МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕРВИСА»
(ФГБОУ ВПО «ПВГУС»)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ (ITRT-2014)

IV международная заочная научно-техническая конференция

Сборник статей

Апрель 2014 года

Тольятти 2014

УДК 004;621.396.6;621.397
ББК 32.81;32;32.973.292
И 74

Председатель редакционной коллегии
ректор ПВГУС, д-р экон. наук, проф. ***Л. И. Ерохина***

Зам. председателя редакционной коллегии
декан факультета информационно-технического сервиса ПВГУС,
д-р техн. наук, проф. ***В. В. Иванов***

Члены редакционной коллегии:
проректор по информационным технологиям Финансово-технологической академии (г. Королёв, Московская обл.), д-р техн. наук, проф. ***В. М. Артюшенко***
проректор по учебной работе Гродненского государственного университета им. Янки Купалы (Беларусь), д-р техн. наук, проф. ***В. Г. Барсуков***
декан факультета компьютерных технологий и управления, зав. кафедрой «Системы управления и информатика» Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, д-р техн. наук, проф. ***А. А. Бобцов***
проректор по научно-исследовательской работе и инновационной деятельности Донского государственного технического университета (г. Ростов-на-Дону),
д-р техн. наук, проф. ***И. В. Богуславский***
зав. кафедрой «Информационный и электронный сервис» ПВГУС,
канд. техн. наук, доц. ***В. И. Воловач***
декан факультета базового телекоммуникационного образования Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (г. Самара),
д-р физ.-мат. наук, проф. ***А. Г. Глущенко***
декан факультета химической техники и кибернетики, зав. кафедрой «Техническая кибернетика и автоматика» Ивановского государственного химико-технологического университета, д-р техн. наук, проф. ***А. Н. Лабутин***
проректор по учебной и научно-педагогической работе Одесского национального политехнического университета (Украина),
д-р техн. наук, проф. ***С. А. Нестеренко***
заместитель директора по научно-исследовательской работе Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета, заведующий кафедрой «Информационные системы и радиотехника» (г. Шахты, Ростовская обл.),
д-р техн. наук, проф. ***Н. Н. Прокопенко***
директор филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Самарское отделение научно-исследовательского института радио»,
канд. техн. наук, доц. ***М. Ю. Сподобаев***
профессор кафедры «Информационный и электронный сервис» ПВГУС,
д-р техн. наук ***В. К. Шакурский***

Научный секретарь
ассистент кафедры «Информационный и электронный сервис» ПВГУС
Анфалов К. В.

И 74 **Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014)** : сб. статей IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014. – 272 с.

ISBN 978-5-9581-0330-0

УДК 004;621.396.6;621.397
ББК 32.81;32;32.973.292

Сборник включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Доступ на электронную версию сборника – www.elibrary.ru

© Поволжский государственный университет сервиса, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Аббасов А. Э., Аббасов Э. М., Аббасова Т. С.
Проблемы моделирования переходных электромагнитных процессов оборудования системы рециркуляции автомобиля 7

Аббасова Т. С., Щипунова К. Д.
Анализ влияния изменений параметров высокочастотных кабелей на характеристики мульмедийных кабельных систем 13

Анфалов К. В., Литяев С. Н.
Проектирование удаленной сетевой лаборатории Cisco 21

Анфалов К. В., Мазуров А. В.
Применение методологии нечеткой логики в вопросах маршрутизации..... 27

Артюшенко В. М., Воловач В. И.
Экспериментальные исследования сигналов и помех в радиотехнических устройствах ближнего действия 32

Боженков В. В., Косак А. А., Шахлевич Г. М.
Лабораторный практикум в структуре интерактивных образовательных ресурсов по инженерным дисциплинам 45

Бондаренко С. Н.
Разработка алгоритма повышения эффективности капитальных вложений в предприятие интернет торговли..... 51

Бранцевич П. Ю.
Методика применения измерительно-вычислительного комплекса "Тембр-М" при оценке вибрационного состояния механизмов и агрегатов 55

Будилов В. Н., Назаров Д. В.
Протоколы передачи видеоинформации в цифровых системах наблюдения..... 68

Будилов В. Н., Хаметов Р. Ш.
О понятии динамического диапазона видеосистем..... 74

Будилов В. Н., Лытарь И. С.
Экспериментальная оценка возможности использования модулей ZigBee как радиоволновых датчиков присутствия 81

Будилов В. Н., Суслопарова М. Э.
О пределах сокращения энергопотребления беспроводных датчиков 87

Губчик И. Н.
Калибровка камеры по изображениям объектов случайных геометрических форм 91

Гулаков В. К., Матюшин В. Н.
Анализ методов поиска в метрических пространствах на основе сферического разбиения множества объектов..... 98

Данилова М. С., Красильников Д. Ю., Тогулев Д. Е.
Электронный дневник для студента среднего профессионального обучения..... 102

Димакис А. А., Назаров Д. В.
Стек протоколов в IP-камерах D-Link 106

Дмитриев В. Л.
Модифицированный LSB метод на основе серии последовательностей отсутствующих бит..... 112

Егоров А. М.
Обеспечение живучести наноспутников 118

Ермолов А. Г.
Некоторые применения цифровой обработки сигналов в автомобильной электронике..... 122

Жуков Г. П.
Исследование с помощью функции Spice Transient Analysis в программной среде Multisim 7..... 128

Касимова Д. И., Морозов О. Г.
Мониторинг реконфигурируемых оптических мультиплексоров ввода-вывода с использованием полигармонических зондирующих сигналов.... 134

Кирпичников А. П., Титовцев А. С.
О стационарном распределении времени ожидания в системах дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков..... 142

Козлов В. В.
Опыт автоматизации формирования рабочих графиков и поручений кафедрам на основе анализа учебного плана..... 151

Колосков С. Ю., Захаров П. В., Леготкин Н. В.
Управление униполярным шаговым двигателем с помощью USB персонального компьютера 156

Кузьмичев А. Б., Зиберева Т. С.
Автоматизированная информационная система для составления расписания учебных занятий в вузе..... 160

Кузьмичев А. Б., Меньшиков С. А.
Алгоритм распознавания лица человека по его фотографии..... 163

Кузьмичев А. Б., Мокшин Д. А.
Технология учета текущей успеваемости по обучающимся в учебном заведении 167

Кузьмичев А. Б., Павличенко А. А.
Swebok. Engineering Foundations - основы инженерной деятельности. Эмпирические методы и техники экспериментов 170

Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В.
Алгоритм планирования расписания занятий в учебном заведении 174

Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В.
Swebok. Mathematical foundations - основы математической подготовки специалистов по программной инженерии 178
Кучеров Б. А.
Анализ требований к бортовым ретрансляторам систем спутниковой связи 183
Мазуров А. В.
Исследование эффективности алгоритма маршрутизации с использованием нечетких множеств в компьютерных сетях 190
Матанцев А. Б., Уразбахтина Ю. О., Ясовеев В. Х.
Аспекты применения полупроводниковых датчиков газа для диагностики хеликобактериоза 199
Медянников В. О.
Особенности построения пользовательского интерфейса сенсорных киосков 206
Медянников В. О.
Обеспечение безопасности клиентского приложения распределенной иформационно-справочной системы факультета информационно-технического сервиса 208
Мехтиев Р. Э.
Проблемы обработки информационных сигналов в условиях аддитивно-мультипликативных негауссовских помех 211
Попов С. А., Васильев И. С.
Метод экстракции параметров ИС и расчет их статистических характеристик 215
Силкин А. В.
Потенциальная точность определения координат и скорости цели в двухпозиционной РЛС 220
Синяев И. Ф.
Задача классификации с использованием Boosting подхода при формировании ансамбля моделей 226
Скобелева С. Н., Косарев А. В.
Алгоритм поиска неисправностей принтеров фирмы HP 229
Сковородников Ю. А.
Анализ эффективности применения хеширования для движущихся объектов 235
Трубаков Е. О.
Пространственно-временная математическая модель данных с поддержкой планирования маршрута движения 243
Федоровский С. В.
Определение границ области самовозбуждения асинхронной машины с конденсаторами в цепи фазного ротора 248

Федоровский С. В.
Описание режимов работы ветроэнергетических установок 252
Хорев П. Б.
Защита конфиденциальной информации при создании и использовании личных кабинетов пользователей 254
Цыганков Д. Э., Похилько А. Ф.
Автоматизация формирования сборочных 3D - моделей волноводных СВЧ устройств 260
Якубов Т. Я., Маннапов А. Р.
Новые перспективы для отечественных производителей телекоммуникационного оборудования в контексте развития радиоэлектронной отрасли России 264

УДК 621.38
А. Э. Аббасов*
**Аббасов Александр Эльшанович, студент*
Московский государственный машиностроительный университет, г. Москва
alexn1smo@mail.ru
Э. М. Аббасов*
**Аббасов Эльшан Магеррамович, к.т.н., доцент*
Московский государственный машиностроительный университет, г. Москва
abbapost@rambler.ru
Т. С. Аббасова*
**Аббасова Татьяна Сергеевна, к.т.н., доцент*
Финансово-технологическая академия, г. Королев
abbasova_univer@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ АВТОМОБИЛЯ

Ключевые слова: компьютерное моделирование, системный анализ, переходные процессы

Проанализированы характеристики визуализации для численного моделирования переходных процессов оборудования системы управления рециркуляцией отработавших газов автомобиля; определены задачи эффективного применения информационных технологий автоматизации для расчета и проектирования оборудования системы рециркуляции.

При проведении научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по созданию и модернизации электрооборудования автомобиля для рециркуляции отработавших газов необходимы этапы информационного и математического моделирования, позволяющие при минимальных затратах рассмотреть показатели и различные режимы работы. Информационные технологии проектирования позволяют сокращать сроки проведения исследований и внедрения в эксплуатацию, всеми способами снижать свои издержки и повышать качество продукции путем моделирования на персональном компьютере.

Обобщенная схема обработки информации при управлении рециркуляцией отработавших газов, независимо от конструкции бензинового двигателя внутреннего сгорания, приведена на рис. 1.

Очень часто именно переходные процессы определяют значения параметров объекта эксплуатации при его проектировании, они оказывают также влияние и на его конструктивные соотношения. Поэтому при моделировании переходных процессов необходимо не только информационное, но и численное моделирование. В численном моделировании некоторые из ложных взаимодействий связаны с техническими дефектами в программе и подобны экспериментальным погрешностям, например, утечки или неконтролируемые источники.

Визуализация является существенной частью процесса численного моделирования, обеспечивающей анализ и правильную интерпретацию результатов вычислений, а также дальнейшую работу с вычислительной моделью.

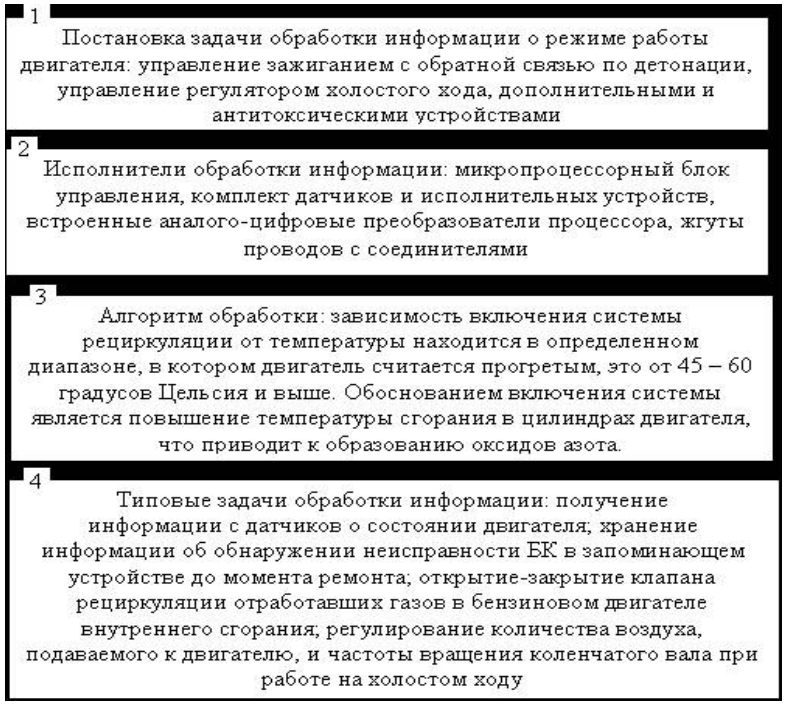


Рис. 1. Схема обработки информации в системе управления рециркуляцией

Можно выделить три основных аспекта в проектировании и разработке систем компьютерной визуализации:

1) средства компьютерной графики для создания, хранения, обработки и вывода изображений с помощью ПК,

2) инженерный подход к разработке (эксплуатации) программного обеспечения визуализации, общего для многих приложений,

3) восприятие и интерпретация визуальных образов пользователем системы.

С помощью визуализации данных можно выполнить следующие задачи:

- процесс получения изображения по данным с помощью компьютерной программы;

- наглядное представление больших массивов числовой и другой информации, которое представляется возможным благодаря использованию компьютерной графики;

- быстрый и эффективный анализ информации;
- сокращение размерности данных при крупномасштабном эксперименте;
- презентация полученных результатов.

В таблице 1 приведена классификация данных, с которыми могут работать средства визуализации [3,4].

Таблица 1

Классификация данных для визуального анализа

Тип данных	Примеры данных
одномерные данные	одномерные массивы, временные ряды
двумерные данные	точки двумерных графиков, географические координаты
многомерные данные	результаты экспериментов, данные в специализированном научном или техническом формате (CEOS, HDF и т.п.), данные в формате CAD программ для 3D-моделирования (*.frw, *.cdw, *.m3d, *.dwg, *.easm, *.xls и др.), стандартные графические файлы (BMP, TIFF и др.), финансовые показатели
тексты и гипертексты	газетные статьи, веб-документы
иерархические и связанные	структура подчинённости в организации, электронная переписка людей, гиперссылки документов
алгоритмы и программы	информационные потоки, отладочные операции

Для визуализации типов данных, перечисленных в таблице 1, применяются следующие методы визуализации: стандартные 2D/3D-образы – линейные графики, гистограммы; геометрические преобразования – диаграмма разброса данных, параллельные координаты; отображение иконок – линейчатые фигуры (needle icons) и звёзды (star icons); методы, ориентированные на пикселы – рекурсивные шаблоны, циклические сегменты; визуализация веб-документов; иерархические образы – древовидные карты и наложение измерений. CAD-программы (от англ. computer-aided design/drafting – средства автоматизированного проектирования, предназначенные для автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации) осуществляют все перечисленные методы визуализации. Наиболее распространены CAD-программы: Компас-3D, Pro/ENGINEER, CorelDRAW, AutoCAD, SolidWorks, Microsoft Excel. Формат обмена данными между CAD программами: igs.

Для размера данных меньше 200 Гб обычно применяется построение графиков и диаграмм (Excel, Matlab, Matcad), построение поверхностей (Matlab, Excel). Для размера данных больше 200 Гб (многомерные данные, сложная, неоднородная структура данных; данные получены в результате моделирования на многопроцессорном комплексе), используются специализированные

системы визуализации. Очень широко такие системы применяются для автомобилестроения (Autodesk Alias Automotive 2014).

После того как модель объекта эксплуатации (дизайнерская модель) разработана и утверждена, проектные данные в цифровом формате можно использовать в дальнейших расчетах на этапе конструкторских работ.

Визуализация осуществляется на основе следующих компьютерных методов обработки информации:

1) срез (сечение) детали;
2) метод проекции для отображения значений на срезе (сечении) детали;
3) различные цвета (псевдо раскраска) для присвоения различных значений функции в диапазоне (цвета могут быть интерполированы между исходными значениями);
4) несколько срезов (сечений);
5) регион интереса (выделение элемента модели);
6) построение изоповерхностей (простая поверхность, поверхность в комбинации со срезами).

Недорогой пакет программ Компас-3D, стоимость которого по сравнению со стоимостью других программ для моделирования приведена в таблице 2, включает средства, позволяющие пользователю создавать разного рода чертежи и описания к ним, а также позволяет осуществить перечисленные методы визуализации.

Моделирование изделий в Компас-3D можно вести, используя готовые компоненты («снизу вверх»), проектируя компоненты в контексте конструкции («сверху вниз»), опираясь на компоновочный эскиз (например, кинематическую схему), а также смешанным способом. Обеспечивается легкая модификация получаемых моделей.

Недостаткам программного обеспечения Компас-3D: нет кинематического, прочностного, температурного, частотного анализа, отсутствует возможность расчета электрических параметров и эргономических характеристик. Однако большое количество конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД на машиностроительных предприятиях (предприятиях автомобилестроения, космических корпорациях и научно-производственных объединений) создано в программе Компас-3D.

Таблица 2

Стоимость программного обеспечения для 3D-моделирования

Название пакета программ для 3D-моделирования	Компания-производитель	Стоимость, Euro
SolidWorks	SolidWorks	5500
SolidWorks Professional		6900
SolidWorks Premium		9100
Autodesk Inventor Professional Commercial New NLM EN	Autodesk	5590
Inventor Professional Commercial New SLM EN		4470

Название пакета программ для 3D-моделирования	Компания-производитель	Стоимость, Euro
Inventor Suite Commercial New SLM		3190
Kompas-3D	Ascon	1900
T-Flex 3D	TopSystem	2300

Большими функциональными возможностями по проектированию и созданию фотореалистичного изображения обладают более дорогие программы, например, SolidWorks. Но и в случае применения более дорогих пакетов необходим выбор дополнительной программной среды для передачи геометрии изделий во внешние расчетные пакеты или в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ).

Компас-3D является системой твердотельного моделирования, поэтому все операции по созданию и редактированию трехмерных моделей предназначены только для работы с твердыми телами. Твердое тело – область трехмерного пространства, состоящая из однородного материала и ограниченная замкнутой поверхностью, которая сформирована из одной или нескольких стыкующихся граней.

В случае моделирования системы управления рециркуляции с электромеханическим клапаном, шаговым электродвигателем и электроприводом, который приводит в движение клапан, целесообразно выбрать программную среду Maxwell компания Ansoft для расчета параметров вращающихся электрических машин. Использование в среде Maxwell моделей, созданных в среде Компас-3D, позволит ускорить процесс проектирования и упростить процесс моделирования. В среде Компас-3D задается только форма объекта, а в среде Maxwell (2D, 3D) задаются параметры материалов, направления магнитных линий, рассчитываются параметры электрооборудования [4,5].

Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса должно развиваться с учетом новых технологий моделирования [6,7]. Общие случаи решения задач геометрического моделирования, к которым относится большинство инженерных задач, требуют применения современных методов 3D компьютерного моделирования в сочетании с программными средствами. В соответствии с системным подходом ставится задача создания универсальных моделей для расчета переходных процессов оборудования любого автомобиля, с учетом соответствующих этому автомобилю параметров. Такой подход позволит экономить ресурсы пользователей при моделировании работы оборудования автомобилей и расчете его параметров.

Библиографический список

1. Аббасов, Э. М., Балясников, Е. С. Система торможения с клиновым механизмом для АТС // Электроника и электрооборудование транспорта. 2007. №1. С. 22 – 23.

2. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей: учебное пособие / Грибут, И. Э., Ларионова, А. А., Артюшенко, В. М., Виноградов, М. В., Поворина, Е. В. – Москва, 2008.

3. Аббасова, Т. С., Двоеглазов, Д. М., Гузнаев, Т. Ю. Методы интерактивного анализа данных в телекоммуникационных системах / Т. С. Аббасова, Д. М. Двоеглазов, Т. Ю. Гузнаев // Сб. тр. международной научно-практической Интернет-конференции «Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании»: Финансово-Технологическая Академия. – Королев : ФТА, 2013.

4. Аббасова, Т. С., Аббасов, А. Э. Повышение эффективности дистанционного образования с помощью виртуального моделирования // Перспективы, организационные формы и эффективность развития сотрудничества российских и зарубежных ВУЗов: Сб. тр. международной научно-практической конференции / Финансово-Технологическая Академия. – Королев : ФТА, 2014.

5. Аббасов, Э. М., Аббасова, Т. С. Визуализация и анализ информации при построении 3D-моделей данных для микропроцессорной системы управления / Э. М. Аббасов, Т. С. Аббасова // Сб. тр. 14-ой Международной научно-практической конференции «Микропроцессорные, аналоговые и цифровые системы: проектирование и схемотехника, теория и вопросы применения»: Южно-Российский государственный политехнический университет – Новочеркасск, ЮРГПУ, 2014.

6. Артюшенко, В. М. Информационное обеспечение деятельности предприятий автосервиса [Текст] / В. М. Артюшенко // Журнал «Промышленный сервис». – 2009. – №4(33). – С.3-10.

7. Набоких, В. А., Нигматуллин, Ш. М. Развитие конструкции генераторных установок и мотор-генераторов // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2013, №6. – С. 8 – 9.

© Аббасов А. Э., Аббасов Э. М., Аббасова Т. С., 2014

УДК 621.397
Т. С. Аббасова*
**Аббасова Татьяна Сергеевна, к.т.н., доцент*
Финансово-технологическая академия, г. Королев
abbasova_univer@mail.ru
К. Д. Щипунова*
**Щипунова Ксения Дмитриевна, студент*
Финансово-технологическая академия, г. Королев
schipunova@mail.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАБЕЛЕЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬМЕДИЙНЫХ КАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: мультимедийные кабельные сети, высокочастотные кабели, затухание, температура окружающей среды

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом изменений характеристик высокочастотных кабелей под действием окружающей среды на параметры мультимедийных кабельных сетей. Получены характерные зависимости изменения погонных потерь кабелей в диапазоне рабочих частот от температуры окружающей среды.

Введение. Высокочастотные кабели являются важнейшим пассивным элементом в мультимедийных кабельных сетях (МКС), качество и надежность которых существенно влияют на их основные эксплуатационные показатели [1-3].

Учитывая, что кабель, применяемый в МКС, играет важную роль в ее работе, представляет значительный интерес проанализировать, как повлияет изменение параметров кабеля на работу МКС в целом. Для этого проведем исследования влияния изменения затухания кабеля на характеристики МКС, вызванные увеличением его рабочей частоты и изменениями параметров кабеля, вызванные перепадами температуры внешней окружающей среды.

Анализ влияния изменений затухания кабеля на характеристики МКС. Проанализируем влияние изменений затухания высокочастотных кабелей на характеристики МКС. В качестве высокочастотного кабеля МКС выберем коаксиальный кабель.

Как известно, зависимость затухания такого кабеля A_x от частоты, в общем случае, можно описать выражением [1, 4]:

$$A_x = aF + bF^{0,5} + c, дБ,$$

где a, b и c – коэффициенты, зависящие от конструктивного исполнения конкретного типа кабеля, как правило, приводимые на погонную длину 100 м.

Коэффициент a характеризует отклонение частотного затухания кабеля от линейного закона, b – характеризует его высокочастотные свойства кабеля, c – указывает на величину потерь кабеля по постоянному току. Чем коэффициент a меньше, тем ближе данный вид кабеля к «идеальному». Чем меньше коэффициент b, тем меньшими потерями обладает данный кабель.

На рис. 1 представлена зависимость затухания «идеального» и реального кабеля (марка F1160BV) от приведенной частоты $\left(\frac{F}{F_в}\right)^{0,5}$ где $F_в$ = 862 МГц [1].

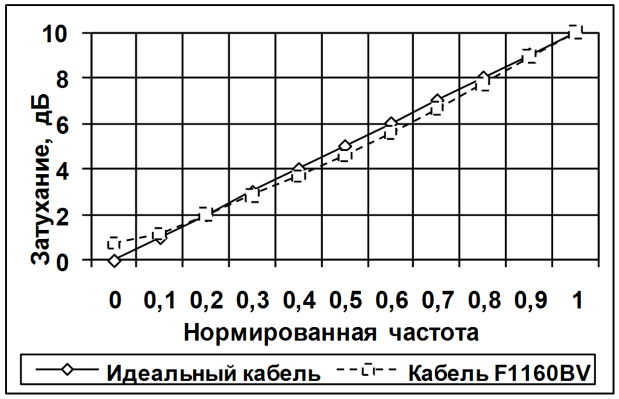


Рис. 1. Сравнительная зависимость затухания реального и «идеального» высокочастотного кабеля от частоты

Знание коэффициентов a, b и c позволяет довольно точно рассчитать величину затухания кабеля на любой рабочей частоте F. Однако, как правило, производитель не указывает значения этих коэффициентов. Для их определения достаточно знать значения погонных затуханий кабеля $A_н$ и $A_в$ на нижней $F_н$ и верхней $F_в$ частоте рабочего диапазона, а также величину петлевого сопротивления $R_к$ приведенного на погонную длину 100 м. Эти параметры могут быть либо измерены экспериментально, либо взяты из справочных данных на конкретный тип кабеля.

Частотные коэффициенты можно рассчитать исходя из выражений:

$$a = [F_н^{0,5}(A_в - c) - F_в^{0,5}(A_н - c)][F_в F_н^{0,5} - F_н F_в^{0,5}]^{-1}$$

$$b = [F_в(A_н - c) - F_н(A_в - c)][F_в F_н^{0,5} - F_н F_в^{0,5}]^{-1}$$

$$c = -20Log[R_o(R_к + R_o)^{-1}],$$

где R_o – характеристическое сопротивление кабеля, 75 Ом.

В качестве примера в табл. 1, 2 приведены, соответственно, справочные значения $R_к$, $A_н$ и $A_в$, и расчетные значения коэффициентов a, b, c и погонных затуханий кабелей компании MediaLink на различных частотах [1, 4].

Часто, при решении практических задач, удобно пользоваться выражением:

$$A_2 = A_1\left(F_2 / F_1\right)^{0,5},$$

позволяющим вычислять затухания кабеля A_2 на произвольной частоте F_2 через известное (или справочное) значение его затухания A_1 на частоте F_1.

Таблица 1

Справочные значения петлевых сопротивлений $R_к$ и погонных потерь $A_н$ и $A_в$

Класс кабеля	Марка кабеля	Назначение	Сравнительные значения на 100 м (Ом, МГц, дБ)				
			$R_к$	$f_н$	$A_н$	$f_в$	$A_в$
QR-540	М 1590 BV	Магистральный	1,85	55	1,81	870	7,54
RG-11	М 1160 BV	Домовой	6,0	55	3,15	870	13,07
RG-6	М 660 BV	Абонентский	12,8	55	5,25	870	20,08

Таблица 2

Расчетные значения частотных коэффициентов a, b и c и погонных затуханий

Марка кабеля	Частотные коэффициенты			Погонное затухание, дБ/100 м на частотах, МГц							
	a	b	c	5	30	48,5	65	87,5	300	862	2150
М1590 BV	0,0015	0,2045	0,2117	0,68	1,38	1,68	1,96	2,25	4,20	7,50	12,9
М1160 BV	0,0039	0,3058	0,6685	1,37	2,46	2,95	3,39	3,87	7,13	13,00	23,21
М 660 BV	0,0050	0,4861	1,3687	2,48	4,18	4,94	5,25	5,61	6,36	11,30	34,72

На рис. 2, в качестве примера, представлены зависимости коэффициента затухания кабелей от частоты [5, 6].

Затухание кабеля на частоте F произвольной длины будет связано с его погонным затуханием A_o, т.е. приведенным к длине 100 м, соотношением: $A_L = L(A_o/100)$ дБ, где $A_o = bF^{0,5}$; L – длина коаксиального кабеля, м.

Анализ влияний температурных воздействий на характеристики распределительной сети МКС. Как известно, наибольшее влияние на характеристики распределительной сети оказывает изменение затухания высокочастотных кабелей под воздействием перепадов температуры внешней среды на высшей частоте диапазона МКС [6-9].

В общем случае, температурная зависимость изменения затухания кабеля может быть описана выражением:

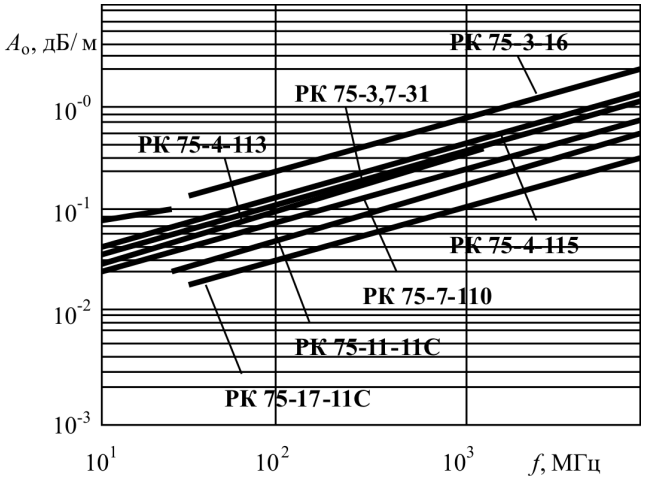


Рис. 2. Зависимость коэффициента затухания от частоты высокочастотных кабелей, при температуре 20°С

$$A_x = A_{To}\left[1 + K_t(T - T_o\right], \text{ дБ},$$

где A_x – затухание кабеля в дБ при рассматриваемой температуре T, отличной от нормальной температуры T_o = 20°С; A_{To} – затухание кабеля в дБ при T_o = 20°С; K_t – температурный коэффициент, как правило, K_t >> 0,002.

На рис. 3 представлены зависимости погонного затухания кабеля длиной 100 м от частоты при различных температурах внешней среды, где: 1 – кабель марки М1160BV; 2 – РК 75-17-13С.

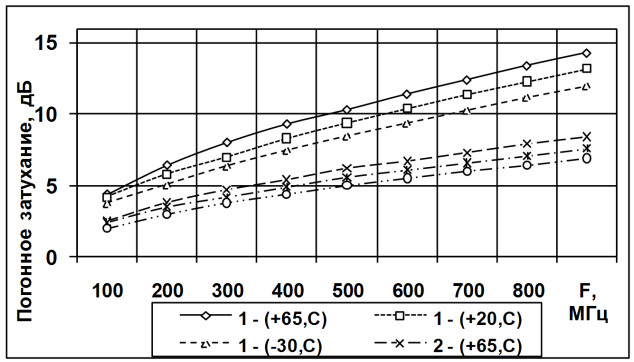


Рис. 3. Зависимость изменения погонных потерь кабелей в диапазоне частот от температуры окружающей среды

Из зависимостей видно, что разность изменений затухания в диапазоне температур, на одних и тех же частотах, может достигать значительных величин, причем, с увеличением частоты она возрастает.

Затухание кабеля протяженностью L_y, м, на частоте F_x МГц, при температуре $t_y^\circ C$, может быть найдена исходя из выражения [6]:

$$A_{y,f} = A_o L_y (F_x F_o^{-1})^{0,5}[1+1,5\times10^{-3}(t_y - t_o)], \text{ дБ},$$

где A_o – затухание 1 м кабеля на частоте F_o, МГц, при температуре t_o = 20°С.

Если на участке линии устанавливается регенерационный усилитель имеющий регулятор наклона (РН) амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), то в зависимости от частоты, затухание РН АЧХ усилителя определяется по формуле:

$$A_{PHx} = A_o L_y [1+1,5\times10^{-3}(t_p - t_o)](F_в^{0,5} - F_x^{0,5})F_o^{-0,5}, \text{ дБ},$$

где t_p – расчетная температура внешней среды, равная среднему арифметическому между максимальной (t_+) и минимальной (t_-) температуры:

$$t_p = 0,5\ (t_+ - t_-).$$

Суммарное затухание высокочастотного кабеля и РН одного участка линии при расчетной температуре t_p, не зависит от частоты и определяется по формуле:

$$A_{y,p} = A_{y,x,p} + A_{PH,x} = A_o L_y [1+1,5\times10^{-3}(t_p - t_o)](F_в F_o^{-1})^{0,5}, \text{ дБ}.$$

Для рабочего канала, имеющего $F_в$, максимальное изменение суммарного затухания одного участка линии при изменении температуры от t_p до $t_\pm$ может быть найдено как:

$$A_{y,x} = A_o L_y (F_в F_o^{-1})^{0,5}[1+1,5\times10^{-3}(t_p - t_o)], \text{ дБ}.$$

При t_p затухание участка линии равно усилению A_y регенерационного усилителя и при $t_\pm$ изменение затухания составит:

$$A_{y\pm} = \pm A_y \times 0,75\times10^{-3}(t_+ - t_-), \text{ дБ}.$$

Зависимость изменения затухания участка линии от перепада температур, при различных значениях величины усиления усилителя представлены на рис. 4 [10].

Если принять, что при прокладке кабеля в канализации $(t_+ - t_-) = 20^\circ C$, а A_y = 20 дБ, то $A_{y\pm}$ = ± 0,3 дБ. При подвеске кабеля на открытом воздухе $(t_+ - t_-) = 100^\circ C$ и $A_{y\pm} = \pm 1,5$ дБ.

Заметим, что при эксплуатации МКС необходимо учитывать, что в течение срока службы высокочастотных кабелей (15–20 лет) их затухание возрастает в среднем на 0,1 дБ/дБ [11, 12].

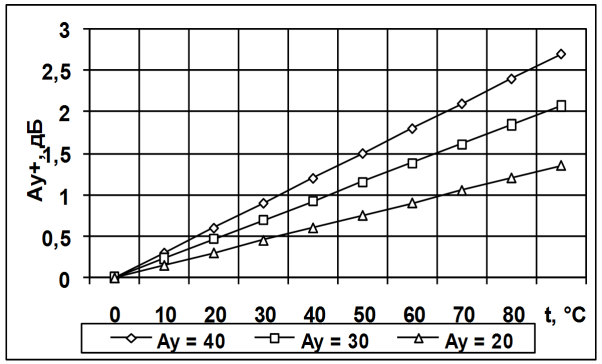


Рис. 4. Зависимость изменения затухания участка линии от перепада температур

Изменение уровня сигнала на выходе линии состоящей из n_M регенерационных участков составит:

$$\Delta U_M = n_M A_{y\pm} = \pm A_{м,p} \times 0,75\times10^{-3}(t_+ - t_-), \text{ дБ},$$

где $A_{м,p}$ – затухание линии на частоте $F_в$ при температуре t_p.

На рис. 5 представлены зависимости изменения отношения сигнал/шум (ОСШ) на выходе линии, состоящей из n_M регенерационных участков, при изменении температуры $t_\pm$.

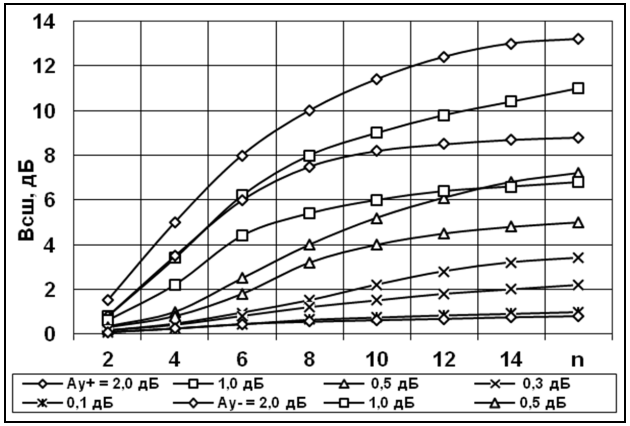


Рис. 5. Зависимости изменения ОСШ на выходе линии, состоящей из n регенерационных участков

Из представленных зависимостей видно, что при определенных условиях эти изменения могут носить существенный характер. Поэтому для нормальной работы МКС необходимо компенсировать эти потери путем включения необходимого количества регенерационных усилителей [13, 14].

Выводы. Таким образом, проведенный анализ влияния изменения затухания высокочастотных кабелей на характеристики МКС показал, что при прокладке кабеля в кабельной канализации изменение затухания на одном участке линии может составлять ±0,3 дБ, при подвеске кабеля на открытом воздухе – ±1,5 дБ.

Показано, что для оптимальной работы МКС, через определенное количество участков линии, должны включаться регенерационные усилители, компенсирующие накапливающиеся на этих участках изменения уровней рабочего сигнала.

Библиографический список

1. Песков, С. Н., Колгатин, С. Ю., Седов Д. Н. Все про кабельные эквалайзеры. (Часть 1, Часть 2). «Телеспутник». – 2005. – №7.

2. Артюшенко, В. М., Гуреев, А. К., Абраменков, В. В., Енютин, К. А. Мультимедийные гибридные сети. – М. : МГУС, 2007. 82 с.

3. Артюшенко, В. М., Сотников, И. А. Расчет и оптимизация уровней напряжений сигналов в распределительных сетях системы кабельного телевидения // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2006. – Т.2. – №2. – С.3–7.

4. Артюшенко, В. М., Белянина, Н. В. Расчет и оптимизация уровней сигналов в распределительной сети системы кабельного телевидения. – М. : Изд-во СГУ, 2011. 159 с.

5. Артюшенко, В. М., Белянина, Н. В. Повышение эффективности работы оборудования интерактивной сети системы кабельного телевидения. – М. : Изд-во СГУ, 2012. 164 с.

6. Артюшенко, В. М., Белянина, Н. В. Проектирование интерактивной сети системы кабельного телевидения: монография [Текст]. М. : Изд-во СГУ, 2013. 283 с.

7. Артюшенко, В. М., Соленов, В. И. Интермодуляционные помехи в многоканальных системах кабельного телевидения // Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение. 1996. №4. С.62 – 74.

8. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С., Самаров, К. Л. Расчет электромагнитной совместимости оборудования структурированных кабельных систем. / Современные исследования в области теоретических основ информатики, системного анализа, управления и обработки информации: монография [Текст] / под науч. ред. док. техн. наук, проф. В. М. Артюшенко. – Королев МО : ФТА. – 2014. – С.24–42.

9. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Обеспечение электромагнитной совместимости информационных структурированных кабельных сетей // Приволжский научный вестник. –2014. – №4 (32). С.16–22.

10. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Структурированные кабельные сети и их электромагнитная совместимость. Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2014. С.11–18.

11. Аббасова, Т. С., Артюшенко, В. М. Электромагнитная совместимость электропроводных кабелей и коммутационного оборудования высокоскоростных структурированных кабельных систем // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2008. – Т.4. – №4. С.22–29.

12. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С. Проектирование мультисервисных систем в условиях воздействия внешних электромагнитных помех. Монография / под науч. ред. док. технич. наук, проф. В. М. Артюшенко, ФГОУВПО РГУТиС. – М., 2011. 110 с.

13. Артюшенко, В. М. Анализ взаимного влияния кабельных линий в электротехнических системах // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2006. – Т.2. – №2. С.8–11.

14. Артюшенко, В. М., Белянина, Н. В. Цифровые сети доступа технологии XDSL. – М.: Изд-во СГУ, 2010. 210 с.

© Аббасова Т. С., Щипунова К. Д., 2014

УДК 004.771
К. В. Анфалов*
**Анфалов Константин Владимирович, научный сотрудник*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
anfalow@gmail.com
С. Н. Литяев*
**Литяев Сергей Николаевич, студент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
sunnjar@gmail.com

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УДАЛЕННОЙ СЕТЕВОЙ ЛАБОРАТОРИИ CISCO

Ключевые слова: удаленная сетевая лаборатория, Cisco, терминальные серверы

В статье рассмотрены варианты реализации удаленной сетевой лаборатории и их особенности. Будут рассмотрены решения на базе микрокомпьютера Rasperrry Pi; аппаратный терминальный сервер ATEN; терминальный сервер на базе модуля для маршрутизатора Cisco 2801. Описана актуальность внедрения, плюсы и сферы использования данных решений.

Об актуальности сетевых технологий написано много статей. Технологии развиваются очень быстро и инженеры должны поддерживать актуальный набор знания для того, чтобы оставаться профессионалом. Сегодня большинство работающих специалистов не могут обучаться без отрыва от производства. Курсы повышения квалификации, мастер классы, семинары хорошо зарекомендовали себя для изучения новых технологий. Большую популярность набирают – вебинары, и курсы дистанционного обучения. Нужно заметить, что с развитием сети информация стала намного доступнее. Множество различных пособий, курсов и учебников, которые доступны бесплатно или за символическую стоимость. Для ускорения процесса обучения слушатели прибегают к услугам тренеров с помощью телеконференций. Телеконференции позволяют обеспечивать такие форматы как: семинары, лекции, наглядные обучения. Важной частью любого обучения является его практическая часть. Лабораторные и практические выполняются в технической сфере, как правило с помощью компьютера, либо на специализированном оборудование. Для подготовки специалистов важна практика на реальном оборудовании, доступ к которому обеспечить стандартными средствами конференций нельзя.

Актуальность разработки методов проведения дистанционных лабораторных и практических связано со следующими факторами:

- Скорость развития технологий (жизненный цикл современных технологий составляет от 2 до 5 лет);
- Повсеместная интеграция сетевых технологий;
- Необходимость получения практического опыта работы на реальном оборудование;
- Повышение квалификации и освоение новых технологий;
- Возможность дистанционного обучения.

Есть несколько подходов к проведению удаленных лабораторных практикумов. Сравним практику на реальном оборудовании, симуляторах и эмуляторах. Реальное оборудование работает достаточно быстро, и имеет возможность выдавать свой полный функционал в отличие от симуляторов, в которых реализация отдельных моделей, невозможна по техническим причинам. К тому же работа с реальным оборудованием это практический опыт и отсутствие страха при дальнейшей профессиональной работе.

Эмуляция сильнее нагружает оборудование, чем симуляция, но может дать полный функционал оборудования, так как там эмулируется реальный образ операционной системы. Она сложнее в настройке, эксплуатации и ее работа менее наглядна в отличие от симуляторов, которые имеют встроенные графические перехватчики пакетов. К тому же эмулированное оборудование может функционировать в реальной сети. Симулятор же этого сделать не может.

Плюсы симуляции, это – быстродействие, наглядность, простота использования и хорошая масштабируемость. В большинстве симуляторов есть встроенные перехватчики пакетов для анализа их содержимого. Возможность мгновенного развертывания учебных моделей сети.

Преподавателю достаточно загрузить необходимую симуляцию, и модель сети готова к использованию, с симуляторами можно поступать аналогично, в случае реального оборудования необходимо собирать всю сеть и настраивать каждое устройство отдельно.

В таблице 1 приведено сравнение различных способов проведения лабораторных практикумов.

Таблица 1

Сравнение технологий проведения практикумов

Способ реализации	Функционал	Быстродействие	Простота	Наглядность
Реальное оборудование	1	1	3	2
Эмулирование	2	3	2	3
Симуляция	3	2	1	1

Рассмотрим вариант архитектуры удаленной лаборатории с использованием реального оборудования.

Приведенная схема удаленной лаборатории (рис. 1) состоит из:

- Аппаратной части (лабораторный стенд, сервер, управляющее оборудование);
- Программной части (Система взаимодействия с клиентом (WEB сайт или программный сервер) база данных сервера, служба управления топологией, гипервизор с запущенными виртуальными машинами).

Рассматривая вопрос аппаратной реализации данного проекта мы нашли следующие варианты:

- Аппаратный терминальный сервер ATEN на 16 либо 8 COM портов типа 8P8C.

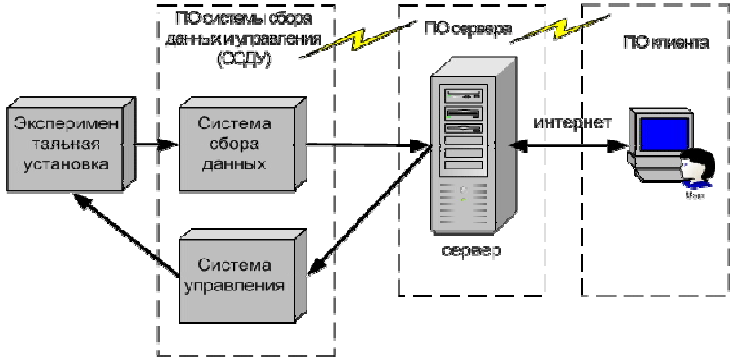


Рис. 1. Схема виртуальной лаборатории [4]

- Программно-аппаратный терминальный сервер Rasperry Pi – на 2 порта на базе ОС Linux Ubuntu, с возможностью увеличения количества портов, посредством USB концентратора.

- Модульная плата расширения для маршрутизатора Cisco hwic-8a/s-rs232 с возможностью удаленного управления устройствами.

Решение на базе сервера ATEN обладает своими плюсами и минусами. Стоимость установки данного аппаратного сервера сопоставима с модулем CISCO, но требует дополнительного места в стойке, энергопитания и сравнительно сложно масштабируется в рамках рассматриваемого нами проекта.

Интересной реализацией может послужить терминальный сервер на базе мини компьютера, например Rasperry Pi. Решение обладает наибольшей гибкостью, минусом является необходимость разработки собственного ПО для управления устройствами и проброса COM портов через USB эмулятор, что усложняет задачу. Необходимость отдельно размещать устройство, плюс вопрос с количеством портов и коммутацией, при всей гибкости данного решения является большим минусом.

Установка платы hwic-8a/s-rs232 (рис. 2) требует наличия в стенда отдельного устройства (маршрутизатора). Высокая стоимость платы, так же является минусом, но масштабируемость данного решения, при том, что устройство будет занимать всего один юнит не сравнима с другими вариантами.

Кабель гидра, который подключается к двум портам модуля позволяет подключать до 8 абонентских устройств. Один модуль может администрировать 16 устройств, а маршрутизатор Cisco 2801 может работать с 4 модулями, таким образом, управляя 64 устройствами.

На рис. 3 приведен пример реализации схемы проектируемого стенда удаленной сетевой лаборатории.

На рис. 4 приведен пример топологии изучения маршрутизации протокола OSPF на базе проектируемого стенда. Данный стенд позволяет без использования виртуализации изучать технологии канального и сетевого уровня (vlan, lacp, vtp, eigrp, ospf, rip и многое другое).

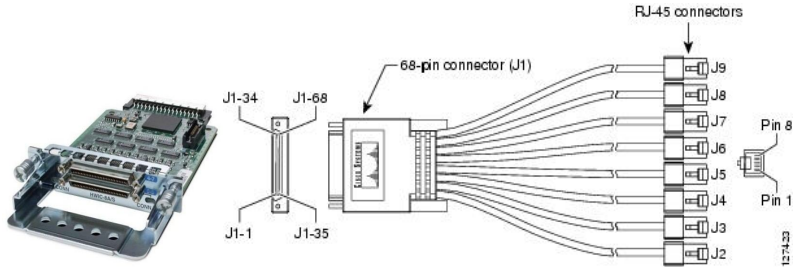


Рис. 2. Модуль hwic-8a/s-rs232 и кабель гидра для управления оборудованием [5]

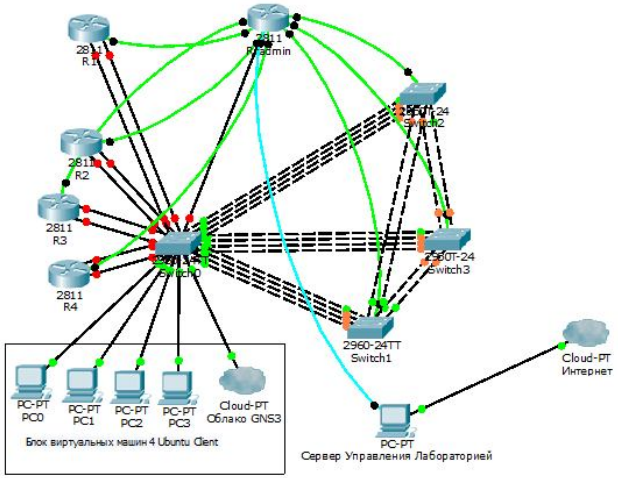


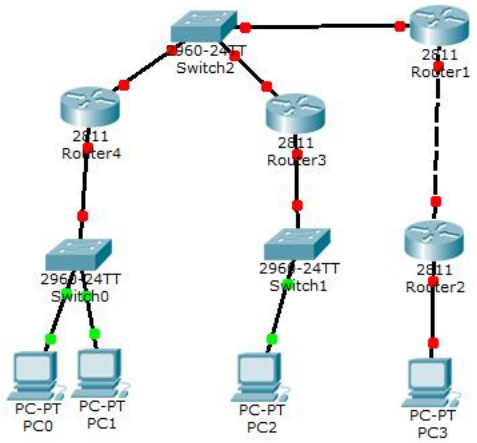
Рис 3. Схема проектируемого стенда

Рассмотрим основные плюсы от внедрения данного проекта в учебный процесс:

- Возможность удаленной работы студентов;
- Проведение удаленных тренингов по курсу CCNA;
- Повышение престижа кафедры и реклама учебного заведения;
- Аренда лабораторной установки для удаленного обучения внешних специалистов;
- Возможность продать готовое решение другим учебным заведениям.

Реализацию проекта можно разбить на несколько этапов, и вынести их в рамки отдельных выпускных работ студентов:

- Разработка WEB интерфейса клиент системы;



- Разработка сервера управления топологией;
- Настройка центрального маршрутизатора для управления консольным портами устройств;
- Настройка центрального коммутатора для построения топологий;
- Настройка сервера виртуальных машин;
- Настройка сетевой инфраструктуры для удаленного доступа к лаборатории.

Стоит заметить, что помимо актуальности и востребованности данного проекта, он задействует студентов кафедры, повышая их уровень владения оборудованием и давая им опыт разработки сложных технических проектов.

Библиографический список

1. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению "Информатика и вычисл. техника" и по специальности "Вычисл. машины, комплексы, системы и сети", "Програм. обеспечение вычисл. техники и автоматизир. систем" / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. - 4-е изд. - М. : Питер, 2013. - 944 с.

2. Одом, У. CISCO Официальное руководство по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT/CCNA [Текст]: учебное пособие. – М. : Вильямс, 2012. – 720 с.

3. Таненбаум, Э. Компьютерные сети [Текст] / Э. Таненбаум. – СПб. : Питер, 2014. – 844 с.

4. Принципы создания виртуальных лабораторий в инженерном образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.labfor.ru/online — Загл. с экрана.

5. Serial and Asynchronous Modules for Cisco Integrated Services Routers [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/1800-2800-3800-series-16-port-async-high-speed-wan-interfacecard/product_data_sheet 0900aecd80274416.html — Загл. с экрана.

© Анфалов К. В., Литяев С. Н., 2014

УДК 004.94
К. В. Анфалов*
**Анфалов Константин Владимирович, научный сотрудник*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
anfalow@gmail.com
А. В. Мазуров*
**Мазуров Александр Валериевич, магистрант*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
vo74ok@yahoo.com

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ВОПРОСАХ МАРШРУТИЗАЦИИ

Ключевые слова: потери пакетов, пропускная способность, измерение скорости передачи, нечеткая логика

Аннотация: В статье рассмотрены характеристики измерений, факторы влияющие на работу алгоритма маршрутизации и вычисление л. Предложена сфера внедрения методов нечеткой логики и в алгоритмах маршрутизации локальных сетей.

Методы нечеткой логики хорошо подходят для решения многофакторных неопределенных задач. Нечеткая логика представляет собой раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств. Области их применения нечеткой логики весьма разнообразны, но наибольшего эффекта можно добиться в различных экспертных системах:

- нелинейный контроль над процессами (производство);
- самообучающиеся системы (или классификаторы), исследование рисковых и критических ситуаций;
- распознавание образов;
- финансовый анализ (рынки ценных бумаг);
- исследование данных (корпоративные хранилища);
- совершенствованиестратегийуправленияикоординациидействий,например компьютерных сетях[4].

Алгоритмы маршрутизации применяются для определения наилучшего пути пакетов от источника к приёмнику и являются основой любого протокола маршрутизации. Для формулирования алгоритмов маршрутизации сеть рассматривается как граф. При этом маршрутизаторы являются узлами, а физические линии между маршрутизаторами - рёбрами соответствующего графа. Каждой грани графа присваивается определённое число - стоимость, зависящая от физической длины линии, скорости передачи данных по линии или стоимости линии. От определения текущего состояния характеристик канала связи зависит эффективность работы маршрутизатора.

Для исследования характеристик каналов связи, можно использовать специальные технические устройства, но более оптимальным, является возможность программной реализации методов тестирования и исследования, на основе уже интегрированных в системы связи стандартных устройств, не используя дополнительных аппаратных средств.

Существующие для этого методы, получили название – пакетные методы. Это означает, что в качестве зондирующего сигнала канала передачи данных в телекоммуникационных сетях, выступают сформированные нами пакеты. Пакет представляет собой набор данных, передаваемый по определённому маршруту.

Использование пакетов в качестве зондирующего сигнала даёт возможность проанализировать уже интегрированное в канал оборудование, предназначенное для передачи и обработки пакетов. Так как пакет является основным элементом формирования потока данных в сетевых структурах, то по этой причине наиболее общие свойства каналов нужно определять по отношению к потокам пакетов[3].

На сегодняшний день для решения задачи маршрутизации приходится учитывать множество факторов, что является одной из главных проблем в современных компьютерных сетях. К таким факторам можем отнести: загруженность буферных интерфейсов устройств, число промежуточных ретрансляционных систем на маршруте, свободную полосу пропускания и т.д. Многие алгоритмы маршрутизации требуют для своей оценки, чтобы данные факторы были выражены в законченной аналитической форме. Однако комбинирование столь различных композиций в математической форме зачастую представляет собой трудноразрешимую задачу.

В алгоритмах маршрутизации могут использоваться множество различных показателей. Наиболее сложные алгоритмы при выборе маршрута могут основываться на множестве показателей, комбинируя их таким образом, что в результате получается один интегральный показатель – метрика (как правило, безразмерная величина). Необходимая компенсация размерностей производится за счет способа определения метрики.

Ниже перечислены показатели, которые используются в алгоритмах маршрутизации:

- длина маршрута;
- надежность;
- задержка;
- ширина полосы пропускания;
- стоимость связи.

Проведенный анализ протоколов маршрутизации выявил полную бессистемность, царящую в построении протоколов маршрутизации. Для развития протоколов маршрутизации требуется некая новая концепция, определяющая дальнейшую стратегию данного направления. Такой концепцией может послужить нечёткая логика. Применение нечёткой логики при конструировании алгоритмов маршрутизации будет успешно определять структуру создаваемого алгоритма.

В таблице 1 представлен состав метрик наиболее популярных протоколов маршрутизации.

Таблица 1

Компоненты метрики протоколов маршрутизации

	Показатели	Алгоритмы(протоколы)				
		RIP	BGP	OSPF	IGRP/ EIGRP	IS-IS
	Длина маршрута (число переходов)	*	-	-	-	-
1	Надежность	-	-	-	x	x
2	Задержка	-	-	-	*	x
3	Ширина полосы пропускания	-	-	*	*	-
4	Нагрузка (загруженность канала)	-	-	-	x	-
5	Стоимость связи	-	-	-	-	x
6	Произвольно задаваемая	-	*	-	-	*

Примечание:
1.* - учитывается по умолчанию;
2. x – может быть учтено

Наиболее интересными протоколами для применения методологии нечеткой логики являются IGRP и EIGRP. Данные протоколы относятся к типу протоколов маршрутизации вектора состояния каналов. Метрика протокола вычисляется на основе большого количества параметров.

Протокол IGRP (InteriorGateway Routing Protocol) был разработан в середине 80-х годов фирмой CISCO. Фирма CISCO стремилась создать такой протокол маршрутизации, который был бы свободен от ограничений, свойственных протоколу RIP, основными недостатками которого служит ограничение размера сети и возможность определения наилучшего пути только по одному критерию – числу транзитных маршрутизаторов.

В отличие от протокола RIP, протокол IGRP обладает способностью различать соединения Ethernet с полосой пропускания 10 мбит\с и последовательные соединения со скоростью 64 кбит\с. Вдобавок протокол IGRP свободен от ограничения на максимальный размер сети.

Для того чтобы вычислить единую комбинированную метрику с целью определения маршрута к пункту назначения маршрутизаторы IGRP рассматривают следующие компоненты:

- Ширина полосы пропускания;
- Время задержки;
- Надежность.

«Ширина полосы пропускания» имеет значение, которое определяет пропускную способность канала. «Время задержки» определяет время, которое требуется маршрутизатору для поставки в очередь, обработке и передаче пакета через интерфейс. «Надежность» основана на отношении числа потерянных при передаче пакетов к числу переданных пакетов.

В рамках протокола IGRP в процессе моделирования маршрутизатора была принята следующая логическая структура контроллера интерфейса (рисунок 1).

