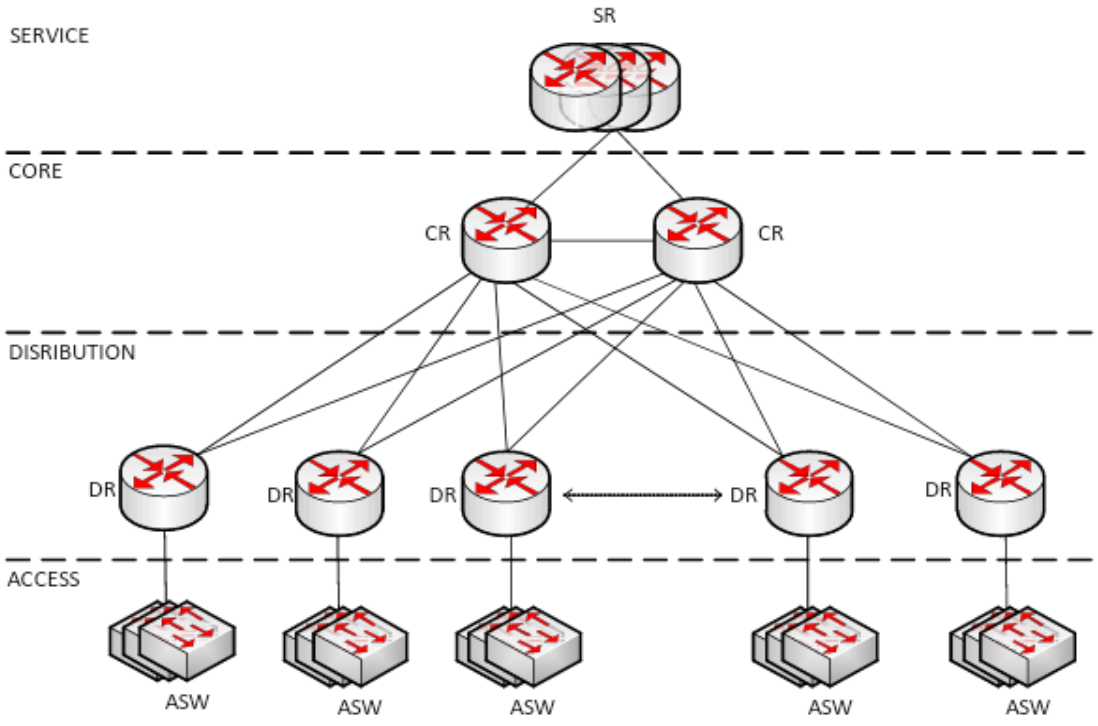


Рисунок 1. Топология сети передачи данных Ростовского филиала ПАО «Ростелеком»

Данная структура позволяет максимально гибко управлять сервисами клиентом провайдера, максимально быстро масштабировать и организовывать новые сервисы, такие как клиентские VPN сети, один из примеров которой будет разобран в данной работе.

Литература:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы/В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2002. – 672с.

2. Хорев П.Б. Методы и средства защиты информации в компьютерных системах /П.Б. Хорев. - М.: Академия, 2006. - 430 с. - ISBN 9-35723-987-5.

3. Фейт С. TCP/IP. Архитектура, протоколы, реализация (включая IP версии 6 и IP Security) [Текст]/С. Фейт. - Пер. с англ. - М.: Лори, 2002. - 450 с. ISBN 5-87-006721-2.

4. Ростелеком. Материалы с сайта. Официальный сайт. [электронный ресурс]. Режим доступа: https://rostov.rt.ru/ Дата обращения 24.02.2019.

5. Практические аспекты обработки сигналов в телекоммуникационных системах / Безуглов Д.А., Безуглов Ю.Д., Швидченко С.А. и др. / Коллективная монография / Ростов-на-Дону, 2013.

6. Виль-Вильямс Е.И. Обучающаяся организация – опыт развития // Интернет журнал «Кадровик.Ру» №4 (апрель, 2002). Режим доступа: http://www.kadrovik.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=196. Дата обращения 19.03.2019.

В.В. Березовский, С.А. Швидченко,
А.М. Коршун, М.А.А. Абделмаксуд[1]

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ЯДРОМ СЕТИ И УСТРОЙСТВАМИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕТИ ПРОВАЙДЕРА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Студент Каирского университета юридического факультета[1]

Ключевые слова: сетевое оборудование Juniper Networks, операционная система JUNOS, маршрутизатор, оборудование IP/MPLS сетей. Ростовский филиал ПАО «Ростелеком», L3VPN сети.

В данной статье приводится исследование по ознакомлению с инструментами и алгоритмами ОС JUNOS при развертывании сервисных платформ для предоставления услуг клиентам Интернет-провайдерами. Проводится анализ организации связей между ядром сети и устройствами распространения сети провайдера - регионального оператора связи Ростовского филиала ПАО «Ростелеком».

V.V. Berezovsky, S.A. Shvidchenko,
A.M. Korshun, M.A.A. Abdelmaksoud[1]

ANALYSIS OF EQUIPMENT FOR THE ORGANIZATION OF RELATIONS BETWEEN THE NETWORK KERNEL AND PROVIDER NETWORK DEVICES

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Student at Cairo University of Law Faculty[1]

Keywords: Juniper Networks network equipment, JUNOS operating system, router, IP / MPLS network equipment. Rostov branch of Rostelecom PJSC, L3VPN network.

This article provides a study on familiarizing JUNOS OS tools and algorithms when deploying service platforms to provide services to customers by Internet service providers. The organization of communications between the network core and the network distribution devices of the provider, the regional telecommunications operator of the Rostov branch of Rostelecom PJSC, is analyzed.

ОС «JUNOS».

Проводя исследования по ознакомлению с инструментами и алгоритмами ОС JUNOS при развертывании сервисных платформ для предоставления услуг клиентам Интернет-провайдерами, стоит уделить внимание организации связей между ядром сети и устройствами распространения сети провайдера. Это важно при развертывании сетей и охвате клиентской базы для любого поставщика услуг связи.

Для уровня доступа на небольшой территорий провайдер организует «деревья» из цепочек коммутаторов и мультиплексоров FTTX и XDSL доступа для агрегирования траффика на своих локальных площадках. Вопрос же доставки траффика до удаленного центра и сбора траффика всех абонентов может решаться разными провайдерами абсолютно разными способами.

Для решения данного вопроса в Ростовском филиале ПАО «Ростелеком» была организована L3 IP/MPLS на высокопроизводительных маршрутизаторах Juniper Networks со своей операционной системой JUNOS [4, 5, 6].

Операционная система JUNOS как фундамент высокопроизводительных сетей ОС JUNOS — это единая сетевая с интеграцией функций маршрутизации, коммутации и обеспечения безопасности, помогает современным предприятиям решать вопросы масштабирования и модернизации сетей, внедрять новые сервисы и снижать общую стоимость владения.

Характеристики оборудования сети.

В качестве устройств CORE ROUTER на сети провайдера используются высокопроизводительные маршрутизаторы Juniper MX960, расположенные на центральной площадке, совместно с сервисными маршрутизаторами (SERVICE ROUTER), для которых в свою очередь задействованы чуть маршрутизаторы меньшей портовой емкости Juniper MX480.

Такие же маршрутизаторы (Juniper MX480) используются и в качестве DISRIBUTION ROUTER, для организации сбора трафика и передачи его в MPLS сеть с удаленных площадок в регионе.

Характеристики указанного оборудования представлены ниже.

Пограничные маршрутизаторы Juniper MX960 — это высокопроизводительные Ethernet маршрутизаторы, обеспечивающие высокую производительность и отказоустойчивость системы, а также, масштабируемость и надежность для провайдеров и поставщиков услуг средних и крупных предприятий, в том числе сервисы для виртуальных частных локальных сетей (VPLS) с поддержкой многоточечного соединения.

Платформа Juniper MX960 имеет распределенную архитектуру обработки пакетов, мощный функционал по коммутации и безопасности, расширенные функции MPLS и VPN L2/L3 услуг, сетевая виртуализация и богатый набор маршрутизации.

Маршрутизаторы Juniper серии MX960 представляют собой платформу высотой 16RU и пропускной способностью 5,3 Тбит/с и 240 Гбит/с на слот.

Маршрутизатор MX960 имеет 12 слотов расширения для Modular Interface Card (MIC) и высокую плотность портов 10G, 40G и 100G Gigabit Ethernet. Объем передачи пакетов маршрутизатора Juniper MX960 - 1.98 млрд пакетов в секунду. Кроме того, маршрутизатор MX960 поддерживает передовые функциональные возможности синхронизации времени и виртуализации, которые помогают консолидировать сетевые элементы.

Линейка маршрутизаторов серии Juniper MX960 поддерживает множество различных интерфейсных и линейных карт, MIC и MPC модулей, разнообразных лицензий, всевозможных обновлений и др (Рисунок 1). Маршрутизатор Juniper MX960 использует производительный чипсет Trio и операционную систему Junos, единую для всех маршрутизаторов Juniper, что обеспечивает согласованную работу между продуктами всей линейки Juniper MX.

Рисунок 1. Маршрутизатор Juniper MX960

Пограничные маршрутизаторы Juniper MX480 — это высокопроизводительные Ethernet маршрутизаторы, обеспечивающие высокую производительность и отказоустойчивость системы, а также, масштабируемость и надежность для провайдеров и поставщиков услуг средних и крупных предприятий (Рисунок 2). В этот спектр входят услуги для жилого сектора и обмен данными крупного размера между ЦОД через Интернет.

Платформа Juniper MX480 имеет распределенную архитектуру обработки пакетов, мощный функционал по коммутации и безопасности, расширенные

функции MPLS и VPN L2/L3 услуг, сетевая виртуализация и богатый набор маршрутизации.

Маршрутизаторы Juniper серии MX480 представляют собой платформу высотой 8RU и пропускной способностью 2,88 Тбит/с и 240 Гбит/с на слот.

Рисунок 2. Маршрутизатор Juniper MX480

Маршрутизатор MX480 имеет 6 слотов расширения для Modular Interface Card (MIC) и высокую плотность портов 10G, 40G и 100G Gigabit Ethernet. Кроме того, маршрутизатор MX480 поддерживает передовые функциональные возможности синхронизации времени и виртуализации, которые помогают консолидировать сетевые элементы.

Линейка маршрутизаторов серии Juniper MX480 поддерживает множество различных интерфейсных и линейных карт, MIC и MPC модулей, разнообразных лицензий, всевозможных обновлений и др.

Маршрутизатор Juniper MX480 использует производительный чипсет Trio и операционную систему Junos, единую для всех маршрутизаторов Juniper, что обеспечивает согласованную работу между продуктами всей линейки Juniper MX.

Литература:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы/В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2002. – 672с.

2. Хорев П.Б. Методы и средства защиты информации в компьютерных системах /П.Б. Хорев. - М.: Академия, 2006. - 430 с. - ISBN 9-35723-987-5.

3. Фейт С. TCP/IP. Архитектура, протоколы, реализация (включая IP версии 6 и IP Security) [Текст]/С. Фейт. - Пер. с англ. - М.: Лори, 2002. - 450 с.

4. Ростелеком. Материалы с сайта. Официальный сайт. [электронный ресурс]. Режим доступа: https://rostov.rt.ru/ Дата обращения 24.02.2019.

5. Практические аспекты обработки сигналов в телекоммуникационных системах / Безуглов Д.А., Безуглов Ю.Д., Швидченко С.А. и др. / Коллективная монография / Ростов-на-Дону, 2013.

6. Швидченко С.А. Анализ обеспечения безопасности информации в АСУ / Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2018) Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 257-262.

В.В. Ершов[1], Н.В. Руденко, С.В. Гладыщук[1], В.В. Куликов

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СВЯЗИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: автономное электроснабжение объектов мобильной связи, возобновляемые источники энергии, горизонтальные и вертикальные ветроэнергетические установки, солнечно-ветровая энергетическая установка, вихревая ветроэнергетическая установка.

В статье решается задача построения систем электроснабжения объектов связи на территориях, удаленных от стационарных источников питания. Показана целесообразность построения таких систем на основе использования энергии ветра и солнца в сочетании с дизель-электрической установкой. Обоснован выбор ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения вала в составе станции на основе сравнительного анализа известных типов ветрогенераторов. Предложен алгоритм, разработана структурная схема и описан механизм функционирования системы электроснабжения автономного объекта связи на основе солнечно-ветровой энергетической установки и дизель-генератора в различных эксплуатационных режимах. Разработана вихревая вертикальная ветроэнергетическая установка и обоснована возможность её применения в качестве источника для автономных объектов связи.

V.V. Ershov[1], N.V. Rudenko, S.V. Gladyschuk[1], V.V. Kulikov

APPLICATION OF VORTEX WIND POWER INSTALLATIONS FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY OF COMMUNICATIONS OBJECTS

North-Caucasian branch of the Order of the Red Banner of Labor of the federal state budgetary educational institution of higher education Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: autonomous power supply of mobile communication facilities, renewable energy sources, horizontal and vertical wind power plants, solar-wind power plant, whirling wind power plant.

The article solves the problem of building power supply systems for communication facilities in areas remote from stationary power sources. The feasibility of building such systems based on the use of wind and solar energy in combination with a diesel-electric installation is shown. The choice of a wind power plant with a vertical axis of shaft rotation as part of the station is substantiated on the basis of a comparative analysis of known types of wind generators. An algorithm has been proposed, a block diagram has been developed,

and a mechanism for the operation of the power supply system of an autonomous communication facility based on a solar-wind power plant and a diesel generator in various operational modes has been described. A vortex vertical wind power installation was developed and the possibility of its use as a source for autonomous communication facilities was substantiated.

Постановка задачи.

Важнейшим условием устойчивой работы системы сотовой связи является бесперебойность процесса электроснабжения. С точки зрения бесперебойности питания электроприемники базовых станций (БС) сотовой связи относятся к первой и второй категориям [1].

Решение этой задачи особенно актуально для автономных систем электроснабжения БС (АСЭ БС), возможность электроснабжения которых по целому ряду причин затруднена или невозможна от стационарных центров электропитания районных электросетей. Известно [2,3], что в качестве первичных источников электрической энергии на таких станциях широкое применение в настоящее время находят устройства на основе возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ), использующих энергию солнца и ветра в сочетании с накопителем энергии в виде аккумуляторной батареи (АБ) и резервным источником на базе дизель – электрической установки (ДЭУ).

Достоинством альтернативных источников является возможность получения электрической энергии благодаря преобразованию нетрадиционных видов энергии, без использования углеводородных компонентов, в частности, энергии ветра, солнца и окислительно- восстановительных реакций.

Следовательно, строительство общенациональных сетей сотовой связи с электропитанием БС на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в регионах России, где отсутствует централизованное электроснабжение, является актуальной научно-технической задачей.

Материалы исследования.

Задача формулируется следующим образом. Требуется разработать предложения по выбору типа ветрогенератора в составе АСЭ БС, исходя из анализа характеристик известных устройств. Для решения задачи необходимо:

- провести анализ характеристик известных типов ветрогенераторов;
- разработать схему АСЭ БС с выбранным типом ВЭУ;
- разработать ВЭУ для АСЭ БС.

В практике хорошо известны и широко используются два типа ВЭУ: с горизонтальным и вертикальным расположением осей вращения привода установки [4,5]. Горизонтальные ВЭУ в сравнении с вертикальными характеризуются бóльшим КПД. Недостатком горизонтальных ВЭУ является необходимость поддержания оси ветрогенератора в направлении ветра. В зависимости от конкретных условий потребляемая мощность электроприемников в составе АСЭ составляет от 3 до 15 кВт.

Рабочие свойства ВЭУ оцениваются рядом технических характеристик, основными из которых являются [6-9]: а) экологичность; б) надежность. в) минимальная эффективная скорость ветра; г) стоимость.

Экологичность.

Воздействие на окружающую среду со стороны работающих ВЭУ происходит по трем направлениям: создание аэродинамических шумов, генерирование

электромагнитных помех и опасность для перемещения птиц в прилегающем воздушном пространстве. По уровню шума ветрогенераторы с вертикальной осью вращения привода существенно превосходят горизонтально приводные ВЭУ.

Экспериментально доказано, что уровень аэродинамических шумов от горизонтально-пропеллерных установок значительно выше, чем у ВЭУ с вертикальной осью вращения, в частности для горизонтальных ВЭУ он составляет 40÷60 дБ, а для вертикальных- 35÷50 дБ [9]. Это позволяет размещать вертикальные ВЭУ в непосредственной близости от жилых помещений, а также на крыше зданий.

Электромагнитные помехи, создаваемые вертикально-осевыми ВЭУ значительно меньше, чем у ВЭУ горизонтально-осевых [9]. Поэтому их можно размещать вблизи центров, где требования к чистоте эфира достаточно высоки в связи с присутствием навигационного оборудования. Установлено также, что ВЭУ с вертикальной осью вращения для птиц в прилегающем воздушном пространстве, представляют значительно меньшую опасность по сравнению с горизонтальной осью вращения [9].

Надежность.

Опыт эксплуатации ВЭУ с горизонтальной осью убедительно доказывает, что до 13% отказов приходится на механизмы в системах ориентации ветроколеса на направление ветра [8]. Отсутствие необходимости отслеживания направления ветра для вертикальных ВЭУ упрощает конструкцию установки, облегчает выполнение комплекса монтажных и наладочных работ и в целом повышает надежность установки.

Минимальная эффективная скорость ветра.

Принципиальным отличием вертикальных ВЭУ от горизонтальных является их свойство работать при малых скоростях ветра, начиная со значения 0,3 м/с [7,8]. Это обстоятельство особенно важно для большинства регионов СНГ, на территории которых слабые ветры имеют место в течение 70-80% времени [10].

Стоимость.

Сравнение ВЭУ по стоимости показывает, что отличие в цене не является существенным. Однако благодаря свойству вертикальных ВЭУ вырабатывать в условиях слабых ветров большее количество энергии по сравнению с горизонтальными при сравнении моделей номинальной мощности, ВЭУ с вертикальной осью вращения на треть дешевле обычных горизонтальных ветряков при расчете оборудования на реально полученные киловатты, а эксплуатационные расходы для вертикально-осевых ВЭУ в основном определяются необходимостью смазки в узлах поворотных лопастей [11].

Кроме этого, возможность размещения генератора и мультипликатора на фундаменте установки с вертикальной осью вращения, на разборных мачтах высотой до 4 метров или крышах зданий обеспечивает устойчивость установки, удобство монтажа и технического обслуживания при эксплуатации [12,13].

Следовательно, по результатам сравнительного анализа технических и стоимостных характеристик ВЭУ малой мощности до 15 кВт можно сделать заключение о целесообразности применения в составе АСЭ БС ВЭУ с вертикальной осью вращения вала.

Разработка схемы АСЭ БС с выбранным типом ВЭУ.

Базовым принципом построения АСЭ БС является максимально возможное использование энергии ветра и солнца и минимизация использования энергии ДЭУ. Энергию ветра целесообразно оценивать текущим значением электрической мощности, вырабатываемой ВЭУ ($P_{ВЭУ}$). Энергию солнца - текущим значением электрической мощности, вырабатываемой СБ ($P_{СБ}$). Суммарную потребляемую электрическую мощность в каждый момент времени можно оценить требуемым текущим значением ($P_{Σ.ТР}$).

Алгоритм работы системы состоит в следующем. В зависимости от специфики, приоритетности решаемых станцией задач и природно-климатических условий, установленные в ее составе ВЭУ ($P_{уст.ВЭУ}$) и СБ ($P_{уст.СБ.}$) по мощности могут быть равны или отличаться по номинальным значениям.

При текущем значении электрической мощности $P_{ВЭУ,}$ большем текущего требуемого значения $P_{Σ.ТР}$ приемники станции могут обеспечиваться от ВЭУ. Аналогично – при текущем значении электрической мощности $P_{СБ}$, все приемники могут обеспечиваться от СБ. В общем случае, если текущие значения $P_{ВЭУ}$ и $P_{СБ}$ превышают текущее значение мощности $P_{Σ.ТР}$, то уровень вырабатываемой мощности каждым из этих источников обеспечивается соответствующими регуляторами.

При равенстве установленных мощностей $P_{уст.ВЭУ} = P_{уст.СБ.}$ требуемое текущее значение мощности $P_{Σ.ТР}$ обеспечивается их комбинацией также посредством соответствующих регуляторов. Текущие значения генерируемых мощностей контролируются соответствующими датчиками (ДМ ВЭУ, ДМ ДЭУ, ДМ СБ). Требуемое текущее значение мощности контролируется датчиком потребляемой мощности (ДПМ).

При недостаточном суммарном текущем значении $P_{ВЭУ}$ и $P_{СБ}$ включается в работу и обеспечивает потребителей станции ДЭУ. Таким образом, ДЭУ как резервный источник задействуется только в случае невозможности покрытия требуемой текущей мощности $P_{Σ.ТР}$ от ВЭУ и СБ. Описанный алгоритм реализуется схемой, представленной на Рисунке 1.

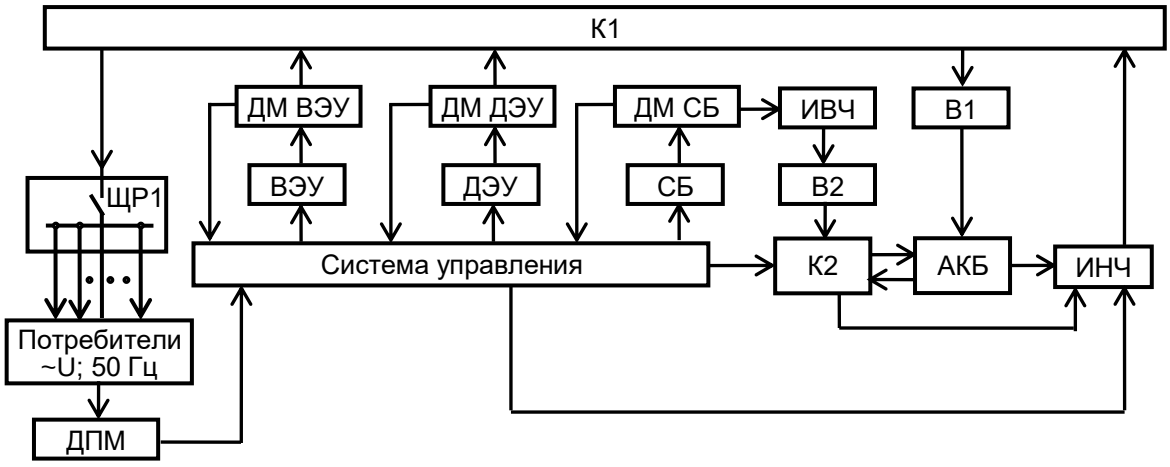


Рисунок 1. Структурная схема автономной системы электроснабжения на основе гибридной солнечно-ветровой энергетической установки и дизель-генератора

При достаточном уровне текущего значения $P_{ВЭУ}$ переменное напряжение с выхода ВЭУ через коммутатор К1, распределительный щит ЩР1 подается к приемникам станции и выпрямителю В1 для подзарядки АКБ.

При достаточном уровне текущего значения $P_{СБ}$ постоянное напряжение с выхода СБ подается на высокочастотный инвертор ИВЧ, с выхода которого напряжение через выпрямитель В2, коммутатор К2 подается на низкочастотный инвертор ИНЧ и далее через распределительный щит ЩР1 также к приемникам станции. При недостатке мощности, вырабатываемой по отдельности ВЭУ ($P_{ВЭУ}$) и СБ ($P_{СБ}$) ее дефицит покрывается их суммарно вырабатываемой мощностью. Коммутатор К2 по сигналам от системы управления обеспечивает подключение АКБ к выпрямителю В2 (при заряде АКБ от СБ) или к выпрямителю В1 (при заряде АКБ от ВЭУ).

В том случае, если суммарное текущее значение электрических мощностей $P_{ВЭУ}$ и $P_{СБ}$ оказывается значительно меньше требуемого текущего значения $P_{Σ.ТР}$ система управления через коммутатор К1 формирует команду на отключение всех приемников от ВЭУ и СБ, проводит запуск ДЭУ и после контроля ее выходных параметров переводит питание приемников с ВЭУ и СБ на ДЭУ через коммутатор К1 и распределительный щит ЩР1. Зарядка АКБ осуществляется от ДЭУ через коммутатор К1 и выпрямитель В1.

Разработка ВЭУ для АСЭ БС.

С учётом изложенных подходов построения АСЭ БС авторами разработана полезная модель вихревой ВЭУ, которая может быть использована для повышения эффективности электроснабжения электроприемников БС [14].

Предложенная вихревая ВЭУ имеет следующие достоинства [15,16,17]:

- низкий шум и вибрации (менее 35 дБ), что позволяет размещать её на антенной мачте;
- низкий уровень электромагнитных помех для приемо-передающего оборудования объектов связи;
- отсутствие необходимости возведения отдельного высотного сооружения в виде мачты для ВЭУ высотой не менее 30-40 метров для обеспечения требуемой скорости ветра и обусловленные этим, оперативность, удобство монтажа, технического обслуживания и ремонта установки.

Конструкция устройства представлена на рисунке 2. Устройство для преобразования кинетической энергии ветра в механическую энергию содержит раструб 5, выполненный в виде усеченного конуса или цилиндра, переходящего в усеченный конус, и расположенный в нем по его вертикальной оси ротор, выполненный в виде вала 2 с закрепленным на нем посредством соединительных дисков 6 лопастями 7 с частичным выступом 8 их из нижней части раструба 5. Кроме этого, указанный раструб 5 устанавливается на опорах 9 с подпятниками 16, по меньшей мере, трех по условиям устойчивости, на уровне верхнего среза 4 раструба 5 в горизонтальной плоскости устанавливается жестко связанная с раструбом 5 силовая крестовина 3, в центре которой размещается подшипниковый узел 1, в котором закрепляется вал 2 ротора с возможностью вращения, на уровне нижней части опор 9 раструба 5 в горизонтальной плоскости устанавливается жестко связанная с опорами 9 посредством силовых элементов конструкции 14 силовая крестовина 13, в центре которой размещается подшипниковый узел 15, в котором закрепляется вал 2 ротора с возможностью вращения. При этом высота опор 9 раструба 5 определяется возможностью прохождения воздуха. Генератор ЭДС 10 с

индуктором 11 и якорем 12 устанавливается на силовой крестовине 13 на уровне нижней части опор 9 раструба 5 в горизонтальной плоскости, ротор генератора ЭДС 10 жестко связан с валом 2 ротора, а габаритные размеры генератора ЭДС 10 определяются возможностью получения максимально возможной ЭДС и ограничены опорами 9 раструба. Раструб 5 имеет нижний срез 17.

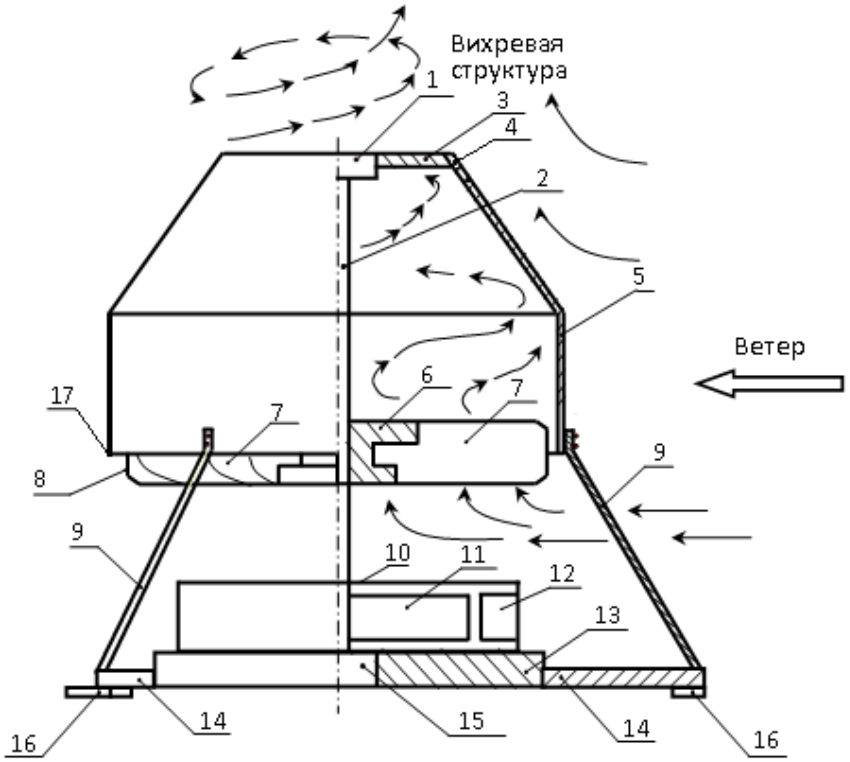


Рисунок 2. Конструкция вихревой ветроэнергетической установки

Работа вихревой ветроэнергетической установки.

При обдуве ветром лопастей 7 ротора вал 2 ротора начинает вращаться, создавая перепад скоростей слоев воздуха в пространстве между нижним 17 и верхним 4 срезами раструба 5, в результате чего возникает устойчивый вихревой воздушный поток, который обеспечивает преобразование энергии ветра в механическую энергию вращения ветроколеса, содержащего диск 6 и лопасти 7, и вала 2 ротора. Вал 2 ротора через подшипниковый узел 15 связан с силовой крестовиной 13 на уровне нижней части опор 9 раструба 5. Благодаря этому снижаются вибрации в вертикальной плоскости по причине исключения реакций со стороны опор 9 на раструб 5 в вертикальной плоскости.

Снижение вибраций и уменьшение колебаний вала 2 в горизонтальной плоскости обеспечивается подшипниковым узлом 1, соединяющим вал 2 ротора с силовой крестовиной 3, которая жестко связана с раструбом 5 на уровне верхнего среза 4 раструба.

Пространственное расположение генератора ЭДС 10 на силовой крестовине 13 уменьшает высоту центра масс всех вращающихся элементов и в целом всей конструкции устройства, что повышает ее устойчивость, а, следовательно, снижаются реакции в подшипниковых узлах на уровне верхнего и нижнего срезов раструбов, продлевается ресурс подшипниковых узлов, способствуя упрощению технологии эксплуатации.

Таким образом, предложенная вихревая ВЭУ позволяет использовать малые ветра, а в теплое время года, и низкопотенциальные тепловые восходящие потоки воздуха от земли, снизить низкочастотную вибрацию и повысить устойчивость.

Выводы.

1. Проведен сравнительный анализ характеристик известных типов ветрогенераторов и на этой основе сделан вывод о целесообразности использования в качестве источника энергии на автономных объектах связи ВЭУ с вертикальной осью вращения вала.
2. Разработана структурная схема системы электроснабжения автономного объекта связи на базе солнечно-ветровой энергетической установки и дизель-генератора и описана её работа в различных эксплуатационных режимах.
3. Разработана вихревая вертикальная ветроустановка в составе станции, позволяющая улучшить технико-экономические характеристики систем электроснабжения автономных объектов связи.

Литература:

1. Библиотека гостов и нормативов. РД 45.162-2001 «Ведомственные нормы технологического проектирования. Комплексы сетей сотовой и спутниковой подвижной связи общего пользования». [Электронный ресурс]: URL: //http:// www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10939/ (дата обращения 12.04.2019 г.).

2. Rudenko N.V., Sukiyazov A.G., Shokova Yu.A. Adaptive control efficiency enhance-ment for hybrid solar-wind energy farms // 7th International Scientific Conference Science and Society. Held by SCIEURO in London. 25-26 November 2014. P.43-50.

3. Руденко Н.В., Ершов В.В., Воржев В.Б. Система автономного электроснабжения крестьянского фермерского хозяйства на основе возобновляемых источников энергии. // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: Сборник статей 10 международной научно-практической конференции 1 – 3 марта 2017 г., г. Ростов-на-Дону. В рамках 20-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2017», Ростов н/Д, 2017. С.563-567.

4. Основные виды ветрогенераторов: вертикальные, горизонтальные. [Электронный ресурс]: URL: http://tcip.ru/blog/wind/osnovnye-vidy-vetrogeneratorov-vertikalnye-gorizontalnye.html (дата обращения 12.04.2019 г.).

5. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения российского производства. [Электронный ресурс]: URL: http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryi-s-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/ (дата обращения 15.04.2019 г.).

6. Соломин, Е.В. Технические особенности и преимущества ветроэнергетических установок / Е.В.Соломин, Р.Л.Холстед // Альтернативная энергетика и экология. – М.: НИИЭС, 2010. – №1. – С.36–41.

7. Соломин Е.В. Ветроэнергетические установки ГРЦ-Вертикаль // Альтернативная энергетика и экология, 2010 № 1.С. 10-15.

8. Сравнительный анализ ветрогенераторов Сравнительный анализ вертикально-осевых и горизонтально пропеллерных ветроустановок. [Электронный ресурс]: http://www.ecoteco.ru/id1198. (дата обращения 16.04.2019 г.).

9. Что лучше - вертикальный или горизонтальный ветрогенератор? Преимущества и недостатки [Электронный ресурс]: URL:http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/ vertikal/148-chto-luchshe-vertikalnyy-

ili-orizontalnyy-vetrogenerator-preimuschestva-i-nedostatki.html. (дата обращения 15.04.2019 г.).

10. Критерии идеального ветрогенератора. [Электронный ресурс]: URL: http://vetronet.com/критерии-идеального-ветряка/. (дата обращения 17.04.2019 г.).

11. Окупаемость Ветроэнергетических установок в условиях средней полосы России. [Электронный ресурс]: URL: http://www.termocool.ru/products/okupaemost-vetroenergeticheskih-ustanovok. (дата обращения 12.04.2019 г.).

12. ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВЫЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРЫ. ЗА И ПРОТИВ. [Электронный ресурс]: URL: // http:// savenergy.info/page/vertikalno-osevye-vetrogeneratory-za-i-protiv/ (дата обращения 18.04.2019 г.).

13. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения российского производства. [Электронный ресурс]: URL: //http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryi-s-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/ (дата обращения 20.04.2019 г.).

14. Rudenko N.V., Ershov V.V., Evstafiev V.V. Improvement of ecological and resource-consumption properties of hybrid power supply plants of mobile base stations//Proc. International Conf. on Industrial Eng., Application. And Manufact. (ICIEAM). 16-19 May 2017, St.-Petersburg, Russia. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076240

15. Руденко Н.В., Ершов В.В., Пугачев И.В. Устройство для преобразования кинетической энергии ветра в механическую энергию: патент на полезную модель № 182523Рос. Федерация. №2018104927; заявл. 09.02.2018; опубл. 22.08.2018. Бюл. № 24.

16. Rudenko N.V., Ershov V.V., Evstafiev V.V. The Environmen Friendly Power Source for Power Supply of Mobile Communication Base Stations //IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. vol.66 (1). [Электронный ресурс]: URL: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/66/1/012024 (дата обращения 20.04.2019 г.)

17. Rudenko N.V., Ershov V.V., Konshina N. Energy Conservation in High-Rise Buildings Based on Environmentally-Friendly Renewable Energy Sources // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 224 (1). [Электронный ресурс]: URL: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/224/1/012020/ pdf (Дата обращения: 20.04.2019 г.).

В.В. Харченко, С.М. Козловский, Д.В. Харченко

РЕШЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия

Ключевые слова: антенна, антенная решетка, покрытие.

В статье рассмотрено решение задачи возбуждения идеально проводящего кругового цилиндра с многослойным диэлектрическим покрытием системой магнитных излучателей (щелей). Получены соотношения для коэффициентов разложения, позволяющие разработать вычислительный алгоритм по расчету электромагнитных полей.

V.V. Kharchenko, S.M. Kozlovsky, D.V. Kharchenko

THE SOLUTION OF THE ELECTRODYNAMIC PROBLEM OF THE ANALYSIS OF CYLINDRICAL ANTENNAS

Military educational scientific center air force "Air force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin", Voronezh, Russia

Keywords: antenna, antenna array, coating.

The article considers the solution of the problem of excitation of a perfectly conducting circular cylinder with a multilayer dielectric coating by a system of magnetic emitters (slits). The relations for the coefficients of decomposition, allowing to develop a computational algorithm for the calculation of electromagnetic fields.

Одним из наиболее перспективных типов антенн являются цилиндрические антенны. К антеннам такого типа можно отнести систему магнитных вибраторов (щелевых излучателей), размещаемых на поверхности идеально проводящего кругового цилиндра с диэлектрическим покрытием [1, 2]. Диэлектрическое покрытие, помимо выполнения функций защиты конструкции от механических повреждений и влияния окружающей среды также необходимо для снижения уровня боковых лепестков диаграммы направленности и согласования излучателей в диапазоне частот, то есть для улучшения, как характеристик направленности, так и энергетических параметров антенны.

Решение задачи возбуждения цилиндра с диэлектрическим покрытием системой магнитных излучателей условно можно разделить на две частные задачи:

- нахождение распределения тока в раскрывах излучателей;
- расчёт диаграммы направленности антенны.

Основой решения указанных задач является нахождение поля вспомогательного диполя, ориентированного параллельно образующей цилиндра [3].

Рассмотрим идеально проводящий круговой цилиндр радиуса r_1, на поверхности которого, под многослойным диэлектрическим покрытием, параллельно образующей цилиндра располагаются магнитные диполи. Пусть радиус m-го слоя многослойного диэлектрического покрытия изменяется от r_m до r_{m+1}, где m- номер слоя, граничащего со свободным пространством. Выберем цилиндрическую систему координат, коаксиальную с этим цилиндром. Геометрия задачи приведена на Рисунке 1. Зависимость всех величин от времени определяется множителем $\exp(i\omega t)$, который в дальнейшем опущен.

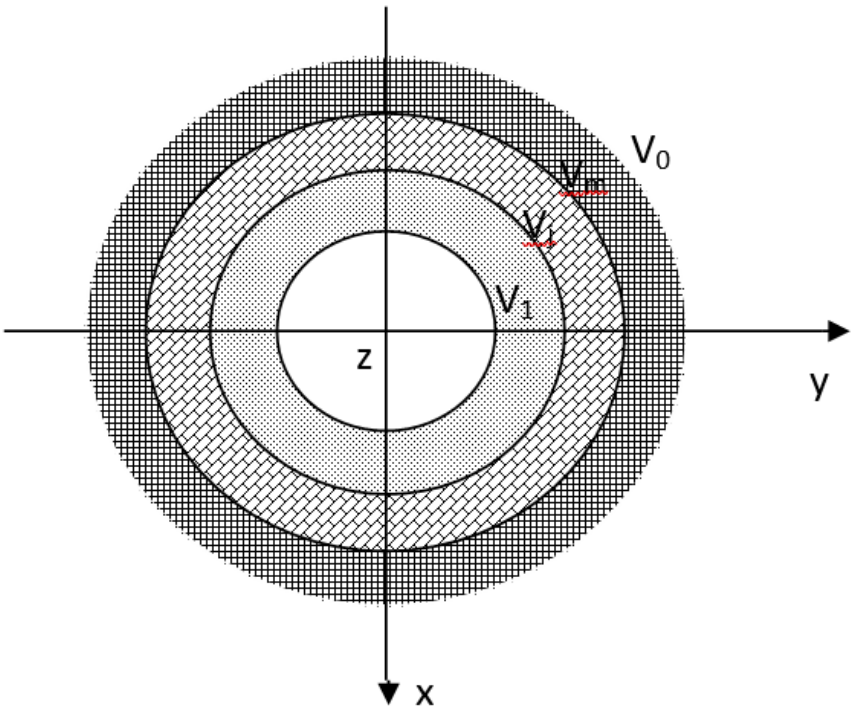


Рисунок 1. Геометрия задачи

sfb,v.,mb a.mnf

Сторонний магнитный ток, протекающий по диполю, описывается выражением:

$$\vec{j}^{M,CT} = \vec{i}_z I_0^M \delta(\rho-\rho_0)\delta(\varphi-\varphi_0)\delta(z-z_0)\frac{1}{\rho}. \qquad (1)$$

Выражение для электродинамического потенциала падающего поля диполя в цилиндрической системе координат имеет вид [3]:

$$\vec{A}^{\Pi} = \vec{i}_z \frac{I_0^M}{4i}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-ihz}\sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\begin{Bmatrix} J_n(\nu r_0)H_n^{(2)}(\nu r), r \ge r_0 \\ J_n(\nu r)H_n^{(2)}(\nu r_0), r \le r_0 \end{Bmatrix} dh .$$

Составляющие векторов $\vec{E}$ и $\vec{H}$ в падающем поле определяются выражением:

$$E_r^n = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{i_z I_M^0}{4r} e^{-ihz}\sum_{n=-\infty}^{\infty} n e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\begin{Bmatrix} J_n(\nu r_0)H_n^{(2)}(\nu r), r \ge r_0 \\ J_n(\nu r)H_n^{(2)}(\nu r_0), r \le r_0 \end{Bmatrix} dh ,$$

$$E_\varphi^n = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{i_z I_M^0 \nu}{4i} e^{-ihz}\sum_{n=-\infty}^{\infty} n e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\begin{Bmatrix} J_n(\nu r_0)H_n^{(2)'}(\nu r), r \ge r_0 \\ J'_n(\nu r)H_n^{(2)}(\nu r_0), r \le r_0 \end{Bmatrix} dh ,$$

$E_z^n = 0$,

$$H_r^n = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{-i_z I_0^M h\nu}{4ikW} e^{-ihz}\sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\begin{Bmatrix} J_n(\nu r_0)H_n^{(2)'}(\nu r), r \ge r_0 \\ J'_n(\nu r)H_n^{(2)}(\nu r_0), r \le r_0 \end{Bmatrix} dh ,$$

$$H_{\varphi}^{n}=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{-i_z I_0^{M} h}{4kWr}e^{-ihz}\sum_{n=-\infty}^{\infty}ne^{-in(\varphi-\varphi_0)}\begin{Bmatrix}J_n(\nu r_0)H_n^{(2)}(\nu r), r\ge r_0\\ J_n(\nu r)H_n^{(2)}(\nu r_0), r\le r_0\end{Bmatrix}dh,$$

$$H_{z}^{n}=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{i_z I_0^{M}(k^2-h^2)}{4iWk}e^{-ihz}\sum_{n=-\infty}^{\infty}ne^{-in(\varphi-\varphi_0)}\begin{Bmatrix}J_n(\nu r_0)H_n^{(2)}(\nu r), r\ge r_0\\ J_n(\nu r)H_n^{(2)}(\nu r_0), r\le r_0\end{Bmatrix}dh. \quad (2)$$

Электродинамические потенциалы магнитного и электрического рассеянного поля в области диэлектрического покрытия имеют вид:

$$A_j^{мв}=\int_{-\infty}^{\infty}\left(\sum_{n=-\infty}^{\infty}a_n^{(j)}(h)e^{-in(\varphi-\varphi_0)}H_n^{(2)}(\nu r)e^{-ihz}+b_n^{(j)}(h)e^{-in(\varphi-\varphi_0)}H_n^{(1)}(\nu r)e^{-ihz}\right)dh$$

- векторный магнитный потенциал рассеянного поля в области Vj,

$$A_j^{эв}=\int_{-\infty}^{\infty}\left(\sum_{n=-\infty}^{\infty}c_n^{(j)}(h)e^{-in(\varphi-\varphi_0)}H_n^{(2)}(\nu r)e^{-ihz}+d_n^{(j)}(h)e^{-in(\varphi-\varphi_0)}H_n^{(1)}(\nu r)e^{-ihz}\right)dh$$

- векторный электрический потенциал рассеянного поля в области Vj ,

а в области вне диэлектрического покрытия $(r\ge r_{m+1})$:

$$A_0^{мв}=\int_{-\infty}^{\infty}\sum_{n=-\infty}^{\infty}a_n^{(0)}(h)e^{-in(\varphi-\varphi_0)}H_n^{(2)}(\nu r)e^{-ihz}dh.$$

$$A_0^{эв}=\int_{-\infty}^{\infty}\sum_{n=-\infty}^{\infty}c_n^{(0)}(h)e^{-in(\varphi-\varphi_0)}H_n^{(2)}(\nu r)e^{-ihz}dh$$

-векторные магнитный и электрический потенциалы рассеянного поля.

Введение продольных составляющих электрического поля вызвано необходимостью формулировки граничных условий:

- обращение в нуль z- и φ- компонент напряжённости электрического поля на поверхности идеально проводящего цилиндра;
- равенства соответственно z- и φ- компонент напряжённости электрического поля на границе раздела между слоями диэлектрического покрытия;
- равенства соответственно z- и φ- компонент напряжённости магнитного поля на границе раздела между слоями диэлектрического покрытия;
- равенства соответственно z- и φ- компонент напряжённости электрического поля на границе раздела диэлектрическое покрытие - свободное пространство;
- равенства соответственно z- и φ- компонент напряжённости магнитного поля на границе раздела диэлектрическое покрытие - свободное пространство.

Составляющие векторов $\vec{E}$ и $\vec{H}$ в рассеянном поле в области j-го слоя диэлектрика (j=1,…,m) имеют вид:

$$H_{\varphi}^{в(j)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{-hn}{ik_jW_jr}(a_n^{(j)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)+b_n^{(j)}(h)H_n^{(1)}(\nu r))\right.$$

$$-\nu(c_n^{(j)}(h)H_n^{(2)'}(\nu r)+d_n^{(j)}(h)H_n^{(1)'}(\nu r))\Big\}dh,$$

$$H_z^{в(j)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{k_j^2-h^2}{ik_jW_j}\left(a_n^{(j)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)+b_n^{(j)}(h)H_n^{(1)}(\nu r)\right)\right\}dh,$$

$$H_\rho^{в(j)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{-\nu h}{k_jW_j}(a_n^{(j)}(h)H_n^{(2)'}(\nu r)+b_n^{(j)}(h)H_n^{(1)'}(\nu r))-\right.$$
$$\left.-\frac{in}{r}(c_n^{(j)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)+d_n^{(j)}(h)H_n^{(1)}(\nu r))\right\}dh,$$

$$E_\varphi^{в(j)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{-hnW_j}{ik_jr}(c_n^{(j)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)+d_n^{(j)}(h)H_n^{(1)}(\nu r))+\right.$$
$$\left.+\nu(a_n^{(j)}(h)H_n^{(2)'}(\nu r)+b_n^{(j)}(h)H_n^{(1)'}(\nu r))\right\}dh,$$

$$E_z^{в(j)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{(k_j^2-h^2)W_j}{ik_j}(c_n^{(j)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)+\right.$$
$$\left.+d_n^{(j)}(h)H_n^{(1)}(\nu r))\right\}dh,$$

$$E_\rho^{в(j)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{-\nu hW_j}{k_j}(c_n^{(j)}(h)H_n^{(2)'}(\nu r)+\right.$$
$$\left.+d_n^{(j)}(h)H_n^{(1)'}(\nu r))+\frac{in}{r}(a_n^{(j)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)+b_n^{(j)}(h)H_n^{(1)}(\nu r))\right\}dh, \qquad (3)$$

где $r_j\le r\le r_{j+1}$.

В области вне диэлектрического покрытия (области V_0):

$$H_\varphi^{в(0)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{-nh}{ik_0W_0r}a_n^{(0)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)-\nu c_n^{(0)}(h)H_n^{(2)'}(\nu r)\right\}dh,$$

$$H_z^{в(0)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{k_0^2-h^2}{ik_0W_0}a_n^{(0)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)\right\}dh,$$

$$H_\rho^{в(0)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{-\nu h}{k_0W_0}a_n^{(0)}(h)H_n^{(2)'}(\nu r)-\frac{in}{r}c_n^{(0)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)\right\}dh,$$

$$E_\varphi^{в(0)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{-nhW_0}{ik_0r}c_n^{(0)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)+\nu a_n^{(0)}(h)H_n^{(2)'}(\nu r)\right\}dh$$

$$E_z^{в(0)}=\sum_{n=-\infty}^{\infty}e^{-in(\varphi-\varphi_0)}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-ihz}\left\{\frac{(k_0^2-h^2)W_0}{ik_0}c_n^{(0)}(h)H_n^{(2)}(\nu r)\right\}dh,$$

$$E_{\rho}^{в(0)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{-in(\varphi-\varphi_0)} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-ihz} \left\{ \frac{-\nu h W_0}{k_0} c_n^{(0)}(h) H_n^{(2)'}(\nu r) + \frac{in}{r} a_n^{(0)}(h) H_n^{(2)}(\nu r) \right\} dh \quad (4)$$

При записи граничных условий учтём, что $W_j = W_0 \sqrt{\frac{\mu_j}{\varepsilon_j}}$ и $k_j = k_0 \sqrt{\mu_j \varepsilon_j}$. Кроме того, в силу выполнения условий ортогональности азимутальных составляющих и одинаковой зависимости вдоль образующей цилиндра падающего и рассеянного полей, можно перейти к рассмотрению спектральных составляющих компонент электромагнитного поля. Запишем граничные условия:

$$E_z=0\big|_{r=r_1} \qquad \frac{(k_1^2 - h^2) W_1}{ik_1} (c_n^{(1)}(h) H_n^{(2)}(\nu_1 r_1) + d_n^{(1)}(h) H_n^{(1)}(\nu_1 r_1)) = 0,$$

$$E_{\varphi}=0\big|_{r=r_1} \qquad \frac{I_0^{м} \nu_1}{4i} J_n'(\nu_1 r_1) H_n^{(2)}(\nu_1 r_1^{(1)}) - \frac{hn W_1}{k_1 r_1 i} (c_n^{(1)}(h) H_n^{(2)}(\nu_1 r_1) +$$

$$+ d_n^{(1)}(h) H_n^{(1)}(\nu_1 r_1)) + \nu_1 (a_n^{(1)}(h) H_n^{(2)'}(\nu_1 r_1) + b_n^{(1)}(h) H_n^{(1)'}(\nu_1 r_1)) = 0,$$

на идеально проводящем цилиндре;

$$E_z^{(j-1)} = E_z^{(j)} \qquad \frac{(k_{j-1}^2 - h^2) W_{j-1}}{ik_{j-1}} (c_n^{(j-1)}(h) H_n^{(2)}(\nu_{j-1} r_j) + d_n^{(j-1)}(h) H_n^{(1)}(\nu_{j-1} r_j)) =$$

$$= \frac{(k_j^2 - h^2) W_j}{ik_j} (c_n^{(j)}(h) H_n^{(2)}(\nu_j r_j) + d_n^{(j)}(h) H_n^{(1)}(\nu_j r_j)),$$

$$E_{\varphi}^{(j-1)} = E_{\varphi}^{(j)}$$

$$\frac{hn W_{j-1}}{k_{j-1} i r_j} (c_n^{(j-1)}(h) H_n^{(2)}(\nu_{j-1} r_j) + d_n^{(j-1)}(h) H_n^{(1)}(\nu_{j-1} r_j)) + \nu_{j-1} (a_n^{(j-1)}(h) H_n^{(2)'}(\nu_{j-1} r_j) +$$

$$+ b_n^{(j-1)}(h) H_n^{(1)'}(\nu_{j-1} r_j)) =$$

$$= \frac{-nh W_j}{ik_j r_j} (c_n^{(j)}(h) H_n^{(2)}(\nu_j r_j) + d_n^{(j)}(h) H_n^{(1)}(\nu_j r_j)) + \nu_j (a_n^{(j)}(h) H_n^{(2)'}(\nu_j r_j) +$$

$$+ b_n^{(j)}(h) H_n^{(1)'}(\nu_j r_j)),$$

$$H_z^{(j-1)} = H_z^{(j)} \qquad \frac{k_{j-1}^2 - h^2}{k_{j-1} W_{j-1} i} (a_n^{(j-1)}(h) H_n^{(2)}(\nu_{j-1} r_j) + b_n^{(j-1)}(h) H_n^{(1)}(\nu_{j-1} r_j)) =$$

$$= \frac{k_j^2 - h^2}{ik_j W_j} (a_n^{(j)}(h) H_n^{(2)}(\nu_j r_j) + b_n^{(j)}(h) H_n^{(1)}(\nu_j r_j)),$$

$$H_{\varphi}^{(j-1)} = H_{\varphi}^{(j)}$$

$$\frac{hn}{ik_{j-1} W_{j-1} r_j} (a_n^{(j-1)}(h) H_n^{(2)}(\nu_{j-1} r_j) + b_n^{(j-1)}(h) H_n^{(1)}(\nu_{j-1} r_j)) - \nu_{j-1} (c_n^{(j-1)}(h) H_n^{(2)'}(\nu_{j-1} r_j) +$$

$$+ d_n^{(j-1)}(h)H_n^{(1)'}(\nu_{j-1}r_j)) = \frac{-hn}{ik_jW_jr_j}(a_n^{(j)}(h)H_n^{(2)}(\nu_jr_j) + b_n^{(j)}(h)H_n^{(1)}(\nu_jr_j)) -$$

$$-\nu_j(c_n^{(j)}(h)H_n^{(2)'}(\nu_jr_j) + d_n^{(j)}(h)H_n^{(1)'}(\nu_jr_j))$$

на границе между j-1 и j-м слоями диэлектрика;

$$E_z^{(m)} = E_z^{(0)} \qquad \frac{(k_m^2-h^2)W_m}{ik_m}(c_n^{(m)}(h)H_n^{(2)}(\nu_mr_{m+1}) + d_n^{(m)}(h)H_n^{(1)}(\nu_mr_{m+1})) =$$

$$= \frac{(k_0^2-h^2)W_0}{ik_0}c_n^{(0)}(h)H_n^{(2)}(\nu_0r_{m+1}),$$

$$E_\varphi^{(m)} = E_\varphi^{(0)} \qquad -\frac{hnW_m}{k_mir_{m+1}}(c_n^{(m)}(h)H_n^{(2)}(\nu_mr_{m+1}) + d_n^{(m)}(h)H_n^{(1)}(\nu_mr_{m+1})) +$$

$$+\nu_m(a_n^{(m)}(h)H_n^{(2)'}(\nu_mr_{m+1}) + b_n^{(m)}(h)H_n^{(1)'}(\nu_mr_{m+1})) = \frac{-hnW_0}{ik_0r_{m+1}}c_n^{(0)}H_n^{(2)}(\nu_0r_{m+1}) +$$

$$+\nu_0a_n^{(0)}(h)H_n^{(2)'}(\nu_0r_{m+1}),$$

$$H_z^{(m)} = H_z^{(0)}$$

$$\frac{k_m^2-h^2}{k_mW_mi}(a_n^{(m)}(h)H_n^{(2)}(\nu_mr_{m+1}) + b_n^{(m)}(h)H_n^{(1)}(\nu_mr_{m+1})) = \frac{k_0^2-h^2}{ik_0W_0}a_n^{(0)}(h)H_n^{(2)}(\nu_0r_{m+1})$$

$$,$$

$$H_\varphi^{(m)} = H_\varphi^{(0)}$$

$$-\frac{hn}{ik_mW_mr_{m+1}}(a_n^{(m)}(h)H_n^{(2)}(\nu_mr_{m+1}) + b_n^{(m)}(h)H_n^{(1)}(\nu_mr_{m+1})) - \nu_m(c_n^{(m)}(h)H_n^{(2)'}(\nu_mr_{m+1}) +$$

$$+ d_n^{(m)}(h)H_n^{(1)'}(\nu_mr_{m+1})) = \frac{-hn}{ik_0W_0r_{m+1}}a_n^{(0)}(h)H_n^{(2)}(\nu_0r_{m+1}) - \nu_0c_n^{(0)}(h)H_n^{(2)'}(\nu_0r_{m+1}) \tag{5}$$

на границе раздела: диэлектрическое покрытие – свободное пространство.

Применив один из известных методов решения систем линейных алгебраических уравнений, можно получить явные выражения для коэффициентов разложения электромагнитных полей [4-8]:

$$a_n^{(0)}(h) = \frac{2Tm_ni}{\pi^2\nu r_1r_2H_n^{(2)}(\nu_0r_2)P_n\nu_0(Te_nTm_n - Tc_n^2)}, \tag{6}$$

$$c_n^{(0)}(h) = \frac{-2Tc_n}{\pi^2\nu r_1r_2WH_n^{(2)}(\nu_0r_2)P_n\nu_0(Te_nTm_n - Tc_n^2)}, \tag{7}$$

где коэффициенты Q_n, P_n, D_n, R_n, Te_n, Tm_n, Tc_n - рекуррентные соотношения, определяемые по известным формулам [5].

Таким образом, в работе получены соотношения, позволяющие разработать эффективный вычислительный алгоритм по расчёту электромагнитных полей, возбуждаемых продольным магнитным диполем, расположенным на поверхности кругового цилиндра под слоем диэлектрика.

Литература:

1. *Габриэльян Д.Д., Звездина М.Ю., Харченко В.В.* Влияние параметров магнитодиэлектрического покрытия на излучение продольной щели на цилиндре // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2004, Т.7, №4, с. 34-39.

2. *Харченко В.В., Герасимов Н.И., СухопаровП.Е*. Анализ эффективности использования интеллектуальных покрытий в антеннах радиолокационных комплексов [Электронный ресурс] / Современные проблемы науки и образования. Электронный научный журнал. ISSN 1817-6321. №6. 2012.

3. *Петров Б.М.* Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. М.: Радио и связь, 2000.- 559с.

4. *Erturk V., Rojas R.* Efficient computation of surface fields excited on a Dielectric-coated circular cylinder IEEE Trans. Antennas and Propag., V. AP-48, 2000, №10, P. 1507-1516.

5. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица и И.Стиган. – М.: Наука, 1979. – 832 с.6. Отто М. Современные методы аналитической химии. — М.: Техносфера, 2008. — 544 с.

6. *Касьянов А.О., Обуховец В.А.* Интеллектуальные радиоэлектронные покрытия. Современное состояние и проблемы // Антенны. – 2001,вып. 4(50),с. 4-11.

7. *Габриэльян Д.Д., Звездина М.Ю.* Взаимное сопротивление продольных вибраторов вблизи импедансного кругового цилиндра // Радиотехника. - 2000. - №5. - С.67-69.

8. *Габриэльян Д.Д., Звездина М.Ю., Лабунько О.С., Харченко В.В.* Метод расчета проводимости щелей на круговом цилиндре под слоем магнитодиэлектрика. // Электромагнитные волны и электронные системы, 2005, вып. 5. - С. 24-29.

В.Г. Кобак, АА. Пешкевич, А.Г. Жуковский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К ЭЛИТИЗМУ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА

Донской государственный технический университет

Ключевые слова: задача коммивояжёра, генетический алгоритм, хромосома, элитизм, путевое представление, кроссовер, упорядоченный кроссовер, жадная мутация, жадный алгоритм.

В статье рассмотрено сравнение различных подходов к формированию элитной особи в модифицированной модели Голдберга для решения задачи коммивояжёра. Применяется путевой подход к формированию пути в виде хромосомы. Для путевого представления используется упорядоченный кроссовер и «жадная» мутация. В поколении располагается только одна элитная особь. При работе с элитизмом используются следующие подходы: без использования элиты, элитная особь формируется жадным алгоритмом и элитная особь – лучшая особь в поколении. Для автоматизации проведения анализа и сравнения подходов реализовано программное средство. С его помощью были проведены эксперименты с графом в 76 вершин, получены результаты и проведено сравнение эффективности подходов к элитизму.

V.G. Kobak, AA. Pashkevich, A.G. Zhukovsky

THE USE OF DIFFERENT APPROACHES TO ELITISM IN GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING THE TRAVELLING SALESMAN PROBLEM

Don state technical University

Keywords: traveling salesman problem, genetic algorithm, chromosome, elitism, path representation, crossover, ordered crossover, greedy mutation, greedy algorithm.

The article presents a comparison of different approaches to the formation of an elite individual in a modified Goldberg model to solve the traveling salesman problem. A pathway approach to the formation of a pathway in the form of a chromosome is applied. An ordered crossover and "greedy" mutation are used for the track representation. In generation is only one elite individual. When working with elitism, the following approaches are used: without the use of elite, an elite individual is formed by a greedy algorithm and an elite individual is the best individual in a generation. To automate the analysis and comparison of approaches implemented software. With its help, experiments with a graph of 76 vertices were carried out, the results were obtained and the effectiveness of approaches to elitism was compared.

Задача коммивояжера является NP-полной [1] и входит в число трансвычислительных [2] при количестве вершин графа больше 66, находясь за пределом Бремерманна[2][3]. Поэтому для решения используется генетический алгоритм [4] и его модифицированная модель Голдберга[5,6].

Одним из способов повышения эффективности работы алгоритма является стратегия элитизма. Он заключается в выделении некоторого количества особей в популяции – элитных особей – с наделением их особыми свойствами. Элитные особи в приоритетном порядке переходят в новое поколение, они могут формироваться различными алгоритмами и в основном представляют лучшее решение. Элитизм позволяет снизить время улучшения решения, предлагая какие-то неоптимальные варианты, но лучшие, чем имеются в текущем поколении, а также сохранить лучший генотип от преждевременного вымирания.

В рамках данной работы будет использоваться одна элитная особь. Она может быть сформирована жадным алгоритмом или представлена лучшей особью в поколении.

Жадный алгоритм заключается в формировании маршрута, который формируется на основе поиска ближайшего пункта к очередному. То есть имея начальный пункт, находим ближайший к нему и помещаем его в маршрут, если такового еще в нем не содержалось. Так продолжаем до полного формирования маршрута.

Когда элитная особь представляется лучшей особью, то в начале каждой итерации алгоритма определяется лучшая особь и принимается в качестве элиты.

Для проведения экспериментов было разработано программное обеспечение. Проведем набор экспериментов со следующими стратегиями: без использования элиты, элита формируется жадным алгоритмом и элита – лучшая особь поколения. Основные параметры генетического алгоритма имеют следующие значения: 500 особей в поколении, 500 поколений без изменения лучшего решения, 100% вероятности кроссовера и мутации, 50 запусков. Эксперимент проводится с графом eil76 из пакета TSP_LIB[7], имеющий точное решение 538. Результаты эксперимента приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

Стратегия	Среднее решение	Лучшее решение	Среднее время, с.
Без элиты	605	571	139
Жадный алгоритм	578	558	68
Лучшая особь	610	570	47

Как видно из Таблицы 1, лучшее решение позволяет получить подход с использованием жадного алгоритма, но на это требуется немного больше времени, чем при стратегии с лучшей особью в качестве элиты.

На основе полученных результатов делаем вывод о том, что использование стратегии элитизма с применением жадного алгоритма для формирования элитной особи является перспективным способом по повышению эффективности работы модифицированной модели Голдберга генетического алгоритма.

Литература:

1. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы: учебное пособие / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик; под ред. В.М. Курейчика. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2004. – 400 с;

2. Optimization through evolution and recombination / Holtz.org – Режим доступа: holtz.org/Library/Natural%20Science/Physics/Optimization%20Through%20Evolution%20and%20Recombination%20-%20Bremermann%201962.htm (дата обращения: 20.01.2019);

3. Algorithms, data and hypotheses. Learning in open worlds // muehlenbein.org: Heinz Muehlenbein URL: http://muehlenbein.org/algo95.pdf (дата обращения: 14.01.19).

4. Нетёсов, А.С. Эволюционно-генетический подход к решению задач оптимизации. Сравнительный анализ генетических алгоритмов с традиционными методами оптимизации / Инженерный вестник Дона. – 2011. – №3. Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/459.

5. Кобак, В.Г. Решение задачи коммивояжера с помощью модифицированной модели Голдберга / В. Г. Кобак, А.А. Пешкевич // Системный анализ, управление и обработка информации: тр. VII междунар. семинара (п. Дивноморское, 6 – 12 октября 2016 г.); Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ. – 2016. – Т.1. – С. 54-56.

6. Кобак В.Г., Поркшеян В.М., Пешкевич А.А., Жуковский А.Г. Решение задачи коммивояжёра гибридной генетической моделью при использовании путевого подхода. Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: технические науки. Издательство: Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: №2, 2017 – С.5-9.

7. TSP_LIB // URL http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/ (дата обращения 30.01.2018).

В.И. Юхнов, И.А.Енгибарян,
О.А. Сафарьян[1], И.А. Пилипенко[1]

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: информационно-измерительная система, модель сигнала, несущая частота, стабильность частоты, метод статистической стабилизации частоты.

Рассматриваются вопросы описания сигнала в распределенной информационно-измерительной системе. Отмечено, что основным отличием такой модели от модели сигнала генератора является задержка времени при получении сигнала от удаленных генераторов и передача сформированных управляющих сигналов к этим объектам. Проанализировано влияние этих факторов на стабильность частоты генератора в распределенной информационно-измерительной системе.

V.I. Yukhnov, I.A. Engibaryan,
O.A. Safar'yan[1], I.A. Pilipenko[1]

SIMULATION OF SIGNALS IN DISTRIBUTED INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: information-measuring system, signal model, carrier frequency, frequency stability, method of statistical frequency stabilization.

The questions of the signal description in the distributed information-measuring system are considered. It is noted that the main difference between this model and the generator signal model is the time delay when receiving a signal from remote generators and the transmission of generated control signals to these objects. The influence of these factors on the frequency stability of the generator in a distributed information-measuring system is analyzed.

Постоянно расширяющееся использование телекоммуникационных и информационных технологий в различных сферах человеческой деятельности, науки и техники является общемировой тенденцией, которая помогает реализовать все более широкие возможности по предоставлению глобальных информационных сервисов. Возможности предоставления различных и все более усложняющихся сетевых сервисов во многом связаны с обеспечением передачи больших объемов цифровых потоков, что напрямую определяется достоверностью передачи отдельных символов. Одним из факторов, в значительной степени определяющим

реализуемость передачи больших потоков информации, является высокая достоверность передачи отдельных символов, что напрямую связано со стабильностью частоты сигналов в каналах телекоммуникаций [1-4].

Для стабилизации частоты колебаний генераторов в телекоммуникационных и информационных системах широко используемых методов стабилизации частот генераторов является, как отмечалось выше, метод ФАПЧ [5]. В то же время при большом числе генераторов использование совокупности большого числа одновременно и независимо функционирующих генераторов позволяет формировать аналог ВОГ. Однако существенной особенностью распределенных информационно-измерительных систем является размещение абонентов на значительной территории, что приводит к задержке поступления сигналов и тем самым снижает возможности стабилизации частоты. Для анализа возникающего снижения эффективности построения ВОГ на основе совокупности системы генераторов необходимо на первом этапе рассмотреть модель сигналов с учетом особенностей распределенной информационно-измерительной системы.

Целью доклада является построение модели сигнала генератора с учетом задержки его прохождения в распределенной информационно-измерительной системе.

На Рисунке 1 приведен график изменения несущей частоты сигнала, обусловленного нестабильностью генератора СВЧ-колебаний.

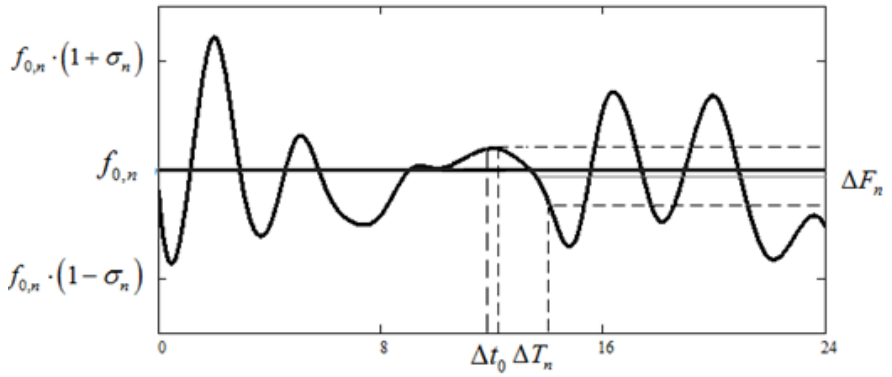


Рисунок 1.

Стабилизация частоты сигнала связана с выполнением следующих операций:

- измерение фаз сигналов генераторов в течение одного измерительного интервала с номинальной длительностью Δt_0;
- оценивание реальной длительности временного интервала измерений Δt_m, отличие которой от номинальной определяется нестабильностью генераторного оборудования устройства оценивания частотно-временных характеристик сигналов;
- оценивание отклонения частоты генератора от номинальной на интервале измерения Δt_m;
- формирование управляющего сигнала для устранения отклонения текущего значения частоты от номинального значения на измерительном интервале и соответственно стабилизации частоты генератора.

Рассмотрим момент времени t_m, в который на вход устройства оценки частоты поступили сигналы от N генераторов. С учетом существующих задержек прохождения сигнала от генератора n-го устройства ($n=1,...,N$) до устройства измеренные значения фаз сигналов относились к моментам времени $t_k = t_m - \tau'_n$ (τ'_n - время прохождения сигнала от n-го генератора до устройства оценки частоты). После формирования оценки частоты управляющий сигнал для изменения частоты поступает на n-й генератор через время τ''_n (соответствующий момент времени обозначим $t_p = t_m + \tau''_n$). Таким образом, в отличие от случая, рассмотренного в работах [6-15] управляющий сигнал на изменение частоты сигнала генератора поступит с временной задержкой $\tau_n = \tau'_n + \tau''_n$, С учетом отмеченной задержки управляющий сигнал подается на вход n-го стабилизируемого генератора в p-й момент времени. При этом $t_p - t_m = \tau_n$. Частота генератора в момент времени t_p может быть определена следующим соотношением

$$f_{n,p} = f_{n,m} + \sum_{q=0}^{Q} a_{m,q}^{(n)} \cdot t^q \quad , \; n=1,...,N \; , \; t \in [0, \tau''_n] . \qquad (1)$$

С учетом величины управляющего воздействия частота сигнала n-го генератора может быть представлена в виде

$$\dot{f}_{n,p} = f_{n,p} - \Delta\hat{f}_{n,m} = f_{n,m} + \sum_{q=0}^{Q} a_{m,q}^{(n)} \cdot t^q - \Delta\hat{f}_{n,m} \quad , \; n=1,...,N \; , \; t \in [0, \tau_n] . \qquad (2)$$

Соотношение (2) определяет математическую модель сигнала n-го стабилизируемого генератора в распределенной информационно-измерительной системе.

Определим статистические характеристики сигнала (3). Математическое ожидание может быть записано следующим образом

$$M\left[f_{n,p} \right] = M\left[f_{n,m} + \sum_{q=0}^{Q} a_{m,q}^{(n)} \cdot t^q - \Delta\hat{f}_{n,m} \right] = M\left[f_{n,m} \right] + M\left[\sum_{q=0}^{Q} a_{m,p}^{(n)} \cdot t^q \right] - M\left[\Delta\hat{f}_{n,m} \right] . \qquad (3)$$

В работах [6-15] показано, что $M\left[f_{n,m} \right] = 0$ и $M\left[\Delta\hat{f}_{n,m} \right] = 0$. С учетом случайного характера отклонений частоты генератора на интервале $[0, \tau''_n]$ можно считать, что $M\left[a_{m,q}^{(n)} \right] = 0$ ($q=1,...,Q$).

Если оценка $\Delta\hat{f}_{n,m}$ отклонения частоты генератора и коэффициенты $a_{m,q}^{(n)}$ являются статистически независимыми, что, как правило имеет место на практике, то дисперсия частоты генератора может быть представлена соотношением

$$D\left[f_{n,p} \right] = D\left[f_{n,m} + \sum_{q=0}^{Q} a_{m,q}^{(n)} \cdot t^q - \Delta\hat{f}_{n,m} \right] = D\left[\Delta f_{n,m} \right] + D\left[\sum_{q=0}^{Q} a_{m,p}^{(n)} \cdot \left(\tau_n'' \right)^q \right] \quad (4)$$

или

$$D\left[f_{n,p} \right] = D\left[f_{n,m} + \sum_{q=0}^{Q} a_{m,q}^{(n)} \cdot t^q - \Delta\hat{f}_{n,m} \right] = D\left[\Delta f_{n,m} \right] + \sum_{p=0}^{P} D\left[a_{m,p}^{(n)} \right] \cdot \left(\tau_n'' \right)^{q+1} \Big/ (q+1) \quad (5)$$

Представленные соотношения (1)-(5) описывают математическую модель сигналов генераторов в распределенной информационно-измерительной системе.

Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ N 19-01-00151.

Литература:

1. Журбенко Е.А., Заикина О.А. Обеспечение достоверности и сохранности конфиденциальной информации в автоматизированных системах обработки данных

2. Алешин Л.И. Защиты информации в системах управления. – М.: МГУК. – 2009.

3. Уочбройт Р. Надёжность и достоверность: проблема информации в Интернете / Интернет в общественной жизни - М.: Идея-Пресс, 2006 – 160 с.

4. Шилин В.И., Круглов А.А. Обеспечение безопасности информационных ресурсов интернет-порталов // ИНФОРМОСТ № 3 (39) 2009.

5. Стариков О. Метод ФАПЧ и принципы синтезирования высокочастотных сигналов // Chip News. – 2001. - №6.

6. Енгибарян И.А., Сафарьян О.А. Использование свойств эмерджентности в инфокоммуникационных системах // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2016, С. 122-126.

7. Сафарьян О.А. Метод статистической стабилизации частоты независимо работающих генераторов в инфокоммуникационных системах: дис. канд. техн. наук: 05.12.04: защищена 23.04.15: утв. 6.10.15 № 1192/нк-6 / Сафарьян Ольга Александровна. – Ростов-на-Дону, 2014. – 151 с.

8. Сафарьян О.А. Метод оценки частоты генераторов в условиях непрогнозируемого изменения длительности интервала измерений // Вестник ДГТУ, 2014, № 4. Ч. 2. - С. 47-54.

9. Габриэльян Д.Д., Прыгунов А.А., Прыгунов А.Г., Сафарьян О.А. Метод оценки частот в системе генераторов // Физические основы приборостроения, 2012, Т. 1. № 2. - С. 72-77.

10. Сафарьян О.А. Моделирование процесса стабилизации частоты генераторов в инфокоммуникационных системах // Вестник ДГТУ, 2016, Т. 16, № 4 (87), Ч. 2. - С. 150-154.

11. Сафарьян О.А. Анализ метода стабилизации частоты в радио- и инфокоммуникационных системах // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. [Электронный ресурс] Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018, С. 37-40.

12. Olga Safaryan, Ivan Sakharov, Nikolay Boldyrikhin, Irina Yengibaryan Method of Reducing Phase Noise in the System Simultaneously and Independently Operating the High-Frequency Signal Generators // Engineering Computations, No.8 (2). Volume 34. Emerald Group Publishing Ltd., 2017, С. 2586 – 2594.

13. Енгибарян И.А., Кульбикаян Б.Х., Сафарьян О.А., Сахаров И.А., Тютюнникова А.И. Численный метод анализа стабилизации частоты в распределенных инфокоммуникационных системах. // Системы связи и радионавигации: сб. тезисов. – Красноярск: АО «НПП «Радиосвязь», 2017, С. 101-103.

14. Енгибарян И.А., Сафарьян О.А. Использование свойств эмерджентности в инфокоммуникационных системах // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2016, С. 122-126.

15. Габриэльян Д.Д., Енгибарян И.А., Сафарьян О.А. Оценивание частот генераторов на основе совместной обработки фаз формируемых сигналов // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4-1 (22). - С. 65.

В.И. Юхнов, И.А. Енгибарян,
О.А. Сафарьян[1], И.А. Сахаров[1]

ОЦЕНКА ВАРИАЦИИ АЛЛАНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРОВ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: информационно-измерительная система, стабильность частоты сигнала, запаздывание сигнала, вариация Аллана.

Рассматриваются вопросы оценки эффективности повышения стабильности частоты генератора при использовании метода статистической стабилизации частоты. В качестве показателя повышения стабильности частоты рассматривается значение вариации Аллана. Проводится анализ уменьшения вариации Аллана при различных параметрах системы стабилизации.

V.I. Yukhnov, I.A. Engibaryan,
O.A. Safar'yan[1], I.A. Sakharov[1]

ESTIMATION OF ALLAN VARIATION IN USING THE METHOD OF STATISTICAL GENERATOR FREQUENCY STABILIZATION

Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: information-measuring system, signal frequency stability, signal delay, Allan variation.

The problems of evaluating the efficiency of increasing the frequency stability of the generator using the method of statistical frequency stabilization are considered. The value of Allan variation is considered as an indicator of increasing frequency stability. The

analysis of reduction of variation of Allan at various parameters of stabilization system is carried out.

Стабильность частоты сигналов в радио- и инфокоммуникационных системах является одним из важнейших условий функционирования таких систем с высоким качеством. Наиболее наглядно влияние стабильности частоты может быть продемонстрировано на примере систем радиосвязи и радиолокации. Нестабильность частоты приводит к изменению автокорреляционной функции (АКФ) сигналов. В частности, для широкополосных сигналов (ШПС) отклонение частоты Δf от номинального значения и амплитуда АКФ связаны соотношением [1-3]

Вариация Аллана является специализированной статистикой для исследования стабильности генераторов частоты. Для k-го генератора вариация Аллана частоты может быть определена соотношением [4]

$$\sigma_k^2(\tau) = \frac{1}{2(M-1)} \sum_{m=1}^{M-1} \left(f_{k,m+1} - f_{k,m} \right)^2 \quad (1)$$

,

где $f_{k,m}$ и $f_{k,m+1}$ - среднее значение частоты k-го генератора ($k = 1,..., K$) на m-м и $(m+1)$-м отрезках длительностью τ соответственно; M - число отрезков длительностью τ на временном интервале измерений t_0.

Вариация Аллана позволяет описывать стабильность частоты на различных интервалах усреднения, начиная от периода, равного интервалу между отсчетами. В этом случае значения $f_{k,m}$ представляют собой обобщенные измерения, являющимися средними значениями частоты в течение отрезка длительностью τ.

Вопросам повышения стабильности частоты посвящено большое число работ. Среди которых можно выделить способы, методы и устройства, обеспечивающие повышение стабильности частоты. Один из возможных методов повышения стабильности частоты приведен в [5]. В работах [6-11] рассмотрено применение указанного метода и приведены результаты анализа достигаемого повышения частоты при использовании метода. В работе [12] рассмотрен вопрос построения устройства, реализующего данный метод.

При анализе повышения стабильности частоты генераторов, достигаемого при использовании разработанного метода, наибольший интерес представляет не само значение вариации Аллана частоты генератора, а его изменение по отношению к исходному значению без использования стабилизации.

На первом этапе исследования рассмотрим зависимость отношения вариации Аллана величины $\delta f_{k,m}$ к величине вариации Аллана отклонения $\Delta f_{k,m}$ частоты k-го генератора от длительности интервала усреднения τ. Рассмотрены четыре случая, результаты исследований для которых приведены на рисунке 1.

Минимальный интервал усреднения $\tau = 10^{-6}$ с соответствует десяти периодам колебаний сигнала номинальной частоты при работе всех генераторов с одинаковыми частотами. Необходимо также отметить, что характерный вид приведенной зависимости в каждом случае практически оставался неизменным для всех K генераторов, в связи с чем на каждом графике приводится только одна зависимость.

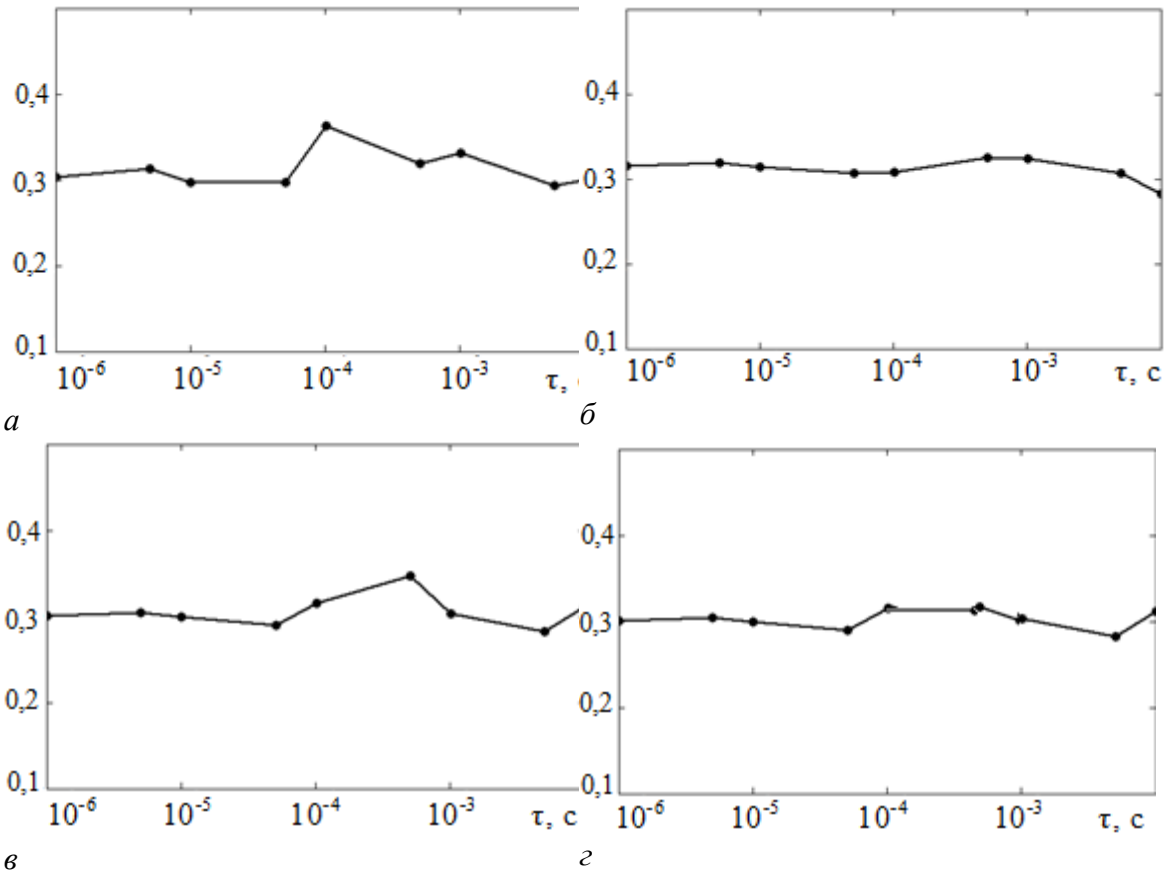


Рисунок 1. Зависимость отношений вариации Аллана до стабилизации и после стабилизации частоты генераторов:

а - с одинаковыми номинальными частотами и нестабильностями;

б - с одинаковыми номинальными частотами и различными нестабильностями;

в - с различными номинальными частотами и одинаковыми нестабильностями;

в - с различными номинальными частотами и нестабильностями.

Как показывают приведенные зависимости, отношение вариации Аллана нескомпенсированного отклонения частоты k-го генератора к собственно отклонению частоты этого генератора практически не зависит от длительности интервала усреднения. Изменения величины вариации Аллана определяется только случайным характером отклонений частот на временном интервале измерения. Данный результат может быть объяснен следующим образом. Величина вариации Аллана частоты для генераторов монотонно снижается при увеличении длительности интервала усреднения, что соответствует уменьшению дисперсии измерений при многократных измерениях. В то же время в предлагаемом методе аналогом многократных измерений во временной области является однократное измерение отклонения длительности временного интервала с помощью системы одновременно и независимо работающих генераторов. В соответствии с этим независимо от длительности интервала измерения при ограниченном количестве K генераторов отношение величины вариации Аллана будет приблизительно равно $\sqrt{K}$. Для подтверждения последней зависимости проведены дополнительные исследования вариации Аллана частоты для случая двадцати генераторов с

одинаковыми номинальными частотами $f_0 = 10^7$ Гц и относительной нестабильностью $\sigma = 10^{-6}$. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1.

τ с	10^{-6}	$5 \cdot 10^{-6}$	10^{-5}	$5 \cdot 10^{-5}$	10^{-4}	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
$K = 10$	0,302	0,301	0,296	0,297	0,362	0,331	0,321	0,298	0,302
$K = 20$	0,217	0,219	0,218	0,214	0,254	0,236	0,231	0,216	0,219

Как показывает анализ полученных результатов отношение значений вариации Аллана частоты для $K = 10$ и $K = 20$ генераторов приблизительно равно 1,41, что подтверждает сделанный выше вывод. Таким образом, применение предложенного метода позволяет уменьшить вариацию Аллана частоты генераторов, как и дисперсию оценки частоты генератора. При этом закономерности, связывающие уменьшение значения вариации Аллана отклонения частоты генераторов, и закономерности, связывающие уменьшение дисперсии оценки отклонения частоты генераторов, совпадают.

Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ N 19-01-00151.

Литература:

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985.

2. Глумов Ю.М. Оценка необходимой стабильности частоты когерентных систем // Вопросы специальной радиоэлектроники, 2017, С. 76-79.

3. Сафарьян О.А. Метод оценки частоты генераторов в условиях непрогнозируемого изменения длительности интервала измерений // Вестник ДГТУ, 2014, № 4. Ч. 2. - С. 47-54.

4. Allan D.W. The science of time keeping. Application Note 1289 / David W. Allan, Neil Ashby, Clifford C. Hodge. – USA: Hewlett-Packard Company, 1997. – 88 с.

5. Габриэльян Д.Д., Прыгунов А.А., Прыгунов А.Г., Сафарьян О.А. Метод оценки частот в системе генераторов // Физические основы приборостроения, 2012, Т. 1. № 2. - С. 72-77.

6. Сафарьян О.А. Моделирование процесса стабилизации частоты генераторов в инфокоммуникационных системах // Вестник ДГТУ, 2016, Т. 16, № 4 (87), Ч. 2. - С. 150-154.

7. Сафарьян О.А. Анализ метода стабилизации частоты в радио- и инфокоммуникационных системах // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. [Электронный ресурс] Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018, С. 37-40.

8. Olga Safaryan, Ivan Sakharov, Nikolay Boldyrikhin, Irina Yengibaryan Method of Reducing Phase Noise in the System Simultaneously and Independently Operating the High-Frequency Signal Generators // Engineering Computations, No.8 (2). Volume 34. Emerald Group Publishing Ltd., 2017, С. 2586 – 2594.

9. Енгибарян И.А., Кульбикаян Б.Х., Сафарьян О.А., Сахаров И.А., Тютюнникова А.И. Численный метод анализа стабилизации частоты в распределенных инфокоммуникационных системах. // Системы связи и радионавигации: сб. тезисов. – Красноярск: АО «НПП «Радиосвязь», 2017, С. 101-103.

10. Енгибарян И.А., Сафарьян О.А. Использование свойств эмерджентности в инфокоммуникационных системах // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2016, С. 122-126.

11. Габриэльян Д.Д., Енгибарян И.А., Сафарьян О.А. Оценивание частот генераторов на основе совместной обработки фаз формируемых сигналов // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4-1 (22). - С. 65.

12. Габриэльян Д.Д., Шацкий В.В., Сафарьян О.А. Пат. на полезную модель № 144228 Российская Федерация, МПК H03L 7/00 Устройство стабилизации частоты генераторов. Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет». № 2014111456/08; заявл. 25.03.2014 г.; опубл. 10.08.2014 г. Бюл. № 22.

В.С. Дарморезов[1], С.А. Швидченко

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ГРАФИКОВ ПОПРАВКИ, УЧИТЫВАЮЩИХ РЕЛЬЕФ МЕСТНОСТИ, ДЛЯ РАСЧЕТА ЗОН ПОКРЫТИЯ ВЫШЕК БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: график функции, функциональная зависимость, интерполяция, полином, многочлен Лагранжа, кубический сплайн, сплайн Акима.

В данной статье рассматриваются наиболее популярные методы интерполяции графиков функций, для которых не указан вид функциональной зависимости между переменными, а так же их применение для интерполирования значений графиков поправки, учитывающей рельеф местности, для дальнейшего использования в моделях определения зон покрытия вышек базовых станций.

Статья рассчитана на преподавателей, студентов, а также лиц, интересующихся данной тематикой.

V.S. Darmorezov[1], S.A. Shvidchenko

COMPARISON OF INTERPOLATION METHODS SCHEDULES AMENDMENTS, TAKING INTO ACCOUNT THE TERRAIN, TO CALCULATE THE COVERAGE AREAS OF TOWERS BASE STATIONS

Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: the graph of the function, functional dependence, interpolation polynomial, Lagrange polynomial, cubic spline, Akima spline.

This article discusses the most popular methods of interpolation of graphs of functions for which the type of functional dependence between variables is not specified, as well as their application to interpolate the values of the correction graphs, taking into account the terrain, for further use in models for determining the coverage areas of base station towers.

The article is intended for teachers, students, as well as persons interested in this topic.

Введение.

Во многих областях науки, как гуманитарных, так и технических, зависимости между анализируемыми величинами для большей наглядности могут быть представлены в виде графика. При программной реализации методов, использующих данные с такого вида графиков, исследователи могут столкнуться с проблемой отсутствия функции или таблицы, согласно которой была рассчитана зависимость между переменными и построен график. В данной ситуации прибегают к процессу интерполяции. При реализации методов, позволяющих производить расчет поправки, учитывающей рельеф местности, для дальнейшего использования моделями Волфиша-Икегами и Окамура-Хата, необходимо интерполировать данные между значениями графиков. Именно поэтому, в контексте данной задачи исследование методов интерполяции является актуальной задачи.

Основная часть.

В процессе программной реализации моделей для расчета зон покрытия вышек базовых станций, возникает необходимость в определении поправки, учитывающей рельеф местности. Для этого необходимо интерполировать значения между графиками (Рисунок1) , так как не указан вид функциональной зависимости между переменными и отсутствуют таблицы, используемые для их построения.

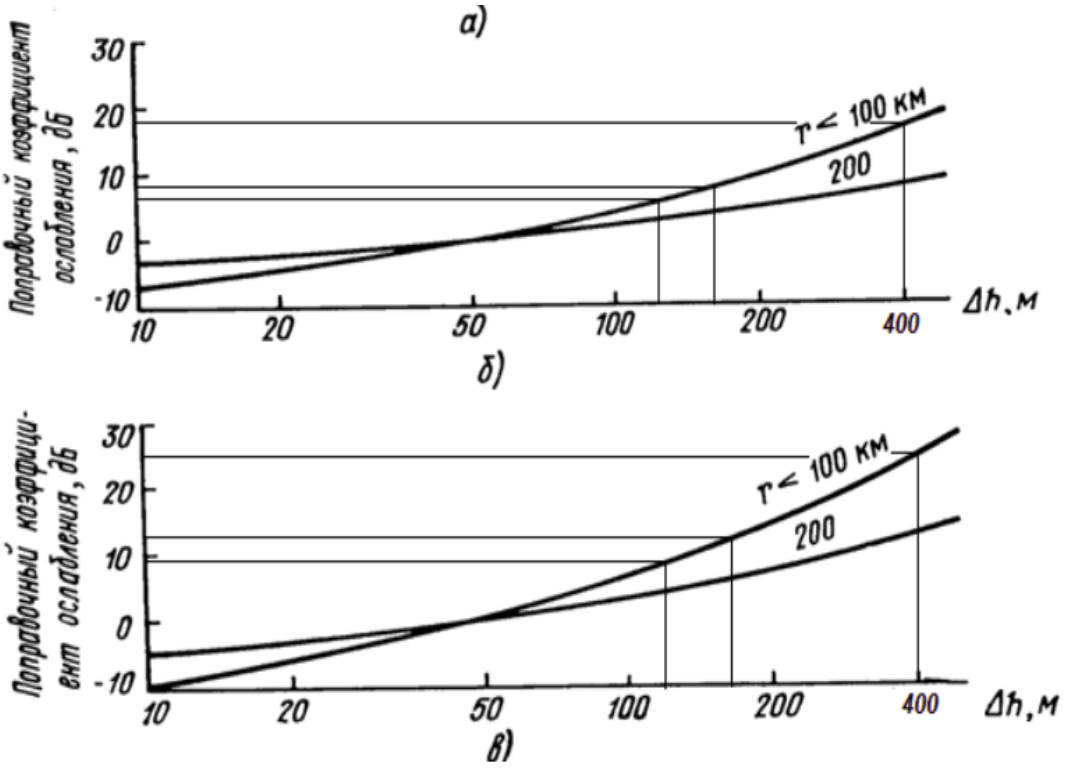


Рисунок 1. Графики определения поправки, учитывающей рельеф местности

Для данных графиков возможно формирование таблично заданной функции, по ключевым узлам координатной сетки. В соответствии с таблицей 1 представлены значения для первого графика, который будет использоваться в дальнейшем как тестовый.

Таблица 1. Значения для первого графика

x	20	50	100	200	300	400
y	-4	0	5	11	15	1

На данном этапе, для вычисления значений функции, находящихся между таблично заданными узлами, возникает потребность в выборе метода, наиболее точно интерполирующего найденные значения. В качестве возможных способов интерполяции были выбраны:

- интерполяция с использованием многочлена Лагранжа;
- интерполяция с помощью кубического сплайна;
- интерполяция с помощью сплайна Акимы.

Интерполяция с помощью многочлена Лагранжа

Для интерполяции n точек используется многочлен степени n-1, имеющий вид:

$$L(x) = \sum_{j=0}^{n-1} y_i \, l_i(x) \text{ где:} \quad (1)$$

$$l_i(x) = \prod_{i=0, j\neq i}^{n-1} \frac{x - x_i}{x_j - x_i} = \frac{x - x_0}{x_j - x_0} \cdots \frac{x - x_{j-1}}{x_j - x_{j-1}} \frac{x - x_{j+1}}{x_j - x_j} \cdots \frac{x - x_{n-1}}{x_j - x_{n-1}} \quad (2)$$

Данный метод прост в реализации, но требует значительного объема вычислений, увеличивающегося с ростом количества точек (узлов) [3]. Так же график, построенный при помощи данного метода непредсказуемо ведет себя между заданными точками (Рисунок 2).

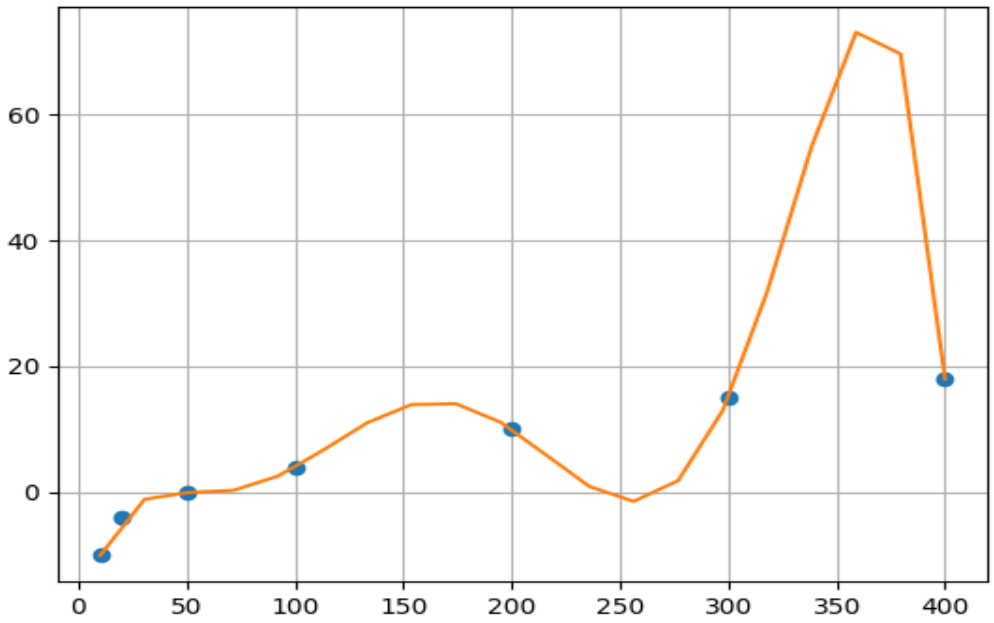


Рисунок 2. График, полученный путем интерполяции с помощью многочлена Лагранжа

Интерполяция с помощью кубического сплайна.

Интерполяция с помощью кубического сплайна является частным случаем кусочно-полиномиальной интерполяции. В этом случае между любыми двумя соседними узлами функция интерполируется кубическим полиномом. Его коэффициенты на каждом интервале определяются из условий сопряжения в узлах [4]:

$$f_i = y_i, f'(x_i - 0) = f'(x_i + 0), f''(x_i + 0) = f''(x_i + 0), i = 1,2,\dots,n-1 \quad (3)$$

Так же, стоит отметить, что кубический сплайн лишен недостатков, присущих интерполяционному многочлену Лагранжа, а именно резких скачков кривизны (Рисунок 3) и высоких объёмов вычислений, но при этом в районе точки, далеко отстоящей от соседей, такие сплайны могут делать неожиданные выбросы (оссцилировать).

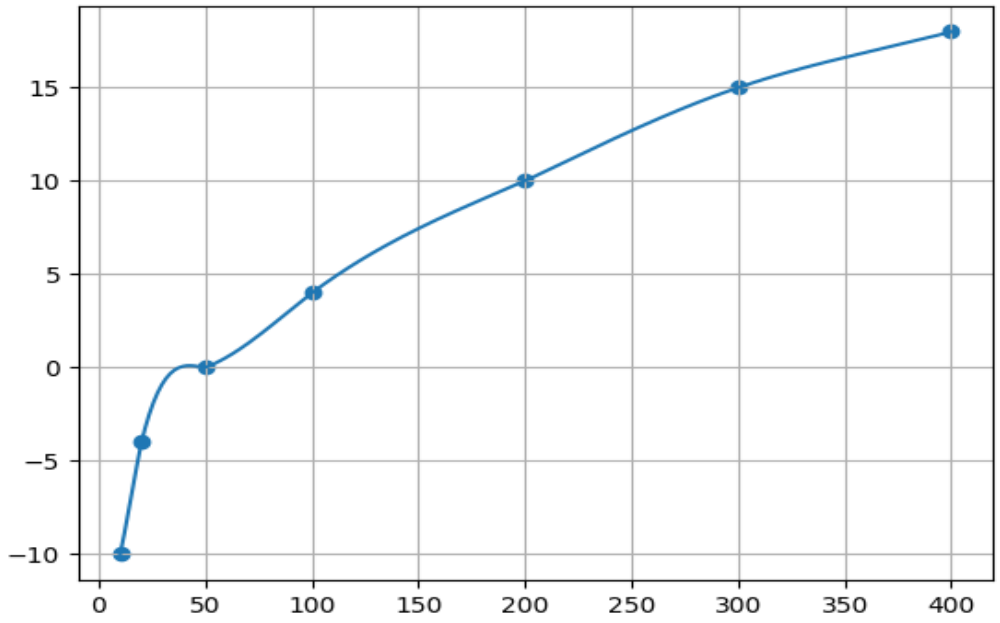


Рисунок 3. График, полученный путем интерполяции с помощью кубического полинома

Интерполяция с помощью сплайна Акимы.

Сплайн Акима построен из кусочных полиномов третьего порядка. Для определения коэффициентов интерполяционного полинома используются только данные из соседних точек, что избавляет от необходимости решать большие системы уравнений, и поэтому данный метод вычислительно эффективен [1]. Поскольку функциональная для всей кривой не принимается и учитывается только небольшое количество точек, этот метод не приводит к неестественным колебаниям в результирующей кривой (Рисунок 4).

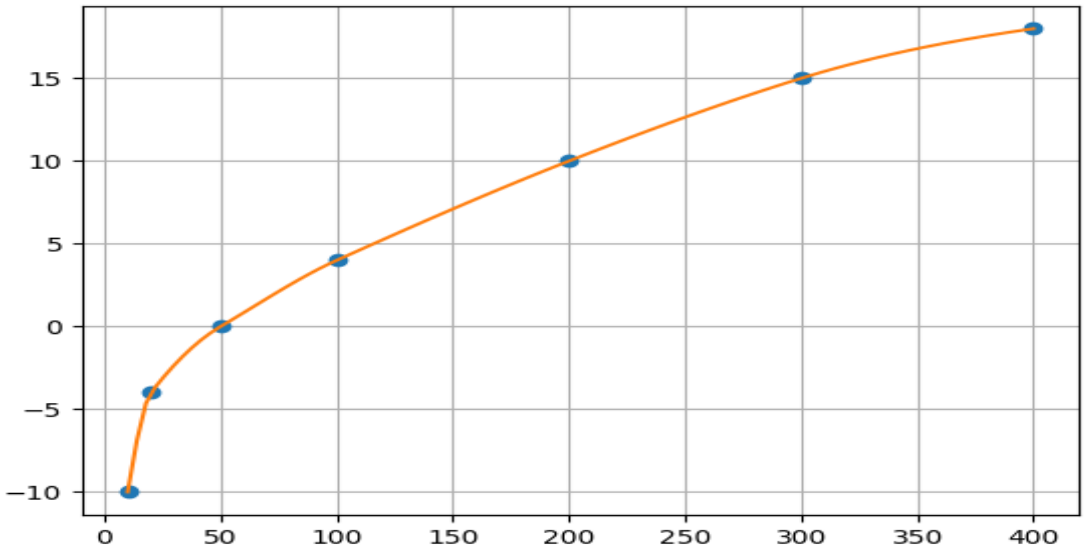


Рисунок 4. График, полученный с помощью интерполяции полиномом Акимы

Вычислительные эксперименты.

Для оценки эффективности рассмотренных методов, помимо сравнения исходного графика с полученными в результате работы методов, исследуется скорость выполнения расчетов и построения графика. Для тестирования был выбран график размером 500x500, число экспериментов равно 1000. Среднее время выполнения расчетов представлено в Таблице 2.

Таблица 2. Значения среднего времени выполнения расчетов

Количество точек	5	15	50
Многочлен Лагранжа	1.789	5.664	20.446
Кубический сплайн	0.153	0.230	0.313
Сплайн Акимы	0.017	0.024	0.049

Заключение.

В результате сравнения графиков, полученных с использованием различных методов интерполяции с тестовым, а также при сравнении скорости выполнения данных методов, были сделаны следующие выводы:

- время для расчета многочлена Лагранжа быстро растет при возрастании количества точек, так же график, полученный с использованием данного метода, может непредсказуемо вести себя в интервалах между узлами графика;
- сплайн Акимы работает быстрее кубического и лишен неестественных колебаний в результирующей кривой [2].

Литература:

1. Hiroshi Akima. A New Method of Interpolation and Smooth Curve Fitting Based on Local Procedures, изд: ESSA Research Laboratories, Institute for Telecommunication Sciences, Boulder Journal of the ACM (JACM) Volume 17 Issue 4, 1970 стр. 589-602.

2. Huseyin Ozdemir. Comparison of linear, cubic spline and Akima Interpolation methods, 2007, 5 стр.

3. Зенков. А.В. Численные методы, Уральский федеральный университет имени первого Президента Российской Федерации Б.Н.Ельцина. 2016 стр 128.

4. Круковец А.С, Горелкин. Г. А. Разработка метода интерполяции значений монограммы. Современные научные исследования и инновации. 2015. [Электронный ресурс] URL: http://web.snauka.ru/issues/2015/05/53846.

В.С. Дарморезов[1], С.А. Швидченко

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ВОЛФИША-ИКЕГАМИ И ОКАМУРА-ХАТА ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ЗОН ПОКРЫТИЯ ВЫШЕК БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РЕЛЬЕФА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: Модель Волфиша-Икегами, модель Окамура-Хата, зона покрытия, базовая станция, мобильная станция, стандарт GSM.

В данной статье рассматриваются наиболее популярные методы для расчета зон покрытия вышек базовых станций. На основе данных моделей реализовано программное средство, с помощью которого производится выявление зависимостей между техническими параметрами базовых станций, рельефом и полученной площадью покрытия, позволяющее выбрать оптимальную модель.

V.S. Darmorezov[1], S.A. Shvidchenko

SOFTWARE IMPLEMENTATION OF MODELS WALFISH-IKEGAMI-SAN AND OKAMURA-HATA TO FIND THE OPTIMAL MODEL FOR THE CALCULATION OF THE COVERAGE AREA OF THE TOWERS BASE STATIONS FOR VARIOUS TYPES OF TERRAIN

Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords**:** Wolfish-Ikegami model, Okamura-hut Model, coverage area, base station, mobile station, GSM standard.

This article discusses the most popular methods for calculating the coverage areas of base station towers. On the basis of these models, a software tool is implemented, which is used to identify the dependencies between the technical parameters of the base stations, the relief and the resulting coverage area, allowing you to choose the optimal model.

Введение.

В современном мире важен процесс общения и обмена информацией между людьми, вследствие чего активно развиваются системы, предоставляющие быстрый

и эффективный обмен информацией между пользователями. Одной из таких систем является сотовая сеть.

Основными характеристиками сотовых сетей являются:

- частично-территориальное планирование;
- максимальная нагрузка.

Архитектура системы зависит от двух данных параметров. При этом, одной из важнейших проблем в разработке данных систем является создание сети, функционирующей с наиболее высоким соотношением цена-качество, т.к при наращивании пропускной способности также происходит увеличение затрат на оборудование.

Для нахождения оптимального решения используются различные эмпирические модели распространения радиоволн в реальных условиях. При этом, различные модели могут давать результаты с различной степенью точности, зависящей от типа исследуемой местности, а также параметров оборудования.

Постановка задачи.

В процессе работы над данной темой основной задачей является программная реализация методов для расчета зон покрытия вышек базовых станций и нахождение оптимальной модели для различных типов рельефа (местности) путем проведения наблюдений за изменением площади зоны покрытия.

Расчет зоны покрытия с помощью модели Окомура и Хата.

Данная модель наиболее популярна в случае изотропных (идеальных всенаправленных) антенн базовых станций и подвижных объектов. Формула для заданной модели имеет вид:

$$L_p=\begin{cases} A+B*ln(r) & -\text{для городской зоны} \\ A+B*ln(r)-C & -\text{для пригородной зоны} \\ A+B*ln(r)-D & -\text{для открытой зоны} \end{cases} \quad (1)$$

где: r — расстояние между антеннами базовой и подвижной станции, а переменные A,B,C,D представлены следующим образом:

$$A = 69{,}55 + 26{,}16 * ln(f_0) - 13{,}82 * ln(h_b) - a(h_m), \quad (2)$$

$$B = 44{,}9 - 6{,}55log(h_b), \quad (3)$$

$$C = 2\left[log\left(\frac{f_0}{28}\right)\right]^2 + 5{,}4\ , \quad (4)$$

$$D = 4{,}78[lg(f_0)]^2 - 19{,}33lg(f_0) + 40{,}94, \quad (5)$$

где: h_b — высота базовой станции,
h_m — высота мобильной станции,
f_0 — рабочая частота.
Для средних и малых городов, а также для крупных городов:

$$a(h_m) = \begin{cases} [1{,}1lg(f_0) - 0{,}7]h_{(m)} - [1{,}56lg(f_0) - 0{,}8] \\ 3{,}2[lg(11{,}75h_m)]^2 - 4{,}97 \end{cases} \quad (6)$$

После преобразования данных формул радиус зоны покрытия базовых и мобильных станций выражается данной формулой (7):

$$L_p = \begin{cases} 10^{\frac{Lp-A}{B}} & -\text{длягородскойзоны} \\ 10^{\frac{Lp-A+C}{B}} & -\text{дляпригороднойзоны} \\ 10^{\frac{Lp-A+D}{B}} & -\text{дляоткрытойзоны} \end{cases} \quad (7)$$

Расчет зоны покрытия с помощью модели Волфиша-Икегами(WIM).

Данная модель нашла широкое применение в области мобильных технологий, так же данная модель широко используется при расчете затухания в городской среде. Модель может быть применена в ситуациях, если антенна базовой станции расположена выше или ниже уровня крыш городской застройки. Модель WIM подразделяется на два возможных случая- LOS (line-of-sight) — прямая видимость и NLOS(non-line-of-sight)-непрямая видимость.

Для расчета прямой видимости (LOS) применяется формула:

$$L_{LOS} = 42{,}64 + 26lg(d_{km}) + 20lg(f_{MHz}) \quad (8)$$

В случае с непрямой видимостью (NLOS) возможно несколько вариантов расчета:

1 вариант ($\Delta h_b > 0$)

$$L_{NLOS}=69.55+38\lg(d_{km})+26\lg(f_{MHz})-10\lg(\omega)-9\lg(b)+20\lg(\Delta h_m)-18\lg(1+\Delta h_b)+L_{LOS} \quad (9)$$

2 вариант ($\Delta h_b \leq 0$ *и* $d_{km} \geq 0.5$)

$$L_{NLOS}=69.55+(38+15(\Delta h_b/h_b))\lg(d_{km})+26\lg(f_{MHz})-10\lg(\omega)-9\lg(b)+20\lg(\Delta h_m)+0.8\lg(\Delta h_b)+L_{LOS} \quad (10)$$

3 вариант ($\Delta h_b \leq 0$ *и* $d_{km} < 0$)

$$L_{NLOS}=69.55+(38+15(\Delta h_b/h_b))\lg(d_{km})+26\lg(f_{MHz})-10\lg(\omega)-9\lg(b)+20\lg(\Delta h_m)+0.8\lg(\Delta h_b)(d_{km}/0.5)+L_{LOS} \quad (11)$$

Так же стоит учесть, что данная модель дает наиболее точные результаты, при принятии нескольких допущений:

1. Высота одного этажа жилого здания принимается равной 3 метрам;
2. В одноэтажных зданиях высота крыши принимается равной 2 метрам;
3. Ширина улиц между многоэтажными зданиями принимается 20 метров;
4. Высота одного этажа офисного помещения принимается равной 3,5 м;
5. Высота одного этажа промышленного здания принимается равной 7,5 м.

Программное средство.

В результате тестирования моделей Волфиша-Икегами и Окамуры-Хата с помощью данного приложения, были сделаны следующие выводы:

- для городов средней застройки оценки ослабления практически совпадают для диапазона частот 800-1000МГц, а по мере приближения к 2ГГц, модель Окамура-Хата предсказывает большее затухание;

– для городов с плотной высокой застройкой в модели Окамура-Хата прогноз затухания намного выше, нежели в модели Волфиша-Икегами;
– с увеличением расстояния между базовой и абонентской станциями все исследуемые модели предсказывают большее затухание радиоволн;
– результаты расчетов зон покрытия базовой и мобильной станции двумя методами приблизительно одинаковы, что подтверждает справедливость использования двух рассмотренных методов.

Результатом программной реализации данных моделей является приложение представленное на Рисунке 1.

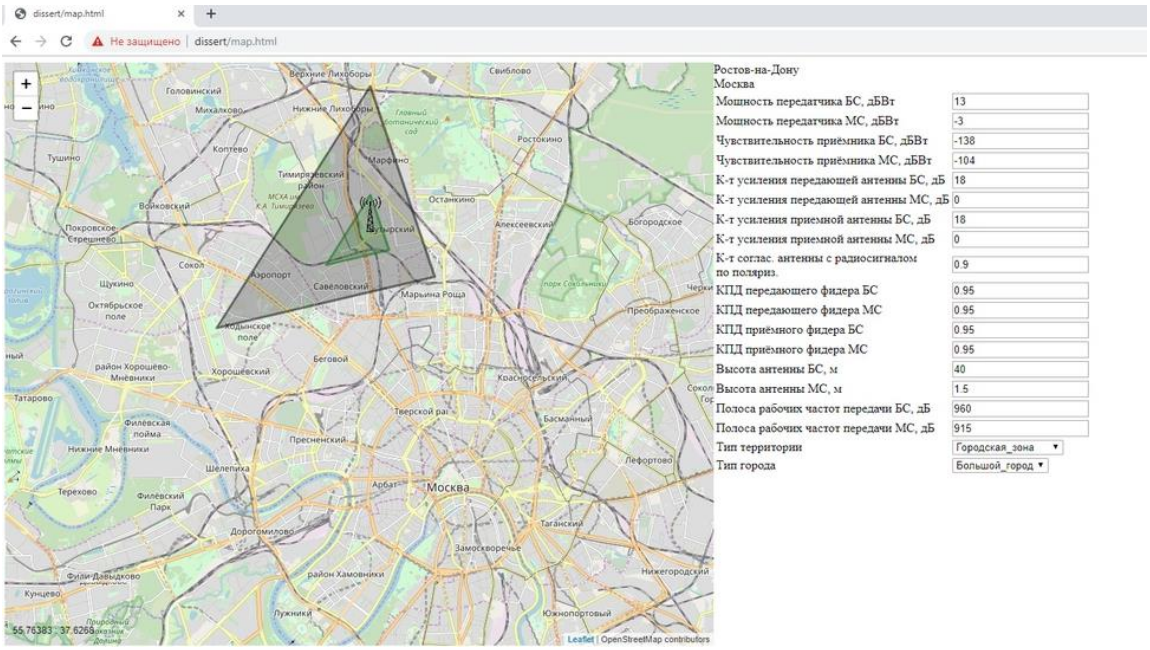


Рисунок 1. Приложение, реализующее модели Волфиша-Икегами и Окамура-Хата

Заключение.

Модель Окамура-Хата – наиболее известная и используемая модель предсказания, позволяет оценить размер зон обслуживания соты системы подвижной связи по уровню затухания сигнала, но не проводит оценку зависимости уровня сигнала от рельефа местности, погодных условий, времени суток, уровня помех.

Модель Волфиша-Икегами рассчитана на плоское основание города, из-за чего она не применима для городов с сильной неравномерностью рельефа. Модель может применяться в случаях, когда антенна базовой станции расположена как выше, так и ниже линии уровня крыш городской застройки. В совокупность эмпирических факторов, учтенных расчетной формулой, входят высоты антенн базовой и подвижной станций, ширина улиц, расстояния между зданиями, высота зданий и ориентация улиц относительно направления распространения сигнала.

Литература:

1. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Дмитриев В.И. Системы мобильной связи / СПб ГУТ. – СПб,1999. – 330с.

2. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи / Пер. с польск. И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского. - М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 536с.
3. Печаткин А.В. Системы мобильной связи, А. В. Печаткин, РГАТА. – Рыбинск, 2008.
4. Попов, В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM - М.: ЭкоТрендз, 2007.
5. А.В. Логвинов оптимизация числа базовых станций в условиях сильно пересеченной местности, Инфокоммуникационные технологии,Том 7, №2, 2009.

Г.В. Симонов, Е.В. Ерохина

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ TQM И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ – «KNOWLEDGE MANAGMENT»

Ключевые слова: качество; всеобщее управление качеством; методы управления; эффективность.

Аннотация: В статье рассмотрены основные методы и принципы всеобщего управления качеством (TQM), стратегии внедрения их на предприятие, а так же системы управления знаниями (Knowledge Management). Сделан вывод о том, что всеобщее управление качеством (TQM) и системы управления знаниями (Knowledge Management) помогает решить проблемы, связанные с ориентированием продукции на потребителя, вовлечением сотрудников в производстве качественной продукции и целостностью структуры повышения уровня качества.

G.V. Simonov, E.V. Erokhina

MODERN TQM METHODS AND KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEMS - KNOWLEDGE MANAGEMENT

Keywords: quality; General quality management; management methods; efficiency.

Annotation: The article describes the basic methods and principles of Total Quality Management (TQM), strategies for their implementation in the enterprise, as well as knowledge Management systems. It is concluded that the Total Quality Management (TQM) and knowledge Management system helps to solve the problems associated with the orientation of products to the consumer, the involvement of employees in the production of quality products and the integrity of the structure of quality improvement.

Total Quality Management или TQM - это теория глобального менеджмента качества. Она имеет полувековую историю и практику применения. Данная система повышения качества процесса призвана помочь организации не только удержаться на плаву, но и быть конкурентоспособной и стать лидером. Использование TQM требует постоянного и непрерывного повышения качества в различных областях, начиная от создания процессов производства, закупок, продаж и другой деятельности компании. TQM - это подход к организации управления компанией, уделяющий пристальное внимание качеству. Каждый сотрудник компании работает для достижения "качества" [1].

В современных условиях существует необходимость постоянно совершенствовать и улучшать качество услуг и товаров. Основная цель - удовлетворить пожелания конечного пользователя и принести прибыль всем, кто

участвовал в создании данного товара или услуги. Другими словами предприятие, его владельцы и поставщики, а также непосредственные работники общества в целом должны получать выгоду. В основу всеобщего управления качеством положены следящие принципы.

1. Ориентация на конкретного потребителя - продукт или услуга, должна быть такого качества, которое отвечает потребностям конечного потребителя.

2. Привлечение сотрудников. Невозможно реализовать TQM в компании без вовлечения в процесс работы над качественным производства каждого сотрудника всех подразделений. Если работник перестает бояться потерять место, принимает и понимает происходящие вокруг него изменения, начинает совершенствовать свою профессиональную деятельность, компания развивается;

3. Процессный подход. При процессном подходе осуществляется комплекс действий по преобразованию объекта, полученного от заказчика, результат отправляется потребителю. Такие строгие процессы требуют постоянного контроля. Ежедневный мониторинг позволяет вовремя увидеть несоответствия в работе компании и скорректировать её заново;

4. Целостность системы. Процессы, происходящие в конкретном отделе компании, хорошо интегрированы в процессы, которые выполняются во всей организации. Достижение целей достигается путём налаженной работы и взаимодействия всех отделов предприятия. Для того чтобы получить на выходе максимально качественную продукцию или услугу, необходимо одновременно ориентироваться на культуру качества во всех подразделениях компании.

5. Стратегия и система. Для достижения желаемого конечного результата необходимо систематически и без перерывов работать в этом направлении;

6. Постоянное совершенствование. Для повышения конкурентоспособности предприятие должно постоянно совершенствовать свою деятельность, используя аналитический и творческий подходы;

7. Корректировка курса на анализе факторов. Невозможно действовать вслепую по намеченному плану, независимо от окружающей действительности. Совершенствование должно проводиться поэтапно с обязательной оценкой промежуточных этапов. Своевременные управленческие решения, сделанные на основе реальных данных – путь к успеху любой компании;

8. Общение. Не только верхушка компании, но и весь коллектив должны знать и понимать, что происходит в компании и почему эти и другие изменения необходимы, и поэтому коммуникация имеет решающее значение для развития компании, ориентированной на качество [2].

Существует четыре стратегии внедрения системы TQM на предприятие:

1. Поэлементное внедрение. Организация в процессе построения хозяйственной деятельности сначала начинает использовать любой принцип TQM, а затем к ниму добавляются второй, третий и т.д.;

2. Применение теории. Компания изучила теорию, разработанную выдающимися специалистами TQM Демингом, Кросби, Юраном и другими, выбирает наиболее подходящую для себя. Затем идет подробный анализ теории и реальности ее производства. И на основе теоретической стратегии одного из авторов разрабатывается линия дальнейшего развития предприятия;

3. Сравнительный опыт и бенчмаркинг. Внедрение TQM в компании будет проводиться на основе положительного опыта других компаний. В этом случае руководство или опытный специалист посещает лидера другой компании, внедрившей TQM на производство, и изучит, как оно зарекомендовал себя. В

сочетании с особенностями компании разрабатывается стратегия, позволяющая сделать собственный бизнес успешным;

4. Использование стандартов премии качества. Критерии могут определять области, требующие совершенствования процесса. Критерии качества разрабатываются для создания системы качества. Примерами могут быть стандарт премии Деминга или европейская премия качества.

Какую стратегию выбрать в определенный момент деятельности определяет сама компания, исходя из условий ее работы на этапе развития [3]. Есть много причин, почему TQM трудно реализовать, и желаемые результаты не достигаются. Всё зависит от конкретных условий, действия сотрудников и т. д.

Однако, среди множества проблем для всех компаний и фирм можно выделить основные:

1. Несоответствие рассуждений руководителей компании их действиям. То есть руководители компании убеждают работников в необходимости реструктуризации и работы по новым принципам (в соответствии с принципами TQM), а фактически продолжают управлять по-старому. Или принципы TQM применяются единожды, а потом руководство снова отходит от них;

2. Сопротивление переменам со стороны команды. Отсутствие осведомленности, мотивации и вовлеченности в процесс приведёт к тому, что коллектив не примет философию TQM, будет её остерегаться и, в конце концов, не сможет работать по новым принципам;

3. Прежде чем начать радикальную реформу, руководство компании должно объяснить сотрудникам будущие изменения, чтобы люди поняли суть и цели изменений на производстве, и сами захотели стать частью нового процесса;

4. Отсутствие зависимости от реальных данных, это значит, что в процессе внедрения TQM на производстве, руководство компании должно непрерывно отслеживать и анализировать результаты деятельности предприятия. Это необходимо для того, чтобы вовремя скорректировать направление деятельности в соответствии с фактами и реалиями. Без этого внедрение TQM невозможно [4].

Управление знаниями (Knowledge Management или KM) — это концепция, которая возникла где-то в 1990-х годах, около двух десятилетий назад. Пожалуй, можно сразу определить термин "управление знаниями" — это организация и систематизация информации и знаний компании. Однако это определение звучит как-то расплывчато и слишком широко, но в то же время как ни странно-полной картины не видно. В начале разработки системы управления знаниями Томас Давенпорт предложил определение, которое все еще используется [5]:

KM - это процесс сбора, распространения и эффективного использования знаний. Система управления знаниями состоит из информации и данных, доступных всем членам организации через специальный портал или систему управления контентом (content management system). Система управления контентом является наиболее очевидным и оперативным компонентом системы управления знаниями. Но есть несколько очень важных элемента. Базы извлеченных уроков (lessons learned). Извлеченные уроки фиксируются и используются для обмена знаниями и опытом, накопленными в ходе оперативной деятельности, но не документируются в стандартных процедурах. В контексте управления знаниями обычно речь идет о личном сборе данных от заинтересованных сторон, то есть о преобразовании неявных знаний в явные знания. Определение местонахождения компетенций (expertise location). Когда знание входит в умы профессионалов, лучший способ получить эти знания - поговорить с этими экспертами. Однако найти подходящего специалиста, обладающего необходимыми знаниями, может оказаться настоящей

проблемой. Сообщество специалистов-практиков (communities of practice, CoPs). Сообщество практиков сосредоточено на социальном характере обучения в организации, обмене опытом, обсуждении проблем и возможностей и совместной работе (лично или виртуально), чтобы поговорить об извлеченных лучших практиках и уроках [6].

Если взглянуть на стадии развития систем управления знаниями с исторической точки зрения, можно многое понять о структуре этих систем.

Первая стадия: Информационные технологии. Причиной появления систем управления знаниями стали, по большей части, информационные технологии. Концепция интеллектуальной собственности выступила неким каркасом системы, а интернет стал инструментом. Организации с энтузиазмом приняли новые возможности, которые открывал интернет: обмен знаниями между подразделениями стал куда проще, отпала необходимость каждый раз “изобретать велосипед”, появилась возможность опережать конкурентов и повышать прибыль.

Вторая стадия: Человеческие ресурсы и корпоративная культура. Развитие систем управления знаниями вступило во вторую стадию, когда стало понятно, что простое использование технологий не обеспечивает достаточно эффективного обмена информацией и знаниями. Необходимо было задействовать самих людей и культурные аспекты их взаимодействия. Вторую стадию можно было бы описать фразой про бейсбольное поле из старого фильма “Поле чудес”: “Если ты построишь его, они придут”. Хотя, если не уделить достаточное внимание человеческому фактору, такой подход легко может привести к быстрому и очень обидному провалу.

Третья стадия: Систематика и управление контентом. Осознание важности контента, а точнее его систематизации (то есть упорядочения, описания и структурирования) положило начало третьей стадии. Организации осознали, что в информации нет никакого толку, если нет возможности быстро отыскать нужные данные при необходимости. Так на третьей стадии в системах управления знаниями появились термины “систематика” и “управление контентом”. Тема управления контентом впервые была затронута на конференции KMWorld в 2000 году, а в 2001 на той же конференции управление контентом стало одной из самых обсуждаемых тем. В 2006 году на конференции был учрежден двухдневный мастер-класс, посвященный систематике, который проводится и в настоящее время.

Одной из важный проблем современных систем управления знаниями является сохранение знаний пенсионеров. Вопрос обостряется тем, что большой пласт сотрудников, рожденных в послевоенный период бэби-бума, сейчас выходят на пенсию. Одной из возможных техник работы с пенсионерами является подход извлеченных уроков: карьерный путь пенсионера рассматривается как проект, и по нему составляется отчет. Однако в результате мы получим огромную свалку данных, которые будут полезны лишь в отдельных случаях.

Гораздо более эффективным представляется вовлечение пенсионеров в работу, поддержание с ними связи посредством сообществ специалистов, а также с помощью систем местонахождения компетенций. Настоящую ценность представляет не информация, которую способен оставить после себя работник, а знания, которые создаются при взаимодействии пенсионера с текущими сотрудниками организации. Возможен такой сценарий взаимодействия: пенсионер говорит: “Мне кажется, что…”, на что ему отвечает текущий сотрудник: “Да, но здесь…”. Таким образом рождается дискуссия, в ходе которой пенсионер передает свои знания и участвует в нахождении лучшего решения. То есть решение является не просто результатом знаний пенсионера, а скорее результатом взаимодействия работников.

Еще один скачок в развитии системы управления знаниями обусловлен новым современным взглядом на знания организации. Все чаще к системе управления знаниями относят весь поток информации и знаний, которые могут быть полезны организации, включая внешние знания: информацию от поставщиков товаров и услуг, клиентов и т.д. [6].

В современном мире действуют новые тенденции, одна из которых – превращение знаний в ключевой ресурс развития. Экономика, основанная на знаниях – это экономика, создающая, распространяющая и использующая знания для обеспечения роста, качества и конкурентоспособности. Это экономика, которая широко использует знания в разнообразных формах, при этом знания обогащают все отрасли, сектора, участников экономических процессов. В рамках экономики знания создаются в виде научной и высокотехнологичной продукции, высококвалифицированных услуг, образования [7,9]. Не случайно Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» направлена на создание условий для развития общества знаний в РФ, повышение благосостояния и качества жизни граждан нашей страны путем повышения доступности и качества товаров и услуг, произведенных в цифровой экономике с использованием современных цифровых технологий, повышения степени информированности и цифровой грамотности, улучшения доступности и качества государственных услуг для граждан, а также безопасности как внутри страны, так и за ее пределами [8].

Литература:

1. Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев. Управление качеством. — М.: ИНФРА-М, 2015. — 224с.

2. С. Джордж, А. Ваймерскирх. Всеобщее управление качеством. — М.: Виктория плюс, 2015–256с.

3. В. В. Ефимов. Средства и методы управления качеством. — М.: КноРус, 2016. — 232 с.

4. И. Ф. Шишкин. Метрология, стандартизация и управление качеством. — М.: Стандартов,2016.—342с.

5. Комлацкий В.И. Планирование и организация научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.И. Комлацкий, С.В. Логи-нов, Г. В. Комлацкий. — Ростон-на-Дону: Феникс, 2014 — 205с. — URL: http:biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271595.

6. Электронно-библиотечная система Лань [Электронный ресурс] / Войнаренко М.П.//Внедрение системы TQM на предприятиях -Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/246856/#4.

7. Гапоненко А.Л., Орлова Т.М. Управление знаниями. Как превратить знания в капитал. – М.: Эксмо, 2008. – 400 с.

8. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221756/2369d7266adb33244e178738f67f181600cac9f2/

9. Ерохина Е.В. Преимущества и особенности цифровой трансформации: зарубежный и российский опыт // Проблемы теории и практики управления. 2018. - №12. - С. 28-38.

Д.А. Волчков, В.Г. Орлов

СТРУКТУРНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СКАНЕРОВ ДЛЯ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ VR-ПРОЕКТОВ

Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: VR музей, лазерный дальномер, камера, 3D-сканер, виртуальная реальность, визуализация, 3D модель.

В статье рассматриваются прикладные аспекты использования технологии виртуальной реальности (VR) для реализации визуальных проектов. Приводится структурная схема, принцип работы и функциональное назначение её блоков. Даётся описание этапов процесса сканирования и формирования 3D модели «VR музея», включая помещения и объекты экспозиции. Приводятся характеристики и описание принципов работы различных видов современных дальномеров. Обосновывается выбор типа лазерного излучателя и камеры для корректной работы 3D–сканера.

D.A. Volchkov, V.G. Orlov

STRUCTURAL PRINCIPLES OF SCANNERS FOR THE 3D VISUALIZATION OF VR-PROJECTS

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: VR Museum, laser rangefinder, camera, 3D scanner, virtual reality, visualization, 3D model.

The article discusses the applied aspects of the use of virtual reality (VR) technology for the implementation of visual projects. The block diagram, principle of operation and functional purpose of its blocks are given. The article describes the stages of the process of scanning and forming a 3D model of "VR Museum", including the premises and objects of the exhibition. The characteristics and description of the principles of operation of various types of modern range finders are given. The choice of the type of laser emitter and camera for the correct operation of the 3D scanner is justified.

Введение.

В настоящее время активно развивается и внедряется технология виртуальной реальности (VR). На основе её использования за рубежом и в нашей стране реализован ряд визуальных проектов, таких как «In the Eyes of the Animal», «Клиники с терапией VR», «VR-библиотеки», «VR-музей», [3]. Создание виртуальной реальности, например «виртуального музея», связано не только с требованиями пространственного представления залов и элементов размещения экспозиции, но и с задачей обеспечения возможности пользователями детально рассматривать, перемещать и масштабировать демонстрационные экспонаты. Для решения этих задач необходимо создание 3D моделей объектов и пространств с помощью сканеров и дальнейший перенос их в пространство AutoCAD. Сканирование производится с помощью лазерных дальномеров, что связано с высокой пространственно-угловой разрешающей способностью лазерных систем и возможностью временного

стробирования и фильтрации полезного сигнала на фоне помех (солнечных бликов, импульсов обратного рассеивания и т.п.). При этом использование сканера должно обеспечить максимально детальное представление помещений и экспозиции музея в формате 3D с учетом цветовых характеристик всех объектов (автоматическое создание и нанесение текстур на объекты).

Сканирование.

В ходе сканирования залов музея должно производиться определение и селекция мелких объектов с высокой точностью и создании текстур соответствующих предметов, а также разделение объектов экспозиции (картины, скульптуры и т.д.) и пространства помещений (стены), а также элементов для размещения экспозиции (стеллажи, витрины, столы и тд.).

С этой целью сканирование должно производиться в 2 этапа: грубое и детальное сканирование.

Этап грубого сканирования необходим для получения контуров помещений, месторасположения объектов и определения слепых зон сканирования. В слепых зонах необходимо дополнительное проведение сканирования для получения полной грубой 3D модели помещения.

Этап детального сканирования проводится фрагментально: грубая 3D модель разбивается на сегменты, каждый из которых сканируется в отдельности. Отсканированный сегмент обрабатывается: на сегмент накладываются текстуры, после чего его «упрощают». После этого отсканированный сегмент удаляется с грубой модели.

В дальнейшем необходимо осуществить отделение объектов экспозиции от интерьеров и залов музея.

Блок-схема 3D сканера.

Прибор состоит из 4 основных блоков:

- блок дальномера, предназначен для измерения расстояния от точки размещения лазера до объекта (стен помещения, объектов экспозиции и др.);
- фотокамера, обеспечивает получение информации о спектре цветов и уровне белого в помещении;
- блок управления, обеспечивает контроль процесса создания модели помещения и расположенных в нём объектов.
- блок обработки информации обеспечивает обработку поступающих данных о координатах объектов, их цвете и формирует пространственную 3D модель. В блоке содержится модуль памяти для хранения и архивирования обрабатываемой информации.

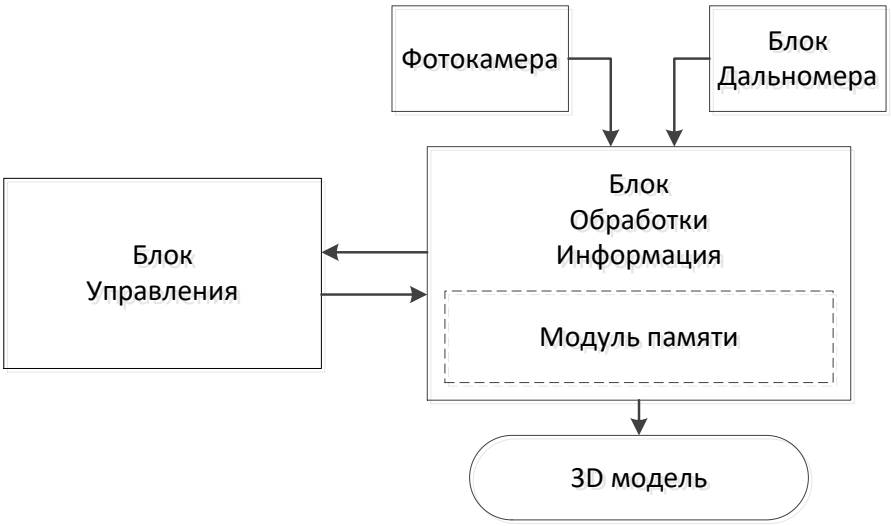


Рисунок 1. Блок-схема 3D сканера

Работа сканера начинается с построения грубой модели с использованием грубого сканирования. Условной точкой отсчета выбирается центр сканера (точка 0;0;0). С дальномера в блок обработки поступает информация о расстоянии (координаты) до объектов в помещении, которая, с применением метода триангуляции, соединяется в сегменты, используемые для формирования модели.

Триангуляция — один из методов создания сети опорных геодезических пунктов, заключается в геодезическом построении на местности системы пунктов, образующих треугольники, у которых измеряются все углы и длины некоторых базовых (базисных) сторон. Построения триангуляции зависит от геометрии объекта и технико-экономических условий. Данный метод позволяет произвести более легкое эффективное разбитие готовой грубой 3D модели на сегменты.

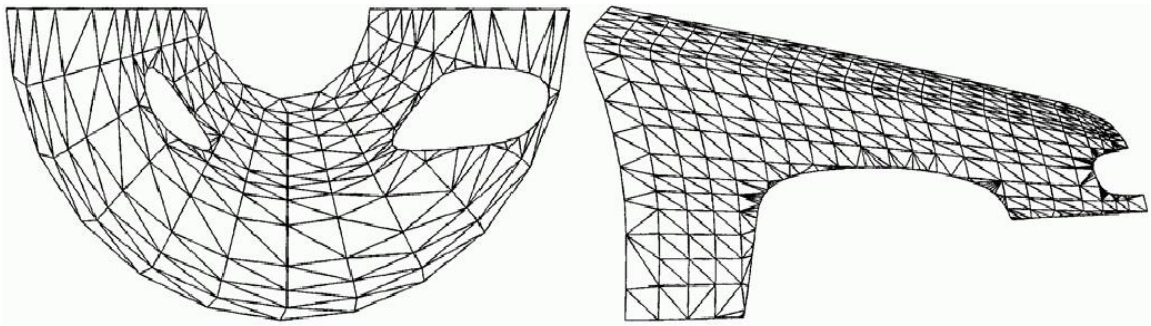


Рисунок 2. Пример работы метода триангуляции в геодезии [4]

Одновременно в процессе построения грубой модели с камеры на блок обработки поступает изображение помещения (панорама), которое накладывается на грубую модель. При однородном освещении в помещении, по изображению определяют его цветовую температуру. В противном случае, составляется карта цветовой температуры изображения помещения. Полученная карта позволит точно отобразить цвет каждого объекта при заданном освещении в заданной точке оконченной 3D модели. Изображение, карта и грубая модель сохраняются в модуле памяти блока обработки информации.

Во время точного сканирования, выбирается сканируемый сегмент, после чего с дальномера с малым шагом (до 1 мм) поступает информация о координатах

элементов (точек) в сегменте. Все полученные точки соединяются воедино, создавая рельеф сегмента, на который наносится цвет изображения в данном сегменте. После получения рельефа сегмента и присвоения ему текстуры, он «упрощается» и сжимается, и затем передаётся в модуль памяти до окончания сканирования всех сегментов.

Выбор и описание элементов сканера.

Выбор типа дальномера.

При выборе типа используемого лазерного дальномера важнейшим параметром является гарантируемая точность измерений. Современные лазерные дальномеры по принципу действия подразделяются на три типа:

1) *Импульсные* – принцип действия, которых основан на измерении времени между моментом излучения, зондирующего лазерного моноимпульса (старт-импульс) и моментом приема отраженного от объекта излучения (стоп-импульс). В качестве источника излучения используются твердотельный или полупроводниковый импульсные лазеры (обычно), с оптическим фокусирующим коллиматором. Дальность до объекта с учётом двойного прохождения расстояния лазерным излучением вычисляется по формуле:

$$L = \frac{c\Delta t}{2n} \quad (1)$$

где: c – скорость света в вакууме; Δt – интервал времени между моментами посылки и приема излучения зондирующего импульса; n – показатель преломления среды распространения для используемой длины волны излучения.

Погрешность измерения дальности до объекта определяется погрешностью измерения временного интервала между посылкой и приемом излучения импульса. При этом на погрешность влияют следующие факторы:

- систематическая погрешность, связанная с различным временем задержки сигнала в каналах фиксации излучаемого и принимаемого импульсов;
- погрешность, из-за конечной дискретности измерителя временных интервалов;
- погрешность временной задержки импульсов излучения.

2) *Интерференционные* – принцип действия которых основан на подсчете интерференционных полос при перемещении реперного световозвращающего элемента от нулевого положения до необходимого. Данные дальномеры характеризуются высокой точностью (до 1 мкм), однако имеют ограниченную область применения вследствие необходимости использования репера и малой дальности измерения. Их применение ограничено высокоточным технологическим контролем различных объектов.

3) *Фазовые* - измеряют расстояние путем определения сдвига фазы гармонически модулированного оптического излучения лазера относительно опорного колебания;

Лазерные фазовые дальномеры по сравнению с импульсными обладают существенно меньшей дальностью измерения, однако обеспечивают гораздо большую точность. Такие различия объясняются тем, что в качестве источника излучения в лазерных фазовых дальномерах используется непрерывный полупроводниковый лазер либо светодиод, излучение которых промодулировано одним или несколькими гармоническими сигналами. Расстояние определяется

сравнением фазы модулирующего сигнала на выходе приемника (фаза излучения, прошедшего расстояние до объекта и обратно) с фазой опорного сигнала (фаза сигнала источника).

На основе сравнения характеристик различных типов лазерных дальномеров, можно следующие выводы:

- импульсный дальномер способен сканировать расстояние до 5 км, обладает малой точностью и существенными погрешностями;
- интерференционный дальномер обладает высокой точностью (до 1 мкм), но обладает малым диапазоном измерения расстояний.
- фазовый дальномер обеспечивает как высокой точностью измерений (до 1 мм), так и большой диапазоном измерения расстояния (до 1 км).

По совокупности характеристик, оптимальным для использования в сканере является фазовый лазерный дальномер (Рисунок 2).

Описание дальномера.

В лазерных фазовых дальномерах измерения расстояния производится с учетом следящих выражений:

l=ct – расстояние, проходимое световой волной за время t;

φ=2πfмt – изменение величины фазы модулированного лазерного излучения, прошедшего путь от источника до объекта и обратно (где fм— частота модуляции излучения);

Таким образом, дальность до объекта можно определить по формуле:

$$l = \frac{c\varphi}{2\pi f_м} \quad (2)$$

С учетом погрешности вычисления фазы, ошибка вычисления расстояния составит:

$$\Delta l = \frac{c\Delta\varphi}{2\pi f_м} \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что погрешность измерения дальности Δl обратно пропорционально частоте модуляции. Однако для однозначного определения расстояния изменение фазы при измерении должно быть меньше 2π (двойное расстояние не должно превышать длину волны модуляции). Это накладывает ограничение на максимально допустимое значение частоты модуляции fм. С учетом этого, в фазовых дальномерах используется несколько частот модуляции [1]. Низшая граница используемого диапазона частот модуляции определяется максимальной дальностью измерений, последующие частоты диапазона — погрешностью измерения на предыдущих [1].

В фазовых дальномерах применяются интегральные фазовые детекторы, с помощью которых измеряется разность фаз от 0◦до 180◦ между входным и опорным сигналами. Это необходимо для устранения неоднозначности, возникающей при фазовом сдвиге более 180◦, так как при прохождении излучения до объекта и обратно его фаза не должна изменяться больше чем на 2π.

При этом максимальная дальность измерения определится выражением

$$2l_{max} = \frac{1}{2} T_1 c \quad (4)$$

где T_1 — период модуляции излучения на первой (низкой) частоте.

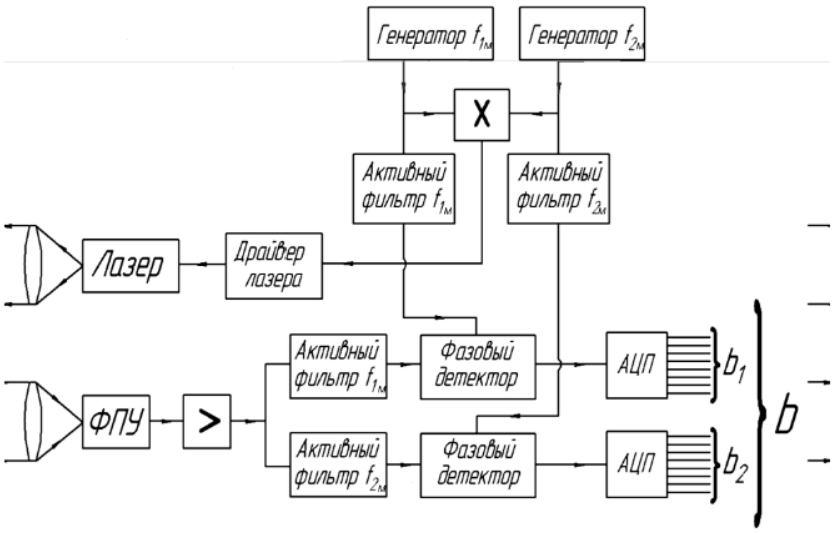


Рисунок 3. Функциональная схема лазерного фазового дальномера [1]

Выбор излучателя дальномера.

При выборе излучателя следует руководствоваться требованиями безопасности его применения с точки зрения воздействия на глаза пользователей. В наибольшей степени, этим требованиям соответствует опытный образец твердотельного лазера с полупроводниковой накачкой и внутрирезонаторным параметрическим преобразованием частоты излучения лазера в спектральную область 1.57 мкм. Выходная энергия излучателя составляет 10 мДж, длительность импульса 10 нс, частота повторения импульсов до 20 Гц, расходимость излучения 0.7 мрад. Размеры излучателя с формирующим телескопом и радиатором охлаждения составляют 142×58×54 мм (Рисунок 3) [2].

Оптический резонатор лазера выполнен из зеркал 1 и 9, имеющих высокий коэффициент отражения на длине волны 1.06 мкм и пропускающих излучение с длиной волны 1.57 мкм. Резонатор включает в себя пассивный затвор 2 на основе YAG:Cr4+; поляризатор 3; активный элемент 4 из кристалла YAG:Nd3+, находящийся в оптическом отражателе 5, и резонатор параметрического генератора света, образованный зеркалами 6 и 8 с нелинейным кристаллом KTP 7. Излучатель включает в себя формирующий телескоп 10.

Для накачки активного элемента используются четыре диодные линейки, излучающие на длине волны 808 нм с оптической мощностью 120 Вт при длительности импульса 250 мкс, разработанные специально для данного класса излучателей.

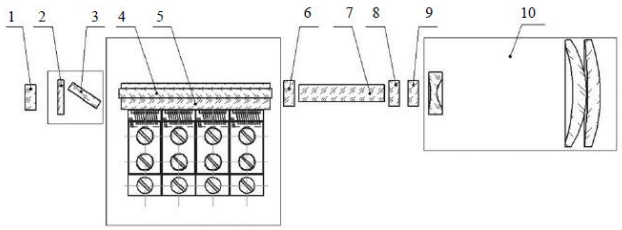


Рисунок 4. Структурная схема излучателя [2]

Излучатель имеет герметичный корпус, внутренний объем заполнен сухим азотом. Термостабилизация диодных линеек и активного элемента осуществляется

термоэлектрическим модулем. Модуль обеспечивает непрерывную работу излучателя с частотой повторения импульсов 10 Гц в интервале температур окружающей среды от – 55 до + 55 °С [2].

Выбранный для рассматриваемого дальномера излучатель имеет не высокую скорость работы (до 20 импульсов в секунду) что не критично для характеристик сканера. В тот же время, он обладает малым расхождение пучка излучения, что существенно повышает точность измерений.

Камера.

Одним из важных элементов процесса формирования полноценной 3D визуальной модели является камера. Основное функциональное назначение камеры – съемка панорамы, для последующего создания текстур объектов (стен, интерьера, элементов экспозиции и т.п.)

Полученная панорама будет фрагментироваться аналогично процедуре формирования грубой 3D модели. С каждым из условных сегментов 3D модели, перед осуществлением точного сканирования, сопрягаются соответствующие фрагменты изображения. В процессе фрагментации, в конце цикла обработки каждого из сегментов, блок обработки будет создавать и наносить соответствующей сегменту текстуры.

В ходе сканирования в процессе получения панорамы целесообразно использовать каскад из нескольких камер с равным углом обзора для получения полного и четкого изображения помещения без каких-либо искажений.

Заключение.

Для реализации 3D визуальных проектов, таких как VR-музей, VR-библиотека и др., целесообразно использовать 3D-сканеры, содержащие лазерные фазовые дальномеры, обеспечивающие высокую точность измерений (до 1 мм) и невысокую погрешность. Создание 3D модели должно производиться в 2 этапа – грубое и точное сканирование с использованием метода триангуляции. Для обеспечения безопасности пользователей, в дальномере необходимо использовать излучатель на основе твердотельного лазера с полупроводниковой накачкой и внутрирезонаторным параметрическим преобразованием частоты излучения лазера в спектральную область 1.57 мкм.

Литература:

1. *В.Б. Бокшанский, Д.А. Бондаренко, М.В. Вязовых, И.В. Животовский, А.А. Сахаров, В.П. Семенков*; под ред. *В.Е. Карасика.* ЛАЗЕРНЫЕ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ // «МГТУ им. Н.Э.Баумана – 2012» / с. 5-50

2. *М. О. Искандаров, А. А. Никитичев, М. А. Свердлов, А. Л. Тер-Мартиросян* НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ том 25, № 3 – 2015 / с.124-126

3. *https://special.theoryandpractice.ru/vr-projects*

4. *https://infourok.ru/prezentaciya-na-temu-ocherk-o-geodezii-2254748.htm*

Д.А. Овчинников, С.А. Баранов

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЧАТОГО РЕФЛЕКТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЧАСТОТНОНЕЗАВИСИМЫХ АНТЕНН

Уральский технический институт связи и информатики (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге

Ключевые слова: спиральная антенна, сетчатый рефлектор, круговая поляризация, спираль Архимеда.

В статье рассмотрены методы уменьшения коэффициента эллиптичности волн круговой поляризации за счет применения сетчатого рефлектора. Исследовано влияние ячеек различных форм и размеров на формирование диаграммы направленности антенны.

D.A. Ovchinnikov, S.A. Baranov

THE USE OF A MESH REFLECTOR TO INCREASE THE RADIATION EFFICIENCY OF FREQUENCY-INDEPENDENT ANTENNAS

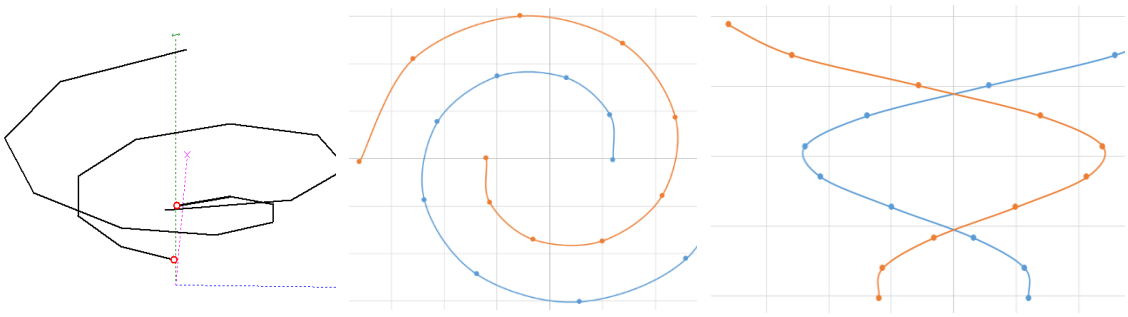
Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Siberian State
University of Telecommunications and Informatics” in Yekaterinburg

Keywords: spiral antenna, mesh reflector, circular polarization, Archimedean spiral

The article discusses methods for reducing the ellipticity coefficient of circular polarization waves means of the mesh reflector application. The effect of cells of various shapes and sizes on antenna patterning is investigated.

Применение рефлекторов в составе антенн позволяет улучшить направленные свойства передающих антенн: подавляется обратное излучение, увеличивается мощность в прямом направлении. Но при этом значительно увеличиваются габариты антенны, ее вес, появляется повышенная ветронагрузка, дополнительно возрастает нагрузка при выпадении осадков. Для минимизации излишних масс рефлекторы выполняют не цельнометаллическими, а сетчатыми, причем размер ячеек выбирается меньше длины волны. В данной статье, предлагается варьировать размеры и форму ячеек не только для снижения массогабаритных параметров, но также для корректировки диаграммы направленности антенны.

Для исследования была выбрана антенна – спираль Архимеда, состоящая из 3х витков. Центральный виток рассчитан на частоту 400 МГц, крайние витки соответствуют частотам 200 МГц и 600 МГц. Небольшое количество витков в антенне выбрано для упрощения моделирования: скорость просчета увеличивается, а время на изменение модели для последующего исследования сокращается. Важно отметить, что что простота модели не сказывается на достоверности данных, и все результаты, полученные в исследованиях, можно экстраполировать на сколь угодно большие диапазоны частот при соответствующем изменении параметров антенны. Модель двузаходной конической спирали приведена на Рисунке 1.



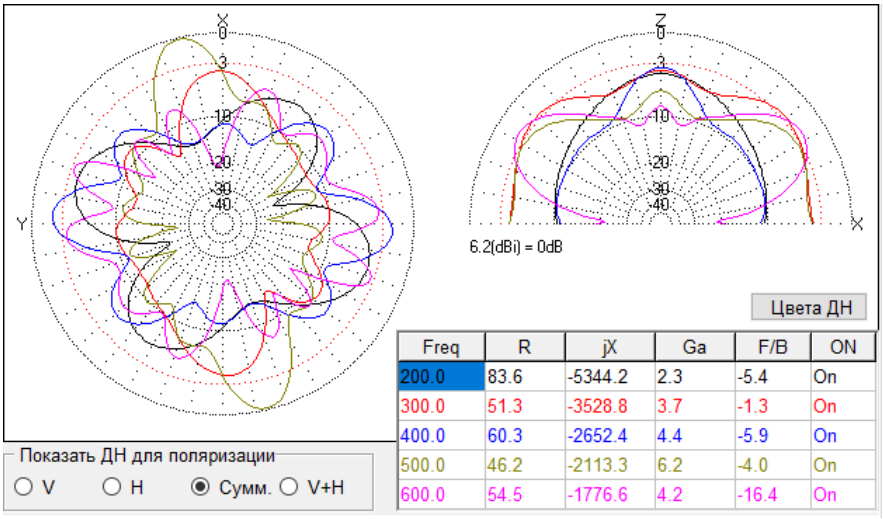
а б в

Рисунок 1. Модель двузаходной конической спирали (а – модель в MMANA; б – модель в Excel, вид сверху; в – модель в Excel, вид сбоку).

Все результаты моделирования будут проводиться в программе MMANA-GAL basic v.3.0.0.31. Данная программа использует метод моментов, то есть диаграмма направленности строится по сумме поверхностных токов в проводниках. Учитываются токи от источника сигнала и токи, наведенные от соседних проводников. Данный метод дает достаточную точность предсказания для практического применения в антеннах и хорошо коррелирует с экспериментально полученными данными.

Моделирование проведено на пяти частотах: 200МГц, 300МГц, 400МГц, 500МГц, 600МГц. Частоты 200МГц, 400МГц и 600МГц будут излучаться витками соответствующей длины, частоты 300МГц и 500МГц будут излучаться парой витков, наиболее близких к длине волны. Угол подъема витков спирали составляет 0,13λ. Такая величина обусловлена наибольшим коэффициентом усиления антенны при расположении ее над экраном (рефлектором) при малом коэффициенте эллиптичности. Коэффициент эллиптичности будет определяться как отношение максимального усиления антенны к минимальному в плоскости перпендикулярной к направлению излучения. Круговой поляризации будет соответствовать коэффициент эллиптичности равный 1. Цель исследования: как можно ближе приблизиться к идеальной круговой поляризации в исследуемой полосе частот только за счет изменения формы и параметров рефлектора.

Исследование корректно начать с построения диаграммы направленности антенны в свободном пространстве. Полученный результат будет взят за опорную точку, относительно которой будут сделаны выводы о влиянии формы рефлектора на изменение формы поляризации. Диаграммы направленности и формы поляризации антенны в свободном пространстве приведены на Рисунке 2.



Freq	R	jX	Ga	F/B	ON
200.0	83.6	-5344.2	2.3	-5.4	On
300.0	51.3	-3528.8	3.7	-1.3	On
400.0	60.3	-2652.4	4.4	-5.9	On
500.0	46.2	-2113.3	6.2	-4.0	On
600.0	54.5	-1776.6	4.2	-16.4	On

Рисунок 2. Диаграмма направленности антенны в свободном пространстве.

Из рисунка видно, что во всем частотном диапазоне наблюдаются сходные параметры излучения: диаграмма направленности широкая, без расщепления на боковые лепестки, а поляризация не вырождается в линейную, хотя коэффициент эллиптичности высок.

Так как ключевым показателем качества в данном исследовании является поляризация, то опираться следует исключительно на нее, оставляя без внимания другие параметры антенны. Произведём вычисление коэффициента эллиптичности, полученные результаты сведем в таблицу 1.

Таблица 1. Поляризация антенны в свободном пространстве.

Частота, МГц	Коэффициент эллиптичности, дБ
200	15,9
300	10,9
400	12,3
500	24,9
600	17,4

Для удобства анализа, в дальнейшем все результаты моделирования будут сводиться в таблицы с последующим построением необходимых графиков или приведением полученных диаграмм направленности.

В дальнейшем все приведенные результаты будут соответствовать центральной частоте в 400 МГц (Рисунок 3 – диаграмма направленности антенны (ДН), Таблица 2). Длина волны 0,75м. Полученную зависимость можно пропорционально экстраполировать на другой диапазон частот при соответствующем изменении размера или формы ячейки сетки.

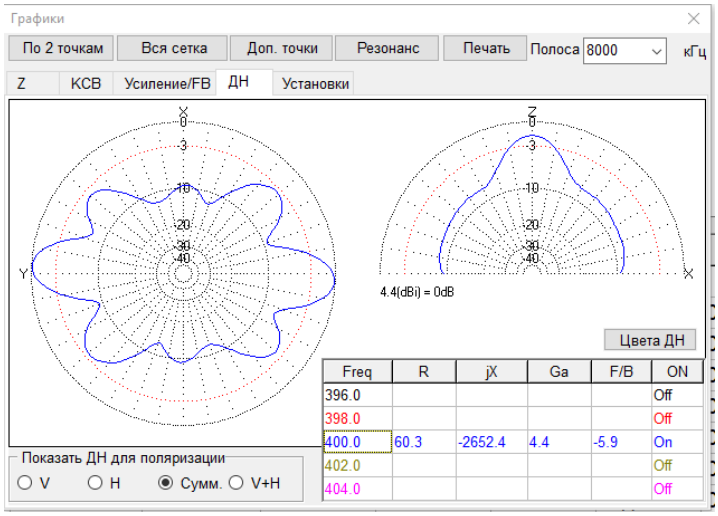


Рисунок 3. ДН антенны в свободном пространстве.

Таблица 2. Коэффициент эллиптичности антенны в свободном пространстве.

Частота, МГц	Коэффициент эллиптичности
400	12,36

Произведем исследование влияния размеров рефлектора на излучение антенны, чтобы определить оптимальные габариты рефлектора. Так как MMANA не позволяет строить сплошной экран, то сетка будет строиться из квадратов со стороной 5см (0,066λ), радиус проводников 2,5см. В литературных источниках предлагается использовать рефлектор не менее 0,6λ. Результаты моделирования сведем в Таблицу 3.

Таблица 3. Влияние размеров рефлектора на излучение антенны.

Размер экрана, м	Размер экрана, λ	Коэффициент эллиптичности, в дБ	Ga, дБ	Gh, дБд	F/B, дБ
Свободное пространство	-	12,3	4,58	2,43	2,33
0,1	0,133	12,3	4,31	2,16	2,61
0,2	0,267	12,4	4,87	2,72	8,76
0,3	0,4	13,1	4,46	2,31	6,33
0,5	0,667	14,0	5,31	3,16	7,53
0,8	1,067	12,8	6,61	4,46	9,77
1.1	1,467	15,1	6,58	4,43	13,08
1.5	2	12,8	6,81	4,66	12,04
2	2.667	14	7,67	5,52	9,00
3	4	15,3	8,08	5,93	10,09
5,5	7,333	23,2	8,93	6,78	8,80

Для удобства анализа построим графики зависимости усиления антенны относительно изотропного излучателя и график F/B, который характеризует отношение излучения антенны в прямом направлении к обратному (рисунок 4). По умолчанию MMANA в качестве направления назад использует угловой диапазон равный 120 градусам (± 60 градусов от направления назад, т. е. от 120 до 240 градусов

по азимуту) и 60 градусов (от 0 до 60 градусов) по зениту. Из описания к программе: «Вычисление излучения назад в столь широком угловом диапазоне более корректно, чем простое вычисление только назад. Это же является причиной, что MMANA дает меньшие значения F/B, чем другие моделирующие программы, которые считают заднее излучение, только для единственного направления – чисто назад». В данном случае углы заданы равными 0 градусам, так как расщепления главного лепестка не наблюдается и максимум прямого и обратного излучения направлено строго вдоль оси антенны.

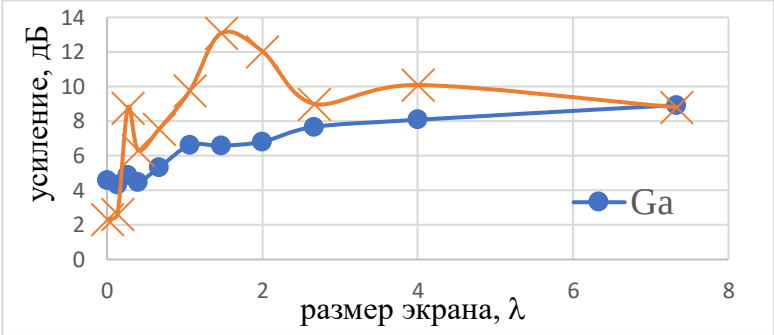
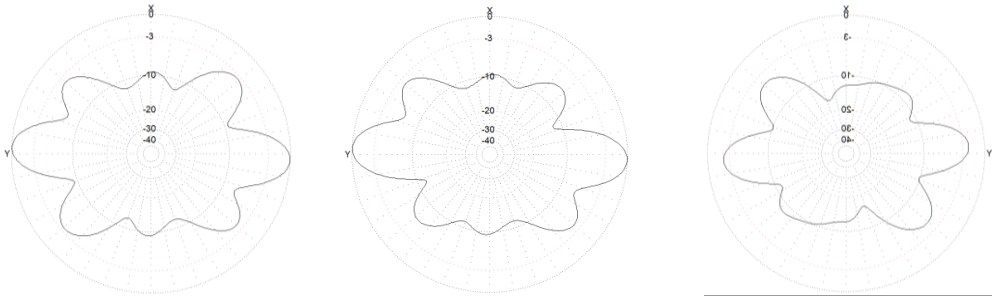


Рисунок 4. Влияние размеров рефлектора на излучение антенны.

С увеличением размеров экрана наблюдается рост коэффициента направленного действия антенны с соответствующим уменьшением обратного излучения. Всплески на графике вызваны в первую очередь искривлением полученной ДН в направлении 0 градусов, то есть наблюдается уширение или сужение главного лепестка. Согласно графикам, оптимальные размеры экрана будут составлять от 1λ до 2,5(3)λ, именно в этом диапазоне наблюдается наибольшее изменение ДН. Так как в практическом применении увеличение размеров рефлектора влечет повышенную парусность, увеличение массы и габаритов антенны, то целесообразно использовать рефлектор минимально допустимого размера. В данном случае размер рефлектора выбран равный 1λ.

Изменим форму ячеек с квадратных на прямоугольные с соотношением сторон 1:16 (1λ по длинной стороне, 0,063λ по короткой). Полученные результаты приведены на рисунке 5.



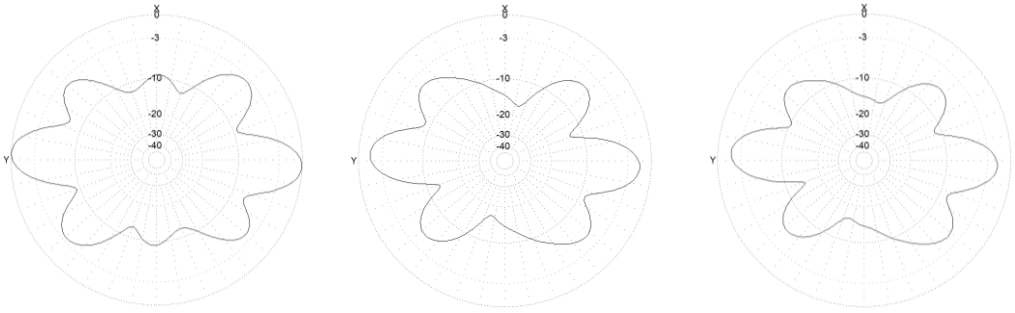
а б в

Рисунок 5. Влияние рефлектора из прямоугольных ячеек на поляризацию антенны (а– без рефлектора, б - горизонтальное расположение прямоугольников, в – вертикальное расположение прямоугольников).

Рефлектор из ячеек прямоугольной оказывает неодинаковое влияние на прохождение/отражение электромагнитных волн круговой поляризации. Так, при горизонтальном расположении прямоугольников происходит усиление излучения в вертикальном направлении, из-за чего ДН растягивается по вертикали. При вертикальном расположении усиливается отражение волн в горизонтальном направлении. Таким образом, регулируя шаг сетки в том или ином направлении можно как усилить излучение в нужном направлении, так и ослабить в противоположном, что позволит скорректировать итоговую ДН. Согласно полученным результатам, коэффициент поляризации на рисунке 5а составляет 12,36 дБ; 5б = 12 дБ; 5в = 8 дБ. Из рисунка 5б видно, что изменение поляризации зависит в основном из-за ослабления излучения в одном из направлений, нежели из-за повышения уровня излучения. Здесь, поднимается вопрос высоты подвеса над экраном, для того чтобы волны излученные и отражённые в точке измерения складывались по фазе.

Продолжим исследование рефлектора с ячейками более сложных форм:

- ячейки в форме треугольников. Треугольники равнобедренные, с основанием 0,347λ, стороны по 0,187λ;
- ячейки гексагональной формы (размеры ячеи 0,096λ на 0.107λ).

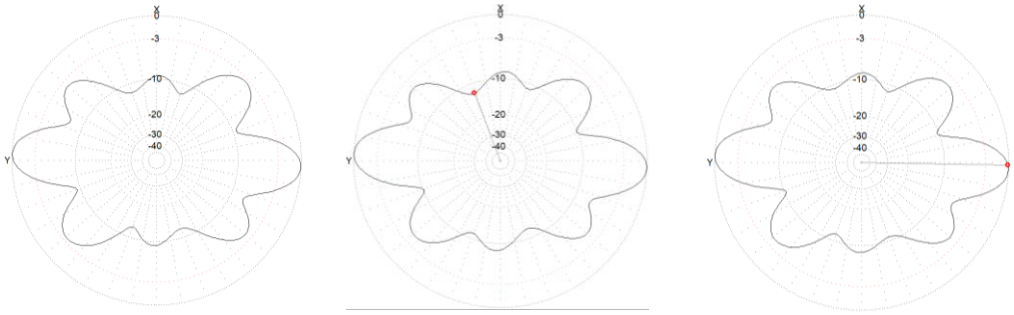


а б в

Рисунок 6. Влияние рефлектора с ячейками сложной формы на поляризацию антенны (а– без рефлектора, б – треугольные соты, в – ячейки гексагональной формы).

Треугольные и гексагональные ячейки так же оказывают влияние на форму ДН, но эффект изменения излучения выражен слабее и труднее прогнозируется. Коэффициент эллиптичности: рисунок 6а = 12,36 дБ; 6б =15,1 дБ; 6в = 14 дБ. Уменьшения эллиптичности по отношению к антенне без рефлектора достигнуто не было.

Оценка влияния ячеек нерегулярного размера. В качестве эксперимента выбраны ячейки квадратного размера, чтобы исключить влияние формы (рисунок 7).



а б в

Рисунок 7. Влияние рефлектора с ячейками нерегулярного размера на поляризацию антенны (а– без рефлектора, б – увеличение размера ячеек от центра к краю, в – уменьшение размера ячеек от центра к краю).

В данном случае, из-за симметрии ячеек форма поляризации практически не изменилась. Коэффициент поляризации: Рисунок 7а =12,36 дБ; 7б =12,1 дБ; 7в = 11,5 дБ. Наибольший эффект достигнут в том случае, когда ячейки малого размера располагаются ближе к излучающему витку. Это можно объяснить тем, что не все участки рефлектора работают одинаково, наибольший вклад оказывают участки непосредственно под излучающим элементом.

Исследуем рефлектор в форме спирали той же формы, что и антенна. Виток рефлектора будет рассчитан на частоту 400 МГц. Результаты сведены в таблицу 4, графическое представление данных – Рисунок 8.

Таблица 4. Зона рефлектора наиболее значимая при формировании ДН.

Намотка в ту же сторону	Коэффициент эллиптичности, дБ	Намотка в противоположную сторону	Коэффициент эллиптичности, дБ
Диаметр проводника, мм		Диаметр проводника, мм	
2	14,0	2	15,8
10	14,9	10	16,8
20	15,5	20	17,4
40	15,0	40	18,2
80	14,4	80	15,9
160	17,3	160	18,2

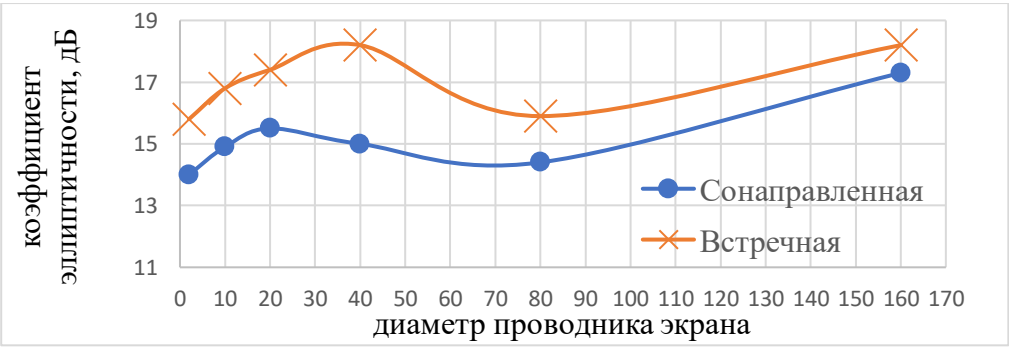


Рисунок 8. Зона рефлектора наиболее значимая при формировании ДН.

Встречная намотка оказывает большее влияние на вид ДН, так как плоскость рефлектора не совпадает с плоскостью антенны, и излучение от различных частей даже одного витка испытывает неодинаковое отражение. Наиболее значимая зона может быть определена по наибольшему изменению коэффициента эллиптичности. Диапазон значимой зоны находится в пределах от 10мм до 50мм (40мм для сонаправленного рефлектора), максимальный эффект измерен при 20мм для сонаправленного рефлектора и 40мм для встречного. Для уменьшения массогабаритных свойств примем значение в 20 мм, что в длинах волн составит 0,027λ.

Таким образом, результаты моделирования показывают, что рефлектор оказывает значительное влияние на форму ДН и коэффициент эллиптичности волн, излученных антеннами круговой поляризации. Использование сетчатого рефлектора позволяет корректировать излучение антенны. Наиболее яркий эффект был достигнут при применении ячеек прямоугольной формы и нерегулярном расположении сот. Электромагнитные волны, излученные различными участками спирали, испытывают неодинаковое отражение от рефлектора, за счет чего суммарное излучение антенны претерпевает изменения.

Литература:

1. Рамзей В. Частотно-независимые антенны, под ред. д.т.н. А.Ф.Чаплина. М.: «Мир», 1968. – 172с.

2. Петров Б.М., Горемыкин Е.В., Костромитин Г.И. Логопериодические вибраторные антенны. М.: Горячая-линия, 2005. – 293с.

3. Конторович М.И., Астрахан М.И., Акимов В.П., Ферсман Г.А. и др. Электродинамика сетчатых структур, М: Радио и связь, 1987. – 135с.

4. И. Гончаренко DL2KQ — EU1TT. Компьютерное моделирование антенн, издательское предприятие РадиоСофт, Москва: Журнал «РАДИО», 2002. – 79с

Д.В. Денисов, Д.В. Феденев

УЯЗВИМОСТЬ В СЕТЯХ ETHERNET И МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВМЕШАТЕЛЬСТВА

Уральский технический институт связи и информатики (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
"Сибирский государственный университет телекоммуникаций и
информатики" в г. Екатеринбурге

Ключевые слова: Захват трафика, Ethernet, IEEE 802.3, сетевая безопасность, анализ трафика, работоспособность сети, уязвимость Ethernet.

В работе производится описание способа захвата трафика в сетях Ethernet. Описываемый способ позволяет получить более достоверную картину по сравнению с методами SPAN/Mirroring. Для использования описываемого метода не нужно разрывать соединение, то есть он подходит для анализа сетей с режимом работы 24/7. Подключение захватчика полностью прозрачно для оборудования в сети. Другими словами, при подключении к функционирующему участку сети, другие устройства никаких изменений в сети не заметят, так как конфигурация сети останется прежней.

Также в статье представлен способ обнаружения такого подключения к сети в целях обеспечения защиты.

D.V. Denisov, D.V. Fedenev

VULNERABILITY IN ETHERNET NETWORKS AND METHODS OF DETECTION OF INTERVENTION

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the federal state budgetary educational institution of higher education "Siberian State University of Telecommunications and Informatics" in Ekaterinburg

Keywords: Traffic Capture, Ethernet, IEEE 802.3, network security, traffic analysis, network operability, Ethernet vulnerability.

This paper describes the method of capturing traffic on Ethernet networks. The described method allows to obtain a more reliable picture compared with the methods of SPAN / Mirroring. To use the described method does not need to break the connection, that is, it is suitable for analyzing networks with a 24/7 mode of operation. Connecting the invader is completely transparent to the equipment in the network. In other words, when connected to a functioning network segment, other devices will not notice any changes in the network, since the network configuration will remain the same. The article also presents a method for detecting such a network connection in order to provide protection.

Введение.

Захват сетевого трафика – это получение всех данных, кадров, и сигналов, проходящих через определенный участок сети для получения полной и достоверной картины о состоянии трафика на данном участке сети. Сетевые администраторы используют захват трафика для мониторинга, анализа и наладки работоспособности сети или ее участков. Также, захват сетевого трафика используют злоумышленники, для хищения информации и паролей, для получения доступа к целевым устройствам и сетям.

Как для сетевых администраторов, так и для злоумышленников предпочтительнее такой способ захвата трафика, который не оказывает влияния на исходную сеть и является для нее максимально прозрачным, то есть не инициирует переконфигурацию сети, не изменяет никакие параметры и не позволяет обнаружить устройство захвата. При анализе сети это позволит получить более полную и реальную картину сетевого трафика на данном участке сети для первых, и не быть обнаруженными для вторых.

В настоящее время, для захвата трафика в большинстве случаев применяется функция зеркалирования портов коммутатора (функция SPAN/Mirroring), которая заключается в дублировании на порт M, всей информации, отправляемой на порт N. Коммутатор в данном случае, копирует всю информацию с целевого порта и отправляет её на порт для мониторинга трафика. К недостаткам такого способа можно отнести следующее:

- не все коммутаторы поддерживают данную функцию;
- увеличение нагрузки на коммутатор;
- не подходит для захвата трафика с высокой достоверностью (не копирует информацию некоторых протоколов).

Высокую достоверность позволяет получить использование сетевого ответвителя (англ. TAP). TAP – небольшое устройство, позволяющее со 100% точностью передавать информацию с двух входных портов на два выходных. Подключается данное устройство в разрыв существующей линии, к входным портам подключаются концы разорванного кабеля, а к выходным устройства для захвата. К недостаткам таких ответвителей можно отнести их высокую стоимость.

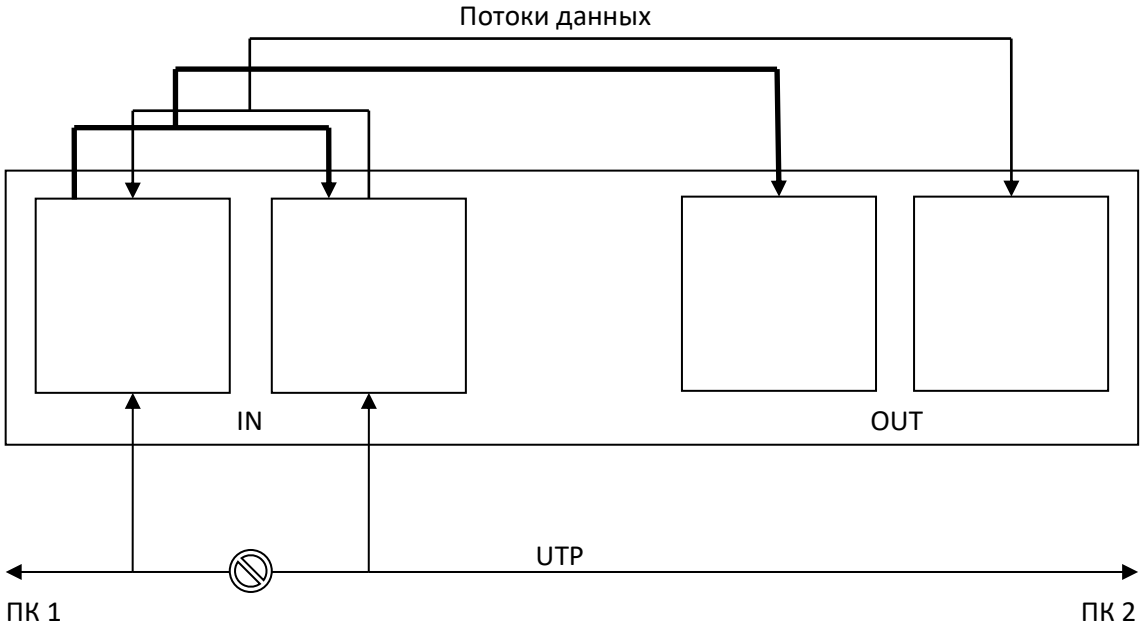


Рисунок 1. Схема подключения и работы TAP

В качестве программных средств для захвата сетевого трафика используются программы типа sniffer, которые захватывают набор логических нолей и единиц, проходящих через интерфейс захвата. Полученные таким образом биты декодируются согласно соответствию полям кадра/пакета. Данная информация может быть использована для оптимизации работы сети или для кражи данных передаваемых по сети.

В ходе эксперимента, в качестве sniffer'a использовалось программное обеспечение Wireshark. Данное ПО позволяет захватывать, просматривать, сохранять и анализировать все поступающие данные на порт сетевой платы.

1. Описание метода захвата.

Используя данные стандарта IEEE 802.3 о назначении жил кабеля и стандарты обжима кабелей выяснено следующее (для скорости доступа до 100Мбит/с):

- для передачи данных от устройства А к Б используется пара (TX);
- для приема данных от устройства Б устройством А используется пара (RX).

В ходе эксперимента между ПК1 и ПК2 было установлено соединение по Ethernet с использованием кабеля типа витая пара. Для создания трафика в сети использовалась команда PING, которая генерировала пакеты протокола ICMP размером 64000 Байт, отсылка пакетов осуществлялась непрерывно, от ПК1 к ПК2 и от ПК2 к ПК1.

По середине соединяющего кабеля был произведен надрез изоляции и извлечены жилы оранжевой пары (бело-оранжевая и оранжевая). Также, был произведен надрез изоляции этих жил, без повреждения самих жил. Время задержки ответов на пакеты ICMP, после проведения данных действий, не изменилось. В разъем сетевой платы ПК3, расположенного посередине, между ПК1 и ПК2, был подключен сетевой кабель, обжатый только с одного конца. На другом конце кабеля была снята изоляция с жил оранжевой пары. Жилы оранжевой пары от ПК3 были подключены соответственно по цвету к месту надреза кабеля, соединяющего ПК1 и ПК2. Схема подключения ПК изображена на рисунке 2.

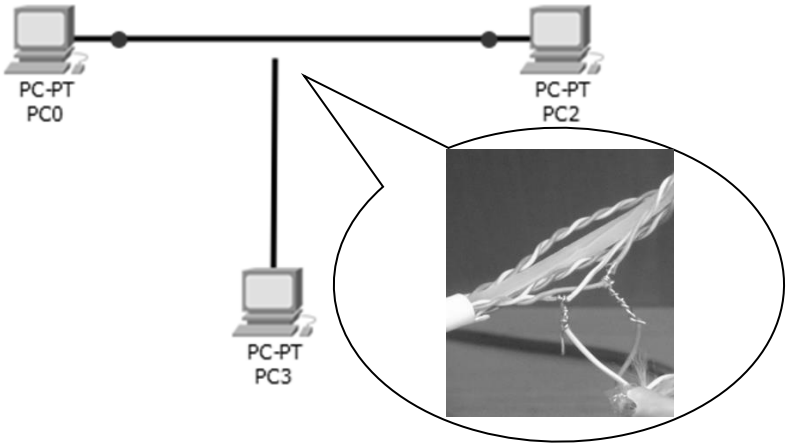


Рисунок 2. Схема подключения ПК

На ПК3 была запущена программа Wireshark в режиме захвата всех поступающих пакетов. В результате данных действий программой Wireshark были успешно захвачены пакеты ICMP.

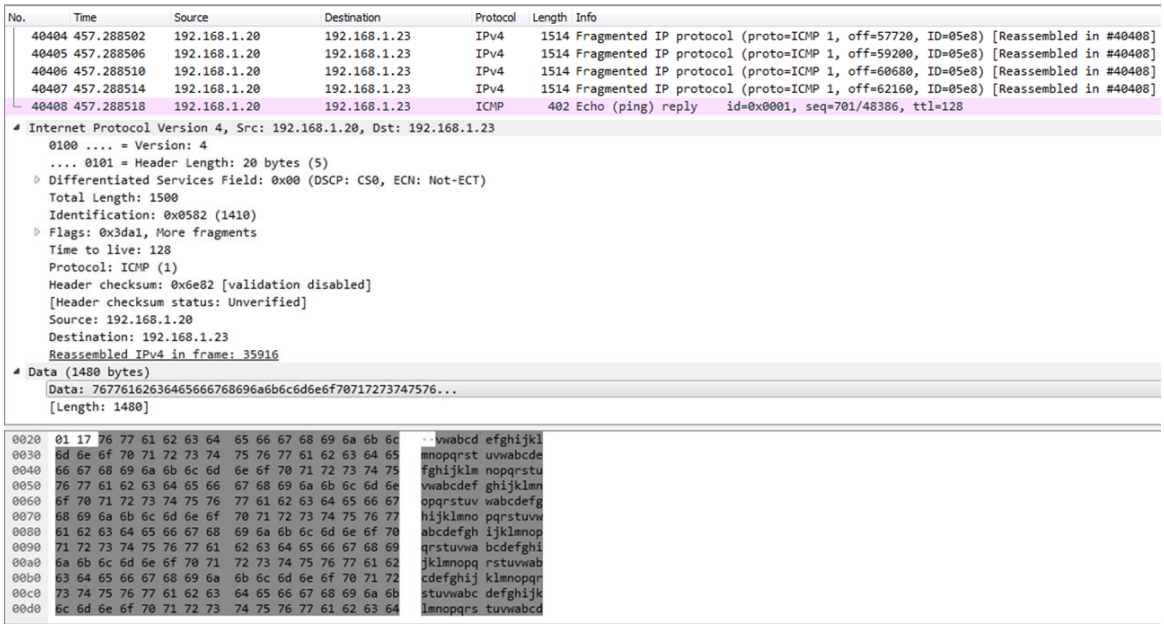


Рисунок 3. Захваченные пакеты ICMP

Таким образом, для захвата трафика достаточно подключить приемные жилы витой пары от устройства захвата к жилам витой пары функционирующего участка сети. Для захвата трафика с двух направлений, необходимо иметь две сетевые платы на ПК и подключить к приемным жилам ПК3 двух сетевых интерфейсов жил оранжевой и синей пар. Данное подключение никак не отражается на функционировании сетевых устройств, и всего участка сети, следовательно, устройство захвата (ПК3) получает максимально полную и достоверную информацию о трафике на данном участке сети.

2. Методы обнаружения вмешательства.

Учитывая базовые принципы функционирования и изменения параметров электрических цепей, было предположено, что изменится электрическое сопротивление цепи между жилами оранжевой пары при подключении ответвляющего кабеля и сетевой платы ПК3. При изменении сопротивления цепи должно измениться и напряжение на этом участке цепи (при неизменной мощности передатчика).

Для проверки верности этого предположения было принято решение о замере напряжения между жилами оранжевой пары до подключения ответвления кабеля к ПК3 и после подключения.

Для замера напряжения использовался программно-аппаратный комплекс NI ELVIS II. Для подключения вольтметра данного комплекса, в кабеле, соединяющем ПК1 и ПК2 была разрезана изоляция, извлечены жилы оранжевой пары и разрезана изоляция самих жил, подобно действиям, описанным выше при подключении ПК3. Место подключения вольтметра было выбрано случайным образом, так как длина отрезка кабеля между ПК1 и ПК2 была слишком мала для внесения существенного затухания.

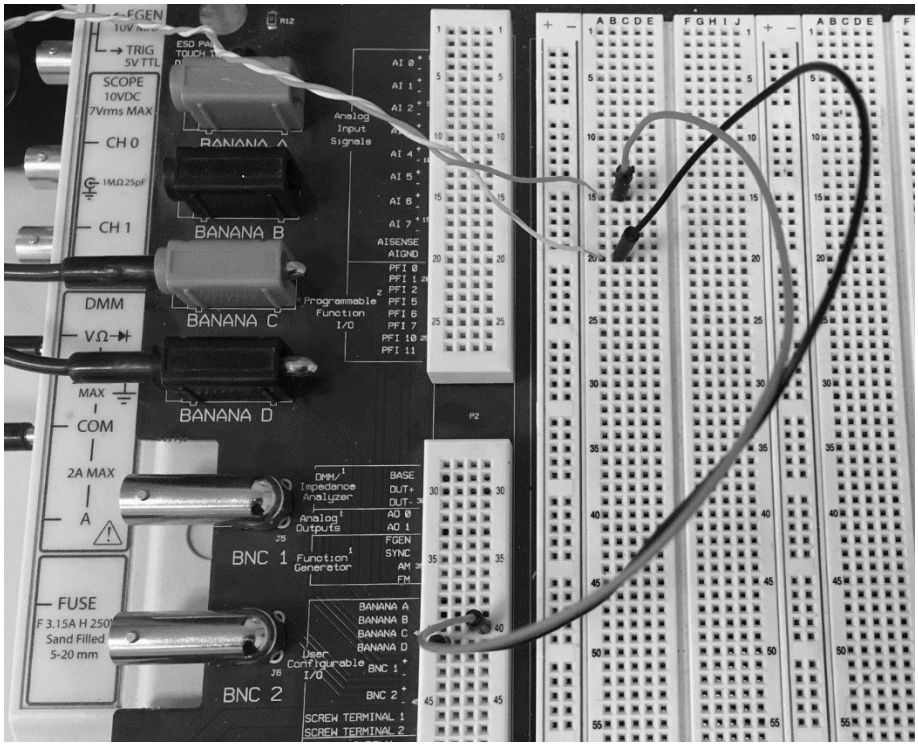


Рисунок 4. Подключение вольтметра комплекса NI ELVIS II для замера напряжений

На Рисунке 5, слева, изображены показания вольтметра до подключения ПК3, справа показания вольтметра после подключения ПК3.

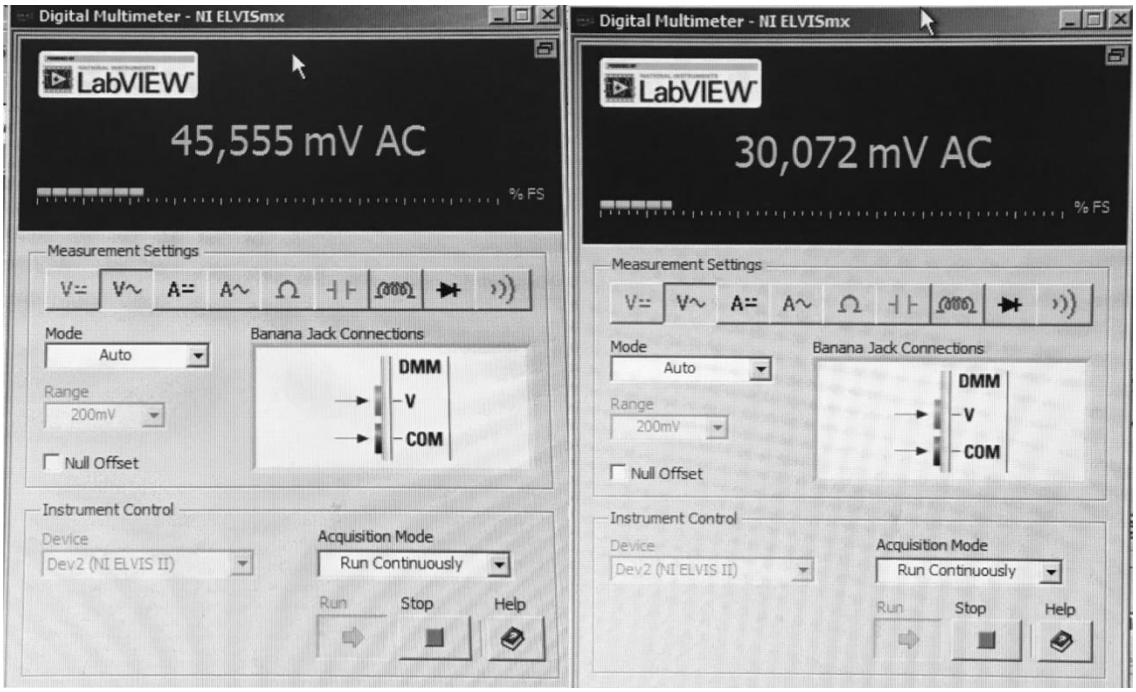


Рисунок 5. Показания вольтметра

Как видно из рис1 и рис2 показания вольтметра составили 45,5 мВ до подключения ПК3 и 30 мВ после подключения ПК3. Падение напряжения составило 15,5 мВ, что позволяет исключить погрешности и говорить о существенном изменении электрических параметров участка сети.

Из вышесказанного следует, что вмешательство в сеть, описанное в разделе 2 данной статьи, может быть обнаружено следующими способами:

- постоянный контроль напряжения между жил витой пары с оповещением обслуживающего персонала для своевременного обнаружения вмешательства в сеть посторонних лиц и возможной утечки данных;
- нарушения связи и увеличение времени отклика на участках сети с использованием длинных отрезков кабеля.

Заключение.

Описанный в данной статье способ захвата сетевого трафика позволяет получать данные о функционировании участка сети с высокой достоверностью, а также получать всю информацию, проходящую через данный участок сети. Данный метод захвата сетевого трафика может быть полезен при анализе нагрузки на сеть, выявлении неисправностей и сбоев в работе, возникающих при эксплуатации, а также для настройки межсетевых экранов и прочего сетевого оборудования.

Однако, не смотря на несомненную пользу данного метода захвата сетевого трафика не стоит забывать и о том, что этот метод может быть использован злоумышленниками для хищения данных. Для того чтобы обезопасить информацию от хищения, необходимо использовать шифрование трафика, а на критически

важных участках сети рекомендуется использовать контроль напряжения между жил витой пары и/или контроль за целостностью оболочки кабеля.

Литература:
1. IEEE Standards Association IEEE Standard for Ethernet // IEEE. -2012
2. Комплект виртуальных измерительных приборов для учебных лабораторий NI ELVIS II Руководство пользователя (перевод) // National Instruments Corporation – 2008.

Д.В. Маршаков

АЛГОРИТМ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИМВОЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, защита информации, пароль, сообщение, ключ.

В работе предложен алгоритм нейросетевого преобразования символьных сообщений в их зашифрованные эквиваленты, представляющие собой набор случайных комбинаций символов. С использованием стандартной кодировочной таблицы символов ASCII приводится пример нейросетевого преобразования пользовательских текстовых сообщений в последовательность независимых друг от друга случайных символов. Реализация разработанного алгоритма особенно актуальна в системах защиты информации при генерации сложных паролей и ключей шифрования.

D.V. Marshakov

ALGORITHM FOR NEURAL NETWORK CONVERSION OF SYMBOL MESSAGES

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: artificial neural network, information security, password, message, key.

The paper proposes the algorithm for the neural network conversion of symbolic messages in their encrypted equivalents, which are a set of random combinations of symbols. Using the ASCII character encoding table, an example of a neural network conversion of custom text messages into a sequence of random characters independent of each other is given. The implementation of the developed algorithm is especially relevant in information protection systems when generating complex passwords and encryption keys.

Возможности искусственных нейронных сетей (ИНС) распределенного хранения и обработки больших объемов информации за счет их массового параллелизма привлекают внимание многих исследований, в том числе в области

представления и анализа символьной информации, информационного поиска, прогнозирования и пр.

Свойство обобщения ИНС заданной информации и выработка на его основе собственного неявного алгоритма функционирования, позволяющего генерировать определенные отклики на входные воздействия, находят широкое применение в области информационной безопасности. В частности, используются как средство к оценке степени соответствия анализируемых данных шаблонной модели поведения системы [1], или к преобразованию и хранению персональной информации пользователей, что позволяет их применять в составе различных механизмов криптографической защиты информации [2,3].

В связи с этим, интересным представляется применение ИНС в качестве преобразователей символьных сообщений пользователя в зашифрованные эквиваленты для последующего использования их в задачах защиты информации, например, для получения надежного пароля высокой сложности или формирования сеансового ключа шифрования, где в обоих случаях исходное сообщение пользователя не представляло бы трудностей, связанных с запоминанием сложных комбинаций символов, и однозначно было бы связано с уникальным вычисленным на его основе сообщением, закодированным в межнейронных соединениях ИНС.

Целью данной работы является разработка алгоритма нейросетевого представления символьных (текстовых) сообщений в форме набора случайных комбинаций символов (зашифрованных эквивалентов).

Так как нейронная сеть не может принимать на вход текстовую информацию в чистом виде, а работает преимущественно с числовыми значениями в ограниченном диапазоне [0;1], то обучающая выборка нейронной сети задается в виде кортежа данных в формате {входное слово, выходное слово}, где каждое слово представляется как числовой вектор, соразмерный с предварительно заданным словарем (массивом уникальных векторов, однозначно соответствующих текстовым словам).

В аспекте нейросетевого преобразования пользовательских символов в набор случайных комбинаций массивы входных и выходных слов обучающей выборки предлагается сформировать как наборы последовательностей фиксированной длины интервала [0;1], полученные с помощью одного из известных генераторов случайных чисел. Таким образом, при последующем обучении ИНС в ней будет выработан определенный механизм формирования уникальных откликов на задаваемые пользователем входные сообщения.

Для задания пользовательских сообщений в соответствующем формате целесообразным представляется применение одной из известных кодировочных таблиц символов, например, американской стандартной кодировочной таблицы символов ASCII. В данной таблице каждый символ располагается на определенной десятичной позиции (Dec) от 0 до 127 и имеет соответствующий ему двоичный код. При этом позиции от 0 до 31 соответствуют специальным символам.

Для получения входных векторов, пригодных для последующей нейросетевой обработки используется нормирование десятичных значений позиций кодировочной таблицы согласно известному выражению:

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - \min X}{\max X - \min X},$$

где $x_i \in X$ – номер позиции в кодировочной таблице, X – общее число позиций в кодировочной таблице, $\min X$, $\max X$ – соответственно, наименьшее и

наибольшее значения позиций в кодировочной таблице, $\tilde{x}_i$ – нормированное значение позиции в кодировочной таблице.

Исключив из вышеописанной таблицы ASCII позиции со специальными символами от 0 до 31, и, используя нормирование массива десятичных номеров таблицы в интервал [0;1] для диапазона чисел от 32 до 127 получается кодировка из 96 символов, пригодная для последующей нейросетевой обработки (Рисунок 1).

Dec	ИНС-значение	Символ	Dec	ИНС-значение	Символ	Dec	ИНС-значение	Символ
32	0,0000	пробел	64	0,3368	@	96	0,6737	`
33	0,0105	!	65	0,3474	A	97	0,6842	a
34	0,0211	"	66	0,3579	B	98	0,6947	b
35	0,0316	#	67	0,3684	C	99	0,7053	c
36	0,0421	$	68	0,3789	D	100	0,7158	d
37	0,0526	%	69	0,3895	E	101	0,7263	e
38	0,0632	&	70	0,4000	F	102	0,7368	f
39	0,0737	'	71	0,4105	G	103	0,7474	g
40	0,0842	(	72	0,4211	H	104	0,7579	h
41	0,0947	)	73	0,4316	I	105	0,7684	i
42	0,1053	*	74	0,4421	J	106	0,7789	j
43	0,1158	+	75	0,4526	K	107	0,7895	k
44	0,1263	,	76	0,4632	L	108	0,8000	l
45	0,1368	-	77	0,4737	M	109	0,8105	m
46	0,1474	.	78	0,4842	N	110	0,8211	n
47	0,1579	/	79	0,4947	O	111	0,8316	o
48	0,1684	0	80	0,5053	P	112	0,8421	p
49	0,1789	1	81	0,5158	Q	113	0,8526	q
50	0,1895	2	82	0,5263	R	114	0,8632	r
51	0,2000	3	83	0,5368	S	115	0,8737	s
52	0,2105	4	84	0,5474	T	116	0,8842	t
53	0,2211	5	85	0,5579	U	117	0,8947	u
54	0,2316	6	86	0,5684	V	118	0,9053	v
55	0,2421	7	87	0,5789	W	119	0,9158	w
56	0,2526	8	88	0,5895	X	120	0,9263	x
57	0,2632	9	89	0,6000	Y	121	0,9368	y
58	0,2737	:	90	0,6105	Z	122	0,9474	z
59	0,2842	;	91	0,6211	[	123	0,9579	{
60	0,2947	<	92	0,6316	\	124	0,9684	|
61	0,3053	=	93	0,6421	]	125	0,9789	}
62	0,3158	>	94	0,6526	^	126	0,9895	~
63	0,3263	?	95	0,6632	_	127	1,0000	DEL

Рисунок 1. Нейросетевое представление символов ASCII-кода.

Для преобразования пользовательских текстовых сообщений в подаваемую на вход ИНС кодированную символьную последовательность необходимо определиться с задаваемой размерностью входного слоя нейронной сети. Проблема различной длины входных сообщений ИНС на практике может быть разрешена путем применения дополнительных надстроек нейронной сети, например, свёрточного фильтра. Поскольку для рассматриваемой в работе задачи, входные сообщения имеют ограниченную длину, то разумно определить допустимую величину входных конструкций (например, в 20 символов). При этом в случае если исходное сообщение имеет меньшую размерность, то недостающие позиции заполнить дополнительными символами, например, пробелами (Рисунок 2). Размерность выходного слоя зависит от поставленных перед ИНС задач.

Номер входа ИНС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Текстовое сообщение	m	y	_	m	a	i	l	@	d	o	n	s	t	u	.	r	u	пробел	пробел	пробел
Номер позиции в ASCII (Dec)	109	121	95	109	97	105	108	64	100	111	110	115	116	117	46	114	117	32	32	32
ИНС-значение	0,8105	0,9368	0,6632	0,8105	0,6842	0,7684	0,8000	0,3368	0,7158	0,8316	0,8211	0,8737	0,8842	0,8947	0,1474	0,8632	0,8947	0,0000	0,0000	0,0000

Рисунок 2. Пример нейросетевого представления символьного сообщения пользователя.

Процедуру описанного нейросетевого преобразования рассмотрим на примере многослойной ИНС прямого распространения, с 20 нейронами во входном слое, соответствующих допустимому числу входных символов, 8 нейронами в выходном слое, каждый из которых будет генерировать случайное значение, и 35 нейронами в скрытом слое, с определенными для всех нейронов сигмоидальными функциями активации. Обучение ИНС проводится классическим методом обратного распространения ошибки, при этом ошибка обучения в данном случае не имеет принципиального значения в связи с требованием к стохастичности вырабатываемых в процессе обучения выходных результатов ИНС, и может быть ограничена величиной 0,2. В качестве обучающей выборки применяется массив из 100 входных и соответствующих им 100 выходных векторов, сформированных программным генератором случайных чисел, значения элементов которых равномерно распределены на интервале [0;1].

В процессе моделирования работы ИНС на её вход подавались различные символьные сообщения. В частности, вышеприведенное текстовое сообщение (см. рис. 1) имело отклик, приведенный на рис. 3. Как видно из полученного результата заданный адрес электронной почты преобразуется в надежный код из 8 независимых друг от друга случайных символов. При этом процедура преобразования выводимых ИНС результатов в символы во многом зависит от применяемого механизма их интерпретации.

Номер выхода ИНС	1	2	3	4	5	6	7	8
ИНС-значение	0,9294	0,9554	0,0010	0,1206	0,9325	0,3982	0,4620	0,9865
Номер позиции в ASCII (Dec)	120	123	32	44	121	70	72	126
Текстовое сообщение	x	{	пробел	,	y	F	H	~

Рисунок 3. Нейросетевое преобразование вышеприведенного сообщения.

Аналогичные результаты также были получены с рядом других топологий многослойных ИНС, что позволяет судить о применимости и эффективности предложенного алгоритма.

В целях повышения безопасности возможно также добавление к исходной кодировке секретного числа или её перестановка, при согласовании соответствующего алгоритма интерпретации входных и выходных сообщений.

Реализация разработанного алгоритма актуальна в системах защиты информации. Так, на основе априори известного задаваемого пользователем текстового сообщения фиксированной длины или его идентификационных признаков может применяться в некоторых системах шифрования, например, при

генерации сеансового ключа симметричного алгоритма шифрования, или при формировании надежных паролей.

Литература:

1. *Цветкова О.Л., Крепер А.И.* О применении теории искусственных нейронных сетей в решении задач обеспечения информационной безопасности // Символ науки. – Т.2, №4. – 2017. – С. 105-107.

2. *Курочкин А.С., Маршаков Д.В.* О методе биометрико-нейросетевой активации электронной цифровой подписи // Математические методы в технике и технологиях: сб. трудов XXX Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 7., г. Санкт-Петербург, 30 мая – 2 июня 2017 г. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2017. – С. 140-142.

3. *Червяков Н.И., Евдокимов А.А., Галушкин А.И., Лавриненко И.Н.* Применение искусственных нейронных сетей и системы остаточных классов в криптографии. – М.: Физматлит, 2012. – 280 с.

Д.Е. Демидов, Н.В. Будылдина

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал)
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»,
Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: маршрутизация, беспроводная децентрализованная самоорганизующаяся сеть, емкость, нечеткая логика, пропускная способность, мульти-маршрут, энергия.

В статье приведен ряд исследований применения нечеткой логики при оценке сетевой маршрутизации и управлении пропускной способностью. Описано сравнение результатов работы протокола OnDemandMulticastRoutingProtocol (ODMRP) в традиционном режимеи с использованием нечеткого логического контроллера при заданных условиях работы беспроводной децентрализованной саморганизующейсясети (MANET).

D.E. Demidov, N.V. Budyldina

FUZZY LOGIC APPLICATION FEATURES RESEARCH WITHIN SERVICE-ORIENTED ROUTING

Ural Technical Institute Telecommunication and Computer Sciences (Branch)
«Siberian State University of Telecommunications and Information Sciences»,
Yekaterinburg, Russia

Keywords: routing, mobile ad-hoc network, capacity, fuzzy logic, bandwidth, multi-route, energy.

The article presents a number of studies on the use of fuzzy logic in the evaluation of network routing and bandwidth management. A comparison of the results of the

OnDemand Multicast Routing Protocol (XDMCP) in the traditional mode and using a fuzzy logic controller under the specified operating conditions of a wireless decentralized self-organizing network (MANET) is described.

Беспроводная децентрализованная самоорганизующаяся сеть(MobileAd-HocNetwork,MANET) сформирована из множества сетевых узлов, которые регулярно перемещаются и быстро меняются, поэтому большинство расчетов для MANET имеет определенный уровень корректности. Поэтому применение нечеткой логики является очень важным для расчета, оценки компонентов, из которых вычисляется, анализируется и оценивается пропускная способность маршрута и многопутевой маршрутизации. Сетевой узел в сети MANET всегда обладает ограниченной энергией. Таким образом, в процессе поиска маршрута важны малая мощность и высокая пропускная способность, что позволяет снизить энергопотребление и задержку при передаче.

Традиционная логика рассматривает только два абсолютных значения (истина или ложь) и следующие два предположения:

1. Члены множества с неким элементом и одно любое множество некоторых элементов может принадлежать этому множеству или дополнению к нему;

2. Закон исключения опосредованного элемента, подтверждающий, что элемент, не может принадлежать множеству и дополнению к нему.

Таким образом, традиционная логика не рассматривает ситуацию, при которой информация является расплывчатой, неясной.

Чтобы преодолеть недостатки традиционной логики Лотфи Заде (LotfiZadeh) предложил новую теорию логики, которая известна как нечеткая логика.Данная теория представляла нечеткость или неточность логических предложений количественным образом, задавая набор функций принадлежности, а также значение функции в диапазоне [0, 1]. Пусть S – множество, x – один из элементов множества, тогда нечеткое подмножество F множества S определяется функцией принадлежности $\mu F(x)$ путем измерения уровня, при котором $x \in F$, при условии $0 \leq \mu F(x) \leq 1$:

1. При $\mu F(x) = 0$, x полностью не принадлежит F;

2. При $\mu F(x) = 1$, x полностью принадлежит F;

3. При $\mu F(x) = [0, 1]$ – называется «хрупким» множеством.

Правильность логического выражения основана на правилах, полученных экспериментально или доказанных математически.

Нечеткая логика часто используется в системах поддержки принятия решений [5], используемых для аппроксимации функции. Система нечеткой логики применяется к модели или выполнению непрерывной функции. Оценка качества нечеткого выражения зависит от свойств математического закона.

В настоящее время проводится ряд исследований по QoS-маршрутизации (QualityofService) на основе нечеткой логики. Согласно [3],чтобы обнаружить и получить информацию о маршрутах от исходного узла к набору узлов назначения пошагово (hopbyhop), происходит передача пары пакетов RREQ (RouteRequest) – запрос маршрута и RREP (RouteReply) – подтверждение маршрута.В протоколе маршрутизации, основанном на нечеткой логике, сбалансированы используемая и остаточная энергии [5]. Данный протокол оценивает остаточную и необходимую энергию для передачи данных каждому узлу по всему маршруту, чтобы выбрать нужный узел. На узле назначения оценивается пропускная способность обнаруженного маршрута на основе неиспользованных временных слотов всех узлов на маршруте [3]. На узле-источнике, после получения всех маршрутов посредством

RREP в течение регулируемого периода времени, происходит построение многоадресных (multicast) деревьев для обеспечения требуемого уровня QoS и маршрутизации с гарантированной пропускной способностью.

На Рисунке 1 приведена модель контроллера нечеткой логики (Fuzzy-LogicController, FLC).

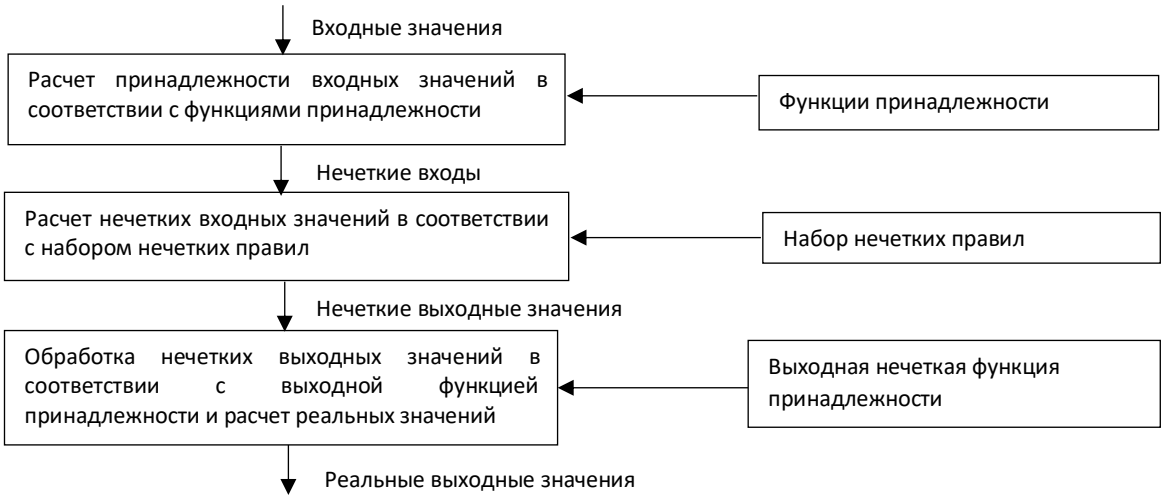


Рисунок 1. Модель контроллера нечеткой логики

Система нечеткой логики состоит из трех компонентов:

1. Создание нечетких значений – процесс, который использует функции преобразования для изменения входных данных в значения принадлежности в диапазоне [0, 1];

2. Вывод – использование функции вывода на основе нечетких правил позволяет получить набор нечетких результатов;

3. Получение реальных значений – процесс, при котором используются функции преобразования нечеткого результата, чтобы получить реальный результат на основе правил нечеткого вывода.

Параметры для оценки маршрута на основе нечеткой логики включают:

- остаточную энергию на каждом узле маршрута;
- потребление энергии на каждом узле для передачи данных;
- количество шагов на маршруте;
- пропускная способность маршрута [3];
- температура на узле;
- длина очереди на узле;
- физическая длина маршрута.

В соответствии с QoS, данные параметры будут объединены во входные сигналы для одного или нескольких контроллеров нечеткой логики, чтобы эффективно оценить маршрут. Затем решение об оценке маршрута будет транслироваться в сеть, на каждом узле-приемнике данные будут преобразованы в нечеткие, объединенные с кэшированными данными на этом узле в соответствии с формулой (1):

$$Fuzzifier_Function\ (New_Data \cup Cached_Data) = \{Fuzzy_Sets_Data\}, \quad (1)$$

где Fuzzifier_Function – функцияфаззификации;
New_Data – новые данные;
Cached_Data – кэшированные данные;
Fuzzy_Sets_Data– набор нечетких данных.

Пакеты RREQ (запрос маршрута) и RREP (подтверждение маршрута) используются, чтобы определить маршрут и рассчитать важные величинына каждом узле в соответствии с информацией, полученнойв пакет RREQ с информацией, кэшированной на данном узле. Далее пакет RREQ передается узлам назначения.

Величины должны быть рассчитаны в соответствии с заданными требованиями. Далее будут проанализированы некоторые параметры для измерения и определения пропускной способности канала и остаточной энергии, оценки потребления энергии, необходимой для передачи данных, длины буфера, а также температуры на каждом узле маршрута. Эти факторы будут объединены в зависимости от фактических требований ко входу контроллера нечеткой логики для расчета некоторых важных параметров с целью определения маршрута.

Когда пакет RREQ прибудет в узел назначения, все полученные параметры будут переданы контроллеру нечеткой логики, чтобы принять решение – выбрать данный полученный маршрут или нет.

Если маршрут выбран, вся информация об этом маршруте будет передана на исходный узел пакетом RREP по обнаруженному маршруту в обратном направлении. На каждом промежуточном узле маршрута, через который проходит пакет RREP, данный маршрут будет кэшироваться.

Алгоритм обнаружения маршрута и передачи данных на основе нечеткой логики представлена на Рисунке 2.

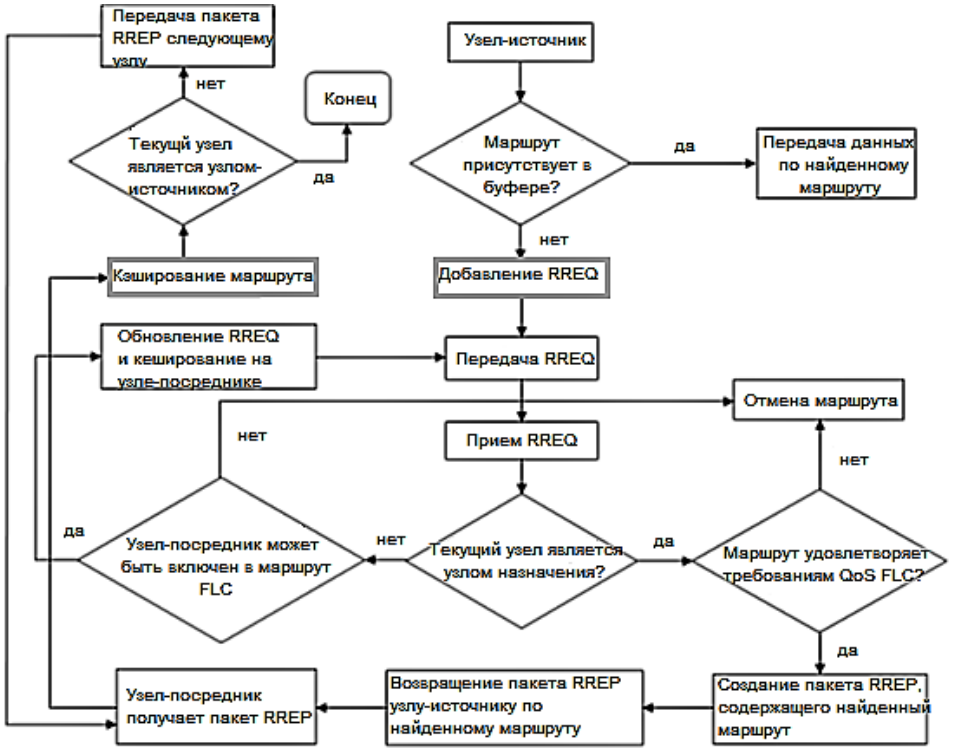


Рисунок 2. Алгоритм обнаружения маршрута и передачи данных на основе нечеткой логики

При обнаружении маршрута в буферном кэше, данные отправляются по данному маршруту [6]. Если маршрут не обнаружен, происходит широковещательная рассылка пакета RREQ по сети. Непосредственно на каждом узле при получении пакета RREQ, осуществляется проверка, находится ли его адрес в списке адресов назначения или нет. Если адрес присутствует в списке, маршрут оценивается контроллером нечеткой логики. В противном случае нечеткий результат определяется на основе некоторых недавних метрик, а также полученных ранее в течение некоторого промежутка времени, чтобы решить, передавать пакет RREQ или нет.

Эта модель представляет общий метод обнаружения маршрута в классической сети. В кластеризованной сети обнаруженный маршрут главным образом пройдет через некоторые головные узлы и узлы шлюза. Так маршрут устанавливается быстро, и снижаются издержки на его поиск.

Таким образом, обнаружение маршрута с использованием пакетов RREQ и RREP очень эффективно и малозатратно для передачи данных.

На Рисунке 3 представлены форматы пакетов RREQ и RREP.

Адрес источника(source address)
Номер запроса(request number)
Тип(type)
Время жизни (TTL)
Таймаут (timeout)
Маршрут (route)
Свободное время слотов (freetimeslots)
Список назначений(destination list)

(а)

Адрес источника(source address)
Номер запроса(request number)
Тип(type)
Время жизни (TTL)
Таймаут (timeout)
Маршрут (route)
Свободное время слотов (freetimeslots)

(б)

Рисунок 3. Формат пакетов RREQ (а) и RREP (б)

В зависимости от пары пакетов RREQ и RREP, как упоминалось выше [3]:

1. На каждом опосредованном узле, когда он получает пакет RREQ, выполняется проверка, получил ли узел этот пакет или нет. Если пакет получен, узел его отбрасывает, в противном случае осуществляется измерение таких параметров, как:

- пропускная способность узла;
- длина буфера;
- остаточная энергия;
- требуемая энергия для передачи данных [5];
- расстояние между данным узлом (N) и предыдущим, который отправил этот пакет по текущему маршруту (N_{prev}).

Значения этих параметров получают в нескольких временных шкалах за некоторый промежуток времени (T), на основе некоторых регламентированных вероятностных правил рассчитывается итоговый параметр. Происходит оценка, может ли текущий узел быть на маршруте или не основан на нечеткой логике с текущими итоговыми параметрами. Если может, вычисляется пропускная способность канала на основе неиспользуемых временных интервалов двух узлов N и N_{prev}, которые работают в режиме множественного доступа с временным

разделением (TimeDivisionMultipleAccess, TDMA) [3]. Результат сохраняется в пакет RREQ, который передается по сети, и происходит кеширование всех измеренных параметров на данном узле. В случае, если узел не может находиться на маршруте, пакет RREQ отбрасывается.

2. Для вычисления значений параметров устанавливаются функции: эти функции производят вычисления на основе значений параметров, измеренных в текущее время и которые n-1 раз были измерены ранее в регулируемом интервале времени T. Параметр I является обязательным вычисляемым параметром, I_c – значение этого параметра в текущее время, $[I_1, I_{n-1}]$ – значения этого параметра в (n-1) предыдущих измерениях. Расчет I основан на некоторых вероятностных значениях P_c для I_c и $[P_1, P_{n-1}]$ для $[I_1, I_{n-1}]$ соответственно. Параметр I рассчитывается по формуле (2):

$$I = I_C P_C + \sum_{i=1}^{n-1} I_i P_i, \quad при \quad P_C + \sum_{i=1}^{n-1} P_i = 1 \; и \; P_1 \le P_2 \le \ldots \le P_{n-1} \le P_C. \tag{2}$$

Для получения нечетких входов создаются нечеткие значения этих параметров, чтобы ввести некоторые контроллеры нечеткой логики и принять решение на основе некоторых наборов правил нечеткого вывода, передавать ли этот RREQ в сеть или нет.

3. В каждом узле назначения после обработки для принятия решения этот узел назначения может находиться на маршруте. Если этот узел может принадлежать данному маршруту, то он рассчитает некоторые параметры на основе значений параметров, полученных от всех узлов маршрута, которые размыты и введены контроллером нечеткой логики, чтобы принять решение о выборе этого маршрута для передачи данных.

Выбор маршрута осуществляется в соответствии со следующими правилами:

1. Оценка остаточной энергии: если значение зарезервированной узлом мощности меньше порога управления, то узел пропускается, а пакет RREQ отбрасывается;

2. Оценка энергопотребления (J): потребление энергии различается в зависимости от некоторых факторов:

- уровень принятого сигнала;
- объем данных, которые необходимо передать через текущий узел;
- номер узла доступа;
- расстояние между двумя узлами (текущий узел и отправитель пакета RREQ), которое измеряется на основании координат узла-отправителя.

Расход энергии можно рассчитать по протоколу MTPCR (MinimumTransmissionPowerConsumptionRouting). Если J мало, сеть будет работать согласованно, при этом J больше одного определенного порога, следовательно, узел не может быть выбран для маршрута, и пакет RREQ отбрасывается.

1. Длина очереди на каждом узле: чем меньше это значение, тем качественнее маршрут;

2. Задержка на узле (должна быть минимальной).

Каждый параметр I определяется значениями множества $[I_{min}, I_{max}]$, в котором I_{min} и I_{max} минимальное значение и максимальное значение параметра соответственно. Если значение параметра находится не в этом множестве, его

$$R = \frac{I}{I_{\max}}$$

обработка не выполняется. В соответствии с выражением , параметр R принадлежит диапазону [0, 1], а параметрыIразделяются на две группы [9]:

1) группа G1 – сеть работает стабильно при условии I>R;
2) группа G2 – сеть работает стабильно при условии I<R.

Вероятность выбора текущего узла на маршруте определяется одним из двух способов. Первый основан на вероятностной оценке – произведения всех параметров принадлежат группе $G \in \{G_1, G_2\}$, устанавливается оценивающий коэффициент (формула 3):

$$F_G = \prod_{i=0}^{n} P_i R_i \ , \tag{3}$$

где P_i – вероятность применения R_i.

Второй метод основан на системе нечеткой логики.

В первую очередь происходит объединение нечетких входных значений в логические предикаты. Далее создается набор правил ввода для объединения логических предикатов некоторых различных метрик, чтобы создать один общий предикат. Например, если остаточная энергия узла – VL (verylow) и энергопотребление – VL (verylow), тогда оценка маршрута через этот узел будет соответствовать HH (highhigh).

Данный процесс осуществляется двумя способами:

1. Устанавливается набор правил нечеткого вывода для каждой итоговой метрики F_G, затем происходит объединение двух наборов правил для создания окончательного набора;

2. Для каждого параметра I вычисляется одна метрика R_i, которая принадлежит диапазону [0, 1]. В это время, устанавливается набор правил вывода, постепенно объединяя два набора между собой, в результате чего создается набор правил для принятия решения.

Затем осуществляется симуляция псевдокода с использованием двух наборов правил:

$$R = \{R_{11}, R_{12}, \ldots, R_{1n}\},$$
$$R = \{R_{21}, R_{22}, \ldots, R_{2m}\},$$

Результирующий набор правил после объединения этих двух наборов представляет собой набор R_q, который формируется по следующему алгоритму:

1. Инициализация путем присвоения: $R_q = \{\emptyset\}$.
2. Для каждого правила R_{1i} множества R1 выполняется действие (3);
3. Для каждой линейки R_{2j} множества R2 выполняется действие (4);
4. $R_q = R_q \cup \{R_{1i} \& R_{2j}\}$;
5. Результатом алгоритма является множество правил R_q (n*m).

Каждый параметр M_i будет преобразован в нечеткий параметр R_i, принадлежащий диапазону [0, 1]. Параметры оцениваются некоторой функцией принадлежности, которая предполагает такие значения, как: очень низкий (VL, verylow); низкий (L, low); средний (M, middle); высокий (H, high); очень высокий (VH, veryhigh). Данная функция позволяет оценить принадлежность нечеткого параметра R_i. Функция принадлежности оценивает способность x принадлежать множеству F(x), где x – значение оцениваемого параметра, ограниченное диапазоном [0, 1], F – набор реальных значений в диапазоне [0, 1], как показано на Рисунке 4.

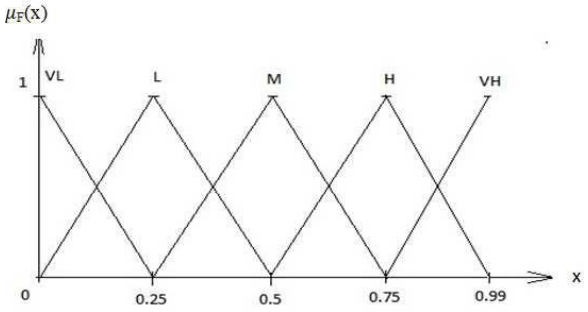


Рисунок 4. Функция принадлежности для оценки энергопотребления и остаточной энергии на узле

Система нечеткого вывода для оценки остаточной энергии и энергопотребления текущего узла создана для того, чтобы сбалансировать эти факторы при оценке маршрута для передачи данных.

Возможность использования текущего узла для маршрута оценивается двумя значениями, превосходящими R_1 и R_2. В зависимости от функции принадлежности каждого параметра, создается комбинированная таблица правил для оценки параметров (Таблица 1).

Таблица 1. Определение базы правил для системы нечеткой логики

Остаточная энергия узла	Потребление энергии узлом				
	VL	**L**	**M**	**H**	**VH**
VL	HH	HM	HL	MH	MM
L	HM	HL	MH	MM	ML
M	HL	MH	MM	ML	LH
H	MH	MM	ML	LH	LM
VH	MM	ML	LH	LM	LL

Таким образом, максимальная вероятность построения маршрута через данный узел будет в случае, если его остаточная энергия и энергопотребление будут минимальны.

На основании текущей таблицы в контроллере нечеткой логики создаются правила принятия решения в системе нечеткого вывода (FuzzyInferenceSystem, FIS). Целью системы нечеткого вывода является сопоставление нечетких входных данных с выходными данными по набору правил.

Также при помощи таблицы создается функция принадлежности для нечетких выходных переменных, представленная на рисунке 5.

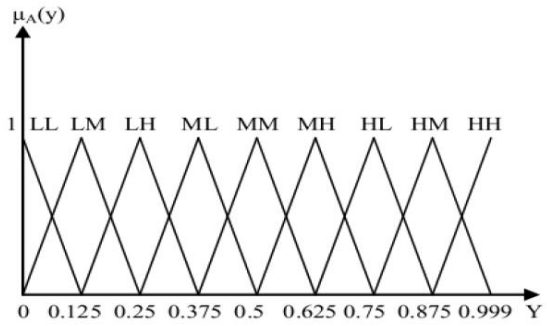


Рисунок 5. Функции принадлежности для нечетких выходных параметров системы FIS

Процесс получения реальных значений из нечетких, включает:

1. Получение нечетких выходных наборов для соответствующих функций принадлежности на основе правил вывода;

2. Преобразование выходного набора нечетких значений в числовой формат;

3. Полученное число используется для принятия решений на основании функций принадлежности для нечеткой выходной переменной.

Затем системой FIS рассчитывается выходной нечеткий параметр:

1. В случае с одной входной переменной x_i (формула 4):

$$\eta = \frac{1}{(n+1)} \cdot \frac{\sum_{i=0}^{n} \sum_{j=1}^{M} x_i \mu_{A^j}(x_i)}{\sum_{i=0}^{n} \sum_{j=1}^{M} \mu_{A^j}(x_i)}, \tag{4}$$

где (n+1) – число раундов алгоритма;

M – количество правил вывода;

$\mu_{A^j}(x_i)$ – значение функции принадлежности A^jс нечеткой входной переменной x_i;

2. В случае с несколькими входными переменными (формула 5):

$$\eta = \frac{1}{(m+1)} \cdot \frac{\sum_{k=0}^{m} \sum_{j=1}^{M} \prod_{i=1}^{n} x_{ik} \mu_{A_{ik}^j}(x_{ik})}{\sum_{k=0}^{m} \sum_{j=1}^{M} \prod_{i=1}^{n} \mu_{A_{ik}^j}(x_{ik})}, \tag{5}$$

где (m+1) – число раундов алгоритма;

$\mu_{A_{ik}^j}(x_{ik})$ – значение функции принадлежности A^jс нечеткой входной переменной x_{ik}.

В зависимости от результата, полученного системой FIS, принимается решение о включении данного узла в маршрут.

На узле назначения после оценки данного узла в качестве промежуточного необходимо оценить весь маршрут целиком следующими способами:

a) В зависимости от числа прыжков (hops) - выбор маршрута зависит только от количества прыжков на маршруте, например, длина маршрута меньше некоторого порога. Если этот маршрут не удовлетворяет условию, он отбрасывается;
b) В зависимости от пропускной способности – если пропускная способность маршрута удовлетворяет требованию пропускной способности, то информация о маршруте будет передана исходному узлу пакетом RREP;
c) На основе нечеткой логики – для каждого обнаруженного маршрута (R), строится вектор (V) с k размерностями (равными числу входных метрик) для измерения нечетких значений метрик маршрута. Предположим, обнаружено n маршрутов R_1, R_2, …, R_n с n вычисленными векторами ресурсов M_1, M_2, …, M_n и n векторами путей V_1, V_2, …, V_n, соответствующих данным маршрутам.

На каждом маршруте j ($j = \overline{1..n}$) вычисляется нечеткая стоимость для каждой метрики i ($i = \overline{1..k}$):

1. Если $I_1 \in G_1$:

$$C_j^i = \mu(v_j(M_j(I_i))) = \frac{v_j(M_j(I_i))}{\max\{v_j(M_j(I_i))\}_{j=1}^n} \quad (6)$$

2. Если $I_1 \in G_2$:

$$C_j^i = \mu(v_j(M_j(I_i))) = 1 - \frac{v_j(M_j(I_i))}{\max\{v_j(M_j(I_i))\}_{j=1}^n} \quad (7)$$

3. В соответствии с формулами (6) и (7) создается алгоритм вычисления нечеткой стоимости для каждого маршрута [9], предполагается, что C[1..n][1..k] – двухмерная матрица для вычисления нечеткой стоимости для каждого измерения в каждом маршруте, cost[1..n] - одномерная матрица для вычисления нечеткой стоимости для n маршрутов.

4. АлгоритмвычисленияC[1..n][1..k] следующий:

для каждого i от 1 до n (номер маршрута) выполняется:
для каждого j от 1 до k (номер сетевого ресурса) выполняется:
если $I_i \in G_1$, то

$$C_j^i = \mu(v_j(M_j(I_i))) = \frac{v_j(M_j(I_i))}{\max\{v_j(M_j(I_i))\}_{j=1}^n};$$

иначе

$$C_j^i = \mu(v_j(M_j(I_i))) = 1 - \frac{v_j(M_j(I_i))}{\max\{v_j(M_j(I_i))\}_{j=1}^n}.$$

Алгоритм вычисления cost[1..n] на основе C[1..n][1..k] имеет вид:

для каждого i от 1 до n (номер маршрута) выполняется:
начало
cost_tmp = 0;
для каждого j от 1 до k (номер сетевого ресурса) выполняется:
cost_tmp = cost_tmp + C_j^i;
cost[i] = cost_tmp / k;
конец.

Таким образом, cost[i] будет находиться в диапазоне [0, 1]. Для принятия решения о выборе маршрута используются нечеткие выходные функции принадлежности.

В противном случае маршрут может быть спрогнозирован по вероятности доставки [10] перед его использованием. Вероятность доставки осуществляется при временных отключениях. Согласно [10], оценка каждой метрики осуществляется так,

чтобы оптимальное значение цели с более высоким приоритетом никогда не ухудшалось целью с более низким приоритетом.

Узел-источник может принимать от одного узла назначения более одного RREP-пакета. Поскольку все маршруты были оценены в узлах назначения, можно выбрать оптимальный маршрут для передачи данных или разделить данные на множество меньших частей, которые передаются по многим установленным маршрутам.

Выбор маршрута осуществляется следующими методами:

a) В зависимости от числа прыжков (хопов) – выбирается маршрут с минимальным числом хопов для передачи данных;
b) В зависимости от пропускной способности – выбирается маршрут с максимальной пропускной способностью;
c) Multipath-маршрут с гарантированным качеством обслуживания (QoS) – в случае, если размер передаваемых данных очень большой, данные разделяются на пакеты малой длины и передаются по multipath-каналам с гарантированной пропускной способностью или количеством хопов. Пакеты, полученные на узлах назначения будут объединены в исходный пакет.

Для эффективной передачи данных и отражения реальной ситуации, особенно в сервисной маршрутизации [3], необходимо планировать данные с разными уровнями приоритета. Создается нечеткий контроллер с некоторыми входными метриками принятого пакета и обрабатывает эти входы, чтобы получить один выходной результат, который является приоритетом для передачи пакета. На основе приоритета пакет помещается в соответствующую очередь для передачи. Кроме того, с некоторыми метриками, упомянутыми в [10], в данном случае упоминается название службы для входящего сообщения, если это сообщение принадлежит протоколу сервисной маршрутизации. Например, если сообщение службы мониторинга сети имеет высокий приоритет.

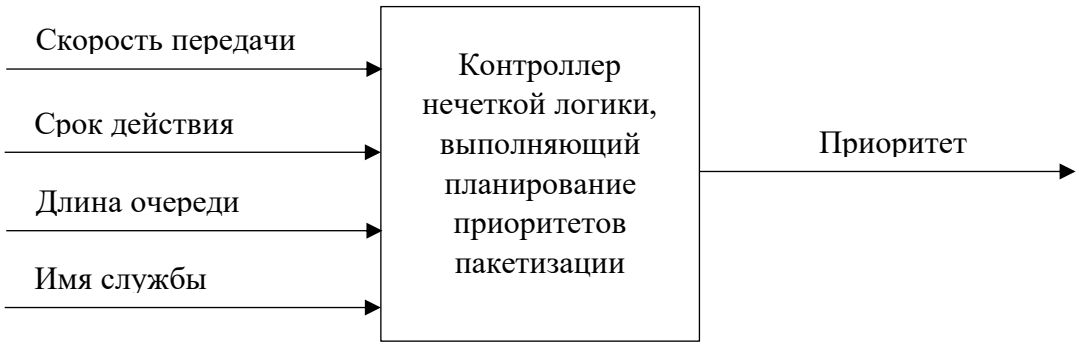


Рисунок 6. Планирование приоритетов пакетизации на базе нечеткой логики

Работа нечеткого контроллера основана на четырех метриках – три метрики уровня пакета (скорость передачи данных, срок действия, имя службы) и одна – уровня узла (длина очереди для получения индекса приоритета некоторыми процессами). Сначала можно сделать одним из двух способов:

a) Категоризация данных по классам обслуживания в несколько очередей с приоритетом, каждая очередь хранит пакеты определенного диапазона приоритета;
b) Каждой службе присваивается номер в диапазоне [0, 1] для последующей оценки нечетким контроллером.

При использовании первого способа последующее вычисление конкретного приоритета для каждого пакета в каждой очереди выполняется на основе трех оставшихся метрик [10]. В противном случае для определения приоритета создаются правила нечеткой логики и выводы на основе четырех метрик (рисунок 6).

Пакеты RREQ и RREP позволяют обнаружить маршруты на основе процессов и переходов на промежуточных узлах. Поэтому существует возможность быть атакованным угрозой типа «черная дыра», что может легко произойти при получении RREQ пакета. Атакующий узел – это узел, который не будет обрабатывать и пересылать пакеты RREQ, но создаст пакет RREP для отправки обратно на исходный узел. Исходный узел будет принимать маршруты всех полученных RREP, таким образом, все маршруты будут проходить через этот узел, и данные будут переданы ему. Необходимо построить систему обнаружения атак на основе нечеткой логики для предотвращения [1]. Функция нечеткой логики принимает входной параметр, определяющий размер пакетов, проходящих через узел (R). Параметр вычисляется по формуле (8):

$$R = \frac{f}{r}, \tag{8}$$

где f – число пройденных через узел пакетов;

r – число принятых пакетов.

Эта нечеткая система будет вычислять нечеткие выходные данные на основе часто используемых входных данных, которые измеряются каждым узлом. Нечеткий результат отражает уровень достоверности (Fidelitylevel) обозначается F_L. Значение F_L будет отправлено на узел монитора для обнаружения атакующих:

a) Если F_L=0, узел является полностью пригодным;
b) Если F_L=1: узел является полностью непригодным;
c) Если F_L находится в диапазоне [0, 1], определяется, является ли узел черной дырой или нет на основании порогового значения F.

Применение кластерных сетей на основе нечеткой логики [1] позволяет снизить затраты на маршрутизацию и загруженность сети, эффективно использовать полосу пропускания. На основе кластеризации маршрутизация может быть иерархической, поэтому сеть легко расширяется.

Разделив большую сеть на несколько меньших кластеров, каждый кластер выбирает управляющий узел, который управляет всеми ресурсами в этом кластере и обменивается информацией с управляющими узлами других кластеров. Эта модель кластеризации позволяет уменьшить количество узлов, относящихся ко всей сетевой маршрутизации, уменьшить загруженность сети.

Представленная модель кластеризации использует результаты вычислений функций нечеткой логики на каждом узле сети с соседними узлами. Входной параметр мощности E_i непрерывно измеряется по сигналам, полученным в разное время T_i во временном интервале T каждого узла для получения результирующей метрики E для кластеризации сети. Узел имеет максимальное значение E_{max}, которое будет выбрано управляющим узлом кластера (M). Некоторые соседние узлы (N) из M, у которых E_N больше, чем предопределенное пороговое значение (E_T) и меньше, чем E, будут выбраны в одном кластере с узлом M так, чтобы он удовлетворял формулам:

$$E = \sum_{i=1}^{n} P_i E_i \quad \text{и} \quad \sum_{i=1}^{n} P_i = 1,$$

где n – число узлов-соседей.

В соответствии с [9], было проведено сравнение результатов работы протокола OnDemandMulticastRoutingProtocol (ODMRP) в случае использования нечеткого логического контроллера и в случае его отсутствия при некоторых сетевых условиях. Сравнивались запросы соединения, потребление энергии, пропускная способность и радиоколлизии со скоростью узла, различные радиочастотные диапазоны узла.

Ниже приведены диаграммы, на которых представлена пропускная способность протокола ODMRP с различной скоростью передвижения (подвижностью) узлов при различной дальности передачи.

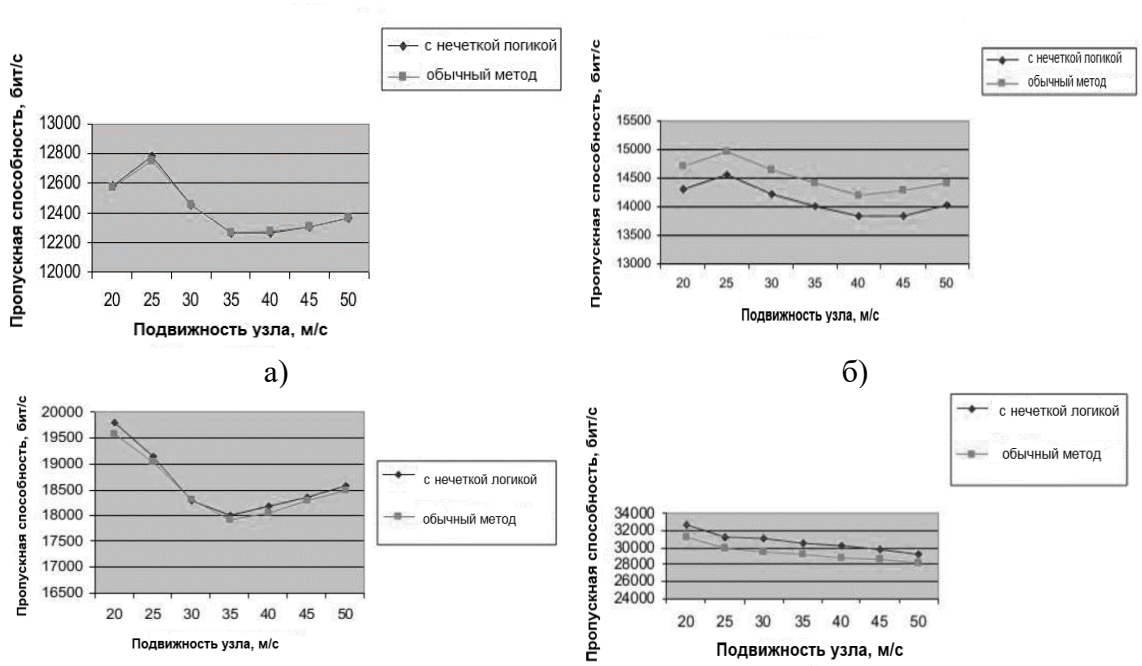
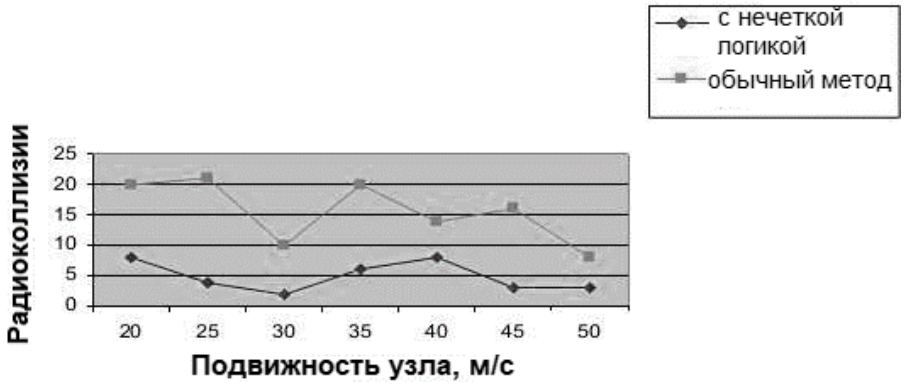
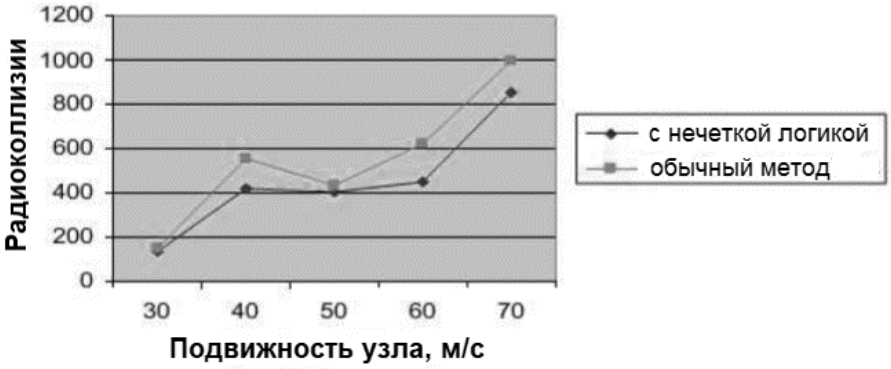


Рисунок 7. Зависимость пропускной способности от подвижности узла при передаче на расстоянии (а) 283 м, (б) 377 м, (в) 503 м, (г) 671 м

а)



б)



в)

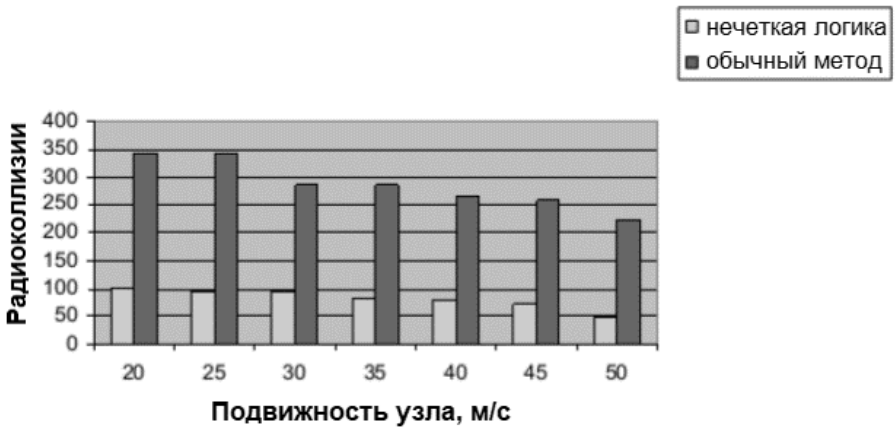


Рисунок 8. Зависимость числа радиоколлизий от подвижности узла (а) с использованием протокола ODRMP; на расстоянии передачи (б) 377 м, (в) 503 м

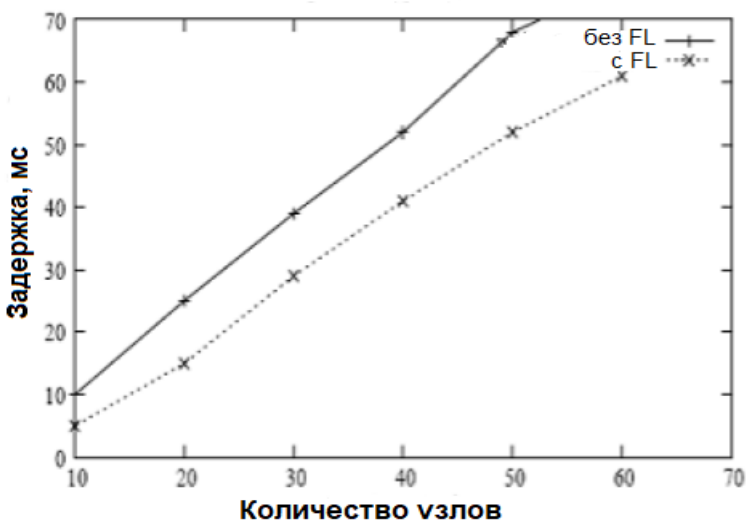


Рисунок 9. Зависимость задержки типа «узел-узел» от количества узлов

Литература:

1. P.Venkateswaran, MousumiKundu, SAMEER, Kolkata Centre, Srishti Shaw, KanikaOrea, R.Nandi, “Fuzzy Logic-Based Mobility Metric Clustering Algorithm for MANETs”, JadavpurUniversity, India, 2011.

2. EktaKamboj, Harish Rohil, “Detection of Black Hole Attack on AODV in MANET Using Fuzzy Logic”, Dept. Of CSA, CDLU Sirsa, India, 2011.

3. Nguyen Thanh Long, Nguyen DucThuy, Pham Huy Hoang, “Research on Innovating, Evaluating and Applying Multicast Routing Technique for Routing messages in Service-oriented Routing”, Springer, ISBN: 978-1-936968-65-7, Volume Number 109, 2012.

4. E. H. Mamdani, "Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis," IEEE Transactions on Computers, Vols. C-26, pp. 1182-1191, 1977.

5. S.Abirami, V.Bhanumathi, R.Dhanasekaran, “A Balanced Approach for Power Aware Routing in MANET using Fuzzy Logic”, ICON3C, 2012.

6. M.Marimuthu, A.Kannammal, “Fuzzy Cost based Power Aware QoS Routing Protocol with Mobility Prediction in Mobile Ad Hoc Networks”, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 58– No.15, November, 2012.

7. Lada-OnLertsuwanakul, Faculty of Mathematicsand Computer Science, Fern Universitat in Hagen, Universitatsstrase 27 – PRG, “Fuzzy Logic Based Routing in Grid Overlay Network”, Hagen, 2012.

8. A Naga Raju, Dr. S.Rmachandram, Head & Associate Prof in I.T,Kamala Institute of Tech & Science, “FUZZY COST BASED MULTIPATH ROUTING FOR MOBILE AD-HOC NETWORKS”, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2008.

9. Bavithiraja, S.V.M.G. and R. Radhakrishnan Department of CSE, CMS College of Engineering and Technology, Coimbatore-32, India Sri Ramakrishna Engineering College, Coimbatore-22, India, “Efficient Broadcasting in Mobile Ad Hoc Networks Using Context Aware Adaptive Routing Protocol during Network Partitions”.

10. Krishna. G. Deshpande, Department of E&CE, Basaveshwar Engineering College, Bagalkot, Karnataka, INDIA, “Agent Approach QoS Routing in Manet Based on Fuzzy Priority Scheduler”.

Д.И. Брехов, И.А. Молоковский

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

Ключевые слова: Wi-Fi сеть, стандарт IEEE 802.11, точка доступа, мобильное устройство, WLAN, уровень сигнала, нагрузка.

В статье рассмотрены алгоритмы балансировки нагрузки в беспроводной Wi-Fi сети, предложена оптимизация сети, а также показана блок-схема принятия решения о переключении абонента с одной точки доступа на другую более выгодную, с точки зрения заданных параметров и равномерного распределения нагрузки на сеть.

D.I. Brekhov, I.A. Molokovskiy

THE STUDY OF CHANGES OF QUALITY SERVICE INDICATORS IN WIRELESS INFOCOMMUNICATION NETWORKS

State higher education establishment «Donetsk national technical university», Donetsk

Keywords: Wi-Fi network, IEEE 802.11 standard, access point, mobile device, WLAN, signal strength, load.

The article considers the load balancing algorithms in a wireless Wi-Fi network, suggests network optimization, and also shows a block diagram of the decision to switch a subscriber from one access point to another more advantageous from the point of view of specified parameters and uniform distribution of the load on the network.

Беспроводные локальные вычислительные сети становятся все более популярными, все больше и больше домов, офисных зданий, кафе, библиотек, аэровокзалов, станций метро и других общественных мест оборудуются соответствующей аппаратурой для подключения компьютеров и смартфонов к Интернету. В беспроводной сети два или несколько соседних компьютеров могут обмениваться данными и без подключения к Интернету. Основной стандарт беспроводных локальных сетей – это 802.11. [1]

Мобильное устройство (МУ) - телефон, планшет, ноутбук и т.п. может находиться в определенный момент времени в зоне покрытия нескольких Wi-Fi точек доступа AP (Access Point – точка доступа). Также по причине мобильности МУ может менять зоны покрытия разных точек доступа Wi-Fi сети. Таким образом, в любой момент времени есть необходимость в правильном решении о том, какую AP использовать для каждого МУ.

Целью работы является улучшение качества обслуживания беспроводной локальной сети IEEE 802.11 за счет применения алгоритма оптимизации работы WLAN.

Основные задачи исследования:

1. Анализ существующих алгоритмов оптимизации;

2. Разработка математической модели сети;

3. Построение алгоритма, при котором повышается качество обслуживания абонентов сети.

Объект исследования: беспроводная инфокоммуникационная сеть.

Предмет исследования: метод автоматического переключения абонента с одной точки доступа на другую при заданных условиях.

Описание алгоритма оптимизации локальной беспроводной сети. Допустим $A = \{a_1, \dots, a_N\}$ – это AP (Access Point – точка доступа) WLAN (Wireless Local Area Network). В данной статье рассматриваются только случай, когда $a_i \in A(1 \leq i \leq N)$ как список возможных кандидатов на подключение.

Управляющее устройство должно хранить список из *A*, как список возможных кандидатов для подключения, а также хранить информацию о загруженности каждого из них.

$U = \{u_1, \dots, u_K\}$ – это МУ (мобильные устройства). Каждое МУ требует переключения или же уже обслуживается AP, без необходимости в переключении. Таким образом, *U* можно разделить на две подсети в определенный момент времени *t:*

– 1 подсеть:

$$U_t = \{u_{1(t)}, u_{2(t)}, \dots, u_{m(t)}\},$$

где $m(t)$ – количество МУ, требующих переключения в момент времени *t*.

– 2 подсеть:

$$V_t = U - U_t,$$

где V_t – МУ с хорошим подключением к AP (т. е. не требуют переключения).

Каждая AP a_i способна обеспечить определенную максимальную пропускную способность Z_i. Обозначим $w(i)$ как вес или стоимость пропускной способности AP.

Для простоты можно использовать только одну стоимость каналов, для каждой AP – w_a.

Точки доступа способны собирать информацию о средней пропускной способности каждого МУ, которое обслуживается в данный момент. Но если МУ не подключено к AP или его только что включили, то такой информации у AP нет. Однако если на каждом МУ использовать приложение, которое будет периодически собирать эту информацию и передавать в управляющее устройство, то можно собрать информацию о реальной пропускной способности e_{ij} для каждой AP.

Таким образом, суммарная реальная нагрузка p_i для a_i (AP):

$$p_i = \sum_{U_i \in V_t} e_{ij}.$$

Введем двоичную переменную x_{ij}, которая принимает значение единицы (x_{ij} = 1), когда u_i подключен к AP, и ноль (x_{ij} = 0), если не подключен.

Таким образом, $X = \{x_{ij}\}$ – матрица зоны покрытия будет выглядеть так:

$$x_{ij} \in \{0,1\},$$

$$x_{ij} = 0, \text{если } RSS_{ij} < \begin{cases} S_a, \text{для } AP \\ S_{ai}, \text{для } AP_i \end{cases},$$

где S_a и S_{ai} – пороговое значение RSS, достигнув которого МУ может установить соединение с AP и AP_i соответственно.

Суммарная необходимая пропускная способность $v_i(X)$ для a_i (AP) для подключения дополнительных МУ $u_i \in U_t$:

$$v_i(X) = \sum_{U_i \in V_t} e_{ij} x_{ij} .$$

Коэффициент загруженности $F(i)$ a_i (AP):

$$F(i) = w(i) \frac{p_i + v_i(X)}{z_i} .$$

Функция балансировки нагрузки (Load Balancing) уже давно используется в проводных сетях и реализована во множестве аппаратных шлюзов. Эта технология обеспечивает улучшенное распределение нагрузки при использовании двух и более WAN-портов.

Три наиболее распространенных алгоритма в проводных вычислительных сетях [2] это:

1. Spillover.
2. Weighted Round Robin.
3. Least Load First.

При использовании функции Load Balancing каждый раз, когда возникает новая исходящая TCP-сессия, с интерфейса LAN аппаратный шлюз выбирает WAN-интерфейс для отправки пакетов. В дальнейшем пакеты данной сессии будут использовать ранее определенный WAN-интерфейс. TCP-сессия открывается и закрывается на одном и том же WAN-интерфейсе.

Далее рассмотрим возможность использования алгоритмов балансировки нагрузки в беспроводных сетях. В качестве WAN-интерфейсов у нас будут AP, а в качестве TCP-сессий – МУ, подключенные к ним. Далее для простоты будем использовать только AP, тем самым w_i можно опустить. Для простоты будем использовать только две AP.

Алгоритм переполнения (Spillover). Предельное значение нагрузки определяется для основной AP. При достижении этой нагрузки начнет использоваться резервная AP (для новых подключений), как это показано на Рисунке 1. Как только загрузка основной AP упадет, новые подключения будут снова создаваться на ней. Как пример применения этого алгоритма – более высокая цена трафика резервной AP.

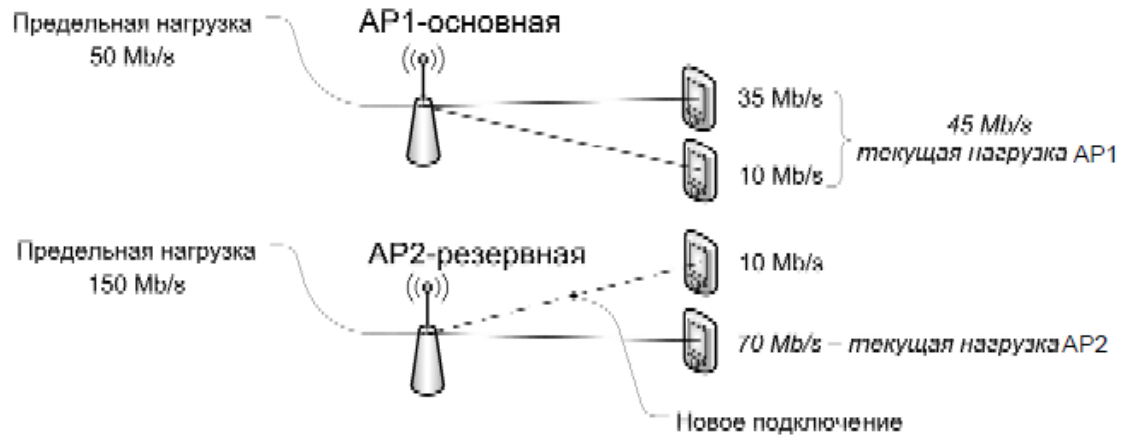


Рисунок 1. Алгоритм переполнения (Spillover)

Новые подключения к основной АР будут создаваться при выполнении неравенства:

$$p_i + v_i(X) < Z_i \,,$$

где i – номер АР (основной точки доступа для данной зоны).

В противном случае новое подключение будет устанавливаться на резервной АР.

Циклический взвешенный алгоритм (Weighted Round Robin). Определяется коэффициент загрузки для двух АР. При этом соотношение определяется для количества подключенных МУ. Например, как это показано на рис. 2, AP1 : AP2 = 3:1. Это означает, что количество подключенных МУ к AP1 и AP2 будет кратно 3:1. При этом реальное распределение нагрузки не анализируется.

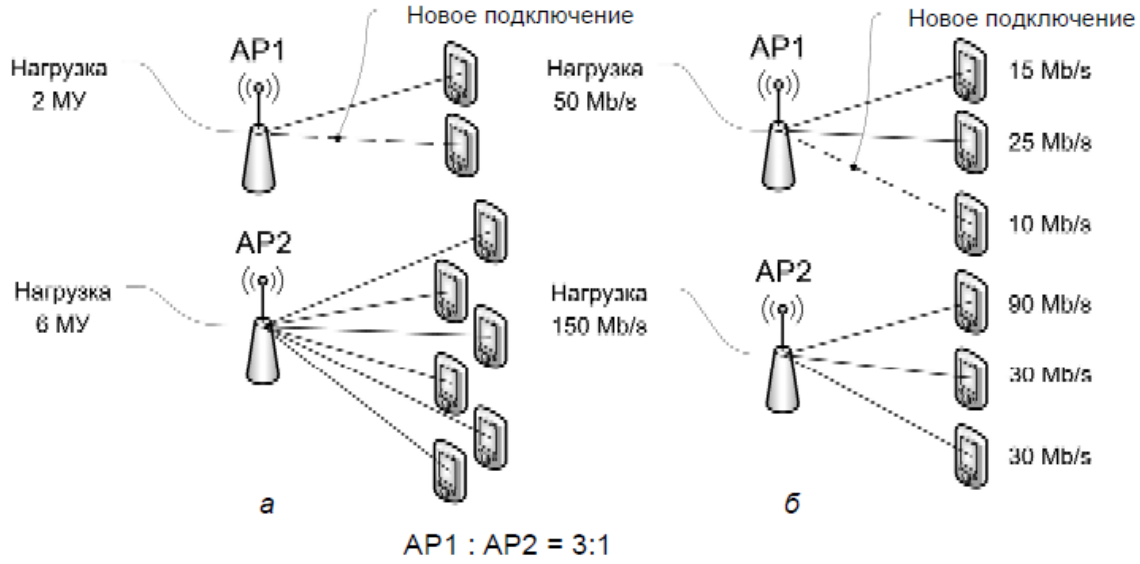


Рисунок 2. Циклический взвешенный алгоритм (Weighted Round Robin)

Однако если при анализе загруженности анализировать не только количество подключений, но и загруженность АР, как это показано на рис. 4, *б*, то реальная

загруженность будет соответствовать заданным параметрам, а коэффициент загрузки будет следующим:

$$F(i) = \frac{p_i + v_i(X)}{z_i}.$$

Правило менее загруженной очереди (Least Load First). В данном алгоритме определяем утилизацию канала связи каждой АР в соответствии с предельной нагрузкой (пропускной способностью). Это означает, что новое подключение создается с менее загруженной АР.

Например, как это показано на рис. 3, предельная нагрузка на АР1-50 Mb/s, АР2 – 150 Mb/s. Текущая нагрузка АР1 = 10 + 15 = 25 MB/s, АР2 – 70 Mb/s. Соответственно, коэффициент нагрузки АР1 – 50 %, АР2 – 47 %. Новое подключение будет создаваться с АР2.

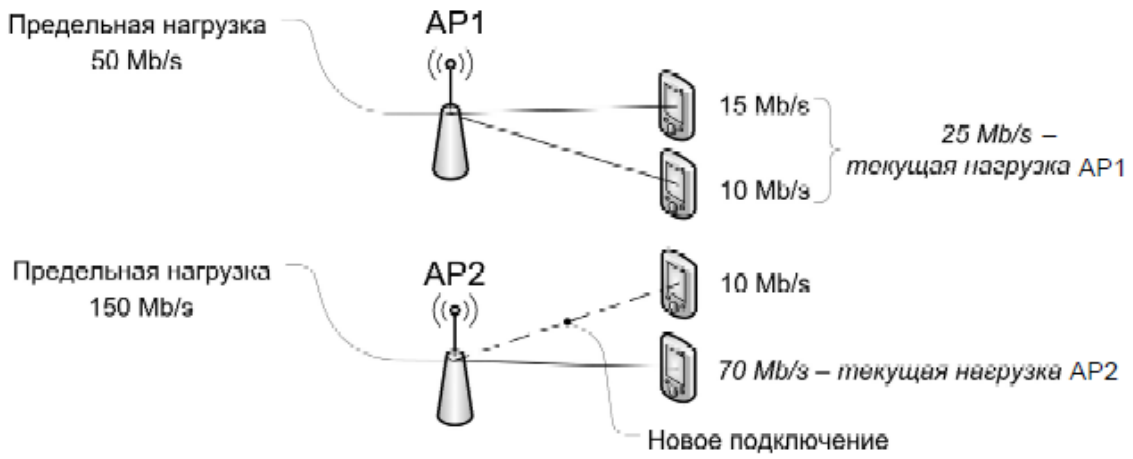


Рисунок 3. Правило менее загруженной очереди (Least Load First)

Для расчета коэффициента загрузки АР(i) будем использовать следующую формулу:

$$F(i) = \frac{p_i}{z_i},$$

где p_i – суммарная реальная нагрузка, а z_i – максимальная пропускная способность.

Алгоритм алгоритма оптимизации работы WLAN. Основные параметры, которые необходимо учитывать при подключении/переключении абонента на другую АР:

- количество АР;
- загруженность АР;
- уровень сигнала АР.

Количество точек доступа (АР) в статье не указывается, так как данная работа не несет проектной части. Соответственно загруженность всей сети не учитываем. Но загруженность одной АР составляет до 50 абонентов. Для упрощения алгоритма принято, что каждый абонент потребляет примерно 5 Мбит/с трафика. Пороговое

значение, при котором уровень сигнала может обеспечить качественное обслуживание, составляет – 60 dBm.

Уровень сигнала (dBm) и его процент (%) работоспособности:

1) -35 dBm и меньше – 100%
2) -65 dBm – 50%
3) -95 dBm – 1%

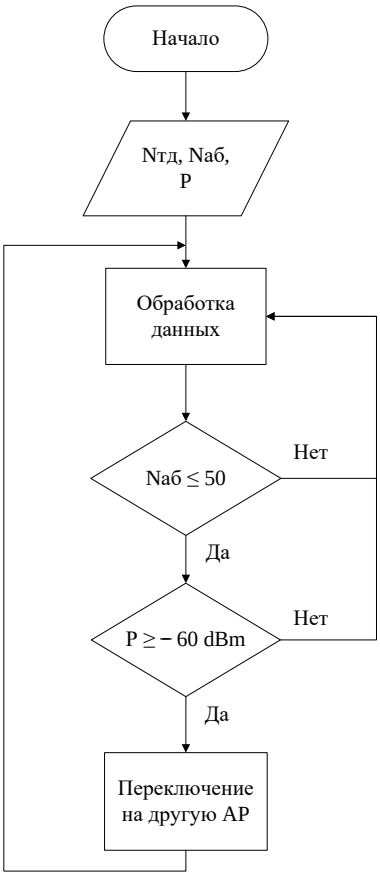


Рисунок 4. Блок-схема принятия решения о переключении абонента

Неравномерная загруженность точек доступа в локальной беспроводной сети ведет к снижению общей эффективности ее работы. Это проявляется в том, что время передачи кадра для перегруженной точки доступа может существенно снизиться.

Подключение мобильных абонентов к точке доступа в соответствии с максимальным уровнем принимаемого сигнала приводит к тому, что некоторые точки доступа могут оказаться перегруженными.

Учет степени загруженности токи доступа при подключении к ней мобильного абонента обеспечивает лучшую балансировку нагрузки в локальной сети.

Для нахождения наилучшей точки доступа для подключения мобильного абонента с учетом ее загрузки и уровня сигнала необходимо использовать алгоритм оптимизации работы WLAN.

Литература:

1. Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. - 5-е изд. – СанктПетербург: Питер, 2012. – 960 с.

2. Weighted Round Robin; Spillover; Figure 45 Weighted Round Robin Algorithm Example; Table 37 Least Load First: Example 2 - ZyXEL Communications ZyWall 35 User Manual. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.manualslib.com/manual/871565/Zyxel-Communications-Zywall-35.html?page=131

3. Institute of Electrical and Electronics Engeneers «IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Part 21: Media Independent Handover Services», IEEE Std 802.21. – 2008.

4. Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов / В. Олифер, Н. Олифер. - 5-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2016. – 992 с.

5. Гепко И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития. – Киев: ЭКМО, 2009. - 672с.

6. Росс Джон. Wi-Fi. Беспроводная сеть. – М.: НТ Пресс, 2007. – 320 с.

Д.И. Крылов, П.В. Лобзенко

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВОБОДНЫМ ПЕРСОНАЛОМ НА ОСНОВЕ НЕРЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, web – технологии, серверные разработки, управление персоналом, рабочий процесс, нереляционные базы данных.

В статье рассмотрена разработка клиент - серверного приложения, которое позволяет удаленно управлять свободным персоналом и организовать рабочий процесс.

D.I. Krylov, P.V. Lobzenko

FREE PERSONNEL MANAGEMENT SYSTEM

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: information technologies, web-technologies, server development, personnel management, workflow, non-relational databases.

The article describes the development of a client - server application that allows you to remotely manage free personnel, thereby allowing you to organize the workflow.

В настоящее время большинство привычных сервисов, связанных с управлением ресурсами, переведены в электронный вид, чему способствуют информационные системы различных типов во всех отраслях экономики.

Например, информационные системы банков позволяют без труда воспользоваться услугами этих организаций через Internet, не приходя к ним в

офисы. Это признак того, что происходит активное внедрение таких систем в бизнес-процессы управления персоналом и ресурсами различных организаций.

Тем самым, появляется потребность в создании приложений для реализации подобных информационных систем, с возможностью гибкой настройки и, главное, с возможностью быстрого их внедрения в повседневную деятельность учреждений и предприятий. Это способствует оптимизации и организации трудового процесса, как руководителей, так и штатных работников.

В статье представлено web – приложение для управления свободным персоналом, разработанное в среде Microsoft Visual Code. Разработка представляет собой сетевую базу данных, снабженную управляющей оболочкой в виде набора web-форм. В данном программном продукте (ПП) использованы кроссплатформенные технологии разработки базы данных и управляющей оболочки, что обеспечивает возможность использования ПП под управлением разных операционных систем (ОС).

В основе разработки лежит программная платформа Node.js [1], которая позволяет использовать язык программирования JavaScript, не только для создания различного динамического контента на html странице приложения, но и для создания серверной части приложения. Любая информационная система не может существовать без хранилища данных, т.е. базы данных (БД). Для быстроты внедрения было решено использовать не реляционную БД – MongoDB [2]. MongoDB – это «no SQL» база данных для хранения JSON объектов [3]. JSON объекты – представляют собой один из вариантов текстового формата данных, на языке JavaScript. Такой вид базы данных выигрывает, по сравнению с реляционными БД, в том, что: 1. MongoDB горизонтально масштабируема; 2. Обладает высокой скоростью, при выполнении простых запросов; 3. Удобна в управлении и не нуждается в отдельном администраторе базы. Это, в свою очередь, делает приложение легко масштабируемым, высоко производительным и удобным в управлении.

Разработанная система представляет собой законченное web – приложение, с интуитивно-понятным интерфейсом и простой публикацией в Интернет.

На Рисунке 1 представлен алгоритм подключения к нереляционной БД, который вкорне отличается от типового алгоритма sql-запросов при обращении к реляционной БД.

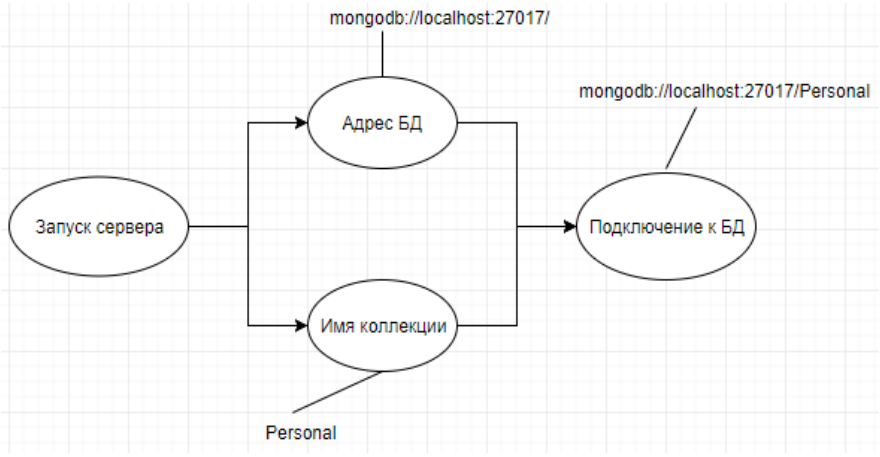


Рисунок 1. Алгоритм подключения к нереляционной БД

Он работает следующим образом. Вначале, запускается сервер web-приложения, потом по полученному адресу и имени коллекции, в которой находятся документы – происходит подключение к БД. Выбор нужного документа, осуществляется с помощью встроенного модуля – Mongoose. Если подключение будет неудачно, то сообщение об ошибке отобразится в консоли сервера.

Рассмотрим активные окна web – приложения, с кратким описанием.

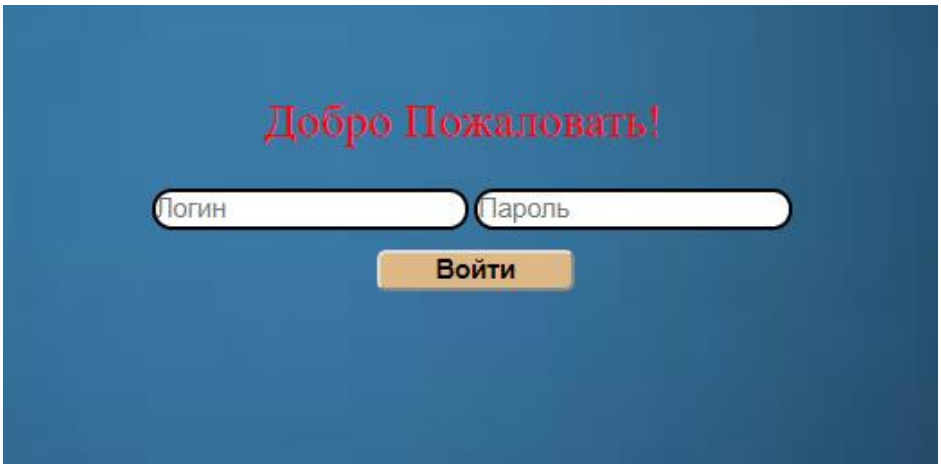


Рисунок 2. Окно входа

Стандартная форма входа, для доступа в систему. После прохождения авторизации, происходит перенаправление на главную страницу приложения, которая представлена на Рисунке 3.

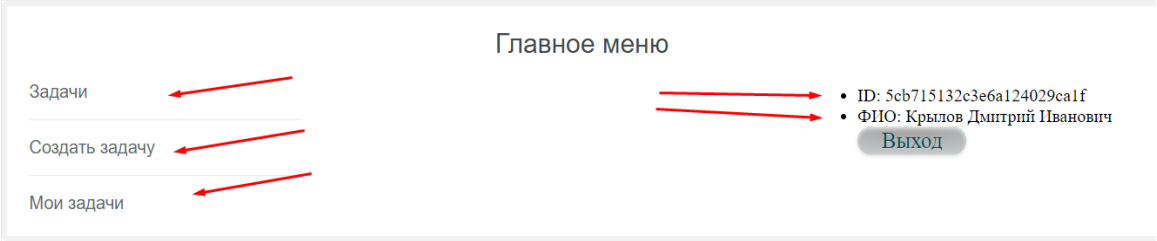


Рисунок 3. Главное меню

Слева представлены пункты меню: Задачи – просмотр всех текущих задач на текущий момент; Создать задачу – создание новой задачи; Мои задачи – задачи, которые были взяты в работу. Справа отображение уникального «ID» сотрудника и ФИО, а также кнопка выхода из аккаунта. После нажатия на соответствующий пункт меню – происходит перенаправление на другую страницу. На рисунке 4, представлен пример перехода на другую страницу, при нажатии пункта меню «Задачи».

Текущие задачи

Id	Статус задачи	Начало работы	Окончание работы	Количество часов	Цель задачи	
5cc453cf44ba84152c82b5d0	Новая	10:00	13:00	3ч:0м	Формирование отчёта за период с 01.04.2019 по 15.04.2019	Взять в работу

Рисунок 4. Страница с задачами

Список задач представляется в виде таблицы с колонками: «ID» - уникальный код задачи; Статус задачи – т.е. на какой стадии работы находится задача; Начало работы – когда задача должна быть взята в работу; Окончание работы – время когда задача, должна быть выполнена; Количество часов – разница между началом и окончанием, рассчитывается автоматически; Цель задачи – краткое описание того, что нужно сделать; Взять в работу – кликабельная надпись, с помощью которой, можно взять задачу на себя.

Таким образом, разработанное приложение отличается следующими основными преимуществами:

1. Использованием нереляционной базы данных, что обеспечивает повышенную скорость обработки данных.
2. Практической направленностью, заключающейся в довольно простом варианте распределения обязанностей и осуществления текущего контроля исполнения в проектах и задачах, выполняемых коллективно.

Приложение предназначено для оптимизации и организации рабочего процесса в различных организациях, где используется корпоративная сеть.

Литература:

1. Node.js // [Электронный ресурс] // [сайт] [2019], URL: http://nodejs.org/ (дата обращения 28.01.2019)
2. MongoDB // [Электронный ресурс] // [сайт] [2019], URL: https://www.mongodb.com/ (дата обращения 04.02.2019)
3. JSON // [Электронный ресурс] // [сайт] [2016], URL: https://www.json.org/ (дата обращения 05.02.2019)

Е.А. Насибулин, Д.В. Кусайкин

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ СОВРЕМЕННЫХ ОПТИЧЕСКИХ СПЛИТТЕРОВ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: планарные делители, оптические сплиттеры, MMI сплиттеры, коэффициент деления оптического сигнала, неравномерность уровней выходных сигналов.

В статье представлены результаты исследований разных видов сплиттеров: планарных делителей с древовидной структурой (Y-branch splitters) и сплиттеров, основанных на многомодовой интерференции. Рассмотрено, как меняются характеристики планарных делителей при уменьшении размера сердцевины световодов.

E.A. Nasibulin, D.V. Kusaykin

PARAMETERS ANALYSIS MODERNS OPTICAL SPLITTER FOR PASSIVE OPTICAL NETWORKS

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) Siberian State University of Telecommunications and Informatics, Yekaterinburg, Russia

Keywords: planar dividers, optical splitters, MMI splitters, optical signal division factor, unevenness of output signal levels.

The article presents the results of studies of different types of splitters: planar dividers with a tree structure (Y-branch splitters) and splitters based on multimode interference. It is considered how the characteristics of planar dividers change with a decrease in the size of the core of optical fibers.

Введение.

Операция разделения и объединения нескольких оптических сигналов играет важную роль в пассивных оптических сетях (PON), позволяющих множеству клиентов подключать услуги высокоскоростного интернета, цифрового телевидения и телефонии на основе волоконно-оптических линий передачи. Для разделения оптического сигнала в пассивных волоконно-оптических сетях используются оптические сплиттеры. Существуют 2 основных вида оптических сплиттеров: планарные делители с древовидной Y-структурой (Y-branch splitters) и сплиттеры, основанные на многомодовой интерференции (MMI – multimode interference) [1].

Самый простой планарный сплиттер с древовидной структурой ответвлений разделяет один входной сигнал на 2 выходных. Принцип работы такого делителя не чувствителен к поляризации сигнала, отсутствует зависимость коэффициента деления от длины волны сигнала и можно делить оптические сигналы во всем рабочем диапазоне длин волн ВОЛС. С другой стороны, в данном сплиттере не достигается полная симметрия долей мощности разделенных сигналов, так как производство таких делителей оптического сигнала с высокими параметрами симметрии долей мощности технологически очень сложно. Существует еще одна особенность планарного сплиттера – кривизна Y-ответвлений делается небольшой, чтобы сигнал испытывал меньшие потери, что приводит к увеличению размера сплиттера.

Разделение сигнала в MMI сплиттере основано на эффекте самоотражения и эффекте наложения мод с разными скоростями распространения [2,3]. Сплиттеры MMI потенциально более компактны по сравнению с планарными разветвителями с древовидной Y-структурой [4]. Однако длина делителя зависит от длины волны сигнала, то есть разветвители MMI конструируются исключительно на одну рабочую длину волны сигнала, поэтому фактически могут эффективно работать только в узкой полосе длин волн. Сплиттеры MMI также чувствительны к поляризации сигнала [5].

1. Сравнительный анализ планарных сплиттеров и сплиттеров MMI.

Для проведения сравнительного исследования разных видов сплиттеров важно определить их оценочные параметры. Можно отметить следующие ключевые требования для делителей: компактный размер, нечувствительность к поляризации сигнала, широкий рабочий частотный диапазон, малые потери, стабильный коэффициент деления оптического излучения. В [6] проведено сравнение планарных

сплиттеров с древовидной Y-структурой и сплиттеров MMI 1×8 при одинаковой длине подложек. Результаты показали, что в планарном сплиттере стандарта 6 × 6 мкм^2 световод поддерживает распространение не только одной моды, что вызывает дополнительное асимметричное разделение оптического сигнала. Это становится критичным, особенно при уменьшении длины планарных делителей с древовидной Y-структурой. Рассмотрим, как меняются характеристики планарных делителей и MMI при уменьшении размера сердцевины световодов. На рисунках 1 и 2 приведены значения вносимых потерь для каждого выходного сигнала планарного сплиттера с древовидной Y-структурой 1×8 с размером световодов 5.5×5.5 мкм^2 и 5×5 мкм^2 и сплиттера MMI 1×8 с размером световодов 5.5×5.5 мкм^2 и 5×5 мкм^2.

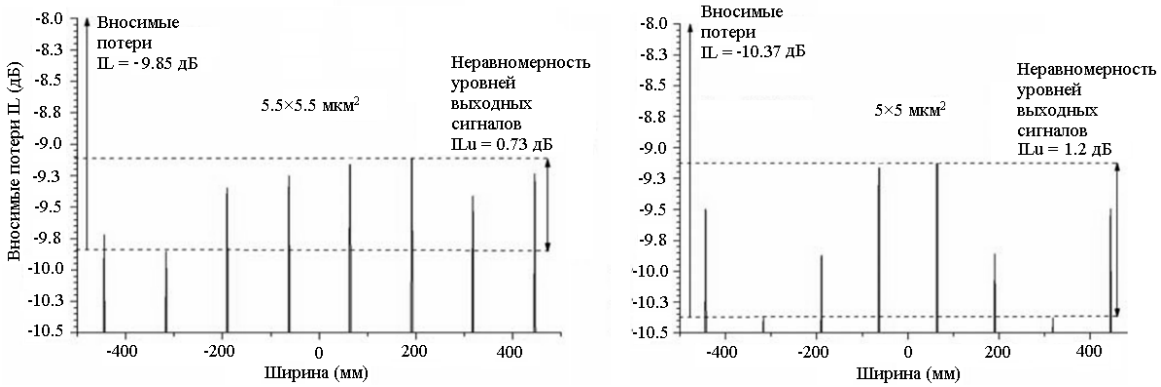


Рисунок 1. Параметры разделенных сигналов планарного сплиттера с древовидной Y-структурой с размером световодов 5.5×5.5 мкм^2 и 5×5 мкм^2

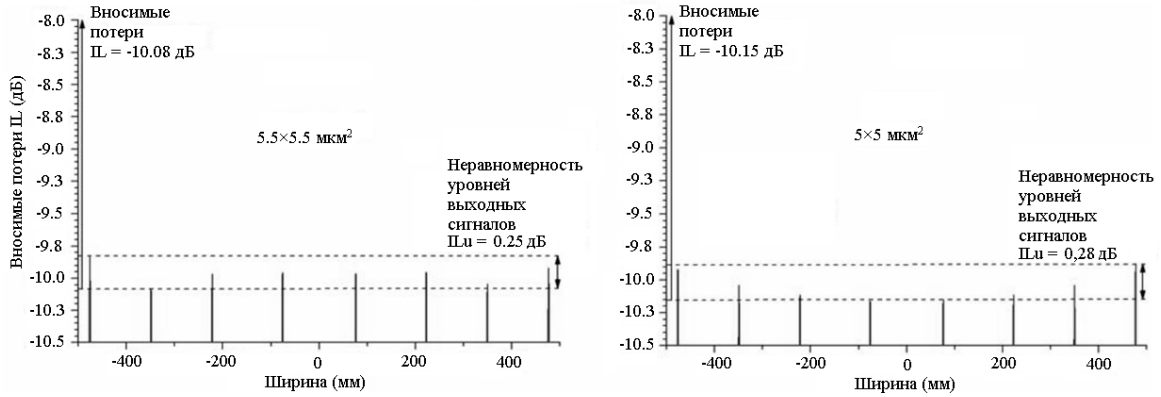


Рисунок 2. Параметры разделенных сигналов MMI сплиттера 1×8 с размером световодов 5.5×5.5 мкм^2 и 5×5 мкм^2

Как видно из рис. 1 и 2, если сохранять структуру разветвителей и уменьшать размер световода от 6 × 6 мкм^2 до 5,5 × 5,5 мкм^2 и 5 × 5 мкм^2 неравномерность уровней выходных сигналов увеличивается. Если провести оптимизации размера световода в обоих сплиттерах, то можно добиться значительного улучшения параметров однородности уровней выходных сигналов. В частности, при уменьшении световода можно подавить первую моду и таким образом уменьшить неравномерность уровней выходных сигналов примерно в два раза. В таблице 1 приведены значения ключевых параметров сплиттера, в том числе значения неоднородности уровней выходных сигналов для различных длин планарных сплиттеров 1 × 8 с древовидной Y-структурой и сплиттеров 1 × 8 MMI.

Таблица 1. Сравнение ключевых параметров планарного сплиттера 1 × 8 с древовидной Y-структурой и 1 × 8 MMI

	Размер сердцевины световодов	Неравномерность (ILu)	Вносимые потери (IL)	Фоновый шум	Длина разветвителя
Y	6×6 мкм^2	1.41 дБ	–10.01 дБ	–46.81 дБ	38 000 мкм
	5.5×5.5 мкм^2	0.73 дБ	–9.85 дБ	–47.67 дБ	38 000 мкм
	5×5 мкм^2	1.2 дБ	–10.37 дБ	–45.89 дБ	38 000 мкм
MMI	6×6 мкм^2	0.51 дБ	–9.91 дБ	–33.53 дБ	16 023 мкм
	5.5×5.5 мкм^2	0.21 дБ	–10.08 дБ	–32.08 дБ	16 023 мкм
	5×5 мкм^2	0.82 дБ	–10.82 дБ	–31.97 дБ	16 023 мкм

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующий вывод: сплиттер MMI обеспечивает лучшие значения параметра неравномерности уровней выходных сигналов в сравнении с планарным делителем. По параметру вносимых потерь два вида сплиттеров примерно одинаковы. Сплиттер с планарной структурой имеет меньший уровень фонового шума в сравнении со сплиттером MMI.

Фиксированный коэффициент деления оптического сплиттера вызывает неудобства во многих аспектах планирования и обслуживания сети. В первую очередь это приводит к необходимости разработки десятков типов оптических сплиттеров для множества возможных вариаций практического спроса. Поэтому представляет интерес исследование реконфигурируемого планарного сплиттера, передаточная характеристика которого зависит от длины волны входного сигнала. В [7] предложен новый переменный оптический сплиттер на основе интерферометра Маха-Цендера с более простой реализацией на основе двух сплавленных световодов, как показано на рисунке 3, коэффициент деления которого можно динамически изменять для различных длин волн.

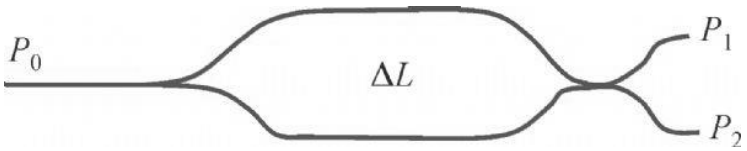


Рисунок 3. Структура двух параллельных световодов

Выходную мощность P_1 такого сплиттера можно вычислить с помощью выражения:

$$P_1 = P_0 \times \sin^2\left(\frac{k\Delta L}{2}\right) = P_0 \times \frac{1}{2}\left(1 + \cos\frac{2n\pi\Delta L}{\lambda}\right) \quad (1)$$

где n представляет собой показатель преломления световода, ΔL – разность длин световодных плечей делителя.

Чтобы добиться изменения коэффициента деления в диапазоне длин волн от λ_a до λ_b, должно быть выполнено следующее уравнение, в котором m является целым числом:

$$n \times \Delta L \times \left(\frac{1}{\lambda_a} - \frac{1}{\lambda_b} \right) = \frac{m}{2} \tag{2}$$

Можно сделать вывод, что, если ΔL равно 3 мкм, а m равно 1, то P_1 может достигать одного периода изменения в диапазоне от 1260 до 1620 нм. По мере увеличения ΔL аргумент функции косинуса в уравнении (1) приводит к меньшему периоду, следовательно, мощность выходного сигнала P_1 становится более чувствительной к длине волны сигнала.

На рисунке 4 представлен сплиттер построенный с помощью нескольких таких параллельных двойных световодов.

Рисунок 4. а) Конфигурация сплиттера; б) переходная характеристика чувствительного к длине волны сплиттера

Для сплиттера, показанного на рисунке 4а, входная оптическая мощность равна P_0, а выходные мощности на выходных портах после первой структуры делителя на основе двух параллельных световодов, исключая избыточные потери, могут быть выражены как

$$P_1 = P_0 \times \cos^2(kz) \tag{3}$$

$$P_2 = P_0 \times \sin^2(kz) \tag{4}$$

где k - коэффициент деления, а z - длина делителя.

В идеальном случае на выходном порту P_1 можно изменять процент от входной мощности сигнала P_0 от 66,7% до 100% для длин волн λ_1 и λ_2 соответственно. Входная мощность сигнала с длиной волны λ_3 равнозначно распределяется на выходные порты P_1 и P_2, что аналогично обычному сплиттеру. Мощность сигнала с длиной волны λ_4 полностью передается на нижний выходной порт P_2. Следовательно, вносимые потери рассматриваемого сплиттера варьируются в зависимости от длины волны.

Таким образом, рассмотренная технология из нескольких делителей основанных на двух сплавных параллельных световодах обеспечивает простой и недорогой подход к изготовлению реконфигурируемого планарного сплиттера.

Заключение.

Применение оптимального размера сердцевины световода может существенно улучшить параметры оптического сплиттера и тем самым увеличить

оптический бюджет пассивной оптической системы, добиться оптимального коэффициента деления и уменьшить неравномерность мощностей выходных сигналов. По результатам исследования можно сделать следующий вывод: сплиттер MMI обеспечивает лучшие значения параметра неравномерности уровней выходных сигналов в сравнении с планарным делителем. По параметру вносимых потерь два вида сплиттеров примерно одинаковы. Сплиттер с планарной структурой имеет меньший уровень фонового шума в сравнении со сплиттером MMI.

Использование конструкции сплиттера, основанного на каскаде делителей с параллельными сплавленными световодами, дает возможность влиять на вносимые потери сигнала, изменять коэффициент деления. В конфигурации делителя, основанного на двух параллельных световодах, не было уделено внимание исследованию характеристик сплиттера в случае изменения размеров сердцевин световодов, что может являться темой дальнейшего исследования.

Литература:

1. *Y. Shibata, N. Kikuchi, Y. Tohmori*. Proc. OFC'03 // 2, 667 (2003).

2. *O. Bryngdahl*. Image formation using self-imaging techniques // J. Opt. Soc. Am., 63, 4, 416–419 (1973).

3. *K. Kohler*. Master Thesis, Vorarlberg University of Applied Science // Austria, 2012.

4. *N. Nourshargh, E. M. Starr, T. M. Ong*. Integrated optic 1×4 splitter in SiO2/GeO2, IEE Electron. Lett. // 25, 15, 981–982 (1989).

5. *M. Bachmann, M. K. Smith, P. A. Besse, E. Gini, H. Melchior, L. B. Soldano*. Polarisationinsensitive low voltage optical waveguide switch using InGaAsP/InP fourport Mach-Zender interferometer // Tech. Dig. OFC/IOOC´93, San Jose, CA, 32–33, 1993.

6. *C. Burtscher. M. Lucki, D. Seyringer*. Comparison of optical properties of 1 × 8 splitters based on Y-branch and MMI approaches // Romanian Reports in Physics, Vol. 67, No. 4, P. 1578–1585, 2015 Received September 16, 2015

7. *Dechao Zhang, Han Li, Lei Wang, Liang Geng, Shiguang Wang, Sheng Liu, Yang Gao*. Variable optical splitter based on wavelength-sensitive components and related intelligent passive optical network // Front. Optoelectron. 2017, 10 (1): 57-61

Е.В. Букрина, Е.И. Гниломедов

БЛОКЧЕЙН – СКВОЗНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

В статье представлены основные результаты анализа одной из «сквозных» технологий цифровой экономики – распределенного цифрового реестра для адаптации в учебный процесс, что будет способствовать подготовке компетентных специалистов для цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровая экономика, технология распределенного цифрового реестра (блокчейн), майнинг, сквозные цифровые технологии, криптографическое шифрование.

Y.V. Bukriena, E.I. Gnilomedov

BLOCKCHAIN AS THROUGH DIGITAL ECONOMY TECHNIQUE

Urals Technical Institute of Communication and Computer Sciences (Branch) of the Federal State Educational Establishment of Higher Learning «Siberian State University of Telecommunications and Informatics», Yekaterinburg

Key words: digital economy, distributed ledger technology (block chain), mining, through digital technology, cryptographic coding.

The article considers the results of the distributed ledger technology analysis as one of the “through” digital economy technique adapted for educational process to train competent specialists for digital economy.

В 2017 году в России утверждена программа «Цифровая экономика РФ», одним из направлений которой является совершенствование системы высшего и среднего профессионального образования с целью повышения качества подготовки кадров в соответствии с моделью компетенций цифровой экономики [1]. В связи с необходимостью подготовки кадров для новой экономики весьма актуальной становится задача адаптации результатов научно-исследовательских работ в области сквозных технологий цифровой экономики, выполненных профессорско-преподавательским составом профильных вузов.

Сквозные технологии цифровой экономики – технологии, которые обеспечивают формирование информационного пространства для организации кросс-функционального и кросс-индустриального взаимодействия.

Одной из таких технологий является технология распределенного цифрового реестра (DLT, distributed ledger technology) – технологический протокол, который позволяет обмен данными напрямую между различными договаривающимися сторонами внутри сети без посредников [4].

В блокчейне используется децентрализованное распределение и хранение информационных ресурсов на множестве компьютеров, объединенных в одноранговую сеть (P2P), что обеспечивает информационную безопасность на качественно новом уровне.

В общем виде блокчейн представляет собой папку для хранения данных с множеством страниц, где каждая страница представляет собой массив данных, который называется блоком. Содержание блоков, записанных в папку изменить невозможно, а копии папок хранятся у множества пользователей на компьютерах, которые называются узлами. Блоки в цепи связаны хэш-кодами заголовков блоков (Рисунок 1).

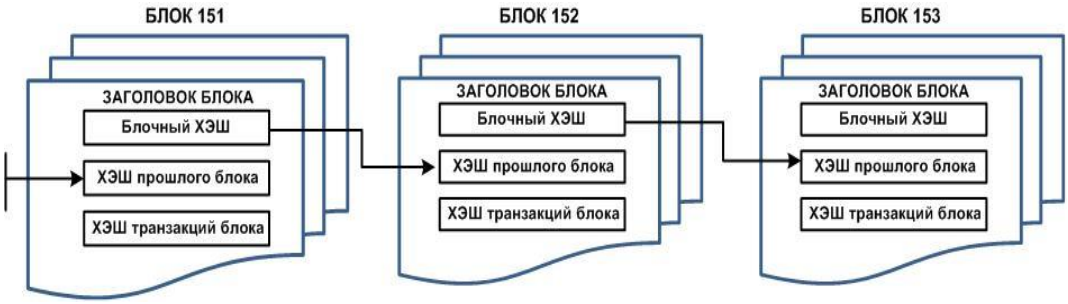


Рисунок 1. Связь блоков в цепочке

Изначально технология распределенного реестра нашла применение для осуществления денежных переводов. Традиционная банковская система денежных платежей централизована, в которой посредниками являются банки, которым клиенты доверяют проводить операции со своими денежными средствами. В технологии блокчейн вопрос доверия решается путем использования криптографического шифрования.

Алгоритм перевода денежных платежей в блокчейне отличается от алгоритма перевода денежных платежей в традиционной банковской системе (Рисунок 2).

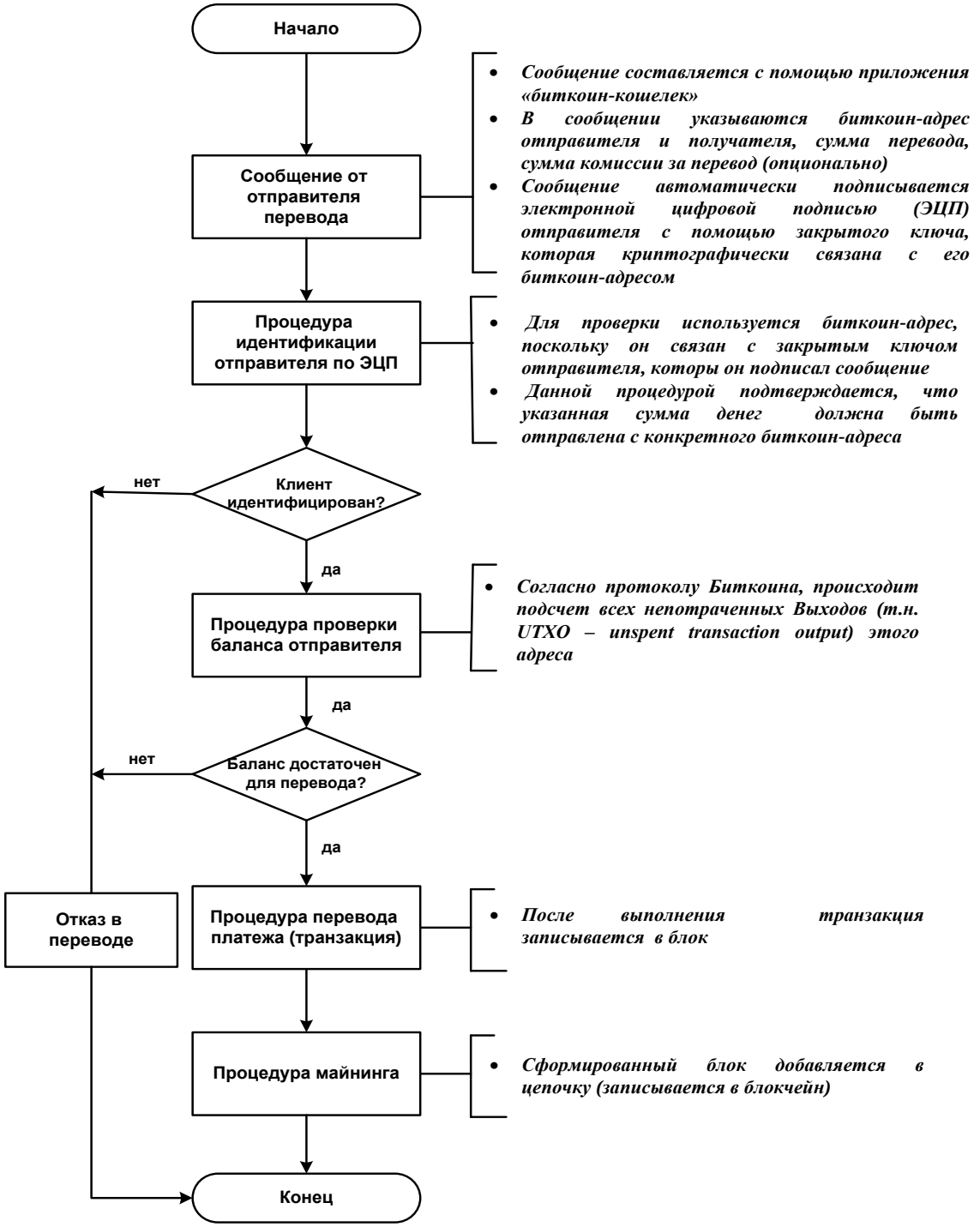


Рисунок 2. Алгоритм перевода денежных платежей в блокчейне

Майнинг – это процедура формирования блока для записи в блокчейн, за выполнение которой участники получают вознаграждение (Рисунок 3). Так как блокчейн строится на основе одноранговой сети, то все участники имеют равные права. Но, если какой-нибудь участник начнет осуществлять мошеннические действия (например, платежи, размер которых превышает размер его баланса), то сформированный им блок будет передан во множество узлов, а изменить содержимое блока будет невозможно.

В связи с этим право сформировать блок и добавить его в цепочку будет принадлежать тому участнику, который, используя свои вычислительные мощности, сможет решить сложную криптографическую задачу по поиску хэш-кода, который отвечает заранее определенному условию. Определение узла, который временно получает право добавить блок, осуществляется с помощью алгоритма, который получил название «Доказательство выполненной работы» (Proof-of-Work**).**

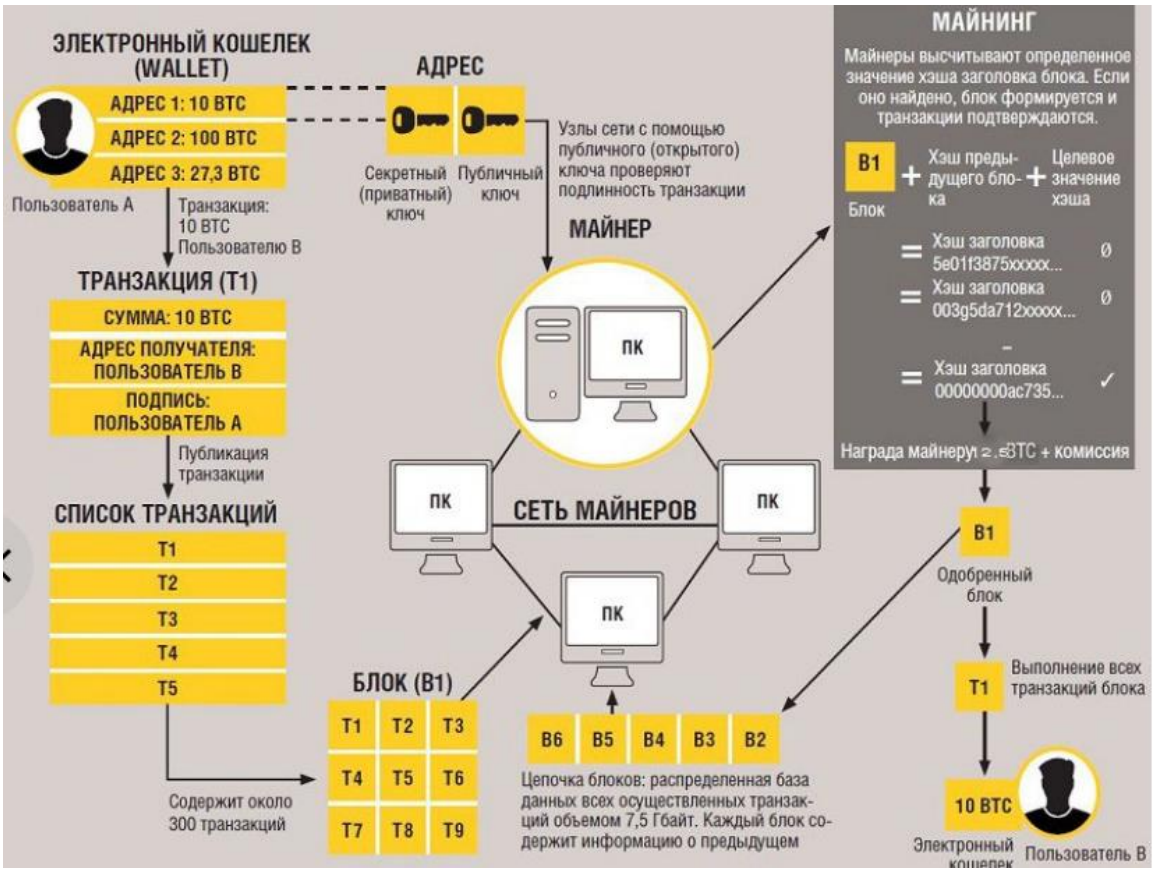


Рисунок 3. Процедура майнинга

Решение задачи сводится к поиску числового параметра nonce, чтобы искомый хэш блока (Block Hash) был меньше некоторого заданного числа Target, что равнозначно получению хэш-кода блока, начинающегося с определенного числа нулевых битов.

Число Target связано со сложностью майнинга, который пересчитывается раз в две недели и зависит от суммарного времени майнинга этих блоков. Чем быстрее происходит майнинг (за счет увеличения вычислительной мощности), тем более высокая сложность устанавливается и тем меньше число Target [3]. Вычислительная мощность компьютеров измеряется в количестве хэшев в секунду: kH/s (килохэш/сек) – 1000 хеш/сек, MH/s (мегахэш/сек) –1 000 000 хеш/сек.

После добавления нового блока или вставки новых данных в список транзакций уже созданного блока, необходимо, чтобы другие участники сети проверили данную информацию. Алгоритм проверки данных представлен на Рисунке 4.

Хэш-функция – математическая функция, которая принимает на вход произвольные данные любой длины и возвращает произвольные данные определенной длины (хэш).

Хэш-функция h(M) принимает в качестве аргумента сообщение M произвольной длины и возвращает хэш-значение фиксированной длины h(M)=H. Значение функции h(M) не позволяет восстановить сам документ.

Свойства хэш-функции: фиксированная длина, непредсказуемость, необратимость (невозможность восстановления по хэшу входных даных), отсутствие коллизий (эффект, при котором у двух разных сообщений один хэш), лавинный эффект (эффект, при котором при малейшем изменении в исходном сообщении должно приводить к существенному изменению хэша).

Хэш-функция присутствует во многих криптографических протоколах и позволяет решать большое количество задач: алгоритмы контроля целостности сообщения, проверка контрольной суммы, создание электронной цифровой подписи, проверка правильности введенного пароля, установление защищенных соединений. Функции хэширования используют алгоритмические примитивы (циклы, условия) и по внутренним преобразованиям делятся на следующие виды: функции с битовыми логическими преобразованиями (И, ИЛИ, НЕ, ИЛИ НЕ, сдвиги); функции, использующие блочные симметричные шифры; функции, использующие преобразования в группах, полях и кольцах; функции, использующие матричные преобразования.

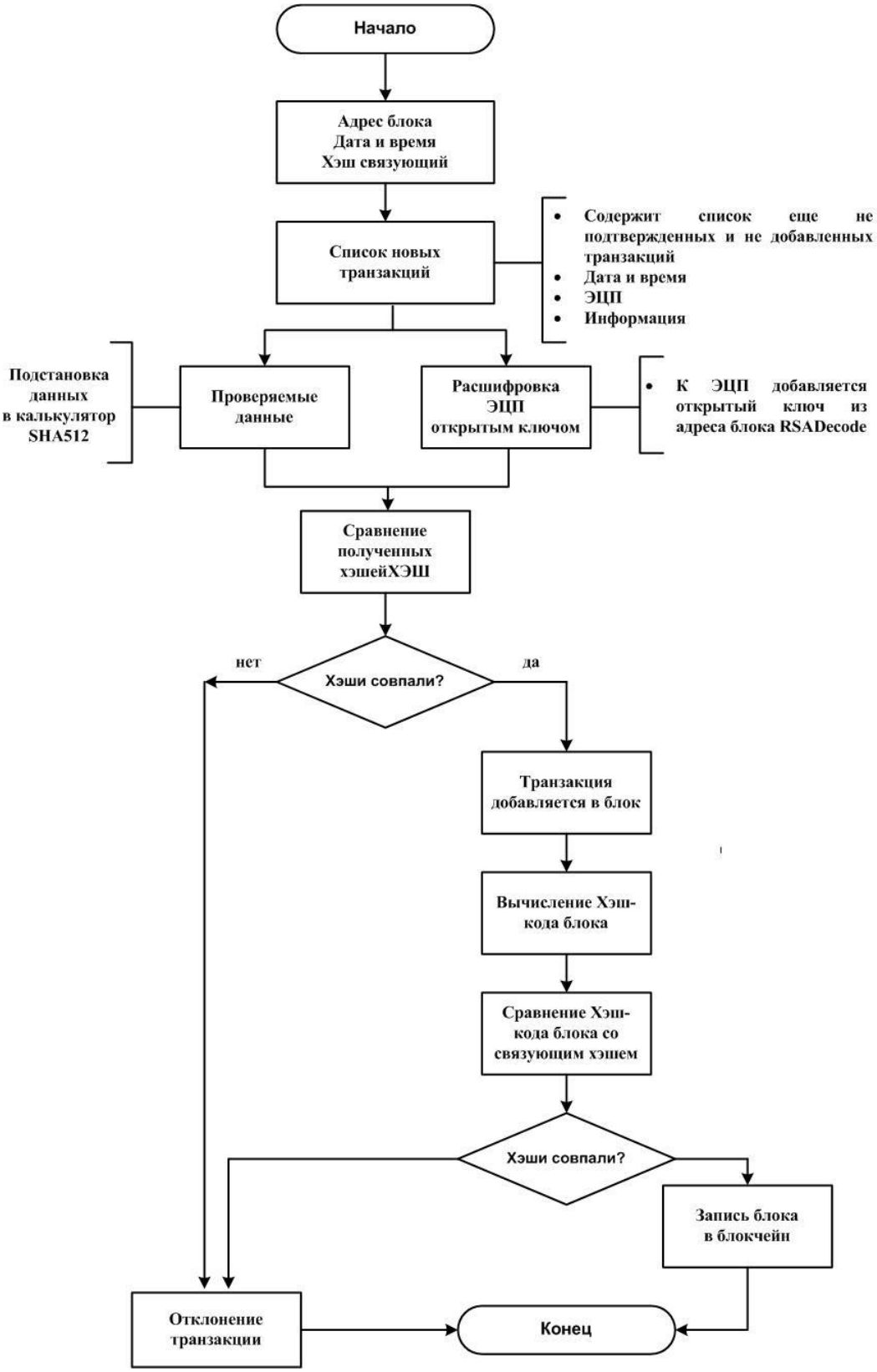


Рисунок 4. Алгоритм проверки данных

Существует достаточно большое количество алгоритмов по вычислению хэшей блоков. Наиболее распространенным является алгоритм SHA256.