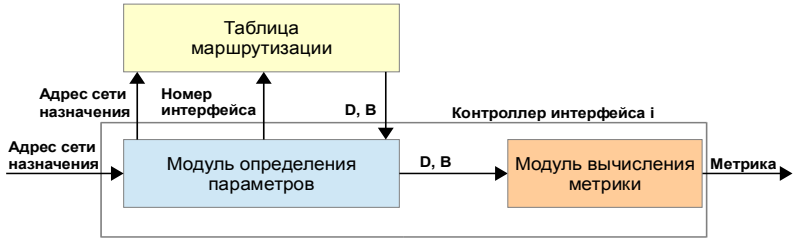


Рис. 1. Структура контроллера выходного интерфейса в рамках протокола IGRP

Степень загруженности буферной памяти может существенно повлиять на выбор маршрута. В связи с введением в этого нового параметра возникает некая неоднозначность, которую предлагается решить с помощью аппарата нечёткой логики. Структура контроллера выходного интерфейса представлена на рисунке 2.

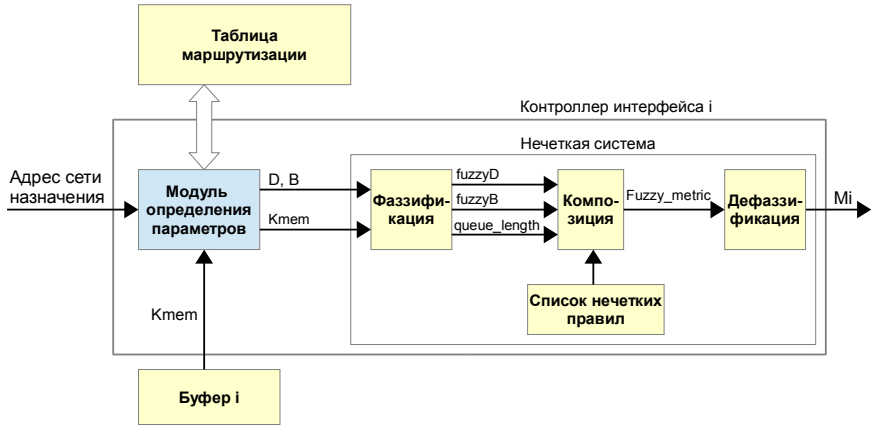


Рис. 2. Структура контроллера выходного интерфейса с использованием механизма нечеткой логики протокола IGRP

Было проведено имитационное моделирование и проанализированы полученные данные. Результаты моделирования свидетельствуют о том, что преимущество предложенного алгоритма маршрутизации достигается по такому параметру, как доля потерянных пакетов. Увеличение достоверности передачи и снижения потерь позволяет говорить о том, что модель улучшает маршрутизирующие свойства сети в целом.

При добавлении в алгоритм маршрутизации новых факторов и параметров, возрастет многофакторность процесса маршрутизации. Аппарат нечеткой логики можно и нужно применять к сложным, трудно формализуемым системам.

Библиографический список

1. Анфалов, К. В. Применение методологии нечеткой логики при исследовании канала связи.– [Текст]: К. В. Анфалов., Наука – промышленности сервису : сб. ст. VII международной научно-практической / Поволожский гос. ун-т сервиса. – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2012. – 800с.

2. Анфалов, К. В. К вопросу анализа трафика сетевых каналов – [Текст]: К. В. Анфалов, А. В. Мазуров, Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2013) / Поволожский гос. ун-т сервиса. – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2011. – 409 с.

3. Басистов, А. В. Методы активного зондирования сетей "ЖУРНАЛ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ" N 3, 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://jre.cplire.ru/mac/mar03/2/text.html — Загл. с экрана.

4. Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети.— [Текст]: В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов., М. : Физматлит, 2000.–224 с.

5. Полукаров, Д. Ю. Анализ и классификация протоколов маршрутизации в IP-сетях / Д. Ю. Полукаров // XIII Юбилейная российская научная конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов: ПГАТИ, Самара, 2006. - С. 179.

6. Полукаров, Д. Ю. Анализ эффективности нечеткой маршрутизации с помощью имитационного моделирования / Д. Ю. Полукаров / VII Междунар. научн.-техн. конф. «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций» : материалы конференции - ПГАТИ, Самара, 2006. - С. 149-150.

7. Семенов, Ю. А. Алгоритмы телекоммуникационных сетей, [Текст]: учебник для вузов в 3 частях. М. : Бином, Лаборатория знаний, 2007. - 832 с.

© Анфалов К. В., Мазуров А. В., 2014

УДК 681.5

В. М. Артюшенко*

**Артюшенко Владимир Михайлович, д.т.н., профессор*

Финансово-технологическая академия, г. Королев

artuschenko@mail.ru

В. И. Воловач*

**Воловач Владимир Иванович, к.т.н., доцент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kaf_iies@tolgas.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИГНАЛОВ И ПОМЕХ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ

Ключевые слова: радиолокационные устройства ближнего радиуса действия, лоцируемый объект, информационные параметры, аддитивные и мультипликативные помехи

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом статистических характеристик сигналов и помех радиолокационных устройств ближнего радиуса действия.

Априорное знание статистических характеристик сигналов и возмущающих воздействий позволит сформулировать более точные математические модели как обрабатываемого сигнала, несущего информацию о параметрах движения протяженного объекта, так и действующих на него помех, обоснованно подойти к разработке многофункциональных измерителей параметров движения лоцируемых объектов.

Известно большое количество работ, посвященных изучению ПРВ мгновенных значений отраженных сигналов, их ПРВ амплитуд, фаз, одномерных, двухмерных, многомерных и совместных ПРВ [1–5]. Целый ряд исследований, посвященных этому вопросу, выполнено на транспорте [6, 7]. Однако экспериментальных данных, полученных в результате строгой статистической обработки сигнала, отраженного от протяженного объекта, и воздействующих на него помех, было получено крайне мало.

Для определения статистических характеристик сигналов и воздействующих на них помех были проведены экспериментальные исследования на базе радиолокационного измерителя миллиметрового диапазона. Исследования велись на сигналах отраженных от подвижного состава, эксплуатируемого на железнодорожном транспорте.

Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась на базе автоматизированной системы обработки экспериментальных данных (АСОЭД). Проверка гипотез, полученных в результате обработки осуществлялась по критерию хи-квадрат. Методика проведения экспериментальных исследований и статистической обработки подробно изложена в [1] и здесь не приводится.

Анализ временных реализаций отраженного от протяженных объектов сигнала показывает, что он хорошо описывается математической моделью много-

лучевого сигнала. Как правило, обрабатываемый сигнал имеет вид амплитудно-модулированного (АМ) колебания, глубина модуляции которого изменяется в больших пределах и может достигать 100%, то есть полного затухания сигнала (рис. 1).

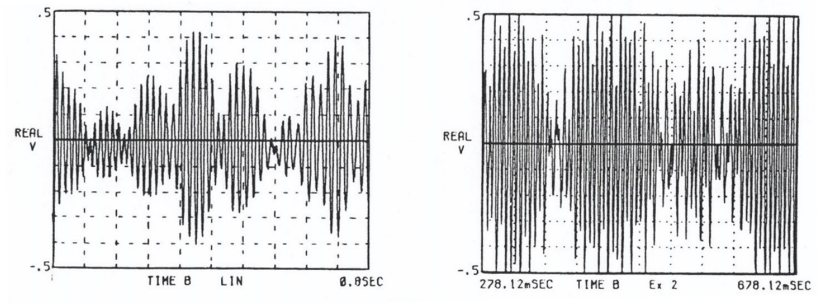


Рис. 1. Фрагменты обрабатываемого сигнала

В этом случае принято считать, что на сигнал воздействует мультипликативная помеха [2, 3], статистические характеристики которой получают при обработке огибающей этого сигнала.

1. Статистические характеристики огибающей сигнала при воздействии мультипликативных (модулирующих) помех. Анализ результатов статистической обработки огибающей показал, что принимаемые сигналы можно приближенно отнести к двум большим группам. К первой группе относятся сигналы, огибающие которых хорошо аппроксимируются ПРВ Накагами

$$W(U) = (2/\Gamma(m))(m/\Omega)^m U^{2m-1} \exp\{-mU^2/\Omega\}, U \geq 0;$$

$$m_{U^\upsilon} = \Gamma(m+\upsilon/2)/\Gamma(m)(\Omega/m)^{-\upsilon/2},$$

где: $m = \Omega^2 \Big/ \left\langle (U^2 - \Omega^2)^2 \right\rangle \geq 0{,}5$, $\Omega = \langle U^2 \rangle$ – параметры распределения; $\Gamma(.)$ – гамма функция.

В этой группе математическое ожидание m_1, дисперсия σ^2 и СКО σ, соответственно, могут изменяться $0{,}6051 \leq m_1 \leq 8{,}160$; $0{,}0075 \leq \sigma^2 \leq 0{,}027$; $0{,}086 \leq \sigma \leq 0{,}1647$. Коэффициенты вариации $K_в$, ассиметрии $K_а$ и эксцесс $K_э$ могут меняться: $0{,}1436 \leq K_в \leq 0{,}3724$; $-0{,}4721 \leq K_а \leq 0{,}2627$; $-0{,}7948 \leq K_э \leq 0{,}1816$.

Параметры распределения Накагами изменяются в пределах: $4{,}0559 \leq m \leq 11{,}1965$; $0{,}3995 \leq \Omega \leq 11{,}29$. При изменении числа степеней свободы $n_{св}$ от 7 до 15 χ^2 для этой группы изменяется от 13,096 до 30,323, а уровень значимости $\gamma_{зн}$ при этом лежит в пределах $0{,}002 \leq \gamma_{зн} \leq 0{,}10$.

Ко второй группе относятся сигналы, огибающая которых хорошо аппроксимируется ПРВ Вейбула

$$W(U) = C\alpha U^{\alpha-1} \exp\{-CU^\alpha\}, U \geq 0, C > 0, \alpha > 0,$$

где C и α – параметры распределения.

Начальные моменты ПРВ Вейбула определяются:

$$m^\upsilon = C^{-\upsilon/\alpha}\Gamma(1+\upsilon/\alpha)$$

при $\alpha = 1$ распределение Вейбула переходит в экспоненциальное, при $\alpha = 2$ и $C = 0{,}5\sigma^2$ в Релеевское.

Статистические параметры распределения изменяются в пределах: $0{,}6377 \leq m_1 \leq 1{,}082$; $0{,}0106 \leq \sigma^2 \leq 0{,}0427$; $0{,}091 \leq \sigma \leq 0{,}2068$; $0{,}1217 \leq K_в \leq 0{,}2651$; $-0{,}7973 \leq K_а \leq -0{,}0626$; $-0{,}7877 \leq K_э \leq 0{,}9330$; $0{,}3916 \leq C \leq 1{,}8122$; $3{,}72 \leq \alpha \leq 7{,}88$.

При изменении числа степеней свободы $n_{св}$ от 7 до 12, χ^2 меняется от 10,289 до 28,61, а уровень значимости $\gamma_{зн}$ при этом лежит в пределах $0{,}002 \leq \gamma_{зн} \leq 0{,}1$.

Результаты обработки показывают, что ПРВ огибающей зависит не только от вида протяженного объекта, но и изменяется в процессе его движения в зоне действия измерителя, причем в некоторые моменты времени ПРВ огибающей (амплитуды) (ПРВА) может достаточно хорошо аппроксимироваться гауссовским и логарифмическим нормальным распределением. Однако преобладающим является ПРВ Накагами [1, 2].

2. Статистические характеристики выбросов огибающей сигнала. В задачах повышения эффективности проектирования радиотехнических систем и устройств часто возникает необходимость оценки статистических характеристик выбросов обрабатываемых процессов. Важной характеристикой является плотность и функция распределения длительностей выбросов процессов $\tau_в$ ниже порогового уровня обработки $U_{пор}$.

Теоретический анализ такой характеристики сложен и сделан только для некоторых частных случаев. Известны лишь приближенные методы расчета средней длительности $\tau_в$ и плотности распределения вероятностей длительностей выбросов $W(\tau_в)$. Как правило, характеристики случайных процессов определялись для гауссовских случайных процессов.

Среди статистических характеристик выбросов огибающей обрабатываемого сигнала важное место занимает коэффициент пропадания огибающей сигнала, оцениваемый по формуле [1]: $K_п = \int_0^{U_{пор}} W_\eta(\eta)d\eta \Big/ \int_0^{U_{\max}} W_\eta(\eta)d\eta$, где $W_\eta(\eta)$ - плотность распределения огибающей (амплитуды) $\eta(t)$ – обрабатываемого сигнала; $U_{\max}$ – максимальное значение амплитуды обрабатываемой реализации.

Заметим, что при $U_{\max} = \infty$, $K_n = \int_0^{U_{пор}} W_\eta(\eta)d\eta$ Величина K_n позволяет оптимизировать величину порога обработки решающего устройства. Зная ПРВА обрабатываемого сигнала $W_\eta(\eta)$, можно найти зависимость величины K_n от порогового уровня $U_{пор}$. В частности, если ПРВА огибающей распределена по закону Накагами, то коэффициент пропадания в зависимости от параметров распределения ПРВА и $U_{пор}$ определяется соотношением:

$$K_n = 1 - \int_{U_{пор}}^{\infty} W(U)dU = 1 - (2m)^m \left(\Gamma(m)\Omega^m\right)^{-1} \int_{U_{пор}}^{\infty} U^{2m-1} \exp\left\{\frac{-mU^2}{\Omega}\right\} dU.$$

Вводя новую переменную $x = U_{пор}^2 m/\Omega$ и учитывая, что: $\int_x^{\infty} \exp\{-t^2\} t^{\alpha-1} dt = \Gamma(\alpha, x)$ – неполная гамма-функция, после необходимых преобразований получаем:

$$K_n = \frac{1}{\Gamma(m)} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{x^{\alpha+n}}{n!(\alpha+n)}.$$

Вместе с тем не всегда удается аналитически выявить зависимость K_n от $U_{пор}$, в частности, для Вейбула. В этом случае широко используются численные методы. На рис. 2, 3 представлены зависимости $K_n = f(U_{пор})$, для некоторых значений параметров ПРВА Накагами и Вейбула, полученные численными методами.

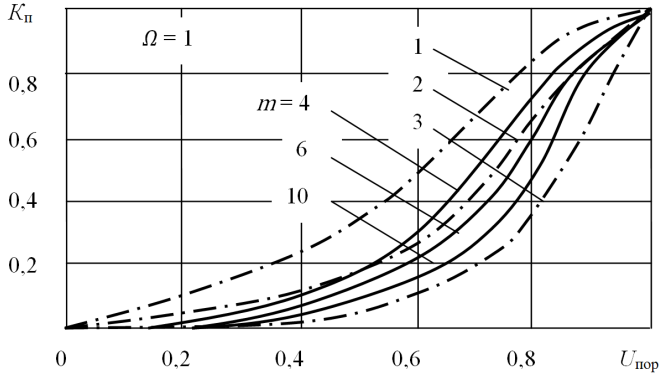


Рис. 2. Зависимость коэффициента пропадания огибающей сигнала от величины порога обработки при различных значениях параметров ПРВА Накагами

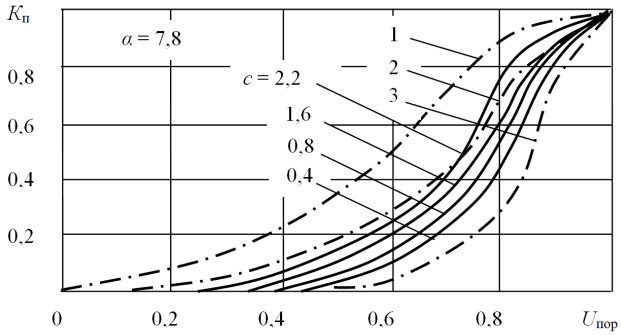


Рис. 3. Зависимость коэффициента пропадания огибающей сигнала от величины порога обработки при различных значениях параметров ПРВА Вейбулла

Здесь штрихпунктирными линиями 1 и 3 показан диапазон изменения коэффициента пропадания огибающей, полученный после обработки результатов экспериментальных исследований. Кривая 2 характеризует усредненное значение экспериментальных результатов.

Как видно, теоретические кривые зависимостей $K_n = f(U_{пор})$, построенные для огибающих с ПРВ Накагами и Вейбула с различными параметрами, полностью укладываются в полученный экспериментально диапазон.

Отметим, что теоретические результаты близки к экспериментальным (кривая 2) только при максимальных порогах обработки $U_{пор}/U_{\max} \to 1$. С уменьшением $U_{пор}$ общая тенденция теоретических и экспериментальных кривых сохраняется, однако их расхождение имеет значительный характер.

В табл. 1 представлены усредненные статистические характеристики выбросов, огибающие которых описываются ПРВ Накагами и Вейбула, где $П$ – параметр распределения; M_1 – среднее значение длительности выбросов огибающей ниже порогового уровня $U_{пор}$; σ – среднеквадратическое отклонение длительностей выбросов; $K_a = \left(m_3 - 3m_1m_2 + 2m_1^3\right) \Big/ \left[\left(m_2 - m_1^2\right)^3\right]^{0,5}$ и $K_э = \left(m_4 - 4m_3m_1 + 6m_2m_1^2 - 3m_1^4\right) \Big/ \left(m_2 - m_1^2\right)^2$ – соответственно, коэффициент асимметрии и эксцесса ПРВ длительностей выбросов; m_i – соответствующий выборочный момент распределения длительностей выбросов; K_n – коэффициент пропадания огибающей обрабатываемого сигнала ниже $U_{пор}$.

Анализ данных представленных в табл. 1 показывает, что с увеличением порогового уровня возрастает отличие ПРВ выбросов от гауссовской, что видно из сравнения величин коэффициентов $K_э$ и K_a.

Таблица 1

Статистические характеристики выбросов огибающих информационных сигналов

ПРВА	Параметры	Величина порога $U_{пор}$			
		$0{,}2U_{max}$	$0{,}4U_{max}$	$0{,}6U_{max}$	$0{,}8U_{max}$
Накагами	m_1	11,38	18,52	43,12	74,50
	σ^2	10,37	18,25	36,61	64,20
	$K_а$	1,35	1,36	2,08	2,12
	$K_э$	0,591	2,30	4,77	5,60
	$K_п$	0,04	0,11	0,32	0,68
Вейбулла	m_1	8,53	16,04	41,01	72,70
	σ^2	9,55	16,84	40,08	61,83
	$K_а$	1,18	1,28	1,81	1,97
	$K_э$	0,53	2,21	4,36	5,28
	$K_п$	0,03	0,09	0,30	0,67

В случае, когда распределение огибающей $U(t)$ описывается законом Накагами или Вейбула, ПРВ $W(\tau_в)$ длительностей выбросов огибающей $U(t)$ ниже обрабатываемых пороговых значений $U_{пор}$, хорошо аппроксимируется логарифмически нормальным законом [1]:

$$W(\tau_в) = \exp\left\{-\left(\ln\tau_в - d^2\right)/2G^2\right\}/\tau_в G(2\pi)^{0,5},$$

где d и G – параметры распределения.

На рис. 4 штриховыми линиями представлены теоретические, а сплошными экспериментальные кривые $W(\tau_н)$, где $\tau_н = \tau_в/\tau_{в.max}$, $\tau_{в.max}$ – максимальное значение длительности выбросов огибающей.

Кривые построены для различных значений величины $U_{пор}$, когда ПРВА описывается законом Накагами. Как видно, ПРВ длительностей выбросов имеют ярко выраженную левую асимметрию. С увеличением уровня $U_{пор}$ мода распределения смещается вправо, а кривые распределения стремятся к симметричному виду. При увеличении $U_{пор}$ до значения $0{,}4U_{max}$ максимум ПРВ возрастает, а затем начинает уменьшаться. В том случае, когда ПРВ описывается законом Вейбула, характер кривых не меняется, однако моды распределений смещаются влево. Их численные значения можно найти в табл. 1.

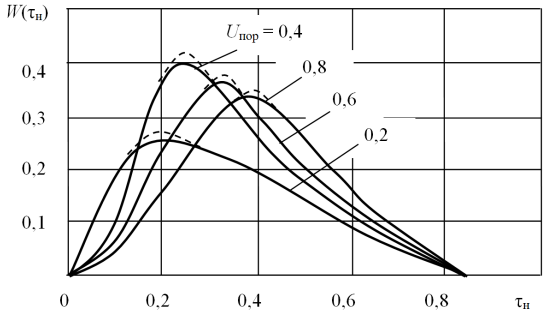


Рис. 4. Зависимость ПРВ длительности выбросов огибающей при различных значениях величины $U_{пор}$

Заметим, что подробные результаты экспериментальной обработки приведены в [1, 2].

Таким образом, определены статистические характеристики длительностей выбросов случайных процессов огибающих обрабатываемых сигналов с негауссовской ПРВ. Определены зависимости коэффициента пропадания от порогового уровня обработки сигнала.

Сравнение оценок экспериментальных и теоретических зависимостей коэффициента $K_п$ от порога обработки и параметров распределения огибающей отраженного сигнала показывает, что с увеличением порогового уровня теоретические и экспериментальные характеристики практически совпадают, а ПРВ длительностей выбросов описывается логарифмически нормальной ПРВ.

3. Статистические характеристики мгновенных значений сигнала. На рис. 5 представлены характерные изменения во времени ПРВ сигнала при движении протяженного объекта в зоне действия радиолокационного измерителя.

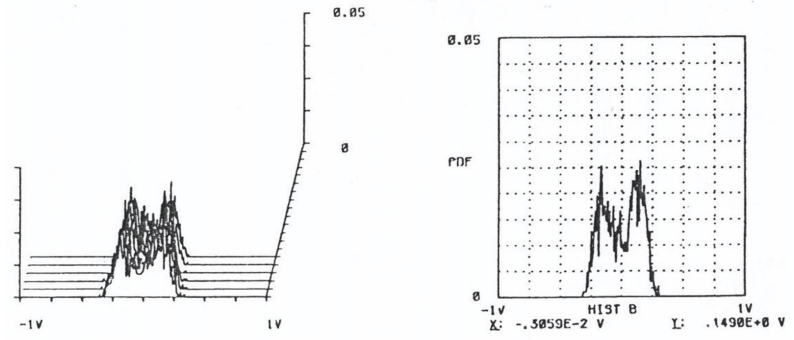


Рис. 5. Фрагменты изменения во времени ПРВ обрабатываемого сигнала несущего полезную информацию

Анализ экспериментальных данных, полученных при обработке временных реализаций сигналов показывает, что ПРВ мгновенных значений преимущественно носит ярко выраженный бимодальный характер. Причем зависящая не только от вида протяженного объекта, но и изменяющаяся в процессе его движения в зоне действия измерителя.

Для различных моделей протяженных объектов коэффициенты эксцесса лежат в пределах $K_э = 2...4$, коэффициенты асимметрии близки к нулю $K_a \approx 0$, математическое ожидание изменяется в пределах $0 \le M_1 \le 0{,}1$.

Увеличение глубины амплитудной модуляции сигнала приводит к расширению его ПРВ мгновенных значений, изменению ее параметров (математического ожидания M_1, среднеквадратического отклонения (СКО) σ, дисперсии σ^2, третьего M_3 и четвертого M_4 моментов.

4. Анализ параметров спектра сигнала. Проведенные исследования показали, что все спектры обрабатываемых сигналов можно условно разделить на три группы.

К первой относятся спектры сигналов, получаемые при облучении лоцируемого объекта под углом близким к нулю, когда объект находится на относительно большом расстоянии порядка 100 – 150 м. В этом случае облучается торцевая часть протяженного объекта. Ширина спектра на уровне 0,707 при этом равна ΔF = 8 – 12 Гц.

Вторая группа спектров соответствует углам облучения объектов $\alpha_{об} \ge 17^\circ$. В этом случае ширина спектра увеличивается и составляет ΔF = 20 – 25 Гц. Лоцируемый объект при этом находится на относительно небольшом расстоянии от радиолокационного измерителя 10 – 20 м. Облучению подвергается обычно его боковая поверхность. При движении объекта быстро меняется его ракурс, что сопровождается быстрыми флюктуациями отражающих центров. Это приводит к расширению спектров обрабатываемых сигналов, ухудшению потенциальной точности измерения его средней частоты. Кроме того, для этого случая характерно уменьшение эффективной поверхности рассеяния (ЭПР), обусловленное тем, что узкий луч антенны облучает лишь часть поверхности (прожекторный режим).

Третья группа спектров соответствует режиму резкого торможения лоцируемого объекта. Ширина спектра в этом случае на уровне 0,707 может достигать 35 – 40 Гц. Точность измерения средней частоты спектра при этом наихудшая.

Значения ширины спектра доплеровских сигналов на уровне 0,707, полученных для различных моделей протяженных объектов, представлены в табл. 2, где $\delta_{дс} = \Delta F / F_д$ – относительная погрешность измерения средней части доплеровского сигнала.

На рис. 6 представлены наиболее характерные спектры обрабатываемых доплеровских сигналов, полученные экспериментально.

Следует отметить, что при облучении вращающихся колес лоцируемых объектов или их колеблющихся частей (например: задние и боковые двери, крышки, приспособления для крепления грузов и т.д.) в спектре обрабатываемых сигналов появляются дополнительные составляющие. Причем, частоты этих составляющих могут быть как выше, так и ниже частоты основного сигнала, а их уровень на 10 – 15 дБ ниже уровня основного сигнала.

Таблица 2

Ширина спектра информационного сигнала на уровне 0,707

Модель объекта	Группа №1		Группа №2		Группа №3	
	ΔF, Гц	$\delta_{дс}$, %	ΔF, Гц	$\delta_{дс}$, %	ΔF, Гц	$\delta_{дс}$, %
№1	8	1,0	24	1,8	38	3,5
№2	12	1,0	25	1,8	35	3,5
№3	12	1,0	24	1,8	38	3,5
№4	12	1,25	20	1,6	34	2,8
№5	10	1,25	24	1,8	39	3,5
№6	8	1,0	20	1,6	30	2,8
№7	8	1,0	23	1,6	38	2,8
№8	12	1,25	22	1,8	36	3,5
№9	10	1,25	25	1,8	38	3,5
№10	12	1,25	24	1,6	39	3,5
№11	12	1,25	22	1,6	36	3,5
№12	10	1,25	22	1,6	38	3,5
№13	12	1,25	21	1,6	39	3,5
№14	10	1,25	24	1,6	40	3,6
№15	12	1,5	25	1,6	40	3,8

При малых скоростях движения протяженного объекта спектр сигнала подвержен более сильным «паразитным» воздействиям, чем спектр сигнала при более высокой скорости. Это объясняется тем, что при малых скоростях движения лоцируемого объекта спектр обрабатываемого сигнала попадает в частотную область аддитивной помехи, спектр которой «накладывается» на спектр доплеровского сигнала.

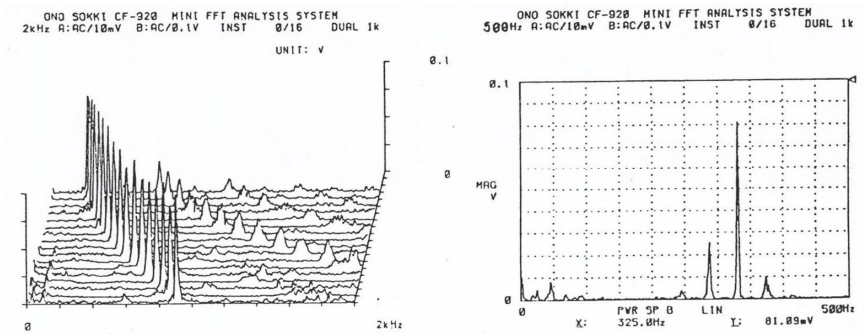


Рис. 6. Фрагмент изменения во времени спектра обрабатываемого сигнала

В результате может происходить не только расширение обрабатываемого спектра, но и «расщепление», что значительно снижает вероятность точного измерения частоты доплеровского сигнала.

Таким образом, на ширину спектра доплеровского сигнала наибольшее влияние оказывает ускорение движения протяженного объекта, причем, чем оно больше по абсолютной величине, тем шире энергетический спектр обрабатываемого сигнала, что полностью соответствует теоретическим результатам проведенного анализа [1, 2].

Следует отметить, что при технической реализации следящего измерителя параметров движения протяженных объектов для повышения точности измерения средней частоты спектра обрабатываемого сигнала постоянная времени измерения должна выбираться из условия минимальной ширины доплеровского спектра при максимально возможной величине ускорения движения объекта. При этом необходимо учитывать быстродействие измерителя в получении и передаче информации о параметрах движения лоцируемого объекта.

5. Статистические характеристики аддитивных помех. Статистической обработке были подвергнуты и аддитивные помехи, воздействующие на обрабатываемый полезный сигнал. Их можно разбить на две группы. К первой группе относятся помехи, вызванные отражением от подстилающей поверхности различных предметов находящихся в зоне действия радиолокационного измерителя (при отсутствии лоцируемого объекта), внутренними шумами преобразователя и приемной антенны измерителя. ПРВ аддитивной помехи в этом случае, как правило, отличается от гауссовского и имеет бимодальный характер с характеристиками: $K_э = 1{,}4 – 2{,}9$; $K_a = 0{,}01 – (–0{,}3)$; $M_1 \approx 0$; $\sigma^2 \le 0{,}005$.

Ко второй группа следует отнести помехи, вызванные отражением от двигающихся протяженных объектов, попавших в зону действия радиолокационного измерителя вместе с лоцируемым объектом.

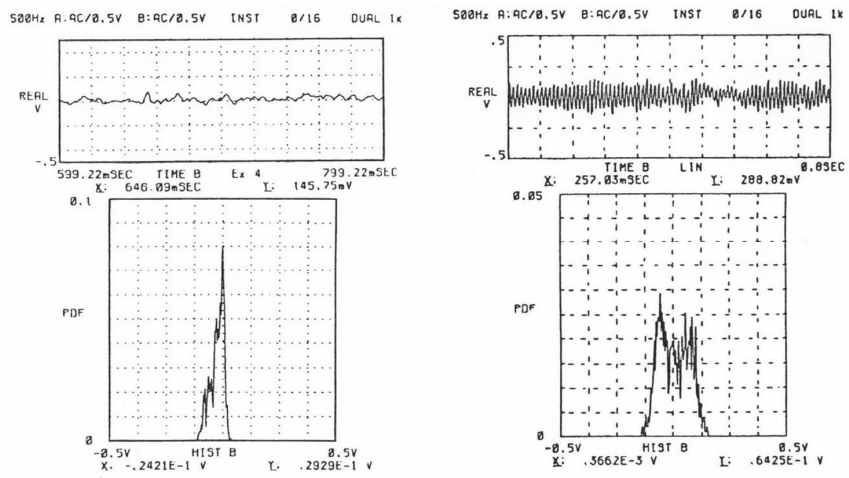
Заметим, что в этом случае взаимодействие таких помех с полезным сигналом может рассматриваться как аддитивное и (или) мультипликативное [1,2]. ПРВ таких помех имеет бимодальный характер с характеристиками:

$$K_э \;\; 1 – 5;\; K_a = (–0{,}06) – (+0{,}1);\; M_1 \approx 0;\; \sigma^2 \le 0{,}24.$$

Фрагменты временных реализаций аддитивных помех и их ПРВ, относящихся к первой и второй группе, представлены соответственно на рис. 7а и 7б.

Отметим, что анализ и обобщение полученных результатов производились по многочисленным фрагментам обрабатываемого сигнала, достигающих 900 – 1000 для каждой из рассматриваемой модели протяженного объекта. При этом запись сигнала осуществлялась более чем на 100 радиолокационных измерителях. Кроме того, для получения наиболее полной статистической картины получаемой информации экспериментальные работы проводились при различных климатических условиях: ясной солнечной погоде, дожде, тумане, изморози и снегопаде.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:



а) *б*)

Рис. 7. Фрагмент временных реализаций аддитивных помех и их ПРВ:
а – помехи, вызванные отражением от подстилающей поверхности;
б – помехи, вызванные отражением от двигающихся протяженных объектов

1. Сигнал, отраженный от протяжного объекта, хорошо описываются математической моделью многолучевого сигнала, на который одновременно воздействует как аддитивные, так и мультипликативные помехи.

2. ПРВ мгновенных значений сигнала является негауссовской и преимущественно носит ярко выраженный бимодальный характер.

3. ПРВА, в общем случае, отличается от ПРВ Релея и хорошо аппроксимируется ПРВ Накагами и Вейбула. При этом преобладающим все же является ПРВ Накагами.

4. ПРВ длительности выбросов огибающей сигнала ниже заданного порогового уровня является негауссовской и хорошо аппроксимируется логарифмически нормальной ПРВ.

5. На ширину спектра полезного сигнала (на точность измерения средней частоты спектра) наибольшее влияние оказывает ускорение движения лоцируемого протяженного объекта, причем, чем оно больше по абсолютной величине, тем шире энергетический спектр обрабатываемого сигнала.

6. ПРВ аддитивной помехи на выходе смесителя радиолокационного измерителя является негауссовской и имеет ярко выраженный бимодальный характер.

7. При одновременном попадании в зону действия измерителя вместе с лоцируемым протяженным объектом «мешающих» объектов взаимодействие полезного сигнала с мешающими сигналами может рассматриваться как аддитивные и (или) мультипликативные негауссовские помехи.

8. Результаты экспериментальной обработки хорошо согласуются с выбранными теоретическими моделями, как для полезного обрабатываемого сигнала, так и для воздействующих на него аддитивных и мультипликативных помех.

Таким образом, при решении задач связанных с обнаружением и измерением параметров протяженных объектов, необходимо принимать во внимание явно выраженный негауссовский характер, как полезного обрабатываемого сигнала, так и воздействующих на него, в общем случае, аддитивно-мультипликативных помех.

Библиографический список

1. Артюшенко В.М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов [Текст]. / В.М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2013 – 214 с.

2. Воловач В.И. Методы и алгоритмы анализа радиотехнических устройств обнаружения ближнего действия: монография / науч. Ред. Проф. В.М. Артюшенко. – М.: Радио и связь, 2013. – 228 с.

3. Artyushenko V. M., Volovach V. I. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Duration of non-Gaussian Information Processes. Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013. – Kharkov: KNURE. – 2013. – P.P. 137–140.

4. Ерохина Л.И., Артюшенко В.М., Воловач В.И. Оценка экономической эффективности работы радиолокационного измерителя скорости повышенной точности в системах АРС // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия Экономика. – 2013. – № 4(30). – С.165–170.

5. Артюшенко В.М. Воловач В.И. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала отраженного от протяженного объекта. Санкт-Петербург. Изв. Вузов. Приборостроение, 2012. т.55, №9. С.62 – 66.

6. Артюшенко В.М. Воловач В.И. Экспериментальное исследование параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от протяженного объекта. Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. Астраханский государственный университет. 3(19). 2012, С.17 – 24.

7. Артюшенко В.М. Воловач В.И. Особенности определения дальности действия радиотехнических устройств обнаружения охранных систем. Школа университетской науки: Парадигма развития. – Тольятти. 2012. - №3(7). С.77 – 80.

8. Артюшенко В.М. Воловач В.И. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы. Школа университетской науки: Парадигма развития. – Тольятти. 2012. - №2(6). С.42 – 46.

9. Artyushenko V. M., Volovach V. I. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Duration of non-Gaussian Information Processes. Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013. – Kharkov: KNURE, 2013. P. 137 – 140.

10. Артюшенко В.М. Воловач В.И. Анализ условий работы системы контроля заполнения путей и ее информационного обеспечения. Научно-технический вестник Поволжья. №6, 2012. С. 115-119.

© Артюшенко В. М., Воловач В. И., 2014

УДК 621.317
В. В. Боженков*
**Боженков Владимир Владимирович, к.т.н., доцент*
Высший государственный колледж связи, г. Минск, Беларусь
shakhlev@bsuir.by
А. А. Косак*
**Косак Анатолий Анатольевич, заместитель декана факультета компьютерных технологий*
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь
shakhlev@bsuir.by
Г. М. Шахлевич*
**Шахлевич Григорий Михайлович, к.ф.-м.н., заместитель директора института информационных технологий*
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь
shakhlev@bsuir.by

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ В СТРУКТУРЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

Ключевые слова: сетевые электронные образовательные ресурсы, интерактивный мультимедиа контент

Анализируется возможности современных сетевых электронных образовательных ресурсов с интерактивным мультимедиа контентом. Рассмотрен опыт авторов по применения информационных технологий обучения и автоматизации аппаратного обеспечения в лабораторных практикумах по инженерным дисциплинам высших учебных заведений.

The possibilities of modern network of electronic learning resources for interactive multimedia content are analyzed. Author` s experiences on the application of information technology training and automation hardware in laboratory workshops in engineering disciplines in higher education is described.

В условиях лавинообразного роста объема и обновления знаний все актуальней становится необходимость повышения качества, эффективности и доступности знаний. Проблема соответствия системы образования вызовам современности решается только за счет коренной модернизации основных звеньев образовательного процесса: преподаватель – учебно-методическое, техническое и организационное обеспечение – учреждение образования.

Носителем самого ценного в образовательном процессе (живая беседа, дискуссия, совместный анализ и исследовательская деятельность) является преподаватель. В современных условиях общение с аудиторией в рамках традиционного занятия – непозволительная роскошь. Условием эффективного использования уникальных возможностей преподавателя и инструментом интенсификации образовательной деятельности являются интерактивные электронные

образовательные ресурсы (ЭОР). Их принято подразделять на текстографические («электронные учебники»), элементарные аудиовизуальные и мультимедийные [1].

Первые эффективны в быстро развивающихся отраслях знаний, когда содержание ресурса необходимо оперативно обновлять. Вторые обычно применяются как наглядные пособия и представляют собой файл, содержащий текст, фотографию, видеозапись и т.п.

Мультимедийные ЭОР – самые мощные и эффективные, в том числе и за счет интерактивности, которая обеспечивает множество вариантов взаимодействия разнообразного контента по программному сценарию. Такие ЭОР самые дорогие и сложные в изготовлении. Их внедрение сдерживается также отсутствием унификации, закрытостью, слабой приспособленностью для сетевого распространения и др. Большинство указанных недостатков устранено при создании открытой образовательной модульной мультимедиа системы (ОМС) – сетевой ЭОР с интерактивным мультимедиа контентом. Для указанных ЭОР характерно:

- отсутствие содержательных и архитектурных ограничений (контент учебного электронного модуля может быть сколь угодно сложным);
- возможность сетевого распространения;
- унификация структуры модулей, средств их хранения и воспроизведения, контентно-независимой части интерфейса пользователя;
- открытость учебных модулей для изменений, дополнений, полной модернизации (компьютерный сценарий пишется на интерпретируемых языках и работа с контентом не требует специальной подготовки);
- независимость от программно-аппаратной платформы;
- возможность личностно-ориентированного обучения при получении теоретических знаний, проведении практических занятий и оценке знаний.

По нашему мнению наибольшую эффективность будут иметь такие ЭОР при самостоятельной учебной работе. С их помощью можно реализовать такие виды деятельности, которые раньше были возможны только в образовательном учреждении: практикум по специальности, контроль знаний и умений, аттестация компетентности на моделях профессиональной деятельности и т.п.

При всех преимуществах применения в образовательном процессе информационных технологий вообще и ЭОР в частности необходимо помнить, что даже наилучший электронный образовательный ресурс по всем сравнимым составляющим уступает преподавателю. В первую очередь это относится к возможностям организации взаимодействия и способности к творческому мышлению. Только преподаватель найдет понятный ответ на неудачно сформулированный вопрос, предложит оригинальное решение задачи, организует коллективный анализ проблемы и дискуссию. Именно на это и должен тратиться самый ценный ресурс системы образования – общение обучающегося с преподавателем. ЭОР нового поколения призваны обеспечить трансформацию традиционных технологий, основанных на репродуктивной модели обучения в направлении инновационных технологий учения, когда достаточно самостоятельный ученик, формирующий свои компетенции под руководством наставника.

Возникает резонный вопрос, а можно ли с помощью виртуальных моделей, являющихся составной частью мультимедийных ЭОР, заменить такой дорогостоящий компонент инженерного образования как лабораторные практикумы? По-видимому, нет. Натурная лаборатория, учебная мастерская – ценности непреходящие, и в условиях применения в образовании информационных технологий значимость реальных экспериментов и результативного труда только повышается. А при подготовке инженерных кадров именно лабораторные практикумы дают навыки исследовательской деятельности и позволяют формировать большинство умений и профессиональных компетенций.

При внедрении информационных технологий и систем автоматизации в лабораторные практикумы необходимо учитывать два аспекта:

- используемая для лабораторных макетов отечественная техника по своим функциональным возможностям слабо приспособлена для решения таких задач;

- реализация имитационных моделей на ЭВМ и работа в условиях полной автоматизации измерений не дает практических навыков и представления о принципах действия и конструкции реальных устройств.

Эти соображения были учтены при разработке аппаратного, программного и методического обеспечения лабораторного практикума по дисциплине «Безопасность инженерных систем», которые выполнялись авторами для Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. Оно позволяет исследовать защитные характеристики предохранителей и устройств защитного отключения, тепловые характеристики проводников, пожароопасные режимы работы асинхронных двигателей, светильников с лампами накаливания и люминесцентными лампами и др.[2].

Макеты лабораторных работ, расположенные на 12 стендах с 24 посадочными местами (рисунок 1) включают испытуемые объекты и средства испытаний. Вся информация от датчиков выводится на вмонтированный в стенд многофункциональный микроконтроллер, связанный с ПЭВМ, а последняя – с центральной ПЭВМ, находящейся на столе преподавателя. Программный продукт обеспечивает возможность работы в автономном (от встроенных микроконтроллера и управляющей ПЭВМ) и сетевом режимах. Каждый лабораторный стенд позволяет:

- проводить все виды исследований, предусмотренные программой практикума;

- отображать информацию об измеряемых величинах и параметрах;

- сохранять информацию с возможностью дальнейшей ее обработки;

- производить расчеты и строить характеристики зависимостей величин и др.

Программируемый логический контроллер (ПЛК), имеющий аналоговые и цифровые входы и выходы, разъёмы программирования и расширения, производит сбор сигналов и их обработку по программе пользователя с выдачей сигналов управления на исполнительные устройства.

На встроенном ЖК-дисплее отображаются сообщения о состоянии органов, название работы, информация о значениях таймера и счетчика, аналоговые величины и др.

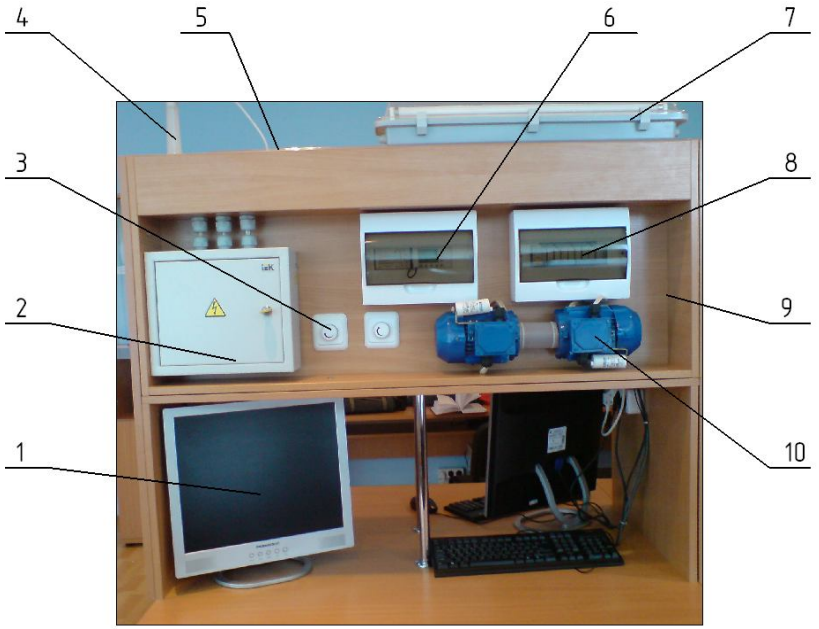


Рис. 1. Лабораторный стенд: 1 – ПЭВМ; 2 – силовой блок; 3 – выключатели-регуляторы мощности; 4 – держатель внешней термопары; 5 – лампы накаливания; 6 – блок контроллера; 7 – светильник с люминесцентной лампой; 8 – блок реле; 9 – планшет; 10 – электродвигатели

Управляющая программа пользователя, написанная на графическом языке программирования, находится в энергонезависимой памяти ПЛК. Программирование представляет собой размещение на поле набора логических блоков И, ИЛИ, НЕ, триггеров, таймеров, блоков обработки сигнала и др. и установления межблочных связей [3]. Графическая программа состоит из обозначений функциональных блоков и соединений между ними. Функция зависимости выходных и входных значений описывается элементарными блоками, которые могут быть соединены с другими блоками при помощи линий связи, а также с входными и выходными переменными.

Методика выполнения работы с управлением от ПЛК, получение экспериментальных данных и обработка результатов мало отличаются от того, что мы имеем при использовании обычной измерительной техники.

Программа управления от ЭВМ написана в среде Turbo C++ 2006 для операционной системы MS Windows. Она позволяет:

- регистрировать курсанта, запускать тестирование по выбранной теме и вести протокол выполнения лабораторных работ (рисунок 2);

- управлять органами стенда и снимать информацию об их состоянии;

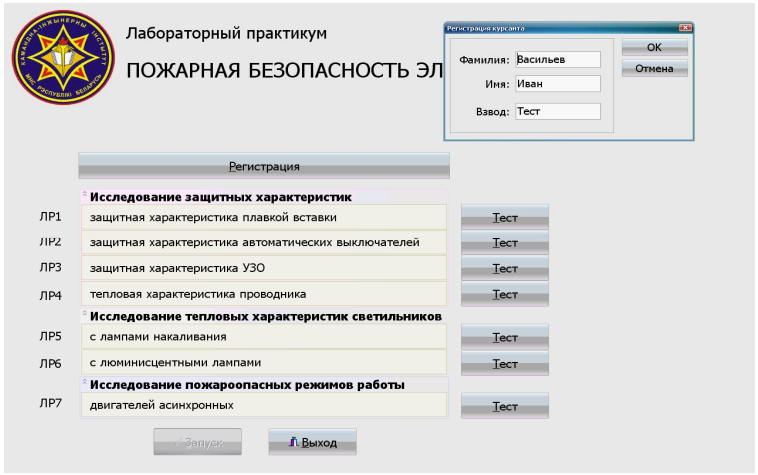


Рис. 2. Экран главного меню и окно регистрации студента

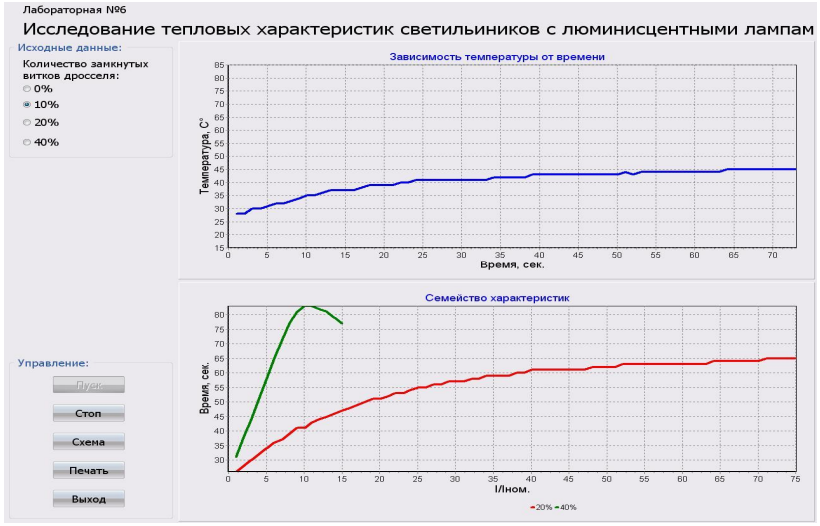


Рис. 3. Экранное меню выполнения лабораторной работы

- программировать индивидуальное задание и контролировать ход выполнения работы, выводить на печать полученную информацию и др.

Для примера на рис. 3 приведено экранное меню лабораторной работы по исследованию тепловых характеристик светильников с люминесцентными лампами.

Работа в таком режиме значительно интенсифицирует процесс измерений, автоматизируется обработка и визуализация полученной информации, но, с точки зрения получения навыков практической работы с измерительным оборудованием, подготовки эксперимента и испытуемых объектов, математической обработки экспериментальных данных она имеет много изъянов.

Наиболее эффективной по нашему мнению была бы методика проведения работ в смешанном режиме при условии предварительного изучения аппаратного и программного обеспечения лабораторного практикума.

Библиографический список

1. Электронные образовательные ресурсы. Аналитическая записка. – М. : Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании, 2012. – 12 с.

2. Мыльников, М. Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках. – М. : Стройиздат, 1990. – 311 с.

3. Шадров, Б. В. Технические средства автоматизации / Б. В. Шадров, А. Д. Чудаков. – М.: ИЦ «Академия», 2007. – 368 с.

© Боженков В. В., Косак А. А., Шахлевич Г. М., 2014

УДК 519.863
С. Н. Бондаренко*
**Бондаренко Сергей Николаевич, магистрант*
Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск
ppmm1@mail.ru

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В ПРЕДПРИЯТИЕ ИНТЕРНЕТ ТОРГОВЛИ

Ключевые слова: экономическая эффективность, построение оптимального плана, прогнозирование

Приводятся пути решения задачи повышения эффективности капитальных вложений в предприятие интернет торговли с целью получения максимальной прибыли при минимальных затратах на маркетинговую компанию.

В современном мире все чаще люди совершают свои покупки с помощью сети интернет, что, несомненно, приводит к росту количества предприятий интернет торговли. Начиная свой бизнес в сфере интернет продаж многие предприниматели сталкиваются с необходимостью привлечения клиентов, определения наиболее эффективных категорий продаваемых товаров, прогнозирования спроса, а так же создания оптимального, с точки зрения эффективности, маркетингового плана. Основной проблемой здесь является то, что для каждого интернет магазина необходимо разрабатывать свой алгоритм продвижения ресурса, его рекламную компанию, анализировать рынок и не каждый предприниматель может позволить себе выделить большую часть бюджета для реализации этих целей.

На сегодняшний день не существует стандартизированных подходов для решения этой проблемы, существующие алгоритмы либо малоэффективны, либо очень дороги в реализации[1]. В связи с этим были рассмотрены и проанализированы два варианта данной задачи–статический и динамический. В статическом случае бюджет компании не меняется с течением времени, в динамическом случае бюджет каждого следующего месяца рассчитывается на основании разницы доходов предыдущих месяцев.

Постановка задачи при статическом бюджете

В общем виде доход предприятия за n-й месяц определяется по формуле [2]:

$$D_n = \sum_{i=1}^{m} \left(Cp_i - Cz_i\right) - M - Izd \qquad (1)$$

где Cp_i - цена продажи i - го заказа;

Cz_i – закупочная цена i - го заказа (включает расходы на транспортировку);

Izd - постоянные издержки предприятия (налоговые сборы, расходы на персонал, склад, и др.);

M - бюджет рекламной компании, рассчитывается как:

$$M = \sum_{j=1}^{r-k} z_{2j}^{*} \qquad (2)$$

Необходимо максимизировать месячный доход предприятия.

Пусть $z^0 = \left(z_1^0, z_2^0, \ldots, z_r^0\right)$ - набор поисковых запросов, каждому запросу $z_j^0 j = \overline{1,r}$ множества z^0, ставится в соответствие точка $\left(z_{1j}^0, z_{2j}^0\right)$, где z_{1j}^0 – количество трафика, привлекаемое j -м запросом, а z_{2j}^0 – цена месячного продвижения данного запроса в поисковиках.

Все точки входящие в состав z^0 определяются экспертом, на основании анализа поисковых запросов, индексируемых системой интернет магазина, использования специальных программных средств, таких как YandexWordstat и GoogleAdwords, а так же с помощью личного опыта эксперта.

Для получения максимальной прибыли нам необходимо максимизировать количество заказов.

Количество заказов m напрямую зависит от трафика и определяется как:

$$m = kk * Tr \qquad (3)$$

kk - коэффициент конверсии сайта (постоянная показывающая величину полезного действия одного посетителя сайта)

$$Tr = Str + \sum_{j=1}^{r-k} z_{2j}^{*} \qquad (4)$$

Str - случайный трафик (посетители, пришедшие на сайт, используя не продвигаемые поисковые запросы) обычно составляет в среднем 20% от общего трафика.

Таким образом, задача сводится к максимизации трафика, привлеченного с помощью поисковых запросов, при ограниченном финансировании, т.е. необходимо определить такой набор поисковых запросов $z^* = \left(z_1^*, z_2^*, \ldots, z_{r-k}^*\right)$, состоящий из элементов множества z^0, такой что:

$$\sum_{j=1}^{r-k} z_{1j}^{*} \to \max \qquad (5)$$

при

$$\sum_{j=1}^{r-k} z_{2j}^{*} \le M^0 \qquad (6)$$

M^0 – максимальный месячный рекламный бюджет

Множество запросов z^* будем называть оптимальным маркетинговым планом, эти запросы будут продвигаться в поисковых системах.

Постановка задачи при динамически изменяющемся бюджете

В данном случае постановка задачи очень похожа на вариант со статическим бюджетом, с тем лишь исключением, что величина M^{0*} - бюджет рек-

ламной компании, рассчитывается как:

$$M^{0*} = \begin{cases} M^0 + (D_{n+1} - D_n) * S, если & D_{n+1} \geq D_n \\ M^0, если & D_{n+1} \leq D_n \end{cases} \quad (7)$$

где D_{n+1} - прогнозируемая величина дохода следующего за рассматриваемым месяцем;

S – ставка финансирования в рекламный бюджет;

Необходимо определить такой набор поисковых запросов $z^* = (z_1^*, z_2^*, ..., z_{r-k}^*)$, состоящий из элементов множества z^0, такой что:

$$\sum_{j=1}^{r-k} z_{1j}^* \to \max \quad (8)$$

при

$$\sum_{j=1}^{r-k} z_{2j}^* \leq M^{0*} \quad (9)$$

Исходя из этого, для решения задачи построения оптимального маркетингового плана необходимо сначала спрогнозировать значение величины D_{n+1}, а уже затем рассчитать рекламный бюджет.

Алгоритм инвестирования в маркетинговую компанию

Для достижения цели исследования был разработан следующий алгоритм инвестирования и развития предприятия:

Этап 1. Для определения наилучшей стратегии продвижения на этом этапе нам потребуется собрать всю необходимую информацию о предприятии. А именно:

– узнать срок функционирования предприятия;

– вычислить коэффициент конверсии сайта, если предприятие работает более 1 года;

– определить рынок и зону покрытия предприятия

– узнать способ ценообразования и маржинальность бизнеса

Этап 2. На следующем этапе нам необходимо произвести сбор сведений о интернет магазине.

В качестве основных показателей выступают:

– количество просмотров разных групп товаров;

– количество заказов по разным группам товаров;

– рекламный бюджет предприятия

Этап 3. На данном этапе выявляется наиболее эффективная группа товаров и производится ранжирование групп по индексу эффективности. Индекс эффективности для каждой группы товаров определяется как $Ie = m/p$, где m - количество заказов за предыдущий отчетный период, p – количество целевых просмотров этой группы товаров. Наиболее эффективная группа товаров выбирается в качестве базовой, то есть с продвижения этой группы товаров мы должны запустить маркетинговую компанию.

Этап 4. Здесь определяются наиболее актуальные поисковые запросы посредством анализа запросов, индексируемых системой интернет магазина, использования специальных программных средств, таких как YandexWordstat и GoogleAdwords, а так же с помощью личного опыта эксперта. Далее определяется желаемое(граничное) значение количества посетителей. После их определения, строится множество поисковых запросов $z^0 = (z_1^0, z_2^0, ..., z_r^0)$ с необходимыми месячными инвестициями и количеством просмотров этих запросов.

Этап 5. На данном этапе строится оптимальная маркетинговая компания. В качестве критерия эффективности для запроса выступает отношение цены месячного продвижения к количеству пользователей просматривающих данный запрос. Оптимальный маркетинговый план строится на основании применения генетического алгоритма и решения задачи рюкзака.

Этап 6. Так как поисковые системы работают с запаздыванием, то результаты маркетинговой компании становятся видны лишь через 3 месяца, за это время поисковые запросы поднимаются до 1ой страницы выгрузки поисковых систем. По прохождении этого времени мы проверяем, достигнуто ли заданное нами граничное значение количества посетителей. Если количество посетителей меньше граничного значения, то мы переходим к пункту 4 для добавления новых запросов, притом уже продвинутые запросы необходимо поддерживать на занятых позициях, стоимость поддержания зачастую в 5-10 раз меньше стоимости продвижения. Сумма стоимостей поддержания фиксируется и учитывается в дальнейшем построении маркетинговой компании, как постоянные издержки. Если же количество посетителей больше или равно граничному значению, то переходим к 3-му этапу, при этом отбрасывая уже продвинутую группу товаров. Если мы работаем с динамическим бюджетом предприятия, то на данном этапе строится прогноз доходов на следующую декаду, и на основании этого определяется будущий рекламный бюджет, посредством использования нейросетей.

Процесс продвижения поисковых запросов заканчивается, когда постоянные издержки становятся равны рекламному бюджету предприятия. В этот момент инвестиции в развитие магазина становятся максимально эффективными.

На данный момент вышеизложенные подходы проходят тестирование с помощью интернет ресурса “Muzman.ru”.

Библиографический список

1. Замков, О. О., Толстопятенко, А. В., Черемных, Ю. Н. Математические методы в экономике – М. : «Дело и Сервис», 2004.

2. Айвазян, С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М. : изд-во «ЮНИТИ», 1998.

© Бондаренко С. Н., 2014

УДК 004.421.2+519.673+534-1
П. Ю. Бранцевич*
**Бранцевич Петр Юльянович, к.т.н., доцент*
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь
branc@bsuir.edu.by; branc@tut.by

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА "ТЕМБР-М" ПРИ ОЦЕНКЕ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМОВ И АГРЕГАТОВ

Ключевые слова: вибрация, механизм, сигнал, анализ, диагностика

Изложена методика выполнения работ с использованием ИВК «Тембр-М» при исследовании вибрационного состояния механизмов и агрегатов роторного типа. Рассмотрены способы анализа вибрационных сигналов и получения информативно-значимых параметров. Представлена модель системы оценки технического состояния.

Введение

Внедрение разнообразных средств компьютерной техники на предприятиях промышленности и энергетики предполагает возможность автоматизации решения ряда задач, связанных с принятием решений по оценке технического состояния производственных объектов, прогнозированию его изменения, диагностике, планированию сроков и объемов ремонтных работ.

Состояние производственного оборудования характеризуется многими параметрами основных и вторичных процессов, развивающихся при его работе. Для контроля целесообразно выбирать те параметры процессов, которые достаточно хорошо отражают функциональное состояние объектов и не требуют слишком больших затрат на их измерение. В этом плане, для механизмов с вращательным движением, такими являются параметры вибрации [1-4].

1. Регистрация вибросигналов при исследовании состояния технических объектов

Основное функциональное назначение ИВК «Тембр–М» состоит в преобразовании механических колебаний механизмов, агрегатов, конструкций зданий и сооружений в электрический сигнал, их аналого–цифровое преобразование, ввод в ЭВМ и запись в виде файлов на жесткий диск [5,6]. На рис. 1 показан общий вид ИВК «Тембр–М» и пример его применения при обследовании вибрационного состояния турбоагрегата.

Для получения и регистрации вибрационного отклика реализуется следующая последовательность действий.

1) Вибропреобразователь (датчик) устанавливается (закрепляется) на поверхности контролируемого объекта (конструкции). Для крепления датчика может применяться воск или специальная мастика, на металлические поверхности датчик можно крепить с помощью магнитного приспособления (рис.2) или винтов.



Рис. 1. Размещение виброизмерительного оборудования во время проведения производственных исследований

При исследованиях механизмов и агрегатов следует проводить оценку вибрации в трех взаимно – перпендикулярных направлениях: вертикальном, горизонтально–поперечном и горизонтально–осевом по отношению к оси вращения ротора (вала) или в некоторых из данных направлений. Виброизмерительные датчики крепят к корпусу механизма или специальным установочным площадкам. Если оценивается вибрация подшипников, то датчики должны крепиться в местах, где отсутствуют резонансные возбуждения корпусных элементов механизма, в максимальной близости от подшипника.

Вибрации конструкций следует исследовать в местах их максимальной интенсивности, которые определяются в большинстве случаев экспериментально или с учетом собственных колебаний конструкции. Поверхность для крепления датчика должна быть чистой. При креплении датчика следует тщательно убедиться, что направления преобразования вибрационных колебаний датчика при установке будут совпадать с интересующими пользователя направлениями колебаний корпусных элементов механизмов или конструкции.

2) После закрепления всех датчиков следует включить компьютер, устройство ввода данных, запустить на выполнение программу ввода исходных вибросигналов и задать настроечные параметры для её работы (рис. 3).

3) Перевести программу в режим приема данных. Регистрация вибрационного возбуждения производится в файл (файлы) на жестком диске в том же каталоге, где размещена управляющая программа. Для каждого создается отдельный файл. Имя файла состоит из даты, времени создания файла и номера канала, по которому произведена регистрация.

2. Обработка и анализ полученных данных

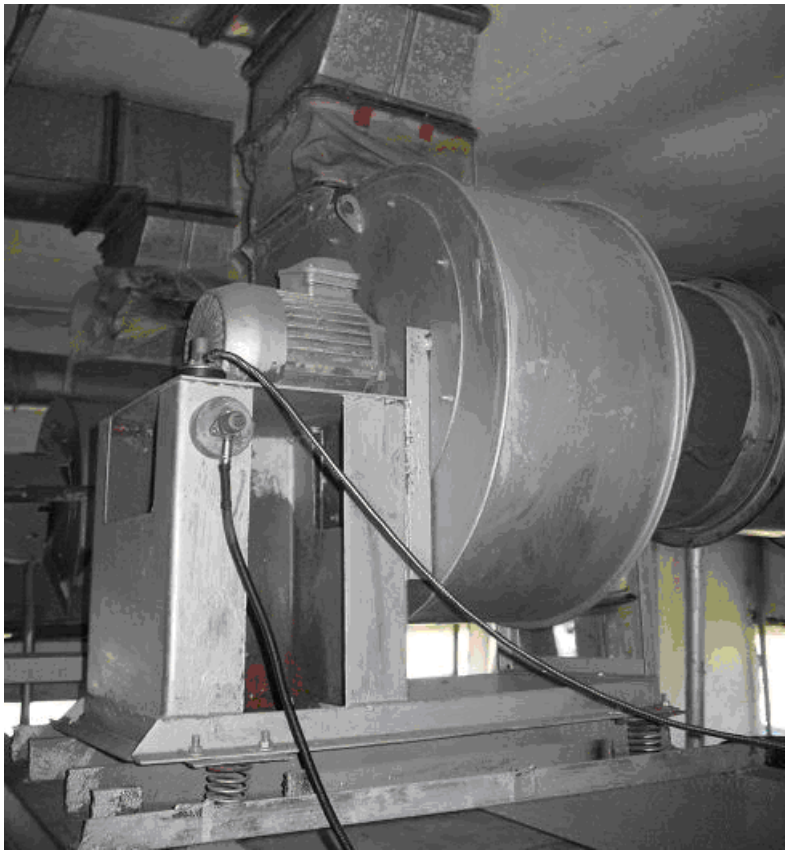


Рис. 2. Вариант крепления вибропреобразователей с помощью магнитного приспособления при исследовании вибраций рамы, на которой установлен электродвигатель

Обработка и анализ результатов (вибрационных сигналов) исследований вибрационного состояния проводится с помощью специальной программы «Тембр–М».

Программа позволяет выполнять следующие основные функции анализа [7-15].

1) Визуальный анализ временных реализаций.

Осуществляется просмотр формы вибрационного сигнала в единицах виброускорения (рис. 4). При этом на экране в качестве информативных параметров отображаются: среднее квадратическое значение (СКЗ), амплитуда сигнала, пик–фактор. Количество дискретных точек для вычисления параметров

может задаваться пользователем из множества значений, представляющих собой числа, кратные степени двойки (512, 1024, 2048, 4096 и т.д) .

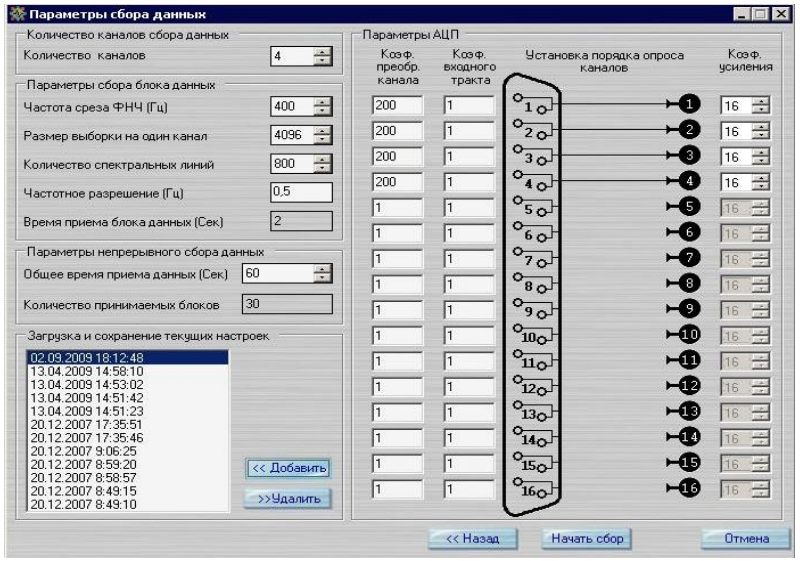


Рис. 3. Вид программной панели для задания настроечных параметров

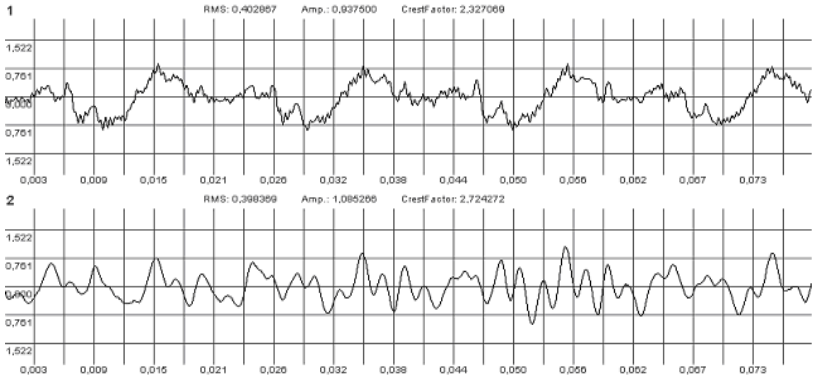


Рис. 4. Временные реализации сигналов

2) Спектральный анализ.

Исследуется частотный состав сигнала (рис.5). Количество дискретных точек для вычисления спектра задается пользователем из множества значений, представляющих собой числа, кратные степени двойки. В качестве информа-

тивных признаков могут быть взяты значения амплитуд отдельных частотных составляющих.

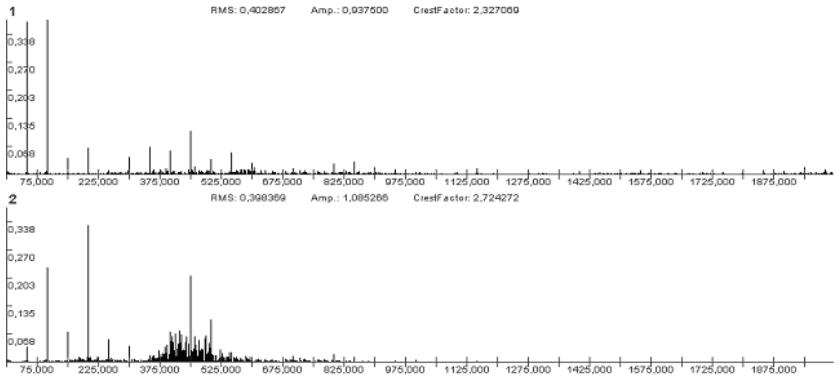


Рис. 5. Амплитудные спектры сигналов

3) Фильтрация сигнала.

Имеется возможность осуществить полосовую фильтрацию отдельных сигналов, т.е. выделить сигнал в определенной частотной полосе , а затем производить его дальнейшую обработку.

4) Интегрирование и двойное интегрирование.

Позволяет перейти от представления сигнала в единицах виброускорения ($м/с^2$) к единицам виброскорости (мм/с) и виброперемещения (мкм).

5) Полосовой спектральный анализ.

Частотная полоса анализа разбивается на несколько поддиапазонов и определяется СКЗ вибросигнала в каждом из поддиапазонов. Границы поддиапазонов выбираются исходя из конструктивных и эксплуатационных особенностей механизма. Информативными параметрами могут быть СКЗ вибросигнала в отдельных частотных полосах.

6) Вейвлет–анализ.

Оценивается динамика развития вибрационных ситуаций. Может быть выбран тип вейвлета и центральная частота его частотной характеристики. Результатом вейвлет анализа является временная реализация, выделенная из исследуемого сигнала выбранным вейвлетом. Информативным параметром может быть амплитуда, СКЗ, пик–фактор сигнала, выделенного определенным вейвлетом из исходного сигнала.

7) Разложение сигнала на периодическую и шумоподобную составляющие.

Предоставляет возможность анализировать вибрационные составляющие вибрации, связанные с вращающимися элементами конструкции, или вызванные другими причинами, но имеющими основной возбуждающий фактор и связанные с ним гармоники целочисленной или произвольной кратности. В качестве информативных параметров могут быть получены значения амплитуды, СКЗ, пик–фактора сигналов, состоящих из определенных комбинаций частотных составляющих исходного сигнала.

8) Выделение огибающей вибросигнала и определение ее параметров.

В качестве информативных параметров могут быть получены значения коэффициента модуляции и амплитуды спектральных составляющих огибающей.

9) Построение гистограммы распределения исследуемого сигнала по амплитудным уровням. Информативными параметрами могут быть вероятности нахождения сигнала в отдельных амплитудных полосах и коэффициенты формы распределения.

10) Для оценки технического состояния выбирается группа параметров, вычисляемых в ходе анализа, например: СКЗ виброускорения в исследуемой частотной полосе, СКЗ виброскорости, размах виброперемещения, пик–фактор, СКЗ вибросигнала в узкой частотной полосе (полосовой анализ), эксцесс, асимптота, S-дискриминанта, амплитуды отдельных частотных составляющих, параметры сигнала, выделенного вейвлетом, параметры периодической и шумоподобной составляющих.

Для каждого зарегистрированного вибрационного сигнала определяются значения выбранных информативных параметров.

Оценка технического состояния контролируемого объекта производиться путем сравнительного анализа информативных параметров, полученных в разные моменты времени или при различных режимах его работы.

3. Методика оценки технического состояния объекта

1) Формирование множества дефектов, требующих обнаружения, для конкретного механизма $D = \{d_1, d_2, d_3, ... d_M\}$.

Конкретный состав этого множества определяется в зависимости от типа механизма, его технических параметров, выполняемых функций, условиями эксплуатации.

Применительно к подшипникам скольжения это могут быть: неуравновешенность ротора, дефект соединительной муфты, износ вкладышей, автоколебания ротора в подшипниках, дефект смазки и т. д. Примерами дефектов подшипников качения являются: неуравновешенность ротора, овальность внутреннего кольца, раковины на поверхности тел качения, перекос наружного кольца, раковины и трещины на наружном или внутреннем кольце, дефекты смазки [4,7].

Для механических передач дефектами являются: бой ведущего или ведомого вала, дефекты ведущей или ведомой шестерни, дефекты зацепления, износ подшипника, дефекты смазки, удары в подшипнике и т. п.

2) Определение множества информативно значимых признаков (параметров), характеризующих техническое состояние объекта, и единиц измерения для их количественной оценки. $P = \{p_1, p_2, p_3, ... p_N\}$.

Такие признаки могут быть одномерными, двухмерными и многомерными.

К одномерным можно отнести: амплитуды спектральных составляющих вибросигнала на фиксированных частотах (например, f_1 =10 Гц, f_2 =25 Гц, ... , f_K = 2000 Гц; мощность или среднее квадратическое значение (СКЗ)

вибрации в полосе частот $f_{.} \div f_{‰}$ (может задаваться несколько полос); пик–фактор; эксцесс; асимптоту; S-дискриминанту; коэффициент модуляции огибающей вибросигнала; амплитуды спектральных составляющих огибающей вибросигнала на фиксированных частотах (например, f_1=10 Гц, f_2=25 Гц, ... , f_K = 100 Гц; амплитуды оборотных составляющих вибрации.

Примерами двумерного признака являются: вектор (амплитуда и фаза) оборотной составляющей вибрации; значения параметра вибрации для двух направлений подшипниковой опоры (соотношение между этими значениями); значения параметра вибрации для одного направления соседних подшипниковых опор (соотношение между этими значениями).

К многомерным признакам могут принадлежать: гистограмма распределения вибросигнала (для сравнения гистограмм применяется критерий согласия); траектория движения подшипниковой опоры (для сравнения применяются критерии близости); массив значений проекций валопровода на вертикальное и горизонтальное направления (сопутствующий параметр – массив оценок искривления валопровода); описание кривой выбега. Признаки формулируются на основе теоретических и экспериментальных исследований, экспертных знаний, эвристических предположений.

3) Нахождение базового значения для каждого из параметров множества P, которое соответствует нормальному (исправному, бездефектному) состоянию исследуемого объекта, т.е. формирование множества базовых значений информативных признаков $Z = \{z_1, z_2, z_3, ... z_N\}$.

Это значение принимается: – на базе нормативных документов, регламентирующих допустимые уровни вибрации механизмов; – на основе исследования вибрационных характеристик достаточно большого количества однотипных механизмов на протяжении продолжительного периода времени; – путем теоретических расчетов; – в результате проведения натурного или полунатурного моделирования.

4) Определение для каждого дефекта одного или группы информативно значимых признаков, по изменению которых можно идентифицировать проявление этого дефекта, а также установка весовых коэффициентов значимости для каждого признака (см. таблицу 1). Весовые коэффициенты $\alpha_{d_j,i}$ принимают значения в диапазоне $0 < \alpha_{d_j,i} \le 1$ (в простейшем случае приравниваются единице). В данной таблице индексы i, j, k, l, m, n, q могут принимать значения от 1 до N.

Таблица 1

Соответствие информативно значимых признаков дефектам

Дефект	Информативные признаки	Весовые коэффициенты
d_1	p_i , p_j , p_k	$\alpha_{d_1,i}$, $\alpha_{d_1,j}$, $\alpha_{d_1,k}$
d_2	p_l , p_m , p_n	$\alpha_{d_2,l}$, $\alpha_{d_2,m}$, $\alpha_{d_2,n}$

Дефект	Информативные признаки	Весовые коэффициенты
. . .	. . .	. . .
d_r	p_1 , p_3	$\alpha_{d_r,1}$, $\alpha_{d_r,3}$
. . .	. . .	. . .
d_M	p_q	$\alpha_{d_M,q}$

5) Определение решающей функции для каждого дефекта, отражающей проявление или развитие дефекта.

Решающие функции учитывают соотношение текущих и базовых значений информативно значимых параметров и могут быть достаточно разнообразными, например численными, логическими, на основе нечетких правил или прецедентов.

При применении численных решающих функций на первом этапе выбирается формула, описывающая эту функцию. Такие формулы, к примеру, могут иметь вид:

$$R_{d_j} = \frac{1}{\sum_{i \in S_{d_j}} \alpha_{d_j,i}} \cdot \sum_{i \in S_{d_j}} \left(\frac{x_i - z_i}{z_i} \right) \cdot \alpha_{d_j,i} ;$$

$$R_{d_j} = \frac{1}{\sum_{i \in S_{d_j}} \alpha_{d_j,i}} \cdot \sum_{i \in S_{d_j}} (x_i - z_i) \cdot \alpha_{d_j,i}$$

$$R_{d_j} = \sum_{i \in S_{d_j}} (x_i - z_i) \cdot \alpha_{d_j,i} ,$$

где S_{d_j} - множество номеров информативных признаков, присущих дефекту d_j;

x_i - полученное при обследовании значение для i-го информативного признака.

На втором этапе для конкретной численной решающей функции определяются граничные значения, соответствующие степени развития дефекта, которая может быть, например, сформулирована как очень малая (ОМ), малая (М), средняя (С), большая (Б):

$$R_{d_j,\text{Ст.разв.деф.}} = \left\{ R_{d_j,\text{ОМ}}, R_{d_j,\text{М}}, R_{d_j,\text{С}}, R_{d_j,\text{Б}} \right\}.$$

Сравнение, вычисленного для конкретных данных, значения решающей функции с граничными значениями из множества $R_{d_j,\text{Ст.разв.деф.}}$, позволяет установить степень развития конкретного дефекта. Целесообразно определить функцию развития дефекта Ψ_{d_j}, которая может принимать одно из значений набора {очень малая (ОМ), малая (М), средняя (С), большая (Б), очень большая (ОБ)}:

$$\Psi_{d_j,i} = \begin{cases} \text{ОМ, если } R_{d_j} < R_{d_j,\text{ОМ}} \\ \text{М, если } R_{d_j,\text{ОМ}} \le R_{d_j} < R_{d_j,\text{М}} \\ \text{С, если } R_{d_j,\text{М}} \le R_{d_j} < R_{d_j,\text{С}} \\ \text{Б, если } R_{d_j,\text{С}} \le R_{d_j} < R_{d_j,\text{Б}} \\ \text{ОБ, если } R_{d_j,\text{Б}} \le R_{d_j} \end{cases}.$$

При построении логических решающих функций применяется следующий подход:

а) для количественных значений каждого из информативных признаков для каждого j - го типа дефекта устанавливаются границы, соответствующие различной степени развития дефекта (например, очень малая (исправное состояние), малая, средняя, большая) - $z_{d_j,i,\text{ОМ}}$, $z_{d_j,i,\text{М}}$, $z_{d_j,i,\text{С}}$, $z_{d_j,i,\text{Б}}$;

b) по полученному при обследовании (текущему) значению для i - го информативного признака j - го типа дефекта определяется степень развития дефекта (значение функции развития дефекта по i - му информативному признаку $F_{d_j,i}$, которая принимает одно из значений набора {очень малая (ОМ), малая (М), средняя (С), большая (Б), очень большая (ОБ)}:

$$F_{d_j,i} = \begin{cases} \text{ОМ, если } x_i < z_{d_j,i,\text{ОМ}} \\ \text{М, если } z_{d_j,i,\text{ОМ}} \le x_i < z_{d_j,i,\text{М}} \\ \text{С, если } z_{d_j,i,\text{М}} \le x_i < z_{d_j,i,\text{С}} \\ \text{Б, если } z_{d_j,i,\text{С}} \le x_i < z_{d_j,i,\text{Б}} \\ \text{ОБ, если } z_{d_j,i,\text{Б}} \le x_i \end{cases}.$$

с) для j - го типа дефекта определяется степень его развития (значение функции развития j - го типа дефекта Ψ_{d_j}, которая принимает одно из значений набора {очень малая (ОМ), малая (М), средняя (С), большая (Б), очень большая (ОБ)} и является логической функцией от функций $F_{d_j,i}$, где $i \in S_{d_j}$:

$$\Psi_{d_j} = \Phi\left(F_{d_j,m}, F_{d_j,n}, F_{d_j,l}, \ldots\right), \text{где } m,n,l,\ldots \in S_{d_j}.$$

Такая функция может быть задана в табличной форме (см. таблицу 2).

Решающие функции могут быть построены и на основе нечетких правил. Вывод о том, в каком состоянии находится объект в зависимости от значения характеризующего его параметра x формируется на основе значений функций принадлежности:

Таблица 2

Пример задания логической функции развития дефекта для двух диагностических признаков

$F_{d_j,i}$	$F_{d_j,j}$	Ψ_{d_j}
ОМ	ОМ	ОМ
ОМ	ОМ∨М	М
С	ОМ∨М∨С	С
ОМ∨М	Б	С
С	Б	Б
Б	Б	Б
М∨С∨Б∨ОБ	ОБ	ОБ
ОБ	М∨С∨Б∨ОБ	ОБ

$$FP_{1\text{Сост.}}(x) = \exp\left(-\frac{\left(x - x_{\min}\right)^2}{2\left(X_1 - x_{\min}\right)^2}\right), \quad x > x_{\min};$$

$$FP_{j\text{Сост.}}(x) = \begin{cases} \exp\left(-\frac{\left(x - X_{j-1}\right)^2}{2\left(X_{j-1} - X_{j-2}\right)^2}\right), & x \le X_{j-1} \\ \exp\left(-\frac{\left(x - X_{j-1}\right)^2}{2\left(X_j - X_{j-1}\right)^2}\right), & x > X_{j-1} \end{cases};$$

$$FP_{5\text{Сост.}}(x) = \begin{cases} \exp\left(-\frac{\left(x - X_4\right)^2}{2\left(X_4 - X_3\right)^2}\right), & x \le X_4 \\ 1, & x > X_4 \end{cases},$$

где x - параметр, для которого определяется значение функции принадлежности; $j = 2,3,4$.

X_j - значения параметра x, которые соответствуют определенным состояниям, причем $x_{\min} < X_1 < X_2 < X_3 < X_4$. Их количественные значения выбираются на основе экспертных оценок и накапливаемых экспериментальных данных.

Решение о том, что объект находится в состоянии j принимается в том случае, если $FP_{j\text{Сост.}}(x)$ имеет максимальное значение из всех вычисленных $FP_{k\text{Сост.}}(x)$. Если решение о состоянии объекта принимается на основании нескольких параметров, то в этом случае обобщенная функция принадлежности для J -го состояния имеет вид:

$$FP_{J\,\text{Сост.}} = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i \cdot FP_{J\,\text{Сост.}}(x_i)$$

,

где $FP_{J\,\text{Сост.}}(x_i)$ - значение функции принадлежности к J -му состоянию по параметру x_i; α_i - весовой коэффициент значимости параметра x_i; N - число параметров, значение которых учитывается при принятии решения.

Вывод о том, что объект находится в состоянии J, делается в том случае, если $FP_{J\,\text{Сост.}}$ имеет максимальное значение из функций принадлежности, вычисленных для всех возможных состояний объекта. Если окажется, что для нескольких состояний функции принадлежности $FP_{J\,\text{Сост.}}$ имеют одинаковое значение, то отнесение объекта к определенному состоянию осуществляется на основании функции принадлежности для параметра, который имеет наибольший весовой коэффициент. В такой ситуации, когда все параметры равнозначны, следует руководствоваться дополнительными правилами по отнесению объекта к определенному состоянию в зависимости от целевых и стоимостных критериев.

6) Множество рекомендаций по устранению обнаруженного дефекта и предотвращению его развития. Для каждого дефекта формулируется некоторое множество рекомендаций по его ликвидации или снижению его влияния:

$$C_{d_j} = \left\{ c_{d_j,1}, c_{d_j,2}, c_{d_j,3}, \ldots . c_{d_j,K} \right\}$$

Примеры таких рекомендаций: заменить смазку в подшипнике; провести балансировку вала; заменить подшипник; проводить ежедневное измерение параметров вибрации механизма и т.п. Результатом работы системы вибрационной диагностики является набор рекомендаций для пользователя по устранению выявленного дефекта. Выбор таких рекомендаций есть некоторый функционал φ от функции развития дефекта Ψ_{d_j} и множества рекомендаций по его ликвидации C_{d_j}, результатом которого есть некоторое подмножество множества C_{d_j} в пределе с ним совпадающее:

$$E_{d_j} = \left(\Psi_{d_j}, C_{d_j} \right), \; E_{d_j} \in C_{d_j} .$$

Заключение

Применение систем вибрационного контроля, мониторинга, диагностики позволяет получать данные об изменении технического состояния механизмов и агрегатов, планировать мероприятия по техническому обслуживанию и ремонтам оборудования и, таким образом, оптимизировать затраты на их проведение. Стационарные системы мониторинга помимо этого ориентированы на предотвращение серьезных аварий.

Использование компьютера в качестве базового узла системы обработки вибрационных данных обеспечивает быструю настройку под условия применения, гибкость и расширяемость функциональных возможностей.

Задачами вибрационной диагностики является обнаружение зарождающихся дефектов, наблюдение за их развитием и прогнозирование изменения технического состояния. Однако получение быстрого экономического эффекта от их внедрения может быть слишком оптимистичным ожиданием, так как требуется время на адаптацию системы под конкретное производство, а также подготовку специалистов и изменение психологии их поведения.

Библиографический список

1. Ширман, А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев. – Москва, 1996. – 276 с.

2. Bently, D. E. Fundamentals of Rotating Machinery Diagnostics / D. E. Bently, C. N. Hatch, B. Grissom. – Canada. : Bently pressurized bearing company, 2002. – 726 pp.

3. Гольдин, А. С. Вибрация роторных машин / А. С. Гольдин. М. : Машиностроение, 1999. –344 с.

4. Барков, А. В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев. – СПб. : Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 169 с.

5. Бранцевич, П. Ю. Компьютерные системы вибрационного мониторинга и оценки технического состояния механизмов / / П.Ю. Бранцевич, С.Ф. Костюк // Научно–технические проблемы водохозяйственного и энергетического комплекса в современных условиях Беларуси: материалы Междунар. науч.–практ конф. – Брест: изд–во БрГТУ, 2011. – Ч. I. – с.100–102.

6. Бранцевич, П. Ю. Современные системы мониторинга и обслуживания производственного оборудования / П. Ю. Бранцевич, Е. Н. Базылев, С. Ф. Костюк // Инновационная стратегия устойчивого развития производства конкурентоспособной продукции и перехода организаций на новый эффективный менеджмент: материалы XII–ой Международн. научн.–практ. конф. – Минск : Гипросвязь, 2012. – с. 35–37.

7. Неразрушающий контроль. Справочник. Том 7. Книга 2. Вибродиагностика / Ф. Я. Балицкий и др. М. : Машиностроение, 2005. – 485 с.

8. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс. – М. : ООО «Бином_Пресс», 2006. – 656 с.

9. Дьяконов, В. П. Вейвлеты. От теории к практике / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН–Р, 2002. –448 с.

10. Бранцевич, П. Ю. Применение усреднения во временной области и вейвлет–анализа для исследования вибрационных сигналов / П. Ю. Бранцевич, В. А. Гузов // Проблемы вибрации, виброналадки, вибромониторинга и диагностики оборудования электрических станций / Сб. докл. – М. : ОАО «ВТИ», – 2004. – С. 58–66.

11. Бранцевич, П. Ю. Анализ вибрационных сигналов, полученных при исследовании влияния механизмов с вращательным движением на колебания конструкций / П. Ю. Бранцевич, Е. В. Бобрук // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2012. – № 1 (31). – с. 5–8.

12. Brancevich, P. Organization of the vibration-based monitoring and diagnostics system for complex mechanical system / P. Brancevich, X. Miao, Y. Li // Proceedings of the 20th International Congress on Sound and Vibration. – Bangkok, Thailand, 7-11 July 2013. −P.n. 528. –pp. 1-8.

13. Бранцевич, П. Ю. Способ анализа вибрационных сигналов при исследовании технического состояния механизмов / П. Ю. Бранцевич // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT–2012): сб. ст. II международной заочной научно–технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т. сервиса. – Тольятти : Изд–во ПВГУС, 2012. – с. 244 – 250.

14. Бранцевич, П. Ю. Применение примеров решений задач вибродиагностики при изучении алгоритмов цифровой обработки сигналов / П. Ю. Бранцевич, В. Э. Базаревский // Исследования наукограда. – 2013. – № 1 (3). – с. 49–55.

15. Бранцевич, П. Ю. Применение разложения вибрационных сигналов на периодическую и шумоподобную составляющие при исследовании технического состояния механизмов с вращательным движением / П. Ю. Бранцевич, В. Э. Базаревский, С. Ф. Костюк // Механика 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике. – Минск, 2011. – Т. II. – с. 27–31.

© Бранцевич П. Ю., 2014

УДК 004.057.4

В. Н. Будилов*

**Будилов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kaf_iies@tolgas.ru

Д. В. Назаров*

**Назаров Денис Владимирович, магистрант*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kaf_iies@tolgas.ru

ПРОТОКОЛЫ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ

Ключевые слова: IP-камера, поток реального времени, транспортный протокол, прикладной протокол

Рассмотрена общая структура стека протоколов, применяемых для передачи видео в сетях с IP-камерами, приведены частные примеры реализации упрощенного стека в различных моделях камер, полученные с помощью анализатора протоколов.

Применение камер наблюдения с цифровыми датчиками изображения становится обычным в охранных системах – традиционной сфере видеонаблюдения. В последнее время расширяются возможности использования цифровых камер в таких областях, как обнаружение лесных пожаров, системы анализа потока автомобилей, мониторинг состояния сооружений и конструкций, системы биомедицинского назначения.

Практически в цифровых системах набюдения наиболее растущим в настоящее время является сектор так называемых IP-камер. Это камеры, способные передавать видеоинформацию непосредственно в стандартные локальные сети без применения специализированных аппаратных интерфейсов.

При разработке алгоритмов видеоаналитики в системах с IP-камерами следует учитывать, что на их возможности будет оказано существенное влияние теми протоколами передачи видео, которые применены в конкретной системе. Целью представленной работы была систематизация информации о протоколах, применяемых в системах с IP-камерами.

На рис. 1 представлена диаграмма этого стека протоколов, составленная по данным источников [1-3]. Кроме того, для построения данной диаграммы использовались спецификации камер производства D-Link, а также информация, которую можно получить с помощью приложения D-ViewCam, поставляемое D-Link для работы с камерами.

В [4] был проведен анализ накладных расходов, вызванных применением протоколов HTTP и TCP для передачи видео и показано, что применение этих универсальных протоколов в IP-камерах вполне оправдано, так как программное обеспечение получается относительно несложным, а скорость передачи падает не очень существенно (80%...90% от максимальной). Это обеспечило популярность универсальных протоколов в IP-камерах.

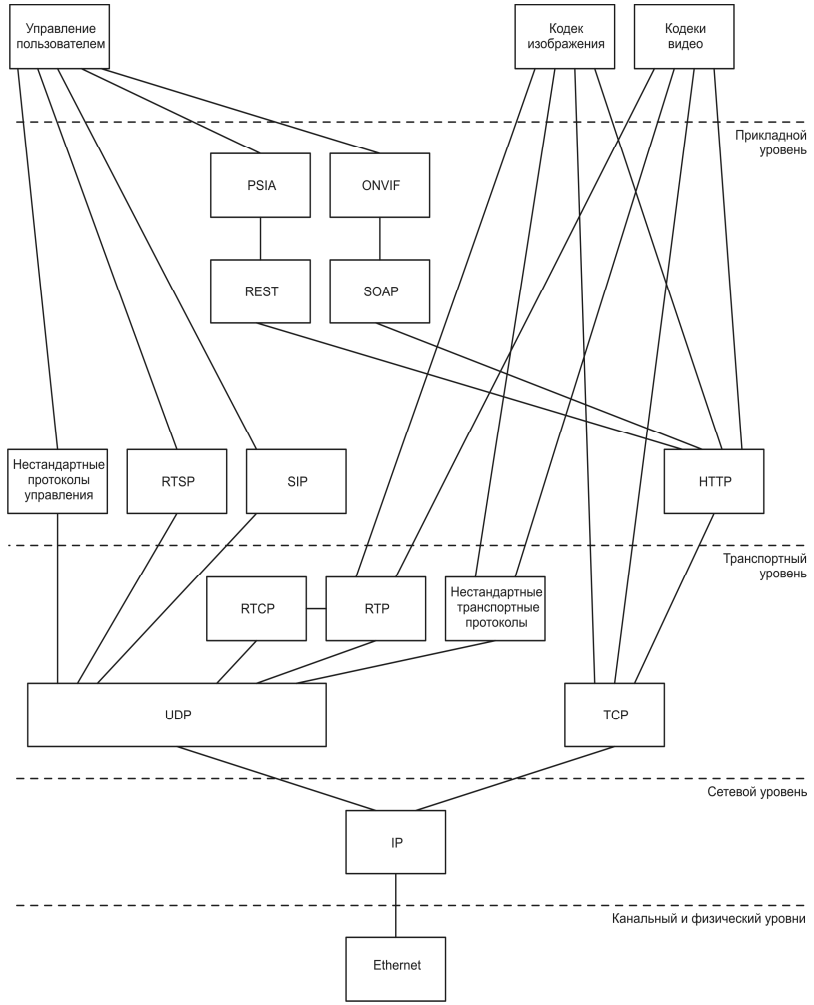


Рис. 1. Модель стека протоколов для передачи видео в IP-камерах

Однако, в условиях глобальной сети универсальный протокол транспортного уровня TCP не слишком подходит для приложений реального времени в связи со следующими особенностями:

– TCP позволяет установить соединение только между двумя конечными точками, следовательно, он не подходит для многоадресной передачи;

– TCP предусматривает повторную передачу потерянных сегментов, прибывающих, когда приложение реального времени уже их не ждет;

– TCP не имеет удобного механизма привязки информации о синхронизации к сегментам, то есть временных меток, которые жизненно важны для некоторых алгоритмов видеоаналитики.

В связи с этим многие IP-камеры используют специализированные протоколы, такие, как RTP, RTCP, RTSP. RTP (Real-Time Transport Protocol) – транспортный протокол реального времени, не обладающий перечисленными выше недостатками. RTP работает поверх UDP и может поддерживать передачу данных в реальном времени между несколькими участниками RTP-сеанса. Нужно отметить, что для обеспечения возможностей RTP клиент должен иметь достаточный объем буферной памяти, в частности, для того, чтобы компенсировать джиттер.

Так как сам по себе RTP не обеспечивает повторной доставки, как TCP, его контролирует протокол управления передачей в режиме реального времени RTCP – Real-time Transport Control Protocol. Он отслеживает качество обслуживания и снабжает соответствующей информацией участников. RTCP использует тот же самый базовый транспортный протокол, что и RTP (обычно UDP), но другой номер порта. RTCP выполняет несколько функций:

RTSP (Real Time Streaming Protocol) – потоковый протокол реального времени. Это прикладной протокол, предназначенный для использования в системах, работающих с мультимедиа данными, и позволяющий клиенту удалённо управлять потоком данных с сервера, предоставляя возможность выполнения команд, таких как «Старт», «Стоп», а также доступа по времени к файлам, расположенным на сервере. По синтаксису и операциям протокол RTSP похож на HTTP. Однако есть ряд существенных различий. Одно из основных заключается в том, что в RTSP и сервер, и клиент способны генерировать запросы. Например, видеосервер может послать запрос для установки параметров воспроизведения определенного видеопотока.

Отдельную пробдему в сетях с IP-камерами представляет собой управление пользователем параметрами камеры, ее объектива и датчика изображения [5, 6]. Количество возможных настроек, включая поворот, зум, фокусировку и другие, может в некоторых моделях составлять десятки. ONVIF (Open Network Video Interface Forum, форум по открытым стандартам сетевого видео) – отраслевой стандарт, который определяет протоколы управления настройками таких устройств как IP-камеры, энкодеры, видеорегистраторы и системы управления видео. Другой стандарт – PSIA (Physical Security Interoperability Alliance, альянс за совместимость систем физической безопасности) был создан чуть раньше. Общепринятым является мнение, что стандарт PSIA проще в реализации, но уступает в гибкости и функциональности.

Стек протоколов некоторых камер был исследован с помощью анализатора протоколов Wireshark. Исследование отдельных моделей камер показало, что они реализуют упрощенный стек протоколов, что должно, по идее, приводить к особенностям их применения, например, для целей видеоаналитики. Например, на рис. 2 приведен стек камеры D-Link DCS-920, которая представляет собой недорогую камеру начального уровня, но обладает возможностью беспроводной передачи в сетях IEEE 802.11g (Wi-Fi).

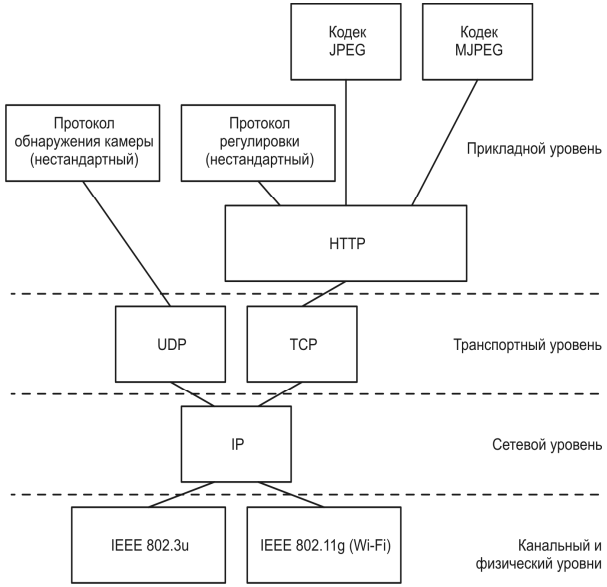


Рис. 2. Модель стека протоколов камеры D-Link DCS-920

Вероятно, это пример стека, близкого к предельно простому. Передача видео ведется через HTTP, для управления камерой и ее обнаружения использованы нестандартные протоколы, возможность защиты информации отсутствует. Таким образом, можно сделать вывод, что данная модель не годится для применения в условиях, когда потребителю надо шифровать данные или использовать приложения, чувствительные к временным меткам.

Примером камеры, в которой, несмотря на сопоставимый уровень объектива и датчика, применен более совершенный стек протоколов, является модель D-Link DCS-2103 (рис. 3). Здесь мы видим:

– применение протоколов реального времени RTP, RTCP, RTSP;

– стандартный протокол обнаружения камеры SSDP (Simple Service Discovery Protocol);

– возможность шифрования данных с помощью HTTPS (на рис. 3 не показано, но видео также можно шифровать);

– более совершенные кодеки с более высоким коэффициентом сжатия.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. Развитие протоколов в цифровых системах видеонаблюдения идет в направлениях более широкого применения специализированных мультимедийных протоколов реального времени, углубления стандартизации и увеличения функциональности, сопровождаясь усложнением стека протоколов.

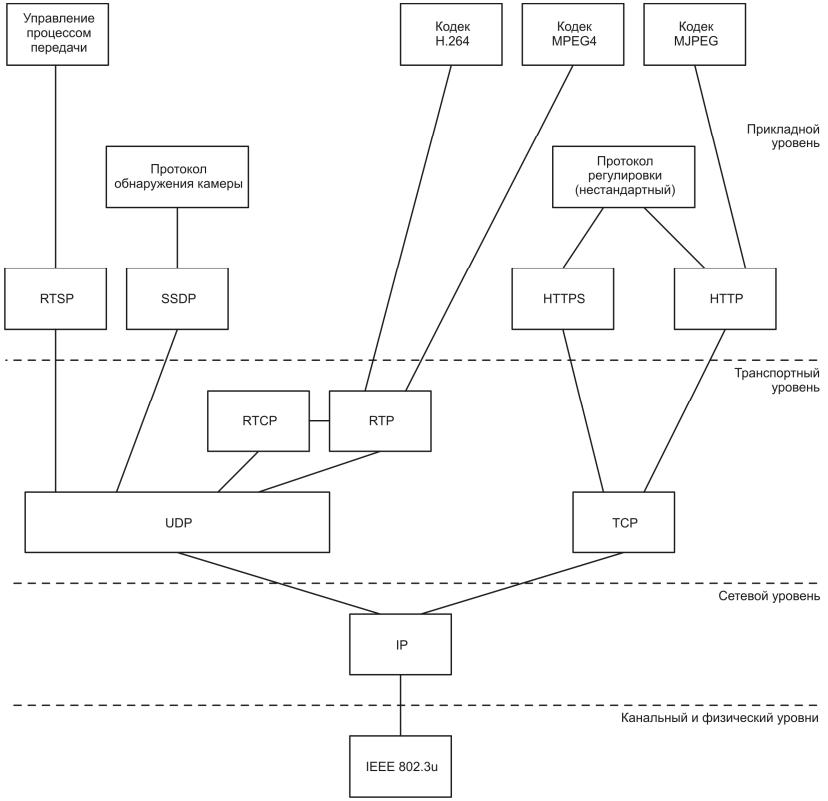


Рис. 3. Модель стека протоколов камеры D-Link DCS-2103

2. Для рационального выбора камер под конкретное применение необходимо учитывать наличие протоколов реального времени и протоколов шифрования.

Библиографический список

1. Семенов, Ю. А. Telecommunication technologies - телекоммуникационные технологии [Электронный ресурс] / ИТЭФ-МФТИ. – URL: http://book.itep.ru (дата обращения: 30.03.2014).

2. Бараш, Л. Видеопотоки. Протоколы [Электронный ресурс] / Компьютерное Обозрение. – URL: http://ko.com.ua/videopotoki_protokoly_14525 (дата обращения: 30.03.2014).

3. Chunlei Liu. Multimedia Over IP: RSVP, RTP, RTCP, RTSP [Электронный ресурс] / Washington University in St. Louis. Department of Computer Science &

Engineering. – URL: http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-97/ftp/ip_multimedia/ (дата обращения: 30.03.2014).

4. Будилов, В. Н. Сетевые протоколы для поддержки IP-камер [Текст] / В. Н. Будилов, И. В. Баткова // VI Международная научно-практическая конференция «Наука промышленности и сервису». – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2011. – С. 238-246.

5. ONVIF Specification Map [Электронный ресурс] / ONVIF. – URL: http://www.onvif. org/specs/DocMap.html (дата обращения: 30.03.2014).

6. Будилов В.Н., Кузнецов А.А., Назаров Д.В. Принципы управления видеокамерами по стандарту ONVIF. – Сборник статей I международной заочной научно-технической конференции «Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях», Т.1. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2013. – С. 84-91.

© Будилов В. Н., Назаров Д. В., 2014

УДК 004.932

В. Н. Будилов*

**Будилов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kaf_iies@tolgas.ru

Р. Ш. Хаметов*

**Хаметов Радик Шамилович, магистрант*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kaf_iies@tolgas.ru

О ПОНЯТИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ВИДЕОСИСТЕМ

Ключевые слова: динамический диапазон, цифровая видеосистема, цифровая обработка изображений, датчик изображения

Рассмотрено понятие динамического диапазона как параметра цифровой видеосистемы и проведен краткий методов улучшения динамического диапазона таких систем.

Введение

Практическая значимость рассматриваемой проблемы определяется возможностью применения методов улучшения динамического диапазона во многих современных приложениях. В частности, мало исследована возможность их применения для видеосистем автоматизированного обнаружения задымления на фоне неба. Актуальность темы обусловлена тем, что в настоящее время нет ответа на вопрос, какие из известных методов лучше подходят для таких систем и существуют ли методы, оптимальные по каким-либо критериям. В настоящей работе рассмотрены известные определения динамического диапазона как параметра видеосистемы и сделана попытка краткой классификации методов его улучшения.

Определения

Динамический диапазон – это отношение яркостей объекта, которые могут быть переданы камерой или видеосистемой. Если максимальная яркость $E_{МАКС}$, а минимальная $E_{МИН}$, то динамический диапазон

$$D_R = \frac{E_{МАКС}}{E_{МИН}} \quad (1)$$

Этот параметр может также быть выражен в логарифмических единицах, например, в децибелах (дБ):

$$D_{R\text{дБ}} = 20\lg D_R = 20\lg \frac{E_{МАКС}}{E_{МИН}} \quad (2)$$

Например, 1000 соответствует 60 дБ.

В фотографии динамический диапазон часто измеряют в единицах экспозиции EV (Exposure Value), иначе называемых «шаг» или «стоп». Такая единица соответствует логарифмической шкале с основанием 2:

$$D_{REV} = \log_2 D_R = \log_2 \frac{E_{МАКС}}{E_{МИН}} \quad (3)$$

Иногда применяется десятичный логарифм (обозначается буквой D):

$$D_{RD} = \lg D_R = \lg \frac{E_{МАКС}}{E_{МИН}} \quad (4)$$

Также используется и линейное обозначение отношения, например 1000:1.

Соотношения между единицами:

$$1\ D = 20\ дБ = 3{,}32\ EV \quad (5)$$

Например, динамический диапазон в линейной шкале 1000 = 1000:1 соответствует

$$60\ дБ = 3\ D = 9{,}97\ EV \quad (6)$$

В окружающей среде диапазон яркостей очень широк. Например, при освещении естественным светом освещенность может меняться от 200000 лк на прямом солнечном свете до 10 лк в глубокой тени внутри помещений за окнами. В этом случае динамический диапазон камеры должен был бы равняться 20000 или 86 дБ [1].

Выше не было сказано, в чем состоит смысл понятия «может быть передано». Поэтому такое определение динамического диапазона допускает произвольные толкования и должно быть как-то конкретизировано. Для этого надо определить смысл ситуаций «яркость передана» и «яркость не передана». Это может быть сделано разными способами, рассмотрим два из них.

Простейшая конкретизация основана на ограничении диапазона яркостей диапазоном выходного сигнала камеры или диапазоном выходных цифровых кодов. Типичная цифровая камера формирует выходные коды от 0 до 255 (1 байт или 8 бит кода яркости). При этом яркость, которая равна $E_{МАКС}$ передается кодом 255. Однако все яркости, которые превышают $E_{МАКС}$, тоже передаются этим же кодом, то есть информация о них теряется. Это называется ограничением сверху.

С другой стороны минимальная яркость $E_{МИН}$, информация о которой еще передается, кодируется кодом 1. Все яркости, которые меньше, чем $E_{МИН}$, передаются кодом 0, то есть информация о них также теряется. Это ограничение снизу.

Тогда простейшее определение динамического диапазона может быть конкретизировано следующим образом.

Определение 1.

Динамический диапазон – это отношение максимальной яркости объекта $E_{МАКС}$, при которой еще нет ограничения сверху к минимальной яркости $E_{МИН}$, при которой еще нет ограничения снизу.

Для вычисления или измерения динамического диапазона необходимо вычислять или измерять яркости. Во многих случаях значительно легче измерить или вычислить уровень или код выходного сигнала. Если известна функциональная зависимость между яркостью и выходным сигналом, то динамический

диапазон можно рассчитывать, по найденным максимальным и минимальным уровням или кодам сигнала [2].

Например, предположим, что камера использует однобайтовое кодирование, а зависимость между яркостью и кодом прямо пропорциональная (линейная). Тогда динамический диапазон составит 255 или 24 дБ.

Определение динамического диапазона через диапазон ограничений обладает существенными недостатками. Наверно, самый серьезный из них – то, что не учитывается влияние помех, в первую очередь, создаваемых внутренними шумами камеры, а также погрешностей квантования при преобразовании в цифровой код.

С этой точки зрения более правильное определение динамического диапазона должно содержать указание на некоторое минимально допустимое отношение сигнал/шум. При малых отношениях сигнал/шум, то есть при малой яркости значительная часть информации о яркости также теряется [3].

Определение 2.

Динамический диапазон – это отношение максимальной яркости объекта $E_{МАКС}$, при которой еще нет ограничения сверху к минимальной яркости $E_{МИН}$, при которой отношение сигнал/шум еще не меньше минимально допустимого.

Несмотря на то, что определение 2 теоретически более корректно, в очень многих практических случаях под динамическим диапазоном упрощенно понимают величину, найденную по определению 1, то есть без учета помех.

Понятие динамического диапазона может быть применено как ко всей видеосистеме, так и к ее элементам. Цифровые коды, полученные камерой, могут быть сохранены в файл или переданы по каналам связи в других форматах, с другим количеством битов, с преобразованием цветового пространства или со сжатием [4].

При этом, если рассматривать одиночный кадр, то вся последующая система в целом не улучшает его динамический диапазон по сравнению с динамическим диапазоном камеры. Однако, конечно, правильно спроектированная система не должна заметно ухудшать динамический диапазон снимка, полученного камерой.

Например, динамический диапазон файла формата JPEG определяется стандартом sRGB и равен примерно 12 EV (по определению 1). Из них лишь 8-9 EV реально полезны из-за погрешностей квантования и сжатия (динамический диапазон по определению 2).

Динамический диапазон файлов и датчиков камер часто путают с количеством бит, используемых для записи информации, однако прямой связи между этими величинами нет. Поэтому, например, динамический диапазон Radiance HDR (32 бита на пиксель) больше, чем 16-битного RGB TIFF (48 битов на пиксель). Динамический диапазон файлов формата Radiance HDR – 256 EV (по определению 1). Яркости пикселей в Radiance HDR хранятся не в целочисленном виде, а в формате с плавающей запятой [5,6].

Методы улучшения динамического диапазона

Существует возможность улучшения динамического диапазона системы с помощью учета информации из нескольких кадров. В этом случае динамический диапазон результата обработки – выходного снимка может быть заметно

лучше динамического диапазона отдельного кадра. Такие методы в настоящее время используются и в значительной мере исследованы, однако их актуальность остается высокой. Следует отметить, что улучшение динамического диапазона в рассматриваемых методах достигается в обмен на длительность выдержки выходного кадра, в связи с чем они не пригодны для съемки быстро движущихся объектов.

Теоретически могут быть предложены также методы улучшения динамического диапазона отдельного кадра, например, в обмен на разрешающую способность. Однако, снижение разрешающей способности очень часто недопустимо.

Рассмотренная выше камера с 8-битовым целочисленным кодированием и линейной функцией преобразования яркость-код дает узкий динамический диапазон 255. Иногда его называют SDR, то есть Standard Dynamic Range или LDR (Low Dynamic Range). Далее чаще всего кадр сохраняется в формате JPEG, а видео – в MPEG. Они позволяют представить динамический диапазон порядка 1000. В итоге динамический диапазон системы не превышает 255 (48 дБ), так как форматы файлов не могут его улучшить.

Динамический диапазон цифровых фотоаппаратов на начало 2008 года составлял от 7-8 EV у компактных камер до 10-12 EV у цифровых зеркальных камер. При этом необходимо помнить, что матрица передает объекты съёмки с разным качеством, детали в тенях искажаются шумами, в светах – передаются очень хорошо. Максимальный динамический диапазон зеркальных камер доступен только при съемке в формате RAW, при конвертации в JPEG камера обрезает детали, сокращая диапазон до 7,5-8,5 EV (в зависимости от настроек контраста камеры) [2].

Известно название HDR (High Dynamic Range). Это общее обозначение технологий, позволяющих получить изображения и видео, динамический диапазон которых превышает SDR. В настоящее время эти технологии применяются по большей части в фотографии, но постепенно расширяется и область HDR-видео.

Видеокамеры с широким динамическим диапазоном (WDR) предназначены для обеспечения качественного изображения при встречной засветке и наличии в кадре как очень ярких, так и очень темных областей и деталей. При этом яркие области не насыщаются, а темные не отображаются слишком темными. Такие камеры обычно рекомендуются для организации наблюдения за объектом, находящимся напротив окон, в освещенном сзади проеме двери или ворот, а также при большом контрасте объектов.

Решение проблемы недостаточного динамического диапазона без изменения сцены, освещённости и ракурса достигается двумя путями.

1. Увеличение динамического диапазона сенсоров камер. Так, например, видеокамеры для систем наблюдения имеют заметно больший динамический диапазон, чем фотокамеры, однако это достигается путем ухудшения других характеристик камеры.

2. Комбинирование нескольких изображений, в том числе снятых с разной экспозицией (технология HDR), в результате, которого возникает единое изо-

бражение, содержащее все детали из всех исходных изображений, как в крайних тенях, так и в максимальных светах.

Первый путь может быть реализован только в самой камере. Второй путь можно использовать с обычной камерой при подходящих условиях съемки, позволяющих делать несколько снимков объекта.

Рассмотрим основные технологические решения, которые используются, чтобы обеспечить расширенный динамический диапазон самой видеокамеры.

1. Множественное отображение кадра – видеокамера захватывает несколько полных изображений или его отдельных областей. При этом каждая картинка отображает различную область динамического диапазона. После чего камера объединяет эти различные изображения, чтобы воспроизвести единое изображение с расширенным динамическим диапазоном (WDR).

2. Использование нелинейных, обычно логарифмических, датчиков – в этом случае степень чувствительности при различных уровнях освещения различна, что позволяет обеспечить широкий динамический диапазон яркости изображения в одном кадре.

Для получения нескольких кадров можно использовать 2 метода.

1. Параллельное отображение двумя или более датчиками изображения, сформированного общей оптической системой. В этом случае каждый датчик захватывает различную часть динамического диапазона сцены за счет различного времени экспонирования (накопления), различного оптического ослабления в индивидуальном оптическом тракте или за счет использования датчиков различной чувствительности.