Алгоритм работает с данными, разбитыми на части по 512 бит (64 байт), криптографически их смешивает и выдаёт 256-битный хэш (32 байта). SHA-256 состоит из раунда, повторяющегося 64 раза. На рисунке 5 представлен раунд, принимающий на вход 8 4-байтовых слов – от А до З.

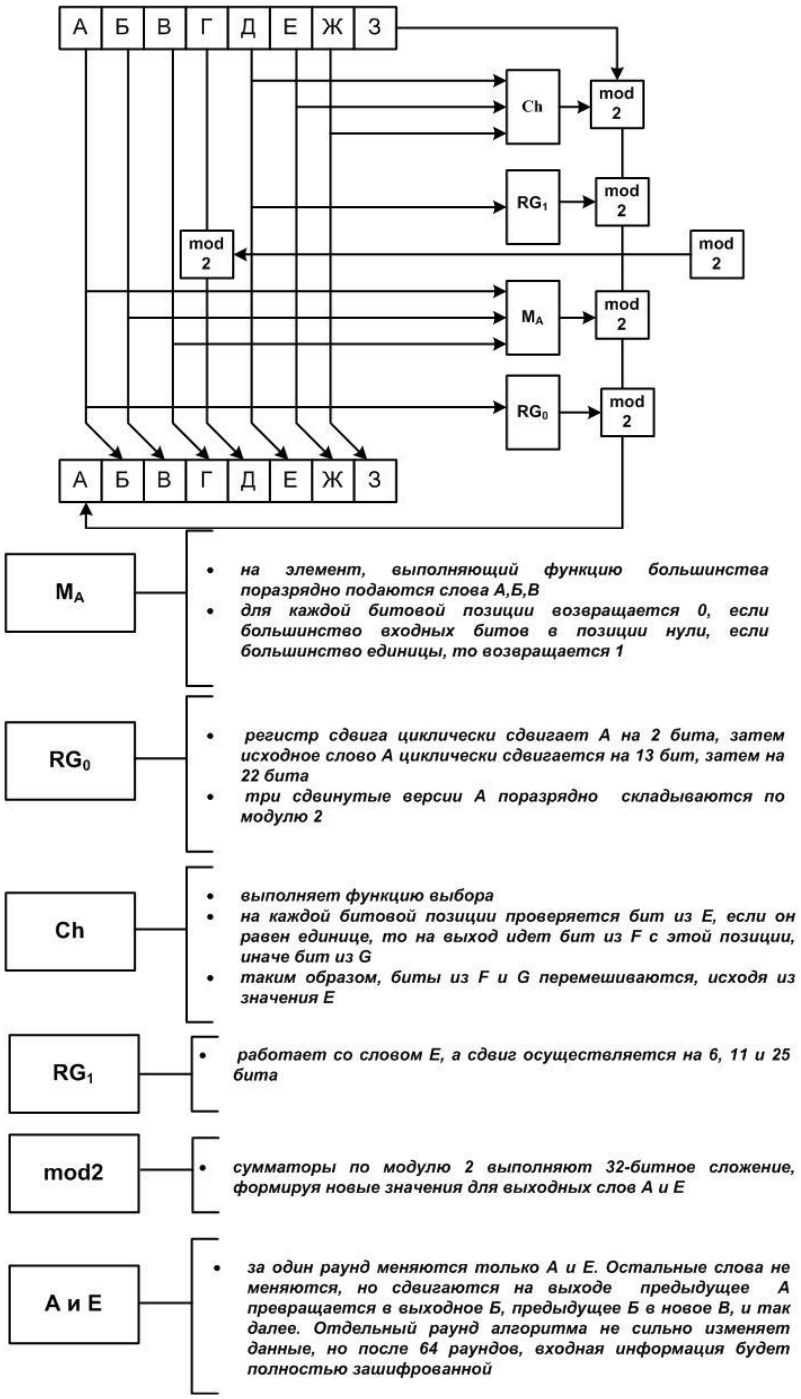


Рисунок 5. Схема реализации раунда в алгоритме SHA256

Появление технологии распределенного реестра стало предпосылкой появления такого нового термина как Интернет ценностей (Internet of Value) [2], так как блокчейн позволяет с высокой степенью безопасности передавать по сети

информацию, которая имеет определенную ценность: финансовую, юридическую, медицинскую, интеллектуальную, научную, творческую. Также технология создала условия для появления и реализации Smart contract (умный контракт) – алгоритм, предназначенный для заключения и сопровождения коммерческих контрактов в технологии блокчейн. Контракты заключаются на уровне программного обеспечения, которое исключает влияние человеческого фактора. В контракте программно прописываются условия, выполнение которых станет возможно при выполнении указанных в контракте действий. Контроль условий выполнения контракта осуществляет блокчейн.

В России в 2017 году Министерство промышленности и торговли объявило о создании технического комитета по стандартизации «Программно-аппаратные средства технологий распределенного реестра и блокчейн». В его состав вошли 28 организаций, в том числе Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ) и ПАО «Ростелеком». Таким образом, высшие учебные заведения информационно-телекоммуникационной отрасли будут принимать активное участие в подготовке и переподготовке кадров для цифровой экономики, а телекоммуникационные операторы создавать для всех сфер деятельности необходимые платформы и сервисы.

Литература:

1. Официальный сайт Правительства РФ. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Электрон. дан. – Режим доступа: http://government.ru/. – Загл. с экрана.

2. Официальный сайт Cisco Systems. Э. Кортезе. Технология блочных цепей знаменует начало эры Интернета ценностей (Internet of Value) Электрон. дан. – Режим доступа: https://www.cisco.com/c/ru_ru/about/press/press-releases/2016/02-15a.html. – Загл. с экрана.

3. Официальный сайт Medium Corporation. Биткоин за 5 минут: Майнинг/ Электрон. дан. – Режим доступа: https://medium.com/bitcoin-review/ – Загл. с экрана.

4. Цветкова Л.А. Перспективы развития технологии блокчейн в России: конкурентные преимущества и барьеры // Экономика науки. Т. 3. № 4. С. 275-296. – 2017.

Е.В. Игначкова, П.В. Лобзенко

ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ VPN ВИРТУАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: технологии связи, VPN-шлюзы, виртуальные сети, адресация узлов сети, межсетевое взаимодействие.

Описано создание виртуальной частной вычислительной сети с использованием VPN-технологий. Рассмотрены особенности межсетевого

взаимодействия и экранирования, а также использования VPN-шлюзов для защиты информации при низком качестве связи.

E.V. Ignachkova, P.V. Lobzenko

ORGANIZATION OF CONNECTION IN DISTRIBUTED VPN VIRTUAL NETWORKS

Moscow State Technical University, North Caucasian Branch, Rostov-on-Don, Russia

Key words: communication technology, VPN gates, virtual networks, node addressing, internetworking.

The development of virtual private computing network, using VPN technology, is described. The features of internetworking, screening and usage of VPN gates for data protection are considered.

В статье рассмотрена виртуальная сеть (VPN -virtual private network) [1]. Она представляет собой совокупность сетей и отдельных компьютеров (как правило, территориально удаленных), соединенных между собой обособленным защищенным каналом, работающим совокупно с различными сетевыми протоколами в произвольных гетерогенных сетевых средах. Соединенные между собой посредством технологии VPN территориально удаленные сети и отдельные клиенты получают единую рабочую сетевую среду, как, если бы они находились в одной локальной вычислительной сети (рис.1).

Основной особенностью VPN-соединения является повышенная безопасность передачи данных, в том числе и в условиях низкого качества соединений разнородных подсетей. Шифрование канала, сложные, как правило, многоуровневые механизмы аутентификации участников VPN сети и прочие методы защиты существенно затрудняют несанкционированный доступ к передаваемой информации со стороны третьих лиц.

Немаловажным аспектом при передаче данных через внешние каналы связи является стоимость трафика. Многие оконечные устройства VPN-сетей – VPN-маршрутизаторы – могут производить сжатие транзитного трафика «на лету», и блокировать «паразитный» трафик по определенным правилам, что снижает конечную стоимость эксплуатации внешнего канала.

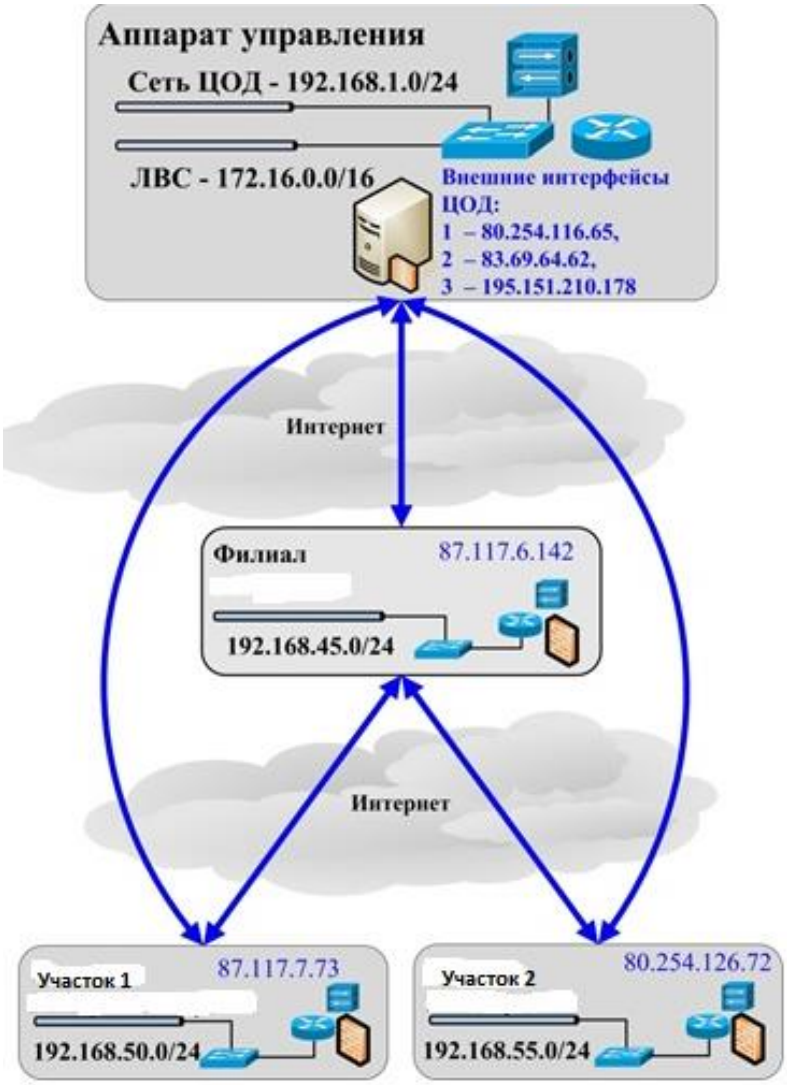


Рисунок 1. Пример логической структуры VPN соединений

При формировании структуры большой виртуальной частной сети особое внимание уделено адресации сетей и отдельных узлов. В целом, для IP-адресации древовидной сети с явно выделенным центром обработки данных (ЦОД) использованы две методики адресации:

- сквозная: сети являются подсетями основной сети более высокого класса;
- произвольная: для доступа к ЦОД используется трансляция адресов (NAT).

Следовательно, все системы удаленного интерактивного администрирования реализуют два способа доступа к целевому компьютеру — прямой доступ по IP-адресу или доступ «по запросу» через внешний ресурс в сети интернет. Первый вариант требует наличия предустановленного программного обеспечения (ПО), некоторых открытых портов на брандмауэре, прав доступа и дополнительных настроек. Второй вариант требует только наличия доступа в интернет у пользователя, но существенно менее безопасен и всегда платный. В целях обеспечения указанных вариантов предложено разработать и использовать скрипт адаптации существующего свободно распространяемого ПО удаленного

администрирования UltraVNC [2]. Скрипт интегрируется в модифицированный дистрибутив, при запуске инсталляции автоматически удаляет предыдущие свои версии, настраивает брандмауэр, создает пользователей с необходимыми правами, включает доменную аутентификацию удаленного администратора, добавляет пакетный и скрытый режимы установки, предоставляет средства диагностики ошибок установки.

Таким образом, использование VPN – технологий обеспечивает:

- консолидацию и унификацию IT-ресурсов предприятия: вычислительной мощности, средств хранения данных, учетных систем, информационных ресурсов, средств связи, а также средств управления ими;
- повышение отказоустойчивости и эффективности информационной среды (ИС) за счет применения виртуализации;
- стандартизацию топологий, применяемых технологий, структуры, протоколов локальной вычислительной сети (ЛВС) всех удаленных подразделений филиальной сети, применяемого программного обеспечения и форматов обмена данными;
- объединение ЛВС всех удаленных подразделений филиальной сети и центрального офиса предприятия в единое информационное пространство для совместного доступа к консолидированным и унифицированным IT-ресурсам.

Литература:

1. Браун Дж. Виртульные частные сети-Лори : Москва, 2011. — 508с.

2. Организация VPN сетей. // [Электронный ресурс] // [сайт] [2019], URL: http://softobase.com/ru/video/ultra-vnc-upravlyaem-kompyuterom-na-rasstoyanii#.UyBRLPJy63k. (дата обращения 28.01.2019).

Е.В. Кубах, И.В. Щербань, Н.Е. Кириленко

АЛГОРИТМЫ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА БИОМЕДИЦИНСКИХ ЭЛЕКТРОГРАММ

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: биомедицинская электрограмма, сингулярный спектральный анализ (SSA), дискретное преобразование Фурье (FFT), разложение на основные эмпирические моды (EMD)

Проводится сравнение известных аналитических методов апостериорного извлечения основных низкочастотных (НЧ) физиологических ритмов – альфа, тета и дельта, из биомедицинских электрограмм (ЭГ). Использовались разложение сигнала ЭГ на основные эмпирические моды (*empirical mode decomposition, EMD*) и сингулярный спектральный анализ (*singular spectrum analysis, SSA*). Для увеличения точности сравнительного анализа также использована Фурье-фильтрация сигнала на основе быстрого преобразования Фурье (*fast Fourier transform, FFT*). Проведен анализ возможностей использования названных аналитических методов удаления НЧ-ритмов из ЭГ в режиме реального времени ее регистрации.

E.V. Kubakh, I.V. Shcherban, N.E. Kirilenko

ALGORITHMS OF THE FREQUENCY ANALYSIS OF THE BIOMEDICAL ELECTROGRAMS

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: electrograms, the coherence functions, the sensory systems

In the course of studying the sensory system, measurements of electrograms using different types of electrodes or microelectrode arrays are used. Analysis of the measured data is performed based on the calculation of the coherence functions for the electrodes. The calculation results allow to form a topographic map of the bioelectrical activity of the sensor system. We considered the software for the calculation of the spatial synchronization map for leads was developed in a complete form and tested on real EG records obtained during the study of the olfactory system of laboratory rats.

Современные задачи анализа биомедицинских сигналов основаны на использовании множества различных методов и способов. Достаточно часто при этом необходимо выполнять удаление из регистрируемых ЭГ низкочастотных (НЧ) физиологических ритмов – альфа, тета, дельта. Объясняется это тем, что названные НЧ-ритмы, в том числе артефакты, обеспечивают основной вклад в общую мощность сигнала. Вследствие этого критериальные функции могут иметь низкую чувствительность к слабым изменениям интенсивности относительно высокочастотных бета- или гамма- ритмов [1].

Для удаления из ЭГ НЧ-ритмов в ходе апостериорного анализа можно использовать разложение сигнала на основные эмпирические моды (*empirical mode decomposition, EMD*), сингулярный спектральный анализ (*singular spectrum analysis, SSA*) или же Фурье-фильтрацию преобразования Фурье (*fast Fourier transform, FFT*). В реальном времени, теоретически, можно воспользоваться лишь первыми двумя из названных методов. Фильтрация, основанные на преобразовании Фурье, позволяют достаточно точно выделять нужные частотные составляющие, однако, как известно, могут использоваться только в квазиреальном времени (оконное преобразование Фурье) [4]. Аналитические методы разделения ЭГ на ритмы являются, теоретически, и более точными в сравнении с Фурье-фильтрацией [2-4].

Разложение сигнала $S(t)$ на эмпирические моды EMD можно представить следующим образом:

$$S(t)=\sum_{k=1}^{N} h_k(t)+r_k(t),$$

где h_k - эмпирические моды, $r_k(t)=S(t)-h_k(t)$ - остаток.

Метод сингулярного спектрального анализа *SSA* включает следующие процедуры. На первом этапе строится траекторная матрица:

$$X=\begin{pmatrix} s_0 & s_1 & \text{L} & s_k \\ s_1 & s_2 & \text{L} & s_{k+1} \\ \text{M} & \text{M} & \text{O} & \text{M} \\ s_{L-1} & s_L & \text{L} & s_M \end{pmatrix},$$

где $k=L-M+1$, L – длина окна выборки.

Далее строится выборочная матрица корреляций:

$$C = \frac{1}{k} X^T X$$

и сингулярное разложение матрицы корреляций:

$$C = V \Lambda V^T,$$

где v_i - соответствует вектору i.

После определяется диагональная матрица собственных чисел и матрица главных компонент:

$$\Lambda = diag\left(\lambda_1, ..., \lambda_L\right);$$

$$P = V^T X = \left(P_1, ..., P_L\right)$$

Затем определяется j-я траекторная матрица, соответствующая j-й главной компоненте:

$$x_j = \sqrt{\lambda_j} v_j p_j^T,$$

где $j = 1, ..., L$.

Восстановление сигнала:

$$s_i : X = \sum_{j=1}^{L} x_j$$

Для сравнения качества удаления из ЭГ НЧ-ритмов был разработан следующий алгоритм (рисунок 1). Суть его заключается в следующем. На основе методов EMD и SSA параллельно извлекаются НЧ-ритмы до 5 Гц. Далее рассчитываются амплитудные спектры извлеченных гармоник. При правильном подборе параметров SSA и нужных эмпирических мод EMD спектры низкочастотных извлеченных частей должны быть примерно одинаковыми.

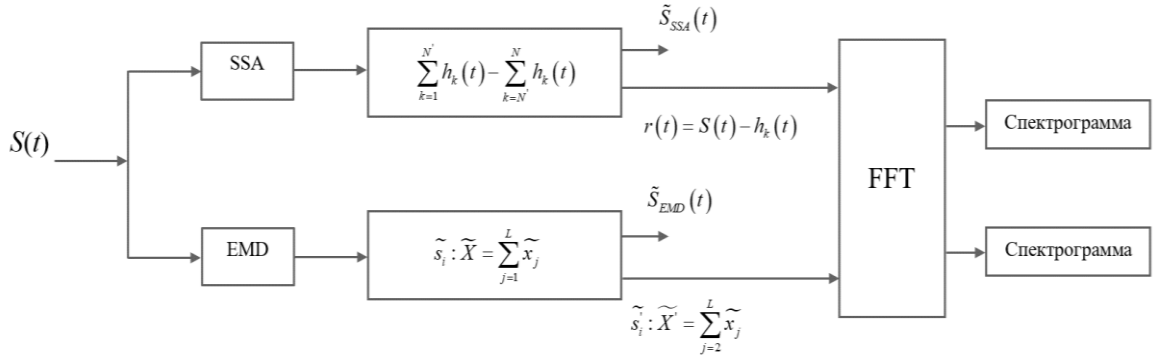


Рисунок 1. Алгоритм извлечения НЧ-ритмов из ЭГ

Для апробации предлагаемого алгоритма использовались две временные выборки из биомедицинской ЭГ. На рисунке 2 представлены временные выборки и огибающие их спектров.

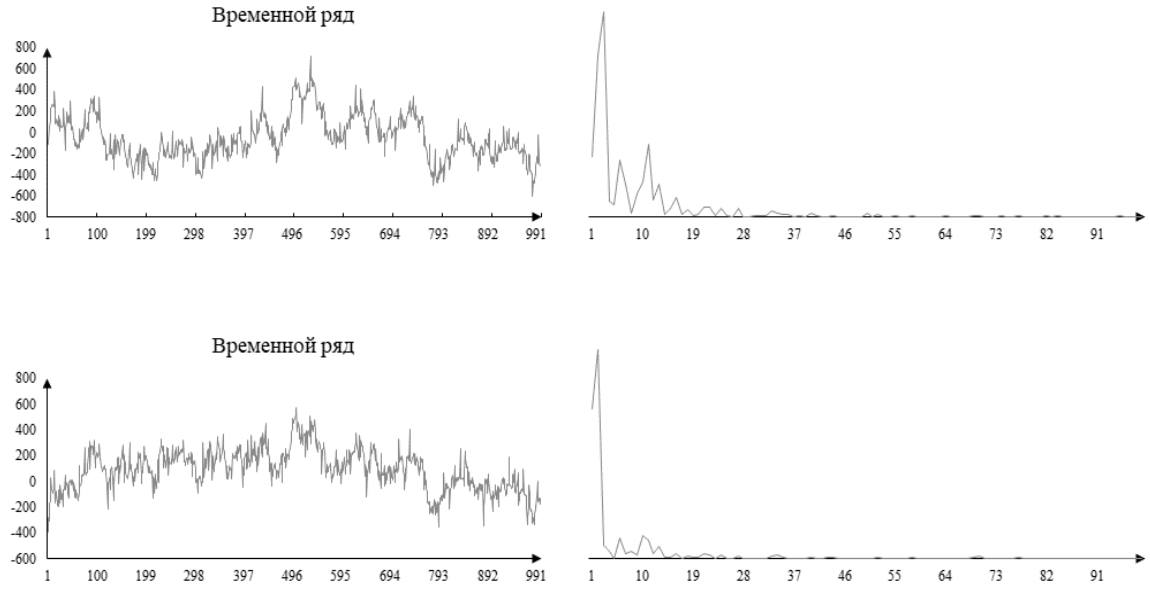


Рисунок 2. Временные выборки и огибающие их спектров

Сравнительный анализ точности всех трех подходов – EMD, SSA и FFT подтвердил их примерно одинаковое качество. На рисунке 3 представлены спектрограммы НЧ-ритмов, извлеченных методом EMD и SSA для каждой временной выборки. Также, здесь представлены количество мод, полученных при применении метода EMD, а также моды, которые были использованы для извлечения НЧ ритмов. Кроме того, на рисунке 3 представлена размерность окна вложения [3], которая использовалась при применении метода SSA.

Следует все же заметить, что качество извлечения НЧ-ритма при применении метода EMD немного хуже, чем у SSA, т. к. в переходной полосе от частоты среза к полосе подавления наблюдаются лишние гармонические составляющие. В то же время, у SSA наклон кривой более крутой.

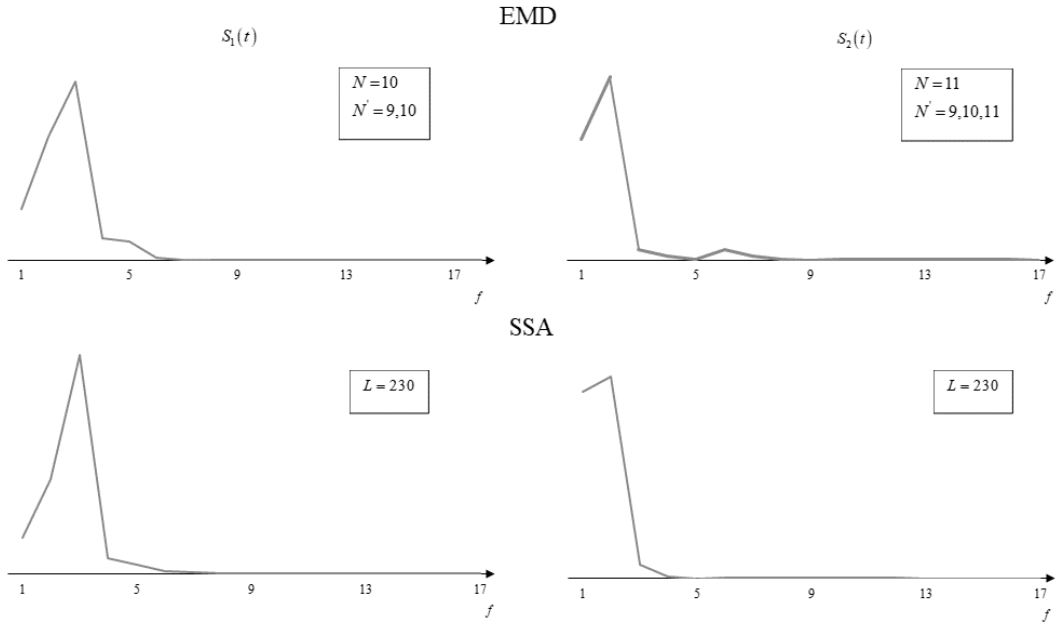


Рисунок 3. Спектры извлеченных НЧ-ритмов после применения методов EMD и SSA

Далее был проведен анализ возможностей использования аналитических методов EMD и SSA для использования в режиме реального времени регистрации ЭГ. Оказалось, что при разложении сигналов на эмпирические моды для разных выборок было получено разное количество мод. Это не позволяет априорно задать необходимое количество мод для точного вычисления требуемого НЧ-ритма.

На основе анализа полученных численных результатов можно сделать вывод о том, что для автономной работы в режиме реального времени наиболее подходящим методом извлечения из ЭГ НЧ-ритмов является SSA. При его реализации необходимо настроить заранее всего лишь один вариативный параметр – размерность вложения, что делает применение этого метода более робастным к качеству ЭГ. При использовании метода EMD частотный диапазон одного и того же сигнала во времени может меняться. Таким образом невозможно заранее настроить количество мод, необходимое для выделения низкочастотной части сигнала.

Литература:

1. Щербань И.В., Кириленко Н.Е., Красников С.О. Метод поиска неизвестных высокочастотных осцилляторов в составе зашумленных сигналов на основе непрерывного вейвлет-преобразования // Автоматика и телемеханика. 2019. № 7.

2. Azarbad M., Azami H., Sanei S., Ebrahimzadeh A., A Time-frequency approach for EEG signal segmentation. // Ultrasound in Obstetrics & Gynecology, 2014, № 1, pp. 63-71.

3. Golyandina N., Nekrutkin V., Zhigljavsky A. Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques. // London: Chapman & Hall / CRC, 2001, 305 p.

4. Hu H., Guo S., Liu R., Wang P., An adaptive singular spectrum analysis method for extracting brain rhythms of electroencephalography. // PeerJ, 2017, no. 6, e3474. doi:10.7717/peerj.3474.

5. Zeiler A., Faltermeier R., Keck I.R. et al. Empirical Mode Decomposition – an introduction. In: The 2010 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) // IEEE, 2010, pp. 1

И.Ш. Жаббаров, Т.Д. Фатхулин

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ВИРТУАЛИЗАЦИИ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩЕЙ НЕОБХОДИМЫЙ ФУНКЦИОНАЛ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗАДАННОГО УРОВНЯ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: технология, виртуализация, виртуальная машина, гипервизор, операционная система.

В статье рассмотрены основные виды виртуализации, их преимущества и недостатки, проведен сравнительный анализ наиболее популярных на рынке IT-индустрии систем виртуализации. Определены критерии выбора системы виртуализации. На основании проведенного анализа предложены решения оптимально подходящие для предприятия заданного уровня.

I.Sh. Zhabbarov, T.D. Fatkhulin

BASIS FOR THE SELECTION OF THE VIRTUALIZATION SYSTEM PROVIDING THE NECESSARY FUNCTIONAL FOR THE ENTERPRISE OF THE GIVEN LEVEL

Moscow Technical University of Telecommunications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: technology, virtualization, virtual machine, hypervisor, operating system.

The article describes the main types of virtualization, their advantages and disadvantages. A comparative analysis of the most popular virtualization systems on the IT industry market has been conducted. Criteria for choosing a virtualization system are defined. On the basis of this analysis solutions are proposed that are optimally suitable for a given level of enterprise.

Введение.

Развитие рынка технологий виртуализации за последние несколько лет происходило во многом благодаря увеличению производительности аппаратного обеспечения, что позволило создавать эффективные платформы виртуализации, как для настольных компьютеров, так и для серверных систем [5]. Виртуализация — предоставление набора вычислительных ресурсов или их логического объединения, абстрагированного от аппаратной реализации и обеспечивающего при этом логическую изоляцию друг от друга вычислительных процессов, выполняемых на одном физическом ресурсе. Технологии виртуализации позволяют запускать на одном физическом устройстве (хосте) несколько виртуальных экземпляров операционных систем (гостевых ОС) для обеспечения их независимости от аппаратной платформы и сосредоточения нескольких виртуальных машин на одной физической. Виртуализация предоставляет множество преимуществ, как для инфраструктуры предприятий, так и для конечных пользователей [1]. За счет виртуализации обеспечивается существенная экономия в обслуживании [7], повышается гибкость ИТ-инфраструктур, упрощается процедура резервного копирования и восстановления после сбоев [3, 4].

Цель работы – обосновать выбор системы виртуализации, обеспечивающей необходимые функции для предприятия заданного уровня. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать основные типы виртуализации, определить их достоинства и недостатки, сравнить наиболее популярные решения для каждого типа виртуализации. Методологическую основу статьи составляют методы теоретического анализа, сравнительный и описательный методы, а также метод обобщения.

Основные виды виртуализации.

Виртуальная машина (ВМ) — это окружение, которое представляется для гостевой операционной системы, как аппаратное. Однако на самом деле это программное окружение, которое эмулируется программным обеспечением хостовой системы. Виртуальные машины, являясь независимыми от конкретного оборудования единицами, могут распространяться в качестве предустановленных шаблонов.

На настоящий момент можно выделить следующие основные виды виртуализации: программная и полная (аппаратная) виртуализация, виртуализация уровня операционной системы (ОС) и виртуализация приложений.

Созданием виртуальных машин, их управлением, обеспечением изоляции операционных систем друг от друга, защитой и безопасностью, а также разделением ресурсов между запущенными ОС занимается гипервизор. В зависимости от типа используемой виртуализации, гипервизор может работать как напрямую с железом без хост-системы, так и через основную операционную систему, установленную на хост-машину. В первом случае используется аппаратная виртуализация (Рисунок 1), во втором — программная виртуализация (Рисунок 2).

Полная (аппаратная) виртуализация – виртуализация с поддержкой специальной процессорной архитектуры. С помощью данной технологии возможно использование изолированных гостевых систем, управляемых гипервизором напрямую. Осуществляется полная эмуляция компьютера со всеми аппаратными средствами. Гипервизор распределяет аппаратные средства между виртуальными машинами, в которые устанавливаются операционные системы. В результате получаем практически полноценные физические компьютеры. Виртуальные машины полностью изолированы друг от друга.

Аппаратная виртуализация должна поддерживаться процессором оборудования, на котором она осуществляется. Необходимо включить в BIOS эту функцию, для разных процессоров она имеет название либо Intel VT-x, либо AMD-V.

Аппаратная виртуализация имеет ряд важных достоинств в сравнении с программной виртуализацией.

Во-первых, упрощается разработка программных платформ виртуализации за счет предоставления аппаратных интерфейсов управления и поддержки виртуальных гостевых систем, что уменьшает трудоемкость и время на разработку систем виртуализации.

Во-вторых, появляется возможность увеличения быстродействия платформ виртуализации, т.к. управление виртуальными гостевыми системами осуществляет напрямую небольшой промежуточный слой программного обеспечения, гипервизор, что дает увеличение быстродействия.

В-третьих, улучшается защищённость, появляется возможность переключения между несколькими запущенными независимыми платформами виртуализации на аппаратном уровне. Каждая из ВМ может работать независимо в своем пространстве аппаратных ресурсов полностью изолированно от других ВМ. Это позволяет устранить потери быстродействия на поддержание хостовой платформы и увеличить защищенность.

В-четвертых, гостевая система не привязана к архитектуре хостовой платформы и к реализации платформы виртуализации. Технология аппаратной виртуализации делает возможным запуск 64-битных гостевых систем на 32-битных хостовых системах.

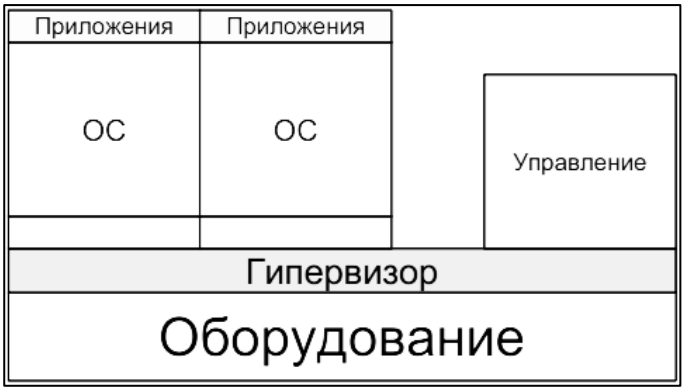


Рисунок 1. Полная (аппаратная) виртуализация

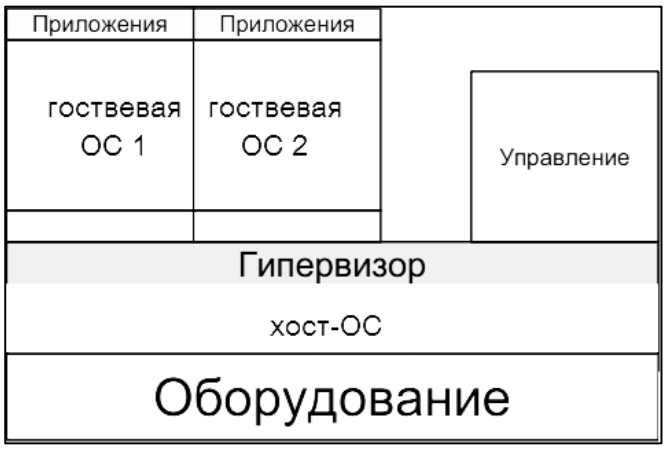


Рисунок 2. Программная виртуализация

Виртуализация на уровне операционной системы (Рисунок 3) позволяет запускать изолированные и безопасные ВМ на одном физическом узле, но не позволяет запускать операционные системы с ядрами, отличными от типа ядра базовой операционной системы.

При виртуализации на уровне ОС не существует отдельного слоя гипервизора. Вместо этого сама хостовая операционная система отвечает за разделение аппаратных ресурсов между несколькими виртуальными машинами и поддержку их независимости друг от друга. Такой тип виртуализации применяют OpenVZ, LXC и др. Не используется эмуляция аппаратных средств.

Создается что-то вроде копии большинства процессов исходной операционной системы. Такие процессы изолируются в отдельный контейнер. Иногда рассматриваемый тип виртуализации называют контейнерным. При этом в контейнере получают почти полноценную операционную систему, куда могут быть установлены приложения.

Такой подход дает выигрыш в производительности по сравнению с полной виртуализацией, т.к. нет необходимости эмулировать аппаратные средства.

Рисунок 3. Виртуализация уровня ОС

Виртуализация приложений (Рисунок 4) — процесс использования приложения, преобразованного из требующего установки в операционную систему в приложение, которое требуется только запустить. Когда нужна только отдельная база данных или web-сервер, то нет необходимости виртуализировать целую операционную систему. Имеется возможность создавать копию не всех процессов исходной операционной системы, а только отдельного приложения и изолировать его в контейнер, что очень удобно при разработке и тестировании. Используется более высокий уровень абстракции, позволяющий еще больше экономить системные ресурсы. Виртуализацию приложений обеспечивают программы Citrix XenApp, SoftGrid и VMware ThinApp. Настоящий тип виртуализации использует, например, Docker. Стоит отметить, что Docker может виртуализировать целую операционную систему, как это делает OpenVZ или LXC.

Преимущества такого типа виртуализации:

- изолированность исполнения приложений: отсутствие несовместимостей и конфликтов;
- каждый раз запуск приложения в исходном виде: не загромождается реестр, нет конфигурационных файлов;
- меньшие затраты ресурсов по сравнению с эмуляцией всей операционной системы.

Рисунок 4. Виртуализация приложений

Также кроме рассмотренных выше основных видов виртуализации необходимо упомянуть виртуализацию сети, виртуализацию сетевых функций NFV [8, 9] и виртуализацию систем хранения данных. Особую актуальность технологии виртуализации имеют при построении программно-конфигурируемых сетей SDN [2, 10]. Использование технологий SDN и NFV позволяет предприятию унифицировать коммуникационное оборудование, упростить его обслуживание и значительно

сократить время на внедрение новых сервисов и услуг, что значительно повышает эффективность работы [6].

Сравнение основных используемых гипервизоров.

Как было указано выше, гипервизор осуществляет создание, включение, выключение, изоляцию и управление всеми виртуальными машинами. Таким образом, выбор системы виртуализации является важной задачей при построении инфраструктуры как малых, так и крупных предприятий. Программная виртуализация наиболее часто используется для нужд учебных заведений и малых предприятий. Основными гипервизорами такого типа являются Oracle VM VirtualBox, VMware Workstation. Для построения серьезных решений по виртуализации следует использовать аппаратную виртуализацию. На данный момент наибольшее применение среди аппаратных гипервизоров имеют Hyper-V и ESXi. Кроме указанных решений для уровня крупных предприятий, необходимо рассмотреть набирающий популярность свободно распространяемый гипервизор KVM (Kernel-based Virtual Machine). Он особенно популярен при организации OpenStack сервисов (более 90% [6]), всех wiki-ресурсов, также около четверти операторов связи и более 10% финансовых организаций считают его достойной альтернативой Hyper-V и VMware ESXi.

Гипервизоры Hyper-V и VMware ESXi являются проприетарными решениями. Они хорошо зарекомендовали себя в телекоммуникационной отрасли.

Есть несколько вариантов гипервизора Hyper-V: Hyper-V Server 2016, Windows Server 2016 (Standard) Windows Server 2016 (Standart) и Windows Server 2016 (Data-center). Первый из этих вариантов является аппаратным гипервизором. Для него отсутствует графический интерфейс, управление осуществляется через консоль. Необходимо лицензировать все ВМ, которые работают под управлением Windows, однако для организации Linux-серверов такое решение можно считать бесплатным.

VMware ESXi отдельно не поставляется. Требуется купить VMware vSphere 6. Причем лицензия покупается для каждого физического процессора. VMware ESXi использует те же команды и названия каталогов, что Linux, однако используется проприетарное ядро VMkernel. Существует бесплатная версия VMware ESXi Free или VMware Free vSphere Hypervisor с рядом значительных ограничений: ВМ не может иметь более 8 виртуальных процессоров, не поддерживается высокая доступность. Таким образом, невозможно получить коммерческое решение. В таблице 1 представлены сравнительные характеристики Hyper-V Server 2016 и различных версий VMware ESXi. Технические данные взяты с официальных сайтов разработчиков.

Критерий масштабируемости (расширения инфраструктуры) очень важен при построении решения уровня предприятия. Рассмотренные выше гипервизоры, кроме бесплатной версии, почти не отличаются по этому показателю. Еще одним важным критерием оценки является функционал. У гипервизора Hyper-V Server 2016 отсутствует функция подключения аппаратных USB-ключей к ВМ и добавления в горячем режиме виртуальных процессоров. Однако он, как и VMware ESXi (Enterprise Plus), позволяет шифровать ВМ.

Гипервизор KVM является программным решением, которое обеспечивает виртуализацию в среде Linux на платформе x86, поддерживающей аппаратную виртуализацию на базе Intel VT-x либо AMD-V. ВМ представляются и выполняются как обычные Linux-процессы, что позволяет получить преимущества в безопасности и управлении памятью. Возможна динамическая миграция и сохранение копии

текущего состояния ВМ. От Linux унаследована производительность и масштабируемость, обеспечивающая виртуализацию требовательных рабочих нагрузок. Поддерживаются ВМ с 16 виртуальными процессорами и 256 ГБ ОЗУ и хост-системы с 256 ядрами и 1 ТБ ОЗУ.

Таблица 1. Сравнительные характеристики Hyper-V Server 2016 и различных версий VMware ESXi

Система	Ресурс	MS Hyper-V	VMware ESXi		
			Free	Essential Plus	Enterprise Plus
Хост	Логические процессоры	512	576		
	Физическая память, ТБ	24	4	4	12
	vCPU на 1 хост	2048	4096		
	ВМ на 1 хост	1024	1024		
ВМ	Виртуальные CPU на 1 ВМ	240	8	128	128
	Макс. ОЗУ для ВМ	12 ТБ	6128 ГБ		
	Макс. дисковое пространство	64 ТБ для формата VDHX, 2040 ГБ для VHD	62 ТБ		
	Количество дисков	256	60		
	Виртуальные CPU на 1 ВМ	240	8	128	128
Кластер	Макс. узлов	64	-	64	64
	Макс ВМ	8000	-	8000	8000

Гипервизор KVM является простым в использовании, нетребовательным к ресурсам и довольно функциональным. Он позволяет за минимальные сроки организовать площадку виртуализации. Гостевые ОС взаимодействую с гипервизором, интегрированным в ядро Linux, что позволяет им обращаться напрямую к оборудованию. Таким образом, достигается высокое быстродействие.

Стоит отметить, что KVM не всегда обеспечивает необходимую стабильность при выполнении задач с интенсивным вводом/выводом. Однако проект совершенствуется и позволяет предприятиям средних размеров эффективно выполнять работу. Для бюджетных решений KVM является оптимальным.

Заключение.

Таким образом, проанализировав основные виды виртуализации и сравнив наиболее используемые гипервизоры, важно отметить, что выбор системы виртуализации производится главным образом согласно имеющейся инфраструктуре предприятия. Критериями выбора могут быть масштабируемость, функционал гипервизора и стоимость решения.

В качестве образовательных целей и решений для малых предприятий следует использовать программную виртуализацию и гипервизоры Oracle VM VirtualBox, VMware Workstation. Если необходимо предоставлять пользователю только набор сервисов, а не полноценную ОС, то предлагается использовать виртуализацию приложений.

Для крупных операторов связи, финансовых компаний и организации облачной инфраструктуры необходимо использовать аппаратную виртуализацию, позволяющую эффективно использовать ресурсы. Стоимость решения в таком случае определяет как функционал, так и масштабируемость системы в целом.

Для бюджетного варианта рекомендуется использовать программное решение KVM. Коммерческие решения Hyper-V Server 2016 и VMware ESXi предоставляют для пользователей самый широкий спектр возможностей. Выбор между ними зависит только от конкретной инфраструктуры предприятия и перспектив ее изменения.

Литература:

1. *Городничев М.Г., Зыков А.С.* Внедрение автоматизированных систем управления процессами и ресурсами предприятия. // «Технологии информационного общества» / Сборник трудов XII Международной отраслевой научно-технической конференции, 14-15 марта 2018 г. Москва. М., МТУСИ, 2018, С. 100-105.

2. *Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д.* Анализ современного состояния транспортных сетей с целью внедрения технологии программно-конфигурируемых сетей (SDN) // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №6. С. 4-9.

3. *Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д.* Анализ технических характеристик транспондеров, используемых в транспортных программно-конфигурируемых сетях (T-SDN). // «Телекоммуникационные и вычислительные системы -2017» / Труды международной научно-технической конференции, 22 ноября 2017 г. Москва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – С. 46-47.

4. *Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д.* Анализ транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN) с управляемым оптическим уровнем с целью получения модели, позволяющей оценить возможность предоставления сервиса Bandwidth on Demand // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Т.12. №4. С.35-42.

5. *Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д.* Анализ процесса создания суперканала с необходимой пропускной способностью в сети, построенной по технологии транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN) // T-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №10. С. 23-30.

6. *Ефимушкин В.А., Ледовских Т.В., Корабельников Д.М., Языков Д.Н.* Обзор решений SDN/NFV зарубежных производителей // T-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2015. – Т. 9. – № 8. – С. 5-13.

7. *Константинов Н.Э., Городничев М.Г., Гематудинов Р.А.* Блокчейн как платформа для разработки IoT // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №9. С. 63-68.

8. *Фатхулин Т.Д., Денисова М.А., Колосова Е.Р.* Анализ технологии виртуализации сетевых функций (NFV) и проблем ее развития. // «Телекоммуникационные и вычислительные системы -2018» / Труды международной научно-технической конференции, 21 ноября 2018 г. Москва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – С. 130-131.

9. *Фатхулин Т.Д.* Разработка алгоритма предоставления гарантированной скорости передачи для пользователя в сетях, построенных по технологии

транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN). // «Телекоммуникационные и вычислительные системы -2018» / Труды международной научно-технической конференции, 21 ноября 2018 г. Москва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – С. 126-129.

10. *Deart V., Fatkhulin T.* Analysis of the Functioning of a Multi-Domain Transport Software-Defined Network with Controlled Optical Layer. Proceeding of the 21-st Conference of FRUCT Association, Finland, 6-10 November 2017, pp. 79-87.

И.В. Калиенко, И.Г. Попова

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ СВЕТОДИОДОВ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ В ВИДЕ НЕПРЕРЫВНОЙ ГЛАДКОЙ ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СПЛАЙН-АППРОКСИМАЦИИ

Донской государственный технический университет, ДГТУ, г.Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии в образовании, диаграмма направленности светодиодов, экспериментальные исследования, сплайн-аппроксимация

В статье рассмотрен вопрос построения диаграммы направленности излучающих светодиодов по полученным в результате экспериментальных измерений данным. Показано, что предложенный метод имеет преимущество перед традиционным методом наименьших квадратов. Приведен числовой пример.

I.V. Kalienko, I.G. Popova

A DIAGRAM OF THE ORIENTATION OF THE LEDS ACCORDING TO EXPERIMENTAL DATA IN THE FORM OF A CONTINUOUS SMOOTH FUNCTION ON THE BASIS OF SPLINE-APPROXIMATION

Don state technical University DSTU, Rostov-on-don, Russia

Keywords: information technologies in education, the radiation pattern of LEDs, experimental studies, spline approximation.

The article deals with the construction of the radiation pattern of emitting diodes on the results of experimental measurements. It is shown that the proposed method has an advantage over the traditional least squares method. A numerical example is given.

Постановка задачи.

При передаче сообщений по каналам связи и при проектировании связной аппаратуры важное место уделяется вниманию индикации режимов работы и прохождения сигналов по сети связи.

Общепринято считать, что все органы управления и индикации достаточно доступны оператору для управления и наблюдения.

Однако, при большом количестве индикаторных светодиодов некоторые из них неизбежно располагаются на удалении от оператора и, следовательно, следовательно, неизбежно будут располагаться под некоторым углом наблюдения для оператора.

Очевидно, при проектировании аппаратуры необходимо рассматривать и учитывать вопросы зависимости угла излучения индикаторных светодиодов от направления на операторов связи. В то же время в результате разброса параметров и других факторов справочные данные, приводимые в литературе, нередко отличаются от реальных.

Справочные характеристики, в том числе и диаграмма направленности, строятся по отдельно взятым экспериментально полученным точкам.

Цель работы – предложить методику расчета диаграммы направленности светодиодов в виде непрерывной гладкой функции на основе метода сплайн-аппроксимации.

Разработка методики построения диаграмм направленности светодиодов по экспериментальным данным.

Важной характеристикой светодиода является диаграмма направленности, которая описывает распределение излучения в зависимости от угла излучения. С помощью диаграммы направленности и угла излучения можно определить зрительно воспринимаемый световой поток при взгляде под некоторым углом излучателя. Паспортная диаграмма направленности позволяет определить значение силы света I_v или яркости I_n при любом конкретном угле зрения. Излучение светодиода может быть направленным или рассеянным, это определяется конструкцией диода, в частности наличием линзы, и другими факторами.

Методические указания по исследованию построения диаграмм направленности светодиодов по экспериментальным данным методом сплайн-аппроксимации.

Разброс параметров полупроводниковых приборов приводит к необходимости для анализа работы схемы использовать характеристики конкретного экземпляра, в то время как в справочниках приводятся обобщенные средние характеристики [1]. Построить характеристики можно по экспериментально снятым точкам, что требует проведения последующей аппроксимации. Выбор вида функции для аналитического описания нелинейной характеристики осуществляют из физических соображений. Наиболее часто при анализе полупроводниковых приборов применяют экспоненциальную и степенную аппроксимации. Однако далеко не всегда при помощи одной аналитической функции с достаточной точностью удается описать заданную характеристику [2]. В этих случаях целесообразно использовать кусочно-аналитическое представление.

Среди кусочно-аналитических методов сплайны обладают лучшими аппроксимационными свойствами: позволяют повысить точность при равных вычислительных затратах, приводят к значительному сокращению вычислительных затрат при равной точности. Немаловажно, что сплайны позволяют построить гладкую непрерывную аппроксимационную функцию. То есть непрерывным является не только сам сплайн, но и несколько его производных.

Нередко физический процесс имеет различный характер на различных участках его характеристики. Поэтому вызывает большие трудности описание физического процесса на всем диапазоне изменения в виде одной аналитической зависимости.

Сплайны представляют собой кусочно-аналитическую функцию. На каждом отдельном интервале

$$x_i \le x \le x_{i+1}$$

сплайн представляется в виде полинома.

Рассмотрим представление сплайна в виде полинома второй степени на интервале $x_i \le x \le x_{i+1}$

$$Si = a_i\ (x-x_i)^2 + b_i (x-x_i) + c_i .$$

Поскольку сплайн является непрерывной функцией, то в точках стыковки двух интервалов сплайн остается непрерывным.

В точке $x=x_{i+1}$

имеем

$$Si(x_{i+1}) = Si+1(x_{i+1})$$

То есть

$$a_i\ (x_{i+1}-x_i)^2 + b_i (x_{i+1}-x_i) + c_i = a_{i+1}\ (x_{i+1}-x_{i+1})^2 + b_{i+1} (x_{i+1}-x_{i+1}) + c_{i+1} .$$

Обозначим

$$h = x_{i+1}-x_i \text{ –шаг сплайна.}$$

Тогда в точке $x=x_{i+1}$ имеем

$$a_i\ h^2 + b_i h + c_i = c_{i+1} ,$$

что означает непрерывность сплайна в точке $x=x_{i+1}$.

Поскольку сплайн является непрерывной гладкой функцией, то в точках стыковки двух интервалов первая производная сплайна остается непрерывной.

В точке $x=x_{i+1}$

имеем

$$d/dx\ (Si(x_{i+1})) = d/dx\ (Si+1(x_{i+1}))$$

То есть

$$2a_i\ (x_{i+1}-x_i) + b_i = 2a_{i+1}\ (x_{i+1}-x_{i+1}) + b_{i+1} .$$

$$2a_i\ h + b_i = b_{i+1} .$$

Сплайн дефекта 1 имеет разрыв одной старшей производной. Для сплайна второй степени это вторая производная

В точке $x=x_{i+1}$

имеем

$$d^2/dx^2\ (Si(x_{i+1})) \ne d^2/dx^2\ (Si+1(x_{i+1})).$$

В общем случае шаг сплайна может быть произвольным. Однако в большинстве практических приложений удобно для проведения расчетов брать равномерный шаг.

Таким образом, для построения сплайн аппроксимации диаграммы направленности светодиода параболическим сплайном второй степени по экспериментальным данным предлагается следующий алгоритм.

1. Необходимо рассчитать коэффициенты полинома для каждого интервала

$$Si = a_i\ (x-x_i)^2 + b_i (x-x_i) + c_i .$$

2. По экспериментальным данным Ln(i+1) для каждой точки выполняется соотношение

в точке $x=x_{i+1}$ имеем $a_i\ h^2 + b_i\ h + c_i = c_{i+1} = Ln(i+1)/$

3. Необходимо выполнить условие гладкости сплайна в узлах стыковки интервалов, то есть условие непрерывности первой производной

В точке $x=x_{i+1}$

$$2a_i\ h + b_i = b_{i+1}\ .$$

При необходимости легко можно распространить предложенный алгоритм на сплайны третьей степени, если того требуют условия эксперимента и характер протекания физического процесса. Сплайны третьей степени повышают точность построения аппроксимационной характеристики и при этом повышается объем расчетов. Применение сплайнов более высокой степени с целью повышения расчетов является нецелесообразным ввиду возможного появления нежелательных осцилляций аппроксимационной характеристики.

Построение диаграммы направленности светодиодов по экспериментальным данным методом сплайн-аппроксимации.

На основании методики построения диаграммы направленности светодиодов, проведем пример построения характеристики по экспериментальным справочным данным светодиода АЛ112.

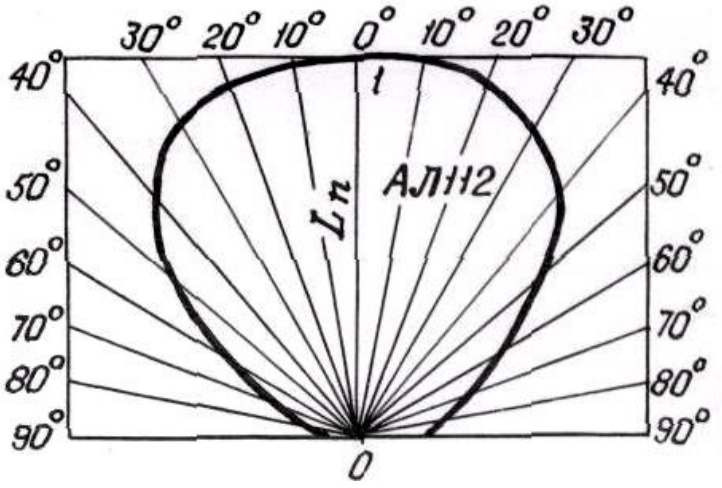


Рисунок 1. Нормированная диаграмма направленности светодиода

Представим справочную экспериментальную нормированную диаграмму направленности светодиода АЛ112 в табличной форме.

Таблица 1. Справочная экспериментальная нормированная диаграмма направленности светодиода АЛ112

Угол излучения, град	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Яркость L_n	1	0,99	0,96	0,90	0,82	0,65	0,51	0,31	0,23	0,17

Поскольку диаграмма направленности симметрична относительно нулевого направления, то расчету подлежит диапазон от 0 до 90 градусов.

Согласно справочным данным диапазон из 10 измерений разбит на 9 интервалов: [0,10], [10,20], [20,30], [30,40], [40,50], [50,60], [60,70], [70,80], [80,90].

Так как измерительные данные нормированные, то характеристика

$$\text{Яркость } L_n / L_{n\,max}$$

является безразмерной.

Для унификации математических расчетов введем обозначения:

$$\text{Нормированная яркость } L_n / L_{n\,max} = S,$$

угол излучения обозначим x.

Для задания алгоритма расчета определим коэффициенты сплайна на первом (начальном) шаге [0,10].

В точке $x=x_0$

$$S_0 = c_0 = 1.$$

Поскольку в начальной точке согласно физическим условиям задачи имеем максимум, то производная в точке $x=x_0$ должна быть равна нулю

$$d/dx\,(S_0\,(x_0)) = b_0 = 0.$$

Коэффициент a_0 рассчитываем из условия в конце интервала x=10

$$S_0\,(x_1) = S_1\,(x_1) = a_0\,h^2 + b_0\,h + c_0 = c_1\,.$$

$$a_0 = (S_1\,(x_1) - b_0\,h - c_0)\,/h^2$$

После расчета коэффициентов a_0 , b_0 , c_0 на начальном шаге, коэффициенты a_i , b_i , c_i для остальных шагов рассчитываем:

Из условия непрерывности сплайна

$$c_i = Si;$$

Из условия непрерывности первой производной

$$b_i = 2a_{i-1}\,h + b_{i-1}\,;$$

Из условия непрерывности сплайна

$$a_i = (S_i\,(x_{i+1}) - b_i\,h - c_i)\,/h^2\,.$$

Результаты расчетов в программе Matcad по предложенной методике согласно таблице 1 , рисунку 1 приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Расчет коэффициентов сплайна аппроксимационной характеристики диаграммы направленности светодиода

Шаг	a	b	c
[0,10]	$a0 = -1 \times 10^{-4}$	$b0 = 0$	$c0 = 1$
[10,20]	$a1 = -1 \times 10^{-4}$	$b1 = -2 \times 10^{-3}$	$c1 = 0.99$
[20,30]	$a2 = -5.78 \times 10^{-4}$	$b2 = -2.2 \times 10^{-4}$	$c2 = 0.96$
[30,40]	$a3 = -7.862 \times 10^{-4}$	$b3 = -1.376 \times 10^{-4}$	$c3 = 0.9$
[40,50]	$a4 = -1.683 \times 10^{-3}$	$b4 = -1.71 \times 10^{-4}$	$c4 = 0.82$
[50,60]	$a5 = -1.365 \times 10^{-3}$	$b5 = -3.537 \times 10^{-4}$	$c5 = 0.65$
[60,70]	$a6 = -1.969 \times 10^{-3}$	$a7 = -7.575 \times 10^{-4}$	$a8 = -5.806 \times 10^{-4}$
[70,80]	$b6 = -3.083 \times 10^{-4}$	$b7 = -4.247 \times 10^{-4}$	$c7 = 0.31$
[80,90]	$c6 = 0.51$	$b8 = -1.94 \times 10^{-4}$	$c8 = 0.23$

С представленных в таблице 2 коэффициентов получили аналитическое выражение для диаграммы направленности светодиода и можем рассчитать значение нормированной яркости для любого угла излучения.

Для примера в Таблице 3 приведены значения нормированной яркости для середины каждого рассчитанного интервала

Таблица 3. Справочная экспериментальная и рассчитанная нормированные диаграммы направленности светодиода АЛ112

Угол излучения, град	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Яркость L_n справочное	1		0,99		0,96		0,90		0,82
Яркость L_n рассчитанное	1	0,998	0,99	0,978	0,96	0,994	0,90	0,88	0,82

Угол излучения, град	45	50	55	60	65	70	75
Яркость L_n справочное		0,65		0,51		0,31	
Яркость L_n рассчитанное	0,777	0,65	0,614	0,51	0,459	0,31	0,289

угол излучения, град	70	75	80	85	90
Яркость L_n справочное	0,31		0,23		0,17
Яркость L_n рассчитанное	0,31	0,289	0,23	0,215	0,17

Представленный численный пример показывает эффективность разработанного алгоритма.

Сравнение построенной диаграммы направленности светодиодов по экспериментальным данным методом сплайн-аппроксимации с методом наименьших квадратов.

Как уже отмечалось, из физических особенностей реальных процессов зачастую вызывает существенные затруднения попытка представить аппроксимационную кривую в виде одной функции во всем диапазоне работы.

Проведем сравнение разработанного алгоритма с широко известным методом наименьших квадратов.

По известным формулам согласно экспериментальным данным из таблицы 2.1 были рассчитаны коэффициенты полиномов для метода наименьших квадратов второй и третьей степени.

Метод наименьших квадратов второй степени.

$$\begin{pmatrix} a2 \\ b2 \\ c2 \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} sx4 & sx3 & sx2 \\ sx3 & sx2 & sx1 \\ sx2 & sx1 & n \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} syx2 \\ syx1 \\ sy \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a2 \\ b2 \\ c2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -7.273\times 10^{-5} \\ -3.988\times 10^{-3} \\ 1.041 \end{pmatrix}$$

Метод наименьших квадратов третьей степени.

$$\begin{pmatrix} a3 \\ b3 \\ c3 \\ d3 \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} sx6 & sx5 & sx4 & sx3 \\ sx5 & sx4 & sx3 & sx2 \\ sx4 & sx3 & sx2 & sx1 \\ sx3 & sx2 & sx1 & n \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} syx3 \\ syx2 \\ syx1 \\ sy \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a3 \\ b3 \\ c3 \\ d3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.459\times 10^{-6} \\ -4.047\times 10^{-4} \\ 7.349\times 10^{-3} \\ 0.979 \end{pmatrix}$$

В Таблице 4 приведены сравнительные результаты экспериментальных данных и расчетов, полученных разработанным и известными методами

Таблица 4. Сравнительные результаты экспериментальных данных и расчетов диаграммы направленности светодиода АЛ112, полученных разработанным и известными методами

Угол излучения, град	Яркость L_n справочное	Диаграмма направленности светодиода АЛ112, рассчитанная		
		Сплайн-аппроксимация 2 степени	Метод наименьших квадратов 2 степени	Метод наименьших квадратов 3 степени
0	1	1	1,041	0,979
10	0,99	0,99	0,994	1,014
20	0,96	0,96	0,932	0,984
30	0,90	0,90	0,856	0,901
40	0,82	0,82	0,765	0,783
50	0,65	0,65	0,660	0,642
60	0,51	0,51	0,540	0,494
70	0,31	0,31	0,405	0,354
80	0,23	0,23	0,256	0,236
90	0,17	0,17	0,093	0,155

Таким образом, видно, что предложенный алгоритм сплайн аппроксимации диаграммы направленности светодиодов на основе кусочно-полиномиального представления более эффективен, чем известные методы наименьших квадратов.

Литература:

1.Завьялов Ю. С., Квасов Б. И., Мирошниченко В. Л.. Методы сплайн-функций. – М.: Наука, 1980.

4. Завьялов Ю. С., Леус В. А., Скороспелов В. А.. Сплайны в инженерной геометрии. –М.: Машиностроение, 1985.

5. Стечкин С. Б., Субботин Ю. Н.. Сплайны в вычислительной математике. – М.: Наука, 1976.

6. Альберг Дж., Нильсен Э., Уолш Дж.. Теория сплайнов и ее применения. Пер. с англ. под ред. Стечкина С. Б.. –М.: Мир, 1972.

7. Полупроводниковые приборы. Диоды высокочастотные, импульсные, оптоэлектронные приборы: Справочник. – 2-е изд., стереотип. / А.Б.Гитцевич, А.А.Зайцев, В.В.Мокряков и др.. Под ред. А.В.Голомедова. – М.: КУбК-а, 1997. – 592 с.

8. Полупроводниковые приборы. Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник. / А.В.Баюков, А.Б.Гитцевич, А.А.Зайцев, В.В.Мокряков, А.М.Петухов, А.К.Хрулев. Под ред. А.В.Голомедова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 743 с.

И.В. Решетникова, Д.А. Иевлева

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ В КОНТАКТ-ЦЕНТРАХ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский технический университет связи и
информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: уровень обслуживания, контакт-центр, требования к service level, компоненты.

В статье рассматриваются способы расчёта уровня обслуживания в контакт-центре, представлен отраслевой стандарт для service level. Определены максимально эффективные рекомендации для достижения наилучшего обслуживания.

I.V. Reshetnikova, D.A. Ievleva

SERVICE LEVEL INDICATOR IN CONTACT CENTERS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and
Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: service level, contact center, components.

The article discusses how to calculate the contact center, presents the industry standard for the service level. The most effective recommendations for achieving the best service are identified.

Контакт-центры — многоканальный инструмент, который решает задачи в комплексе. Это облегчает связь с клиентами, снижает нагрузку на телефонную сеть и позволяет работать беспрерывно. Как правило, внутри контакт-центра разные специалисты отвечают за разные каналы общения. Это значит, что каждый канал обслуживают хорошо подготовленные сотрудники, которые контролируют все этапы. Здесь обрабатывают входящие запросы, которые поступают по разным каналам, отвечают на них или выходят на связь с клиентом для решения. Таким образом контакт-центр является «сердцем», из которого исходят все коммуникации с клиентом.

Уровень обслуживания— одна из самых распространенных характеристик работы контакт-центра, а также лучший индикатор того, насколько деятельность контакт-центра по обработке вызовов соответствует целевым показателям.

Уровень обслуживания — это процент вызовов, которые операторы успели принять за интервал времени, заданный менеджером контакт-центрах [1].

Иными словами, у этого показателя есть два компонента:

- процентный (он рассчитывается по формулам, которые будут показаны ниже)
- временной (его задает руководство контакт-центра).

В отрасли принято обозначать показатель уровня обслуживания в контакт-центрах как соотношение двух этих составляющих. Например, если в 80% случаев операторы отвечают на вызов в течение 20 секунд, то считается что показатель уровня обслуживания в контакт-центрах равен 80/20.

Методы расчета процентного компонента для уровня обслуживания в call-центре.

Процент принятых вызовов в течение заданного временного порога:

$$Y = \frac{k}{N} \cdot 100\% \quad (1)$$

где:

k — количество звонков, принятых в течение заданного целевого интервала времени .

N — общее количество входящих вызовов.

Тогда возникает вопрос: что делать с необработанными вызовами, т.е. звонками, прерванными после того, как истек заданный временной порог?

Звонки, прерванные на этапе IVR, в расчет не идут. Они помогут оценить эффективность интерактивного голосового меню, но не работу контакт-центра в целом. Отсчет времени уровня обслуживания в контакт-центрах начинается после прохождения клиентом IVR. Поэтому звонки, на которые вы могли ответить, но не ответили, даже если клиент сам прервал вызов, не дождавшись ответа оператора, учитывать необходимо.

Отраслевые эксперты справедливо считают, что в расчете уровня обслуживания в контакт-центрах не надо учитывать короткие необработанные вызовы: абонент, который в первые мгновения вызова вешает трубку, скорее всего ошибся номером (либо считает, что ошибся). Стандартное для отрасли пороговое значение этого параметра — 5 секунд. Для большинства современных систем ACD этот параметр можно настроить и не учитывать в расчетах.

Таким образом, скорректированная формула для расчета процентного компонента без учета коротких необработанных вызовов выглядит так:

$$Y = \left(\frac{k}{N - n}\right) \cdot 100\% \quad (2)$$

где:

k — количество звонков, принятых в течение заданного целевого интервала времени.

N — количество всех входящих вызовов.

n — количество необработанных вызовов продолжительностью до 5 секунд.

Уровень обслуживания в контакт-центрах помогает руководителю контакт-центра понять, насколько хорошо операторам удается балансировать между стоимостью обслуживания звонков и терпением клиентов.

Несмотря на то, что значение уровня обслуживания в контакт-центрах довольно просто подсчитать для любого контакт-центра, далеко не все четко понимают, что именно он означает. Основная сложность именно в том, что показатель уровня обслуживания описывается процентной и временной составляющими. Если контакт-центр заявляет об уровне обслуживания 80/20, то это означает, что он планирует, что на 80% входящих вызовов операторы ответят клиентам в течение 20 секунд. Соответственно, ответ (не весь разговор, а именно момент, в который оператор принял вызов) на 20% оставшихся вызовов может состояться через гораздо больший промежуток времени, например, через 60, 90, 120 и даже 360 секунд. Это время зависит от характера вызовов в контакт-центре, сферы деятельности и среднего времени обработки звонков [2]..

Универсального значения для уровня обслуживания в контакт-центрах, которое подошло бы всем, не существует. С точки зрения клиента идеальное

значение — 100/0, то есть мгновенный ответ на любой звонок. Такой показатель не подходит подавляющему большинству контакт-центров, так как подразумевает чрезмерные затраты на обработку вызовов. С другой стороны, долгое ожидание абонентов в часы пик вызовет раздражение и даже отток клиентов, и, как следствие, снижение прибыли.

Значения уровня обслуживания в контакт-центрах, которые руководитель контакт-центра решил установить для операторов, будут напрямую зависеть от направления деятельности, конкурентной среды и абонентов, с которыми работает контакт-центр. Значения уровня обслуживания в контакт-центрах должны полностью отвечать финансовым целям компании и ожиданиям клиентов.

Статистика показывает, что сегодня большинство контакт-центров по всему миру стараются соответствовать определенному усредненному значению уровня, установившемуся много лет назад. Этот значение — ответ на 80% звонков в течение 20 секунд. Между тем, лидеры отрасли на высоко конкурентных рынках все чаще поднимают эту планку до уровня 90% вызовов за 10-20 секунд. Существует на рынке и менее амбициозные компании, чья задекларированная цель меньше — ответить на 70% вызовов за 30 секунд.

Уровень обслуживания в контакт-центрах для различных каналов. В современном мире, где многоканальность и омниканальность стали нормой для любого контакт-центра, очень важно определить уровень обслуживания в контакт-центрах не только для телефонных звонков, но и для других каналов коммуникации: чаты, СМС, электронная почта и т. д. Каждый из этих каналов требует собственного целевого значения уровня обслуживания.

Какими бы ни были целевые показатели, необходимо установить протоколы и параметры отчетности для всех каналов. Большинство телефонных систем позволяют настроить протоколы и получать отчеты о том, на какой процент звонков операторы ответили в течение заданного временного промежутка. Точно также важно получать и обрабатывать информацию из всех систем, поддерживающих работу используемых вами коммуникационных каналов, будь то электронная почта или чат.

Значение уровня обслуживания. После того, как требования к уровню обслуживания в контакт-центрах для всех каналов коммуникации заданы, нужно определить, как получить отчеты об их выполнении и с какой периодичностью. Необходимо учесть, что в любой день может случиться непредвиденный наплыв звонков, и уровень обслуживания в контакт-центрах снизится.

Чтобы гарантированно достигать целевого уровня, лучше отслеживать изменения его значения не только посуточно, но и постоянно в течение дня. Некоторые контакт-центры практикуют вывод его текущих значений на информационную панель оператора.

Если нет возможности отслеживать значение уровня обслуживания в режиме реального времени, крайне желательно рассчитывать его для каждого рабочего временного отрезка в течение суток. В большинстве случаев эти временные отрезки составляют 30 минут (также распространены значения 15 или 60 минут). Так менеджер контакт-центра сможет контролировать, хватает ли ему операторов для обслуживания обращений клиентов в течение дня, чтобы достигать целевого уровня.

В заключении отметим, что поддержанию нужного уровня обслуживания поможет несколько факторов: необработанные вызовы продолжительностью более 5 секунд обязательно должны учитываться при подсчете показателя уровня обслуживания, для повышения эффективности работы контакт-центра рекомендуется отслеживать изменения

текущего значения уровня обслуживания постоянно в течение дня, а также значения уровня обслуживания в контакт-центрах должны полностью отвечать финансовым целям компании и ожиданиям клиентов.

Литература:

1. Самолюбова, А. Б. Call Center на 100%: Практическое руководство по организации Центра обслуживания вызовов [Электронный ресурс] / А. Б. Самолюбова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Альпина Паблишер, 2019. — 350 с.

2. Виртуоз телефонного общения: продажи и обслуживание / Рыбкин И.В., Ханевская Л.И. - М.:ИОИ, 2016. - 193 с.:

3. Решетникова И.В., Бойко В.Ю. Аутсорсинг контакт-центров./ Решетникова И.В., Бойко В.Ю.– Труды Северо- Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2012г.№1. С. 140-143.

И.Н. Герасимов, Н.И. Герасимов, О.В. Левада

СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ МНОГОЗНАЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАМЯТИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

Ключевые слова: многозначный логический элемент памяти, голографическая интерферометрия.

Рассматривается способ построения многозначных логических элементов памяти для аппаратуры перспективных телекоммуникационных систем на основе последних достижений в области голографической интерферометрии. Исследуется процесс подбора оптимальных углов реконструкции оптического поля, экспонированного на толстослойной голограмме.

I.N. Gerasimov, N.I. Gerasimov O.V. Levada

THE METHOD OF CONSTRUCTING A MULTIVALUED OPTICAL LOGIC ELEMENTS MEMORY

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Key words: multivalued logical memory element, holographic interferometry.

The method of constructing multivalued logical memory elements for the equipment of advanced telecommunication systems based on the latest achievements in the field of holographic interferometry is considered. Examines the process of selecting the optimal angles of the reconstruction of the optical field, exposed to high build hologram-me.

1. Введение

В последние годы у специалистов в области систем управления и телекоммуникации наметился устойчивый интерес к многозначным (k-значным) логическим элементам и структурам в противовес двоичным логическим элементам и структурам. Это вызвано в основном тем, что непрерывное развитие последних привело к приближению их характеристик к фундаментально достижимым пределам. В этой связи, исследования в области нетрадиционных архитектур, которые создаются на основе многозначных логических схем, весьма актуальны.

Нет необходимости перечислять широко известные преимущества многозначных логических элементов перед двоичными элементами. Однако широкому внедрению многозначных схем препятствует прежде всего отсутствие надежных и технологичных многозначных логических элементов памяти (фактически реальные состояния памяти элементов моделируются). В этой связи представляют интерес исследования и разработки в области интегральной оптоэлектроники, где информация переносится оптическими сигналами. Самые ранние, пожалуй, прогнозы в этой области изложены в [1] и дают основания надеяться на создание в ближайшее время альтернативных многозначных логических оптических структур.

Излагаются принципы построения перспективного многозначного оптоэлектронного логического элемента памяти, создание которого стало возможным благодаря последним достижениям в области голографической интерферометрии.

2. Изложение метода

2.1 Структура многозначного элемента памяти

На рисунке 1 изображена структурная схема такого элемента. На оптический вход дискретно подается оптический сигнал различной интенсивности I_0, I_1, I_2, … I_{k-1}, который моделирует k-значную переменную в k-значной логической структуре. Далее в преобразователе 1 происходит преобразование оптического сигнала в электрический сигнал, причем напряжение, снимаемое с выхода преобразователя 1, пропорционально интенсивности светового потока. Преобразователь 1 обладает свойством сохранения уровня напряжения, соответствующего уровню интенсивности оптического сигнала, поступившего в предыдущий дискретный момент времени. Однако в качестве преобразователя 1 может быть применен любой логический преобразователь, о котором говорилось ранее и в том числе функционально законченный потенциальный МУЭ, построенный из логического элемента одной переменной в соответствии с ранее изложенным.

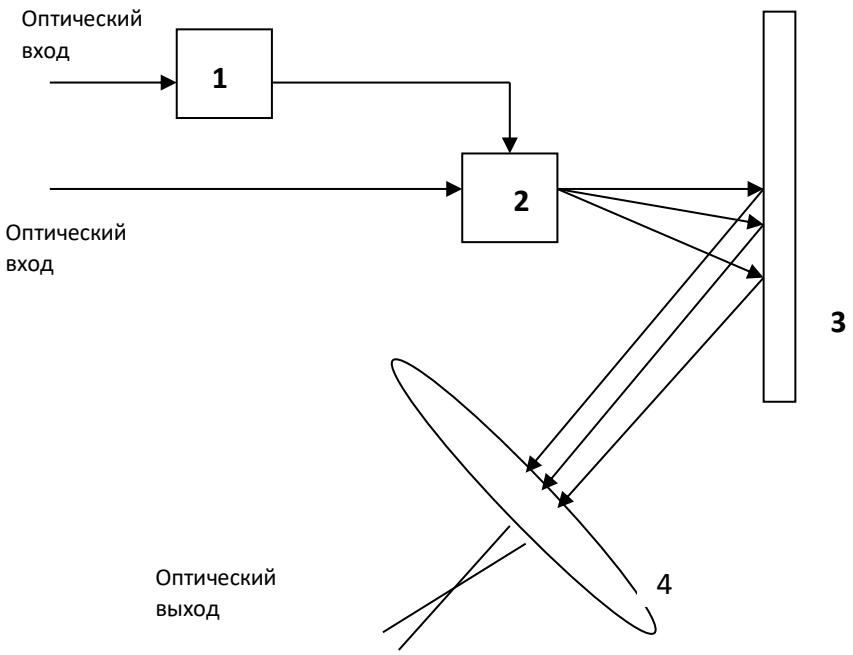


Рисунок 1. Структурная схема многозначного элемента памяти

Управляющее напряжение приложено к управляющему входу дефлектора 2, на оптический вход которого могут подаваться в нужный момент времени оптические сигналы считывания заданной интенсивности. Угол отклонения луча оптической волны от оптической оси дефлектора зависит от уровня управляющего напряжения. С помощью толстослойной голограммы 3 происходит реконструкция светового потока с различной интенсивностью, соответствующей интенсивности светового потока, поданного ранее на вход многозначного логического элемента памяти. Таким образом, в предлагаемом элементе памяти происходит запоминание значения k-значной логической переменной, представленной оптическим сигналом с различными значениями интенсивности оптической волны. Значение уровня реконструируемой оптической волны в устройстве устанавливается путем подбора оптимальных углов реконструкции оптического поля, экспонированного на толстослойной голограмме.

2.2 Расчет экспонирования голограммы для многозначного элемента памяти

Проведем исследование оптимальных углов реконструкции поля, экспонированного на толстослойной эталонной голограмме.

Предварительно проведем анализ характерных физических величин, сопутствующих образованию объемных голограмм. При классификации голограмм принято использовать параметр толстослойности Q [2,3], причем

$$Q = \frac{2\pi}{\Pi_0}\frac{\lambda d}{\Delta^2}, \qquad (2.1)$$

где Π_0 - средний коэффициент преломления слоя эмульсии;

d - толщина слоя;

λ - длина волны;

Λ - расстояние между стратами в эмульсии голограммы.

Объемными голограммами принято считать те, у которых Q>10 [3,4]. Расстояние между вершинами интерференционных поверхностей (двухполостных гиперболоидов) равно половине длины волны [2,3]. С учетом этого, для оценки параметра Λ положим $\Lambda=\lambda/2$. Таким образом, объемные голограммы удовлетворяют неравенству:

$$d \succ \frac{10}{8\pi}\ \lambda \qquad (2.2)$$

Известно [3], что наибольшая длина волны видимой части диапазона электромагнитных волн равна $0{,}76\cdot10^{-6}$ м. Показатели преломления большинства твердых веществ лежат в пределах между 1,5 и 2,2. Выбирая среднее значение параметра Π_0= 0,5 (1,5-2,2) = 1,85, получим ограничения на толщину эмульсии экспонируемой голограммы в виде:

$$\begin{gathered} d > 0{,}398\ \lambda\ \Pi_0; \\ d > 0{,}537\ \lambda\ ; \\ d > 0{,}40810^{-6}\ \text{м}. \end{gathered} \qquad (2.3)$$

Из выражения (2.3) видно, что толщина эмульсии объемной голограммы может быть чуть больше половины длины волны света. Это позволяет сделать вывод, что толстослойной является голограмма, в которой может находиться хотя бы одна вершина криволинейной поверхности, имеющей площадь апертуры порядка самой голографической записи.

Рассмотрим более подробно процесс изменения фазы при отражении светового потока от слоя восстановленного серебра эталонной голограммы. Поведение фаз оптических волн при отражении и преломлении описывается теорией Френеля [2]. Преломление происходит при всех условиях без изменения фазы волны. При отражении же происходит изменение фазы волны $E_{отр.}$ при всех условиях.

При падении волны света $E_{пад.}$ из менее оптически плотной среды (с меньшим значением показателя преломления) в более плотную, при любых углах падения фаза перпендикулярной составляющей напряженности электрического поля меняется на π, то есть $E^{\perp}_{отр.}$ и $E^{\perp}_{пад.}$ имеют на границах раздела сред противоположные фазы.

При восстановлении плоского изображения пользуются теорией коэффициента пропускания [3]:

$$E_{вых.} = E_{вх.} \cdot \tau \qquad (2.4)$$

В безразмерном виде коэффициент амплитудного пропускания равен:

$$\tau = \left\{1 + \left(\ \frac{E_1}{E_0}\ \right)^2 - 2\frac{E_1}{E_0}\cos\left[kV_1 - kV_0 - (\varphi_1 - \varphi_0)\ \right]\right\}^{-\frac{r}{2}}, \qquad (2.5)$$

где $-\frac{E_1}{E_0}$ - отношение амплитуды объектной (сигнальной) волны к амплитуде опорной (предметной) волны.

В случае фазовой модуляции коэффициент пропускания имеет вид:

$$\tau = e^{i\psi}, \quad |\tau| = 1, \qquad (2.6)$$

где ψ - изменение фазы световой волны.

Фазовая плоская запись осуществляется путем пространственной модуляции коэффициента преломления. Изменение фазы ψ_0 световой волны плоской фазовой голограммой возникает вследствие изменения оптического пути светового потока в слое эмульсии, в результате чего имеем:

$$\psi = \psi_0 + \psi_1 \cos \Omega x \,, \tag{2.7}$$

где ψ_1 - амплитуда фазовых изменений, обусловленная изменением коэффициента преломления.

Выражение (2.7) характеризует процесс восстановления плоских волн. Проблема эффективности объемных фазовых голограмм достаточно подробно рассмотрена в [3]. Амплитуда восстановленной дифрагированной волны в случае отражательной фазовой голограммы определяется в безразмерном виде:

$$|U_1| = th\left(\frac{\pi n_1 d}{\lambda \cos Q_0} \right), \tag{2.8}$$

где n_1–амплитуда изменения коэффициента преломления;

d - толщина слоя эмульсии эталонной голограммы;

Q_0 – угол, образуемый реконструирующей волной с нормалью к отражающей поверхности.

Предполагается, что при реконструкции поля, экспонированного на объемной голограмме, выполняется условие Брэгга [2]. Рассмотрим рисунок 2, иллюстрирующий процесс реконструкции поля объемной голограммой.

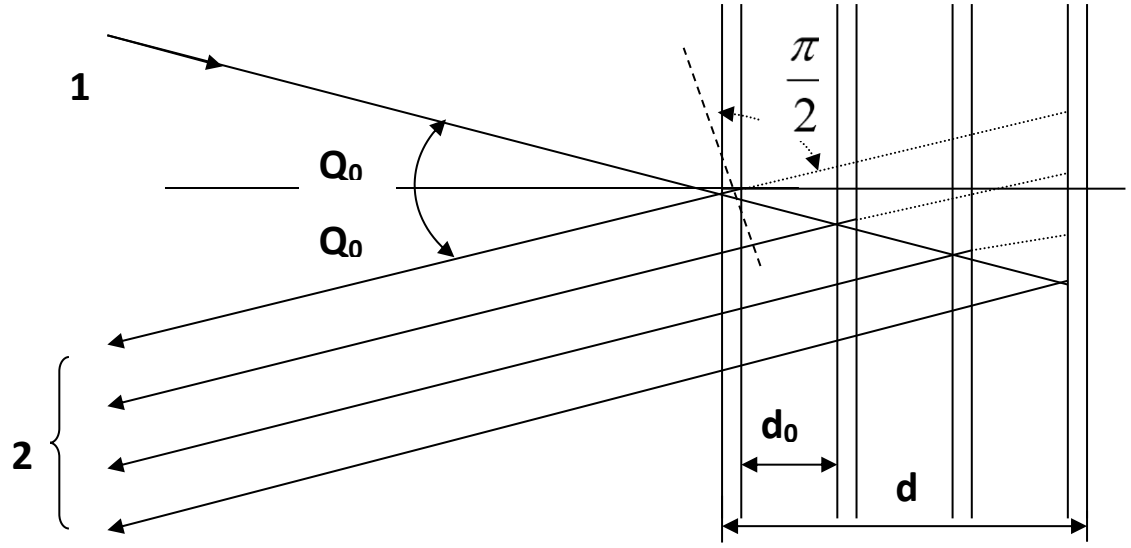


Рисунок 2,а - Процесс реконструкции поля объемной голограммой.

Обозначения, использованные на рисунке 2, а соответствуют выражению (2.8).

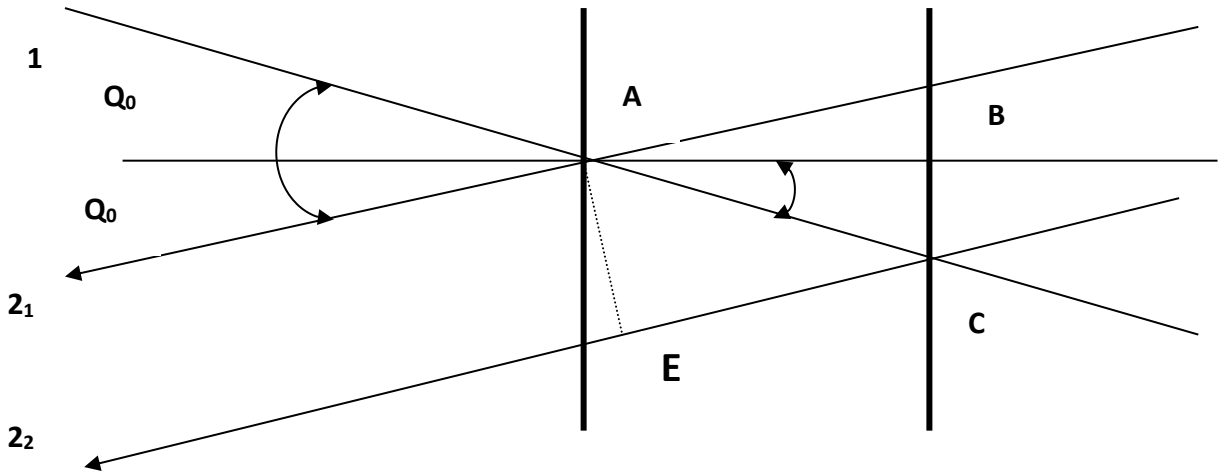


Рисунок 2, б. Процесс реконструкции оптического поля объемной голограммой

Цифрой 1 обозначена реконструирующая волна, а цифрой 2 – дифрагированная волна. Вертикальными линиями на рисунке обозначены отражающие слои эталонной голограммы, в которых находится максимум плотности восстановленного серебра. Реконструирующая волна частично отражается, а частично проходит насквозь через отражающие слои. Расстояние между плоскостями отражения на рисунке 2 обозначено как d_0. Рассмотрим более подробно рисунок 2,б, где $AB=d_0$. Из прямоугольного треугольника ABC выразим оптический путь AC:

$$AC = \frac{d_o}{\cos Q_0} \tag{2.9}$$

Рассмотрим прямоугольный треугольник ACE. В этом треугольнике $\angle ACE=2Q_0$. С учетом этого запишем:

$$EC = AC\cos 2Q_0 \tag{2.10}$$

Выразим оптическую разность хода Δ лучей 2_1 и 2_2:

$$\Delta = AC + EC = AC(1+\cos 2Q_0) = \frac{2d_0\cos^2 Q_0}{\cos Q_0} = 2d_0\cos Q_0. \tag{2.11}$$

При выводе выражения (1.11) считаем, что волновое число в зоне излучения и между отражательными слоями одно и то же. При $\Delta=m\cdot\lambda$ имеем уравнение Брэгга:

$$\cos Q_o = \frac{m\lambda}{2d_o}, \tag{2.12}$$

где m- целое число.

Пусть $$d = \frac{p\lambda}{2}, \tag{2.13}$$

где p - целочисленный параметр, имеющий смысл номера плоскости почернения, причем $p\geq 1$. Тогда условие Брэгга принимает вид:

$$\cos Q_0 = \frac{m}{p} \quad (2.14)$$

Для выполнения условия Брэгга необходимо, чтобы правая часть выражения (2.14) была по абсолютной величине меньше или равна единице, т.е. $\left|\frac{m}{p}\right| \le 1$. При выполнении условия Брэгга имеет место конструктивная интерференция отраженных волн. Найдем условия деструктивной интерференции. Положим в уравнении (2.11), что

$$\Delta = (2l = 1)\frac{\lambda}{2}, \quad (2.15)$$

где l - целое число.

С учетом (1.15) условие деструкции восстановления изображения имеет вид:

$$\cos Q_0 = \frac{(2l+1)}{4d_0}\lambda \quad (2.16)$$

Пусть $d_0 = \frac{p\lambda}{2}$, тогда для условия деструкции справедливо следующее выражение:

$$\cos Q_0 = \frac{(2l+1)}{2p} \quad (2.17)$$

Проанализируем выражения (2.14) и (2.17). Формула (2.14) позволяет найти оптимальные углы освещения при восстановлении экспонированного изображения, а формула (2.17) позволяет рассчитать углы, при которых изображение не восстанавливается. Анализ вывода формулы (2.14) позволяет утверждать, что в процессе восстановления могут участвовать не все плоскости почернения, т.к. $d_0 = \frac{p\lambda}{2}$, а расстояние между ближайшими плоскостями почернения равно $\frac{\lambda}{2}$.

На рисунках 3,4,5 представлены диаграммы углов реконструкции изображений эталонными толстослойными голограммами. Сплошными линиями изображены оптимальные направления для реконструирующей волны, а штриховые линии показывают направления полной деструкции изображения. Стрелками показаны направления падения лучей при реконструкции голограммы. Плоскость эталонной голограммы включает прямую $m = 0$, которая перпендикулярна плоскости рисунка. На этих рисунках представлены углы реконструкции и деструкции для одной, двух и трех поверхностей почернения соответственно, размещенных в материале эмульсии экспонированной голограммы. Из этих рисунков видно, что при увеличении параметра *p* уменьшается угол, описывающий положение первой деструкции [1]. Увеличению параметра *p* соответствует увеличение толстослойности голограммы. При согласовании импедансов двух прозрачных сред возможно, чтобы световые волны переходили из одной среды в другую без отражения. Согласование импедансов осуществляется слоем без отражения. Толщина согласующего слоя равна $\frac{\lambda}{4}$ и в нем отсутствие отраженной волны обеспечивается за счет деструктивной интерференции [3]. Условие

компенсации отраженной волны описывается формулой (2.16). Действительно, полагая в (2.16) Q=0 и l=0, находим, что $d_0 = \frac{\lambda}{4}$.

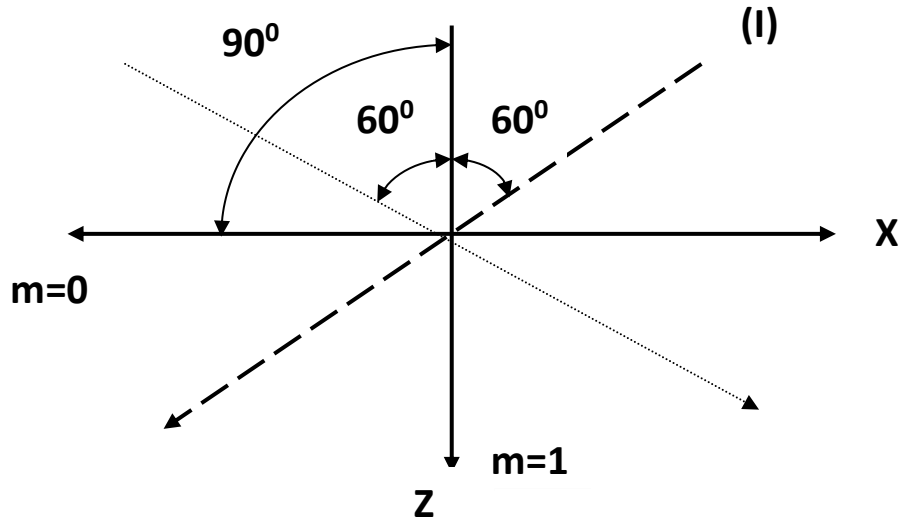


Рисунок 3. Диаграмма углов реконструкции изображения эталонной голограммой при p=1

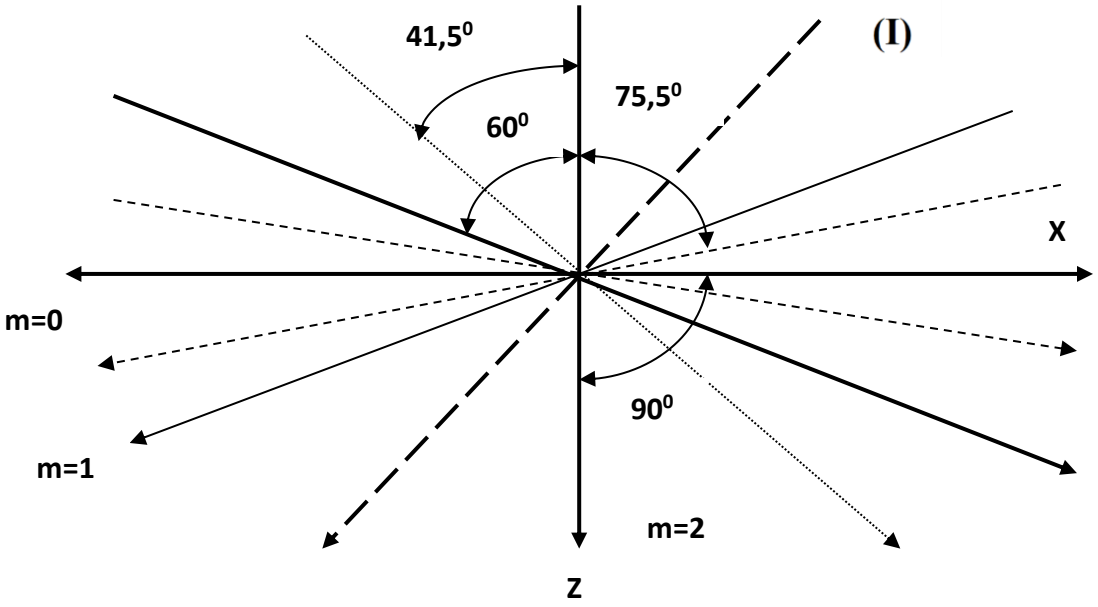


Рисунок 4. Диаграмма углов реконструкции изображения эталонной голограммой при p=2.

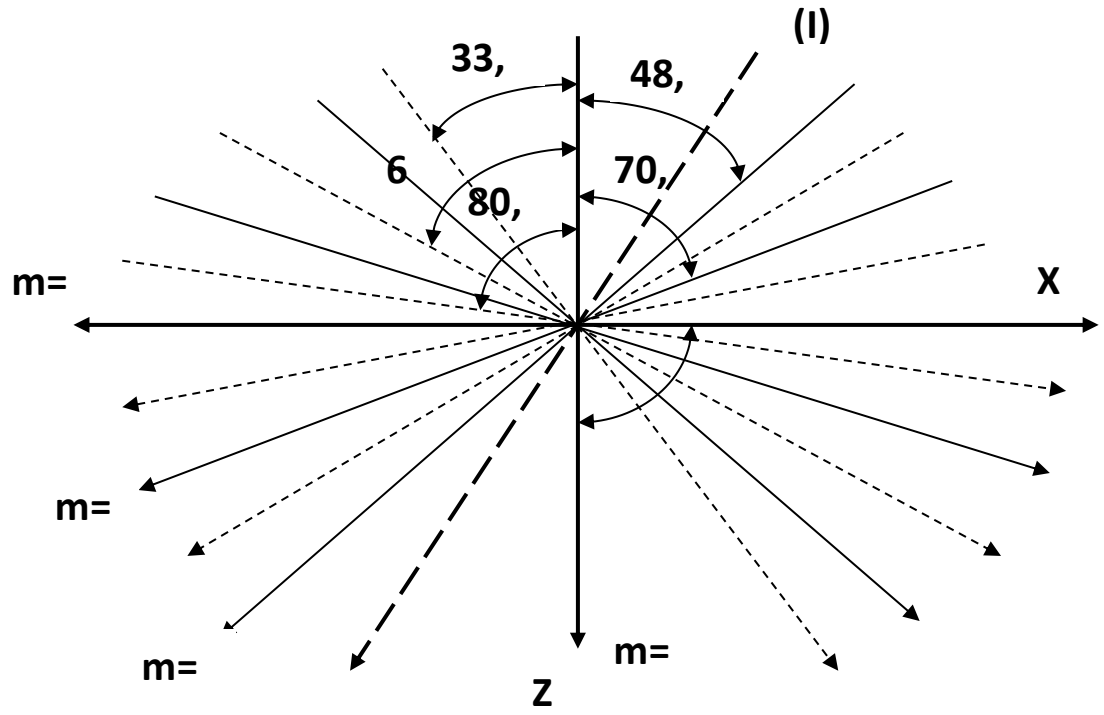


Рисунок 5. Диаграмма углов реконструкции изображения эталонной голограммой при p=3

Проведем анализ формулы (2.8). Подставим в (2.8) значения параметра $\cos Q_0$, полученные из условия Брэгга (2.12). Найдем безразмерную амплитуду восстановленной волны в отражательной объемной голограмме:

$$|U_I| = th\left(\frac{2\pi n_1 d d_0}{\lambda^2 m}\right) = th\left(\frac{\pi n_1 dp}{\lambda m}\right), \qquad (2.18)$$

где $1 \le m \le p$.

Согласно (2.14) большим значениям m соответствуют меньшие углы восстанавливающего луча с нормалью к плоскости страт эталонной голограммы. Из (2.18) видно, что большим значениям m соответствуют меньшие значения амплитуды, однако увеличение параметра d, т.е. толщины слоя эмульсии увеличивает амплитуду восстановленной волны. Полагая, что параметру m в этом случае соответствует параметр k – имеющий смысл мощности множества используемого многозначного алфавита, получим возможность создавать надежные многоустойчивые логические элементы. При этом достижимые значения параметра k обеспечат получение искомых преимуществ многозначных логических структур перед традиционными двоичными логическими структурами в аппаратуре перспективных телекоммуникационных систем.

3. Обсуждение результата.

1. Показана принципиальная возможность построения надежного многозначного оптического логического элемента памяти. Изменяя параметр p, можно строить элементы с достаточно большими значениями k. Высокая чувствительность процесса реконструкции оптических лучей в предлагаемой схеме позволяет с высокой стабильностью восстанавливать уровни интенсивности лучей,

что обеспечивает надежное физическое воспроизведение запоминаемых логических значений используемого структурного многозначного алфавита.

2. Для направлений падения реконструирующей волны на эталонную голограмму, обеспечивающих оптическую разность хода лучей, отраженных системой страт, кратную $\frac{\lambda}{2}$, экспонированные на голограмме изображения не восстанавливаются.

3. Для направлений падения реконструирующей волны, обеспечивающих оптическую разность хода лучей, отраженных слоями восстановленного серебра в эмульсии голограммы, кратную длине волны λ, экспонированное на голограмме изображение полностью восстанавливается и имеет максимальную интенсивность.

4. Совокупность углов узконаправленного сферического, реконструирующего светового потока, обеспечивающая максимальную амплитуду восстановленной волны, может быть найдена экспериментально. При этом, для качественного восстановления изображения, целесообразно использовать узконаправленные пучки света.

5. При возрастании параметра p, т.е. увеличении толстослойности голограммы, количество углов деструкции увеличивается, а ближайший из них стремиться к 0^0 относительно нормали к плоскости страт голограммы.

6. Число направлений деструкции всегда на одно меньше, чем направлений оптимальной реконструкции. Между двумя оптимальными направлениями реконструкции всегда находится одно направление деструкции. Ширину реконструирующего пучка целесообразно выбирать в пределах между двумя направлениями деструкции.

Литература:

1. A.Lempiski. A new look of optical logic, in Proc. IEEE Int. Symp. Multipl Valued Logic, 1974, pp. 207—208.

2. Матвеев А.Н. Оптика. – М.: Высшая школа, 1985. – 351 с.

3. Милер М. Голография./Пер. с чешского. Л.: Машиностроение, Ленинград. отд., 1979.—207 с.

И.С. Охрицкий, П.В. Лобзенко

РАЗРАБОТКА КОНФИГУРАЦИИ «ТОВАРНЫЙ УЧЕТ 1.0» НА ПЛАТФОРМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: справочник, документ, регистр, отчет, объект.

В статье описан принцип работы прикладного решения «Товарный учет 1.0» на платформе 1С:Предприятие. Описаны функциональные преимущества в сравнении с конкурирующим продуктом, сделан анализ актуальности внедрения.

I.S. Okhritsky, P.V. Lobzenko

APPLIED DECISION "ACCOUNTING OF GOODS OPERATIONS AT THE ENTERPRISE 1.0" ON THE 1C PLATFORM: ENTERPRISE

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Key words: reference book, document, register, report, object.

The article describes the principle of the applied solution “Commodity Accounting 1.0” on the 1C: Enterprise platform. The functional advantages in comparison with the competing product are described, the analysis of the relevance of the implementation is made.

Обратим внимание на то что в «1С:Предприятие» работа организации разбивается на простые операции, то есть принцип учета «от документа». Под любую операцию формируется объект «Документ» [1].

Согласно Рисунку 1, изначальная работа системы строится на первоначальном заполнении справочников.

Рисунок 1. Принцип работы

Эти же изначальные данные впоследствии используется в документах хозяйственных операций. При проведении документа будь то списание или приход, данные об изменении вносятся в регистры учета. Документ, перейдя в состояние «проведен», позволяет отобразить информацию: что и в каком количестве согласно дате проведения попало в определенный регистр. Результат это проведений рекомендуется проверять с помощью специальных отчетов, которые формируют запрос к регистрам.

Просмотр движений по документам позволяет пользователю убедиться движений по регистрам, что дает уверенность корректности ведения учета. Но это не существенное преимущество относительно продуктов конкурентов на платформе 1С. Важным преимуществом системы является автоматизация работы со справочниками, регистрами сведений, например:

1. Работа с контактными лицами контрагентов. При формировании документов поступления или реализации согласно роли контрагента (поставщик или покупатель) пользователь может не переживать, что может перепутать контактное лицо поставщика с покупателем. Обусловлено это тем, что:

– справочник контактных лиц подчинен справочнику контрагентов;

- установлена связь параметров выбора контактных лиц с отбором по владельцу (система понимает какому контрагенту принадлежит данное контактное лицо);
- написание в форме документа процедуры на сервере и вызов на клиенте (Листинг 1):

Листинг 1 - Процедура КонтактноеЛицоПриИзмененииНаСервере()

```
Запрос = Новый Запрос;
Запрос.Текст =
    "ВЫБРАТЬ
    |    КонтактныеЛица.Владелец КАК Владелец
    |ИЗ
    |    Справочник.КонтактныеЛица КАК КонтактныеЛица
    |ГДЕ
    |    КонтактныеЛица.Ссылка = &Ссылка";
Запрос.УстановитьПараметр("Ссылка", Объект.КонтактноеЛицо);
РезультатЗапроса = Запрос.Выполнить();
ВыборкаДетальныеЗаписи = РезультатЗапроса.Выбрать();
Пока ВыборкаДетальныеЗаписи.Следующий() Цикл
    Объект.Поставщик = ВыборкаДетальныеЗаписи.Владелец;
КонецЦикла;
КонецПроцедуры

&НаКлиенте
Процедура КонтактноеЛицоПриИзменении(Элемент)
    КонтактноеЛицоПриИзмененииНаСервере();
КонецПроцедуры
```

2. Автоматический расчет сумм строк табличной части, а также итоговой суммы документа. При добавлении или изменении позиции номенклатуры табличной части документы, или изменении количества или цены, производится автоматический подсчет суммы (Листинг 2) по определенной номенклатуре.

Листинг 2- Номенклатура «&НаКлиенте»

```
Процедура РассчитатьСумму()
  ТекущиеДанныеТовары = Элементы.Товары.ТекущиеДанные;
  ТекущиеДанныеТовары.Сумма = ТекущиеДанныеТовары.Количество * ТекущиеДанныеТовары.Цена;
КонецПроцедуры
```

При записи документа рассчитывается его итоговая сумма, которую пользователь не может вручную изменить, что лишний раз позволяет обезопасить его от ошибки в учете. Для этого используется следующая процедура (3) в модуле объекта документа:

```
Процедура ПередЗаписью(Отказ, РежимЗаписи, РежимПроведения) (3)
    СуммаДокумента = 0;
    Для Каждого СтрокаТЧ ИЗ Товары Цикл
        СуммаДокумента = СуммаДокумента + СтрокаТЧ.Сумма;
```

КонецЦикла;
КонецПроцедуры

3. Подстановка цен. При проведении документа «Поступление товаров и услуг», номенклатура с указанной ценой за 1 единицу записывать в регистр сведений «Цены поставщиков». Открыв регистр, можно увидеть закупочную цену номенклатуры, которая будет автоматически подставляться при формировании нового документа поступления номенклатуры и при записи обновлять последнюю закупочную цену.

Что же касается документа «Реализации товаров и услуг», то подобная система реализована несколько другим образом: для автоматической подставки цены к позиции номенклатуры используется дополнительный документ «Установка цен номенклатуры», в котором пользователь может установить цену на товар или услугу. После его проведения формируется запись в регистр сведений «Цены номенклатуры», откуда автоматически подтягиваться цены продаж в документ реализации номенклатуры.

Для подсчета этих цен согласно последней дате в дереве конфигурации создан отдельный объект общий модуль «Работа со справочниками», модуль которого представлен на Рисунке 2.

Общий модуль РаботаСоСправочниками: Модуль

```
Функция РозничнаяЦена(АктуальнаяДата,ЭлементНоменклатуры)Экспорт

    //Создать вспомогательный объект Отбор

    Отбор = Новый Структура("Номенклатура",ЭлементНоменклатуры);

    //Получить актуальные значения ресурсов регистра

    ЗначенияРесурсов=РегистрыСведений.ЦеныНоменклатуры.ПолучитьПоследнее(АктуальнаяДата,Отбор);

    Возврат ЗначенияРесурсов.Цена;

КонецФункции

Функция ЗакупочнаяЦена(АктуальнаяДата,ЭлементНоменклатуры)Экспорт

    //Создать вспомогательный объект Отбор

    Отбор = Новый Структура("Номенклатура",ЭлементНоменклатуры);

    //Получить актуальные значения ресурсов регистра

    ЗначенияРесурсов=РегистрыСведений.ЦеныПоставщиков.ПолучитьПоследнее(АктуальнаяДата,Отбор);

    Возврат ЗначенияРесурсов.Цена;

КонецФункции
```

Рисунок 2. Общий модуль «Работа со справочниками»

Сам же вызов этих функций производится из формы документов посредством выполнения функции при изменении товара.

Результат работы взаимодействия регистра сведений «Цены поставщиков» и документа «Поступление товаров и услуг» продемонстрирован на рисунке 3.

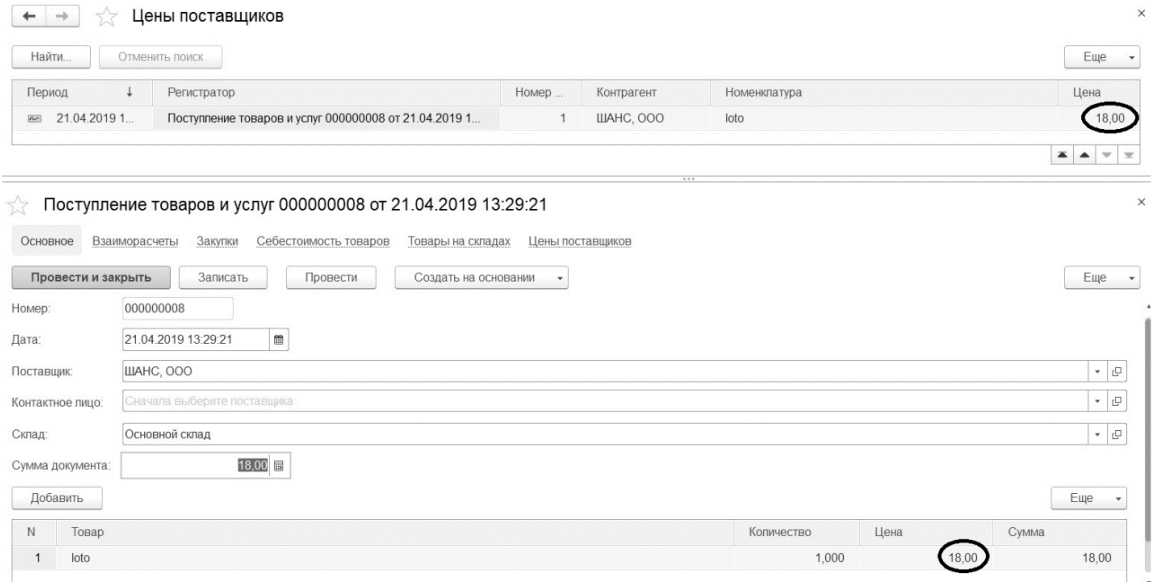


Рисунок 3. Автозаполнение цен поставщиков

Помимо различных отчетов, таких как: отчеты по закупкам, продажам, остатки товаров, как преимущество в отличие от Управление торговлей, можно выделить отчет «Ведомость по взаиморасчетам», который формирует долги покупателей, наши долги перед поставщиками и покупателями в случае возврата, в одном отчете. Контрагенты сгруппированы по контрагентам. В случае отрицательного значения – должны, иначе – нам. Также сам отчет можно формировать на установленную дату и по определенному контрагенту (см. Рисунок 4).

Контрагент.Группа Контрагент	Долг на начало	Увеличение долга	Уменьшение долга	Долг на конец
Покупатели	3 100	1	1 500	1 601
ИП Калиниченко	1 500	1	1 500	1
ИП Сазанова	1 600	0	0	1 600
Поставщики	-7 900	0	144	-8 044
Мир вещей, ООО	-7 600	0	0	-7 600
ШАНС, ООО	-300	0	144	-444
Итого	**-4 800**	**1**	**1 644**	**-6 443**

Рисунок 4. Отчет «Ведомость по взаиморасчётам»

Таким образом, можно сделать следующий вывод, что в отличие от основного конкурентного продукта на платформе 1С «Управление торговлей 11», есть такие преимущества, как:

- автоматизированная работа со справочниками и регистрами, о чем было подробно описано выше;
- минимальные технические требования, так как в дереве конфигураций присутствуют основные объекты, необходимые для

учета, что позволяет задействовать минимальное количество оперативной памяти;

- простота эксплуатации и низкая стоимость. В отличие от УТ 11, цена на данный продукт почти в 2 раза меньше и для того, чтобы приступить к работе достаточно прочитать инструкцию, и нет никакой необходимости в дополнительных затратах на обучение.

Литература:

1. Введение в конфигурирование в системе «1С:Предприятие 8» .Основные объекты. Версия 8.3, 2015, с. 16.

2. Конфигурирование в системе «1С:Предприятие 8» .Решение оперативных задач. Версия 8.3, 2015

К.А. Батенков

СИМУЛЯЦИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ RIVERBED

Академия ФСО России, Орёл, Россия

Ключевые слова: имитационное моделирование, симулятор, мультисервисная сеть, качество обслуживания, Riverbed.

Показано, что в качестве базовой программной среды для симуляции мультисервисной сети выступает среда имитационного моделирования Riverbed Modeler Academic Edition 17.5A, имеющая статус открытого нелицензионного программного обеспечения, доступная для вузов и научно-исследовательских организаций.

K.A. Batenkov

MULTISERVICE NETWORK SIMULATION ON BASIS OF SOFTWARE RIVERBED

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

Keywords: simulation, simulator, multiservice network, quality of service, Riverbed.

It is shown that the basic software for multiservice network simulation is the simulator Riverbed Modeler Academic Edition 17.5 A, which has the status of open unlicensed software available for universities and research organizations.

Симулятор "Мультисервисная сеть связи" предназначен для подготовки специалистов в области эксплуатации, анализа и развития инфокоммуникационных систем. В качестве базовой программной среды выступает среда имитационного моделирования Riverbed Modeler Academic Edition 17.5A, имеющая статус открытого нелицензионного программного обеспечения, доступная для вузов и научно-исследовательских организаций [1, 2]. В рамках проводимых научных исследований

и преподаваемых дисциплин симулятор используются по трем основным направлениям.

Первое – Симуляция и анализ технологий пакетной коммутации, применяемых в мультисервисных сетях связи (Рисунок 1). Программная среда позволяет на конкретных примерах технологий пакетной коммутации проводить не только моделирование процессов циркуляции трафика, но и оценивать его статистические характеристики [3, 4].

Второе – Симуляция, анализ и коррекция параметров механизмов обеспечения качества в мультисервисных сетях связи (Рисунок 2). Представленные решения позволяют проводить наладку и прогнозирование поведения телекоммуникационных сетей в условиях применения механизмов обеспечения качества обслуживания [5]. Ключевой особенностью здесь выступает возможность точной тонкой настройки параметров данных механизмов применительно к конкретной аппаратуре заданных производителей в мультиоконном режиме [6, 7].

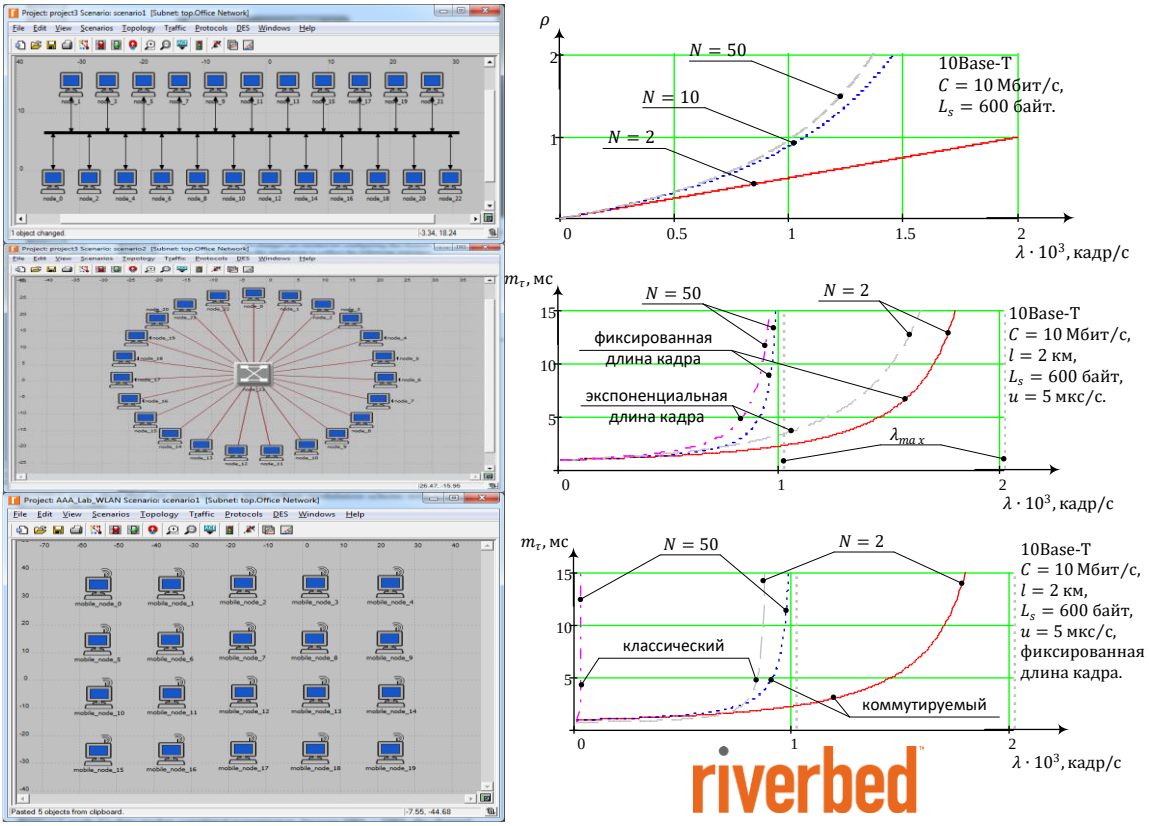


Рисунок 1. Симуляция и анализ технологий пакетной коммутации, применяемых в мультисервисных сетях связи

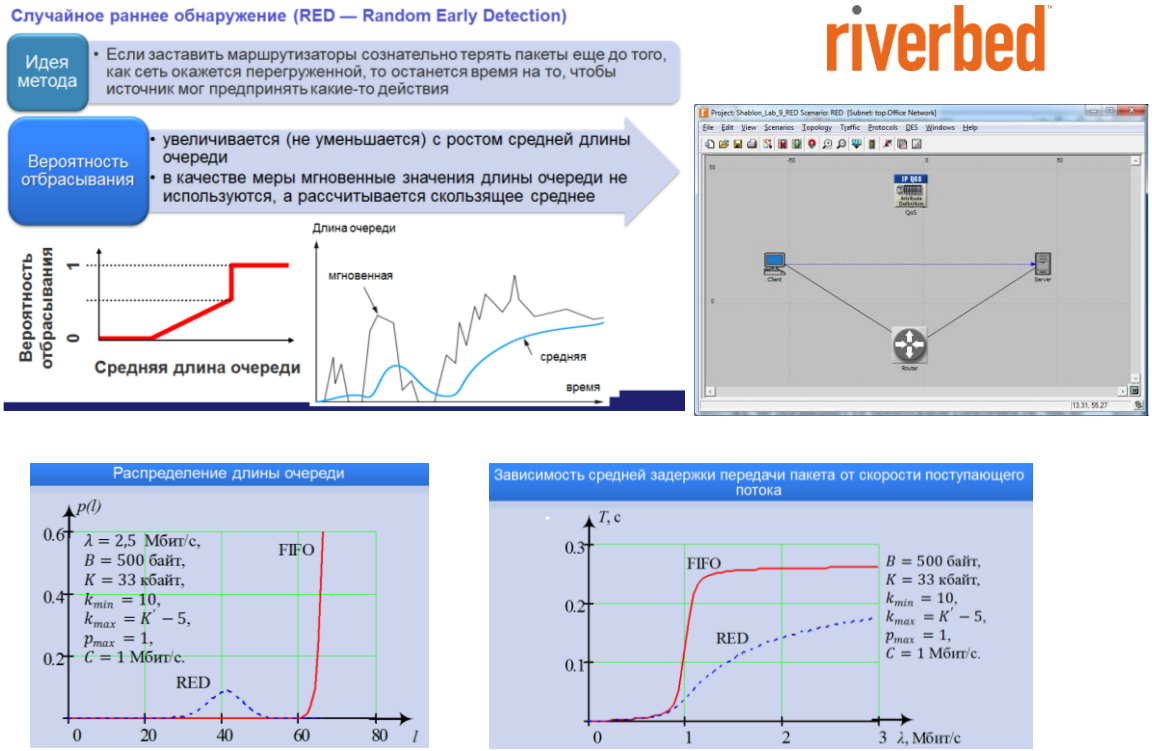


Рисунок 2. Симуляция, анализ и коррекция параметров механизмов обеспечения качества в мультисервисных сетях связи

Третье – Симуляция, анализ и синтез мультисервисных сетей связи (Рисунок 3). Разработанные модели обеспечивают поддержку принятия решений при проведении не только этапов опытной эксплуатации уже созданных мультисервисных сетей, но и позволяют определить основополагающие аспекты проектируемых сетей [8]. При этом наиболее важным достоинством подобного подхода оказывается возможность как исследований процессов функционирования телекоммуникационных сетей в режиме реального времени, так и достаточно простая в реализации функция синтеза отдельных элементов данных сетей [9].

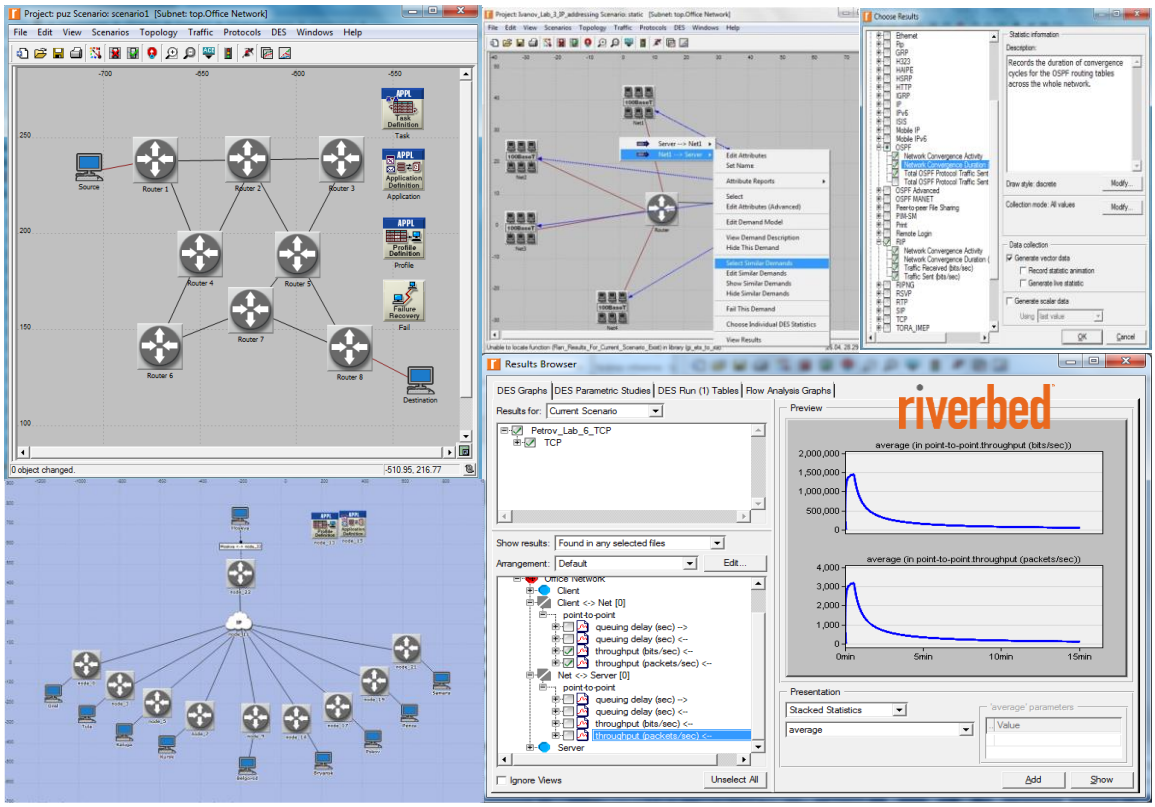


Рисунок 3. Симуляция, анализ и синтез мультисервисных сетей связи

Разработанный симулятор предназначен, прежде всего, для научно-организационного обеспечения преподавателей в рамках подготовительного этапа моделирования, наполнения материалов учебных дисциплин, проведения научной работы с обучающимися, выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ, а также диссертационных исследований (рисунок 4) [10].

Рисунок 4. Возможные варианты реализации симулятора

Литература:

1. *Sethi A. S.* The Practical OPNET User Guide for Computer Network Simulation / Adarshpal S. Sethi, Vasil Y. Hnatyshin // CRC Press Taylor & Francis Group, 2013. – 480 p.

1. *Батенков К. А.* Анализ статистики голосового трафика сети Ethernet с помощью программы Wireshark / Батенков К. А., Королев А.В., Миронов А.Е., Орешин А.Н. // Телекоммуникации. – 2018. – № 10. – С. 39–48.

2. *Батенков К. А.* Оценка параметров алгоритмов диспетчеризации на основе имитационного моделирования в программной среде Riverbed / Батенков К. А., Королев А.В., Миронов А.Е., Орешин А.Н. // Телекоммуникации. – 2018. – № 8. – С. 17–23.

3. *Пшеничнков А. П.* Теория телетрафика. Учебник для ВУЗов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2017. – 212 с.

4. *Степанов С. Н.* Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. – М. : Горячая линия – Телеком, 2015. – 868 с.

6. *Батенков К. А.* Числовые характеристики структур сетей связи // Труды СПИИРАН. – 2017. – № 4 (53). – С. 5–28.

7. *Батенков К. А.* Анализ и синтез структур сетей связи по детерминированным показателям устойчивости // Труды СПИИРАН. – 2018. – № 3 (58). – С. 128–159.

8. *Степанов С. Н.* Основы телетрафика мультисервисных сетей. – М.: Эко-Трендз, 2010. – С. 106–125

9. *Батенков К. А.* Числовые характеристики структур сетей связи // Труды СПИИРАН. – 2017. – № 4 (53). – С. 5–28.

10. *Чечик В. В.* Имитационное моделирование трафика HTTP с помощью программной среды Riverbed / Чечик В.В., Батенков К.А. // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2016. – Т. 1. – № 9. – С. 273–277.

К.А. Батенков, А.В. Королев, В.В. Новиков, А.Н. Орешин

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОСПРИЯТИЯ РЕЧЕВОГО ТРАФИКА IP СЕТЕЙ

Академия ФСО России, Орёл, Россия

Ключевые слова: математическая модель, статистические зависимости, параметры качества, точечное и интервальное оценивание.

В результате исследований будет получен математический аппарат, позволяющий проводить точечное и интервальное оценивание как отдельных составляющих качества передачи речевых сообщений, так и выносить решения относительно степени удовлетворенности пользователей предоставляемыми услугами.

K.A. Batenkov, A.V. Korolev, V.V. Novikov, A.N. Oreshin

ANALYSIS OF THE QUALITY OF PERCEPTION OF VOICE IP NETWORK TRAFFIC

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

Keywords: mathematical model, statistical dependences, quality parameters, point and interval estimation.

As a result of the research, a mathematical apparatus will be obtained that allows for point and interval evaluation of both individual components of the quality of voice messages, and to make decisions about the degree of satisfaction of users with the services provided.

Предлагается создать аналитическую модель оценок качества восприятия речевых сообщений, учитывающих как стохастический характер функционирования сети, так и строго существующие взаимосвязи между параметрами качества. Результаты измерений позволяют на основе детерминированных соотношений получить оценки качества восприятия. Для создания математической модели используется программный продукт *Mathcad 14*. *Mathcad 14* является высокоуровневым языком программирования, с помощью которого становится возможным анализ данных, разработка алгоритмов и создание различных моделей.

Существующие оценки качества восприятия базируются на коэффициенте оценки качества передачи (*R*-фактор). Используя определенную архитектуру мониторинга передачи речевого трафика, есть возможность оценить вероятные временные показатели качества функционирования сети [1]. В основу подобных измерений положены возможности существующих снифферов типа *Wireshark*, а также протокола передачи трафика *RTCP*.

Результаты измерений позволяют на основе детерминированных соотношений получить оценки качества восприятия.

Для исследования был выбран протокол *TCP*, который с помощью программного интерфейса *Wireshark* позволяет вычислить *RTT* и потери пакетов по служебной информации, которая передается вместе с пакетом TCP.

Важной особенностью протокола *TCP* является возможность определения времени кругового пути (*RTT*). Время кругового пути (*RTT*) — это время, необходимое для отправки пакета, плюс время, необходимое для принятия подтверждения этого пакета. Следовательно, это время состоит из времени распространения пакета между двумя точками [2].

Значения *RTT* зависят от различных факторов:

1. Скорость передачи данных интернет-соединения источника.
2. Характер среды передачи.
3. Физическое расстояние между источником и получателем.
4. Число узлов между источником получателем.
5. Объем трафика в локальной сети, к которой подключен конечный пользователь.
6. Число других запросов, обрабатываемых промежуточными узлами и удаленным сервером.
7. Скорость, с которой функционируют промежуточный узел и удаленный сервер.
8. Наличие помех в сети.

Начнем с определения *RTT* при помощи *Wireshark*. Для *Ping* и *Traceroute* измеряется время кругового прохождения между отправкой пакета *Ping* и получением пакета *ICMP* обратно. Для соединений *TCP* это измерение времени передачи пакета и получения подтверждения от целевого хоста.

При использовании *Wireshark* для захвата и анализа пакетов, встроенный инструмент программы вычислит и отобразит *RTT* в данных о пакете, содержащем *ACK*. Данное значение отображается в последней строчке в подменю «*SEQ/ACK analysis*» на Рисунке 1.

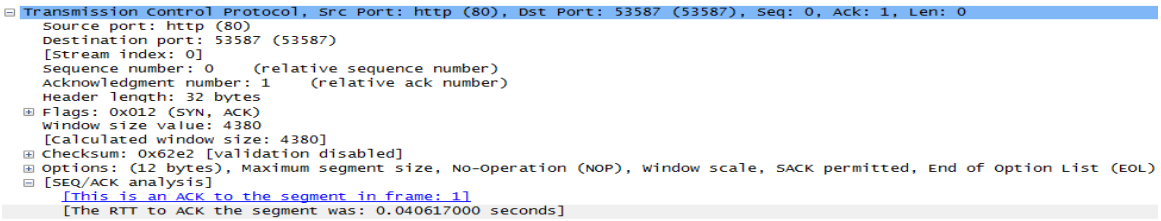


Рисунок 1. Информация о пакете, содержащем *ACK*

Выделим на Рисунке 2 процесс ретрансляции в трафике, захваченном при помощи программы *Wireshark*:

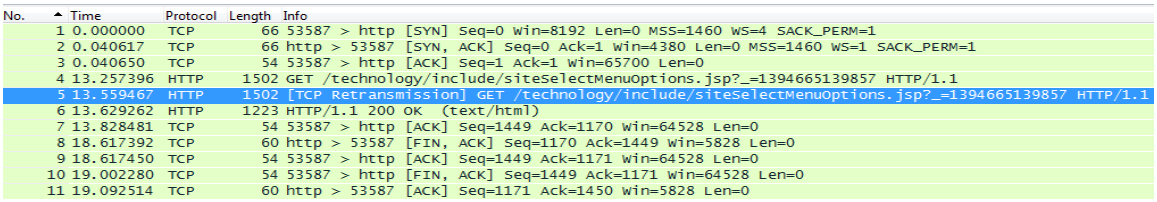


Рисунок 2. Ретрансляция в захваченном трафике

Механизм ретрансляции протокола *TCP* гарантирует, что данные будут надежно переданы от начала до конца. Если в *TCP* соединении будут повторные передачи, логично предположить, что потеря пакетов произошла в сети где-то между клиентом и сервером.

Существует способ быстрой идентификации повторных передач захваченного при помощи *Wireshark* трафика. Воспользуемся фильтром: *tcp.analysis.retransmission*.

Таким образом, получена возможность измерения *RTT* и потерь пакетов, используя *TCP* соединение и программу захвата пакетов *Wireshark*.

Для многократных измерений пакетов была использована консольная версия программы *Wireshark (Tshark)*. При захвате пакетов обрабатывалось *TCP* соединение компьютера с сайтом *www.youtube.com* на протяжении длительного времени. Для имитации нагрузок на сеть и сбоев для подключения использовались прокси сервера в различных регионах мира, чтобы выяснить влияние удаленности сетей хоста и сервера. Далее полученная статистика обрабатывалась при помощи специальных формул в программе *Mathcad*.

Откроем записанные в текстовом документе значения времени получения пакетов и соответствующих значений *RTT* в специальном файле *Mathcad*. Построим на Рисунке 3 зависимость значений *RTT* от времени.

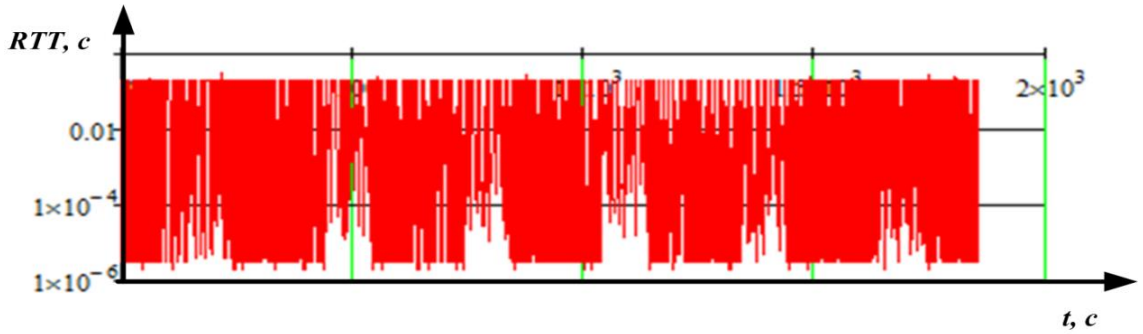


Рисунок 3. График зависимости *RTT* от времени

Делаем вывод, что *RTT* не имеет конкретного значения на всем интервале. Величина испытывает частое колебание значений [3]. Для большей наглядности построим на Рисунке 4 такой же график на интервале от 0 до 5 секунд.

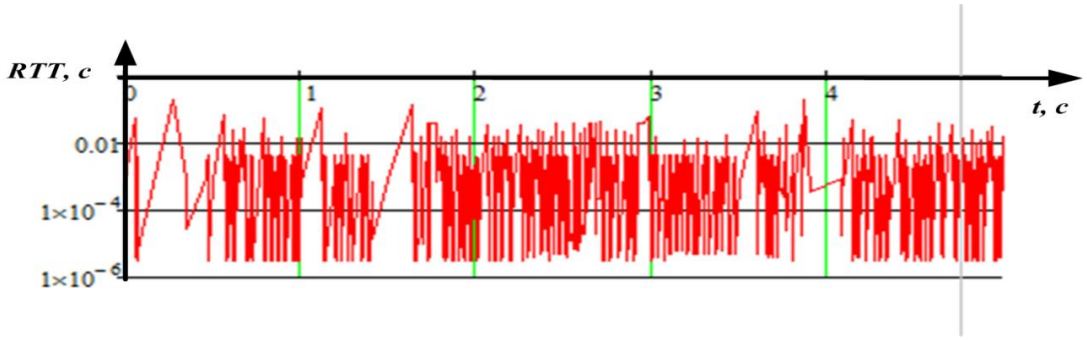


Рисунок 4. График зависимости *RTT* от времени на интервале от 0 до 5 секунд

Полученный график в целом однородный, имеются небольшие отклонения от средних значений, которые очень немногочисленны и присутствуют в определенные моменты измерений.

По полученному ранее графику изобразим на Рисунке 5 гистограмму с целью определения типа распределения значений *RTT*.

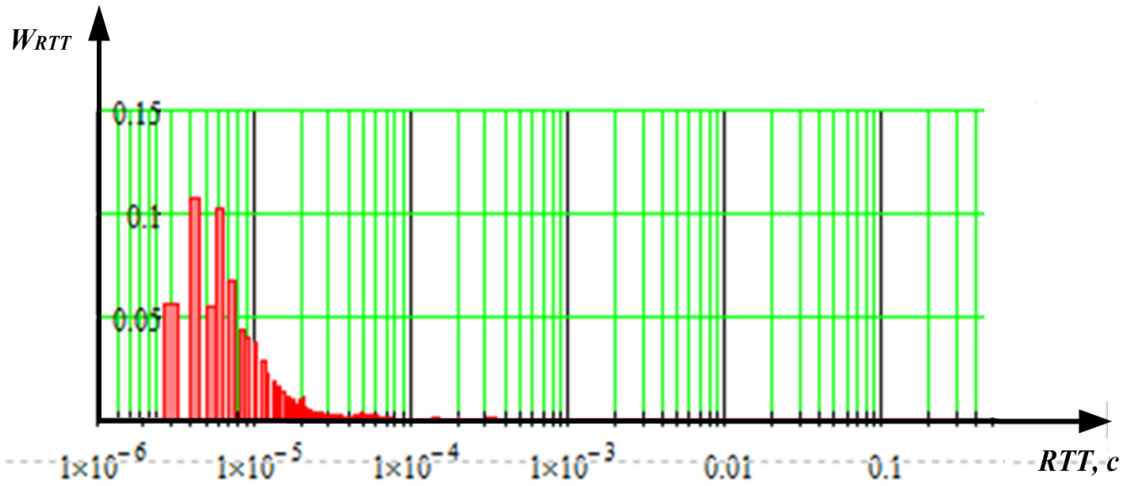


Рисунок 5. Гистограмма значений *RTT*

По гистограмме видно, что распределение очень похоже на экспоненциальное распределение, прослеживаются четко выраженные пиковые значения [4].

Значение оценки *MOS* по пятибальной шкале упрощенно можно представить как функцию от коэффициента оценки качества передачи (формула 1).

$$MOS = \begin{cases} 1, \text{при } R < 0, \\ 1 + 0{,}35R + R(R-60)(100-R)\cdot 7\cdot 10^{-6}, \text{при } 0 < R < 100, \\ 4{,}5, \text{при } R > 100 \end{cases} \quad (1)$$

На основании приведенных выше формул на Рисунке 6 построим график зависимости оценки *MOS* от времени, взяв за основу кодек ИКМ. Значения оценки резко изменяются во времени. Установлено, что значения *MOS* колеблются от 4,409 до 1. То есть в сети возникали случаи с очень низким качеством восприятия. Однако эти случаи редки, в целом качество сети было приемлемым для передачи трафика. По этому графику можно точно определить моменты возникновения перегрузок в сети.

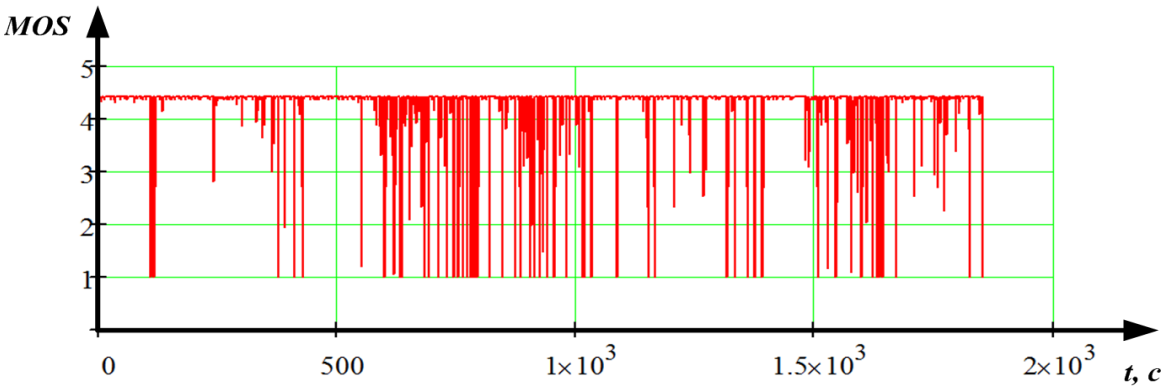


Рисунок 6. Значения *MOS* как функции от времени

Построим на Рисунке 7 двумерную гистограмму зависимости *MOS* от усредненных значений *RTT*.

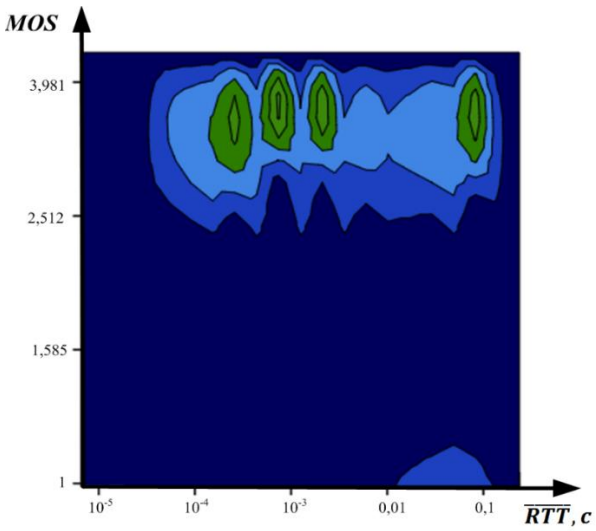


Рисунок 7. Двумерная гистограмма зависимости *MOS* от усредненных значений *RTT*

Имеются 2 характерные области. Первая область с большими значениями усредненных *RTT* и наименьшими значениями оценки *MOS*. Она характеризуется большими задержками передачи пакетов, качество восприятия неудовлетворительное. Это момент высокой загруженности сети. Однозначный вывод по параметру *RTT* делать нельзя ввиду наличия второй области, а точнее участка, где усредненные значения *RTT* также принимают большие значения, но оценка *MOS* колеблется от 2,512 до 4,409. Вторая область характеризуется широким набором значений *MOS* и усредненных *RTT*. Наиболее частыми событиями являются периоды с малой задержкой и высокой оценкой *MOS*, что было теоретически ожидаемо. Однако имеется область с такой же высокой оценкой *MOS*, но достаточно высокими задержками в сети. Объяснить это можно отсутствием потерь и задержкой в передачи информации в служебных заголовках пакетов *TCP*.

Таким образом, проанализированы зависимости между различными параметрами качества передачи путем построения двумерных гистограмм. Статистические зависимости потерь от других параметров также имеют дискретный характер, остальные параметры распределены более равномерно. Определенным значениям одного параметра соответствуют значения другого параметра, при этом линейной взаимосвязи не наблюдается.

В результате исследований будет получен математический аппарат, позволяющий проводить точечное и интервальное оценивание как отдельных составляющих качества передачи речевых сообщений, так и выносить решения относительно степени удовлетворенности пользователей предоставляемыми услугами.

Литература:

1. Баскаков С.И., Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов/ С.И. Баскаков. - М.: Высшая школа, 2005. С 130–142.

2. Батенков А. А. Алгоритм синтеза базиса ортонормированных функций для многоканальной передачи данных / Батенков А. А., Богачев Г. В., Батенков К. А. // Цифровая обработка сигналов. – № 2 – 2007. – с. 19–25.

3. Батенков А. А. Дискретизация линейного канала связи с памятью и аддитивным белым гауссовским шумом численным методом / Батенков А. А., Батенков К. А. // Математическое моделирование. – Т. 1. – № 1 – 2009. – с. 53–74.

4. Батенков К. А. Границы вероятности символьной ошибки для канала связи с логнормальными замираниями при использовании предыскажений и помехоустойчивого кодирования / Гусев В.В., Илюшин М.В., Катков О.Н., Мельников А.А., Стремоухов М.В. // Телекоммуникации. – 2018. – № 2. – С. 45–48.

5. Батенков К. А. Синтез детерминированных нелинейных дискретных отображений непрерывных каналов связи // Труды СПИИРАН. – 2016. – № 2 (45). – С. 75–101.

К.А. Батенков, И.М. Гузяков, М.В. Илюшин, М.В. Стремоухов

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ШУМОВ В АБОНЕНТСКИХ ЛИНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ MATHCAD

Академия ФСО России, Орёл, Россия

Ключевые слова: математическая модель, импульсные шумы, широтно-импульсный регулятор, модуляция, частота.

Аннотация. В данной работе рассматривается влияние импульсных шумов источников дистанционного электропитания на абонентские телефонные линии. Также здесь приведён разбор созданной математической модели, которая позволяет сделать ввод о том, какие из входных параметров системы являются наиболее существенными для прохождения сигнала и влияния на него различных стохастических явлений.

Существует проблема оценки влияния импульсных помех на прохождение сигнала в абонентских линиях. Импульсные помехи возникают в абонентских линиях по причине коммутационных операций, грозовых явлений и могут за короткий срок вывести электронную технику из строя. Питание в телефонах, находящихся на сетях связи осуществляется через центральную батарею, расположенную в автоматической телефонной станции. Именно она оказывает основное влияние на прохождение сигнала в абонентской линии.

K.A. Batenkov, I.M. Guzyakov, M.V. Ilushin, M.V. Stremouhov

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF IMPULSE NOISE IN SUBSCRIBER LINES WITH MODULATION TECHNIQUES MATHCAD

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

Keywords: mathematical model, pulse noise, pulse width regulator, modulation, frequency.

Abstract. In this paper we consider the influence of pulse noise of remote power sources on the subscriber telephone lines. Also here is an analysis of the created mathematical model, which allows you to make an input about which of the input parameters of the system are the most important for the passage of the signal and the influence of various stochastic phenomena on it.

There is a problem of estimating the impact of pulse noise on the signal flow in subscriber lines. Pulse interference occurs in subscriber lines due to switching operations, thunderstorms and can in a short time to bring electronic equipment out of order. Power supply in phones on special communication networks is carried out through a Central battery located in the automatic telephone exchange. It has the main impact on the signal flow in the subscriber line.

В настоящий момент одной из основных технологий передачи информации в сетях связи является технология пакетной коммутации. При использовании данной технологии необходимо соблюдать заданные уровни качества услуг и минимизировать влияния внешних негативных явлений на прохождения сигнала. Создание математической модели и её исследование является более целесообразным методом оценки влияния источников дистанционного электропитания на

абонентскую линию, по сравнению с реальным подключением к ней и измерением параметров. В качестве среды реализации математической модели было использовано программное средство Mathcad 14. Оно позволяет смоделировать источник дистанционного электропитания с возможностью вносить в него различные входные параметры, позволяющие в дальнейшем оценить воздействие импульсных помех на абонентскую DSL (DSL – Digital Subscriber Line) линию.

На рисунке 1 представлена модель импульсного источника питания. Она представляет собой схему, состоящую из двух регуляторов: линейного и импульсного [1]. Данный способ преобразования напряжения характерен высоким коэффициентом полезного действия. Схема состоит из следующих элементов: понижающего трансформатора, выполняющего преобразование промышленного напряжения 220 вольт в напряжение вторичного источника питания, диодного моста, выполняющего функцию выпрямления переменного напряжения в постоянное, сглаживающих фильтров нижних частот, а также широтно-импульсного регулятора, выполняющего функцию модулирования питающего напряжения импульсной последовательностью.

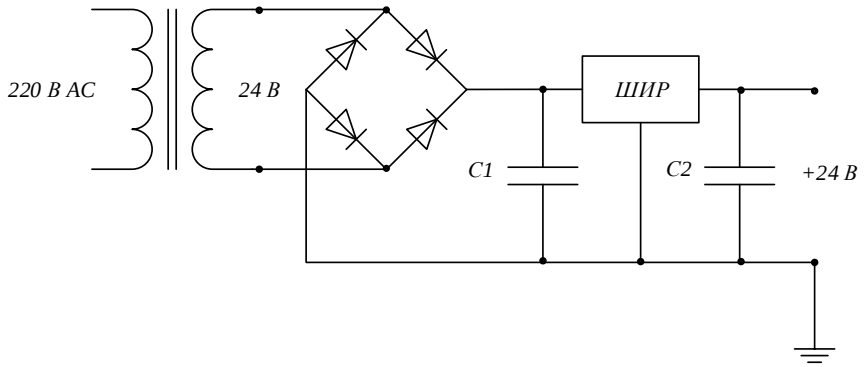


Рисунок 1. Схема импульсного источника дистанционного питания

Для осуществления анализа функционирования данной системы, необходимо создание математической модели, для которой будут заданы различные входные параметры. На основе полученных результатов исследования необходимо сделать вывод: какие технические меры необходимо предпринять для снижения негативного влияния импульсных шумов на прохождение сигнала в абонентских линиях [2, 3].

Проанализируем более подробно схему, представленную на Рисунке 1, и разберёмся с процессами, которые происходят между её элементами.

На вход схемы импульсного источника питания поступает сигнал промышленного питающего напряжения $f(t)$ с амплитудой 220 В и частотой 50 Гц.

На данном графике (Рисунок 2) мы можем наблюдать классический синусоидальный сигнал, разбитый на N отсчётов на промежутке 0,5 с.

В спектральной области (Рисунок 3), мы видим чётко выраженную спектральную составляющую на частоте 50 Гц. Небольшое растекание спектра обусловлено особенностями преобразования сигнала к дискретному виду. Отображение оси ординат В/Гц означает, что данный спектр представлен в соотношении с одним Гц [4, 5].

В качестве фильтров в имитационной модели используются фильтры нижних частот Баттерворта. Для приближения к идеальным условиям порядки фильтров выбраны следующие: $n = 40$.

На графике импульсной характеристики (Рисунок 4) присутствуют незатухающие колебания, так называемые, предельными циклами, которые возникают из-за ошибки округления целых чисел.

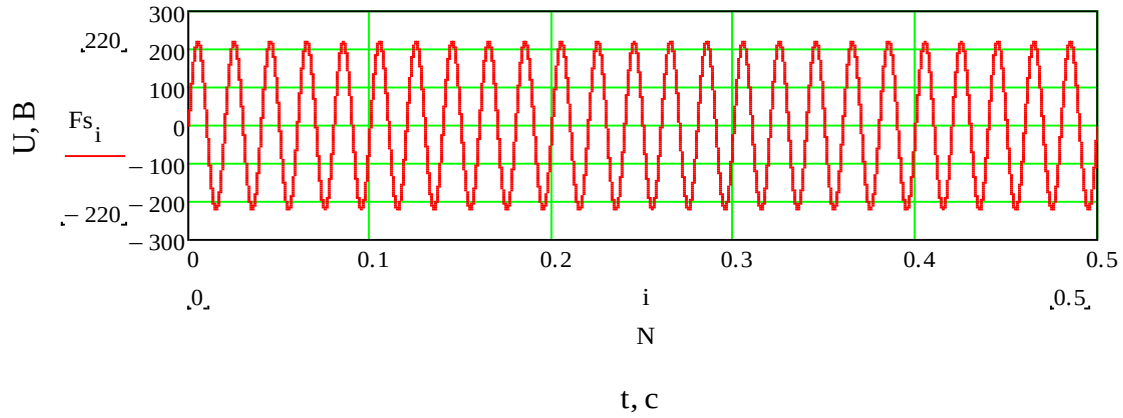


Рисунок 2. Временное представление продискретизированного питающего напряжения

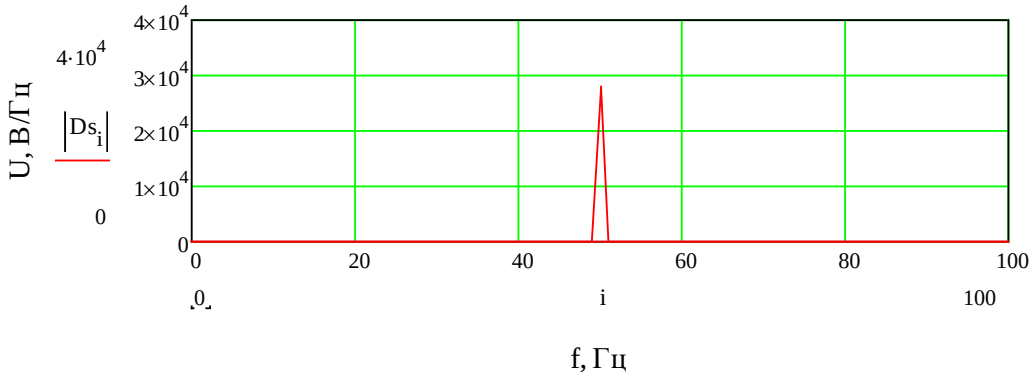


Рисунок 3. Спектральное представление продискретизированного питающего напряжения

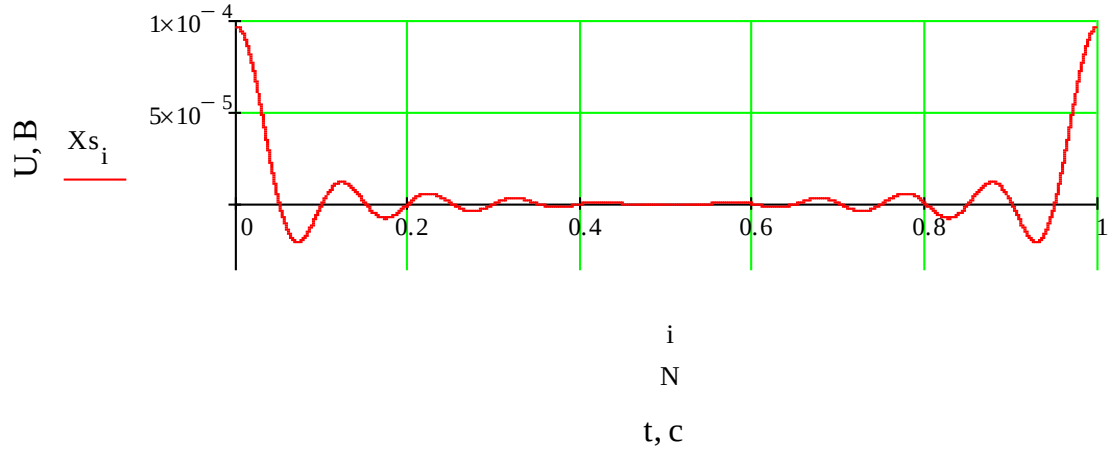


Рисунок 4. Импульсная характеристика фильтра нижних частот

Завершающий этап – фильтрация сигнала с выхода широтно-импульсного регулятора (Рисунок 5).