2. Последовательное отображение изображения единственным датчиком с различными временами экспонирования (накопления). В простейшем случае производится по крайней мере два снимка: с максимальным и с более коротким временем накопления [7].

Последовательное отображение, как наиболее простое решение, используется чаще всего. Длительное накопление обеспечивает видимость наиболее темных частей объекта, однако самые яркие фрагменты могут не прорабатываться и даже приводить к насыщению фотоприемника. Картинка, получаемая с малым накоплением, адекватно отображает светлые фрагменты изображения, не прорабатывая темные области, находящиеся на уровне шума. Сигнальный процессор изображения камеры объединяет обе картинки, беря яркие части от "короткой", а темные части от "длительной" картинки [7].

В современных камерах видеонаблюдения Sony для расширения динамического диапазона на основе получения двух изображений в основном применяются матрицы двойного сканирования (Double Scan CCD) ICX 212 (NTSC), ICX213 (PAL) и специальные процессоры для обработки изображения, например SS-2WD или SS-3WD. Если типовая камера накапливает поле 1/60 с (PAL-1/50 с), то камера с такой матрицей составляет поле из двух изображений, полученных путем накопления, за 1/120 с (PAL-1/100 с) для мало освещенных деталей и за период от 1/120 до 1/4000 с для сильно освещенных деталей. Эта технология позволяет "довести" динамический диапазон до 60-65 дБ.

Другим вариантом расширения динамического диапазона является применяемая сейчас компанией Panasonic технология Super Dinamic III. Она также

основана на двойном экспонировании кадра за 1/60 с (1/50С-PAL) и 1/8000 с. Далее производится анализ гистограмм, разделение картинки на четыре варианта с различной гамма-коррекцией и их интеллектуальное суммирование в процессоре камеры. Подобная система расширяет динамический диапазон до 128 раз (на 42 дБ).

Наиболее перспективной технологией расширения динамического диапазона телекамеры на сегодня является технология Digital Pixel System™ (DPS), разработанная в Стенфордском университете и запатентованная компанией PIXIM Inc. Основным нововведением для DPS является использование АЦП непосредственно в каждом пикселе CMOS-матрицы. Это препятствуют ухудшению отношения сигнал/шум.

В технологии PIXIM используется пятиуровневый мультисемплинг, что означает, что можно позволяет получать сигнал от АЦП с одним из пяти значений экспозиции. Во время экспонирования производится измерение скорости накопления заряда в пикселе. АЦП сам определяет, когда прекратить экспонирование и сохранить полученное значение до того, как произойдет перенасыщение пикселя и прекратится дальнейшее накопление заряда. Кроме кода яркости, полученного от АЦП, в этой технологии для каждого пикселя сохраняются выбранное значение экспозиции и измеренный уровень шума.

Поскольку у каждого пикселя есть свой встроенный АЦП и параметры освещенности измерены и обработаны независимо, то каждый пиксель в действительности действует как отдельная камера. В современных камерах PIXIM используется квантование в 14 и даже в 17 бит. Относительно невысокая чувствительность, как основной недостаток CMOS-технологии, характерна и для PIXIM. Типовая чувствительность камер этой технологии ~1 лк. Типовое значение отношения сигнал/шум для формата 1/3" составляет 48-50 дБ. Заявляемый максимальный динамический диапазон – до 120 дБ с типовым значением 90-95 дБ. Возможность регулирования времени накопления для каждого пикселя матрицы сенсора позволяет при формировании изображения использовать такой метод обработки сигнала, как метод выравнивания локальных гистограмм, позволяющий резко повысить информативность изображения. Технология позволяет полностью компенсировать засветку фона, выделить детали, оценить пространственное положение объектов и деталей, находящихся не только на переднем, но и на заднем плане изображения.

Выводы

1. Наиболее корректное определение динамического диапазона видеосистемы должно учитывать влияние шума, а не только ограничения разрядной сетки звеньев системы.

2. Существует возможность обмена динамического диапазона на параметры разрешения по времени или пространству. Наиболее развиты в настоящее время методы, улучшающие динамический диапазон в обмен на удлиннение экспозиции.

Библиографический список

1. Видеокамеры с широким динамическим диапазоном [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sk46.ru/article/017/ (дата обращения: 18.02.2014).

2. Расшифровка терминов объективов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lens-club.ru/glossary/c_228.html (дата обращения: 13.02.2014).

3. Динамический диапазон в цифровой фотографии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials/dynamic-range.htm (дата обращения: 03.02.2014).

4. Сенсоры цифровых камер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials/camera-sensors.htm (дата обращения: 18.02.2014).

5. Попов, А. Методика тестирования по программе Imatest [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.popoval.ru/videotests/imatest/ (дата обращения: 14.02.2014).

6. Динамический диапазон и его практическое значение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.xela.ru/2010/08/dinamicheskij-diapazon-i-ego-prakticheskoe-znachenie/ (дата обращения: 09.02.2014).

7. Чура, Н. И. Телекамеры с широким динамическим диапазоном [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.secuteck.ru/articles2/videonabl/telekamery-s-shirokim-dinamicheskim-diapazonom (дата обращения: 06.02.2014).

© Будилов В. Н., Хаметов Р. Ш., 2014

УДК 004.738
В. Н. Будилов*
**Будилов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
kaf_iies@tolgas.ru
И. С. Лытарь*
**Лытарь Ирина Сергеевна, магистрант*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
kaf_iies@tolgas.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЕЙ ZIGBEE КАК РАДИОВОЛНОВЫХ ДАТЧИКОВ ПРИСУТСТВИЯ

Ключевые слова: датчик присутствия, радиоволновой датчик, сенсорная сеть, томографический датчик, ZigBee

Рассмотрены возможности создания устройства обнаружения турникетного типа на основе использования технологии ZigBee. Приводятся экспериментальные данные, полученные с помощью специализированных программ и позволяющие говорить о применимости данной технологии в устройствах обнаружения.

Датчик присутствия (иногда называемый датчиком движения) – это устройство, обнаруживающее появление людей в зоне своей чувствительности. Такие датчики широко применяются не только в системах охраны, сигнализации и обеспечения безопасности, но и в системах автоматического регулирования освещения, расхода воды, открывания дверей в общественных и корпоративных зданиях, а в последнее время также в системах «умный дом».

Хотя большинство таких датчиков используют инфракрасный пироэлектрический принцип действия, существуют также ультразвуковые, радиоволновые датчики, а также датчики на основе видеокамер. В то же время одной из проблем пироэлектрических датчиков является ненулевая вероятность ложных срабатываний от колебаний инфракрасного фона, вызванных естественными причинами. Возможность уменьшения вероятности ложной тревоги возникает, если использовать комбинацию принципов обнаружения, например, совместно применить пироэлектрический и радиоволновой принципы.

В отличие от известных устройств в настоящей работе в качестве радиоволнового канала обнаружения предлагается использовать радиоканал беспроводной технологии ZigBee [1-6], который используется также для беспроводной передачи сигнала срабатывания датчика. Обоснованием этой идеи служит то, что радиоканал ZigBee содержит встроенные в него готовые средства измерения параметров принятого радиоизлучения, в первую очередь – индикатор мощности принятого сигнала (RSSI – Received Signal Strength Indication).

Одно из современных направлений развития радиоволновых датчиков – так называемая «томографическая технология» (Tomographic Motion Detection, TMD) [7]. В этом случае датчик является многопозиционным и его отдельные

приемопередатчики образуют многосвязную (ячеистую) сеть, где каждый узел «общается» с другими». Следует отметить, что ячеистая сеть является одной из стандартных топологий ZigBee.

Целью эксперимента настоящей работы являлось исследование влияния появляющихся в контролируемой зоне движущихся объектов на уровень принимаемого сигнала ZigBee. И, соответственно, получение каких-либо экспериментальных подтверждений возможности использования модулей ZigBee в качестве устройств обнаружения турникетного типа.

Для исследования были взяты два модуля ZigBee компании Digi International (Xbee). Один из модулей подключался к ПК через COM-порт, другой был настроен в режим эхо-теста (рис. 1). Данные, поступающие через COM-порт на ПК обрабатывались с помощью бесплатной утилиты X-CTU [8] (рис. 2), предоставляемой для радиомодулей XBee компанией-производителем.

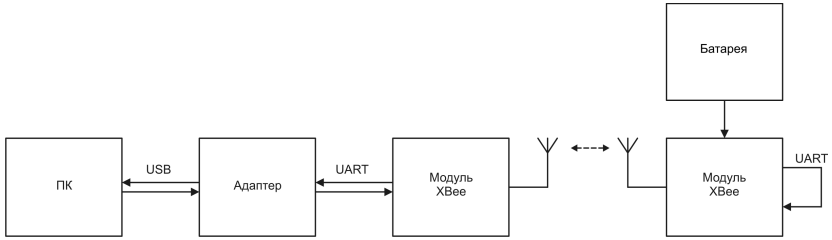


Рис. 1. Установка для экспериментов

Важной функцией этой программы, которая была использована для проведения эксперимента, является возможность выполнения операции «Range-test», т.е. теста связи с отображением уровня принимаемого сигнала в виде шкалы (рис. 2).

Однако, недостаток X-CTU в том, что она показывает только текущее значение RSSI и не дает возможности показать график и сохранить данные в файл. Поэтому была разработана специализированная программа Xcturssilogger (рис. 3). Эта программа, на основе данных, получаемых от утилиты X-CTU, строит диаграммы изменения интенсивности принимаемого сигнала, которые позволяют нам оценить влияние движущегося объекта-нарушителя на уровень принимаемого сигнала.

На рис. 4 представлены результаты при размещении модулей XBee на расстоянии 3 м друг от друга. Испытатель присутствовал в помещении начиная с момента времени 6:52:50 до 6:55:00. Остальное время все было неподвижно. Заметные изменения RSSI совпадают с интервалом движения объекта. Аналогичный опыт был проведен при расстоянии 5 м в пределах одного помещения. На рис. 5 показаны его данные. Во время движения объектов (испытателей) происходило скачкообразное изменение уровня RSSI.

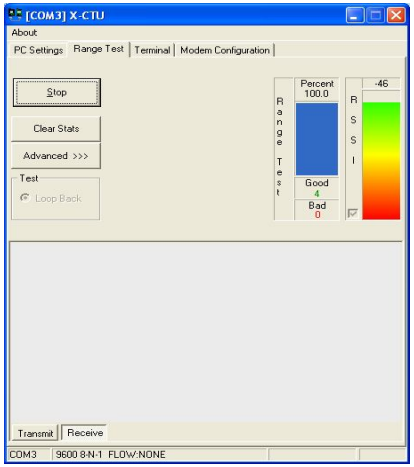


Рис. 2. Вкладка «Range-test» утилиты X-CTU

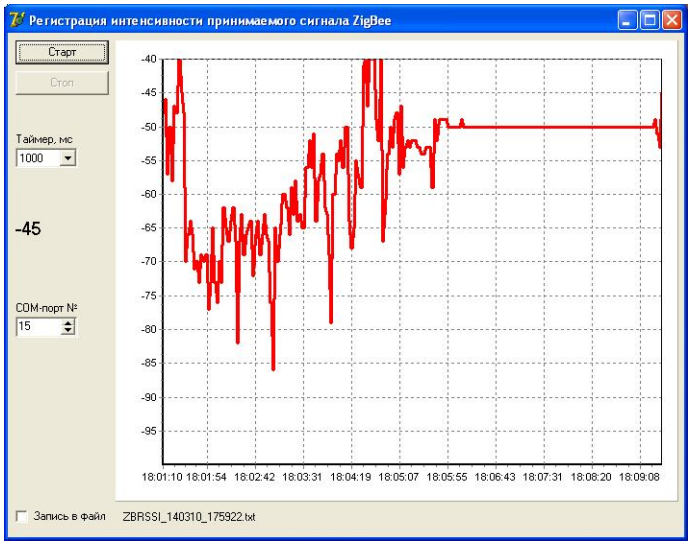


Рис. 3. Интерфейс программы Xcturssilogger

Как предполагалось, такой датчик способен обнаруживать движение объектов, находящихся вне помещений, если стены не полностью поглощают радиоволны. На следующих рис. 6 и 7 показаны результаты таких испытаний. На рис. 6 приведен пример, когда модули XBee располагались в соседних поме-

щениях. В период времени с 8:14 до 8:16 испытатель присутствовал в помещении 1. С 8:25 до 8:26 испытатель присутствовал в помещении 2. В обоих случаях наблюдаются заметные отклонения RSSI, которые могут использоваться для обнаружения объекта.

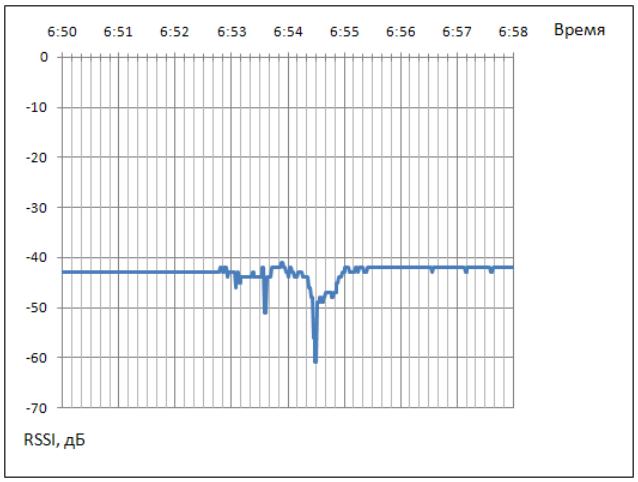


Рис. 4. Результаты испытаний при расстоянии 3 м



Рис. 5. Результаты испытаний при расстоянии 5 м

Пример рис. 7 показывает данные, полученные, когда модули XBee были расположены в двух различных помещениях, между которыми находилось еще одно помещение. Изменения RSSI, начинающиеся примерно с 9:02 соответствуют времени нахождения испытателя в этом промежуточном помещении.

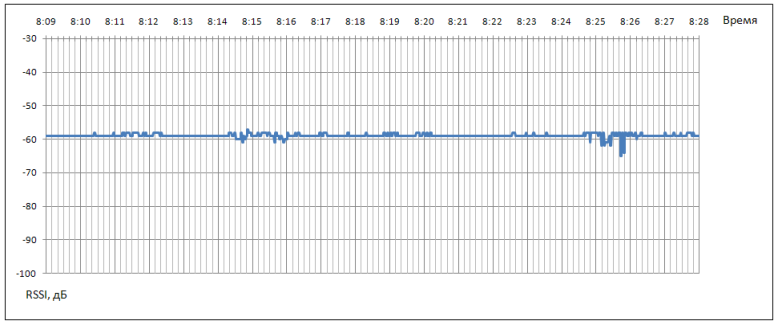


Рис. 6. Результаты испытаний в соседних помещениях

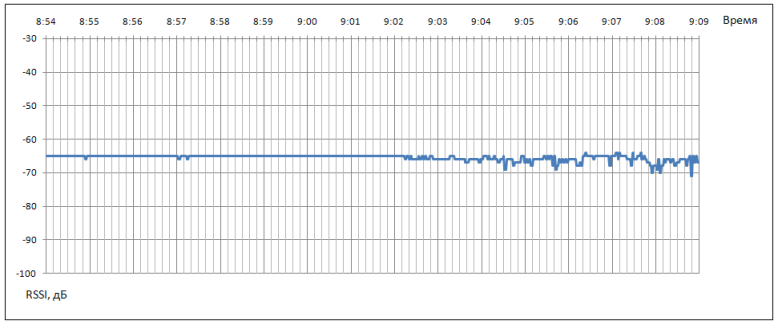


Рис. 7. Результаты испытаний в несмежных помещениях

Исходя из экспериментальных результатов можно сделать вывод, что они подтверждают возможность применения устройств ZigBee в качестве радиоволновых датчиков присутствия.

Библиографический список

1. Григорьев, В. А. Сети и системы радиодоступа [Текст] / В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, Ю. А. Распаев. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с.

2. Пушкарев, О. ZigBee-модули XBee: вопросы практического применения [Текст] // Беспроводные технологии. – 2009. – №3. – С. 18-21.

3. Агафонов, Н. Технологии беспроводной передачи данных ZigBee, BlueTooth, Wi-Fi [Текст] // Беспроводные технологии. – 2006. – №1. – С. 10-15.

4. Трифонов, С.В. Исследование и оптимизация работы беспроводной сенсорной сети на основе протокола ZigBee [Текст] / С.В. Трифонов, Я.А. Холодов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2012. – Т. 4. – № 4. – С. 855−869.

5. Артюшенко В. М., Корчагин В. А. Анализ особенностей распространения радиоволн в пикосетях беспроводных устройств малого радиуса действия

[Текст] // Теоретические и прикладные проблемы сервиса. – 2009. – №4(31) . – С.32−37.

6. Современные и перспективные технологии построения беспроводных сенсорных сетей. Научно-образовательный материал [Электронный ресурс] / Московский технический университет связи и информатики. – URL: www.mtuci.ru/education/nim/n4m3/nom1.doc (дата обращения: 12.03.2014).

7. Гриффин, Д. Томографический детектор движения: новое слово в системах безопасности? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://daily.sec.ru/2013/03/12/Tomograficheskiy-detektor-dvisheniya-novoe-slovo-v-sistemah-bezopasnosti-Perevod-Secru.html (дата обращения: 13.02.2014).

8. XCTU. Next generation configuration platform for XBee [Электронный ресурс] / Digi Interna-tional Inc. – URL: http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/xctu (дата обращения: 19.03.2014).

© Будилов В. Н., Лытарь И. С., 2014

УДК 004.738
В. Н. Будилов*
**Будилов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
kaf_iies@tolgas.ru
М. Э. Суслопарова*
**Суслопарова Маргарита Эдуардовна, магистрант*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
kaf_iies@tolgas.ru

О ПРЕДЕЛАХ СОКРАЩЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ДАТЧИКОВ

Ключевые слова: беспроводной датчик, сенсорная сеть, ZigBee, XBee, энергопотребление

Получены выражения для определения минимально допустимой излучаемой мощности для антенны беспроводного датчика в предположении ограничения по тепловым шумам. Показано несовершенство существующих технологий по критерию энергопотребления.

Преимущества технологий беспроводных сенсорных сетей [1-3] могут быть эффективно использованы для решения различных прикладных задач, связанных с распределенным сбором, анализом и передачей информации, например как автоматизация зданий (мониторинг температуры, расхода воздуха, присутствия людей и управление оборудованием отопления, вентиляции и кондиционирования с целью поддержания микроклимата; управление освещением и т. д.), промышленная автоматизация (дистанционный контроль и диагностика промышленного оборудования; техническое обслуживание оборудования по текущему состоянию, прогнозирование запаса надежности, мониторинг производственных процессов).

Так как в большинстве случаев беспроводные датчики в сенсорной сети питаются от батарей, снижение энергопотребление датчиков весьма значимо практически, а с научной точки зрения актуальны следующие вопросы:

– каковы пределы возможного уменьшения потребления в зависимости от дальности, скорости передачи и других параметров;

– насколько далеки существующие технологии сенсорных сетей от этих пределов.

В настоящей работе сделана попытка ответа на эти вопросы.

Первым основанием для дальнейшего анализа служит известное уравнение радиосвязи:

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi)^2 L^2}, \qquad (1)$$

где P_R – мощность, требуемая от приёмной антенны для приёма с заданной скоростью передачи информации при заданной интенсивности ошибок;

P_T – мощность, излучаемая передающей антенной;

G_R – коэффициент усиления приёмной антенны;

G_T – коэффициент усиления передающей антенны;

λ – длина волны несущей;

L – расстояние прямого прохождения волны (дальность действия системы).

Выражаем из данного уравнения требуемую мощность передающей антенны, которая нужна нам для расчета энергопотребления удаленного беспроводного датчика:

$$P_T = \frac{(4\pi)^2 L^2 P_R}{G_T G_R \lambda^2}. \qquad (2)$$

Вторым основанием анализа примем теорему Шеннона-Хартли для случая теплового шума, позволяющую связать мощность и предельную пропускную способность беспроводного канала связи:

$$C = F \log_2(1 + \frac{P_R}{kTF}), \qquad (3)$$

где C – пропускная способность, $с^{-1}$ (бит/с);

F – полоса частот канала связи, Гц;

k – постоянная Больцмана ($1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К);

T – температура приемной антенны.

Выразим отсюда минимально допустимую мощность сигнала, принимаемого приемной антенной:

$$P_R = kTF(2^{\frac{C}{F}} - 1). \qquad (4)$$

В табл. 1 приведены некоторые значения P_R для скоростей передачи, характерных для беспроводных датчиков. Температура была принята равной 300 К, так как в большинстве случаев в системах с беспроводными датчиками антенна и приемное устройство являются неохлаждаемыми.

Таблица 1

Минимально допустимая мощность принимаемого сигнала при температуре 300 К, Вт

	F =1 кГц	F =10 кГц	F =100 кГц	F =1 МГц
C =10 бит/с	$2{,}9 \cdot 10^{-20}$	$2{,}9 \cdot 10^{-20}$	$2{,}9 \cdot 10^{-20}$	$2{,}9 \cdot 10^{-20}$
C =100 бит/с	$3 \cdot 10^{-19}$	$2{,}9 \cdot 10^{-19}$	$2{,}9 \cdot 10^{-19}$	$2{,}9 \cdot 10^{-19}$
C =1 кбит/с	$4{,}1 \cdot 10^{-18}$	$3 \cdot 10^{-18}$	$2{,}9 \cdot 10^{-18}$	$2{,}9 \cdot 10^{-18}$
C =10 кбит/с	$4{,}2 \cdot 10^{-15}$	$4{,}1 \cdot 10^{-17}$	$3 \cdot 10^{-17}$	$2{,}9 \cdot 10^{-17}$

Характерно резкое возрастание требуемой мощности при $C > F$, то есть когда увеличение пропускной способности должно реализовываться без увеличения полосы занимаемых частот, за счет многоуровневого кодирования. В

связи с неоптимальным энергопотреблением далее не будем рассматривать этот случай.

Для целей настоящей работы более важен случай, когда $C << F$ (или $\frac{C}{F} << 1$). Тогда можно заменить показательную функцию в (4) ее линейным приближением в точке $C = 0$:

$$2^{\frac{C}{F}} \approx 1 + C \left. \frac{d\left(2^{\frac{C}{F}}\right)}{dC} \right|_{C=0} = 1 + C\frac{\ln 2}{F} \qquad (5)$$

и выражение для минимально допустимой мощности (4) приобретает вид

$$P_R \approx kTC \ln 2 . \qquad (6)$$

Подставляя (4) и (6) в (2) получаем выражения минимально допустимой излучаемой мощности:

$$P_T = \frac{(4\pi)^2 L^2 kTF(2^{\frac{C}{F}} - 1)}{G_T G_R \lambda^2}, \qquad (7)$$

$$P_T \approx \frac{(4\pi)^2 L^2 kTC \ln 2}{G_T G_R \lambda^2} \text{ при } C << F . \qquad (8)$$

Пользуясь ими и зная к.п.д. передатчика, очевидно, можно рассчитать потребление от батареи удаленного датчика.

Рассмотрим в качестве примера беспроводной датчик ZigBee со следующими параметрами:

L = 90 м (примерно равно заявленной дальности действия приемопередающего модуля Xbee []);

$G_R = G_T = 1$;

λ = 0,123 м (соответствует частоте 2,44 ГГц посредине нелицензируемого диапазона);

C = 250 кбит/с (максимальная полная скорость передачи ZigBee, включая служебную информацию).

Так как 250 $с^{-1}$ << $5 \cdot 10^6$ Гц, то есть скорость передачи намного меньше полосы частот, можно использовать приближенную формулу (8):

$$P_T \approx \frac{(4 \cdot 3{,}14)^2 \cdot 90^2 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \cdot 250000 \cdot 0{,}693}{0{,}123^2} \text{ Вт} = 6{,}07 \cdot 10^{-08} \text{ Вт} = 0{,}06 \text{ мкВт}.$$

Излучаемая мощность приемопередатчика XBee на самом деле составляет около 1 мВт, что более чем на 4 порядка выше.

Подставляя приведенные выше примерные параметры в (6) можно получить значение минимально допустимой принимаемой мощности $7{,}17 \cdot 10^{-16}$ Вт, что соответствует уровню –121 дБмВт. В то же время заявленная чувствительность XBee равна –92 дБ, то есть почти на три порядка хуже. Возможно, чувствительность этих модулей ограничена не тепловыми шумами, а внешними радиопомехами.

Таким образом, получены выражения, позволяющие оценить предельные, минимально возможные параметры энергопотребления беспроводных датчиков, передающих информацию по радиоканалу. Проведенные по ним расчеты показывают, что существующие в настоящий момент радиотехнологии для таких датчиков далеки от совершенства по критерию энергопотребления.

Библиографический список

1. Григорьев, В. А. Сети и системы радиодоступа [Текст] / В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, Ю. А. Распаев. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с.

2. Пушкарев, О. ZigBee-модули XBee: вопросы практического применения [Текст] // Беспроводные технологии. – 2009. – №3. – С. 18-21.

3. Агафонов, Н. Технологии беспроводной передачи данных ZigBee, BlueTooth, Wi-Fi [Текст] // Беспроводные технологии. – 2006. – №1. – С. 10-15.

4. XBee®/XBee-PRO® ZB RF Modules [Электронный ресурс] / Digi Internaitonal, Inc. – 2012. – 157 p. – URL: http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976_C.pdf (дата обращения 16.03.2014).

© Будилов В. Н., Суслопарова М. Э., 2014

УДК 004.932.2
И. Н. Губчик*
**Губчик Игорь Николаевич, аспирант*
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь
gubchikin@gmail.com

КАЛИБРОВКА КАМЕРЫ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ОБЪЕКТОВ СЛУЧАЙНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ

Ключевые слова: калибровка системы технического зрения, абберации объектива, проективные преобразования

В статье рассматривается метод калибровки системы технического зрения. Калибровка системы может осуществляться с использованием калибровочных объектов или же по информации об фотографируемых объектах известных геометрических форм. В данной работе описывается метод калибровки системы без использования данных о калибровочных объектах или каких-либо других объектов известных геометрических форм. Главной задачей метода является нахождение коэффициентов корректировки дисторсии объектива.

Для систем, используемых для непосредственных измерений, необходимо производить предварительную калибровку. Под калибровкой систем машинного зрения подразумевается определение параметров преобразования координат объекта из мировой системы координат в систему координат плоскости сенсора камеры (изображения). Системы, включающие камеру с объективом, для точной калибровки требуют специальные калибровочные объекты с известными пространственными параметрами (фотограмметрическая калибровка) [1]. Данные объекты изготавливаются с заданной точностью, которая зависит от поставленной задачи к системе машинного зрения. Стоимость изготовления калибровочных объектов или невозможность их использования часто затрудняют задачу калибровки. Для решения данной проблемы были предложены методы самокалибровки камеры [2], [3], при условии использования объектов известных геометрических форм, например, жилых зданий. С развитием архитектурных идей в городских пейзажах, а также отсутствия объектов с известными пространственными параметрами (линии, окружности), например, при съемке объектов природного ландашфта, требуется применение иных методов калибровки [4].

Предлагаемый метод калибровки системы камеры и объектива предназначен для определения внутренних нелинейных параметров системы, связанных с дисторсией объектива, и их последующей корректировкой. Предполагается, что для калибровки используется совокупность изображений одного и того же объекта, сделанных с различных ракурсов при фиксированном фокусном расстоянии f объектива. Фотографируемый объект может быть любой геометрической формы.

Преобразование координат объекта из мировой системы координат (X,Y,Z) в систему координат плоскости сенсора камеры (X_c,Y_c,Z_c) математически описывается проективным преобразованием (формула 1), описывающим пространственное расположение камеры относительно объекта, и нелинейными искажениями (абберациями) объектива, доминирующей из которых является дисторсия (формула 2). Важным условием модели является последовательность применения преобразований, которая влияет на решение задачи калибровки. Мы принимаем, что в системе камеры и объектива при переходе из системы (X,Y,Z) в систему (X_c,Y_c,Z_c) применяется последовательно проективное преобразование, а затем функция дисторсии объектива. Введем также промежуточную систему координат (X^*,Y^*,Z^*) для координат объекта после применения проективного преобразования.

$$\begin{pmatrix} x^* \\ y^* \\ z^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \end{pmatrix} \cdot x + \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \end{pmatrix} \cdot y + \begin{pmatrix} a_{13} \\ a_{23} \\ a_{33} \end{pmatrix} \cdot z, \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^* \\ y^* \\ z^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1+b_1R^2+b_2R^4+b_3R^6 \\ 1+b_1R^2+b_2R^4+b_3R^6 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2b_4x^*R^2+b_5(R^2+2x^{*2})+2b_6x^*y^*R^2+b_7(R^4+2x^{*2}R^2) \\ b_4(R^2+2y^{*2})+2b_5y^*R^2+b_6(R^4+2y^{*2}R^2)+2b_7x^*y^*R^2 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где (x,y,z) – координаты в мировой системе координат,

$a_{11},a_{12},..,a_{33}$ – коэффициенты проективного преобразования,

(x^*,y^*,z^*) – координаты в промежуточной системе координат,

(x_c,z_c,y_c) – координаты в плоскости сенсора камеры,

$b_1,b_2,..,b_7$ – коэффициенты дисторсии. В общем случае функция дисторсии представляется бесконечным количеством коэффициентов, однако ограничимся первыми 3-4 параметрами радиальной и тангенциальной дисторсии, которые вносят наибольший вклад в функцию дисторсии.

$R=\sqrt{(x^*)^2+(y^*)^2}$ - радиус-вектор в промежуточной системе координат.

Предлагаемый метод калибровки требует не менее двух изображений одного и того же объекта в мировой системе координат. На рисунке 1 схематически изображены преобразования из мировой системы координат (X,Y,Z) в системы координат плоскости первого изображения (X_{c1},Y_{c1},Z_{c1}) и второго изображения (X_{c2},Y_{c2},Z_{c2}). Необходимо, чтобы съемка изображений производилась с различных ракурсов.

При получении двух различных изображений одного и того же объекта неизменной остается только функция дисторсии объектива камеры (2). Известными данными в представленной на рисунке 1 системе являются координаты в системах изображений (X_{c1},Y_{c1},Z_{c1}) и (X_{c2},Y_{c2},Z_{c2}). Рассмотрим преобразование (рисунок 2) из системы координат (X_{c1},Y_{c1},Z_{c1}) в систему координат

(X_{c2}, Y_{c2}, Z_{c2}), введя на рассмотрение функцию корректировки дисторсии (формула 3).

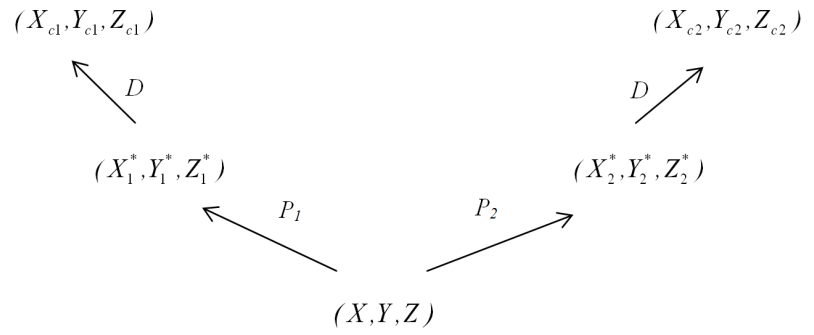


Рис. 1. Схематическое представление преобразования координат из мировой системы в систему координат плоскости камеры при различном расположении камеры относительно объекта: D – функция дисторсии, P_1, P_2 – проективные преобразования для первого и второго изображения соответственно.

$$\begin{pmatrix} x^* \\ y^* \\ z^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1+c_1r^2+c_2r^4+c_3r^6 \\ 1+c_1r^2+c_2r^4+c_3r^6 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2c_4x_cr^2+c_5(r^2+2x_c^2)+2c_6x_cy_cr^2+c_7(r^4+2x_c^2r^2) \\ c_4(r^2+2y_c^2)+2c_5y_cr^2+c_6(r^4+2y_c^2r^2)+2c_7x_cy_cr^2 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где $c_1, c_2, .., c_7$ – коэффициенты функции корректировки дисторсии,

$r = \sqrt{x_c^2 + y_c^2}$ – радиус-вектор в системе координат изображения.

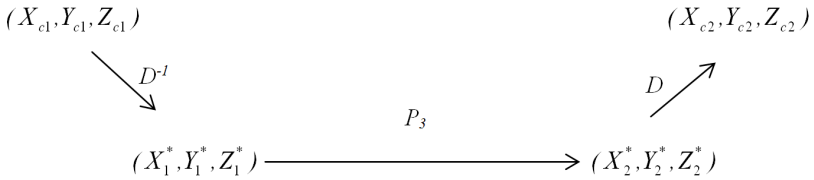


Рис. 2. Схематическое представление преобразования координат из системы координат изображения 1 в систему координат изображения 2: D^{-1} – функция корректировки дисторсии, P_3 – проективное преобразование из промежуточной системы координат для изображения 1 в промежуточную систему координат для изображения 2

Как видно из рисунка 2, необходимо определение параметров трех функций: проективного преобразования P_3, дисторсии D и корректировки дисторсии D^{-1}. Для упрощения расчетов заменим функцию дисторсии D на функцию корректировки дисторсии D^{-1} с изменением этапов преобразований (рисунок 3).

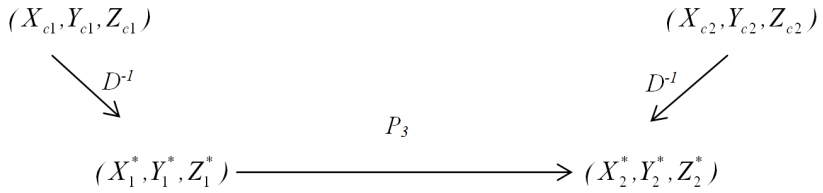


Рис. 3. Схематическое представление упрощенного преобразования координат из системы координат изображения 1 в систему координат изображения 2

Исходя из рисунка 3, неизвестными функциями являются проективное преобразование P_3 и функция корректировки дисторсии D^{-1}. Как написано выше, задачей предлагаемой калибровки системы машинного зрения является корректировка дисторсии объектива, то есть определение параметров фунции D^{-1}. Представленное на рисунке 3 преобразование математически записывается как:

$$D^{-1}\begin{pmatrix} x_{c1} \\ y_{c1} \\ z_{c1} \end{pmatrix} = P_3\left(D^{-1}\begin{pmatrix} x_{c2} \\ y_{c2} \\ z_{c2} \end{pmatrix}\right).$$

Сделаем некоторые упрощения расчетов. С учетом того, что изображения, получаемые с фотокамеры, являются двумерными, значение координаты Z в однородной системе координат равно 1:

$$D^{-1}\begin{pmatrix} x_{c1} \\ y_{c1} \\ 1 \end{pmatrix} = P_3\left(D^{-1}\begin{pmatrix} x_{c2} \\ y_{c2} \\ 1 \end{pmatrix}\right),$$

а также перейдем из системы координат изображения (X_c, Y_c, Z_c) в промежуточную систему координат (X^*, Y^*, Z^*) с учетом уравнения (3):

$$\begin{pmatrix} x_1^* \\ y_1^* \\ 1 \end{pmatrix} = P_3\begin{pmatrix} x_2^* \\ y_2^* \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Распишем уравнение (5) в соответствии с видом проективного преобразования (1) в однородной системе координат:

$$\begin{pmatrix} x_1^* \\ y_1^* \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \end{pmatrix} \cdot x_2^* + \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \end{pmatrix} \cdot y_2^* + \begin{pmatrix} a_{13} \\ a_{23} \\ a_{33} \end{pmatrix} \cdot 1 ,$$

$$\begin{cases} x_1^* = a_{11} \cdot x_2^* + a_{12} \cdot y_2^* + a_{13} \\ y_1^* = a_{21} \cdot x_2^* + a_{22} \cdot y_2^* + a_{23} \\ 1 = a_{31} \cdot x_2^* + a_{32} \cdot y_2^* + a_{33} \end{cases},$$

$$\begin{cases} x_1^* = \dfrac{a_{11} \cdot x_2^* + a_{12} \cdot y_2^* + a_{13}}{a_{31} \cdot x_2^* + a_{32} \cdot y_2^* + a_{33}} \\ y_1^* = \dfrac{a_{21} \cdot x_2^* + a_{22} \cdot y_2^* + a_{23}}{a_{31} \cdot x_2^* + a_{32} \cdot y_2^* + a_{33}} \end{cases},$$

$$\begin{cases} x_1^* \cdot (a_{31} \cdot x_2^* + a_{32} \cdot y_2^* + a_{33}) = a_{11} \cdot x_2^* + a_{12} \cdot y_2^* + a_{13} \\ y_1^* \cdot (a_{31} \cdot x_2^* + a_{32} \cdot y_2^* + a_{33}) = a_{21} \cdot x_2^* + a_{22} \cdot y_2^* + a_{23} \end{cases}. \quad (6)$$

Допустим, что система машинного зрения включает камеру-обскуру, а значит нелинейные искажения, вносимые объективом, отсутствуют. В данном случае система координат (X_c, Y_c, Z_c) будет совпадать с системой координат (X^*, Y^*, Z^*). Тогда задача калибровки камеры будет состоять в решении системы (6). Параметры системы определяются методом наименьших квадратов. Для этого решение запишем в виде функционала минимизации квадрата расстояния между искомыми координатами точки и преобразованными:

$$\Phi(a_{11}, a_{12}, .., a_{33}) = \sum_n [\, a_{31} \cdot x_2^* \cdot x_1^* + a_{32} \cdot y_2^* \cdot x_1^* + a_{33} - a_{11} \cdot x_2^* - a_{12} \cdot y_2^* - a_{13}]^2 +$$

$$+ \sum_n [\, a_{31} \cdot x_2^* \cdot y_1^* + a_{32} \cdot y_2^* \cdot y_1^* + a_{33} - a_{21} \cdot x_2^* - a_{22} \cdot y_2^* - a_{23}]^2 \to 0 . \quad (7)$$

где n – количество идентичных точек на двух изображениях. Единственной точки недостаточно для определения всех параметров функционала (7).

Перед решением функционала (7) распишем формулу проективного преобразования:

$$H = \begin{bmatrix} cos\,\alpha & -sin\,\alpha & t_x \\ sin\,\alpha & cos\,\alpha & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c & -d & 0 \\ 0 & \dfrac{1}{c} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ s_x & s_y & M \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} cos\,\alpha \cdot c + s_x \cdot t_x & cos\,\alpha \cdot d + s_y \cdot t_x - \dfrac{sin\,\alpha}{c} & M \cdot t_x \\ sin\,\alpha \cdot c + s_x \cdot t_y & \dfrac{cos\,\alpha}{c} + sin\,\alpha \cdot d + s_y \cdot t_y & M \cdot t_y \\ s_x & s_y & M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

где α - угол поворота;

t_x, t_y - сдвиг вдоль осей x и y соответственно;

c, d - коэффициенты растяжения;

s_x, s_y - скалярные величины, используемые при преобразовании в однородные координаты;

M - коэффициент пропорционального масштабирования. Для упрощения данный коэффициент принимаем, равен 1, при этом остальные коэффициенты будут пропорционально изменены. Тогда упрощенный функционал будет иметь вид:

$$\Phi(a_{11}, a_{12}, .., a_{32}) = \sum_n [\, a_{31} \cdot x_2^* \cdot x_1^* + a_{32} \cdot y_2^* \cdot x_1^* - a_{11} \cdot x_2^* - a_{12} \cdot y_2^* - a_{13} + 1]^2 +$$

$$+ \sum_n [\, a_{31} \cdot x_2^* \cdot y_1^* + a_{32} \cdot y_2^* \cdot y_1^* - a_{21} \cdot x_2^* - a_{22} \cdot y_2^* - a_{23} + 1]^2 \to 0 . \quad (8)$$

Возвращаясь к системе машинного зрения без идеальной камеры, функционал (8) уже не является полным решением задачи калибровки, поскольку объектив вносит нелинейные искажения, не учитываемые в формуле (8). Для этого переходим из промежуточной системы координат (X^*, Y^*, Z^*) в систему изображения (X_c, Y_c, Z_c), подставляя уравнения (3) в функционал (8):

$$\Phi(a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{31}, a_{32}, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7) = \sum_n [$$

$$a_{31} \cdot (x_{c2} + x_{c2} c_1 r_2^2 + x_{c2} c_2 r_2^4 + x_{c2} c_3 r_2^6 + 2c_4 x_{c2} r_2^2 + c_5 (r_2^2 + 2x_{c2}^2) + 2c_6 x_{c2} y_{c2} r_2^2 + c_7 (r_2^4 + 2x_{c2}^2 r_2^2)) \cdot$$
$$\cdot (x_{c1} + x_{c1} c_1 r_1^2 + x_{c1} c_2 r_1^4 + x_{c1} c_3 r_1^6 + 2c_4 x_{c1} r_1^2 + c_5 (r_1^2 + 2x_{c1}^2) + 2c_6 x_{c1} y_{c1} r_1^2 + c_7 (r_1^4 + 2x_{c1}^2 r_1^2))$$
$$+ a_{32} \cdot (y_{c2} + y_{c2} c_1 r_2^2 + y_{c2} c_2 r_2^4 + y_{c2} c_3 r_2^6 + c_4 (r_2^2 + 2y_{c2}^2) + 2c_5 y_{c2} r_2^2 + c_6 (r_2^4 + 2y_{c2}^2 r_2^2) + 2c_7 x_{c2} y_{c2} r_2^2) \cdot$$
$$\cdot (x_{c1} + x_{c1} c_1 r_1^2 + x_{c1} c_2 r_1^4 + x_{c1} c_3 r_1^6 + 2c_4 x_{c1} r_1^2 + c_5 (r_1^2 + 2x_{c1}^2) + 2c_6 x_{c1} y_{c1} r_1^2 + c_7 (r_1^4 + 2x_{c1}^2 r_1^2))$$
$$- a_{11} \cdot (x_{c2} + x_{c2} c_1 r_2^2 + x_{c2} c_2 r_2^4 + x_{c2} c_3 r_2^6 + 2c_4 x_{c2} r_2^2 + c_5 (r_2^2 + 2x_{c2}^2) + 2c_6 x_{c2} y_{c2} r_2^2 + c_7 (r_2^4 + 2x_{c2}^2 r_2^2))$$
$$- a_{12} \cdot (y_{c2} + y_{c2} c_1 r_2^2 + y_{c2} c_2 r_2^4 + y_{c2} c_3 r_2^6 + c_4 (r_2^2 + 2y_{c2}^2) + 2c_5 y_{c2} r_2^2 + c_6 (r_2^4 + 2y_{c2}^2 r_2^2) + 2c_7 x_{c2} y_{c2} r_2^2)$$
$$- a_{13} + 1]^2 + \sum_n [\quad (9)$$

$$a_{31} \cdot (x_{c2} + x_{c2} c_1 r_2^2 + x_{c2} c_2 r_2^4 + x_{c2} c_3 r_2^6 + 2c_4 x_{c2} r_2^2 + c_5 (r_2^2 + 2x_{c2}^2) + 2c_6 x_{c2} y_{c2} r_2^2 + c_7 (r_2^4 + 2x_{c2}^2 r_2^2)) \cdot$$
$$\cdot (y_{c1} + y_{c1} c_1 r_1^2 + y_{c1} c_2 r_1^4 + y_{c1} c_3 r_1^6 + c_4 (r_1^2 + 2y_{c1}^2) + 2c_5 y_{c1} r_1^2 + c_6 (r_1^4 + 2y_{c1}^2 r_1^2) + 2c_7 x_{c1} y_{c1} r_1^2)$$
$$+ a_{32} \cdot (y_{c2} + y_{c2} c_1 r_2^2 + y_{c2} c_2 r_2^4 + y_{c2} c_3 r_2^6 + c_4 (r_2^2 + 2y_{c2}^2) + 2c_5 y_{c2} r_2^2 + c_6 (r_2^4 + 2y_{c2}^2 r_2^2) + 2c_7 x_{c2} y_{c2} r_2^2) \cdot$$
$$\cdot (y_{c1} + y_{c1} c_1 r_1^2 + y_{c1} c_2 r_1^4 + y_{c1} c_3 r_1^6 + c_4 (r_1^2 + 2y_{c1}^2) + 2c_5 y_{c1} r_1^2 + c_6 (r_1^4 + 2y_{c1}^2 r_1^2) + 2c_7 x_{c1} y_{c1} r_1^2)$$
$$- a_{21} \cdot (x_{c2} + x_{c2} c_1 r_2^2 + x_{c2} c_2 r_2^4 + x_{c2} c_3 r_2^6 + 2c_4 x_{c2} r_2^2 + c_5 (r_2^2 + 2x_{c2}^2) + 2c_6 x_{c2} y_{c2} r_2^2 + c_7 (r_2^4 + 2x_{c2}^2 r_2^2))$$
$$- a_{22} \cdot (y_{c2} + y_{c2} c_1 r_2^2 + y_{c2} c_2 r_2^4 + y_{c2} c_3 r_2^6 + c_4 (r_2^2 + 2y_{c2}^2) + 2c_5 y_{c2} r_2^2 + c_6 (r_2^4 + 2y_{c2}^2 r_2^2) + 2c_7 x_{c2} y_{c2} r_2^2)$$
$$- a_{23} + 1]^2 \to 0$$

где $r_1 = \sqrt{x_{c1}^2 + y_{c1}^2}$, $r_2 = \sqrt{x_{c2}^2 + y_{c2}^2}$.

Для решения функционала (9) введем замену переменных:

$$A_1 = a_{11}$$
$$A_2 = a_{12}$$
$$\dots$$
$$A_{16} = a_{11} \cdot c_1$$
$$A_{17} = a_{11} \cdot c_2$$
$$\dots$$
$$A_{58} = a_{31} \cdot c_1 \cdot c_1$$
$$A_{59} = a_{31} \cdot c_1 \cdot c_2$$
$$\dots$$
$$A_{112} = a_{32} \cdot c_6 \cdot c_7$$
$$A_{113} = a_{32} \cdot c_7 \cdot c_7$$

Подставив полученные выражения в (9) и раскрыв скобки получаем функционал вида:

$$\Phi(A_1, A_2, .., A_{133}) = \sum_n [...]^2 + \sum_n [...]^2 \to 0 \quad . \qquad (10)$$

Параметры функционала определяются составлением системы уравнениий от частных производных $A_1, A_2, .., A_{113}$ исходя из свойства производных: если функция в точке равна нулю, то и ее производная будет равна нулю. Полученная система линейных алгебраических уравнений решаема инструментами для матричных вычислений, например, Matlab.

Недостатком описанного метода калибровки системы машинного зрения является громоздкость вычислений, однако задача калибровки в большинстве случаев не ставит жестких ограничений на скорость вычислений. Метод не требует специальных условий съемки или калибровочных объектов, кроме фотографирования одного объекта с различных ракурсов, причем объект может быть произвольной геометрической формы.

Библиографический список

1. Yu, Ch., Sharma, G. Plane-based calibration of cameras with zoom variation // SPIE Visual Communication and Image Processing – 15 January 2006 – pp.9.

2. Brucker, M., Denzler, J. Active Self-calibration of multi-camera systems // Lecture notes in Computer Science, Vol. 6376 – 2010 – pp. 31-40.

3. Dang, T., Hoffmann, C., Stiller, C. Continuous Stereo Self-Calibration by Camera Parameter Tracking // IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 18, No. 7 – July 2009 – pp.1536-1550.

4. R. I. Hartley Self-Calibration from Multiple Views with a Rotating Camera // Computer Vision – ECCV'94, Vol. 1 – 2-6 May 1994 – pp. 471-478.

© Губчик И. Н., 2014

УДК 004.424.4

В. К. Гулаков*

**Гулаков Василий Константинович, к.т.н., профессор*

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

gvk10@yandex.ru

В. Н. Матюшин*

**Матюшин Вячеслав Николаевич, аспирант*

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

v.matyushin@gmail.com

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОИСКА В МЕТРИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВАХ НА ОСНОВЕ СФЕРИЧЕСКОГО РАЗБИЕНИЯ МНОЖЕСТВА ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: метрические структуры данных, приближённый поиск, деревья, сферическое разбиение, методы поиска

Для поиска похожих объектов большой размерности широко применяются методы, использующие метрические пространства. Такие методы делятся на две большие группы, основанные на сферическом либо гиперплоскостном разбиении пространства данных. Методы, использующие сферическое разбиение, делят пространство данных с помощью сфер с центрами в выбранных опорных точках. Несмотря на длительное развитие данных методов, остаётся открытым ряд вопросов, определяющих эффективность поиска.

Поиск похожих объектов – одна из актуальных задач поиска информации. Задача приближённого поиска и её решения возникли в разных предметных областях – статистике, вычислительной геометрии, искусственном интеллекте, базах данных, вычислительной биологии, распознавании образов, интеллектуальном анализе данных. Один из наиболее перспективных подходов к решению данной задачи – использование метрического пространства.

В метрическом пространстве $M = (X, d)$, определённом для множества объектов X, функция расстояния (метрика) $d : X \times X \to R$ вычисляет расстояния между двумя произвольными объектами из множества и является мерой сходства объектов. Наиболее часто используемым видом поисковых запросов, применяемых совместно с метрическим пространством, является диапазонный запрос:

$$R(q, r) = \{x \in X \mid d(q, x) \le r\}$$

Диапазонный запрос для объекта запроса с радиусом возвращает все объекты x, находящиеся на расстоянии от q, не превышающим r. Объект, принадлежащий к найденному множеству и расположенный ближе всего к q, является ближайшим соседом объекта запроса.

Методы поиска в метрических пространствах организуют свои структуры данных с помощью либо сферического, либо гиперплоскостного разбиения множества объектов [3].

При использовании сферического разбиения для разделения пространства данных используется объект, называемый опорной точкой или точкой наблюдения [4]. Множество точек в зависимости от их расстояния до опорной точки делится на подмножества, которые находятся внутри и снаружи сферы с центром в опорной точке.

На основе сферического разбиения предложен ряд методов индексации метрического пространства.

Дерево vp. Vantage point tree (vp -дерево) является наиболее распространённым методом сферического разбиения. Для построения каждого узла vp - дерева из множества выбирается опорная точка p, далее рассчитывается медиана узла r_p – среднее значение расстояния от p до других объектов. Затем оставшиеся объекты делятся на два примерно одинаковых по размеру подмножества:

$$S_{left} = \left\{ o \in S \middle| d(o,p) \le r_p \right\}$$

$$S_{right} = \left\{ o \in S \middle| d(o,p) > r_p \right\}$$

Таким образом, объекты в S_{left} расположены внутри сферы радиуса r_p с центром в опорной точке p, в то время как объекты S_{right} расположены вне этой сферы. Рекурсивное повторение этого процесса для подмножеств S_{left} и S_{right} ведет к построению сбалансированного бинарного дерева, где в каждом внутреннем узле хранится опорный объект, а левое и правое поддеревья соответствуют подмножествам элементов, расположенных внутри и снаружи сферы с центром в соответствующей опорной точке. Высота дерева составляет $O(\log(n))$, где n – количество точек. В листовых узлах дерева в зависимости от желаемой ёмкости хранится одна или более точек. Пространственная сложность vp -дерева оценивается как $O(n)$, а время построения – $O(n \cdot \log(n))$ [4].

Дерево vp^s. При построении vp - дерева для каждого добавляемого объекта рассчитывается расстояние от него до опорных точек, которые находятся в узлах на пути от листового узла с добавленным объектом до корня. В vp - дереве эти вычисленные расстояния не сохраняются. В vp^s - дереве, напротив, в каждом промежуточном узле хранится набор минимальных и максимальных расстояний от подмножества элементов, хранящихся в узле, до опорной точки в каждом из родительских узлов вплоть до корневого.

Дерево vp^{sb}. В деревьях vp и vp^s каждый листовой узел хранит только один элемент. В дереве vp^{sb} в листовых узлах хранится выбранное при создании дерева число элементов. При этом для каждого элемента хранится список расстояний до каждого из родительских узлов вплоть до корневого.

Поиск в vp - дереве происходит следующим образом. Если текущий посещаемый узел – листовой, то все объекты, расстояние от которых до объекта запроса q не превышает радиус запроса r, добавляются в результирующее множество ближайших соседей. В противном случае вычисляется расстояние $d(q,p)$ от объекта запроса q до опорной точки r текущего узла. Если выполняется условие $d(q,p) - r \le r_p$, то поиск продолжается в левом поддереве. Если выполняется $d(q,p) + r > r_p$, то поиск продолжается в правом поддереве. Количество вычислений расстояний оценивается как $O(\log(n))$. В работе [2] показано, что такая оценка справедлива только для очень малых значений радиуса поиска. В качестве более реалистической оценки приводится $O(\log(n^c))$.

Дерево mvp. Multi vantage point tree (mvp -дерево) – модификация vp^{sb} - дерева, в каждом узле которого хранится m опорных точек [1]. Множество точек, принадлежащих каждому узлу, делится на 2^m подмножеств. Дерево mvp определяется тремя параметрами:

- m – число опорных точек в каждом узле;
- n – количество элементов, хранящихся в листовых узлах;
- p – для каждого элемента листового узла при построении будут сохраняться расстояния до первых родительских узлов.

Количество вычислений расстояний при построении mvp - дерева оценивается как $O(n \cdot \log_m n)$. Таким образом, при построении mvp - дерева производится меньше вычислений расстояний, чем при построении vp - дерева. Пространственная сложность mvp-дерева также оценивается как $O(n)$.

Использование m опорных точек увеличивает ветвистость дерева и уменьшает его глубину. Согласно экспериментальным исследованиям авторов mvp - дерево с большим количеством элементов в листовых узлах оказалось значительно эффективнее vp - дерева. В зависимости от радиуса запроса при использовании mvp - дерева производится на 30-80% меньше вычислений расстояний по сравнению с vp - деревом.

Дерево vpf. Excluded Middle Vantage Point Forest (vpf - дерево) – модификация vp - дерева, в котором при построении исключается часть элементов, находящихся на среднем расстоянии от опорной точки [5]. При построении очередного узла в левое поддерево помещается множество элементов, находя-

щихся от опорной точки на расстоянии p, а в правое поддерево помещается множество элементов, находящихся от на расстоянии $d(p,o) \le r_p - \rho$, $0 < \rho < 1$. Оставшиеся элементы помещаются во множество исключённых элементов. После построения дерево образуется множество исключённых элементов, на основе которого строится второе дерево. Процесс повторяется, пока не образуется $O(n^{1-\rho})$ деревьев глубиной $O(\log(n))$.

Если радиус поиска не превышает , время выполнения поискового запроса в худшем случае будет сублинейным. Временная сложность поиска оценивается как $O(n^{1-\rho} \cdot \log(n))$.

Методы, описанные выше, не разрабатывались изначально для использования с внешней памятью. Это снижает их применимость для обработки больших объёмов данных, поскольку они не учитывают количество обращений к хранилищу данных.

Перечисленные методы поиска являются статическими. Авторы не описывают механизмы добавления и удаления объектов, подразумевая полное перестроение структуры индекса, что негативно сказывается на производительности. Вставка и удаление элементов без перестроения индекса ведёт к потере сбалансированности дерева, что также ухудшает характеристики поиска. Поддержка данными методами динамической вставки и удаления объектов с сохранением сбалансированности дерева остаётся предметом дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Bozkaya, T. Distance based indexing for high-dimensional metric spaces / T. Bozkaya, M. Ozsoyoglu // In Proceedings of ACM SIGMOD International Conference on Management of Data SIGMOD Rec. 26, 2. – 1997. – pp. 357-368.

2. Chavez, E. Searching in metric spaces / E. Chavez, G. Navarro, R. Baeza-Yates, J. Marroqum // ACM Computing Surveys, 33(3). – September 2001. – pp. 273-322.

3. Uhlmann, J. K. Satisfying general proximity/similarity queries with metric trees / J.K. Uhlmann // Information Processing Letters 40 (1991). – 1991. – pp. 175-179.

4. Yianilos, P. N. Data structures and algorithms for nearest neighbor search in general metric spaces / P. N. Yianilos // In Proceedings of the 4th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. – Austin, TX, January 1993. – pp. 311-321.