На Рисунке 5 мы можем наблюдать ровный сигнал. Резких всплесков в начале периода не обнаружено.

Из спектрального представления сигнала на Рисунке 6 мы можем сделать вывод, что фильтрация сигнала с выхода широтно-импульсного регулятора прошла успешно – большая часть спектральных составляющих подавлена, за исключением постоянной составляющей сигнала и спектральной составляющей модулирующего сигнала на частоте 400 Гц.

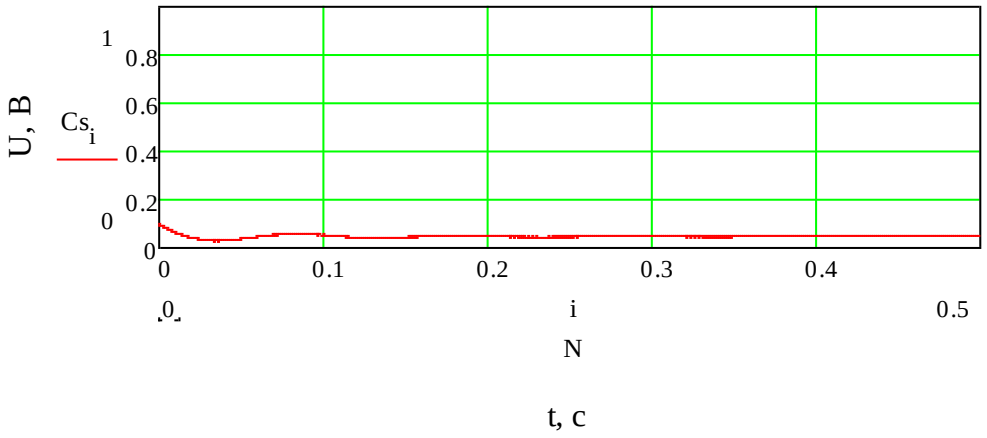


Рисунок 5. Временное представление сигнала на выходе второго фильтра нижних частот

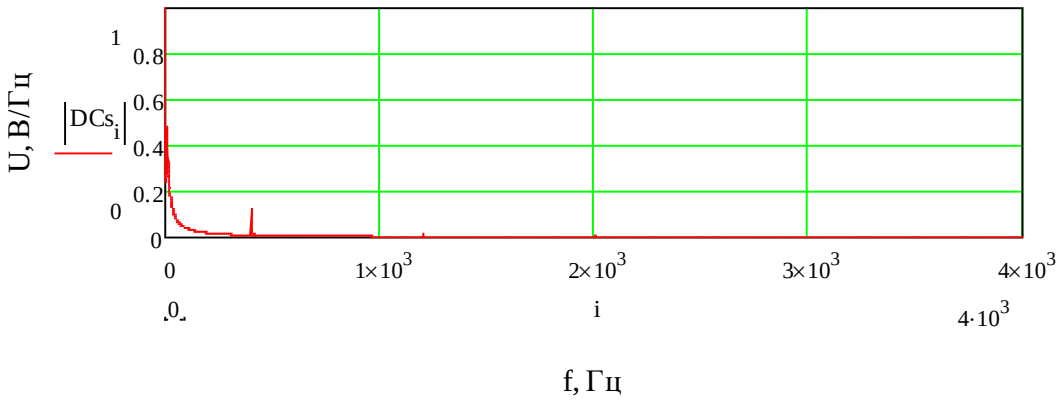


Рисунок 6. Спектральное представление сигнала на выходе второго фильтра нижних частот

Данная работа показывает нам возможность анализа виляния импульсных шумов источников дистанционного электропитания на прохождение сигнала в абонентских линиях, что в дальнейшем будет являться опорой для выявления наиболее значимых исходных параметров системы, значение которых существенно влияет на наличие шумов в линии.

Литература:

1. Баскаков С.И., Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов/ С.И. Баскаков. - М.: Высшая школа, 2005. С 130–142.

2. Батенков А. А. Алгоритм синтеза базиса ортонормированных функций для многоканальной передачи данных / Батенков А. А., Богачев Г. В., Батенков К. А. // Цифровая обработка сигналов. – № 2 – 2007. – с. 19–25.

3. Батенков А. А. Дискретизация линейного канала связи с памятью и аддитивным белым гауссовским шумом численным методом / Батенков А. А., Батенков К. А. // Математическое моделирование. – Т. 1. – № 1 – 2009. – с. 53–74.

4. Батенков К. А. Границы вероятности символьной ошибки для канала связи с логнормальными замираниями при использовании предыскажений и помехоустойчивого кодирования / Гусев В.В., Илюшин М.В., Катков О.Н., Мельников А.А., Стремоухов М.В. // Телекоммуникации. – 2018. – № 2. – С. 45–48.

5. Батенков К. А. Синтез детерминированных нелинейных дискретных отображений непрерывных каналов связи // Труды СПИИРАН. – 2016. – № 2 (45). – С. 75–101.

К.С. Давыдов, Г.В. Ухов, Т.Д. Фатхулин

АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ (SDN)

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: программно-конфигурируемые сети (SDN), технология, виртуализация, контроллер, коммутатор, потоки.

В статье рассмотрены предпосылки к созданию технологии программно-конфигурируемых сетей SDN (Software-Defined Networks), приведена концепция технологии. Описаны протокол OpenFlow и механизм работы коммутатора, использующего этот протокол, а также типы сообщений. Показаны преимущества применения виртуализации для реализации технологии SDN.

K.S. Davidov, G.V. Ukhov, T.D. Fatkhulin

ANALYSIS OF PRINCIPAL FEATURES OF SOFTWARE-DEFINED NETWORKS (SDN) TECHNOLOGY

Moscow Technical University of Telecommunications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: Software-Defined Networks (SDN), technology, virtualization, controller, switch, flows.

The article discusses the background to the creation of SDN (Software-Defined Networks), the concept of this technology is considered. The OpenFlow protocol and the work of the switch using this protocol are described, as well as the types of reports. The advantages of using virtualization for implementing SDN technology are shown.

Введение.

Стратегическим фактором развития современных инфокоммуникационных технологий (ИТ) являются сети связи, составляющие основополагающую инфраструктуру. Стоит отметить, что принципы архитектуры существующих сетей были определены более полувека назад, и в настоящее время сети связи часто не способны максимально эффективно и в полной мере удовлетворять возрастающие потребности рынка.

До недавнего времени сети строились с использованием проприетарного оборудования, функционал которого реализовывался аппаратно и был закрыт для внесения изменений владельцем сети. Основными поставщиками такого оборудования являются компании Cisco, Juniper Networks, NEC и др. С ростом количества и с увеличением разнородности передаваемых данных, а также с развитием сервисов произошло изменение парадигмы построения сетей и организации вычислений.

Все большее распространение получают ЦОДы (Центры обработки данных), облачные технологии и сети хранения данных, при этом количество мобильных пользователей превышает число фиксированных пользователей. Общий объем трафика в сети Интернет растет значительно быстрее, чем пропускная способность современных систем передачи при используемых методах и средствах управления передаваемым трафиком [1, 3 и 9].

Необходимо отметить, что одновременно с увеличением объема трафика значительно усложняются и задачи по управлению сетями. Причем возрастает их количество, значимость, и все это необходимо учитывать совместно с повышением безопасности и надежности сети.

Устройства, используемые до недавнего времени для построения сетей, постоянно усложнялись, так как им необходимо было поддерживать увеличивающееся количество стандартных протоколов. Важно и то, что устройства являлись проприетарными разработками с закрытыми интерфейсами. Все это приводило к тому, что провайдеры испытывали значительные проблемы при вводе новых сервисов, а для компаний-производителей устройств было сложно проводить модернизацию своего оборудования под требования провайдеров, также было много вопросов к обеспечению необходимой безопасности в сети.

В настоящее время актуален вопрос и импортозамещения. При вышеописанной ситуации большая часть отечественной телекоммуникационной инфраструктуры основана на иностранном оборудовании, следовательно, управление сетями ограничено возможностями такого оборудования.

Таким образом, существовали следующие предпосылки для создания новой технологии:

1. Научно-технический фактор – отсутствие необходимого контроля и возможности прогнозировать поведение современных сложных сетей;

2. Экономический фактор – необходимость проектировать, строить, обслуживать сети, состоящие из дорогостоящего оборудования, требующего специальной настройки;

3. Фактор развития сетей – существование серьезных проблем при создании новых сервисов в условиях устаревшей архитектуры сети;

Для решения вышеописанных проблем была разработана принципиально новая технология – SDN (Software Defined Networks) – программно-конфигурируемых сетей.

Цель статьи – провести детальный анализ ключевых особенностей технологии SDN, ее архитектуры и принципов работы. Методологическую основу статьи составляют методы теоретического анализа, сравнительный и описательный методы, а также метод обобщения.

Концепция технологии SDN.

Главное отличие технологии SDN от традиционных сетевых технологий заключается в разделении между уровнем управления сетью и уровнем передачи данных [6]. Это возможно осуществить при переносе функций управления сетевым оборудованием на специальные приложения, которые будут работать на отдельном сервере. Такой сервер становится контроллером в терминологии SDN.

Изначально идея такого построения сети была сформулирована еще в 2006 году [2,6 и 8], а в марте 2011 года эту идею активно поддержали крупные мировые компании, такие как Google, Facebook, Microsoft и др. Такой интерес мировых компаний был вызван перспективой повышения эффективности сетевого оборудования на 25-30% и снижением затрат на эксплуатацию примерно на треть, получением больших возможностей для создания новых сервисов, быстрой загрузкой их в сетевые устройства, а также в целом улучшением безопасности сети.

Все это привело к формулировке основных концепций технологии SDN:

1. Разделение уровней управления и передачи данных;

2. Применение виртуализации физических ресурсов сети;

3 Использование контроллера, на котором установлена сетевая операционная система (СОС) и работают сетевые приложения для централизации управления сетью;

4. Использование унифицированного интерфейса между уровнем управления сетью и уровнем передачи данных, который бы не зависел от поставщика сетевого оборудования, что снижало бы как сложность в настройке оборудования от разных поставщиков, так и расходы на обслуживание.

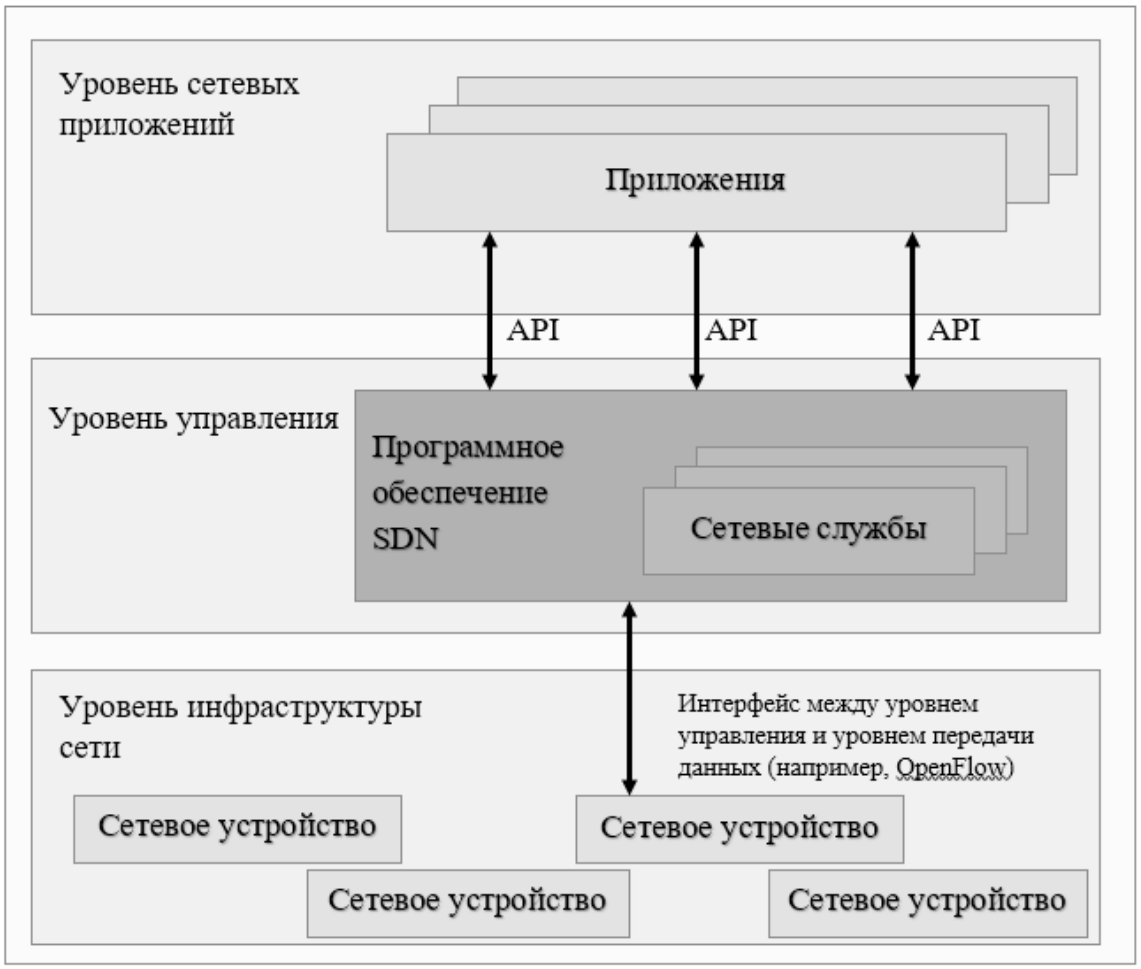
Архитектура технологии SDN.

На рисунке 1 представлена архитектура технологии SDN, состоящая из следующих уровней:

1. Уровень инфраструктуры сети – предоставляет сетевые устройства, такие как коммутаторы и каналы передачи данных;

2. Уровень управления – включает в себя СОС, обеспечивающую приложениям доступ к сетевым сервисам, а также программный интерфейс, с помощью которого происходит управление сетью и различными сетевыми устройствами;

3. Уровень сетевых приложений, обеспечивающий гибкое и эффективное управление сетью.



API (Application Programming Interface) – интерфейс программирования приложений, интерфейс прикладного программирования

Рисунок 1. Архитектура технологии SDN

Изначально одним из самых перспективных и развивающихся стандартов для SDN являлся OpenFlow для удаленного управления сетевым оборудованием. Он считается открытым стандартом, в нем описываются требования к коммутаторам, поддерживающим протокол OpenFlow.

Современные маршрутизаторы используются для решения двух основных задач: передачи данных (forwarding) и управления данными. Эти задачи соответствуют двум уровням:

1. Передачи данных (где находятся линии связи, маршрутизаторы, коммутаторы, каналообразующее оборудование);
2. Управления передачей данных (Рисунок 2).

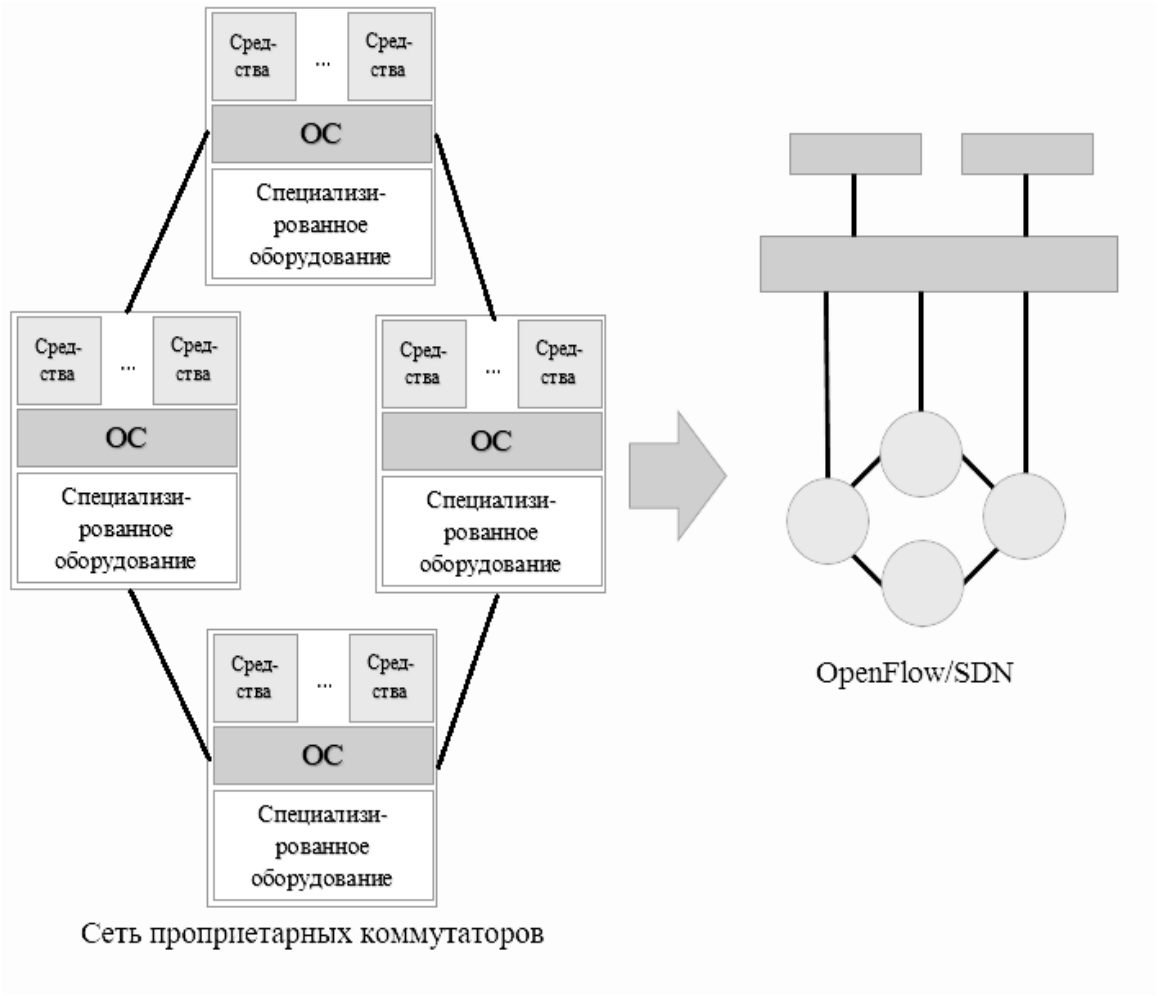


Рисунок 2. Сравнение сетей с технологией SDN и традиционной технологией

Протокол OpenFlow определяет, как контроллер должен взаимодействовать с коммутатором, при этом у каждого коммутатора должна содержаться одна или несколько таблиц потоков (flow tables), групповых таблиц (group table), а также должен поддерживаться канал связи с удаленным контроллером (OpenFlow channel). Таблица потоков имеет набор правил или записей о потоках (flow entries). При этом каждая запись имеет поля-признаки (match fields), набор инструкций (instructions) и счетчиков (counters), которые могут использоваться для сбора статистики.

Инструкции, связанные с каждой записью таблицы потоков, описывают действия над пакетом, такие как пересылка, модификация заголовка и обработка в групповых таблицах, в конвейере, либо пересылка на определенный порт. Для дальнейшей обработки пакетов и передачи информации между таблицами в виде метаданных применяются инструкции конвейера обработки. Работа счетчиков также определяется инструкциями.

Последовательность работы коммутаторов по протоколу OpenFlow:

1. У пришедшего на коммутатор пакета изымается битовая строка заголовка определенной длины;

2. Начиная с первой таблицы потоков, происходит поиск правила, имеющего наиболее схожее с заголовком пакета поле признаков;

3. Если было найдено совпадение, то к пакету и его заголовку применяется набор инструкций, определенных правилом;

4. При отсутствии необходимого правила в первой таблице пакет передается контроллеру, формирующему для пакетов этого типа правило и устанавливающему это правило на коммутаторе или нескольких коммутаторах, управляемых контроллером (в некоторых случаях пакет может быть уничтожен в соответствии с конфигурацией коммутатора).

Записи о потоках могут указывать на пересылку пакета на определенный порт, причем, это может быть как физический, так и виртуальный или же зарезервированный виртуальный порт. Последние могут работать без OpenFlow и определять такие общие действия, как пересылка пакетов контроллеру, широковещательная рассылка и др. Виртуальные порты, назначенные коммутатором, определяют как интерфейсы с обратной связью, так и группы агрегирования каналов, либо туннели.

Запись о потоке может также указывать на группы для дополнительной обработки, которые являются набором простых действий, таких как широковещательная рассылка, либо сложных действий (агрегирование каналов, изменение маршрутов и т.п.).

Применение механизма групп дает возможность эффективно управлять потоком. В групповых таблицах находятся записи о группах, содержащие список контейнеров действий для конкретного типа групп. Эти действия (из одного или нескольких контейнеров) применяются к пакетам, которые отправляются в группу.

Одно из главных преимуществ технологии SDN – свобода для разработчиков в реализации внутренней начинки коммутаторов, тем не менее семантика инструкций должна быть стандартизована. Все действия по установке, удалению и обновлению правил в таблицах потоков для коммутатора выполняются контроллером. Важно отметить, что правила устанавливаются либо в ответ на пришедших от коммутатора пакеты, либо заранее.

Важное отличие устройств, работающих по протоколу OpenFlow, от традиционных сетевых устройств заключается в том, что управление данными идет на уровне потоков, а не отдельных пакетов. Контроллер участвует в установлении правила на коммутаторе лишь для первого пакета, потом правило используется для всех остальных пакетов потока.

Таким образом, протокол OpenFlow позволяет реализовать идею об использовании унифицированного, сетевого оборудования и применении программно-управляемого интерфейса для связи контроллера и транспортной среды сети.

Протокол использует следующие типы сообщений:

1. Контроллер-коммутатор – исходят от контроллера и управляют, следят за состоянием коммутатора, а также позволяют собирать статистику, добавлять, удалять и модифицировать записи в таблицах потоков;

2. Асинхронные – исходят от коммутатора, используются для информирования контроллера о сетевых событиях, изменениях состояний коммутатора либо ошибках;

3. Симметричные – исходят либо от контроллера, либо от коммутатора без запроса, служат для установления соединения, измерении различного рода задержек, пропускной способности канала между контроллером и коммутатором, а также для проверки сети на живучесть.

Виртуализация сетей.

Технология SDN подразумевает применение виртуализации сетей для повышения эффективности использования сетевых ресурсов. При этом предполагается проведение изоляции сетевого трафика, то есть группирование некоторого числа потоков данных, у которых имеются различные характеристики, в рамках логической сети. Эта логическая сеть может делить общую физическую сеть с другими логическими, иногда называемыми сетевыми срезами (network slices) (Рисунок 3) [4, 5 и 7]. У каждого такого среза может иметься своя адресация, алгоритмы маршрутизации и др.

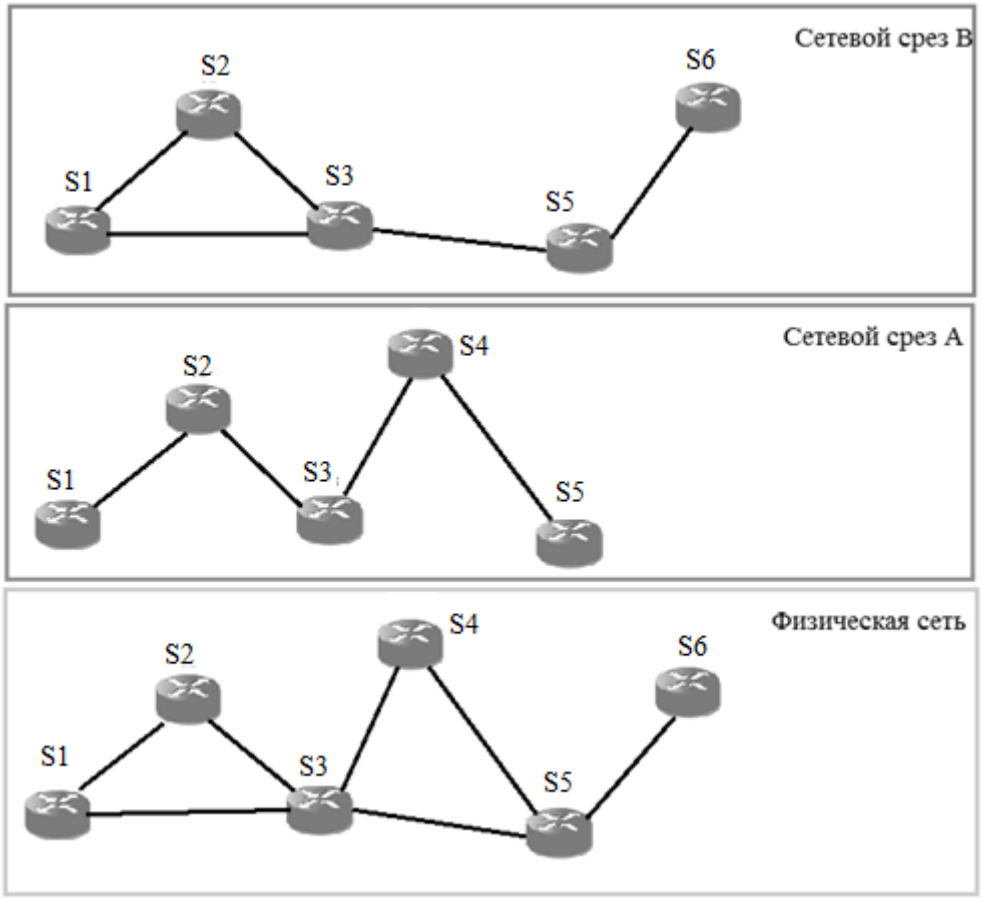


Рисунок 3. Применение виртуализации

Следует отметить следующие достоинства виртуализации:

1. Повышение эффективности распределения ресурсов сети;
2. Балансировка нагрузки;
3. Изоляция потоков от разных пользователей или приложений (при использовании одной физической сети);
4. Возможность использовать каждому администратору свои правила управления потоками данных, а также политики маршрутизации в разных срезах, использовать необходимые только в том или ином срезе сервисы;
5. Возможность проведения экспериментов в сети.

В качестве примера виртуализации сети можно привести программу-посредника (proxy) FlowVisor. Она действует на уровне между коммутаторами и контроллерами. Программа позволяет логическим сегментам сети использовать различные алгоритмы для управления потоками данных, тем самым обеспечить изоляцию данных различных сетей. Также эта программа позволяет выполнять

требующуюся модификацию сообщений для поддержания изолированных сегментов сети.

Заключение.

Таким образом, к преимуществам применения технологии SDN можно отнести следующее:

1. Повышение производительности, так как, используя технологию SDN, коммутаторы получают возможность увеличить скорость перемещения трафика;

2. Снижение расходов на управление сетью за счет применения виртуализации;

3. Добавление нового функционала к уже существующей сетевой архитектуре за счет применения программных средств SDN администраторами;

4. Повышение удобства управления, безопасности и упрощения выполнения других задач, так как вся сеть наблюдается в едином представлении.

В результате по ряду существенных параметров эта технология позволит разрешить наступающий сетевой кризис сетей связи и значительно оптимизирует управление сетью и экономические расходы.

Литература:

1. *Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д.* Анализ современного состояния транспортных сетей с целью внедрения технологии программно-конфигурируемых сетей (SDN) // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №6. С. 4-9.

2. *Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д.* Анализ технических характеристик транспондеров, используемых в транспортных программно-конфигурируемых сетях (T-SDN). // «Телекоммуникационные и вычислительные системы -2017» / Труды международной научно-технической конференции, 22 ноября 2017 г. Москва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – С. 46-47.

3. *Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д.* Анализ транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN) с управляемым оптическим уровнем с целью получения модели, позволяющей оценить возможность предоставления сервиса Bandwidth on Demand // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Т.12. №4. С.35-42.

4. *Деарт В.Ю., Фатхулин Т.Д.* Анализ процесса создания суперканала с необходимой пропускной способностью в сети, построенной по технологии транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN) // T-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №10. С. 23-30.

5. *Ефимушкин В.А., Ледовских Т.В., Корабельников Д.М., Языков Д.Н.* Обзор решений SDN/NFV зарубежных производителей // T-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2015. – Т. 9. – № 8. – С. 5-13.

6. *Смелянский Р.Л.* Программно-конфигурируемые сети // Открытые системы. 2012. - №9. - С.15-26.

7. *Фатхулин Т.Д., Денисова М.А., Колосова Е.Р.* Анализ технологии виртуализации сетевых функций (NFV) и проблем ее развития. // «Телекоммуникационные и вычислительные системы -2018» / Труды международной научно-технической конференции, 21 ноября 2018 г. Москва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – С. 130-131.

8. *Фатхулин Т.Д.* Разработка алгоритма предоставления гарантированной скорости передачи для пользователя в сетях, построенных по технологии транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN). // «Телекоммуникационные и вычислительные системы -2018» / Труды

международной научно-технической конференции, 21 ноября 2018 г. Москва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – С. 126-129.

9. *Deart V., Fatkhulin T.* Analysis of the Functioning of a Multi-Domain Transport Software-Defined Network with Controlled Optical Layer. Proceeding of the 21-st Conference of FRUCT Association, Finland, 6-10 November 2017, pp. 79-87.

М.А. Максимов, И.А. Молоковский

АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЮ MIMO

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

Ключевые слова: помехоустойчивость, сингулярное разложение, однородные, канальная матрица, оценка, корреляция, алгоритм, блок схема

В статье рассмотрен способ анализа помехоустойчивости систем радиосвязи, использующий технологию MIMO за счет внедрения в нее сингулярного разложения матрицы. Также приводится модель вычисления помехоустойчивости системы MIMO, для однородных и постоянных во времени каналов.

M.A. Maksimov, I.A. Molokovskiy

ANALYSIS OF NOISE STABILITY OF RADIO COMMUNICATION SYSTEMS USING MIMO TECHNOLOGY

State higher education establishment «Donetsk national technical university», Donetsk

Keywords: immunity stability, singular decomposition, uniform, channel matrix, evaluation, correlation, algorithm, block scheme

The article considers method of analyzing the noise immunity of radio communication systems using MIMO technology due to the introduction of a singular decomposition of the matrix. A model for calculating the noise immunity of the MIMO system is also given for homogeneous and time-constant channels.

С темпом роста беспроводных технологий все больше интереса представляет система MIMO (Multiple Input Multiple Output – Множественные входы, множественные выходы).

Целью данной работы является исследование методов оценки помехоустойчивости и системы MIMO за счет внедрения методики сингулярного разложения корреляционной матрицы. Для достижения указанной цели, потребовалось решение следующих задач:

- внедрить методику определения помехоустойчивости технологии MIMO за счет сингулярного разложения канальной матрицы;
- произвести необходимые расчеты в вычислительно программном продукте для получения и сравнения результатов.

Таким образом, в данной работе проводится внедрение оценки помехоустойчивости технологии MIMO за счет сингулярного разложения канальной матрицы. Данная методика оценки сравнивается с моделью вычисления помехоустойчивости системы MIMO, для однородных и постоянных во времени каналов.

Для начала рассмотрим методику сингулярного разложения канальной матрицы. Особенностью данного метода является выделение и расчет собственных значений подканала за счет сингулярного разложения матрицы.

Для определения помехоустойчивости системы MIMO данным медом необходимо соблюсти следующий алгоритм:

1. Требуется ввести исходные данные, которыми являются количество передающих M и приемных N антенн для системы MIMO, а также величину коэффициента корреляции r.
2. Затем приступаем к выбору вида корреляционной матрицы.
3. Далее вычисляем обобщенную корреляционную матрицу **R**MIMO.
4. Теперь создаем произвольную матрицу коэффициентов передачи **H** по формуле:

$$H = \sqrt{0{,}5} * rand(N, M) + j * rand(N, M), \tag{1.1}$$

где N и M являются количеством приемных, передающих антенн соответственно.

1. Затем необходимо расширить корреляционную канальную матрицу.
2. Подверженнее сингулярному разложению канальной матрицы.
3. Для дальнейшей работы требуется построение матрицы KQ.

$$\mathbf{KQR}\text{MIMO} = \begin{bmatrix} \frac{\eta_1 p_1 E_b}{2MN_0} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{\eta_2 p_2 E_b}{2MN_0} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{\eta_K p_K E_b}{2MN_0} \end{bmatrix}. \tag{1.2}$$

1. Вычисление собственных чисел матрицы **KQR** и **H**.
2. И, наконец, вычисляем помехоустойчивость, используя формулу:

$$\rho_{ош} = M\{\frac{1}{2}[1 - \sum_{i=1}^{F} \frac{\lambda_i^{F-1}}{\prod_{\substack{s=1 \\ i \neq s}}^{n} (\lambda_i - \lambda_s)} \sqrt{\frac{\lambda_i}{1+\lambda_i}}, \tag{1.3}$$

где K – количество подканалов, $F = K2$

Пользуясь приведенным выше алгоритмом вычисления помехоустойчивости, можно составить блок схему программного вычисления, которая приводится ниже.

Как можно заметить из рисунка 2, представленного выше, показано сравнение помехоустойчивости для системы MIMO с различным количеством приемо-передающих антенн для случая неоднородных каналов при величине корреляции 0.8. Анализируя данные рисунка 2 видно, что при вероятности ошибки 0.001 (10^{-3}) система $MIMO_{3x3}$ имеет энергетический выигрыш в 4 дБ в отношении системы $MIMO_{2x2}$. При таком же значении вероятности имеем, что со стороны $MIMO_{4x4}$ энергетический выигрыш сравнивая с системой $MIMO_{2x2}$ аж на 7 дБ. Отсюда следует, что с увеличением приемо-передающих антенн будет расти и помехоустойчивость.

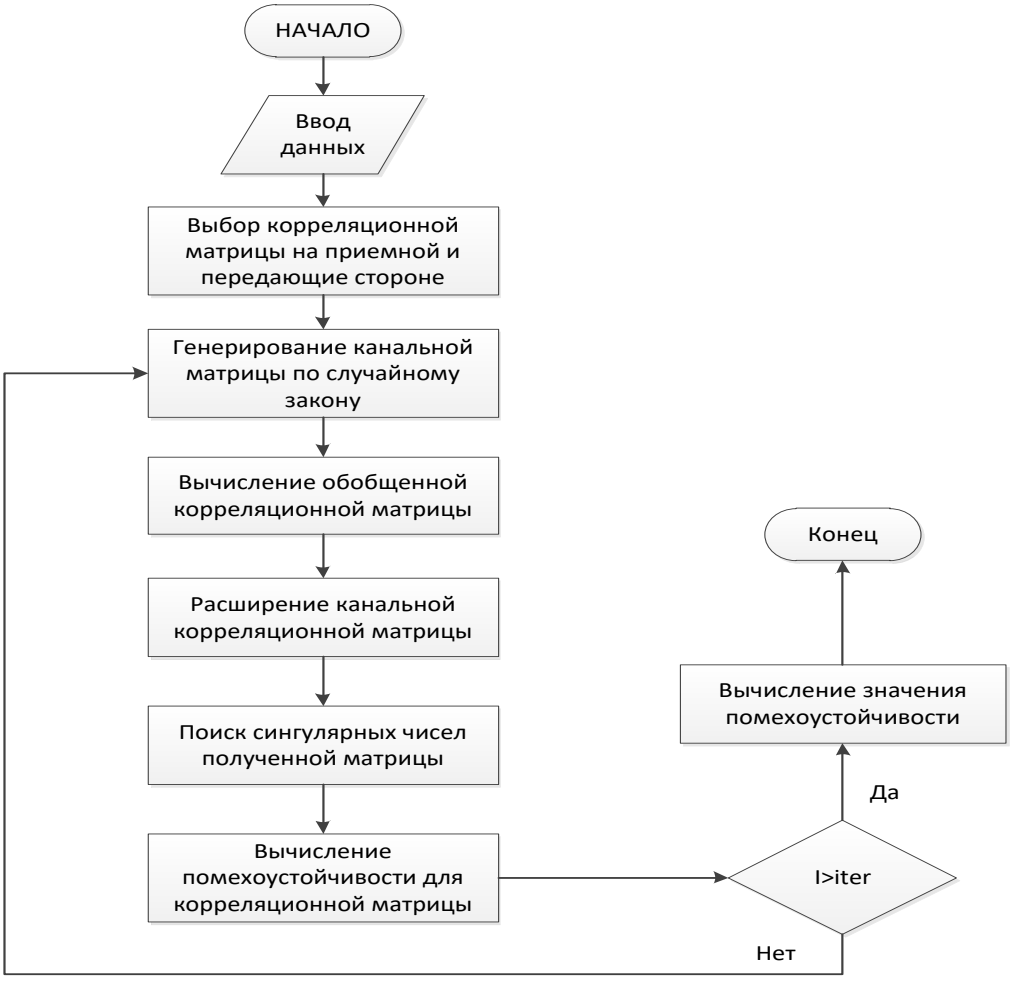


Рисунок 1. Блок схема алгоритма вычисления помехоустойчивости для системы MIMO за счет сингулярного разложении канальной матрицы.

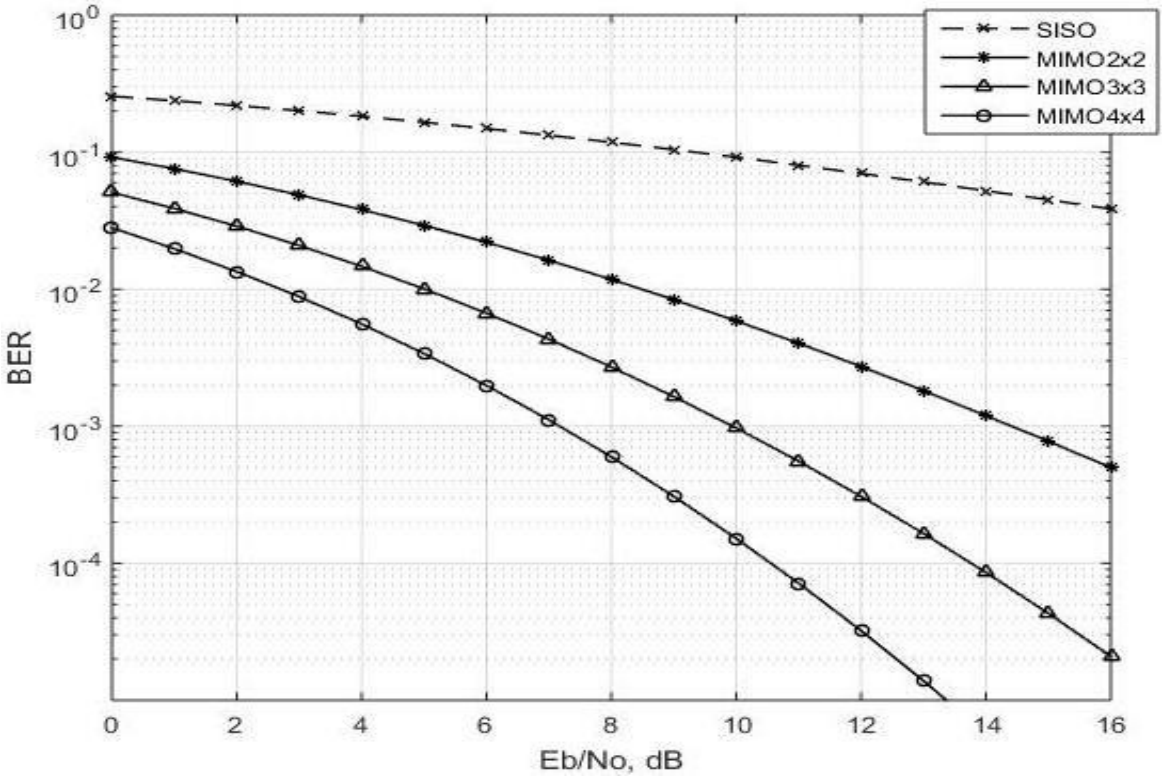


Рисунок 2. Зависимость вероятности ошибки для неоднородных каналов от Eb/N0, дБ системы MIMO различного порядка и коэффициента корреляции r = 0.8 , при двоично фазовой модуляция (BPSK).

Теперь рассмотрим метод вычисления помехоустойчивости системы MIMO для однородных и постоянных во времени каналов. Для вычисления помехоустойчивости данным методом также необходимо соблюсти алгоритм, который приводится ниже.

Алгоритм данной модели состоит из следующих шагов:

1. Необходимо ввести исходные данные, которыми является количество приемо-передающих антенн используемой системы MIMO и величина коэффициента корреляции R_{TX} и R_{RX}..
2. Затем выбираем вид корреляционной матрицы на приемной и передающей стороне в зависимости от количества антенн используемой системы.
3. Далее вычисляем обобщённую корреляционную матрицу для использованной системы MIMO, используя произведение Кронекера:
4. $$R_m = R_{TX}^T \otimes R_{RX} . \quad (1.4)$$
5. На следующем шаге вычисляем собственные числа обобщенной корреляционной матрицы для нашей системы.
6. И, на конец, вычисляем помехоустойчивость, используя формулу:
7. $$\rho_{ош} = \frac{1}{2}\left[1 - \sum_{k=1}^{n} \frac{\lambda_k^{n-1}}{\prod_{\substack{p=1 \\ p \neq k}}^{n} (\lambda_k - \lambda_p)} \sqrt{\frac{\lambda_k}{1+\lambda_k}}\right]. \quad (1.5)$$

Используя приведенный выше алгоритм, была составлена блок схема вычисления помехоустойчивости.

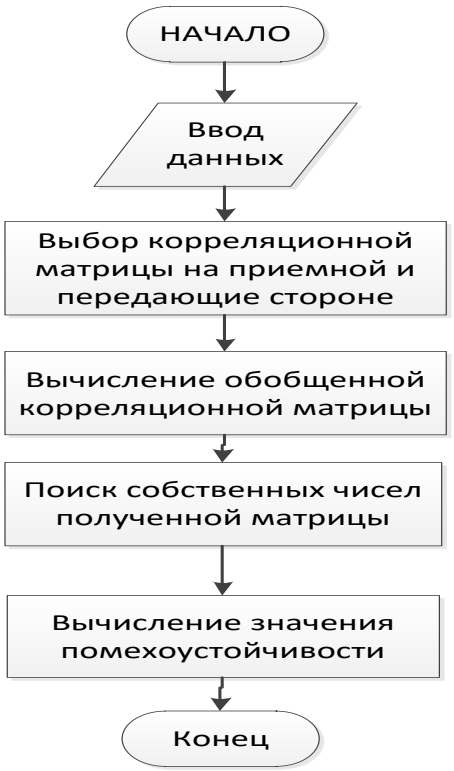


Рисунок 3. Блок схема алгоритма вычисления помехоустойчивости для системы MIMO в условиях однородного и постоянного во времени канала.

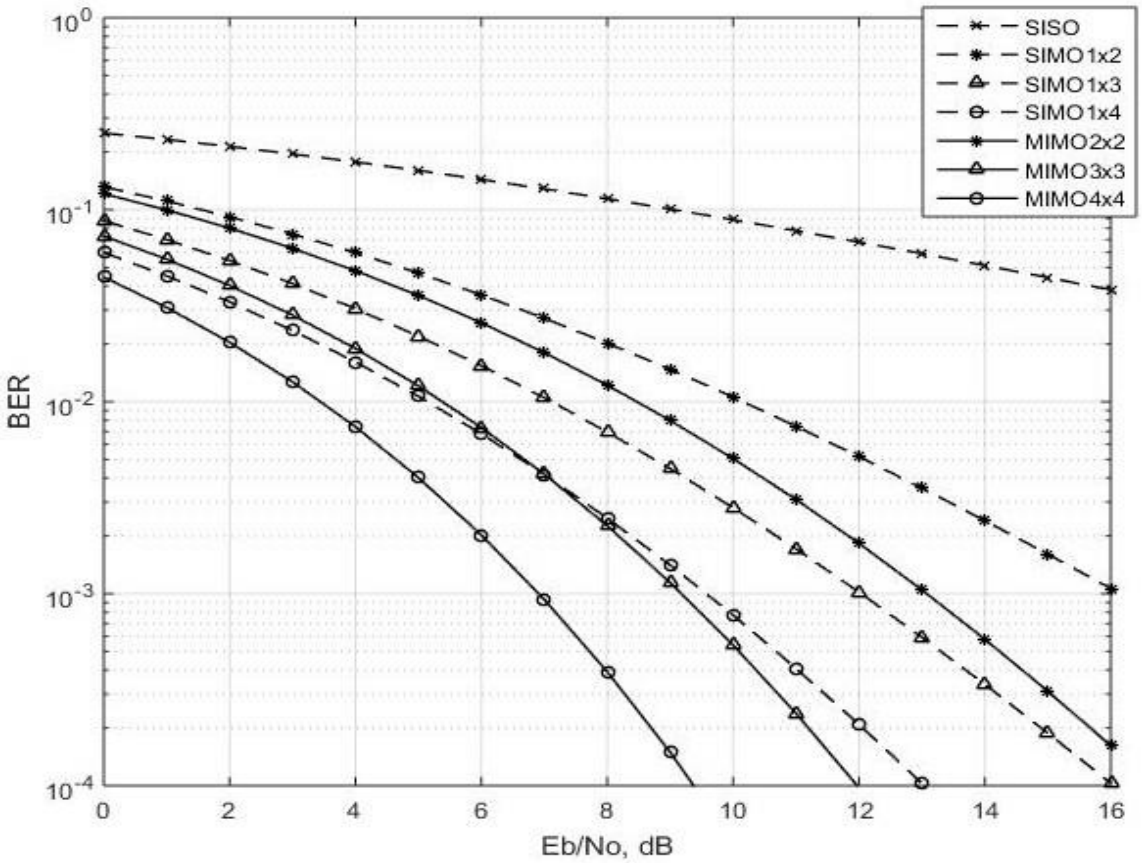


Рисунок 4. Зависимость вероятности ошибки от *Eb*/*N*0 для систем SIMO и MIMO при *r* =0.8, модуляция BPSK.

На рисунке 4 представлены графики помехоустойчивости для систем SIMO (Единичный вход, множественный выход) и MIMO которые были рассчитаны в специальном математическом пакете при величине корреляции 0.8. Из данного рисунка можно видеть получение следующих результатов:

1. Относительно системы MIMO, при величине вероятности ошибки равной 10^{-3} система $MIMO_{3x3}$ имеет энергетический выигрыш на 7 дБ в отношении системы $MIMO_{2x2}$. Что касается системы $MIMO_{4x4}$, то тут энергетический выигрыш уже составляет 9 дБ.

2. При том же значении вероятности ошибки выигрыш между $MIMO_{2x2}$ и $SIMO_{1x2}$ составляет 3 дБ. Также выигрыш между $MIMO_{3x3}$ и $SIMO_{1x3}$ составляет 3 дБ, а выигрыш между $MIMO_{4x4}$ и $SIMO_{1x4}$ равен 2.5 дБ.

Подводя итоги, можно сказать, что предложения методика расчета помехоустойчивости за счет внедрения сингулярного разложения канальной матрицы имеет меньшие результаты энергетического выигрыша по сравнению с методикой определения помехоустойчивости для однородных и постоянных во времени каналов. Сравнивая результат можно сказать, что выигрыш $MIMO_{3x3}$ относительно $MIMO_{2x2}$ использующий методику сингулярного разложения корреляционной матрицы уступает на 3 дБ в отношении методики определения помехоустойчивости для однородных и постоянных во времени каналов. Рассматривая систему $MIMO_{4x4}$, энергетический проигрыш составляет 2 дБ. Отсюда следует, что с увеличением количества приемо-передающих антенн и равномерного распределения нагрузки предложенная методика будет предпочтительнее, поскольку с увеличением антенн выигрыш будет только расти.

Литература:

1. W.C. Jakes. Microwave Mobile Communications//IEEE Press, New York, 1974. p.39-45.

2. H. H. Chen, Y. Y. C. Tsai, and W. Chang, "Uplink Synchronization Control Technique and its Environment-Dependent Performance Analysis," Electronics Letters, vol. 33, pp. 1555 -1757, Nov. 2003.

3. Лысяков Д.Н. Анализ и синтез адаптивной обработки сигналов в системах радиосвязи с параллельной передачей информации по пространственным подканалам: дис. … канд. физ. мат. наук. - Нижний Новгород , 2010. – 123с.

4. Hanzo, Lajos, 1952– MIMO-OFDM for LTE,WiFi, and WiMAX : coherent versus non-coherent and cooperative turbo-transceivers / by L. Hanzo, J. Akhtman, L. Wang, M. Jiang.

5. Андронов И. С., Финк Л. М. Передача дискретных сообщений по параллельным каналам. М.: Советское радио, 1971. 408 с.

6. Шорин О. А., Бабин А. И., Иванов А. М. Модель расчета пропускной способности системы подвижной радиосвязи ЗО в режиме речь-данные// «Фундаментальные исследования» № 12, 2007.

7. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь - Уч. пособие, 2012.

8. Hanzo, Lajos, MIMO-OFDM for LTE,WiFi, and WiMAX : coherent versus non-coherent and cooperative turbo-transceivers / by L. Hanzo, J. Akhtman, L. Wang, M. Jiang.1952, p 694.

9. Сикарев А.А. Фалько А.И. Оптимальный прием дискретных сообщений. М.: Связь, 1978. -328с.

10. Walke. Bernhard. [Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Band I und 2. English) Mobile radio networks / Bernhard H. Walke. - 2nd ed. 2002, p 1177.

11. Jankiraman Mohinder Space-time codes and MIMO system 2004 p 244.

12. Бакулин М. Г., Варукина Л. А., Крейнделин В. Б. Технология MIMO: принципы и алгоритмы. – М.: Горячаялиния – Телеком, 2014. – 244 с., ил.

13. Duman, Tolga M. Coding for MIMO communication system / Tolga M. Duman, Ali Ghrayeb. 2007, p 122.

14. Ernesto Zimmerman Complexity aspect in near- capacity MIMO detection-decoding 2007, p 183.

15. Bessai, Horst J. MIMO signal and system/ by Horst J Bessai 2006, p 205.

16. Liu, Hui, OFDM-based broadband wireless networks : design and optimization / Hui Liu, Guoqing Li. 1968, p 264.

17. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: учеб. пособ./Сукачев Э.А. – [3-е изд., перераб. и дополн.]. – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2013. – 256 с.

18. Erik Dahlman, Stefan Parkvall, and Johan Sköld 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband – 2011.

19. Немировский М.С. Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма, 2010.

20. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. М.: «Техносфера», 2006 г. - 288 с.

21. Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker LTE – The UMTS Long Term Evolution; 2009 John Wiley & Sons Ltd.

М.В. Деремов[1], Н.В. Руденко[1], В.В. Ершов, Г.З. Махаури

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ СВЯЗИ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия[1]
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: электроснабжение автономных объектов связи, вертикально-осевые ветроэнергетические установки, вихревые ветроэнергетические установки, повышенная устойчивость и надёжность.

В статье рассмотрен вопрос о возможности использования ветроэнергетических установок для электроснабжения автономных объектов связи Крайнего Севера. Был проведен сравнительный анализ двух типов ветрогенераторов: с горизонтальной и с вертикальной осями вращения. Показано, что для электроснабжения объектов связи в условиях постоянных ветров целесообразно применение вертикально-осевых ветроэнергетических установок. На основе особенностей вертикальных ветрогенераторов, была предложена вихревая ветроэнергетическая установка. Основными ее преимуществами являются повышенная устойчивость к буревым ветрам, повышенная надёжность и упрощение технологии эксплуатации.

M.V. Deremov[1], N.V. Rudenko[1], V.V. Ershov, G.Z. Mahauri

THE ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF USING WIND TURBINES FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY OF OBJECTS OF COMMUNICATION OF THE FAR NORTH

Federal State Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia[1]
North Caucasus Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State budgetary educational institution of higher education «Moscow Technical University of Communications and Informatics», Rostov-on-Don, Russia

Key words: power supply of Autonomous communication facilities, vertical-axial wind power plants, vortex wind power plants, increased stability and reliability.

The article discusses the possibility of using wind power plants for power supply of Autonomous communication facilities of the Far North. A comparative analysis of two types of wind turbines was carried out: with horizontal and with vertical axes of rotation. It is shown that for the power supply of communication facilities in conditions of constant winds it is advisable to use vertical-axial wind power plants. Based on the features of vertical wind turbines, a vortex wind power plant was proposed. Its main advantages are increased resistance to stormy wind, increased reliability and simplification of the technology of operation.

Введение с обоснованием решаемой задачи.

Использование энергии ветра для электропитания автономных объектов связи Крайнего Севера имеет большие перспективы. Это обусловлено следующим.

1. Основным условием успешной хозяйственной, политической и оборонной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации служит развитие транспортной системы, ключевым элементом которой является Северный морской путь (СМП). Президентом России поставлена задача довести грузооборот по СМП до 80 миллионов тонн к 2024 году. Для достижения этой прорывной цели предстоит решить ряд крупных задач, в том числе в области развития инфраструктуры СМП. В эту инфраструктуру входят средства навигационно-гидрографического, гидрометеорологического обеспечения и связи [1]. Энергоснабжение этих объектов является актуальной задачей.

2. Централизованное электроснабжение в условиях Крайнего Севера отсутствует. В условиях вечной мерзлоты опоры линий электропередачи установить не представляется возможным. Поэтому в Северных районах нашей страны работает свыше 6000 дизельных электростанций (ДЭС), которые имеют мощность свыше 3 млн. кВт [2]. Около половины этих ДЭС работает ненадежно, что связано с перебоями в поставках топлива и высокими ценами на привозное топливо. В отдаленные районы Крайнего Севера и Дальнего Востока топливо доставляется по железным или автомобильным дорогам, а иногда и вертолетом, а также речным и морским транспортом с ограниченным сроком навигации. Такие поставки ненадежны и дороги. Стоимость ежегодного «северного завоза» топлива в районы Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 2016-2017 гг. превышает 100 млрд. рублей [3]. Это требует повышения энергоэффективности и надежности электроснабжения, снижении вредного влияния на экологию.

3. Благоприятными предпосылками для использования энергии ветра в прибрежных районах Арктики являются [2, 4]:

- высокий потенциал ветра, характеризующийся среднегодовыми скоростями 6–9 м/с на высоте 10 м от поверхности земли (Рисунок 1).
- стабильность поступления ветровой энергии в многолетнем разрезе. Колебание среднегодовых скоростей ветра составляет в среднем 3–6 %, годовой выработки энергии ветроэнергетической установкой (ВЭУ) – около 9 %;
- зимний максимум скоростей, совпадающий с сезонным увеличением потребления электрической и тепловой энергии.

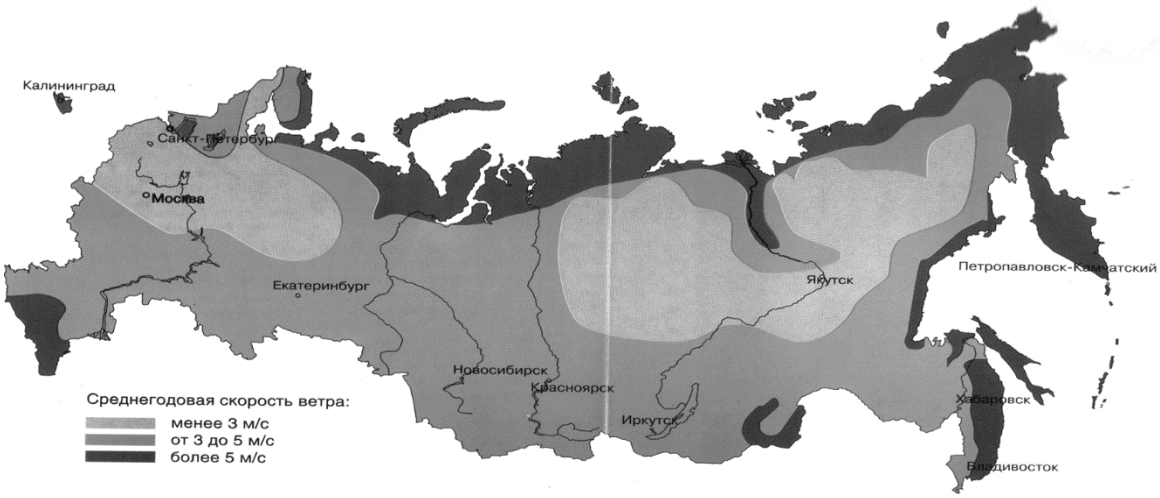


Рисунок 1. Ветровые ресурсы России (скорость ветра на высоте 10 м)

Поскольку ветер является бесплатным источником энергии, все расходы на производство электроэнергии сводятся к первоначальным вложениям на приобретение ВЭУ. Отсюда единственным действительно серьезным препятствием является высокая стоимость этих установок. Однако в настоящее время цена на электроэнергию делает ее производство ветроэнергетическими установками полностью конкурентоспособным по сравнению с производством электроэнергии с помощью ДЭС [5, 6].

Таким образом, использование ВЭУ как первичного источника энергии для электроснабжения автономных объектов связи Крайнего Севера является актуальной задачей.

Результаты исследований.

Задача формулируется следующим образом. Требуется разработать предложения по выбору типа ВЭУ для электроснабжения автономных объектов связи Крайнего Севера на основе анализа характеристик известных устройств.

Для решения задачи необходимо провести анализ характеристик известных типов ветрогенераторов. В настоящее время в практике достаточно хорошо известны и широко используются два типа ВЭУ: с горизонтальным и вертикальным расположением осей вращения привода установки [6, 7]. Их рабочие свойства оцениваются рядом технических характеристик, основные из которых представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика горизонтально- и вертикально-осевых ВЭУ

Тип ВЭУ	Критерии оценивания			
1	2	3	4	5
	Экологичность	Надежность	Размещение	Стоимость
Горизонтально-осевые	- уровень аэродинамических шумов составляет от 40 до 60 дБ [20]; - электромагнитные помехи больше [20]; - представляют опасность для птиц [20].	-наличие системы ориентации на ветер снижает надежность (до 13%; - большинство отказов приходится на системы ориентации [8].	Нецелесообразно размещение близ городских построек (экологический фактор) [20].	Стоимость вертикальных ВЭУ на сегодняшний день гораздо превышает стоимость горизонтальных.
Вертикально-осевые	- уровень аэродинамических шумов составляет от 35 до 50 дБ [20]; - электромагнитные помехи меньше [20]; - представляют значительно меньшую опасность для птиц [20].	Не зависит от направления ветра, в связи с чем отпадает необходимость в механизмах и системах ориентации на ветер [9, 10].	Размещение возможно в любой местности, даже на крышах домов [9, 20].	Зачастую это превышение может быть расценено в соотношении 1:2 или даже 1:3 [19].

Из таблицы 1 видно, что ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения значительно уступают ветрогенераторам с вертикальной осью. Разница в стоимости за установку существенно перекрывается стоимостью обслуживания.

Ограниченная возможность размещения горизонтальных ВЭУ, пониженная надежность в сравнении с вертикальными ВЭУ, а также более трудоёмкое техническое обслуживание в температурных условиях Крайнего Севера является серьезным препятствием для использования горизонтальных ВЭУ [4].

Анализ вертикально-осевых ветрогенераторов.

В настоящее время известно несколько видов вертикально-осевых ВЭУ. Сравнительная характеристика представлена в Таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная характеристика вертикально-осевых ВЭУ

Виды вертикально-осевых ВЭУ	Критерии оценивания			
	Уровень шума	КПД	Использование энергии ветра	Удобство эксплуатации и тех. обслуживания
1	2	3	4	5
Ротор Савониуса	~20 Дб [12]	~18% [16]	Не требуют определенного направления ветра. Работа при минимальной скорости ветра 0.3 м/с [12].	Простая конструкция снижает расходы на дальнейшее обслуживание [16].
Ротор Дарье	При очень сильных ветрах возникает сильный шум, переходящий в визг, а уровень вибрации может привести к разрыву ленты лопасти [17].	38% [16]	Даже при небольшой скорости ветра механизм является быстроходным [17].	Легко монтируются. Конструкция простая и понятная. Начинают работать от запуска вручную [6].
Геликоидный ротор	Стабилизация скорости вращения, за счет которой снижается шум [18].	40%; При большом количестве лопастей снижается [11].	Лопасти выполнены в форме геликоидной кривой, что придаёт конструкции более равномерное вращение и снижает нагрузки на опорную часть. Изгиб лопастей ротора по диагонали способствует быстрому набору скорости. Эффективность использования ветрового потока близка к горизонтальным ВЭУ [7].	Вращение происходит равномерно благодаря закрученным лопастям. Подшипники не подвержены быстрому износу, что значительно продляет срок эксплуатации [6].
Многолопастный ротор	Звуковой фон очень высокий [6].	Достаточно высокий из-за чувствительности к потокам ветра [6,14].	Конструкция позволяет работать даже при максимально низких скоростях ветра [14].	Внешний лопастной ярус работает как направляющий аппарат. Он улавливает ветряной поток, захватывает его, сжимает и таким способом заметно увеличивает фактическую скорость ветра [14]. Генерирует больший ток [6].
Ортогональный ротор	~30 дБ [6]	Используют энергию ветра не полностью из-за не-высокой скорости вращения ротора [6].	Использование генераторов возможно даже при слабом ветре. Начинает вырабатывать энергию при скорости ветра в 0,7 м/сек. Не настраиваются на ветровые потоки, так как не зависят от его направления [6].	Устанавливаются на короткой мачте, что позволяет производить обслуживание систем на земле [6].

Каждый из рассмотренных вертикально-осевых ветрогенераторов имеет свои достоинства и недостатки. Анализ существующих ВЭУ позволил получить новую модель, которая имеет все необходимые на Крайнем Севере свойства.

Разработка технических рекомендаций по проектированию ВЭУ.

С учётом выше указанных критериев в Донском государственном техническом университете (г. Ростов-на-Дону) разработана полезная модель вихревой ВЭУ, которая может быть использована для энергосбережения автономных объектов связи Крайнего Севера [21].

Задача предлагаемого устройства - повышение срока безопасной эксплуатации с одновременным устранением низкочастотной вибрации и повышением устойчивости устройства за счет создания жесткой конструкции, закрепления ротора, по меньшей мере, в двух подшипниковых узлах, а также возможности снижения центра масс устройства путем установки генератора ЭДС на уровне нижней части опор раструба.

Сущность полезной модели поясняется рисунком 3, где представлена предлагаемая конструкция устройства для преобразования кинетической энергии ветра в механическую энергию.

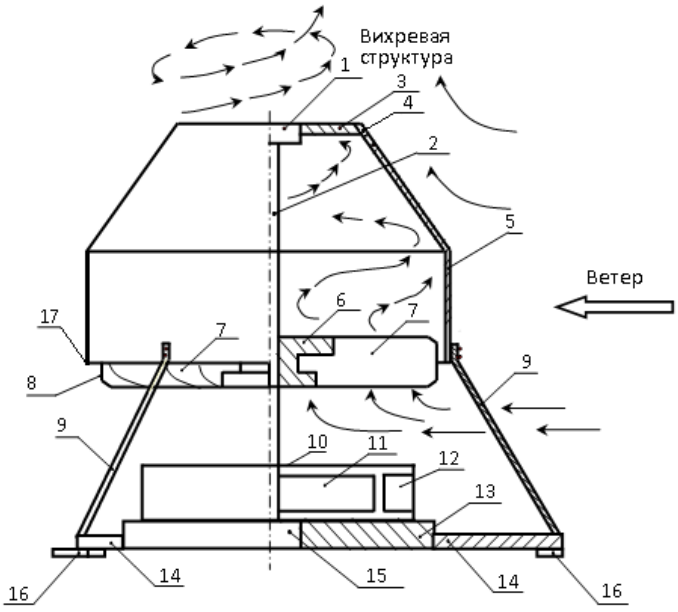


Рисунок 2**.** Конструкция вихревой ветроэнергетической установки

Работа вихревой ветроэнергетической установки. При обдуве ветром лопастей 7 ротора вал 2 ротора начинает вращаться, создавая перепад скоростей слоев воздуха в пространстве между нижним 17 и верхним 4 срезами раструба 5, в результате чего возникает устойчивый вихревой воздушный поток, который обеспечивает преобразование энергии ветра в механическую энергию вращения ветроколеса, содержащего диск 6 и лопасти 7, и вала 2 ротора. Вал 2 ротора через подшипниковый узел 15 связан с силовой крестовиной 13 на уровне нижней части опор 9 раструба 5. Благодаря этому снижаются вибрации в вертикальной плоскости по причине исключения реакций со стороны опор 9 на раструб 5 в вертикальной плоскости.

Раструб 5 устанавливается на опорах 9, по меньшей мере, трех по условиям устойчивости, например, при трех опорах угловое расстояние между ними целесообразно выбрать 120°; при четырех опорах - 90° и т.д.

Снижение вибраций и уменьшение колебаний вала 2 в горизонтальной плоскости обеспечивается подшипниковым узлом 1, соединяющим вал 2 ротора с

силовой крестовиной 3, которая жестко связана с раструбом 5 на уровне верхнего среза 4 раструба.

Пространственное расположение генератора ЭДС 10 на силовой крестовине 13 уменьшает высоту центра масс всех вращающихся элементов и в целом всей конструкции устройства, что повышает ее устойчивость, а, следовательно, снижаются реакции в подшипниковых узлах на уровне верхнего и нижнего срезов раструбов, продлевается ресурс подшипниковых узлов, способствуя упрощению технологии эксплуатации.

Названная модель позволяет использовать малые ветра и низкопотенциальные тепловые восходящие потоки, снизить низкочастотную вибрацию, а также имеет повышенную устойчивость, что положительно сказывается в буревых условиях.

Выводы.

На основе выполненного сравнительного анализа характеристик разных типов ВЭУ можно сделать следующие выводы.

1. На основе критериев экологичности, надёжности и удобства установки и обслуживания целесообразно использовать вертикальные ВЭУ для электроснабжения автономных объектов связи Крайнего Севера.

2. На основе климатических особенностей Крайнего Севера, а также особенностей вертикальных ветрогенераторов, была предложена вихревая ВЭУ. Основными ее преимуществами являются повышенная устойчивость к буревым ветрам, повышенная надёжность и упрощение технологии эксплуатации.

Литература:

1. Развитие инфраструктуры Северного морского пути как элемента единой Арктической транспортной системы. Аналитическое управление Аппарата Совета Федерации. [Электронный ресурс]: URL: http://council.gov.ru/media/files/OSyfvhj7jATLDcjHeXRgdwxDMD1617jT.pdf (дата обращения 12.04.2019 г.)

2. Ресурсы и эффективность использования источников энергии в России/ Коллектив авторов. СПб.: Наука, 2002. 314 с.

3. Анализ нынешнего положения изолированных систем энергоснабжения с высокими затратами на энергию. [Электронный ресурс]: URL: http://www.cenef.ru/file/Discussion_paper1.pdf (дата обращения 12.04.2019 г.)

4. Безуглова М. А. Проблемы развития нетрадиционной энергетики Севера России на примере Баренцрегиона // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2007. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-razvitiya-netraditsionnoy-energetiki-severa-rossii-na-primere-barentsregiona (дата обращения: 25.04.2019).

5. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности энергоснабжения в северных регионах России. [Электронный ресурс]: URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6616 (дата обращения 12.04.2019 г.)

6. Основные виды ветрогенераторов: вертикальные, горизонтальные. [Электронный ресурс]: URL: https://tcip.ru/blog/wind/osnovnye-vidy-vetrogeneratorov-vertikalnye-gorizontalnye.html (дата обращения 14.04.2019 г.)

7. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения российского производства. [Электронный ресурс]: URL: http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryi-s-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/ (дата обращения 09.04.2019 г.).

8. Конструкции ВЭУ, горизонтально-осевые и вертикально-осевых роторы. [Электронный ресурс]: URL: http://vetrodvig.ru/tipy-vetroenergeticheskix-ustanovok/chto-luchshe-vertikalno-ili-gorizontalno-osevaya-veu/ (дата обращения 14.04.2019 г.).

9. Преимущества и недостатки ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осью вращения. [Электронный ресурс]: http://vetrodvig.ru/preimushhestva-i-nedostatki-vetrogeneratorov-s-vertikalnojj-i-gorizontalnojj-osyu-vrashheniya/ (дата обращения 14.04.2019 г.).

10. Ветрогенераторы. Устройство, виды и особенности. [Электронный ресурс]: https://avtonomny-dom.ru/vetrogeneratoryi/tipyi-vetrogeneratorov.html (дата обращения 14.04.2019 г.).

11. Асинхронный ветрогенератор. [Электронный ресурс]: http://library.eltech.ru/files/vkr/2017/bakalavri/3491/2017ВКР349139Федоров.pdf (дата обращения 16.04.2019 г.).

12. Ротор Савониуса: описание, принцип работы. Ветрогенератор с вертикальной осью вращения. [Электронный ресурс]: http://fb.ru/article/466735/rotor-savoniusa-opisanie-printsip-rabotyi-vetrogenerator-s-vertikalnoy-osyu-vrascheniya (дата обращения 14.04.2019 г.).

13. Ветрогенераторы. Устройство, виды и особенности. [Электронный ресурс]: https://avtonomny-dom.ru/vetrogeneratoryi/tipyi-vetrogeneratorov.html (дата обращения 14.04.2019 г.).

14. Вертикальный ветрогенератор своими руками: как собрать ветряк с вертикальной осью вращения. [Электронный ресурс]: https://sovet-ingenera.com/eco-energy/generators/vertikalnyj-vetrogenerator-svoimi-rukami.html (дата обращения 14.04.2019 г.).

15. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения российского производства [Электронный ресурс]: http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryi-s-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/ (дата обращения 16.04.2019 г.).

16. Анализ плюсов и минусов вертикальных ветрогенераторов малой мощности. [Электронный ресурс]: http://www.biowatt.com.ua/informatsiya/analiz-plyusov-i-minusov-vertikalnyh-vetrogeneratorov-maloj-moshhnosti/ (дата обращения 18.04.2019 г.).

17. Ротор Дарье [Электронный ресурс]: https://ekoenergia.ru/energiya-vetra/rotor-dare.html (дата обращения 18.04.2019 г.).

18. Вертикальный ветрогенератор: принцип работы. [Электронный ресурс]: https://energo.house/veter/vertikalnyj-vetrogenerator-printsip-raboty.html (дата обращения 20.04.2019 г.).

19. Вертикальные или горизонтальные ветрогенераторы. [Электронный ресурс]: http://ecoenergy.org.ua/vetrogeneratory/vertikalnye-ili-gorizontalnye-vetrogeneratory.html (дата обращения 18.04.2019 г.).

20. Что лучше - вертикальный или горизонтальный ветрогенератор? Преимущества и недостатки [Электронный ресурс]: URL: http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/ vertikal/148-chto-luchshe-vertikalnyy-ili-orizontalnyy-vetrogenerator-preimuschestva-i-nedostatki.html. (дата обращения 18.04.2019 г.).

21. Руденко Н.В., Ершов В.В., Пугачев И.В. Устройство для преобразования кинетической энергии ветра в механическую энергию: патент на полезную модель № 182523 Рос. Федерация. № 2018104927; заявл. 09.02.2018; опубл. 22.08.2018. Бюл. № 24.

22. Попель О. С. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии. [Электронный ресурс]: URL: https://ecoteco.ru/id97/ (дата обращения 24.04.2019 г.).

Н.В. Болдырихин[1], А.А. Манин[1],
И.П. Рыбалко[1,2], С.А. Качнов[2]

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ZIGBEE

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия[2]

Ключевые слова: сеть связи, сенсорные сети, беспроводные сети, сети ZigBee.
Рассмотрены достоинства, особенности реализации сетей ZigBee.

N.V. Boldyrikhin[1], A.A. Manin[1],
I.P. Rybalko[1,2], S.A. Kachnov[2]

ANALYSIS OF ZIGBEE TECHNOLOGIES

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia[2]

Keywords: communication network, sensor networks, wireless networks, ZigBee networks.
Considered the advantages, features of the implementation of ZigBee networks.

В настоящее время активно развиваются существующие, а также появляются новые сетевые технологии [1-8]. Беспроводные сети уже сейчас значительно потеснили проводные, и в будущем эта тенденция сохранится, что обусловлено постепенным внедрением новой концепции развития сетей: «Интернет вещей». Под эту концепцию уже разработали новые сетевые стандарты, одним из которых является, стандарт ZigBee.

Стандарт ZigBee — технология беспроводной связи, созданная специально для передачи небольшого трафика на относительно небольшие расстояния, при этом потребление энергии аппаратными средствами сводится к минимуму [6-8].

Особенностью технологии ZigBee является стек протоколов, который построен на основе модели OSI (Open System Interconnection). Нижние уровни данного стека регламентируются стандартом IEEE 802.15.4, они определяют физический слой, а также уровень управления доступом к среде передачи данных. Остальные уровни регламентируются спецификацией технологии ZigBee и производителями устройств.

Стандарт IEEE 802.15.4 был разработан в 2001 году Институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE). Сети на основе стандарта IEEE 802.15.4 представляют собой альтернативу проводным сетям в распределенных системах мониторинга и управления и отличаются более гибкой архитектурой, требуют меньших затрат при их установке и эксплуатации [6-8].

Рассмотрим более подробно стандарт IEEE 802.15.4. Данный стандарт определяет физические параметры передатчиков:

- диапазоны частот - 169 МГц, 315 МГц, 433 МГц, 490 МГц, 780 МГц, 868 МГц, 915 МГц, 2,4 ГГц;
- число радиочастотных каналов 1-16;
- тип модуляции - QPSK, BPSK, 2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK, FM.

На уровне доступа к среде (MAC- уровень), описывается информационная структура радиосигнала, число устройств, которым адресуется информация. Кроме того, определяются алгоритмы проверки целостности данных, реализуются механизмы оценки качества радиоканала, так же реализуется процедура предотвращения коллизий. Помимо этого, на уровне MAC реализуется шифрование информации по алгоритму AES (128-битное шифрование).

На уровне MAC обеспечиваются различные сетевые топологии, такие как «точка-точка», «звезда», «многоячейковая сеть».

Режим передачи данных может быть как потоковым, так и пакетным.

Данный стандарт позволяет использование протокола множественного доступа к среде с контролем несущей и предотвращением коллизий (CSMA-CA), который позволяет предотвратить нежелательные взаимодействия.

В рамках стандарта 802.15.4 используется несколько видов манипуляции: фазовая манипуляция (phase shift keying — PSK), частотная манипуляция (frequency shift keying — FSK), амплитудная манипуляция (amplitude shift keying — ASK).

Спецификация стека ZigBee предусматривает наличие в сети трех типов устройств: координаторов, маршрутизаторов и оконечных устройств [6-8] (рис.1).

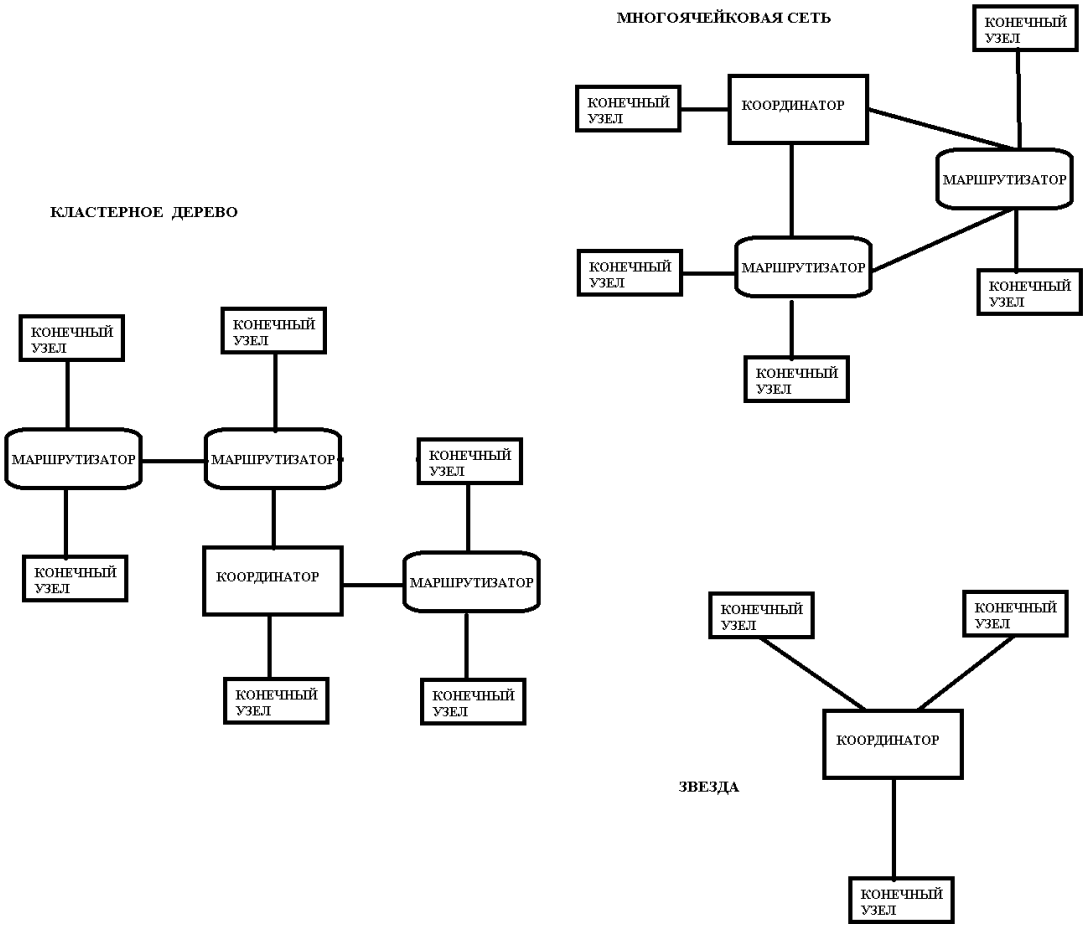


Рисунок 1. Топологии сетей ZigBee

Координаторы управляют подчиненными узлами сети, хранят информацию о файлах настройки, определяют частотные каналы, задают идентификаторы сети. Могут выступать как источники, приемники и ретрансляторы сообщений.

Маршрутизаторы определяют путь доставки сообщения, так же некоторые маршрутизаторы могут оптимизировать маршруты к определенным точкам, а так же хранить эти маршруты с возможностью дальнейшего использования.

Оконечные устройства не могут быть ретрансляторами, а выступают только в качестве источника или приемника сообщений.

Технолллогия ZigBee позволяет создавать сети различной конфигурации (Рисунок 1). На сетевом уровне стека обеспечивается сканирование сети для поиска активных каналов, идентификации устройств, создания новых участков сети на незадействованных каналах, объединение с существующей сетью, функции маршрутизации. Такой протокол дает возможность устройствам автоматически появляться в сети и выходить из нее, без нежелательных сбоев в работе сети благодаря наличию альтернативных маршрутов к каждому узлу [6-8].

Стандарт ZigBee обладает целым рядом преимуществ: простота установки, настройки и эксплуатации. Легкость развертывания сетей со сложной динамической топологией, поддержка устройств различных производителей, достаточно низкая стоимость оборудования. Стандарт ZigBee предполагает использование радиочастот, не требующих лицензирования. Но самые главные преимущества заключаются в сверхмалом энергопотреблении микросхем и возможности

развертывания сетей, объединяющих огромное количество радиосенсеров без дополнительной адаптации.

Литература:

1. Шулева Н.О., Болдырыхин Н.В. Сравнительный анализ технологий стандарта IEEE 802.11X. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2014. № 1. С. 165-166.

2. Негрышева Я.В., Харитонова Н.В., Болдырихин Н.В. Перспективы использования технологий PON в современных сетях связи. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2014. № 1. С. 165-166.-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2013. № 1. С. 163-165.

3. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П., Сосновский И.А., Яровой А.В.* Управление наблюдениями за потоками информационных процессов в измерительной системе // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2015. - № 1. - С. 374-379.

4. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П., Сосновский И.А., Гирин И.С.* Применение динамических моделей при описании сетевого оборудования в задачах мониторинга // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 1. С. 70-73.

5. Сосновский И.А., Манин А.А., Болдырихин Н.В. Специальное программное обеспечение для моделирования процессов коммутации в сетях ETHERNET. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. № 1. С. 227-231.

6. Полностью законченные ZigBee модули производства фирма radicrafts [Электронный ресурс] // Компоненты и технологии. – 2017.-№12. URL:http://www.kit-e.ru/articles/wireless/2006_3_138 (Дата обращения: 28.09.2018)

7. Еркин А. Особенности проектирования беспроводных ZigBee-сетей на базе микроконтроллеров фирмы Jennic [Электронный ресурс] // Беспроводные технологии. -2017.-№2. URL: http://wireless-e.ru/articles/bluetooth/2010_02_20.php (Дата обращения: 26.09.2018)

8. Бодрова А.А., Логвин В.И. Позиционирование и взаимодействие в беспроводных сенсорных сетях [Электронный ресурс] // Молодой ученый. — 2015. — №6. — С. 129-132. URL: https://moluch.ru/archive/86/16335/ (дата обращения: 01.10.2018).

Н.В. Болдырихин[1], Д.А. Короченцев,
А.Н. Манакова, С.А. Качнов

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ОПИСАНИИ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: сеть связи, мониторинг сети, управление наблюдениями, динамическая модель.

Рассмотрены особенности применения стохастических дифференциальных уравнений в качестве математических моделей сетевых объектов в задачах мониторинга.

N.V. Boldyrikhin[1], D.A. Korochencev, A.N. Manakova, S.A. Kachnov

FEATURES OF USE OF DYNAMIC MODELS IN DESCRIPTION OF NETWORK EQUIPMENT IN MONITORING PROBLEMS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]
Don state technical university, Rostov-on-don, Russia

Key words: communication network, network monitoring, observation control, dynamic model.

The peculiarities of using stochastic differential equations as mathematical models of network objects in monitoring tasks are considered.

В рамках данной работы в качестве модели состояния сетевых объектов предлагается использовать модель непрерывного Марковского процесса, поскольку позволяет наиболее полно учесть особенности физических процессов в сетях связи и позволяет адаптировать классическую систему управления наблюдениями для решения задач управления мониторингом [1-7].

В рамках теории управления наблюдениями в качестве модели информационного процесса может быть использовано стохастическое дифференциальное уравнение вида [6]

$$\frac{dy(t)}{dt} = \phi(y(t),t) + g(y(t),t)\xi(t), \quad y(t_н) = y_н, \quad t \in [\tau, t_к], \tag{1}$$

где $y(t) \in R^n$ - вектор состояния; $y_н$ - случайный вектор с плотностью распределения $W_{y_н}(y)$; τ - случайный момент времени начала наблюдения с плотностью распределения $W(\tilde{\tau})$; $t_к$ - случайный момент времени окончания наблюдения с плотностью распределения $W_{t_к}(t)$; $g(y(t),t) \in R^{n \times r}$; $\phi(y(t),t) \in R^n$; ϕ, g - нелинейные матричные функции, измеримые по совокупности аргументов, удовлетворяющие условию Липшица: $|\phi(y,t))|^2 + |g\ (y,t)|^2 \le M(1+|y|^2)$, $M = const \ge 0$, $|\phi(y_1,t) - \phi(y_2,t)| + |g\ (y_1,t) - g\ (y_2,t)| \le M|y_1 - y_2|$, для любых $y_1, y_2 \in R^n$; $\xi(t) \in R^r$ - белый шум, для которого $M[\xi(t)] = 0$; $M[\xi(t)\xi^T(t-\varsigma)] = Q_\xi \delta(\varsigma)$, $Q_\xi \in R^{r \times r}$.

Следует отметить, что в некоторых случаях в качестве модели состояния объекта возможно использование стохастического пространственно - дифференциального уравнения. Это возможно в тех случаях, когда нет возможности или необходимости учета временной координаты, т.е. закон движения вдоль такой траектории неизвестен. Этот подход подробно рассмотрены в работе [7].

Выражение (1) представляет собой модель непрерывного Марковского случайного процесса, которая во многих случаях наиболее полно отражает физическую сущность изучаемых явлений. Особенностью модели (1) в общем виде является случайный характер величин τ и $t_к$. Однако для упрощения задачи в дальнейшем будем полагать, что время окончания наблюдения $t_к$ является известной величиной.

Координатами вектора $y(t)$, описывающего состояние сетевого оборудования, могут быть: число занятых каналов в системе коммутации, длинны очередей, время задержки или доставки сообщений и т.д. Очевидно, что эти, и многие другие параметры сетевых объектов являются случайными величинами. Случайный характер этих величин может быть обусловлен как внутренними факторами, связанными с процессами, протекающими внутри объекта наблюдения, так и внешними. Например, случайное время ответа на эхо-запрос («лаг» или RTT) может быть связано как с загруженностью сервера (внутренний фактор), так и со скоростью соединения и загруженностью каналов на всём протяжении от клиента к серверу. В рамках модели (1) целесообразно с процессом $\xi(t)$ связывать внутренние случайные факторы. $\xi(t)$ часто называют формирующим шумом. Внешние случайные воздействия, влияющие на результат измерения параметров сетевого объекта, учитываются в модели наблюдения в виде шума наблюдения $\eta(t)$. Данная модель описывается выражением

$$V(t) = \gamma(t)h(y(t),t) + \eta(t), \quad t \in [0,T], \tag{2}$$

где $V(t) \in R^m$ - вектор наблюдения; $h(y(t),t) \in R^m$ - нелинейная вектор - функция; $\eta(t) \in R^m$ - белый шум, для которого $M[\eta(t)] = 0$; $M[\eta(t)\eta^T(t-\varsigma)] = Q_\eta \delta(\varsigma)$, $Q_\eta \in R^{m\times m}$ - диагональная матрица; $\gamma(t)$ - скалярная управляющая функция, удовлетворяющая следующим ограничениям: $\gamma(t) \in \Gamma = \{0,1\}$, $\int_0^T \gamma(t)dt = t_\Sigma < T$, где t_Σ – общее время наблюдений на интервале $[0,T]$.

Линеаризованная модель (1) имеет вид:

$$\frac{dx(t)}{dt} = A(t)x(t) + F(t)\xi(t), \quad t \in [\tau, t_к], \quad x(\tau) = x_н, \tag{3}$$

где $A(t) = \left[\frac{\partial}{\partial x}(\phi(x(t),t)^T\right]^T\Big|_{x=x_o(t)}$, $A(t) \in R^{n\times n}$.

$F(t) = g(x_o(t), t)$, $F(t) \in R^{n \times r}$, $x_н$ – гауссовский вектор, $M[x_н] = x^*_н$, $M[(x_н - x^*_н)(x_н - x^*_н)^T] = K_н$.

Знак равенства в (3) полагается приближенным.

Уравнение наблюдения за процессом может быть преобразовано к виду:

$$\rho(t) = \gamma(t) H(t) x(t) + \eta(t), \quad t \in [0, T], \tag{4}$$

где $\rho(t) \in R^m$ – вектор наблюдения; $H(t) = \left[\frac{\partial}{\partial x} (h(x(t), t)^T \right]^T \Big|_{x = x_o(t)}$; $H(t) \in R^{m \times n}$.

Для определения особенностей численного моделирования состояния сетевого объекта воспользуемся результатами натурного эксперимента, которые приведены на Рисунках 1,2.

При проведении эксперимента использовалось специальное программное обеспечение pinger.exe, позволяющее делать большое количество (в рамках эксперимента – 400) запросов к различным серверам и выводить зависимости мгновенного значения ping от номера запроса, как показано на рисунке 1, а также определять среднее время ping в миллисекундах по результатам измерений.

Кроме того, данная программа позволяет строить статистические ряды значения ping, как показано на рисунках 2-5.

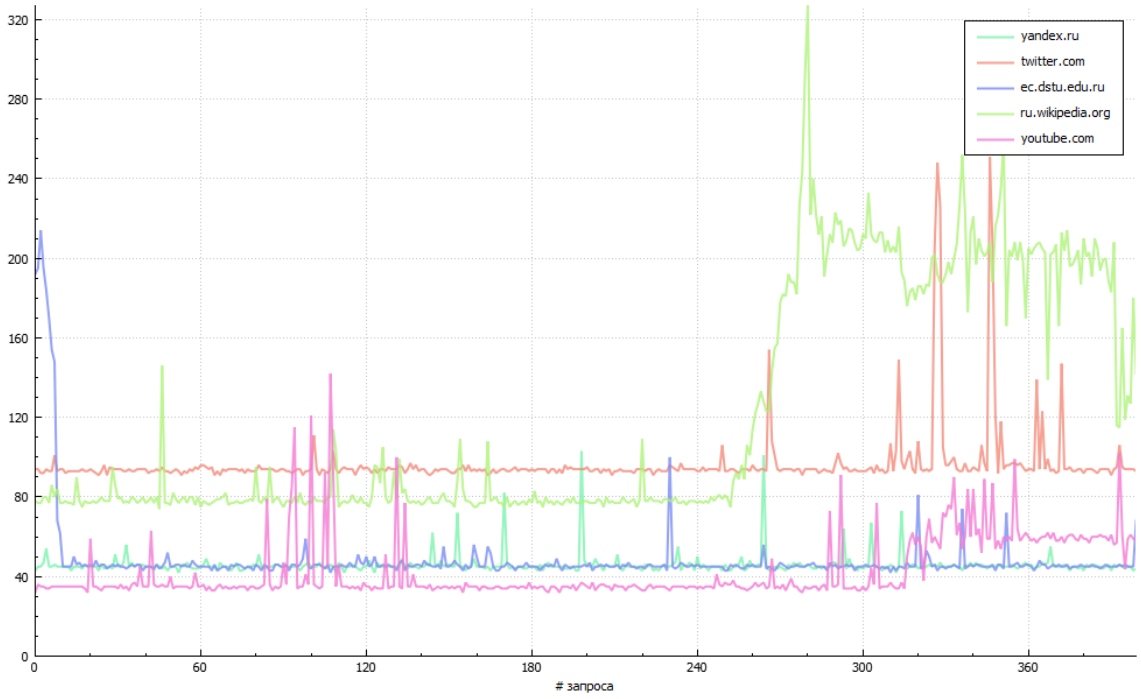


Рисунок 1. Зависимость мгновенного значения ping (ms) от номера запроса (время измерения 21.00)

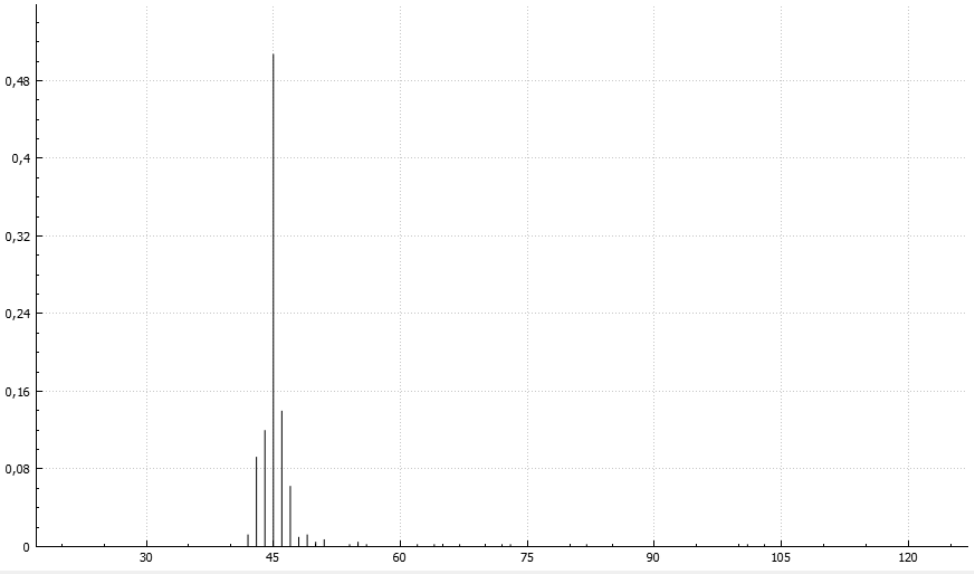


Рисунок 2. График экспериментальной плотности распределения ping к серверу yandex (время измерения 21.00)

На Рисунке 3 приведена зависимость среднего значения ping к серверу, полученное путем линейной интерполяции результатов измерений.

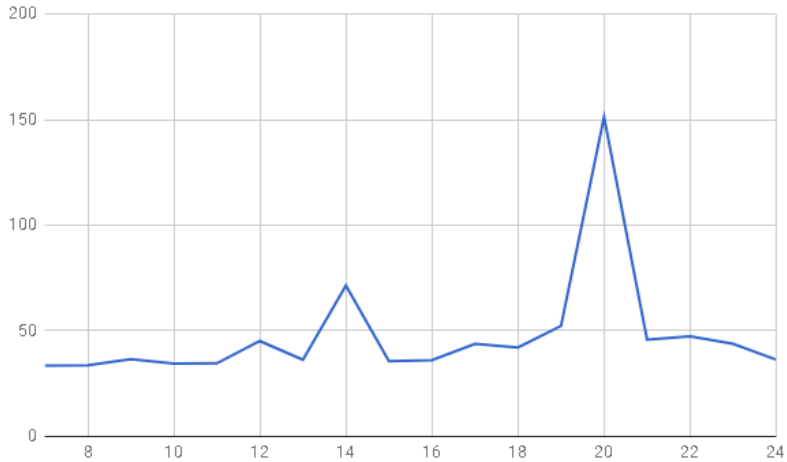


Рисунок 3. График зависимости среднего значения ping к серверу yandex

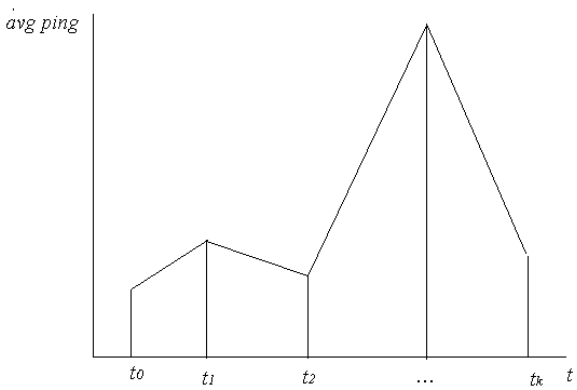


Рисунок 4. Пример разбиения опорной траектории сетевого объекта на линейные участки

Из рисунка 3 видно, что опорная траектория сетевого объекта имеет довольно сложную форму, поэтому целесообразно разбивать её на локально – линейные участки, как показано на рисунке 4, и решать задачу оптимизации мониторинга отдельно на каждом участке.

Численное моделирование проводилось для скалярного случая. Уравнение состояния (3) для $x(t)$ в данном случае описывает зависимость мгновенного значения ping от времени для i-го ресурса. При моделировании работы алгоритма были введены следующие ограничения.

$$n_i = 1, \;\; A(t) \equiv a(t), \;\; H(t) \equiv 1, \;\; F(t) \equiv 1. \tag{5}$$

Все величины, приведенные в примере, для простоты положим безразмерными.

Моделирование проводилось при следующих исходных данных:

$$a(t) = 0.68 / t, \quad Q_\xi = 0.5, \;\; K_0 = 0.01, \;\; \omega = 0.1, \;\; Q_\eta = 4. \tag{6}$$

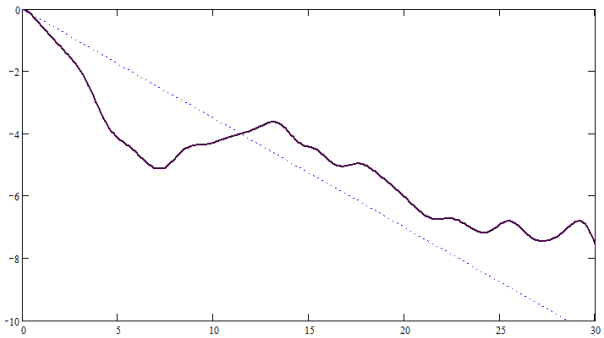


Рисунок 5. Пример модели состояния сетевого объекта на локально-линейном участке (зависимость $x(t)$)

На Рисунке 5 приведен пример модели состояния сетевого объекта для локально-линейного участка.

Таким образом, приведённый пример позволил проиллюстрировать реализацию предложенной модели состояния сетевого объекта.

Литература:

1. *Легков К.Е.* Модели и методы мониторинга параметров, характеризующих состояние инфокоммуникационной системы специального назначения // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2016. – Том 10. – №1. – С. 11-18.

2. *Скуратов А.К.* Статистический анализ телекоммуникационных сетей на основе исследования информационных потоков, представленных в виде временных рядов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. - 2006. -№ 1 (9). -С. 259-264.

3. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П., Сосновский И.А., Яровой А.В.* Управление наблюдениями за потоками информационных процессов в измерительной системе // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2015. - № 1. - С. 374-379.

4. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П., Сосновский И.А., Яровой А.В.* Управление мониторингом движения маршрутного транспорта с использованием технологий Mobile Location Service // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2013. № 1. С. 61-65.

5. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П.* Особенности использования стохастического дифференциального уравнения при синтезе алгоритмов управления наблюдениями за потоками данных // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2011. № 1. С. 208-212

6. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П., Сосновский И.А., Гирин И.С.* Применение динамических моделей при описании сетевого оборудования в задачах мониторинга // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 1. С. 70-73.

7. *Хуторцев В.В., Семененко А.Н., Болдырихин Н.В.* Пространственное описание траекторий в задачах навигации при неизвестных законах движения объектов // Радиотехника. -1997. -№ 4. -С. 13.

Н.С. Пшевский, Е.В. Глушак

АНАЛИЗ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия

Ключевые слова: беспроводные сети передачи данных, технологии Wi-Fi Wi-MAX, ZigBee.

В статье рассмотрены проблемы и актуальные тенденции беспроводных сетей их развития, технологий Wi-Fi, Wi-MAX, ZigBee. Проведено исследование максимальной скорости и максимального расстояния передачи информации. Изучена архитектура построения Wi-Max. Рассмотрена модель реализации ZigBee.

N.S. Pshevskiy, E.V. Glushak

WIRELESS ANALYSIS WIRELESS DATA TRANSMISSION TECHNOLOGY

Russia Federal State Educational Budgetary Institution of Higher Professional Education Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russia

Keywords: wireless networks, Wi-Fi WiMAX technologies, ZigBee

The article discusses the problems and current trends of wireless networks of their development, Wi-Fi, Wi-MAX, ZigBee technologies. A study of the maximum speed and maximum distance information transfer. Studied Wi-Max building architecture. Considered the model of implementation ZigBee

Беспроводные сети передачи данных становятся одним из важнейших направлений развития телекоммуникаций. Их отличают гибкость архитектуры, возможность динамического изменения топологии, высокая скорость передачи данных, быстрота проектирования и развертывания, отсутствие необходимости дорогостоящей прокладки медного или волоконно-оптического кабеля. Бурное развитие разнообразных мобильных телекоммуникаций, особенно сотовых систем связи, продиктовало разработку стандартов, решающих проблемы совместимости оборудования беспроводной передачи данных различных изготовителей [1]. Все современные сотовые технологии двигаются, в основном, в одном направлении – в направлении систем на базе OFDM-MIMO и IP, в направлении систем 4 поколения или, в терминологии ITU, систем IMT-advanced (Рисунок 1).

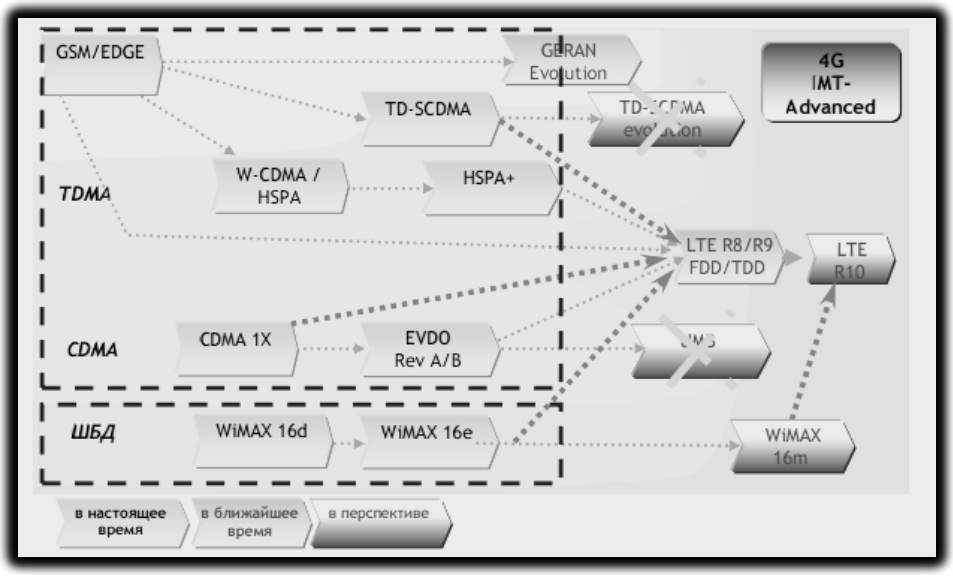


Рисунок 1. Эволюция сотовых технологий

У сотовых технологий один четкий тренд – миграция в сторону LTE, стандарта 3GPP. У систем широкополосного беспроводного доступа, а WiMax - единственный представитель среди всех ШБД-технологий, входящих в семейство IMT-2000, – две альтернативы: мигрировать в сторону LTE или развиваться в направлении IEEE 802.16m.

Исследуем классификацию беспроводных сетей передачи данных Под беспроводными сетями передачи данных (БСПД) понимают подкласс сетей передачи информации, предназначенных для передачи информации на расстояние между двумя или более точками, средой передачи данных которых являются не электрические (оптические) кабели [2]. Для передачи информации может использоваться инфракрасное излучение, радиоволны, оптическое или лазерное излучение. БСПД можно классифицировать по дальности действия (рис. 2)

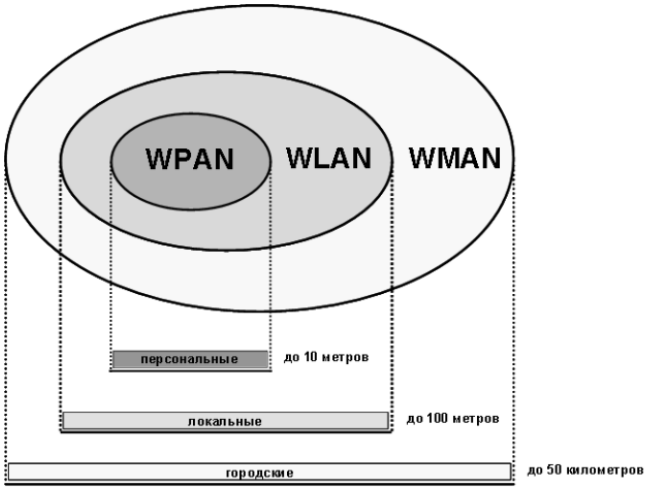


Рисунок 2. Классификация БСПД по дальности действия

Итак, их можно классифицировать следующим образом [3]:

- беспроводные персональные сети (WPAN - Wireless Personal Area Networks) (пример технологий - Bluetooth);
- беспроводные локальные сети (WLAN - Wireless Local Area Networks) (пример технологий - Wi-Fi);
- беспроводные сети масштаба города (WMAN - Wireless Metropolitan Area Networks) (пример технологий - WiMAX).

БСПД можно классифицировать по топологии на системы:

- «точка-точка»;
- «точка-многоточка».

По области применения можно выделить:

- корпоративные (ведомственные) БСПД, создаваемые компаниями для собственных производственных нужд;
- операторские БСПД, создаваемые операторами связи для возмездного оказания услуг.

Также БСПД можно классифицировать по максимальной скорости и максимальному расстоянию передачи информации (Рисунке 3).

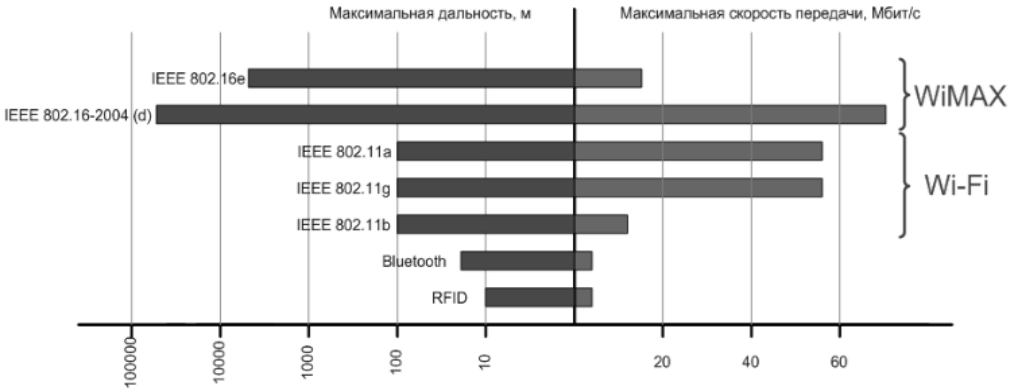


Рисунок 3. Классификация БСПД по максимальной скорости и максимальному расстоянию передачи информации

Теперь рассмотрим беспроводную сеть Wi-Fi.Термин Wi-Fi не является техническим, но активно применяется современными пользователями. Под аббревиатурой Wi-Fi (от английского словосочетания Wireless Fidelity, которое

можно дословно перевести как высокая точность беспроводной передачи данных) в настоящее время понимается целое семейство стандартов передачи цифровых потоков данных по радиоканалам. Другими словами, под термином Wi-Fi пользователи подразумевают технологии беспроводных локальных сетей - Wireless Local Area Network (WLAN, Wireless LAN) [4,5]. Эти технологии позволяют объединять компьютеры в локальные сети без помощи проводов (т. е. используя радиоволны) и подключать их к Интернету.

Наиболее правильное определение термина Wi-Fi - это торговая марка консорциума Wi-Fi Alliance - объединения крупнейших производителей компьютерной техники и беспроводных устройств Wi-Fi. Эта организация курирует коммерческое развитие технологии Wi-Fi на базе стандартов, разработанных и ратифицированных институтом IEEE (группа стандартов 802.11). Одной из задач консорциума является тестирование оборудования различных производителей на предмет совместимости и корректности работы устройств друг с другом. Беспроводные технологии получают с каждым годом все большее развитие. Уже никого не удивляет наличие сетей Wi-Fi в транспорте, в зонах отдыха, кафе и на вокзалах. Беспроводные локальные сети имеют ряд преимуществ перед проводными локальными сетями:

- быстрое развертывание, что очень удобно в условиях работы вне офиса (например, при проведении презентаций);
- легкое перемещение пользователей мобильных устройств при подключении к локальным беспроводным сетям в рамках действующих зон сети без разрыва соединения благодаря функции роуминга между точками доступа.

Технология Wi-Fi показана на Рисунке 4.

Рисунок 4. Технология Wi-Fi

Основные стандарты Wi-Fi:

a. IEEE 802.11 - определяет набор протоколов для самых низких скоростей передачи данных и является базовым стандартом WLAN;
b. IEEE 802.11a - Протокол не совместим с 802.11b и несет в себе более высокие скорости передачи чем 11b. Использует частотные каналы в спектре 5GHz. Максимальная пропускная способность до 54Мбит/с;
c. IEEE 802.11b - стандарт использует более быстрые скорости передачи и вводит больше технологических ограничений. Использует частотные

каналы в спектре 2.4GHz. Максимальная пропускная способность до 11Мбит/с;

d. IEEE 802.11g - стандарт использует скорости передачи данных эквивалентные 11a. Используются частотные каналы в спектре 2.4GHz. Протокол совместим с 11b. Максимальная пропускная способность до 54Мбит/с;
e. IEEE 802.11n - на данный момент это самый передовой коммерческий Wi-Fi стандарт, который использует частотные каналы в спектрах 2.4GHz и 5GHz. Совместим с 11b/11a/11g. Максимальная пропускная способность до 300 Мбит/с.

Рассмотрим технологию Wi-Max (Worldwide Interoperability for Microwave Access - протокол всемирной сети широкополосной радиосвязи) - технология, основанная на стандарте IEEE 802.16, разработана с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для рабочих станций, портативных компьютеров и мобильных телефонов [6]. Технология Wi-Max названа в честь международной организации WIMAX-Forum, в которую входят ведущие телекоммуникационные и полупроводниковые компании. Одна из основных целей Wi-Max – дальнейшее разделение труда на рынке производителей беспроводного оборудования. Wi-Max разрешает осуществлять доступ в Internet на высоких скоростях, с очень большим покрытием, чем у Wi-Fi-сетей. Это позволяет использовать технологию в качестве «магистральных каналов», продолжением которых выступают традиционные DSL- и выделенные линии, а также локальные сети. В итоге подобный подход позволяет создавать масштабируемые высокоскоростные сети в пределах городов, сёл, районов.

Основные достоинства технологии Wi-Max [6]:

1. Высокая скорость и большая зона покрытия. Базовые характеристики стандарта IEEE 802.16 могут обеспечить дальность действия до 50 км и пиковую скорость до 70 Мб/сек на сектор одной базовой станции. При этом типовая базовая станция будет иметь шесть секторов покрытия. Не требует наличия прямой видимости между объектами сети, благодаря использованию технологии OFDMA, которая формирует зоны покрытия в условиях отсутствия прямой видимости от клиентского оборудования до базовой станции, при этом расстояния исчисляются километрами;

2. Стандартизация технологии Wi-Max: заключается в возможности покупки потребителями совместного оборудования у разных подрядчиков. Это открывает технологии Wi-Max новый путь на рынок из-за дешевой стоимости услуги. Ее стоимость будет не выше чем у ADSL технологии;

3. Сети Wi-Max выгоднее и лучше, так как отличаются от систем широкополосного доступа BWA возможностью работы при отсутствии прямой видимости между оборудованием базовых станций и абонентским оборудованием;

4. Гарантированное качество передачи и трансляции изображений и голоса, перспективная тенденция применения технологии Triple Play, которая обеспечивает качественную доставку видео, аудио и голосовой информации на базе единого канала доступа;

5. Гибкость беспроводных технологий Wi-Max, их установить намного легче и расходы на их развертывание гораздо меньшие;

6. Технологии Wi-Max содержат в себе протокол IP, разрешающий без особого труда и больших затрат интегрировать ее в локальные сети. Она применяется как для фиксированных, так и для подвижных объектов сетей на единой инфраструктуре;

7. Технология Wi-Max обслуживает мобильных пользователей на более обширных пространствах беспроводных сетей. Высокоскоростные подключения разрешают иметь доступ к более многообразной информации и данным, более развитым информационным носителям и предоставляют значительно большие возможности для любителей сетевых игр.

Wi-Max подходит для решения следующих задач [7]:

- соединения точек доступа Wi-Fi друг с другом и прочими сегментами Интернета;
- обеспечения беспроводного широкополосного доступа как альтернативы выделенным линиям и DSL;
- предоставления высокоскоростных сервисов передачи данных;
- предоставления телекоммуникационных услуг;
- создания точек доступа, не привязанных к географическим координатам;
- формирование систем удалённого мониторинга (monitoring системы).

На Рисунке 5 изображена схема построения WiMAX сети.

Рисунок 5. Схема построения WiMAX сети

Система сети Wi-Max состоит из двух важнейших частей:

- базовая станция Wi-Max, может размещаться на высотном объекте: здании или вышке (опоре);
- приёмник Wi-Max: антенна с приёмником, карты PC Card, карты расширения ПК или внешние карты.

Соединение между базовой станцией и клиентским приёмником производится в низкочастотном диапазоне 2-11 ГГц. Данное соединение в идеальных условиях позволяет передавать данные со скоростью до 20 Мбит/с и не требует наличия прямой видимости между пользователем и станцией. Этот режим работы базовой станции Wi-Max близок широко используемому стандарту 802.11 (Wi-Fi), что допускает совместимость Wi-Max и уже выпущенных клиентских устройств [7]. Архитектуру WiMax можно видеть на Рисунке 6.

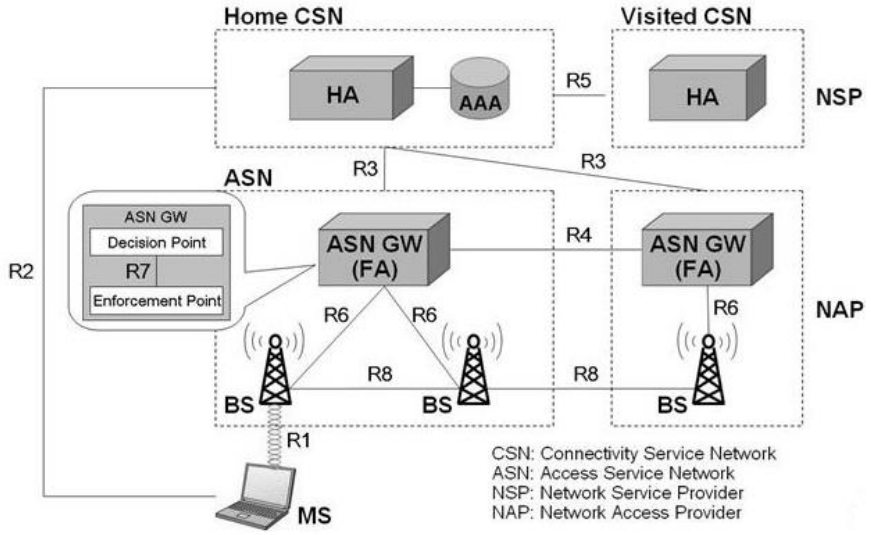


Рисунок 6. Архитектура WiMax

Следует заметить, что архитектура сетей не привязана к какой-либо определённой конфигурации, обладает высокой гибкостью и масштабируемостью.

Стандартом 802.16 определены несколько режимов работы сетей WiMax:

- Fixed Wi-Max - фиксированный доступ;
- Nomadic Wi-Max - сеансовый доступ;
- Portable Wi-Max - доступ в режиме перемещения;
- Mobile Wi-Max - мобильный доступ.

Теперь рассмотрим беспроводную технологию ZigBee. ZigBee - относительно новый стандарт беспроводной связи, который изначально разрабатывался как средство для передачи небольших объемов информации на малые расстояния с минимальным энергопотреблением. Фактически этот стандарт описывает правила работы программно-аппаратного комплекса, реализующего беспроводное взаимодействие устройств друг с другом. Модель реализации стандарта связи ZigBee представлена на Рисунке 7.

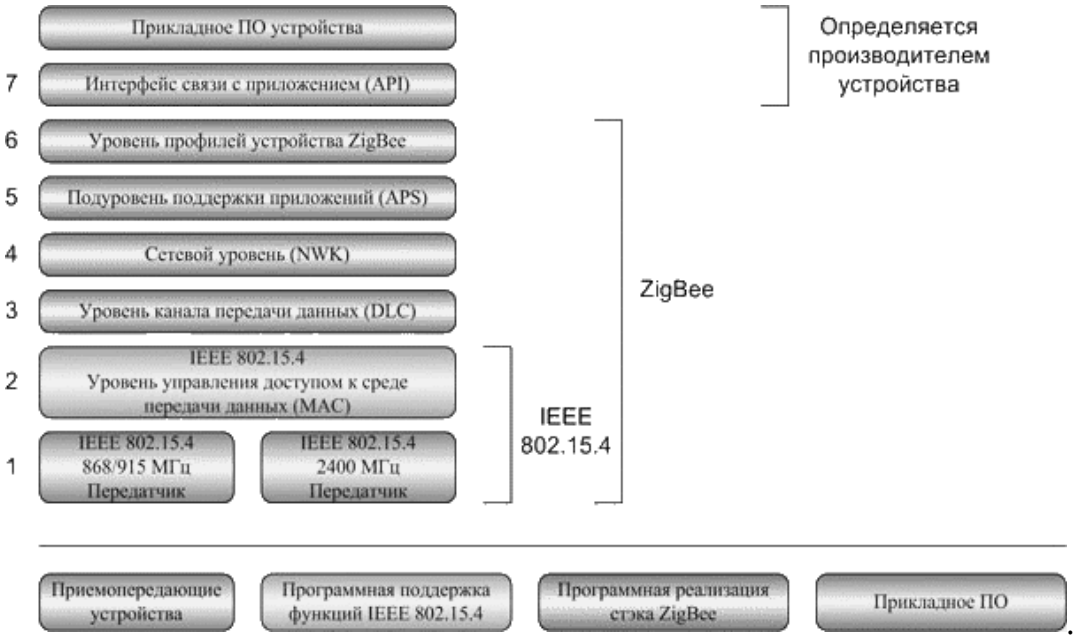


Рисунок 7. Модель реализации стандарта связи ZigBee

ZigBee применяется в основном в «умных» домах. Применение технологии ZigBee позволяет построить недорогую и надежную систему с малым энергопотреблением. Ячеистая структура сети ZigBee включает три типа узлов: координатор, маршрутизаторы и конечные узлы (спящие и мобильные). Данная структура показана на Рисунке 8. Уникальной функцией координатора является задача образования сети, которая заключается в сканировании эфира и выборе наименее загруженного частотного канала. Маршрутизаторы в простейшем случае должны иметь стационарное питание и стационарное положение в пространстве. Они ретранслируют пакеты данных от других узлов и сами могут быть источниками информации. Конечные узлы не ретранслируют сообщений и поэтому могут переходить в режимы пониженного энергопотребления, что дает им возможность функционировать от батарей до нескольких лет. Конечные узлы общаются со всей сетью через свой «родительский» маршрутизатор. Выбор «родителя» осуществляется автоматически во время образования сети. Если впоследствии «родительский» узел по каким-либо причинам перестанет функционировать, «дочерний» конечный узел найдет себе другой «родительский» маршрутизатор. Для передачи сообщения сеть автоматически находит наиболее короткий маршрут с удовлетворительным качеством связи в обоих направлениях.

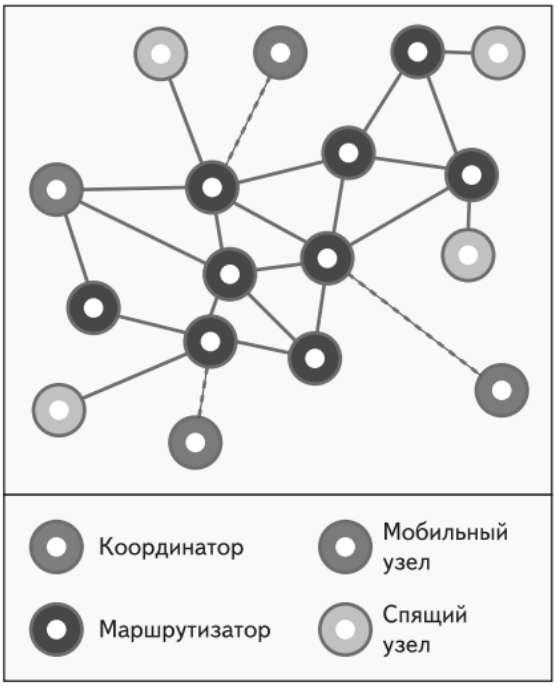


Рисунок 8. Структура сети ZigBee

Уникальной функцией координатора является задача образования сети, которая заключается в сканировании эфира и выборе наименее загруженного частотного канала. Маршрутизаторы в простейшем случае должны иметь стационарное питание и стационарное положение в пространстве. Они ретранслируют пакеты данных от других узлов и сами могут быть источниками информации. Конечные узлы не ретранслируют сообщений и поэтому могут переходить в режимы пониженного энергопотребления, что дает им возможность функционировать от батарей до нескольких лет. Конечные узлы общаются со всей сетью через свой «родительский» маршрутизатор. Выбор «родителя» осуществляется автоматически во время образования сети. Если впоследствии

«родительский» узел по каким-либо причинам перестанет функционировать, «дочерний» конечный узел найдет себе другой «родительский» маршрутизатор. Для передачи сообщения сеть автоматически находит наиболее короткий маршрут с удовлетворительным качеством связи в обоих направлениях.

Если с течением времени какой-либо из маршрутизаторов выходит из строя, то сеть автоматически осуществляет поиск нового оптимального маршрута.

Важной особенностью технологии ZigBee для систем коммерческого учета является возможность защиты передаваемых данных. Шифрование данных осуществляется при помощи алгоритма AES-128 с симметричным ключом, как во время передачи данных в сети, так и во время ее образования. Предварительное занесение ключей шифрования во все узлы позволяет, с одной стороны, не допустить в сеть посторонние устройства и подменить передаваемые данные, а с другой стороны - делает невозможной расшифровку информации, полученной путем прослушивания эфира. Способность находить оптимальный маршрут и функционировать при выходе из строя отдельных узлов, малое энергопотребление, возможность защиты информации - важнейшие достоинства ZigBee-сети, позволяющие построить недорогую и надежную систему сбора данных с конечными устройствами, питающимися от батарей [8].

На Рисунке 9 приведена топология сети из устройств ZigBee, иллюстрирующая их свойства.

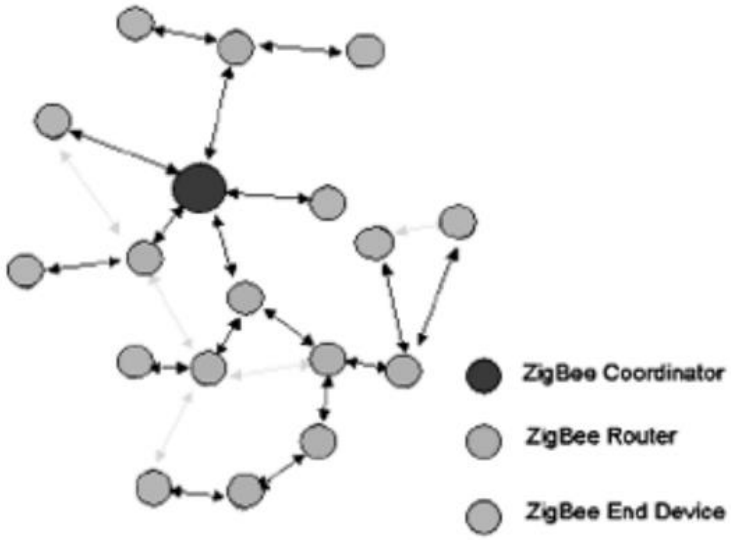


Рисунок 9. Топология сети из устройств ZigBee

Пример присоединения сетевых устройств ZigBee к сети приведен на Рисунок 10 - 12.

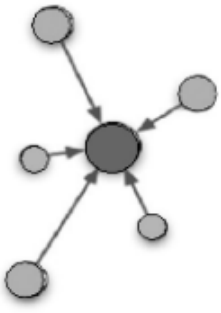


Рисунок 10. Присоединение новых сетевых узлов к координатору ZigBee

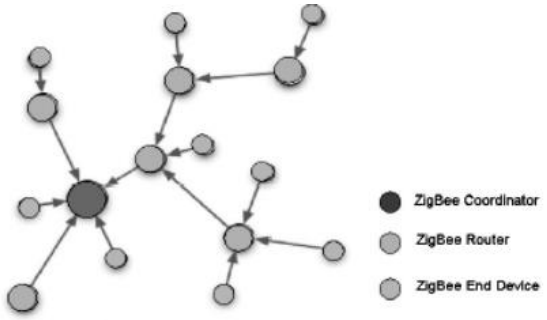


Рисунок 11. Присоединение новых сетевых узлов к маршрутизатору ZigBee

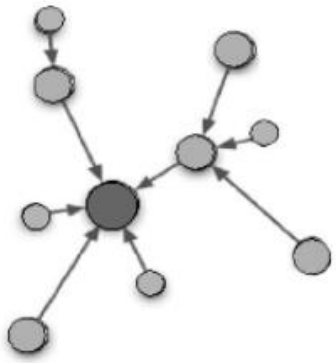


Рисунок 12. Очередное расширение сети

Присоединение, как описывалось выше, производится по принципу: родительское устройство присоединяет (на что указывает входящая стрелка) дочернее. На Рисунке 9 родительским устройством является координатор ZigBee. На Рисунке 10 и 12 присоединённые к сети маршрутизаторы ZigBee присоединяют новые сетевые устройства. В результате образуется адресная иерархия из родителей и детей. Эта иерархия в дальнейшем может быть использована маршрутизаторами ZigBee при доставке данных по сети. Этот алгоритм в протоколах ZigBee реализован процедурами языка XML.

На Рисунке 13 показаны сферы применения технологии.

Рисунок 13. Сферы применения технологии

В настоящей работе был gроведен анализ сети беспроводного доступа Wi-Fi, Wi-MAX и др. Протокол ZigBee чаще остальных используется в «умных» домах. Во-первых, данный стандарт позволяет реализовывать датчики с низким энергопотреблением. Во-вторых, ZigBee поддерживает ячеистую топологию сети, при которой отдельные компоненты могут выступать в качестве посредника, передающего сигнал от одного устройства к другому. Стандарт Wi-Fi используется практически в каждом умном доме. Он применяется для того, чтобы сопрягать смартфон или планшет с уже готовой автоматизированной системой.

Литература:

1. *Леонов, А*. Модули ZigBee сокращают разработку совместимых продуктов вдвое [Текст] // Беспроводные технологии, 2007, №4 с. 14-16.

2. *Олифер В.Г*. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст] / Учебник. – Санкт-Петербург, Питер, 2001. – 462 с.

3. *Щербо, В.К*. Стандарты вычислительных сетей [Текст] / В.К. Щербо – М.: Кудиц – Образ, 2000. – 342 с.

4. *Рошан, П*. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. Практическое руководство по изучению, разработке и использованию беспроводных ЛВС стандарта 802.11 [Текст] / Педжман Рошан, Джонатан Лиэри. – М.: Cisco Press Перевод с английского Издательский дом «Вильямс»,2004. – 364 с.

5. *Шахнович, И*. Современные технологии беспроводной связи [Текст] / Шахнович И. – М.: Техносфера, 2004. – 128 с.

6. *Григорьев, В.А*. Сети и системы радиодоступа [Текст] / Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 320 с.

7. *Пахомов, С.В*. Анатомия беспроводных сетей [Текст] / С. Пахомов. – Компьютер-Пресс, №7, 2002. – С. 23 – 32

Н.Ю. Батурина, И.В. Калиенко, К.А. Кашуба, Н.И. Абрамова

ИСЛЕДОВАНИЕ, РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ НА АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО ФИЛЬТРА

Донской государственный технический университет, ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия

Государственное бюджетное образовательное учреждение ростовской области «Ростовский-на-Дону колледж радиоэлектроники, информационных и промышленных технологий» (ГБПОУ РО «РКРИПТ»), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии в образовании, передача сигналов речевого диапазона, амплитудно-частотная характеристика, фазовые сдвиги в громкоговорителе.

В статье рассмотрен вопрос влияния громкоговорителя на амплитудно-частотную характеристику электронного средства и на возникновение при этом искажение речевых сообщений. Показано, что в высокочастотной области звукового диапазона необходимо учитывать фазовые сдвиги, возникающие в громкоговорителе.

N.Yu. Baturina, I.V. Kalienko, K.A. Kashuba, N.I. Abramova

RESEARCH, CALCULATION AND ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF PHASE SHIFTS OF THE LOUDSPEAKER ON THE AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTIC OF THE SEPARATION FILTER

Don State Technological University, Rostov-on-Don, Russia
State budgetary educational institution of Rostov region "Rostov-on-don College of radio electronics, information and industrial technologies" (GOU SPO RO "SCRIPT"),
Rostov-on-don, Russia

Key words: information technologies in speech signal transmission formations, amplitude-frequency characteristic, phase shifts in loudspeaker.

The article considers the influence of a loudspeaker on the amplitude-frequency response of an electronic device and on the occurrence of a distortion of speech messages. It is shown that in the high-frequency region of the sound range it is necessary to take into account the phase shifts occurring in the loudspeaker.

Постановка задачи.

При передаче сообщений по каналам связи важное место уделяется вниманию уменьшения искажений сигналов.

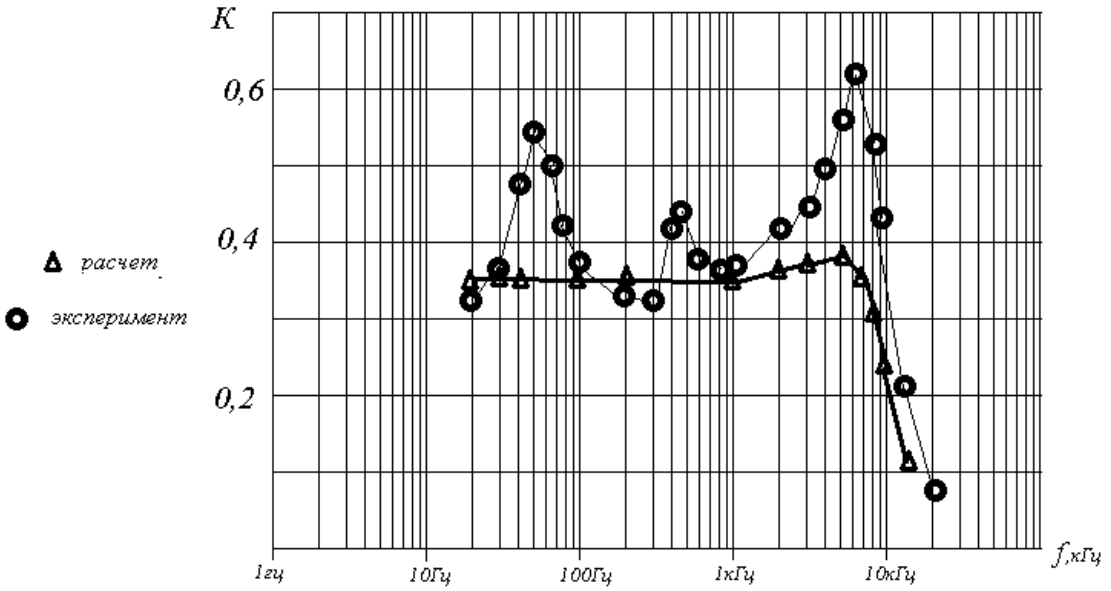
Общепринято считать, что фазовые искажения не оказывают существенного влияния на восприятие речи в звуковом диапазоне частот 16 Гц…20 кГц. Поэтому, как правило, при анализе линейных искажений звуковых сообщений рассматривают только амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) и не уделяет внимание фазовым сдвигам.

Однако, при исследованиях, анализе и расчете АЧХ разделительного фильтра с подключенным громкоговорителем авторы обнаружили существенное расхождение между экспериментально измеренными и расчетными характеристиками в высокочастотной области звукового диапазона.

Цель работы – предложить методику расчета АЧХ разделительного фильтра с подключенным громкоговорителем с учетом фазовых сдвигов, возникающих в громкоговорителе.

Проведение исследований и расчетов.

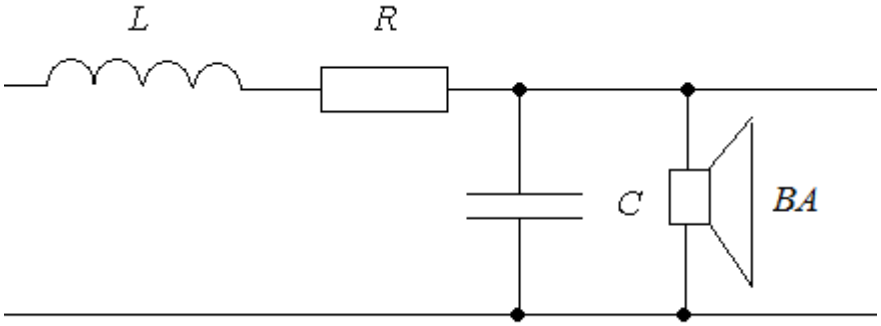
Сравнение измеренных и расчетных АЧХ разделительного фильтра с подключенным громкоговорителем показало их расхождение в области высоких частот звукового диапазона (Рисунке 1).



Рисунке 1. АЧХ без учета фазовых сдвигов в громкоговорителе

Расчет характеристик проводился по данным экспериментальной Z-характеристики с учетом ее частотной зависимости, не принимая во внимание фазовых соотношений.

В низкочастотной области получено удовлетворительное совпадение экспериментальной и расчетной характеристики.



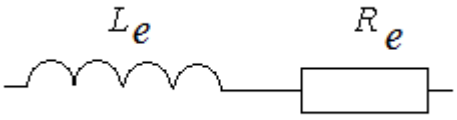
Рисунке 2. ФНЧ с подключенным громкоговорителем

Расчет проводился по модели (Рисунке 2)

$$|K_1(j\omega)| = \left|\frac{Z_c|Z_{\text{гр}}|}{Z_L+R+Z_c|Z_{\text{гр}}|}\right| \quad , \tag{1}$$

где $|K_1(j\omega)|$ – модуль комплексного коэффициента передачи:
Z_L – комплексное сопротивление индуктивного разделительного фильтра;
R – сопротивление разделительного фильтра;
Z_c – комплексное сопротивление конденсатора разделительного фильтра;
$|Z_{\text{гр}}|$– модуль комплексного сопротивление громкоговорителя;
$Z_c|Z_{\text{гр}}|$ – параллельно соединенные конденсатор и громкоговоритель.

Расхождение характеристик начинает проявлять себя с частоты 1 кГц и становится заметным, начиная с частоты 4 кГц, на которой расчетная характеристика имеет спад. При этом экспериментальная характеристика продолжает подъем.



Рисунке 3. Эквивалентная схема громкоговорителя

Для анализа и расчета АЧХ разделительного фильтра с подключенным громкоговорителем в высокочастотной области звукового диапазона представим модель комплексного сопротивления громкоговорителя в виде (рис 3)

$$Z_{\text{гр}} = R_e + j\omega L_e \ , \qquad (2)$$

где R_e- сопротивление громкоговорителя постоянному току;
L_e- индуктивность звуковой катушки громкоговорителя.

Представлена модель (2) (рис 3) не учитывает акустические явления и эффекты, в частности механический резонанс. Однако, такая модель, адекватно представляет громкоговоритель в высокочастотной области звукового диапазона, который подлежит рассмотрению в данной статье.

Также отметим, что акустические эффекты могут быть компенсированы с помощью акустического оформления.

Для расчета и анализа влияния громкоговорителя на АЧХ разделительного фильтра был вычислительный эксперимент по сравнению двух моделей $|K_1(j\omega)|$ и $|K_2(j\omega)|$

$$|K_2(j\omega)| = \left|\frac{Z_c|Z_{\text{гр}}|}{Z_L+R+Z_c|Z_{\text{гр}}|}\right| \quad . \qquad (3)$$

В моделе $|K_1(j\omega)|$ в расчетах применялась модель в виде модуля комплексного сопротивления громкоговорителя без учета фазовых сдвигов.

В моделе $|K_2(j\omega)|$ в расчетах применялась модель (2) (рис 3) комплексного сопротивления громкоговорителя с учетом фазовых сдвигов.

Результаты вычисленного эксперимента представлены на рисунках и в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты вычислительного эксперимента

f, кГц	0,02	0,1	0,5	1	2	3	4	5	6
$\lvert Z_{\text{гр}}\rvert$, Ом	4	4,002	4,005	4.232	4,862	5,762	6,824	7,906	9,208
$\lvert K_1(j\omega)\rvert$	0,351	0,351	0,351	0,352	0,355	0,362	0,369	0,373	0,367
$\lvert K_2(j\omega)\rvert$	0,351	0,351	0,349	0,344	0,337	0,372	0,465	0.409	0,491

Продолжение Таблицы 1.

f, кГц	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\lvert Z_{\text{гр}}\rvert$, Ом	10,27	11,26	13,086	14,39	15,723	17,063	18,41	19,761	21,117
$\lvert K_1(j\omega)\rvert$	0,348	0,317	0,279	0,24	0,206	0,176	0,151	0,4	0,114
$\lvert K_2(j\omega)\rvert$	0,652	0,628	0,608	5,793	0,501	0,427	0,295	0,222	0,175

Анализ расчетов.

Вычислительный эксперимент проводили при следующих параметрах.

Параметры разделительного фильтра

$R = 7{,}5$ Ом, $L = 525$ мкГн, $C = 2$ мкФ .

Параметры громкоговорителя

$Re = 4$ Ом, $Le = 220$ мкГн .

Результаты приведены на рисунке 4.

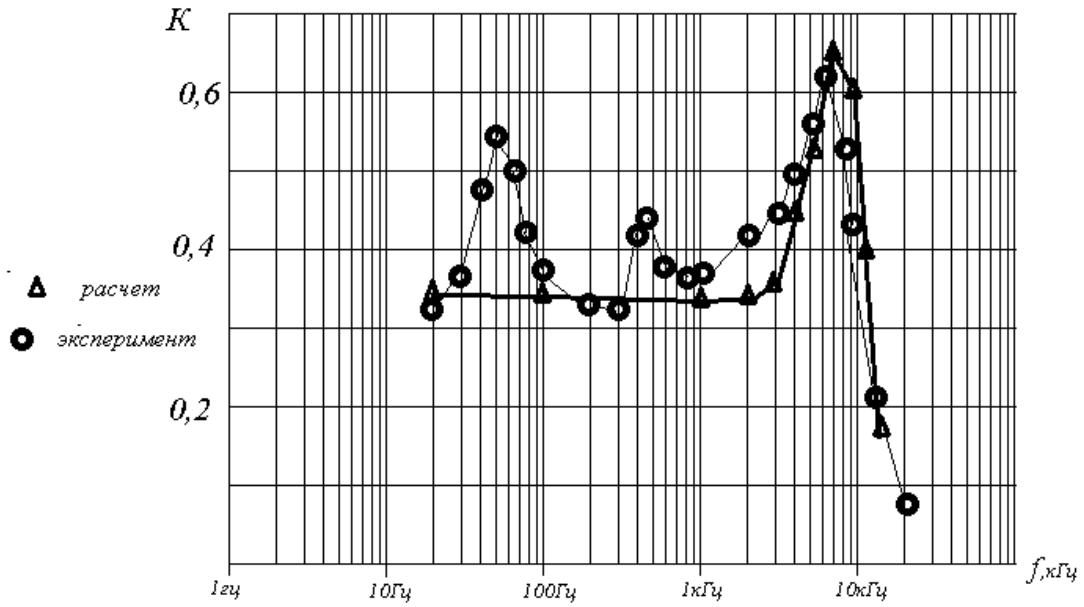


Рисунок 4. АЧХ с учетом фазовых сдвигов в громкоговорителе

Анализ результатов вычислительного эксперимента показал. Учет фазовых сдвигов в звуковой построение громкоговорителя при расчете АЧХ разделительного фильтров позволяет получить характеристику, удовлетворительно отображающую реальные процессы в схеме. В этом случае график имеет максимум на частотах 7...9 кГц аналогично экспериментальным данным.

Однако, по-прежнему отмечаем, что предложенная модель (2,3) адекватна в высокочастотной области звукового диапазона и не учитывает акустические эффекты, в первую очередь, механический резонанс.

Выводы и рекомендации.

Подключение громкоговорителя к электронному устройству оказывает существенное влияние на результирующую АЧХ канала передачи речевых сообщений.

В результате подключение громкоговорителя приводит к возникновению искажений. При анализе и расчете АЧХ в высокочастотной области звукового диапазона необходимо учитывать не только модуль сопротивления нагрузки

громкоговорителя, но также и фазовые сдвиги звуковой нагрузки. Результирующая АЧХ имеет подъем в высокочастотной области звукового диапазона на частоте, превышающей резонансную частоту разделительного фильтра акустического канала передачи речевых сообщений.

Предложенная методика с достаточной для инженерной практики точности позволяет провести расчет и анализ АЧХ в высокочастотной области звукового диапазона.

Литература:

1. Безуглов Д.А., Калиенко И.В. Цифровые устройства и микропроцессоры. Ростов-н/Д.: Феникс, 2008. 468 с.

2. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс). Учебник для вузов. –М.: Горячая линия – телеком, 2000.

3. Калиенко И.В. Аппроксимация вольтамперных характеристик полевых транзисторов на основе кубических сглаживающих сплайнов // Измерительная техника. Май, 2001. с. 60-63.

4. Воржев В.Б., Балдин О.В., Рогов И.Е. Аппроксимация вольт-амперных характеристик полевых транзисторов экспоненциальными кривыми с полиномиальными показателями // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]: электрон. науч. журн. – 2015. - №2. Режим доступа: http://www.science-education.ru/129-21621

О.В. Игнатьева, О.Г. Ведерникова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ДАННЫХ

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: сортировка, пузырек, вставка, выбор, подсчет, разряд.

Аннотация - целью данной работы является сравнение временной сложности пяти алгоритмов сортировки: сортировки методом пузырька, методом вставки, методом выбора, методом подсчета и поразрядной сортировки. В статье приведены программные реализации на языке С++ для всех алгоритмов сортировки, определены временные характеристики, перечислены преимущества и недостатки методов.

O.V. Ignateva, O.G. Vedernikova

A COMPARATIVE ANALYSIS OF PROGRAMMING ALGORITHMS FOR DATA SORTING

FGBOU VO RGUPS «Rostov State Transport University», Rostov-on-Don, Russia

Keywords: sorting, bubble, selection, insertion, counting, radix, bu.

Abstract – this paper is aimed at comparing the time complexity of five sorting algorithms: bubble sort, insertion sort, selection sort, counting sort and radix sort. The

article presents software implementations in C++ for all sorting algorithms, time characteristics are defined, and the advantages and disadvantages of the methods are listed.

Введение.

Сортировка является одной из актуальных задач управления и обработки данных, особенно когда объем данных очень большой. Это упрощает задачу обработки данных, поскольку они располагаются в определенном порядке, и задача поиска требуемого значения становится экономичной по времени. Основываясь на способе генерации вывода, алгоритм сортировки может быть основан на значении или на индексе [1-3]. Сортировка на основе значений генерирует выходные данные непосредственно в виде сортируемых значений, а сортировка на основе индексов генерирует список индексов, которые переупорядочиваются таким образом, что значения этих индексов образуют сортируемый список.

На основе логики, реализованной для сортировки значений, алгоритмы сортировки подразделяются на два класса [4]:

- алгоритмы сортировки на основе сравнения;
- алгоритмы сортировки без сравнения.

Первый класс называется так, потому что элементы данных размещаются упорядоченно и сравниваются друг с другом. Они включают сортировки методом вставки, методом пузырька, методом выбора, методом слияния, методом кучи (пирамидальная сортировка) и методом быстрой сортировки. Второй класс называется так, потому что элементы данных размещаются в определенном порядке без выполнения какого-либо сравнения. Алгоритмы сортировки без сравнения включают сортировку методом подсчета, поразрядную и блочную сортировки.

Алгоритмы сортировки на основе сравнения имеют нижнюю границу Ω (nlogn) по временной сложности выполнения [3]. Эта нижняя граница выше у алгоритмов сортировки без сравнения – сортировка методом подсчета, поразрядная сортировка, сортировка по блокам – за счет требований дополнительных ресурсов для выполнения или за счет принятия предположения о значениях, которые будут отсортированы. В зависимости от того, как будут повторяться значения во входном списке и как они будут помещатся на выход, алгоритмы сортировки могут быть устойчивыми или неустойчивыми. Устойчивые алгоритмы сортировки сохраняют начальное упорядочение элементов с тем же значением ключа.

Различные алгоритмы, выбранные для реализации, зависят от определенных факторов. Эти факторы включают: простоту понимания, распределение значений и диапазон значений.

Если простой алгоритм должен быть реализован, независимо от сложности времени и пространства, то правильным будет реализовать сортировку методом вставки, сортировку методом выбора, сортировку методом пузырька. Помимо простоты, они хорошо работают, когда размер набора данных маленький, но их производительность ухудшается по мере увеличения размера набора данных.

Если принять во внимание распределение значений, то алгоритм сортировки будет выбран на основе определенного сценария [4]:

- если значения равномерно распределены по определенному диапазону, то предпочтительнее использовать блочную сортировку, так как все значения будут равномерно распределены по блокам;
- если значения распределены таким образом, что нет большой разницы между позициями значений на входе и их соответствующими позициями в отсортированном массиве, то сортировка методом вставки будет показывать наилучшую производительность;

– если значения, подлежащие сортировке, не сильно различаются и лежат в небольшом диапазоне, или, когда данные находятся в частотном распределении значений, хотя значения могут быть большими, то предпочтительнее реализовать сортировку методом подсчета;
– если сортируемые значения являются большими цифрами, и ожидается, что все они будут состоять из одного и того же числа цифр, то поразрядная сортировка подходит лучше всего.

Некоторые алгоритмы, такие как сортировка методом слияния, генерируют равномерную производительность независимо от диапазона и распределения значений.

Анализ алгоритмов сортировки.

Три алгоритма сортировки на основе сравнения – сортировка методом пузырька, сортировка методом вставки, сортировка методом выбора и два алгоритма сортировки без сравнения – сортировка подсчета и поразрядная сортировка, рассматриваются вместе с их соответствующими схемами, преимуществами и недостатками.

1) Сортировка методом пузырька.

Сортировка методом пузырька – это самый известный алгоритм. Его популярность объясняется интересным названием и простотой самого алгоритма. Алгоритм простой и самый медленный, который работает по принципу выделения наименьшего или наибольшего элемента из массива в зависимости от того, должен ли массив сортироваться в порядке убывания или возрастания соответственно [3]. Алгоритм состоит в повторяющихся проходах по сортируемому массиву. За каждый проход элементы последовательно сравниваются попарно и, если порядок в паре неверный, выполняется обмен элементов. Проходы по массиву повторяются до тех пор, пока на очередном проходе не окажется, что обмены больше не нужны, что означает – массив отсортирован. При проходе алгоритма элемент, стоящий не на своём месте, «всплывает» до нужной позиции.

Алгоритм сортировки методом пузырька для сортировки массива *X*, состоящий из *n* значений приведен ниже. Программный код написан на языке C++.

```
void SortBubble( int * x, int n)
{
(1)   int buf;
(2)   for (i=n-1;  i>0;  i--)
(3)     for (j=0;  j<i;  j++)
(4)       if (x[j]>x[j+1])
(5)        {   buf=x[j];
(6)            x[j]=x[j+1];
(7)            x[j+1]=buf; }
}
```

Рисунок 1 иллюстрирует алгоритм пузырьковой сортировки в форме графической схемы. Каждый узел в схеме представляет отдельный оператор в алгоритме. Поскольку в коде 7 инструкций, то изображены 9 узлов, включая узлы

«старт» и «стоп». Второй и третий узлы представляют циклы в строках (2) и (3) соответственно, а четвертый узел представляет выбор «if» в строке (4).

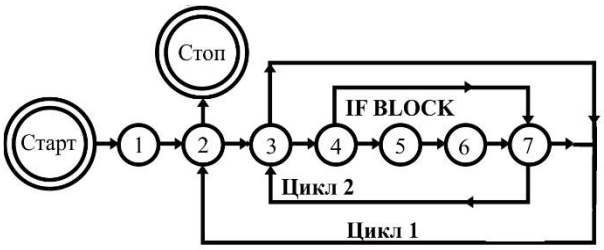


Рисунок 1. Схема сортировки методом пузырька

В пузырьковой сортировке количество сравнений всегда одно и то же, поскольку два цикла *for* повторяются указанное количество раз независимо от того, был ли список изначально упорядочен или нет. Это значит, что алгоритм пузырьковой сортировки всегда выполняет $S(n) = (n^2 - n)/2$ – сравнений, где n – количество сортируемых элементов. Данная формула выведена на том основании, что внешний цикл выполняется n–1 раз, а внутренний выполняется в среднем $n/2$ раз. Другим подходом является использование верхней и нижней границы. Мы имеем не более n элементов, значение каждого не превышает n–1. Таким образом, $S(n) \le (n^2 - n)/2 = O(n^2)$. Все это говорит о том, что время исполнения равно $O(n^2)$, т.е. сложность метода пузырька является квадратичной.

Пузырьковая сортировка имеет такую особенность: неупорядоченные элементы на "большом" конце массива занимают правильные положения за один проход, но неупорядоченные элементы в начале массива поднимаются на свои места очень медленно. Когда длина входного массива очень велика, этот алгоритм работает неэффективно и поэтому не должен использоваться для большого набора данных.

Поскольку сортировка методом пузырька не требует дополнительной памяти при реализации значения определенного ключа, следовательно, сложность пространства пузырьковой сортировки равна O(1) [4].

Преимущества:

- простой и легкий алгоритм;
- возможность определить, что список уже отсортирован, при этом сложность наилучшего случая времени будет равен O(n);
- использует O(1) вспомогательной памяти.

Недостатки:

- неэффективный;
- не подходит для большого объема данных.

2) Сортировка методом вставки.

Сортировка методом вставки – это простой и эффективный алгоритм сортировки, полезный для небольших и почти отсортированных списков. Он вставляет каждый элемент в соответствующее положение в отсортированном списке. И требует только постоянного объема дополнительного пространства памяти. Его эффективность ухудшается более быстрыми темпами по мере увеличения размера входных данных по сравнению с другими алгоритмами [1].

Алгоритм сортировки методом вставки для массива X состоящий из n значений приведен ниже.

```
void InsertSort (int *x, int n)
{
(1)  int i,j, temp;
(2)  for (i=0;  i<n;  i++) {
(3)    temp=x[i];
(4)    for (j=i-1; j>=0 && x[j]>temp; j--)
(5)      x[j+1]=x[j];
(6)    x[j+1]=temp;   }
}
```

Рисунок 2 иллюстрирует алгоритм сортировки вставками в виде графической схемы. В листинге кода 6 инструкций, что соответствует 6 узлам в схеме и узлы «Старт» и «Стоп». Второй и четвертый узлы представляют собой циклы алгоритма.

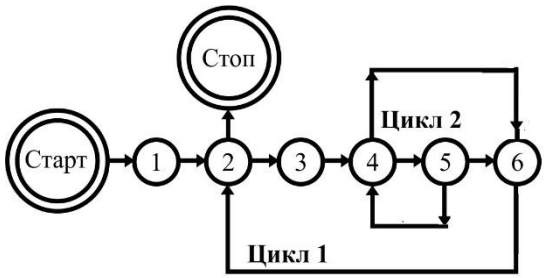


Рисунок 2. Схема сортировки методом вставки

При анализе наихудшего случая мы ищем верхнюю границу времени исполнения. В этом случае, мы игнорируем досрочное завершение внутреннего цикла, т.е. случай когда $j>0$, и полагаем, что количество исполняемых в этом цикле итераций всегда будет i. Более того, мы можем допустить, что всегда исполнятся n итераций, т.к. $i<n$. А так как внешний цикл исполняется n раз, то алгоритм сортировки вставки должен быть квадратичным, т.е. общая сложность алгоритма равна $O(n^2)$.

Если элемент управления не попадает во второй цикл, что происходит, когда массив уже отсортирован, он генерирует наилучший сценарий с наименьшей временной сложностью $O(n)$ [3].

Как и сортировка методом пузырька, так сортировка методом вставки также заменяет позиции значений в пространстве, занимаемом входным массивом. Поскольку для реализации концепции вставки входных значений на их позиции в отсортированном массиве не требуется дополнительного пространства, следовательно, сложность пространства алгоритма вставки равна O(1) [4].

Преимущества:

- простота реализации;
- эффективность вдвое больше, чем в сортировке методом пузырька;
- линейная временная сложность в лучшем случае, которая возникает, когда список уже отсортирован.

Недостатки:

- неэффективен для больших массивов;
- квадратичная временная сложность в худшем случае, которая происходит, когда список сортируется в обратном порядке.

3) Сортировки методом выбора.

Сортировка методом выбора – это наиболее естественный алгоритм упорядочивания. При данной сортировке из массива выбирается элемент с наименьшим или наибольшим значением и обменивается с первым элементом. Затем из оставшихся n-1 элементов снова выбирается элемент с наименьшим (наибольшим) ключом и обменивается со вторым элементом, и т.д. И так по аналогии, сортируем хвост массива, исключив из рассмотрения уже отсортированные элементы.

Алгоритм сортировки методом выбора для массива X состоящий из n значений приведен ниже.

```
void SelectionSort (int *x, int n)
{
(1)  int i,j,min,temp;
(2)  for(i=0;  i<n-1;  i++)
(3)  {   min=i;          //устанавливаем начальное значение минимального индекса
(4)    for(j=i+1;  j<n;  j++)  //находим минимальный индекс элемента
(5)    { if (x[j]<x[min])
(6)       min=j;     }
(7)     temp=x[i];     //меняем значения местами
(8)     x[i]=x[min];
(9)     x[min]=temp;  }
}
```

Рисунок 3 иллюстрирует алгоритм сортировки выбора в виде графической схемы. В листинге кода 9 инструкций, что соответствует 9 узлам в схеме и узлы «Старт» и «Стоп». Второй и четвертый узлы представляют собой циклы алгоритма.

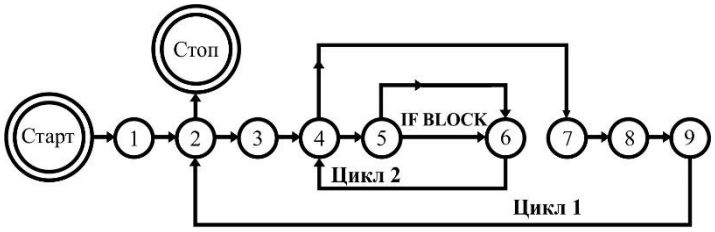


Рисунок 3. Схема сортировки методом выбора

Как и в пузырьковой сортировке, внешний цикл выполняется n-1 раз, а внутренний – в среднем $n/2$ раз. Следовательно, сортировка методом простого выбора требует $S(n) = (n^2 – n)/2$ – сравнений. Таким образом, это алгоритм порядка n^2, из-за чего он считается слишком медленным для сортировки большого количества элементов. Следовательно, общая временная сложность сортировки выбора составляет $O(n^2)$.

Несмотря на то, что количество сравнений в пузырьковой сортировке и сортировке простым выбором одинаковое, в последней сортировке количество обменов в среднем случае намного меньше, чем в пузырьковой сортировке.

Очевидно, что число сравнений ключей не зависит от начального порядка ключей. В этом смысле можно сказать, что сортировки простым выбором ведет себя менее естественно, чем сортировка простыми включениями.

Поскольку значения каждого ключа выбираются и взаимно заменяются со значениями на этих позициях во входном массиве, следовательно, сортировка выбора не требует дополнительного пространства при реализации логики выбора и размещения значений, следовательно, сложность пространства сортировки выбора равна O(1) [4].

Сортировка методом выбора – это простой алгоритм сортировки, который наиболее эффективен, чем сортировка методом пузырька, но хуже, чем сортировка вставки. Данный алгоритм предпочтительно реализовывать, когда размер набора данных невелик [3].

Преимущества:

- простота реализации;
- более эффективен по сравнению с пузырьковой сортировкой.
- Недостатки:
- не эффективен для больших массивов;
- не вносит линейную временную сложность.

4) Сортировка подсчётом.

Сортировка подсчётом – стабильный, несравнивающий сортировочный алгоритм с линейной временной зависимостью работы. Линейная временная зависимость достигается ценой дополнительной памяти, которая необходима для сохранения цифр счёта и выполнения логики алгоритма. Основная идея сортировки подсчётом – определить число элементов, которые меньше чем каждый из элементов введённого массива [2]. Она считает количество появлений каждого элемента во введённом массиве и размещает значения в отсортированном порядке в отдельный массив вывода.

Предположим, что входной массив состоит из n целых чисел в диапазоне от 0 до k-1, где $k \in N$. Чтобы отсортировать введенный массив A, необходимо использовать дополнительный массив C[0 .. k-1] для счётчика и массив вывода B[0 .. n-1] для размещения введённых значений в отсортированном порядке. Сначала следует заполнить массив C нулями, и для каждого A[i] увеличить C[A[i]] на 1. Далее подсчитывается количество элементов меньших или равных k-1. Для этого каждого C[j], начиная с C[1], увеличивают на C[j-1]. Таким образом, в последней ячейке будет находиться количество элементов от 0 до k-1 существующих во входном массиве. На последнем шаге алгоритма читается входной массив с конца, значение C[A[i]] уменьшается на 1 и в каждый B[C[A[i]]]записывается A[i].

Алгоритм сортировки методом подсчета:

```
void CountingSort( int * A,  int * B,  int n)
{
(1)   int min, max, z = 0; min = A[0]; max = A[0];
(2)   for( int i = 0; i < n; i++ )
(3)   {   if( A[i] > max ) max = A[i];
(4)       if( A[i] < min ) min = A[i]; }
(5)   int k = ( max - min ) + 1;
(6)   int* C = new int[k];
(7)   for( int i = 0; i < k; i++ )
(8)       C[i]=0;
(9)  for( int i = 0; i < n; i++ )
(10)       C[A[i] - min]++;
(11)  for( int i = min; i <= max; i++ )
```

```
(12)  {   while( C[i - min]!=0 )
(13)      {  B[z] = i;
(14)         C[i - min]--;
(15)         z++;   } }
(16)  delete [] C;
}
```

В алгоритме выше предполагается, что введённые значения лежат в диапазоне [*min, max*], где *min, max* – это минимальное и максимальное значение исходного массива *A*. А значение *k* равно (*max* - *min*) + 1. Если все *n* элементов в массиве определены, тогда для каждого *A*[*j*], *C*[*A*[*j*]] правильная последняя позиция *A*[*j*] в массиве вывода *B*, так как элементы *C*[*A*[*j*]] меньше чем *A*[*j*]. Если элементы не определены, то *C*[*A*[*j*]] уменьшается каждый раз, когда значение *A*[*j*] размещается в массив *B*, это заставляет следующий введённый элемент со значением *A*[*j*] сразу идти в позицию до *A*[*j*] в массив вывода *B*. Размещение введённых значений в отсортированном массиве идут слева направо, поэтому равные значения в отсортированном массиве размещаются в том же порядке, как они и были размещены во введённом массиве, что ведёт к стабильности сортировки подсчётом.

Рисунок 4 описывает процесс сортировки подсчётом в форме графической схемы. Так как в коде 17 инструкций, то на блок-схеме 17 узлов и узел начала и конца.

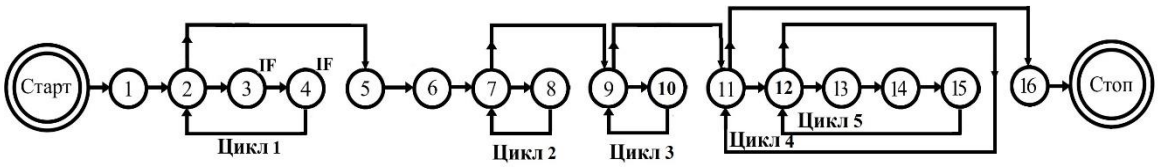


Рисунок 4. Схема, описывающая сортировку подсчётом

Для каждого из циклов их асимптотики равны O(*n*), O(*k*), O(*n*), O(*k*) и O(*n*) соответственно. Таким образом, алгоритм имеет линейную временную трудоёмкость O(*n*+*k*). Используемая дополнительная память равна O(*n*+*k*).

Как было сказано, сортировка подсчётом берёт на себя зависимость размещения для генерации линейной временной зависимости. Если сортируемые значения в диапазоне [0, *k*], тогда зависимость размещения – O(*k*). Если значения во введённом массиве в маленьком диапазоне, но наименьшее значение очень большое, то для минимизации зависимости памяти, наименьшее значение вычитается из всех сортируемых значений, заставляя все значения лежать в диапазоне [0, k] [9]. Это может привести к уменьшению зависимости памяти, встречающейся в сортировке подсчётом, ценой зависимости времени O(*n*), потраченной на нахождение наименьшего значения.

Приведенный алгоритм сортировки подсчетом является устойчивым.

Преимущества:

- легко выполним;
- может эффективно использоваться в поразрядной сортировке как подпрограмма;

Недостатки:

- не подходит для наборов данных больших размеров, так как необходим массив с таким же размером.

– не подходит для наборов данных с большим диапазоном значений, так как размер массива для счёта соответственно увеличится.

5) Поразрядная сортировка.

Поразрядная сортировка – несравнивающий сортирующий алгоритм, который использует устойчивый сортировочный алгоритм для сортировки целых чисел, записанных цифрами. Но так как в памяти компьютера любая информация записывается целыми цифрами, то алгоритм может быть применен для сортировки любых объектов, запись которых можно поделить на «разряды», содержащие сравнимые значения.

Так, например, можно сортировать не только целые числа, но и строки состоящие из набора символов, так как любому символу соответствует целочисленный код таблицы ASCII. Также можно аналогично сортировать произвольные значения в памяти, представленные в виде набора байт.

Так как значения, сортируемые включенным стабильным алгоритмом, лежат в малом диапазоне, например, [0-9] для целых чисел, [*A-Z*] - для символов, следовательно, рекомендуется использовать сортировку подсчётом для сортировки значений на каждом шаге в поразрядной сортировке.

Сравнение производится поразрядно: сначала сравниваются значения одного крайнего разряда, и элементы группируются по результатам этого сравнения, затем сравниваются значения следующего разряда, соседнего, и элементы либо упорядочиваются по результатам сравнения значений этого разряда внутри образованных на предыдущем проходе групп, либо переупорядочиваются в целом, но сохраняя относительный порядок, достигнутый при предыдущей сортировке. Затем аналогично делается для следующего разряда, и так до конца.

Так как выравнивать сравниваемые записи относительно друг друга можно в разную сторону, то на практике существуют два варианта этой сортировки [1]:

– менее значащих цифр (LSD - least significant digit или МЗЦ);
– более значащих цифр (MSD - most significant digit или БЗЦ).

Поразрядная сортировка БЗЦ начинает процесс сортировки с подачи значений самой высокой позиции, продвигается вправо, когда как МЗЦ поразрядная сортировка начинает процесс сортировки с менее значимой позиции и двигается налево шаг за шагом.

Для управления эффективностью поразрядной сортировки, предполагается, что в предложенном ниже алгоритме длина всех сортируемых значений во введённом массиве *A* равна *m*, и для упрощения, предполагается, что значения – целочисленные. Если длины всех значений не равны, это ведёт к увеличению в зависимости от времени и памяти.

В листинге кода ниже приведен алгоритм поразрядной сортировки МЗЦ, поэтому сортировка начинается с обработки самых правых цифр и идёт налево, и продолжается до самых левых цифр, образуя отсортированные номера. Для сортировки введённого массива *A* размера *n* состоящего из *m*-разрядных чисел, используются три дополнительных массива – *B, C* и *D* для выполнения концепции поразрядной сортировки. Массив *B* используется для хранения отсортированных данных массива *A* соответственно отсортированных цифр по позиции *i*. Когда значения сортируются соответственно до самой левой цифры – той, которая на позиции *m* - самый наибольший разряд из всех цифр, генерируется массив вывода. Массив *C* используется для хранения частоты каждой цифры в определённой позиции в значениях для выполнения сортировки подсчётом. Массив *D* используется

для подачи цифр на определённых позициях в числах, в соответствии с которым значения в считающем массиве C увеличиваются.

При MSD сортировке (с выравниванием в сторону старшего разряда, налево), получается алфавитный порядок, который уместен для сортировки строк текста.

```
void radixSort(int * A, int* B, int m, int n)
{
(1)  int  count, tmp,  min = A[0], max = A[0];
(2)  for( int i = 0; i < n; i++ )
(3)  {  if( A[i] > max ) max = A[i];
(4)     if( A[i] < min ) min = A[i];  }
(5)  int k = ( max - min ) + 1;
(6)  int* C = new int[k*n];   int* d = new int[k*n];
(7)  for (int i = 1; i<=m; i++)  {
(8)      for (int j = 0; j< k; j++)
(9)           C[j] = 0 ;
(10)       for (int j = 0; j< n; j++)
(11)         { d[j] = (A[j]/(int)pow(10, i-1))%10;
(12)          C[d[j]]++;}
(13)       count = 0;
(14)       for (int j = 0; j< k; j++)
(15)         { tmp = C[j];
(16)          C[j] = count;
(17)          count += tmp; }
(18)       for (int j = 0; j< n; j++)
(19)         { d[j] = (A[j]/(int)pow(10, i-1))%10;
(20)          B[C[d[j]]] = A[j];
(21)          C[d[j]]++; }
(22)       for( int j = 0; j <n; j++ )
(23)          A[j]=B[j];
(24)   }
}
```

В алгоритме поразрядной сортировки 7 циклов. Рисунок 5 описывает процесс поразрядной сортировки в форме графической схемы. Всего в коде 24 инструкций.

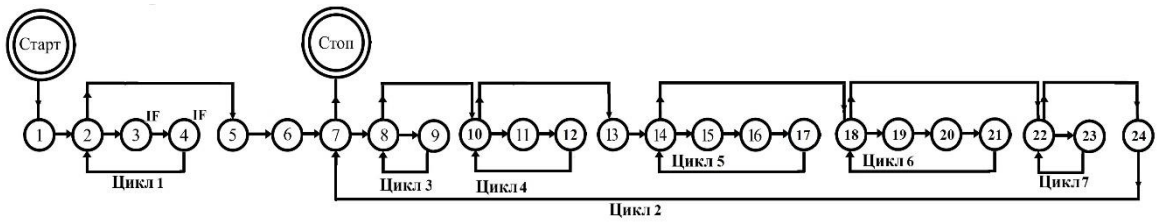


Рисунок 5 Блок-схема, описывающая поразрядную сортировку

Для устойчивости сортировки применили сортировку подсчетом, так как обычно количество различных значений разрядов не превосходит количества сортируемых элементов. Так как сортировка подсчётом выполнена для перемещения цифр, соответствующих значениям в определённых позициях в числах, то 3 – 6 циклы выполняют сортировку подсчётом цифр на позиции *i*. Цикл 7 копирует эти измененные значения в массиве *B* в массив *A*, чтобы промежуточный результат

генерировался после итерации i и передавался для обработки в итерации i+1. Для каждого из циклов, i=0..n - количество значений в массиве для сортировки, [0,k] – диапазон значений, использованных в формировании чисел, m – количество цифр в самом большом числе массива.

Для каждого из циклов их асимптотики равны O(n), O(m), O(km), O(nm), O(km), O(nm) и O(nm) соответственно. Таким образом, алгоритм имеет линейную временную трудоёмкость O(m(n+k)). Дополнительная память поразрядной сортировки – O(n+k), так как сортировка подсчётом выполнена для сортировки значений относительно цифр на каждой позиции.

Поразрядную сортировку рекомендуется выполнять в случае, когда длина всех значений в массиве одинаковая. Поведение неестественно, так как проходы выполняются полностью, вне зависимости от исходного состояния массива.

Преимущества:

- эффективнее справляется с большими ключами;
- может применяться для сортировки алфавитных данных;
- Недостатки:
- менее гибкий алгоритм;
- занимает больше места в памяти.

Заключение.

В результате анализа сравнивающих алгоритмов с несравнивающими алгоритмами сортировки, пришли к заключению, что сравнивающие алгоритмы более предпочтительнее, так как они более простые и применимы для небольших наборов данных. Однако, несравнивающие сортировочные алгоритмы лучше с точки зрения временной зависимости благодаря дополнительной памяти, необходимой для их исполнения. Но они обладают более сложными алгоритмами и занимают больше места в памяти.

Литература:

1. *Скиена, С.* Алгоритмы. Руководство по разработке. – 2-е изд. : Пер. с англ. – Спб.: БХВ-Петербург, 2011. – 720 с. ISBN 978-5-9775-0560-4.

2. *Кормен.* Алгоритмы: Вводный курс. – Вильямс, 2014. – 208 с. ISBN978-5-8459-1868-0.

3. *Вирт, Н.* Алгоритмы и структуры данных. Новая версия для Оберона.– ДМК Пресс, 2010. – 274 с.

4. *Sandeep Kaur Gill, Virendra Pal Singh, Pankaj Sharma, Durgesh Kumar.* A Comparative Study of Various Sorting Algorithms. // International journal of advanced studies of scientific research (IJASSR) / 4th International Conference on Cyber Security (ICCS), 2018. – p. 367 – 372.

П.Н. Башлы, Д.А. Безуглов, В.И. Юхнов[1]

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АДДИТИВНЫХ ПОМЕХ

Ростовский филиал Российской таможенной академии
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: функции плотности распределения вероятностей, Гауссов шум, шум Релея, шум Эрланга, экспоненциальный шум, импульсный шум, фильтр Гаусса, нелинейные фильтры, медианный фильтр, ранжирующий фильтр, метод нелокального среднего, фильтр Габора.

В статье рассматривается задача анализа методов фильтрации изображений в условиях аддитивных помех.

P.N. Bashly, D.A. Bezuglov, V.I. **Yukhnov[1]**

ANALYSIS OF IMAGE FILTERING METHODS UNDER ADDITIVE NOISE CONDITIONS

Rostov branch of the Russian customs Academy
Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: probability density functions, Gaussian noise, Rayleigh noise, erlang noise, exponential noise, impulse noise, Gaussian filter, nonlinear filters, median filter, ranking filter, nonlocal mean method, Gabor filter.

The article deals with the problem of analysis of image filtering methods in the conditions of additive noise.

Введение.

В последнее время интенсивно развиваются системы интеллектуальной обработки телевизионных изображений. В частности, процесс цифровой обработки телевизионных изображений в априорно неизвестных условиях наблюдения существенно усложняет наличие импульсного шума, обусловленного различными факторами, такими как дефекты системы регистрации, а также влияние окружающей среды [1, 2, 3].

Одной из тенденций развития современных информационных технологий является разработка высокоэффективных методов и алгоритмов анализа сигналов и изображений на фоне шумов регистрации. Решение задачи обработки телевизионных изображений используется в промышленности при создании автономных роботов, а также систем анализа изображений в сложных условиях наблюдения, при воздействии различных мешающих факторов, усложняющих процесс регистрации и при отсутствии априорных сведений о виде фоновых шумов. При построении методов и алгоритмов фильтрации изображений требуется априорное знание характеристик искажающих помех. На практике, в большинстве случаев такая информация отсутствует или является приближенной [4, 5, 6].

Цель работы: провести анализ методов фильтрации изображений в условиях аддитивных помех.

Никакая система регистрации не обеспечивает идеального качества изображений исследуемых объектов. Изображения в процессе формирования их изображающими системами (фотографическими, голографическими, телевизионными) обычно подвергаются воздействию различных случайных помех или шумов. В отличие детерминированных искажений, которые часто описываются поэлементными функциональными преобразованиями исходного изображения, для описания случайных воздействий используют модели аддитивного, импульсного и мультипликативного шумов.

Наиболее распространенным видом помех является аддитивный шум, статистически независимый от сигнала. Модель аддитивного шума используется тогда, когда сигнал на выходе системы или на каком-либо этапе преобразования может рассматриваться как сумма полезного сигнала и некоторого случайного сигнала. Модель аддитивного шума хорошо описывает действие зернистости фотопленки, флуктуационный шум в радиотехнических системах, шум квантования в аналого-цифровых преобразователях и т.п.

Аддитивный гауссов шум характеризуется добавлением к каждому пикселю изображения значений с нормальным распределением и с нулевым средним значением. Такой шум обычно появляется на этапе формирования цифровых изображений:

$$S(t) = P(t) + n(t), \tag{1}$$

где *S(t)* – смесь сигнала и шума; *P(t)* – полезный сигнал; *n(t)* – шум.

Если действие шума сказывается не по всей протяженности поля изображения, а только в случайно расположенных точках, в которых значения функции яркости заменяются случайными величинами, то шум называют импульсным. На изображении такие помехи выглядят изолированными контрастными точками. Будем считать, что искаженные точки равномерно распределены по всему полю изображения, а яркость искаженных точек имеет равномерное распределение в некотором диапазоне. Импульсный шум характерен для систем передачи изображений по радиоканалам с использованием нелинейных методов модуляции, а также для цифровых систем передачи и хранения изображений. В частности, импульсный шум присущ устройствам ввода изображений с телевизионной камеры.

Приведем примеры функций плотности распределения вероятностей наиболее распространенных в задачах обработки изображений.

Гауссов (нормальный) шум. Функция плотности распределения гауссовой случайной величины:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2} \tag{2}$$

где z – значение яркости, μ – среднее значение z, σ^2 – дисперсия.

Шум Релея:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{2}{b}(z-a)e^{-\frac{(z-a)^2}{b}} & \text{при } z \geq a; \\ 0 & \text{при } z < a \end{cases} \tag{3}$$

где $a > 0$, b – параметр масштаба.
Шум Эрланга (гамма шум):

$$p(z) = \begin{cases} \frac{a^b z^{b-1}}{(b-1)!} e^{-az} & \text{при } z \geq 0; \\ 0 & \text{при } z < 0 \end{cases} \quad (4)$$

где $\mu = \frac{b}{a}$, $\sigma^2 = \frac{b}{a^2}$.

Экспоненциальный шум:

$$p(z) = \begin{cases} ae^{-az} & \text{при } z \geq 0; \\ 0 & \text{при } z < 0 \end{cases} \quad (5)$$

где $\mu = \frac{1}{a}$, $\sigma^2 = \frac{1}{a^2}$.

Это распределение – частный случай распределения Эрланга.
Импульсный шум:

$$p(z) = \begin{cases} P_a & \text{при } z = a; \\ P_b & \text{при } z = b; \\ 0 & \text{в остальных случаях}. \end{cases} \quad (6)$$

Если $b>a$, то пиксель с яркостью b выглядит как светлая точка на изображении. Пиксель с яркостью a наоборот, выглядит как темная точка. Если одно из значений вероятности P_a или P_b равно нулю, то импульсный шум называется униполярным. Если ни одна из вероятностей не равна нулю, и в особенности если они приблизительно равны по величине, то импульсный шум походит на крупицы соли и перца, случайно рассыпанные по изображению. По этой причине импульсный шум называют также шумом типа «соль и перец».

Поскольку величина связанных с импульсным шумом искажений, как правило, велика по сравнению с величиной полезного сигнала, импульсный шум после оцифровки принимает экстремальные значения, что соответствует появлению абсолютно чёрных и белых точек на изображении (для 8-ми битных изображений это означает a=0 (чёрное) и b=255 (белое)).

Цифровой шум заметен на изображении в виде наложенной маски из пикселей случайного цвета и яркости. На камерах с массивом цветных фильтров (к этому типу принадлежат большинство цифровых камер) цветовой шум обычно имеет визуально более крупные зерна, чем пиксели на изображениях. Это является побочным эффектом для алгоритма получения полноцветного изображения. Для трехматричных систем или матрицы без фильтра шум будет более мелкозернистым. В цветном изображении шум может иметь разную интенсивность для разных каналов изображения. Изначально все пиксели одинаково подвержены шуму, но после применения оператора баланса белого синий канал изображения, и, соответственно, шум в нём увеличиваются сильнее. Шум заметен на однотонных участках, а в особенности, на тёмных участках изображения [7, 8].

Существуют различные способы подавления цифрового шума на уровне сенсора, трактов телевизионной камеры и при дальнейшей цифровой обработке. На уровне сенсора используются пиксели большего размера и более плотно прилегающие друг к другу микролинзы. Также, можно использовать цветные фильтры, пропускающие больший процент света. Последний способ может

отрицательно сказываться на качестве цветопередачи камеры. Использование более высококачественных усилителей и АЦП с большей разрядностью также, очевидно, позволяет уменьшить шум.

Рассмотрим более подробно причины возникновения цифрового шума. На отношение сигнал-шум влияют шумы аналоговой электроники телевизионной камеры: усилители, АЦП, но основным источником цифрового шума является фотосенсор. При этом цифровой шум в фотосенсоре возникает по следующим причинам:

1. Дефекты (примеси и др.) потенциального барьера вызывают утечку заряда, сгенерированного за время экспозиции – так называемый чёрный дефект. Такие дефекты видны на светлом фоне в виде тёмных точек. Такой шум можно отнести к импульсному.

2. Темновой ток – является вредным следствием термоэлектронной эмиссии и туннельного эффекта, и возникает в сенсоре при подаче потенциала на электрод, под которым формируется потенциальная яма. Темновым данный ток называется потому, что складывается из электронов, попавших в яму при отсутствии светового потока. Такие дефекты видны на тёмном фоне в виде светлых точек, т. н. белый дефект. Белые дефекты особенно проявляются при больших экспозициях. Основная причина возникновения темнового тока – это примеси в кремниевой пластине или повреждение кристаллической решётки кремния. Чем чище кремний, тем меньше темновой ток. На темновой ток оказывает влияние температура элементов камеры, электромагнитные наводки, как внешние, так и внутренние, от самой камеры. Такой шум также по свойй природе является импульсным.

3. Из-за шума, возникающего вследствие стохастической природы взаимодействия фотонов света с атомами материала фотодиодов сенсора. При движении фотона внутри кристаллической решётки кремния, вероятно, что фотон, «попав» в атом кремния, выбьет из него электрон, родив пару электрон-дырка, но сказать точно, сколько фотонов родит пары, а сколько пропадёт с какими-то другими эффектами, нельзя. Электрический сигнал, снимаемый с сенсора, будет соответствовать количеству рождённых пар. Снимаемый сигнал с сенсора при заданных выдержке и диафрагме (интенсивности света) будет определять квантовая эффективность – среднее число рождаемых пар электрон-дырка.

4. Из-за наличия дефектных (не работающих) пикселей, которые возникают при производстве фотосенсоров (несовершенство технологии) и всегда находятся в одном и том же месте. Для устранения их негативного влияния используются математические методы интерполяции, когда вместо дефектного «подставляется» либо просто соседний элемент, либо среднее по прилегающим элементам, либо значение, вычисленное более сложным способом. Естественно, что вычисленное значение отличается от фактического и ухудшает резкость конечного изображения. Этот вид шума также относят к импульсным. На величину цифрового шума влияют следующие факторы. Плотность пикселов — размер фотодиода на микросхеме зависит от технологии. По технологии CCD элементов «обвязки» у пиксела меньше, чем по технологии CMOS и больше площади сенсора достается линзе фотодиода. Это особенно сказывается на сенсорах маленького размера. При одинаковых физических размерах сенсора, у сенсора, имеющего большее разрешение, активная площадь каждого фотодиода меньше. На маленькие линзы фотодиода падает меньше света, меньшие потенциалы считываются с фотодиода и требуется бóльшее аналоговое усиление сигнала перед оцифровкой. В результате больше уровень шума и меньше отношение сигнал/шум. Но данное утверждение справедливо только при неизменной технологии изготовления матрицы. Новые матрицы могут содержать

менее шумные элементы и соответственно увеличивать можно или разрешение с сохранением уровня шума или сохранить разрешение, но уменьшить шум. На текущий момент производители предпочитают вариант сохранения уровня шума и увеличение разрешения [9].

Линейные и нелинейные методы уменьшения искажения данных.

Для определения степени размытости изображения существуют как достаточно сложные, так и более простые методы. Например, оценка размытости контрастными фрагментами изображения.

Применяя данный подход, необходимо двигаться в двумерной плоскости по направлению, перпендикулярному к граничной линии, и одновременно отслеживать скорость изменения контраста изображения. Чтобы использовать этот метод, необходимо заранее выделить границы на исходном изображении. В результате вывод о размытости изображения основывается на анализе оценок размытости по строкам и столбцам, а в самом простейшем случае – численных оценок размытости по всем строкам и столбцам.

Для оценки размытости можно использовать фильтр Собеля. Рассмотрим алгоритм его работы. Каждая строка полученного изображения рассматривается как одномерная функция, находится ее производная и вычисляется среднее расстояние между соседними экстремумами производной. Найденное расстояние усредняется для изображения в целом. Полученное значение является оценкой размытости изображения [1, 2, 3]. Таким образом, для последующего уточнения степени размытости изображения используют выделение окрестностей границ.

Существует достаточно много методов для сглаживания изображений, отличающихся своими параметрами выходными результатами. Это такие фильтры: Гаусса, Габора, медианные, и использующие метод нелокального среднего. Далее рассмотрим их подробно.

При сглаживании изображений используют апертуру – это прямоугольный либо квадратный участок изображения, на котором определяется функция. Заданная функция в апертуре называется весовой или функцией окна, а сама апертура вместе с этой функцией называется маской изображения [6].

Фильтр Гаусса.

Благодаря данному фильтру можно уменьшить с расстоянием влияние пикселей друг на друга. Ядро данного фильтра можно выразить формулой

$$F_{gauss}(i,j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp\left(-1\frac{(i^2+j^2}{2\sigma^2}\right) \quad , \qquad (7)$$

где i , j – координаты пикселя изображения;

Используя фильтр Гаусса, можно размывать шум, подвергая содержательные контуры изображения размытию в малой степени. К примеру, если на исходном изображении нужно размыть мелкие детали, которые не требуют отделения от фона, а интересующие нас крупные объекты будем выделять в дальнейшем с помощью бинаризации [10].

Нелинейные фильтры.

Их используют для удаления импульсного шума изображений. Сам импульсный шум представляет сбой замену части пикселей на изображении значениями фиксированной или случайной величины, которые изолированы

контрастными точками. Нелинейные фильтры построены на основе ранговой статистики и используют маски. Их алгоритм обработки изображения состоит в определении позиции каждого импульса и замене его значением оценки, а во время сохранения остальных пикселей изображения они остаются неизменными. Но значения пикселей, которые соответствуют маске, записываются в ряд. В результате сортировки этого ряда результатом такого фильтра будет центральный элемент в отсортированной последовательности, что и является медианой ряда. Так работает медианный фильтр [12].

Медианный фильтр.

При использовании таких фильтров можно получить хорошие результаты для того, чтобы сохранить перепады оттенков, различных границ и устранить локальные пики яркости на изображениях, которые были искажены импульсным шумом. Можно применять медианную фильтрацию для того, чтобы устранить значения в массивах данных, уменьшить выбросы и импульсные помехи благодаря свойству данных фильтров сохранять монотонные последовательности. Поэтому, если сравнить медианный фильтр с линейным, то он лучше сохраняет контуры изображения. Медианная фильтрация менее эффективна, так как в результате работы фильтра может возникнуть и проявиться на изображении гауссов шум. Такие фильтры также еще используются итеративно. Медианные фильтры достаточно хорошо работают в таких случаях, при которых плотность шума невелика [8].

Медианная фильтрация изображений наиболее эффективна, если шум на изображении имеет импульсный характер и представляет собой ограниченный набор пиковых значений на фоне нулей. В результате применения медианного фильтра наклонные участки и резкие перепады значений яркости на изображениях не изменяются. Это очень полезное свойство именно для изображений, на которых контуры несут основную информацию. При медианной фильтрации зашумленных изображений степень сглаживания контуров объектов напрямую зависит от размеров апертуры фильтра и формы маски. При малых размерах апертуры лучше сохраняются контрастные детали изображения, но в меньшей степени подавляется импульсные шумы. При больших размерах апертуры наблюдается обратная картина. Оптимальный выбор формы сглаживающей апертуры зависит от специфики решаемой задачи и формы объектов. Особое значение это имеет для задачи сохранения перепадов (резких границ яркости) в изображениях [9].

Ранжирующий фильтр.

В основе алгоритма является ряд, подготовленный для сортировки, но он включает в себя центральный отсчет маски фильтра. Тогда в результате сортировки этого ряда проводят вычисление значения его медианы.

Комбинированные и гибридные фильтры. Актуальным вопросом остается разработка алгоритмов фильтрации, для устранения комбинированных шумов. Такая проблема решается путем совместного применения линейных и медианных фильтров, что приводит к комбинированным и гибридным фильтрам. Если использовать комбинированные фильтры к исходному изображению, то необходимо, например, применить сначала медианный фильтр, а после – линейный. С помощью медианного фильтра устраняем импульсный шум. Потом благодаря линейному фильтру сглаживается оставшийся низкоамплитудный шум. В случае использования гибридных фильтров определяются выходные значения линейных или медианных фильтров, затем – значение апертуры и потом обращаются к набору, который содержит выходы медианного либо линейного фильтра. После этого

применяют выбранный фильтр. Используя гибридные методы фильтрации, которые совмещают достоинства методов ранговой обработки отображения и линейной фильтрации, можно достаточно хорошо снизить уровень гауссова шума и импульсных помех. Таким образом, гибридный фильтр превосходит медианный, так как позволяет уменьшить искажение контуров на малоразмерных объектах [2, 3, 4, 5].

Фильтр Габора.

Фильтрация ядрами Габора является популярным методом обработки изображений для выделения краев [1, 2]. Действительные части ядер фильтра Габора строятся по формуле:

$$g(x, y, \lambda, \Theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2+\gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right)\cos\left(2\pi\frac{x'}{\lambda}+\psi\right), \qquad 8)$$

$x' = xcos(\Theta) + \sin(\Theta),$

$y' = -\sin(\Theta) + ycos(\Theta).$

Здесь λ - длина волны множителя-конуса; θ – определяет ориентацию нормали параллельных полос функции Габора в градусах; ψ – сдвиг фаз в градусах; γ –коэффициент сжатия, характеризующий эллиптичность функции Габора [1, 2, 3].

Метод нелокального среднего.

В алгоритме NLM значение выходного пикселя f является взвешенной суммой значений исходного изображения *I(x,y)* по некоторой окрестности Q:

$$f(x,y) = \left(\sum_{(\xi,\eta)\epsilon Q} w(x,y,\xi,\eta)\right)^{-1} \times \sum_{(\xi,\eta)\epsilon Q} w(x,y,\xi,\eta) I(x+\xi, y+\eta), \qquad (9)$$

Здесь веса $w(x,y,\xi,\eta)$ зависят от схожести целых блоков $v(x,y)$ вокруг пикселя с координатами *(x,y):*

$$w(x,y,\xi,\eta) = \exp\left(-\frac{\|v(x,y)-v(x+\xi,y+\xi)\|^2}{2\rho^2}\right). \qquad (10)$$

Этот метод обеспечивает высокое качество получаемого изображения, но имеет высокую вычислительную сложность. Кроме того, метод [2] не учитывает поворот блоков пикселей, т.е. пиксели, лежащие на одной границе, но сразными направлением градиента, будут считаться различными и иметь малые веса (10). Это может привести к плохому подавлению шума вдоль границ, где градиент в каждой точке границы имеет разные направления. Так как вычисление весов (10) происходит путем сравнения необработанных значений пикселей, алгоритм NLM сильно чувствителен к шуму.

Выводы.

Обеспечение необходимых требований, предъявляемых к современным телевизионным системам технического зрения при решении задач высокой сложности, сопряженными с высокой изменчивостью рабочей сцены, разнородностью объектов, помехами, напрямую связано с задачей повышения эффективности процесса цифровой обработки изображений, регистрируемых датчиками таких систем. Проведен анализ известных методов фильтрации аддитивных шумов на цифровых изображениях. Показаны достоинства и

недостатки. Рассмотрены плотности распределения, описывающие шумы регистрации.

Литература:

1. Э.С. Айфичер, Б.У Джервис., Цифровая обработка сигналов: практический подход / – 2-е издание – М.: Вильямс, 2004. – 992 с.

2. Р. Гонсалес, Р. Вудс, Цифровая обработка изображений. /– М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

3. Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс, Цифровая обработка изображений в среде Matlab / – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.

4. Марчук В.И., Информационные, телекоммуникационные и программные средства цифровой обработки сигналов: монография / – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2008. – 155 с. ISBN 978-5-93834-399-3.

5. Марчук В.И., Методы цифровой обработки сигналов для решения прикладных задач: монография / – М.: Радиотехника, 2012. – 128 с.

6. Марчук В.И., Цифровая обработка сигналов и ее техническое приложение в телекоммуникационных системах: монография / – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2010. – 212 с.

7. В.И. Марчук, В.В. Воронин, А.И. Шерстобитов, Д.С. Андрашитов, Я.Т. Астола, К.О.Егиазарян, Практические аспекты обработки сигналов в телекоммуникационных системах: монография /– Ростов-на-Дону: РИО РТИСТ ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2013. – 96 с.

8. Сергиенко А.Б., Цифровая обработка сигналов: учебное пособие /– СПб.: Питер, 2003. – 606 с.

9. Смоленцев Н., Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2005.

10. Сойфер В.А., Методы компьютерной обработки изображений / – М.: Физматлит, 2003. – 784 с.

11. А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева, Основы цифровой обработки сигналов /– СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.

12. Л. Шапиро, Дж. Стокман., Компьютерное зрение / – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

С.Ю. Андреев, Р.Б. Трегубов, А.Г. Коркин

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ПРОПУСКНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ КАНАЛОВ СВЯЗИ IP-СЕТИ, В КОТОРОЙ РЕАЛИЗУЕТСЯ СИСТЕМА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Академия ФСО России, Орёл, Россия

Ключевые слова: пропускная способность, дифференциальное обслуживание, статическая маршрутизация, протокольный блок данных.

Предлагается алгоритм выбора скоростей передачи каналов связи IP-сети, реализующей дифференцированное обслуживание, который представлен в матричном виде.

S.Y. Andreev, R.B. Tregubov, A.G. Korkin

THE SOLUTION TO THE PROBLEM OF CHOOSING THE BANDWIDTH OF COMMUNICATION CHANNELS ON THE IP NETWORK, WHICH IS IMPLEMENTED BY THE SYSTEM OF DIFFERENTIAL SERVICE

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

Keywords: bandwidth, differential service, static routing, Protocol data block.

An algorithm for selecting the transmission rates of communication channels IP-network, implementing differentiated service, which is presented in matrix form.

Транспортные сети связи (ТСС) с коммутацией пакетов обеспечивают перенос трафика данных от различных сетей доступа. При этом различные потоки протокольных блоков данных (ПБД) предъявляют требования к параметрам качества обслуживания (QoS) (разные требования по задержке ПБД, вероятности потерь ПБД, вероятности ошибки и др.). Отличительной особенностью системы дифференциального обслуживания является то, что при этом подходе не гарантируется сквозная поддержка параметров QoS в IP-сети, так как за каждый фрагмент ТСС отвечает отдельный администратор (оператор связи), и согласования параметров резервирования ресурсов остается субъективной процедурой. В работе рассматривается задача выбора пропускных способностей каналов связи (КС) IP-сети, в которой реализуется система дифференциального обслуживания. Данная задача предполагает минимизацию затрат на аренду каналов связи при наличии ограничения на математическое ожидание задержки ПБД n-го приоритета.

Анализ известных решений данной задачи [1-8] показывает, что они формализованы в скалярном виде. Ниже представлена формализация задачи выбора пропускных способностей КС IP-сети, в которой реализуется система дифференциального обслуживания в матричном виде.

Дано: $\mathbf{L}$, $\mathbf{Q}$, $\mathbf{T}$, $\mathbf{\Lambda}$, $\mathbf{\Gamma}$.

Минимизировать: $Q_{общ}$.

Варьируется: $\mathbf{C}$.

Ограничение: $\mathbf{T}^{ad}$.

Здесь $\mathbf{L}=(l_1,l_2,...,l_s)^{\mathrm{T}}$ – вектор-столбец среднего размера ПБД для отдельных КС (бит); $\mathbf{Q}=(q_1,q_2,...,q_s)^{\mathrm{T}}$ – вектор-столбец стоимости аренды отдельных КС ($\text{руб}\cdot\text{с}/\text{бит}$); $\mathbf{T}=(t_1,t_2,...,t_s)^{\mathrm{T}}$ – вектор-столбец задержки распространения ПБД для отдельных КС (с); $\mathbf{\Gamma}=(\gamma_0,\gamma_1,...,\gamma_n,...)$ – вектор-строка интенсивности γ_n ПБД n-го приоритета, если $n=0$, тогда это усредненная интенсивность ПБД по всем приоритетам (1/с);

$$\mathbf{\Lambda}=\begin{vmatrix}\lambda_{00},\lambda_{01},...,\lambda_{0n},...\\ \lambda_{10},\lambda_{11},...,\lambda_{1n},...\\ \vdots\\ \lambda_{s0},\lambda_{s1},...,\lambda_{sn},...\\ \vdots\end{vmatrix}$$

– матрица интенсивности λ_{sn} поступления ПБД n-го приоритета в s канале связи, если $n=0$ это усредненная интенсивность ПБД по всем приоритетам (1/с); $\mathbf{C}=(c_1,c_2,...,c_s)^{\mathrm{T}}$ – вектор-столбец пропускных способностей отдельных КС (бит/с); $\mathbf{T}_{ad}=\left(t_{ad}^0,t_{ad}^1,...,t_{ad}^n\right)$ – вектор-строка допустимых значений математического ожидания задержки t_n ПБД n-го приоритета, если $n=0$ это усредненное допустимое значение математического ожидания задержки по всем приоритетам (с); $Q_{общ}$ – сумма затрат на аренду КС, при этом в работе рассматривается только линейная стоимостная функция

$$Q_{общ}=\mathbf{Q}^{\mathrm{T}}\cdot\mathbf{C}. \tag{1}$$

При решении сформулированной выше задачи предполагается, что современное коммутационное оборудование IP-сети позволяет устанавливать значения пропускных способностей КС с точностью до одного бит/с.

Утверждение 1. Распределение множества пропускных способностей КС для IP-сети со статической маршрутизацией, обеспечивающее минимум затрат на их аренду (формула (1)) при наличии ограничения на математическое ожидание задержки ПБД 1-го приоритета [5]

$$\left(\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}\left(\mathbf{L}\right)^{-1}\cdot\mathbf{C}-\sum_{i=1}^{1}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}\right)^{-1}\cdot\left(\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}\left(\mathbf{L}\right)^{-1}\cdot\mathbf{C}\right)^{-1}\cdot\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 0\rangle}\right)+\mathrm{diag}\left(\mathbf{C}\right)^{-1}\cdot\mathbf{L}+\mathbf{T}\right)^{\mathrm{T}}\times$$
$$\times\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 1\rangle}\cdot\left(\left(\boldsymbol{\Gamma}^{\mathrm{T}}\right)_1\right)^{-1}\le t_{ad}^1, \tag{2}$$

определяется выражением

$$\mathbf{C}=\mathrm{diag}\left(\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 1\rangle}\right)\cdot\mathbf{L}+$$
$$+\left(\sqrt{\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}\left(\mathbf{Q}\right)\cdot\left(\mathrm{diag}\left(\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 0\rangle}-\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 1\rangle}\right)\cdot\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}\left(\tilde{\mathbf{C}}\right)^{-1}\right)+\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}\left(\mathbf{L}\right)^{-1}\right)\right)\cdot\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 1\rangle}\right)^{\mathrm{T}}}\cdot\mathbf{L}\right)\times$$
$$\times\left(t_{ad}^1\cdot\boldsymbol{\Gamma}^{\langle 1\rangle}-\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 1\rangle^{\mathrm{T}}}\cdot\mathbf{T}\right)^{-1}\cdot\left(\mathrm{diag}\left(\mathbf{Q}\right)^{-1}\times\right.$$
$$\left.\times\mathrm{diag}\left(\sqrt{\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}\left(\mathbf{Q}\right)\cdot\left(\mathrm{diag}\left(\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 0\rangle}-\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 1\rangle}\right)\cdot\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}\left(\tilde{\mathbf{C}}\right)^{-1}\right)+\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}\left(\mathbf{L}\right)^{-1}\right)\right)\cdot\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 1\rangle}\right)}\right)\cdot\mathbf{L}\right), \tag{3}$$

где $\mathrm{diag}(\mathbf{I})$ – это диагональная матрица, в диагонали которой находятся элементы вектор-столбца $\mathbf{I}$, $\mathrm{diag}(\mathrm{diag}(\mathbf{I}))$ – это операция над диагональной матрицей, которая возвращает вектор-столбец $\mathbf{I}$, $\tilde{\mathbf{C}}=(\tilde{c}_1,\tilde{c}_2,...,\tilde{c}_s)^{\mathrm{T}}$ – вектор-столбец значений пропускных способностей КС полученных на предыдущем оптимизационном шаге.

Утверждение 2. Распределение множества пропускных способностей КС для IP-сети со статической маршрутизацией, обеспечивающее минимум затрат на их аренду (формула (1)) при наличии ограничения на математическое ожидание задержки ПБД n-го приоритета [5]

$$\left(\operatorname{diag}\left(\operatorname{diag}(\mathbf{L})^{-1}\cdot\mathbf{C}-\sum_{i=1}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}\right)^{-1}\cdot\left(\operatorname{diag}\left(\operatorname{diag}(\mathbf{L})^{-1}\cdot\mathbf{C}-\sum_{i=1}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}\right)^{-1}\cdot\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 0\rangle}\right)+\operatorname{diag}(\mathbf{C})^{-1}\cdot\mathbf{L}+\mathbf{T}\right)^{\mathrm{T}}\times$$
$$\times\boldsymbol{\Lambda}^{\langle \mathrm{n}\rangle}\cdot\left(\left(\boldsymbol{\Gamma}^{\mathrm{T}}\right)_{\mathrm{PR}}\right)^{-1}\le t_{ad}^{n}, \tag{4}$$

определяется выражением

$$\mathbf{C}=\operatorname{diag}\left(\sum_{i=1}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}\right)\cdot\mathbf{L}+$$
$$+\left(\left(\left(\operatorname{diag}\left(\boldsymbol{\Lambda}^{\langle \mathrm{n}\rangle}\right)\cdot\operatorname{diag}(\mathbf{Q})\cdot\left(\operatorname{diag}\left(\tilde{\mathbf{C}}-\operatorname{diag}\left(\sum_{i=1}^{\mathrm{n-1}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}\right)\cdot\mathbf{L}\right)^{-1}\cdot\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 0\rangle}-\operatorname{diag}\left(\tilde{\mathbf{C}}\right)^{-1}\cdot\left(\sum_{i=1}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}+\operatorname{diag}\left(\operatorname{diag}(\mathbf{L})^{-1}\right)\right)\right)\right)^{1/2}\right)^{\mathrm{T}}\cdot\mathbf{L}\right)\times$$
$$\times\left(t_{ad}^{n}\cdot\boldsymbol{\Gamma}^{\langle \mathrm{n}\rangle}-\boldsymbol{\Lambda}^{\langle \mathrm{n}\rangle^{\mathrm{T}}}\cdot\mathbf{T}\right)^{-1}\cdot\left(\operatorname{diag}(\mathbf{Q})^{-1}\times\right.$$
$$\left.\times\operatorname{diag}\left(\sqrt{\operatorname{diag}\left(\boldsymbol{\Lambda}^{\langle \mathrm{n}\rangle}\right)\cdot\operatorname{diag}(\mathbf{Q})\cdot\left(\operatorname{diag}\left(\tilde{\mathbf{C}}-\operatorname{diag}\left(\sum_{i=1}^{\mathrm{n-1}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}\right)\cdot\mathbf{L}\right)^{-1}\cdot\boldsymbol{\Lambda}^{\langle 0\rangle}-\operatorname{diag}\left(\tilde{\mathbf{C}}\right)^{-1}\cdot\left(\sum_{i=1}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}\right)+\operatorname{diag}\left(\operatorname{diag}(\mathbf{L})^{-1}\right)\right)}\right)\cdot\mathbf{L}\right) \tag{5}$$

На основе утверждений 1 и 2 был разработан алгоритм распределения пропускных способностей связи IP-сети, организующей дифференцируемое обслуживание, со статической маршрутизации, обеспечивающий минимум затрат на их аренду при наличии ограничения на математическое ожидание задержки ПБД n-го приоритета.

Шаг 1. Начальные значения пропускных способностей КС рассчитываются по формуле

$$\mathbf{C}=\operatorname{diag}\left(\sum_{i=1}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}\right)\cdot\mathbf{L}+\frac{\left(\operatorname{diag}\left(\sqrt{\sum_{i=1}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{\Lambda}^{\langle i\rangle}}\right)\cdot\sqrt{\mathbf{Q}}\right)^{\mathrm{T}}\cdot\sqrt{\mathbf{L}}}{\mathbf{T}_{ad}^{\langle \mathrm{n}\rangle}\cdot\boldsymbol{\Gamma}^{\langle \mathrm{n}\rangle}-\boldsymbol{\Lambda}^{\langle \mathrm{n}\rangle^{\mathrm{T}}}\cdot\mathbf{T}}\times$$
$$\times\left(\operatorname{diag}(\mathbf{Q})^{-1}\cdot\left(\operatorname{diag}\left(\operatorname{diag}\left(\sqrt{\sum_{i=1}^{\mathrm{n}}\Lambda^{\langle i\rangle}}\right)\cdot\sqrt{\mathbf{L}}\right)\cdot\sqrt{\mathbf{Q}}\right)\right). \tag{6}$$

Шаг 2. Определение начального значения математического ожидания задержки ПБД n-го приоритета для отдельных КС и для IP-сети в целом по формулам

$$\mathbf{MT}[\tilde{t}_n] = \mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}(\mathbf{L})^{-1} \cdot \mathbf{C} - \sum_{i=1}^{n} \mathbf{\Lambda}^{\langle i \rangle} \right)^{-1} \cdot \left(\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}(\mathbf{L})^{-1} \cdot \mathbf{C} - \sum_{i=1}^{n-1} \mathbf{\Lambda}^{\langle i \rangle} \right)^{-1} \cdot \mathbf{\Lambda}^{\langle 0 \rangle} \right) + \mathrm{diag}(\mathbf{C})^{-1} \cdot \mathbf{L} + \mathbf{T},$$

(7)

$$M[\tilde{t}_n] = \left(\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}(\mathbf{L})^{-1} \cdot \mathbf{C} - \sum_{i=1}^{n} \mathbf{\Lambda}^{\langle i \rangle} \right)^{-1} \cdot \left(\mathrm{diag}\left(\mathrm{diag}(\mathbf{L})^{-1} \cdot \mathbf{C} - \sum_{i=1}^{n} \mathbf{\Lambda}^{\langle i \rangle} \right)^{-1} \cdot \mathbf{\Lambda}^{\langle 0 \rangle} \right) + \mathrm{diag}(\mathbf{C})^{-1} \cdot \mathbf{L} + \mathbf{T} \right)^{\mathrm{T}} \times$$

$$\times \mathbf{\Lambda}^{\langle n \rangle} \cdot \left(\left(\mathbf{\Gamma}^{\mathrm{T}} \right)_n \right)^{-1}, \quad (8)$$

где $\mathbf{MT}[\tilde{t}_n]$ – вектор-столбец значений математического ожидания задержки ПБД n-го приоритета в КС, $M[\tilde{t}_n]$ – значение среднего взвешенного математического ожидания задержки ПБД n -го приоритета для IP-сети.

Для расчета используются начальные значения пропускных способностей КС IP-сети, полученные на 1-м шаге.

Шаг 3. Распределение пропускных способностей КС по формуле (3) или (5). Для расчета используются начальные значения скоростей передачи КС.

Шаг 4. Определение текущего значения математического ожидания задержки ПБД n-го приоритета для отдельных КС и для IP-сети в целом по формулам (7) и (8). Для расчета используются значения пропускных способностей КС, полученные на 3-м шаге.

Шаг 5. Если текущее значение математического ожидания задержки ПБД n-го приоритета для IP-сети полученное на 4-м шаге не отличается от его начального значения, тогда работа алгоритма заканчивается. В противном случае начальные пропускных способностей КС принимаются равными тем, что были получены на 3-м шаге, а начальное значение математического ожидания задержки ПБД n-го приоритета для КС и для IP-сети в целом принимается равным тому, что было получено на 4-м шаге и осуществляется переход на 3-й шаг.

Предлагаемое решение задачи распределения пропускных способностей КС IP-сети, реализующей дифференцированное обслуживание, в матричном виде позволяет более эффективно использовать производительность ПЭВМ при реализации полученного решения с помощью прикладных пакетов математических программ (Mathcad, Matlab и др.), что в свою очередь приводит к сокращению времени расчетов.

Литература:

1. *Лохмотко, В.В.* Модели и методы оптимизации структуры телекоммуникационных сетей : диссертация д-ра техн. наук / В.В. Лохмотко. – СПб.: СПбГУТ, 1998. – 290 с.

2. *Захаров, Г. П.* Методы исследования сетей передачи данных / Г. П. Захаров. – М.: Радио и связь, 1982. – 208 с.

3. *Kleinrock, L.* Queueing Systems: Volume II – Computer Applications. New York. Wiley Interscience, 1976. 576 p.

4. *Степанов, С. Н.* Основы телетрафика мультисервисных сетей связи / С. И. Степанов. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 392 с.

5. *Трегубов, Р. Б.* Теоретические основы анализа и оптимизации иерархических многоуровневых маршрутизирующих систем / Р. Б. Трегубов, И. А. Саитов. – Орел : Академия ФСО России, 2017. – 585 с.

6. *Вишневский, В.М.* Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневский. – М.: Техносфера, 2003. – 506 с.

7. *Трегубов, Р. Б.* Оптимизация скоростей передачи битового потока в каналах транспортной сети связи с коммутацией пакетов, обеспечивающая максимум вероятности своевременной доставки протокольных блоков данных / Р. Б. Трегубов, Н. И. Мясин, К. И. Мясин // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – № 2 – С. 34–40.

8. *Трегубов, Р. Б.* Композиционный метод параметрической оптимизации иерархических многоуровневых маршрутизирующих систем / Р. Б. Трегубов, С. Ю. Андреев. // Телекоммуникации. – 2017. – № 11 – С. 8–19.

Ю.В. Иванов

ВЫБОР АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ С ЧАСТОТНО-НЕЗАВИСИМЫМИ ДИАГРАММАМИ НАПРАВЛЕННОСТИ

Ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУВО «Московский технический университет связи и информатики»

Ключевые слова: антенная решетка, диаграмма направленности, амплитудно-фазовое распределение, частотная независимость ширины главного луча диаграммы направленности.

В докладе рассматриваются вопросы формирования частотно-независимых диаграмм направленности. Рассматриваются основные положения выбора амплитудно-фазового распределения, определяющие использование частотно-независимого амплитудного и частотно-зависимого фазового распределений. Приведены результаты численного моделирования для случая 15-, 30-, 45- и 60-элементной антенной решеток. Показано, что частотная зависимость фазового распределения имеет характер, близкий к линейному. Отмечено, что представленные закономерности имеют общий характер и могут быть использованы при разработке антенн с частотно-независимыми параметрами.

Yu.V. Ivanov

THE CHOICE OF AMPLITUDE-PHASE DISTRIBUTION IN ANTENNA ARRAYS WITH FREQUENCY-INDEPENDENT RADIATION PATTERNS

The Oder of the Red banner, "Moscow technical University of communications and Informatics"

Keywords: antenna array, radiation pattern, amplitude-phase distribution, frequency independence of the main beam width of the radiation pattern.

The report deals with the formation of frequency-independent radiation patterns. The basic provisions of the choice of amplitude-phase distribution, which determine the

use of frequency-independent amplitude and frequency-dependent phase distributions are considered. The results of numerical simulation for the case of 15-, 30-, 45 - and 60-element antenna arrays are presented. It is shown that the frequency dependence of the phase distribution has a character close to linear. Noted, that the laws are general in nature and can be used to develop antennas with frequency-independent premiere.

Формирование ДН с частотно-независимыми параметрами является одной из важных задач в теории и технике антенн [1]. Проектирование антенных решеток (АР) с такими ДН включает в себя решение вопросов по трем ключевым направлениям: разработка излучателей, функционирующих в требуемой полосе частот, выбор амплитудно-фазового распределения (АФР), позволяющего обеспечить формирование ДН с практически неизменной шириной главного лепестка, и разработка фидерного тракта, обеспечивающего реализацию указанного АФР в требуемой полосе частот.

Вопросы разработки излучателей и построения фидерного тракта нашли свое отражение в работах [2-6]. Однако основные закономерности изменения АФР, обеспечивающего в полосе частот формирование ДН с неизменными заданными параметрами, в настоящее время недостаточно исследованы.

Цель доклада – изучить основные закономерности выбора параметров АФР для формирования частотно-независимых ДН антенных решеток с применением фазовых методов.

Задачи:

1. Сформировать исходные положения выбора АФР для формирования ДН с частотно-независимыми параметрами, в частности, шириной главного луча.

2. Определить параметры АФР, обеспечивающего формирование ДН с частотно-независимой шириной главного луча.

Как показано в [1, 3] эффект стабилизации характеристик излучения линейного или прямоугольного раскрыва в широкой полосе частот может быть достигнут при выполнении следующих условий:

- в раскрыве должно быть сформировано независимое от частоты спадающее амплитудное распределение;
- должно быть введено соответствующее дополнительное частотно-зависимое четное (обычно квадратичное) фазовое распределение, при котором убывание ширины ДН с ростом частоты компенсируется возрастанием расфазировки раскрыва. Под расфазировкой будем в дальнейшем понимать величину разности фаз между центральным и крайними излучателями, заполняющими раскрыв АР.

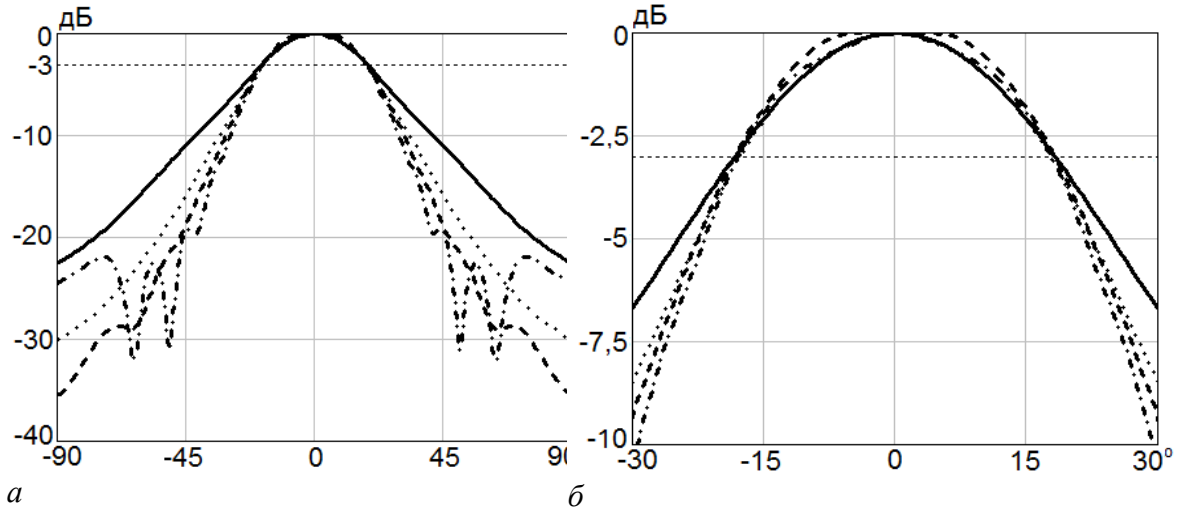
Однако, как с теоретической, так и практической точек зрения представляет интерес уточнение АФР, обеспечивающего частотную стабилизацию параметров ДН, что связано с возможностью представления формируемой ДН в аналитической форме. При этом для исследования основных закономерностей, связанных с выбором АФР, как правило, достаточно рассмотреть случай линейных антенных решеток.

Выбор амплитудного распределения определяется требованиями, предъявляемыми при формировании частотно-независимой ДН. К таким требованиям при заданной полосе частот могут, в частности, относиться:

- формирование ДН с постоянной шириной по уровню минус 3 дБ;
- формирование ДН с минимальным среднеквадратическим отклонением формы главного лепестка от заданной в пределах

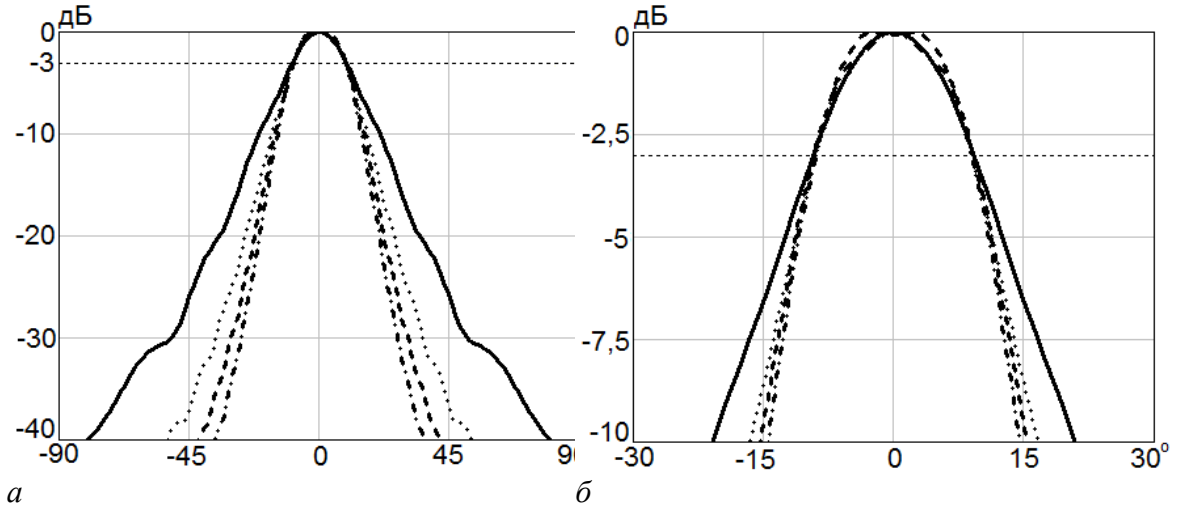
углового сектора по уровню минус 3 дБ или минус 10 дБ, а также ряд других требований.

На Рисунках 1-4 для АР с различным числом элементов показаны ДН с постоянной шириной по уровню минус 3 дБ на частоте f_0 (сплошная линия), $2f_0$ (точечная линия), $3f_0$ (штриховая линия) и $4f_0$ (штрих-пунктирная линия). Межэлементное расстояние в раскрыве АР выбрано равным $0{,}15\lambda_0$.



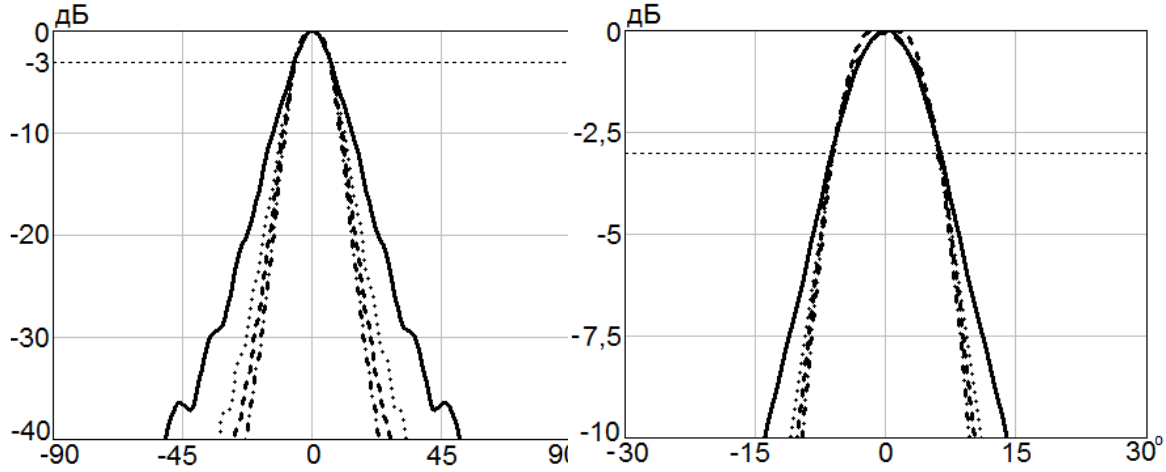
а *б*

Рисунок 1. ДН 15-элементной АР в полосе частот 4:1



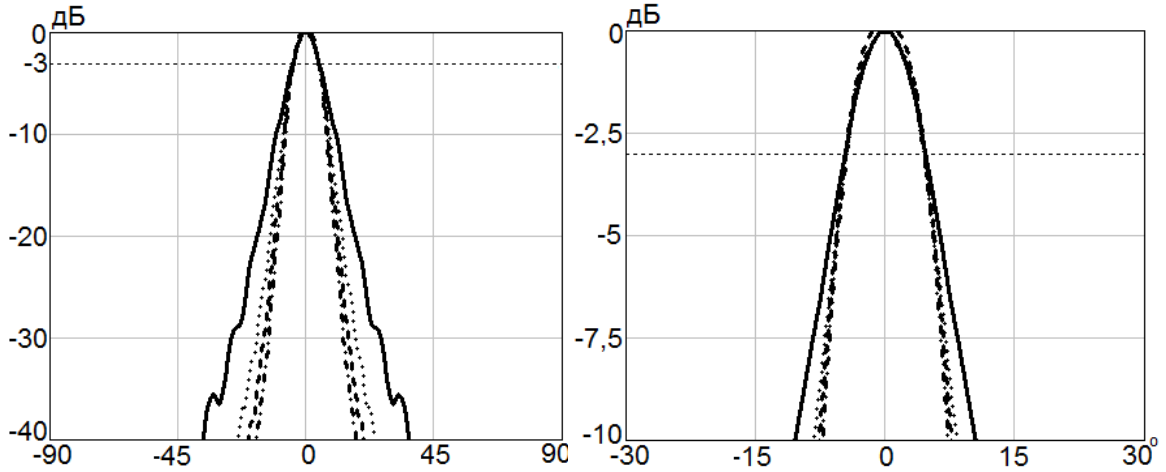
а *б*

Рисунок 2. ДН 30-элементной АР в полосе частот 4:1



а *б*

Рисунок 3. ДН 45-элементной АР в полосе частот 4:1



а *б*

Рисунок 4. ДН 60-элементной АР в полосе частот 4:1

Амплитудное распределение для всех рассматриваемых АР определяется коэффициентами $B_0 = 1$, $B_1 = -\pi^2/2$, $B_2 = \pi^2/24$, частотная зависимость фазового распределения $\Delta\Phi(f)$ имеет вид $\Delta\Phi(f) = \left[\left(0,9 + 0,85 \cdot \Delta\hat{f}\right) \cdot \pi\right]^{0,95}$, где $\Delta\hat{f} = f / f_0 - 1$. На всех рисунках на поле с индексом «а» приведены ДН во всем угловом секторе для линейной АР, на поле с индексом «б» выделена область главного лепестка.

Таким образом, можно отметить следующие результаты исследований:

1. Сформированы исходные положения выбора АФР для формирования ДН с частотно-независимыми параметрами:
   - амплитудное распределение токов в раскрыве является частотно-независимым;
   - частотная зависимость изменения фазового распределения в раскрыве АР имеет характер, близкий к линейному;
2. Определены параметры АФР, обеспечивающего формирование ДН с частотно-независимой шириной главного луча:

– минимальное число элементов АР возрастает как при расширении полосы рабочих частот, так и при формировании более широких частотно-независимых ДН;
– ширина частотно-независимых ДН как и в случае синфазного распределения, определяется обратно пропорциональной зависимостью от размеров раскрыва.

Выявленные закономерности позволяют сократить время разработки АР с частотно-независимыми характеристиками излучения.

Литература:

1. Бобков Н.И., Габриэльян Д.Д., Ивакина С.С., Пархоменко Н.Г. Построение апертурных антенн с частотно-независимыми характеристиками излучения // Радиотехника. 2016. № 1. С. 42-49.

2. U.S. Patent 8466848.Beam shaping for wide band array antennas / Guy D., Pirollo B. 18 June 2013.

3. Горин А.М., Радченко Н.А. Сканирующая антенная решётка со стабильной диаграммой направленности в широком диапазоне частот // Вопросы специальной радиоэлектроники (научно-технический сборник). ОВР, вып. 1, Москва-Таганрог, 2014, с. 77-80.

4. Гринев А.Ю., Багно Д.В., Синани А.И., Мосейчук Г.Ф. Расширение полосы рабочих частот многофункциональных фазированных антенных решеток // Материалы IV Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь» - ИРЭ РАН, 29 ноября – 3 декабря 2010 г., с. 631-635.

5. Лось В.Ф., Шаманов А.Н. Сверхширокополосные излучатели для антенных решеток // Антенны, 2004, вып. 8-9 (87-88), с. 80-87.

7. Holter H., Chio T.-H., Shaubert D. H. Experimental results of 144-element dual-polarized endfire tapered-slot phased arrays // IEEE Transactions on Antennas and Propogation, vol. 48, No. 11, 2000, pp. 1707-1718.

8. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны // Под ред. Д.И. Воскресенского. Изд. 2-е,доп. и перераб. - М.: Радиотехника, 2006. 376 с.

Ю.В. Иванов

ФОРМИРОВАНИЕ ЧАСТОТНО-НЕЗАВИСИМЫХ ПЕЛЕНГАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ

Ордена Трудового Красного Знамени ФГБОУВО «Московский технический университет связи и информатики»

Ключевые слова: антенная решетка, раскрыв, амплитудно-фазовое распределение, диаграмма направленности, пеленгационная характеристика.

Рассмотрено амплитудно-фазовое распределение поля в раскрыве линейной антенной решетки, обеспечивающее формирование частотно-независимых пеленгационных характеристик в широкой полосе частот. На примере 45-элементной линейной решетки, предназначенной для работы в полосе частот с относительным перекрытием 4:1 исследовано влияние параметров амплитудного и фазового распределений на величину и характер отклонения пеленгационных

характеристик в полосе рабочих частот. Проведен анализ основных закономерностей формирования частотно-независимых пеленгационных характеристик.

Yu.V. Ivanov

THE FORMATION OF FREQUENCY-INDEPENDENT CHARACTERISTICS IN DIRECTION-FINDING ANTENNA ARRAYS

The Oder of the Red banner, "Moscow technical University of communications and Informatics"

Keywords: linear antenna array, aperture, amplitude-phase distribution, radiation pattern, direction-finding characteristic.

The amplitude-phase distribution of the field in the opening of the linear antenna array is considered, which provides the formation of frequency-independent direction finding characteristics in a wide frequency band. The influence of the parameters of the amplitude and phase distributions on the value and the nature of the deviation of the direction finding characteristics in the operating frequency band is studied on the example of a 45-element linear lattice designed to operate in the frequency band with a relative overlap of 4:1. The analysis of the basic laws of formation of frequency-independent direction finding characteristics.

Для ряда направлений применения антенных систем широкополосных радиоэлектронных комплексовтребуется формирование частотно-независимых характеристик направленности и, в частности, частотно-независимых пеленгационных характеристик (ПХ). Формирование частотно-независимых ПХ позволяет значительно упростить построение широкополосных радиопеленгаторов [1-3], когда во всей полосе рабочих частот поддерживается постоянным пересечение парциальных диаграмм направленности (ДН)на уровне минус 3..4 дБ.Такая задача является актуальной для радиопеленгаторов с различными антенными системами, включая и линейные антенные решетки (АР).

Для определения частотной зависимости амплитудно-фазового распределения (АФР) в раскрыве АР, обеспечивающего формирование частотно-независимых ПХ, могут использоваться методы амплитудно-фазового синтеза [4-6]. Однако получаемые при этом решения приводят к сложным, зачастую нереализуемым АФР в раскрыве антенны. В то же время для практики актуальным является построение антенн, которые бы обеспечивали формирование частотно-независимых ПХ при неизменном от частоты амплитудном распределении в раскрыве линейной АР, а частотную зависимость имело бы только фазовое распределение.

Цель работы – изучить основные закономерности выбора параметров АФР для формирования частотно-независимых ПХлинейных АР при независимомот частоты амплитудном и изменяющемся с частотой фазовом распределении в раскрыве.

Результаты работ [1-3, 7]показывают, что эффект стабилизации ПХ линейного или прямоугольного раскрыва в широкой полосе частот ΔFнепосредственно связан с формированием частотно-независимых парциальных ДН и может быть достигнут при выполнении следующих условий:

- в раскрыве должно быть сформировано независимое от частоты спадающее амплитудное распределение;

– должно быть введено соответствующее дополнительное частотно-зависимое четное (обычно квадратичное) фазовое распределение, при котором убывание ширины ДН с ростом частоты компенсируется возрастанием расфазировки раскрыва. Под расфазировкой раскрыва АР будем понимать величину разности фаз возбуждения центральных и крайних излучателей, задаваемых дополнительным фазовым распределением.

Однако, как с теоретической, так и с практической точек зрения представляет интересуточнение АФР, обеспечивающегочастотную стабилизацию ПХ. При этом для исследования основных закономерностей, связанных с выбором АФР, как правило, достаточно рассмотреть случай линейныхАР.

Рассмотрим линейную АР, геометрия которой показана на Рисунке 1.

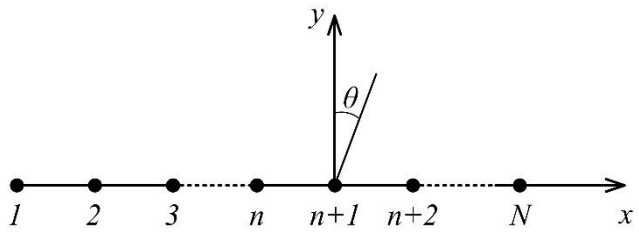


Рисунок 1. Геометрия линейной АР

Представим АФР линейной N-элементной АР длиной L следующим образом

$$A(x_n,\ f)=\sum_{m=0}^{\infty}\left(B_m\cdot x_n^{2m}\right)\exp\left\{-i\cdot\left[x_n\cdot\sin\theta_0+\Delta\Phi(f)\cdot x_n^2\right]\right\}, \quad (1)$$

где B_m-частотно-независимые коэффициенты разложения, определяющие амплитудное распределение в линейной АР; $x_n\in[-L/2,\ L/2]$- координата n-го излучателя в линейной АР; $\Delta\Phi(f)$-функция, определяющая частотную зависимость дополнительной расфазировки раскрыва; θ_0- требуемое угловое положение главного максимума ДН.

Частотную зависимость расфазировки $\Delta\Phi(f)$ представим следующим соотношением

$$\Delta\Phi(f)=\left\{\frac{\Phi_1-\Phi_0}{\Delta F}\left(f-f_0\right)\right\}^p, \quad (2)$$

в котором Φ_0 и Φ_1 - величина расфазировки раскрыва на крайних частотах f_0 и $f_0+\Delta F$ соответственно. С учетом представления АФР в виде (1) соотношение для ДН решеткиможет быть записано в виде [4-6]

$$F(\theta,\ f)=\mu(\theta)\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=0}^{\infty}\left(B_m x_n^{2m}\right)\exp\left\{-i\left[k(f)\,x_n\left(\sin\theta-\sin\theta_0\right)+\Delta\Phi(f)x_n^2\right]\right\} \quad (3)$$

,

где $\mu(\theta)$- ДН излучателя; $k(f)$- волновое число.

На основе соотношения (3) ПХ линейной АР может быть представлена соотношением

$$\Pi(\theta,\ f)=\frac{F(\theta+\theta_0,\ f)-F(\theta-\theta_0,\ f)}{F(\theta+\theta_0,\ f)+F(\theta-\theta_0,\ f)}. \qquad (4)$$

Параметром, определяющим частотную независимость ПХ, является интегральное среднеквадратическое отклонение (СКО) ПХ в полосе частот от ПХ на нижней частоте, которое определяется следующим выражением

$$\varepsilon=\left|\Pi(\theta,\ f_{cp})\right|^{-2}\cdot(\Delta f)^{-1}\int_{\Delta f}\left|\Pi(\theta,\ f)-\Pi(\theta,\ f_{cp})\right|^2 df \qquad (5)$$

.

Результаты исследований возможности формирования частотно-независимой ПХ для 45-элементной АРв полосе частот с перекрытием 4:1 ($\Delta F=3f_0$) для различных параметров амплитудного распределения приведены на рисунках 2 и 3,при этомчастотнаязависимостьрасфазировкивзята в виде $\Delta\Phi(f)=\left\{3\pi(f/f_0-1)\right\}^{0,8}$

.

На Рисунке 2 (поля с индексами *а-в*) приведены расчетные ПХ для амплитудного распределения с параметрами $B_0=0$, $B_1=-\pi^2/4$ с высоким уровнем возбуждения крайних излучателей АР.

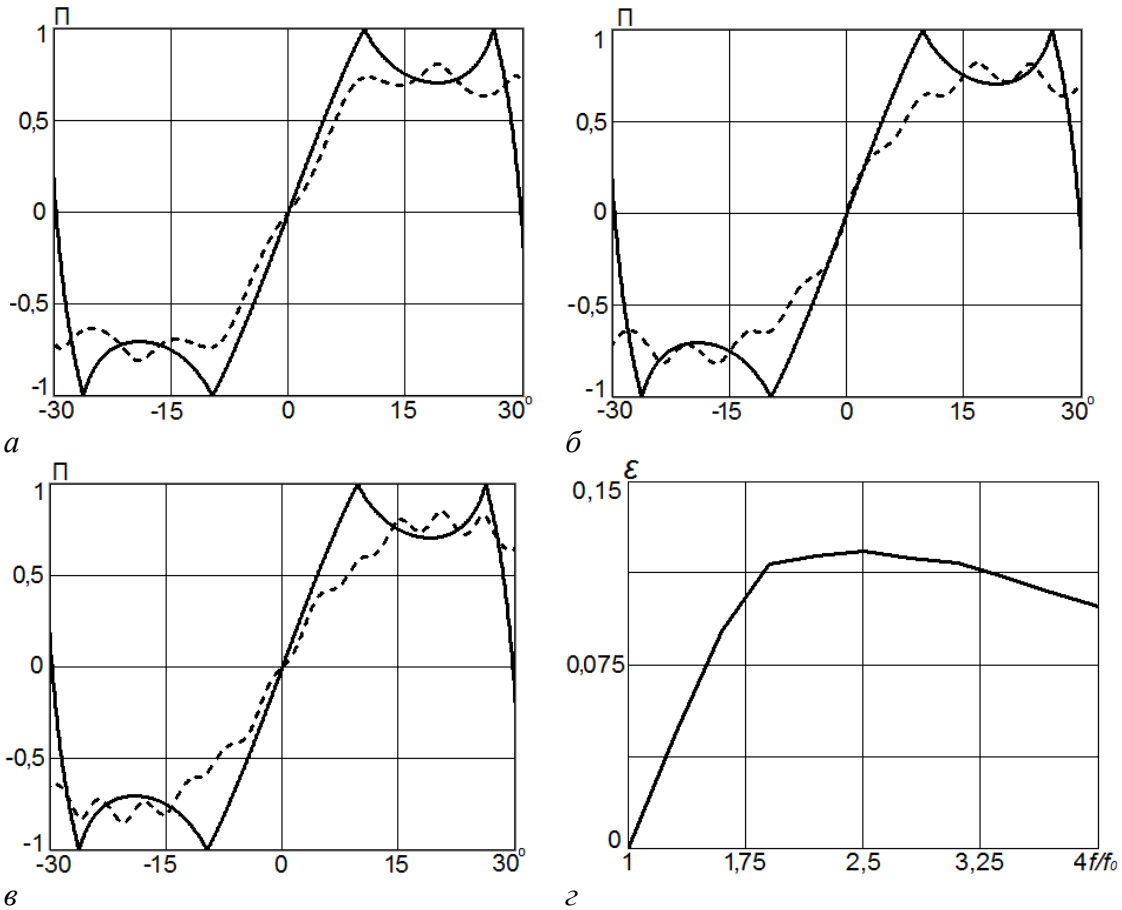


Рисунок 2. Сравнение пеленгационных характеристик на частоте $2f_0$ (*а*); $3f_0$ (*б*) и $4f_0$ (*в*) с пеленгационной характеристикой на частоте f_0 (сплошная линия на полях *а, б, в*) и частотная зависимость их отклонения в полосе частот (*г*) дляамплитудного распределения с параметрами $B_0=0$, $B_1=-\pi^2/4$

Сплошной линией показаны ПХ на частоте f_0, штриховой линией - ПХ на частотах $2f_0$, $3f_0$ и $4f_0$ соответственно. Из приведенных на рисунке 2 зависимостей следует, что при повышении частоты происходит искажение ПХ. Однако максимальное в соответствии с выражением (5) искажение ПХ для этого амплитудного распределения наблюдается вблизи середины полосы частот (рисунок 2, *г*).

В докладе также рассмотрены частотные зависимости ПХ при других параметрах амплитудного распределения.

Таким образом, можно отметить, что формирование частотно-независимых ПХв широкой полосе частот возможно на основе следующих принципов:

- амплитудное распределение в раскрыве является частотно-независимым;
- изменение дополнительного фазового распределения в раскрыве АР от частоты имеет характер, близкий к линейному;
- частотная зависимость отклонения ПХ определяется параметрами амплитудного распределения, требования к которому могут определяться различными факторами, при этом введение существенно спадающего амплитудного распределения способствует снижению интегрального СКО ПХ в полосе частот;
- изменение закона расфазировки поля в раскрыве антенной решетки приводит к изменению характера частотной зависимости отклонения ПХ.

Учет выявленных закономерностейпозволяет уточнить характеристики и сократить время разработки антенных решеток с частотно-независимыми пеленгационными характеристиками.

Литература:

1. Бобков Н.И., Габриэльян Д.Д., Ивакина С.С., Пархоменко Н.Г. Построение апертурных антенн с частотно-независимыми характеристиками излучения //Радиотехника. 2016. № 1. С. 42-49.

2. U.S. Patent 8466848.Beam shaping for wide band array antennas. GuyD., PirolloB. 18 June 2013.

3. Патент № 2099836 Российская Федерация. Широкополосная четырехлучевая зеркальная антенна (варианты) / Бобков Н.И., Бочарников А.А., Кашубин Б.Т., Логвиненко Е.Л., Савеленко А.А., Стуров А.Г., Яшин Н.Н. Приоритет 26.09.1994. МПК H01Q 19/17.

4. Бахрах Л.Д., Кременецкий С.Д. Синтез излучающих систем. Теория и методы расчета / М.: Сов.радио, 1974. – 223 с.

5. Караваев В.В., Сазонов В.В. Основы теории синтезированных антенн / М.: Сов.радио, 1974. – 168 с.

6. Зелкин Е.Г., Соколов В.Г. Методы синтеза антенн: Фазированные антенные решетки и антенны с непрерывным раскрывом // М.: Сов.радио, 1980. – 296 с.

7.Горин А.М., Радченко Н.А. Сканирующая антенная решётка со стабильной диаграммой направленности в широком диапазоне частот // Вопросы специальной радиоэлектроники (научно-технический сборник). ОВР, вып. 1, Москва-Таганрог, 2014, С. 77-80.

Ю.О. Гусева, Н.В. Будылдина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ЛАТЕРАЦИИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбург (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: латерация, позиционирование, гиперболическая латерация, угловая латерация.

Определение местоположения мобильного устройства осуществляется по набору измерений определенных величин. Проблема заключается в достижении точности позиционирования, исходя измерений, обычно содержащих значительное количество шумов или других систематических ошибок. На предполагаемые местоположения пользовательского устройства, определяемые с помощью алгоритма латерации, оказывают влияния многолучевые эффекты во входящих радиосигналах.

J.O. Guseva, N.V. Budyldina

MOBILE DEVICE LOCATION BY MEANS OF LATERATION ALGORITHM

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) FGBOU VO "Siberian State University of Telecommunications and Informatics" in Ekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: lateration, position, hyperbolic lateration, angulation.

The mobile device is located by means of the set of measurements certain values. The problem is to attain positioning accuracy, based on the measurements that generally bear significant amount of noise or other systematic errors. Multipath effects in the incoming radio signals have an impact on the anticipated device location determined by the lateration algorithm.

Неотъемлемой частью процесса позиционирования является определение расстояния до искомого объекта. В основу вычисления расстояния положены модели распространения радиосигнала. Опираясь на показатели мощности сигнала на приёмнике, частоты радиосигнала и потери мощности сигнала на расстоянии, возможно определить значение радиуса действия сигнала r. Следовательно, произвести оценку местоположения мобильного устройства клиента сети, по одной из моделей распространения радиосигнала, становится возможным исходя из значения r.

COST 231 One Slope Model – модель, описывающая зависимость роста параметра потери мощности сигнала от расстояния, при усредненном учете препятствий [1]. Необходимое значение r в данной модели описывается по формуле (1). Поиск значения r параметра является возможным после получения измеренных значений параметров мощности сигнала.

$$r = 10^{\frac{(|H|+|P|-65{,}45)}{(20+10\times n)}} \times f^{-\frac{20}{(20+10\times n)}}, \text{км} \quad (1)$$

где f – частота сигнала, МГц;

H – чувствительность сигнала, дБм;

P – мощность сигнала, дБм;

n – коэффициент, зависящий от количества препятствий, их материала и типа помещения.

Модель МСЭ-R P.1238-9 – статистическая модель, рекомендованная Международным союзом электросвязи [2]. В данной модели учитывается потеря мощности сигнала при прохождении через препятствия внутри помещений. Формула (2) для определения параметра r по модели МСЭ-R P.1238-9 имеет следующий вид:

$$r = 10^{\frac{|H|+|P|-2-P_f(n)}{N}} \times f^{-\frac{20}{N}}, \text{км} \quad (2)$$

где N – коэффициент потери мощности сигнала с расстоянием;

$P_f(n)$ – параметр потери мощности сигнала при прохождении через препятствия, дБ;

Модель Motley-Keenan определяет потери при распространении сигнала на основе потерь в свободном пространстве, добавленных к затуханию из-за препятствий [3]. Поэтому, выразим искомое значение радиуса r и получим следующую формулу (3):

$$r = 10^{\frac{L_M + k_W \times L_W - |H|+|P|}{n}}, \text{км} \quad (3)$$

где L_M – потери мощности сигнала с расстоянием в один метр (измеренное значение);

k_W – численное значение пройденных препятствий в горизонтальной плоскости;

L_W – потери мощности сигнала при прохождении через препятствия в горизонтальной плоскости;

n – численное значение пройденных препятствий в вертикальной плоскости.

Однолучевая модель COST 231 Multi-wall представляет из себя усовершенствованную модель One Slope и по своей структуре схожа с моделью Motley-Keenan [1]. В таком случае, для нахождения значения радиуса распространения сигнала базовой станции r получим следующую формулу (4):

$$r = 10^{\frac{32{,}45+20\times\log_{10} f-|H|+|P|+\sum k_{Wi}\times L_{Wi}+L_F\times n^{\left(\frac{n+2}{(n+1)-b}\right)}}{20+10\times n}}, \text{км} \quad (4)$$

где k_{Wi} – численное значение пройденных препятствий в горизонтальной плоскости
типа i;

L_{Wi} – потери мощности сигнала при прохождении через препятствия в горизонтальной плоскости типа i;

L_F – потери мощности сигнала при прохождении через препятствия в вертикальной плоскости;

b – эмпирический параметр.

Таким образом, опираясь на приведенные модели распространения сигнала в радио среде, по полученным значениям параметра r и далее рассматриваемым алгоритмам становится возможным определить точное местоположение мобильного устройства по найденным координатам (x, y).

Алгоритмы позиционирования семейства латерация представляют собой непосредственно сам алгоритм латерации, а также рассматриваемые далее виды данного подхода к позиционированию.

Латерация представляет собой процесс оценки местоположения мобильного устройства с учетом измерений расстояния до набора точек с известным местоположением. Для расчета местоположения объекта в двумерной системе координат необходимы измерения расстояний от трех неколлинеарных точек. Тем не менее, измерения расстояния являются ошибочными и ограничивают местоположение мобильного устройства в области границ покрытия сигнала от базовых станций. Измерение расстояния возможно за счет оценки затухания сигнала. Так, например, с увеличением расстояния от источника излучения интенсивность излучаемого сигнала уменьшается. Расстояние до объекта оценивается с помощью силы излучения. Данный процесс представляет собой сравнение исходной силы излучения и вновь измеренной в некоторой определенной точке p. Этот процесс описывается функцией ослабления сигнала. Так для радиосигнала в свободном пространстве, излучаемый сигнал будет претерпевать затухание сигнала, к моменту достижения точки p на расстоянии r от объекта, с коэффициентом, пропорциональным $1/r^2$. На точность измерения значительно влияет среда распространения сигнала. Так в зданиях и помещениях с большим количеством препятствий затухание значительно выше, чем в свободной среде. На сигнал влияют преломления и отражения от препятствий, что и приводит к неточным оценкам расстояний. Поэтому, необходимо приближенное к системе уравнений значение, в которой местоположение мобильного устройства ограничено окружностью с радиусом, заданным измерениями окружностей известных локаций. Местоположение $p = (x, y)$ мобильного устройства должно выполнять все уравнения k_i, описывающие окружности вокруг местоположения базовой станции с радиусом r_i по формуле (5) [4]:

$$r_i = k_i(x, y) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}, \quad (5)$$

где $i = 1 \dots k$;

r_i – радиус окружности вокруг местоположения базовой станции.

Данное уравнение не является линейным и поэтому используется итеративный подход, представляющий грубую оценку местоположения. Разложение Тейлора для определяемой оценки местоположения позволяет линеаризовать уравнение, что дает возможность решить полученное уравнение методом наименьших квадратов. Частные производные для построения суммы Тейлора как векторное выражения определяются по формуле (6):

$$\frac{d}{dx} k_i(x, y) = -\frac{x_i - x}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}}$$

(6)

$$\frac{d}{dy} k_i(x, y) = -\frac{y_i - y}{\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}}$$

Тогда $(\tilde{x}, \tilde{y})$ обозначает текущую оценку местоположения и уравнение для определения местоположение мобильного устройства, ограниченного окружностью r_i, является линейным и вычисляется по формуле (7):

$$r_i = k_i(\tilde{x}, \tilde{y}) + \frac{d}{dx} k_i(\tilde{x}, \tilde{y}) \times (x - \tilde{x}) + \frac{d}{dy} k_i(\tilde{x}, \tilde{y}) \times (y - \tilde{y}), \quad (7)$$

Гиперболическая латерация – это разновидность латерации, при которой входное измерение не состоит из оценок расстояния до известных местоположений, а состоит из разности оценок расстояний. Данный алгоритм предполагает, что некоторая инфраструктура плотно синхронизирована и одновременно создает события, которые могут быть получены в разное время мобильной станцией. Это довольно распространенная разновидность, известная как разница во времени прибытия. Важнейшим преимуществом этих измерений разницы во времени является то, что мобильному устройству не нужно быть синхронизированным по времени с передатчиком сигнала. Когда для двух базовых станций разница в расстоянии между мобильным устройством и обеими базовыми станциями Δd известна, тогда местоположение мобильного объекта определяется этой разницей расстояний. Для вычисления геопозиции используется тот же подход, что используется для круговой латерации. В качестве первого шага определяется система уравнений (формула (8)), которая отражает установленные ограничения местоположений мобильного устройства на гиперболах, определенных для измерений [5]:

$$\Delta d_{ij} = k_i(x, y) - k_j(x, y) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} - \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}, \quad (8)$$

где $i, j = 1 \dots k, i < j$;

Δd_{ij} – разница в расстоянии между мобильным устройством и базовыми станциями.

Обычно принято включать только измерения расстояний по отношению к одной стационарной станции, предполагая i=1. С точки зрения перспективы внедрения системы основное различие между гиперболической латерацией и латерацией обуславливается тем, какие компоненты должны быть синхронизированы по времени. В латерации синхронизируют пары сигналов задержки распространения сигнала отправителя и получателя, а для гиперболической латерации синхронизируют полный набор привязок.

Угловая латерация еще один очень распространенный класс подходов позиционирования, в котором измеренные углы между базовыми станциями и мобильными устройствами используются для определения местоположения мобильного устройства. Данный метод подразумевает использование базовых станций с антеннами в виде фазированных решеток. Эти множественные антенны измеряют время прибытия сигнала. И за счет различия во времени прибытия и геометрии принимающей решетки становится возможным вычислить угол. Двумерная угловая латерация представлена на рисунке 1 и подразумевает использование измерений двух углов и одной длины, такой как расстояние между опорными точками (формула 9):

$$\begin{aligned} \propto_1 &= \arctan\left(\frac{k_{CA} - k_{AB}}{1 + k_{CA} \times k_{AB}}\right) \\ \propto_2 &= \arctan\left(\frac{k_{CA} - k_{BC}}{1 + k_{CA} \times k_{BC}}\right) \end{aligned} \quad (9)$$

где $\propto_1$ и $\propto_1$ – известные по измерениям углы, градусы;
k_{AB}, k_{BC} и k_{CA} – угловые коэффициенты сторон.

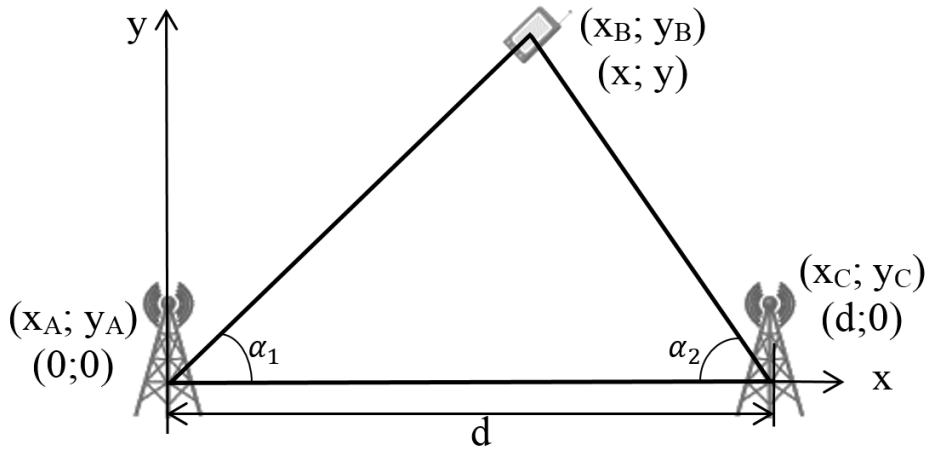


Рисунок 1. Двумерная угловая латерация

Угловые коэффициенты сторон определяются по формуле (10):

$$k_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{y}{x}$$

$$k_{BC} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{-y}{d-x} \quad (10)$$

$$k_{CA} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = 0$$

где $(0,0)$ и $(d,0)$ – координаты местоположения базовых станций;
(x,y) – координаты местоположения мобильного устройства;
d – длина, расстояние между опорными точками, м.

$$\propto_1 = \arctan\left(\frac{0-\frac{y}{x}}{1+0}\right) = \arctan\left(-\frac{y}{x}\right)$$

$$\propto_2 = \arctan\left(\frac{0-\left(\frac{-y}{d-x}\right)}{1+0}\right) = \arctan\left(\frac{y}{d-x}\right)$$

Таким образом, двумерную латерацию (определить координаты устройства (x,y)) можно вычислить по формуле (11):

$$y = -x \times \tan(\propto_1)$$

$$\propto_2 = \arctan\left(\frac{-x \times \tan(\propto_1)}{d-x}\right) \quad (11)$$

$$x = \frac{d \times \tan(\propto_2)}{\tan(\propto_1) - \tan(\propto_2)}$$

Основная проблема определения местоположения заключается в том, что предположить местоположение устройства можно основываясь на наборе измерений физических величин. Данные измерения обычно содержат значительное количество шумов или других систематических ошибок в измерении. Возможные местоположения мобильного устройства ограничивают многолучевые эффекты во входящих радиосигналах, которые влияют на полученные измерения углов. Трехмерная угловая латерация – случай угловой латерации, когда используются следующие измерения: длина, азимут и два угла. Таким образом, это позволяет с большей точностью определить местоположение устройства.

Литература:

1. *Lahteenmaki J.* Indoor Propagation Models // COST Action 231. – p. 175-179.
2. *МСЭ-R P.1238-9.* Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зоновых радиосетей в диапазоне частот 300 МГц – 100 ГГц. // МСЭ. – Женева, 2017, с. 4.
3. *Motley A., Keenan J.* Indoor Propagation Models // COST Action 231. – p. 175-179.
4. *Yang J., Chen Y.* Indoor Localization Using Improved RSS-Based Lateration Methods. // Stevens Institute of Technology Castle Point on Hudson. – Hoboken. p. 1-6.
5. *Hightower J., Borriello G.* Location Sensing Techniques. // University of Washington, Computer Science and Engineering. – Seattle. p. 1-8.

Ю.С. Мамошина, Е.В. Глушак

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ OMNET++

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, OmNet++.

В статье рассмотрены проблемы и актуальные тенденции беспроводных сенсорных сетей, представлены основные задачи отрасли беспроводных сенсорных сетей, рассмотрены области применения беспроводных сетей.

J.S. Mamoshina, E.V. Glushak

STUDYING THE PARAMETERS OF WIRELESS TOUCH NETWORKS BY MEANS OF THE OMNET ++ PROGRAM

Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics», Samara, Russia

Keywords: wireless sensor networks, OmNet ++.

The article discusses the problems and current trends of wireless sensor networks, presents the main tasks of the wireless sensor networks industry, discusses the applications of wireless networks.

Беспроводные сенсорные сети (wireless sensor networks) состоят из миниатюрных вычислительно-коммуникационных устройств – мотов (*от англ.* motes – пылинки), или сенсоров. Мот представляет собой плату размером обычно не более одного кубического дюйма. На плате размещаются процессор, память – флэш и оперативная, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи, радиочастотный приемопередатчик, источник питания и датчики. Датчики могут быть самыми разнообразными; они подключаются через цифровые и аналоговые коннекторы. Чаще других используются датчики температуры, давления, влажности, освещенности, вибрации, реже – магнитоэлектрические, химические (например, измеряющие содержание CO, CO2), звуковые и некоторые другие. Набор применяемых датчиков зависит от функций, выполняемых беспроводными сенсорными сетями. Питание мота осуществляется от небольшой батареи. Моты используются только для сбора, первичной обработки и передачи сенсорных данных [1].

Основным стандартом передачи данных в сенсорных сетях является IEE802.15.4, которые специально был разработан для беспроводных сетей маломощными приемо-передатчиками. Никаких стандартов в области программного обеспечения в сенсорных сетях нет. Существует несколько сотен различных протоколов обработки и передачи данных, а также систем управления узлами. Наиболее распространенной операционной системой является система с открытым кодом – TinyOs.

Узлы сенсорной сети могут быть стационарными, закрепленными на определенном месте, могут также крепиться на передвижные объекты и свободно перемещаться, оставаясь при этом частью сети. Моты передают информацию друг другу, а те моты, которые оказываются рядом со шлюзом, отправляют ему все аккумулированные данные. Множество стандартов передачи данных такие как Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, HomeRF, ZigBee и так далее делят между собой диапазон 2,4 ГГц, тем самым создавая друг другу помехи.

Важность использования БСС растет с каждым годом. Это непосредственно связано с увеличением потребности контроля, наблюдения, измерений и решения многих других задач эксплуатации в таких областях как промышленность, медицина, коммерция, наука, быт. Наиболее известные области применения БСС:

Военная техника: для применения в военных целях требуется хорошо оснащенный и надежный беспроводной датчик, который может выдержать особые условия эксплуатации (например, повышенная температура, влажность и прочее) при этом иметь компактный размер и конструкцию, не привлекающую внимания противника.

Медицинская техника: в настоящее время беспроводные датчики являются востребованными в медицине. Для улучшения дистанционного мониторинга жизненно важных показаний пациента повышают чувствительность датчика.

Экологические программы: БСС может быть использована для измерения нескольких параметров окружающей среды, таких как температура, влажность, давление, интенсивность света, и характеристика почвы. Она также используется для отслеживания, контроля за движением и поведением животных, птиц и других существ.

Бытовая техника: Активное использование БСС не могло не затронуть человека в повседневной жизни. Управление домом/оргтехникой при помощи пульта дистанционного управления, который дает возможность внутри целевой области изменять параметры устройств путем прямой связи между пользователем и устройствами, при помощи сети Интернет или спутниковой связи [1].

Программная платформа состоит в основном из операционной системы, которая управляет сенсорным узлом. Это связано с процедурами и алгоритмами методов измерений, которые будут загружены в каждый сенсорный узел.

OMNeT++ имеет модульную структуру, архитектура которой показана на Рисунок 1.

Рисунок 1. Архитектура Omnet++

OMNeT++ использует язык C++ для имитационных моделей. Имитационные модели в совокупности с языком высокого уровня NED собираются в крупные компоненты и представляют собой большие системы. Симулятор имеет графические инструменты для создания моделей и оценки результатов в режиме реального времени.

Библиотека компонентов моделирования состоит из простых и составных модулей, написанных на C++. Простые модули объединяются в составные группами, создавая объекты OMNeT++. Это свойство очень удобно, так как программа обладает готовыми библиотеками модулей для различных построений. В OMNeT++ протокол AODV реализуется в библиотеке компонентов моделирования, NED файл создает модули и подмодули.

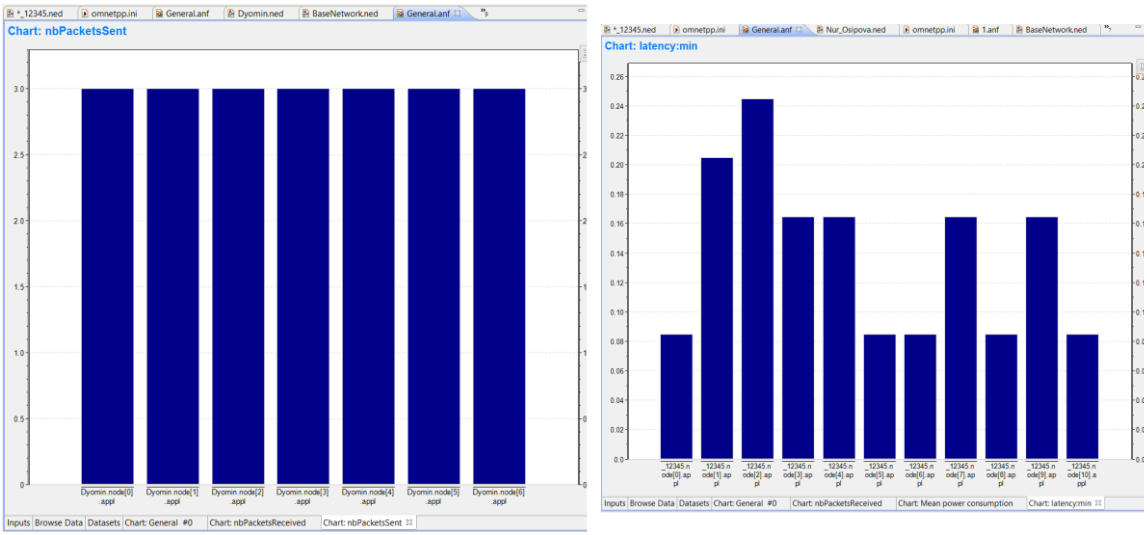
Именно в файле NED создается моделирование, на основе него конфигурируется файл INI, для настройки параметров сети, времени симуляции и т.д.

Моделирование будет проводиться для 10 устройств (numNodes = 10) в течении 60 минут (sim-timelimit = 60 min). Все устройства используют в качестве протокола канального уровня протокол IEEE 802.15.4 (mixim.modules.node.Host802154A;).

Так же задаются параметры помещения - “playgrounds”.

В Omnet++ для обработки массивов данных по сенсорам предусмотрен пакет, выполняющий построение гистограмм.

Результаты, представленные на гистограмме, показывают количество доставленных пакетов за промежуток времени выставленный пользователем. На данном примере (рис.2 (а)) видно, что присутствует определенный процент потерянных пакетов. Это может быть связано с различными факторами, такими как уменьшение пропускной способности данных сети, временные прерывания или полный разрыв беспроводного соединения, некорректная работа датчика. Для более точного установления причины потери пакетов, согласно вышеописанному алгоритму, произведены исследования параметра «latency:min» (рис.2 (б)), который отвечает за минимальные задержки в датчиках.



а б

Рисунок 2. «PacketSent»(а) и «latency:min» (б).

Это связано с передвижением датчиков по периметру помещения, соответственно в разные моменты времени, датчики могли находиться очень близко друг к другу и передавать сообщения беспрепятственно, либо находиться на далеком расстоянии и передавать сообщение с большой задержкой.

Беспроводные сенсорные сети являются наиболее оптимальным решением для мониторинга и контроля производственных помещений, ввиду легкости монтажа, отсутствия проводов и недорогой аппаратной части. Миниатюрность узлов сети обеспечивают низкое энергопотребление, узлы могут работать вплоть до нескольких лет без замены источников питания. Узлы сенсорной сети могут быть как стационарными, так и мобильными. Применительно к беспроводным сенсорным сетям используется стандарт ZigBee. В данной работе с помощью программы имитационного моделирования OMNeT++ была создана сенсорная сеть с передвижными и стационарными датчиками. Для датчиков была проведена сравнительная характеристика по полученным пакетам и минимальным задержкам в датчиках.

Литература:

1. *Ефименко М. С., Клымив С. И., Саткенов Р. Б.* Беспроводные сенсорные сети // Молодой ученый. - 2018. - №51. - С. 40-42. - URL https://moluch.ru/archive/237/55115/ (дата обращения: 05.04.2019).

Н.В. Руденко, Я.Н. Тузко, Я.А. Куцкий

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: автономное электроснабжение, базовые станции сотовой связи, возобновляемые источники энергии, гибридные энергетические установки, физическое моделирование.

В статье рассмотрена задача создания физической модели гибридной энергетической на базе возобновляемых источников энергии, которая может быть использована для электропитания базовых станций сотовой связи в регионах России, где отсутствует централизованное электроснабжение. Разработаны структурная и принципиальная электрические схемы физической модели гибридной солнечно-ветро-дизельной энергетической установки, а также алгоритм и программа управления микроконтроллера устройства управления. Создана физическая модель гибридной солнечно-ветро-дизельной энергетической установки, позволяющая исследовать режимы её работы и пути её совершенствования. Выявлены следующие задачи для совершенствования гибридных установок данного типа: борьба с дребезгом контактов и согласование источников энергии для обеспечения стабильного напряжения на шине нагрузки. Исследование физической модели показало, что она работоспособна и имеет достаточно стабильные выходные параметры в различных режимах.

N.V. Rudenko, Ya.N. Tuzko, Ya.A. Kutsky

PHYSICAL MODELING OF A HYBRID ENERGY INSTALLATIONS FOR POWER SUPPLY OF BASIC STATIONS CELLULAR COMMUNICATIONS

Keywords: autonomous power supply, cellular base stations, renewable energy sources, hybrid power plants, physical modeling.

The article considers the task of creating a physical model of a hybrid energy based on renewable energy sources, which can be used to power base stations of cellular communication in the regions of Russia where there is no centralized power supply. The structural and basic electrical circuits of the physical model of a hybrid solar-wind-diesel power plant, as well as the algorithm and control program of the microcontroller of the control device, have been developed.

A physical model of a hybrid solar-wind-diesel power plant has been created, which allows to investigate the modes of its operation and the ways of its improvement. The following tasks have been identified for improving hybrid installations of this type: fighting contact bounce and matching energy sources to ensure a stable voltage on the load bus. The study of the physical model has shown that it is efficient and has fairly stable output parameters in various modes.

Введение.

Современная мобильная связь, *A-GPS* и мобильный интернет созданы на основе сети вышек и узлов связи, объединенных в единое целое. Внеплановый выход из строя одного из ее компонентов, например, вследствие нарушения энергоснабжения, влечет за собой нарушение работы всей системы. Элементы сотовой связи, такие как базовые станции, контроллеры базовых станций и др. относятся к потребителям электроэнергии 1 категории, которые требуют бесперебойного, надёжного и качественного электроснабжения [1, 2]. На сегодняшний день, существующие электросети во многих случаях оставляют желать лучшего. Перебои в электроснабжении могут достигать от нескольких минут до нескольких суток, что совершенно неприемлемо для систем связи. Подключение к существующим электросетям является очень дорогостоящим. Так на строительство воздушных линий электропередачи 6 (10) кВ, например, в Московской области длиною от 1 км, с учётом стоимости материал, расходов на организационные, технические мероприятия, а также на оформление соответствующей проектной документации по ориентировочным расчётам потребуется от 800 тыс. рублей [3].

Следовательно, строительство общенациональных сетей сотовой связи с электропитанием базовых станций на основе возобновляемых источников энергии в регионах России, где отсутствует централизованное электроснабжение, является актуальной научно-технической задачей. Эта задача может быть решена с помощью гибридных солнечно-ветровых установок, представляющих собой комбинацию солнечных панелей с ветрогенераторами и часто дополненные дизельным генератором. Они успешно заменяют газотурбинные установки малой мощности, мазутные котельные и дизельные генераторы, особенно расположенные в зоне децентрализованной энергетики. К 2020 г. мировой рынок таких установок может составить 65 млрд. долларов. Их использование позволит увеличить к 2035 г. долю возобновляемых источников в производстве электроэнергии с 5% до 15% [4, 5].

Таким образом, для обеспечения требуемой надёжности и бесперебойности электроснабжения автономных систем электропитания базовых станций их целесообразно проектировать на базе гибридных солнечно-ветро-дизельной установки (ГСВДУ). Однако для разработки таких установок требуются значительные ресурсы. Поэтому с целью исключения ошибок проектирования и экономии ресурсов целесообразно на начальном этапе проектирования использовать физическое моделирование.

Целью данной работы является разработка физической модели (ФМ) гибридной энергетической установки для исследования её свойств и получения технических решений по проектированию полноразмерных установок.

Материалы исследования.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- разработка электрической структурной схемы ФМ ГСВДУ;
- разработка электрической принципиальной схемы ФМ ГСВДУ;
- разработка алгоритма и программы микроконтроллера;
- исследование ФМ ГСВДУ.

Разработка электрической структурной схемы физической модели ГСВДУ.

При создании действующей ФМ автономной системы электропитания базовой станции главной задачей является максимальное приближение к полноразмерной установке. То есть она должна канал преобразования солнечной

энергии, канал преобразования ветровой энергии и резервный источник энергии, моделирующий дизель-генератор.

Структурная схема ФМ ГСВДЭУ представлена на Рисунке 1. В качестве устройства управления (УУ) используется микроконтроллер на базе *Arduino*, который имеет собственную среду разработки и загрузки прошивок – *Arduino IDE* и предназначен для проектирования электронных устройств. Кроме этого, он прост в использовании, наладке и имеет низкую стоимость на рынке [6]. Программа, записанная в памяти микроконтроллера, позволяет обрабатывать полученные сигналы и управлять исполнительными элементами, в качестве которых использованы управляемые реле (УР1-УР4).

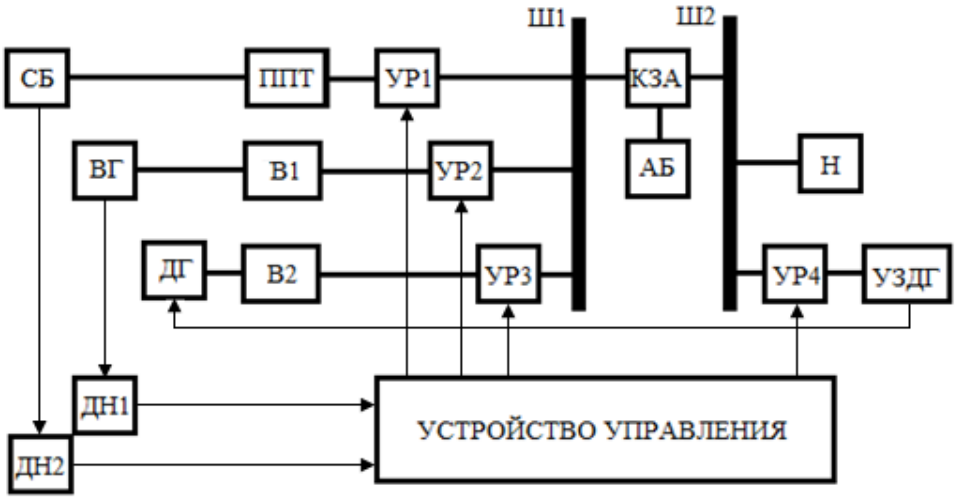


Рисунок 1. Структурная схема физической модели гибридной солнечно-ветро-дизельной энергетической установки:

СБ – физическая модель солнечной батареи; ВГ – физическая модель ветрогенератора; ДГ – физическая модель дизель-генератора; ППТ – преобразователь постоянного тока (*DC/DC*-конвертер); В1 и В2 – выпрямители; ДН1 и ДН2 – датчики напряжения; АБ – аккумуляторная батарея; КЗА – контроллер зарядки аккумулятора; УР1, УР2, УР3, УР4 – управляемые реле; УЗГД – устройство запуска дизель-генератора; Н – нагрузка

В данной схеме стрелками обозначены сигнальные линии, которые передают данные в устройство управления и сигналы управления на управляемые реле. Остальные линии обозначают силовые каналы, по которым протекаю токи и напряжения, потребляемые системой. Микроконтроллер считывает данные с датчиков напряжения ветрогенератора (ДН1) и солнечной батареи (ДН2) и формирует сигналы управления, под действием которых срабатывают определённые реле, через которые обеспечивается питание нагрузки от шины питания (Ш1). Важную роль играет контроллер заряда аккумулятора (КЗА). Он обеспечивает правильную зарядку и разрядку аккумулятора, что увеличивает срок его эксплуатации. От него происходит питание нагрузки от шины питания (Ш2).

Разработка электрической принципиальной схемы физической модели.

Вторым этапом в создании проекта является создание электрической принципиальной схемы модели. Данная схема показана на Рисунке 2.

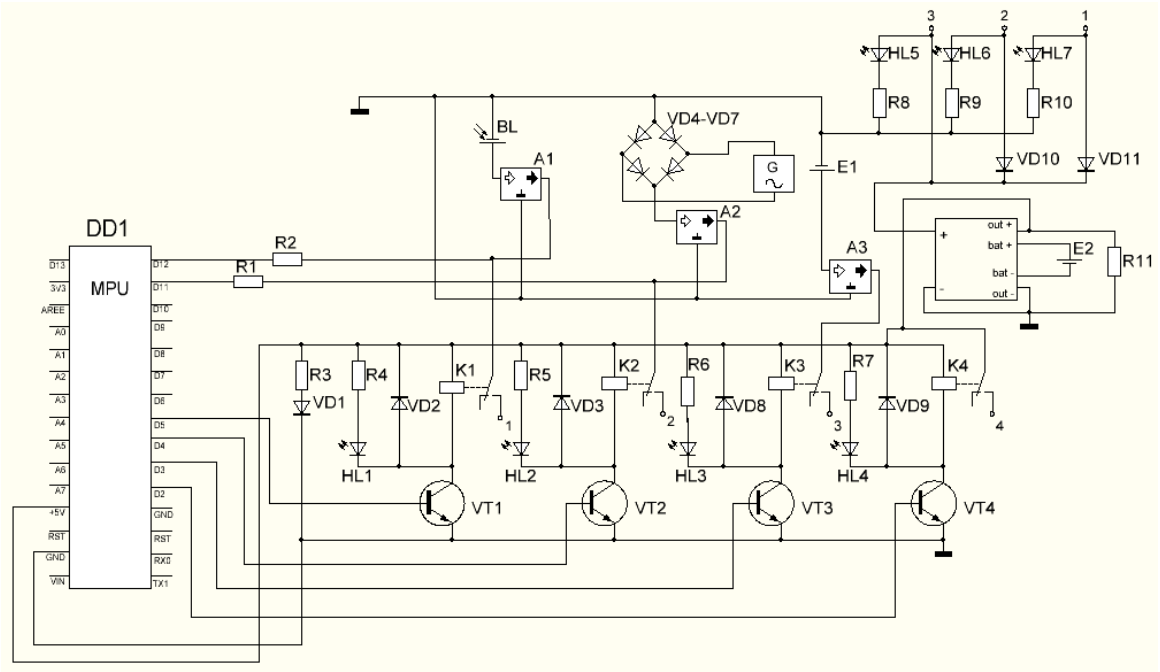


Рисунок 2. Электрическая принципиальная схема физической модели гибридной солнечно-ветро-дизельной энергетической установки

Физическая модель управляется микроконтроллером (*DD*1) на базе *Arduino,* при этом используется вариант *Arduino Nano* [7]. Питание нагрузки (*R*11) осуществляется непосредственно от аккумулятора *E*2, который заряжается от трёх источников энергии: солнечной батареи *BL*, ветрогенератора *G* и от дизель-генератора (моделируется аккумулятором *E*1). Коммутация источников к нагрузке выполняется с помощью электронных ключей на транзисторах *VT*1-*VT*4. В качестве датчиков напряжения используются резисторы *R*1 и *R*2.

Работа физической модели заключается в следующем. Микроконтроллер периодически опрашивает датчики. В результате поступления положительного сигнала на цифровой контакт микроконтроллера, свидетельствующего о наличии вырабатываемой энергии в одном из каналов (от солнечной батареи или ветрогенератора), микроконтроллер, формирует сигнал управления, который, замыкает соответствующее реле *K*1 или *K*2. В результате полученная энергия подаётся на заряда аккумулятора *E*2 через контроллер заряда.

Этот принцип экономит топливо дизель-генератора за счёт использования возобновляемых источников энергии.

Разработка алгоритма и программы микроконтроллера.

Для автоматической работы физической модели разработан алгоритм её работы, блок-схема которого представлена на Рисунке 3. На основе алгоритма разработана программа, которая записывается в память микроконтроллера для управления элементами системы. Микроконтроллер с высокой частотой опрашивает задействованные входы и проверяет истинность условий. Одновременно проверяются два условия: первое – наличие ветровой энергии, второе – наличие солнечной энергии. Если первое условие выполняется, то реле 2 (реле ветрогенератора) замыкается (пропускает электрический ток), а реле 3 и 4 (реле дизель-генератора и его стартера соответственно) размыкается (не пропускает электрический ток). Если же условие не выполняется, то реле 2 размыкается. При выполнении второго условия: реле 1 (реле солнечной панели) замыкается, а реле 3 и

4 – размыкаются. При невыполнении: реле 1 размыкается. Стоит заметить, что если первое и второе условие не выполняются одновременно, то реле 3 и 4 замыкаются. Выполнение условий предполагает подачи высокого сигнала на входы *D*8, *D*9 микроконтроллера, а именно от 3 до 5 вольт.

Программа микроконтроллера создавалась в приложении *ArduinoIDE* с применением языка программирования *C++*.

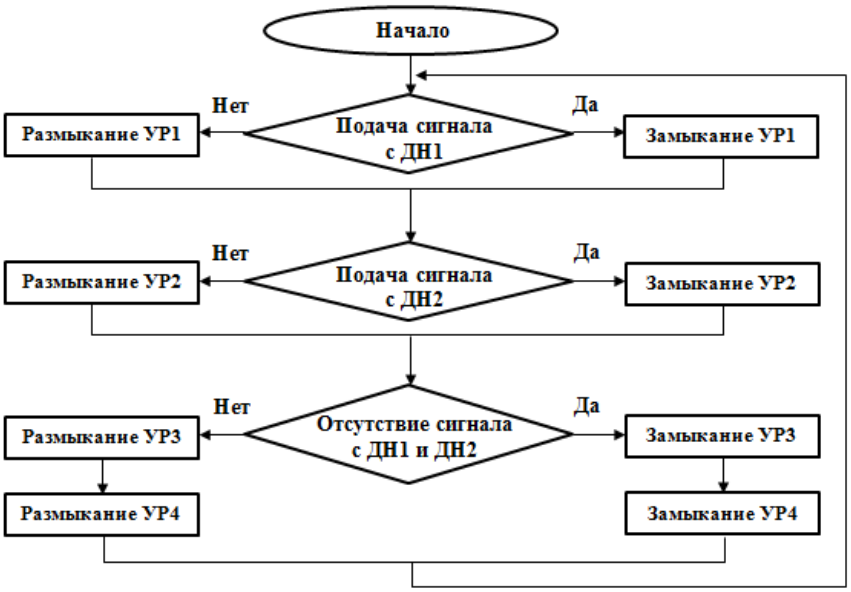


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма программы микроконтроллера

Результаты исследования физической модели.

Физическая модель выполняется в виде стенда на листе фанеры и изображена на Рисунке 4.

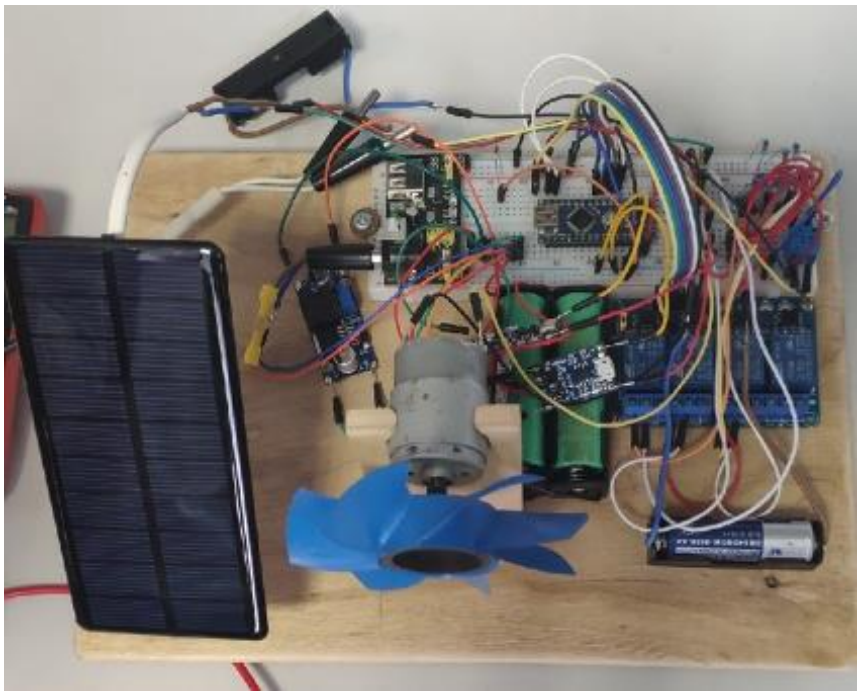


Рисунок 4. Физическая модель ГСВДЭУ

Модели источников питания располагаются в ряд для большей наглядности. Каждый источник имеет световой индикатор, в виде светодиода, который сигнализирует о выработке электроэнергии этим источником.

Программа исследований ФМ включала в себя следующие этапы:

- работа только от солнечной батареи при достаточном солнечном излучении;
- работа только от модели ветрогенератора, который приводился во вращение от воздушного потока, создаваемого вентилятором мощностью 800 Вт;
- работа только от резервного источника (дизель-генератора);
- исследование динамики переключения установки из одного режима в другой при изменении условий окружающей среды.

Получены следующие результаты:

- напряжение на шине нагрузки в первом режиме постоянное стабильное 5 В;
- напряжение на шине нагрузки во втором режиме постоянное стабильное 4,5 В, имеет пульсации за счёт несовершенства модели ветрогенетара (биения вала);
- напряжение на шине нагрузки в третьем режиме постоянное стабильное 5 В;
- время коммутации составило примерно 0,05 с, что не влияет на качество питания нагрузки.

В ходе первых исследований были выявлены следующие её недостатки:

- длительность выполнения управляющего сигнала реле была слишком мала (0,5 мс), что приводило к очень частому переключению реле (дребезгу контактов);
- размер лопастей модели ветрогенератора был выбран недостаточно большим для выработки электроэнергии требуемого напряжения, что при переходе из режима «ветрогенератора» в режим питания от аккумуляторов приводило к перепаду напряжения на 1-1,5 В.

Перечисленные недостатки были устранены следующим образом.

В первом случае между условиями в коде программы были добавлены задержки длительностью 0,5 с, что повысило плавность срабатывания реле и стабильность работы.

Во втором случае были установлены лопасти большего размера, чтобы захватить больший воздушный поток, одновременно с этим целесообразно на выходе ветрогенератора установить стабилизатор.

Исследование физической модели показало, что она работоспособна и имеет достаточно стабильные выходные параметры в различных режимах. Установка стабильно выдаёт на выходе 5 вольт постоянного тока. За счёт стабилизации напряжения источников электроэнергии и правильного подбора аккумулятора при переключении с одного режима на другой перепада уровня напряжения можно избежать.

Выводы.

1. Разработаны структурная и принципиальная электрические схемы физической модели гибридной солнечно-ветро-дизельной энергетической установки, а также алгоритм и программа управления микроконтроллера устройства управления.

2. Создана физическая модели гибридной солнечно-ветро-дизельной энергетической установки, позволяющая исследовать режимы её работы и пути её совершенствования.

3. Выявлены следующие задачи для совершенствования гибридных установок данного типа: борьба с дребезгом контактов и согласование источников энергии для обеспечения стабильного напряжения на шине нагрузки

4. Исследование физической модели показало, что она работоспособна и имеет достаточно стабильные выходные параметры в различных режимах.

Литература:

1. Резервное (автономное, аварийное) электроснабжение узлов связи, вышек сотовой связи [Электронный ресурс]: URL: // https://www.adkom.ru/news/2611/ (дата обращения 15.04.2019 г.)

2. Сотовая связь: история, стандарты, технологии «Система электроснабжения базовой станции» [Электронный ресурс]: URL: // http://celnet.ru/electro.php (дата обращения 16.04.2019 г.)

3. Официальный сайт МАСТЕРЭНЕРГОСЕРВИС [Электронный ресурс]: URL: // https://www.masterenergoservice.com/stroitelstvo-vozdushnyh-liniy-vl (дата обращения 16.04.2019 г.)

4. Руденко Н.В., Ершов В.В. Выбор показателей эффективности гибридных энергетических установок систем электропитания базовых станций сотовой связи // Материалы Международной научно-технической конференции, 21 – 25 ноября 2016 г., *INTERMATIC* – 2016, часть 5. С. 181-184 [Электронный ресурс]: URL: // https://conf.mirea.ru/CD2016/pdf/p5/40.pdf (дата обращения 16.04.2019 г.)

5. Rudenko N.V., Ershov V.V., Evstafiev V.V. Improvement of ecological and resource-consumption properties of hybrid power supply plants of mobile base stations//Proc. International Conf. on Industrial Eng., Application. And Manufact. (ICIEAM). 16-19 May 2017, St.-Petersburg, Russia. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076240

6. Официальный сайт программного обеспечения Arduino [Электронный ресурс]: URL: // https://www.arduino.cc/en/Main/OldSoftwareReleases#previous (дата обращения 17.04.2019 г.)

7. Плата Arduino NANO – описание, настройки подключения и схемы распиновки устройства [Электронный ресурс]: URL: // http://arduino-nano.ru (дата обращения 17.04.2019 г.)

А.В. Елисеев[1], А.Г. Жуковский[1], Н.И. Кундрюкова, Д.О. Салдаев

КОМПЛЕКСИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: нечеткий фильтр, комплексирование, фильтр Калмана.

Рассмотрен вопрос комплексирования фильтра с нечеткой логикой и фильтра Калмана для обеспечения устойчивости результатов фильтрации. Предложены следующие схемы комбинирования: коррекция выходов, коррекция входов, коррекция параметров, резервирование выхода.

A.V. Yeliseyev[1], A.G. Zhukovskiy[1], N.I. Kundryukova, D.O. Saldayev

INTEGRATED MEASUREMENT FILTRATION ALGORITHM

Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia
North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: fuzzy filter, complexing, Kalman filter.

The issue of combining a filter with fuzzy logic and a Kalman filter to ensure the stability of the filtering results is considered. The following combination schemes are proposed: output correction, input correction, parameter correction, output redundancy.

В настоящее время во всех сферах деятельности общества активно используется радиочастотный ресурс, который является ограниченным. Для обеспечения эффективного использования радиочастотного ресурса создана организационно-техническая система, решающая задачи распределения и радиочастотного контроля (РЧК). Среди большого количества задач РЧК в последнее время особую актуальность приобретает задача идентификации мобильных источников радиоизлучения (ИРИ). Это обусловлено существенным увеличением их типов и количества. Так, например, в последние годы активно развивается малая авиация и технология беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Решение задач РЧК такой техники требует её пространственной идентификации путем построения траектории движения в реальном времени.

Формирование траекторной информации осуществляется на основе трех этапов обработки: первичной, вторичной и третичной. На каждом из этих этапов находят применение алгоритмы динамической фильтрации, например фильтры Калмана [1-3]. Наряду с достоинствами данные фильтры имеет такой недостаток как расходимость оценок [2]. Как показано в работе [1], перспективным направлением повышения качества фильтрации является совместное использование нейросетевых и традиционных технологий. Рассмотрим возможные варианты комбинирования фильтра с нечеткой логикой (ФНЛ) и фильтра Калмана (ФК). С учетом вариантов, описанных в работе [1], можно предложить следующие схемы комбинирования: коррекция выходов (рисунок 1а), коррекция входов (рисунок 1б), коррекция параметров (рисунок 1в), резервирование выхода (рисунок 1г). При коррекции выходов ФНЛ уточняет оценку фильтра Калмана путем учета различных немоделируемых возмущений и неточностей модели процесса. Коррекция входов заключается в преобразовании исходных наблюдений в наблюдения, наиболее удобные для обработки фильтром. Так, например, ФНЛ может обеспечить нелинейное преобразование наблюдаемых величин в оцениваемые, что позволит перейти от нелинейного уравнения наблюдения к линейному и, соответственно, от обобщенного фильтра Калмана к линейному фильтру. Кроме того, возможна обработка наблюдений с целью компенсации систематических ошибок. При коррекции параметров (рисунок 1в) выходной сигнал ФНЛ является управляющим

для фильтра Калмана [2]. В качестве управляемых параметров могут быть уровни шумов наблюдения, формирующего шума, начальные условия.

Резервирование выхода (рисунок 1г) обеспечивает формирование нерасходящихся оценок в случаях значительного изменения параметров фильтра Калмана при которых традиционные методы устранения расходимости не эффективны. При данном варианте комбинирования оба фильтра работают одновременно, но на выход системы через ключ (Кл.) подается сигнал $\widehat{X}_{FK}$ с фильтра Калмана.

Устройство анализа (УА) непрерывно проверяет выполнение критерия сходимости [4]

$$\Delta Z^T(j) Q_I \Delta Z(j) < \gamma tr\left[H(j) K(j|j-1) H^T(j) + V_Z(j)\right], \quad (1)$$

где $\gamma > 1$ – коэффициент, характеризующий чувствительность критерия сходимости, $\Delta Z(j) = Z(j) - H(j) X(j|j-1)$ – обновляющий процесс в алгоритме фильтрации [2], Q_I – единичная матрица размерных коэффициентов, $tr[\cdot]$ – операция вычисления следа матрицы.

При невыполнении критерия (1) фильтр Калмана полагается расходящимся и на выход системы через ключ выдается сигнал $\widehat{X}_{FL}(j)$ с ФНЛ.

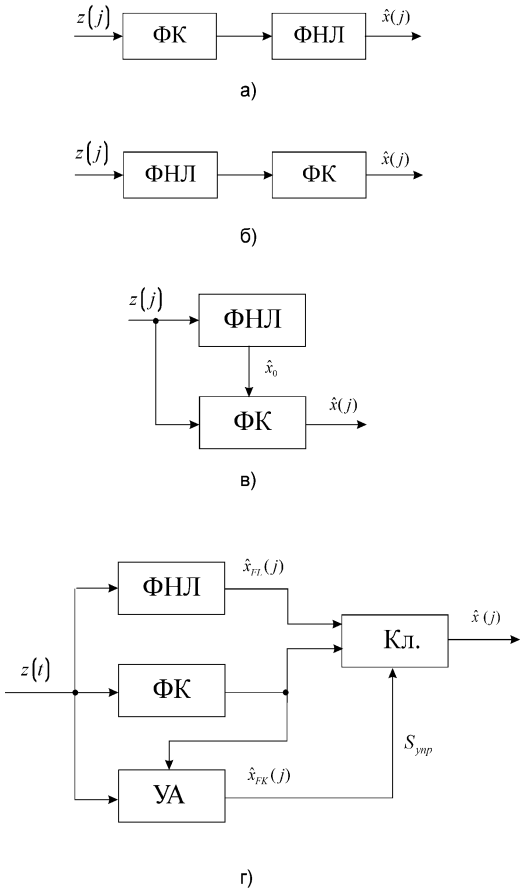


Рисунок 1. Структурные схемы, поясняющие варианты комбинирования фильтра Калмана и фильтра с нечеткой логикой

Рассмотрим пример реализации фильтра на основе нечеткой логики. Полагаем движение объекта в сферической системе координат без перемещения в вертикальной плоскости.

Модель движения объекта, под которым будем понимать ИРИ, имеет вид [2, 3]:

$$X(j+1) = \Phi X(j) + FV(j) + \Gamma N_x(j), \tag{2}$$

где $X(j) = \begin{bmatrix} x(j) \\ y(j) \end{bmatrix}$, $\Phi = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, $F = \begin{bmatrix} \Delta t & 0 \\ 0 & \Delta t \end{bmatrix}$, $V = \begin{bmatrix} V_x(j) \\ V_y(j) \end{bmatrix}$ – вектор скорости, $\Gamma = \begin{bmatrix} \Delta t & 0 \\ 0 & \Delta t \end{bmatrix}$, $N_x = \begin{bmatrix} n_{Vx}(j) \\ n_{Vy}(j) \end{bmatrix}$ – случайные изменения скорости, с заданной ковариационной матрицей

$$V_x = diag\left[\sigma_{Vx}^2, \sigma_{Vy}^2\right].$$

Пусть за объектом осуществляется наблюдение двухпараметрической измерительной системой. Уравнение наблюдения является нелинейным и имеет вид

$$Z(j) = H\left(X(j)\right) + \Xi(j), \tag{3}$$

где $Z(j) = \begin{bmatrix} \rho(j) \\ \alpha(j) \end{bmatrix}$, $H\left(X(j)\right) = \begin{bmatrix} \sqrt{x^2(j) + y^2(j)} \\ \operatorname{arctg}\left(y(j) / x(j)\right) \end{bmatrix}$, $\Xi(j) = \begin{bmatrix} \xi_\rho(j) \\ \xi_\alpha(j) \end{bmatrix}$ – случайный процесс с заданными характеристиками:

$$M\left[\Xi(j)\right] = 0, \ \mathrm{V_Z} = diag\left[\sigma_\rho^2, \sigma_\alpha^2\right].$$

Полагаем, что начальные координаты объекта могут принадлежать следующим диапазонам:

$$x(0) \in [20000,\ 35000], \ y(0) = [10000,\ 20000].$$

Скорость объекта полагается заданной: $V = [10,\ 50]^T$. Для простоты изложения все величины приведены без указания размерностей.

Так как уравнение наблюдения (3) является нелинейным, то необходимо использовать расширенный фильтр Калмана [2]:

$$\begin{aligned} \hat{X}(j+1) &= \hat{X}(j+1|j) + Q(j+1)\left[Z(j+1) - H\left(\hat{X}(j+1|j)\right)\right], \\ \hat{X}(j+1|j) &= \Phi \hat{X}(j) + FV(j), \end{aligned} \tag{4}$$

$$Q(j+1)=K(j+1|j)\left[\frac{\partial H(\hat{X}(j+1|j))}{\partial X}\right]^T\times$$

$$\times\left[\frac{\partial H(\hat{X}(j+1|j))}{\partial X}K(j+1|j)\left[\frac{\partial H(\hat{X}(j+1|j))}{\partial X}\right]^T+V_Z(j+1)\right]^{-1},$$

$$K(j+1|j)=\Phi K(j)\Phi^T+\Gamma V_x\Gamma^T,$$

$$K(j+1)=\left[I-Q(j+1)\frac{\partial H(\hat{X}(j+1|j))}{\partial X}\right]K(j+1|j)\times$$

$$\times\left[I-Q(j+1)\frac{\partial H(\hat{X}(j+1|j))}{\partial X}\right]^T+Q(j+1)V_ZQ^T(j+1).$$

(5)

Здесь уравнение для ковариационной матрицы ошибок оценивания (5) записано в форме Джозефа [4] с целью уменьшения вероятности расходимости расширенного фильтра Калмана, а линеаризованная матрица наблюдения имеет вид:

$$\frac{\partial H(\hat{X}(j+1|j))}{\partial X}=\begin{bmatrix}\frac{\partial \rho}{\partial x} & \frac{\partial \rho}{\partial y}\\ \frac{\partial \alpha}{\partial x} & \frac{\partial \alpha}{\partial y}\end{bmatrix}.$$

Для синтеза ФНЛ был использован алгоритм предварительной настройки по аналогии с [1], позволяющий определить количество продукционных правил логико-лингвистической модели и приближенные значения параметров функций принадлежности/

В результате синтеза была получена логико-лингвистическая модель ФНЛ на основе алгоритма вывода Сугено [5] следующего вида:

R_l : если $z_1(j)$ есть $A_{1l}^{(0)}$ и $z_1(j-1)$ есть $A_{1l}^{(1)}$ и... $z_1(j-d)$ есть $A_{1l}^{(d)}$ и

$z_2(j)$ есть $A_{2l}^{(0)}$ и $z_2(j-1)$ есть $A_{2l}^{(1)}$ и... $z_2(j-d)$ есть $A_{2l}^{(d)}$ и

.....

$z_p(j)$ есть $A_{pl}^{(0)}$ и $z_p(j-1)$ есть $A_{pl}^{(1)}$ и... $z_p(j-d)$ есть $A_{pl}^{(d)}$,

то $x_{1l} = b_{0l}^{(1,1)} + b_{1l}^{(1,1)} z_1(j) + b_{2l}^{(1,1)} z_1(j-1) + ... + b_{d+1l}^{(1,1)} z_1(j-d) +$

$+ b_{1l}^{(1,2)} z_2(j) + b_{2l}^{(1,2)} z_2(j-1) + ... + b_{d+1l}^{(1,2)} z_2(j-d) + ...$

$+ b_{1l}^{(1,p)} z_p(j) + b_{2l}^{(1,p)} z_p(j-1) + ... + b_{d+1l}^{(1,p)} z_p(j-d)$

.....

$x_{ql} = b_{0l}^{(q,1)} + b_{1l}^{(q,1)} z_1(j) + b_{2l}^{(q,1)} z_1(j-1) + ... + b_{d+1l}^{(q,1)} z_1(j-d) +$

$+ b_{1l}^{(q,2)} z_2(j) + b_{2l}^{(q,2)} z_2(j-1) + ... + b_{d+1l}^{(q,2)} z_2(j-d) + ...$

$+ b_{1l}^{(q,p)} z_p(j) + b_{2l}^{(q,p)} z_p(j-1) + ... + b_{d+1l}^{(q,p)} z_p(j-d),$

$l = \overline{1,\Theta},$ (6)

где $z_i(j), z_i(j-1), ..., z_i(j-d), \ i = \overline{1,p}$ – входные лингвистические переменные, $x_{kl}, \ k = \overline{1,q}, \ l = \overline{1,\Theta},$ – выходные переменные l-го правила, $A_{il}^{(\xi)}, \ \xi = \overline{0,d}$ – нечеткие множества – конкретные лингвистические значения соответствующих входных переменных $z_i(j-\xi)$ в составе l-го правила

$A_{il}^{(\xi)} \in R^1, \ A_{il}^{(\xi)} \in \{A_i^{\nu}\}, \ \nu = \overline{1,M},$

$\{A_i^{\nu}\}$ – нечеткое терм-множество входной лингвистической переменной z_i;

$b_{\lambda l}^{(k,i)}, \ \lambda = \overline{0,d+1}, k = \overline{1,q}, i = \overline{1,p}, l = \overline{1,\Theta}$ – настраиваемые параметры.

Для упрощения алгоритма примем, что в правой части логико-лингвистической модели (6) коэффициенты $b_{li}^{(k)} = 0 \quad \forall i$, кроме $i = 0$ и входной вектор $U(j)$ имеет вид $U(j) = [u_1(j), u_2(j)] = [\rho(j), \alpha(j)].$

Таким образом, по аналогии с (6) ФНЛ примет вид:

$$R_l: \text{ если } \rho(j) \text{ есть } A_{1l} \text{ и } \alpha(j) \text{ есть } A_{2l},$$
$$\text{то } x_l(j) = b_{l0}^{(1)} \text{ и } y_l(j) = b_{l0}^{(2)}, \ l = \overline{1,10}, \quad (7)$$

где $A_{1l} \in \{A_1^m, m = \overline{1,10}\}, \ A_{2l} \in \{A_2^m, m = \overline{1,10}\}$ – нечеткие множества - конкретные значения входных лингвистических переменных $\rho(j)$ и $\alpha(j)$.

Продукционные правила (7) удобно представить в виде таблицы 1.

Для формализации нечетких множеств использовались двухпараметрические функции принадлежности гауссовского типа

$$\mu_{A_1^m}(\rho) = \exp\left[-\left(\frac{\rho - \rho_m}{\sigma_{\rho m}}\right)^2\right], \quad \mu_{A_2^m}(\alpha) = \exp\left[-\left(\frac{\alpha - \alpha_m}{\sigma_{\alpha m}}\right)^2\right], \ m = \overline{1,10}.$$

Таблица 1. Табличная форма записи продукционных правил модели (7)

l	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_{1l}	A_1^1	A_1^2	A_1^3	A_1^4	A_1^5	A_1^6	A_1^7	A_1^8	A_1^9	A_1^{10}
A_{2l}	A_2^1	A_2^2	A_2^3	A_2^4	A_2^5	A_2^6	A_2^7	A_2^8	A_2^9	A_2^{10}

Параметры функций принадлежности и коэффициенты полиномов правой части модели, полученные в результате настройки, представлены в таблицах 2 и 3.

При моделировании полагалось, что реальная траектория объекта описывается моделью (2) с начальными условиями движения вида $X(0)=\left[x(0),\, y(0)\right]^T=\left[35000,\ 10000\right]^T$.

Таблица 2. Параметры функций принадлежности модели (7)

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ_m	36400	37000	37590	38250	38960	28280	29360	30420	31520	32640
$\sigma_{\rho m}$	950	950	800	950	950	950	950	800	950	950
α_m	0.278	0.309	0.34	0.369	0.396	0.785	0.81	0.834	0.855	0.874
$\sigma_{\alpha m}$	0.1	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.1

Таблица 3. Значения коэффициентов полиномов правой части модели (7)

l	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$b_{l0}^{(1)}$	34990	35250	35450	35710	35980	20000	20250	20440	20680	20940
$b_{l0}^{(2)}$	9936	11320	12590	13860	15180	20000	21260	22530	23780	25040

ФНЛ (7) использовался для определения начальных условий фильтрации $\hat{X}(0)$ по результатам первых измерений вида (3). Получена оценка $\hat{X}_{NL}(0)=\left[35080,\ 10420\right]^T$. Для оценки эффективности фильтрации в зависимости от выбранных начальных условий был введен показатель среднеквадратического расстояния $\rho(x,\hat{x})$:

$$\rho(x,\hat{x})=\sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{j=1}^{N}\left(x(j)-\hat{x}(j)\right)^2}, \tag{8}$$

где $x(j)$ – значение координаты, полученной на основе (2), $\hat{x}(j)$ – оценка координаты $x(j)$, полученная с использованием алгоритма фильтрации.

Фильтрация осуществлялась при трех начальных условиях: $X(0)$ – истинное значение, $\hat{X}_{NL}(0)$ – значение, полученное с использованием ФНЛ, $\hat{X}_{SR}(0)$ – значение, полученное по формуле $\hat{X}(0)=0.5\left(X_0^{\min}+X_0^{\max}\right)$, где

$X(t_0) = X_0,\ X_0 \in \left[X_0^{\min}, X_0^{\max} \right]$ – вектор априорно неизвестных начальных условий.

Рассчитанные на основе формулы (8) значения показателей эффективности представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты математического моделирования

Начальные условия фильтрации	$X(0)$	$\hat{X}_{NL}(0)$	$\hat{X}_{SR}(0)$
	$x = 35000$ $y = 10000$	$x = 35080$ $y = 10420$	$x = 27500$ $y = 15000$
$\rho(x, \hat{x})$	6.55	7.58	319.69

Результаты моделирования свидетельствуют об эффективности применения ФНЛ для определения начальных условий фильтрации.

Разработанный метод оперативного оценивания вектора состояния вида (2) на основе комплексирования фильтра Калмана и ФНЛ позволяет предотвратить расходимость фильтра и сократить время переходного процесса в случае отсутствия начальных условий требуемой точности. Для обучения синтезированного ФНЛ используется априорная информация в виде модели движения объекта и диапазона возможных значений начальных условий. Метод наиболее целесообразно применять при нелинейной связи измеряемых и оцениваемых параметров. В случае расходимости алгоритма фильтрации, по причине неадекватности модели динамики объекта, метод может быть использован для получения оценки вектора состояния, то есть выполнять задачу резервирования основного фильтра Калмана. Учитывая эффект распараллеливания вычислений, присущий нейронечетким сетям, можно говорить о повышении быстродействия данного алгоритма фильтрации по отношению к фильтру Калмана, а тем более – к расширенному фильтру.

Литература:

1. *Амосов О.С.* Фильтрация марковских последовательностей на основе байесовского, нейросетевого подходов и систем нечеткой логики при обработке навигационной информации // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2004. № 4. – С. 61 – 69.

2. *Браммер К., Зиффлинг Г.* Фильтр Калмана-Бьюси /– М.: Наука, 1982 – 200с.

3. *Елисеев А.В.* Алгоритм линейной фильтрации, устойчивый к сингулярным ошибкам // Изв. ВУЗов. Радиоэлектроника. – 2005. №10. – С. 20-28.

4. *Фалькович С.Е., Хомяков Э.Н.* Статистическая теория измерительных радиосистем /– М.: Радио и связь, 1981. – 228с.

5. *Chang W.-J., Sun C.-C.* Constrained fuzzy controller design of discrete Takagi-Sugeno fuzzy model / // Fuzzy Sets and Systems. – 2003. №. 133. – P. 37-55.

А.В. Елисеев[1], А.Г. Жуковский[1], Н.И. Кундрюкова, Д.О. Салдаев

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СТАНЦИИ В СОТОВЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: сотовая сеть связи, мобильная станция, определение местоположения.

Рассмотрен вопрос определения местоположения мобильной станции в сотовых сетях связи. На основе краткого обзора известных методов предложена их классификация по двум признакам. Для угломерно-дальномерного метода определения местоположения МС приведены выражения для оценки разрешающей способности и точности.

A.V. Yeliseyev[1], A.G. Zhukovskiy[1], N.I. Kundryukova, D.O. Saldayev

OVERVIEW OF METHODS FOR DETERMINING THE LOCATION OF A MOBILE STATION IN CELLULAR COMMUNICATION NETWORKS

Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia
North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]

Key words: cellular communication network, mobile station, location determination.

The issue of determining the location of a mobile station in cellular communication networks is considered. Based on a brief overview of known methods, their classification by two criteria is proposed. For the goniometric-ranging method of determining the location of the MS, expressions are given for evaluating the resolution and accuracy.