5. Yianilos, P. N. Excluded middle vantage point forests for nearest neighbor search / P. N. Yianilos // In DIMACS Implementation Challenge, ALENEX'99. – Baltimore, MD. – 1999.

© Гулаков В. К., Матюшин В. Н., 2014

УДК 004.5, 004.62

М. С. Данилова*
**Данилова Мария Сергеевна, ассистент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
dmary@yandex.ru
Д. Ю. Красильников*
**Красильников Денис Юрьевич, студент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
krab.s.dna@gmail.com
Д. Е. Тогулев*
**Тогулев Дмитрий Евгеньевич, студент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
deterfreelance@yandex.ru

ЭЛЕКТРОННЫЙ ДНЕВНИК ДЛЯ СТУДЕНТА СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Ключевые слова: студент СПО, электронный дневник, пользователи.

В статье представлены основные результаты работы по разработке информационной системы «Электронный дневник студента СПО», позволяющей студентам среднего профессионального образования и их родителям просматривать результаты обучения в вузе.

Актуальность веб-технологий на сегодняшний день очень высока и внедрение в поволжский государственный университет сервиса, системы электронного дневника студента среднего профессионального образования позволит упростить доступ к информации, предназначенной для студентов и их родителей.

В университете отсутствует веб-сервис, предоставляющий информацию об успеваемости и посещаемости студентов среднего профессионального образования. Таким образом, студенты и их родители не могут проследить в режиме реального времени за состояние дел в университете. Целью выполнения работы по созданию электронного дневника студента СПО является разработка удобного веб-сервиса просмотра успеваемости и посещаемости.

В разрабатываемой системе пользователи разделены на четыре группы:

- гости;
- студенты;
- преподаватели;
- администраторы.

Каждая группа имеет свои права и инструменты работы с системой.

Гостем является любой неавторизованный пользователь. Гость обладает следующими правами:

- доступ к форме авторизации;
- доступ к справочным материалам о системе.

Таким образом, гость может лишь ознакомиться с информацией о системе и, при наличии реквизитов доступа совершить авторизацию в системе.

Студентами являются непосредственно учащиеся учебного заведения, либо их родители. Студенты обладают следующими правами:

- доступ к информации об их успеваемости и посещаемости;
- доступ к информации о практических работах;
- доступ к информации о лабораторных работах;
- доступ к информации о курсовых работах;
- доступ к файлам с заданиями для практических и лабораторных работ.

Для получения статуса «студент» в системе необходимо быть авторизованным пользователем с уровнем доступа «студент». Учетные записи студентов создаются и изменяются администраторами системы.

Преподавателем является преподаватель учебного заведения, проводящий занятия по каким-либо предметам для каких-либо групп студентов. Преподаватели обладают следующими правами:

- внесение и изменение отметок об успеваемости и посещаемости;
- внесение и изменение информации о практических работах;
- внесение и изменение информации о лабораторных работах.

Для получения статуса «преподаватель» в системе необходимо быть авторизованным пользователем с уровнем доступа «преподаватель». Учетные записи преподавателей создаются и изменяются администраторами системы.

Администратором является любой сотрудник учебного заведения. Обязанностью администратора является управление системой на уровне простейших сущностей, таких как пользователи, группы, предметы. Администраторы имеют следующие права:

- добавление/изменение/удаление пользователей;
- добавление/изменение/удаление групп;
- добавление/изменение/удаление предметов.

Для каждого типа пользователей разработаны уникальные информационные блоки, со специальным набором информации. Также есть общая стилистика, присущая для проекта, и удобная для всех типов пользователей.

Для дальнейшего сокращения используемых страниц в дипломе, объединим пункты: дизайн, верстка и тестирование в один, а также будем описывать проект, блоками. Блоки разделяются также как и пользователи системы, для студентов, преподавателей, администратора и добавляется общие блоки.

Для всех пользователей системы, выводятся: логотип системы, меню, заголовок страницы, данные пользователя, статус пользователя.

Система подразумевает три основных пункта: сводка, посещаемость, успеваемость.

После входа на сайт под своими данными выводится страница, собирающая в сводку информации о посещаемости и успеваемости студента. Выводится общая посещаемость в процентах, также по каждому предмету в отдельности количество посещенных из всех. Также количество заработанных баллов из максимально возможного по каждому предмету.

Посещаемость студента представлена по каждому предмету отдельно. Все блоки предметов выводятся друг под другом. В каждом блоке представлено: название предмета, общая процентная посещаемость, подробная помесячная информация о посещаемости каждой даты, когда проходила пара.

Успеваемость студента представлена по каждому предмету отдельно. Все блоки предметов выводятся друг под другом. В каждом блоке представлено: название предмета, количество заработанных баллов из всех возможных, количество сданных лабораторных/практических работ из всех возможных, подробная информация, описывающая, сколько баллов получено за каждую лабораторную/практическую работу.

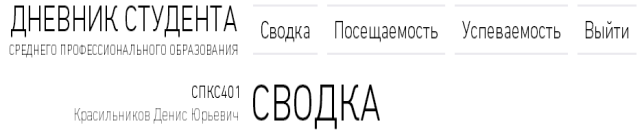


Рис. 1. Шапка системы для студента

Для студента выводится общий процент посещаемость за все учебные занятия, количество посещенных занятий из всех по каждому предмету.

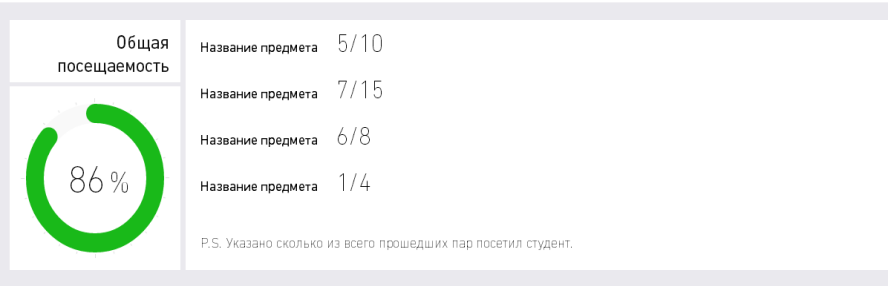


Рис. 2. Блок сводки студента - посещаемость

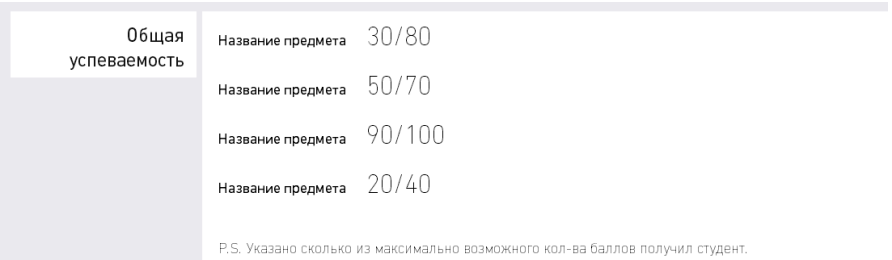


Рис. 3. Блок сводки студента – успеваемость

Для студента выводится процент посещенных занятий по каждому проекту, помесячное расписание по датам, был или не был студент на паре.



Рис. 4. Блок студента - посещаемость

Также студент может просмотреть количество заработанных балов, максимальное число баллов, сколько из всех лабораторных/практических работ студент сдал, сколько всего лабораторных/практических работа, помесячное расписание в какую дату и сколько баллов заработал студент.

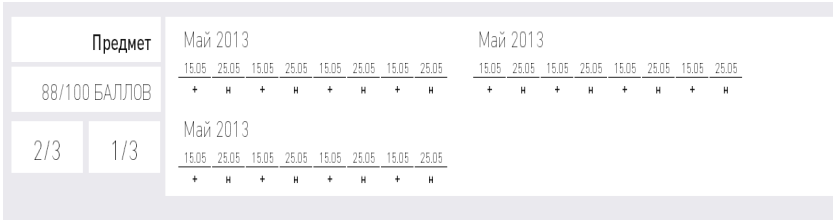


Рис. 5. Блок студента - успеваемость

Для разработки интерфейса использовались следующие программы: Adobe Photoshop – для разработки элементов дизайна, notepad++ - для написания кода, различные браузеры – для тестирования.

Для дизайна, был выбран стиль минимализм. Минимализм, совмещает малое количество элементов дизайна с информативностью, что позволяет пользователю сконцентрироваться только на необходимой информации.

Библиографический список

1. Дебольт, Вирджиния HTML и CSS. Совместное использование; НТ Пресс - Москва, 2006. - 512 с.

2. Конверс, Т. и др. PHP 5 и MySQL. Библия пользователя; Вильямс - Москва, 2006. - 604 с.

3. Никсон Робин. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript и CSS; М.: Питер - Москва, 2013. - 560 с.

© Данилова М. С., Красильников Д. Ю., Тогулев Д. Е., 2014

УДК 004.057.4

А. А. Димакис*

**Димакис Андрей Андреевич, студент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kaf_iies@tolgas.ru

Д. В. Назаров*

**Назаров Денис Владимирович, магистрант*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kaf_iies@tolgas.ru

СТЕК ПРОТОКОЛОВ В IP-КАМЕРАХ D-LINK

Ключевые слова: IP-камера, протокол, информационная безопасность

На примере камеры D-Link DCS 2103 рассмотрены результаты анализа примененного в ней стека протоколов и важные аспекты информационной безопасности IP-камер.

Введение

Для правильного процесса обслуживания, эксплуатации, а также совершенствования аппаратуры видеонаблюдения, построения оптимальных систем видеонаблюдения с IP-камерами, разработки методик проектирования таких систем, необходимо детальное понимание структуры и процессов взаимодействия протоколов передачи информации в IP-камерах.

Решение вышеперечисленных целей и задач в настоящее время затруднено методологическими трудностями. Стек протоколов IP-камер сложен и занимает все уровни модели OSI. Информация о прикладных протоколах IP-камер опубликована во множестве разрозненных источников. Некоторые протоколы являются нестандартными, закрытыми или плохо документированными. Другая проблема, связанная с IP-камерами – недостаток информации о протоколах управления [1].

В этих условиях важное значение приобретают работы, рассматривающие экспериментальные результаты анализа протоколов IP-камер. В работе [2], например, рассмотрены результаты исследования поддержки протоколов в камерах производства D-Link, а также приведены результаты анализа протоколов камеры D-Link DCS-920. Настоящая статья продолжает эти исследования на примере более современной камеры, а также рассматривает важные аспекты информационной безопасности.

Результаты анализа протоколов камеры D-Link DCS 2103

Настройка параметров и непосредственное видеонаблюдение с помощью IP-камеры D-Link DCS 2103 возможны несколькими способами. Два самых распространенных из них таких, как управление и просмотр видеопотока данных через веб интерфейс и с помощью специальной утилиты поставляемой в комплекте с IP-камерой «D-Link D-ViewCam».

С помощью анализатора протоколов Wireshark были проведены наблюдения, какие протоколы и сервисы используются при подключении камеры к сети. Можно отметить, что во время подключения камеры к сети активируется про-

стой протокол обнаружения сервисов SSDP, использующий мультикаст-адрес 239.255.255.250. После стандартных процедур ARP-запроса происходит активизация протокола IGMPv3 для управления мультикастовыми сообщениями устройства.

По умолчанию в камере D-Link DCS-2103 сетевым адресом назначен 192.168.0.20. Если прописать данный адрес в строку поиска браузера, то мы попадем на собственный веб-интерфейс IP-камеры. При этом по умолчанию передача всей информации между камерой и обслуживающим узлом происходит в незашифрованном виде по протоколу HTTP и TCP.

Во время подключения к камере через веб интерфейс были замечены следующие процедуры и связанные с ним протоколы. Так, было обнаружено, что при непосредственной авторизации по протоколу HTTP клиентом выдается команды камере в формате GET/var.js HTTP/1.1, GET /ptz_dlink.js HTTP/1.1, GET /index.js HTTP/1.1, GET /setup.js HTTP/1.1, GET /ptzctrl.js HTTP/1.1. В данных командах отражены запросы на конфигурацию подключенного устройства, параметры изображения, параметры хоста клиента, параметры авторизации и прочая системная информация. Следует отметить, что передача реквизитов авторизации происходит в открытом виде кодированном с помощью стандартной кодировки base64. После обмена всей необходимой информацией между хостом и камерой по протоколу TCP, камера высылает подтверждения запрошенной и выданной служебной информацие в виде строки HTTP/1.1 200 OK.

После анализа протоколов передачи видео с применением различных кодеков были сделаны выводы, что при использовании кодека MJPEG видеопоток передается поверх протокола HTTP, тогда как при использовании кодеков MPEG4 и H.264 пакеты передаются посредством протокола RTP. Следует также отметить, что во всех случаях для управления процессом передачи использовался протокол RTSP.

При использовании ПО D-Link ViewCam, поставляемого в комплекте с камерой, с помощью анализатора протоколов было обнаружено, что при включении данного ПО происходит HTTP запрос конфигурации камеры, а также параметров авторизации на стороне камеры текущего сеанса. Для запроса конфигурации используется метод команда GET /config/stream_info.cgi HTTP/1.0\r\n. На что камера отвечает сообщением, содержащим конфигурацию и все выставленные нами характеристики передачи видеопотока. Так, строка videos=MJPEG,MPEG4,H.264\r\n сообщает о том, какие видеокодеки имеет камера, строка audios=G.726\r\n- аудиокодек, использующийся в камере, далее следует строки описывающие возможные разрешения IP-камеры, битрейт видео и некоторые другие параметры записи, а также все три профиля видеозаписи, которые были настроены ранее.

Из рассмотренной информации, полученной в ходе исследования протоколов IP-камеры, можно сделать выводы, что процесс передачи и сама специфика управляющей информации отличается при подключение к камере различными способами, а именно при использовании веб интерфейса и использовании специализированного ПО D-Link ViewCam, а весь процесс передачи управляющей информации происходит поверх протокола HTTP.

Следует также отметить, что по умолчанию вся информация о конфигурации камеры, включая также реквизиты авторизации передаются в открытом незашифрованном виде.

Аспекты информационной безопасности IP-камер на примере камеры D-Link DCS-2103

При использовании IP-камер вопросы информационной безопасности вытекают из обеспечения конфиденциальности передаваемых данных авторизации для получения доступа к камере, а также защиты от несанкционированного доступа к видеопотоку передаваемой камерой данных.

1. Прежде всего следует отметить, что самым простым, но важным способом повышения информационной безопасности использования IP-камеры является изменение имени пользователя и пароля по умолчанию на более сложную комбинацию. Для исследования аспектов информационной безопасности пароль по умолчанию был изменен на «IamWatchingYou».

Однако, эта мера не является достаточной, что можно видеть на следующем примере. Для комплексного анализа сетевой активности камеры была использована утилита Zenmap. В результате сканирования Zenmap была предоставлена комплексная информация о сетевой активности IP-камеры D-Link DCS-2103, среди которой находились:

– строка Group: 239.255.255.250, которая сообщила, что для управления устройством по сетевому адресу 192.168.0.20 используется мультикаст сообщения адреса 239.255.255.250, который принадлежит протоколу SSDP;

– строка D-Link DCS-2130 webcam, которая отображает название устройства по запрошенному сетевому адресу;

– строка OS details: Linux 2.6.9 - 2.6.33, описывающая операционную систему, используемую устройством;

– строка Network Distance, показывающая сколько хопов- переходов- требуются до достижения устройства,

а также некоторая другая информация.

Вместе с тем, по умолчанию, при авторизации пользователя как в режиме веб интерфейса, так и при помощи специализированного «ПО D-Link ViewCam» имя пользователя и пароль передаются в открытом незашифрованном виде. Так, для авторизации используется basic авторизация выдаваемая строкой: Authorization:BasicWRtaW46SWFtV2F0Y2hpbmdZb3U=\r\n, что после расшифровки собственными ресурсами анализатора Wireshark предоставляет строку с логином и паролем: Credentials: admin:IamWatchingYou. Перехватив данные пакеты злоумышленник получает полный доступ к IP-камере.

2. Для повышения уровня безопасности и предотвращения подобных ситуаций можно воспользоваться протоколом HTTPS при подключении к камере через веб интерфейс. Для этого необходимо зайти в меню камеры на вкладке advanced, выбрать поле HTTPS как показано на рис. 1. При этом между IP-камерой и обслуживающим узлом происходит согласование сертификата безопасности и передачи системной информации для осуществления механизма передачи данных по протоколу HTTPS.

Сканирование с помощью Zenmap показало, какие типы шифрования используются при работе протокола HTTPS и камеры. В полученной информа-

ции при сканировании можно обнаружить данные о сертификате шифрования, которая содержится в строке ssl-cert: Subject и строке Issuer, информацию о типе криптографического алгоритма и количестве бит использующихся в ключе для шифрования, которая отображена в строках Public Key type: rsa и Public Key bits: 1024 соответственно, а также данные криптографического хэширования md5 и sha-1.

В отчете о сканировании с помощью Zenmap также можно обнаружить поддерживаемые версии протокола SSL. Так в нашем случае была получена следующая информация: SSLv2 supported, что означает, что устройством по протоколу HTTPS поддерживается Secure Sockets Layer v2.

При анализе с помощью Wireshark было обнаружено, что вся передаваемая информация шифруется с помощью протокола безопасности транспортного уровня TLSv1, являющегося продолжением протокола SSLv3. Эксперименты по просмотру переданных объектов при помощью Wireshark в этом случае, как и ожидалось, не позволили их увидеть. Таким, образом, применение HTTPS является эффективным средством противодействия анализу.

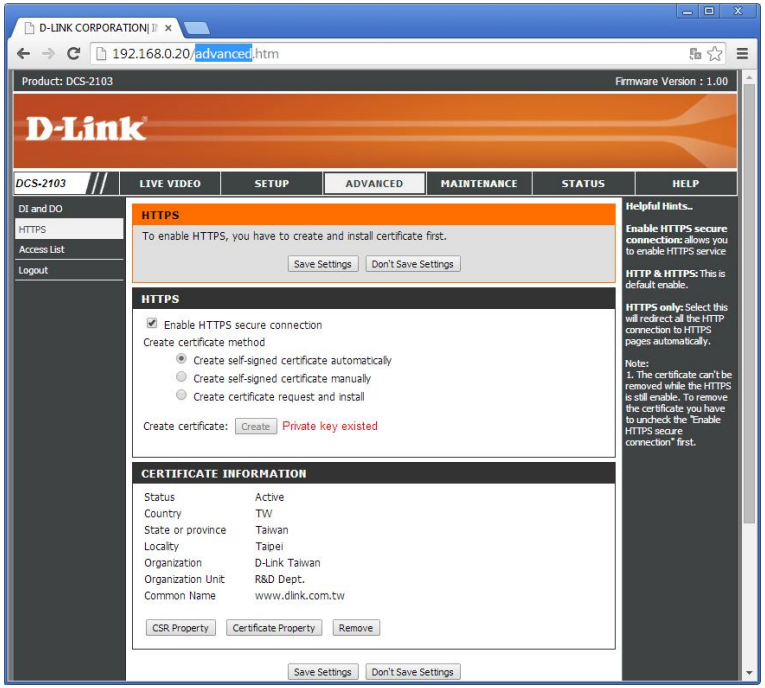


Рис. 1. Настройка HTTPS

3. Другим способом предотвращения несанкционированного перехвата трафика и доступа к IP-камере DCS-2103 является использование встроенной

функции списков контроля доступа, так называемых access list. Списки доступа позволяют создать группы сетевых адресов, которым будет разрешен или запрещен доступ к камере. Для использования списков доступа IP-камеры DCS-2103 необходимо подключиться к камере в режиме веб интерфейса и зайти на вкладку Advanced, выбрав поле Access List как показано на рис. 2.

В вкладке ALLOW LIST поля Start IP address необходимо ввести первый, а в поле End IP address последний сетевой адрес, которому будет разрешен доступ к камере. В вкладке DENY LIST проводятся аналогичные действия, но только для запрещенных к доступу к камере сетевых адресов. Для примера предположим список разрешенных адресов начиная от 192.168.0.20 и заканчивая 192.168.0.25, а запрещенных адресов 192.168.0.10- 192.168.0.15.

При этом доступ к камере с узла 192.168.0.23 остается активным, но если изменить сетевой адрес узла к примеру на 192.168.0.13, то подключение к камере будет запрещено в соответствии с составленным списком списком контроля доступа, причем доступ будет запрещен как для веб интерфейса, так и для интерфейса специального программного обеспечения D-Link ViewCam.

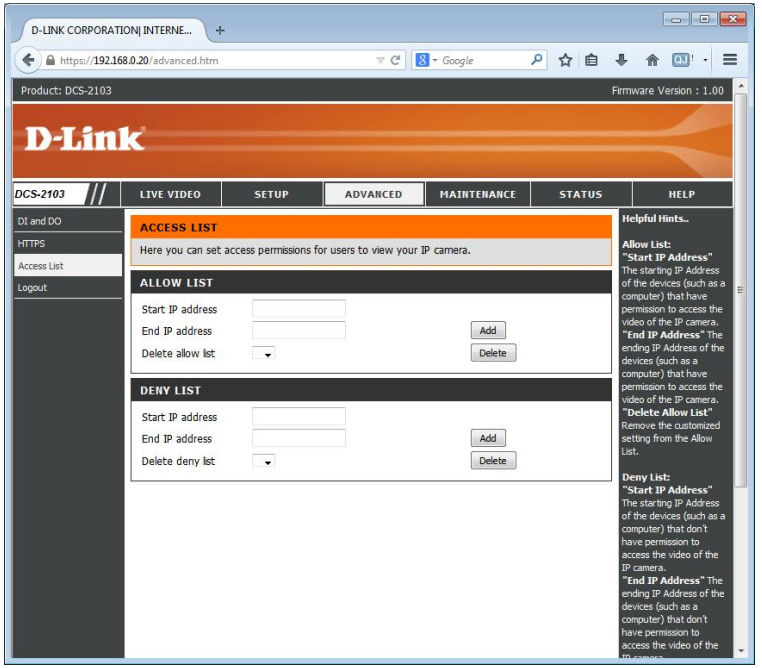


Рис. 2. Окно настройки списков контроля доступа камеры DCS-2103

При этом стоит также отметить, что в результате экспериментов было выяснено, что доступ к камере будет запрещен также и с других сетевых адресов, не включенных в список разрешенных. Важно, что анализ с использованием

Zenmap, если узел осуществляющий анализ не входит в группу сетевых адресов, разрешенных списком доступа, результатов не даст.

Заключение

Наиболее важные выводы, которые можно сделать по результатам исследования, следующие.

1. В исследованной камере при использовании кодека MJPEG видеопоток передается поверх протокола HTTP, тогда как при использовании кодеков MPEG4 и H.264 пакеты передаются посредством протокола RTP.

2. Процесс передачи и сама специфика управляющей информации отличается при подключение к камере различными способами, а именно при использовании веб интерфейса или использовании специализированного ПО D-Link ViewCam, однако, весь процесс передачи управляющей информации происходит поверх протокола HTTP (или HTTPS, если он включен).

3. Базовые принципы повышения информационной безопасности при использовании IP-камер: изменение имени пользователя и пароля по умолчанию, использование протокола HTTPS, использование опции списков контроля доступа.

Библиографический список

1. Будилов В.Н., Кузнецов А.А., Назаров Д.В. Принципы управления видеокамерами по стандарту ONVIF. – Сборник статей I международной заочной научно-технической конференции «Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях», Т.1. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2013. – С. 84-91.

2. Будилов, В. Н. Сетевые протоколы для поддержки IP-камер [Текст] / В. Н. Будилов, И. В. Баткова // VI Международная научно-практическая конференция «Наука промышленности и сервису». – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2011. – С. 238-246.

© Димакис А. А., Назаров Д. В., 2014

УДК 004.056.5

В. Л. Дмитриев*

**Дмитриев Владислав Леонидович, к.ф.-м.н., доцент*

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, г. Стерлитамак

admwell@yandex.ru

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ LSB МЕТОД НА ОСНОВЕ СЕРИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ОТСУТСТВУЮЩИХ БИТ

Ключевые слова: стеганография, стегоанализ, LSB-метод, последовательность оттенков, растровый формат, файл-контейнер

Статья является продолжением исследования, посвященного модифицированному LSB-методу, предложенному автором в более ранних работах для скрытия информации в растровых изображениях, записанных в файлах формата BMP. В данной работе рассмотрена возможность использования серии последовательностей особенных точек файла-контейнера для скрытия информации. При этом достигается повышенная емкость контейнера, а возможность комбинировать очередность записи скрываемого сообщения в различные последовательности точек вносит существенно меньшие искажения в статистику распределения младших бит.

В современном мире компьютерная стеганография представляет собой активно развивающееся направление в области информационной безопасности. Для удовлетворения потребностей в плане защиты информации и осуществлении ее незаметной передачи применяются известные и разрабатываются новые методы [1-8].

Эффективное решение задач, стоящих перед стеганографией, и новые разрабатываемые методы позволяют говорить о реальной возможности и целесообразности разработки стеганографических систем, которые могут существенно повысить эффективность решения проблем защиты информации в сфере банковской деятельности, электронной коммерции, в информационных системах военного назначения и других отраслях.

Классическая задача стеганографии состоит в организации передачи секретного сообщения таким образом, чтобы как содержание сообщения, так и сам факт его передачи были скрыты ото всех, кроме заинтересованных лиц. Для решения такой задачи используется некоторое сообщение, называемое контейнером (стего-контейнером), в которое встраивается требуемое для передачи секретное сообщение. При этом разработчики стеганографических методов должны организовать прозрачность передаваемых конфиденциальных данных: изменение определенного числа информационных бит в контейнере не должно привести к особым потерям его качества (должны отсутствовать артефакты визуализации встраивания). В качестве контейнеров наиболее часто выступают файлы, содержащие цифровые фотографии, текст, музыку, видео. Так, например, при использовании в качестве контейнера графических файлов для сторонних наблюдателей процесс передачи сообщений будет восприни-

маться как обычный обмен цифровыми графическими файлами. Следует при этом помнить о важности соблюдения одного условия: никто не должен иметь доступ одновременно к исходному файлу, выбранному в качестве контейнера, и к файлу, содержащему скрытое сообщение, т.к. в таком случае простое сравнение файлов сразу же выявит наличие сообщения.

Основным направлением компьютерной стеганографии является использование свойств избыточности контейнера-оригинала, но при этом следует принимать во внимание то, что в результате скрытия информации происходит искажение некоторых статистических свойств контейнера или, другими словами, нарушение его структуры. Это необходимо учитывать при разработке очередного метода скрытия информации с целью уменьшения влияния встраиваемого сообщения на статистические признаки контейнера [3, 4, 6].

Самым распространенным на сегодня методом стеганографического скрытия является метод замены наименее значимых бит (LSB). Традиционно LSB-методы реализуются по следующей схеме: передаваемое сообщение шифруется с использованием секретного ключа, после чего биты зашифрованного сообщения записываются на место младших бит цветовых составляющих изображения. В простейшем случае запись осуществляется последовательно в каждую составляющую цвета точки, но может также производиться и в некотором другом порядке, задаваемом на основе того же секретного ключа. Визуально, в таком изображении не будет заметно никаких искажений (глаз человека, скорее всего, не заметит отличий даже в случае, если имеется исходный файл для сравнения). Однако компьютерные методы стегоанализа смогут определить наличие встроенного сообщения (например, метод стегоанализа, предложенный М. Ю. Жилкиным и относящийся к классу универсальных методов [6]). Поэтому в ряде работ предлагаются варианты LSB-методов, более устойчивых к стегоанализу. Таковыми являются, например, методы, учитывающие статистику младших бит изображения [3 – 5].

В данной статье для скрытия сообщений используется метод, предложенный автором в работах [3, 4], и использующий распределение в изображении некоторых особенных точек, точнее точек, для которых отсутствуют близкие им оттенки в исходном изображении. Поэтому такой метод можно назвать еще методом отсутствующих бит. Суть предлагаемого метода рассмотрена в отмеченных выше работах автора. В отличие от предыдущих работ, здесь рассмотрим возможность использования серий последовательностей особенных точек для передачи секретного сообщения. Использование серии последовательностей позволяет не только существенно увеличить емкость контейнера. Это также дает возможность комбинировать последовательность записи скрываемого сообщения в соответствующие последовательности точек, что может быть использовано для дополнительной защиты передаваемого сообщения.

На рис. 1 слева представлено исходное изображение (пустое изображение-контейнер), а справа – контейнер, содержащий скрытое сообщение, в качестве которого выступает третий абзаца данной статьи (1259 символов). Невооруженным глазом никаких отличий в изображениях увидеть не удастся.

На рис. 2 представлена LSB-статистика распределения младших бит, приведенных на рис. 1 изображений по R-каналу (остальные цветовые оттенки не

изменялись): слева – исходной изображение, справа – изображение со скрытым сообщением).

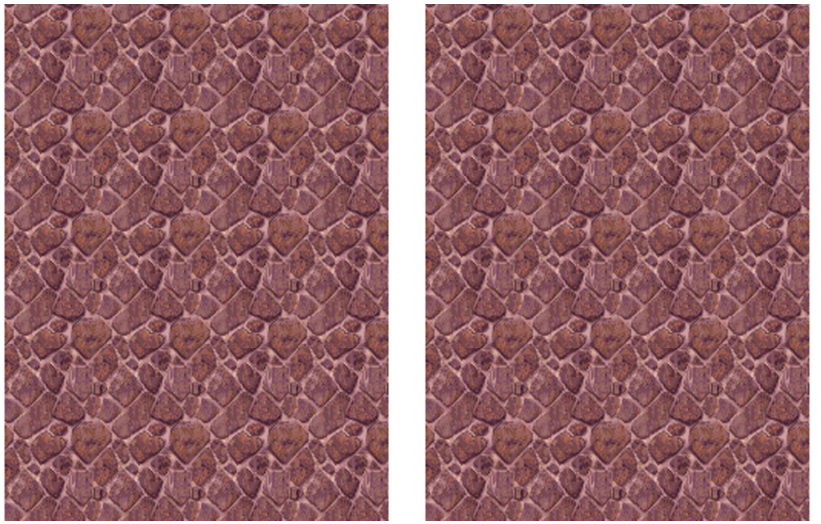


Рис. 1. Исходное изображение (слева) и изображение со скрытым сообщением

На рис. 3 для примера приведена картина распределения младших бит по R-каналу при использования стандартного LSB-метода (слева – распределение бит исходного изображения). Сравнение рис. 2 и 3 позволяет сделать вывод, что модифицированный метод не вносит существенных искажений, тогда как базовый метод вносит искажения, видимые невооруженным глазом. Для наглядности вносимых искажений обычным LSB-методом на рис. 3 при построении статистики в контейнер записывалось 3540 символов – это соответствует объему текста первых пяти абзацев данной статьи.

Стоит отметить, что при использовании только одной последовательности точек (максимальной длины), как на рис. 1, емкость контейнера для приведенного изображения с использованием модифицированного LSB-метода по одному каналу (R) составит 1473 символа. Если же использовать все пригодные последовательности, то емкость контейнера по R-каналу составит уже 9928 символов.

На рис. 4 приведена LSB-статистика распределения младших бит изображений по R-каналу для случая скрытия по всем доступным последовательностям особенных точек канала (слева – исходное изображение, справа – изображение со скрытым сообщением). В файле-контейнере скрыто 8692 символа, что соответствует объему всей данной статьи.

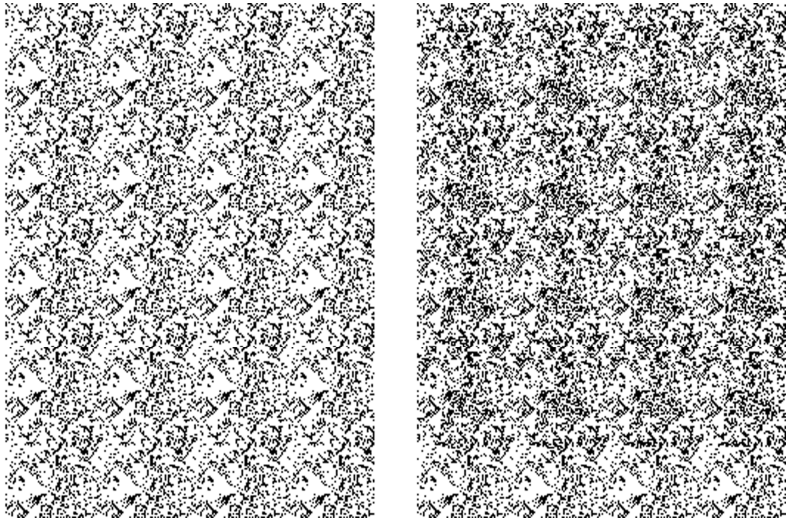


Рис. 2. LSB-статистика распределения младших бит по R-каналу для модифицированного LSB-метода (одна последовательность, исходное изображение – слева)

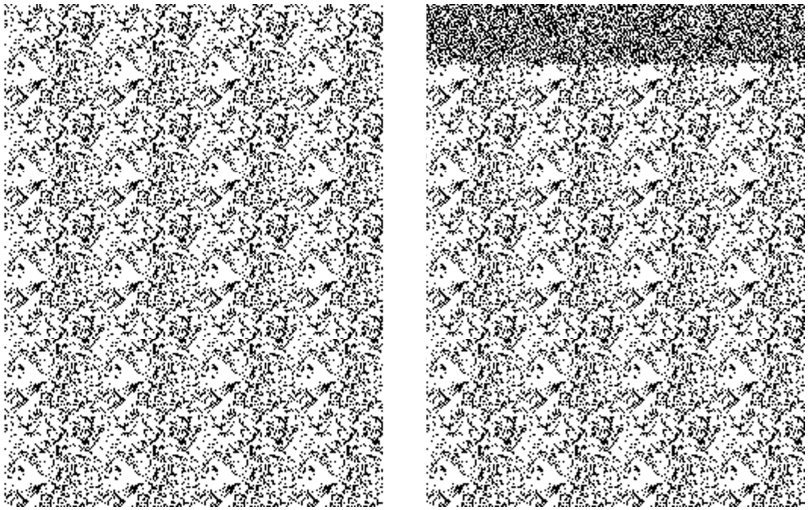


Рис. 3. LSB-статистика распределения младших бит по R-каналу для стандартного LSB-метода (исходное изображение – слева)

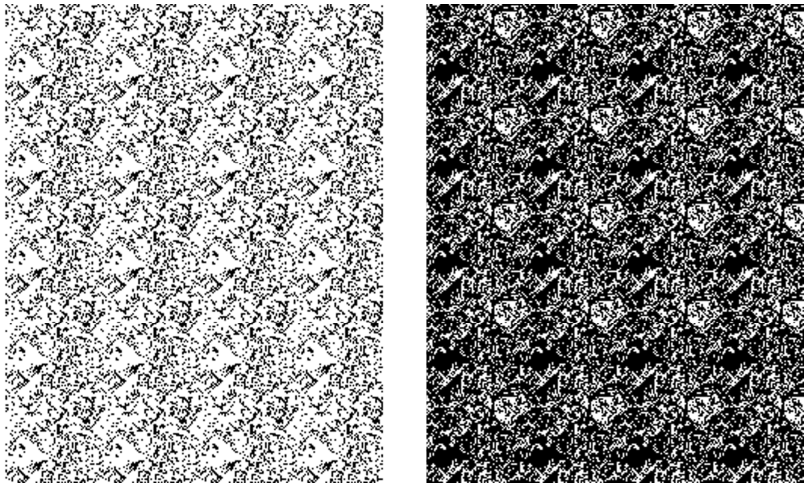


Рис. 4. LSB-статистика распределения младших бит по R-каналу для модифицированного LSB-метода при использовании всех доступных последовательностей особенных точек (исходное изображение – слева)

Как видим, используемый модифицированный метод, учитывающий все возможные последовательности особенных точек, также вносит существенно меньшие искажения по сравнению со стандартным LSB-методом.

Библиографический список

1. Быков, С. Ф., Мотуз, О. В. Основы стегоанализа // Защита информации. СПб. : Конфидент. № 3, 2000. – С. 38-41.

2. Грибунин, В. Г., Оков, И. Н., Туринцев, И. В. Цифровая стеганография. М. : Солон-Пресс. 2002. – 272 с.

3. Дмитриев, В. Л. Стеганографический способ скрытия информации на основе последовательностей особенных точек изображения // Сборник статей II Международной заочной научно-технической конференции "Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации". Тольятти : изд-во Поволжского гос. ун-та сервиса. Т.2. №2, 2012. – С. 8-12.

4. Дмитриев, В. Л. Модификация LSB-метода на основе последовательностей особенных точек изображения // Отраслевые аспекты технических наук. № 12 (36), 2013. – С. 17-20.

5. Елтышева, Е. Ю., Фионов, А. Н. Построение стегосистемы на базе растровых изображений с учетом статистики младших бит // Вестник СибГУТИ. № 1, 2009. –С. 67-84.

6. Жилкин, М. Ю. Стегоанализ графических данных на основе методов сжатия // Вестник СибГУТИ. № 2, 2008. – С. 62–66.

7. Конахович, Г. Ф., Пузыренко, А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. К. : МК-Пресс. 2006. – 288 с.

8. Кувшинов, С. С. Методы и алгоритмы сокрытия больших объемов данных на основе стеганографии / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - СПб., 2010. – 116 с.

© *Дмитриев В. Л., 2014*

УДК 629.7

А. М. Егоров*

**Егоров Андрей Михайлович, аспирант*

Самарский государственный аэрокосмический университет им.академика С. П. Королева, г. Самара

eandrm07@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ НАНОСПУТНИКОВ

Ключевые слова: наноспутник, живучесть, бортовые средства, автономность

Статья посвящена вопросам обеспечения живучести космических аппаратов нанокласса - определения эффективных принципов обеспечения работоспособности космического аппарата и приемлемое решение целевой функции при возникновении аварийных ситуаций на борту. Рассматриваются основные способы поддержания работоспособного состояния борта с учётом конструктивных и программных ограничений, характерных для наноспутников.

Развитие космической отрасли тесно связано с возрастающим интересом научного мира к разработке и запуску наноспутников, которые представляют собой от одного до трёх кубиков с гранью 10 см. Благодаря малым массогабаритным характеристикам, космические аппараты нанокласса могут быть выведены на орбиту попутным способом, что определяет экономичность запуска наноспутников. Кроме того, малые аппараты требуют относительно коротких сроков разработки. Все это позволяет использовать наноспутники в качестве площадок для космических экспериментов: апробации и отработки новых методов и технологий для последующего применения на больших аппаратах.

Несмотря на относительную дешевизну запуска наноспутников и малое время активного существования на орбите, важна надёжность аппарата и эффективность выполнения наноспутником целевой функции.

Для обеспечения выполнения целевых и функциональных задач космического аппарата, а также в целях целенаправленного управления его бортовыми средствами бортовой комплекс управления оснащается бортовыми системами. Различают два подхода к управлению бортовыми средствами аппарата. В первом центральная роль по формированию циклограммы работы бортовых систем, по анализу их состояния и выявлению отклонений отводится персоналу наземного комплекса управления. При этом возможны длительные задержки.

При другом подходе в качестве центрального управляющего элемента используется бортовая цифровая вычислительная машина (микропроцессор), в программу работы которой включены функции, традиционно выполняемые персоналом на Земле. Данный подход позволяет добиться высокой автономности работы бортовой системы управления спутником и становится всё более востребованным с развитием цифровой техники.

Эффективность выполнения наноспутником целевой функции тесно связана с обеспечением живучести наноспутника. Под живучестью понимается

свойство адаптироваться, противостоять и сохранять минимальный набор критически важных функций в условиях непредвиденных воздействий на аппарат.

Проблему обеспечения живучести спутника можно сформулировать следующим образом. Для спутника с конкретной бортовой аппаратурой и присущими ей отказами определить эффективные схемы обеспечения работоспособности аппарата и приемлемое решение обеспечения живучести аппарата непосредственно на орбите исходя из критерия минимизации потерь целевой информации при отказах.

Известны различные подходы и методы управления живучестью технических систем. Широкое применение имеют те, в основе которых лежит увеличение надёжности всех структурных элементов. Другой распространённый метод – многократное «горячее» и «холодное» резервирование структурных элементов, т.е. построение надёжных систем из ненадёжных элементов. Оба этих метода не экономичны и практически не применяются для наноспутников. Наиболее эффективным является вариант комплексного использования бортовых ресурсов за счёт централизованного управления ими.

Живучесть любого космического аппарата в полёте обеспечивают следующие свойства бортовой системы:

1. Адаптивность (включает бортовые эталонные математические модели, адаптивные системы с замыканием на наземный комплекс управления, системы полётной калибровки).

2. Автономность (включает контроль и диагностику состояния спутника, тестирование бортовой аппаратуры, оперативность сбора и доставки информации для анализа, принятие решений о штатной или нештатной ситуации, ориентированном или неориентированном полёте).

3. Управление и реконфигурация (включает управление избыточностью, программируемые ОЗУ, управление в аномальных ситуациях, восстановление работоспособности: откаты, база контрольных точек).

4. Встроенная самоорганизация (включает встроенное целеполагание, встроенное управление угловым движением в особом режиме и процессами функционирования, встроенный анализ аномалий, встроенная «нестабильность» - генератор ложных тревог).

Обеспечение живучести спутника приближает фактический срок его активного существования на орбите к расчётному и включает подготовку перечня возможных отказов, его критический анализ с учётом взаимного влияния и зависимостей, решение об уровне безотказной работы, формулировку принципов резервирования.

Система обеспечения живучести наноспутника должна обеспечивать высокую автономность работы в условиях отсутствия частых сеансов связи с наземным комплексом управления. Так, для предусмотренных отказов выполняются соответствующие сценарии действий, в случае неизвестного отказа бортовая система управления должна переходить в режим, поддерживающий лишь связь с наземным комплексом управления для передачи информации о внештатной ситуации и принятия команд управления.

На этапе проектирования исследуются возможные стратегии по реанимации бортовых систем, формируется их необходимый и достаточный набор,

соответствующий возможным отказам системы. При этом могут применяться и переключения на структурный резерв, и использование функциональных резервов, и изменения режимов работы, и другие операции.

При возникновении любого отказа на борту система обеспечения живучести стремится восстановить работоспособность бортовой системы, что всегда осуществляется за счёт избыточных ресурсов – путём изменения структуры бортовой системы, поведения. Избыточность может быть функциональной, структурной, технической, параметрической, информационной.

В условиях ограниченных массогабаритных характеристик наноспутника дублирование и троирование отдельных систем на борту нет. Избыточность достигается возможностью вычисления необходимых параметров по информации от одной или другой системы. По умолчанию используется система, позволяющая получать наибольшую точность и оперативность определения параметра. При выходе её из строя – в качестве источника информации используется менее точная система.

Таким образом, для обеспечения живучести наноспутника при его разработке важно предусмотреть функциональную и информационную избыточность. Структурная избыточность мало пригодна для аппаратов наноклассса, однако может иметь место для простых элементов бортовой системы, таких как антенна, электронные ключи и пр.

Бортовая система обеспечения живучести должна оперативно обнаруживать аварийные ситуации и только в случае обнаружения запускать процесс восстановления работоспособности. Общая структура системы должна формироваться исходя из принципа сбора информации от всех бортовых средств. Центральное ядро системы целесообразно загружать общими задачами управления живучестью, а частные специализированные задачи возлагать на периферийные программные модули.

Такой подход позволит решить проблему децентрализации управления аппаратом и разгрузить центральный процессор, а также решить задачи, включая автономный контроль и диагностику бортовых средств, без введения какой-либо дополнительной бортовой контрольной аппаратуры. Поскольку система обеспечения живучести реализуется только программными средствами, её надёжность всегда выше надёжности других аппаратно-программных структурных элементов.

Построение эффективной системы обеспечения живучести на наноспутнике позволит сделать космические эксперименты более качественными и результативными, максимально использовать потенциал разработанного космического аппарата.

Библиографический список

1. Кирилин, А. Н. и др. Методы обеспечения живучести низкоорбитальных автоматических КА зондирования Земли: математические модели, компьютерные технологии [Текст] / А. Н. Кирилин, Р. Н. Ахметов, А. В. Соллогуб, В. П. Макаров. – М. : Машиностроение, 2010. – 384 с.

2. Ахметов, Р. Н. Методы и модели автономного управления живучестью автоматических космических аппаратов дистанционного зондирования Земли

[Текст] / Р. Н. Ахметов // Вестник СГАУ имени академика С. П. Королёва, 2008. №2 (15). С. 194-210.

© Егоров А. М., 2014

УДК 629.3

А. Г. Ермолов*

**Ермолов Алексей Геннадьевич, аспирант*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

red_druid@mail.ru

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Ключевые слова: цифровая фильтрация, автомобильная электроника, датчик уровня топлива

Проанализированы проблемы фильтрации сигналов в автомобилестроении. Выбраны основные алгоритмы цифровой фильтрации, применимые к фильтрованию сигнала уровня топлива.

В современном автомобиле для управления двигателем внутреннего сгорания применяется система принудительного впрыска, иначе называемая инжекторной. Для её правильной работы требуется получать данные с множества датчиков, установленных под капотом автомобиля. Все они в той или иной степени определяют режим работы двигателя, его приемистость и экологичность [1–4]. Эти датчики чаще всего представляют собой аналоговые цепи, иногда даже совмещенные с механическими узлами, что вызывает возникновение помех в цепи измерения сигнала, что недопустимо для устойчивой работы двигателя. Электронный блок управления двигателем (далее ЭБУ) обрабатывает данные с датчиков по сложным алгоритмам и имеет возможность передавать обработанные данные далее для отображения на электронной комбинации приборов (далее ЭКП). Но даже здесь могут возникать помехи, так как работающая система зажигания генерирует сложные импульсы, которые способны наводить помехи на электропроводке автомобиля. Поэтому без цифровой обработки сигналов не обойтись даже при разработке электронной комбинации приборов. Немаловажную роль играет отображение уровня топлива на ЭКП, так как водитель своевременно должен заправлять автомобиль во избежание аварийной остановки из-за нехватки топлива в топливопроводе. Ранее на автомобилях применялись конденсаторные схемы для подавления колебаний уровня топлива, стоимость таких фильтрующих цепей была достаточно велика, сегодня же применяются специальные алгоритмы фильтрации в купе с простой обвязкой из дискретных элементов.

На современных автомобилях в качестве датчика уровня топлива используется потенциометрический датчик перемещения. Преимуществами потенциометрического датчика являются простота конструкции, надежность измерений, низкая стоимость. К недостаткам можно отнести наличие подвижных контактов, подверженных со временем износу и окислению.

Использование в двигателях внутреннего сгорания новых видов топлива (этанол, метанол, биодизель) исключает применение контактных датчиков для измерения уровня топлива. Причина – ускоренный износ контактных поверхностей датчика в агрессивной среде. Для подобных условий работы предлага-

ются бесконтактные датчики уровня топлива, например, неактивный магнитный датчик положения (magnetic passive positioning sensor, MAPPS).

Работа датчика уровня топлива построена по принципу – каждому значению уровня топлива в баке соответствует определенный сигнал датчика. На этом можно было бы закончить, но современные топливные баки имеют сложную форму (адаптированы к пространству кузова автомобиля), а зависимость уровня топлива от его остатка в баке носит нелинейный характер.

Помимо этого, конструкция датчика уровня топлива такова, что топливо должно опуститься ниже определенного уровня, прежде чем поплавок начнет опускаться. Указатель уровня топлива некоторое время показывает полный бак, и только потом начинает опускаться. В итоге все датчики уровня топлива выдают некоторую погрешность в измерении искомой величины.

В силу различия обрабатываемых в автомобиле сигналов возможно применение различных цифровых алгоритмов фильтрации, зачастую комбинируя несколько для решения одной задачи. Так цифровые сигналы скорости и оборотов можно отфильтровать пропуская явную помеху и высчитывая среднее арифметическое в кольцевом буфере. Аналоговые сигналы для уровня топлива в баке и температуры охлаждающей жидкости – с применением альфа-бета фильтра [1, 2] и более жесткого усреднения по кольцевому буферу.

1. Скользящее среднее – общее название для семейства функций, значения которых в каждой точке определения равны среднему значению исходной функции за предыдущий период. Скользящие средние обычно используются с данными временных рядов для сглаживания краткосрочных колебаний и выделения основных тенденций или циклов. Математически скользящее среднее является одним из видов свёртки, и поэтому его можно рассматривать как фильтр низких частот, используемых в обработке сигналов.

Так как при расчёте скользящего среднего значение функции вычисляется каждый раз заново, при этом учитывается конечное значимое множество предыдущих значений скользящее среднее «перемещается» (движется), как бы «скользя» по временному ряду.

В общем случае, взвешенные скользящие средние вычисляются по формуле:

$$WWMA_t = \sum_{i=0}^{n-1} w_{t-i} p_{t-i} , \qquad (1)$$

где $WWMA_t$ – значение взвешенного скользящего среднего в точке t;

n - количество значений исходной функции для расчёта скользящего среднего;

w_{t-i} – нормированный вес (весовой коэффициент) $t–i$ -го значения исходной функции;

p_{t-i} – значение исходной функции в момент времени, отдалённый от текущего на i интервалов.

Весовой коэффициент в формуле (1) соотносится как:

$$w_{t-i} = \frac{W_{t-i}}{\sum_{i=0}^{n-1} W_{t-i}} .$$

Зачастую, в качестве веса используют либо 1 (для простого скользящего среднего – SMA), либо формальные ряды, например, арифметическая прогрессия (WMA) или экспоненциальная функция (EMA). Но в качестве весового коэффициента могут выступать и значения связанного временного ряда.

На рис. 1 приведен пример работы алгоритма скользящего среднего. Хорошо видно, что кратковременные помехи легко «вырезаются» из сигнала уровня топлива.



Рис. 1. Пример работы алгоритма скользящего среднего

2. Медианные фильтры достаточно часто применяются на практике как средство предварительной обработки цифровых данных. Специфической особенностью фильтров является явно выраженная избирательность по отношению к элементам массива, представляющим собой немонотонную составляющую последовательности чисел в пределах окна (апертуры) фильтра, и резко выделяющихся на фоне соседних отсчетов. В то же время на монотонную составляющую последовательности медианный фильтр не действует, оставляя её без изменений. Благодаря этой особенности, медианные фильтры при оптимально выбранной апертуре могут, например, сохранять без искажений резкие границы объектов, эффективно подавляя некоррелированные или слабо коррелированные помехи и малоразмерные детали. Это свойство позволяет применять медианную фильтрацию для устранения аномальных значений в массивах данных, уменьшения выбросов и импульсных помех. Характерной особенно-

стью медианного фильтра является его нелинейность. Во многих случаях применение медианного фильтра оказывается более эффективным по сравнению с линейными фильтрами, поскольку процедуры линейной обработки являются оптимальными при равномерном или гауссовом распределении помех, что в реальных сигналах может быть далеко не так. В случаях, когда перепады значений сигналов велики по сравнению с дисперсией аддитивного белого шума, медианный фильтр дает меньшее значение среднеквадратической ошибки по сравнению с оптимальными линейными фильтрами. Особенно эффективным медианный фильтр оказывается при очистке сигналов от импульсных шумов при обработке изображений, акустических сигналов, передаче кодовых сигналов и т.п. Однако детальные исследования свойств медианных фильтров как средства фильтрации сигналов различного типа являются довольно редкими.

Медианная фильтрация реализуется в виде процедуры локальной обработки отсчетов в скользящем окне, которое включает определенное число отсчетов сигнала. Для каждого положения окна выделенные в нем отсчеты ранжируются по возрастанию или убыванию значений. Средний по своему положению отчет в ранжированном списке называется медианой рассматриваемой группы отсчетов. Этим отсчетом заменяется центральный отсчет в окне для обрабатываемого сигнала. В силу этого медианный фильтр относится к числу нелинейных фильтров, заменяющим медианным значением аномальные точки и выбросы независимо от их амплитудных значений, и является устойчивым по определению, способным аннулировать даже бесконечно большие отсчеты.

Благодаря этой особенности, медианные фильтры при оптимально выбранной апертуре могут сохранять без искажений резкие границы объектов, подавляя некоррелированные и слабо коррелированные помехи и малоразмерные детали. При аналогичных условиях алгоритмы линейной фильтрации неизбежно «смазывает» резкие границы и контуры объектов. На рис. 2 приведен пример медианной фильтрации модельного сигнала a_k, составленного из детерминированного сигнала s_k в сумме со случайным сигналом q_k, имеющим равномерное распределение с одиночными импульсными выбросами. Окно фильтра равно 5. Результат фильтрации – отсчеты b_k.

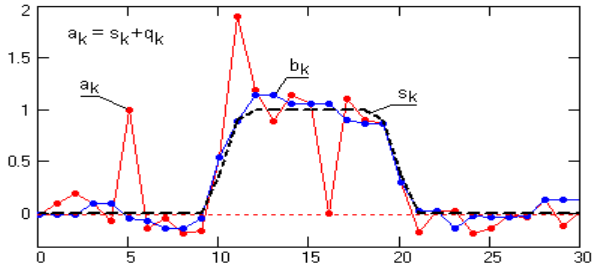


Рис. 2. Пример медианной фильтрации модельного сигнала

Подавление статистических шумов медианными фильтрами в связи с их нелинейностью обычно рассматривается только на качественном уровне. Нельзя также четко разграничить влияние медианных фильтров на сигнал и шум.

Если значения элементов последовательности чисел $\{x_i\}$ в апертуре фильтра являются независимыми одинаково распределенными (НОР) случайными величинами со средним значением m:

$$x = m + z,$$

то математическое ожидание $M\{z\} = 0$ и, следовательно, $M\{x\}=m$.

Пусть $F(x)$ и $f(x)=F'(x)$ обозначают функции распределения и плотности вероятностей величин x. Согласно теории вероятностей, распределение $y = \mathrm{med}(x_1, \dots, x_n)$ для больших n является приблизительно нормальным $N(m_t, \sigma_n)$, где m_t - теоретическая медиана, определяемая из условия $F(m_t) = 0{,}5$, при этом дисперсия распределения:

$$\sigma_n^2 = 1/(n4f^2(m_t)).$$

Приведенные результаты справедливы как для одномерной, так и для двумерной фильтрации, если n выбирать равным числу точек в апертуре фильтра. Если $f(x)$ симметрична относительно m, то распределение медиан также будет симметрично относительно m и, таким образом, справедлива формула:

$$M\{\mathrm{med}(x_1, \dots, x_n)\} = M\{x_i\} = m.$$

Если случайные величины x являются НОР и равномерно распределены на отрезке [0, 1], то можно найти точное значение дисперсии медианы по формуле:

$$\sigma_n^2 = 1/(4(n+2)) = 3_x /(n+2).$$

Если случайные величины x являются независимыми, одинаково распределенными с нормальным распределением $N(m, \sigma)$, то $m_t = m$. Модифицированная формула дисперсии медианы для малых нечетных значений n:

$$\sigma_g^2 \approx \pi\sigma^2/(2n-2+\pi).$$

В качестве заключения можно отметить,что цифровая обработка сигналов в автомобилестроении является неотъемлемой частью технического процесса. Без неё невозможна устойчивая работа двигателя и пассивная безопасность автомобилиста. А там, где опасности подвергается жизнь человека не должно быть компромиссов и экономии на сложности разработок. Цифровая обработка сигналов – это то направление, где математика тесно переплетается с физикой и механикой, а работа программистов зачастую занимает больше времени, чем работа инженеров-схемотехников. Только сбалансированные системы способны обеспечить безопасность жизни, поэтому применение правильной фильтрации приведет к желаемому результату и необходимой безопасности.

Библиографический список

1. Penoyer, Robert. The Alpha-Beta Filter [Текст] / C Users Journal. – 1993. – July.

2. Engine Speed Monitoring: The Alpha-Beta Filter [Текст]. – Microstar Laboratories.

3. Иванов В.В., Дебелов В.В., Апарин В.А. Разработка универсального эмулятора для отладки и диагностики электронной системы управления двигателем с VVT. Имитация сигнала датчика положения коленчатого вала и сигнала

датчика фазы [Текст] / Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей I международной заочной научно-технической конференции. Ч. 2. - Тольятти: ПВГУС, 2013. - С. 257-261.

4. Дебелов В.В., Иванов В.В., Козловский В.Н., Строганов В.И. Моделирование электронной системы регулирования скорости движения легкового автомобиля в режимах поддержания и ограничения скорости [Текст] / Электроника и электрооборудование транспорта. - 2013. - №6. - С.2-7.

© Ермолов А. Г., 2014

УДК 621.396

Г. П. Жуков*

**Жуков Георгий Петрович, к.т.н., доцент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kaf_iies@tolgas.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИИ SPICE TRANSIENT ANALYSIS В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MULTISIM 7

Ключевые слова: схема; компонент; программная среда Multisim 7; диалоговое окно; моделированием временной области; источник с кусочно-линейным выходным напряжением (PWL); диалоговое окно; осциллограмма.

В статье рассматривается моделирование схемы ограничителя на стабилитроне, получение осциллограммы напряжения для источника PWL. Моделирование схемы выполняется в программной среде Multisim 7 с помощью функции Spice Transient Analysis.

В современных условиях компьютерные информационные технологии «лавинообразно» используются в различных сферах человеческой деятельности. Одной из таких сфер деятельности человека является системы автоматизированного проектирования (САПР). В последние годы интенсивно развиваются различные пакеты прикладных программ и систем типа CAD/CAM/CAE (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Engineering – автоматизированные системы проектирования, технологической подготовки и управления производственными процессами) [1].

В последнее десятилетие наме¬тилась явная тенденция интеграции пакетов программ для схемотехнического и конструкторского проектирова¬ния радиоэлектронных устройств [2].

В процессе разработки современных электротехнических, электронных и телекоммуникационных устройств наряду с теоретическими, экспериментальными исследованиями широко применяется схемотехническое моделирование.

В университете, на кафедре «Информационный и электронный сервис» в учебном процессе используют современный программный пакет Multisim 7 [3,4]. В статье представлен пример выполнения моделирования схемы ограничителя на стабилитроне с помощью функции Spice Transient Analysis программного пакета Multisim 7. Показано, как следует использовать зенеровский диод (стабилитрон), а также источник с кусочно-линей¬ным выходным напряжением (PWL). С помощью источника PWL создается осциллограмма произвольного напряжения, которая формируется из прямых линий, соединяющих заданные точки. Схема представлена на рис.1. Схема содержит источник напряжения PWL и зенеровский диод. Рассмотрим, как добавить эти компоненты. Сначала добавим источник напряжения PWL. Нажмем кнопку Show Signal Source Components Bar (Показать панель компонентов Signal Source), рис.2.

Чтобы добавить зенеровский диод, необходимо щелкнуть по кнопке Diode и выбрать диод типа 1N4734A, рис.3. На рис.4 и рис.5 показана последовательность выбора резистора и символа заземления. Чтобы установить символ

обычного заземления необходимо в меню выбрать View – Toolbars – Power Source Components и на появившейся панели выбрать символ.

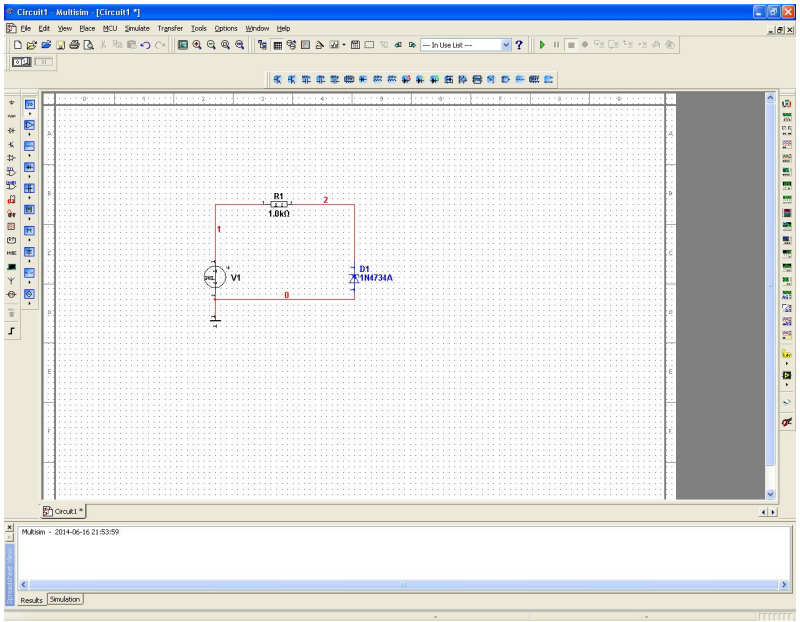


Рис. 1. Главное окно программы Multisim 7Библиографический список

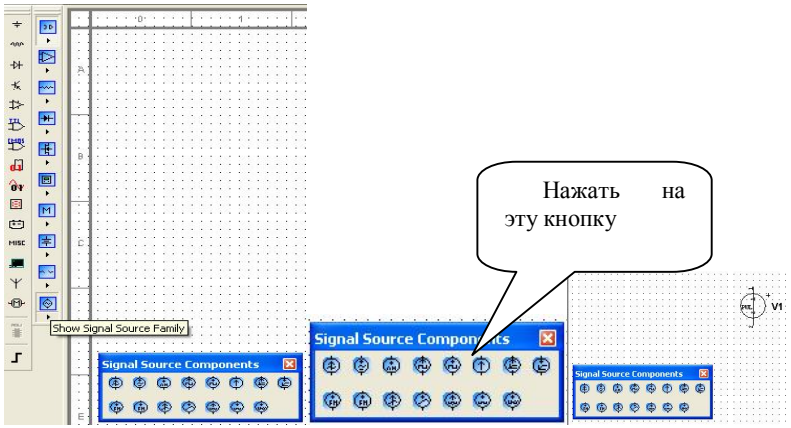


Рис. 2. Последовательность выбора источника напряжения PWL

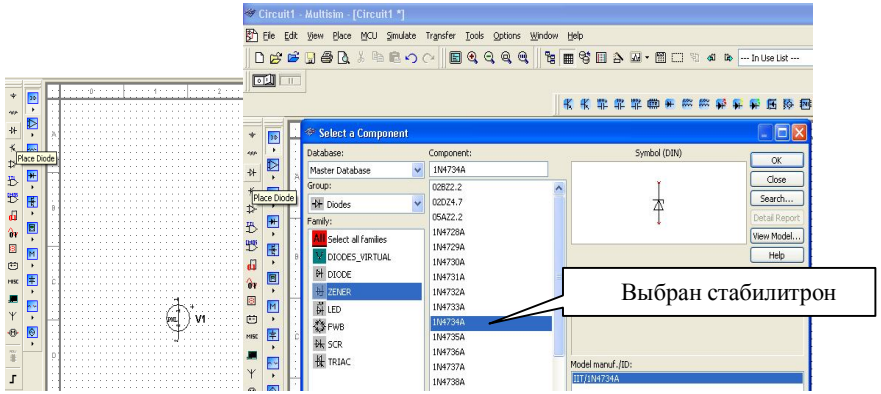


Рис. 3. Последовательность выбора диода 1N4734A

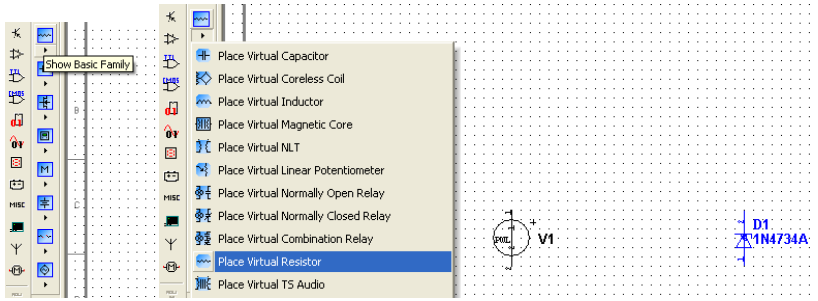


Рис. 4. Последовательность выбора резистора

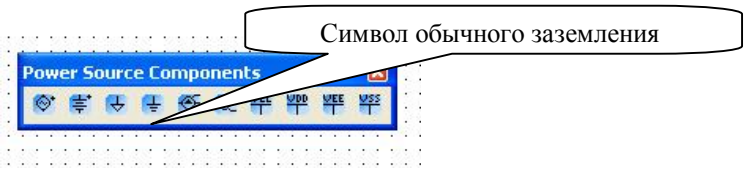


Рис. 5. Последовательность выбора символа заземления

Построение осциллограммы напряжения для источника PWL.

Необходимо рассчитать время и напряжение для отдельных точек осциллограммы, а затем соединить точки прямыми линиями. Такая осциллограмма удобна при работе с графиками, которые состоят из прямых линий, либо при необходимости сохранить данные осциллограммы в виде координат по време-

ни и напряжению. Источник напряжения PWL можно настроить с использованием этих данных, а затем сформировать осциллограмму. В данном примере будем работать с источником PWL, чтобы создать один период напряжения, имеющего форму треугольника. В примере смоделируем схему для одного периода графика, имеющего форму треугольника. Для этого воспользуемся источником напряжения PWL. Осциллограмма будет иметь следующие параметры напряжения: при времени в 0 с напряжение равно 0 В; при 0,001 с — 15 В; при 0,003 с — - 15 В; при 0.004 с — 0 В. Затем осциллограмма повторяется. Введем данные вручную в диалоговом окне источника PWL, рис.6. Первая точка по времени (время = 0, напряжение = 0) уже задана. Добавим все точки показанные в диалоговом окне. Введенные данные определяют кривую. Нажимаем кнопку OK, чтобы принять изменения для источника PWL.

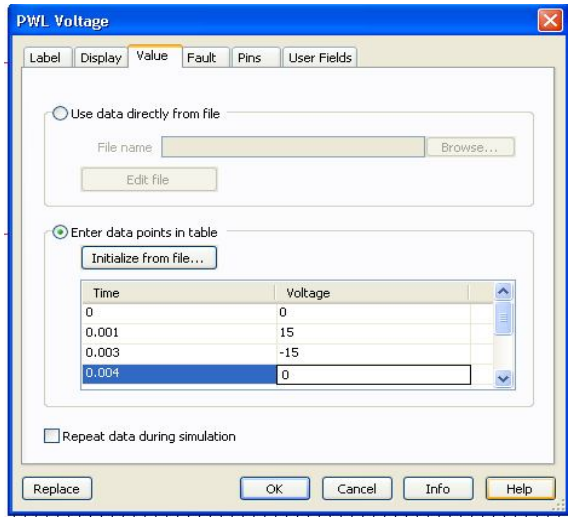


Рис. 6. Диалоговое окно

Выполним анализ Transient Analysis на интервале в 4 мс. Для этого выберем пункты меню Simulate Analyses => Transient Analysis. Необходимо, чтобы модель включала не менее 1000 точек моделирования. Введем данные, как показано в диалоговом окне на рис.7. Далее укажем кривые, которые будут отображены. Щелкнем по вкладке Output variables и выделим переменные V(1) – вход и V(2) – выход, рис.8. Нажмем кнопку Simulate, чтобы выполнить моделирование, рис.9. Курсор 1 (красный) показывает, что выходное напряжение ограничено максимальным положительным значением 5,5594 В, курсор 2 (зеленым) — что выходное напряжение ограничено максимальным отрицательным значением (-563.2337 мВ).

Моделирование схемы ограничителя на стабилитроне может использоваться при проектировании электротехнических, электронных и телекоммуникационных устройств, автоматизируя вычислительный процесс.

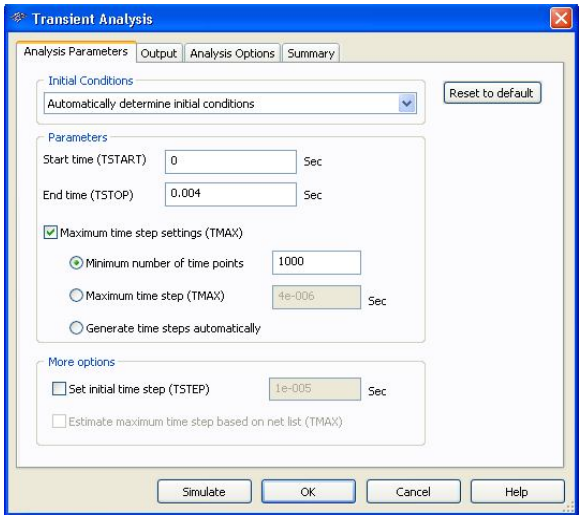


Рис. 7. Диалоговое окно

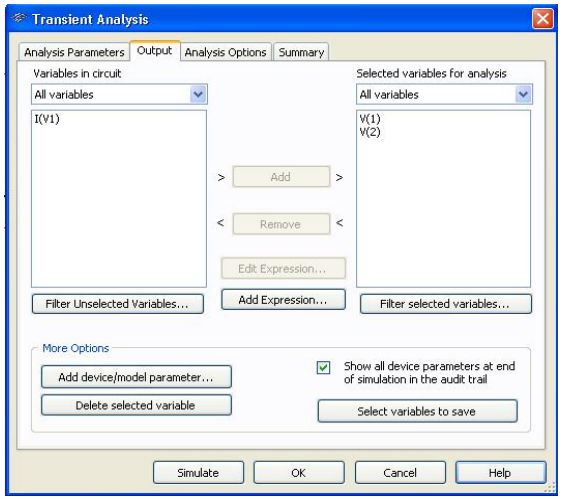


Рис. 8. Диалоговое окно

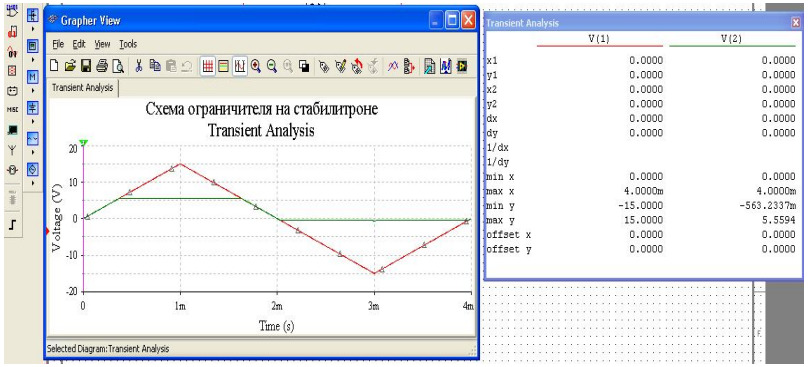


Рис. 9. Результат моделирования схемы ограничителя на стабилитроне

Библиографический список

1. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю. Л. Муромцев, Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин и др. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 384 с.

2. Антипенский, Р. В. Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств [Текст] : [учеб. пособие + CD] / Р. В. Антипенский, А. Г. Фадин. - М. : Техносфера, 2007. – 128 с.

3. Хернер, М. Е. Электронное моделирование в Multisim [Текст]. – М. : ДМК Пресс, 2009. – 488 с.

4. Загидуллин, Р. Ш. Multisim, LabVIEW и Signal Express [Текст]. Практика автоматизированного проектирования электронных устройств. – М. : Горячая линия – Телеком, 2009. – 366 с.

© Жуков Г. П., 2014

УДК 681.586.5

Д. И. Касимова*

**Касимова Диляра Ильинична, аспирант*

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н.Туполева, г. Казань

dilya_kas@mail.ru

О. Г. Морозов*

**Морозов Олег Геннадьевич , д.т.н., профессор*

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н.Туполева, г. Казань

microoil@mail.ru

МОНИТОРИНГ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ОПТИЧЕСКИХ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ ВВОДА-ВЫВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ

Ключевые слова: реконфигурируемый оптический мультиплексор ввода-вывода, мониторинг оптических каналов, полоса пропускания, центральная длина волны, полигармонический зондирующий сигнал

В работе рассмотрены принципы полигармонического зондирования реконфигурируемых оптических мультиплексоров ввода-вывода (ROADM), использующихся в качестве канальных коммутаторов волоконно-оптических систем передачи с плотным спектральным уплотнением (DWDM), с целью комплексированного определения их спектральных характеристик, таких как полоса пропускания, центральная длина волны, дифференциальная поляризационная задержка и крутизна склонов.

Введение. Лучшая на сегодняшний день структура ROADM – это система перестраиваемых мультиплексоров ввода-вывода третьего поколения, основанная на многопортовых частотно-селективных переключателях WSS (Wavelength Selective Switch). Переключатели WSS могут выполняться на основе микрозеркал (MEMS) и жидких кристаллов LCD (Liquid Crystal Devices), в том числе на кремнии LCoS (Liquid Crystal on Silicon), управляемых разветвителей 1×2 PLC, например, с управляемыми интерферометрами MZ или с термической коммутацией. При этом последние отличаются большими потерями оптической мощности [1].

Конфигурация ROADM на основе WSS позволяет достаточно быстро реагировать на изменяющиеся сетевые требования, т.е. выстраивать маршрут оптического канала. Частотные переключатели (коммутаторы) направляют частоты из входящего DWDM-сигнала на определенные выходные порты. Мощность каждой волны отдельно контролируется фильтрами с динамическим выравниванием уровня сигнала или усиления сигнала. Мультиплексо-ры ROADM, основанные на WSS и PLC, обеспечивают полностью автоматизированный процесс управления на оптическом уровне, т.е. возможность управления каждой длиной волны и группой волн, что снижает эксплуатационные и капитальные затраты.

Мультиплексор ROADM-WSS одновременно выполняет четыре функции, которые ранее требовали применения четырех отдельных элементов: демультиплексирование, выравнивание уровней мощности, коммутацию, мультиплексирование. Такими устройствами обеспечивается поддержка сетки частот 50 и 100 ГГц в полосах 191,6-196,3 ТГц (оптическая С-полоса) и 186,9-191,3 ТГц (оптическая L-полоса) с числом каналов от 45 до 90. С этой целью в обязательном порядке также осуществляется функция канального мониторинга, в основе которого непрерывный оптический спектральный мониторинг ширины полосы пропускания, центральной длины волны, дифференциальной поляризационной задержки и крутизны склонов [2].

Мониторинг ширины полосы пропускания. Полоса пропускания ROADM-WSS характеризуется плоской вершиной и плавно спадающими, а затем резко падающими фронтами. На рис. 1 представлены типовые характеристики ROADM-WSS для различного порядка n формирующего фильтра.

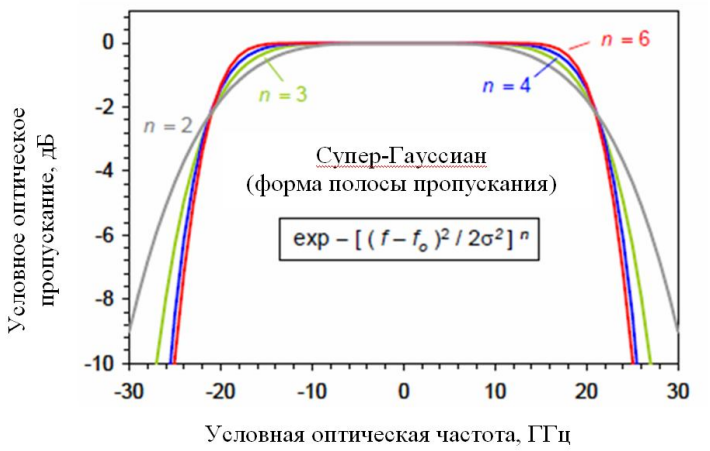


Рис. 1. Спектральные характеристики ROADM-WSS на основе фильтров n-го порядка

Наилучшими характеристиками обладает фильтр с порядком n=6. При этом контроль полосы пропускания необходим, в связи с тем, что сигнал при транспортировке проходит несколько ROADM-WSS, разбаланс полос которых приводит к сужению «общей» или эквивалентной полосы на выходе – в пункте назначения, приведенной к входу – пункту отправки. Эквивалентная полоса ROADM-WSS будет удовлетворять требованиям ITU при проходе максимум 7- и устройств ввода-вывода при использовании фильтров 3-го порядка, 12-и устройств – при использовании фильтров 4-го порядка и 20-и устройств – при использовании фильтров 6-го порядка [1, 2].

Мониторинг центральной длины волны. Как правило, тип устройств, используемых на линии передачи DWDM для ввода-вывода каналов одинаков, они имеют близкие характеристики, что незначительно сказывается на общей полосе частот. Влияние же сдвига центральной частоты очень ощутимо, что определяет необходимость ее мониторинга. Причины сдвига частоты – несовершенность оптических узлов, неточность настройки, внешние и внутренние напряжения в конструкции. До-полнительной причиной является изменение внешних климатических условий в шкафах, где расположены ROADM-WSS.

При этом следует разделять сдвиг частоты фиксированный, вызванный пиксельной структурой зеркальной системы WSS, и случайный, определяемый вышеуказанными причи-нами. Величина первого для LCOS-систем равна 3 ГГц, второго – 1 ГГц. Для гибких ROADM-WSS мониторинг центральной длины волны важен и сточки зрения возможности их перестройки, как по ширине полосы пропускания от 10 до 100 ГГц с шагом 10 ГГц (рис. 2), так и по величине перестройке центральной длины волны – 0,2 ГГц (рис. 3) [1, 2].

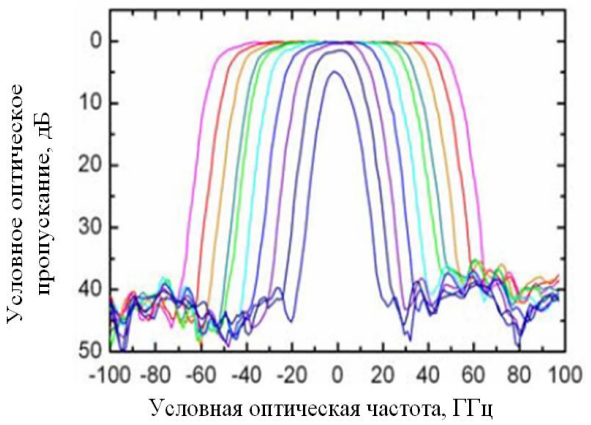


Рис. 2. Перестраиваемый по полосе пропускания ROADM-WSS

Мониторинг поляризационного сдвига спектральных характеристик. На рис. 4 показано различие в компонентных характеристиках фильтров ROADM-WSS для TE и TM мод, что свидетельствует о необходимости мониторинга и поляризационных различий в их характеристиках [3].

Данные различия основаны на поляризационной природе распространения света в оптическом волокне и оптической структуре мультиплексора. Физика появления дифференциальной поляризационной задержки или сдвига центральной частоты по модам TM и TE в ROADM-WSS объясняется так же, как и появление поляризационно-модовой дисперсии в оптическом волокне.

При этом изменяется не только центральная длина волны мультиплексора, но и параметры его полосы пропускания.

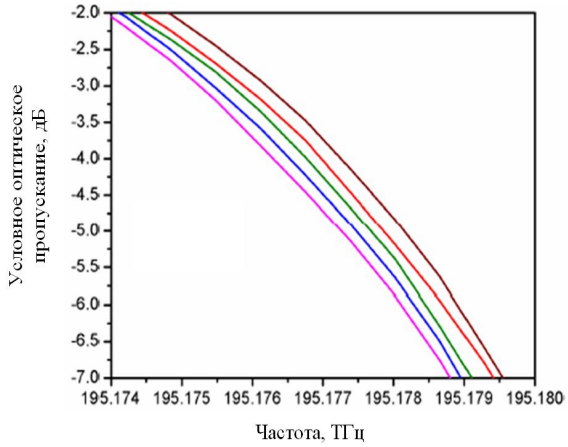


Рис. 3. Перестраиваемый по центральной частоте ROADM-WSS

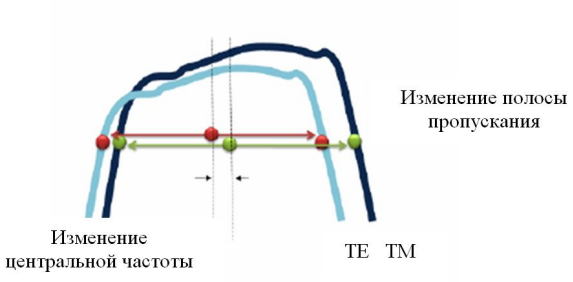


Рис. 4. Поляризационные характеристики ROADM-WSS

Методы мониторинга. Как правило, мониторинг ROADM-WSS осуществляется с помощью оптических анализаторов спектра или векторных анализаторов. Нами предложено ввести оборудование для спектрального мониторинга в структуру встроенной системы канального мониторинга мощности. При этом формат мониторинга может быть как «out-line», так и «in-line». Во втором случае реализация мониторинга осуществляется проще с помощью наложения полигармонического зондирующего сигнала на спектр информационного сигнала. Примеры формирования таких каналов [4] приведены на рис. 5 для внутриспектрального для передаваемой информации (а) и внутриполосного для оптического канала передачи (б) размещения зондирующих колебаний f_{PR}.

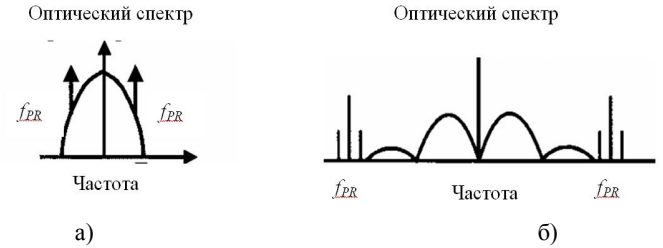


Рис. 5. Принципы расположения зондирующих колебаний: внутри спектра (а) и полосы передачи сигнала (б)

Алгоритмическая обработка ведется на частоте огибающей биений составляющих зондирующего сигнала. Недостатком такого мониторинга является невозможность перестройки длины волны несущей канала, которая используется и как центральная длина волны мониторинга, для настройки на центр полосы пропускания (центральную частоту). Данный факт потребовал применения специальных методов формирования полигармонических зондирующих сигналов на основе метода Ильина-Морозова.

Метод основан на формировании в модуляторе Маха-Цендера полигармонического зондирующего излучения из исходного одночастотного (на частоте несущей) с помощью амплитудно-фазовой модуляции [5-7], который заключается в коммутации на 180° фазы амплитудно-модулированного излучения в момент прохождения его огибающей своего минимума. Найденные нами модулирующие колебания позволяют сформировать симметричное двух полосное излучение, состоящее из нескольких равноудаленных частотных составляющих (гармоник) равной амплитуды, жестко синхронизированных между собой в фазе или в противофазе [8-10].

Для этого в общем случае необходимо решить систему уравнений для коэффициентов ряда Фурье, варьируя не только коэффициент амплитудной модуляции, но и величину коммутации фазы θ. С точки зрения наибольшей простоты технической реализации следует искать формирующие колебания, не затрагивая коммутации фазы, а используя синтез модулирующих колебаний со сложным гармоническим составом из k составляющих. Тогда частная задача формирования будет заключаться в поиске колебания вида

$$S(t) = \sum_{k=1}^{\infty} S_k \cos(2k\,\Omega\, t + \pi), \qquad (1)$$

при котором

$$E_n = \frac{2E}{\pi}\left[\frac{1}{n} - \sum_{k=1}^{\infty}\frac{m_k}{2}\left(\frac{1}{n+2k} + \frac{1}{n-2k}\right)\right], \text{ причем } E_n = E_{-n}, \qquad (2)$$

где $n \in [1,3,5]$, S_k – парциальные амплитуды, E_n – выражения для коэффициентов Фурье его спектра, а m_k – парциальные коэффициенты амплитудной модуляции.

Подобный подход к поиску модулирующих колебаний позволит также учесть влияние нелинейности модуляционных характеристик реальных устройств, используемых для реализации амплитудно-фазового преобразования, на спектральный состав выходного излучения. При этом перестройка разностной частоты между гармоническими составляющими, требуемая при решении ряда задач оптического спектрального мониторинга, достигается простым изменением частоты Ω.

Алгоритм мониторинга. Рассмотрим частный пример определения спектральных характеристик абстрактного фильтра при полигармоническом зондировании, не принимая во внимание наличия в полосе передачи оптического сигнала информационного спектра.

Исходное зондирование двухмодовым излучением составляющими $E_{-1} = E_1$ с разностной частотой 2Ω не позволило (рис. 6) определить центральную частоту контура усиления (по условию равенства их амплитуд на его выходе, так как $E_{-1} << E_1$). При этом составляющие E_1 и E_{-1} лежат на одном левом склоне контура усиления, что можно определить по его фазовой характеристике (на рис. 6 не показана). В этом случае подстройка частоты исходного одночастотного лазерного излучения или частоты Ω не даст желаемого равенства амплитуд. Напомним, что в общем случае, перестройка, как частоты лазера, так и разностной частоты между составляющими либо достаточно сложно реализуема, либо осуществляется по нелинейным законам. Поэтому, изменим параметры амплитудно-фазового формирования зондирующего излучения. При решении задачи (2) для $E_{-3} = E_3 = 0$ и ограничившись четырьмя составляющими, получим маломодовое излучение с частотами $E_{\pm 1}$ и $E_{\pm 5}$. При этом составляющие E_{-1}, E_1, E_{-5} лежат на левом, а составляющая E_5 – на правом склоне контура усиления. Поскольку $E_1 >> E_5$, что можно определить по огибающей данной пары, вырезанной полосовым фильтром, изменим параметры амплитудно-фазового формирования зондирующего излучения еще раз. При решении задачи (2) для $E_5 = 0$ и ограничившись четырьмя составляющими, получим полигармоническое излучение с частотами $E_{\pm 1}$ и $E_{\pm 3}$. В этом случае составляющие E_1 и E_3 лежат на разных склонах контура и ненамного отличаются по амплитуде. В результате подстройки исходного излучения получим $E_1 = E_3$, что позволяет определить центральную частоту контура усиления.

При решении общей задачи для нахождения центра и полуширины полосы пропускания ROADM-WSS необходимо решить систему уравнений с амплитудными и фазовыми коэффициентами частотных составляющих. Процедура полигармонического зондирования заключается в решении системы уравнений вида:

$$[\mathbf{D}] = [\mathbf{A}] \times [\mathbf{E}] \times [\mathbf{E}]^*, \qquad (3)$$

где $[\mathbf{D}]$ – матрица выходных значений токов фотоприемника на частотах $k\Omega$; $[\mathbf{A}]$ – матрица, описывающая амплитуду фильтра в его полосе Δω, которая для

ROADM-WSS составляет 10-100 ГГц при возможной вариации центральной длины волны 1-3 ГГц; $[\mathbf{E}]$ – матрица, описывающая спектр зондирующего полигармонического излучения на частотах $\{\omega_0 \pm k\Omega\} \in \{\Delta\omega\}$, $[\mathbf{E}]^*$ – матрица, комплексно-сопряженная $[\mathbf{E}]$.

Заключение. Предложен новый метод мониторинга спектральных характеристик ROADM-WSS. Предлагается встроенная система «in-line» мониторинга с использованием формирователя полигармонического излучения (например, на базе модулятора Маха-Цендера) из несущего излучения канала, а также структурированных алгоритмов поиска центральной частоты и ширины полосы пропускания для контроля их соответствия параметрам ITU и настройкам линии передачи DWDM. Показано, что использование полигармонических методов зондирования ROADM-WSS позволяет решить задачу комплексированного мониторинга их спектральных характеристик с использованием недорогой элементной базы при обработке огибающей зондирующего полигармонического сигнала по фазе или амплитуде.

Представленные результаты получены в ходе выполнения работ при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания КНИТУ-КАИ на выполнение научных исследований (программа «Фотоника») и договора №9932/17/07-К-12 от 20.11.2012 между КНИТУ-КАИ и ОАО «КАМАЗ».

Библиографический список

1. Heismann, F. System Requirements for WSS Filter Shape in Cascaded ROADM Net-works / F. Heismann // JDS Uniphase Corporation. – 2010.

2. Sakurai, Y. LCOS-Based 4x4 Wavelength Cross-Connect Switch For Flexible Channel Management in ROADMs / Yasuki Sakurai, Masahiro Kawasugi, Yuji Hotta, Saad Khan, Hisashi Oguri, Katsuyoshi Takeuchi, Sachiko Michihata, and Noboru Uehara // JDS Uniphase Corporation. – 2011.

3. Adams, M. ROADM and Wavelength Selective Switches / Matthew Adams // JDS Uni-phase Corporation. – 2007.

4. Dimmick, T. E. Optical Dispersion Monitoring Technique Using Double Sideband Sub-carriers / Timothy E. Dimmick, Giammarco Rossi, and Daniel J. Blumenthal // IEEE Photonics technology letters. – 2000. – V. 12. – № 7. – P. 900-903.

5. Морозов, О. Г. Синтез двухчастотного излучения и его применение в волоконно-оптических системах распределенных и мультиплексированных измерений / О. Г. Морозов, Д. Л. Айбатов, Т. С. Садеев // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2010. Т. 13. № 3. С. 84-91.

6. Севастьянов, А. А. Формирование многочастотного излучения в двухпортовом модуляторе Маха-Цендера / А. А. Севастьянов, О. Г. Морозов, А. А. Талипов и др. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 4. – С. 232-236.

7. Айбатов, Д. Л. Преобразование спектра оптического излучения в двухканальном модуляторе Маха-Цендера и ROF-фильтр на его основе / Д. Л. Айба-

тов, О. Г. Морозов, Т. С. Садеев // Нелинейный мир. – 2010. – Т. 8. – № 5. – С. 302309.

8. Морозов, О. Г. Измерение мгновенной частоты с помощью двухчастотного зондирования / О. Г. Морозов, А. А. Талипов, М. Р. Нургазизов и др. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 4. – С. 146149.

9. Морозов, О. Г. Спектральные характеристики фотонных фильтров микроволновых сигналов на основе амплитудных электрооптических модуляторов / О. Г. Морозов, Т. С. Садеев // Вестник Марийского ГТУ. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 3. – С.2230.

10. Морозов, О. Г. Метод формирования двухчастотного излучения для синтеза солитонов и применения спектрально-эффективной модуляции RZ и CSRZ форматов в оптических сетях доступа / А. А. Талипов, О. Г. Морозов, Г. И. Ильин и др. // Вестник Поволжского ГТУ. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2012. – № 2. – С. 312.

© Касимова Д. И., Морозов О. Г., 2014

УДК 519.872

А. П. Кирпичников*

**Кирпичников Александр Петрович, д.ф.- м.н., профессор*
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н.Туполева, г. Казань
notna6683@mail.ru

А. С. Титовцев*

**Титовцев Антон Сергеевич, к.т.н., доцент*
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н.Туполева, г. Казань
notna6683@mail.ru

О СТАЦИОНАРНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ В СИСТЕМАХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ПОТОКОВ

Ключевые слова: система массового обслуживания, система дифференцированного обслуживания, поликомпонентный поток требований, очередь, обслуживающее устройство

В работе приводится математическая формализация функции распределения времени ожидания для стационарного режима функционирования открытых систем дифференцированного обслуживания с поликомпонентным входным потоком и множеством ограничений на длину очереди.

В последнее время появляется все большее количество различного рода товаров и услуг, и все чаще возникают проблемы, связанные с организацией пунктов торговли и обслуживания населения. Для описания подобных объектов часто подходят модели систем массового обслуживания (СМО) с пуассоновскими потоками заявок [1-7]. Однако, СМО, встречающиеся в повседневной практике, зачастую представляют собой сложные системы, имеющие во входном потоке заявки разных типов. Предположим, что рассматриваемая СМО имеет m обслуживающих устройств и входной поток требований, содержащий заявки нескольких типов:

– 0-й тип – заявки, которые обслуживаются только при наличии свободного обслуживающего устройства и никогда не становятся в очередь. В случае, если на момент поступления в систему очередной подобной заявки в системе не оказывается свободного обслуживающего устройства, данная заявка покидает систему необслуженной.

– 1-й тип – заявки, которые обслуживаются при наличии свободного обслуживающего устройства, либо становятся в очередь, если число требований в очереди меньше определённого числа ε_1. В случае, когда в очереди уже имеется ε_1 или более требований, вновь поступившая заявка 1-го типа получает отказ и выбывает из системы необслуженной;

– 2-й тип – заявки, которые обслуживаются при наличии свободного обслуживающего устройства, либо становятся в очередь, если число требований

в очереди меньше определённого числа ε_2. В случае, когда в очереди уже имеется ε_2 или более требований, вновь поступившая заявка 2-го типа получает отказ и выбывает из системы необслуженной, и т.д.;

– *h*-й тип – заявки, которые обслуживаются при наличии свободного обслуживающего устройства, либо становятся в очередь, если число требований в очереди меньше определённого числа ε_h. В случае, когда в очереди уже имеется ε_h или более требований, вновь поступившая заявка *h*-го типа получает отказ и выбывает из системы необслуженной.

Потоки заявок такого рода будем называть поликомпонентными, а системы, обслуживающие каждый тип заявок по отдельным правилам, - системами дифференцированного обслуживания. Граф состояний и переходов такой СМО приведён на рис. 1.

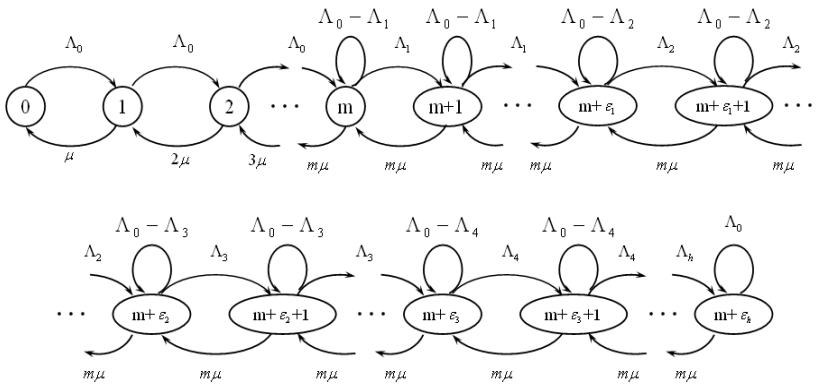


Рис. 1. Граф состояний и переходов СМО

Принятые обозначения:

$\varepsilon_0 = E_0 = 0;\ \varepsilon_1 = E_1;\ \varepsilon_2 = E_1 + E_2;\cdots\ \varepsilon_j = \sum_{i=0}^{j} E_i = \sum_{i=1}^{j} E_i$ - ограничения длины очереди для заявок *j*-го типа;

$\Lambda_0 = \sum_{j=0}^{h} \lambda_j;\ \Lambda_1 = \sum_{j=1}^{h} \lambda_j;\ \Lambda_2 = \sum_{j=2}^{h} \lambda_j;\cdots\ \Lambda_h = \lambda_h;$ где λ_j - интенсивности потоков заявок j-го типа;

$R_0 = \sum_{j=0}^{h} \rho_j;\ R_1 = \sum_{j=1}^{h} \rho_j;\ R_2 = \sum_{j=2}^{h} \rho_j;\cdots\ R_h = \rho_h;\ \rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu};\ R_i = \frac{\Lambda_i}{\mu}$, где

ρ_j - приведенные интенсивности потоков заявок j-го типа.

Потоки заявок каждого типа, образующие поликомпонентный поток, являются простейшими и имеют интенсивности λ_j, суммарные поликомпонентные потоки с интенсивностями λ_j также являются простейшими (пуассоновскими). Среднюю интенсивность обслуживания заявок одним обслуживающим устройством обозначим за μ. В этом случае интенсивность выходного потока обслуженных заявок до *m* -го состояния кратна μ и зависит от числа занятых каналов. После *m*-го состояния интенсивность потока обслуженных заявок равна $m\mu$. Поток обслуженных заявок также носит простейший характер.

С учетом принятых обозначений и допущений получим непрерывную марковскую цепь, граф состояний которой приведен на рис. 1. С учетом формул, полученных для вероятностей стационарных состояний, а также числовых характеристик, приведенных в работах [1-7], найдем общую зависимость функции распределения времени ожидания обслуживания вновь прибывшей заявкой от параметров входного потока заявок в стационарном режиме работы системы.

В рассматриваемой СМО очередь возможна только тогда, когда заняты все обслуживающие устройства. При этом суммарный поток обслуженных заявок всей системы складывается из потоков обслуживания каждого канала и имеет интенсивность $m\mu$. Тогда вероятность того, что при наличии очереди за время *t* системой обслужено *i* заявок, запишется в виде:

$$B_i(t) = \frac{(m\mu t)^i}{i!} e^{-m\mu t}$$

Найдём функцию распределения времени ожидания обслуживания одной заявки. По определению

$$F_{ож}(t) = P(t_{ож} < t),$$

где $t_{ож}$ - время ожидания обслуживания (случайная величина), но тогда

$$F_{ож}(t) = 1 - P(t_{ож} \geq t),$$

где $P(t_{ож} \geq t)$ - вероятность того, что время ожидания в очереди для одной заявки больше некоторого наперёд заданного времени *t*. Это возможно в случаях, когда вновь прибывшая в систему заявка находит все обслуживающие устройства занятыми, а за время *t* ни одно из устройств не освобождается, то есть очередь пуста и за время *t* система не успевает обслужить ни одной заявки, либо в очереди имеется одна заявка и за время *t* системой обслуживается не более одной заявки, либо в очереди имеются две заявки и за время *t* системой обслуживается не более двух заявок и так далее. По формуле полной вероятности имеем:

$$q\left[1 - F_{ож}(t)\right] = \frac{\Lambda_1}{\Lambda}\left\{P_m B_0(t) + P_{m+1}\left[B_0(t) + B_1(t)\right] + \right.$$
$$\left. + P_{m+2}\left[B_0(t) + B_1(t) + B_2(t)\right] + \cdots + P_{m+\varepsilon_1-1}\left[B_0(t) + \cdots + B_{\varepsilon_1-1}(t)\right]\right\} +$$

$$+\frac{\Lambda_2}{\Lambda}\Big\{P_{m+\varepsilon_1}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_1}(t)\Big]+$$
$$P_{m+\varepsilon_1+1}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_1+1}(t)\Big]+\cdots+$$
$$+P_{m+\varepsilon_2-1}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_2-1}(t)\Big]\Big\}+$$
$$\frac{\Lambda_3}{\Lambda}\Big\{P_{m+\varepsilon_2}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_2}(t)\Big]+$$
$$+P_{m+\varepsilon_2+1}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_2+1}(t)\Big]+\cdots+$$
$$+P_{m+\varepsilon_3-1}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_3-1}(t)\Big]\Big\}+\cdots+$$
$$+\frac{\Lambda_h}{\Lambda}\Big\{P_{m+\varepsilon_{h-1}}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_{h-1}}(t)\Big]+$$
$$+P_{m+\varepsilon_{h-1}+1}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_{h-1}+1}(t)\Big]+\cdots+$$
$$P_{m+\varepsilon_h-1}\Big[B_0(t)+B_1(t)+\cdots+B_{\varepsilon_h-1}(t)\Big]\Big\}=$$
$$=\frac{\Lambda_1}{\Lambda}\Big[B_0(t)\sum_{i=m}^{m+\varepsilon_1-1}P_i+B_1(t)\sum_{i=m+1}^{m+\varepsilon_1-1}P_i+\cdots+B_{\varepsilon_1-1}(t)P_{m+\varepsilon_1-1}\Big]+$$
$$+\frac{\Lambda_2}{\Lambda}\Big[\sum_{i=0}^{\varepsilon_1}B_i(t)\sum_{i=m+\varepsilon_1}^{m+\varepsilon_2-1}P_i+B_{\varepsilon_1+1}(t)\sum_{i=m+\varepsilon_1+1}^{m+\varepsilon_2-1}P_i+\cdots+B_{\varepsilon_2-1}(t)P_{m+\varepsilon_2-1}\Big]+$$
$$+\frac{\Lambda_3}{\Lambda}\Big[\sum_{i=0}^{\varepsilon_2}B_i(t)\sum_{i=m+\varepsilon_2}^{m+\varepsilon_3-1}P_i+B_{\varepsilon_2+1}(t)\sum_{i=m+\varepsilon_2+1}^{m+\varepsilon_3-1}P_i+\cdots+B_{\varepsilon_3-1}(t)P_{m+\varepsilon_3-1}\Big]+\cdots+$$
$$+\frac{\Lambda_h}{\Lambda}\Big[\sum_{i=0}^{\varepsilon_{h-1}}B_i(t)\sum_{i=m+\varepsilon_{h-1}}^{m+\varepsilon_h-1}P_i+B_{\varepsilon_{h-1}+1}(t)\sum_{i=m+\varepsilon_{h-1}+1}^{m+\varepsilon_h-1}P_i+\cdots+B_{\varepsilon_h-1}(t)P_{m+\varepsilon_h-1}\Big].$$

$$\sum_{i=m}^{m+\varepsilon_1-1}P_i=\frac{R^m}{m!}P_0\left[1+\frac{R_1}{m}+\left(\frac{R_1}{m}\right)^2+\cdots+\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1-1}\right]=\frac{R^m}{m!}P_0\frac{1-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}}{1-\frac{R_1}{m}};$$

$$\sum_{i=m+1}^{m+\varepsilon_1-1}P_i=\frac{R_1}{m}\frac{R^m}{m!}P_0\left[1+\frac{R_1}{m}+\cdots+\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1-2}\right]=\frac{R^m}{m!}P_0\frac{\frac{R_1}{m}-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}}{1-\frac{R_1}{m}};$$

$$P_{m+\varepsilon_1-1}=\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1-1}\frac{R^m}{m!}P_0=\frac{R^m}{m!}P_0\frac{\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1-1}-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}}{1-\frac{R_1}{m}},$$

тогда

$$B_0(t)\sum_{i=m}^{m+\varepsilon_1-1}P_i+B_1(t)\sum_{i=m+1}^{m+\varepsilon_1-1}P_i+\cdots+B_{\varepsilon_1-1}(t)P_{m+\varepsilon_1-1}=e^{-m\mu t}\frac{R^m}{m!}P_0\frac{1}{1-\frac{R_1}{m}}\times$$
$$\times\left\{1-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}+\frac{m\mu t}{1!}\left[\frac{R_1}{m}-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}\right]+\frac{(m\mu t)^2}{2!}\left[\left(\frac{R_1}{m}\right)^2-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}\right]+\cdots+\right.$$
$$\left.+\frac{(m\mu t)^{E_1-1}}{(E_1-1)!}\left[\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1-1}-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}\right]\right\}=e^{-m\mu t}\frac{R^m}{m!}P_0\frac{1}{1-\frac{R_1}{m}}\times$$
$$\left\{e_{\varepsilon_0}(m\mu t)\left[1-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}\right]+\frac{(m\mu t)^{\varepsilon_0+1}}{(\varepsilon_0+1)!}\left[\frac{R_1}{m}-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}\right]+\cdots+\right.$$
$$\left.\frac{(m\mu t)^{E_1-1}}{(E_1-1)!}\left[\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1-1}-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}\right]\right\}=$$
$$=e^{-m\mu t}\frac{R^m}{m!}P_0\frac{1}{1-\frac{R_1}{m}}\Big[e_{\varepsilon_0}(m\mu t)+$$
$$\left.\frac{e_{\varepsilon_1-1}(R_1\mu t)-e_{\varepsilon_0}(R_1\mu t)}{\left(\frac{R_1}{m}\right)^{\varepsilon_0}}-e_{\varepsilon_1-1}(m\mu t)\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}\right]=$$
$$=e^{-m\mu t}\frac{R^m}{m!}P_0\frac{1}{1-\frac{R_1}{m}}\left[e_{\varepsilon_1-1}(R_1\mu t)-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1}e_{\varepsilon_1-1}(m\mu t)\right].$$

Аналогично

$$\sum_{i=0}^{\varepsilon_1} B_i(t) \sum_{i=m+\varepsilon_1}^{m+\varepsilon_2-1} P_i + B_{\varepsilon_1+1}(t) \sum_{i=m+\varepsilon_1+1}^{m+\varepsilon_2-1} P_i + \cdots +$$

$$B_{\varepsilon_2-1}(t) P_{m+\varepsilon_2-1} = e^{-m\mu t} \left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1} \frac{R^m}{m!} P_0 \frac{1}{1-\frac{R_2}{m}} \times$$

$$\times \left\{ e_{\varepsilon_1}(m\mu t) \left[1 - \left(\frac{R_2}{m}\right)^{E_2} \right] + \frac{(m\mu t)^{\varepsilon_1+1}}{(\varepsilon_1+1)!} \left[\frac{R_2}{m} - \left(\frac{R_2}{m}\right)^{E_2} \right] + \right.$$

$$\frac{(m\mu t)^{\varepsilon_1+2}}{(\varepsilon_1+2)!} \left[\left(\frac{R_2}{m}\right)^2 - \left(\frac{R_2}{m}\right)^{E_2} \right] +$$

$$\left. + \cdots + \frac{(m\mu t)^{\varepsilon_2-1}}{(\varepsilon_2-1)!} \left[\left(\frac{R_2}{m}\right)^{E_2-1} - \left(\frac{R_2}{m}\right)^{E_2} \right] \right\} =$$

$$e^{-m\mu t} \left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1} \frac{R^m}{m!} P_0 \frac{1}{1-\frac{R_2}{m}} \left[e_{\varepsilon_1-1}(m\mu t) + \right.$$

$$\left. + \frac{e_{\varepsilon_2-1}(R_2\mu t) - e_{\varepsilon_1-1}(R_2\mu t)}{\left(\frac{R_2}{m}\right)^{\varepsilon_1}} - e_{\varepsilon_2-1}(m\mu t) \left(\frac{R_2}{m}\right)^{E_2} \right] =$$

$$= e^{-m\mu t} \frac{R^m}{m!} P_0 \frac{1}{1-\frac{R_2}{m}} \left[\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1} e_{\varepsilon_1-1}(m\mu t) + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{E_1} \left[e_{\varepsilon_2-1}(R_2\mu t) - e_{\varepsilon_1-1}(R_2\mu t) \right] - \left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1} \left(\frac{R_2}{m}\right)^{E_2} e_{\varepsilon_2-1}(m\mu t) \right].$$

Наконец,

$$\sum_{i=m+\varepsilon_{h-1}}^{m+\varepsilon_h-1} P_i = \left(\frac{R_{h-1}}{m}\right)^{E_{h-1}} \cdots \left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1} \frac{R^m}{m!} P_0 \left[1 + \frac{R_h}{m} + \cdots + \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h-1} \right] =$$

$$= \prod_{g=1}^{h-1} \left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} \frac{R^m}{m!} P_0 \frac{1-\left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h}}{1-\frac{R_h}{m}};$$

$$\sum_{i=m+\varepsilon_{h-1}+1}^{m+\varepsilon_h-1} P_i = \frac{R_h}{m} \left(\frac{R_{h-1}}{m}\right)^{E_{h-1}} \cdots \left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1} \frac{R^m}{m!} P_0 \left[1 + \frac{R_h}{m} + \cdots + \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h-2} \right] =$$

$$= \prod_{g=1}^{h-1} \left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} \frac{R^m}{m!} P_0 \frac{\frac{R_h}{m} - \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h}}{1-\frac{R_h}{m}};$$

$$P_{m+\varepsilon_h-1} = \prod_{g=1}^{h-1} \left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} \frac{R^m}{m!} P_0 \frac{\left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h-1} - \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h}}{1-\frac{R_h}{m}},$$

тогда

$$\sum_{i=0}^{\varepsilon_{h-1}} B_i(t) \sum_{i=m+\varepsilon_{h-1}}^{m+\varepsilon_h-1} P_i + B_{\varepsilon_{h-1}+1}(t) \sum_{i=m+\varepsilon_{h-1}+1}^{m+\varepsilon_h-1} P_i + \cdots +$$

$$B_{\varepsilon_h-1}(t) P_{m+\varepsilon_h-1} = e^{-m\mu t} \prod_{g=1}^{h-1} \left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} \frac{R^m}{m!} P_0 \times$$

$$\times \frac{1}{1-\frac{R_h}{m}} \left\{ e_{\varepsilon_{h-1}}(m\mu t) \left[1 - \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h} \right] + \frac{(m\mu t)^{\varepsilon_{h-1}+1}}{(\varepsilon_{h-1}+1)!} \left[\frac{R_h}{m} - \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h} \right] + \right.$$

$$\left. + \frac{(m\mu t)^{\varepsilon_{h-1}+2}}{(\varepsilon_{h-1}+2)!} \left[\left(\frac{R_h}{m}\right)^2 - \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h} \right] + \cdots + \frac{(m\mu t)^{\varepsilon_h-1}}{(\varepsilon_h-1)!} \left[\left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h-1} - \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h} \right] \right\} =$$

$$= e^{-m\mu t} \prod_{g=1}^{h-1} \left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} \frac{R^m}{m!} P_0 \frac{1}{1-\frac{R_h}{m}} \left[e_{\varepsilon_{h-1}-1}(m\mu t) + \right.$$

$$\left. + \frac{e_{\varepsilon_h-1}(R_h\mu t) - e_{\varepsilon_{h-1}-1}(R_h\mu t)}{\left(\frac{R_h}{m}\right)^{\varepsilon_{h-1}}} - e_{\varepsilon_h-1}(m\mu t) \left(\frac{R_h}{m}\right)^{E_h} \right] =$$

$$= e^{-m\mu t}\frac{R^m}{m!}P_0\frac{1}{1-\frac{R_h}{m}}\left[\prod_{g=1}^{h-1}\left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} e_{\varepsilon_{h-1}-1}(m\mu t)+\right.$$

$$\left.+\prod_{g=1}^{h-1}\left(\frac{R_g}{R_h}\right)^{E_g}\left[e_{\varepsilon_h-1}(R_h\mu t)-e_{\varepsilon_{h-1}-1}(R_h\mu t)\right]-\prod_{g=1}^{h}\left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} e_{\varepsilon_h-1}(m\mu t)\right].$$

Откуда

$$F_{ож}(t)=1-e^{-m\mu t}\frac{P_{m-1}}{q}\left\{\frac{R_1}{m-R_1}\left[e_{\varepsilon_1-1}(R_1\mu t)-\left(\frac{R_1}{m}\right)^{E_1} e_{\varepsilon_1-1}(m\mu t)\right]+\right.$$

$$+\sum_{i=2}^{h}\frac{R_i}{m-R_i}\left[\prod_{g=1}^{i-1}\left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} e_{\varepsilon_{i-1}-1}(m\mu t)+\right.$$

$$\left.\left.\prod_{g=1}^{i-1}\left(\frac{R_g}{R_i}\right)^{E_g}\left[e_{\varepsilon_i-1}(R_i\mu t)-e_{\varepsilon_{i-1}-1}(R_i\mu t)\right]-\prod_{g=1}^{i}\left(\frac{R_g}{m}\right)^{E_g} e_{\varepsilon_i-1}(m\mu t)\right]\right\}.$$

Приведённые в данной работе результаты могут быть полезны при проектировании объектов, работающих по принципу систем массового обслуживания.

Библиографический список

1. Кирпичников, А. П. Вероятностные характеристики систем дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков [Текст] / А. П. Кирпичников, А. С. Титовцев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2013. – Т.16-№6. – С. 248 – 252.

2. Кирпичников, А. П. Расчёт средней длины очереди в системах дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков [Текст] / А. П. Кирпичников, А. С. Титовцев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2013. – Т.16-№11. – С. 255 – 258.

3. Кирпичников, А. П. Расчёт второго момента длины очереди в системах дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков [Текст] / А. П. Кирпичников, А. С. Титовцев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2013. – Т.16-№18. – С. 282 – 286.

4. Кирпичников, А. П. Числовые характеристики систем дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков [Текст] / А. П. Кирпичников, А. С. Титовцев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2013. – Т.16-№23. – С. 242 – 244.

5. Кирпичников, А. П. Расчет функции распределения времени ожидания в системах дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков [Текст] / А. П. Кирпичников, А. С. Титовцев // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2014. – Т.17-№4. – С. 307 – 312.

6. Кирпичников, А. П. О вероятностных характеристиках обобщенной модели систем дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков [Текст] / А. П. Кирпичников, А. С. Титовцев // Наука в Центральной России. – 2013. – №4S. – С. 5 – 8.

7. Кирпичников, А. П. Системы дифференцированного обслуживания поликомпонентных потоков [Текст] / А. П. Кирпичников, А. С. Титовцев // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2012. – Т.2-№2. – С. 212 – 218.

© Кирпичников А. П., Титовцев А. С., 2014

УДК 681.3.06(075.8)
В. В. Козлов*
**Козлов Вячеслав Васильевич, к.т.н., декан факультета информационных систем и технологий*
Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара
vco200@mail.ru

ОПЫТ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ГРАФИКОВ И ПОРУЧЕНИЙ КАФЕДРАМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА УЧЕБНОГО ПЛАНА

Ключевые слова: учебный план, информационная система, Web приложение, браузер, рабочий график.