Одной из услуг сотовой системы связи (ССС) является обеспечение возможности определения местоположения мобильной станции (МС). Данная услуга востребована как абонентами ССС, решающими задачи определения своего местоположения или местоположения других абонентов, от которых предварительно получили разрешение на это, так и специальными службами, например, поисково-спасательными, при проведении операций по спасению людей с заранее неизвестным местонахождением. Известно большое количество стандартизированных методов решения задачи определения местоположения МС [1-3]. Для сотовых сетей GSM в 1997 г. TIA (Ассоциация изготовителей средств связи США) стандартизировала четыре метода, получивших названия: Cell ID/TA (Cell Identification and Time Advanced); E-OTD (Enhanced Observed Time Difference); UL-TOA (UpLink Time Of Arrival); A-GPS (Assisted GPS). В Европе, в соответствии с решением ETSI (Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций), для технологии мобильной связи UMTS стандартизированы

следующие методы позиционирования: методы, базирующиеся на сотовом покрытии (CellID with RTT, CellID with RSPB); методы, основанные на оценке времени приема сигнала (TDOA (Time Difference of Arrival), TDOA with IPDL, TDOA with CVB), методы, основанные на позиционировании по сигналам спутниковой навигации (GPS, A-GPS). Для сетей CDMA2000 были дополнительно определены технологии: EFLT; AFLT.

Каждый из перечисленных методов определения местоположения МС характеризуется как набором привлекаемого технического оборудования, так и используемыми позиционными методами [4] (методами линий и поверхностей положения) решения задачи навигации. Один из возможных вариантов классификации методов определения местоположения МС представлен на Рисунке 1.

Рассмотрим классификацию по типу оборудования, посредством которого определяется местоположение абонента [1, 2].

На основе мобильной станции (*MS-based*). Особенностью метода является то, что МС измеряет параметры сигнала и определяет свое местоположение независимо от оборудования сотовой сети, в частности, от базовых станций. Примером технологий определения местоположения на базе МС является позиционирование с помощью глобальных спутниковых навигационных систем (GPSS) (технологии GPS, ГЛОНАСС) или технология A-GPS (Assisted GPS).

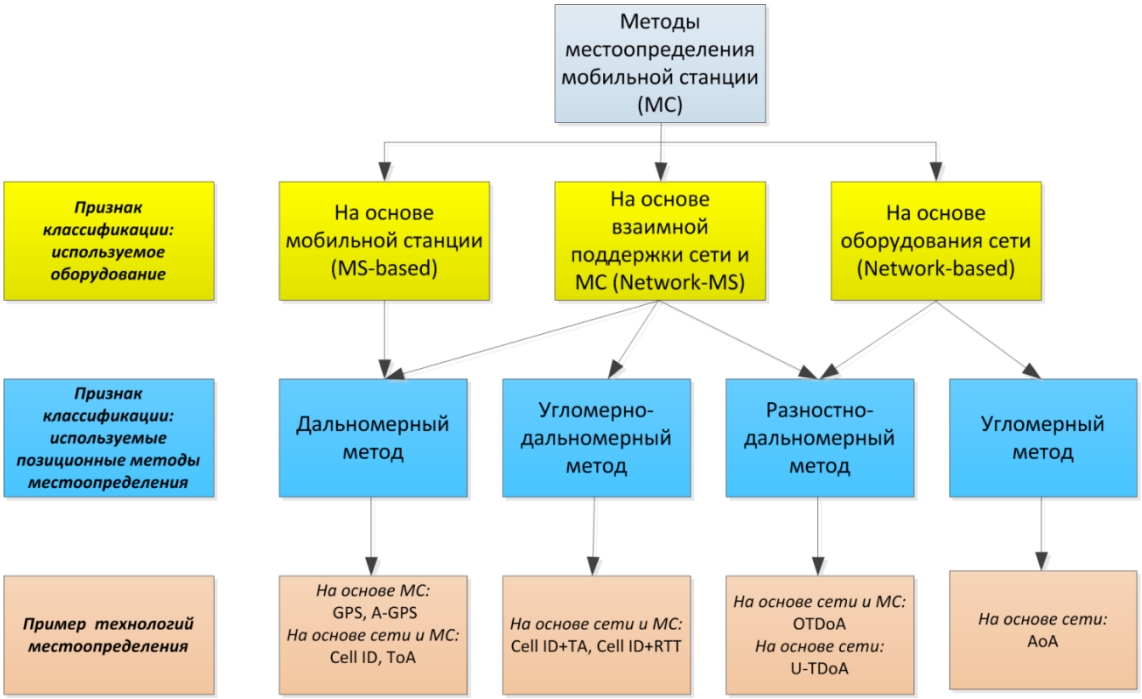


Рисунок 1. Классификация методов местоопределения МС

Технология A-GPS отличается тем, что помимо сигналов спутниковой навигационной системы МС получает вспомогательные данные (дифференциальные поправки) через отдельные, вспомогательные передатчики сигналов GPS ГЛОНАСС, установленные в зоне действия сотовой сети. Очевидно, что для реализации данного метода с состав МС должен входить модуль приемника GPSS.

На основе взаимной поддержки сети и МС (*Network-MS*). Процесс определения местоположения МС может реализоваться как в МС, так и в оборудовании сети. Примером может служить технология определения наблюдаемой разности времени приема сигналов OTDoA (Observed Time Difference of Arrival): приемник МС принимает пилотные сигналы от нескольких базовых станций и оценивает относительные значения разности времени для расчета своих координат. При этом для расчетов в МС должна быть информация о координатах базовых станций и данные синхронизации.

Примером определения местоположения МС в оборудовании сети является показанный на рисунке 2 метод позиционирования по идентификатору соты (Cell ID), который является в настоящее время основным для большинства операторов мобильной связи. Местоположение МС определяется с точностью до размера соты, в которой в настоящее время находится МС. Информацию об идентификаторе соты, в которой находится МС, получают на базовой станции во время регистрации МС. Точность местоопределения уменьшается с увеличением радиуса сот от нескольких сот метров до нескольких километров. Повысить точность ОМ в этом случае можно с помощью секторных антенн, применение которых позволяет сузить зону местонахождения МС до сектора.

Более точным является метод позиционирования по идентификатору соты и времени упреждения (Timing Advance, TA), имеющий обозначение Cell ID/TA, геометрическое представление метода приведено на рисунке 3. В процессе позиционирования определяется величина задержки распространения сигнала от МС до базовой станции, что позволяет на базовой станции рассчитать расстояние до МС. Точность измерения расстояния определяется шагом дискретизации величины TA, значение которого определяется длительностью информационного бита (3,69 мкс) [1]. Отсюда дискретность определения расстояния составляет 550 м.

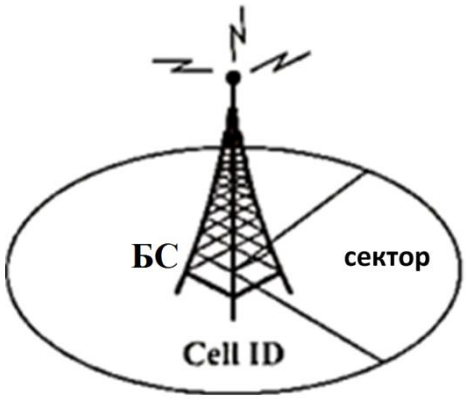


Рисунок 2. Метод позиционирования по идентификатору соты (Cell ID) [1]

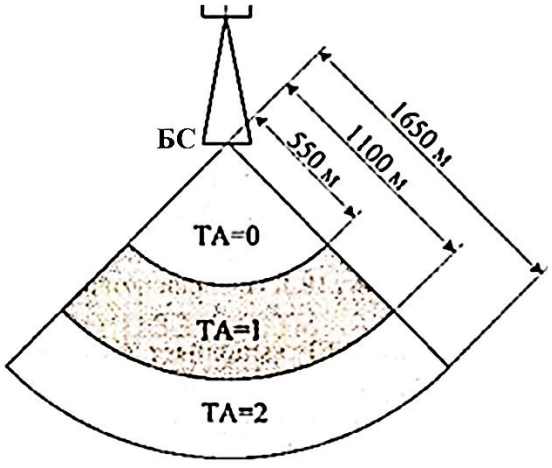


Рисунок 3. Метод позиционирования по идентификатору соты и времени упреждения (Timing Advance, TA) [1]

Разновидностью данного метода применительно к технологии UMTS является метод позиционирования по идентификатору соты и времени приема-передачи сигналов управления (Round Trip Time, RTT), представленный на рисунке 4. Шаг дискретизации при определении расстояния связан с длительностью информационного чипа $\tau_{\Delta} = 0,26$ мкс, что обеспечивает дискретность измерения расстояния между мобильной и базовой станциями $\Delta R = 39$ м.

Точность оценки местоположения мобильной станции по методу Cell ID+RTT может быть повышена, если абонентская станция взаимодействует с двумя и более базовыми станциями, то есть реализуется процедура «мягкого» хэндовера [1]. В этом случае уменьшается зона неопределенности при определении местоположения мобильной стации (рисунок 5).

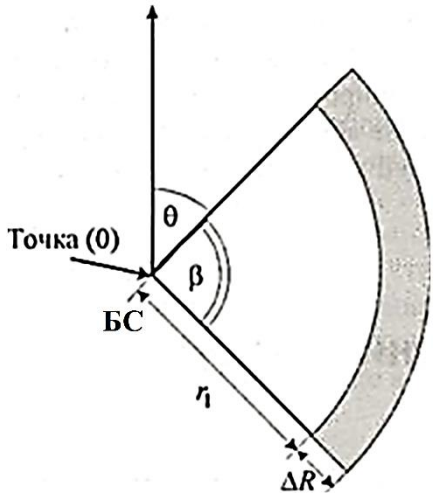


Рисунок 4. Метод позиционирования Cell ID+RTT [1]

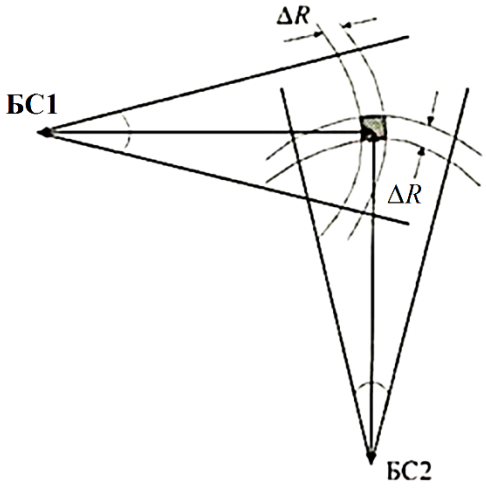


Рисунок 5. Метод позиционирования Cell ID+RTT при реализации процедуры «мягкого» хэндовера [1]

Другим примером технологий местоопределения в аппаратуре сети является технология определения времени поступления сигналов (Time of Arrival, ToA), согласно которой на трех базовых станциях измеряется время поступления сигналов доступа от одной мобильной станции.

На основе оборудования сети (*Network-based*). Определение местоположения МС осуществляется только оборудованием сотовой сети без обмена сигналами с МС. В этом случае МС рассматривается только как источник радиоизлучения. Примером является метод направления прихода сигналов – Angle of Arrival (AOA), при котором измеряемыми параметрами являются углы направления прихода излучения МС относительно линии (базы), соединяющей две базовые станции сети. Для определения направления прихода сигналов МС базовые станции используют остронаправленные фазированные антенные решетки, подключаемые к существующему оборудованию системы связи. Нахождение местоположения абонента осуществляется при приеме сигналов его мобильного телефона хотя бы двумя приемниками. В случае, когда сигнал получен только одним приемником, для определения местоположения может использоваться дополнительная информация на основе оценки амплитуды сигнала, зависящей от расстояния между МС и базовой станцией. Одним из важнейших достоинств данного метода относится независимость работы измерительных станций, каждая из которых дает информацию об азимуте МС. При этом все необходимые калибровки приемников для компенсации разброса их параметров, влияния изменений температуры и т.п. локальны для каждой станции и не налагают дополнительных требований на всю сеть. Однако, для обеспечения требуемой точности определения местоположения МС необходимо измерение пеленгов с малой погрешностью.

Другим примером является метод позиционирования по разности моментов времени прихода сигналов по линии «вверх» (Uplink-Time Difference of Arrival, U-

TDOA), основанный на приеме сигнала МС несколькими разнесенными в пространстве измерительными модулями (LMU).

Анализ показал, что в качестве ключевых технологий определения местоположения для сетей GSM приняты следующие: Cell ID-TA, ToA, E-OTD, A-GPS [1, 2]. Выбор технологии измерения координат МС для сетей UMTS зависит от используемой сети радиодоступа, так для сетей UTRAN применяются методы Cell ID-TA, OTDoA, A-GPS [1].

Рассмотрим классификацию перечисленных выше технологий по используемым позиционным методам определения местоположения: дальномерным, угломерно-дальномерным, разностно-дальномерным, угломерным.

Дальномерный метод позиционирования. Метод основан на измерении расстояний между МС и не менее двумя базовыми станциями. Оценка местоположения МС определяется как точка пересечения линий (поверхностей при определении местоположения в пространстве) положения в виде окружностей (сфер) с центрами в местах расположения базовых станций и радиусами, равными расстояниям от МС до соответствующей базовой станции. Применительно к технологии ToA требует синхронизации шкал времени МС и базовых станций.

Разностно-дальномерный метод позиционирования. Метод основан на измерении разности расстояний между МС и не менее тремя базовыми станциями. Оценка местоположения МС определяется как точка пересечения линий (поверхностей) положения в виде гипербол (гиперболоидов вращения) с фокусами в местах расположения базовых станций. Применительно к технологии TDoA (U-TDoA) требует синхронизации шкал времени базовых станций и наличия каналов передачи измерительной информации от каждой базовой станции в центр обработки.

Угломерный метод позиционирования. Метод основан на измерении углов (пеленгов) между направлениями на МС из точек стояния не менее двух базовых станций и опорным направлением. Оценка местоположения МС определяется как точка пересечения линий (поверхностей) положения в виде прямых (плоскостей), проходящих через точки стояния базовых станций и МС. Применительно к технологии AoA не требует синхронизации шкал времени МС и базовых станций. Погрешность местоопределения существенно зависит от точности пеленгования и расстояния от МС до базовой станции – чем больше расстояние, тем больше погрешность.

Угломерно-дальномерный метод позиционирования (комбинированный метод). Метод основан на измерении угла (пеленга) между направлением на МС из точки стояния базовой станций и опорным направлением, а также измерении расстояния между МС и базовой станции (рисунок 6). Оценка местоположения на плоскости МС определяется как точка пересечения линий положения в виде прямой, проходящей через точки стояния базовой станции и МС, и окружности с центром в месте расположения базовой станции и радиусом, равными расстоянию от МС до базовой станции. Применительно к технологии Cell ID-TA требует синхронизации шкал времени МС и базовой станции. Погрешность местоопределения также существенно зависит от точности пеленгования и расстояния от МС до базовой станции – чем больше расстояние, тем больше погрешность. Важным достоинством метода является возможность оценки местоположения МС с помощью одной базовой станции, то есть из одной точки пространства. При необходимости

обеспечения высокой точности местоопределения, метод требует наличия на базовой станции остронаправленной антенны.

Рассмотрим более подробно характеристики *угломерно-дальномерного метода позиционирования.*

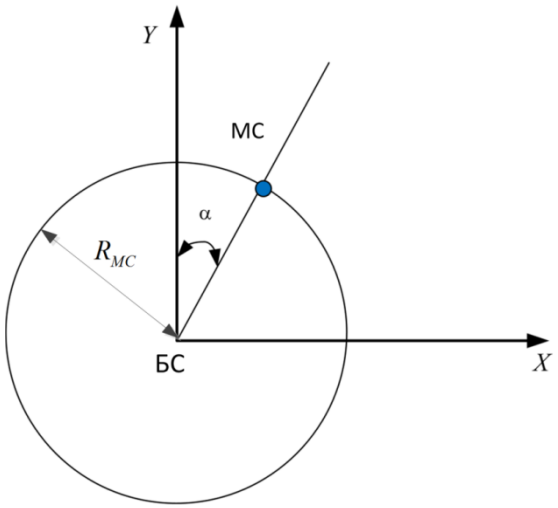


Рисунок 6. Пояснение угломерно-дальномерного метода определения местоположения МС

Основными характеристиками любого метода оценки местоположения являются [4]: точность измерения координат, разрешающие способности по измеряемым координатам.

Разрешающая способность по угловым координатам. При использовании амплитудного метода определения угловых координат, который и реализуется в аппаратуре базовой станции (БС) или её функционального дополнения, потенциальная разрешающая способность по азимуту $\Delta\Theta_\alpha$ и углу места $\Delta\Theta_\beta$ (в радианах) будет определяться параметрами основной антенны и значением длины волны источника сигнала [4]:

$$\Delta\Theta_\alpha = \frac{\lambda}{L_\alpha}, \quad \Delta\Theta_\beta = \frac{\lambda}{L_\beta},$$

где λ – длина волны источника сигнала;

L_α – линейный размер раскрыва антенны в азимутальной плоскости;

L_β – линейный размер раскрыва антенны в угломестной плоскости.

Разрешающая способность по дальности. Для определения потенциальной разрешающей способности по дальности ΔR следует учитывать, что дальность до мобильной станции R определяется косвенным методом на основе измерения задержки сигнала, например, параметра *RTT*, как в методе Cell ID+RTT [1], то есть

$$R = f\left(RTT\right) = \frac{c \cdot RTT}{2}, \qquad (1)$$

где c – скорость распространения электромагнитной волны (скорость света), $RTT = T_{rc} - T_{tr}$, $T_{tr}, T_{rc} -$ моменты времени начала передачи кадра выделенного канала управления «вниз» и приема соответствующего кадра в направлении «вверх».

С учетом сказанного, для определения ΔR следует использовать функцию чувствительности $S_R = \frac{\partial R}{\partial RTT}$ и показатель ΔRTT разрешающей способности по времени задержки сигнала:

$$\Delta R = S_R \Delta RTT,$$

где $\Delta RTT = \tau_\Delta = 0{,}26$ мкс.

Точность измерения угловых координат. Потенциальная ошибка измерения угловой координаты определяется формой и шириной диаграммы направленности антенны в соответствующей плоскости, отношением сигнал/шум на входе измерительного устройства и способом измерения координат. В общем случае, например, для измерения азимута [4]:

$$\sigma_{\alpha nmц} = \frac{k\Delta\Theta_\alpha}{\sqrt{q^2}},$$

где $\Delta\Theta_\alpha$ – ширина диаграммы направленности антенны в азимутальной плоскости;

k – коэффициент пропорциональности, зависящий от формы диаграммы направленности антенны и способа измерения угловой координаты;

$q^2 = 2E/N_0$ – отношение сигнал/шум на входе измерительного устройства (на выходе корреляционного приемника), E – энергия сигнала, N_0 – спектральная плотность шума.

Числовое значение коэффициента *k* составляет: *k*=0,4...0,6 – при измерении углового положения цели методом линейного сканирования луча диаграммы направленности антенны; *k*=0,6...1 – при измерении угловых координат методом парциальных диаграмм [4].

Точность измерения дальности. Для определения потенциальной точности по дальности σ_R следует учитывать, что дальность до мобильной станции R определяется косвенным методом на основе измерения задержки сигнала RTT.

Тогда, с учетом (1), справедливо:

$$\sigma_{Rnmц} = f\left(RTT\right) = \frac{c \cdot \sigma_\tau}{2}, \quad (2)$$

где σ_τ – СКО погрешности измерения временного интервала RTT.

Точность определения местоположения угломерно-дальномерным методом. Определив показатели точности определения азимута $\sigma_{\alpha nmц}$ и дальности $\sigma_{Rnmц}$ рассчитаем показатель точности $\sigma_{удм}$ позиционного угломерно-дальномерного метода [4]:

$$\sigma_{удм} = \frac{\sqrt{\left(R_{rc}\sigma_{\alpha nmц}\right)^2 + \sigma^2_{Rnmц}}}{\sin\left(\alpha_{лп}\right)}, \quad (3)$$

где $\alpha_{лп}$ – угол, под которым пересекаются линии положения (для угломерно-дальномерного метода $\alpha_{лп} = \pi/2$).

Из анализа методов оценки местоположения МС следует, что в БС или в аппаратуре функционального дополнения ССС целесообразно использовать угломерно-дальномерный метод, обеспечивающий решение задачи позиционирование МС с помощью только одной БС, что значительно упрощает алгоритм решения данной задачи. Для повышения точности метода потребуется размещение на БС узконаправленной фазированной антенной решетки. Как следует из (3), точность оценки местоположения зависит как от точности измерения дальности и углового положения, так и от значения дальности. При определении местоположения подвижных абонентов, например, находящихся в автомобилях, речных или морских судах, для повышения точности оценки месоположения МС целесообразно использовать алгоритмы динамической фильтрации [4, 5].

Литература:

1. *Бабков В.Ю., Цикин И.А.* Сотовые системы мобильной радиосвязи: учеб. пособие / СПб. БХВ-Петербург, 2013. – 433с.

2. *Дворкина Н.Б., Намиот Д.Е., Дворкин Б.А.* Мобильные навигационные сервисы и применение технологии OpenCellID для определения местоположения // Геоматика, №2, 2010, С. 80-87.

3. *Степунин А.Н., Николаев А.Д.* Мобильная связь на пути к 6G. Издательство: Инфра-Инженерия, 2017. – 380с.

4. Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др.; Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высш. шк., 1990. –496с.

5. *Елисеев А.В.* Алгоритм линейной фильтрации, устойчивый к сингулярным ошибкам // Изв. ВУЗов. Радиоэлектроника. – 2005. №10. – С. 20-28.

А.Е. Бачерикова, Е.В. Ерохина

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ И КОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Калужский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Ключевые слова: информационно-коммуникационная инфраструктура, информационно-коммуникационные технологии, информационное общество, национальные приоритеты, телекоммуникационные системы, цифровое неравенство.

В статье рассмотрены особенности развития информационной и коммуникационной инфраструктуры регионов России. Выявлены факторы, сдерживающие ее развитие в российских регионах. Обосновывается необходимость активизации процесса формирования эффективной информационной и коммуникационной инфраструктуры. Определена роль уровня развития информационно-коммуникационных технологий в сокращение цифрового неравенства регионов.

A.E. Bacherikova, E.V. Erohina

THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION INFRASTRUCTURE OF THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Kaluga Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Moscow State Technical University named after NE Bauman (National Research University) »

Key words: information and communication infrastructure, information and communication technologies, information society, national priorities, telecommunication systems, digital inequality.

The article describes the features of the development of information and communication infrastructure of the regions of Russia. The factors constraining its development in the Russian regions are revealed. The necessity of intensifying the process of forming an effective information and communication infrastructure i00s substantiated. The role of the level of development of information and communication tech0nologies in reducing the digital inequality of regions is determined.

Становление информационного общества в развитых странах – это процесс, главным признаком которого является проникновение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) во все сферы деятельности людей [1].

Переход к информационному обществу носит глобальный характер, стираются границы между странами, возникает новая структура мировой экономики, рынок становится более конкурентным. Информационное общество — это этап развития человечества, на котором основой развития становится производство, распространение и хранение знаний и информации. Необходимым условием для осуществления перехода является создание и развитие национальной информационной и коммуникационной инфраструктуры (ИКИ).

Уровень информатизации общества является в настоящее время важнейшим критерием для оценки развитости общества, поскольку невозможно работать с огромными массивами информации, не имея развитой ИКИ.

Целью работы является определить современное состояние ИКИ и выявить проблемы, препятствующие ее развитию в регионах РФ.

Данная цель подразумевает решение следующих задач:

1. Определить значимость наличия развитой ИКИ в стране;
2. Рассмотреть мероприятия направленные на развитие ИКИ;
3. Изучить проблему «цифрового неравенства» регионов.

Методы исследования являются теоретический анализ и обобщение научной литературы, периодических изданий об информационной и коммуникационной инфраструктуре.

Информационная инфраструктура позволяет обеспечить развитие, функционирование единого информационного пространства, с помощью которого становится возможна передача, хранение и распространение информации в обществе [2]. В свою очередь коммуникационная инфраструктура представляет собой различные каналы для передачи данных, линии и средства связи для обеспечения эффективного управления потоками информации.

Определяющим фактором темпа развития ИКИ является текущее состояние инфраструктуры. Этот фактор фактически определяет существующие стартовые условия, т. е. состояние научно-технических, технологических, экономических и человеческих ресурсов. Рассматривая их с позиции развития национальной ИКИ, следует учитывать количество существующих средств мобильной связи, техническое состояние линий и каналов связи, распространенность ПК и др.

Переход к информационному обществу любой страны - это процесс, требующий больших материальных и интеллектуальных затрат. Большинство стран разрабатывает комплексные программы информационного развития общества в целом, основанные на базе компьютерной техники и компьютерных сетей, информационных технологий и телекоммуникационной связи, представляющей собой технологический фундамент ИКИ.

Использование ИКИ во всех сферах человеческой деятельности должно обеспечить доступ к надежным источникам информации, позволяющим ускорить принятие правильного решения, автоматизировать обработку информации на производстве и в обществе, избавить кого-то от нормальной работы [3].Мировая информационная инфраструктура разрабатывается как глобальная информационная сеть для массового обслуживания населения планеты, которая основывается на интеграции международных и региональных информационных и телекоммуникационных систем, систем цифрового телевидения и радиовещания, спутниковых систем и подвижной связи.

В настоящее время Россия активно участвует в глобальном процессе развития информационного общества. Развитие ИКИ является одним из приоритетных направлений экономической политики России, в настоящее время принят указ президента "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы"[4].

Главной целью создания и развития ИКИ является охват всех жителей страны цифровыми технологиями, независимо от их географического местоположения. Вследствие чего для этого необходимо предоставление универсального, устойчивого и приемлемого в ценовом отношении доступа к ИКИ для всех жителей.

Мероприятия, направленные на реализацию цели:

1. Развитие сетей электросвязи области, в том числе сетей связи третьего и последующих поколений;

2. Обеспечение оказания услуг связи на отдаленных территориях, расширение перечня предоставляемых услуг;

3. Переход на цифровое эфирное телерадиовещания для обеспечения доступа жителей всей страны, к федеральным и региональным программам телерадиовещания;

4. Развитие инфраструктуры широкополосного доступа в информационно-коммуникационную сеть "Интернет", в том числе в отдаленных территориях;

5. Внедрение и широкое использование навигационно-информационных систем на основе глобальной навигационной спутниковой системы;

6. Подключение к сети "Интернет" образовательных организаций, музеев, больниц, библиотек и других социально значимых организаций посредством

создания областных сетей передачи данных, предоставление гражданам, юридическим лицам государственных и муниципальных услуг в электронном виде;

7. Внедрение дистанционного образования, консультирования и обслуживания граждан, предоставление социальных услуг с использованием ИКИ;

8. Стимулирование применения ИКТ организациями и гражданами;

9. Создание технопарков в сфере ИКТ;

10. Повышение качества подготовки специалистов, предоставляющих услуги в сфере ИКТ [5].

Для развития современной ИКИ общество должно полагаться на свои текущие и будущие потребности, свой потенциал и ресурсы, включая научные и образовательные возможности, а также наличие хороших морально-психологических условий в обществе. В любой общественной сфере развитие ИКИ и выгоды от ее использования во многом зависят от конкретных целей и возможностей конкретных пользователей, от интересов общества и его настроений, в немалой степени, от государственной поддержки.

В последние годы в России формируются национальные приоритеты развития информационного общества. На федеральном и региональном уровнях приняты масштабные программы, направленные на использование ИКИ для повышения качества государственных и общественных услуг для населения и бизнеса, а также для развития социальных областей.

В России интересы государства направлены на координацию развития инфраструктуры ИКТ на региональном уровне. В настоящее время реализуется национальная программа Российской Федерации «Информационное общество (2011-2020 годы)», одним из ожидаемых результатов которой является сокращение между субъектами РФ «цифрового неравенства» и предотвращение изоляции отдельных граждан и социальных групп [6].

Развитие ИКИ в регионах — это сложный процесс, охватывающий практически все сферы жизни и затрагивающий интересы всех групп населения. Перехода к информационному обществу требует от властей разработки целенаправленной политики, создания более благоприятных условий для информатизации, поощрения использования информационных и коммуникационных технологий и преодоления цифрового разрыва между муниципалитетами. Наличие информационного неравенства на территории России рассматривается как фактор, создающий определенные препятствия для дальнейшего развития ИКИ.

Важность изучения места и роли ИКИ для регионального развития тем больше, чем больше географические различия. Этот вопрос важен для России из-за ее обширных территорий и значительными социально-экономическими различиями отдельных регионов. Недостаточно высокий уровень социально-экономического развития многих субъектов РФ, является одним из факторов, негативно влияющих на уровень информационных технологий и развитие информационного общества в России. Следствием чего является проблема асимметричности развития ИКИ в региональном пространстве России. Однако следует учитывать, что уровень развития ИКТ в успешных регионах мало зависит от специализации экономики региона. Для российских регионов существует значительная разница в экономическом развитии и использовании ИКТ, о чем свидетельствуют исследования Института информационного агентства и ежегодный сборник готовности российских регионов к информационному обществу.

Причины такой дифференциации регионов – неоднородность в объемах получаемого валового регионального продукта. Из-за неравномерности развития

регионов общий уровень индекса развития ИКТ отстает от уровня других развитых. Поэтому необходима политика содействия внедрения ИКТ в отстающих регионах для сглаживания степени доступности к ИКИ населения нашей страны. Для устранения проблемы цифрового неравенства нужен системный подход и объединение усилий органов бизнеса, граждан и органов государственной власти. Решение данной проблемы окажет положительное влияние на рост уровня развития ИКИ в стране [7].

Решение многих проблем развития ИКИ в России требует сотрудничества с региональными органами власти, а решение наиболее значимых проблем должно осуществляться с помощью соответствующих федеральных органов, помимо прочего, необходимо учитывать общеэкономическую, социальную и административно-правовую сущность этих проблем.

Проблемы развития российской ИКИ наглядно показывают, что сложившиеся потребности общества в стране намного превышают имеющиеся в стране технологические возможности. Тем не менее, наличие этих потребностей, а также складывающиеся политические и экономические условия в стране создают хорошие предпосылки для дальнейшего успешного развития ИКИ.

Успехи (или неудачи) в реализации многочисленных программ и стратегий определяются не только соотношением «результаты – затраты», но во многом зависят от уровня доверия общества к происходящим изменениям. Доверие населения, его различных социальных слоев к экономическим преобразованиям является ключевым фактором и непременным условием поступательного развития общества. Потребность в доверии связывается с уязвимостью доверяющего, неопределенностью, оптимизмом и надежной на лучшее в другом человеке, побуждающими к доверию… взаимное доверие становится морально-психологической основой для прочного и долгосрочного сотрудничества [8].

В российской экономике доверие до сих пор не воспринимаемся как ценность, нематериальный актив компании или как конкурентное преимущество, несмотря на то, что была даже заложена законодательная база для построения доверия в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года [9]. В целевых ориентирах Концепции указано, что в России сформируется общество, основанное на доверии и ответственности к государственным и частным экономическим институтам. Однако все это осталось на бумаге. Ни государство, ни компании не видят большого смысла в усилиях по достижению доверия [10].

Однако для достижения желаемого эффекта, не следует забывать, что в среде действуют объективные, общеизвестные законы. Так согласно кибернетическому закону У. Эшби, если одна подсистема в системе функционирует, не согласуясь с другими, то устойчивость всей системы находится под угрозой, или нарушается, что неизбежно влечет за собой дисфункции в управлении системой в целом. Еще одна известная аксиома гласит: чем выше *степень зависимости* субъектов хозяйствования от государственных структур, чиновников разных уровней, бюрократического аппарата и т.п., тем меньше заинтересованность и инновационная активность, тем хуже результат, и ниже эффект от инновационной деятельности экономических агентов. Например, если на уровне мезосистемы (региона) нет доверия к институтам власти, то инновационный климат в регионе не может быть благоприятным. Поэтому утверждение Френсиса Фукуямы о том, что «национальное благосостояние … обусловлено одной – единственной стороной культуры: уровнем доверия в обществе» [11] не является, слишком большим преувеличением. В широком смысле нужно менять стиль мышления – общественное сознание, а в

прикладном – создавать адекватную современности совокупность идей, активно влияющих на принципы и практику формирования общественных отношений цифровой экономики XXI века.

Общество ждет позитивных изменений от внедрения Программ цифровизации [12] во все отрасли экономики… Однако, помимо преимуществ для человека, цифровая трансформация создает и ряд проблем, неопределенностей, рисков, игнорирование которых создает угрозы для жизни населения и с этим надо работать.

Литература:

1. Городнова, А. А. Развитие информационного общества : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. А. Городнова. — М. : ИздательствоЮрайт, 2019. — 243 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-9437-7. — Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/C4A29586-8EF4-4C5E-8ED67AFEBF02775C.

2. Носонов А. М. Типология уровня развития информационного общества в России [Электронный ресурс] / А. М. Носонов // Современные проблемы территориального развития : электрон. журн. – 2017. – №1.

3. Горбунова Ю.И. Роль информационной инфраструктуры в обеспечении экономической деятельности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3-3. С. 42-46.

4. Кузнецов Ю.А., Перова В.И. Информационные и коммуникационные технологии как фактор развития цифровой экономики в Российской Федерации // Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2017. №4 (48).

5. Указ Президента РФ от 09.05.2017 N 203 "О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы" {КонсультантПлюс} – Режим доступа: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=216363&dst=100102&date=22.02.2019

6. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 313 (ред. от 02.02.2019) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Информационное общество (2011 - 2020 годы)"{КонсультантПлюс} –Режим доступа: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=317660&dst=8842%2C2&date=22.02.2019

7. Ерохина Е.В. Инновационная дискриминация регионов РФ: причины и последствия // Проблемы теории и практики управления. 2018. - №4. - С. 41-58.

8. Ерохина Е.В. Проблемы доверия при создании российской инновационной системы // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. - 19 (208). С. 32 – 39.

9. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/28c7f9e359e8af09d7244d8033c66928fa27e527

10. Ерохина Е.В. Влияние ряда факторных величин на процессы инновационного развития региональной и национальной экономики России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. - 33 (174). С. 19 – 28.

11. Фукуяма Ф. Доверие: социальные добродетели и путь к процветанию: Пер. с англ. / Ф. Фукуяма. - М.: ООО «Издательство АСТ»: ЗАО НПП «Ермак», 2004.

12. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221756/2369d7266adb33244e178738f67f181600cac9f2/

Б.П. Борисов, В.С. Волков

МОБИЛЬНЫЕ СЕТИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: 5G, сети пятого поколения, 4G, интернет вещей, усовершенствованная мобильная широкополосная связь, сверхнадежная межмашинная связь, массовая межмашинная связь, датчики, Эффект домино в развитии IoT.

В настоящее время решения, основанные на формате IoT («Интернета вещей») стремительным темпом внедряются в нашу жизнь. Существует множество аппаратных и программных решений, в том числе различных протоколов, для объединения устройств в одну автоматизированную сеть. В то же время в 2019 году многие страны Европы и Америка начинают развертывание сетей 5го поколения для коммерческого использования. Основной темой данной статьи является анализ возможного применения 5G для IoT девайсов.

B.P. Borisov, V.S. Volkov

FIFTH GENERATION MOBILE NETWORKS AND THEIR INFLUENCE ON THINGS INTERNET DEVELOPMENT

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: 5G, networks of the fifth generation, 4G, Internet of things, advanced mobile broadband, ultra-reliable machine-to-machine communication massive machine-to-machine communication, sensors, Domino Effect in the development of the IoT.

Currently, different solutions for the IoT (Internet of Things) are rapidly being introduced into our lives. There are many hardware and software peculiarities including various protocols to combine devices into one automated network. At the same time, in 2019, many countries in Europe as well as Unites States of America and South Korea are beginning to deploy the 5th generation network for commercial use. The main topic of this article is the analysis of possible application of 5G for IoT devices.

Введение.

Пятое поколение сетей мобильной связи или 5G является предстоящим стандартом, который обещает быть значительно быстрее, чем актуальная технология 4G. Это позволит пользователям более полноценно использовать интернет-ресурсы, а также приложения и функции с большим объёмом передачи данных.

Сети пятого поколения используют более высокочастотные полосы спектра, иначе говоря, миллиметровый диапазон волн, что позволяет обмениваться информацией намного быстрее, чем низкочастотные полосы, предназначенные для 4G. Недостатком является то, что сигналы распространяются на небольшие расстояния, а следовательно, сети нового поколения потребуют гораздо большего количества хоть и меньших по габаритам антенн. Распространение 5G несомненно окажет серьезное влияние на то, как предоставляются услуги связи и обмена данных. Среди потенциальных преимуществ, помимо выше обозначенных, выделяют следующие: снижение задержки, затрат по развёртыванию и стоимости использования клиентами, а также увеличение емкости системы, позволяющей обслуживать до 1 млн устройств в зоне покрытия одной базовой станции.

1 Сравнительный обзор сетей 5G.

Как и ранние поколения мобильных сетей, 2G, 3G и 4G, сети 5G являются цифровыми сотовыми сетями, в которых область обслуживания, охватываемая поставщиками, разделена на мозаику небольших географических областей, называемых ячейками или сотами. Аналоговые сигналы, представляющие звуки и изображения, оцифровываются в телефоне, преобразуются аналого-цифровым преобразователем и передаются в виде потока битов. Все беспроводные устройства 5G в ячейке связываются радиоволнами с локальной антенной решеткой и маломощным автоматизированным приемопередатчиком (передатчиком и приемником) в ячейке по частотным каналам, назначенным приемопередатчиком из общего пула частот, которые повторно используются в географически разделенных ячейках.

Основным преимуществом сетей 5G является достижение гораздо более высоких скоростей передачи данных — до 10 Гбит/с, что в 10 раз быстрее, чем существующие технологии проводного интернета, и в 100 раз быстрее, чем предыдущее поколение 4G LTE. Так же следует особо отменить сокращение времени ожидания: 1 миллисекунда в сравнении с 30-70 миллисекундами для 4G. Из-за более высоких скоростей передачи данных сети пятого поколения будут использоваться не только мобильными телефонами, но и потенциально домашними и офисными сетями, создавая таким образом конкуренцию проводным способам передачи данных. Данная область применения активно обсуждалась и раньше, но предыдущие поколения сотовых сетей обеспечивали доступ к интернету со сравнительно низкой скоростью передачи данных, пригодной только для мобильных телефонов, и единичная базовая станция сотовой связи не могла обеспечить достаточную пропускную способность, чтобы служить в качестве общего интернет-провайдера для домашних компьютеров.

Подобные технические спецификации 5G стало возможны благодаря использованию радиоволн более высокой частоты, лежащих в миллиметровом диапазоне волн или вблизи него: от 30 до 300 ГГц, в то время как предыдущие сотовые сети использовали частоты в сантиметровом диапазоне от 700 МГц до 3 ГГц. Так же в отдельных регионах будет применяться более низкий диапазон частот в миллиметровом диапазоне — около 6 ГГц. Следует отменить, что второй диапазон не получит повсеместного распространения и будет использоваться лишь некоторыми провайдерами. Данное положение является важным, так как подобное решение даст невысокий прирост к скорости передачи данных.

Более широкая полоса пропускания на частотах миллиметрового диапазона длин волн позволяет использовать более широкие частотные каналы для связи с беспроводным устройством — до 400 МГц по сравнению с 20 МГц в 4G LTE,

которые могут передавать больше данных (бит) в секунду. Также стоит отметить, что в новом поколении используется OFMD модуляция (ортогональное частотное мультиплексирование), при которой в частотном канале передается несколько несущих волн, что позволяет отправлять/ получать несколько бит информации одновременно, параллельно.

К главным недостаткам можно отнести следующий факт — волны миллиметрового диапазона поглощаются газами в атмосфере, а также имеют меньший размер сотовых ячеек: их размер сравним с городским кварталом, в отличие от ячеек в предыдущих сотовых сетях, которые могут охватывать несколько километров в диаметре.

Другой слабой стороной волн миллиметрового диапазона является проблема с прохождением через стены здания, требующая нескольких антенн для покрытия одной ячейки. Габариты таких антенн заметно меньше, чем используемых в предыдущих поколениях сотовых сетях. Данный метод получил свою реализацию в технологии, предназначенной для увеличения скорости передачи данных, — massive MIMO (multiple-input multiple-output). Её суть заключается в том, что каждая ячейка имеет несколько антенн, сообщающихся с устройством, по отдельном частотным каналам. Таким образом несколько битовых потоков данных передается одновременно.

В методе, получившим название «Формирование луча (beamforming)», компьютер базовой станции непрерывно вычисляет наилучший маршрут радиоволн до беспроводного устройства и организует совместную работу несколько антенн в качестве фазированных решеток для создания пучков миллиметровых волн.

Вышеперечисленные факты означают, что сетевая инфраструктура 5G гораздо более сложная в связи с уменьшением размера сот и повышения количества антенн, работающих совместно по технологии massive MIMO. Это неизбежно приведет к удорожанию развертывания сетей нового поколения. В настоящее время эксперты склонны считать, что распространение сетей пятого поколения ограничится городами, где на ячейку приходится достаточно пользователей, что обеспечивает адекватную отдачу от инвестиций, и существуют сомнения в том, что эта технология когда-либо достигнет сельских районов.

Новые беспроводные устройства 5G также имеют возможность работы в 4G LTE, поскольку новые сети используют предыдущее поколение сетей для первоначального установления соединения с ячейкой, а также в местах, где доступ 5G недоступен.

Высокая скорость передачи данных и низкая задержка в 5G открывает целый спектр новых возможностей: к примеру, практическая виртуальная реальность и дополненная реальность, а также быстрое взаимодействие устройств, реализующих технологию IoT (Интернета вещей). Например, компьютеры в транспортных средствах на дороге могут непрерывно обмениваться информацией друг с другом и с дорогой, что позволит полностью перейти на самоуправляемые транспортные средства и к грамотному планированию дорожного трафика.

2 Целевые показатели сетей пятого поколения.

Ожидается, что системы 5G в соответствии со спецификациями IMT-2020 обеспечат расширенные возможности устройств и сетей. Следующие восемь параметров (таблица 1) являются ключевыми для IMT-2020 5G:

Таблица 1. Сравнительная оценка основных характеристик сетей 5G

Характеристика	**Описание**	**Целевой показатель**	**Сценарий использования**
Пропускная способность на единицу площади	Общий трафик в зоне покрытия	1 (Гбит/с)/кв.м	eMBB
Плотность подключения	Общее количество устройств на единицу площади	10^6	MMTC
Энергоэффективность	Данные, отправленные / полученные на единицу энергопотребления (по устройству или сети)	Аналогичный 4G	eMBB
Время ожидания	Вклад радиосети в время прохождения пакета	1 мс	URLLC
Качество обслуживания	Максимальная скорость для передачи обслуживания и требований QoS	500 км/ч	eMBB/ URLLC
Пиковая скорость передачи данных	Максимально достижимая скорость передачи данных	20 Гбит/с	eMBB
Эффективность использования спектра	Пропускная способность на единицу полосы пропускания и на сетевую ячейку	3-4х 4G	eMBB
Скорость передачи данных для конечного пользователя	Достижимая скорость передачи данных по всей зоне покрытия (случай hotspot)	1 Гбит/с	eMBB
Скорость передачи данных для конечного пользователя	Достижимая скорость передачи данных по всей зоне покрытия	100 Мбит/с	eMBB

МСЭ классифицировал примеры использования этого стандарта таким образом, чтобы они попадали в один из трех следующих сегментов:

eMBB - Enhanced mobile broadband - усовершенствованная мобильная широкополосная связь. Используется для ресурсоемких приложений, таких как высокочеткие технологии дистанционного восприятия, аудио/видео - трафик высокого разрешения, телемедицина и дистанционная хирургия.

URLLC - Ultra-Reliable Low Latency Communication - сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками. Ультра-надёжные коммуникации с малым временем задержки — для критически важных услуг, таких как автономные транспортные средства, здравоохранение, промышленная автоматика.

MMTC - Massive Machine-Type Communications - массовая межмашинная связь. Используется для быстрорастущих, высокообъёмных, плотных узлов/приложений интернета вещей, среди которых можно назвать такие, например,

как смарт-измерения, интеллектуальные здания, умные города и учет материальных ценностей.

3 Технология 5G и интернет вещей.

Интернет вещей напрямую зависит от способности к подключению к доступным сетям. Смартфоны и другие Android-устройства легче всего поддаются трансформации и обновлению. Компании по всему миру пытаются создать устройства, способные адаптироваться к изменяющимся протоколам и технологиям. На рынке IoT присутствует огромное количество решений для обеспечения связи, но это в высокой степени влияет на совместимость устройств, что является существенной проблемой. Сети пятого поколения привнесут революционные изменения, позволив устройствам использовать различные интеллектуальные технологии. Возможности дальнейших имплементаций и развития «Интернета вещей» напрямую зависят от способности к обслуживанию со стороны сетей беспроводной связи. С запуском 5G мы также можем ожидать развитие рынка приложений, требующих высокой скорости передачи данных. Предполагается, что в ближайшем будущем любое устройство будет подключено к сети Интернет, что позволит автоматизировать работу различных систем и послужит еще большим толчком для повсеместного внедрения искусственного интеллекта.

Многочисленные исследования демонстрируют, что развертывание 5G только для пользователей сотовых телефонов, экономически не оправдано. Издательство и аналитический центр Bloomberg прогнозирует расходы на уровне $200 миллиардов в год, но использование сетей пятого поколения для IoT делает их очень перспективными. По оценкам Bain & Company, к 2020 году рынок B2B IoT превысит $300 млрд. И общие расходы IoT, как ожидается, достигнут $ 1,2 трлн в 2022 году, на основе данных IDC.

Устройство IoT — это простая технология с небольшим вычислительным блоком, памятью, возможностью считывания / отображения информации, обладающее приемопередающим устройством связи. При развертывании во многих сферах IoT может оптимизировать различные операции, повысить безопасность, обеспечить более эффективное использование энергоресурсов и даже контролировать наше здоровье.

Также подобные инновации оказывают значительное влияние на промышленность и производство. Последние десятилетия на заводах использовались различные датчики контроля температуры и качества, подсчета и мониторинга производства. Лишь недавно они были объединены единой проводной сетью для повышения гибкости развертывания и проактивного технического обслуживания. Дальнейшим шагом станет отказ от проводных технологий и обеспечение связи датчиков и роботов посредством сетей 5G.

Мы также уже стали свидетелями развертывания устройств IoT первого поколения в наших домах с внедрением датчиков движения, смарт-динамиков и электронных весов, термостатов и термометров. Благодаря широкому спектру стандартов подключения, таких как Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth и 4G, доступных для дизайнеров и инженеров IoT, 5G должен быть в состоянии удовлетворить все упомянутые примеры продуктов, от близкого расстояния до больших расстояний, с высокой скоростью отклика, обеспечивая при этом несравнимо возросшую скорость обмена данных.

Издательство CNET сообщает, что с 5G “Сочетание скорости, отзывчивости и дальности связи может дать существенный импульс для развития и распространения других популярных тенденций в области современных технологий,

таких как автопилотируемые автомобили, дроны, виртуальная реальность и интернет вещей.”

Анализируя различные данные, мы склонны ожидать возникновение «Эффекта домино»:

- У разработчиков будут инструменты, необходимые для решения существующих проблем и разработки новых решений.
- Производители будут расширять и перестраивать свои производственные мощности и склады для обеспечения поддержки сетей 5G, а также развивать инфраструктуру и системы безопасности для создания новых разработанных продуктов.
- Потребители в свою очередь перейдут к этапу избавления от устаревших и более не поддерживаемых устройств, обновлению рабочих мест и домов.

Этот взрыв развития, необходимость установки, внедрения, а также переработки старых, не связанных между собой технологий, потребует автоматизации, планирования, найма и обучения новых кадров. Чтобы вся экосистема 5G-IoT работала эффективно и безопасно для большего социального блага, каждый город и бизнес должны иметь прочную стратегию; в противном случае все преимущества 5G могут легко снизиться до нуля.

По мере выхода на рынок новых технологических инструментов, IoT будет получать больше возможностей для расширения функционала, продуктов и качества. По словам издательства Statista, «К 2020 году прогнозируемая количество устройств IoT составит 31 миллиард во всем мире.». Что же для этого необходимо? Выделяются следующие предпосылки:

Автоматическое электропитание: батареи и провода могут быть неплохим решением для обеспечения питания и связи IoT в данный момент, но поскольку объем таких устройств растет высокими темпами, будет практически невозможно идти в ногу с внедряемыми технологиями и обновлениями. Неисправная или истощенная батарея в датчике IoT, M2M или производственном роботе может обойтись компании потерей доходов и снижением безопасности. Беспроводной способ зарядки, подразумевающий отсутствие зарядного устройства, является критическим вопросом на этапе полного перехода к IoT.

Со стороны разработчиков и инженеров высказывается мнение о дороговизне внедрения 5G. Чтобы полностью реализовать все преимущества надежно и безопасно, компаниям нужна стратегия краткосрочного и долгосрочного взаимодействия вместе с потребителями.

Программа утилизации электроники: раньше люди хранили бытовые приборы и рабочее электронное оборудование в течение десятков лет. С поддержкой 5G IoT и непрерывным автоматическим беспроводным питанием датчиков, существующие «неумные» устройства устареют и потребуют переработки или обновления. Компании и научные сообщества работают над этой проблемой и предостерегают о потенциальной экологической опасности подобного явления. Таким образом необходимо совместная разработка концепции безопасной утилизации уставшей техники.

Заключение.

Если не верить в рост рынка IoT, инвестирование в 5G представляется безнадежной идеей. Однако, с хорошо продуманной стратегией поддержки всей экосистемы IoT 5G может стать фактором, меняющим жизнь людей. Речь больше не идет об использовании новых возможностей в качестве средств головой связи,

поскольку существующие решения справляются с этой задачей на высоком уровне. Мы говорим об объединении всех устройств в единую сеть, работающую при помощи искусственного интеллекта. Новые технологические стандарты и поколения сетей являются триггером к повсеместному внедрению умных устройств и еще быстрой диджитализации.

Литература:

1. Адаптированная информация о сферах использования 5G с официального сайта Международного союза электросвязи //http://sites.ieee.org/wf-5g/files/2018/12/IEEE-5G-Applications-and-Security-Challenges-Final.pdf

2. Адаптированная информация с сайта аналитического агенства Bloomberg // https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-18/upgrade-to-5g-costs-200-billion-a-year-and-may-not-be-worth-it

3. Адаптированная информация о применении IoT в промышленном секторе с сайта международной консалтинговой компании Bain //https://www.bain.com/insights/choosing-the-right-platform-for-the-industrial-iot/

4. Адаптированная информация с сайта международной исследовательской и консалтинговой компании International Data Corporation //https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43994118

5. Адаптированная информация об оценки стоимости развертывания сетей нового поколения с сайта экономической аналитики The Street //https://www.thestreet.com/markets/how-to-make-big-money-on-super-speedy-wireless-5g-deployment-14708941

6. Адаптированная информация об использовании 5G в области виртуальной реальности и автопилотируемых автомобилей с сайта CNet //https://www.cnet.com/news/5g-not-just-speed-fifth-generation-wireless-tech-lets-you-do-vr-self-driving-cars-drones-remote/

7. Адаптированная информация о перспективах развития IoT с сайта немецкой компании Statista, специализирующейся в области аналитики и прогнозирования //https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/

В.Г. Кобак, Ю.П. Липченко, А. Далаева, Д.А. Жуковский[1]

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ХОЛЛАНДА

Донской Государственный Технический Университет, Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: задача коммивояжера, точные алгоритмы, эвристические алгоритмы, генетические алгоритмы.

В статье рассматривается возможные улучшения результатов решения задачи коммивояжера генетическими и жадными алгоритмами. Было реализовано

программное средство для проведения вычислений модифицированной моделью Холланда и метода включения ближайшего города. Приводятся примеры, проделанных вычислительных экспериментов на графах с известными оптимальными решениями.

V.G. Kobak, YU.P. Lipchenko, A. Dalayeva, D.A. Zhukovskiy[1]

SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE TRAVELER WITH THE HELAND MODEL

Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia
North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: traveling salesman problem, exact algorithms, heuristic algorithms, genetic algorithms.

Possible improvements to the results of solving the traveling salesman problems of genetic and greedy algorithms are available in the article. Computing software has been developed. Examples are given that demonstrate computational experiments on graphs with known optimal solutions.

Введение.

Задача коммивояжера (ЗК) – одна из труднорешаемых задач комбинаторной оптимизации, которая нашла широкое применение в широком классе приложений: проектирование коммуникаций, разработка архитектуры вычислительных сетей, построение оптимальных схем движения и т.д. [1, 4].

В классической формулировке ЗК сводится к нахождению кратчайшего гамильтонова цикла в реберно-взвешенном неориентированном графе, с веденными детерминированными переменными: количество рассматриваемых объектов и расстояния между ними. Из этого следует, что на практике многих возникающие аспекты задачи не учитываются [2, 7].

Если граф содержит n вершин с длинами между каждыми из них $d_{ij} |\ i,j = 1,..,n$, и требуется построить путь, посетив все вершины $(n-1)$, причем только раз, и вернуться в исходный, так чтобы длина маршрута была минимальной, то ЗК относится к NP-полным задачам. Из-за высокой комбинаторной сложности с ростов количества вершин в графе решить простым перебором эту задачу даже с 15 - 20 городами оказывается невозможным [3, 7].

Так как эффективного, полиномиального алгоритма точного решения не существует, а использование алгоритмов точных решений, т.е. в которых маршрутом является минимальная длина среди всех возможных маршрутов, затруднительно и применяется для задач малой размерности или для проверки качества решений в эвристических алгоритмах поиска приближенных. Под приближенным решением понимается маршрут минимальной длины среди всех найденных маршрутов.

К точным методам решения ЗК относятся методы: полного перебора, динамического программирования, ветвей и границ.

Реализация алгоритма полного перебора (АПП) примитивна и заключается в нахождении решения в пространстве N! С последовательным перебором всех вариантов маршрута. Алгоритм может использоваться для любой ЗК, но малых размеров, т.к. главным его недостатком является временная сложность, которая растёт экспоненциально [1, 5].

Но на практике при решении оптимизационных задач в реальном масштабе времени чаще применяют алгоритмы приближенного решения, к которым относятся: «жадные» алгоритмы, генетические алгоритмы и т.д.

Метод включения ближайшего города является одним из видов «жадных» алгоритмов и заключается в построении маршрута, по очереди добавляя к нему ближайшую вершину из числа всех вершин. Такие алгоритмы оценивают маршруты лишь на шаг вперед, и высока вероятность – выбрать очень длинные ребра на последних шагах.

В основе генетических алгоритмах лежит принцип естественного отбора: использованием механизмов для решения ЗК путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров. В процессе поиска на каждом этапе генерирования новых особей, т.е. маршрутов, отбираются лучших особи, применяя «функцию приспособленности», определяющую качество решения задачи.

На первом шаге генерируется обычно случайным образом начальная популяция особей (набор решений), в виде множества векторов («генотипа») генов, обычно имеющих фиксированную длину. Затем моделируется размножение особей. Для этого отбираются несколько пар особей, производится их скрещивание в каждой паре, а затем может быть произведена мутация в генотипе. Полученные новые особи-потомки добавляются в популяцию нового поколения. Этот набор действий выполняются итеративно, так моделируется «эволюционный процесс», продолжающийся несколько жизненных циклов (поколений), пока не будет удовлетворен критерий останова, например, количество поколений без перемен (остановка, если в течение заданного количества поколений не происходит улучшения функции приспособленности) и т.п [6,7].

Был проведен вычислительный эксперимент, цель которого является проведение сравнения результатов работы «Метода включения ближайшего города» и генетического алгоритма модифицированной модели Холланда (ММХ). Реализация модифицированной модели Холланда заключается в генерировании случайной начальной популяции особей (маршрутов, где все вершины различны) фиксированного размера. Затем происходит скрещивание для каждой особи популяции предков, подбирая случайную пару из той же популяции. Для новых порожденных особей-детей применяется оператор мутации. Лучшая особь добавляется в популяцию потомков. Затем из двух популяций: предков и потомков выделяются лучшие особи, которые продолжают участвовать в процессе отбора. Критерием останова является количество повторений лучшего результата в двух популяциях.

Для написания программы, выполняющей вычисления был выбран объектно-ориентированный язык программирования C#. Выполнение программы производилась на 64-разрядном процессоре Intel® Core i7-3610QM с частотой 2.30 мГц.

Тесты проводились на малых графах с известными точными решениями (fri26.tsp и bays29.tsp) из библиотеки TSP [8], результаты которых приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты работы алгоритмов: генетического (модифицированная модель Холланда) и «жадного» (метод ВБГ) алгоритма.

	ММХ		метод ВБГ		Точное решение
Количество вершин	Время (мс)	Результат	Время (мс)	Результат	Результат
13	36.2389	161	0.0870	193	161
26	453.4445	937	0.1365	1112	937
29	1922.0741	2020	0.1204	2507	2020

Из результатов Таблицы 1 следует, что для выполнения расчетов «жадному» алгоритму (Метод ВБГ) требуется меньше времени, но результат не может быть улучшен. А алгоритм модифицированной модели Холланда, не смотря на то, что требуется больше времени на выполнение процедуры, может дать решение более близкое точному, и даже сходиться к нему.

Результат выполнения алгоритма модифицированной модели Холланда зависит от установленных размера популяции особей и ограничения количества повторений лучшего результата, что показано в Таблице 2.

Таблица 2. Результаты работы генетического алгоритма.

Количество вершин	Популяция	Ограничение	Время (мс)	Результат
13	20	20	12.1645	186
13	30	30	36.2389	161
26	20	20	116.7533	1154
26	50	50	238.6440	1088
26	70	70	221.8914	955
29	70	90	485.3742	2055
29	100	100	931.4899	2051
29	200	200	1922.0741	2020

В Таблице 2 приведены лучшие полученные результаты вычисления алгоритма модифицированной модели Холланда для графов, с количеством вершин: 13, 26 и 29, для которых установлены разные условия размера популяции и ограничений. Как следует из примера, при увеличении популяции возрастает разнообразие особей для скрещивания и мутации, что приводит к большей вероятности получения особи с генотипом, близким к оптимальному решению. Улучшения результата можно добиться с увеличением ограничения количества повторений лучшего результата, которое увеличивает на время работы алгоритма, но при этом дает возможность найти решение лучше.

Заключение.

Таким образом, из приведенных результатов работы программного средства реализации алгоритмов: модифицированной модели Холланда и метода включения ближайшего города можно сделать вывод, что для решения задачи коммивояжера эффективнее может быть использование генетического алгоритма. Работа этого алгоритма зависит от генерации особей случайным образом, что приводит к результатам как лучше, так и хуже работы жадного алгоритма. При увеличении

параметров: размера популяции и ограничения количества повторений лучшего результата, можно добиться результатов близких к точному решению или даже сходящийся к нему. Но при этом увеличивается время работы, которое не является существенным ограничение для малых графов.

Литература:

1. Борознов В.О. Исследование решения задачи коммивояжера // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – №2. – С.147-151.
2. Задача коммивояжёра. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Задача_коммивояжёра/
3. Мудров В.И. Задача о коммивояжере – М.: «Знание», 1969. – 66 с.
4. Меламед И.И. Задача коммивояжера. Вопросы теории / И.И. Меламед, С.И. Сергеев, И.Х. Сигал // Автоматика и телемеханика. – 1989. – №9. – С.3-33.
5. Меламед И.И. Задача коммивояжера. Точные методы / И.И. Меламед, С.И. Сергеев, И.Х. Сигал // Автоматика и телемеханика. – 1989. – №10. – С.3-29.
6. Меламед И.И. Задача коммивояжера. Приближенные алгоритмы / И.И. Меламед, С.И. Сергеев, И.Х. Сигал // Автоматика и телемеханика. – 1989. – №11. – С.3-26.
7. Колесников А.В. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / А.В. Колесникова [и д.р.] – М.: ИПИ РАН, 2011. – 295 с.
8. MP-TESTDATA - The TSPLIB Symmetric Traveling Salesman Problem Instances. – Режим доступа: http://elib.zib.de/pub/mp-testdata/tsp/tsplib/tsp/

В.И. Новосельцев, В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛИТНЫХ ОСОБЕЙ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Рассмотрено применение элитных особей в генетическом алгоритме, их влияние на скорость и качество решения. Проведены различные опыты с разными количествами элитных особей, различными значениями мутации и различными значениями размера популяции. Исследовано влияние количества особей в популяции на качество найденного решения. На основе опытов и исследования был проведен анализ и сделаны выводы.

V.I. Novosel'tsev, V.G. Kobak, A.G. Zhukovskiy

USE OF ELITE SPECIALS IN A GENETIC ALGORITHM

Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

The application of elite individuals in the genetic algorithm, their influence on the speed and quality of the solution are considered. Various experiments were carried out with

different numbers of elite individuals, different values of mutation and different values of population size. The influence of the number of individuals in the population on the quality of the solution found is investigated. Based on experiments and studies, an analysis was carried out and conclusions were drawn.

ВВЕДЕНИЕ

Существует большое множество разновидностей классического генетического алгоритма для повышения его эффективности. Под повышением эффективности понимается время, затраченное на поиск оптимального решения, а также качество найденного решения. Одним из множества разновидностей является генетический алгоритм с использование элит или элитных особей.

Основное отличие такого ГА является в введение в популяцию элитной особи или же нескольких элитных особей. Основой данного метода является то, что элитные особи лучшие в своей популяции и при отборе в новую популяцию обязательно в нее попадут. Таким образом данная разновидность генетического алгоритма должна сократить время поиска оптимального решения. Но, как и в любой другой разновидности генетического алгоритма на результат влияют параметры этого ГА. Поэтому параметры нужно подбирать таким образом, чтобы избежать преждевременной сходимости алгоритма, нахождения допустимого решения, а не оптимального. Что бы этого избежать нужно определить, как влияет количество элитных особей скорость нахождения оптимального решения и как влияет размер популяции на качество найденного решения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследовать влияние количества элитных особей на время, затраченное на поиск решения, а также на качество данного решения. Определить влияние размера популяции на качество найденного решения, найти взаимосвязь с преждевременной сходимостью популяции и частым нахождением допустимого решения. Сделать выводы.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛИТНЫХ ОСОБЕЙ

1. Описание метода

Суть метода с использованием элитных особей заключается в том, что после оценки текущей популяции из нее выбираются несколько наилучших особей (например, по значению фитнес функции) и они автоматически попадают в новое поколение. При этом элитные особи могут принимать участие в скрещивании наравне с остальными особями.

Таблица 1. Результаты работы программы:

Количество предметов	Время	Тип найденного решения
15	00:00:04.17	Оптимальное
15	00:00:04.22	Оптимальное
15	00:00:04.06	Оптимальное
15	00:00:04.23	Оптимальное
15	00:00:04.03	Оптимальное
14	00:00:03.78	Оптимальное
14	00:00:03.69	Оптимальное
14	00:00:03.85	Оптимальное
14	00:00:03.80	Оптимальное
14	00:00:03.63	Оптимальное
13	00:00:03.21	Оптимальное
13	00:00:03.17	Оптимальное
13	00:00:03.12	Оптимальное
13	00:00:03.09	Оптимальное
13	00:00:03.19	Оптимальное

Средние значения времени выполнения программы на 100 испытаний:
15 предметов: 00:00:04.15;
14 предметов: 00:00:03.75;
13 предметов: 00:00:03.16;

2. Влияние различных значений мутации на метод с использованием элит
Применение метода с элитными особями и различными значениями мутации

Таблица 2.

Количество особей	Вероятность мутации	Время
15	50%	04.01
15	75%	03.83
15	100%	03.62
14	50%	03.64
14	75%	03.29
14	100%	03.12
13	50%	03.03
13	75%	02.68
13	100%	02.37

Из результатов можно увидеть, что при использовании элитных особей, можно существенно улучшить результаты работы ГА. При этом стоить отметить, что при использовании такого метода есть вероятность преждевременной сходимости алгоритма. В особенности эта проблема часто возникает при использовании в алгоритме большой вероятности мутации.

3. Исследование генетического алгоритма с двумя элитными особями

Для дополнительного исследования добавил в популяцию дополнительную элитную особь и провел все необходимые испытания. Испытания показали, что две элитные особи, при такой размерности популяции почти не влияют на время и

качество решения. Стоить отметить, что две особи значительно увеличивают скорость решения, при популяции большего размера. Опыты были проведены для популяции размерностью в 100 особей.

Таблица 4. Результаты для популяции на сто особей с одной элитной.

Количество предметов	Время	Тип найденного решения
100	00:00:06.31	Оптимальное
100	00:00:06.22	Оптимальное
100	00:00:06.54	Оптимальное
100	00:00: 06.30	Оптимальное
100	00:00: 06.09	Оптимальное
100	00:00: 06.78	Оптимальное
100	00:00: 06.11	Оптимальное
100	00:00: 06.23	Оптимальное
100	00:00: 06.45	Оптимальное
100	00:00: 06.02	Оптимальное
100	00:00: 05.87	Оптимальное
100	00:00: 06.56	Оптимальное
100	00:00: 06.21	Оптимальное
100	00:00: 06.11	Оптимальное
100	00:00: 06.73	Оптимальное

Таблица 5. Результаты для популяции на сто особей с двумя элитами.

Количество предметов	Время	Тип найденного решения
100	00:00:03.12	Оптимальное
100	00:00: 02.56	Оптимальное
100	00:00: 03.33	Оптимальное
100	00:00: 03.41	Оптимальное
100	00:00: 02.40	Оптимальное
100	00:00: 03.01	Оптимальное
100	00:00: 03.11	Оптимальное
100	00:00: 03.00	Оптимальное
100	00:00: 02.60	Оптимальное
100	00:00: 02.87	Оптимальное
100	00:00: 03.07	Оптимальное
100	00:00: 03.56	Оптимальное
100	00:00: 03.21	Оптимальное
100	00:00: 03.13	Оптимальное
100	00:00: 02.86	Оптимальное

4. Исследование генетического алгоритма с тремя элитными особями

Далее было решено добавить в популяцию еще одну элитную особь, чтобы проверить как она повлияет на время выполнения ГА.

Таблица 6. Результаты для популяции на сто особей с тремя элитами.

Количество предметов	Время	Тип найденного решения
100	00:00:02.01	Оптимальное
100	00:00: 01.39	Оптимальное
100	00:00: 01.56	Оптимальное
100	00:00: 01.50	Оптимальное
100	00:00: 01.64	Оптимальное
100	00:00: 01.38	Оптимальное
100	00:00: 01.77	Оптимальное
100	00:00: 01.63	Оптимальное
100	00:00: 01.95	Оптимальное
100	00:00: 01.72	Оптимальное
100	00:00: 01.53	Оптимальное
100	00:00: 01.89	Оптимальное
100	00:00: 01.69	Оптимальное
100	00:00: 01.83	Оптимальное
100	00:00: 01.72	Оптимальное

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что добавление элиты хорошо сказывается на времени работы ГА, а также качестве найденного решения. Но стоит отметить, что при больших объемах элитных особей популяция будет вырождаться.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ПОПУЛЯЦИИ НА КАЧЕСТВО РЕШЕНИЯ

Дополнительно было решено определить влияние количества особей в популяции на качество решения. Качество решения подразумевает собой было ли найденное решение оптимальным или допустимым. Было решено провести испытания с популяциями размер которых составляет 10,25,50,100 особей. Для каждой популяции произведено по 10 опытов. Результаты опытов представлены в таблице ниже.

Таблица 7. Результаты качества решения в зависимости от размера популяции.

№	Размер популяции	Тип найденного решения
1	10	Допустимое
2	10	Допустимое
3	10	Допустимое
4	10	Допустимое
5	10	Допустимое
6	10	Допустимое
7	10	Оптимальное
8	10	Допустимое
9	10	Допустимое
10	10	Допустимое

Продолжение Таблицы 7.

№	Размер популяции	Тип найденного решения
1	25	Допустимое
2	25	Оптимальное
3	25	Допустимое
4	25	Оптимальное
5	25	Допустимое
6	25	Допустимое
7	25	Оптимальное
8	25	Оптимальное
9	25	Допустимое
10	25	Допустимое

Продолжение Таблицы 7.

№	Размер популяции	Тип найденного решения
1	50	Оптимальное
2	50	Допустимое
3	50	Оптимальное
4	50	Допустимое
5	50	Оптимальное
6	50	Оптимальное
7	50	Допустимое
8	50	Оптимальное
9	50	Оптимальное
10	50	Оптимальное

Продолжение Таблицы 7.

№	Размер популяции	Тип найденного решения
1	100	Оптимальное
2	100	Оптимальное
3	100	Оптимальное
4	100	Оптимальное
5	100	Оптимальное
6	100	Оптимальное
7	100	Оптимальное
8	100	Оптимальное
9	100	Оптимальное
10	100	Оптимальное

Исходя из полученных результатов видно, как размер популяции влияет на качество решения. Дело в том, что чем меньше популяция, тем быстрее она вырождается, т.е. гены становятся однотипными или одинаковыми, и популяция теряет свое разнообразие. Именно из-за этого найденное решение будут допустимым, в лучшем случае, в худшем оно будет допустимым, но очень далеко от оптимального решения. Поэтому можно сделать вывод, что чем больше популяция, тем лучше качество получаемого результата. Это очень хорошо видно в результатах опыта с популяцией в сто особей – все найденные решения были оптимальны. Но также следует отметить, что в генетическом алгоритме никогда не существует 100%

вероятности, что решение будет оптимальным, только увеличение размера популяции способствует повышению вероятности на оптимальный результат.

ВЫВОДЫ

Исходя из проведенных опытов и наблюдений можно сделать вывод, что введение элит в генетический алгоритм сказывается достаточно хорошо на времени поиска решения. Но стоит отметить, что введение элит имеет смыл на более крупных популяциях. Количество элитных особей играет очень важную роль в генетическом алгоритме, так как небольшое количество таких особей способно уменьшить время нахождения решения, а слишком большое количество способно привести популяцию к вырождению.

Размер популяции очень важный параметр ГА, так как он непосредственно влияет на качество найденного решения. Чем больше популяция, тем больше вероятность поиска более качественного решения. Малые размеры популяций приводят к преждевременным сходимостям или вырождениям популяций, а это ведет к тому, что найденное решение в большинстве случаев будет допустимым, а не оптимальным. Следует отметить, что повышение размера популяции не гарантирует нахождение оптимального решение, оно лишь увеличивает вероятность того, что найденное решение будет оптимальным.

Литература:

1. Генетические алгоритмы – Элитизм. Режим доступа: http://qai.narod.ru/GA/elitism.html

2. Повышение эффективности генетического алгоритма на базе модели Голденберга за счет применения элиты / В.Г.Кобак, Д.В.Титов, Д.В.Плешаков, О.А.Золотых. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/v/povyshenie-effektivnosti-geneticheskogo-algoritma-na-baze-modeli-goldenberga-za-schet-primeneniya-elity

3. Исследование эффективности генетической модели при использовании различных видов мутации / В. Г. Кобак, А. Ю. Чижов, Д. В. Плешаков.

4. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-effektivnosti-geneticheskoy-modeli-pri-ispolzovanii-razlichnyh-vidov-mutatsii

5. Кобак В.Г., Поркшеян В.М., Жуковский А.Г. Сравнение эвристических алгоритмов при решении неоднородной минимаксной задачи. Труды Северо-Кавказского филиала московского технического университета связи и информатики. Ч.1: сб. науч. работ по результатам междунар. науч-практ. конф. СКФ МТУСИ «Инфоком-2017».

А.А. Манин, С.В. Соколов, Е.Г. Чуб

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВОЗМУЩЕНИЙ В ДИСКРЕТНОМ СТОХАСТИЧЕСКОМ ФИЛЬТРЕ НА ОСНОВЕ НЕРЕГУЛЯРНЫХ ТОЧНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Северо - Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: дискретный фильтр, адаптивное оценивание, дисперсионная матрица, непериодические точные наблюдения

Для информационно-измерительных систем, комплексирующих для оценки вектора состояния непрерывные зашумленные и точные наблюдения, поступающие в случайные моменты времени, рассмотрен алгоритм адаптивного оценивания одного из наиболее критичных параметров фильтра Калмана - дисперсионной матрицы возмущений, действующих на систему. Преимуществом предложенного алгоритма является возможность аналитического определения данной дисперсионной матрицы по текущим точным наблюдениям и, как следствие, существенное повышение общей точности оценки возмущенного вектора состояния системы. Приведен численный пример, иллюстрирующий возможность эффективного практического использования разработанного алгоритма.

A.A. Manin, S.V. Sokolov, Ye.G. Chub

ANALYTICAL EVALUATION OF PERTURBATION PARAMETERS IN A DISCRETE STOCHASTIC FILTER BASED ON IRREGULAR PRECISE OBSERVATIONS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Rostov State Transport University (RSTU), Rostov-on-Don, Russia

Keywords: discrete filter, adaptive estimation, dispersion matrix, non-periodic accurate observations.

For information-measuring systems that package continuous noisy and accurate observations arriving at random time instants for estimating the state vector, an adaptive estimation algorithm for one of the most critical Kalman filter parameters, the dispersion matrix of perturbations acting on the system, is considered. The advantage of the proposed algorithm is the possibility of analytical determination of this dispersion matrix from current accurate observations and, as a result, a significant increase in the overall accuracy of the estimation of the perturbed state vector of the system. A numerical example is given illustrating the possibility of effective practical use of the developed algorithm.

Введение.

На сегодняшний день большое число различных комплексированных информационно-измерительных систем (ИИС) в качестве основного варианта их функционирования используют коррекцию текущих оценок вектора состояния по точным наблюдениям, формируемым с некоторым произвольным временным интервалом.

Это:

- и ИИС роботов, где при оценке параметров ориентации робота учитывается нулевая скорость его ступни (или нижней точки колеса) в момент касания поверхности земли [1],
- и инерциально-спутниковые навигационные системы (НС), в которых коррекция показаний инерциальных НС, погрешности которых растут со временем, производится по измерениям спутниковых НС, которые выступают в качестве эталонных [2,3],
- и ИИС различных транспортных систем (морских, железнодорожных и т.д.), в которых коррекция параметров ориентации и навигации объекта осуществляется в момент прохождения им базовых (реперных) точек с точно известными координатами [4,5,6],
- и комбинированные НС, обеспечивающие навигацию внутри помещений и замкнутых пространств на базе инерциальных датчиков [7] и т.д.

В настоящее время подобная коррекция производится, в основном, непосредственной заменой текущих оценок фазовых координат соответствующими их точными наблюдениями без коррекции параметров самого алгоритма оценивания [8,9,10]. Очевидно, что при таком подходе рост ошибок оценивания фазовых координат на временном интервале, определенном моментом следующего точного наблюдения, не уменьшится (что и происходит в вышеупомянутых ИИС).

В связи с этим возникает необходимость адаптивного формирования параметров непосредственно самого алгоритма оценивания по полученным точным наблюдениям, что позволит на временных интервалах между ними существенно повысить точность оценивания вектора состояния системы в целом. Для иллюстрации возможности реализации такого подхода в качестве оцениваемого по точным наблюдениям параметра системы выберем самый зачастую критичный и неопределенный – дисперсию возмущения, действующего на динамическую систему (в многомерном случае – дисперсионную матрицу).

Постановка задачи.

Т.к. точные наблюдения производятся в нерегулярные дискретные моменты времени, то для решения поставленной задачи рассмотрим далее дискретный вариант наиболее часто используемого при решении задач оценивания алгоритма – фильтра Калмана, в котором оценка вектора состояния системы X_{k+1} в ($k+1$)-й момент времени определяется в соответствии с уравнением [11]:

$$\hat{X}_{k+1} = \Phi_k \cdot \hat{X}_k + K_k \cdot (Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k), \quad (1)$$

где $\hat{X}_k$ - оценка вектора состояния системы в k-й момент времени;

Φ_k - переходная матрица состояния системы;

Z_k - вектор измерений:

$$Z_k = H_k \cdot X_k + V_k,$$

H_k - матрица измерений, отображающая пространство векторов состояния системы в пространство векторов измерений;

V_k - центрированная гауссовская последовательность с дисперсионной матрицей R_k,

K_k - коэффициент усиления фильтра, определяемый как:

$$K_k = P_{k/k-1} \cdot H_k^T \cdot (H_k \cdot P_{k/k-1} \cdot H_k^T + R_k)^{-1}, \quad (2)$$

$$P_{k/k-1} = \Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k, \quad (3)$$

где $P_{k/k-1}$ - экстраполированная ковариационная матрица;

Q_k - искомая диагональная дисперсионная матрица гауссовского возмущения, действующего на систему.

Исходя из представленной формы коэффициента усиления фильтра, задачу оценки дисперсионной матрицы возмущений, действующих на объект, по точным наблюдениям сформулируем как задачу нахождения матрицы Q_k из условия совпадения в соответствующий момент времени вектора оценок $\hat{X}_{k+1}$ (1) с точным вектором состояния системы X_{k+1} (точными наблюдениями).

Решение задачи.

Для решения поставленной задачи будем использовать далее полное выражение Калмановского коэффициента усиления, полученное подстановкой (3) в (2):

$$K_k = (\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T \times$$

$$\times \left[H_k \cdot (\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T + R_k \right]^{-1},$$

где для удобства последующего решения введем обозначение $(\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T = \gamma$ и запишем выражение коэффициента K_k следующим образом:

$$K_k = \gamma \cdot \left(H_k \cdot \gamma + R_k \right)^{-1}. \quad (4)$$

В этом случае уравнение (1) примет вид:

$$\hat{X}_{k+1} - \Phi_k \cdot \hat{X}_k = \gamma \cdot \left(H_k \cdot \gamma + R_k \right)^{-1} \cdot (Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k) \quad (5)$$

и относительно матрицы Q_k, входящей в матрицу γ, представляет собой нелинейное векторное уравнение, решение которого традиционными численными методами требует многократного применения весьма затратной процедуры

обращения матрицы. Для возможности аналитического решения уравнения (5) проведем следующие построения.

Т.к. по условиям задачи $\hat{X}_{к+1} = X_{k+1}$, то, вводя обозначения $X_{k+1} - \Phi_k \cdot \hat{X}_k = X_*$, $Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k = Z_*$, представим уравнение (5) как:

$$X_* = \gamma \cdot \left(H_k \cdot \gamma + R_k \right)^{-1} \cdot Z_*. \quad (6)$$

Умножая обе части уравнения (6) на обратную матрицу $\left[\gamma(H_k\gamma + R_k)\right]^{-1}$, имеем:

$$\left(H_k \cdot \gamma + R_k \right) \cdot \gamma^{-1} \cdot X_* = Z_*,$$

или

$$R_k \cdot \gamma^{-1} \cdot X_* = Z_* - H_k \cdot X_*. \quad (7)$$

Продолжая далее умножение обеих частей уравнения (7) на матрицу $\gamma \cdot R_k^{-1}$, приведем его к виду, *линейному* относительно γ, а, следовательно, и относительно Q_k:

$$X_* = \gamma \cdot R_k^{-1} \cdot (Z_* - H_k \cdot X_*). \quad (8)$$

Для окончательного решения данного уравнения относительно Q_k раскроем выражение $\gamma = (\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T$ и получим:

$$X_* = (\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T \cdot H_k^T \cdot R_k^{-1} + Q_k \cdot H_k^T \cdot R_k^{-1}) \times \times (Z_* - H_k \cdot X_*) \quad (9)$$

Вводя для упрощения последующего вывода обозначение $\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T \cdot H_k^T \cdot R_k^{-1} = \Delta_{k,k-1}$, представим уравнение (9) в виде:

$$X_* = \Delta_{k,k-1}(Z_* - H_k \cdot X_*) + Q_k H_k^T R_k^{-1}(Z_* - H_k \cdot X_*). \quad (10)$$

Обозначая векторы $\Delta_{k,k-1} \cdot (Z_* - H_k \cdot X_*) = \Delta_*$, $H_k^T R_k^{-1}(Z_* - H_k \cdot X_*) = U_*$, приведем уравнение (10) к следующей форме:

$$X_* - \Delta_* = Q_k U_*. \quad (11)$$

Уравнение (11) легко допускает аналитическое решение относительно всех элементов диагональной матрицы Q_k, если учесть возможность представления произведения $Q_k U_*$ в виде $U_{*diag} Q_{k\ vect}$, где

$$U_{*diag} = \begin{vmatrix} U_{*1} & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & U_{*2} & 0 & \ldots & 0 \\ & & \ldots\ldots\ldots & & \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & U_{*n} \end{vmatrix}, \quad Q_{\kappa\ vect} = \begin{vmatrix} Q_{\kappa 1} \\ Q_{\kappa 2} \\ \vdots \\ Q_{\kappa n} \end{vmatrix},$$

$U_{*\mathrm{i}}, Q_{\kappa \mathrm{i}},\ \mathrm{i} = 1,\ldots, n -$ элементы, соответственно, вектора U_* и матрицы Q_k

.

В этом случае имеем искомое выражение вектора элементов дисперсионной матрицы возмущения объекта в виде:

$$U^{-1}_{*diag}(X_* - \Delta_*) = Q_{k\ vect}, \tag{12}$$

где U^{-1}_{*diag} - обратная матрица, легко вычисляемая в силу ее диагональности:

$$U^{-1}{}_{*diag} = \begin{vmatrix} \frac{1}{U_{*1}} & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & \frac{1}{U_{*2}} & 0 & \ldots & 0 \\ & & \ldots\ldots\ldots & & \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & \frac{1}{U_{*n}} \end{vmatrix}.$$

Таким образом, найденное решение нелинейного векторного уравнения (5) в виде (12) позволяет аналитически решить поставленную задачу адаптивного оценивания дисперсионной матрицы возмущения системы по полученным точным наблюдениям, что, в свою очередь, позволит на временных интервалах между ними существенно повысить точность оценивания вектора состояния системы в целом.

Рассмотрим далее пример, иллюстрирующий эффективность предложенного подхода.

Пример.

При проведении испытаний гиростабилизированной платформы (ГСП) и определении ее случайного дрейфа в инерциальной системе координат (ИСК) на небольших интервалах времени (десятки минут) при описании вращения ГСП используются упрощенные уравнения Эйлера-Крылова [6]:

$$\begin{vmatrix}\dot{\alpha}\\ \dot{\beta}\\ \dot{\gamma}\end{vmatrix} = \begin{vmatrix}\omega_x\\ \omega_y\\ \omega_z\end{vmatrix}, \qquad \alpha(0)=\alpha_0,\ \beta(0)=\beta_0,\ \gamma(0)=\gamma_0, \tag{13}$$

где α, β, γ - углы Эйлера-Крылова, определяющие ориентацию ГСП в ИСК, $\begin{vmatrix}\omega_x & \omega_y & \omega_z\end{vmatrix}^T$ - случайный вектор абсолютной угловой скорости вращения ГСП, описываемый белым гауссовским шумом с неизвестной матрицей интенсивностей.

С интервалом 20, 25 и 30 с из оптической системы наблюдения, построенной на основе пространственно распределенных зеркал, поступают измерения углов α, β, γ, считающиеся точными, а в остальные моменты времени с тактом $\tau = 0{,}05$с используются соответствующим образом обработанные показания акселерометров [6], формирующие зашумленные линейные измерения по каналам α, β, γ.

Дискретный фильтр, построенный по уравнениям объекта (13), в принятых обозначениях имеет вид:

$$\hat{X}_{k+1} = \Phi_k \hat{X}_k + K_k(Z_k - H_k \hat{X}_k), \tag{14}$$

где

$$\hat{X}_k = \begin{vmatrix}\hat{\alpha}\\ \hat{\beta}\\ \hat{\gamma}\end{vmatrix},\ \Phi_k = \begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{vmatrix},\ H_k = \begin{vmatrix}80 & 0 & 0\\ 0 & 70 & 0\\ 0 & 0 & 155\end{vmatrix},\ R_k = \begin{vmatrix}4{,}2\cdot10^{-7} & 0 & 0\\ 0 & 3{,}5\cdot10^{-7} & 0\\ 0 & 0 & 9{,}5\cdot10^{-7}\end{vmatrix}.$$

Истинная дисперсионная матрица Q была выбрана постоянной и равной

$$Q = \begin{vmatrix}(\tau\cdot3\cdot10^{-7})^2 & 0 & 0\\ 0 & (\tau\cdot1{,}2\cdot10^{-7})^2 & 0\\ 0 & 0 & (\tau\cdot2\cdot10^{-7})^2\end{vmatrix},$$

но т.к. по условиям задачи дисперсионная матрица Q случайного возмущения объекта неизвестна, то оценка углов Эйлера производилась для двух случаев: классическим фильтром Калмана (1), когда значение Q задано с ошибкой на всем интервале моделирования ($Q = \begin{vmatrix}(\tau\cdot3\cdot10^{-5})^2 & 0 & 0\\ 0 & (\tau\cdot1{,}2\cdot10^{-5})^2 & 0\\ 0 & 0 & (\tau\cdot2\cdot10^{-5})^2\end{vmatrix}$), и адаптивным фильтром, когда значение Q оценивается по предложенной схеме.

Графики ошибок оценивания углов α, β, γ, полученные при непосредственной реализации фильтра (14) показаны на рис.1-3, где очевидна существенная неустойчивость процесса фильтрации при значительных ошибках оценивания по всем трем углам (до 0,02 рад (1 град) уже на 150-й сек).

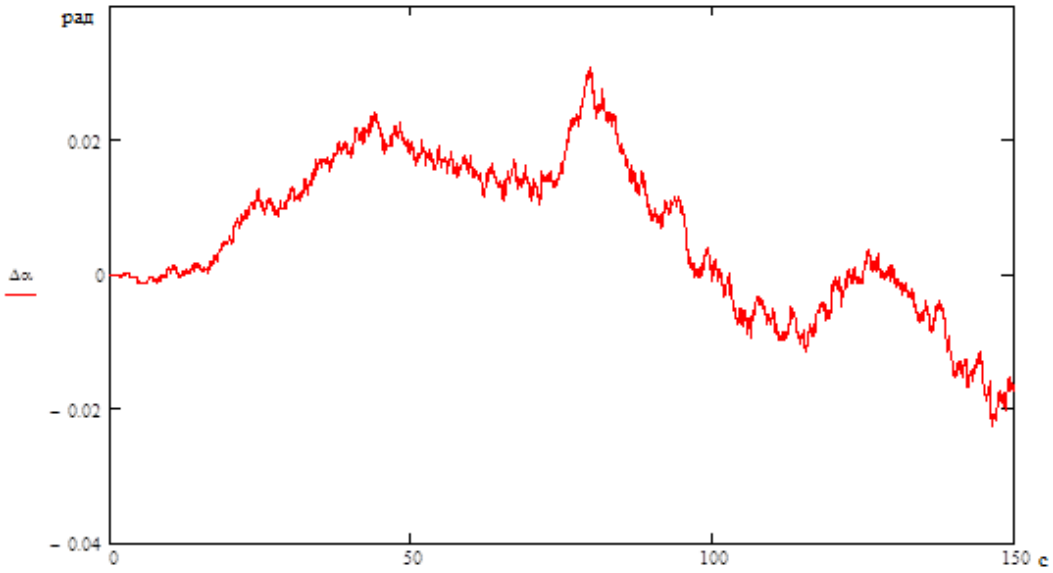


Рисунок 1. График ошибок оценивания угла α, полученный при реализации классического фильтра Калмана

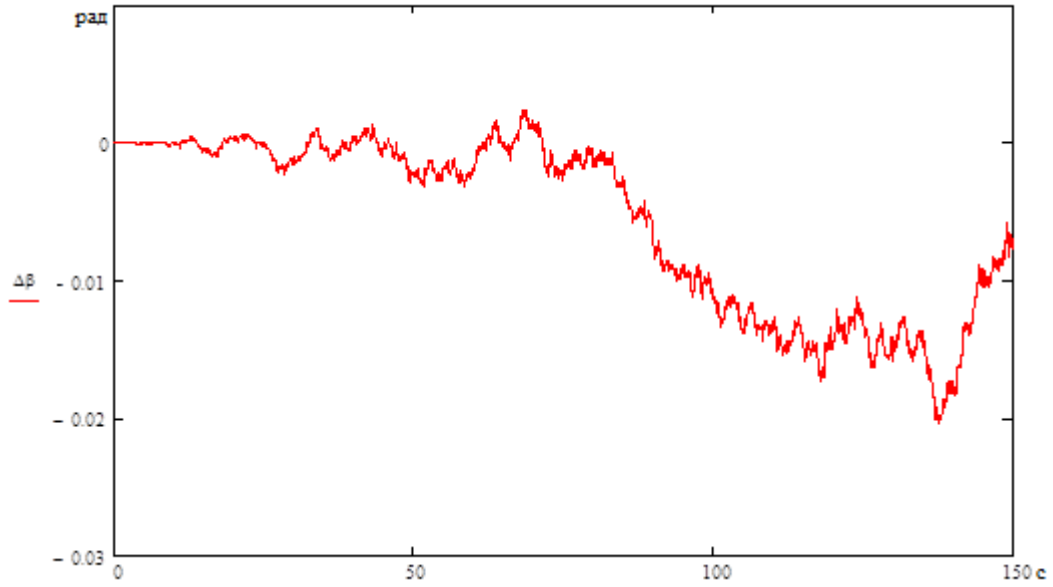


Рисунок 2. График ошибок оценивания угла β, полученный при реализации классического фильтра Калмана

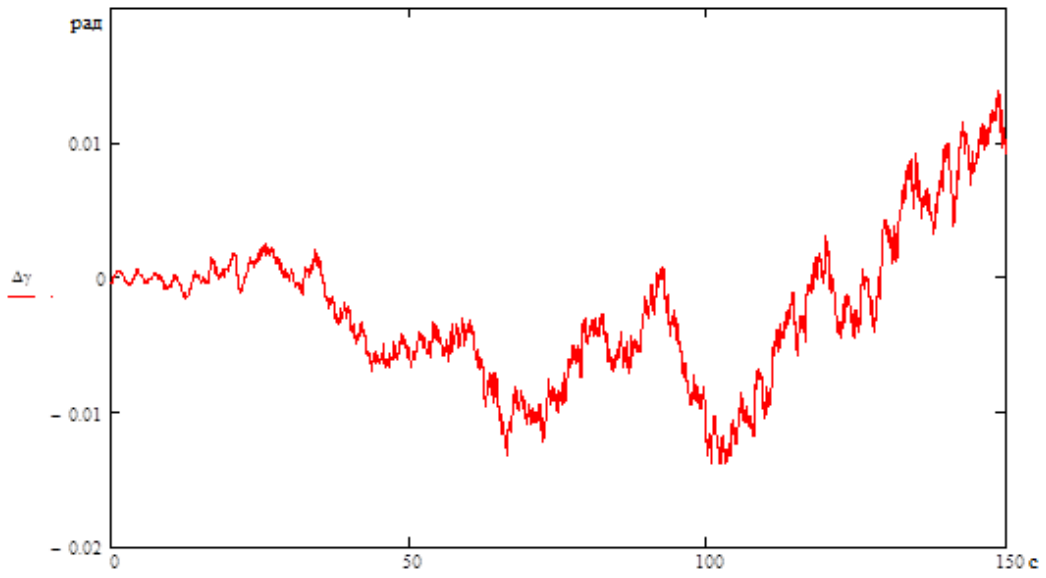


Рисунок 3. График ошибок оценивания угла γ, полученный при реализации классического фильтра Калмана

При организации фильтра в соответствии с приведенным выше адаптивным алгоритмом, ошибки оценивания имеют следующий вид, приведенный на рис. 4-6. В данном случае, во-первых, процесс оценивания оказывается устойчивым в течение всего интервала моделирования по всем трем углам, а во-вторых, ошибки оценки после 100-й сек не превышают $5 \cdot 10^{-4}$ рад (100 угл.сек), что обеспечивает высокую точность калибровки дрейфа ГСП.

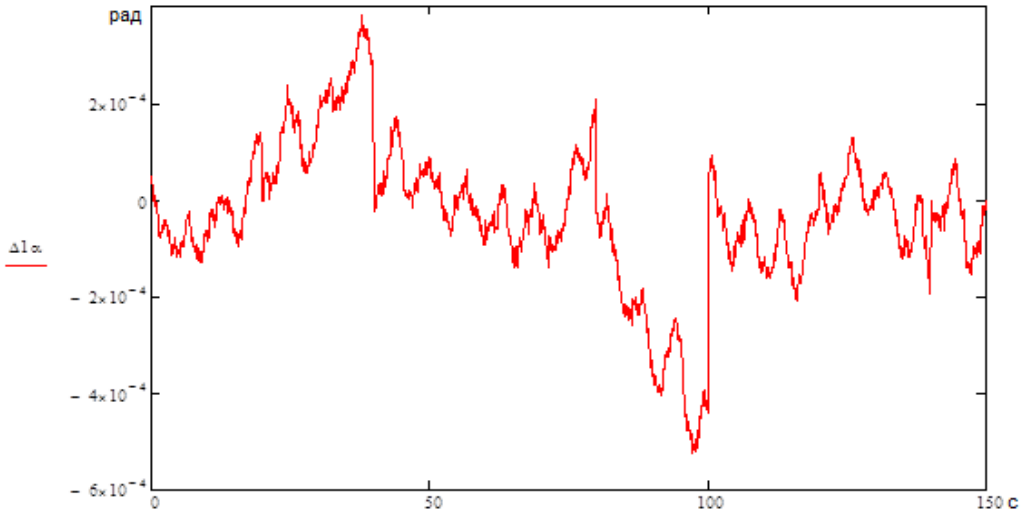


Рисунок 4. График ошибок оценивания угла α, полученный при реализации адаптивного фильтра

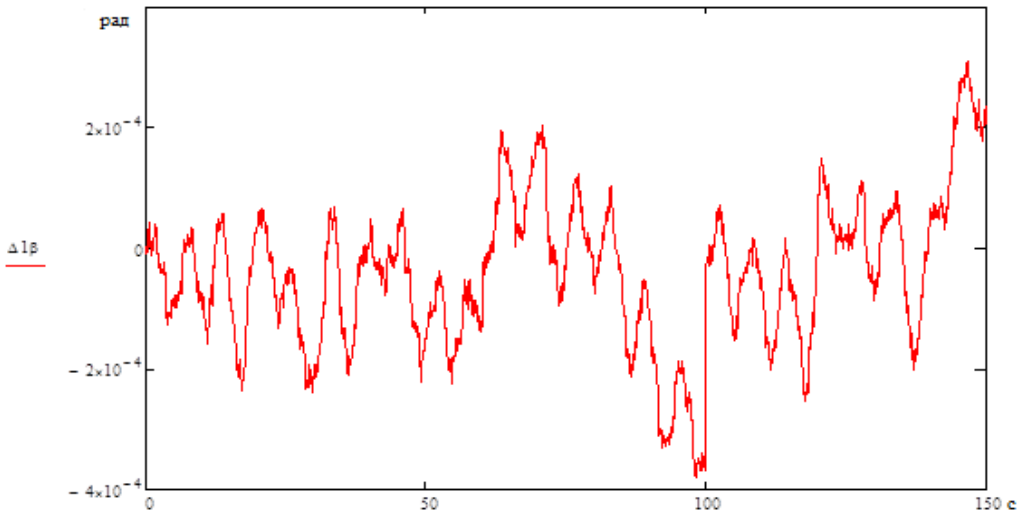


Рисунок 5. График ошибок оценивания угла β, полученный при реализации адаптивного фильтра

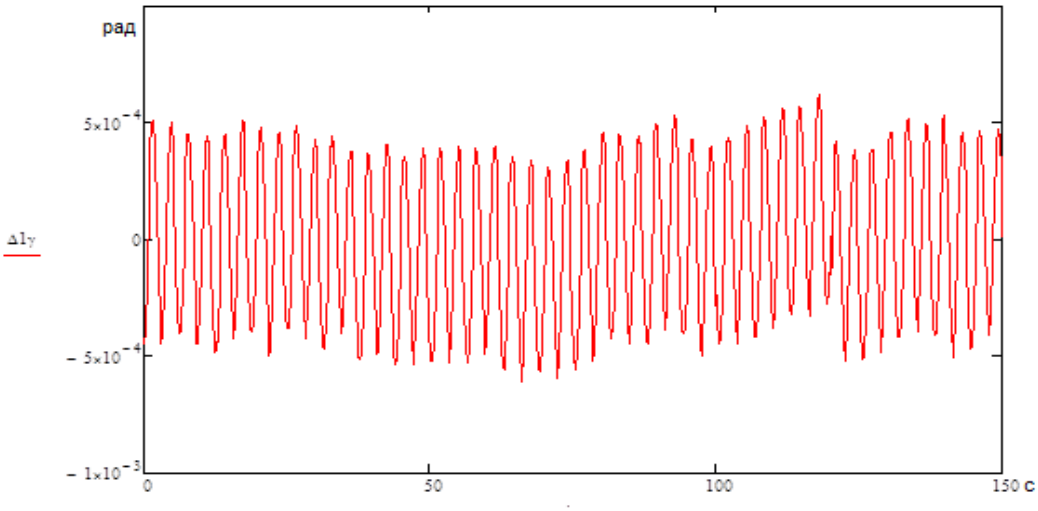


Рисунок 6. График ошибок оценивания угла γ, полученный при реализации адаптивного фильтра

Т.о., из сравнения результатов моделирования традиционной и адаптивной схем фильтрации можно сделать вывод, что предложенный алгоритм оценивания, использующий нерегулярные точные наблюдения, позволяет при сравнительно небольшом увеличении вычислительных затрат существенно повысить точность оценки вектора состояния стохастической динамической системы, функционирующей в условиях возмущений с неизвестными статистическими параметрами.

Заключение.

Рассмотренный подход к синтезу алгоритмов адаптивного оценивания, использующий возможность получения нерегулярных точных наблюдений, может быть эффективно использован в комплексированных информационно-измерительных системах, функционирующих в условиях случайных возмущений с неизвестными вероятностными характеристиками, когда традиционные схемы фильтрации оказываются неработоспособными. При этом незначительное

увеличение вычислительных затрат, вызванное необходимостью адаптивного расчета параметров фильтра, компенсируется существенным повышением общей точности оценивания вектора состояния возмущенной ИИС.

Работа поддержана грантом РФФИ №18-07-00126. Результаты работы использованы при выполнении гос. задания №1.11772.2018/11.12.

Литература:

1. *Луни, М.* Оптимизация навигационных характеристик мобильного робота / М. Луни // Компоненты и технологии, № 1, 2012. – С. 48-50.

2. *Литвин, А.М.* Типы ошибок в инерциальных навигационных системах и методы их аппроксимации / М.А. Литвин, А.А. Малюгина, А.Б. Миллер, А.Н. Степанов, Д.Е. Чиркин // Информационные процессы, Том 14, №4, - 2014. – С. 326-339.

3. *Великанова, Е.П.* Адаптивная фильтрация координат маневрирующего объекта при изменениях условий передачи в радиолокационном канале / Е.П. Великанова, Е.П. Ворошилин // Доклады ТУСУРа, № 2 (26), часть 1, 2012. – С. 29-35.

4. *Резниченко, В.И.* Спутниковая коррекция параметров ориентации морских объектов / В.И. Резниченко, П.И. Малеев, М.Ю. Смирнов // Навигация и гидрография, Том 27, 2008. – С. 25-32

5. Adaptive Kalman filter for navigation sensor fusion [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://ebookbrowse.com/gdoc.php?id=326155547&url=0761dcbcc

180093566925b023b9f88e7, свободный (дата обращения: 15.06.2016).

6. *Соколов С.В., Погорелов В.А.* Стохастическая оценка, управление и идентификация в высокоточных навигационных системах. М.: Физматлит, 2016.- 264 с.

7. *Шилина, В.А.* Система инерциальных датчиков для навигации внутри помещений / В.А. Шилина // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал, 2015, № 4. Режим доступа: http://sntbul.bmstu.ru/doc/778220.html (дата обращения 01.07.2016).

8. *Цыплаков, А.* Введение в моделирование в пространстве состояний / А. Цыплаков // Квантиль, №9, - 2011. – С. 1-24.

9. TDoA based UGV Localization using Adaptive Kalman Filter Algorithm [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.sersc.org/journals/UCA/

vol2_no1/Lpdf, свободный (дата обращения: 10.06.2016).

10. Adaptive Kalman filter for navigation sensor fusion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ebookbrowse.com/gdoc.php?id=326155547

&url=0761dcbcc180093566925b023b9f88e7, свободный (дата обращения: 15.06.2016).

11. *Тихонов В. И., Харисов В. Н.* Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.

А.С. Огарь, О.А. Лаврентьев

РАСЧЕТ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ В ВЧ КАНАЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный Федеральный Университет" (ЮФУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: ВЧ-радиотрасса, ВЧ-канал, имитационная модель, многолучевое распространение, передача дискретных сообщений.

В работе приведены теоретические результаты исследование качества передачи дискретных сообщений в различных условиях ВЧ канала. Рассмотрены два варианта структуры поля. Первый – в пункт приема приходит 2 луча с близкими амплитудами. Такая ситуация соответствует приему двух магнитоионных компонент. Второй – принимается 4 луча с близкими амплитудами. Полученные результаты показали, что качество передачи дискретных сообщений в наибольшей степени зависит от изменения амплитуд отдельных лучей.

A.S. Ogar, O.A. Lavrentyev

QUALITY OF DISCRETE MESSAGES TRANSMISSION IN HF CHANNEL CALCULATION USING THE SIMULATION MODEL

Federal state autonomous educational institution of higher education «Southern Federal University» (SFedU), Rostov-on-don, Russia

Keywords: HF transmission path, HF channel, customs control, simulation model, multipath transmission, discrete messages transmission.

Theoretical research for the quality of discrete messages transmission in different HF channel conditions is presented. Two cases of the field structure were taken into consideration. In the first case - two rays with similar amplitudes at the receiving point. This situation corresponds to receiving of two magneto-ionic components. In the second case - four rays with similar amplitudes. The results obtained showed that the quality of discrete messages transmission pretty much depends on changes in the amplitudes of the individual rays.

Ионосферная радиосвязь, она же декаметровая (ДКМ), высокочастотная (ВЧ), коротковолновая (КВ), согласно документам Международного союза электросвязи (МСЭ) обеспечивает следующие службы: магистральную, зонную и местную радиосвязь, радиовещание, линии для земных станций спутниковой связи, авиационную связь «земля-воздух», морскую связь «берег-судно», сеть радиосвязи Гидрометеослужбы, различные наземные подвижные радиослужбы, военную связь. К преимуществам ВЧ связи относят оперативность установления прямой связи как на малые, так и глобальные расстояния, возможность обеспечения связи через большие труднодоступные пространства (зоны повышенного заражения, пустыни, горы, лесные завалы). Особое значение приобретает ВЧ связь в чрезвычайных ситуациях – при координации действий различных служб в районах стихийных бедствий и проведении аварийно-спасательных работ. Одновременно ВЧ радиосвязи присущи и существенные недостатки. ВЧ канал характеризуется исключительной

изменчивостью характеристик, их зависимостью от времени суток, сезона, гелио- и геофизических условий, от протяженности и ориентации трасс. Все это позволяет отнести ВЧ канал к числу нестационарных с быстро меняющейся структурой.

Повсеместный переход от аналоговых систем связи к цифровым сопровождался появлением в 50е – 60е годы многочисленных фундаментальных теоретических работ по методам передачи и приема дискретных сообщений по нестационарным радиоканалам с флуктуационным шумом и замираниями.

Необходимым условием для расчета качества передачи дискретных сообщений в различных условиях ВЧ канала является построение математической модели канала связи. Вопрос выбора модели канала, соответствующей реальной обстановке, является не решенным. Не существует определенного алгоритма связи конкретных гелиофизических условий распространения с математической моделью. Использование конкретной модели носит вероятностный характер. В рамках данного исследования был сделан упор на ДКМВ модель, разработанную на кафедре радиофизики физического факультета Южного Федерального Университета (ЮФУ) и описанную в работах [1-7].

Модель позволяет прогнозировать ожидаемое число лучей, их уровни и взаимное запаздывание при распространении ДКМВ в магнитоактивной пространственно-неоднородной ионосфере с привязкой к конкретным гелио- и геофизическим условиям. При создании модели авторы руководствовались сложившимся среди исследователей мнением, подтвержденным многочисленными экспериментами, согласно которому, во-первых, задачу описания полной структуры поля ДКМВ и всех ее особенностей целиком решает численное моделирование лучевых траекторий в пространственно-неоднородной магнитоактивной плазме. Во-вторых, все основные характеристики отраженных от ионосферы волн могут быть интерпретированы в первом приближении в рамках модели средне- и крупномасштабных перемещающихся ионосферных неоднородностей волновой природы (ВВ).

Исходные положения использованной версии модели, следующие:

- Полагается, что поле в пункте приема представляет собой результат интерференции небольшого числа пространственных дискретных лучей с меняющимися во времени амплитудами и фазами. Параметры лучей находятся в результате построения траекторий в двумерно-неоднородной вдоль трассы ионосфере;
- Вариации параметров лучей и суммарного поля обусловлены движением солнечного терминатора и перемещающимися ионосферными возмущениями волновой природы (ПИВ).
- Ионосфера вдоль трассы принимается двухмерно-неоднородной, т.е. учитываются продольные градиенты электронной концентрации.
- Считается, что траектории всех лучей лежат в плоскости дуги большого круга, соединяющей пункты передачи и приема.
- В узловых точках высотные профили описываются Международной справочной моделью ионосферы IRI-2016
- Пространственное распределение ионизации восстанавливается по высотным профилям электронной концентрации в равноудаленных узловых точках. Такая модель названа сегментарной.
- Для вычисления столкновительного поглощения используется высотный профиль эффективных частот соударений, близкий к газокинетическому. Параметры профиля корректируются по мировым картам поглощения на частоте 2,2 МГц.

– Предусмотрена возможность коррекции высотного распределения ионизации по данным станций вертикального зондирования с произвольными координатами.
– Поглощение вдоль траектории находится во всех ионосферных слоях.
– Траекторные характеристики рассчитываются модифицированным методом рефракционного интеграла (МРИ).
– Действие геомагнитного поля учитывается приближенно при определении модовой и лучевой структуры поля, углов места парциальных лучей, их фазовых и групповых запаздываний, пространственного ослабления, по-глощения, поляризационных характеристик, а также максимальной приме-нимой частоты (МПЧ) трассы.
– В модели учитываются направленные свойства передающих и приемных антенн.

Перечисленные положения позволяют классифицировать модель как математическую имитационную модель поля дека метровых волн, отражен-ных от ионосферы, созданную на основе структурно-физического подхода.

Данная имитационной модели канала позволяет определить частость возникновения ошибки в ВЧ канале от соотношения сигнал/шум для передаваемых сигналов. Блок-схема упрощенной ДКМВ модели представлена на Рисунке 1.

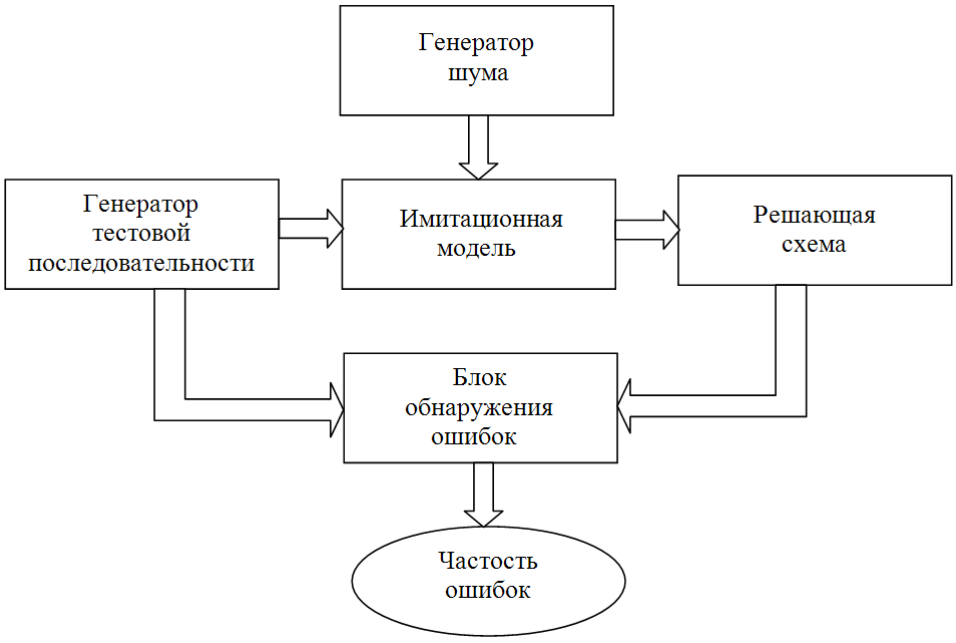


Рисунок 1. Алгоритм расчета качества передачи дискретных сообщений

Имитационная модель (модель ВЧ канала) является основным блоком алгоритма.

Теоритическая же основа упрощенной модели описывается соотношениями (1 – 5).

Парциальные лучи представляются как гармонические колебания с частотами:

$$f_j(t) = f_0 + \Delta f_j \cos\left(\frac{2\pi t}{T_j} + \psi_j\right) \quad (1)$$

где f_0 – несущая частота, Δf_j – амплитуда доплеровского смещения, T_j – период изменения доплеровской частоты, совпадающий с периодом ПИВ.

С учетом этого, фаза j -го луча изменяется по закону:

$$\Phi_j(t) = 2\pi \int f_j(t)dt = 2\pi f_0 t + T_j \Delta f_j \sin\left(\frac{2\pi t}{T_j} + \psi_j\right) + \varphi_j \tag{2}$$

бинарный сигнал, прошедший по траектории отдельного луча, на выходе канала принимает вид:

$$x_j(t) = A_j S(t-\tau_j)\cos\left[2\pi f_0(t-\tau_j) + T_j \Delta f_j \sin\left(\frac{2\pi(t-\tau_j)}{T_j} + \psi_j\right) + \varphi_j\right] \tag{3}$$

где *S(t)* – тестовая бинарная последовательность, τ_j – групповая задержка. Амплитуды лучей A_j считаются неизменными.

Тогда комплексная огибающая однолучевого сигнала имела вид:

$$\hat{x}_j(t) = A_j S(t-\tau_j)\exp\left[T_j \Delta f_j \sin\left(\frac{2\pi(t-\tau_j)}{T_j} + \psi_j\right) + \varphi_j\right] \tag{4}$$

Для N лучей мгновенная амплитуда суммарного сигнала при наличии шума $\eta(t)$:

$$E_{мгн}(t) = \sum_{j=1}^{N} A_j S(t-\tau_j)\cos\left[2\pi f_0(t-\tau_j) + T_j \Delta f_j \sin\left(\frac{2\pi(t-\tau_j)}{T_j} + \psi_j\right) + \varphi_j\right] + \eta(t) \tag{5}$$

где f_0 – несущая частота, Δf_j – амплитуда доплеровского смещения, T_j – период изменения доплеровской частоты, совпадающий с периодом ПИВ (перемещающееся ионосферное возмущение), где S(t) – бинарная последовательность, которая передается по ВЧ каналу, τ_j – групповая задержка, A_j -амплитуды лучей, n(t) шум, φ, ψ начальная фаза несущего колебания и закона изменения доплеровского смещения.

В рамках этой модели суммарный сигнал в точке приема представляет собой результат интерференции дискретного числа лучей:

Целью исследования было оценить влияние изменения амплитуды одного из лучей на качество передачи дискретных сообщений.

Расчет проводился для амплитудной манипуляции с использованием численного моделирования. В качестве исходных данных были выбрана модель распространения, соответствующая одной из типичных ситуаций, наблюдаемых на трассе [8]. Параметры лучей, использованные при расчетах, приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Параметр	*1 луч*	*2 луч*
Амплитуда доплеровского сдвига, Δf (Гц)	0.15	0.15
Амплитуда, A_j (безразмерная величина)	1.0	0.9; 0.8; 0.7
Период изменения доплеровской частоты, T_j (сек.)	1200	1200
Групповая задержка, τ_j (мкс.)	500	550
Начальная фаза задержка, ψ_j (град.)	0	10

Зависимости частости ошибки (или коэффициента ошибок) от отношения сигнал-шум при различных величинах амплитуды 2-ого луча приведены на рисунке 2. Кривые 1-3 соответствуют амплитуде 2-ого луча 0.9, 0.8, 0.7 из Таблицы 1 соответственно.

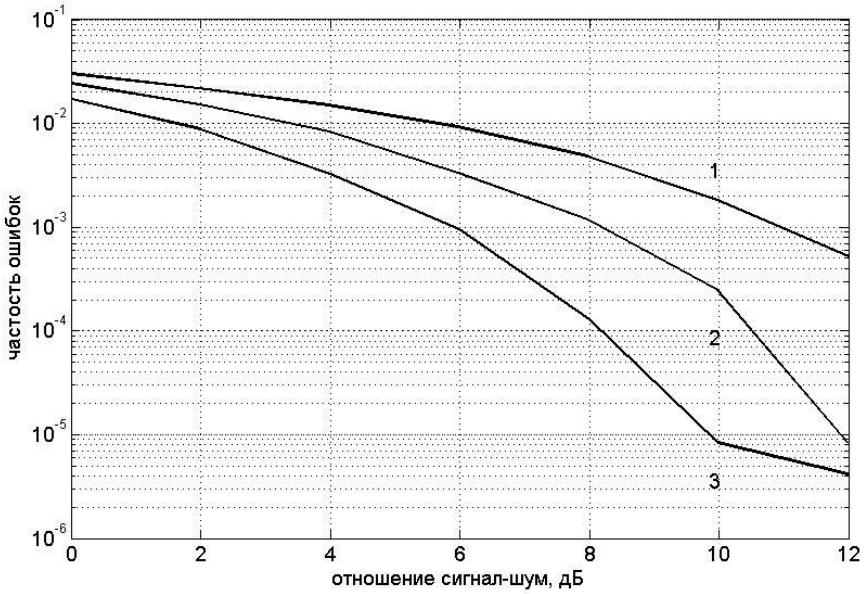


Рисунок 2. Зависимость частости ошибок от отношения сигнал/шум

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1. Изменение соотношения амплитуд лучей, участвующих в формировании суммарного сигнала в точке приема оказывает значительное влияние на качество передачи дискретных сообщений по ВЧ каналу.

2. Отношение сигнал-шум не является достаточным индикатором качества передачи дискретных сообщений. Так при отношении сигнал-шум 10 дБ достигается разброс в величине частости ошибки (или коэффициента ошибок) − более двух порядков.

3. Для корректного прогнозирования качества передачи дискретных сообщений в ВЧ канале необходима информация о корреляционных свойствах поля сигнала и о его лучевой структуре.

Литература:

1. Барабашов Б.Г., Вертоградов Г.Г. Динамическая адаптивная структурно-физическая модель ионосферного радиоканала. // Математическое моделирование. - 1996. - т.8. - №2. - с.3-18.

2. Барабашов Б.Г., Вертоградов Г.Г. Структурно-физическая модель связного ионосферного канал. // Труды НИИР, 2000, с.79-85.

3. Барабашов Б.Г., Анишин М.М., Жбанков Г.А. Математическая модель пространственного поля декаметровых радиоволн. // Труды НИИР, 2004, с.172-177.

4. B. G. Barabashov, M. M. Anishin, and O. Y. Pelevin. Mathematical space-time model of a sky wave radio field. // Radio Science, 41, RS5S42, doi: 10.1029/2005RS003332. (2006).

5. B.G. Barabashov, M.M. Anishin, and O.Y. Pelevin (2009), High-frequency field strength prediction for ionospheric propagation at short- and medium- range radio paths, Radio Sci., 44, RS0A18, doi:10.1029/2008RS004038.

6. Анишин М.М., Моделирование и исследование полей декаметровых волн. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ростов-на-Дону, РГУ. 2003. 277с.

7. Огарь А.С., Исследование временной стабильности, характеристик ионосферного радиоканала и оперативное прогнозирование качества передачи дискретных сообщений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Ростов-на-Дону, ЮФУ. 2013. 135с.

8. Хмельницкий Е.А. Оценка реальной помехозащищенности приема сигналов в КВ диапазоне. – М.: Связь, 1975.- с.79.

А.С. Огарь, О.А. Лаврентьев

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ РАДИОКОНТРОЛЯ В ПЕРИОД ПРОВЕДЕНИЯ КУЛЬТУРНО-МАССОВЫХ И ОБЩЕСТВЕННО-ЗНАЧИМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный Федеральный Университет" (ЮФУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: системы радиосвязи, радиочастотный спектр, радиоконтроль, распространение радиоволн.

Работа содержит основные сведения о системах радиоконтроля, а также описывает методику построения систем радиоконтроля в период проведения культурно-массовых и общественно-значимых мероприятий. В работе представлен краткий обзор моделей распространения радиоволн.

A.S. Ogar, O.A. Lavrentyev

METHODOLOGY FOR CONSTRUCTION OF A RADIO-FREQUENCY CONTROL SYSTEM DURING CULTURAL-MASS AND SOCIALLY SIGNIFICANT EVENTS

Federal state autonomous educational institution of higher education «Southern Federal University» (SFedU), Rostov-on-don, Russia

Keywords: radio communication systems, radio frequency spectrum, radio monitoring, radio wave propagation.

The article contains basic information about radio monitoring systems, as well as a methodology for constructing of the radio monitoring systems during cultural-mass and socially significant events. A brief overview of radio wave propagation models is presented.

В настоящее время стремительное развитие систем радиосвязи, обусловленное возрастающей потребностью общества в услугах мобильной связи, расширении номенклатуры и повышении качества услуг ведет к стремительному росту спроса на радиочастотный спектр и усложнению электромагнитной обстановки. [1]

Однако радиочастотный спектр является ограниченным природным ресурсом, и потому важно, чтобы все службы радиосвязи использовали его наиболее рациональным, справедливым и экономичным образом, а также, чтобы различные сети и системы радиосвязи могли функционировать без взаимных помех. В наши дни главным фактором обеспечения эффективной одновременной работы различных сетей радиосвязи и их дальнейшего развития стало продуктивное и рациональное управление использованием спектра.

В свою очередь, управление использованием спектра представляет собой сочетание административных, научных и технических процедур, направленных на обеспечение эффективной работы оборудования и служб радиосвязи без создания вредных помех. Важную часть этих процедур составляют мероприятия по контролю использования радиочастотного спектра. Важнейшее место в комплексе мероприятий по контролю занимает радиоконтроль, позволяющий получать данные о реальной электромагнитной обстановке и реальных характеристиках радиоэлектронных средств.

Радиоконтроль является одной из важнейших составных частей международной (в рамках деятельности Международного союза электросвязи) и национальной систем управления использованием радиочастотного спектра.

Радиоконтроль осуществляется в целях:

- защиты присвоений радиочастот;
- измерения параметров радиоизлучений радиоэлектронных средств;
- измерения зон радиопокрытия;
- выполнения технических и научных исследований;
- проведения экспертиз электромагнитной совместимости при вводе радиоэлектронных средств в эксплуатацию;
- обеспечения постоянной готовности назначенных радиочастот к эксплуатации радиоэлектронных средств и принятия мер по выявлению и устранению недопустимых радиопомех;
- обеспечения соблюдения операторами связи и владельцами радиоэлектронных средств правил радиообмена, временных запретов на излучения, требований, содержащихся в разрешениях на эксплуатацию радиоэлектронных средств, в отечественных и международных нормативно-технических документах;
- принятия мер по прекращению работы радиоэлектронных средств, функционирующих без разрешительных документов.

Как показала практика, основанная на многолетнем опыте проведения международных спортивных соревнований, мероприятия по контролю использования радиочастотного спектра играют важнейшую роль в обеспечении беспомеховой работы радиоэлектронных средств, их электромагнитной

совместимости, а так в обеспечении надлежащего уровня информационной безопасности в зоне проведения спортивных мероприятий. [2]

Важным фактором, влияющим на формирование структуры системы радиоконтроля, является расстановка приоритетов, характеризующих важность и необходимость получения тех или иных результатов радиоконтроля при существующих технических и временных ограничениях.

Наиболее высокий приоритет обычно присваивается работам по выявлению источников помех действующим системам связи, особенно в случаях появления помех в системах связи государственного управления, обеспечения безопасности государства и правопорядка.

С учетом этого определяется необходимость развертывания и использования в конкретных регионах и городах стационарных радиоконтрольных пунктов (далее – СРКП) и мобильных комплексов радиоконтроля (далее – МКРК), а также количество специальных средств измерения, необходимых для решения всего объема задач.

Практика показывает, что для эффективного государственного управления радиочастотным спектром в наибольшей степени подходит построенная по территориальному принципу многоуровневая система радиоконтроля. Такая структура предоставляет возможность получения необходимой информации на всех этапах осуществления радиоконтроля и позволяет, при необходимости, осуществлять централизованное управление элементами системы.

Основные структурные компоненты такой системы определяются разграничением областей территориальной и функциональной ответственности.

Совокупность стационарных радиоконтрольных пунктов (СРКП) как обслуживаемых, так и не обслуживаемых обеспечивают комплексный анализ электромагнитной обстановки в зоне доступности.

Для расширения зоны, охваченной радиоконтролем, используются мобильные комплексы радиоконтроля (МКРК) и специальные средства измерения. Они размещаются на автомобилях, кораблях, летательных аппаратах и могут выполнять свои задачи в непосредственной близости от объектов контроля. К специальным средствам измерения относятся переносные средства измерения, предназначенные для выявления излучения РЭС с максимально возможной точностью.

При такой структуре системы радиоконтроля обеспечивается единое информационное пространство, гибкость в управлении системой, высокая оперативность принятия решений, возможность применения современных технологий.

Техническую основу системы радиоконтроля составляет оборудование пунктов и постов радиоконтроля, включающее антенно-фидерные устройства, комплексы радиоприемной, анализирующей, демодулирующей и регистрирующей аппаратуры, технические средства определения источников излучений.

Важным принципом создания современной технической основы системы радиоконтроля является обеспечение блочно-модульной структуры оборудования СРКП. Такая структура позволяет легко наращивать возможности СРКП путем добавления новых технических средств или замены устаревших технических средств более совершенными.

По своему качественному составу, частотным, динамическим диапазонам, функциональным возможностям и перечням решаемых задач технические средства радиоконтроля должны обеспечивать проведение всех видов измерений параметров излучений радиоэлектронных средств и измерений напряженности

электромагнитного поля во всем диапазоне используемого и планируемого к использованию радиочастотного спектра. Вся аппаратура должна обеспечивать возможность ведения на СРКП круглосуточной работы.

МКРК должны иметь минимальное время развертывания и свертывания аппаратуры, а также размещаться на транспортной базе, обеспечивающей оперативную доставку техники радиоконтроля в район проведения измерений. Оборудование МКРК должно включать GPS-терминалы для обеспечения точной привязки на местности.

Требования к задачам и структуре системы радиоконтроля определены рекомендациями МСЭ и изложены в Справочнике по радиоконтролю. [3]

В настоящее время не существует единого подхода к построению систем радиоконтроля. Однако одной из приоритетных задач построения такой системы принято считать охват наибольшего количества РЭС, подлежащих контролю. Таким образом, для построения системы радиоконтроля необходимо провести построение зоны радиодоступности СРКП.

В свою очередь расположение СРКП обусловлено физическими принципами распространения радиоволн в пространстве, а именно затуханием напряженности поля при удалении от источника излучения. На основе такого подхода необходимо оценить расстояние, на котором возможно проведение мероприятий по радиоконтролю. Возможность проведения мероприятий определяется, в первую очередь, необходимым соотношением сигнал/шум. Оценка же соотношения сигнал/шум может быть получена с использованием различных моделей распространения радиоволн и моделей прогнозирования полей помех.

В рамках данной работы были рассмотрены следующие модели распространения:

1. Модель, основанная на методе Окумуры-Хатта; [4-5]

Основанные на методе Окумуры-Хатта расчеты производятся с использованием формулы (1), которая позволяет получить зависимость напряженности поля от расстояния.

$$E = 69{,}82 - 6{,}16\log(f) + 13{,}82\log(H_1) + a(H_2) - (44{,}9 - 6{,}55\log(H_1))(\log d)^b \quad (1)$$

где: E - напряженность поля (дБ(мкВ/м)) для э.и.м. 1 кВт; f - частота (МГц); H_1 - эффективная высота антенны базовой станции над уровнем земли (м) в диапазоне 30–200 м; H_2- высота антенны подвижной станции над уровнем земли (м) в диапазоне 1–10 м; d - расстояние (км); $a(H_2) = (1{,}1\log(f) - 0{,}7)\,H_2 - (1{,}56\log(f) - 0{,}8)$; b = 1 для $d \le 20$ км; $b = 1 + (0{,}14 + 0{,}000187\,f + 0{,}00107\,H_1')\,(log\,[0{,}05\,d])^{0{,}8}$ для d > 20 км, где $H_1' = H_1 / \sqrt{1 + 0{,}000007\,{H_1}^2}$.

2. Модель, основанная на рекомендации МСЭ-R P.1546-5 [6]

В рекомендации ITU-R P. 1546-5 изложена универсальная методика расчета напряженности поля, основанная на использовании кривых распространения радиоволн. Кривые представляют собой экспериментально полученные зависимости значений уровней напряженности поля, превышаемые в 50% мест, от частоты. Кривые приведены для:

- эквивалентно излучаемой мощности передатчика 1 кВт;
- различных значений процентов времени - 1%, 10%, 50%;
- различных значений эффективной высоты передающей антенны -10 м; 20 м; 37,5 м; 75 м; 150 м; 300 м; 600 м; 1200 м;
- номинальных значений частоты - 100 МГц, 600 МГц и 2000 МГц;

– различных типов трасс распространения - суша, теплое и холодное море. Кроме того, методика позволяет рассчитывать значение напряженности поля для смешанных трасс (трасс, проходящих над сушей и над поверхностью моря).
– Эталонной (стандартной) высоты подъема приемной антенны:
  - 20 м - для городских районов;
  - 30 м - для городских районов с плотной застройкой;
  - 10 м - для пригородных районов.

Методика позволяет корректировать расчетные значения уровня напряженности поля ЭМИ в случае отличия реальных значений параметров от стандартных (номинальных). Для этого применяются формулы (2) – (4). Значения E для высоты базовой/передающей антенны рассчитываются по формуле (2).

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf})\log(h_1 / h_{inf}) / \log(h_{sup} / h_{inf}) \text{ дБ(мкВ/м)} \quad (2)$$

Где: h_{inf} - 600 м, если $h_1 > 1200$ м, в противном случае ближайшая номинальная эффективная высота меньше h_1; h_{sup} - 1200 м, если $h_1 > 1200$ м, в противном случае ближайшая номинальная эффективная высота больше h_1; E_{inf} - значение напряженности поля для h_{inf} на требуемом расстоянии; E_{sup} - значение напряженности поля для h_{sup} на требуемом расстоянии.

Значения E для различных значений расстояния рассчитываются по формуле (3).

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf})\log(d / d_{inf}) / \log(d_{sup} / d_{inf}) \text{ дБ(мкВ/м)}, \quad (3)$$

где: d - расстояние, для которого требуется прогноз; d_{inf} - ближайшее расстояние по таблице, меньшее чем d; d_{sup} - ближайшее расстояние по таблице, большее чем d; E_{inf} - значение напряженности поля для d_{inf}; E_{sup} - значение напряженности поля для d_{sup}.

Значения E для различных частот рассчитываются по формуле (4).

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf})\log(f / f_{inf}) / \log(f_{sup} / f_{inf}) \text{ дБ(мкВ/м)}, \quad (4)$$

где: f - частота, для которой требуется прогноз (МГц); f_{inf} - нижняя номинальная частота (100 МГц при $f < 600$ МГц, в противном случае 600 МГц); f_{sup} - верхняя номинальная частота (600 МГц при $f < 600$ МГц, в противном случае 2000 МГц); E_{inf} - значение напряженности поля для f_{inf} ; E_{sup} - значение напряженности для f_{sup}.

3. Модель, основанная на рекомендации МСЭ-R P.1812-4 [7]

Настоящая рекомендация предусматривает подробный анализ трассы на основе профиля земной поверхности и дополняет рекомендацию МСЭ-R P.1546-5. Вследствие этого предполагается, что пользователи настоящей рекомендации имеют возможность подробно описать профили земной поверхности (т. е. высоты над средним уровнем моря) как функции от расстояния на траекториях дуги большого круга (т. е. геофизических линиях) между терминалами для множества различных мест размещения терминалов (точек приема). Для большинства практических применений предусматривает наличие базы данных цифровых карт с высотами местности, с указанием соответствующих геодезических данных координатами

широты и долготы, из которой можно автоматически получать профили земной поверхности. Для расчетов по данной рекомендации необходимо использовать специальное программное обеспечение (далее – СПО).

В качестве модели прогнозирования полей помех будем использовать модель, основанную на на рекомедации МСЭ-R P. 372-14.[8]

Принимая во внимание вышеописанное, был сделан вывод о том, что для прогнозирования напряженности поля наиболее целесообразно использовать рекомендацию МСЭ-R P.1812-4, так как рельеф местности вносит значительные изменения в итоговое значение напряженности поля полезного сигнала.

С учетом полученных прогнозируемых значений уровней напряженностей поля полезного сигнала (по рекомендации МСЭ-R P.1812-4), а также с учетом поля помех, рассчитанного на основе рекомедации МСЭ-R P.372-14, и норм № 17-13, № 19-13 Государственной Комиссии по Радиочастотам, определяется необходимое значение напряженности поля сигнала контролируемого РЭС. К примеру, если необходимое значение напряженности поля телерадиовещательного передатчика составляет не менее 50 дБ(мкВ/м), то для РЭС стандарта GSM это значение устанавливается на уровне 35-37 дБ(мкВ/м). Именно эти значения определяют расстояние между СРКП и контролируемыми РЭС.

В соответствии с изложенным выше, и, принимая во внимание рельеф местности в районах проведения мероприятий по радиоконтролю, следует определить наиболее рациональные места для размещения СРКП. Следует обратить внимание на наиболее возвышенное место в районе и расположенное на границе зоны, на территории которой необходимо проводить мероприятия по радиоконтролю.

На основании исходных данных о местах размещения РЭС подлежащих контролю и основных параметрах работы РЭС необходимо произвести построение группировки контролируемых РЭС.

Далее, в соответствии с полученными результатами, следует построить зону радиодоступности для предполагаемого числа СРКП.

Таким образом, задача регулирования использования радиочастотного спектра в период подготовки и проведения культурно-массовых и общественно-значимых мероприятий имеет важное значение. Одним из элементов, определяющих ее успешное решение, является построение системы радиоконтроля, предназначенной для получения данных о реальном использовании или занятости радиочастотного спектра, выявления не разрешенных для использования РЭС, обеспечения электромагнитной совместимости РЭС, измерения технических и/или эксплуатационных характеристик отдельных РЭС и радиосистем для проверки их соответствия требованиям установленных норм и принятия решения о допуске РЭС к эксплуатации на объектах.

Структура и состав планируемой для развертывания системы радиоконтроля должны быть проработаны с учетом характеристики местности и количества РЭС, подлежащих контролю.

Литература:

1. Постановление Правительства РФ от 14.05.2014 N 434 (ред. от 13.02.2019) "О радиочастотной службе" (вместе с "Положением о радиочастотной службе").

2. Лабунько О.С. Опыт обеспечения использования радиочастотного спектра при проведении XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр//-Журнал "Технологии и средства связи" №4, 2014.

3. Справочник: контроль за использованием спектра/- Женева, МСЭ. 2011. - 620 с.
4. Okumura, J. Field and its variability in VHF and UHF land mobile radio service / J. Okumura et al II Rev. Inst. Elec. Eng. - 1968. - V. 16. - № 9,10. - P. 825-873.
5. Hata, M. Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services / M. Hata II IEEE Transactions on Vehicular Technology. - 1980. — V.29, № 3. - P. 317-325.
6. Рекомендация МСЭ-R P.1546-5/- Женева, МСЭ. 2013. - 59 с.
7. Рекомендация МСЭ-R P.1812-4/- Женева, МСЭ. 2015. - 37 с.
8. Рекомендация МСЭ-R МСЭ-R P. 372-14/- Женева, МСЭ. 2019. - 80 с.

Е.Н. Клеменова, Е.С. Пенькова

АДАПТАЦИЯ НОВЫХ ФОРМАТОВ ИНФОРМАЦИИ В ВЕБ СРЕДЕ

Ключевые слова: веб среда, «новые» медиа, медиасреда, новые форматы в СМИ.

Статья посвящена анализу современных форматов, с помощью которых СМИ распространяют информацию в веб среде. Впервые предпринята попытка исследования «новых» изданий по классификации современных форматов.

E.N. Klemenova, E.S. Penkova

ADAPTATION OF NEW INFORMATION FORMATS IN THE WEB ENVIRONMENT

Keywords: web environment, "new" media, media environment, new media formats.

The article is devoted to the analysis of modern formats by means of which mass media distribute information in the web environment. For the first time, an attempt was made to study the" new " editions according to the classification of modern formats.

Новейшие СМИ становятся значимым социальным институтом и позволяют аудитории все больше участвовать в жизни общества в целом. Для того, чтобы стать самым популярным источником информации интернет-изданиям потребовалось больше двадцати лет. Работа «новых» медиа кардинально отличается от предшествующих и давно разработанных подходов, она становится более оперативной, интерактивной и индивидуализированной, это привлекает аудиторию, которая ранее пассивно относилась к работе СМИ. Это поспособствует появлению новых форматов подачи информации, которые до настоящего времени не использовались в традиционных средствах массовой информации, что является новой «ступенью» в развитии журналистики. У молодого поколения появляется интерес к нетрадиционным форматам подачи контента, и это является основной причиной увеличения аудитории интернет-СМИ. Новый формы контента медиаплатформ предоставляют на выбор обширный поток данных и дают информационно насыщенные ответы на интересующие читателей запросы.

Интернет позволяет не только внедрять ранее не существовавшие форматы, которые привлекают внимание общества, но модернизирует и вносит изменения в

старые формы, которые стандартно освещали информацию. Новые форматы обновляются в соответствии с запросами аудитории и развитием технологий, немало важно, что еще одна из целей медиа рассчитана на удовлетворение потребностей социума, а также на обратную связь журналиста, доставляющего контент. Работая с материалом в медиапространстве, журналисты уделяют большое внимание статистике просторов, предложенной ими информации и постоянно вносят поправки в работу, для эффективности и большего спроса на свои СМИ.

Новые информационно-коммуникационные технологии способствуют процессу глобализации и стирают границы времени и пространства. Процесс конвергенции СМИ приводит новому уровню развития медиа и образует новые и ранее не использованные способы подачи информации социуму.

Конвергентные СМИ – объединяют сразу несколько типов средств массовой информации в составе единой редакции, под единым названием и брендом [5]. Во-первых, конвергенция СМИ – это связь между разнообразными и разобщенными медиа, например телевидение в интернете, или печатная версия газеты в формте-pdf на ее официальном портале. Во-вторых, это взаимодействие новых технологий, телефонных и кабельных сетей, беспроводной спутниковой связи, которые позволят моментально получить или доставить необходимую информацию.

В 1960–1970-е годы происходит развитие компьютерных технологий, и термин «конвергенция» относят к процессу перевода информации в цифровую форму. Впервые об изменениях в системе традиционных СМИ заговорили еще в 1970-х годах, это позволило ученым выдвинуть гипотезу, которая обещала, что в ближайшие годы традиционные средства массовой информации начнут создавать объединения с общим «информационным центром» [8]. В 1977 году С.В. Хелемендрик ввел новое определение термина «система средств массовой информации», он обозначил ведущие принципы координации СМК: специфичность, систематическое корректирование содержания, функциональная взаимозависимость и необходимость признания общности функций печати, радио и телевидения и их взаимодействия [10].

Канадский философ и исследователь теории коммуникации М. Маклюэн использовал термин «глобальная деревня» для описания конвергентной журналистики. В своей книге он пишет: «Земной шар "сжался" до размеров деревни в результате электронных средств связи, стала возможна мгновенная передача информации с любого континента в любую точку мира» [7].

Политолог Айтл де Сола Пул в книге «Технологии свободы» использовал понятие «конвергенция» применительно к информационным технологиям, он пишет о будущем: «в котором вся информация будет храниться в цифровом виде, доставляться по информационным сетям и будет доступна с помощью электронного оборудования [24].

Первые печатные газеты образовались еще в XVII веке, и до конца XX существовали самостоятельно. Появление телевидения и радио лишь отчасти повлияло на данный вид СМИ, и лишь в конце XX – начале XXI века внедрение новых технологий привело к необходимости изменений в системе традиционных средствах массовой информации. С их помощью, печатные издания начинают использовать новые виды распространения информации среди читателей и занимаются развитием своего СМИ.

В середине 1990-х годов начали появляться первые онлайн-газеты, информационные агентства, на своих ресурсах они стали размещать текстовые html-копии, pdf-версии печатных изданий, аудио и видео.

Доктор филологических наук, журналист Елена Леонидовна Вартанова, в своей книге пишет о данном процессе: «Процесс конвергенции, наряду с развитием интернета, все чаще становится синонимом магистральных

преобразований в массмедиа. Конвергенция представляется процессом, который в ближайшие десятилетия может полностью изменить не только системы средств массовой информации и коммуникации, но и различные связанные с ними индустрии» [2]. Доктор филологических наук Светлана Леонидовна Уразова, выявляет основные характеристики, которые повлияли на преобразование медийного рынка:

- смена мономедийной среды на мультимедийную;
- замена названия медиа – из средств массовой информации они трансформируются в средства массовой коммуникации;
- возникновение новой формы коммуникации – интерактивности;
- процессы глобализации с учетом использования новых цифровых технологий меняет место распространения информации.

Ученый Г.П. Бакулев считает, что происходит передача функций одних массмедиа другим, «перемена ролей» у разных каналов коммуникации, появляется возможность получать одинаковое сообщение по разным каналам и в результате кардинально меняются прежние представления о каналах коммуникации. Сближение разнообразных медиа, появление общих для различных каналов продуктов приводит к возникновению новых интегрированных жанров [1].

Традиционные форматы и жанры приспосабливаются к новому мультимедийному образу жизни. Формируется новая система медиатекстов, и происходит процесс трансформации ранее существующих видов журналистских материалов, благодаря современным технологиям классические жанры СМИ приобретают новый вид, многие из них остаются схожими по целям, задачам, но меняется способ донесения и формат подачи контента читателям .

На сегодняшний день высокий уровень технологий дает возможность средствам массовой информации реализовать любую творческую идею. Самой успешной и основной концепцией развития медиандустрии, а также отношений между СМИ и социумом стал процесс мультимедиа.

Мультимедиа – технология, предусматривающая использование разных средств производства, хранения и передачи информации (акустических, визуальных, в том числе текстовых, графических и т. п.), а также совокупность программ и информационных систем, реализующих эту технологию [3].

Мультимедийные элементы способствуют более быстрому усвоению, запоминанию и пониманию информации, в результате, данная интерактивная система привела к появлению «гибридных» жанров в интернет-СМИ .

Основным источником для современной классификации жанров послужила книга «Интернет-СМИ: Теория и практика», созданная коллективом авторов, специализирующихся на изучении новейших медиа. В книге предложена самая развернутая и подробная, характеристика жанровой системы интернет-СМИ. Помимо классических жанров и форматов, встречающихся в Глобальной сети, Н.Г. Лосева выделяет оригинальные мультимедийные и синтетические жанры [4].

Принято выделять три вида жанров «новых» СМИ: текстовые (классические), которые ранее использовались в печатных изданиях и сформировавшиеся в условиях глобальной сети мультимедийные и синтетические жанры.

К текстовым жанрам «новых» СМИ относят как традиционные жанры, которые ранее использовались и в печатных изданиях, так и современные жанры. Заметка, интервью, отчет, репортаж, статья и очерк все еще популярные жанры среди

интернет-медиа, но появляются и новые, ранее не использованные, текстовые форматы, например: текстовая трансляция.

Текстовая трансляция – передача информации с помощью текста непосредственно с места события в онлайн-режиме.

Синтетические жанры объединяют несколько мультимедийных элементов единовременно. По классификации профессора Н.Г. Лосевой мультимедийные жанры делятся на иллюстративные, аудиальные и видеожанры.

К иллюстративным жанрам исследователь относит:

- статичную иллюстрацию;
- фотоленту и близкий ей фоторепортаж;
- слайд-шоу;
- графику и рисунок;
- мемы;
- gif-анимацию
- К аудиальным жанрам новых СМИ сегодня относят:
- подкаст;
- аудиоиллюстрацию;
- аудиоверсию текста;
- аудиосюжет.

Современные видеожанры, присутствующие в новых медиа сегодня, следующие:

- видеоиллюстрация;
- видеосюжет;
- потоковое видео;
- видеокомментарий.

Подчеркнем особо, что ряд жанров, встречающихся в новых медиа, может напоминать традиционные жанры текстовых или аудиовизуальных СМИ. Однако не стоит забывать и тот факт, что в новых медиа все эти жанры чаще всего работают вместе, то есть присутствуют в едином мультимедийном произведении и составляют «картинку» происходящего совместными усилиями (что не всегда возможно было реализовать в традиционных формах СМИ, где целостная картинка складывалась только если мы обращались к радио, телевидению и печатным СМИ одновременно, чтобы услышать, увидеть и вникнуть через аналитический материал в ход проблемы).

Синтетические жанры как замыкающий список жанров новых медиа. К ним принято относить следующие жанры:

- слайд-шоу со звуком;
- интерактивный видеосюжет;
- интерактивный видеомост;
- мультимедийное ток-шоу;
- мультискрипт;
- инфографику.

Мы рассмотрели основные классификации жанров новых медиа, которые предлагают современные исследователи. Теперь непосредственно можно перейти к характеристикам и классификации новых форматов, которые также встречаются в медиапространстве сегодня. В данной части исследования мы опирались на работы и статьи А. Галустяна, Д. Кульчицкой, О. Тодоровой [9]

Итак, сегодня принято выделять следующие форматы (именно форматы, а не жанры) подачи информации, контента, в новых медиа:

- журналистский блог;
- нарратив;
- сторителлинг;
- лонгрид (и его модификации, например – мультимедийная статья или мультимедийная история);
- flash-игры;
- конкурсы;
- тесты и викторины.

Перечисленные жанры и форматы для распространения контента с каждым днем становятся все популярней и порой «затмевают» классические способы подачи информации.

Можно сделать вывод, что федеральные «новые» медиа активно внедряют и используют современные жанры для подачи информации. Такие форматы, как лонгрид, сторителлинг, нарратив – это основные способы, которые крупные издания ввели в постоянный оборот, при этом традиционные жанры, ранее используемые в печатных СМИ, отошли на второй план. Визуальные форматы теперь обеспечивают большее вовлечение читателя, чем текстовые, или же вовсе заменяют текст. Аудиальные жанры, видеожанры, занимающие больше времени для их потребления все равно становятся популярнее, аудитория готова тратить свое время на интересный контент. Онлайн трансляции, текстовые трансляции, потоковые видео с места событий – это то, что ждали читатели от СМИ долгое время.

Наметившийся в истоке перестройки отечественного общества (а следовательно – и журналистики) стремительно возросший интерес к информационным жанрам в большей степени израсходовал себя. Это случилось из-за того, что корреспонденты сильнее стали ощущать дискомфорт в назначенной им роли обычных информаторов общества и перестали удовлетворять потребности общества. На сегодняшний день социум нуждается не только в своевременной информации, но и в углубленном журналистском анализе действительности, а кроме того ее художественно-публицистическом осмыслении и желает видеть контент в новом виде.

С каждым годом взаимосвязь технологий и медиа усиливается, все выше становится конкуренция на медийном рынке, а интересы аудитории меняются, поэтому интернет-СМИ должны оправдывать свое доверие и создавать качественный продукт [6]. Все реже используются традиционные жанры и чаще современные издания прибегают к новым форматам, которые смогут соответствовать запросам читателей, а также позволят заинтересовать и удивить их. Помимо этого, внедрение новых форм подачи контента указывает на разносторонность, профессионализм и умение объективно и оперативно распространять информацию.

Литература:

1. Бакулев Г.П. Кабельно-спутниковое вещание: Мировой опыт [Текст]/ Г.П. Бакулев . –М.: Аспект Пресс, 2016. – 300 с

2. Вартанова Е. Л. Конвергенция как неизбежность [Текст]/ Е.Л. Вартанова. – М.: Аспект Пресс, 2015.3 –9 с

3. Крысин Л.П. Толковый словарь иноязычных слов [Текст]/ Л.П. Крысин. – М.: Эксмо, 2016. –944 с.

4. Лосева Н.Г., Лукина М.М. Интернет-СМИ: теория и практика [Текст]/ Н.Г. Лосева,, М.М. Лукина. –М.: Аспект Пресс, 2016. –348 с

5. Луканина М. В. Текст средств массовой информации и конвергенция [Текст]// Политическая лингвистика. –2006. – вып. 20. – С. 205-214.

6. Лукина М.М. СМИ в пространстве Интернета [Текст]/ М.М. Лукина., И.Д. Фомичева. – М.: Факультет журналистики МГУ им. М.В. Ломоносова, 2015. – 87 с.

7. Макклюэн М. Понимание Медиа: Внешние расширения человека. 5-е изд., испр. –М.: Кучковое поле , 2018. – 464 с

8. Сергеева О. Новые медиа. Социальная теория и методология исследований. Словарь-справочник [Текст]/ О. Сергеева, О. Терещенко –Спб.: Алетейя, 2016. – 201с.

9. Тодорова О., Галустян А., Кульчицкая Д. Мультимедийные лонгриды как новый формат онлайн-журналистики [Электронный ресурс]// Как новые медиа изменили журналистику. 2012-2016. – URL: http://newmedia2016.digital-books.ru/ (дата обращения 29.04.2018 г.)

10. Хелемендик В. С. К вопросу о понятиях «Взаимодействие СМИ» и «Конвергенция СМИ» [Электронный ресурс] //Вестник электронных и печатных СМИ. –2016. –URL: http://www.ipk.ru/index.php?id=223019 (дата обращения 29.04.2018 г.)

А.А. Абрамов, В.Г. Кобак

ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОЛИГОНА

Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: железнодорожная область, поезда и составы, пользовательский интерфейс.

A.A. Abramov, V.G. Kobak

PROCESS OF PROCESSING AND DISPLAYING RAILWAY OBJECTS

Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Keywords: railway region, trains and trains, user interface.

Структурной составляющей всей железнодорожной области являются поезда и составы. Положение поезда на участке контролируется графиком движения поездов. Для того, чтобы проводить удобный контроль за ситуации на полигоне, необходимо реализовать пользовательский интерфейс [1].

Стоит отметить, что программное средство определяет состояния следующих элементов: 1) светофор; 2) переезд; 3) путь; 4) стрелка; 5) участок приближения/ удаления; 6) маркер; 7) завершающий объект. Первые 5 объектов являются отображением реального физического элемента, либо комплекса элементов. По своей сути, эти элементы позволяют легче управлять логикой и создавать ее, являясь при этом рельсовой цепью. Маркер служит для информирования дежурного или диспетчера о состоянии области контроля. Завершающий объект введен

искусственно. Он присутствует на всех областях и играет роль соседа объекта без связи в четном или нечетном направлении.

Каждый объект обязан хранить уникальный код в той области, к которой он принадлежит. Уникальность области на полигоне обеспечивается кодом и шестизначным номером единой сетевой разметки. Выделим следующие непересекающиеся области:1) раздельный пункт [2]; 2) путь перегона.

Структурно можно описать получившийся объект «полигон» следующим образом, что показано на схеме ниже:

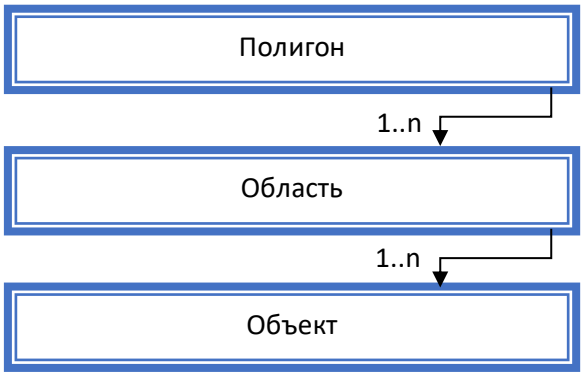


Рисунок 1.

Создание внешнего интерфейса должно базироваться на определенных правилах. Было принято решение проводить процесс вычисления положения объектов на стороне сервера, придерживаясь концепции "тонкого клиента". Такой подход не создает дополнительной вычислительной нагрузки на клиенте.

Файл отображения сущности построен по следующему принципу в виде xml структуры:

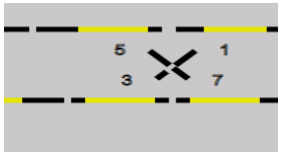
```
<paint>
    <base>
        <element type="" version="">
            <object type="" id="" link="" pos="" rotate="" width=""/>
        </element>
    </base>
    <draw>
        <area>
            <element type="" code="" version="" back="">
                <figure type="" id="" x="" y="" length=""
                description="" plus=""/>
            </element>
        </area>
    </draw>
</paint>
```

Полученная структура данных производит процесс создания Java объектов путем создания POJO классов и использования библиотеки Jackson [3].

Главный тег <paint> содержит две важные группы. В первой группе описываются шаблоны, определяющие форму объекта, в то время как во второй группе конкретная реализация объекта полигона

В Таблице 1 описано 4 типа объекта: 1) круг 2) линия 3) подпись 4) маркерная надпись. Последний объект отличается от предпоследнего - возможностью иметь прямоугольную область за текстовой надписью.

Таблица 1. Пример реализации фигур

	Линия	Круг, линия, подпись	Маркерная надпись
Пример использования			

Вычисление координат.

Важным преимуществом описания объекта является задание координат только лишь у первого элемента. Все остальные характеристики – вычислимые. Каждый объект отображения обладает характеристикой «крайняя точка». Будем считать, что объект обладает свойством «крайняя точка», если существует возможность вычислить однозначно последующие координаты следующего объекта, свеянного по атрибуту <link>.

Объект линия формируется путем обработки параметра rotate в шаблоне фигуры и length реализации. Из определения синуса и косинуса вычисляются координаты по формуле 1 и 2 соответственно:

$$x_{\text{нкт}} = x_{\text{кт}} + cos(rotate) * length \quad (1)$$
$$y_{\text{нкт}} = y_{\text{кт}} + sin(rotate) * length \quad (2)$$

где $x_{\text{нкт}}$ и $y_{\text{нкт}}$ – координаты новой крайней точки.

Объект окружность вычисляется из характеристик шаблона pos и length реализации, выполняющий роль радиуса. Позиционирование определяет направление формирования крайней точки. Определены 4 варианта: “+x”, “-x”, “+y”, “-y”, каждый из которых производит действия, описанные тексте с параметром length и точкой отчета для вычисления центра окружности и новой «крайней точки».

Оставшиеся два объекта label и mrLabel являются невычислимыми. Такие объекты формируют свое положение исходя из координат объекта, к которому они привязаны и характеристики pos.

Фабрика объектов.

Для создания динамической структуры и возможности расширения функциональности реализована фабрика отображения данных. В основу реализации данного концепта лег паттерн "Фабричный метод" [4], что можно видеть на Рисунке 1 и 2.

Объект DrawFactory хранит внутри себя реализацию выбора объекта отрисовки по следующим критериям: тип объекта и версия шаблона на момент создания. Следуя концепции реализации паттерна, возвращаемый объект реализует функциональный интерфейс IDrawElement с методом drawFigures(List<IFigure>). Таким образом, если существующие подходы устареют или претерпят изменения, необходимо реализовать новый шаблон и описать класс, реализовав IDrawElement. Например, объект стрелка реализуется в терминах Java в следующем варианте:

```
if (stationElement instanceof St) {
```

```
if (templateVersion >= 1 && templateVersion <= 6) {
    drawElement = new DrawSt(stationElement);
}
```

Для создания возможности отображения полученных сущностей в окне браузера, было принято решение использовать две библиотеки: jQuery для управления html объектами и входными данными и Raphael для создания графического образа полигона и изменяющихся состояний. Параметры, которые обрабатывает JavaScript, поступают путем запроса к контролеру [5] приложения и получением объектов в JSON [6] формате. Получившаяся структура данных содержит следующие параметры:

код и тип объекта;
список областей, к которым данный объект принадлежит;
объект в четном и нечетном направлении;
список фигур, которые графически способны описывать.
Например, функция отображения линии:

```
var drawLine = function(x1, y1, x2, y2, color, width, text, paper) {
    var c = paper.path("M" + x1 + "," + y1 + "L" + x2 + "," + y2);
    c.attr({
        "stroke": color,
        title: text,
        "stroke-width": width
    });
}
```

Процесс изменения цвета объекта происходит по принципу подписки на событие изменения состояния. Данный процесс отображен на Рисунке 1

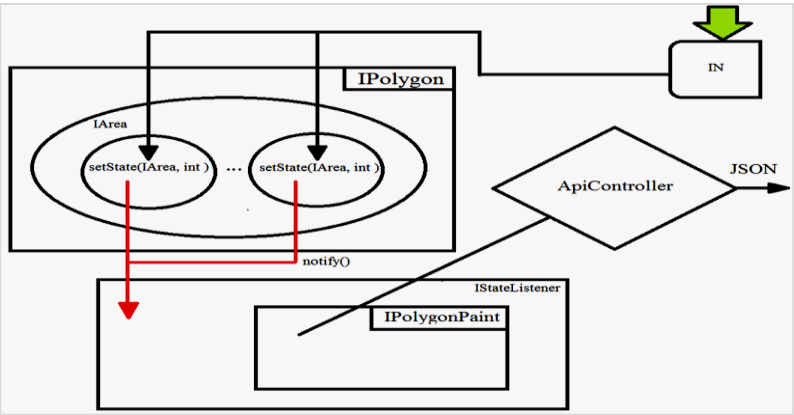


Рисунок 1. Схема оповещения об изменении состоянии

Стоит отметить тот факт, что результат отображения никак не связан с типом объекта, будь то стрелка или перегон. Важно заметить, что объект управления - комплекс элементарных объектов, поэтому процесс отображения одного объекта - это всего лишь отображение множества структурных компонентов. На рисунке 2 показан пример отображения полигона данных.

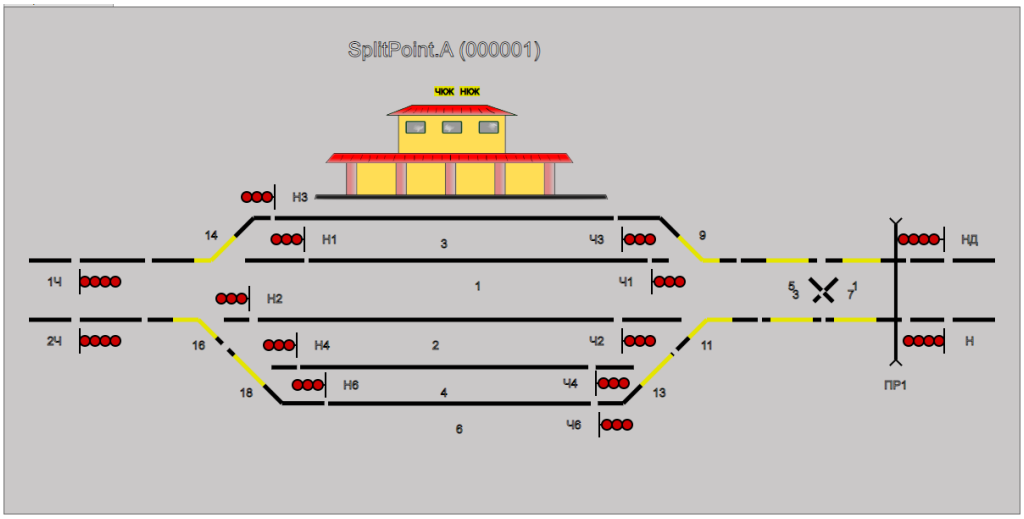


Рисунок 2. Отображение полигона данных

Литература:

1. ГОСТ 33896-2016 Системы диспетчерской централизации и диспетчерского контроля движения поездов. Требования безопасности и методы контроля. Ч. 4: Требования безопасности / Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Москва : Стандартинформ, 2017. — 10 с.

2. Раздельный пункт. // Под редакцией портала Wikipedia.
URL:https://ru.wikipedia.org/wiki

3. Jackson // Под редакцией портала github.
URL: https://github.com/FasterXML/jackson

4. Фабричный метод. // Под редакцией портала Wikipedia.
URL:https://ru.wikipedia.org/wiki

5. Spring framework // Под редакцией портала spring.
URL: https://spring.io/projects/spring-boot

6. JSON. // Под редакцией портала Wikipedia.
URL:https://ru.wikipedia.org/wiki

А.В. Бородин, А.А. Бородина

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ТРАНСФОРМАТОРАХ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: пьезоэлектрический эффект, поляризация, пьезокерамика, пьезоэлектрические трансформаторы.

В статье рассмотрено использование прямого и обратного пьезоэлектрических эффектов в пьезоэлектрических трансформаторах, рассмотрены особенности работы пьезоэлектрических трансформаторов.

A.V. Borodin, A.A. Borodina

THE PIEZOELECTRIC EFFECT AND ITS USE IN TRANSFORMERS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: piezoelectric effect, polarization, ceramic piezoelectric, piezoelectric transformers.

The article considers the use of direct and inverse piezoelectric effects in piezoelectric transformers, as well as operation features of the piezoelectric transformers.

Пьезоэлектрический трансформатор представляет собой электромеханическую систему, в которой электрический сигнал на входе преобразуется в механические колебания, а на выходе – опять в электрический сигнал. Поэтому параметрами пьезоэлектрических трансформаторов можно управлять с помощью электрических и механических воздействий, что позволяет найти ряд оригинальных применений. Пьезоэлектрические трансформаторы используются в схемах вторичных источников питания вместо электромагнитных трансформаторов. С учетом особенностей пьезоэлектрических трансформаторов наибольший выигрыш в уменьшении габаритных размеров и в повышении надежности вторичных источников питания получают для микромощных преобразователей или высоковольтных источников с большими коэффициентами преобразования напряжения. Кроме того, применяя плоские конструкции пьезоэлектрических трансформаторов, можно разрабатывать вторичные источники питания, удобные для компоновки с интегральными схемами.

Пьезоэлектрические материалы представляют собой поликристаллический твердый раствор монокристаллов, вектор поляризации которых ориентирован сильным внешним электрическим полем. Поляризация диэлектрика – это явление, связанное с тем, что в твердом диэлектрике, помещенном в электрическом поле, возникают связанные заряженные частицы, способные под действием поля смещаться на малые расстояния, ограниченные их взаимодействием со всей кристаллической решеткой.

Вектор $\boldsymbol{P}$ называется вектором диэлектрической поляризации и определяет объемную плотность связанных зарядов, а также поверхностную плотность связанных зарядов, распределенных на поверхности поляризованного диэлектрика. Вектор поляризации $\boldsymbol{P}$ есть электрический дипольный момент единицы объема диэлектрика.

В сегнетоэлектрических материалах вектор поляризации $\boldsymbol{P}$ может быть отличным от нуля при напряженности электрического поля $\boldsymbol{E} = 0$. Такая поляризация называется спонтанной, а материалы, обладающие такой поляризацией, называются пироэлектриками. Кристаллы, обладающие спонтанной поляризацией только в определенном интервале температур, относятся к классу сегнетоэлектриков (СЭ), у которых спонтанный дипольный момент возникает из-за смещения подрешеток ионов. Экспериментально доказано, что спонтанный дипольный момент в СЭ существует только в определенном интервале температур устойчивой сегнетоэлектрической фазы. Обе граничные температуры этого интервала называют температурами Кюри – верхней и нижней.

Ионы, входящие в кристаллическую решетку СЭ и являющиеся причиной возникновения спонтанной поляризации, могут смещаться под действием

механических напряжений. Это означает, что механическое напряжение кристалла СЭ приводит к возникновению электрической поляризации. Это явление называют пьезоэлектрическим эффектом, а кристаллы, в которых наблюдается этот эффект, называются пьезоэлектриками (ПЭ). Прямой пьезоэлектрический эффект состоит в появлении на гранях кристалла электрического заряда Q, пропорционального механическому напряжению σ. Под обратным пьезоэффектом понимают возникновение на гранях кристалла механической деформации S при воздействии на него электрического поля напряженностью E.

С физической точки зрения пьезоэлектрический трансформатор (ПТ) – прибор с двойным электромеханическим преобразованием энергии, то есть связь между первичной и вторичной цепью – механическая. Конструктивно ПТ представляет собой твердотельный электромеханический резонатор различной формы (пластина, диск и др.), содержащий хотя бы один пьезоэлемент, на который нанесены электроды и у которого вектор поляризации ориентирован по отношению к электродам. Электроды возбудителя подключают к первичной цепи, а электроды генератора – к нагрузке.

В качестве материала для ПТ используют как монокристаллы, так и пьезоэлектрическую керамику [1]. Пьезокерамика имеет более низкую стоимость и позволяет конструктивно объединять в одной пластине оба элемента пьезотрансформатора – возбудитель и генератор. Это связано с технологической возможностью дифференцированного задания ориентации вектора пьезоэлектрической поляризации в процессе изготовления соответствующих моноблочных керамических пьезоэлементов. Путем изменения основного соотношения исходных материалов и введения добавок синтезируют разные составы пьезокерамики, обладающие определенными электрофизическими и пьезоэлектрическими характеристиками. Наибольшее распространение получила группа пьезокерамических материалов типа ЦТС (цирконата-титаната свинца). Вместе с тем используется керамика на основе титаната бария и титаната свинца [2]. Перспективно также использование составов на основе ниобата натрия и ниобата лития [3].

Резонансные частоты ПТ определяются размерами пьезоэлемента как резонатора. Вследствие этого его КПД и коэффициент трансформации по напряжению (току) зависит от сопротивления нагрузки и рабочей частоты. Эффективность преобразования электрической энергии в механическую и наоборот характеризуются коэффициентом электромеханической связи k_{ij}, который для большинства пьезокерамических материалов не превышает 0,7. Величина k_{ij}^2 показывает, какая доля входной электрической энергии превращается в запасенную в пьезоэлементе механическую и наоборот. Передача энергии от возбудителя к генератору зависит ещё и от механической добротности пьезоматериала Q_M, которая характеризует потери механической энергии в резонаторе и определяется как отношение всей механической энергии, запасенной в пьезоматериале к энергии механических потерь за период колебаний. Чем больше произведение $k_{ij}^2 Q_M$, тем выше КПД пьезоэлектрического трансформатора. Механическая добротность, кроме того, определяет и полосу пропускания ПТ в режимах холостого хода и коротком замыкании [4].

В эквивалентной схеме резонансного прибора можно выделить резонансный контур с эквивалентными сосредоточенными параметрами в области резонансных частот. Пьезоэлектрические трансформаторы изготавливают из диэлектрических материалов. Его возбудитель и генератор представляют собой емкости, поэтому ПТ не пропускают постоянной составляющей электрического тока по входной и

выходной цепям. Входные и выходные параметры трансформаторов зависят от частоты. С увеличением рабочей частоты емкостные сопротивления входа и выходы ПТ уменьшаются. Следовательно, при одинаковых размерах увеличение рабочей частоты ПТ приводит к увеличению потребляемой мощности. Поэтому ПТ легко сделать малогабаритными и маломощными при низкой частоте, так как для низкочастотных уменьшение входной емкости связано с уменьшением размеров пьезоэлемента. У электромагнитных трансформаторов, напротив, входные и выходные индуктивные сопротивления уменьшаются с уменьшением частоты. Поэтому их значительно труднее сделать малогабаритными и маломощными при низкой частоте, так как для уменьшения потребляемой мощности необходимо увеличивать индуктивность обмоток, а следовательно, размеры трансформаторов.

При выборе режима работы ПТ необходимо учитывать, что максимальный КПД ПТ соответствует его минимальной эффективной добротности, т. е. минимальному резонансному усилению. В этом режиме ПТ имеет максимальные удельные характеристики и поэтому он является наиболее предпочтительным. Нужный коэффициент трансформации по напряжению достигается за счет выбора оптимальной конструкции или частичным смещением к режимам согласования, но последнее сопровождается уменьшением КПД. Режимы согласования обеспечивают высокое резонансное усиление по напряжению(току), однако КПД в этих режимах равен 50% и поэтому у ПТ сравнительно низкие удельные характеристики. Также при выборе режима работы ПТ необходимо задать уровень сигнала возбуждения. Во-первых, нежелательна работа ПТ в режимах выше предельно допустимого либо по величине механических напряжений в материале ПТ вследствие опасности его разрушения, либо по температуре вследствие опасности деполяризации материала ПТ. Во-вторых, от величины сигнала возбуждения зависит значение коэффициента трансформации по напряжению K_u , что необходимо учитывать при расчетах трансформатора. С увеличением уровня сигнала возбуждения уменьшается резонансное усиление ПТ за счет уменьшения эффективной добротности, т. е. увеличение механических и электрических потерь электромеханического резонатора. В связи с тем, что параметры ПТ меняются с изменением температуры, необходимо задавать и диапазон рабочих температур, при выборе которого следует учитывать собственный тепловой режим работы ПТ, зависящий от мощности потерь, выделяемых в пьезоэлементе.

Применение пьезоэлектрических трансформаторов позволяет упростить технологию изготовления, уменьшить размеры и повысить надежность радиоэлектронной аппаратуры. Такие трансформаторы не содержат обмоток из дорогостоящего медного провода, не горят, просты в изготовлении и удобны для компоновки в электронных схемах [5].

Литература:

1. Бородин А.В., Явтушенко П.В. Использование поликристаллических материалов для создания пьезоэлектрических трансформаторов. // Труды Северо-Кавказского филиала московского технического университета связи и информатики, Ростов-н/Д, 2018г. с.78-82.

2. Ситало Е.И., Раевский И.П., Захаров Ю.Н., Лутохин А.Г., Раевская С.И., Малицкая М.А., Захарченко И.Н., Кубрин С.П. Пьезоэлектрические и диэлектрические свойства сегнетокерамики$(1-x)PbFe_{1/2}Nb_{1/2}O_3$-$xPbTiO_3$, модифицированной литием. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения/ М.: МИРЭА, 2011, т. 11, №2, с. 92-95.

3. Резниченко Л.А., Шилкина Л.А., Разумовская О.Н., Дудкина С.И., Гагарина Е.С., Бородин А.В. Диэлектрические и пьезоэлектрические свойства твердых растворов на основе ниобата натрия. // Неорганические материалы. - 2003, т.39, №2, с.187-199.

4. Карташев И.А., Марченко Н.Б. Пьезоэлектрические трансформаторы тока. // Киев. – Техніка, 1978. - 176 с.

5. Бородин А.В. Преимущества использования пьезоэлектрических трансформаторов. // Материалы международной научно-практической конференции Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2018), Ростов-н/Д, 2018г. с. 330-334.

А.Д. Блинков, А.Н. Чикалов

ИСПРАВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: дизассемблирование, реверсивная инженерия.

В данной статье рассматривается способы исправления ошибок программного обеспечения изменением файлов программ без открытого исходного кода.

A.D. Blinkov, A.N. Chicalov

SOFTWARE DEFECTS CORRECTION

North-Caucasian Branch Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don

Keywords: disassembling, reverse engineering.

This article discusses how to fix software errors by modifying non-open source program files.

Для исправления дефектов программного обеспечения без открытого исходного кода или возможности компиляции необходимо иметь представление о том, что из себя представляет программа. Программа — это данные, предназначенные для управления конкретными компонентами системы обработки данных в целях реализации определённого алгоритма. Иными словами, любая программа — это простой файл в файловой системе, представленный в виде исполняемого приложения или прилагаемой библиотеки. Для изменения программы необходимо найти участок памяти файла программы с данными, которые требуется изменить. Это может быть условие логического выражения, команды передачи управления или блок с данными, например, выводимая строка.

Предлагается рассмотреть структуру и методику поиска и исправления данных на примере изменения консольных приложений, написанных на языке C++. В материале использованы несколько свободно распространяемы программ, доказавшие свою эффективность [1-4].

В качестве объекта используется простейший пример вывода нескольких чисел на консоль на языке программирования C++ (Рисунок1):

```
#include <iostream>
#include <string>

int main()
{
    int num1 = 100;
    int num2 = 200;
    int num3 = 300;
    int num4 = 400;
    int num5 = 500;

    printf("%i %i %i %i %i \n", num1, num2, num3, num4, num5);
}
```

Рисунок 1. Код программы 1 на языке C++

Запустив приложение, получаем следующий результат (Рисунок 2):

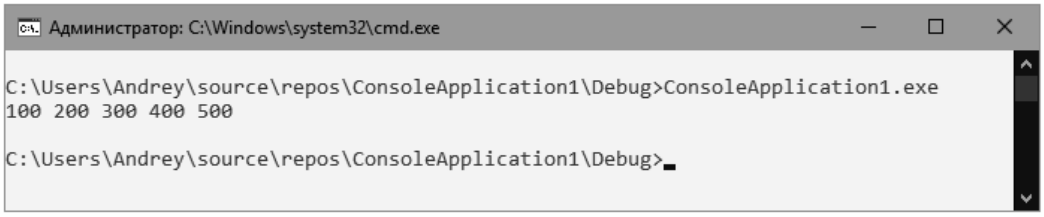


Рисунок 2. Код консоли после запуска программы 1

Открыв скомпилированное приложение программой HxD, получаем представление данных в H-формате (Рисунок 3)

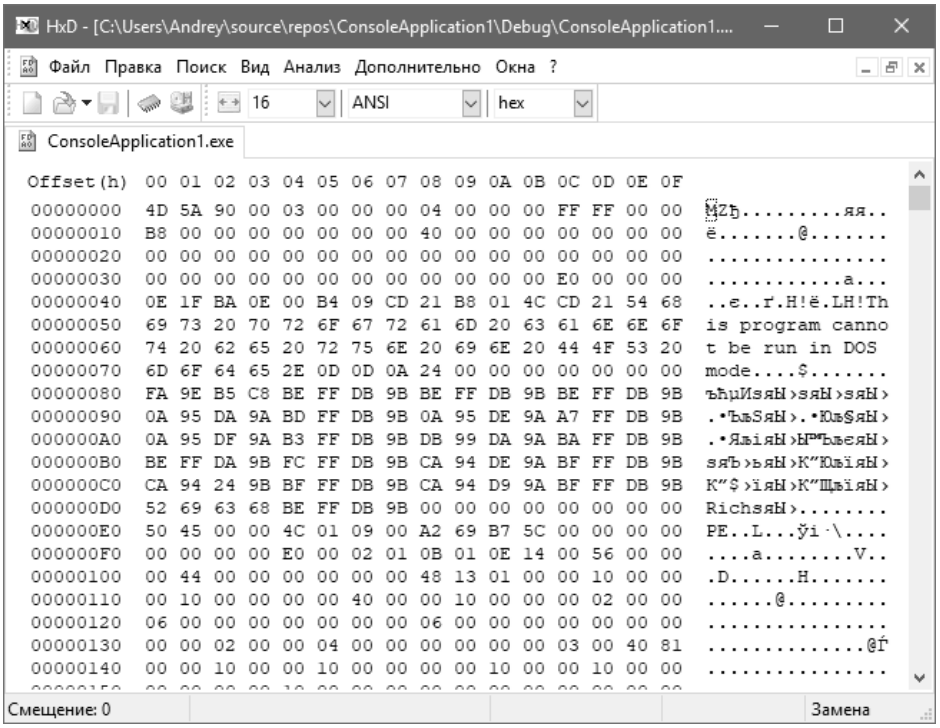


Рисунок 3. Окно программы HxD после открытия файла скомпилированного приложения

Воспользуемся строкой поиска программы HxD. Известно, что тип данных – целое число и ширина ввода – 32 бита. Это задается в коде программы, где указан типы переменных - int, что определяет четырёхбайтный формат выделения памяти.

Найдем число 500 и заменим его на 1234 (Рисунок 4).

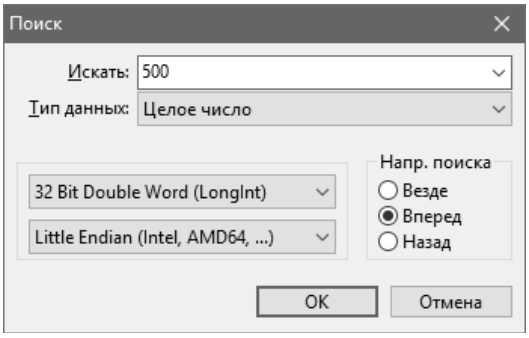


Рисунок 4. Окно поиска программы HxD с заданными параметрами

Находим следующую область (Рисунок 5):

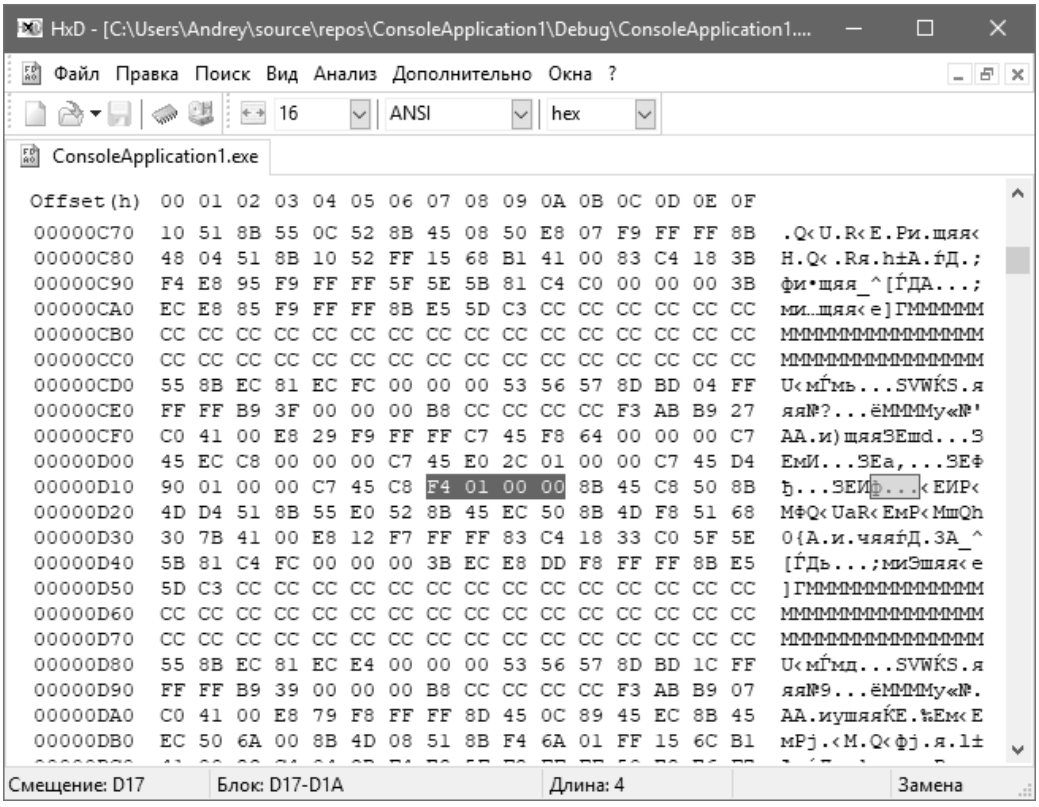


Рисунок 5. Окно программы HxD после завершения поиска

Найден выделенный код F4 01 00 00. Это означает, что здесь записано число в шестнадцатеричном коде 00 00 01 F4, что в десятичной системе соответствует числу 500.

Чтобы убедиться, что это искомый блок данных, достаточно проанализировать предшествующие коды (Рисунок 6).

```
00000CE0  FF FF B9 3F 00 00 00 B8 CC CC CC CC F3 AB B9 27
00000CF0  C0 41 00 E8 29 F9 FF FF C7 45 F8 64 00 00 00 C7
00000D00  45 EC C8 00 00 00 C7 45 E0 2C 01 00 00 C7 45 D4
00000D10  90 01 00 00 C7 45 C8 F4 01 00 00 8B 45 C8 50 8B
```

Рисунок 6. Соседние элементы найденного кода

На Рисунке 6 подчеркнуты коды:

00 00 00 64 = 100
00 00 00 C8 = 200
00 00 01 2C = 300
00 00 01 90 = 400

Расположенные между ними коды C7 45 %% являются кодами команды пересылки данных (C7 – mov, 45 – dword, %% - ptr). Следовательно, с уверенностью можно сделать вывод, что обнаруженный код является искомым участком памяти.

Заменим число 500 (00 00 01 F4) на 1234(00 00 04 D2). Для этого заменим изначально найденные F4 01 00 00 на D2 04 00 00 (Рисунок 7).

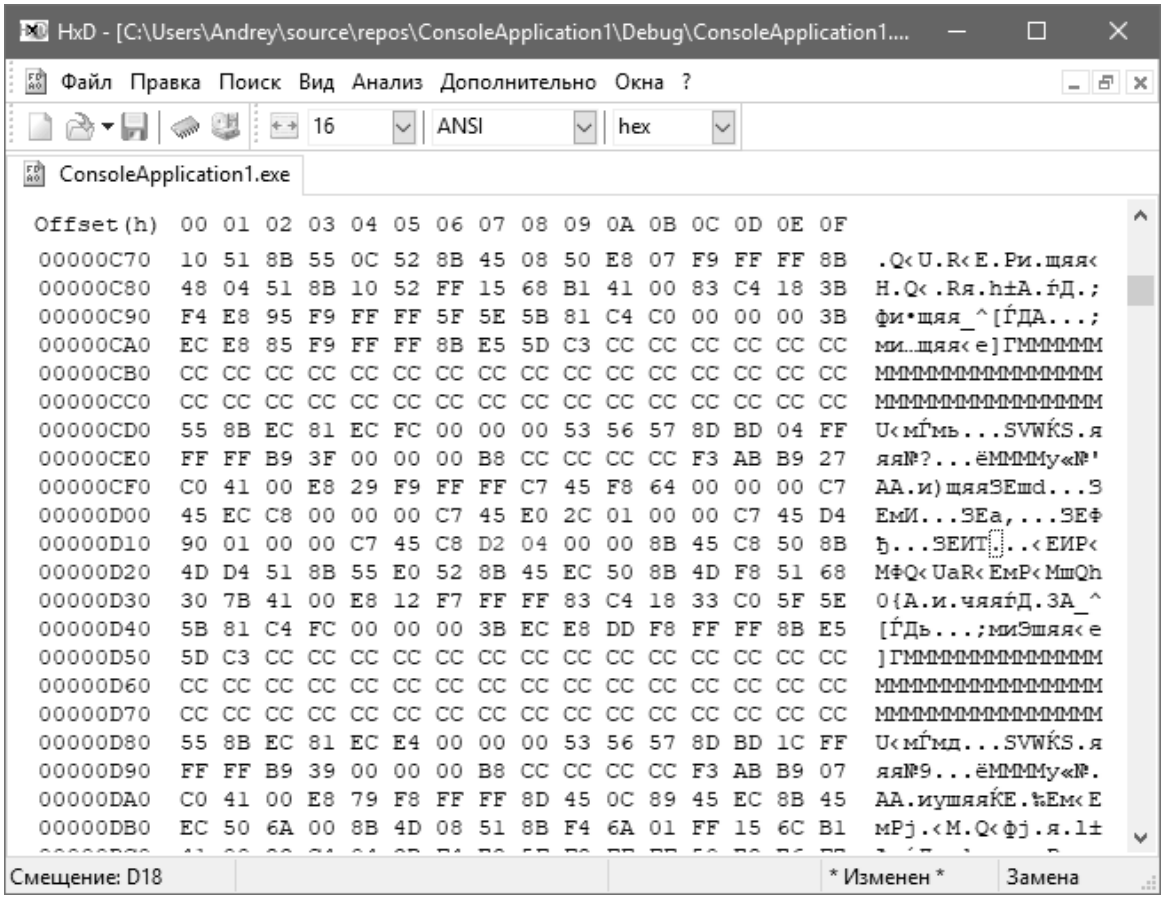


Рисунок 7. Окно программы HxD с внесением изменений в коды

Сохраняем файл после внесения изменений и повторно запускаем программу (Рисунок 8).

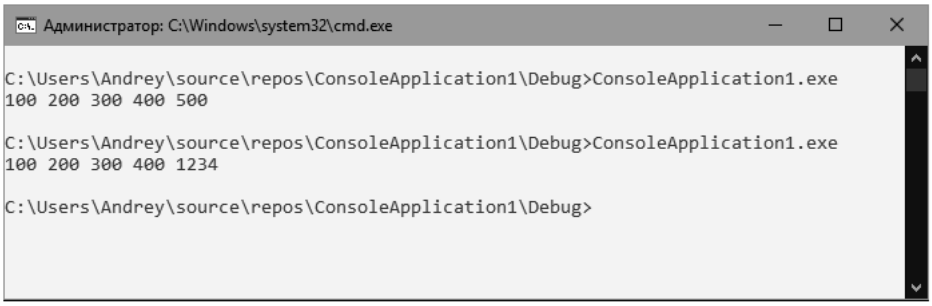


Рисунок 8. Консоль с повторным запуском программы 1

Таким образом, были найдены и изменены данные в программе, не имея исходного кода.

Это простейший пример, когда заранее известен тип и значение искомых данных. Но даже для этого примера необходимы знания форматов и способов размещения данных, кодов машинных команд и т.д.

Для нахождения и изменения данных в более сложных программах в условиях большей неопределенности существует множество инструментов, например, программа IDA. (Рисунок 9). Откроем скомпилированное приложение программой IDA.

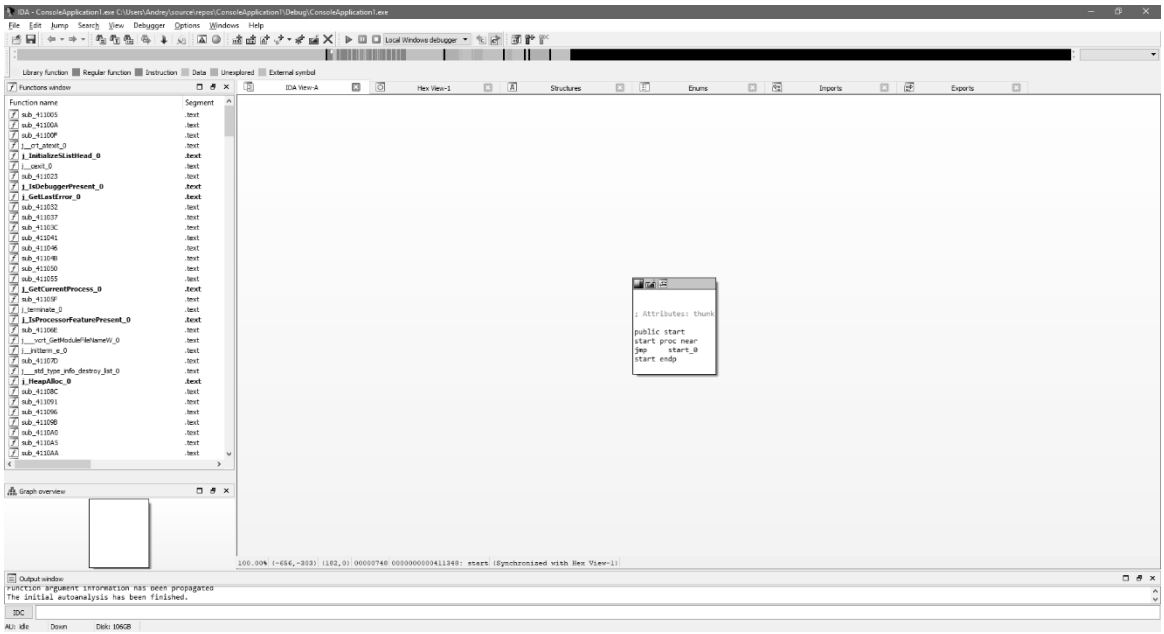


Рисунок 9. Окно программы IDA после открытия ею файла скомпилированного приложения

После открытия файла программы выбираем в контекстном меню «Поиск последовательности байтов» (Рисунок 10).

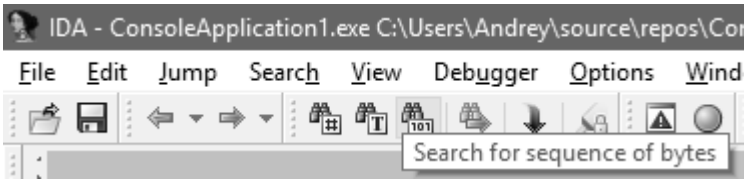


Рисунок 10. Выбор элемента меню для открытия поиска

Найдем измененный ранее элемент (число 1234), задав бинарный поиск (Рисунок 11).

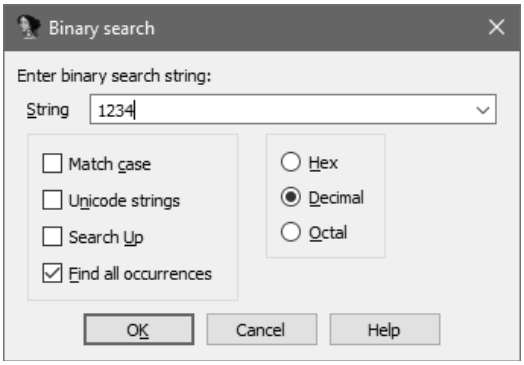


Рисунок 11. Окно поиска программы IDA с заданными параметрами

После выполнения поиска отобразятся узнаваемые участки кода (Рисунок 12).

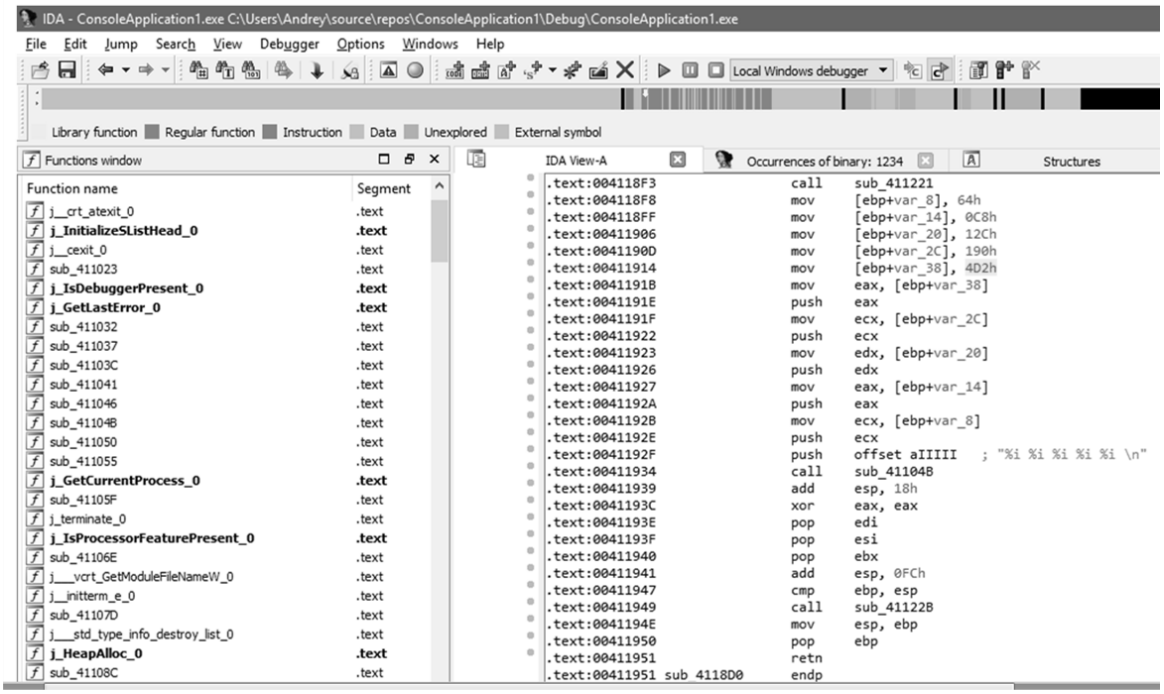


Рисунок 12. Окно результата поиска IDA

Следует обратить внимание на текст представленный под списком (рис.13): он отображает позицию выделенной команды в файле программы, что совпадает с данными на Рисунке 5.

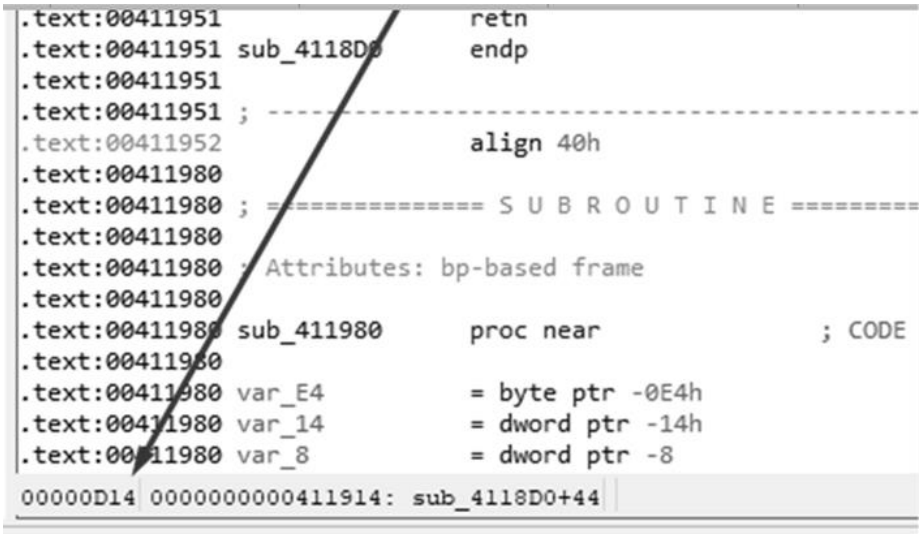


Рисунок 13. Строка сообщений IDA

Рассмотрим другой пример программы с намеренно допущенной ошибкой. Программа с интерфейсом ввода пользователем через консоль числа и выводом сообщения о его четности и нечетности. В примере сообщения о четности и нечетности перепутаны местами (Рисунок 14, Рисунок 15).

```
#include <iostream>
#include <sstream>

int main()
{
    do {
        printf("Write num: ");
        std::string str;
        std::getline(std::cin, str);

        if (!(atoi(str.c_str())))
        {
            printf("Invalid number\n");
        }
        else
        {
            int i = atoi(str.c_str());
            if (i % 2 != 0)
            {
                printf("Num is Even\n");
            }
            else
            {
                printf("Num is Odd\n");
            }
```

Рисунок 14. Окно текста программы 2

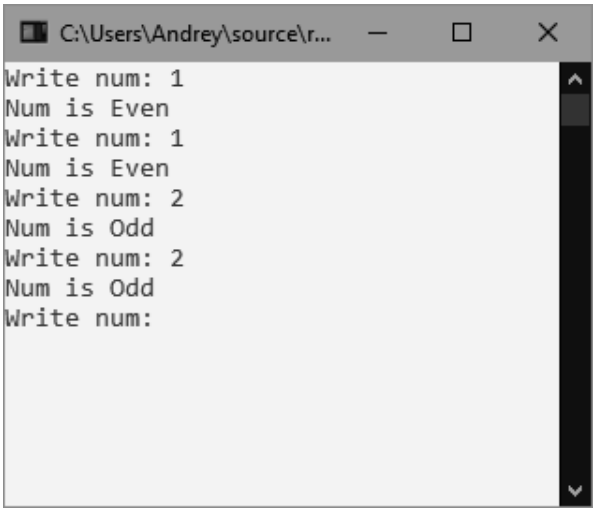


Рисунок 15. Демонстрация неверного функционирования

Для исправления программы не имея исходного кода воспользуемся программой Ghidra.

В интерфейсе программы создадим новый проект и импортируем в него файл приложения (Рисунок 16).

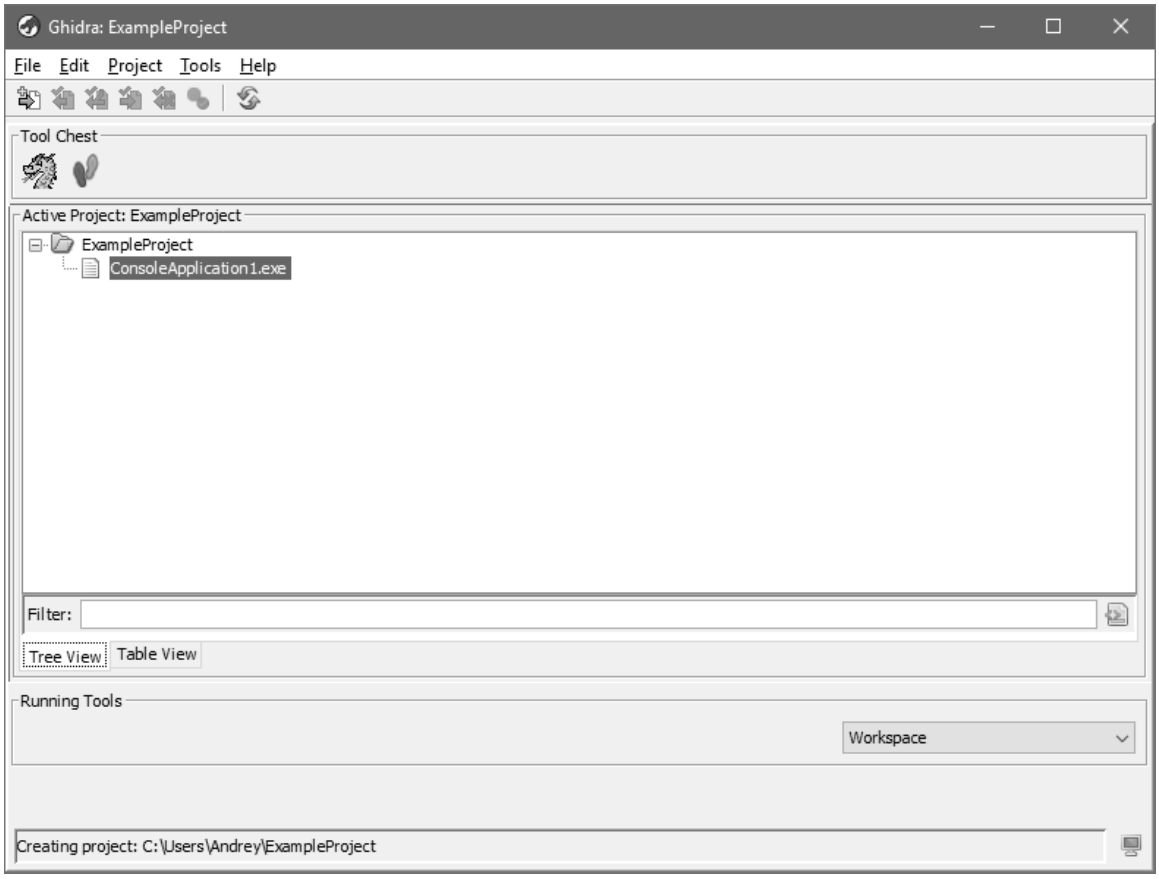


Рисунок 16. Окно создания проекта программы ghidra 9.0

Аналогично методу из программы 1 – воспользуемся поиском выводимой программой строки (Рисунок 17). В открывшемся окне поиска введем известный текст – “NumisEven”. В окне результатов поиска (Рисунок 18) отобразятся найденные строки.

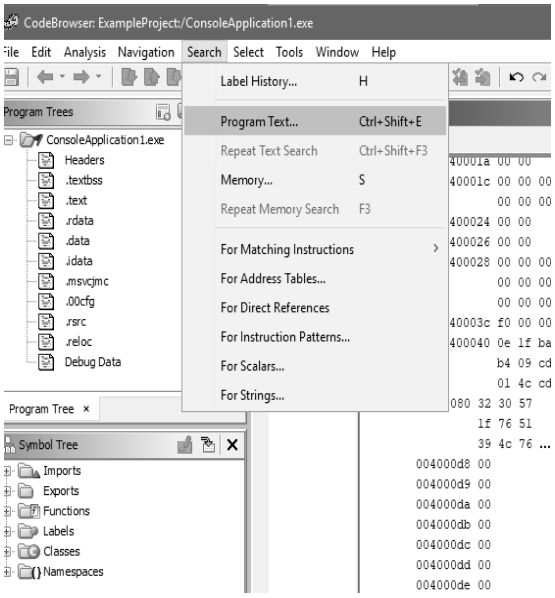


Рисунок 17. Контекстное меню программы ghidra 9.0 для поиска строки

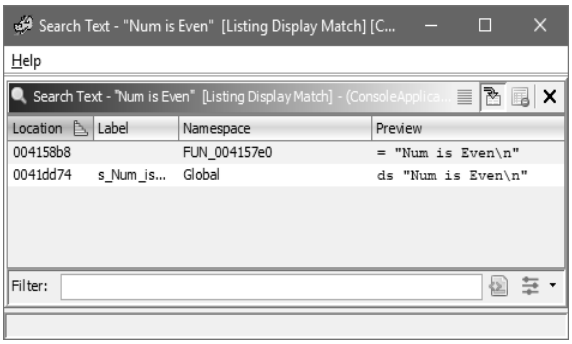


Рисунок 18. Результаты поиска введенного

После двойного клика на первом найденном результате в основном окне программы открываются окна команды на языке ассемблера и текст программы, который получен из дизассемблированных кодов (Рисунок 19).

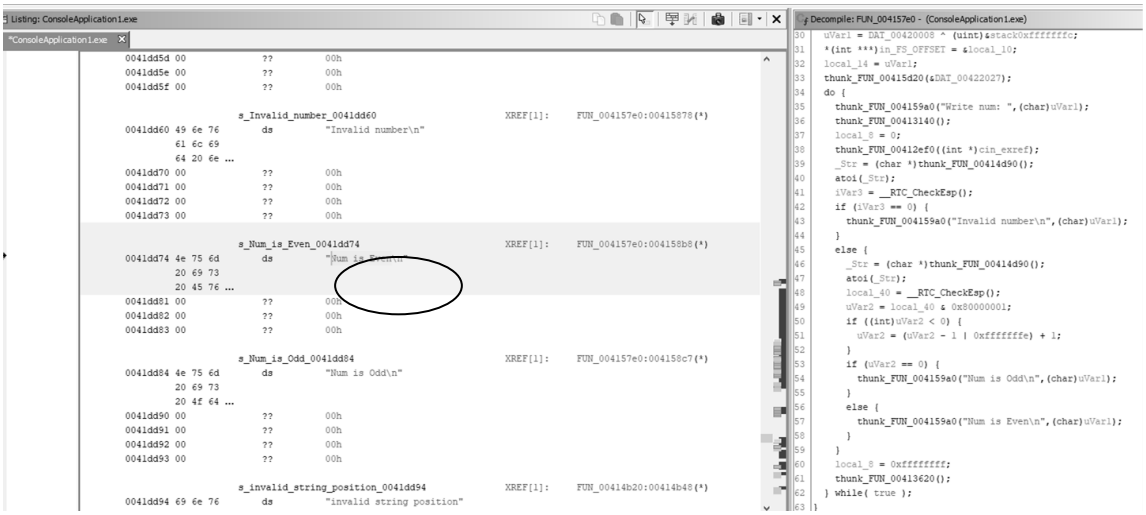
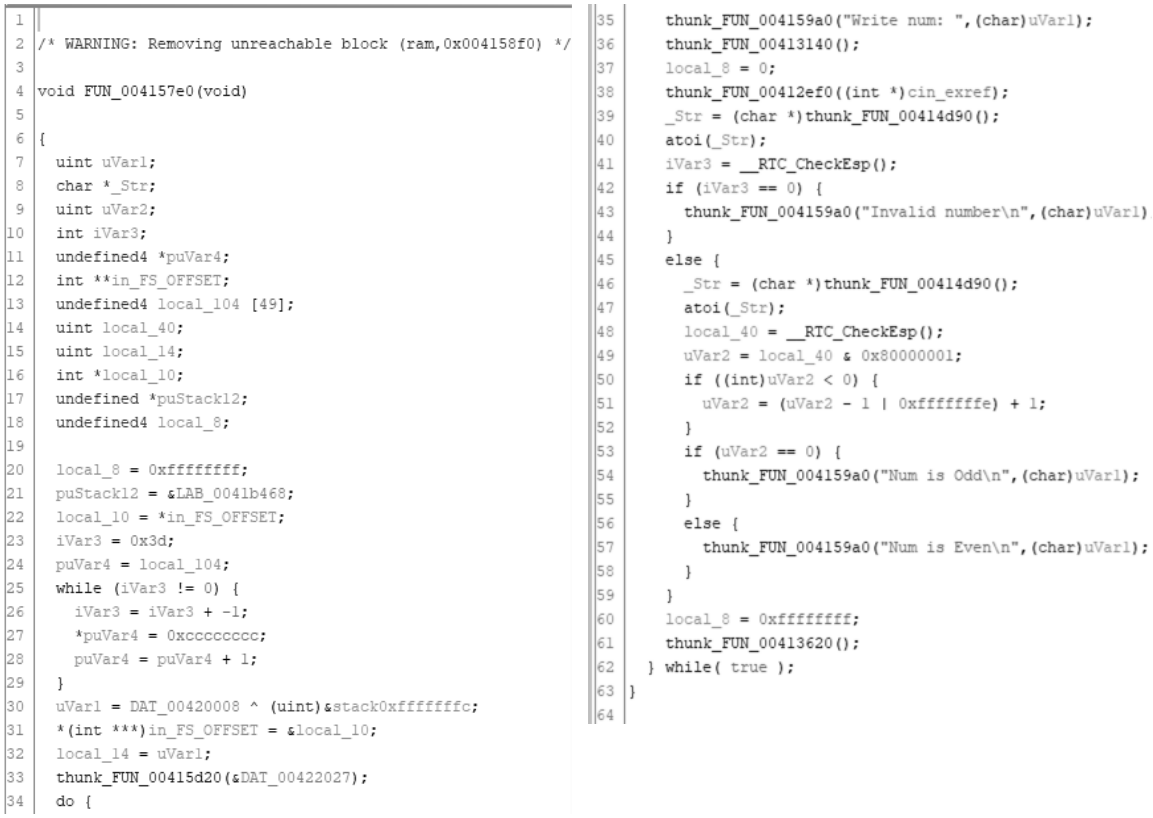


Рисунок 19. Выбора элемента из окна результатов поиска

Легко убедиться, что это искомый участок кода программы. Полный текст дизассемблирования участка кода программы представлен на Рисунке 20.



```
1
2  /* WARNING: Removing unreachable block (ram,0x004158f0) */
3
4  void FUN_004157e0(void)
5
6  {
7    uint uVar1;
8    char *_Str;
9    uint uVar2;
10   int iVar3;
11   undefined4 *puVar4;
12   int **in_FS_OFFSET;
13   undefined4 local_104 [49];
14   uint local_40;
15   uint local_14;
16   int *local_10;
17   undefined *puStack12;
18   undefined4 local_8;
19
20   local_8 = 0xffffffff;
21   puStack12 = &LAB_0041b468;
22   local_10 = *in_FS_OFFSET;
23   iVar3 = 0x3d;
24   puVar4 = local_104;
25   while (iVar3 != 0) {
26     iVar3 = iVar3 + -1;
27     *puVar4 = 0xcccccccc;
28     puVar4 = puVar4 + 1;
29   }
30   uVar1 = DAT_00420008 ^ (uint)&stack0xfffffffc;
31   *(int ***)in_FS_OFFSET = &local_10;
32   local_14 = uVar1;
33   thunk_FUN_00415d20(&DAT_00422027);
34   do {
35     thunk_FUN_004159a0("Write num: ",(char)uVar1);
36     thunk_FUN_00413140();
37     local_8 = 0;
38     thunk_FUN_00412ef0((int *)cin_exref);
39     _Str = (char *)thunk_FUN_00414d90();
40     atoi(_Str);
41     iVar3 = __RTC_CheckEsp();
42     if (iVar3 == 0) {
43       thunk_FUN_004159a0("Invalid number\n",(char)uVar1)
44     }
45     else {
46       _Str = (char *)thunk_FUN_00414d90();
47       atoi(_Str);
48       local_40 = __RTC_CheckEsp();
49       uVar2 = local_40 & 0x80000001;
50       if ((int)uVar2 < 0) {
51         uVar2 = (uVar2 - 1 | 0xfffffffe) + 1;
52       }
53       if (uVar2 == 0) {
54         thunk_FUN_004159a0("Num is Odd\n",(char)uVar1);
55       }
56       else {
57         thunk_FUN_004159a0("Num is Even\n",(char)uVar1);
58       }
59     }
60     local_8 = 0xffffffff;
61     thunk_FUN_00413620();
62   } while( true );
63 }
64
```

Рисунок 20. Полный текст дизассемблирования участка кода

В окне дизассемблирования кода после двойного клика по нужному условию во втором окне с кодом ассемблера открывается выбранный участок кода (Рисунок 21).

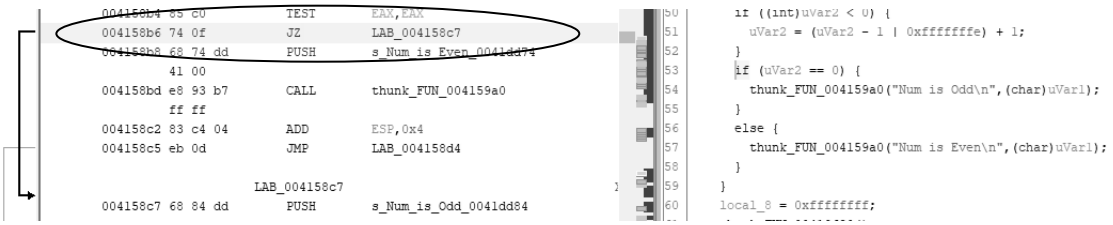


Рисунок 21. Отображение машинного кода по выбранному оператору

Выделенная команда условного перехода по признаку равенства нулю аккумулятора JZ (код команды 74h для процессоров Intel типа x32/x86) должна быть по алгоритму исправлена на команду условного перехода по неравенству нулю - JNZ (код команды 75h). Команда является "короткой", и адрес перехода записывается не явно, а смещением по отношению к адресу команды перехода.

Остается заменить код 74h на код 75h (Рисунок 22). Проверка программы после исправления показала ее правильную работу.

```
00004CA0  FF FF 89 45 C4 8B 45 C4 25 01 00 00 80 79 05 48  яя‰ЕД‹ЕД%...Ъу.H
00004CB0  83 C8 FE 40 85 C0 75 0F 68 74 DD 41 00 E8 93 B7  ѓИю@…Аu.htЭA.и·
00004CC0  FF FF 83 C4 04 EB 0D 68 84 DD 41 00 E8 84 B7 FF  яяѓД.л.h„ЭA.и„·я
```

Рисунок 22. Исправление кода команды

Таким образом, используя программы дизассемблирования и шестнадцатеричного представления кодов, возможно осуществлять коррекцию разработанных приложений без исходного кода. Достаточно иметь ограниченную информацию о структуре приложения и форме представления искомых данных.

Литература:

1. Hex-редактор файлов HxD:
https://mh-nexus.de/en/downloads.php?product=HxD
2. Программа реверс-инжиниринга IDAv7.0:
https://www.hex-rays.com/products/ida/support/download_freeware.shtml
3. Программа реверс-инжиниринга Ghidra:
https://ghidra-sre.org/
4. Программа Microsoft Visual Studio Enterprise 2019:
https://visualstudio.microsoft.com/ru/vs/preview/

Д.А. Власов, А.Н. Чикалов

ПРОГРАММА-КОНСТРУКТОР ЦИФРОВЫХ СХЕМ

Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г.Ростов-на-Дону

Ключевые слова: программа моделирования, цифровые элементы, булева алгебра.

В данной статье рассматривается метод реализации программы для конструирования логических схем. Её рекомендуется использовать в образовательных учреждениях с целью подготовки обучаемых к разработке цифровых схем.

D.A. Vlasov, A.N. Chikalov

THE PROGRAM DESIGNER OF DIGITAL CIRCUITS

North-Caucasian Branch Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don

Keywords: simulation program, digital elements, Boolean algebra.

This article discusses the method of implementation of the program for the construction of logic circuits. It is recommended to use it in educational institutions in order to prepare students for the development of digital circuits.

Существующие в настоящее время полнофункциональные системы моделирования электронных схем обладают разнообразными возможностями. Однако они объемны, сложны в освоении, имеют иностранные графические отображения, не совпадающие с отечественными ГОСТ, как правило, распространяются на возмездной основе. Это делает их неприемлемыми для этапа начального освоения цифровой техники.

Предлагаемая программа проста в освоении, позволяет освоение сделать незаметным для обучаемого, не отвлекаться от сущностных вопросы. Схема, набранная на экране, после запуска сразу работает в соответствие с изображением. Сложность схемы ограничивается только размерами экрана. Программа реализует логическую модель устройства, учитывая задержки элементов пропорциональные их сложности. Коррекция схемы осуществляется простой перерисовкой изображения на экране. Цифровые элементы объединены в библиотеку.

В статье предлагается разработка простого, но эффективного программного обеспечения для обучения студентов основам схемотехники и принципам работы цифровых элементов.

Для упрощённой реализации программы использован подход разработок игр для персональных компьютеров. Подход предполагает, что каждый игровой объект представляет из себя некую сущность со своими свойствами, событиями и методами. А множество таких сущностей реализую платформу, так называемый «игровой движок» [2]. В OS семействаWindows [3] есть очень похожий по характеристикам объект – компонент WinForms [1], который и взят за основу организации программы.

Всем компонентам присвоена логика разных логических элементов (И, ИЛИ, НЕ и более сложных функциональных узлов), а также добавлены особые методы для взаимодействия друг с другом. Но самым главным является реализация специальной платформы, на которой базируются и взаимодействуют между собой все компоненты. Основной компонент назван «MatherBoard» и представляет из себя сетчатую площадку для размещения компонентов. Он хранит в себе специальную «карту» расположений элементов и реализует специальную физику взаимодействия компонентов.

В основе платформы «MatherBoard» использован компонент Windows – Panel [1]. В компонент были добавлены специальные поля и множество методов, а также «карта» расположений.

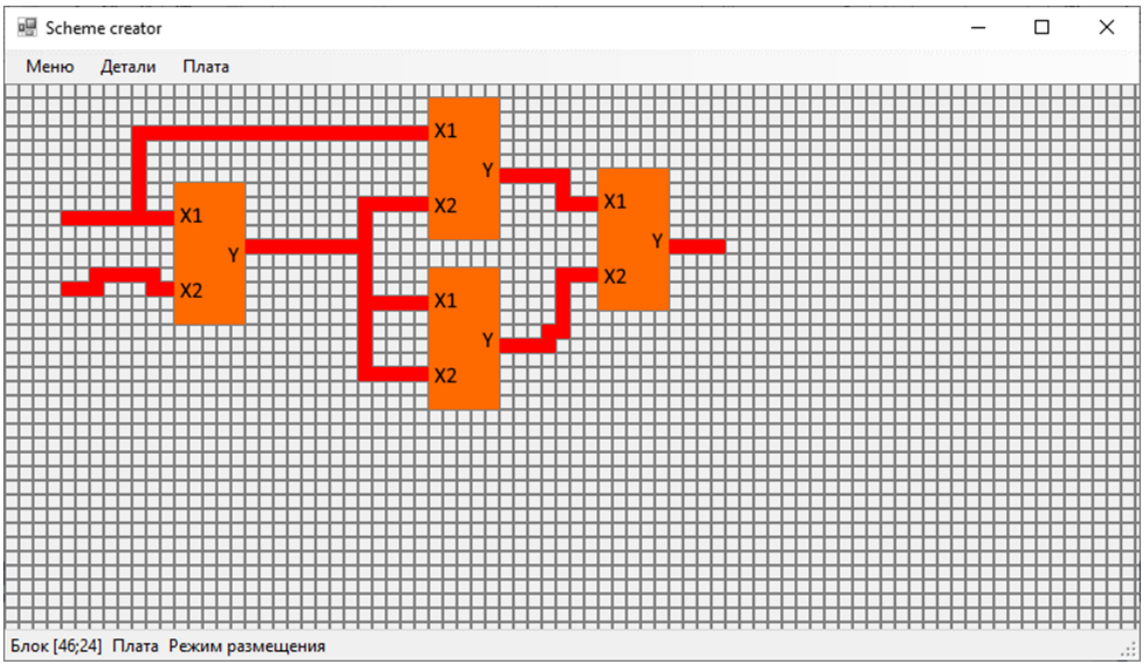
```
[
        Category("ChemaCreator"),
Description("Блокнаустановкудеаталей")
    ]
    public bool LockMove{ get; set; }

    [
        Category("ChemaCreator"),
Description("Логдлявывода")
    ]
    public ToolStripStatusLabelLogLabel{ get; set; }

    [
        Category("ChemaCreator"),
Description("Логдлявыводакомпаса")
    ]
    public ToolStripStatusLabelLogCompas{ get; set; }

    private intblockSize;
    [
        Category("ChemaCreator"),
Description("Размер блока на плате в PX")
]
    public intBlockSize
    {
        get { returnblockSize; }
        set
        {
blockSize = value;
BackgroundImage = functions.DrawGrid(blockSize);
}
    }

public Control[,] SparesMap = new Control[1000, 1000];

    private Functions functions = new Functions();

    public TableCraft()
    {
InitializeComponent();
functions.BlockSize = BlockSize;
}
```

Для реализация логических компонентов использован аналогичный подход. За основу взят всё тот же компонент «Panel». В компонент добавлены специальные поля и методы.

```
public partial class OrElement : Panel
   {
      private bool move = false;
      private Point difference;
      private Point CurentLocation;
      private Point CurentSize;

      private Functions functions = new Functions();
      private TableCrafttableCraft;

      [
         Category("ChemaCreator"),
Description("Главняплатформа")
      ]
      public TableCraftTableCraft
      {
         get { returntableCraft; }
         set
         {
tableCraft = value;
functions.BlockSize = tableCraft.BlockSize;
         }
      }

      public OrElement()
{
InitializeComponent();
      }

private void OrElement_MouseUp(object sender, MouseEventArgs e)
      {
         if (!TableCraft.LockMove&&e.Button == MouseButtons.Left)
         {
            move = false;
            Location = functions.Align(this);
            if (CurentLocation != null &&CurentSize != null)
TableCraft.DeleteSpareOnMap(CurentLocation, CurentSize);
CurentLocation = functions.LocationOnMap(this);
CurentSize = functions.PartSizeToBlocks(this);
varpartlist = TableCraft.GetAllSparesOnAreaMap(CurentLocation, CurentSize);
foreach (var spare in partlist)
            {
TableCraft.Controls.Remove(spare);
            }
TableCraft.SetOnMap(CurentLocation, CurentSize, this);
}
      }
}
```

Для подтверждения работоспособности предложенного метода построения программы моделирования был реализован основной компонент и логический компонент «ИЛИ». Компоненты представляют собой объекты, которые могут взаимодействовать между собой при помощи событий. Использование компонентов Windows значительно упростило процесс разработки программы. Для навигации в

программе были использованы самые простые и привычные компоненты типового интерфейса. Это упрощает освоение программы пользователем. Внизу экрана имеется панель уведомлений, в которой отображаются координаты размещения компонентов, активная модель и режим работы программы. Выбор требуемых компонентов происходит из выпадающего меню «Детали». Остальные инструменты взаимодействия с «Платой» и её настройки находятся в разделе «Плата».



Дальнейшая работа над программой осуществляется в направлении реализация всех основных моделируемых функциональных цифровых компонентов, оптимизации программы и обеспечении кроссплатформенности приложения. Решение этих задач позволит расширить возможности программы и упростить ее применение в условиях многообразия вычислительной техники учебных аудиторий.

Литература:
1. https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/
2. https://unity.com/ru
3. https://www.microsoft.com/ru-ru/windows

С.А. Качмар, А.Н. Чикалов

МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАФИКИ ПРИ ПОМОЩИ ШЕЙДЕРОВ DIRECTX

Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г.Ростов-на-Дону

Ключевые слова:графика, шейдер, процедура, конвейер.

В данной статье рассматривается архитектура и методика моделирования графики при помощи шейдеров на базе графического API DirectX. Это позволяет моделировать графику для медиа-приложений.

S.A. Kachmar, A.N. Chicalov

GRAPHICS MODELING WITH HELP SHADERS DIRECTX

North-Caucasian Branch Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don

Keyword: graphics, shader, procedure, pipeline.

This article discusses about architecture and techniques modeling graphics with shaders on graphics API DirectX. Thisallowscreatinggraphicsformedia-applications.

В условиях нарастающей информатизации всех сфер жизни общества во многих сферах стоит задача трехмерной графической визуализации для повышения наглядности и производительности работы. Например, интерактивные модели зданий и технических сооружений, геологические модели, моделирование физических и производственных процессов.

В статье предлагается рассмотреть архитектуру и методику моделирования графики посредством графического API DirectX на примере моделирования океана на языках программирования C# и HLSL. Описываемые методы универсальны и позволяют охватить множество задач из данной области.

Шейдер (англ. shader – затеняющий) - программа для определения окончательных параметров объекта (визуального определения поверхности объекта), предназначенная для исполнения графическим процессором. На сегодняшний день существуют большое количество Си-подобных языков программирования шейдеров: OSL, HLSL, GLSL, CG. В зависимости от используемого графического API (API - Application Programming Interface - интерфейс прикладного программирования), происходит компиляция кода программы на одном из данных языков в низкоуровневый ассемблер, содержащий непосредственно аппаратные инструкции (арифметические, логические, текстурные и т.п.).

Работа с графикой происходит путем формирования и отправки данных (называемой геометрией) в графический ускоритель (видеокарта), который, в свою очередь, при помощи шейдера обрабатывает данные и передает их на средство вывода (оперативная память или монитор).

Принцип работы с графическим ускорителем представляет собой последовательный конвейер, состоящий из следующих основных этапов:

1. Подготовка геометрии и атрибутов при помощи программы, написанной на языке программирования высокого уровня;
2. Вызов процедуры графическогоAPI DirectX, а, как следствие, соответствующего драйвера;
3. Передача данных на графический ускоритель при помощи драйвера с использованием шины PCI-Express;
4. Загрузка кода шейдера в оперативную память графического ускорителя, если его там еще нет;

5. Выполнение обработки графическим ускорителем всех полученных данных при помощи «вершинного шейдера»;

6. Выполнение графическим ускорителем растеризации, формирование выходной сцены в экранном пространстве и ее заполнение при помощи «фрагментного шейдера»;

7. Передача готового результата на средство вывода, называемое «RenderTarget». В качестве такового может быть как физическое средство вывода, так и собственная память графического ускорителя, благодаря чему данные могут быть использованы повторно.

Использования конвейера дает следующие преимущества:

- графический ускоритель может быть использован не только для вывода графики, но и для обработки большого объема любых структурированных данных, путем создания соответствующих форматов данных и программ шейдеров;
- все данные, полученные в результате работы графического ускорителя, могут быть сохранены и повторно использованы неограниченное число раз;
- во время работы графического ускорителя центральный процессор остается незадействованным, и может быть использован для подготовки следующего набора данных или для выполнения других задач.

На сегодняшний день существует большое количество библиотек и фреймворков, которые можно использовать для работы с графическим API DirectX при помощи языков программирования высокого уровня.

В качестве примера предлагается методика моделирования океана.

Для решения задачи моделирования океана был создан простой шейдер. Он включает в себя раздел описания констант: так называются переменные, задаваемые один раз для всего цикла рисования.

```
cbuffer Main
{
const float4x4 World;
const float4x4 View;
const float4x4 Projection;
const float3 EyePos;
const float time = 0;
const float2 Settings;
};
```

Константы шейдера могут использоваться непосредственно в коде. В данном случае используются стандартные константы: матрицы мира, вида и проекции для вывода на экран монитора, текущее время, настройки симуляции. Константы размещаются в специальном буфере в памяти, называемом «буфер констант» («constantbuffer»). Таких буферов может быть множество, и для установки значений констант буфер целиком перезаписывается при помощи графического API до начала выполнения шейдера.

Вершинный шейдер состоит из следующего кода:

```
voidVSWater(
float4inputPos : POSITION0,
float3 normal : NORMAL0,
out float4 outputPos : POSITION0,
out float3 outNormal : NORMAL0,
out float3 world : TEXCOORD0)
{
        inputPos.xyz = inputPos.xyz;
        normal.xyz = normal.xyz ;
world = inputPos.xyz;
float3nn = 0;
float h = 0;
ComputeWaves2(nn.xz, h, -inputPos.xz * 2, 3, 1);
float3posOff = 0;
posOff.xz = nn;
ComputeWaves2(nn.xz, h, -inputPos.xz.yx * 2 * 5, 1, -1);
nn.y = 1;
nn = normalize(nn);
inputPos.y += h * 0.075;
normal.xz = normal.xz + nn.xz * 0.6;
inputPos.xz -= (posOff.xz * 3 * 0.2);
        outputPos = mul(mul(inputPos, View), Projection);
        outNormal = normalize(normal);
}
```

Он обрабатывает непосредственно каждый элемент входных данных, а поскольку работа идет с трехмерной графикой – этими элементами являются вершины. Для каждой вершины рассчитывается высота и смещение на основе положения волн.

Фрагментный шейдер состоит из следующего кода:

```
voidPSWater(
float3 normal : NORMAL0,
float3 world : TEXCOORD0,
floatvFace : VFACE,
out float4 color : COLOR0)
{
if (Settings.y == 1)
   {
      //Grid
float3 cl = 0.5 + 0.5 * frac(world.x) * frac(world.y + world.z);
float3 t = abs(dot(normal, float3(0, 1, 1))) * cl;
        color = float4(t, 1);
   }
else if (Settings.y == 2)
   {
      //Speeds
float diff = length(normal.xz) / 1.41;
float grad = tan(diff) * 2.0;
color = float4(lerp(float3(0, 0, 0.5), float3(1, 0, 0), saturate(grad)), 1);
   }
else
   {
      //Fresnel
      float fresnel = pow(saturate(1.0f - abs(dot(normalize(world - EyePos),
normalize(float3(normal.x * 0.5, normal.y, normal.z * 0.5))))), 4.0);
color = float4(lerp(4 * float3(0, 0.025, 0.037), float3(0.7, 0.8, 1), fresnel), 1);
}
}
```

Данный шейдер вычисляет для каждого пиксела на экране свой цвет. Он поддерживает 3 режима визуализации, выбор которых происходит при помощи условного оператора if.

На языке программирования C# программа, осуществляющая установку констант, запуск шейдера и отправку геометрии выглядит следующим образом:

```
        oceanEffect.Parameters["World"].SetValue(Matrix.Identity);
        oceanEffect.Parameters["View"].SetValue(camera.GetViewMatrix());
        oceanEffect.Parameters["Projection"].SetValue(proj);
        oceanEffect.Parameters["EyePos"].SetValue(camera.Position);
        oceanEffect.Parameters["time"].SetValue((float)(gameTime.TotalGameTime.TotalSeconds / 60.0));
        oceanEffect.Parameters["Settings"].SetValue(new Vector2(setWindPower, setColorMode));
        oceanEffect.CurrentTechnique.Passes[0].Apply();
        foreach (var item in ocGrid.Meshes)
                {
        foreach (var part in item.MeshParts)
                  {
        GraphicsDevice.SetVertexBuffer(part.VertexBuffer);
        GraphicsDevice.Indices = part.IndexBuffer;
        GraphicsDevice.DrawIndexedPrimitives(PrimitiveType.TriangleList, 0, 0, part.VertexBuffer.VertexCount, 0, part.PrimitiveCount);
        }
                }
```

Стоит учесть, что, поскольку передача данных происходит при каждом цикле визуализации (рендеринга), а физическая пропускная способность шины PCI ограничена, следует минимизировать объем передаваемых данных. Один из основных методов – не передавать излишних данных. В данном примере на вход передаются вершины, содержащие трехмерные координаты, но, поскольку, вершинный шейдер вычисляет высоту каждой вершины на основе положения волн, целесообразно не передавать Y-координаты вершин.

Подобный принцип работы с шейдерами и трехмерной графикой универсален, и может быть использован при работе с другими известными графическими API (DirectX, OpenGL).

Литература:

1. Programming Guide for HLSL[Электронный ресурс]. URL: https://docs.microsoft.com/en-us/windows/desktop/direct3dhlsl/dx-graphics-hlsl-pguide

2. Pearson Education, Inc. – GPU Gems, 2007г.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

INFORMATION SECURITY

Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник, П.В. Закалкин, Р.А. Корнюшенко

КОНЦЕПЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАСТУПАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ В КИБЕРПРОСТРАНСТВЕ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: информационная безопасность, киберпространство, кибервойна, кибероперации, наступательные операции.

Аннотация: Современная война перешла в киберпространство и сражения проходят не на линии, а на всей поверхности территорий воюющих стран; воюют в четырехмерном пространстве, где четвертым измерением является виртуальное пространство глобальных информационных сетей – киберпространство. Агрессивная политика США в киберпространстве делает актуальной задачу проведения оборонительных операций, для разработки которых необходимо четкое понимания тактики действий США при подготовке и проведении наступательных кибероперацій в киберпространстве. Статья рассматривает основные этапы подготовки наступательных кибероперацій согласно взглядам специалистов США. Проводится анализ требований к кибероружию, применяемому в кибероперациях.

E.V. Vershennik, A.V. Vershennik, P.V. Zakalyukin, R.A. Kornushenko

CLASSIFICATION OF METHODS OF UNAUTHORIZED ACCESS TO FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINES

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: information security, optical fiber, information security, unauthorized access.

Annotation: Currently, fiber-optic cable is widely used for the construction of telecommunication networks of different levels. The article presents the main methods of unauthorized access to fiber-optic communication lines. The classification of methods of unauthorized connection to fiber optic cable is proposed.

В современных условиях революционный прорыв ведущих государств в технологической и информационной сферах, с одной стороны, ускорил процесс глобализации, а с другой - значительно обострил негативные явления, сопровождающие этот процесс. Неизмеримо возросшие возможности вооруженных сил современных государств по сбору, обработке и распределению информации стали важнейшими факторами в современной войне. Широкомасштабное использование информационных и других инновационных технологий послужило основой для создания качественно нового поколения средств вооруженной борьбы и существенно расширило сферы их применения. Подтверждается проверенная

временем закономерность: новые средства ведения войны неизбежно приводят к появлению новых форм применения войск (сил) [1]. Так, в настоящее время в настоящее время сражения проходят не на линии, а на всей поверхности территорий воюющих стран; воюют в четырехмерном пространстве, где четвертым измерением является виртуальное пространство глобальных информационных сетей – киберпространство.

Подтверждением данного факта служат активная разработка новых концептуальных подходов и базовых положений доктрин кибервойн ведущими государствами мира, создание соответствующих командований и структур, совершенствование сил и средств противоборства в киберпространстве, расширение и существенное увеличение финансирования исследовательских и военных учреждений, занимающихся разработками в области применения кибернетического оружия.

Активнее всего разработка концептуальных положений борьбы в киберпространстве ведется в ВС США.

Согласно [10], под ***операциями (действия) в киберпространстве*** понимается использование кибернетического потенциала, основной целью которого является достижение поставленных задач либо в киберпространстве, либо с помощью или посредством киберпространства.

Операции в киберпространстве по содержанию решаемых задач классифицируются военными экспертами США как *наступательные* (Offensive Cyber Warfare), *оборонительные* (Defensive Cyber Warfare) и *разведывательные* (Cyber Warfare Intelligence). Существует также понятие «операция по захвату преимущества и вытеснению противника в киберпространстве» (Cyber Warfare Preemption), однако такая форма противоборства специалистами обычно не рассматривается как самостоятельная.

Основными фазами операции в киберпространстве являются: подготовка (Preparation), взаимодействие (Engagement), присутствие (Presence) и эффект/последствия (Effect/Consequence) [11].

Вооруженные силы США активно развивают стратегию наступательных кибероперацій. Подготовка наступательной операции в киберпространстве включает в себя все этапы, предшествующие контакту с противником. На Рисунке 1 представлены составляющие подготовительного этапа наступательной кибероперации.

Рисунок 1. Подготовительный этап наступательной кибероперации

После разработки плана операции, прежде чем начать взаимодействие с сетями противника, необходимо определить цель, т.е. осуществить поиск и идентифицировать соответствующие сети, которые будут подвергнуты атаке.

Сбор сведений о сетях противника осуществляется силами разведывательных служб и является долгосрочным процессом, который подразумевает накопление информации о противнике, необходимой для правильной расстановки приоритетов между сетями. Этап классификации сетей не является тривиальным и требует глубокого осмысления и понимания порядка действий противника. Результатом выполнения данного этапа является тщательно отобранный ранжированный список конкретных сетей, имеющих ключевое значение и воздействие на которые приведет к снижению эффективности действий противника.

Следующим этапом является оценка своих возможностей, в частности оценка аппаратного и программного обеспечения (кибероружия), используемого для воздействия на вражеские платформы.

Кибероружие обладает рядом особенностей, отличающих его от «традиционных» видов вооружения:

- специфическая область применения (киберпространство), в которой нет физических преград и государственных границ, практически неограниченная дальность распространения воздействия;
- широкие возможности обеспечения скрытности источника применения;
- нематериальность, облегчающая производство и распространение (копирование) средств воздействия.

Вышеуказанные отличия определяют ряд особенностей, характерных для развития кибероружия:

- в отличие от «традиционных» видов вооружения, для серийного производства которых необходимо достаточно мощное производство, однажды разработанные программные варианты кибероружия распространяются простым копированием; для его производства не нужны крупные производственные мощности и специальное оборудование;
- сложность противодействия до начала использования в связи с отсутствием признаков подготовки к применению;
- сложность определения, какого типа средствами и кем конкретно осуществлялось кибернападение. [12]

При всем этом, цикл разработки кибероружия намного короче, проще и дешевле цикла разработки кинетического оружия.

В зависимости от целей к кибероружию предъявляются различные требования (Рисунок 2).

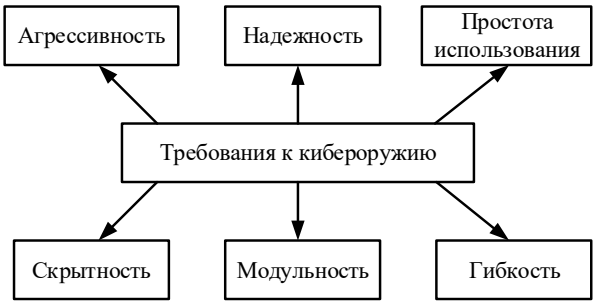


Рисунок 2. Требования, предъявляемые к кибероружию

Для кибероружия, основной задачей которого является длительное скрытое функционирование (в том числе в сетях противника), предъявляются такие требования как: скрытность, гибкость и модульность.

Скрытность подразумевает возможность скрытно функционировать в сетях противника в течение своего жизненного цикла. Обнаружение противником используемого кибероружия может привести к обнаружению всей наступательной платформы и скомпрометировать цели, против которых она в настоящий момент используется. Данный факт может привести к остановке наступательной операции до момента внесения изменений и внедрения новых механизмов скрытия наступательной платформы, что потребует больших инвестиций во времени и ресурсах, а также потенциально нанесет урон своим сетям.

Гибкость подразумевает предоставление возможности операторам использовать кибероружие для обхода сетей противника, сбора разведданных и создания новых средств воздействия на наиболее важные цели.

Модульность, должна позволять операторам использовать в определенный момент времени только необходимые им возможности кибероружия, тем самым уменьшая объем и площадь использования кибероружия, что будет являться еще одним механизмом оперативной безопасности и скрытия процесса использования кибероружия [13].

Кибероружие, используемое для проведения агрессивных наступательных операций (например, проведение атак «Типа отказ в обслуживании») и не требующее скрытого функционирования, должно соответствовать следующим требованиям: надежность, агрессивность, простота использования.

Данный тип кибероружия будет использоваться передовыми подразделениями, оно должно быть в состоянии действовать против широкого спектра целей (в том числе и в непредвиденных обстоятельствах), реализуя требуемый и предсказуемый эффект.

В отличие от первого типа оружия, у операторов не будет времени для повторного развертывания модулей или организации обхода сетей противника в режиме реального времени. Данный тип кибероружия должен быть способен самостоятельно выполнять свои задачи без какой-либо помощи.

Разработка и применение любого кибероружия требует значительных инвестиций в исследования уязвимостей программного и аппаратного обеспечения. Данные уязвимости позволят злоумышленнику нарушить работу, скомпрометировать цель или перевести ее в некорректный режим работы, а также заставить выполнять необходимый код. Исследования уязвимостей охватывают весь спектр программного обеспечения от операционных систем (таких как Microsoft Windows, Linux) до специализированного программного обеспечения [13].

На следующем этапе - разведки сетей противника - осуществляется поиск уязвимостей. Поиск программных уязвимостей достаточно сложная задача как для стороны, проводящей наступательную операцию, так и для обороняющейся стороны. Большая часть уязвимостей программного обеспечения известна и обнародована в соответствующих базах (например, CVE). Таким образом, с одной стороны, существует база данных общеизвестных уязвимостей, которую можно использовать при проведении наступательной операции, с другой стороны, эти уязвимости известны и обороняющейся стороне, что позволяет ей устранять их.

На основании плана операции, собранных данных и результатов анализа уязвимостей и сетей противника осуществляется определение инструментов, которые будут применяться в наступательной операции. После чего начинается проведение операции и переход к фазе взаимодействия.

Выводы: агрессивная политика военного руководства США в киберпространстве подтверждает факт происходящего пересмотра основных положений военного искусства с учетом изменившегося характера военно-стратегической обстановки и глубокого проникновения киберпространства в деятельность вооруженных сил. При этом отмечается активная разработка теории ведения боевых действий в киберпространстве. Создается технологический задел и осуществляется освоение соответствующих способов и форм кибернетического противоборства.

В этих условиях остро стоит необходимость разработки:

1. Адаптированного к условиям проведения операций в киберпространстве методического аппарата (моделей, методик и алгоритмов), позволяющего проводить исследования в предметной области и прогнозировать развитие различных проблемных ситуаций с позиций организации операций на киберпространстве;

2. Научно обоснованных теоретических моделей и методологии исследования проблемы организации и ведения операций в киберпространстве в условиях современных войн;

3. Терминологии в сфере деятельности в киберпространстве в военных целях, ее строгой формализации и последующего официального утверждения.

Литература:

1. Хамзатов М.М. К вопросу о характере современных операций / Электронный ресурс. URL:htpp// constitutions.ru/?p=8164. Дата обращения 25.04.2019

2. США изучают возможности кибероперaций в контексте применения традиционных вооружений https://news.rambler.ru/army/41538225-ssha-otsenyat-riski-ot-primeneniya-kiberoruzhiya/?updated

3. Bolton says U.S. is conducting ‘offensive cyber’ action to thwart would-be election distrupters [электронный ресурс] https://www.washingtonpost.com/world/national-security/bolton-acknowledges-us-has-taken-action-to-thwart-would-be-election-disrupters/2018/10/31/0c5dfa64-dd3d-11e8-85df-7a6b4d25cfbb_story.html?noredirect=on&utm_term=.e2969be36063

4. «Прощание с иллюзией превосходства»: зачем в США создают Агентство по кибербезопасности https://russian.rt.com/world/article/574285-ssha-kiberbezopasnost-tramp-agentstvo

5. Дональд Трамп перешел в киберконтратаку https://www.kommersant.ru/doc/3714892

6. Вершенник Е.В., Закалкин П.В., Стародубцев Ю.И. Кибернетические воздействия на информационно-телекоммуникационные сети связи // В сборнике: Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. Труды III Межвузовской научно-практической конференции. 2018. С. 210-213.

7. Закалкин П.В., Вершенник Е.В. Проблема оценки защищенности государственных информационных систем // В сборнике: Современные информационные технологии. Теория и практика. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции . Отв. ред. Т.О. Петрова. 2018. С. 171-174.

8. Стародубцев Ю.И., Чукариков А.Г., Корсунский А.С., Сухорукова Е.В. Принципы безопасного использования инфраструктуры связи применительно к условиям техносферной войны // В сборнике: Интегрированные системы управления. сборник научных трудов научно-технической конференции. 2016. С. 199-206.

9. Закалкин П.В., Вершенник Е.В. Характеристика основных операторов связи общемирового единого инфокоммуникационного пространства // В сборнике:

Современные информационные технологии. Теория и практика Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции . Отв. ред. Т.О. Петрова. 2018. С. 174-177.

10. Руководящий документ ВВС США AFDD3-12 "Операции в киберпространстве" от 15 июля 2010 года.

11. Application of the Common Cyber Threat Framework // James Richberg july18, 2018. Office of the director of national intelligence

12. http://e-notabene.ru/nb/article_25377.html

13. Targeting Technology: Mapping Military Offensive Network Operations // 2018 10th International Conference on Cyber Conflict CyCon X: Maximising Effects. T. Minárik, R. Jakschis, L. Lindström (Eds.) 2018 © NATO CCD COE Publications, Tallinn

М.Г. Гизатуллин, В.А. Цепаев

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ВРЕДОНОСНОГО КОДА НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ С РЕСУРСАМИ СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: информационная система, вычислительное устройство, угроза, безопасность информации, пользователь.

В статье представлен анализ угрозы вредоносного кода на вычислительное устройство пользователя при работе с ресурсами сети Интернет через рекламу и (или) иной контент.

M.G. Gizatullin, V.A. Tsepaev

SOME ASPECTS OF IMPLEMENTATION OF A MALICIOUS CODE ON THE COMPUTING DEVICE OF THE USER DURING THE WORK WITH INTERNET RESOURCES

Ural Law Institute of the Ministry of the Interior of Russia, Yekaterinburg, Russia

Keywords: information system, computing device, threat, safety of information, user.

The analysis of threat of a malicious code on the computing device of the user during the work with Internet resources through advertizing and (or) other content is presented in article.

Современный человек – это своего рода пользователь (потребитель) информационных сервисов (информационного контента). Различного типа организации (операторы связи и т.д.) ежедневно предлагают пользователю тот контент в информационной сфере, который на их взгляд будет интересен для пользователя, то есть позволит удовлетворить информационные потребности пользователя. Пользователь же все чаще и чаще предъявляет различного рода требования к этому информационному контенту. «Львиная» доля наиболее востребованных пользователями сервисов данных организаций представлена

ресурсами сети Интернет. Рассматривая контент в информационной сфере, необходимо обратить должное внимание на интересы пользователя (потребителя данного информационного контента) в информационной сфере. Интересы пользователя [1], в общем виде, можно представить в виде реализации конституционных прав человека и гражданина на доступ к информации, на использование информации в интересах осуществления не запрещенной законом деятельности, физического, духовного и интеллектуального развития, а также в защите информации, обеспечивающей личную безопасность.

В общем виде, под информационной безопасностью личности необходимо понимать состояние защищенности ее интересов в информационной сфере.

Рассматривая же подход к обеспечению информационной безопасности личности необходимо должное внимание уделить выявлению всевозможных угроз, которые «активно» себя проявляют при работе пользователя с различного типа информационным контентом.

В работе представлен анализ угрозы вредоносного кода на вычислительное устройство пользователя при работе с ресурсами сети Интернет через рекламу и (или) иной контент.

В качестве вычислительного устройства пользователя можно выделить:

- вычислительное устройство, пользователь которого обладает правами собственника (личное (персональное) устройство пользователя);
- вычислительное устройство, пользователь которого является работником (сотрудником) организации (учреждения, предприятия) и данное устройство находится на балансе организации (учреждения, предприятия).

В первом приближении будет раскрыто описание угрозы вредоносного кода на вычислительное устройство пользователя при работе с ресурсами сети Интернет через рекламу и (или) иной контент. Далее будет представлен анализ данной угрозы.

Угроза вредоносного кода на вычислительное устройство пользователя при работе с ресурсами сети Интернет состоит в возможности внедрения «нарушителем безопасности информации» в вычислительное устройство пользователя вредоносного кода через рекламу и (или) иной контент при посещении пользователем различного рода сайтов в сети Интернет или установкой программного обеспечения с функционалом представления рекламы. «Нарушителем безопасности информации» принято считать физическое лицо (субъект), случайно или преднамеренно совершившее действия, следствием которых является нарушение безопасности информации при ее обработке техническими средствами в различных информационных системах [2]. Внутренний «нарушитель безопасности информации» – это «нарушитель безопасности информации», находящийся внутри информационной системы на момент начала реализации той или иной угрозы безопасности информации. Внешний «нарушитель безопасности информации» – это «нарушитель безопасности информации», находящийся вне информационной системы на момент начала реализации той или иной угрозы безопасности информации. В данном случае, к внутренним нарушителям можно отнести, например, инсайдеров.

Угроза вредоносного кода на вычислительное устройство пользователя при работе с ресурсами сети Интернет, в большей степени, проявляется «слабым звеном» механизмов как внутреннего, так и внешнего сетевого трафика, а также ослаблением антивирусного мониторинга пользователя (как в индивидуальном (личном) аспекте), так и организации пользователя в целом. Данная угроза, в большей степени, имеет

место быть при посещении пользователями различных сайтов сети Интернет в рамках используемых пользователями вычислительных устройств.

Рассматривая достаточный функционал «нарушителя безопасности информации», можно отметить, что к нему можно отнести меру усилий, которые затрачивает «нарушитель безопасности информации» при реализации угроз безопасности информации в вычислительном устройстве пользователя [3]. Достаточный функционал «нарушителя безопасности информации» бывает низкий, средний и высокий.

Под высоким достаточным функционалом «нарушителя безопасности информации» понимается наличие возможностей уровня организации (группы организаций, государства) по разработке и использованию специальных средств эксплуатации уязвимостей.

Под средним достаточным функционалом «нарушителя безопасности информации» понимается наличие возможностей уровня группы лиц (организации) по разработке и использованию специальных средств эксплуатации уязвимостей.

Под низким достаточным функционалом «нарушителя безопасности информации» понимается наличие возможностей уровня одного человека по приобретению (в свободном доступе на бесплатной или платной основе) и использованию специальных средств эксплуатации уязвимостей.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. В качестве источника угрозы вредоносного кода на вычислительное устройство пользователя при работе с ресурсами сети Интернет можно выделить внутреннего нарушителя с низким потенциалом.

2. В качестве объекта воздействия реализации угрозы можно выделить сетевое программное обеспечение пользователя.

3. В качестве последствия реализации угрозы вредоносного кода на вычислительное устройство пользователя при работе с ресурсами сети Интернет можно выделить:

- нарушение целостности информации;
- нарушение доступности информации.

Рассматриваемый материал может быть использован в учебном процессе образовательных организаций высшего образования в рамках организации практических и семинарских занятий, а также лабораторных работ по учебным дисциплинам, «затрагивающим» область обеспечения информационной безопасности и защиты информации для формирования у обучающихся данных образовательных организаций необходимых и достаточных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в области обеспечения информационной безопасности и защиты информации.

Литература:

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 05.12.2016 № 646 [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 15.04.2019).

2. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53113.1-2008 «Информационная технология. Защита информационных технологий и автоматизированных систем от угроз информационной безопасности, реализуемых с использованием скрытых каналов. Часть 1. Общие положения» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.12.2008 № 531-ст) [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 15.04.2019).

3. Официальный сайт Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК России) [Электронный ресурс]. – URL:http://www.fstec.ru/ (дата обращения: 15.04.2019).

А.В. Нечаев

АНТИФРОД СИСТЕМЫ И ПРИНЦИПЫ ИХ РАБОТЫ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: антифрод, транзакции, защита информации, утечка данных, интернет-мошенничество.

В статье представлены основные принципы построения антифрод-систем, рассмотрены актуальные проблемы современных систем защиты платежных сервисов, определены основные тенденции в формировании стойких комплексных методов противодействия мошенничеству.

A.V. Nechaev

ANTIFRAUD SYSTEMS AND PRINCIPLES OF THEIR WORK

Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education «Don State Technical University», Rostov-on-Don, Russia

Keywords: antifraud, transactions, data protection, data leakage, Internet fraud.

The article presented the basic principles of building antifraud systems, considers the current problems of modern payment service protection systems and identifies the main trends in the formation of persistent integrated methods of combating fraud.

Фрод в общем смысле, — это мошенничество, действия с целью завладеть чужим имуществом (товарами или деньгами) через обман.

В это понятие входят поступки от взятия кредита по поддельным документам до злоупотребления условиями возврата товаров в магазине.

Фактически, фродом можно назвать действия, представляющие финансовый риск для отдельного человека или организации, и при этом не включающие открытый грабеж с применением агрессивных методов.

По статистике, большинство случаев мошенничества приходится на карточный фрод.

Чтобы понять особенности работы антифрод-системы, сначала схематически рассмотрим цепочку событий, из которых состоит любая покупка в интернете, представленную на Рисунке 1.

Рисунок 1. Цепочка событий при онлайн-покупке

Каждая стрелка означает взаимодействие, требующее передачи данных. Если первым звеном цепи станет мошенник, то все следующие звенья так или иначе пострадают:

- Покупатель в этой схеме – реальный владелец карты или мошенник, ставший обладателем его данных;
- Торговое предприятие (в терминах электронных платежей: мерчант) – например, онлайн-магазин;
- Электронная платежная система (например, Яндекс.Деньги, WebMoney)– сервис, принимающий оплату через Интернет;
- Банк-эквайер – банк, предоставляющий магазину услуги по обработке карточных платежей;
- Платежная система (например, Visa, Master Card, МИР) – отвечает за расчеты между банками;
- Банк-эмитент — банк выпустивший карту, которой покупатель пытается оплатить товар.

Фрод становится возможен из-за использования данных добросовестного клиента мошенниками, вследствие их хищения через фишинг (мошенничество с целью получения конфиденциальных данных), скимминг (мошенничество при котором производится операция с использованием платежной карты, не инициированная или не подтверждённая её держателем при помощи специального устройства), а также прямую утечку данных.

Для покупателя онлайн-покупка кажется единой операцией с расчетами в реальном времени, но расчеты между стоящими далее по цепочке организациями проходят в течение нескольких дней.

Если мошенничество вскрылось, то пострадавшая сторона может попросить банк о возврате списанной суммы, а магазин, допустивший оплату с помощью ворованных данных, будет вынужден возместить стоимость покупки.

Если среди всех транзакций организации мошеннических окажется 1% и более от общего количества, то международные платежные системы могут подать исковое заявление в суд на эту организацию. Чтобы исключить подобные сложности, в игру вступают антифрод-системы, работающие на стороне банка, платежной системы или онлайн-магазина.

В современном понимании антифродом называется аналитическая система и комплекс мер для оценки финансовых транзакций (в том числе – в Интернете) на предмет вероятности мошенничества.

Системы антифрода пытаются выявить мошеннические действия по характеристикам транзакции и клиента.

Распознавая необычное поведение и применяя встроенные фильтры, антифрод-решение оценивает риск транзакции и применяет определенные меры, запрещая или разрешая её проведение либо рекомендации по дальнейшей обработке события уже силами сотрудников банка (фрод-аналитиками).

На рынке представлено много решений со своими особенностями архитектуры и функционала, но их принципы работы схожи.

Совершая покупку в онлайн-магазине, покупатель оформляет заказ и переходит на страницу оплаты сообщая минимальные данные, – номер карты, имя ее владельца, CVC код.

Но фактически передаваемых данных намного больше: это сведения о среде выполнения (браузере, ОС и устройстве), IP-адрес, куки, включающие идентификатор http-сессии, и т.д.

Пользователь, делая покупку, совершает действие в браузере или мобильном приложении, транзакция направляется на backend-сервер банка и далее во внутренних банковских информационных системах для проведения расчетов.

Рассмотрим общие принципы работы антифрод-системы со стороны банка, которые представлены на Рисунке 2.

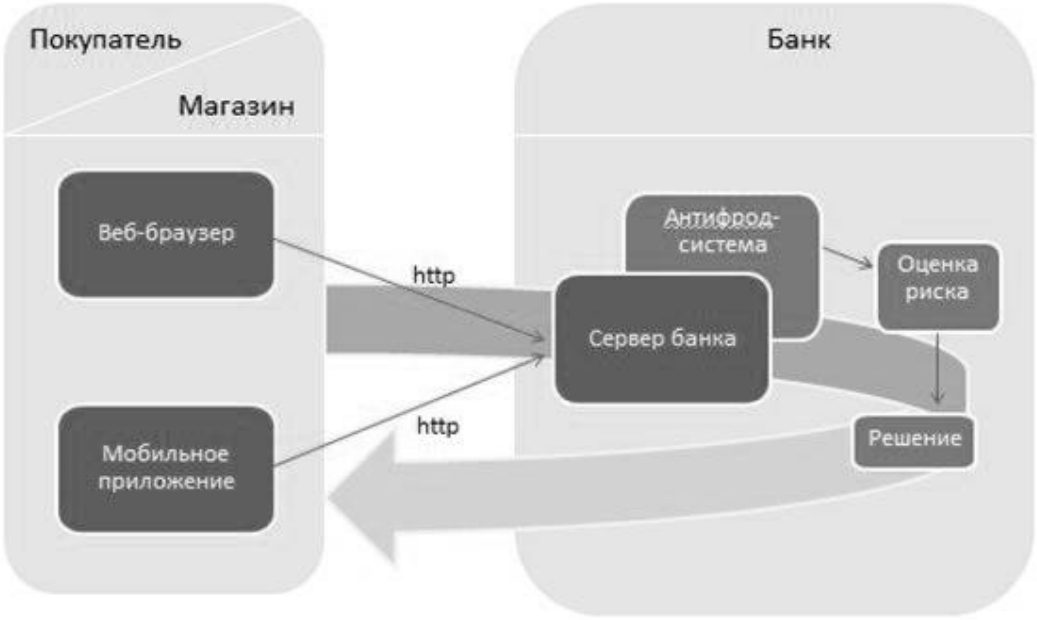


Рисунок 2. Общие принципы работы антифрод-системы на стороне банка

Backend-сервер банка передает сведения о транзакции в антифрод-систему и ждет разрешения на «проведение» платежа и его фиксацию в автоматизированных банковских системах.

Антифрод-система (и иногда – фрод-аналитик) анализируют сведения, чтобы принять решение о легитимности этой транзакции. Для чего обрабатывает пришедшие платежи, оценивает их риск, если требуется - инициирует другие сервисы (такие как дополнительная аутентификация клиента) и передает обратно решение. В результате – оплата пользователя оказывается подтвержденной или отклоненной.

Рассмотрим структуру антифрод системы представленную на Рисунке 3.

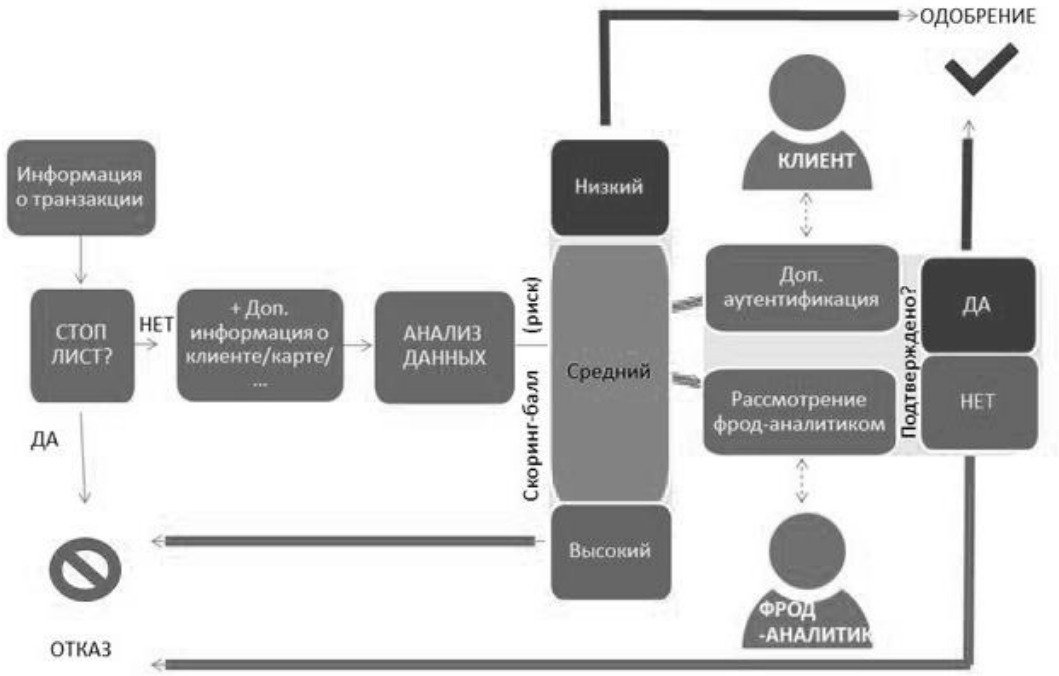


Рисунок 3. Структура антифрод-системы

Первый этап контроля: стоп-листы. Это «жесткие» фильтры: если характеристики транзакции содержит сведения, относящиеся к стоп-списку, любые дальнейшие проверки прекращаются, и транзакция отклоняется. Обычно проверяется номер карты, IP-адрес, торговая точка, страна.

Антифрод-система проверит, нет ли номера карты в списке номеров, использованных преступниками или замеченных на черном рынке, не отмечен ли магазин как подозрительный.

Оценка риска осуществляется подсчётом скоринг-балла - это цифра, указывающая на степень подозрительности клиента. Если транзакция не заблокирована сразу на основе стоп-листов, то антифрод-система применяет ряд правил для оценки степени риска.

В первую очередь информация о транзакции дополняется сведениями о клиенте, его карте, истории расчетов, основанных на многочисленных системах банка и других источников (например, скорость передвижения пользователя может быть оценена по геолокационным данным с его мобильного устройства).

Транзакции присваивается определенный балл: от «безопасного» (зеленый) до «требующего дополнительной проверки» (желтый) или же «крайне подозрительного» (красный).

Правила антифрод-системы устанавливают ограничения (лимиты) на транзакции исходя из таких факторов, как:

- количества покупок одним клиентом или по одной карте за определенный отрезок времени;
- сумму одной покупки по карте (или одним клиентом) за отрезок времени;
- количество карт, которыми за определенный промежуток времени пользуется один клиент;
- количество пользователей, совершающих покупки по одной и той же карте;
- история операций данного клиента магазина / держателя карты;
- профиль среднего покупателя магазина, в котором совершается онлайн-покупка.

Основной триггер (сигнал), по которому событие маркируется как подозрительное, - неоднородность данных или событие, не характерное для этого клиента или профиля (группы) клиентов, к которым он относится.

Антифрод-системы хранят и обрабатывают большие объемы данных с использованием сложных математических методов и могут выявлять связи, неочевидные даже для внимательному сотрудника и новые необычные паттерны, еще не описанные существующими в системе сценариями.

Однако можно привести примеры ситуаций, которые антифрод-система с большой вероятностью оценит, как несущие высокий риск.

К типичным подозрительным операциям при онлайн-покупке относятся:

- оплата по одной карте с разных устройств, имеющих разные IP адреса;
- оплата с одинакового устройства и IP адреса с использованием различных карт;
- повторные неудачные попытки подтверждения транзакции;
- использование одной и той же карты для оплаты заказов разных учетных записей в одном и том же онлайн-магазине;
- различия в имени учетной записи покупателя онлайн-магазина и владельца карты, с которой оплачен заказ;
- разные страны покупателя, магазина и банка-эмитента карты.

Условный скоринг-бал, обозначающий степень риска транзакции, определяет, будет ли она признана безвредной и одобрена, требующей дополнительного подтверждения личности клиента (аутентификации) и/или рассмотрения аналитика или же сразу отнесена к мошенническим и отклонена.

Если антифрод-система присвоила транзакции уровень риска, требующий дополнительной аутентификации, то после ввода данных вашей карты вы можете получить email с просьбой подтвердить совершение покупки, СМС с кодовым словом, push-уведомление в мобильном приложении.

Кроме того, банк может заблокировать небольшую сумму на вашей карте и затем попросить вас ввести ее точное значение, чтобы убедиться, что карта действительно принадлежит вам. При крупных суммах транзакции вам может позвонить сотрудник банка для подтверждения платежа.

После благополучной аутентификации антифрод-система дает разрешение транзакции.

Одна из самых известных антифрод-систем SAS AML (SAS AntiMoney Laundering - «Антиотмывание денег» - название говорит само за себя).

Система подобного рода состоит из функциональных частей представленных ниже.

Хранение данных. Не углубляясь в технические детали, отметим, что в распоряжении антифрод-системы имеется: информация о клиентах и их транзакциях, техническая информация о структуре данных, настраиваемые правила и стоп-листы, история всех оповещений о подозрительных операциях, сгенерированных системой, а также – история всех принятых по этим уведомлениях решений сотрудников антифрод-подразделения банка.

Триггеры и оповещения. Эта часть системы, также как и хранение данных, скрыта от глаз обычного пользователя.

Под сценарием понимается некая типовая ситуация, на которую система должна отреагировать определенным образом.

Помимо библиотеки типовых сценариев, уже имеющихся в системе, сотрудники банка могут создавать свои.

Система позволяет реагировать на события и транзакции на основе различных правил:

- отдельных событий (например, одноразового изменения адреса местоположения клиента банка);
- исторической цепочки событий (например, ряда покупок, сделанных с небольшим временным интервалом в различных локациях);
- поведенческих сценариев (то есть сочетания различных действий клиента в течение определенного времени – например, изменения привязанного к карте номера мобильного, за которым следует снятие крупной суммы наличных в банкомате).

Система позволяет настраивать правила, на основе которых меняется внутренний скоринг-балл клиента, постоянно дорабатывая точность реагирования. Настраивать также можно исключения (события, на которые системе реагировать не следует) и правила распределения случаев («инцидентов») по сотрудникам банка для дальнейшего внимательного «ручного» контроля.

Расследование. Операции, отмеченные системой как подозрительные, вовсе не всегда автоматически блокируются.

Есть еще один слой контроля – ручное расследование, проводимое сотрудниками банка.

Обычно события, автоматически отмеченные как подозрительные, система отправляет на рассмотрение сотрудникам специального отдела, отвечающего за мониторинг трансграничных операций.

Встроенная аналитика. Программное обеспечение на основе Big data могут выявить схемы мошенничества, не описанные ни одним существующим на данный момент фиксированным сценарием. В антифрод-системах используются не только численные методы, но и анализ естественного языка.

Визуализация данных позволяет наглядно отобразить общую картину.

График на Рисунке 4 наглядно показывает объем транзакций и связи между различными клиентами.

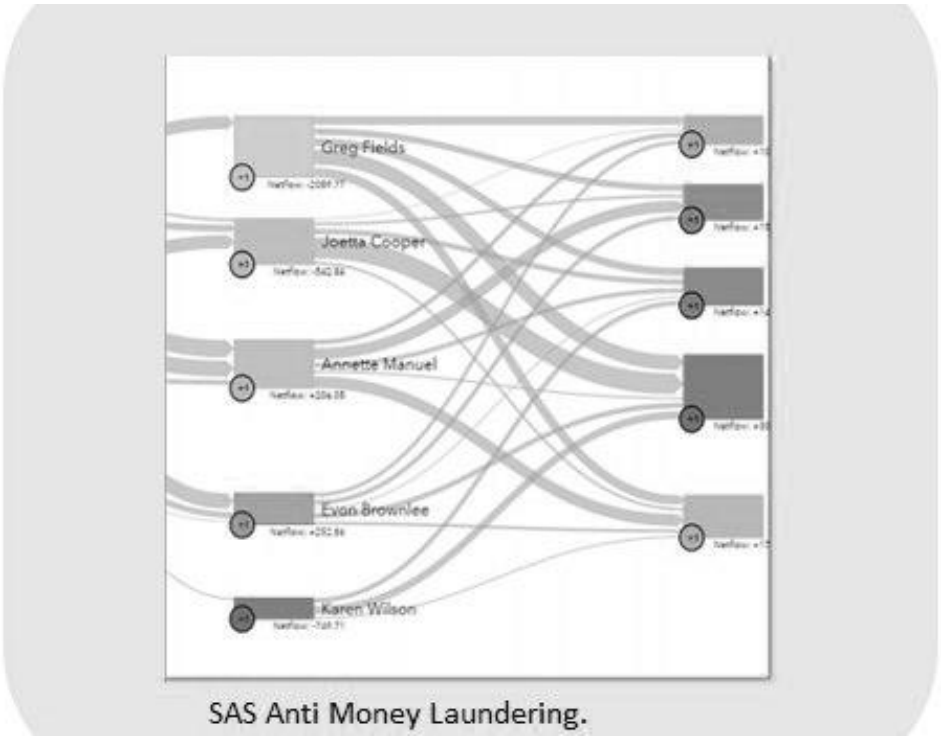


Рисунок 4. Визуальная группировка транзакций

Решение, как интерпретировать эту схему, все равно пока, преимущественно, остается за банком.

Администрирование системы. Это часть, включающая в себя поддержку, сопровождение и дополнительную настройку антифрод-системы.

Например, схема маршрутизации случая по подразделениям банка может быть настроена в таком окне:

Пример настройки схемы маршрутизации уведомления для расследования.

Перспективы антифрод-систем. В последние годы банки и регуляторы объединяются, вырабатывая рекомендации по противодействию мошенничеству.

Реализован комплексный обмен данными между финансовыми организациями, а технологии машинного обучения и Big data, позволяют на лету анализировать огромный объем данных и принимать решения практически в режиме реального времени.

Кажется, это уже начало приносить плоды: по сообщению Национального бюро кредитных историй, количество кредитов с признаками мошенничества во втором полугодии 2018 года уменьшилось на 15%.

Активно развиваются системы-антифрод для малого и среднего бизнеса, в том числе благодаря различным недорогим облачным антифрод-решениям для интернет-магазинов.

Есть основания ожидать, что способы выявления мошенников станут более точными, а ложных срабатываний систем – будет все меньше.

Литература:

1. *Голдовский И.М.* Банковские микропроцессорные карты. // г. Москва. — М.: ЦИПСиР, 2010, с. 40-76.

2. *Mark S. Merkow*. Secure Electronic Transactions (SET). // In Hossein Bidgoli (ed.). / John Wiley & Sons — 2004, p. 247–260.

3. *Chang, C. C., Yang, J. H., Chang, & K. J.* An efficient and flexible mobile payment protocol. // Sixth international conference on genetic and evolutionary computing (ICGEC). — 2012, p. 63–66.

4. *Rehman, S., & Coughlan, J.* Building trust for online shopping and their adoption of e-commerce // International conference on information society. — 2012, p. 456–460.

А.А. Бречко, Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЧАСТНЫХ СЕТЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ НА БАЗЕ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: информационная безопасность, виртуальные частные сети

Аннотация: Рассмотрены основные технологии обеспечения информационной безопасности виртуальных частных сетей, создаваемых на базе сетей передачи данных общего пользования. Рассмотрены и проанализированы основные протоколы VPN. Приведены основные угрозы безопасного функционирования VPN. Приведены основные рекомендации при организации взаимодействия информационных систем при использовании технологий виртуальных частных сетей.

A.A. Brechko, E.V. Vershennik, A.V. Vershennik

INFORMATION SECURITY VIRTUAL PRIVATE NETWORKS BASED ON DATA TRANSMISSION NETWORKS FOR GENERAL USE

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: information security, virtual private networks

Annotation: the basic technologies of information security of virtual private networks created on the basis of public data networks are Considered. The basic VPN protocols are considered and analyzed. The main threats to the safe operation of the VPN. The main recommendations for the organization of interaction of information systems using technologies of virtual private networks.

В условиях все более глобализированной экономики компании начинают искать географическое распределение, либо связанное с налоговыми стимулами, либо просто с возможностью расширения. В этом случае сотрудники нуждаются в свободе осуществления своей деятельности без географических ограничений и безопасности передаваемой информации.

Концепция виртуальной частной сети, более известная как VPN, появилась как финансовая альтернатива защищенной коммуникации через общественные каналы связи, такие как интернет, и вскоре стала технологией, широко используемой услугой, ориентированной на безопасность, гарантирующей целостность, конфиденциальность и подлинность информации [1].

Виртуальная частная сеть (VPN) – территориально распределенная логическая сеть, создаваемая на базе уже существующих сетей (локальных корпоративных сетевых структур, сети Интернет, сетей связи операторов связи), имеющая сходный с основной сетью набор услуг и отличающаяся высоким уровнем защиты данных [2].

Соединения VPN могут использоваться для обеспечения связи между двумя маршрутизаторами (часто это называют подключениями шлюз-шлюз). Это гибкое соединение, оно требует только наличия у каждой из соединяющихся сторон программного обеспечения VPN, необходимых протоколов и одинаковых механизмов шифрования [3].

Соединение VPN также может быть установлено между межсетевыми экранами, обладающими функциональностью VPN. В сети устройство VPN находится на внешнем краю домена безопасности. Если орган государственной власти устанавливает межсетевой экран, имеющий встроенную функциональность VPN, у него появляется возможность централизовать администрирование VPN и самого межсетевого экрана. При использовании такого варианта поступающие в сеть пакеты могут быть зашифрованы в рамках соединения VPN и их необходимо предварительно расшифровать, чтобы межсетевой экран смог проверить пакеты и принять решение об их блокировке или пропуске в сеть. Поскольку выполняется дополнительная обработка поступающих пакетов, возникает больше накладных расходов, что приводит к снижению производительности. Однако на сегодняшний день наибольшая часть такой обработки производится на аппаратном уровне, обеспечивающем значительно более высокоскоростную работу, по сравнению с чисто программной обработкой.

Типовая схема использования технологии VPN представлена на рисунке .

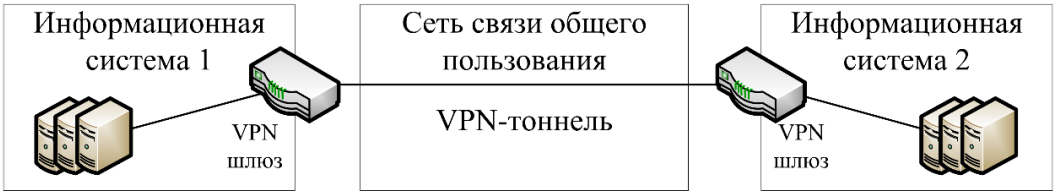


Рисунок 1. Типовая схема использования технологии VPN

Туннелирование является основным компонентом для VPN, т.к. именно таким образом создаются соединения VPN. В основном используются три основных протокола туннелирования для соединений VPN: PPTP, L2TP и IPSec.

Далее приведен краткий анализ особенностей основных протоколов туннелирования.

Протокол туннелирования точка-точка (Point-to-Point Tunneling Protocol, PPTP):

- предназначен для соединений клиент/сервер;
- устанавливает единственное соединение точка-точка между двумя компьютерами;
- работает на канальном уровне;
- передает данные только по сетям IP.

Протокол L2F (Layer 2 Forwarding):

- объединен с PPTP;
- обеспечивает взаимную аутентификацию;
- не использует шифрование.

Протокол туннелирования L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol):

- гибрид L2F и PPTP;
- устанавливает единственное соединение точка-точка между двумя компьютерами;
- работает на канальном уровне;
- передает данные по сетям нескольких различных типов, а не только по сетям IP;
- используется совместно с IPSec для обеспечения безопасности.

Протокол IPSec:

- работает с несколькими соединениями одновременно;
- обеспечивает защищенную аутентификацию и шифрование;
- поддерживает только сети IP;
- сосредоточен на коммуникациях LAN-LAN, а не пользователь-пользователь;
- работает на сетевом уровне и обеспечивает безопасность выше уровня IP;
- может работать в режиме туннелирования (при этом защищается содержимое и заголовок), либо в транспортном режиме (защищается только содержимое).

Наиболее широкое распространение при организации виртуальных частных сетей приобрел протокол туннелирования IPsec.

IPSec – это открытая модульная платформа, обеспечивающая большую гибкость для организаций, выбравших эту технологию. В состав IPSec входят два основных протокола безопасности: AH (Authentication Header – Аутентификация заголовка) и ESP (Encapsulating Security Payload – Безопасная инкапсуляция содержимого). AH – это протокол аутентификации, а ESP – протокол аутентификации и шифрования, используемый криптографическими механизмами для выполнения аутентификации источника, а также обеспечения конфиденциальности и целостности сообщений.

IPSec может работать в двух режимах: транспортный режим, в котором защищено содержимое передаваемых сообщений, и туннельный режим, в котором защищено не только содержимое сообщений, но и заголовки пакетов, и информация маршрутизации.

Процесс установления соединения и функционирования по протоколу IPSec представлен на рисунке .

Несмотря на все достоинства использования виртуальных частных сетей, в том числе построенных на основе протокола IPSec, для организации информационного обмена через разнородные сети связи общего пользования, существует ряд потенциальных угроз безопасности.

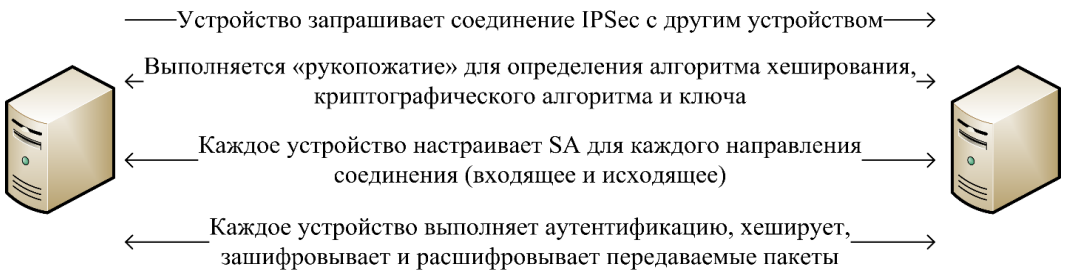


Рисунок 2. Процесс установления соединения и функционирования по протоколу IPSec

Анализ базы данных ФСТЭК России «Банк данных угроз безопасности информации» [4] применительно к технологии виртуальных частных сетей показал, что основными угрозами их безопасного функционирования являются:

1. Угроза анализа криптографических алгоритмов и их реализации (УБИ.003). Угроза заключается в возможности выявления слабых мест в криптографических алгоритмах или уязвимостей в реализующем их программном обеспечении. Данная угроза обусловлена слабостями криптографических алгоритмов, а также ошибками в программном коде криптографических средств, их сопряжении с системой или параметрах их настройки. Реализация угрозы возможна в случае наличия у нарушителя сведений об применяемых в системе средствах шифрования, реализованных в них алгоритмах шифрования и параметрах их настройки.

2. Угроза конфликта юрисдикций различных стран (УБИ.040). Угроза заключается в возможности отказа в трансграничной передаче защищаемой информации в рамках оказания облачных услуг в соответствии с требованиями локального законодательства стран, резиденты которых участвуют в оказании облачных услуг. Данная угроза обусловлена тем, что в зависимости от особенностей законодательства различных стран, резиденты которых участвуют в оказании облачных услуг, при обеспечении информационной безопасности могут использоваться правовые меры различных юрисдикций. Реализация данной угрозы возможна при условии того, что на обеспечение информационной безопасности в ходе оказания облачных услуг накладываются правовые меры различных юрисдикций, противоречащих друг другу в ряде вопросов.

3. Угроза нарушения процедуры аутентификации субъектов виртуального информационного взаимодействия (УБИ.046). Угроза заключается в возможности подмены субъекта виртуального информационного взаимодействия, а также в возможности возникновения состояния неспособности осуществления такого взаимодействия. Данная угроза обусловлена наличием множества различных протоколов взаимной идентификации и аутентификации виртуальных, виртуализованных и физических субъектов доступа, взаимодействующих между собой в ходе передачи данных как внутри одного уровня виртуальной инфраструктуры, так и между её уровнями. Реализация данной угрозы возможна в случае возникновения ошибок при проведении аутентификации субъектов виртуального информационного взаимодействия.

4. Угроза неправомерных действий в каналах связи (УБИ.069). Угроза заключается в возможности внесения нарушителем изменений в работу сетевых протоколов путём добавления или удаления данных из информационного потока с целью оказания влияния на работу дискредитируемой системы или получения доступа к конфиденциальной информации, передаваемой по каналу связи. Данная угроза обусловлена слабостями сетевых протоколов, заключающимися в отсутствии проверки целостности и подлинности получаемых данных. Реализация данной угрозы возможна при условии осуществления нарушителем несанкционированного доступа к сетевому трафику.

5. Угроза несанкционированного доступа к активному и (или) пассивному виртуальному и (или) физическому сетевому оборудованию из физической и (или) виртуальной сети (УБИ.073). Угроза заключается в возможности изменения вредоносными программами алгоритма работы программного обеспечения сетевого оборудования и (или) параметров его настройки путём эксплуатации уязвимостей программного и (или) микропрограммного обеспечения указанного оборудования. Данная угроза обусловлена ограниченностью функциональных возможностей

(наличием слабостей) активного и (или) пассивного виртуального и (или) физического сетевого оборудования, входящего в состав виртуальной инфраструктуры, наличием у данного оборудования фиксированного сетевого адреса. Реализация данной угрозы возможна при условии наличия уязвимостей в программном и (или) микропрограммном обеспечении сетевого оборудования.

6. Угроза несанкционированного доступа к виртуальным каналам передачи (УБИ.075). Угроза заключается в возможности осуществления нарушителем несанкционированного перехвата трафика сетевых узлов, недоступных с помощью сетевых технологий, отличных от сетевых технологий виртуализации, путём некорректного использования таких технологий. Данная угроза обусловлена слабостями мер контроля потоков, межсетевого экранирования и разграничения доступа, реализованных в отношении сетевых технологий виртуализации (с помощью которых строятся виртуальные каналы передачи данных). Реализация данной угрозы возможна при наличии у нарушителя привилегий на осуществление взаимодействия с помощью сетевых технологий виртуализации.

7. Угроза обхода некорректно настроенных механизмов аутентификации (УБИ.100). Угроза заключается в возможности получения нарушителем привилегий в системе без прохождения процедуры аутентификации за счёт выполнения действий, нарушающих условия корректной работы средств аутентификации (например, ввод данных неподдерживаемого формата). Данная угроза обусловлена в случае некорректных значений параметров конфигурации средств аутентификации и/или отсутствием контроля входных данных. Реализация данной угрозы возможна при условии наличия ошибок в заданных значениях параметров настройки механизмов аутентификации.

8. Угроза перехвата данных, передаваемых по вычислительной сети (УБИ.116). Угроза заключается в возможности осуществления нарушителем несанкционированного доступа к сетевому трафику дискредитируемой вычислительной сети в пассивном (иногда в активном) режиме (т.е. «прослушивать сетевой трафик») для сбора и анализа сведений, которые могут быть использованы в дальнейшем для реализации других угроз, оставаясь при реализации данной угрозы невидимым (скрытным) получателем перехватываемых данных. Кроме того, нарушитель может проводить исследования других типов потоков данных, например, радиосигналов. Данная угроза обусловлена слабостями механизмов сетевого взаимодействия, предоставляющими сторонним пользователям открытые данные о дискредитируемой системе, а также ошибками конфигурации сетевого программного обеспечения. Реализация данной угрозы возможна в следующих условиях: наличие у нарушителя доступа к дискредитируемой вычислительную сети; неспособность технологий, с помощью которых реализована передача данных, предотвратить возможность осуществления скрытного прослушивания потока данных.

9. Угроза приведения системы в состояние «отказ в обслуживании» (УБИ.140). Угроза заключается в возможности отказа дискредитированной системой в доступе легальным пользователям при лавинообразном увеличении числа сетевых соединений с данной системой. Данная угроза обусловлена тем, что для обработки каждого сетевого запроса системой потребляется часть её ресурсов, а также слабостями сетевых технологий, связанными с ограниченностью скорости обработки потоков сетевых запросов, и недостаточностью мер контроля за управлением соединениями. Реализация данной угрозы возможна при условии превышения объёма запросов над объёмами доступных для их обработки ресурсов дискредитируемой системы (таких как способность переносить повышенную

нагрузку или приобретать дополнительные ресурсы для предотвращения их исчерпания). Ключевым фактором успешности реализации данной угрозы является число запросов, которое может отправить нарушитель в единицу времени: чем больше это число, тем выше вероятность успешной реализации данной угрозы для дискредитируемой системы.

10. Угроза программного выведения из строя средств хранения, обработки и (или) ввода/вывода/передачи информации (УБИ.143). Угроза заключается в возможности прерывания нарушителем технологии обработки информации в дискредитируемой системе путём осуществления деструктивного программного (локально или удалённо) воздействия на средства хранения (внешних, съёмных и внутренних накопителей), обработки (процессора, контроллера устройств и т.п.) и (или) ввода/вывода/передачи информации (клавиатуры и др.), в результате которого объект защиты перейдёт в состояние «отказ в обслуживании». При этом вывод его из этого состояния может быть невозможен путём простой перезагрузки системы, а потребует проведения ремонтно-восстановительных работ. Данная угроза обусловлена наличием уязвимостей микропрограммного обеспечения средств хранения, обработки и (или) ввода/вывода/передачи информации. Реализация данной угрозы возможна при наличии у нарушителя прав на отправку команды или специально сформированных входных данных на средства хранения, обработки и (или) ввода/вывода/передачи информации.

11. Угроза удаления аутентификационной информации (УБИ.152). Угроза заключается в возможности отказа легитимным пользователям в доступе к информационным ресурсам, а также в возможности получения нарушителем привилегий дискредитированного пользователя за счёт сброса (обнуления, удаления) его аутентификационной информации. Данная угроза обусловлена слабостями политики разграничения доступа к аутентификационной информации и средствам работы с учётными записями пользователей. Реализация данной угрозы возможна при выполнении одного из следующих условий: штатные средства работы с учётными записями пользователей обладают функционалом сброса аутентификационной информации, и нарушитель получил привилегии в дискредитируемой системе на использование данных средств; нарушитель обладает специальным программным обеспечением, реализующим функцию сброса аутентификационной информации, и получил привилегии в дискредитируемой системе на использование данных средств.

Наличие актуальных угроз безопасности функционирования виртуальных частных сетей предполагает наличие основных рекомендаций для их безопасного использования.

Далее приведены основные рекомендации при организации взаимодействия информационных систем (ИС) органов государственной власти при использовании технологий виртуальных частных сетей, основанные на лучших практиках информационной безопасности [3].

Взаимодействующие ИС должны быть идентифицированы и аутентифицированы, а их деятельность должна контролироваться на предмет отсутствия опасных действий и нарушений прав доступа. Всем удаленным ИС должны быть предоставлены только действительно необходимые им права доступа к сети, кроме того, их права доступа должны пересматриваться на ежегодной основе.

Допустимые действия и поведение, связанные с удаленным доступом, должны быть отражены в политике безопасности органа государственной власти, либо в политиках, непосредственно относящихся к удаленному доступу. В политике следует указать, кто, что и когда должен делать. С этой политикой должны быть

ознакомлены все пользователи, и она должна быть им постоянно доступна, что поможет устранить путаницу и позволит органу государственной власти принимать меры к нарушителям требований политики.

Все системы удаленного доступа должны быть, по возможности, сгруппированы вместе: все серверы удаленного доступа желательно разместить в одной серверной комнате, они должны администрироваться одним лицом (группой лиц). Это поможет обеспечить согласованность деятельности по поддержке и мониторингу отдельных точек удаленного доступа, а также сохранять уверенность, что вносимые изменения отражаются одновременно на всех точках доступа. Кроме того, это облегчает проведение централизованного аудита и журналирования событий, снижается вероятность, что администраторы забудут про отдельную точку доступа, позволяющую пользователям получить доступ к внутренней среде компании.

Должна применяться строгая двухфакторная аутентификация пользователей с использованием серверов RADIUS или TACACS. Если передаваемые пользователями данные являются конфиденциальными или критичными для органа государственной власти, пользователи должны подключаться к ИС через VPN. Должны обеспечиваться различные уровни безопасности для различных типов подключающихся к сети пользователей и ИС, каждый пользователь и ИС должна обладать только теми правами доступа и разрешениями, которые им необходимы.

ИС могут ограничивать доступ на основе адреса внешнего компьютера, который пытается получить доступ. Если адрес неизвестен или не внесен в ACL, запрос на подключение должен отклоняться. Должен быть внедрен межсетевой экран, позволяющий удаленным пользователям получить доступ только к разрешенным администратором сервисам и портам.

Оценка качества функционирования виртуальных частных сетей может быть произведена на основе оценки показателей качества, определенных в ГОСТ [1]:

- предоставление доступа к услуге;
- своевременность и (или) скорость выполнения работ: доля заявок на подключение услуги, обслуженных в пределах установленной нормы, оказание услуги в штатном режиме;
- доступность сети: коэффициент готовности оборудования сети оператора, время восстановления оборудования сети операторе;
- качество передачи пользовательской информации: процент потерянных пакетов, средние сетевые задержки пакетов, средние колебания сетевых задержек пакетов, время переноса кадре, коэффициент потери кадров.

Литература:

1. А.Ю. Николахин. Использование технологии *vpn* для обеспечения информационной безопасности https://cyberleninka.ru/article/v /ispolzovanie-tehnologii-vpn-dlya obespecheniya-informatsionnoy-bezopasnosti

2. ГОСТ Р 53729-2009. Качество услуги «Предоставления виртуальной частной сети (VPN)» Показатели качества.

3. CISSP All-in-One Exam Guide, Seventh Edition, Fernando Maymi, Shon Harris, McGraw-Hill Education, 2016, 1456 p.

4. База данных ФСТЭК «Банк данных угроз безопасности информации». Электронный ресурс http://bdu.fstec.ru/threat / дата обращения 01.04.2019

А.Г. Кирхеев, В.А. Головской, Е.В. Мазур

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М. Штеменко», Краснодар, Россия

Ключевые слова: безопасность информации, робототехнический комплекс, киберэлектромагнитная деятельность, таргетированная атака, кибернетическая атака.

Рассмотрены особенности функционирования специальных робототехнических комплексов в условиях антагонистической киберэлектромагнитной деятельности. С учетом возможных деструктивных кибернетический действий выработано предложение по составу программной конфигурации и выбору ее оптимального состава.

A.G. Kirheev, V.A. Golovskoy, E.V. Mazur

SUGGESTIONS TO SELECT THE OPTIMAL SOFTWARE CONFIGURATION OF SPECIAL ROBOTIC COMPLEXES

Krasnodar Higher Military School named after S.M. Shtemenko, Krasnodar, Russia

Keywords: information security, robotic complex, cyber and electromagnetic activities, targeted attack, cyber-attack.

Features of special robotic complexes in adversary cyber and electromagnetic activities conditions are considered. In terms of possible destructive cyber activities, the suggestion of composition software configuration and the choice of its optimal composition is given.

В настоящее время развитие робототехники является актуальным трендом в сфере совершенствования технологий выполнения специальных задач. В Вооруженных силах всех технологически развитых государств специальные робототехнические комплексы (СРТК) рассматриваются в качестве одной из возможностей реализации требований непрерывности информационно-аналитического обеспечения и снижения влияния человеческого фактора при выполнении специальных задач в любых условиях обстановки [1, 2].

В условиях организованного информационного противоборства будут предъявляться повышенные требования к обеспечению информационной безопасности (ИБ) ресурсов СРТК [2], выполняющих специальные задачи. В области информационного противоборства наблюдается тенденция [3, 4] развития технологий киберэлектромагнитной деятельности, под которой понимается единое планирование и интеграция кибернетических операций с мероприятиями радиоэлектронной борьбы. Другими словами, имеет место интеграция киберпространства и радиоэлектронной среды. Концепция [3] выделяет следующие виды кибернетических действий:

– кибербразведка;
– киберзащита;
– кибероперации по подготовке среды;
– кибератака.

В настоящее время наибольшую угрозу ИБ информационных систем представляют таргетированные кибератаки, которые характеризуются, в первую очередь, использованием разнородных инструментов и адресностью [5]. Спектр таргетированных атак постоянно расширяется, однако применительно к ресурсам СРТК можно выделить основные цели таких атак: потеря работоспособности, снижение эффективности функционирования, управляемости и/или обеспечение доступности для углубленного анализа источником воздействия [6].

Для предотвращения антагонистических кибернетических действий в отношении ресурсов СРТК необходимы эффективные программные средства обеспечения ИБ. С учетом типового состава СРТК [1] перечень программных средств, составляющих программную конфигурацию СРТК, должен включать:

– операционную систему;
– средства обеспечения ИБ;
– средства обработки информации;
– средства навигации;
– средства управления различными подсистемами (телеметрическими, передачи данных, определения параметров внешней среды и др.).

Описанные условия функционирования предъявляют высокие требования к составу программного обеспечения РТК и, в частности, к ПО обеспечения ИБ. Основными требованиями, предъявляемыми к ПО СРТК, могут быть:

– высокая надежность;
– высокое быстродействие;
– низкое ресурсопотребление.

Цель работы – выработка требований к оптимальной программной конфигурации СРТК, обеспечивающей его устойчивое функционирование в условиях антагонистической киберэлектромагнитной деятельности.

С учетом противоречивости некоторых требований и наличия множества вариантов построения программного обеспечения многокритериальная задача выбора оптимальной программной конфигурации СРТК является актуальной.

В работе [7] предложен подход к выбору оптимального состава программного обеспечения в виде задачи максимизации (1) при ограничениях на оперативную и внешнюю память

$$\sum_{m=1}^{N^m} x_m q_m \sum_{f=1}^{N^f} \left(\varphi_{fm} p_f \left(\sum_{f=1}^{N^f} p_f \right)^{-1} \right) \to \max,\ m = \overline{1, N^m},\ f = \overline{1, N^f}, \quad (1)$$

где $x_m = \{0,1\}$ – искомые переменные, p_f – количество задействований каждой f-й функции программного обеспечения, q_m – количество задействований каждого m-го программного компонента в реализации требуемых функций, N^m – количество программных компонентов, N^f – количество функций программного обеспечения.

Данный подход при достаточной формализации отличается рядом особенностей, делающих его применимость проблематичной к рассматриваемой задаче:

- количество программных компонентов представляется величиной, обусловленной задачами СРТК и конкретной программной реализацией;
- не учтены ограничения на вычислительную сложность алгоритмов, реализуемых программными компонентами при выполнении задач СРТК;
- не учтены качественные характеристики программных компонентов и программной конфигурации СРТК в целом.

С учетом конфликтного характера информационного взаимодействия СРТК [8] задачу выбора оптимальной программной конфигурации S^* СРТК можно сформулировать в виде выбора оптимальной конфигурации на множестве альтернатив построения информационной системы Υ_s

$$S^* = \max(\Upsilon_s, P), \tag{2}$$

где P – модель предпочтений, содержащая N_k предпочтений $p_k, k = \overline{1, N_k}$. Построение отношений p_k может быть осуществлено на основе выбранных показателей $W_k(S, \boldsymbol{C})$, зависящих от характеристик Υ_s и характеристик противоборствующей информационной системы Υ_C, и непрерывных на $\Upsilon_s \times \Upsilon_C$.

Выбор отношений предпочтения p_k может быть осуществлен следующим образом:

$$S_2 p_k S_1 \Leftrightarrow W_k\left(S_2, \vec{\boldsymbol{Z}}\right) > W_k\left(S_1, \vec{\boldsymbol{Z}}\right), \tag{3}$$

где $\vec{\boldsymbol{Z}}$ – набор характеристик среды, включающей киберпространство, рассматриваемый при выборе k-го показателя W_k.

Предложенный подход предлагает сравнение систем по их эффективности функционирования в условиях сложного информационного конфликта. Однако выбор показателей W_k представляет собой достаточно сложную задачу по ряду причин:

1. При наличии множества подходов описания надежности программного обеспечения отсутствует адекватная методология эффективного сопоставления его надежности [9, 10].

2. Надежность программного обеспечения характеризуется вероятностью безотказной работы в течение определенного периода времени в заданных условиях [9]. Однако условия функционирования программного обеспечения СРТК, в свою очередь, определяются возможностями противоборствующей информационной системы Υ_C по реализации кибернетических действий, полное множество которых достаточно трудно формализуемо [6].

3. Компонентный подход, позволяющий использовать разработанное отдельно программное обеспечение, позволяет снизить стоимость и время разработки, однако возрастает сложность сравнения конфигураций и возрастает риск несовместимости их элементов [11].

Для осуществления корректного первоначального выбора множества альтернатив построения информационной системы Υ_s необходимо задаться рядом требований [9-12]:

- к выбору операционных систем;
- к поддержке отечественных архитектур;
- к иерархичности уровней программной конфигурации СРТК;
- к критериям оценки качественных характеристик программного обеспечения.

В настоящий момент указанные требования в явном виде отсутствуют.

Таким образом в статье предприняты попытки сформировать подход к выбору оптимального состава программной конфигурации СРТК, функционирующего в условиях антагонистической киберэлектромагнитной деятельности. Однако подход представлен в достаточно общей постановке, и не дает ответ на многие вопросы, такие как порядок осуществления сравнения (3) при отсутствии полного набора возможных кибернетических действий. Ответом может быть использование интеллектуальной системы, способной обучаться и корректировать свои правила поведения с учетом прошлого опыта и правил.

Литература:

1. *Макаренко С.И.* Робототехнические комплексы военного назначения – современное состояние и перспективы развития // Системы управления, связи и безопасности. – 2016, № 2, с. 73-132.

2. *Мамедов В.С., Головской В.А.* Модель угроз безопасности информации, передаваемой по радиоканалам робототехнического комплекса // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2018. с. 412-417.

3. Joint Doctrine Note 1/18: Cyber and electromagnetic activities, February 2018, UK Ministry of Defence [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/682859/doctrine_uk_cyber_and_electromagnetic_activities_jdn_1_18.pdf (дата обращения: 10.04.2019).

4. Field Manual 3-12 «Cyberspace and Electronic Warfare Operations». Department of the Army. Washington, DC, April 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cyberwar.nl/d/fm3_12.pdf (дата обращения: 10.04.2019).

5. *Коцыняк М.А., Иванов Д.А., Лаута О.С., Нечепуренко А.П.* Модель таргетированной кибернетической атаки // Сборник трудов XXIII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2017, т.1. с. 90-98.

6. *Бойко А.А., Обущенко Е.Ю., Щеглов А.В*. Особенности синтеза полного множества тестовых способов удаленного информационно-технического воздействия на пространственно распределенные системы информационно-технических средств // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2017, № 2, с.33-45.

7. *Есиков О.В., Цыбин С.М., Петешов А.В*. Математическая модель определения состава и унификации программного обеспечения комплексных бортовых информационных и управляющих систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018, № 2, с. 136-142.

8. Конфликто-устойчивые радиоэлектронные системы. Методы анализа и синтеза / Под ред. С.В. Ягольникова. – М.: Радиотехника, 2015. – 312 с.

9. *Суччи Д., Иванов В.В.*, Сравнение мобильных операционных систем на основе моделей роста надежности программного обеспечения // Компьютерные исследования и моделирование. – 2018, т. 10, № 3, с. 325-334.

10. *Моисеев С.И., Черная Ю.В., Паршина Е.В.* Подходы к оцениванию качества программного обеспечения, основанные на методе парных сравнений // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2017, № 1, с.141-148.

11. *Щенников А.Н.* Качество информационных систем // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2018, № 1. с.53-62.

12. *Кирхеев А.Г., Головской В.А.* К вопросу обеспечения безопасности информации мобильного устройства // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, часть II. – Ростов-на-Дону: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2017. с. 103-106.

А.Э. Боярчук, В.И. Юхнов

ПРИНЦИПЫ АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КИБЕРУСТОЙЧИВОЙ КОМПАНИИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: киберустойчивость, стратегии информационной безопасности, эффективность защиты информации, критерии оценки защищенности, аудит информационной безопасности.

В статье рассмотрены достоинства и недостатки теста на проникновение и традиционного аудита информационной безопасности, минимально необходимые естественные требования к методике аудита, предложены принципы совершенствования технологического аудита информационной безопасности.

E.A. Boyarchuk, I.V. Yukhnov

PRINCIPLES OF INFORMATION SECURITY AUDIT CYBERSTUDIOS COMPANY

North Caucasian branch of the order of the red banner of Labour of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow technical University of communications and Informatics", Rostov-on-don, Russia

Keywords: cyberactivist, strategy, information security, efficiency of information protection, evaluation criteria of security, audit of information security.

The article discusses the advantages and disadvantages of the penetration test and the traditional audit of information security, the minimum necessary natural requirements for the audit methodology, the principles of improving the technological audit of information security.

Под киберустойчивостью чаще всего понимают способность компании к предотвращению, реагированию и восстановлению после атак. Предпосылкой к развитию киберустойчивости послужила цифровизация экономики в целом. Большое влияние оказал также рост киберрисков и политической напряженности в мире. В последнее время возросло влияние технологического фактора. Наиболее вероятным источником кибератак является угроза, исходящая со стороны сотрудников [1]. Их непреднамеренные неосторожные действия могут привести к негативным последствиям, поэтому внутренние угрозы, наряду с внешними, могут быть серьезным фактором уязвимости. В среднем проходит 175 дней с момента обнаружения атаки, совершенной на организацию [2]. Это значит, что сотрудники атакованной компании продолжают работать в прежнем режиме и не предпринимают никаких действий по устранению последствий инцидента еще около полугода.

В этих условиях приобретает особое значение проведение технологического аудита информационной безопасности (ИБ), который является одним из обязательных этапов жизненного цикла системы управления ИБ компании, внедренной в соответствии с требованиями международного стандарта ISO/IEC 27001:2005.

Результаты такого аудита не только представляют ценность сами по себе, как объективная и независимая (в случае внешнего аудита) оценка защищенности информационной системы компании, но и необходимы для проведения анализа информационных рисков и, следовательно, эффективного управления ИБ компании.

Компания «Код безопасности» провела аналитическое исследование «Информационная безопасность на практике [3]. Итоги 2018 г., перспективы 2019 г.». Эксперты рассмотрели подходы корпоративного сектора к вопросам обеспечения информационной безопасности, выделили основные критерии выбора решений и поставщиков, а также факторы, стимулирующие заказчиков на приобретение средств защиты информации. По данным исследования, за информационную безопасность в организациях часто отвечают непрофильные специалисты. Специализированный ИБ-отдел или сотрудник есть только у 71% крупных российских компаний. У компаний среднего и малого размера доля ИБ-профессионалов еще меньше (49 и 44% соответственно), что весьма рискованно и может повлечь рост количества инцидентов в области ИБ.

Наличие стратегии информационной безопасности, а также ее взаимосвязь с бизнес-стратегией повышают эффективность защиты информации. В настоящее время 64% компаний-респондентов имеют разработанную и утвержденную ИБ-стратегию. Как показали результаты исследования, в 2019 г. наблюдается тенденция перехода от краткосрочной к долгосрочной стратегии ИБ. Число компаний, планирующих стратегию информационной безопасности более чем на три года, в 2019 г. увеличится в два раза [4].

В настоящее время процедура проведения технологического аудита ИБ практически не формализована. Стандартизованы общие принципы проведения аудита (изложенные, например, в ISO 19011 или NSA INFOSEC Assessment Methodology), существуют также корпоративные стандарты и специализированные методики, применяемые в отдельных компаниях или для конкретных информационных систем (например, стандарты ЦБ РФ), но общих правил и применимых на практике универсальных методик не существует.

Наиболее распространенными подходами к технологическому аудиту ИБ, согласно общепринятой терминологии, являются тест на проникновение (показательная демонстрация действий нарушителя) и собственно «традиционный»

аудит ИБ (анализ параметров конфигурации информационной системы и применение сканера уязвимостей). Краткое описание достоинств и недостатков указанных подходов приведено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Тест на проникновение.

Достоинства	Недостатки
Имитация действий нарушителя аудитором максимально приближена к реальной среде функционирования информационной системы. Демонстрация возможности проникновения в информационную систему является эффективным способом показать недостатки в обеспечении ИБ информационной системы компании	Тест на проникновение по определению является показательной акцией, не направленной на выявление всех существующих уязвимостей информационной системы. Процедура проведения теста на проникновение трудно формализуема. Отсутствие успешного проникновения не является доказательством защищенности информационной системы В подавляющем большинстве случаев тест на проникновение применяется для анализа защищенности внешнего периметра информационной системы (проверка возможности проникновения из сети Интернет)

Таблица 2. «Традиционный» аудит ИБ.

Достоинства	Недостатки
Детальный анализ архитектуры и параметров конфигурации информационной системы позволяет достаточно подробно изучить механизмы защиты и потенциальные уязвимости. Процедура «традиционного» аудита ИБ может быть формализована и документирована для каждого компонента информационной системы	Логика действий нарушителя направлена, в том числе и на преодоление средств защиты и на поиск новых уязвимостей, следовательно, только анализ текущей конфигурации и использование сканера уязвимостей (без моделирования действий нарушителя в реальных условиях) не позволяет предсказать возможные сценарии реализации атак. Успешное выполнение в ходе «традиционного» аудита ИБ всех запланированных проверок не является доказательством защищенности информационной системы

Минимально необходимыми естественными требованиями к методике аудита ИБ можно считать:

1. Объективность (достоверность) результата. Аудитору необходимо предоставить доказательства того, что именно эти уязвимости существуют в информационной системе и детально описать возможные последствия их реализации нарушителем.

2. Полноту аудита. Аудитору необходимо предоставить доказательства того, что в ходе аудита не были проигнорированы какие-либо уязвимости информационной системы.

3. Общепризнанность критериев оценки защищенности. Простые и понятные критерии оценки защищенности - одно из важных условий корректного восприятия результатов аудита.

Анализ и попытки использования на практике существующих подходов к проведению аудита ИБ показали, что они обладают серьезными недостатками, прежде всего - неполнотой и неадекватностью получаемых результатов.

Поиски наиболее оптимального подхода к оценке защищенности информационной системы приводят к использованию и дальнейшему совершенствованию идеи активного аудита ИБ. Активный аудит является сочетанием теста на проникновение и аудита ИБ в традиционном понимании. Изложенные ниже принципы являются развитием идеи активного аудита и лежат в основе предлагаемой к применению методики.

Первый принцип - наличие четкого описания модели нарушителя, в рамках которой действуют аудиторы. Рассматриваются отдельно внутренний нарушитель (например, сотрудник компании) и внешний нарушитель (например, хакер, действующий через Интернет). Уровень квалификации нарушителя считается достаточным для выполнения сложных задач по проникновению в информационную систему. Это автоматически означает, что квалификация самих аудиторов должна соответствовать данному уровню.

Второй принцип - уточнение области проведения аудита непосредственно в процессе работы на объекте. На практике заказчик часто предоставляет ограниченный набор сведений об информационной системе (что происходит, когда информационная система развивалась непланомерно и, как следствие, плохо документировалась), а аудиторы проводят инвентаризацию ресурсов информационной системы. Это позволяет выявить «потерянные» ресурсы (и в большинстве случаев плохо защищенные), что особенно актуально для крупных корпоративных информационных систем.

Третий принцип - аудитор изначально имеет только физический доступ к обследуемой информационной системе, логические права доступа (аутентификационные данные) ему не предоставляются (за редким исключением). Далее аудитор отрабатывает все возможные пути повышения привилегий от «нулевого» уровня, оценивая критичность и вероятность их реализации.

Четвертый принцип, который является принципиально важным отличием предлагаемой методики от всех существующих подходов к аудиту ИБ, как раз и заключается в анализе путей повышения привилегий. С одной стороны, например, наличие уязвимости в программном обеспечении автоматически не приводит к нарушению безопасности, так как многие уязвимости могут быть успешно реализованы только при определенном сочетании факторов. С другой стороны, использование штатных возможностей (именно возможностей, а не ошибок программного обеспечения или конфигурации) информационной системы в определенной комбинации может привести к нарушению ИБ. Выявление таких ситуаций невозможно без применения творческого, неформального подхода к анализу защищенности, хотя сами пути повышения привилегий, безусловно, легко формализовать и зафиксировать документально.