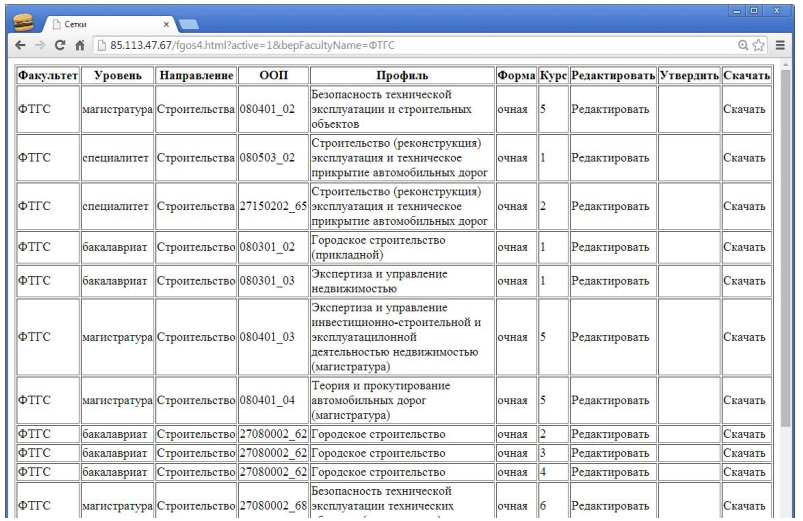
В статье дается описание опыта автоматического формирования рабочих графиков и проекта приказа о поручениях кафедрам. Суть работы заключается в создании WEB системы, позволяющей автоматически создавать рабочие графики, заданного вузом образца на основе учебного плана, выполненного в программном комплексе GosInsp лаборатории ММИС. По созданным рабочим графикам WEB система генерирует проект приказа о поручениях кафедрам с указанием контингента студентов, студенческих групп и семестров обучения. Внедрение системы позволило существенно уменьшить вероятность ошибок в указанных документах, а также систематизировать работу учебного управления в данном направлении и заложить основу для дальнейшей автоматизации учебного процесса.

Организация учебного процесса это одно из важнейших направлений деятельности современного вуза. Составной частью этого процесса является разработка рабочих графиков и распределение учебной нагрузки по кафедрам вуза. Созданный автоматизированный Web ориентированный комплекс позволяет в рамках совместимости с разработкой лаборатории ММИС «Планы» [1] и в соответствии со сложившимися традициями конкретного вуза автоматизировать организацию учебного процесса в части формирования ежегодных рабочих графиков и распределения нагрузки по кафедрам вуза. В настоящий момент разработанная система поддерживает работу с планами бакалавриата и магистратуры по ФГОС 3 и предусматривает множество внутренних проверок на возможные ошибки или нестыковки отдельных документов и формирование сводной отчетности в удобной форме.

С представляемой системой работает следующий круг лиц, каждый из которых имеет свой логин/пароль и соответствующие полномочия:

1. Проректор по учебной работе.
2. Декан факультета.
3. Заведующий кафедрой.
4. Специалист учебного управления.

Функцией проректора по учебной работе в данной системе является общий контроль, просмотр отчетов и утверждение рабочих графиков. На момент утверждения рабочих графиков гарантируется отсутствие любых несоответствий этих графиков и учебных планов, а также корректное заполнение всех полей. На рисунках ниже (1, 2) показан порядок работы проректора по учебной работе.



Факультет	Уровень	Направление	ООП	Профиль	Форма	Курс	Редактировать	Утвердить	Скачать
ФТГС	магистратура	Строительства	080401_02	Безопасность технической эксплуатации и строительных объектов	очная	5	Редактировать		Скачать
ФТГС	специалитет	Строительства	080503_02	Строительство (реконструкция) эксплуатация и техническое прикрытие автомобильных дорог	очная	1	Редактировать		Скачать
ФТГС	специалитет	Строительства	27150202_65	Строительство (реконструкция) эксплуатация и техническое прикрытие автомобильных дорог	очная	2	Редактировать		Скачать
ФТГС	бакалавриат	Строительство	080301_02	Городское строительство (прикладной)	очная	1	Редактировать		Скачать
ФТГС	бакалавриат	Строительство	080301_03	Экспертиза и управление недвижимостью	очная	1	Редактировать		Скачать
ФТГС	магистратура	Строительство	080401_03	Экспертиза и управление инвестиционно-строительной и эксплуатацилонной деятельностью недвижимостью (магистратура)	очная	5	Редактировать		Скачать
ФТГС	магистратура	Строительство	080401_04	Теория и прокутирование автомобильных дорог (магистратура)	очная	5	Редактировать		Скачать
ФТГС	бакалавриат	Строительство	27080002_62	Городское строительство	очная	2	Редактировать		Скачать
ФТГС	бакалавриат	Строительство	27080002_62	Городское строительство	очная	3	Редактировать		Скачать
ФТГС	бакалавриат	Строительство	27080002_62	Городское строительство	очная	4	Редактировать		Скачать
ФТГС	магистратура	Строительство	27080002_68	Безопасность технической эксплуатации технических	очная	6	Редактировать		Скачать

Рис. 1. Запрос на утверждение рабочего графика

После нажатия на пункт «Утвердить» выводится предлагаемый деканом вариант рабочего графика (рисунок 2). Для утвержденных планов становиться активной кнопка «Скачать».

Появившееся сообщение «Ошибок нет» означает, что система не обнаружила нарушений по часам или иным параметрам для данного рабочего графика. Далее проректор утверждает график нажатием кнопки «Утвердить», в результате чего формируется PDF документ доступный для работы заведующим кафедрами. Все дисциплины, контингент и студенческие группы из данного графика включаются в проект приказа о нагрузке. В случае отклонения графика он попадает на доработку декану.

Для декана факультета доступна кнопка «Редактировать». Режим аналогичен режиму для проектора. Отличие заключается в возможности сохранения черновика и отправки на подпись (рисунок 3).

Заведующий кафедрой работает с уже утвержденными рабочими графиками и готовым распределением нагрузки на его кафедру.

Специалист учебного управления контролирует работу системы, загружает учебные планы и просматривает отчет о распределении нагрузки. На рисунке 4 показан пример такого отчета.

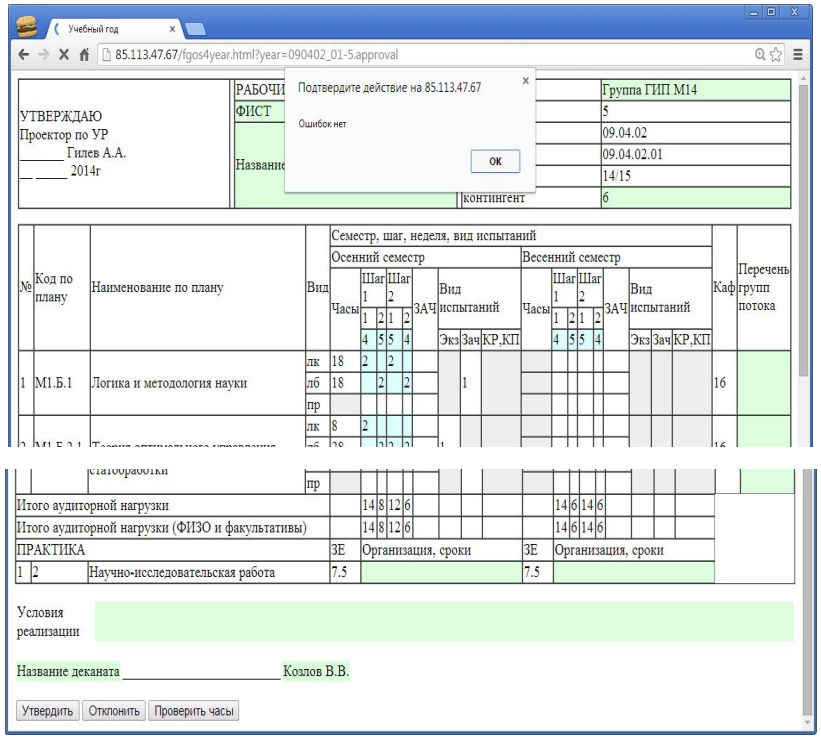


Рис. 2. Рабочий график на утверждении

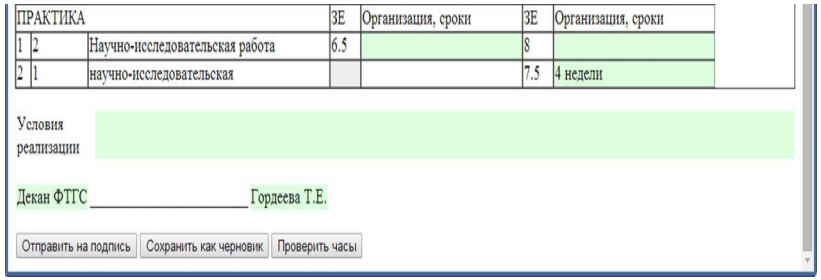


Рис. 3. Запрос на утверждение графика

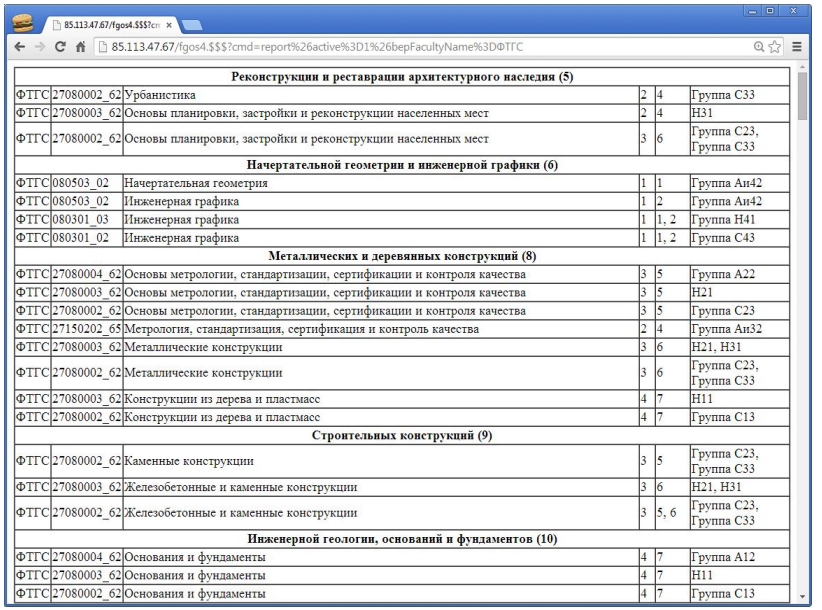


Рис. 4. Проект поручения кафедрам

В этом проекте указаны дисциплины, направления подготовки, семестры и студенческие группы. При этом гарантируется отсутствие случайных ошибок и строгое соответствие учебному плану.

Дополнительно Web система позволяет выполнять фильтрацию по:

- факультету;
- уровню;
- направлениям подготовки;
- ООП;
- профилю;
- форме;
- курсу.

Информационная система разработана с использованием технологий:

- сервер, являющийся полностью оригинальной разработкой на языке C++ [2] ;
- уровень приложения выполнен на языке C++ на базе библиотеки Qt;
- клиентская (браузерная) часть выполнена на HTML с активным применением JS.

Аналогичный подход был применен автором ранее при разработке Web ресурсов [2,3]. Описанный в статьях [2, 3] подход позволяет использовать при написание серверной части нативный код, например C++, что существенно повышает производительность серверной части, а статическая типизация языка

программирования избегать целого ряда ошибок, связанных с динамической типизаций переменных.

Применение системы в 2012-2014 годах в СГАСУ позволило существенно упростить процедуру сбора данных по деканатам и распределения учебной нагрузки и полностью исключить возможность случайной ошибки. По итогам планирования на 2014/15 учебный год (весной 2014 года) полностью в автоматическом режиме были сформированы рабочие графики по 138 образовательным программам и распределена нагрузка на 29 кафедр СГАСУ.

Библиографический список

1. Лаборатория ММИС [Электронный ресурс] / URL: http://www.mmis.ru/.

2. Козлов, В. В. Многопоточный кроссплатформенный сервер приложений на нативном коде [Текст]: статья / В. В. Козлов – Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей I международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1/ Поволжский государственный университет сервиса – Тольятти : Издательство ПВГУС, 2013. – 360с., с. 110 – 117.

3. Козлов, В. В. Автоматизированная информационная система активного позиционирования студентов на рынке труда [Текст]: статья / В. В. Козлов, М. М. Насыров – Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 3 – 2 (22). С. 25 – 26.

4. Козлов, В. В. Объединенная вузовская система научного консультирования индивидуальных проектов старшеклассников [Текст]: статья / М. И. Бальзанников, В. В. Козлов, С. А. Пиявский – Научное обозрение. 2014. № 2. С. 161 – 166.

© Козлов В. В., 2014

УДК 621.3.07

С. Ю. Колосков*

**Колосков Сергей Юрьевич, студент*

Алтайская государственная академия образования им. В. И. Шукшина, г. Бийск

Kraizer1993@mail.ru

П. В. Захаров*

**Захаров Павел Васильевич, к.ф.-м.н., доцент*

Алтайская государственная академия образования им. В. И. Шукшина, г. Бийск

zakharovpvl@rambler.ru

Н. В. Леготкин*

**Леготкин Николай Валерьевич, ст. преподаватель*

Алтайская государственная академия образования им. В. И. Шукшина, г. Бийск

legotkinu@yandex.ru

УПРАВЛЕНИЕ УНИПОЛЯРНЫМ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОМОЩЬЮ USB ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Ключевые слова: шаговый двигатель, драйвер шагового двигателя, драйвер USBasp, макетная плата AVR-USB-MEGA16, микроконтроллер ATMEGA32, библиотека LibUSB

В статье затрагивается вопрос управлению униполярным шаговым двигателем через USB порт персонального компьютера. Задача состоит в том, чтобы с помощью USB персонального компьютера и драйвера управлять шаговым двигателем. В рамках данной работы предлагается решение данного вопроса с помощью: драйвера шагового двигателя состоящего из макетной платы AVR-USB-MEGA16 и силового модуля на основе транзисторов, системы программирования Delphi, дополнительной библиотеке для программирования LibUSB, прошивки для микроконтроллера ATMEGA32 и драйвера USBasp.

Шаговый двигатель широко используется в различных направлениях: в периферийных устройствах вычислительных машин, серийное печатающее устройство, двухкоординатный XY-графопостроитель, в станках с числовым программным управлением, XY-столы и вращающиеся столы, фрезерные станки, чертежные автоматы и другие применения. В работе рассмотрена система для управления шаговым двигателем через USB персонального компьютера и способ ее сборки.

Для реализации данной системы необходимо приготовить макетную плату AVR-USB-MEGA16 [1] к работе.

Первое, что нужно сделать - это прошить плату. Она снабжена загрузчиком bootloadHID, что позволит прошить ее через USB. Для этого устанавливаем перемычку между ножками 4 и 6 коннектора U1 ISP и подключаем плату к персональному компьютеру через USB. На ней загорится красный светодиод и

в системе Windows обнаружится программатор USBasp. После чего запускаем программу для прошивки микроконтроллера и загружаем в нее прошивку для ATMEGA32 с необходимой частотой [2], прошиваем. Отключаем макетную плату AVR-USB-MEGA16 и удаляем перемычку.

Второе – необходимо установить драйвер USBaps [3] для платы, если его нет на персональном компьютере, на котором выполняется работа. Снова подключением плату к USB компьютера и он обнаруживает новое устройство. Если на нем не установлен драйвер, то он не сможет определить его. Для распознания платы через диспетчер устройств вручную устанавливаем драйвер. Теперь плата полностью готова к работе.

Силовой модуль системы состоит из четырех транзисторов (КТ972Б), четырех резисторов (330 Ом) и четырех диодов (1N4001S). Они соединены между собой по следующей схеме (Рис. 1) [2].

Работает силовой модуль по следующей схеме. При открывании одного из транзисторов, ток будет протекать через соответствующую обмотку шагового двигателя. Для управления транзисторами используются свободные выходы микроконтроллера платы AVR-USB-MEGA16.

Тип транзисторов зависит от мощности подключаемого двигателя, напряжения его питания и нагрузочной способности портов микроконтроллера. В данной конструкции использовались транзисторы КТ972Б, обладающие достаточным коэффициентом усиления по току, с допустимым напряжением коллектор-эммитер до 45 В, ток коллектора – до 4 А.

Поскольку нагрузка индуктивная, в схеме стоят защитные диоды. Использовались 1-амперные диоды 1N4001S, но можно обойтись и без них. Защитные диоды увеличивают время спада тока в обмотках шагового двигателя, что уменьшает максимально возможную частоту вращения шагового двигателя. Если убрать диоды, то время спада тока окажется минимальным, двигатель сможет вращаться быстрее, но при этом возникают опасные для транзисторов выбросы ЭДС самоиндукции, которые могут превысить допустимое для них напряжение 45 В.

Собираем все по схеме, представленной на рисунке 1, и техническая часть работы на этом заканчивается.

Перед тем как начать разработку управляющего алгоритма необходимо установить на персональный компьютер дополнительную библиотеку LibUSB [4]. Устанавливается она как обычная программа. После чего в среде программирования Delphi создаем, или берем готовый [2], дополнительный модуль LibUSB для библиотеки. Теперь приступаем к написанию общей части непосредственно самой программы. Общая часть включается в себя функции: получения ASCII последовательности, открытие устройство USB и послания сообщения контролеру через USB. Общую часть также можно взять из источника [2].

Отправка сообщения макетной плате через USB осуществляется через функцию SendUSBControlMessage (PC2USB,RQ_IO_WRITE, 1, aPORTA, 0, data);

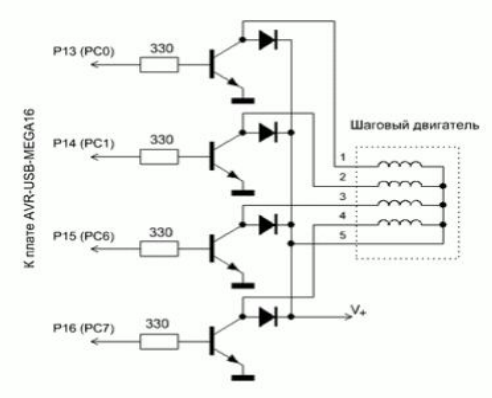


Рис. 1. Схема силового модуля

SendUSBControlMessage … – имя функции.

… PC2USB … – сообщение отправляется от персонального компьютера в USB.

… RQ_IO_WRITE … - команда на запись.

.. 1, .. – что записываем в микроконтроллер.

… aPORTA, … - куда записываем или имя порта микроконтроллера.

… 0, data - что записываем в буфер обмена микроконтроллера.

Представленная выше функция подает напряжение в 5 вольт на свободный выход P1 макетной платы AVR-USB-MEGA16. SendUSBControlMessage (PC2USB,RQ_IO_WRITE, 2, aPORTA, 0, data) – подает напряжение на выход P2, а P1 станет без напряжения, так как 2 в двоичной системе счисления 0010, 0 пойдет на P1, а 1 на P2. Для активации P1 и P2 одновременно достаточно написать SendUSBControlMessage (PC2USB,RQ_IO_WRITE, 3, aPORTA, 0, data). 3 в двоичной системе счисления это 0011. Чтобы сбросить напряжение на всех выходах «порта А» необходимо использовать команду SendUSBControlMessage (PC2USB,RQ_IO_WRITE, 0, aPORTA, 0, data).

Используя данную функцию, задаем последовательную активацию обмоток шагового двигателя. При этом опираемся на управляющею последовательность, представленную в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Управляющая последовательность для полного шага

Импульс	Номер обмотки шагового двигателя			
	Обмотка 1	Обмотка 2	Обмотка 3	Обмотка 4
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	-	-	+	-
4	-	-	-	+

Полный шаг. В данной последовательности одновременно подключается только одна. Необходимо 48 пульсов, чтобы ротор двигателя совершил один полный оборот (360 градусов). Каждый пульс перемещает ротор примерно на 7,5 градусов.

Таблица 2

Управляющая последовательность для полушага

Импульс	Номер обмотки шагового двигателя			
	Обмотка 1	Обмотка 2	Обмотка 3	Обмотка 4
1	+	-	-	-
2	+	+	-	-
3	-	+	-	-
4	-	+	+	-
5	-	-	+	-
6	-	-	+	+
7	-	-	-	+
8	+	-	-	+

Полушаг. При такой управляющей последовательности ротор нуждается в 96 пульсах, чтобы совершить один полный оборот (360 градусов). Каждый пульс перемещает ротор приблизительно на 3,75 градуса.

Приведенная схема позволяет управлять шаговым двигателем через ПК, по средством интерфейса USB. В работе [5] рассмотрено использование данной системы для управления комплексом солнечных батарей, что позволяет повысить их эффективность на 30%.

Библиографический список

1. Microsin.net [Электронный ресурс]: Макетная плата AVR-USB-MEGA16 – режим доступа: http://microsin.net/programming/AVR/avr-usb-mega16.html.

2. Заморочки одного автолюбителя [Электронный ресурс]: Работа с USB для чайников на примере AVR-USB-MEGA16. – режим доступа: http://vanoid.ru/avr/

3. Thomas Fischl [Электронный ресурс]: USBasp - USB programmer for Atmel AVR controllers. – режим доступа: http://www.fischl.de/usbasp/

4. Sourceforge [Электронный ресурс]: LibUSB-win32 - режим доступа: http://sourceforge.net/projects/libusb-win32/files/

5. Фундаментальные науки и образование [Текст]: материалы II международная научно-практической конференции (Бийск, 2 – 5 марта 2014 г.) / Алтайская гос. академия обр-я им. В. М. Шукшина. – Бийск: ФГБОУ ВПО «АГАО», 2014. – 529 с. – 155 экс. (ВУЗу – 75 лет) – ISBN 978-5-85127-796-6

© Колосков С. Ю., Захаров П. В., Леготкин Н. В., 2014

УДК 517.977.58

А. Б. Кузьмичев*

**Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н., доцент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kuzmichev@mail.ru

Т. С. Зиберева*

**Зиберева Татьяна Сергеевна, магистрант*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

zibereva.t@gmail.com

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ В ВУЗЕ

Ключевые слова: расписание, учебное заведение, модель базы данных, технология составления расписания.

Рассмотрен принцип построения системы составления расписания занятий в учебном заведении.

Анализ работы в учебных отделах учебных заведений показал, что наиболее ответственным и узким местом в учебном процессе является составление и внесение изменений в расписание учебных занятий. Ошибки, допущенные при составлении расписания (накладки и пропуски занятий, отсутствие постоянного контроля за выполнением учебной нагрузки преподавателями), как правило, отыскиваются кропотливым ручным трудом с привлечением большого количества персонала учебного заведения. При этом часто из составленного расписания очень сложно получить сведения, необходимые для проведения незапланированных мероприятий.

Кроме того, насколько эффективно организован учет, зависит и зарплата преподавателя и состояние фонда зарплаты организации в целом. Немаловажной является и задача получения итоговых отчетов преподавателя, кафедры, всего учебного заведения. Большой объем учетной информации затрудняет выявление возможных ошибок, несоответствий плановой и фактической нагрузки, получение итогов по видам нагрузки, формам обучения.

Проведенное исследование показало, что решение по автоматизированному составлению расписания и дальнейшему переходу на автоматическое составление расписания может быть реализовано за счет применения правильно созданной структуры базы данных и системы управления базой данных (СУБД). Работа по созданию и опытной эксплуатации СУБД составления расписания подтвердила правильность принятых решений. Это позволило в дальнейшем получить оптимальную СУБД и на ее основе предложить систему автоматизированного составления расписания учебных занятий.

СУБД по составлению расписания была сделана в системе управления базами данных Ms Access. Упрощенная логическая схема базы данных представлена на рис.1. Для учета исходных данных для планирования имеются таблицы:

1. "ФИО" и "Уч_степ" – для данных по преподавателям;

2. "Пара", "Дата " и "№зан" – для данных по дням и парам возможных занятий;

3. "Ауд" – для данных по имеющимся аудиториям;

4. "Специальности" и "№грп" – для данных по имеющимся учебным группам;

5. "Вид_зан", "Дисцип" и "План_дисциплин" – для данных по учебно-тематическим планам.

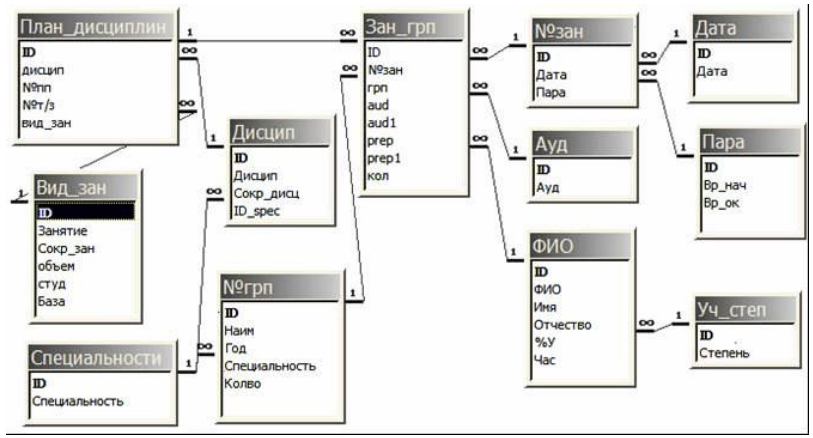


Рис. 1. Упрощенная логическая схема базы данных

Информация по спланированным занятиям заносится в таблицу "Зан_грп". Для занесения этой информации используется форма, предоставляющая пользователю для выбранной группы и учебно-тематического плана, преподавателя и аудитории, список свободных занятий для их планирования.

Основная часть работы пользователя производится в СУБД. Работа в ней начинается с главной формы, позволяющей управлять всеми необходимыми работами по обработке информации. Оно состоит из набора кнопок позволяющим перейти к следующим действиям:

1. Ввод исходных данных – определяются исходные данные (ученые степени, виды занятий, дисциплины обучения, специальности обучения, аудитории) и участники учебного процесса (преподаватели, учебные группы).

2. Подготовка к планированию – определяются периоды обучения (семестры), вводятся и редактируются даты планирования (дни, в которые будут проводиться занятия), вводятся учебно-тематические планы учебных дисциплин.

3. Планирование расписания занятий для учебных групп по требуемым дисциплинам обучения с помощью специальной формы.

4. Вывод необходимых отчетов по спланированному расписанию.

Основная технология по планированию расписания:

1. Ввод исходных данных для планирования — наименование дисциплин, групп, преподавателей, аудиторий.

2. Ввод тематических планов изучения дисциплин с заданием потоков, подпотоков для планирования.

3. Ввод занятий для планирования — календарной сетки планирования.

4. Интерактивное графическое планирование занятий с привязкой к понедельному распределению занятий и контролем накладок.

5. Создание необходимых отчетов по расписанию учебных занятий.

В целом созданная информационная система позволяет оперативно составлять и изменять расписание учебных занятий с применением нескольких рабочих мест одновременно. Это обеспечивает:

1. Сокращение в несколько раз времени на составление расписания с уменьшением привлекаемого персонала.

2. Исключение основных причин возникновения ошибок в составленном расписании.

3. Оперативное получение различных сведений по расписанию с любого персонального компьютера, подключенного к локальной компьютерной сети.

Основные возможности разработанной системы [1], [2]:

1. Реализовывать одновременное (параллельное) планирование с участием нескольких операторов (несколько рабочих мест).

2. Создавать неограниченное число групп, преподавателей и аудиторий.

3. Объединять при планировании группы в потоки и подпотоки.

4. Делить группы, потоки и подпотоки на подгруппы.

5. Задавать при планировании занятия неограниченное число преподавателей и аудиторий.

6. Выполнять автоматизированное интерактивное графическое планирование занятий с привязкой к понедельному планированию с контролем накладок в расписании.

7. Реализовывать коррекцию расписания с контролем накладок в расписании.

8. Создавать всевозможные отчеты по расписанию учебного процесса.

9. Реализовывать защиту от несанкционированного доступа на несколько уровней доступа пользователей к базе. Например, доступ с возможностью добавления и исправления записей или только чтения записей, доступ ко всей базе только для чтения и т.д.

Вся СУБД размещается в 1 файле, размер которого при работе в течение 1 года по планированию занятий на 260 групп не превышает 25 Мб.

Библиографический список

1. Кузьмичев, А. Б. Программа составления расписания занятий в учебном заведении [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://kuzmichev.chat.ru/Free_rasp.zip, свободный. Загл. с экрана.

2. Расписание занятий для дневного отделения ПВГУС [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://www.tolgas.ru/studcentr, свободный. Загл. с экрана.

© Кузьмичев А. Б., Зиберева Т. С., 2014

УДК 681.5:004
А. Б. Кузьмичев*
**Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н., доцент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
kuzmichev@mail.ru
С. А. Меньшиков*
**Меньшиков Сергей Александрович, студент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
menshikov.sa@gmail.com

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА ПО ЕГО ФОТОГРАФИИ

Ключевые слова: изображение, хеширование, перцептивный хеш, глубина цвета, расстояние Хэмминга

Рассмотрен алгоритм распознавания лица человека по его фотографии путем сравнения с имеющимся портретом человека на основе перцептивного хеша.

Для распознавания лиц людей используется часто алгоритм вычисления перцептивного хеша [1]. Перцептивные хеш-алгоритмы описывают класс функций для генерации сравнимых хешей. Характеристики изображения используются для генерации индивидуального (но не уникального) отпечатка, и эти отпечатки можно сравнивать друг с другом.

Все алгоритмы вычисления перцептивного хеша, обладают одинаковыми базовыми свойствами: картинки можно изменять в размере, менять соотношение сторон и даже слегка менять цветовые характеристики (яркость, контраст и т.д.), но они всё равно совпадают по хешу.

Для этого имеется несколько распространённых алгоритмов, и все они довольно простые. Одна из простейших хеш – функций отображает среднее значение низких частот.

В изображениях высокие частоты обеспечивают детализацию, а низкие частоты показывают структуру. Большая, детализированная фотография содержит много высоких частот (рис. 1). В очень маленькой картинке нет деталей, так что она целиком состоит из низких частот. Самый быстрый способ избавиться от высоких частот — уменьшить изображение. Уменьшаем изображение до 8×10, так что общее число пикселей составляет 64 (рис. 2). Можно не заботиться о пропорциях, просто уменьшаем до квадрата восемь на восемь. Таким образом, хеш будет соответствовать всем вариантам изображения, независимо от размера и соотношения сторон.

Маленькое изображение переводится в градации серого, так что хеш уменьшается втрое: с 64 пикселей (64 значения красного, 64 зелёного и 64 синего) всего до 64 значений цвета. После вычисляем среднее значение для всех 64 цветов. Далее выстраиваем цепочку битов, для каждого цвета получаем 1 или 0 в зависимости от того, он больше или меньше среднего.



Рис. 1. Исходное выделенное изображения лица

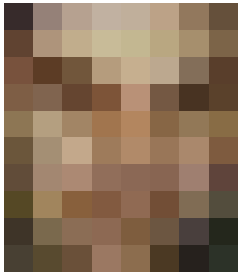


Рис. 2. Сжатие исходного изображения до 8x10 пикселей

Построение хеша, переводим 64 отдельных бита в одно 64-битное значение. Записываем биты слева направо, сверху вниз (рис. 3).

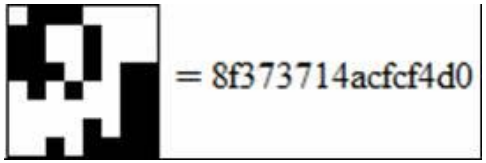


Рис. 3 Полученный хеш изображения

Итоговый хэш не изменится, если картинку масштабировать, сжать или растянуть. Изменение яркости или контраста, или манипуляции с цветами тоже сильно не повлияет на результат [1]. Сравнивая два изображения, вычисляем хеш для каждого из них и подсчитываем количество разных битов. Для этого определяется расстояние Хэмминга [2]. Расстояние Хэмминга – число позиций, в которых соответствующие символы двух слов одинаковой длины различны.

В более общем случае расстояние Хэмминга применяется для строк одинаковой длины любых - ичных алфавитов и служит метрикой различия (функцией, определяющей расстояние в метрическом пространстве) объектов одинаковой размерности.

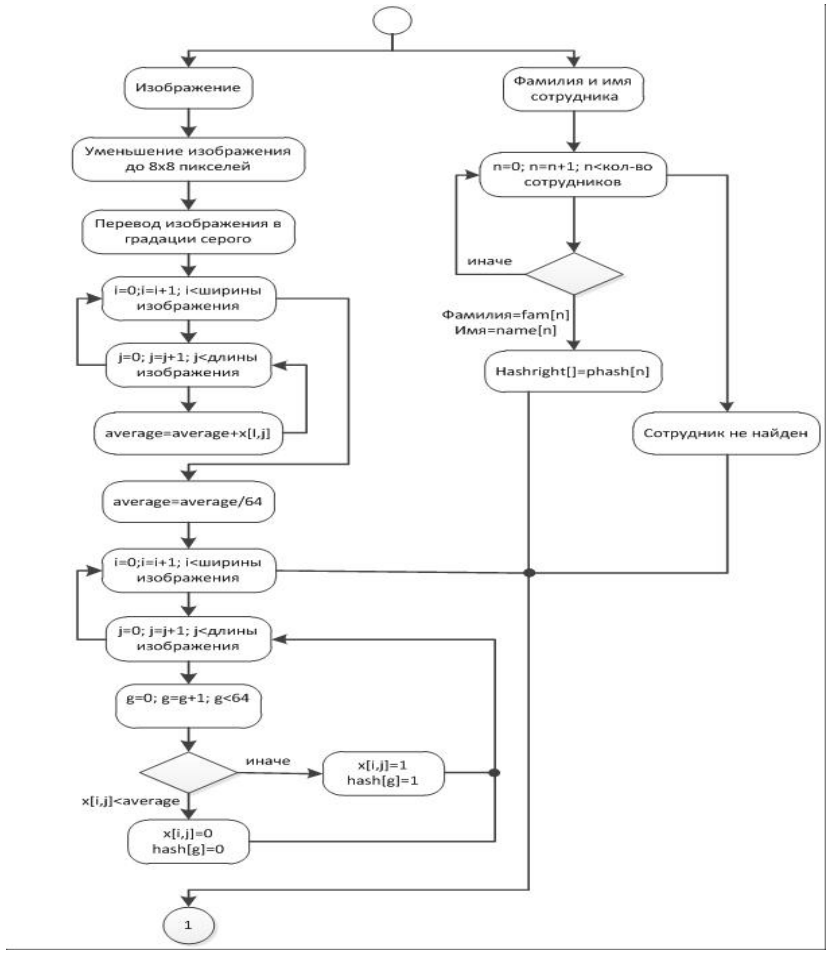


Рис. 4. Алгоритм распознавания лица

$$d_{ij} = \sum_{k=0}^{p} \left| x_{ik} - x_{jk} \right|$$

где x_{ik} и x_{jk} , значения соответствующих битов.

Если дистанция не превышает 5 то это, скорее всего, одинаковые изображения (или вариации одного изображения). Если дистанция 6 или больше, то это, вероятно, совершенно разные изображения. Алгоритм распознавания лица приведен на рисунке 4.

Данный алгоритм имеет адаптацию к работе в системе охраны объекта и применяется для пропуска сотрудников организации через турникет. Этот подход позволяет упростить работу пропускной службы с целью идентификации незаконных лиц, пытающихся проникнуть на охраняемый объект.

Библиографический список

1. Как работает перцептивный хэш [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://habrahabr.ru/post/120562/, свободный. Загл. с экрана.

2. Hamming, Richard W. Error detecting and error correcting codes [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://wayback.archive.org/web/20060525060427/ http://www.caip.rutgers.edu/bushnell/dsdwebsite/hamming.pdf, свободный. Загл. с экрана.

© *Кузьмичев А. Б., Меньшиков С. А., 2014*

УДК 517.977
А. Б. Кузьмичев*
**Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н., доцент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
kuzmichev@mail.ru
Д. А. Мокшин*
**Мокшин Дмитрий Алексеевич, студент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
mokshin.da@gmail.com

ТЕХНОЛОГИЯ УЧЕТА ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ОБУЧАЮЩИМСЯ В УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

Ключевые слова: учет сведений по студентам, учебное заведение, успеваемость, посещаемость.

Рассмотрена технология учета сведений по студентам в среднем профессиональном учебном заведении.

Во многих учебных заведениях деятельность по учету текущей успеваемости студентов ведется по старинке, ручным методом. Эта технология является крайне ненадежной, так как документ о текущей успеваемости студентов существует в единственном экземпляре, в бумажном виде, для каждой группы. Заполнение данного документа осуществляется старостами групп и преподавателями вручную, что приводит к существенной потере рабочего времени и затруднениям в обработке полученных данных. Студенты не имеют доступа к документу об успеваемости, соответственно, существующий подход, также, не обеспечивает своевременного предоставления необходимой информации студентам.

Процедура контроля над успеваемостью и посещаемостью студентов является обязательной и наиболее важной частью организации учебного процесса для любого образовательного учреждения. Показатели успеваемости студентов являются определяющим фактором для оценки их знаний и навыков, полученных в ходе обучения.

В настоящее время в рассматриваемом учебном заведении – Кузнецком колледже электронной техники процесс учета и анализа текущей успеваемости студентов проводится также ручным методом и включает в себя следующие этапы:

1. Методист учебной части распечатывает бланк ведомости (форму № 6), вносит в него информацию о курсе, факультете и студентах группы, для которой предназначен данный бланк. Затем передает его старосте группы.

2. Староста группы вносит в ведомость информацию о посещаемости студентами учебных часов, а также подает ведомость для заполнения успеваемости по предметам (определенным в графике обязательных занятий) преподавателями (на 6, 10, 14 неделях обучения);

3. Преподаватели вносят информацию об успеваемости студентов (на 6, 10, 14 неделях обучения), в соответствии с трудоемкостью выполняемых заданий и учебным планом;

4. Староста передает заполненную ведомость в учебную часть, для проверки правильности ее заполнения и проведения анализа текущей успеваемости студентов, на основе учебного плана.

Заменой ручной технологии может стать создание автоматизированной сетевой технологии учета текущей успеваемости студентов. Подобное решение является оптимальным, так как позволяет упростить работу по получению и анализу информации о текущей успеваемости студентов, устранить возможность внесения ошибочных данных и вероятность их утери в ходе заполнения, уменьшить расходы рабочего времени на внесение, просмотр и проверку данных по успеваемости, а также устранить недостатки, вызванные человеческим фактором, сопутствующим ручному методу обработки данных.

При этом автоматизированная система должна обрабатывать следующие входные данные:

1. Вносимая информация об успеваемости и посещаемости студентов.
2. Идентификатор пользователя, вносившего изменения.
3. Существующие ведомости текущей успеваемости, хранящиеся в БД.

Проектируемая автоматизированная система учета и анализа текущей успеваемости студентов должна выполнять следующие функции:

1. Работа на любом компьютере, операционная система которого оснащена интернет-браузером.
2. Автоматизация процесса внесения информации по успеваемости и посещаемости.
3. Возможность просмотра и редактирования сведений по успеваемости и посещаемости студентов.
4. Возможность осуществления контроля, над посещаемостью и успеваемостью студентов, с помощью формирования соответствующих отчетов.
5. Механизм разграничения прав пользователей информационной системы по функциям и по объектам обработки.
6. Предоставление единой точки доступа к обработкам данных на разных.
7. Возможность проведения анализа успеваемости и посещаемости.

В результате проектирования была разработана автоматизированная система по учету успеваемости студентов в колледже.

Архитектура разработанной системы представлена на рис. 1.

Разработанная автоматизированная система учета и анализа текущей успеваемости студентов имеет следующие достоинства:

1) автоматизация всего процесса учета и анализа текущей успеваемости;
2) быстрота и стабильность работы;
3) удобный пользовательский интерфейс;
4) работа с системой возможна с любой ЭВМ, оснащенной браузером Интернета;
5) автоматический анализ хранящейся в системе информации с последующим формированием отчетов.

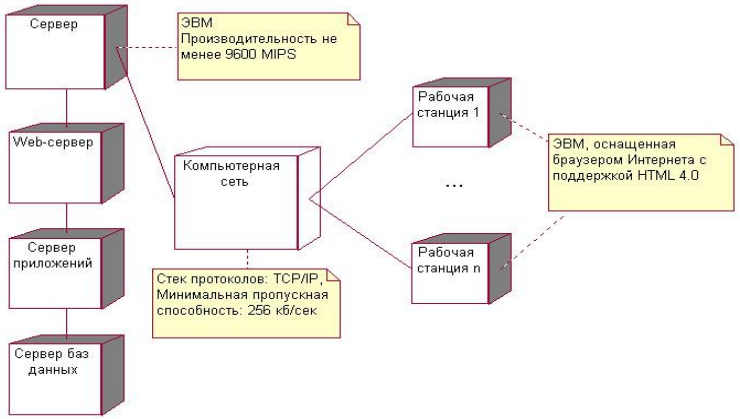


Рис. 2. Архитектура автоматизированной системы учета успеваемости студентов колледжа

Библиографический список

1. Общая классификация архитектур информационных приложений [Электронный ресурс]. - 2011. – Режим доступа: http://citforum.ru/cfin/prcorpsys/infsistpr_03.shtml, свободный. Загл. с экрана.

2. Реляционная модель данных для больших совместно используемых банков данных [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: http://www.citforum.ru/database/classics/codd/, свободный. – Загл. с экрана.

© Кузьмичев А. Б., Мокшин Д. А., 2014

УДК 681.3

А. Б. Кузьмичев*

**Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н., доцент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kuzmichev@mail.ru

А. А. Павличенко*

**Павличенко Алексей Анатольевич, студент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

totalarmagedon@yandex.ru

SWEBOK. ENGINEERING FOUNDATIONS - ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Ключевые слова: SWEBOK, эксперимент, инженерная деятельность, программная инженерия

Рассмотрены направления получения знаний по инженерной деятельности в области программной инженерии на основе Свода Знаний по Программной Инженерии - SWEBOK.

В конце 2013 года был опубликован новый совместный труд мирового сообщества по программной инженерии — SWEBOK версии 3. Данная версия дополнена новыми пятью главами (направлениями знаний):

1. Software Engineering Professional Practice - описание критериев профессионализма и компетентности.
2. Software Engineering Economics - экономические аспекты разработки ПО.
3. Computing Foundations - основы вычислительных технологий, применимых в разработке ПО.
4. Mathematical Foundations - базовые математические концепции и понятия, применимые в разработке ПО.
5. Engineering Foundations - основы инженерной деятельности.

Безусловно данные труды четко показывают направление получения знаний специалистам в области разработки программного обеспечения. Однако данные труды являются пока что изданными только на английском языке. Задача данной работы была выполнить перевод одних из глав SWEBOK, чтобы понять новые аспекты знаний для инженера в области программной инженерии.

В рамках данной работы была взята 15 глава Engineering Foundations - основы инженерной деятельности (далее - инжиниринг). В рамках данной статьи рассмотрим только первый подраздел "Эмпирические методы и техники экспериментов".

В основном инженерию определяют как "применение систематического, дисциплинированного, количественного подхода к структурам, машин, продуктов, систем или процессов ". И вместе с тем как теория и практика разработки программного обеспечения созревает, становится все более очевидным,

что разработка программного обеспечения является инженерной дисциплиной, которая основана на знаниях и навыках, общих для всех инженерных дисциплин.

Инженерный метод решения проблем включает в себя, предложение решения или модели решения, а затем проведение экспериментов или тестов для изучения предлагаемых решений или моделей. Таким образом, инженеры должны понять, как создать эксперимент, а затем проанализировать результаты эксперимента для оценки предлагаемого решения. Эмпирические методы и техника эксперимента помогают инженеру в описании и понимании изменчивости в его наблюдениях, определить источники изменчивости, и принять решения.

Три различных типа эмпирических исследований обычно используется в инженерных работах это спланированные эксперименты, наблюдательные исследования и ретроспективный исследования.

Спланированный эксперимент это рассчитанный или отрегулированный эксперимент расследование из тестируемой гипотезы, где одна или более независимой переменной манипулируют, чтобы измерить их влияние на одну или несколько зависимых переменных. Спланированные эксперименты позволяют инженерам определить в точных терминах, как переменные связаны и, в частности, есть ли причинно-следственная связь между ними.

Обсервационное или тематическое исследование является эмпирическим исследованием, которое производит наблюдения процессов или явлений в контексте реальной жизни. В то время как эксперимент сознательно игнорирует контекст, обсервационное или ситуационное исследование включает контекст, как часть наблюдений. Тематическое исследование является наиболее полезным, когда предметом изучения являются вопросы, как и почему, когда поведением тех, кто участвует в изучение нельзя манипулировать, и когда контекстные условия актуальны и границы между явлениями и контекстом не ясны.

Ретроспективное исследование включает анализ исторических данные. Ретроспективные исследования также известны как исторические исследований. Этот тип исследования использует данные (относительно какого-либо явления), которые были архивированы в течение долгого времени. Это архив данные затем анализируются в попытке найти связь между переменными, для предсказания будущих событий или определения тенденции. Качество результатов анализа будет зависеть от качества информации, содержащейся в архивных данных. Исторические данные могут быть неполными, неправильно измеряется или быть вовсе неверными.

При проведении любого эмпирического изучения, наблюдения должны быть сделаны на выбранной единице называемой единицей выборки или отбора проб

единиц. Блок анализа должны быть определен и должен быть пригодными для анализа. Например, когда компания программного продукта хочет найти воспринимаемую юзабилити программного продукта, пользователь или программная функция может быть единицей выборки.

Важно отметить, что большинство из исследований проводятся на основе образцов и что наблюдаемые результаты должны быть понятны с учетом всего

населения. Инженеры должны, разработать адекватное понимание статистических методов для сбора надежных данных в плане отбора проб и анализа, для получения результата, который может быть обобщен.

Образец представляет собой подмножество населения.

Самым важным вопросом к выбору образца является его представительность, в том числе размеры. Образцы должны быть составлены таким образом, чтобы гарантировать, что привлекаемые образцы независимы, и правила составления выборок должны быть заранее определены так что бы вероятность выбора конкретной единицы выборки была заранее известна. Такой способ выбора образцов называется Выборкой вероятности.

Население это множество всех респондентов или предметов (возможные единицы выборки) для изучения формы по населению. В качестве примера, рассмотрим случай изучения воспринимаемого юзабилити программного обеспечения. В этом случае множество всех возможных пользователей формирует население. Но при этом стоит отметить, что изучаемое население может отличаться от населения, для которого данные обобщаются.

После определения все этих факторов можно начинать эксперимент для определения значений или изменений изучаемые единицы выборки. Например, если эксперимент бросить монету 10 раз и затем подсчитать сколько раз монета падает на орла, каждые 10 бросков монеты это единица выборки, а количество орлов для данного образца является наблюдение или исходом для эксперимента. Результат эксперимента, полученный в терминах действительных чисел, и определяет изучаемую случайную величину. Таким образом, атрибуты измеряемых предметов на исходе эксперимента представляет собой изучаемую случайную величину.

Множество возможных значений случайной величины может быть конечным или бесконечным, но счетным (например, множество всех целых чисел или множество всех нечетных чисел).

В таком случае, случайная величина называется дискретной случайной величиной. В других случаях, рассматриваемая случайная переменная может принимать значения на непрерывной шкале и называется непрерывной случайной переменной.

Диапазон и характер изменения случайной переменной определяется его распределением. Когда распределение случайной величины известно, то можно вычислить шансы любого события. Некоторые распределения происходят часто и используются для моделирования многих случайных величин, происходящих в практике инжиниринга.

Статистическое распределение характеризуется некоторым параметрам. Например, доля успеха в любом испытании является единственным параметром, характеризующим биноминальное распределение. Аналогичным образом, распределение по положению характеризуется скоростью возникновения. Нормальное распределение характеризуется двумя параметрами: а именно, ее среднее значение и стандартное отклонение. После того, как значения параметров известно, распределение случайной величины становиться полностью известно и шанс (вероятность) любого событие, может быть вычислена.

Вероятности для дискретной случайной величины можно вычислить через функцию вероятность массы, называемой PMF. PMF определяется в дискретных точках и дает точку массы - т.е., вероятность того что случайная величина примет какое либо особое значение. Кроме того, для непрерывной случайной величины, у нас есть функция плотности вероятности, называется PDF. PDF очень похож на определение плотности и должна быть интегрирована в диапазоне, чтобы получить вероятность того, что случайная величина непрерывной лежит между определенными значениями. Таким образом, если PDF или PMF известны, то шансы на то, что случайная величина примет определенный набор значений могут быть вычислены теоретически.

Вывод: данный перевод показывает насколько важными являются заложенные здесь направления обучения с точки зрения определения тех компетенций, которые необходимо давать студентам при обучении по направлениям в области информационных технологий.

Библиографический список

1. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK) home [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://www.computer.org/portal/web/swebok, свободный. Загл. с экрана.

2. Основы Программной Инженерии (по SWEBOK) [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://swebok.sorlik.ru/index.html, свободный. Загл. с экрана.

© *Кузьмичев А. Б., Павличенко А. А., 2014*

УДК 517.977.58

А. Б. Кузьмичев*

**Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н., доцент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kuzmichev@mail.ru

В. В. Рудаков*

**Рудаков Всеволод Викторович , студент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

rudakoff.v@gmail.com

АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ В УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

Ключевые слова: расписание, учебное заведение, проблемы составления расписания, алгоритм составления расписания

Рассмотрен алгоритм составления расписания занятий в учебном заведении в свободно распространяемой автоматизированной технологии.

Теория расписания, которая лежит в основе данной работы является с одной стороны, достаточно хорошо изученной и описанной во многих работах, начиная с 1960-х годов. Она в какой-то степени широко используется как при организации работы производств и предприятий, так и применима для учебных заведений [1], [2], [3], [4].

Расписание занятий с точки зрения формализации в теории расписаний есть определение на шкале времени места проведения занятий по заданным дисциплинам обучения с выполнением предъявляемым к ним требованиям. Требования формируются участниками учебного процесса и руководящими документами.

Исходными составляющими данного процесса являются:

1. *P* – потоки обучения, которые включают в свой состав от одной до нескольких групп обучения, или подгруппы, которые образуются за счет деления одной или нескольких групп на отдельные подразделения.

2. *T* – преподаватели , являющиеся основным механизмом воздействия на потоки обучения. В отличие от классических подходов в теории расписания (один механизм - одна операция) в данной ситуации могут быть ситуации, когда несколько преподавателей могут объединяться в один «механизм» для проведения занятия.

3. *D* – дисциплины обучения, основой которой является тематический план обучения, включающий различные типы занятий.

4. *A* – аудитории, являющиеся местом для проведения занятий (выполнения операции). Во многих существующих теориях и системах, реализующих составление расписания, данный участник выносится из общей задачи с целью упрощения системы.

Постановка задачи на планирование

Во многих работах она формулируется, как перебор всевозможных вариантов для всех исходных данных процесса планирования (декартово множество

$R=\{P*T*D*A*z\}$, где z – периоды проведения занятия (дата и пара) с нахождением оптимума по критерию соответствия заданным требованиям к расписанию. При таком подходе делается вывод о сложности составления расписания, так как при ее решении появляется экспоненциальный рост количества сочетаний, что делает задачу NP - полной [1].

Однако такой подход является некорректным, так как уже на предварительной подготовке к планированию данное сочетание сокращается за счет объединения преподавателя, потока, аудитории (или возможной аудитории) и проводимого занятия по тематическому плану в одну единицу планирования — называемого часто занятие.

Если рассматривать планирование в данном случае как процесс определения временного отрезка для конкретного занятия, то задача становится классической с точки зрения теории расписаний. То есть, для заданного числа работ (дисциплин) и операций (занятие дисциплины) определить такие временные отрезки, чтобы составленное расписание соответствовало заданным критериям оптимальности и предъявляемым требованиям.

При этом для составления расписания должны быть определены:

1. Дисциплины и занятия по ним (работы и операции) - основой является тематический план изучения дисциплины.

2. Преподаватели и аудитории (машины и место расположения машин) для проведения занятий. В большинстве случаев по всем занятиям в тематическом плане определены преподаватели (жесткая привязка) и возможные аудитории (плавающая привязка).

3. Порядок прохождения занятий (операций по машинам). В настоящее время данный пункт при составлении расписания занятий опускается на основе допустимого предположения, что при усвоении материалов дисциплины он не является критичным. То есть с точки зрения составления расписания порядок проведения занятий будет являться случайным.

4. Критерий оценки расписания — некоторый параметр, вычисляемый по полученному расписанию, показывающий его оптимальность с заданных точек зрения. Для учебного процесса критерием оценки расписания выступает многопараметрическая функция, включающая как дискретные обязательные требования, так и рекомендуемые оптимизационные требования. Во многих работах данная функция является определяющей с точки зрения составления оптимального расписания. В качестве ее часто используют функцию суммы штрафов, позволяющей достаточно просто оценить оптимальность составленного расписания.

Для автоматизированного составления расписания достаточно задать первые два пункта. Четвертый пункт (критерий оценки) реализуется на основе опыта операторов при составлении расписания. Важным моментом для автоматизации является создание такого подхода, который бы позволял оператору делать расписание по выбранным занятиям за минимальное время с контролем на уровне программы или оператором визуально за выполнением заданных требований. Фактически в данном случае решение задачи сводится к поиску наилучшего интерфейса работы программы и является чисто инженерной задачей. Для облегчения работы оператора на первом шаге автоматизации можно

предложить к реализации использование алгоритма динамического программирования. То есть предлагается определить порядок составления расписания по дисциплинам таким образом, чтобы разделить процесс планирования на подзадачи, составление расписания по которым будет являться относительно несложным. При этом основной задачей в этом случае будет являться определение критерия ранжирования дисциплин. На основе проведенного анализа предлагается для этого использовать следующий критерий:

$$Kopt(i,j)=Wrd(i)/Wmo(j),$$ где

i — номер преподавателя (машины), лежащее в диапазоне от 1 до M;

j — номер дисциплины (работы), лежащее в диапазоне от 1 до N;

Wrd — количество занятий (операций), которое необходимо провести по выбранной дисциплине (работе);

Wmo — количество занятий (операций), которые может провести преподаватель (машина) по планируемому периоду времени с учетом наложенных ограничений на выполнение занятий по данной дисциплине и преподавателю.

Ранжирование дисциплин для составления расписания выполняется в порядке уменьшения полученного критерия.

В теории расписаний данный критерий часто обозначают как резерв времени на выполнение работ – разница между количеством времени машины и количеством времени на работу [3]. В данном случае предлагается использовать отношение этих переменных, позволяющее не только расставить дисциплины по порядку планирования, но и проверить также возможность планирования работ по формуле:

$$Kj = \sum_{i=1}^{N} Kopt\ (i,\ j) < 1$$

где N — количество дисциплин по данному преподавателю.

Если полученный показатель будет больше 1, то это означает, что преподаватель не располагает достаточным временем для проведения занятий. В этом случае необходимо снизить ограничения на проведение данных занятий, либо выполнить замену преподавателя.

Составленное расписание занятий по данному алгоритму будет являться лишь частично оптимальным. Но в большинстве случаев современных подходов к составлению расписания занятий полученное расписание есть некий компромисс при проведении занятий, полученный на основе опыта операторов и требований, предъявляемых к проведению занятий.

При реализации предлагаемого подхода необходимо использовать итерационный подход. То есть при составлении расписания после каждой дисциплины выполняется повторное ранжирование работ.

При возникновении ситуации, когда по выбранной очередной дисциплине планирование является невозможным, выполняется перепланирование. В качестве перепланируемой дисциплины выбирается та, у которой наименьшее значение показателя $Kopt(i,j)$.

Для решения проблемы ограничений, накладываемых со стороны составляющих процесса планирования предлагается использовать рекуррентный алгоритм адаптации процесса планирования. Он заключается в получении на основе имеющихся предыдущих расписаний показателей, позволяющих кон-

кретизировать априорные сведения по процессу планирования на основе имеющегося опыта. То есть, в данном случае организовать обратную связь для процесса планирования по предыдущим периодам планирования, которые будут выступать как апостериорный эталон для составления расписания занятий.

Выводы: Предлагается для составления расписания занятий в учебном заведении использовать рекуррентный итерационный алгоритм планирования с динамическим программированием.

Предложенный алгоритм частично реализован и является открытым для использования и развития [5]. Полученная реализация внедрена и прошла апробацию в нескольких учебных заведениях [6].