Пятый принцип - анализ влияния выявленных в ходе активного аудита уязвимостей на защищенность всей информационной системы в целом. Критика существующих подходов аудита ИБ, в частности, заключается в том, что выявленные в ходе аудита уязвимости «всего лишь» отражают состояние информационной системы на момент аудита. Предлагаемый подход, который ставит своей целью сделать аудит более эффективным и актуальным, заключается в

следующем: не столь важно, какая именно уязвимость была обнаружена, важно то, как наличие той или иной уязвимости влияет на защищенность всей информационной системы, насколько вся система устойчива к уязвимостям. Другими словами, в ходе аудита проводится анализ архитектуры безопасности информационной системы.

Шестой принцип - поиск новых уязвимостей (не зафиксированных в различных базах уязвимостей, таких как CVE, OSVDB и т.п.) непосредственно в ходе работы на объекте в режиме реального времени.

Седьмой принцип - строгая система классификации уязвимостей. Каждая выявленная в ходе аудита уязвимость оценивается (по шкале с простыми и понятными описаниями уровней) с точки зрения её критичности, простоты и вероятности её реализации. Эти данные в дальнейшем используются для проведения анализа информационных рисков.

Восьмой принцип - отказ от приоритетного использования сканеров уязвимостей. Подобный инструментарий используется только на этапе предварительного сбора информации для автоматизации рутинной работы. На рынке ИБ сформировалась тенденция к разработке решений, которые не предотвращают угрозы, а помогают их обнаруживать и своевременно реагировать на них. Такая тенденция в целом должна привести к сокращению сроков обнаружения атак и усилению киберустойчивости бизнеса. Существенным недостатком сканеров является большое количество ложных срабатываний и невозможность обнаружения уязвимостей, отсутствующих в базе сканера (например, недавно появившихся уязвимостей, большого числа локальных уязвимостей, нетривиальных ошибок конфигурации).

Девятый принцип - применение методов социальной инженерии для имитации действий нарушителя ИБ, направленных на пользователей информационной системы компании. Эти методы позволяют оценить уровень квалификации пользователей в области обеспечения ИБ и вероятность реализации атак, выполняемых нетехническими способами.

Применяемая в соответствии с этими принципами методика проведения активного аудита ИБ обладает следующими преимуществами, которые позволяют значительно повысить эффективность аудита и представить заказчику адекватные и достоверные результаты:

1. Сочетание аудита в традиционном понимании с проведением теста на проникновение устраняет принципиальные недостатки, присущие обоим методам.

2. Детальный анализ возможных сценариев проникновения в систему в рамках выбранной модели нарушителя позволяет выявить значительно большее количество нетривиальных уязвимостей, что невозможно при использовании сканера уязвимостей и обычном анализе конфигурации.

3. Анализ архитектуры безопасности информационной системы позволяет предсказать возможные последствия от реализации неизвестных на момент проведения активного аудита уязвимостей и выработать рекомендации по их предотвращению.

Для реализации киберустойчивости компаний первым шагом должно стать определение и защита ключевых активов. Следующее, что стоит сделать, – протестировать свою киберзащиту. Это можно реализовать, симулируя реальные атаки или проводя штабные учения. Нужно постоянно мониторить новинки рынка кибербезопасности и внедрять такие технологии, как Threat Intelligence, Cyber Threat Hunting и машинное обучение. Совокупность этих мер непременно приведет к улучшению показателей обеспечения безопасности.

Недостатком изложенной методики является то, что успешное проведение активного аудита невозможно без привлечения высококвалифицированных аудиторов ИБ, обладающих творческим подходом к анализу защищенности информационных систем и опытом в области проведения тестов на проникновение. Эффективность методики необходимо проверить на практике, а каждый новый выполненный проект будет ставить перед аудиторами новые задачи и даст импульс к дальнейшему развитию методики активного аудита.

Литература:

1. *Медведовский И.Д.* Практические аспекты проведения аудита информационной безопасности в соответствии с лучшей западной практикой. Журнал "Connect! Мир связи": [Электронный ресурс], №10/2006. URL: https://bugtraq.ru/library/security/audit.html (Дата обращения: 10.02.2019).

2. *Вергелис М., Щербакова Т., Т. Сидорина Т.* Спам и фишинг в 2018 году. Kaspersky Lab: [Электронный ресурс]. - Март 12, 2019. URL: https://securelist.ru/spam-and-phishing-in-2018/93453 (Дата обращения: 18.03.2019).

3. Unix Tips & Tricks : [Электронный ресурс]. Борьба со спамом. SpamAssassin+Sendmail. URL: http://ruunix.ru/1587-borba-so-spamom-spamassassinsendmail.html (Дата обращения: 11.03.2019).

4. *Степанов В.* Электронные документы интернет. [Электронный ресурс] // Степанов В. Интернет в профессиональной информационной деятельности. URL: http://textbook.vadimstepanov.ru/chapter7/glava7-2.html. (Дата обращения: 10.02.2019).

А.Э. Боярчук, В.И. Юхнов, Ю.В. Жабинский

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В БОРЬБЕ С НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ В КОРПОРАТИВНОЙ ПОЧТЕ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: электронная почта, киберпреступники, методы борьбы со спамом, подлинность отправителя, запросы для человеческого интеллекта.

В статье рассмотрены направления технологического подхода в борьбе с нежелательной информацией в корпоративной почте. Методы борьбы с нежелательной информацией разделены на две большие группы: процедурные и распределенные. Распределенные методы можно реализовать двумя основными способами: по формальным признакам сообщения и по его содержанию.

E.A. Boyarchuk, I.V. Yukhnov, U.V. Zhabinskiy

TECHNOLOGICAL APPROACH IN THE FIGHT AGAINST SPAM IN CORPORATE EMAIL

North Caucasian branch of the order of the red banner of Labour of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow technical University of communications and Informatics", Rostov-on-don, Russia

Key words: e-mail, cyber criminals, methods of fighting spam, the authenticity of the sender requests for the human intellect.

The article describes the directions of technological approach in the fight against unwanted information in corporate mail. Methods of dealing with unwanted information are divided into two large groups: procedural and distributed. Distributed methods can be implemented in two main ways: according to the formal characteristics of the message and its content.

Электронная почта стала неотъемлемой частью повседневной жизни общества. Такую тенденцию заметили и киберпреступники, которые рассматривают электронные письма в качестве приманки для своих жертв. С помощью опасных уловок мошенники выманивают у пользователей персональные данные, от паролей в социальных сетях, до номеров кредитных карт и личной информации ее владельца. Они изобрели массу приемов, как то проверка аутентификации в социальных сетях, просьбы подтверждения пароля и личных данных, интересных картинки и видео, и всяческие подобные, которые заставляют пользователей потерять бдительность. Цифры 2018 года: доля нежелательной информации в почтовом трафике составила 52,48% что на 4,15 п.п. меньше, чем в 2017 году; больше всего такой информации в этом году исходило из Китая — 11,69%; 74,15% нежелательных писем были меньше 2 Кб. Чаще всего вредоносный контент детектировался с вердиктом Win32.CVE-2017-11882. Было зафиксировано 482 465 211 срабатываний системы «Антифишинг». 18,32% уникальных пользователей столкнулись с фишингом [1] .

Наиболее распространенны следующие виды нежелательной информации: реклама; реклама незаконной продукции; «нигерийские письма»; фишинг; «письма счастья»; письма, раскручивающие какой-то узел; скрытая реклама; распространение политической пропаганды; массовая рассылка для вывода почтовой системы из строя (DoS-атака); массовая рассылка от имени другого лица, для того чтобы вызвать к нему негативное отношение; массовая рассылка писем, содержащих компьютерные вирусы (для их начального распространения); рассылка писем, содержащих душещипательную историю с просьбой переслать письмо всем знакомым.

Бороться со столь неприятной вещью нужно комплексно. Противодействие должно быть многоуровневым: образовательным, организационным, законодательным и технологическим. Рассмотрим один из подходов - технологический.

В настоящее время состояние индустрии производства программного обеспечения по борьбе с нежелательной информацией можно определить как незрелое. Постоянно выходит новое программное обеспечение (ПО), призванное фильтровать нежелательную рекламу, приходящую на e-mail. В каждом продукте используются свои методы определения нежелательной информации, но в целом их

можно разделить на две большие группы: процедурные и распределенные методы борьбы с нежелательной информацией.

Процедурные методы. Все процедурные методы борьбы со спамом основываются на проверке подлинности (аутентификации) отправителя. Существует ряд методов, определяющих, реален ли отправитель письма или это просто бот. Такая технология называется системой с запросом к отправителю (challenge response systems) и используется для повышения издержек при рассылке спама. Все запросы подразделяются на три общие категории: запросы для человеческого интеллекта, вычислительные запросы и денежные запросы. При этом адресат сможет получить письмо только после того, как отправитель ответит на запрос.

Запросы для человеческого интеллекта (human challenges) могут представлять собой картинку с плохо читаемой надписью (по типу тех, что предлагается ввести при регистрации на форумах). Отправитель должен ввести буквы, изображенные в виде графического образа. Подобную задачу может решить практически любой человек, а если запрос составлен достаточно хорошо, то компьютеру это будет не под силу.

В случае с вычислительными запросами (computational challenges) компьютерная система должна решить некоторую головоломку. Если провести аналогию, получатель предлагает отправителю пазл, кусочки которого находятся в случайном порядке. Отправитель должен составить эти кусочки и выслать ответ получателю. Причем сами головоломки должны легко и быстро составляться, и также легко проверятся, а вот решение должно быть достаточно долгим. При наличии стандартов на вычислительные запросы, весь процесс можно автоматизировать. То есть система на стороне адресата при получении письма формирует вычислительный запрос и отсылает его отправителю. На стороне отправителя, в свою очередь, производятся соответствующие вычисления, которые занимают достаточное время (несколько минут), после чего ответ уходит обратно адресату, на стороне которого осуществляется его проверка. Большой объем вычислений для проведения массовых рассылок будет слишком дорог.

Суть метода с микроплатежами состоит в следующем: при получении письма адресат просит прислать отправителя некоторую несущественную сумму денег, причем, если письмо является спамом, деньги остаются у получателя. Данный метод можно автоматизировать, заведя для каждого переписчика некий счет, на котором будет храниться определенная сумма. При получении подобного запроса со счета будет сниматься несколько центов.

У этого метода существует множество недостатков, и он наиболее сложен в реализации, как с технической, так и с экономико-юридической стороны. Но его можно использовать совместно с белыми списками, в результате чего пользователь, единожды выполнив запрос, попадает в белый список, и более не проверяется на «существование».

Еще один способ борьбы со спамом — это создание кратковременных (ephemeral) или отключаемых (disposable) адресов электронной почты. В этом случае пользователь дает каждому человеку, с которым он переписывается, свой отдельный адрес. Если же на какой-либо из этих адресов начнет поступать спам, то его можно просто уничтожить одним нажатием кнопки. В результате все письма, адресованные на него, будут возвращаться с отказом. Примерно по такому механизму действует большинство пользователей. Регистрируется e-mail на каком-либо из бесплатных серверов и указывается во всех сервисах Сети, которые требуют адрес почтового ящика.

Также существует идея снабдить каждое письмо электронной подписью. Кажется, что все просто и достаточно эффективно, но подобное решение потребует в корне пересмотреть подход к электронной почте и к протоколам, реализующим данный сервис. Потребуется создавать новые глобальные стандарты и пересаживать на них весь интернет.

Распределенные методы. Технически нежелательную информацию можно фильтровать двумя основными способами: по формальным признакам сообщения (по обратному адресу, способу отправки и оформлению) и по его содержанию (то есть по его смыслу, семантически). Оба способа имеют свои особенности реализации, а также свои достоинства и недостатки.

Формальные методы. Самыми распространенными методами формальной фильтрации являются черные и белые списки. Спамеры должны посылать свои письма откуда-то. Оказывается, что строку «Откуда» (From), как и большинство других элементов электронного письма, крайне легко фальсифицировать. Однако IP-адрес, с которого приходит сообщение, то есть его интернет-адрес, подделать почти невозможно. Черные списки включают перечни адресов отправителей спама; они составляются примерно таким же образом, как работают системы с поиском совпадений, — либо на основе жалоб пользователей, либо с помощью «ловушек».

Но у блэклистов есть много своих недостатков. Часто в черные списки попадают открытые прокси-серверы и открытые почтовые пересылки. Также возможны ситуации попадания в эти списки абсолютно невинных пользователей. Так, некоторые IP-адреса являются источниками как спама, так и нормальных писем — например, динамические IP-адреса, выделяемые провайдером абонентам коммутируемого доступа, однако черные списки этого не различают. Бывали случаи, что за спам наказывали целые подсети. Также существует проблема с обновлением блэклистов. Тем, кто уже попал в черные списки (а это могут быть невинные жертвы спамеров, использующих дыры в системе безопасности), порой непросто добиться удаления оттуда.

Белые списки или Safe Lists — одна из самых распространенных технологий, которая работает в сочетании с обучаемыми фильтрами, системами с поиском совпадений и системами с запросом к отправителю. В белые списки включают тех людей, которые зарекомендовали себя как добропорядочные отправители. Как правило, это индивидуальные пользователи, хотя в некоторых системах могут быть указаны целые домены. Если обучаемая система помечает сообщение как спам, но отправитель записан у пользователя в белом списке, то сообщение все же доходит до адресата. Таким образом, этот метод блокирования спама помогает уменьшить вред от ложных срабатываний.

Некоторые пользователи предпочитают крайний вариант использования белых списков – это так называемый «эксклюзивный режим». В этом случае пропускаются только письма, чьи отправители находятся в белом списке, а остальные складываются в папку «Спам». Адресат может сам просматривать время от времени папку с спамом и выбирать оттуда письма, которые таковым не являются. Этот метод подходит людям, получающим малое количество электронных сообщений или тем, чей круг общения по переписке достаточно хорошо определен. Для бизнес-пользователей этот способ не подходит, так как большинство писем приходит от новых клиентов.

В целом, белые списки не очень надежны. Подделать адрес отправителя очень просто, так как используемый протокол позволяет любому человеку выдать себя за другого. Поэтому мы часто можем получать спам от самих себя, так как многие пользователи вносят в белый список себя или своих друзей.

Еще одним из методов фильтрации спама являются формальные правила. Формальные правила проверяют способ посылки письма и его оформление. К типичным признакам нежелательного письма относятся: отсутствие адреса отправителя, отсутствие или наличие слишком большого числа получателей, отсутствие IP-адреса в системе DNS, сфальсифицированные или некорректные служебные заголовки и т.п. Часто также производится фильтрация по размеру и формату сообщения. Набор правил антиспамерской программы может содержать сотни и даже тысячи элементов.

Лингвистические методы. Для каждого нежелательного письма может быть автоматически создана так называемая сигнатура, позволяющая распознать это письмо даже с небольшими модификациями. Сигнатуры — это своего рода слепки письма, белее короткие, чем само письмо, но идентифицирующие его достаточно точно. Используются самые разнообразные сигнатуры: список наиболее часто встречающихся слов письма, вектор служебных слов, контрольные суммы байт каждых пяти слов, свертки скользящих по тексту окон и так далее.

Одним из таких методов, основанных на сигнатурах, является Distributed Checksum Clearing House (DCC) [2]. Суть метода заключается в том, что для каждого входящего письма определяется контрольная сумма, после чего она отсылается на специальный DCC-сервер, где сверяется с базой данных. Если такая контрольная сумма уже неоднократно приходила на сервер, то письмо идентифицируется как нежелательное. Но контрольные суммы разрабатывались для выявления ошибок при передаче данных. Отличие информации хотя бы на один бит приводит к формированию совершенно разных CRC. Таким образом, спамерам достаточно вставить пару случайных байт в письмо, и DCC-сервер ничего не заподозрит.

Специально для идентификации спама были разработаны так называемые «нечеткие контрольные суммы». Они составлены таким образом, что определенные части текстового сообщения не учитываются. Благодаря этому сервер DCC может присваивать сообщениям, содержащим одинаковые высказывания, идентичные регистрационные суммы. Используемые алгоритмы игнорируют интервалы (пробелы), удаляют имена пользователей из URL и пропускают случайные текстовые компоненты.

Некоторые серверы DCC работают и с приманками для нежелательной информации. Эти системы предназначены для того, чтобы привлекать и собирать нежелательный контент. Они могут быть сконфигурированы таким образом, чтобы обозначать как спам каждое поступающее к ним сообщение. Это надежный и эффективный метод, с помощью которого другие пользователи DCC могут гарантированно идентифицировать сообщение как нежелательное.

Еще одним лингвистическим методом является Statistical Token Analysis [3]. В случае STA речь идет о статическом методе анализа. Особенностью STA является то, что он учитывает как спам, так и хэм (не очень известное выражение из компьютерного жаргона для обозначения легитимных сообщений). Система идентифицирует спам и легитимные сообщения с помощью анализа слов и знаков соответствующего сообщения (значений частот и статистических сравнений). В базе сохраняются частотные характеристики для слов и знаков препинания, которые встречаются как в спаме, так и в хэме. С помощью этих сведений можно с высокой степенью точности определить легитимность письма.

Одной из разновидностей STA является метод на основе анализа Байеса. Этот анализ представляет собой методику комбинирования вероятности и основан на правиле, которое математик Томас Байес открыл в XVIII веке. Для каждого слова или знака препинания вычисляется вероятность попадания письма в спам или хэм.

Затем, при получении нового сообщения его текст анализируется на основе этих вероятностей, то есть вычисляется коэффициент принадлежности письма к спаму по формуле Байеса.

Анализ Байеса, в противоположность обычным методам фильтрации по содержанию, имеет три решающих преимущества. Во-первых, анализ проводится для двух различных видов знаков: те, что свидетельствуют о спаме, и те, которые указывают на легитимные сообщения. Методически это намного точнее и надежнее, чем чистая фильтрационная техника. Во-вторых, правило Байеса работает совершенно независимо от используемого языка оригинала, и, в-третьих, пользователям не нужно постоянно контролировать и корректировать списки фильтрации.

Успешность метода зависит от наличия безошибочно проанализированных примеров идентифицированного спама или хэма. Затем на их основании могут быть созданы надежные базы данных с соответствующими таблицами частотности. Но содержание деловой переписки в значительной степени отличается от содержания личной. Из-за этого базы с частотами будут различны, более того, в зависимости от рода деятельности конкретного человека в письме могут фигурировать достаточно подозрительные слова. Для таких случаев созданы самообучающиеся STA-фильтры. Каждое пришедшее письмо оценивается фильтром, и если он случайно пропустил нежелательное рекламное сообщение, адресат сам должен его пометить как спам, и фильтр добавит его содержание в базу. Так же пользователь должен поступать и с хэмом, то есть помечать его как «не спам». Такой подход создает очень гибкую систему, позволяющую блокировать около 98% спама. Но к сожалению, он не пригоден в условиях массовой почтовой службы, в основном по причине большого разнообразия словарного состава клиентских ящиков.

Для борьбы со спамом существуют так называемые «Обучаемые системы» (Machine Learning Systems). Разработанные подразделением Microsoft Research, обучаемые системы предназначены для блокирования спама с помощью таких методов, как нейронные сети, байесовские фильтры или другие средства [3].

В обучаемые системы вводится значительное количество реальных данных, — как минимум, тысячи сообщений, но в идеале миллионы, — помеченных как «нормальные» или «спам». В итоге эти системы начинают различать типы сообщений: они запоминают, что такие слова, как «щелкните» или «бесплатно», являются признаками спама, а такие, как «завтра» или «погода», — свойствами нормального письма. Кроме того, они используют и другие характеристики сообщения. Например, письма со ссылками и изображениями с гораздо большей вероятностью являются спамом, чем те, где нет ни того, ни другого.

Провайдеры и почтовые серверы могут противодействовать спаму, исходящему от них самих. Для этого используются детекторы массовых рассылок. Этот метод может применяться там, где есть значительные объемы почты, то есть у провайдеров и на публичных почтах. Если какое-либо письмо направлено сразу сотням тысяч адресов, и при этом адрес отправителя не находится в списке основных серверов подписных рассылок (типа Subscribe.ru), вероятнее всего, что это спам.

Для выявления спама подобным образом необходимо выполнение двух условий: значительный объем почты и действенный способ определения «одинаковости» писем (с помощью различного рода сигнатур).

Однако данный метод не может дать твердое заключение, является ли конкретное письмо спамом или нет, а только констатирует факт массовости рассылки.

Можно сделать вывод, что идеального способа противодействия спаму нет, а методы незаконной рекламной рассылки постоянно модифицируются. Комплексное применение и сочетание антиспамовых технологий позволит максимально эффективно бороться с нежелательными информационными контекстами. Часто наилучшим вариантом является сочетание положительных сторон нескольких систем в одном развернутом решении, которое делает незаметными слабые стороны каждой системы.

Литература:

1. *Вергелис М., Щербакова Т., Т. Сидорина Т.* Спам и фишинг в 2018 году. Kaspersky Lab: [Электронный ресурс]. - Март 12, 2019. URL: https://securelist.ru/spam-and-phishing-in-2018/93453 (Дата обращения: 18.03.2019).

2. Unix Tips & Tricks : [Электронный ресурс]. Борьба со спамом. SpamAssassin+Sendmail. URL: http://ruunix.ru/1587-borba-so-spamom-spamassassinsendmail.html (Дата обращения: 11.03.2019).

3. *Степанов В.* Электронные документы интернет. [Электронный ресурс] // Степанов В. Интернет в профессиональной информационной деятельности. URL: http://textbook.vadimstepanov.ru/chapter7/glava7-2.html. (Дата обращения: 10.02.2019).

В.Д. Михальчук, Н.В. Болдырихин[1]

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДЕАНОНИМИЗАЦИИ

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: деанонимизация, социальные сети, анонимность, браузер Tor.

Данная статья посвящена обзору и анализу методов деанонимизации. Были рассмотрены два алгоритма и расписаны их основные особенности, а также выбран наиболее эффективный алгоритм.

V.D. Mikhalchuk, N.V. Boldyrikhin[1]

APPLICATION OF DEANONIMIZATION METHODS

Don state technical university, Rostov-on-don, Russia
North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: deanonymization, social networks, anonymity, tor browser

This article is devoted to the review and analysis of deanonymization methods. Two algorithms were considered and their main features were described, and the most effective algorithm was chosen.

В настоящее время невозможно представить жизнь человека без смартфона или персонального компьютера. В памяти этих устройств люди хранят множество личной информации: сообщения, переписки, документы и тд. Большинство этой информации передается по сети через мессенджеры или в облачные хранилища. Однако никто не задумывается о возможных последствиях этих действий и утечки данных в сеть [1-8].

Большинство пользователей считают, что когда они подключаются к сети, они являются анонимами и их невозможно идентифицировать по их подключению или отследить их местоположение. В данной статье рассматриваются методы деанонимизации пользователей.

Анонимизация — это некоторый процесс, который обеспечивает анонимность. Это понятие подразумевает изменение свойств сетевого профиля субъекта с целью обеспечения анонимности и несвязности с данным пользователем.

Деанонимизация — это процесс обратный анонимизации. Иными словами, этот процесс предназначен для сопоставления профиля некоторого пользователя Интернета с реальным субъектом [3,4,6,8].

Рассмотрим механизм идентификации пользователей в социальной сети. Пользователи добровольно предоставляют провайдерам свою персональную информацию: номера телефонов, дату рождения и подробно описывают свои увлечения, интересы. Такая информация может собираться сторонними приложениями для рассылки рекламы и проведения социальных исследований. В данном случае анонимизацией является предоставление ложных персональных данных или даже их удаление.

Первым рассмотрим алгоритм деанонимизации с использованием особенностей браузера. На данный момент большинство социальных сетей имеют возможность объединения в группы по интересам. Каждый запрос фиксируется в истории браузеров. Взаимодействие пользователя с социальной сетью осуществляется с помощью гиперссылок. Гиперссылки содержат информацию о пользователе или всей группе.

Таким образом, основываясь на интересах, злоумышленник получает частичный вектор посещенных групп. Далее в ход вступает алгоритм деанонимизации с использованием особенностей браузера. Используя информацию о членстве в группах, генерируется список кандидатов S из объединения всех членов {users} k групп.

Тогда для этого множества реализуется алгоритм определения, который позволяет выяснить: является ли цель (субьект) одним из пользователей из списка кандидатов S. Остается заставить пользователя перейти по ссылке на страницу, которая соберет необходимую информации об истории браузера.

Главным недостатком алгоритма является невысокая точность. Как результат работы получаем выявление множества пользователей, состоящих в тех же группах, что и выбранный пользователь.

Второй алгоритм опирается на функционал браузера Tor [8]. Утверждается, что в данном браузере есть режим, позволяющий менять IP-адрес без возможности деанонимизации. Однако в реальности этот метод также не гарантирует никакой анонимности. Так как определить пользователя можно за счет cookie файлов, разрешения монитора, CPU мыши, шрифтов браузера, часового пояса,

установленных плагинов. Все перечисленное выше составляет цифровой след и с помощью системы мониторинга возможно найти такого же пользователя, у которого совпадает большинство составляющих. Например, часто посещаемые сайты и последовательность, в которой их посещают.

Основа алгоритма — это подготовленный сайт по определенной тематике. Далее при переходе по ссылке алгоритм работает следующим образом:

1. Определяется операционная система (ОС).
2. Сбор заголовков и информации браузера.
3. Сбор наиболее подробной информации о компьютере.
4. Сбор уникальной базы данных (БД) цифровых следов.
5. Идентификация уникального пользователя (даже при использовании браузера TOR).

Данный метод получил широкое применение и спецслужбы смогли вычислить около 50% хакеров получив доступ к сайту, где эти хакеры общались по закрытым каналам, как они думали.

Подводя итоги, хотелось бы сказать, что оба алгоритма актуальны сейчас, однако алгоритм деанонимизации с использованием особенностей браузера обладает невысокой точностью. Второй алгоритм широко применяется сейчас и позволяет с высокой вероятностью идентифицировать пользователя в сети.

Литература:

1. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Современные проблемы информационной безопасности // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 47-52. (Сборник).

2. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Кибербезопасность как неотъемлемая часть информационного мира // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 52-55. (Сборник).

3. *Асриянц С.В., Селёва А.В., Болдырихин Н.В.* Идентификация объекта наблюдения на основе истории его местоположений. Advances in Science and Technology сборник статей IX международной научно-практической конференции. 2017. С. 64-67.

4. *Алтунин Ф.А., Кносаль В.М., Давыдов Р.В., Болдырихин Н.В.* Анализ методов классификации трафика. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 1. С. 23-27.

5. *Тюрин К.А., Болдырихин Н.В.* Алгоритм вероятностной идентификации пользователей сети. Молодой исследователь Дона. 2016. № 2 (2). С. 81-86.

6. *Шелудько А.А., Болдырихин Н.В.* Поиск информационных объектов в памяти компьютера при решении задач обеспечения кибербезопасности. Молодой исследователь Дона. 2018. № 6 (15). С. 81-86.

7. *Лазаренко А.В.* Технологии деанонимизации пользователей Tor // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. -2016.- с. 258-262.

Г.П. Солдатова, Н.В. Болдырихин[1]

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИМВОЛОВ В МЕТОДЕ АССОЦИАТИВНОГО ПОИСКА

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: частотный анализ, распределение символов, поиск информации

Рассмотрено вероятностное распределение символов и метод ассоциативного поиска с его использованием.

G.P. Soldatova, N.V. Boldyrikhin[1]

ON THE USE OF SYMBOL DISTRIBUTION IN THE ASSOCIATIVE SEARCH METHOD

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: frequency analysis, distribution of symbols, information retrieval

The probabilistic distribution of symbols and the method of associative search with its use are considered.

В настоящее время актуальными и перспективными представляются задачи поиска необходимой информации в массивах данных [1-5]. Одной из разновидностей таких задач является поиск текстовой информации. Существуют исследования ученых, свидетельствующих о существовании статистического нетривиального распределения символов и их закономерных последовательностей в различных видах текста. Данное заключение называют частотным анализом. Хотя упоминание о частотном анализе слов появляется не так часто, данное понятие известно научному миру еще с IX века. Подразумевается, что один и тот же символа алфавита встречается в различных текстах с одинаковой частотой. Обязательным условием является написание текста на идентичных языках.

Если рассматривать анализ частотных характеристик детально, то можно выделить, что разновидность анализа основывается на том, что сам текст состоит из слов, слова – из букв, а буквы уже являются символами определенного алфавита и количество их ограничено. Естественно, символы в тексте повторяются, помимо этого они образуют различные биграммы, триграммы и n-граммы, сочетая различные буквы друг с другом, чередуя согласные, гласные и другие разновидности символов [1-3].

С помощью распределения символов можно установить и характер текста. Например, в художественных источниках буква «Ф» встречается гораздо реже, чем в технических. А буква «О» является самой часто используемой буквой русского

алфавита, но её появление в художественных произведениях существенно чаще, чем в технической литературе. Из этого следует, что для объективных результатов для исследования необходимо подбирать тексты различной стилистики и характера.

Очень легко установить частоту использования букв в процентном соотношении. Для этого необходимо подсчитать, сколько раз буква встречается в тексте, а затем поделить получившееся значение на общее количество символов.

Составим алгоритм решения задачи по распределению символов в тексте:

1. Получить на входе текст/строку и символ.

2. Определить длину текста/строки.

3. Перебрать последовательно каждый символ, пока не закончится исходный текст/строка.

4. Если очередной символ совпадает с исходным символом, то инкрементировать счетчик символов.

5. Вычислить значение частоты встречаемости и вывести ее на экран.

Опираясь на полученные данные в ходе выполнения алгоритма, может быть задействован ассоциативный поиск. Данный метод, основываясь на таблице частотностей, выбирает оттуда самый наименее используемый символ, находящийся в исходной строке поиска. При очередном проходе по словам текста или строки, отсеиваются слова, в которых не встречается та самая редко используемая буква. Следует учитывать, что символ имеет свой индекс и должен находится на одном и том же месте как в искомом слове, так и в конкретном слове текста, предназначенном для поиска [3].

Для примера возьмем простой текст из книги по вероятностному программированию на практике и построим таблицу частот встречаемости символов (табл. 1): «Правило Байеса позволяет вычислить вероятность причины при условии её следствия, зная априорную вероятность причины (до получения какой-либо информации о следствии) и вероятность следствия при условии причины» [6].

Попробуем найти слово «вероятность», самым малоиспользуемым является символ «ь» и находится он на одиннадцатой позиции. Слов, подходящих под этот критерий, всего три. Осуществляя поиск по такому принципу далее, стоит отметить, что уже на третьей итерации с высокой вероятностью искомое слово будет найдено.

Таблица 1. Частоты встречаемости символов в тексте

Ранг	Символ	Употреблений	Частота, %
1	и	26	14,53
2	о	18	10,06
3	с	13	7,26
4	р	12	6,7
5	в	11	6,15
6	т	11	6,15
7	л	10	5,59
8	е	10	5,59
9	н	10	5,59
10	п	9	5,03
11	я	8	4,47
12	а	7	3,91
13	ч	5	2,79
14	ы	4	2,23

Продолжение Таблицы 1.

Ранг	Символ	Употреблений	Частота, %
15	ь	4	2,23
16	у	4	2,23
17	д	4	2,23
18	б	2	1,12
19	й	2	1,12
20	з	2	1,12
21	к	2	1,12
22	ё	1	0,56
23	ю	1	0,56
24	ф	1	0,56
25	м	1	0,56
26	ц	1	0,56

Литература:

1. *Рандалл Р.Б.*, Частотный анализ. – К. Ларсен и сын А/О, ДК-2600 Глострун, Дания, 1989. – 390 с.

2. *Ляшевская О.Н., Шаров С.А.*, Частотный словарь современного русского языка (на материалах Национального корпуса русского языка). – М.: Азбуковник, 2009.

3. *Солдатова Г.П., Татаринов А.А., Болдырихин Н.В.,* Основные алгоритмы поиска подстроки в строке. 2018. №5. С. 8-10.

4. *Шелудько А.А., Болдырихин Н.В.* Поиск информационных объектов в памяти компьютера при решении задач обеспечения кибербезопасности. Молодой исследователь Дона. 2018. № 6 (15). С. 81-86.

5. *Мазуренко А., Болдырихин Н.В.* Обнаружение, основанное на сигнатурах, с использованием алгоритма Ахо-Корасика. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. № 1. С. 339-344.

6. *Пфеффер А.,* Вероятностное программирование на практике. / Пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 464 с.

Д.В. Жеделёв, В.Ю. Золотов, Н.В. Болдырихин[1]

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ХРАНЕНИЯ ФАЙЛОВ НА СЕРВЕРЕ МЕТОДОМ РАБИНА

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: разбиение данных, шифрование, дешифрование, метод Рабина, базы данных, сервер

Рассмотрен способ разбиения файла методом Рабина с использованием шифрования с последующей загрузкой на сервер.

D.V. Zhedelev, V.Y. Zolotov, N.V. Boldyrikhin[1]

THE SOFTWARE FOR THE ORGANIZATION OF STORAGE OF FILES ON THE SERVER BY RABIN'S METHOD

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Key words: splitting data, coding, decoding, Rabin's method, databases, server

The way of splitting the file by Rabin's method with use of enciphering with the subsequent loading on the server.

В настоящее время расширяется спектр задач, связанных с обеспечением информационной безопасности [1-6].

Наиболее популярными и надежными являются алгоритмы разбиения файлов и шифрования, такие как AES, XOR, DES и так далее.

Актуальной является задачей реализации программного средства, обеспечивающего организованное хранение зашифрованных файлов на сервере, разделенных на определенное количество частей методом Рабина.

Для метода Рабина входные данные должны представляться в виде матрицы, содержащей k строк и n столбцов, где n – общее число долей, а k – пороговое значение [7,8].

Обозначим такую матрицу $M(n,k)$. Для использования метода необходимо ввести понятие матрицы Вандермонда.

Матрица Вандермонда – это матрица вида:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_1^1 & x_1^2 & \dots & x_1^{k-1} \\ 1 & x_2^1 & x_2^2 & \dots & x_2^{k-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_n^1 & x_n^2 & \dots & x_n^{k-1} \end{pmatrix}$$

где x_i^j - элементы произвольного поля.

В этом случае долей будет называться пара из i-той строки матрицы A и i-той строки матрицы R, полученной по следующей формуле: $R=A*M$.

Для того, чтобы восстановить файл, необходимо: $M=(A_i)^{-1}*R_i$, где матрицы A_i и R_i собираются из k долей.

Недостатками метода Рабина являются разрастание данных и появление нецелых значений при вычислении обратной матрицы [7,8].

Для минимизации недостатков метода применяют различные поля Галуа.

В реализации данного метода начальными параметрами являются количество долей n и пороговое значение k, которое показывает минимальное количество долей, по которым может быть восстановлен файл. Параметры n и k также необходимы для построения масок. Количество нулей и единиц в маске определяется следующим образом: чтобы реализовать пороговое восстановление секретного файла,

необходимо, чтобы k различных масок при применении к ним побитового логического «или» давали в результате вектор, содержащий только единицы.

Алгоритм генерации масок заключается в составлении матрицы, строками которой будут все возможные векторы длины n, содержащие k – 1 нулей и n-k+1 единиц. Затем необходимо транспонировать описанную выше матрицу. В результате размеры новой матрицы будут n × C_n^{k-1}, где C_n^{k-1} - число сочетаний из n по k-1. Каждая строка будет представлять отдельную маску для каждой из n долей.

Идея метода битовых масок состоит в следующем: исходный файл рассматривается как последовательность определённых отрезков следующего вида: {s1, s2, …}. Полученные отрезки называются сегментами. В качестве сегмента может быть принято, как некоторое количество байт или бит, так и пиксель или определённый интервал аудиофайла или видеоизображения. Иначе говоря, в качестве сегмента может быть выбрана любая удобная единица.

Для того, чтобы разбить файл на части, необходимо сгенерировать битовые маски m_i, причём генерация должна быть осуществлена таким образом, чтобы каждому сегменту соответствовал 1 бит маски. Биты маски последовательно циклически применяются к секретным сегментам данных. В маске присутствуют нулевые и единичные биты. Если единице сегмента соответствует нулевой бит маски, то в таком случае сегмент секрета отбрасывается. Поэтому результатом применения битов маски к сегментам секретных данных будет последовательность сегментов, соответствующих ненулевым битам маски.

Восстановление файла происходит также по частям. На вход поступает пара (m_i,f_i), где m_i – побитовая маска, а f_i –доля файла. После этого каждая маска циклически применяется к доле: элементы доли записываются на позициях секретного файла, соответствующих единичным элементам маски.

Для определения структуры приложения необходимо выделить ее входные и выходные данные. Входные данные будут подразделяться на 2 категории: программные и пользовательские. К программным данным будут относиться параметры авторизации и файлы. Пользовательские входные данные будут включать в себя действия пользователя, эти действия будут поступать в программу путём выбора пунктов меню и инструментов, предоставленных в приложении, либо же вводом путей к файлам.

Выходная информация в приложении будет представлена в виде файлов. Программная среда по запросу будет скачивать файлы с сервера, а также пользователь сможет возвращаться на главное меню, чтобы сделать выбор следующего действия.

Также необходимо выбрать алгоритм шифрования файла. Наглядно рассмотрим один из них, а именно XOR. Его принцип работы заключается в бинарной логической операции исключающего «или». Таблично данная операция представлена на Рисунке 1.

На вход алгоритму подается исходный текст (т.е. набор байт) и строка пароля

Шифрация происходит так, что к каждому символу исходного текста и очередному символу строки пароля применяется побитовая логическая операция XOR. Результат записывается в файл.

a	b	$a\ XOR\ b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рисунок 1. XOR-шифрование

XOR является симметричным алгоритмом шифрования. Это означает, что если зашифровать один и тот же файл дважды с одинаковым паролем, то на выходе получится тот же файл без каких-либо изменений. Таким образом, становится понятно, что для шифрования и дешифрования будет использоваться одна и та же функция, что упрощает реализацию алгоритма. Если при расшифровывании используется тот же пароль, что и при шифровании, то результатом расшифровки будет исходный файл. Если же пароли отличаются, то на выходе будет получен файл, содержащий некорректные данные.

Для работы с приложением было реализовано несколько форм. Перед его использованием необходимо уже иметь какие-то знания, но если человек первый раз знакомится с удаленным диском, то ему будет нетрудно разобраться с программой, ведь она имеет интуитивно понятный интерфейс.

В начале работы можно выбрать одну из следующих операций: загрузить или скачать файл, создать или изменить пользователя, а также выбрать тип шифрования и метод разбиения. Также можно завершить работу приложения.

Схему работы программы приведена на Рисунке 2.

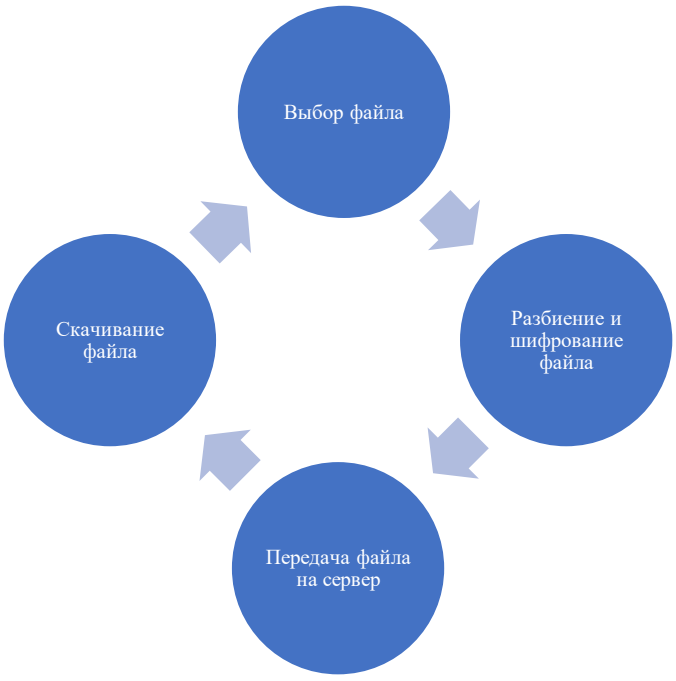


Рисунок 2. Работа программы

На Рисунке 3 приведена блок-схема программы, описывающая алгоритм выполнения, реализованный в рамках программного средства.

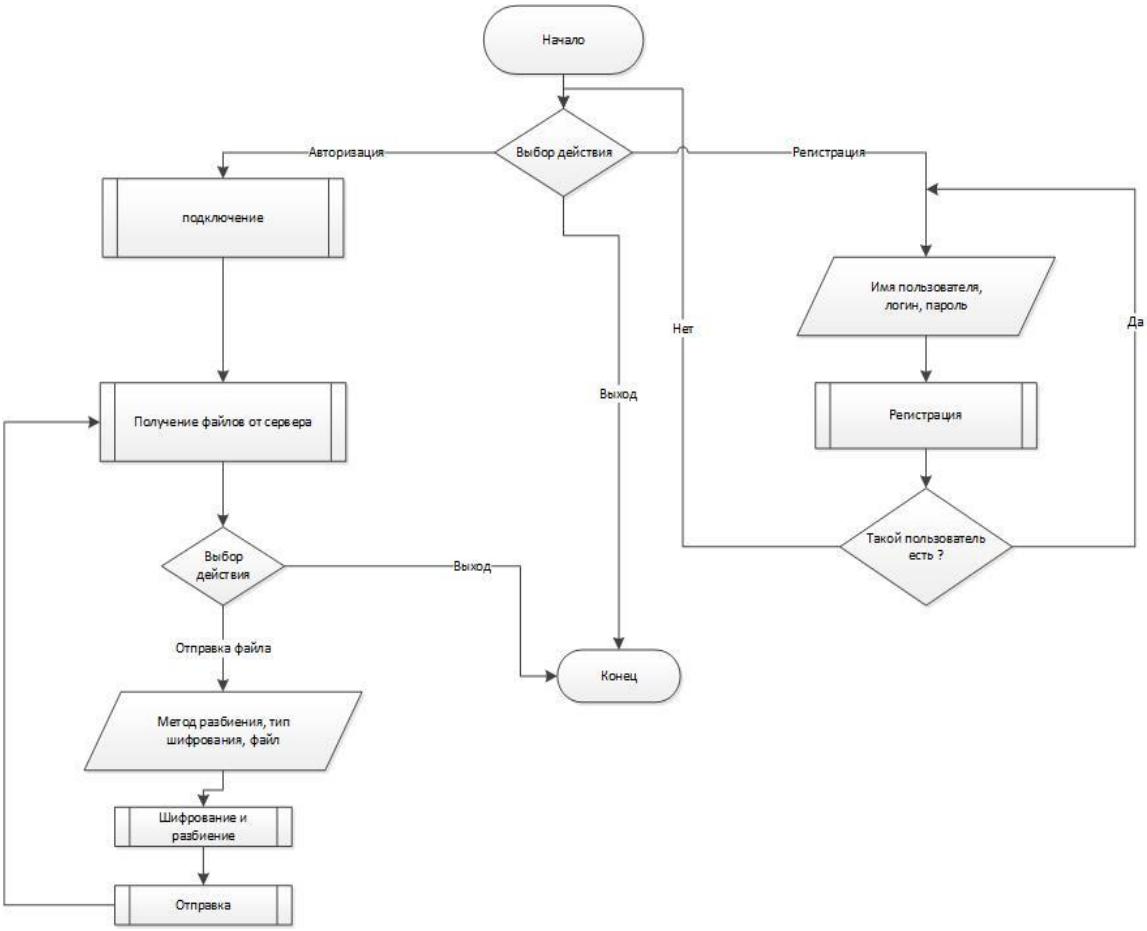


Рисунок 3. Блок-схема программы

Программное средство, осуществляет загрузку на сервер, а также разбиение файла на доли. Разбитый на доли файл можно собрать, скачав его, при этом пользователь должен знать алгоритм шифрования, который использовался при загрузке, а также ключ.

Удобство в использовании неопытным пользователем обеспечивается за счет понятного и современного интерфейса.

Литература:

1. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Современные проблемы информационной безопасности // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 47-52. (Сборник).

2. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Кибербезопасность как неотъемлемая часть информационного мира // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 52-55. (Сборник).

3. *Асриянц С.В., Селёва А.В., Болдырихин Н.В.* Идентификация объекта наблюдения на основе истории его местоположений. Advances in Science and

Technology сборник статей IX международной научно-практической конференции. 2017. С. 64-67.

4. *Алтунин Ф.А., Кносаль В.М., Давыдов Р.В., Болдырихин Н.В.* Анализ методов классификации трафика. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 1. С. 23-27.

5. *Тюрин К.А., Болдырихин Н.В.* Алгоритм вероятностной идентификации пользователей сети.Молодой исследователь Дона. 2016. № 2 (2). С. 81-86.

6. Шелудько А.А., Болдырихин Н.В. Поиск информационных объектов в памяти компьютера при решении задач обеспечения кибербезопасности. Молодой исследователь Дона. 2018. № 6 (15). С. 81-86.

7. Деундяк В.М., Маевский А.Э., Могилевская Н.С. Методы помехоустойчивой защиты данных: учебник // Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – 309 с.

8. *Могилевская Н.С.* Введение в теорию информации: учебное пособие // – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 125с.

Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник, П.В. Закалкин, Р.А. Корнюшенко

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ СВЯЗИ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: информационная безопасность, оптическое волокно, информационная безопасность, несанкционированный доступ.

В настоящее время для построения телекоммуникационных сетей различных уровней широко используют оптоволоконный кабель. В статье представлены основные способы несанкционированного доступа к оптоволоконным линиям связи. Предлагается классификация способов несанкционированного подключения к оптоволоконному кабелю.

E.V. Vershennik, A.V. Vershennik, P.V. Zakalyukin, R.A. Kornushenko

CLASSIFICATION OF METHODS OF UNAUTHORIZED ACCESS TO FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINES

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: information security, optical fiber, information security, unauthorized access.

Currently, fiber-optic cable is widely used for the construction of telecommunication networks of different levels. The article presents the main methods of unauthorized access to fiber-optic communication lines. The classification of methods of unauthorized connection to fiber optic cable is proposed.

В настоящее время для построения телекоммуникационных сетей различных уровней (от межконтинентальных магистралей до локальных сетей) широко

используют оптоволоконный кабель – это предопределяется высокой пропускной способностью волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) и высокой устойчивостью к внешним воздействиям [1- 3].

Согласно ГОСТ 26599-85 «Термины и определения» введено понятие «волоконно-оптические линии передачи» – совокупность линейных трактов волоконно-оптических систем передачи, имеющих общий оптический кабель, линейные сооружения и устройства их обслуживания в пределах действия устройств обслуживания.

ВОЛС состоят из стационарного оборудования, размещаемого на точечных объектах, и линейного тракта, представляющего собой волоконно-оптические кабели и усилители оптического сигнала. Защита стационарного оборудования обеспечивается так же, как и защита любого аналогичного объекта, и имеет мало особенностей, в то время как защитить линейную часть на всем её протяжении достаточно сложно как в техническом, так и в финансовом плане.

Долгое время оптическому волокну (ОВ) приписывалась повышенная скрытность, обусловленная особенностями распространения излучения по оптическим волокнам и трудностями скрытного подсоединения к существующим линиям. Однако утечка информации через волоконно-оптический кабель возможна.

Так в [4] рассматривается два способа несанкционированного доступа (НСД) к ВОЛС: безразрывный и разрывный, в [5] приведена следующая классификация:

1. По способу усиления: пассивный или активный (с оптическим усилителем);
2. По способу подсоединения: безразрывный или разрывный;
3. Безразрывный по способу регистрации: локальный или протяженный.

В [6] рассматриваются способы съема побочных излучений с боковой поверхности оптоволоконного кабеля: пассивные, активные, компенсационные.

Наиболее развернутая классификация способов приведена в [7] (Рисунок 1).

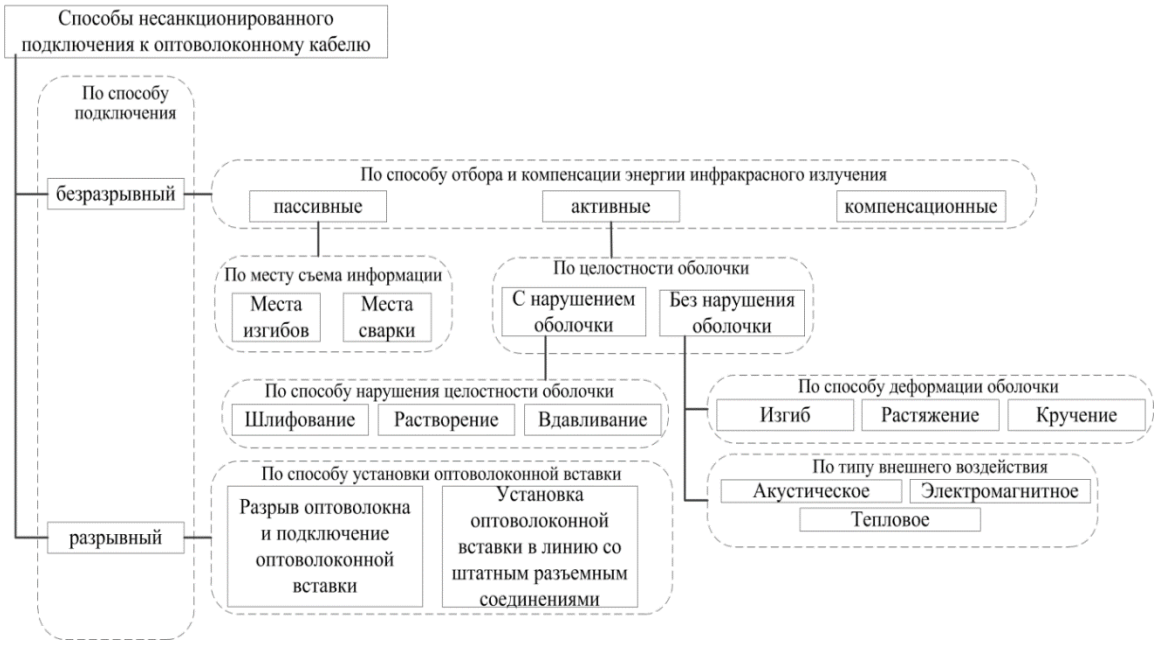


Рисунок 1. Классификация способов несанкционированного подключения к оптоволоконному кабелю.

Однако ни одна из известных классификаций не является полной, в связи с чем задача разработки классификации способов позволяющих осуществить

несанкционированный доступ к циркулирующим в оптоволокне данным актуальна и требует решения.

Предлагается следующая классификация:

По физическому принципу формирования канала утечки в ВОЛС:

- на основе нарушения полного внутреннего отражения;
- на основе регистрации рассеянного излучения;
- на основе параметрических методов регистрации проходящего излучения.

К способам НСД, связанным с нарушения полного внутреннего отражения относят способы, основанные на [8, 9]:

- изменении угла падения (использование внешнего воздействия для уменьшения угла падения до значения, меньшего значения предельного угла падения, при котором начинает наблюдаться полное внутреннее отражения);
- изменении отношения показателя преломления оболочки к показателю преломления сердцевины оптоволокна (использование внешнего воздействия для увеличения угла полного внутреннего отражения до значений, больших характерных углов падения в световоде);
- оптическое туннелирование (оптическое туннелирование состоит в прохождении излучения через оболочку оптоволокна с показателем преломления меньшим, чем у сердцевины, при углах падения больших угла полного внутреннего отражения) [8].

Рассеянное излучение позволяет сформировать каналы утечки информации и реализовать следующие способы НСД к ВОЛС:

- прямое измерение рассеянного излучения на длинах волн носителя информации;
- регистрация рассеянного излучения на комбинационных частотах;
- специальная “обработка” оптоволокна внешними полями (тепловым, электромагнитным, радиационным), с целью увеличения интенсивности рассеянного излучения и его измерения.

Параметрические методы регистрации проходящего излучения основаны на регистрации следующих параметров ОВ, модулируемых световым потоком: показатель преломления; показатель поглощения при прохождении света; малые изменения геометрических размеров (фотоупругий эффект); регистрация модуляции свойств поверхности волокна.

По способу подключения:

- безразрывный (бесконтакнтый);
- разрывный (контакнтый);

По месту подключения:

- на локальных участках;
- на распределенных участках.

По способу отбора и компенсации энергии инфракрасного излучения:

- пассивные (регистрация излучения с боковой поверхности ОВ);
- активные (регистрация излучения, выводимого через боковую поверхность ОВ с помощью специальных средств, меняющих параметры сигнала в ВОЛС) [10];
- компенсационные (регистрация излучения, выводимого через боковую поверхность ОВ с помощью специальных средств с последующим

формированием и вводом в ОВ излучения, компенсирующего потери мощности при выводе излучения).

Пассивные способы обладают высокой скрытностью, так как практически не меняют параметры распространяющегося по ОВ излучения, но имеют низкую чувствительность.

Активные способы позволяют вывести через боковую поверхность ОВ излучение значительно большей мощности. Однако при этом происходит изменение параметров распространяющегося по ОВ излучения

(уровень мощности в канале, модовая структура излучения), что может быть легко обнаружено.

Компенсационные способы принципиально сочетают в себе преимущества первых двух групп – скрытность и эффективность, но сопряжены с техническими трудностями при их реализации [10].

По целостности оболочки:

- с нарушением целостности оболочки;
- без нарушения целостности оболочки.

По способу нарушения целостности оболочки:

- шлифование;
- растворение;
- вдавливание.

По способу деформации оболочки:

- изгиб;
- растяжение;
- вдавливание.

При сгибании волокно искривляется таким образом, чтобы угол отражения стал меньше критического, и излучение проникает через оболочку. Различают два типа сгибов: микросгиб (приложение внешнего усилия вызывает острое, но при этом микроскопическое искривление поверхности, приводящее к осевым смещениям на несколько микрон и пространственному смещению длины волны на несколько миллиметров. Через дефект проникает свет, и он может использоваться для съема сообщений), макросгиб (для каждого типа волокна существует минимально допустимый радиус изгиба. Это свойство также может использоваться для съема сообщений. Если волокно сгибается при меньшем радиусе, то возможен пропуск света, достаточный для съема сообщений)

По типу внешнего воздействия:

- механическое;
- акустическое;
- тепловое;
- электромагнитное;
- радиационное.

По способу установки оптоволоконной вставки:

- разрыв оптоволокна и подключение оптоволоконной вставки;
- установка оптоволоконной вставки в линию со штатным разъемным соединениями.

Таким образом, первоочередными задачами для предотващения НСД ВОЛС являются:

- разработка технических средств и способов контроля несанкционированного доступа к информационному оптическому излучению;

– разработка технических средств и способов защиты от несанкционированного доступа к информационным сигналам;
– разработка технических средств защиты информации, передаваемой по оптоволокну, реализующих принципы маскировки, добавления помех, оптической и квантовой криптографии.

Литература:

1. Патент 2586858 Российская Федерация, МПК H04L 9/32 (2006.01). Способ управления потоками данных на основе контроля заданного потребителем маршрута и обнаружения факта деструктивного воздействия / Сухорукова Е.В., Алисевич Е.А., Закалкин П.В., Стародубцев П.Ю., Кругленко Е.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет» – 2014150152; заявл. 10.12.2014; опубл 10.06.2016, бюлл. № 16. – 12 с.

2. Закалкин П.В., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В. Способ управления потоками данных на основе контроля заданного потребителем маршрута и обнаружения факта деструктивного воздействия // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 2 (10). С. 84-89.

3. Патент 2620569 Российская Федерация, МПК G10L 15/00, H04R 29/00. Способ измерения разборчивости речи / Иванов Н.А., Иванов С.А., Краснов В.А., Стародубцев П.Ю., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В.; заявитель и патентообладатель Иванов Н.А., Стародубцев П.Ю. – 2016119183; заявл. 17.05.2016; опубл 26.05.2017. бюл. №15 – 12 с.

4. M.Z IQBAL, H FATHALLAH, N BELHADJ. 2011. Optical Fiber Tapping: Methods and Precautions. High Capacity Optical Networks and Enabling Technologie/

5. Ю.В. Аграфонов, Д.Б. Липов, А.Н. Малов Структура волновых мод и несанкционированный доступ в волоконно-оптических линиях связи. Байкальская Школа по фундаментальной физике.

6. А.В. Корольков, И.А. Кращенко, В.Г. Матюхин, С.Г. Синев Проблемы защиты информации, передаваемой по волоконно-оптическим линиям связи, от несанкционированного доступа (http://www.emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/0/c0a700122533e000c32575be003cb751?OpenDocument)

7. Закалкин П.В., Кириллова Т.В., Булатов Е.И. Классификация и сравнительный анализ способов несанкционированного доступа к коммерческим оптоволоконным линиям связи // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2014. № 1 (5). С. 108-112.

8. В.В. Гришачев, В.Н. Кабашкин, А.Д. Фролов. Анализ каналов утечки информации в волоконно-оптических линиях связи: нарушение полного внутреннего отражения / информационное противодействие угрозам терроризма. 2005. № 4. Стр. 194 – 205.

9. Филиппов М.В., Чичварин Н.В. Метод мониторинга информационной безопасности волоконно-оптической линии связи. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 8. URL: http://engjournal.ru/catalog/it/security/1327.html

10. А. Манько, В. Каток, М. Задорожний. Защита информации на волоконно-оптических линиях связи от несанкционированного доступа // Правовое, нормативное и метрологическое обеспечение системы защиты информации. 2001, - вып. 2. - стр. 249 - 255)

Е.В. Попенко, Н.В. Болдырихин[1]

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КЕЙЛОГГЕРОВ

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: кейлоггер, руткит, троян
Проанализированы кейлоггеры и их виды.

E.V. Popenko, N.V. Boldyrikhin[1]

ANALYSIS OF EXISTING KEYLOGGEROV

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
North-Caucasian branch of the Order of the Red Banner of Labor of the federal state budgetary educational institution of higher education “Moscow Technical University of Communications and Informatics”, Rostov-on-Don, Russia[1]

Keywords: keylogger, rootkit, trojan
Analyzed keyloggers and their types.

В настоящее время проблемы информационной безопасности выходят на передний план [1-8]. Появляется большое количество нового вредоносного программного обеспечения [1,2,6-8]. Современные вредоносные программы состоят из различных частей, каждая из которых выполняет свою функцию. Такой софт похож на универсальный гаечный ключ, а не на набор отдельных инструментов, что дает мошеннику преимущество в выполнении различных действий на атакованной системе. Один из компонентов, часто присутствующих при такой атаке, – это кейлоггер, специальный инструмент, записывающий все нажатия клавиш. С помощью этого компонента мошенник может скрытно получить доступ к большому количеству конфиденциальной информации, оставаясь незамеченным.

Кейлоггером является любой компонент программного обеспечения или оборудования, который умеет перехватывать и записывать все манипуляции с клавиатурой компьютера. Нередко кейлоггер находится между клавиатурой и операционной системой и перехватывает все действия пользователя. Этот инструмент либо хранит перехваченную информацию на зараженном компьютере, либо, если является частью более крупной атаки, все данные сразу передаются на удаленный компьютер организаторов атаки. Хотя термином «кейлоггер» обычно называют вредоносные программы, но порой его используют и правоохранительные органы.

На сегодняшний день существует огромное количество кейлоггеров программных и аппаратных. В большей степени используется программный кейлоггер, который является частью вредоносной программы, такой как троян или руткит. В основном, это и самый распространённый вариант получения доступа к интересующему компьютеру без физической установки кейлоггера. Самый

распространённый тип программных кейлоггеров может устанавливать на компьютере готовое программное обеспечение, регистрирующее каждое нажатие клавиш. Также применяются клавиатурные шпионы, реализованные на уровне системного ядра, шпионской надстройки в браузере и другие, более сложные конструкции.

Меньше всего распространены аппаратные кейлоггеры, так как намного сложнее подключить физическое средство к компьютеру. Возрастает риск быть замеченным, потому что такие клавиатурные шпионы необходимо устанавливать, имея непосредственный доступ к компьютеру. Кейлоггеры могут быть установлены в процессе производства, иногда даже встраиваются в BIOS. Иногда кейлоггеры могут быть встроены в USB-устройства: накопители или вставки-переходники в шнуре клавиатуры. Аппаратное шпионское оборудование требует более сложной установки, но оно может быть более гибким и менее зависит от работы атакованной системы.

Программные кейлоггеры, в основном, являются предустановленными на компьютеры в составе комплексного вредоносного программного обеспечения. Определённые компьютеры могут подвергнуться заражению во время скрытой загрузки при посещении зараженного сайта. Иногда клавиатурные шпионы встраиваются в официальный софт. Аппаратные кейлоггеры могут быть установлены только физически злоумышленником, который имеюет доступ к компьютеру.

Сравним существующие кейлоггеры.

Spytech SpyAgent.

Богатая функциональность, гибкость и простота в понимании интерфейса. Может быть использована для наблюдения за домашним ПК, выполнять функции родительского контроля и наблюдения за сотрудниками. Менее невидима, чем её Stealth Edition версия, невозможен процесс установки удаленно.

Преимущества:

- Приятный внешний вид, удобный интерфейс.
- Поддержка нескольких ОС.
- Конфигурируемое самоудаление.
- Запись времени бездействия системы.
- Группировка перехваченной информации по категориям.
- Отличное визуальное наблюдение.
- Доступны функции копирования логов на съемный носитель и запись звука, воспроизводимого на устройстве.
- Запись звука микрофона.
- Захвата изображения с веб-камеры.
- Удаленный просмотр в реальном времени.

Недостатки:

- Доступна только на английском языке.

Spyrix Personal Monitor.

С помощью этого многопрофильного скрытого инструмента можно проводить мониторинг сотрудников или использовать его для родительского контроля. Он совмещает в себе характеристики высокопрофессионального продукта с простотой в использовании. Интерфейс доступен на девяти языках.

Преимущества:

- Широкая Поддержка ОС.
- Продуманный интерфейс, доступный на 9 языках.
- Абсолютно скрытый режим с невидимой папкой программы.
- Блокировка доступа к нежелательным сайтам.
- Блокировка по словам из "Черного списка".
- Большое количество способов отправки отчётов.
- Группировка полученных данных.
- Гибкие настройки скриншотов.
- Запись звуков микрофона.
- Запись изображения веб-камеры.
- Онлайн мониторинг.
- Перехват разговоров в чатах (обе стороны).
- Удаленный мониторинг через защищенный веб-аккаунт или через специальное мобильное приложение Spyrix Viewer для Android и iOS.

Недостатки:

- Пароли при входе в систему не записываются.

Refog Personal Monitor.

Многофункциональный и интуитивно-понятный в использовании кейлоггер. Пригодится, если вы заинтересованы в наблюдении за домашним ПК или в родительском контроле. Может также использоваться для мониторинга сотрудников. Доступен на 12 языках.

Преимущества:

- Поддержка нескольких ОС.
- Группировка перехваченной информации по категориям.
- Удобный интерфейс.
- Очень хороший мониторинг активности файлов.
- Мультиязычный интерфейс.
- Хороший уровень перехвата посещенных URL.
- Сильное визуальное наблюдение.
- Двухсторонний перехват чатов в мессенджерах.
- Запись звука микрофона.
- Захвата изображения веб-камеры.
- Удаленный просмотр в реальном времени.

Недостатки:

- Недостаточно высокий уровень скрытности.
- Большое количество шагов установки.

All In One Keylogger.

Скрытый, функциональный и простой в использовании. Доступен на 12 языках. Пригодится тем, кто заинтересован в обеспечении безопасности домашних компьютеров, родительского контроля и мониторинга сотрудников. Не требует глубокого знания программного обеспечения для мониторинга. Поддерживает все современные 32-разрядные, так и 64-разрядные операционные системы.

Преимущества.

- Поддержка нескольких ОС.
- Большой уровень скрытности.
- Конфигурируемое самоудаление.

– Возможность копирования лог-файлов на переносное устройство.
– Визуальное наблюдение.
– Перехват больших URL.
– Звукозапись.
– Группировка перехваченной информации и настроек по категориям.
– Параметры передачи журнала.
– Двусторонний перехват в мессенджерах.
– Интерфейс Multi-язычный.
– Запись звука микрофона.
– Мониторинг веб-камеры.

Недостатки.

– Большое количество шагов, которые необходимо выполнить во время предварительной установки.

Elite Keylogger.

Функциональный и простой в использовании кейлоггер. Предназначен для домашнего мониторинга. Имеет интуитивно-понятный интерфейс. Доступен на 3 языках. Поддерживает 32-и 64-разрядные версии Windows 10/8/7 / Vista / XP.

Преимущества.

– Удобный интерфейс.
– Перехват больших URL.
– Отличные параметры передачи журнала.
– Большой уровень скрытности.

Недостатки.

– Односторонний перехват в мессенджерах.

Литература:

1. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Современные проблемы информационной безопасности // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 47-52. (Сборник).

2. *Буковшин В.А., Болдырихин Н.В.* Кибербезопасность как неотъемлемая часть информационного мира // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 52-55. (Сборник).

3. *Асриянц С.В., Селёва А.В., Болдырихин Н.В.* Идентификация объекта наблюдения на основе истории его местоположений. Advances in Science and Technology сборник статей IX международной научно-практической конференции. 2017. С. 64-67.

4. *Алтунин Ф.А., Кносаль В.М., Давыдов Р.В., Болдырихин Н.В.* Анализ методов классификации трафика. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 1. С. 23-27.

5. *Тюрин К.А., Болдырихин Н.В.* Алгоритм вероятностной идентификации пользователей сети.Молодой исследователь Дона. 2016. № 2 (2). С. 81-86.

6. *Шелудько А.А., Болдырихин Н.В.* Поиск информационных объектов в памяти компьютера при решении задач обеспечения кибербезопасности. Молодой исследователь Дона. 2018. № 6 (15). С. 81-86.

7. Топ-кейлоггеры 2019: сравнение и обзоры. [Электронный адрес] – URL: https://www.keyloggers.com/ru/ (дата обращения 20.02.2019)

8. Что такое кейлоггер? [Электронный адрес] – URL: http://www.spy-soft.net/chto-takoe-kejlogger-vidy-klaviaturnyx-shpionov/(дата обращения 20.02.2019)

И.И. Поляков, В.И. Юхнов, Н.О. Светличная

ЭКОСИСТЕМА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРОСЛУШИВАНИЯ КАК ПРОБЛЕМА НАРУШЕНИЯ АНОНИМНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ В СЕТИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: Жучки, таргетинг, онлайн, прослушивание, ультразвук, рекламодатели, Facebook, Instagram, информация, контент, мобильное приложение, объявление, микрофон, данные, доступ, гаджет, фреймворк, сигнал.

В статье рассмотрена проблема защищенности персональной идентичности в киберпространстве и правомерность способов её отслеживания через средства массовой коммуникации

I.I. Polyakov, V.I. Yukhnov, N.O. Svetlichnaya

ECOSYSTEM OF ULTARSONIC TRACKING AS A PROBLEM OF VIOLATING ANONYMITY OF A USER OF INDIVIDUAL COMMUNICATION MEANS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: Sound beacon, targeting, online, eavesdrop, ultrasonic, advertisers, Facebook, Instagram, information, content, mobile application, advert, microphone, date, access, gadget, framework, signal.

The article consider problem of the protection identity in cyberspace and the legal ways of its tracking the means of mass communication.

Актуальными проблемами современности являются защищенность персональной идентичности в киберпространстве и правомерность способов её отслеживания через средства массовой коммуникации. Способов слежения за человеком очень много. Среди них широко распространен метод добавления на сайты так называемых «веб-жучков» или пикселей ретаргетинга, которые представляют собой некие изображения размером в один пиксель, произвольно размещаются на сайте и сливаются с его фоном, или специальный HTML-код, встроенный в тело сайта, с целью передачи рекламодателям различной информации о посетителях.

Относительно новым подвидом этих жучков являются аудио- или звуковые маячки. Они представляют собой специальный ультразвуковой сигнал, неслышный человеческому уху, который добавляется в каждый рекламный инструмент –

рекламный ролик или объявление – и легко улавливается приложением на смартфоне. Подобный функционал можно реализовать практически на любом мобильном приложении, который сможет, независимо от воли разработчиков и месторасположения пользователя, сообщать заинтересованным лицам приоритетный контент, что, в свою очередь, позволит им выдать соответствующие рекламные предложения.

Так, в 2008 году компания Google запатентовала систему прослушивания и распознавания фонового шума в телефоне пользователя. Фоновый шум является одним из важных параметров, позволяющих через смартфоны пользователей наиболее точно подобрать контекстную рекламу. Например, если система услышит звуки службы оповещения расписания самолетов, а сам смартфон определит геолокацию пользователя, то можно предложить ему приобрести билеты онлайн.

Многие люди, пользующиеся интернетом на своих смартфонах, все чаще отмечают удивительные возможности рекламы становиться контекстной в результате «чтения мыслей». Стоит в реальной жизни обсудить с кем-либо ту или иную проблему, как в интернете рекламодатели уже предлагают доступное решение по привлекательной цене. Совпадения можно отнести на историю поиска в браузере, теорию вероятности, или даже случаи паранойи, или же связать это с тем фактом, что социальные сети подслушивают своих пользователей через их смартфоны. Целью такого прослушивания является сбор данных рекламными площадками для таргетинга.

Итак, возникают вопросы: может ли смартфон каким-то образом подслушивать и записывать наши разговоры? И кто нас слушает?

На самом деле, спецслужбы вряд ли будут шпионить за каждым человеком, так как это требует огромных ресурсов. А вот Facebook – вполне может, поскольку эта работа выполняется с использованием алгоритмов. Можно предположить, что есть так называемые слова-триггеры, которые включают прослушивание, работая по принципу функции «Окей, Google», которая всегда работает в фоновом режиме. То есть, как только смартфон фиксирует определённый аудио триггер, он начинает записывать разговор или его фрагмент, расшифровывает его в текст, выделяет ключевые слова, а потом отправляет эти данные на приложения, установленные на смартфоне пользователя, для формирования таргетированной рекламы. Так как отправляемые аудиозаписи находятся в зашифрованном виде, то определить точный список слов-триггеров вряд ли возможно, но можно предположить, что это простые слова, такие как «купить», «забронировать» и т.д.

Анализ голоса в режиме реального времени — это процесс технически сложный и затратный, однако уже существуют технологии, позволяющие работать со звуком в фоновом режиме. У компании Facebook есть патент на технологию распознавания речи и автоматический перевод с одного языка на другой, который может работать онлайн и офлайн. Например, приложение Instagram, купленное Facebook Inc., имеет в базе данных переводчик 77 языков. Таким образом, проанализировать ключевые слова, полученные после срабатывания аудио-триггера, а потом передать их рекламодателям - не составит большого труда.

Естественно, администрация любых социальных сетей отрицает факт неправомерного использования микрофона на смартфонах своих пользователей, мотивируя это наличием достаточной информации о пользователях: поисковые запросы, местоположение, подписки, личная информация, оставляемая в профилях и т.д. Так, в официальном блоге компании Facebook, которую первую начали подозревать в прослушивании своих пользователей, есть отдельный пост, в котором отрицается данный факт. То же самое утверждал глава Facebook Марк Цукерберг на

слушаниях в конгрессе США, когда был поднят вопрос о причастности социальной сети к загадочным случаям появления «чудо»-рекламы, которая читает мысли пользователей средств связи.

Анонимность в современном обществе – миф или реальность?

Экосистема ультразвукового отслеживания или uBeacons — относительно новая технология, которая представляет собой высокочастотные аудио жучки, неслышимые для человеческого уха, но легко определяемые практически любым коммерческим динамиком или микрофоном.

uBeacons имеет высокую точность нацеливания объявлений, а также не требует от пользователя никаких действий, чем и высоко ценится среди маркетинговых компаний. Эта технология работает благодаря uXDT-фреймворку, суть которого заключается во внедрении в мобильные приложения соответствующих аудио маячков, чтобы отслеживать действия пользователя. Сам разработчик может даже не подозревать, что его проект содержит такой жучок, так как большинство при разработке приложений используют бесплатные SDK, в библиотеки которых может быть вшит подобный ультразвуковой модуль.

Принцип работы у маячка достаточно простой: воспроизводится реклама с элементами ультразвука, динамик издает последовательность ультразвуковых тонов, которые, в свою очередь, перехватываются uXDT-фреймворком. После идентификации сигнала фреймворк извлекает из него ключевые слова и передает маркетологу эту информацию, а также уникальные данные пользователя и устройства. Проанализировав полученную информацию, рекламодатель отправляет персональные рекламные предложения.

Такая технология может сильно подорвать анонимность любого пользователя. Например, на конференции по кибербезопасности ZeroNight’2016 представители организации SilverPush показали, как можно с помощью подобного аудио маячка деанонимизировать любого пользователя. Так, если пользователь просмотрит рекламу через браузер Tor, то рекламодатель может получить почтовый адрес и номер телефона этого человека, при условии, что его устройство находилось в диапазоне излучения ультразвукового сигнала.

Экспериментально-доказательная база.

Официально отсутствует информация о том, что таргетинг учитывает наши телефонные разговоры. В основном используются другие данные: подписки, указанная личная информация и само поведение в сети. Для начала узнаем, каким приложениям открыт доступ к микрофону через настройки телефона. Из основных приложений, установленных на телефон, микрофон используют: YouTube, Instagram, Google Chrome, WhatsApp, Facebook, ВКонтакте. Согласно описанию приложения, микрофон используют для функций голосового вызова. Стоит задуматься, ведь Instagram и Facebook не предлагает услуг телефонной связи - зачем им микрофон?

Далее, в разговоре между собой по смартфону в течение часа обсуждалась тема отпуска и связанных с ним поездок. Первым отозвался Instagram, который мгновенно представил рекламу авиабилетов и бронирования отелей. Думаю, если не ждать такие объявления у себя в ленте, то реклама, которая читает наши мысли, может очень сильно удивить нас. Самое время вспомнить, что Instagram был куплен Facebook Inc.; так как эти социальные сети тесно связаны между собой, то резонно проверить ленту Facebook. Оправдав наши ожидания, этот ресурс также показал релевантную рекламу. Можно было бы остановиться на этом, несмотря на то что эта реклама демонстрировалась только в день телефонных разговоров, и можно было

списать на приближавшееся лето и пору отпусков. Желая проверить возможности таргетинга, мы решили усложнить задачу социальным сетям: в течение нескольких дней в разговорах по мобильному телефону затрагивались довольно редкие темы: где купить розу в стеклянной колбе для подарка и желание научиться делать поделки из картона. Ребята из Facebook и Instagram нас не подвели и развеяли наши сомнения по поводу прослушивания пользователей. В Instagram появилось несколько рекламных объявлений на тему покупки роз в стеклянной колбе с расценками и обучения оригами. Также маркетологи учли степень нашей заинтересованности в данных направлениях. Например, когда разговор длился всего час, то реклама предоставлялась единожды, а для темы, обсуждавшейся в течение нескольких дней, реклама демонстрировалась на протяжении недели.

Хочется отметить, что из всех приложений, имеющих доступ к микрофону, только Facebook и Instagram оказываются «отзывчивыми» на темы телефонных разговоров и транслируют релевантную рекламу.

Подводя итог исследования, мы заключаем, что рекламодателям очень выгодно записывать аудио сообщения, так как информация, полученная от прослушивания, позволяет им лучше таргетировать рекламу. Можно с уверенностью сказать, что наши гаджеты – персональные маркетологи, а такие технологии - находка для рекламодателей. Если наши товары относятся к категории импульсивных покупок, то реклама в социальных сетях может стать очень эффективным каналом их продвижения.

Однако такое прослушивание является серьезным нарушением конфиденциальности, поскольку частные разговоры передаются третьей стороне без ведома пользователя. Контролировать данное нарушение в настоящее время не представляется возможным. Поэтому при установке приложений, которые запрашивают доступ к микрофону или местоположению устройства, нужно подумать, насколько необходим пользователю функционал, который требует такого уровня доступа и что важнее: получаемая от приложения польза или потенциальный вред от отправки приватных данных рекламным сетям и другим третьим сторонам.

Литература:

1. https://2016.zeronights.ru // Международная конференция, посвященная практическим аспектам информационной безопасности.

2. https://habr.com/ru/company/vasexperts/blog/414937 // «Неслышимые частоты»: появился файрвол, блокирующий ультразвуковые cookies

3. https://www.sostav.ru/publication/kak-facebook-ustraivaet-reklamnuyu-slezhku-za-nami-30820.html // Как Facebook устраивает за нами рекламную слежку

И.С. Вербенко, Д.Д. Деев, Н.В. Болдырихин[1]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Ключевые слова: распознавание речи, голосовое управление, методы распознавания речи, классификация методов распознавания речи, Марковская модель, нейронные сети, динамическое программирование

В статье рассмотрены принципы построения систем распознавания речи, проанализированы методы распознавания речи.

I.S. Verbenko, D.D. Deyev, N.V. Boldyrikhin[1]

COMPARATIVE ANALYSIS OF SPEECH RECOGNITION ALGORITHMS

Don state technical university, Rostov-on-don, Russia
North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: speech recognition, voice control, speech recognition methods, classification of speech recognition methods, Markov model, neural networks, dynamic time warping.

The article describes the principles of speech recognition systems, analyzes the methods of speech recognition.

Разработка и развитие алгоритмов распознавания является актуальной проблемой. Это связано, преимущественно, с тем, что ввод данных в информационные системы путем голосовой передачи наиболее удобен для пользователя. Также актуальность обусловлена тем, что большая часть текущих методов, которые используются для решения этой проблемы, требуют значительных вычислительных ресурсов, объем которых может быть ограничен ресурсами системы. Поэтому невозможность широкого применения большинства алгоритмов сегодня, например, в мобильных устройствах заставляет исследователей разрабатывать наиболее быстрые алгоритмы.

Выбор структуры системы распознавания речи основывается на сложности поставленной задачи. Трудность выбора обусловлена многообразием возможных технических решений на разных уровнях системы. Облегчить задачу выбора структуры системы позволяет ее предварительная классификация по определенному ряду признаков, наборам которых соответствуют существующие «шаблонные» решения [1].

Рассмотрим классификацию систем распознавания речи.

1. По типу речи системы можно разделить на две категории: распознавания команд и слитной речи. В первом случае необходимо специальное (дискретное) произнесение слов (команд), при котором длительность паузы между командами значительно превышает длительность паузы внутри слов. Как правило, длительность такой разделительной паузы является полсекунды. При распознавании слитной речи человек может говорить слова фраз естественно, не делая пауз между командами. Существует и третий способ функционирования системы распознавания, при котором система должна обнаруживать произнесение заданных слов в звуковом потоке, вне зависимости от того произнесены они дискретным образом или в окружении других слов. Данный режим распознавания является режимом поиска ключевых слов.

2. По степени зависимости от распознаваемых голосов дикторов системы разделяют на дикторозависимые и дикторонезависимые. Первым необходимо предварительное обучение (адаптация) к голосу субъекта системы, вторые – могут начать работу сразу после установки. Дикторозависимые системы обеспечивают более высокую точность распознавания голоса основного пользователя системы, чем любых других голосов. Третий тип систем – системы, автоматически настраивающиеся на голос диктора во время их использования.

3. По степени детализации эталонов можно разделить на системы, которые используют в качестве эталонов целые слова и части (монофоны, трифоны, слоги и т.д.) слов. Первые могут обеспечить более высокие точность и скорость сравнения, но накладывают большие ограничения на объем и открытость словаря.

4. По объему словаря различают системы с малыми (менее 100 слов) и большими словарями. В системах с малым словарем есть возможность прямого обучения для каждого слова. В системах с большим словарем такая возможность не предусмотрена.

5. С точки зрения выбора структуры системы представляется рациональным применение такого классификационного признака, как тип грамматики, который определяет структуру распознаваемых сообщений. По типу грамматики системы распознавания речи можно разделить на три класса: командные, с фиксированной грамматикой и системы диктовки.

Использование такой классификации позволяет упростить разработку структуры системы распознавания речи, так как для всех классов существует набор типовых решений. Определившись с классом, можно определиться с базовым комплектом методов, моделей и алгоритмов [2].

Этапы распознавания речи:

1. Обработка речи начинается с качественной оценки входного сигнала. На данном этапе производятся вычисления уровня помех и искажений.

2. Результат оценки поступает в модуль акустической адаптации, который управляет модулем расчета параметров речи, необходимых для распознавания.

3. В сигнале отделяются участки, содержащие речь, и производится оценка параметров речи. Выполняется выделение фонетических и просодических вероятностных характеристик для синтаксического, семантического и прагматического анализа.

4. На четвертом этапе параметры речевого сигнала отправляются в главный блок системы распознавания — декодер. Этот элемент сравнивает входной речевой поток с информацией, хранящейся в акустических и языковых моделях, и устанавливает наибольшую вероятность последовательности слов, которая является конечным результатом распознавания.

Типовые задачи.

На данный момент распознавание речи сводится к решению таких типов задач, как:

1. Распознавание отдельно произносимых команд (применяется для речевого управления вычислительной техникой);

2. Распознавание слитной речи (преобразование естественной речи в текст);

3. Идентификация пользователя по образцу голоса (применяется для целей обеспечения безопасности) [3].

Методы и алгоритмы распознавания речи. На сегодняшний день системы распознавания речи моделируется на основе принципов признания форм распознавания. Методы и алгоритмы, используемые для построения систем распознавания речи, делятся на следующие классы.

1. Определение слов с использованием алгоритма DTW.

Распознавание слов может осуществляться на основе сравнения спектрограммы сигналов, или сравнением числовых форм сигналов. Алгоритм во время сравнения должен компенсировать нелинейный характер звука и последовательности различной длины. Эти проблемы удается решить путем нахождения искажения, соответствующие оптимальному расстоянию между парой временных рядов различной длины.

Особенности применения алгоритма.

Прямое сравнение числовых форм сигналов. Необходимо создать для каждой последовательности чисел новую последовательность значительно меньшего размера. Выполнить данную операцию можно путем удаления числовых значений между угловыми точками. Отрицательным фактором является снижение точности распознавания, но из-за увеличения скорости, точность повышается за счет большего количества слов в словаре.

Цифровой сигнал разделяется на определенное количество векторов одинаковой длины, перекрывающих друг друга. Значения каждого импульса из сигнала рассчитается с помощью быстрого преобразования Фурье, результат сохранется в матрицу спектрограммы звуковых сигналов. В связи с тем, что комплексные числа симметричны с левой и правой стороны, можно сохранить значения из первой части. Итоговая спектрограмма будет состоять из матрицы комплексных чисел, где количество линий матрицы соответствует половине длины преобразование Фурье, а столбцы зависят от длины сигнала [4].

2. Применение скрытых Марковских моделей для распознавания речи.

До сих пор это самый успешный и часто используемый метод распознавания для распознавания речи. Это математическая модель полученная из модели Маркова. Речь разделена на мельчайшие уловимые единицы: не только гласные и согласные, а также взаимосвязанные единицы: ou, ea, eu... (Прим: в лингвистике это называется дифтонгами). Все эти единицы представлены как структуры в модели Маркова. Как только слово входит в скрытую модель Маркова, оно сравниваются с наиболее подходящей моделью (единицей). Согласно вероятностям перехода, есть также переход из одного состояние в другое. Например, возможность того, что слово будет начинаться с “йо” очень мала. Модель Маркова хорошо объясняет шумную среду, так как каждая звуковая единица рассматривается по отдельности. Если звуковая единица потеряна в шуме, модель также может "догадаться", что единица базируется на возможности перехода от одной звуковой единицы к другой. Во время настройки моделей Маркова используетя алгоритм Баума- Уэлча для существующего словаря и сопоставления каждому из его слов матрицы A и B. При распознавании речь разделяется на отрезки, для всех отрезков вычисляется набор номеров кодовой страницы и используется алгоритм прямого или обратного хода для расчета

вероятности соответствия текущего звукового фрагмента конкретному слову словаря. В том случае, когда вероятность превышает определенное пороговое значение, тогда слово считается распознанным [3].

3. Нейронные сети.

Из-за независимости вычислительных затрат от количества слов в словаре, решение задач распознавания с помощью нейронных сетей имеет значительное преимущество, по сравнению с другими алгоритмами. Если увеличить длину словаря, увеличивается только размер обучающей выборки, то есть нейронная сеть затрачивает больше времени на процесс обучения, но трудоемкость процесса распознавания остается прежней. Эта особенность позволяет оперировать с большим количеством слов в словарях. Минусом нейросетевого подхода заключается в отсутствие возможности включения новых слов в словарь после завершения процесса обучения. Для решения этой проблемы можно применить теорию адаптивного резонанса. Нейронные сети, построенные в рамках теории адаптивного резонанса, сохраняют пластичность при запоминании новых образов, и, в то же время, предотвращают модификацию старой памяти.

Нейронные сети имеют много общего с моделью Маркова. Обе - статистические модели, представленные графами. Модель Маркова использует вероятности для перехода состояния, а нейронные сети используют вес связи и функций. Ключевая разница в том, что нейронные сети параллельны, а модель Маркова - последовательна. Частотность в речи - параллельный процесс, а слоги и слова - последовательный. Это значит, что обе техники сильны в разных контекстах. Для нейронных сетей, сложность в постановке правильного веса связей, тогда как для модели Маркова сложность в нахождении правильного перехода и вероятности наблюдений.

Во многих системах распознавания речи, обе техники используются вместе в симбиотической связи. Нейтронные связи хорошо справляются с распознаванием фонем из параллельного потока входных данных, тогда как модели Маркова могут использовать данные нейронных связей для предсказания последовательности фонем.

В статье проведен краткий обзор основных алгоритмов, применяемых в современных системах распознавания речи, выделены их преимущества и недостатки. В итоге можно сделать вывод, что каждый алгоритм имеет свои сильные и слабые стороны, поэтому рекомендуется комбинировать их для лучшего результата [4].

Литература:

1. *Фланаган Дж.Л.* Анализ, синтез и восприятие речи // Пер. с англ. А. А. Пирогова. — М.: Связь, 1968. — 397 с.

2. *Rabiner L., Bing Hwang J.* Fundamentals of Speech Recognition // Prentice Hall, 1993

3. *Jurafsky D., Martin J.* Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition // Prentice Hall, 1996

4. *Santosh K. Gaikwad, Bharti W. Gawali, Pravin Yennawar*, A Review on Speech Recognition Techniques // IJCA Vol. 10, No. 3, 2010.

П.С. Шевчук, Ю.В. Жабинский, М.Ю. Щерба

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Государственное казенное образовательное учреждение высшего образования Ростовский филиал Российской таможенной академии

Ключевые слова: авиационная безопасность, повышение эффективности, технические средства таможенного контроля, международные авиаперевозки, пассажиропоток.

В статье исследованы проблемные вопросы, обеспечения авиационной безопасности. Проведен краткий обзор технического оснащения таможенного поста Аэропорт Ростов-на-Дону (Платов), а также рассмотрены перспективы применения новых технических средств для обеспечения авиационной безопасности.

P.S. Shevchuk, YU.V. Zhabinskiy, M.YU. Shcherba

CUSTOMS CONTROL EQUIPMENT AS AN AVIATION SECURITY TOOL

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
Rostov branch of the Russian Customs Academy, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: aviation safety, increase of efficiency, technical means of customs control, international air transportation, passenger traffic.

The article explores the issues of aviation security. A brief review of the technical equipment of the Rostov-on-Don Airport (Platov) Airport post was conducted, and the prospects for the use of new technical means for ensuring aviation security were considered.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что в связи с ростом объема грузоперевозок и пассажиропотока, перемещаемых воздушным транспортом на таможенные органы, ложится не только задача проведения эффективного таможенного контроля, но и в некоторой степени задача обеспечения авиационной безопасности. Это требует внедрения в практику работы должностных лиц таможенных органов современных технических средств таможенного контроля (далее – ТСТК).

На сегодняшний день существует целый ряд объективных причин, усложняющих проведение предполетного контроля. Существуют проблемные моменты в законодательстве, которые необходимо минимизировать, практическая деятельность вносит также свои коррективы, ведь не всегда теория предусматривает все нюансы практического применения законодательства. В качестве проблемных вопросов можно выделить весьма длительный процесс проведения ФГУП «Росгранстрой» инвентаризации имущества, ТСТК и их передачи в пользование

таможенного поста Аэропорт Ростов-на-Дону (Платов). Необходимо отметить, что по ряду проблемных вопросов, связанных с нарушением работоспособности ТСТК, ремонтно-восстановительные мероприятия занимают довольно длительное время.

В этой связи *целью настоящей статьи* является необходимость рассмотрения возможных перспектив по улучшению и повышению эффективности контроля с использованием ТСТК при осуществлении международных авиаперевозок.

С 7 декабря 2017 года с переносом воздушного пункта пропуска в новый аэропорт «Платов» перед должностными лицами таможенного поста встала задача по освоению новой технологии осуществления таможенного контроля при осуществлении международных авиаперевозок. Успешной реализации данной задачи способствовало в том числе и новое техническое оснащение данного пункта пропуска.

На сегодняшний день таможенный пост Аэропорт Ростов-на-Дону (Платов) оснащен самыми современными информационно-техническими системами и техническими средствами для осуществления различных видов контроля.

Впервые были введены в эксплуатацию системы сканирования человека, предназначенные для выявления предметов и веществ, запрещенных к перемещению. На службу должностным лицам таможенного органа поставлен переносной цифровой рентгеновский комплекс «Игла», с помощью которого можно проводить досмотр, в том числе, сувениров, входящей корреспонденции, посылок и бандеролей.

Также на вооружении должностных лиц поступили новые, высокотехнологичные технические средства таможенного контроля, такие как рентгенографические цифровые сканеры для персонального досмотра «Х-Скан» и «Контур», а для осуществления таможенного контроля перемещаемого багажа используется 9 рентгенотелевизионных установок различного типа и 3D-томограф.

Так, например, установка «Х-Скан», представленная на Рисунке 1, обеспечивает получение основного рентгенографического изображения сканируемого человека в полный рост и дополнительного рентгенографического изображения области грудной клетки и желудка для детальной идентификации при обнаружении запрещенных веществ, таких, как наркотики в контейнерах, или предметов небольших размеров, сокрытых в желудочно-кишечном тракте посредством глотания, спрятанных в одежде, на теле или внутри тела досматриваемого любых опасных и запрещенных к переносу предметов, веществ и оружия, в том числе пластикового оружия и взрывчатки [1].

Рисунок 1. Установка персонального досмотра «Х-Скан»

Технический видеоскоп полужесткий «КРОТ-HD10» обеспечивает с помощью оптических элементов проведение осмотра труднодоступных мест отдельных предметов, багажа, грузов, конструкционных узлов и пустот, контейнеров воздушного транспорта с возможностью записи видеоинформации обследуемого пространства с её последующим воспроизведением [2].

Кроме того, таможенный пост Аэропорт Ростов-на-Дону (Платов) оснащен системой сканирования - Safran CTX 9800 DSi, представленной на Рисунке 2.

Рисунок 2. Внешний вид систем сканирования Safran CTX 9800 DSi

CTX 9800 DSi соответствует стандартам Европейской конференции гражданской авиации (CEAC), в основе заложен принцип компьютерной томографии с возможностью получения трехмерного (3D) изображения высокой четкости каждого объекта. Успех этой технологии объясняется её исключительными характеристиками, так как системы, основанные на технологии компьютерной томографии, предоставляют точную информацию о плотности сканируемого материала (каждое взрывчатое вещество имеет характерную плотность). Они также могут обнаруживать пластиковые бомбы, даже в виде очень тонких пластинок

Информация поступает на экран монитора менее чем за 6 секунд. Само сканирование протекает в течение 1,5 секунды. Стоит отметить, что данные образцы техники на протяжении многих лет активно применяются за рубежом. В России успешно используются в аэропортах Домодедово, Внуково, Шереметьево, новом терминале аэропорта Сочи.

Данный перечень технических средств, используемых при проведении контроля непосредственно на таможенном посту Аэропорт Ростов-на-Дону (Платов) не является исчерпывающим.

Для повышения эффективности и значительного сокращения времени проведения различных видов контроля пассажиров при вылете можно рассмотреть возможность внедрения комплексной системы распознавания лиц «Блик». Данное ТСТК, а также сама технология видео аналитики позволила бы в автоматическом режиме анализировать пассажиропоток и отслеживать перемещение граждан, уже попадавших ранее в поле зрения контролирующих органов в связи с нарушением законодательства. Алгоритм данной системы заключается в следующем: прежде всего необходимо найти и выделить лицо в кадре, далее определить параметры данного лица (глаза, нос, контур губ и прочее), которые характерны конкретному

гражданину, а затем требуется сравнить эти параметры с имеющейся базой данных лиц для идентификации.

Немаловажным элементом было бы и использование на данном таможенном посту электронной системы считывания с багажной бирки информации о пассажире, следующего трансферным рейсом. Наличие данного оборудования законодательно предусмотрено, однако фактически не применяется [3].

Таким образом, анализируя проблемные вопросы, возникающие при проведении контроля с использованием ТСТК при осуществлении международных авиаперевозок, необходимо:

- продолжение работы по использованию всех имеющихся в распоряжении поста средств ТСТК для полноты и эффективности проведения различных видов контроля;
- повышение уровня профессиональных знаний должностных лиц, осуществляющих контроль.

Литература:

1. Афонин П.Н., Сигаев А.Н. Теория и практика применения технических средств таможенного контроля: учебное пособие. СПб.: Троицкий мост, 2013. 256 с.

2. Шевчук П.С., Щерба М.Ю. Совершенствование технологии таможенного контроля воздушных судов с применением технических средств таможенного контроля // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. 2016. № 3 (24). С. 29-35.

3. Об упрощенном порядке совершения таможенных операций в отношении товаров, которые приняты авиаперевозчиком к перевозке в сопровождаемом багаже: Постановление Правительства РФ № 637 от 10.07.2014: по состоянию на 10.03.2019. Режим доступа: СПС «Консультант Плюс».

Ю.И. Стародубцев, Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник, И.Р. Ахмадиев

СПОСОБ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: мониторинг сетей связи.

Арсенал технических средств, позволяющих злоумышленниками осуществлять воздействия на информационно-телекоммуникационные сети в целях нарушения конфиденциальности информации, постоянно растет. Одним из признаков, указывающих на факт воздействия, является изменение тех или иных параметров, характеризующих состояние сети. Авторами статьи предлагается способ мониторинга состояния сетей связи, позволяющий оптимизировать объем хранимых и передаваемых данных результатов мониторинга с сохранением максимального уровня наблюдаемости контролируемых параметров.

Yu.I. Starodubtsev, E.V. Vershennik, A.V. Vershennik, I.R. Ahmadiev

CONTROL THE PATH OF THE PACKAGES AS A WAY TO DETECT ATTACKS ON THE ROUTING SYSTEM

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: monitoring of communication networks.

The arsenal of technical tools that allow attackers to influence information and telecommunication networks in order to violate the confidentiality of information is constantly growing. One of the signs indicating the fact of impact is the change of certain parameters characterizing the state of the network. The authors propose a method of monitoring the state of communication networks, which allows to optimize the amount of stored and transmitted data monitoring results while maintaining the maximum level of observability of the monitored parameters.

Арсенал технических средств, позволяющих злоумышленниками осуществлять воздействия на информационно-телекоммуникационные сети в целях нарушения конфиденциальности информации, постоянно растет. Одним из признаков, указывающих на факт воздействия, является изменение тех или иных параметров, характеризующих состояние сети.

Для контроля и диспетчеризации состояния сетей связи в настоящее время применяется два подхода [1- 9]:

- непрерывная передача данных о состоянии сети с заданным периодом обновления, при этом данные содержат значения измеряемого параметра и содержат или не содержат метку времени;
- формирование событий при обнаружении изменения состояния электрических сетей и сетей связи (выход измеряемого значения за заданный порог, изменение текущего измеряемого значения относительно предыдущего на заданную величину и т.п.), при этом события содержат значения измеряемого параметра и метку времени события.

Первый подход при малом (относительно времени изменения измеряемого технологического параметра) периоде обновления позволяет получить высокую степень детализации измеряемых параметров, но содержит большую избыточность в стационарном режиме (передаются данные, не содержащие новой полезной информации). Кроме того, объем данных требует наличия канала связи с объектом контроля с достаточно высокой пропускной способностью. Крайним случаем первого подхода является непрерывное осциллографирование формы входного сигнала измеряемого параметра. При относительно большом же периоде обновления обеспечивается низкая степень детализации измеряемых параметров, вплоть до пропуска быстро протекающих процессов.

Второй подход обеспечивает обнаружение изменений состояния электрических сетей и сетей связи при уменьшении, по сравнению с первым подходом, объема данных с объекта контроля. Критерии формирования событий (например, выбор значений порогов, при пересечении которых измеряемым параметром формируется событие) имеют определяющее значение с точки зрения степени детализации данных измерений. Состояние объекта контроля определяют по значениям показателей состояния, при вычислении которых используются предварительно заданные на эмпирическом уровне неизменные весовые

коэффициенты, что также оказывает влияние на точность, достоверность оценки состояния объекта контроля и ограничивает область применения способов.

Существуют комбинированные реализации, в которых при обнаружении изменений состояния электрических сетей и энергообъектов формируются соответствующие события со значениями параметров и одновременно производится запись формы сигнала.

Авторами статьи предлагается способ, устраняющий перечисленные недостатки, а также позволяющий оптимизировать объем хранимых и передаваемых данных результатов мониторинга с сохранением максимального уровня наблюдаемости контролируемых параметров [10, 11].

Заявленный способ реализуется при помощи алгоритма, блок-схема которого представлена на Рисунке 1.

Первоначально на основе данных опыта предыдущей эксплуатации, а также требований существующих ГОСТ (ОСТ) и других нормативных документов, регламентирующих требования к электрическим сетям и сетям связи, формируют множество классов возможных состояний сети.

При этом для каждого класса определяются параметры, характеризующие состояние сети, и частота их изменения $f_{изм}$.

Частота изменения параметров $f_{изм}$ может быть определена следующим образом (Рисунок 2):

Задают исходные данные:

- множество аппроксимирующих функций, удовлетворяющим заданным требованиям (а именно, функции должны быть непрерывными периодическими);
- точность аппроксимации;
- пределы и шаг изменения параметров аппроксимирующих функций.

Далее формируют множество данных о значении контролируемых параметров в заданные моменты времени.

В качестве контролируемых параметров для анализа, например, сетей связи в соответствии с руководящими документами [12 - 18] могут выступать:

- параметры передачи и параметры влияния кабельных линий связи (сопротивление, индуктивность, ёмкость, проводимость изоляции, волновое сопротивление, коэффициент затухания, коэффициент фазы, электрическая связь, магнитная связь, волновое сопротивление, рабочее затухание; переходное затухание, частота сигнала, уровень шума и др. – для электрических кабелей, мощность сигнала, затухание сигнала в линии, длина волны или частота несущего электромагнитного излучения, дисперсия (расширение) импульса в тракте, чувствительность системы передачи при заданном коэффициенте ошибок, ширина спектральной линии оптического излучения, поляризационная модовая дисперсия, комбинационное рассеяние – для волоконно-оптических линий связи и др.);
- показатели функционирования сетей телефонной сети связи (потери вызовов при установлении соединений, время отклика узла связи, время установления соединения, время выполнения соединения; время разъединения и др.);
- показатели функционирования сетей телеграфной сети связи (время отклика узла связи сети; время установления соединения в сети; время разъединения в сети; потери вызовов; вероятность искажения телеграфных сообщений по знакам и др.);

- показатели функционирования сетей передачи данных (средняя задержка передачи пакетов информации, отклонение от среднего значения задержки передачи пакетов информации, коэффициент потери пакетов информации, коэффициент ошибок в пакетах информации и др.)
- параметры анализа импульсных помех (максимальный на секундном интервале уровень импульсной помехи с подавлением сигнала; счет событий превышения уровнем импульсных помех порога; относительное время действия импульсных помех, превышающих порог и др.);
- параметры анализа перерывов связи (минимальный на секундном интервале уровень сигнала, счет перерывов связи с заданной длительностью и др.);
- показатели оценки устойчивости, надежности, живучести сетей.

Далее контролируемые параметры разделяют на однородные группы.

Однородность - тождественность объекта, множества объектов во всей области определения [19]

Значения контролируемых параметров однородных групп $A_i, \ldots, A_j$ отмечают на временных осях T (рис. 3).

Полученные значения параметров каждой из выделенных однородных групп $A_i, \ldots, A_j$ аппроксимируют с заданной точностью непрерывными периодическими функциями (например, простыми гармоническими кривыми вида

$$y = A\sin(\omega_0 t + \varphi),\ y = A\cos(\omega_0 t + \varphi),$$

где A – амплитуда колебания, ω_0 - круговая (циклическая) частота, φ - начальная фаза колебания [20 - 24] и др., удовлетворяющими заданным требованиям (бл. 5 рис. 1)). На рис. 3 представлен пример аппроксимации значений параметров A_i, A_j функцией вида

$$y = A\sin(\omega_0 t + \varphi).$$

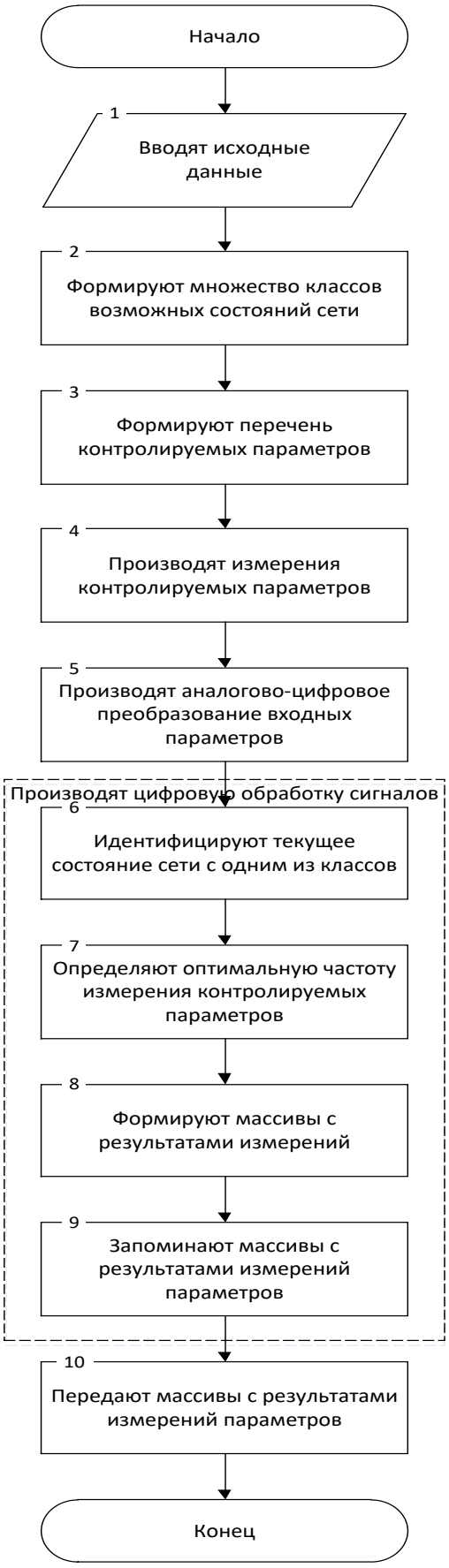


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма способа мониторинга состояния электрических сетей и сетей связи

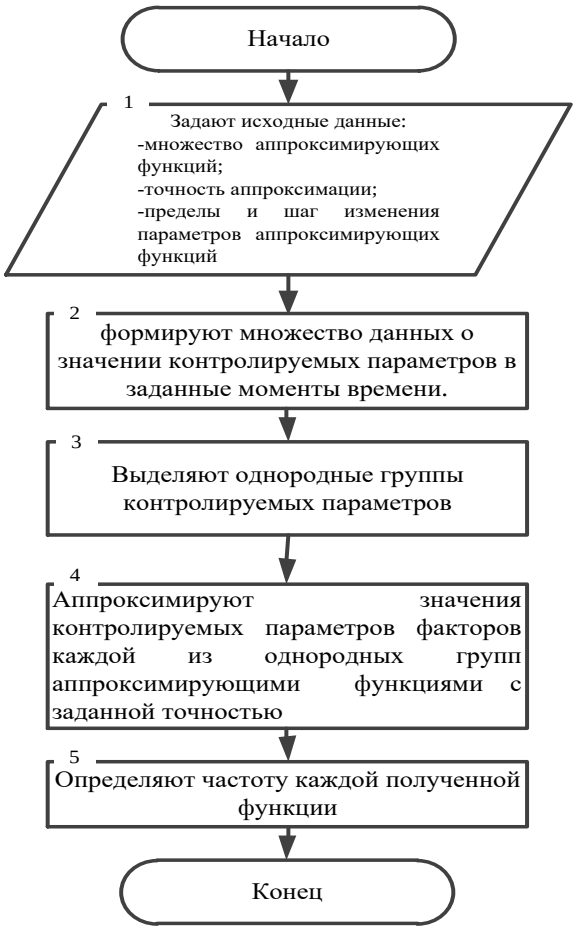


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма определения частоты изменения параметра

Согласно [24], поскольку косинус (синус) – периодическая функция с периодом 2π, ее период *T* может быть определен как

$$T = 2\pi/\omega_0 .$$

Число колебаний в единицу времени называется частотой колебания *f*. Очевидно, что частота *f* связана с продолжительностью одного колебания *T* следующим соотношением:

$$f = 1/T .$$

Аппроксимация - это представление сложных функций *s(x)* или дискретных выборок из этих функций $s(x_i)$ простыми и удобными для практического использования функциями аппроксимации *f(x)* таким образом, чтобы отклонение *f(x)* от *s(x)* в области ее задания было наименьшим по определенному критерию приближения. [25]

Точность аппроксимации может оцениваться различными критериями приближения [26, 27].

Наибольшее распространение имеют:

1. Среднеквадратичное приближение, при котором требуют, чтобы среднее значение квадрата отклонения аппроксимирующей зависимости $i = \tilde{\Phi}(u)$ от действительной $i = \Phi(u)$ не превышало некоторой допустимой величины δ:

$$\left|\tilde{\Phi}(u)-\Phi(u)\right|\le\delta$$

в интервале $\Delta V=u_2-u_1$ значений *u*, в пределах которого производится аппроксимация;

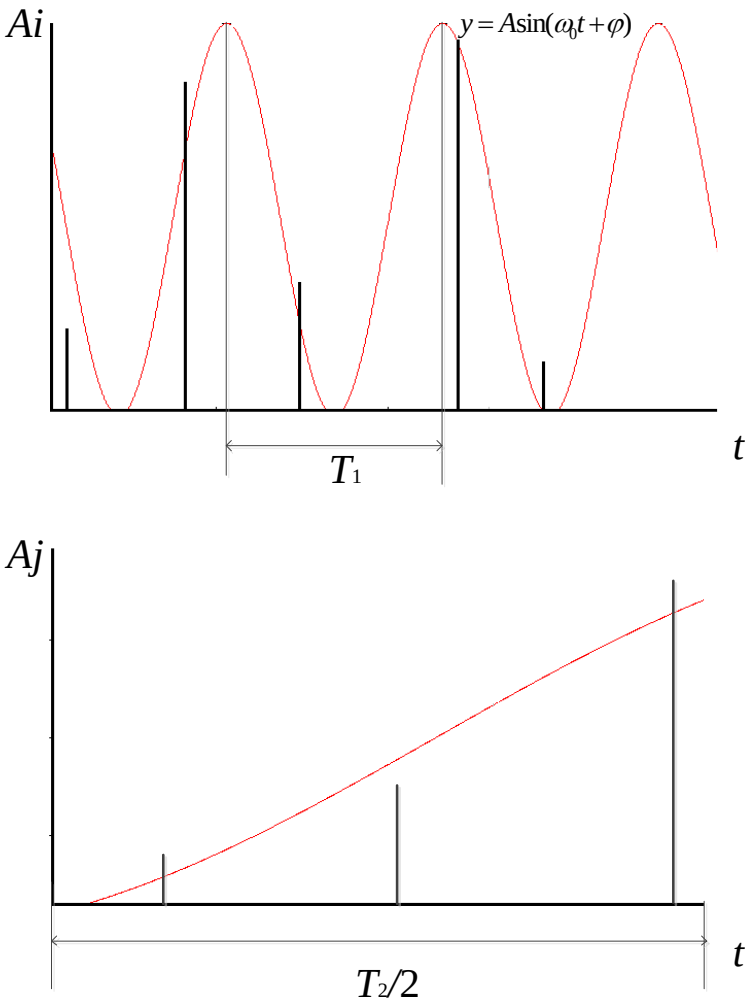


Рисунок 3. Примеры аппроксимации значений параметров дестабилизирующих факторов S_i, S_j аппроксимирующими функциями вида $y=A\sin(ax+b)$.

2. Равномерное приближение, при котором требуют, чтобы при любом значении *u* интервала ΔV величина отклонения $\tilde{\Phi}(u)$ от $\Phi(u)$ не превышало δ, т.е. $\left|\tilde{\Phi}(u)-\Phi(u)\right|\le\delta$.

Точности аппроксимации и множество аппроксимирующих функций, удовлетворяющих заданным требованиям, задаются в исходных данных (Блок 1 Рисунок 2).

Согласно [28], как правило, достаточно точности аппроксимации – 0,05. Уменьшение допустимой точности приводит к значительному усложнению аппроксимирующей функции.

Алгоритмы нахождения аппроксимирующих функций, в том числе тригонометрических, известны. Например, в [28] предлагается следующий многоступенчатый алгоритм нахождения тригонометрического полинома:

- задается допустимая погрешность ε;
- задаются величины вариаций параметров;
- определяется частота (Выбор частоты осуществляется в соответствии с методом статистических испытаний. В заданном интервале генерируется некоторое количество m_1 равномерно распределённых случайных чисел. Из этого набора последовательно выбираются частоты);
- для каждой частоты вычисляются вариации для отдельных составляющих;
- выполняется проверка значения критерия.

В результате будет найдена частота и значения составляющих функции, которая обеспечивает минимальную погрешность при аппроксимации.

После определения всех аппроксимирующих функций для полученных значений параметров каждой из выделенных однородных групп, опеределяют частоты аппроксимирующих функций, которые и отражают частоту изменения контролируемого параметра в том или ином состоянии сети.

После определения частоты изменения параметров $f_{изм,}$ характеризующих заданные классы состояний сети, формируют перечень контролируемых параметров объекта контроля (электрической сети или сети связи).

Производят измерения контролируемых параметров на некотором интервале времени.

Производят аналого- цифровое преобразование входных параметров.

Производят цифровую обработку сигналов, а именно:

- производят анализ и определение текущего типового режима работы сети;
- идентифицируют текущее состояние сети с одним из классов с использованием любого из известных методов анализа данных;
- определяют оптимальную частоту измерения контролируемых параметров для текущего состояния сети.

Определение оптимальной частоты измерения параметров может быть основано на одном из постулатов теоретической радиотехники – теореме Котельникова. [29 – 31]. Согласно данной теореме, произвольный сигнал, спектр которого не содержит частот выше $f_в$, может быть полностью и однозначно восстановлен, если известны отсчетные значения этого сигнала, взятые через равные промежутки времени $1/(2\ f_в)$.

Таким образом, если контроль будет проводится через промежутки времени, равные отношению $T_{контр}=1/(2f_в)$, где $f_в$ – наибольшее значение частоты изменения параметров, то значения параметров контролируемого процесса могут быть однозначно восстановлены на заданном интервале времени.

В этих целях строится вариационный ряд значений частот изменения всех контролируемых параметров и определяется наибольшее значение частоты.

Согласно выражению $T_{контр}=1/(2f_в)$ определяется оптимальный интервал времени для осуществления контроля (измерения параметров).

Далее формируют массивы с результатами измерений параметров (мониторинга).

Запоминают массивы с результатами измерений параметров (мониторинга).

Передают массивы с результатами измерений параметров (мониторинга).

Таким образом, за счет определения оптимальной частоты измерений контролируемых параметров достигается оптимизация объема хранимых и передаваемых данных результатов мониторинга с сохранением максимального уровня наблюдаемости контролируемых параметров, а также расширяется область применения известных способов.

Литература:

1. ГОСТ Р МЭК 60870-5-1-95 Устройства и системы телемеханики. Часть5. Протоколы передачи. Раздел1. Форматы передаваемых кадров.

2. ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004 Устройства и системы телемеханики. Часть5. Протоколы передачи. Раздел104. Доступ к сети для ГОСТ Р МЭК 870-5-101 с использованием стандартных транспортных профилей.

3. IEC 61850-5 Communication networks and system sinsubstations-Part5: Communication requirements for functions and device models. 4. IEC 61850-7-2 Communication networks and systems in substations-Part7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment-Abstract communication service interface (ACSI).

4. Лысов А.В. Телефон и безопасность. Проблемы защиты информации в телефонных сетях / А.В.Лысов, А.Н.Остапенко. - СПб.: Политехника, 1995. - 109 с. (Лаборатория ППШ).

5. Патент США № US8121801

6. Патент РФ № 2210112 С2 «Унифицированный способ Чернякова/Петрушина для оценки эффективности больших систем», класс G06F 17/00, опубл. 10.08.2003; Патент РФ № 2364926 С2, класс G06F 17/00, опубл. 20.08.2009 г.

7. Патент РФ № 2531038, МПК G01R 19/00

8. Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Закалкин П.В. Мониторинг корпоративных сетей // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2016. № 1. С. 70.

9. Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Стародубцев Ю.И. К вопросу об определении оптимальной периодичности контроля состояния объектов и процессов // В сборнике: Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях Труды III Межвузовской научно-практической конференции. 2018. С. 206-209.

10. Патент 2646321 Российская Федерация, МПК G06F 17/00 (2017.08); G06F 17/40 (2017.08). Способ мониторинга состояния электрических сетей и сетей связи / Стародубцев П.Ю., Стародубцев Ю.И., Вершенник Е.В., Чеснаков М.Н.; заявитель и патентообладатель Стародубцев Ю.И., Вершенник Е.В. – 2017105612; заявл. 20.02.2017; опубл 02.03.2018. бюл. № 7– 15 с.

11. Патент 2623791 Российская Федерация, МПК G05B 23/00 (2006.01), G06Q 10/04 (2012.01). Способ определения оптимальной периодичности контроля состояния процессов / Синев С.Г., Сорокин М.А., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В.; заявитель и патентообладатель Стародубцев П.Ю.– 2015108734; заявл. 25.01.2016; опубл 29.06.2017, бюлл. № 19. – 13 с.

12. ГОСТ Р 53111-2008: Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки;

13. Приказ №43 Минсвязи РФ от 15.04.1996 Нормы на электрические параметры каналов ТЧ магистральной и внутризоновых первичных сетей;

14. Приказ Госкомсвязи РФ №54 от 05.04.1999. Эксплуатационные нормы на электрические параметры коммутируемых каналов сети ТфОП;

15. ОСТ 45.54-95. Стыки оконечных абонентских телефонных устройств и автоматических телефонных станций;

16. ОСТ 45.01-98 Участки кабельные элементарные и секции кабельные линий передачи. Нормы электрические. Методы испытаний;

17. Приказ Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации от 27.09.2007 № 113 «Об утверждении Требований к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования»;

18. МСЭ-Т Р.862 (02/2001) Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs и др.

19. В.Н. Савченко, В.П. Смагин. Начала современного естествознания. Тезаурус. — Ростов-на-Дону. 2006.

20. В.И.Смирнов Курс высшей математики, Т.1.: Изд-во "Наука". 1974. - 479 с., стр. 43 – 48;

21. Сканави М.И. Элементарная математика. 2-е изд., перераб. и доп., М.: 1974г. - 592с., стр. 273 – 338;

22. Энциклопедический словарь юного математика/Сост. Э-68 А. П. Савин. - М.: Педагогика, 1989. - 352 с., стр. 301 – 305;

23. Смирнов В.И. Курс высшей математики, Т.2.: Изд-во "Наука". 1974. - 479 с., стр. 435 – 451;

24. Савельев И. В. Курс общей физики, т. 1. Механика. Молекулярная физика: Учебное пособие.— 2-е изд., перераб.—М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982.— 432 с., стр. 190 – 195

25. Давыдов А.В. Цифровая обработка сигналов. Лекции и практикум на ПК. Тема 14. Аппроксимация сигналов и функций. Электронный ресурс: www//http://geoin.org/. Дата обращения: 04.11.2015 г.

26. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 1982. – 280 с., стр. 40;

27. Калиткин Н. Н. Численные методы. - М.: Наука, 1978. — 512 стр., стр. 51 – 69.

28. Хандрос М.Я. Тригонометрическая аппроксимация экспериментальных последовательностей. Вычисление естественных спектров. Электронный ресурс www//http://www.twirpx.com/file/919684/. Дата обращения 04.11.2015 г.

29. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 2-е издание. - 446 с., стр. 116-117,

30. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов/Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М.— М.: Связь, 1980. — 288 с., стр. 68,

31. Хургин Я.И., Яковлев В.П. Методы теории целых функций в радиофизике, теории связи и оптике. – М., 1962. – 220 с., стр. 107

М.Г. Гизатуллин, Д.В. Варакосов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ЛИЦАМИ, КОТОРЫЕ ОСУЩЕСТВЛЯЮТ ДЕЯНИЯ ПРОТИВОПРАВНОГО ХАРАКТЕРА

Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: информация, преобразование информации, средства защиты информации, злоумышленник.

В статье рассмотрены общие вопросы использования программных средств защиты информации лицами, которые «осуществляют» деяния противоправного характера в различных областях и сферах деятельности.

M.G. Gizatullin, D.V. Varakosov

USE OF SOFTWARE OF INFORMATION PROTECTION BY PERSONS WHICH CARRY OUT ACTS OF ILLEGAL CHARACTER

Ural Law Institute of the Ministry of the Interior of Russia, Yekaterinburg, Russia

Keywords: information, information transform, information security products, malefactor.

In article the general questions of use of software of information protection by persons which «carry out» acts of illegal character in different areas and fields of activity are considered.

Современное общество можно назвать обществом, базирующимся на различных технологиях, где основополагающими являются информационно-коммуникационные технологии. Пользователь предполагает использовать (как в профессиональной деятельности, так и в деятельности не связанной с основным его направлением профессиональной деятельности) тот контент (набор сервисов), который доступен ему с точки зрения работодателя, оператора связи, интернет-провайдера и т.д. Спектр таких сервисов, достаточно широк и разнообразен.

Рассматривая и анализируя современный рынок программных продуктов нельзя не отметить то, что пользователей в большей степени интересуют программные продукты, предназначенные для обеспечения защиты своей (личной) информации, представленной в том или ином виде и (или) в той или иной форме.

На сегодняшний день наиболее востребованными программными продуктами для пользователя становятся программные продукты, которые обеспечивают криптографическое и (или) стеганографическое преобразование.

Как уже отмечалось, криптографические и стеганографические средства защиты информации являются для пользователей достаточно актуальными и востребованными средствами из общего сегмента программных продуктов. Такого рода продукты представлены на рынке, как на платной, так и на бесплатной основе.

Среди программных продуктов, осуществляющих криптографическое и стеганографическое преобразование информации, можно отметить следующие: КриптоАРМ, КриптоПро, Cool File Encryption, Cryptic Disk, Crypto Composer, CryptoLab, DarkCryptTC, Encrypt Easy, F5, ImageSpyer G2, RedJPEG, S-Tools

(Steganography Tools), SecurEngine Professional, Steganos Security Suite, StegoTC G2 TC и др.

На основе анализа научно-педагогических исследований ряда авторов [1-5] в области криптографических и стеганографических средств защиты информации, необходимо отметить, что практически все они рассматривают реализацию такого рода средств с позиции общего (основного) назначения (как в профессиональной деятельности пользователя, так и в деятельности не связанной с основным его направлением профессиональной деятельности). То есть в работах [1-5] рассматривается именно использование такого рода продуктов для обеспечения защиты своей (личной) информации от различного рода «злоумышленников», которые могут создавать реальную угрозу их личной информации.

В данной работе рассматривается частный случай – использование программных средств защиты информации лицами, которые «осуществляют» деяния противоправного характера в различных областях и сферах деятельности.

В большинстве случаев, в рамках подготовки и (или) осуществления деяний противоправного характера «злоумышленники» стараются уйти от использования традиционного контента (набора сервисов) для информирования друг друга. То есть информирование с использованием фиксированной связи, мобильной связи, чатов, мессенджеров, электронной почты и др. является уже не очень актуальным направлением. Поэтому «злоумышленники» придумывают и используют различные изощренные модели, методы, способы и средства по достижению своих целей.

В качестве «обратной стороны медали» программных средств защиты информации можно отметить использование программных средств защиты информации «злоумышленниками» для осуществления деяний противоправного характера. Как уже отмечалось, данные средства встречаются как на платной, так и на бесплатной основе. Отличительная их черта – это различные возможности и функционал.

Как показывает практика, «злоумышленники», реализуя свои «ужасные» планы, используют социальные сети «Вконтакте», «Одноклассники» и др., так как именно эти ресурсы направлены на общение и взаимодействие различных категорий пользователей, находящихся, например, на значительном расстоянии друг от друга. Основной тип данных, с которыми работают пользователи – это изображения. Как правило, «злоумышленники» используют стеганографическое средство защиты информации, установленное на их рабочей станции (персональный компьютер, ноутбук, нетбук, планшет, смартфон, телефон). Чаще всего, рабочая станция не принадлежит им, то есть ими используются пункты коллективного доступа либо украденные устройства. Доступ к ресурсам сети Интернет реализуется ими по средствам пунктов коллективного доступа либо на базе SIM-карт, которые в большинстве случаев оформлены на других лиц либо вообще не оформлены. Любой из «злоумышленников» может осуществить прямое стеганографическое преобразование информации («сокрытие информации»). Изначально, он может сформировать исходный файл, например, файл, представляющий собой текстовый документ Microsoft Office Word, в котором содержатся определенные сведения для других «злоумышленников», а также подготовить файл, например, какое-либо изображение, которое в дальнейшем будет служить основой для формирования файла-контейнера (например, «аватарка» либо фотография пользователя). В результате чего, «злоумышленник» имеет в наличии сформированный файл-контейнер (сформированное изображение), который содержит исходный файл, представляющий собой текстовый документ Microsoft Office Word, в котором содержатся определенные сведения для других «злоумышленников.

«Злоумышленник» использует сформированное изображение для реализации своих целей посредствам социальных сетей «Вконтакте», «Одноклассники» и др. Особенность сформированного изображения заключается в том, что практически по качеству, изображение не уступает исходному изображению, которое использовалось «злоумышленником» на начальном этапе осуществления прямого стеганографического преобразования информации. Объем файла (сформированного изображения) практически также не изменяется по отношению к объему файла исходного изображения.

«Злоумышленники» могут осуществлять процедуру обратного стеганографического преобразования информации, в результате которой получают исходный файл – файл, представляющий собой, например, текстовый документ Microsoft Office Word, в котором содержатся определенные сведения от «злоумышленника»-«источника».

На базовом уровне определить факт наличия «сокрытых» сведений в сформированном изображении (контейнере) достаточно сложно, а отделить «сокрытые» сведения от контейнера практически невозможно.

На «продвинутом» же уровне, с точки зрения специальных служб, это сделать можно, однако требует дополнительных временных затрат.

Литература:

1. *Матвеева В.С.* Статистические особенности данных, зашифрованных с помощью программных средств криптографической защиты информации, и способ их обнаружения. // Информация и безопасность. – 2015, т. 18, № 1, с. 119-122.

2. *Андреев Е.В.* Исследование областей практического применения средств криптографической защиты информации, реализующих алгоритмы на эллиптических кривых. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2015, № 7 (109), с. 90-91.

3. *Сахаров С.Л., Мытницкий А.А.* Использование персональных средств криптографической защиты информации в служебной деятельности. // Охрана, безопасность, связь – 2014: сборник материалов международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский институт МВД России. – 2015, с. 175-177.

4. *Крылов В.М., Смагина И.А., Кузищина Т.К.* Рекламно-техническое описание «Комплекс программ «Разработка алгоритмов стеганографии для графических изображений комплексов измерения динамической магнитной проницаемости». // Навигатор в мире науки и образования. – 2017, № 3 (36), с. 144.

5. Егоров А.А., Чернышова А.В. Программная система встраивания информации в изображения с использованием стеганографических и криптографических алгоритмов. // Информатика и кибернетика. – 2016, № 1 (3), с. 65-71.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **Tkačuks N.,** University Of Aberdeen, Great Britain.
2. **Абделмаксуд Мохамед Абделмаксуд Али (Mohamed Abdelmaksoud Abdelmaksoud Aly),** студент Каирского университета юридического факультета.
3. **Абрамов А.А.,** магистрант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
4. **Алимова Ольга Викторовна,** старший преподаватель. Ростовский государственный экономический университет (РГЭУ (РИНХ)), г. Ростов-на-Дону, Россия.
5. **Андреев Сергей Юрьевич,** сотрудник, Академия ФСО России.
6. **Артозей Г.А.,** магистрант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
7. **Баранов Сергей Анатольевич,** к.т.н., доцент, Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
8. **Батенков Кирилл Александрович,** доцент, д.т.н., Академия ФСО России.
9. **Бачерикова Алина Евгеньевна,** студентка, КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана (национальный исследовательский университет), г. Калуга.
10. **Башлы Петр Николаевич,** доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информатики и информационных таможенных технологий, проректор-директор Ростовского филиала Российской таможенной академии.
11. **Безуглов Дмитрий Анатольевич,** доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Почетный работник РФ, заместитель директора филиала (по научной работе) Ростовского филиала Российской таможенной академии.
12. **Березовский Владислав Валентинович,** студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
13. **Бизяев Артём Владимирович,** Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
14. **Бинеев Энвер Абдулхакович –** профессор каф ОНП СКФ МТУСИ, к.т.н., профессор, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
15. **Бистерфельд Ольга Александровна,** заместитель директора, к.т.н., доцент, ООО «Импульс-406».
16. **Блинков Андрей Дмитриевич**, студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

17. **Болдырихин Николай Вячеславович** - доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
18. **Большаков Кирилл Эдуардович,** студент магистратуры, Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
19. **Борисов Борис Петрович** – доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
20. **Бородин Алексей Викторович,** доцент каф. ОНП СКФ МТУСИ, к. физ.-мат. н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
21. **Бородина Анастасия Алексеевна,** студентка, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
22. **Боярчук Андрей Эдуардович,** профессор кафедры ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., профессор, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
23. **Брехов Дмитрий Игоревич,** студент, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет».
24. **Брик Антон Сергеевич,** студент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
25. **Будылдина Надежда Вениаминовна,** зав. кафедрой ОПДТС, к.т.н., доцент, Уральский технический институт связи и информатики (филиал СибГУТИ).
26. **Варакосов Дмитрий Викторович,** курсант 406 учебной группы факультета подготовки сотрудников полиции, Уральский юридический институт МВД России.
27. **Ведерникова Ольга Геннадиевна,** кандидат технических наук, доцент, доцент, Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС), кафедра «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления» (ВТ и АСУ).
28. **Власов Дмитрий Андреевич**, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

29. **Волков В.С.,** ФГАОУ ВО «ЮФУ»
30. **Волкова Анастасия Александровна,** студентка, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
31. **Володичев Артем Сергеевич,** студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
32. **Волчков Дмитрий Александрович,** студент третьего курса бакалавриата, Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия.
33. **Герасимов Игорь Николаевич,** доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н. доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
34. **Герасимов Николай Игоревич,** ст. преподаватель академии ВКС, к.т.н.
35. **Герасимова Екатерина Евгеньевна,** студентка, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики.
36. **Гизатуллин Марат Галимянович,** доцент кафедры информационного обеспечения органов внутренних дел, кандидат технических наук, доцент, Уральский юридический институт МВД России.
37. **Гладыщук Сергей Васильевич,** студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
38. **Глушак Елена Владимировна,** доцент каф. ССС ФГБОУ ВО ПГУТИ, к.т.н., ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
39. **Головина Ирина Витальевна,** доцент кафедры ОНП СКФ МТУСИ, к.э.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
40. **Головской Василий Андреевич,** доцент кафедры, кандидат технических наук, доцент, Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М. Штеменко.
41. **Голубовская Анастасия Сергеевна,** студентка, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Калуга.
42. **Горбачев Андрей Александрович,** студент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
43. **Городничев Михаил Геннадьевич,** к.т.н., Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия.

44. **Гроздовский Николай Олегович,** курсант, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации.
45. **Гузяков Илья Максимович,** сотрудник, Академия ФСО России.
46. **Гусева Юлия Олеговна,** студентка, Уральский технический институт связи и информатики (филиал СибГУТИ).
47. **Давыдов Константин Сергеевич,** бакалавр, Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия.
48. **Далаева, А.Р.,** студентка, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
49. **Данилов Виктор Александрович,** профессор каф. ИВТ СКФ МТУСИ, д.т.н, профессор, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
50. **Данилова Людмила Викторовна,** доцент ФГБОУ ВО РГУПС, к.ф.-м.н., доцент, Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС).
51. **Дарморезов В.С.,** Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
52. **Демидов Дмитрий Евгеньевич,** студент, Уральский технический институт связи и информатики (филиал СибГУТИ).
53. **Денисов Дмитрий Вадимович,** к.т.н., Уральский технический институт связи и информатики (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования" Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики" в г. Екатеринбурге.
54. **Деремов Михаил Валерьевич,** студент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
55. **Довжанский Д.Ю.,** студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
56. **Докучаев Сергей Аркадьевич**, ст. преподаватель каф ОНП СКФ МТУСИ, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
57. **Елисеев Александр Вячеславович,** профессор кафедры «Радиоэлектроника» ДГТУ, д.т.н., доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
58. **Елисеева Екатерина Юрьевна**, слушатель 511 учебной группы факультета подготовки сотрудников полиции, Уральский юридический институт МВД России.
59. **Енгибарян Ирина Алешаевна**, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

60. **Ерохина Елена Вячеславовна,** доктор экономических наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».
61. **Ершов Валерий Васильевич**, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
62. **Жаббаров Ильдар Шамилевич,** магистрант, Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия.
63. **Жабинский Юрий Владиславович,** доцент каф. ИВТ СКФ МТУСИ, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
64. **Жуковский Александр Георгиевич**, Заместитель директора по учебно-воспитательной работе СКФ МТУСИ, профессор каф. ИТСС СКФ МТУСИ, д.пол.н., к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
65. **Жуковский Денис Александрович**, доцент каф. ОНП СКФ МТУСИ, к.п.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
66. **Заварыкина Юлия Валерьевна**, преподаватель кафедры информационного обеспечения ОВД, Уральский юридический институт МВД России.
67. **Зехцер Владимир Олегович,** Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
68. **Зуев Алексей Валерьевич**, соискатель на учёную степень, ПГУТИ, Самара.
69. **Игнатьева Олеся Владимирова,** кандидат технических наук, доцент, доцент, Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС), кафедра «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления» (ВТ и АСУ).
70. **Ильиных Нина Иосифовна,** доцент кафедры ВМиФ УрТИСИ СибГУТИ, к.ф.-м.н., Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
71. **Илюшин Михаил Владимирович,** сотрудник, Академия ФСО России.
72. **Индюхов Кирилл Александрович,** сотрудник, Академия ФСО России.

73. **Калиенко Иван Викторович,** доцент кафедры «Радиоэлектроника» ДГТУ, Кандидат технических наук, доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
74. **Карлаш Анастасия Николаевна**, магистрант. Ростовский государственный экономический университет (РГЭУ (РИНХ)), г. Ростов-на-Дону, Россия.
75. **Карпиленя Николай Васильевич,** профессор кафедры социальных наук, доктор военных наук, профессор, действительный член Академии военных наук Российской Федерации, Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск.
76. **Качмар Сергей Александрович**, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
77. **Качнов Станислав Алексеевич,** студент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
78. **Кирхеев Артем Геннадьевич,** заместитель командира взвода, Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М. Штеменко.
79. **Клеменова Елена Николаевна,** доктор филологических наук, профессор, и.о. зав. кафедрой Журналистики РГЭУ «РИНХ».
80. **Кобак Валерий Григорьевич,** профессор, д.т.н., доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
81. **Козловский Сергей Максимович,** курсант, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).
82. **Колмогорова Александра Сергеевна**, слушатель 511 учебной группы факультета подготовки сотрудников полиции, Уральский юридический институт МВД России.
83. **Конкин Борис Борисович,** заведующий кафедрой ОНП СКФ МТУСИ, к.ф.-м.н, доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
84. **Константинова Яна Борисовна**, доцент каф. ОНП СКФ МТУСИ, к.ф.-м.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
85. **Коркин Алексей Георгиевич,** сотрудник, кандидат технических наук, Академия ФСО России.
86. **Королёв Александр Васильевич,** сотрудник, Академия ФСО России.
87. **Королева Людмила Петровна,** преподаватель цикла гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации
88. **Коршун Анна Михайловна**, Зам. декана факультета ИТСС СКФ МТУСИ, доцент каф. ОНП, к.г.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

89. **Костецкая Галина Сергеевна**, доцент каф. ОНП СКФ МТУСИ, к.ф.-м.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
90. **Крылов Д.И.,** студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
91. **Куанышев Валерий Таукенович,** доцент к.ф-м.н, Уральский технический институт связи и информатики (филиал) Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики в г. Екатеринбурге.
92. **Куликов В.В.,** магистрант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
93. **Кундрюкова Наталья Ивановна,** магистрант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
94. **Кусайкин Д.В.,** к.т.н., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» Уральский технический институт связи и информатики (филиал).
95. **Куцкий Я.А.,** студент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
96. **Ливада Ольга Васильевна,** студентка, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
97. **Ливадный Александр Валерьевич,** Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
98. **Лобзенко Павел Владимирович**, доцент каф. ИВТ СКФ МТУСИ, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
99. **Мадинский Федор Владимирович,** курсант, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации.
100. **Мазур Екатерина Владимировна,** преподаватель кафедры, Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М. Штеменко.
101. **Максимов Максим Анатольевич,** Донецкий национальный технический университет.
102. **Мамошина Юлия Сергеевна,** студентка, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики.
103. **Манаков Сергей Сергеевич,** курсант, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации.

104. **Манин Александр Анатольевич**, Директор СКФ МТУСИ, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
105. **Маршаков Даниил Витальевич,** доцент кафедры «Вычислительные системы и информационная безопасность», Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
106. **Махаури Г.З.,** студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
107. **Мелешин Александр Сергеевич,** преподаватель цикла общепрофессиональных, математических и естественно – научных дисциплин, к.т.н., доцент, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации.
108. **Молоковский Игорь Алексеевич,** доцент кафедры АТ, кандидат технических наук, доцент, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет»
109. **Насибулин Е.А.,** магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» Уральский технический институт связи и информатики (филиал).
110. **Нерсесянц Альфред Аванесович**, профессор каф. ИТСС СКФ МТУСИ, д.т.н., старший научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
111. **Никишкин Кирилл Дмитриевич,** студент, Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия.
112. **Новиков Владислав Владимирович,** сотрудник, Академия ФСО России.
113. **Новосельцев В.И.,** магистрант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
114. **Нуриев Нуру Нуриевич,** курсант, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации.
115. **Овчинников Дмитрий Александрович,** аспирант, Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
116. **Орешин Александр Николаевич,** сотрудник, Академия ФСО России.
117. **Орлов Владимир Георгиевич,** к.т.н., доцент, Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия.

118. **Пенькова Екатерина Сергеевна,** студентка магистратуры, РГЭУ «РИНХ».
119. **Пешкевич А.А.,** аспирант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
120. **Пилипенко Ирина Александровна**, ассистент кафедры «Кибербезопасность информационных систем» ДГТУ, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
121. **Поляков И.И.,** студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
122. **Полякова Марианна Витальевна,** аспирант, Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС).
123. **Попова Инна Григорьевна,** старший преподаватель ДГТУ, кандидат физико-математических наук, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
124. **Поркшеян В.М.,** декан факультета ИИТ, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
125. **Пузырева Д.П.,** студентка группы МИТЕ-81 УрТИСИ СибГУТИ, Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
126. **Пшевский Никита Сергеевич,** студент, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики.
127. **Ревякина Елена Александровна,** доцент ДГТУ, к.т.н., доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
128. **Решетникова Ирина Витальевна**, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
129. **Руденко Н.В.,** доцент кафедры «Радиоэлектроника» ДГТУ, к.т.н., доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
130. **Руденко Николай Валерьевич,** доцент кафедры, к.т.н., доцент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
131. **Рыбалко Игорь Петрович**, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, начальник ОНИР СКФ МТУСИ, к.т.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
132. **Рыбалко Павел Игоревич**, магистрант. Ростовский государственный экономический университет (РГЭУ (РИНХ)), г. Ростов-на-Дону, Россия.
133. **Сакалова Александра Игоревна,** студентка, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

134. **Салдаев Денис Олегович,** магистрант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
135. **Салифов И.И.**, к.т.н. доцент кафедры МЭС, Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
136. **Санников Артем Андреевич,** аспирант, Уральский технический институт связи и информатики (филиал СибГУТИ).
137. **Сафарьян Ольга Александровна,** доцент кафедры «Кибербезопасность информационных систем» ДГТУ, канд. техн. наук, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
138. **Сахаров Иван Александрович,** старший преподаватель кафедры «Кибербезопасность информационных систем» ДГТУ, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
139. **Светлаков Артемий Львович,** магистрант, Уральский технический институт связи и информатики (филиал) Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики в г. Екатеринбурге.
140. **Светличная Наталия Олеговна**, доцент каф. ОНП СКФ МТУСИ, к.фил.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
141. **Серебрякова Кристина Олеговна,** студент, Калужский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».
142. **Симонов Глеб Вадимович,** студент, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
143. **Соколова Ольга Ивановна,** профессор, д.п.н., Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС).
144. **Солдатова Галина Павловна,** студентка, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
145. **Сосновский Иван Александрович**, декан факультета ИК СКФ МТУСИ, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
146. **Стремоухов Михаил Владимирович,** сотрудник, Академия ФСО России.
147. **Теплов Константин Сергеевич,** курсант, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации.
148. **Ткачук Евгений Остапович,** доцент каф. ИВТ СКФ МТУСИ, к.т.н., старший научный сотрудник, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

149. **Трегубов Р.Б.,** сотрудник, доктор технических наук, Академия ФСО России.
150. **Трофименко Владимир Николаевич,** доцент, к.т.н., доцент, Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС).
151. **Тузко Я.Н.,** студент, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
152. **Устименко Дмитрий Леонидович**, доцент каф. ОНП СКФ МТУСИ, к.фил.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
153. **Ухов Геннадий Владимирович,** бакалавр, Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия.
154. **Фатхулин Тимур Джалилевич,** ассистент кафедры СС и СК МТУСИ, Ордена Трудового Красного Знамени Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия.
155. **Феденев Дмитрий Владимирович,** студент магистрант, Уральский технический институт связи и информатики (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования" Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики" в г. Екатеринбурге.
156. **Фокин Александр Борисович,** Академия ФСО России.
157. **Харченко Виктор Викторович,** заместитель начальника кафедры ВУНЦ ВВС «ВВА», кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).
158. **Харченко Данил Викторович,** курсант, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).
159. **Харченко Лидия Николаевна,** студента магистратуры, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
160. **Цепаев Владислав Александрович,** курсант 110 учебной группы факультета подготовки сотрудников полиции, Уральский юридический институт МВД России.
161. **Черниковская Илона Евгеньевна**, слушатель 511 учебной группы факультета подготовки сотрудников полиции, Уральский юридический институт МВД России.
162. **Чикалов Андрей Николаевич**, доцент каф. ИВТ СКФ МТУСИ, ктн, доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
163. **Чуб Елена Григорьевна,** аспирант, Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС).

164. **Шаламова Евгения Юрьевна**, слушатель 511 учебной группы факультета подготовки сотрудников полиции, Уральский юридический институт МВД России.
165. **Швидченко Светлана Александровна**, доцент каф. ИВТ СКФ МТУСИ, к.т.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
166. **Шевчук Пётр Сергеевич**, профессор каф. ИТСС СКФ МТУСИ, д.т.н., профессор, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
167. **Шелковый Денис Витальевич,** к.т.н., Академия ФСО России.
168. **Юрченко Евгения Владимировна,** аспирант, Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
169. **Юхнов Василий Иванович**, заведующий кафедрой ИТСС СКФ МТУСИ, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абделмаксуд М.А.А. ч.1:127,131
Абрамов А.А. ч.1:446
Абрамова Н.И. ч.1:330
Алимова О.В. ч.2:159
Андреев С.Ю. ч.1:353
Артозей Г.А. ч.1:100
Ахмадиев И.Р. ч.1:540
Баранов С.А. ч.1:181
Батенков К.А. ч.1:66,274,278,284
ч.2:152
Батурина Н.Ю. ч.1:330
Бачерикова А.Е. ч.1:397
Башлы П.Н. ч.1:346
Безуглов Д.А. ч.1:346
Березовский В.В. ч.1:124,127,131
ч.2:88
Бизяев А.В. ч.1:108
Бинеев Э.А. ч.2:182
Бистерфельд О.А. ч.1:55
Блинков А.Д. ч.1:454
Блинков Е.М. ч.2:113
Болдырихин Н.В. ч.1:112,311,314,510,513,515,
525,533
ч.2:45
Большаков К.Э. ч.1:47
Борисов Б.П. ч.1:403
Бородина А.А. ч.1:450
ч.2:15
Бородин А.В. ч.1:450
Боярчук А.Э. ч.1:499,504
Брехов Д.И. ч.1:213
Бречко А.А. ч.1:488
Брик А.С. ч.1:76
Бубнова М.С. ч.2:124
Будылдина Н.В. ч.1:198,367
ч.2:186
Буковшин В.А. ч.1:112
Букрина Е.В. ч.1:227
Варакосов Д.В. ч.1:550
Ведерникова О.Г. ч.1:335
Вербенко И.С. ч.1:533
Вершенник А.В. ч.1:473,488,520,540
Вершенник Е.В. ч.1:473,488,520,540
Власов Д.А. ч.1:464
Волков В.С. ч.1:403
Волкова А.А. ч.1:27
Володичев А.С. ч.1:124
Волчков Д.А. ч.1:174
Гаевская Л.А. ч.2:31
Ганифаев Р.А. ч.1:84
Гапоненко Т.В. ч.2:106,171,176
Герасимов И.Н. ч.1:260
Герасимов Н.И. ч.1:260
Герасимова Е.Е. ч.1:24
Гизатуллин М.Г. ч.1:478,550
Гладыщук С.В. ч.1:135
ч.2:106,171,197
Глушак Е.В. ч.1:320,372
Гниломедов Е.И. ч.1:227
Головина И.В. ч.2:26,141
Головской В.А. ч.1:495
Голубовская А.С. ч.2:80
Гонта С.И. ч.2:166
Горбачев А.А. ч.2:45
Городничев М.Г. ч.1:42
Горожанина Е.И. ч.2:124
Гроздовский Н.О. ч.2:219
Гузяков И.М. ч.1:284
Гусева Ю.О. ч.1:367
Давыдов К.С. ч.1:288
Далаева А. ч.1:409
Данилов В.А. ч.1:96,116
Данилова Л.В. ч.1:96,116
Дарморезов В.С. ч.1:160,165
Дегтярев В.Д. ч.2:92
Деев Д.Д. ч.1:533
Демидов Д.Е. ч.1:198
Денисов Д.В. ч.1:188
Деремов М.В. ч.1:303
Джафарова Э.М. ч.1:90
Довжанский Д.Ю. ч.2:141
Докучаев С.А. ч.2:162,202
Дурниян Д.С. ч.2:176
Елисеев А.В. ч.1:382,390
Елисеева Е.Ю. ч.2:85
Енгибарян И.А. ч.1:152,156
Ерохина Е.В. ч.1:169,397
ч.2:80,155
Ершов В.В. ч.1:135,303
Жаббаров И.Ш. ч.1:241
Жабинский Ю.В. ч.1:504,537
Жеделёв Д.В. ч.1:515
Жуковский А.Г. ч.1:100,149,382,390,413
Жуковский Д.А. ч.1:409
ч.2:106,171,176
Заварыкина Ю.В. ч.2:85,135
Закалкин П.В. ч.1:473,520
Зверев А.П. ч.2:75
Зверев В.А. ч.2:75
Землякова Е.В. ч.1:39
Зехцер В.О. ч.2:100
Золотов В.Ю. ч.1:515
Зуев А.В. ч.1:32
Ибрагимов Б.Г. ч.1:84,90
Иванов Ю.В. ч.1:358,362
Игнатьева О.В. ч.1:335
Игначкова Е.В. ч.1:234
Иевлева Д.А. ч.1:257
Ильиных Н.И. ч.1:47
Илюшин М.В. ч.1:284
Индюхов К.А. ч.2:152
Исаев А.М. ч.1:84
Калиенко И.В. ч.1:249,330
Калинченко Г.А. ч.2:228
Карепанова М.Д. ч.2:228
Карлаш А.Н. ч.2:71,159
Карпиленя Н.В. ч.2:34
Качмар С.А. ч.1:467
Качнов С.А. ч.1:314
Качнов С.А. ч.1:311
Кашуба К.А. ч.1:330
Кириленко Н.Е. ч.1:237
Кирхеев А.Г. ч.1:495
Клеменова Е.Н. ч.1:441
Кобак В.Г. ч.1:100,149,409,413,446
Козловский С.М. ч.1:142
Колмогорова А.С. ч.2:85
Конкин Б.Б. ч.2:197
Константинова Я.Б. ч.2:228
Коркин А.Г. ч.1:353
Корнюшенко Р.А. ч.1:473,520
Коробенко С.В. ч.1:79,82
Королев А.В. ч.1:278
Королева Л.П. ч.2:205,219,221

Короченцев Д.А. ч.1:314
Коршун А.М. ч.1:127,131
Костецкая Г.С. ч.2:162,202
Крылов Д.И. ч.1:219
Куанышев В.Т. ч.1:36 ч.2:65,113
Кубах Е.В. ч.1:237
Кузнецова Е.А. ч.2:15
Куликов В.В. ч.1:135
Кундрюкова Н.И. ч.1:382,390
Кусайкин Д.В. ч.1:222
Куцкий Я.А. ч.1:376
Лаврентьев О.А. ч.1:430,435
Левада О.В. ч.1:260
Ливадный А.В. ч.1:76
Липченко Ю.П. ч.1:409
Лобзенко П.В. ч.1:219,234,269
Мадинский Ф.В. ч.2:224
Мазур Е.В. ч.1:495
Максимов М.А. ч.1:296
Мамошина Ю.С. ч.1:372
Манаков С.С. ч.2:221
Манакова А.Н. ч.1:314
Манин А.А. ч.1:15,311,420
Маршаков Д.В. ч.1:194
Махаури Г.З. ч.1:303
Мелешин А.С. ч.2:205,217,219,221,224
Мержвинский А.А. ч.2:49
Михальчук В.Д. ч.1:104,510
Молоковский И.А. ч.1:213,296
Моногаров О.В. ч.2:202
Насибулин Е.А. ч.1:222
Нерсесянц А.А. ч.2:49
Нечаев А.В. ч.1:481
Никишкин К.Д. ч.1:42
Новиков А.С. ч.1:79,82
Новиков В.В. ч.1:278
Новосельцев В.И. ч.1:413
Нуриев Н.Н. ч.2:217
Овчинников Д.А. ч.1:181
Огарь А.С. ч.1:430,435
Орешин А.Н. ч.1:278
Орлов В.Г. ч.1:174
Охрицкий И.С. ч.1:269
Павлов А.А. ч.1:104
Пенькова Е.С. ч.1:441
Перепечаев А.В. ч.2:22
Пешкевич А.А. ч.1:149
Пилипенко И.А. ч.1:152
Пожидаева А.А. ч.2:62
Поляков И.И. ч.1:529
Полякова М.В. ч.1:15
Попенко Е.В. ч.1:525
Попова В.П. ч.2:182
Попова И.Г. ч.1:249
Поркшеян В.М. ч.1:100
Прудников Г.С. ч.2:75
Пузырева Д.П. ч.2:147
Пшевский Н.С. ч.1:320
Ревякина Е.А. ч.2:100
Решетникова И.В. ч.1:257
Руденко Н.В. ч.1:135,303,376
Рыбалко И.П. ч.1:311 ч.2:22,75
Рыбалко П.И. ч.2:71,159
Сабинина Е.Р. ч.2:31
Савельев В.А. ч.1:104
Сакалова А.И. ч.2:197
Салдаев Д.О. ч.1:382,3900
Салифов И.И. ч.2:147
Санников А.А. ч.2:65
Сафарьян О.А. ч.1:152,156
Сахаров И.А. ч.1:156
Светлаков А.Л. ч.1:36
Светличная Н.О. ч.1:529 ч.2:162,217,224,228
Серебрякова К.О. ч.2:155
Симонов Г.В. ч.1:169
Соколов С.В. ч.1:420
Соколова О.И. ч.1:15
Солдатова Г.П. ч.1:513
Сосновский А.И. ч.1:72
Сосновский И.А. ч.1:39,72,79,82
Стародубцев Ю.И. ч.1:540
Стремоухов М.В. ч.1:284
Теплов К.С. ч.2:205
Тихонов Е.В. ч.2:18
Ткачук Е.О. ч.2:128,207
Ткачукс Н. ч.2:207
Трегубов Р.Б. ч.1:353
Трофименко В.Н. ч.1:27
Тузко Я.Н. ч.1:376
Усик А.С. ч.1:116
Устименко Д.Л. ч.2:15
Ухов Г.В. ч.1:288
Фатхулин Т.Д. ч.1:241,288
Феденев Д.В. ч.1:188
Фокин А.Б. ч.1:66
Харченко В.В. ч.1:142
Харченко Д.В. ч.1:142
Харченко Л.Н. ч.1:27
Цепаев В.А. ч.1:478
Черниковская И.Е. ч.2:135
Чикалов А.Н. ч.1:454,464,467
Чуб Е.Г. ч.1:420
Шаламова Е.Ю. ч.2:135
Швидченко С.А. ч.1:76,124,127,131,160,165
Шевчук П.С. ч.1:537
Шелковый Д.В. ч.1:66
Шустова Н.А. ч.1:39
Щелоков М.А. ч.1:79
Щерба М.Ю. ч.1:537
Щербань И.В. ч.1:237 ч.2:92
Юрченко Е.В. ч.2:186
Юрьева В.В. ч.2:106,171,176
Юхнов В.И. ч.1:116,152,156,346,499,504, 529