Библиографический список

1. Теория расписаний и вычислительные машины. Под ред. Э. Г. Коффмана.- М. : Наука, 1984.

2. Конвей, Р. В., Максвелл, В. Л., Миллер, Л. В. Теория расписаний.- М. : Главная редакция физико-математической литературы изд-ва "Наука", 1975.

3. Корбут, А. А., Финкельштейн, Ю. Ю. Дискретное программирование.- М. : Главная редакция физико-математической литературы изд-ва "Наука", 1968.

4. Танаев, В. С., Шкурба, В. В. Введение в теорию расписаний.- М. : Главная редакция физико-математической литературы изд-ва "Наука", 1975.

5. Кузьмичев, А. Б. Программа составления расписания занятий в учебном заведении [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://kuzmichev.chat.ru/Free_rasp.zip, свободный. Загл. с экрана.

6. Расписание занятий для дневного отделения ПВГУС [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://www.tolgas.ru/studcentr, свободный. Загл. с экрана.

© Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В., 2014

УДК 517.977.58

А. Б. Кузьмичев*

**Кузьмичев Алексей Борисович, к.т.н., доцент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

kuzmichev@mail.ru

В. В. Рудаков*

**Рудаков Всеволод Викторович, студент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

rudakoff.v@gmail.com

SWEBOK. MATHEMATICAL FOUNDATIONS - ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Ключевые слова: SWEBOK, Mathematical Foundations, математические основы, программная инженерия

Рассмотрены направления получения знаний по инженерной деятельности по основам математической подготовки в области программной инженерии на основе Свода Знаний по Программной Инженерии - SWEBOK.

Главной чертой, которая присуща программистскому творчеству, это постоянное обновление информационных технологий, которые программисту необходимо знать и успешно применять в своей работе. Поэтому профессиональный программист должен постоянно обновлять свой багаж знаний. Программист должен удерживать в голове, пополнять и активно применять на практике огромные объемы профессиональной информации. Это устройство компьютеров, компьютерных сетей и сетевые протоколы. Это операционные системы и языки программирования. Это программные интерфейсы промежуточного ПО и прикладных библиотек с особенностями и багами их реализации в конкретных продуктах.

Однако в конечном итоге слишком большой объем информации может привести к тому, что потеряется то главное, что необходимо для решения конкретных задач. Чтобы избежать излишней информации при получении знаний по направлению ИТ еще в 1993 году две ведущих организации в сфере ИТ, IEEE Computer Society [1] и Association for Computing Machinery [2] образовали совместный комитет Software Engineering Coordinating Committee (SWECC) для «создания совокупности критериев и норм программной инженерии, как профессиональной деятельности, на базе которых можно будет принимать решения в ходе индустриальной разработки, проводить профессиональную сертификацию и формировать учебные программы».

Термин «программная инженерия» появился еще в конце 1960 годов и уже в 1972 году IEEE выпустил первый номер журнала - Transactions on Software Engineering – Труды по Программной Инженерии [1]. При этом следует отметить, что пока что данный термин чаще всего трактуется в российском образовании только как отдельная область знаний, затрагивающая процесс проектирования (разработки) программного обеспечения. Однако в настоящее время

эта область знаний фактически затронула все стороны процессов, связанных со сферой ИТ.

На основе идей и полнотворной работы в рамках SWECC в 1998 году был инициирован проект по созданию руководства к Своду Знаний по Программной Инженерии - SWEBOK (Guide to the Software Engineering Body of Knowledge). В результате длительной работы в 2004 году были приняты и опубликованы основы программной инженерии – Software Engineering:

Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK), IEEE 2004 Version - Руководство к Своду Знаний по Программной Инженерии, в дальнейшем просто “SWEBOK” [3];

Software Engineering 2004. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering – Учебный План для Преподавания Программной Инженерии в ВУЗах [4].

При создании основ были учтены около 9 тыс. замечаний, предложенных более чем 500 заинтересованными лицами из 42 стран. При этом SWEBOK 2004 года описывает 10 областей знаний, которые затрагивают область ИТ [3]. Данный документ фактически стал определять основы того, что должен знать и уметь специалист в области ИТ. При этом данный проект на этом не остановился и к концу 2013 года был дополнен и конкретизирован на основе долгих обсуждений и работ всего мирового сообщества, связанного с сферой ИТ. В предверии 2013 года в рамках данного проекта был выпущен обновленный SWEBOK V3.0 [3]. Он является полностью пересмотренной версией, выполненной под эгидой IEEE Computer Society и включает более 1500 изменений.

При этом данный труд фактически становится стандартом для обучения современных специалистов в области ИТ. Игнорирование данного стандарта при организации обучения специалистов в области ИТ в настоящий момент недопустимо, так как это неминуемо приведет к серьезному отставанию знаний выпускников от потребностей на рынке труда.

При этом основной проблемой использования данного стандарта является практически отсутствие внимания со стороны организаций, занимающихся стандартизацией процесса образования. В частности до сих пор нет аутентичного перевода на русский язык данного стандарта в версии 2004 года (существует только самостоятельный перевод SWEBOK 2004, созданный Сергеем Орликом при участии Юрия Булуя [5]).

Рассмотрение дополнительных областей знаний дает фактически ответ на то, что необходимо изучать будущим специалистам в области ИТ на фундаментальных дисциплинах обучения.

Перевод и изучение Математических Основ по SWEBOK v.3 показал следующее (далее приводятся выдержки самостоятельного перевода Mathematical Foundations).

Суть математики для специалистов программного обеспечения - инженер в первую очередь должен уметь решать вопросы логики и рассуждения. При этом он должен знать:

1. Наборы, отношения и функции:

   1.1. Набор: набор представляет собой совокупность объектов, называемых элементами набор. Набор может быть представлен в листинге его элементы в фигурных скобках, например,*S = {1,2,3}*.
   1.2. Свойства наборов.
   1.3. Связи и Функции: связь – это Ассоциация между двумя наборами информации.
   1.4. Функция – определение правильных связей (отношений). Отношение *R(X,Y)* хорошее, если функция отображает каждый элемент домена *X* единственный элемент из диапазона, установленного *Y*.
2. Основы базовой логики:
   2.1. Пропозициональная логика: предложение заявление о том, что истинно или ложно.
   2.2. Логика предикатов: предикат-это глагол, фраза, шаблон, описывающий свойства объектов, или отношения между объектами, в лице переменных.
3. Доказательство в технике.
   3.1. 3.1 Доказательство – это аргумент, который строго фиксирует истину заявление. Доказательства сами по себе могут быть официально представлены в виде дискретных структур. Заявления, используемых в доказательство аксиом и включают: постулаты, которые являются, по существу, лежащие в основе предположения о математических структурах, гипотезы, теоремы, доказанной, и ранее доказанных теорем.
   3.2. Доказательство теоремы о том, что может быть показано, чтобы быть правдой.
   3.3. Лемма – это простая теорема используется для доказательства других теорем.
   3.4. Следствие – это суждение, которое может быть установлено непосредственно из теоремы, которая доказана.
   3.5. Гипотеза – это утверждение, истинность которого значение неизвестно.
   3.6. Методы доказательства теорем: прямое доказательство, доказательство от противного.
4. Основы подсчета (Basics of Counting):
   4.1. 4.1 Правила суммирования.
   4.2. Правило продуктов.
   4.3. Принцип включения- исключения
   4.4. Рекурсия
5. Графы и деревья
   5.1. 5.1 Графы: граф *G=(V,E)*, где *V* - это набор вершин (узлов), а *E* - множество ребер. Края также упоминаются как дуга или ссылки. Простой граф. Ориентированный граф. Мультиграф. Пвесдограф. Взвешенный граф.
   5.2. Деревья: дерево *T(N,E)* - это иерархическая данных структура $n = |N|$ узлами, с помощью специально отведенных корневых узлов

p, а остальные *n-1* узлы образуют поддеревья под корневым узлом *R*. число ребер $|E|$ в дерево всегда будет равен $|N|-1$.

6. Дискретная вероятность. Вероятностная модель является математическим описанием случайных явлений, состоящий из двух частей: образец пространства S и способ назначение вероятностей событий.

7. Конечные автоматы. Система может рассматриваться как переходная функция $T: S \times I \to S \times O,$ где S - множество состояний и I, множество входных и выходных функций.

8. Грамматики. Грамматика естественного языка говорит нам, является ли сочетание слов допустимым. В отличие от естественных языков, формальный язык определяется четко определенным набором правил синтаксиса. Допустимые предложения формального языка может быть описано с помощью грамматики.

9. Точность численных вычислений. Основной целью численного анализа разработать эффективные алгоритмы вычисления точных числовых значений функций, решения алгебраических и дифференциальных уравнений, задач оптимизации и др.

10. Теория чисел - одна из старейших отраслей чистой математики и одной из крупнейших. Конечно же, это касается вопросов о цифрах, это обычно означает, целых и дробных чисел или рациональных числах. В номеров различных категорий, включают *integer, real* число, натуральное число, комплексного числа; рациональное чисел и др.

11. Алгебраические структуры.

Приведенные выдержки из математических основ с одной стороны подтверждают, что большую часть знаний по дисциплинам цикла математики дают в контексте требований SWEBOK. Однако часть знаний затрагивается очень слабо, либо вообще игнорируется по разным причинам. В конечном итоге это приводит к непониманию на старших курсах студентами тех знаний, которые необходимо получить, чтобы стать профессионалами в области ИТ.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в связи с появлением новой версии SWEBOK фактически можно начать коренную перестройку процесса обучения специалистов в области ИТ. Чем быстрее начнется этот процесс, тем более конкурентоспособным и востребованным станет обучение в высшем учебном заведении по данным направлениям подготовки.

Библиографический список

1. IEEE Transactions on Software Engineering (TSE) [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://www.computer.org/portal/web/tse, свободный. Загл. с экрана.

2. Association for Computing Machinery [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://www.acm.org/, свободный. Загл. с экрана.

3. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK) home [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://www.computer.org/portal/web/swebok, свободный. Загл. с экрана.

4. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах Software Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineeri [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://it.mmcs.sfedu.ru/docs/s2004.pdf, свободный. Загл. с экрана.

5. Основы Программной Инженерии (по SWEBOK) [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://swebok.sorlik.ru/index.html, свободный. Загл. с экрана.

© Кузьмичев А. Б., Рудаков В. В., 2014

УДК 681.5.034
Б. А. Кучеров*
**Кучеров Борис Алексеевич, аспирант*
Финансово-технологическая академия, г. Королев
boris.ku4erov@gmail.com

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К БОРТОВЫМ РЕТРАНСЛЯТОРАМ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Ключевые слова: системы спутниковой связи, земная станция, космический аппарат, ретранслятор

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с анализом требований предъявляемых к бортовым ретрансляторам спутниковых систем связи. Показано, что к современным бортовым ретрансляторам предъявляют очень жесткие требования, зачастую противоречащие друг другу. Так, бортовой ретранслятор должен иметь минимальные габаритные размеры и массу, высокую стабильность параметров в течение длительного срока службы, отдавать максимально возможную мощность и в то же время обладать высокой надежностью и экономичностью. На пропускную способность и долговечность ретрансляторов оказывает влияние целый ряд объективных факторов, к наиболее важным из которых следует отнести ограничение по мощности потребления электроэнергии и массогабаритные характеристики полезной нагрузки.

Современные тенденции развития средств телекоммуникаций характеризуются все возрастающим использованием систем спутниковой связи (ССС). Этому способствует такие преимущества спутниковых систем, как возможность передать высококачественную информацию в любую точку земного шара; гибкость сети по отношению к изменению ее конфигурации; независимость затрат на канал от расстояния; незначительное влияние атмосферы и географических особенностей окружающей местности на устойчивость приема и т.д. [1-5].

Наиболее важным звеном ССС являются бортовые ретрансляторы (РТР), представляющие собой сложное оборудование, предназначенное для приема сигналов от передающих земных станций (ЗС), их усиления и последующей передачи в направлении приемных ЗС.

Современные бортовые РТР являются многоствольными радиотехническими комплексами, которые представляют совокупность приемного и передающего оборудования, осуществляющего ретрансляцию сигналов в заданных полосах частот формируемых, как правило, ствольными фильтрами. Сигналы в полосе ствола, в зависимости от вида многостанционного доступа (МД) к спутнику – частотного разделения (МД ЧР) или временного разделения (МД ВР), могут транслироваться на нескольких несущих [6-9].

На увеличение пропускной способности РТР и их долговечности оказывает влияние целый ряд объективных факторов, к наиболее важным из которых следует отнести ограничение по мощности потребления электроэнергии и массогабаритные характеристики полезной нагрузки. К современным бортовым РТР предъявляют очень жесткие требования, зачастую противоречащие друг другу. Например, бортовой ретранслятор должен иметь минимальные габаритные размеры и массу, высокую стабильность параметров в течение длительного срока службы, отдавать максимально возможную мощность и в то же время обладать высокой надежностью и экономичностью.

Рассмотрим и проанализируем эти требования более подробно.

Бортовой РТР является комплексом систем и устройств, предназначенный для усиления, обработки принимаемого с Земли сигнала от одних ЗС и передачи его другим ЗС. Обработка сигнала может происходить вплоть до полной демодуляции сигнала при приеме с последующей модуляцией и кодированием сигнала при передаче. Так как РТР находится в сложных условиях космического пространства с резкой сменой температуры в процессе полета, то его конструкция должна обеспечивать функционирование с высокой вероятность безотказной работы в течение всего времени жизни космического аппарата (КА).

Основным требованием, предъявляемым к РТР, является минимально возможные масса и габариты при заданных энергетических показателях. Потребляемая мощность РТР от бортового источника питания определяется коэффициентом полезного действия (КПД)

$$\eta = P_{пол} / P_{ртр}, \quad (1)$$

где $P_{пол}$ – подводимая к антенне полезная колебательная мощность, $P_{ртр}$ – мощность, потребляемая РТР от источника питания.

Для бортового РТР особое значение имеет работа системы энергоснабжения, так как при ее отказе полностью нарушается функционирование всего КА. Система энергоснабжения предназначена для производства электрической энергии и распределения ее между устройствами – потребителями этой энергии.

Основным источником энергии для оборудования на КА до сих пор являются солнеч-ные батареи (СБ), которые преобразуют световую энергию солнца в электрическую. Типовая мощность СБ на единицу площади находится в пределах 10–110 $Вт/м^2$ со средним КПД = 7–11% [10]. Из-за бомбардировки полупроводниковых элементов СБ электронами и протонами космического пространства, КПД СБ снижается в среднем на 10% в год.

Когда КА находится в тени и солнечные батареи не получают солнечную энергию, питание оборудования осуществляется от аккумуляторных батарей. Следовательно, СБ должны вырабатывать электрическую энергию мощность которой была бы достаточной для питания работающего оборудования и зарядки аккумуляторных батарей. При этом данная мощность должна обеспечиваться к концу срока функционирования КА.

$$P_{сб} = P_{об} + P_{зар}, \quad (2)$$

где $P_{об}$ – мощность, необходимая для питания оборудования; $P_{зар}$ – мощность, необходимая для зарядки аккумуляторной батареи.

Часть мощности электрической энергии, необходимой для питания оборудования затрачивается непосредственно на питание РТР - P_{PTP}. Следовательно, выражение (2) с учетом формулы (1) можно представить как:

$$P_{сб} = P_{пол}/\eta + P_{доп} + P_{зар}, \quad (3)$$

где $P_{доп}$ – мощность электроэнергии, необходимая для питания другого оборудования РТР, обеспечивающего его функционирование (оборудование для передачи телеметрии, поддержания ориентации КА и т.д.)

В настоящее время расчетный гарантийный срок службы КА составляет 5–7 лет.

Масса СБ прямо пропорциональна зависит от требуемой мощности СБ и определяется выражением [10]:

$$G_{сб} = KP_{сб}/P_o \quad (4)$$

где P_o – мощность одной СБ площадью 1 $м^2$, ориентированной на Солнце. При нор-мальной ориентации такая СБ может вырабатывать электрическую энергию до 140 Вт; К – удельный вес конструкции СБ, $кг/м^2$, зависящий от многих факторов.

Известно, что чем больше масса КА, тем труднее его выводить на околоземную орбиту. Обычно стоимость ракеты носителя значительно превышает стоимость выводимого с ее помощью на орбиту КА. Следовательно, экономически целесообразно выводить на орбиту больше полезной нагрузки, т.е. ретрансляционного оборудования связи и вещания, миними-зирую массу СБ и источников питания [11].

Одним из путей повышения эффективности выводимой на орбиту аппаратуры связи является повышение КПД РТР за счет использования при конструировании наиболее энергоемких узлов наиболее экономичных электронных приборов. Безусловно, одним из наиболее энергоемких узлов является выходной каскад передатчика, выполненный на ЛБВ, клистронах или мощных транзисторах.

Классическая схема РТР с прямой ретрансляцией сигналов изображена на рис.1.

На вход антенны РТР поступает сигнал с частотой $f_{пр}$. Далее этот сигнал преобразуется в сигнал промежуточной частоты $f_{пч}$ и усиливается в усилителе промежуточной частоты (УПЧ). После усиления промежуточная частота сигнала с помощью второго гетеродина повышается до частоты передачи $f_{прд}$.

Дальнейшее усиление сигнала осуществляется мощным выходным каскадом, выполненным на ЛБВ, клистроне, транзисторе, лавинно-пролетном диоде и др. Выходные каскады РТР с прямой ретрансляцией сигналов должны работать в линейном режиме, чтобы уменьшить образование перекрестных помех и взаимное влияние сигналов. Выходная мощность в линейном режиме на 3–6 дБ меньше номинальной и, как следствие, недостаточно эффективно используется

энергия источников питания. Однако при кодовом уплотнении сигналов возможно использовать режим насыщения выходных каскадов. Хотя при таком режиме возникают помехи, связанные с нелинейностью выходной характеристики выходного каскада, они существенно меньше влияют на качество передачи.

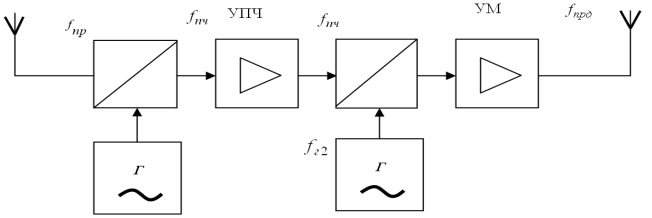


Рис. 1. Структурная схема РТР с прямой ретрансляцией

РТР с прямой ретрансляцией сигнала широко используются и в настоящее время, особенно в системах телевизионного вещания. Однако постепенно они уступают место РТР с демодуляцией сигналов, или другими словами, с обработкой сигналов.

На рис. 2 представлена упрощенная схема РТР с обработкой сигналов.

Данный РТР, кроме блоков переноса частоты, содержит демодулятор (Дем) и модулятор (Мод). Дополнительно сигнал может декодироваться, затем снова кодироваться, дешифроваться и шифроваться и т.д.

К основному сигналу может быть добавлен дополнительный сигнал, содержащий какие-либо сведения о параметрах обработки. Причем структура сигнала на приеме может существенно отличаться от структуры сигнала на передаче. Как правило, сигналы с Земли от разных станций разделены по частоте или по времени и поступают с разных точек пространства. Сигналы же с борта объединяются в общей групповой поток.

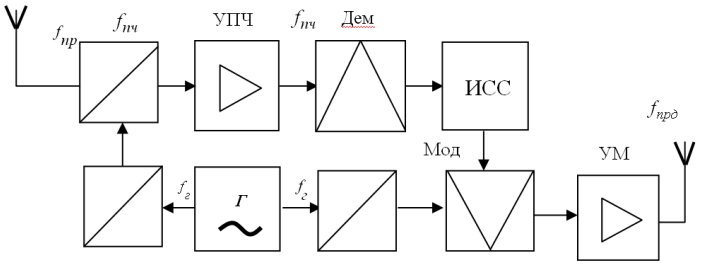


Рис. 2. Структурная схема РТР с обработкой сигналов

Данный РТР, кроме блоков переноса частоты, содержит демодулятор (Дем) и модулятор (Мод). Дополнительно сигнал может декодироваться, затем снова кодироваться, дешифроваться и шифроваться и т.д.

К основному сигналу может быть добавлен дополнительный сигнал, содержащий ка-кие-либо сведения о параметрах обработки. Причем структура сигнала на приеме может существенно отличаться от структуры сигнала на передаче. Как правило, сигналы с Земли от разных станций разделены по частоте или по времени и поступают с разных точек пространства. Сигналы же с борта объединяются в общей групповой поток.

Условно можно предположить, что все это осуществляется в блоке изменения структуры сигнала (ИСС). Не смотря на усложнение оборудования РТР, режим с обработкой сигналов на борту наиболее энергетически выгоден, так как позволяет более эффективно использовать выходную мощность РТР.

Как правило, бортовые РТР являются многоствольными. Каждый ствол имеет свои приемные и передающие антенны, входные и выходные усилители в разных частотных диапазонах. Иногда выходные усилители могут использоваться для усиления сигналов нескольких стволов. Выходная мощность передатчика определяет возможности и качественные характеристики всей системы спутниковой связи. Максимальная мощность передатчика ограничивается максимальной мощностью первичных источников питания, заданными габаритами и массой КА. Используя выражения (3) и (4) зависимость массы СБ от подводимой к антенне полезной мощности можно представить как:

$$P_{пол} = \left(G_{сб} P_o / K - P_{доп} - P_{зар}\right)\eta, \qquad (5)$$

Как видно из выражения (5) уже небольшое повышение КПД выходного устройства приводит к существенному повышению эффективности системы в целом. Уменьшается число элементов СБ, ее масса и габариты, число и емкость аккумуляторных батарей, габаритные размеры источников питания и упрощается проблема рассеяния тепла. Необходимо также учитывать ограничения, накладываемые на плотность потока мощности, создаваемая передатчиком РТР на поверхности Земли -152 $дБВт/м^2$ в полосе 4 *к/Гц*.

Наиболее используемым выходным прибором является ЛБВ. Они имеют высокий КПД, малую массу и могут работать более 20 тыс. часов без отказа. При этом необходимое напряжение не превышает 5 тыс. В. С ростом частоты КПД ЛБВ растет, и при изменении частоты от 2 до 10 *ГГц* изменятся от 30 до 60 %. Коэффициент усиления ЛБВ РТР достигает 30–40 *дБ*, а выходная мощность составляет от 20 до 80 *Вт*.

Для повышения КПД ЛБВ используют изменение фазовой скорости замедленной волны по длине лампы или коррекцию синхронизации скорости, формирование дискретной характеристики, понижение потенциала коллектора до величины, меньшей потенциала замедляющей структуры и др.

В настоящее время, все большее распространение в выходных каскадах РТР находя твердотельные полупроводниковые приборы. Твердотельные приборы имеют большую долговечность, требуют меньших значений постоянного напряжения источника питания, имеют меньшую массу и габариты и выше КПД.

Полупроводниковые приборы не имеют цепей накала и практически мгновенно готовы к работе при включении питания. Кроме всего прочего, полупроводниковые усилители мощности обладают более высокой линейностью выходной характеристики. В сочетании с фазированными антенными решетками (ФАР) они позволяют существенно повысить эффективность использования энергетической установки КА.

Рассмотренный способ повышения эффективности бортового РТР, возможно, осуществить только непосредственно при конструировании КА и РТР. Однако важно, чтобы в течение всего срока существования КА использование РТР было как можно более эффективным.

Чтобы мощность источника питания РТР использовалась для передачи информации. Это возможно осуществить только путем регулирования мощности входных сигналов, полосы частот и скорости передачи информации. Основная задача регулирования при этом заключается в том, чтобы увеличить коэффициент использования мощности выходных приборов РТР, не увеличивая при этом нелинейные искажения.

Наименее чувствительны к нелинейности выходной характеристики усилителя мощности РТР широкополосные сигналы (ШПС), так как они позволяют бороться с аддитивными помехами за счет базы сигнала. Однако используемые усилители мощности должны иметь широкую полосу частот, достаточную для передачи сигналов с большой базой.

Для некогерентного сигнала со скачкообразным изменением частоты наиболее важной является равномерность амплитудно-частотной характеристики передатчика, так как мощности сигналов различных частотных каналов должна быть одинакова. Требования к линейности фазовой характеристики являются менее жесткими, так прием информации осуществляется, как правило, некогерентными приемниками. Так как сигналы с РТР передаются в общем групповом потоке, то целесообразно сигналы со скачкообразным изменением частоты использовать на линии вверх, а на линии вниз применять сигналы, модулированные дополнительно псевдослучайными последовательностями (ПСП).

Сигналы, модулированные ПСП, предъявляют менее жесткие требования к передатчику. Даже ограничение полосы такого сигнала в выходных фильтрах не приводит к существенным энергетическим потерям. Наиболее чувствительны ШПС с ПСП к изменениям коэффициента стоячей волны, что требует особо тщательного согласования выходных трактов с передающей антенной.

Таким образом, осуществлен краткий анализ требований предъявляемых к бортовым ретрансляторам спутниковых систем связи. Показаны основные направления их технического развития. Раскрыты их слабые и сильные стороны.

Библиографический список

1. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Повышение оперативности бесконфликтного управления группировкой космических аппаратов в условиях ресурсных ограничений // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т.9. – №3. – С.59–66.

2. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управле-

ния космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия Экономика. – 2013. – № 5 (31). – С.131–136.

3. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Информатизация управления группировкой космических аппаратов. // Прикладная информатика. – 2013. – №6 (48). – С.6–14.

4. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Организация информационного обмена между элементами наземного комплекса управления группировкой космических аппаратов // Прикладная информатика. – 2014. – №1 (49). – С.33–43.

5. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Анализ состояния автоматизации распределения средств управления космическими аппаратами // Приволжский научный вестник. Часть 1. – 2014. – №3 (31). – С.14–17.

6. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Роль информатизации в повышении оперативности распределения средств управления космическими аппаратами // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – №4 (157). – С.67–72.

7. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Анализ влияния наращивания группировки космических аппаратов на распределение средств управления // Приволжский научный вестник. – 2014. – №4 (32). – С.42–45.

8. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Анализ проблем управления космическими аппаратами при наращивании их группировки. Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2014. С.29–33.

9. Артюшенко, В. М., Аббасова, Т. С., Кучеров, Б. А. Современные направления разви-тия корпоративных сетей спутниковой связи // Двойные технологии. – 2014. – №3 (68). – С.67–72.

10. Спутниковая связь и вещание [Текст] : справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. / В. А. Бартнев, Г. В. Болотов, В. Л. Быков и др; под ред. Л. Я. Кантора. – М. : Радио и связь, 1997. – 528 с.

11. Артюшенко, В. М., Кучеров, Б. А. Анализ проблем управления космическими аппаратами при наращивании их группировки. Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей II международной заочной научно-технической конференции. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2014. С.29–33.

© Кучеров Б. А., 2014

УДК 681.3.06(075.8)

А. В. Мазуров*

**Мазуров Александр Валериевич, магистрант*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

vo74ok@yahoo.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Ключевые слова: алгоритмы маршрутизации, нечеткая логика, фаззификация, дефаззификация, дистанционно векторный алгоритм

Статья посвящена поиску эффективной модели алгоритма маршрутизации в IP сетях с использованием технологии нечеткой логики (Fuzzy Logic). Суть задачи заключается в том, что бы провести анализ существующих алгоритмов управления трафиком для определения критерия эффективности маршрута. Для решения поставленной задачи в рамках данной работы предлагается провести исследование возможности применения аппарата нечеткой логики для разработки алгоритма маршрутизации.

Одной из главных проблем при решении задачи маршрутизации в современных компьютерных сетях является необходимость учитывать множество факторов. К таким факторам относятся в частности: загруженность буферных интерфейсов устройств, свободная полоса пропускания линий связи, число промежуточных ретрансляционных систем на маршруте и многие другие.

Сложность решения проблемы многофакторности заключается в том, что с ростом числа учитываемых системой управления факторов возрастает степень неточности или нечеткости. Нечеткость заключается в том, что в конкретный момент времени не всегда удается достоверно измерить все входные величины. Так, например такой параметр как надежность сетевого канала можно выразить неким числовым параметром, а можно рассматривать такие величины как высокая, средняя и низкая надежность. Последний вариант представляется более естественным и достоверным.

При использовании протокола маршрутизации, критерием для выбора маршрута является минимум метрики. Для различных протоколов маршрутизации метрика определяется по-разному. Для различных маршрутов метрика может иметь различные значения.

В данной работе предполагается, что каждый интерфейс имеет два отдельных буфера, для входящего и исходящего потоков информации соответственно. Пакет, поступающий на один из интерфейсов маршрутизатора (вход), должен быть перенаправлен на какой-либо другой интерфейс (выход) или отброшен. Основной задачей маршрутизации является выбор выходного интерфейса в соответствии с адресом назначения пакета. В отличие от безальтернативной (фактически канальной) передачи информации, пакетная коммутация характеризуется в общем случае наличием альтернативного выбора маршрута. Именно

это обстоятельство и придает задаче маршрутизации оптимизационный характер [2].

В рамках обобщенной модели алгоритм маршрутизации будет выглядеть следующим образом [1] (рис. 1):

1. Пакет данных поступает на интерфейс k и встает в очередь на обслуживание во входном буфере k-го интерфейса. Пока идет выбор маршрута, он находится в этой очереди.

2. Контроллер интерфейса k считывает адрес сети назначения пакета и передает его контроллерам оставшихся (выходных) интерфейсов (пока идет выбор маршрута, обрабатываемый пакет находится в памяти входного буфера интерфейса k).

3. Контроллеры выходных интерфейсов обращаются к таблице маршрутизации, где по адресам сети назначения (из пакета) и подключенной к данному интерфейсу сети, происходит определение метрики Mi. Метрика Mi каждого из выходных интерфейсов передается центральному процессору.

4. Центральный процессор исполняет роль арбитра, сравнивая поступившие метрики Mi друг с другом. По результатам сравнения принимается решение о выборе выходного интерфейса, который определяет вариант маршрутизации.

5. По результату принятого решения, рассматриваемый пакет направляется на соответствующий выходной интерфейс, либо отбрасывается. Последнее происходит в том случае, когда арбитр в текущей ситуации не может выбрать рациональный маршрут.

Отбрасывание пакета связано с необходимостью его повторной передачи, что увеличивает общий трафик в сети. Но так как протокол IP является протоколом негарантированной доставки, данная проблема обычно отодвигается на второй план.

Наиболее распространенным и простым протоколом, основанным на дистанционно-векторном алгоритме (DVA), является протокол RIP (Routing Information Protocol), выбранный в данной работе для иллюстрации методов управления трафиком сети, основанных на нечетких множествах.

При моделировании маршрутизатора в рамках протокола RIP мы опирались на следующую логическую структуру котроллера интерфейса (рис. 2). Контроллер интерфейса состоит из двух модулей: определения параметров и вычисления метрики [3].

Модуль определения параметров на основе адреса сети назначения маршрутизируемого пакета опрашивает таблицу маршрутизации и вычисляет значения параметров, необходимых для вычисления метрики для данного выходного интерфейса. На основании этих параметров модуль вычисления метрики определяет значение метрики, исходя из заложенного алгоритма. В данном случае такой параметр один - дистанция.

Алгоритм работы модуля вычисления метрики тривиален: метрика численно равна значению дистанции, что проиллюстрировано на рис. 3.

Вторым фактором, оказывающим большое влияние на выбор маршрута, может служить степень загруженности буферной памяти выходного интерфейса.

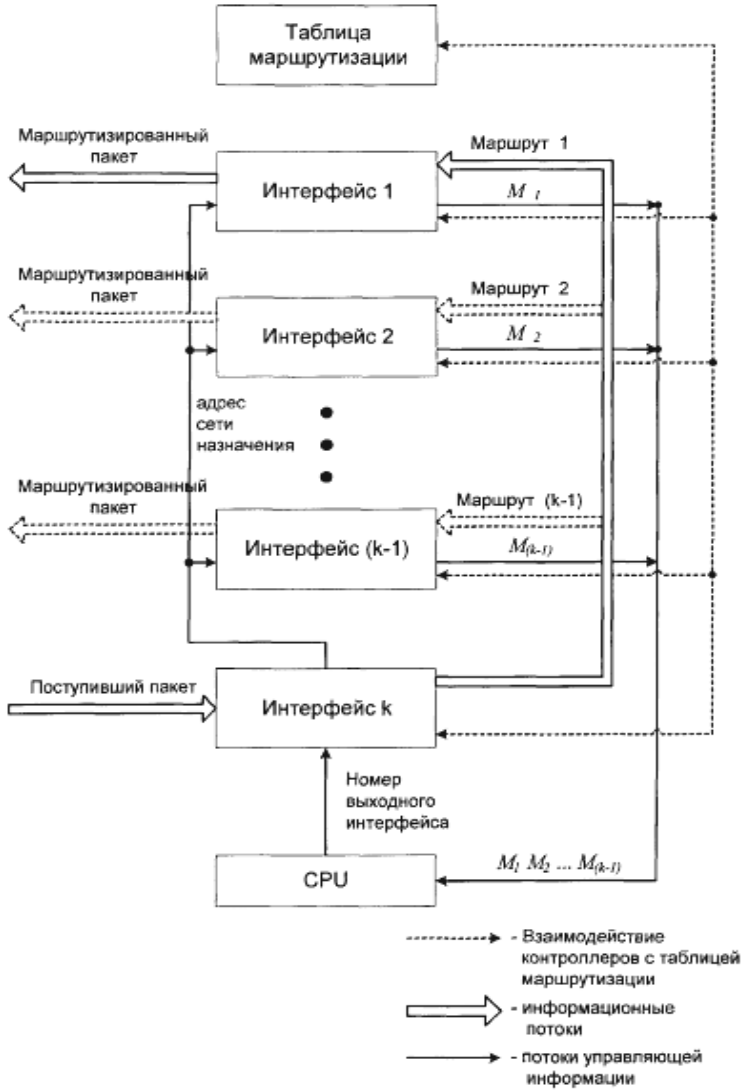


Рис. 1. Исследуемая модель маршрутизатора

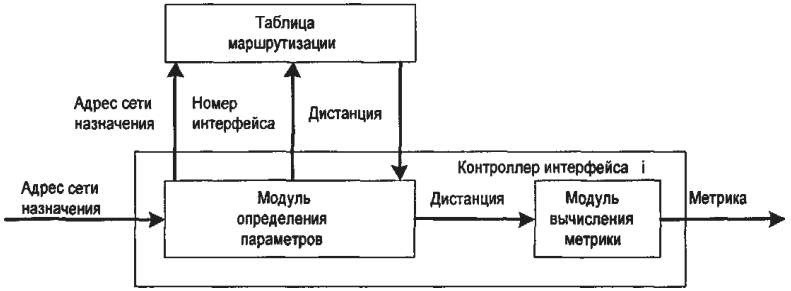


Рис. 2. Структура контроллера выходного интерфейса

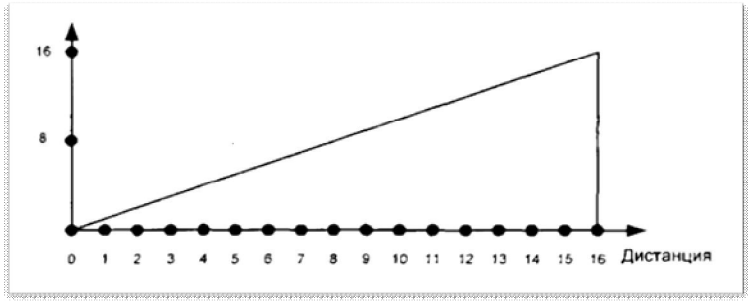


Рис. 3. Вычисление метрики протокола RIP

Перестроим рассмотренную ранее модель структуры контроллера выходного интерфейса с учетом внедрения механизма нечеткой логики [4] (рис.4.).

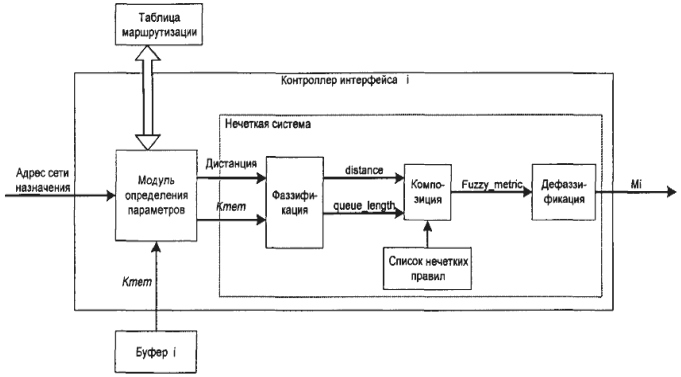


Рис. 4. Структура контроллера выходного интерфейса

Первый этап фаззификации состоит из определения входных и выходных переменных, а также соответствующих им нечетких лингвистических переменных [5] (табл.1).

Таблица 1

Переменные нечеткой системы маршрутизации.

Имя переменной	Тип переменной	Диапазон значений	Соответствующая лин-я переменная
Дистанция	Входная	0... 16	distance
Kmem (коэффициент использования буферной памяти)	Входная	0... 100%	queue_length
Метрика, M	Выходная	0 ... 16	Fuzzymetric

На втором этапе фаззификации для каждой лингвистической переменной следует задать набор термов и соответствующие им нечеткие множества.

Лингвистическая переменная Fuzzy_metric имеет в своем составе два терма:

$$Fuzzy_metric = \{Little, Big\} \qquad (1)$$

Нечеткие множества, соответствующие термам лингвистической переменной Fuzzy_metric определяются соответствующими характеристическими функциями, которые в свою очередь задаются аналитически:

$$Fuzzy_metric(Big) = M/16; Fuzzy_metric(Little) = 1 - M/16, \qquad (2)$$

где M - метрика, изменяется в диапазоне [0 .. 16].

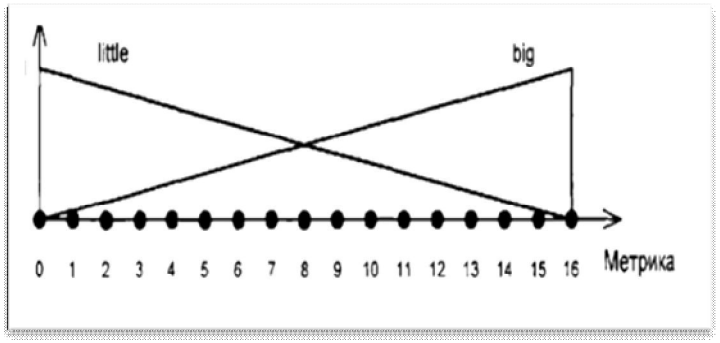


Рис. 5. Лингвистическая переменная Fuzzy_metric

Характеристические функции (см. рис.5) показывают как в одном и том же диапазоне значений переменной Fuzzy_metric изменяется вес малого и большого значения метрики. Точки Fuzzy_metric(Метрика=0)=Little и Fuzzy_metric(Метрика=l)=Big определяют четкие ориентиры выбора маршрута в нечетком пространстве возможных решений.

Аналогично определяется нечеткая переменная queue_length = {little , big}. Если коэффициент использования буферной памяти интерфейса Kmem определить в процентах от объема буфера, то резонно предположить, что характеристические функции, задающие нечеткие множества для термов переменной queue_length, зависят линейно от Kmem (рис.6,7).

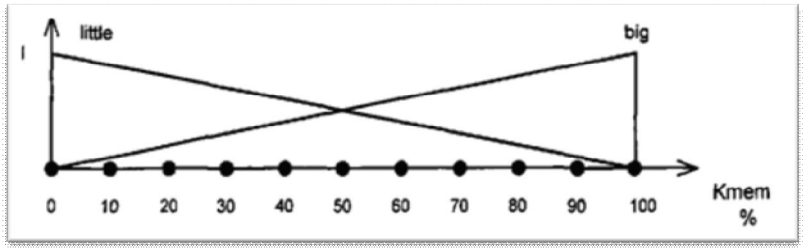


Рис. 6. Лингвистическая переменная queue_length

На этапе композиции следует задать условия соответствия (правила) между входными и выходными нечеткими переменными.

Структура правил определяется форматом *"if-then-else"*, а семантика - знаниями и интуицией эксперта. Список нечетких правил может пополняться и изменяться в процессе отработки и отладки алгоритма. Здесь иллюстрируются четыре правила принятия решений:

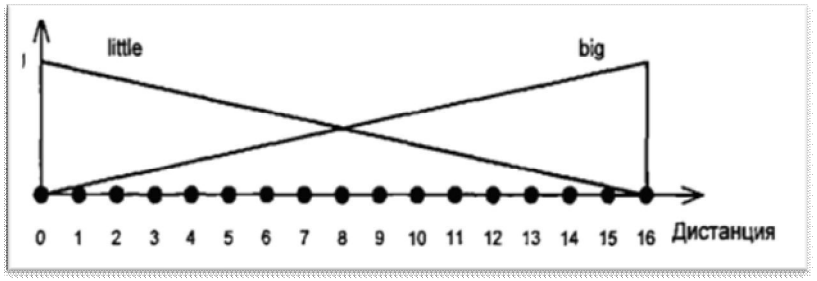


Рис. 7. Лингвистическая переменная distance

1. При малых значениях длины очереди пакетов в буфере и малом расстоянии до узла назначения, метрика также должна быть малой величиной:

Если distance = little и queue_length = little то Fuzzy_metric = Little (3)

2. Если хотя бы одна из входных нечетких переменных имеет большое значение, то метрика является большой величиной.

Если distance-Big и queue_length = little то Fuzzy_metric = Big (4)

Если distance = little и queue_length = Big то Fuzzy_metric = Big (5)

Если distance = Big и queue_length = Big то Fuzzy_metric = Big (6)

Приведенные выше нечеткие правила можно свести в таблицу, которая устанавливает соответствие между термами входных и выходных переменных [1] (таблица 2).

Таблица 2

Связь входных переменных с выходной

Fuzzy metric	Distance		
	Little		Big
Queue length	Little	Little	Big
	Big	Big	Big

Работа алгоритма с нечеткими множествами схематично представлена на рис. 8.

Предлагаемая таблица решений "слабо" определена: она гарантирует хорошее решение в тривиальных случаях и не дает никаких решений в сложных ситуациях. В таких ситуациях необходимо доопределение таблицы правил с привлечением всех дополнительных факторов, уточняющих и дополняющих ситуацию.

Кроме того, термальность лингвистических переменных может быть увеличена, например *distance = {little, middle, big}*. На основе разработанных правил производится вычисление значения соответствующей "четкой" переменной. Существует несколько алгоритмов дефаззификации [4]. В данном случае применялся алгоритм Мамдани.

Для более наглядного отображения работы нечеткой системы был построен график, отображающий зависимость выходной переменной от входных. По двум осям откладываются входные переменные, дистанция и Kmem соответственно, а по вертикальной оси соответствующие значения M.

Полученный график представляет собой дефаззифицированную поверхность, нечеткого выбора маршрута. Он аккумулирует в себе все сделанные выше предположения о характере нечеткости переменных *distance, queue_length, Fuzzy_metric*. "Излом" поверхности определяет точку наибольшей неопределенности в выборе маршрута. Точка A определяет положительное тривиальное решение по выбору маршрута, точки B, C, D - отрицательные тривиальные решения. Тривиальность интерпретируется как абсолютное следование правилам таблицы 2.

Описываемые изменения реализуются в нечетком маршрутизаторе на основе стандартной схемы управления с нечеткими множествами: фаззификация, преобразования нечетких множеств на основе текущей информации о состоянии маршрутизатора, и дефаззификация.

Кроме того, преобразования нечетких множеств на основе текущей информации о состоянии маршрутизатора, используемые в описанном алгоритме, несут в себе элементы адаптации маршрутизатора к текущему трафику.

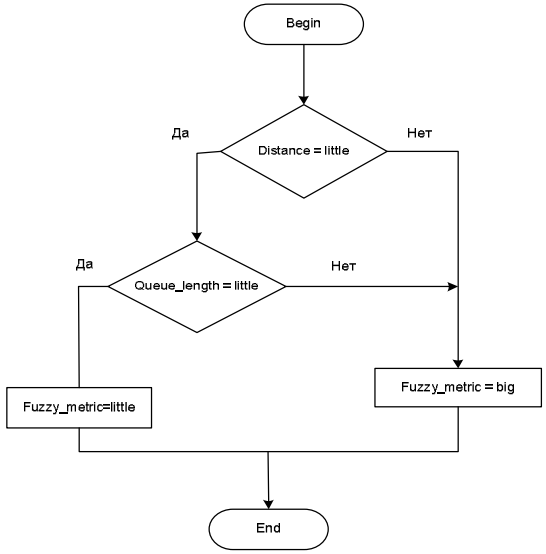


Рис. 8. Блок-схема алгоритма с нечеткими множествами

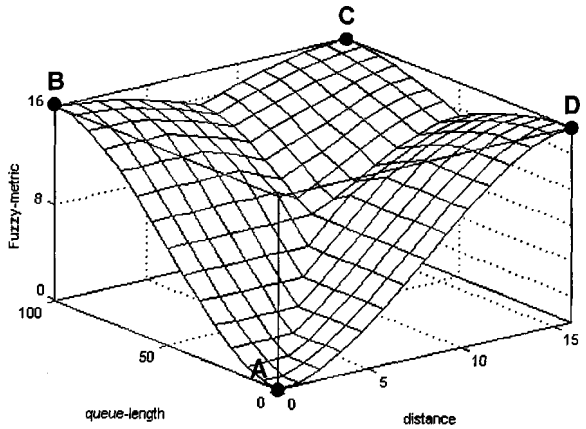


Рис. 9. Поверхность отклика нечеткой системы RIP

Учет загруженности буферной памяти интерфейса приводит к более рациональному ее использованию, следствием этого может быть оптимальная работа сети в целом (снижение времени прохождения пакетов, уменьшение доли потерянных пакетов, снижение требований к объемам буферной памяти интерфейсов, и т. п.).

Этот аспект может качественно изменить эффективность использования сети при работе в условиях высоких значений коэффициентов загрузки сетевых ресурсов.

Библиографический список

1. Кораблин, М. А. Маршрутизация на основе нечеткой логики в рамках протокола RIP / М. А. Кораблин // Информационные технологии. - 2005. - С. 11-15.

2. Кораблин, М. А. Информатика поиска управленческих решений / М. А. Кораблин - М. : СОЛОН- пресс, 2003,191 с.

3. Кораблин, М. А. Маршрутизация на основе нечеткой логики в рамках протокола RIP / М. А. Кораблин, 2004. - С. 82-83.

4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин, И. 3. Батыршин, А. Ф. Блишун, В. Б. Силов, В. Б. Тарасов; под ред. Д. А. Поспелова. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.

5. Дьяконов, В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов - СПб. : Питер, 2001.-480 с.

© Мазуров А. В., 2014

УДК 615.47
А. Б. Матанцев*
**Матанцев Александр Борисович, аспирант*
Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа
pontovnet@rambler.ru
Ю. О. Уразбахтина*
**Уразбахтина Юлия Олеговна, к.т.н., доцент*
Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа
urjuol@mail.ru
В. Х. Ясовеев*
**Ясовеев Васих Хаматович, д.т.н., профессор*
Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа
yasov@mail.ru

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДАТЧИКОВ ГАЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ХЕЛИКОБАКТЕРИОЗА

Ключевые слова: датчики газов, медицинская электроника, диагностика хеликобактериоза

Рассмотрены возможности применения полупроводниковых датчиков газа в области медицины. Показаны особенности применения датчиков, даны рекомендации по минимизации влияния этих особенностей на результат измерения.

В желудочно-кишечном тракте человека обитают до 500 видов различных бактерий, в совокупности именуемых микрофлорой [1]. Доказано, что если бы этих бактерий не существовало вообще, то не существовало и самого человека в его сегодняшнем представлении. Это связано с тем, что некоторые вещества, поступающие в организм с пищей, не способны быть полностью переваренными силами только ЖКТ [2]. Бактерии появляются в организме хозяина с первых часов жизни, попадая туда главным образом с пищей. По мере взросления человека микрофлора меняется до приобретения стабильности — т. н. нормальная микрофлора, которую составляют 2 группы микроорганизмов: 1) комменсальные формы и сапрофиты, 2) условно, или потенциально, болезнетворные.

К вредоносным бактериям, способным нанести серьёзный урон желудочно-кишечному тракту, относится Helicobacter pylori, впервые обнаруженные в XIX веке в желудке собак, и затем детально исследованная в 80-х годах XX века [3]. Результаты исследований показали, что данная бактерия способна вызывать язвы и различные виды дуоденитов [4]. Отсюда следует актуальность диагностики поражения ЖКТ Helicobacter pylori.

Одним из наиболее чувствительных методов диагностики заражения человека бактерией Helicobacter pylori являются уреазные дыхательные тесты с применением полупроводниковых датчиков газа. В основе уреазной диагностики лежит выделение бактерией в процессе жизнедеятельности фермента уреазы, расщепляющего мочевину до аммиака. При проведении диагностики

пациент принимает раствор мочевины в жидком виде, и по изменению концентрации аммиака в выдыхаемом воздухе формируется заключение о возможном поражении слизистой оболочки желудка штаммом Helicobacter pylori [5].

При очевидных достоинствах полупроводниковых датчиков (дешевизна, широкая распространённость, высокая чувствительность) они обладают также рядом недостатков, которые препятствуют широкому внедрению датчиков в медицинскую практику. Во-первых, это т.н. «перекрёстная чувствительность», т.е. датчик может в различной степени реагировать на несколько различных газов. Во-вторых, на характеристики датчика также оказывают влияние влажность и температура газовой смеси (фактор окружающей среды). И, наконец, для восстановления первоначального состояния после воздействия газовой смеси датчику нужно определённое время для восстановления своих первоначальных характеристик. В данной статье рассматриваются возможные способы решения вышеописанных задач для применения полупроводниковых газовых датчиков в качестве основных чувствительных элементов при уреазной диагностике.

Зависимости, приведённые на рисунках ниже, измерены с использованием цифрового осциллографа АКИП-4116/2 и датчиков MQ-3, MQ-137, HIH-4000.

В проводимости участвуют сопротивления, включенные в бесконечный кластер (БК), представляющий собой критическую подсетку несущей сетки, характерным размером которой является радиус корреляции L - средний размер ячейки критической подсетки, определяющий среднее расстояние между критическими барьерами и удовлетворяющий условию L » l » Ld, где l - средний размер микрокристалла, Ld - дебэевский радиус экранирования. Плотность распределения высот межгранульных барьеров f(ξ) задает как величину уровня протекания, т.е. высоту критических барьеров

$$X_C = \left| \int_{\xi_{\min}}^{\xi_C} f(\xi)\, d\xi \right|,$$

так и величину корреляции

$$L = l \left| x\left(\xi_C + 1\right) - x_C \right|^{-\nu} \approx l \cdot f^{-\nu}\left(\xi_C\right),$$

определяющих соответственно энергию активации и величину предэкспоненты эффективной электропроводности материала

$$\sigma = \sigma_\nu f^{\nu}\left(\xi_C\right) \exp\left(-\xi_C\right),$$

где σ_ν - величина, зависящая от объемной проводимости микрокристаллов, их среднего размера и некоторых общих характеристик контакта микрокристаллов; ν - критический индекс радиуса корреляции; $f\left(\xi_C\right)$ - плотность критических барьеров; $x\left(\xi\right)$ - доля связей (контактов), содержащих барьеры с высотой, не превышающей ξ; $x\left(\xi_C\right) \equiv X_C$ - порог протекания в задаче связей - величина, зависящая от плотности упаковки микрокристаллов.

При приложении электрического поля величиной $E > kT/ql$, где q - заряд электрона, изменение электропроводности барьерно-неупорядоченной системы обусловливается, помимо чисто полевого понижения высоты барьеров, еще и

перестройкой т.н. «бесконечного кластера», ответственного за омическую проводимость материала. В этом случае для вида ВАХ справедливо выражение

$$J = J_0 \exp\left\{\left[C\frac{q|E|l}{kT} f^{-v}(\xi_c)\right]^{\frac{1}{1+v}}\right\}.$$

т.е. тангенс угла наклона ВАХ в координатах

$$\ln\left(\frac{J}{J_0}\right) - |E|^{1/2}$$

(в трехмерном случае $v_3 \approx 0{,}88$) описывается выражением

$$\beta \approx \left[\frac{Cql}{kT}\right]^{\frac{1}{1+v}} \cdot f^{-\frac{v}{1+v}}$$

На рис. 1 показана реакция датчиков MQ-3 и MQ-137 на пары ацетона. Измерения проводятся при следующих настройках осциллографа: напряжение – 2 В/дел., время – 2 с/дел., напряжение питания датчиков – 5 В.

Датчик MQ-3 рассчитан на обнаружение паров алкоголя, а MQ-137 – на обнаружение паров аммиака. Как видно из рис. 1, оба эти датчика реагируют на газ, не являющийся для них основным. Однако можно заметить, что величина ответной реакции разнится. Наибольшей величиной будет обладать датчик, рассчитанный на обнаружение паров ацетона. Это позволяет построить систему из нескольких первичных преобразователей, и помощью математических методов производить коррекцию показаний выбранного датчика.

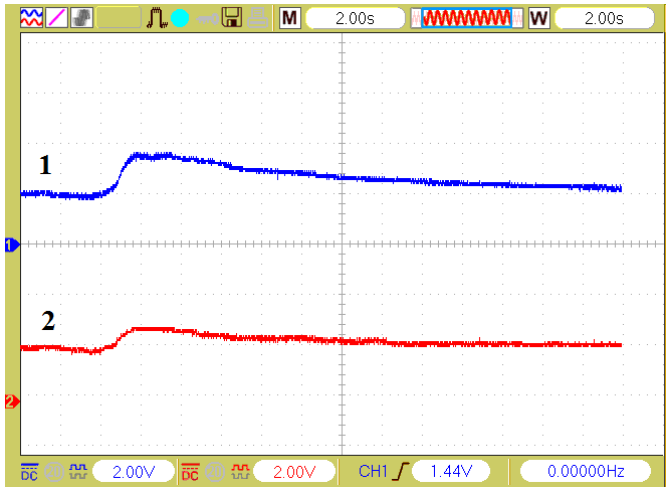


Рис. 1. Реакция датчиков MQ-3 (кривая 1) и MQ-137 (кривая 2) на воздействие паров ацетона.

В простой ситуации, когда на датчик воздействует лишь один примесной газ, достаточно подобрать вспомогательный датчик, таким образом, чтоб он имел максимально возможную чувствительность к примесному газу, и не имел чувствительности к основному. В этом случае систему «датчики – газовая смесь» можно описать уравнениями

$$\begin{cases} \dfrac{R_1}{R_1^{ref}} = \theta_{11}C_1 + \theta_{12}C_2; \\ \dfrac{R_2}{R_2^{ref}} = \theta_{22}C_2; \end{cases},$$

где $\dfrac{R_n}{R_n^{ref}}$ - величина отклика датчика на воздействие газовой смеси; θ_{nk} - чувствительность датчика n к газу k; C_k – концентрация газа k.

Преобразуя (1), получим

$$C_1 = \frac{\dfrac{R_1}{R_1^{ref}} - \theta_{12}\dfrac{\dfrac{R_2}{R_2^{ref}}}{\theta_{22}}}{\theta_{11}}$$

Таким образом, была произведена коррекция показаний основного датчика по показаниям вспомогательного, при неизвестной концентрации примесного газа. В более сложных ситуациях, когда оба датчика подвержены влиянию перекрёстной чувствительности, можно увеличить их количество, а обработку показаний производить методами статистики, создавая характеристические картины воздействия различных газов и их смесей на систему датчиков [6].

Другим фактором, вносящим искажения в показания датчиков, является воздействие влажности и температуры газовой смеси. Влияние этого фактора, как правило, также описывается в документации к датчикам. Чтобы выявить влияние влажности на показания датчика, воздействуем на него вначале парами кипящей воды, а затем парами газа. Датчик газа, используемый в данном эксперименте – MQ-137. Дополнительно с помощью датчика влажности HIH-4000 будет производиться регистрация влажности газовой смеси. На рис. 2 показана реакция перечисленных датчиков на воздействие паров воды. Измерения проводятся при следующих настройках осциллографа: напряжение – 2 В/дел., время – 2 с/дел., напряжение питания датчиков – 5 В.

Как видно из рис. 2, воздействие паров кипячёной воды вызывает изменение выходного сигнала датчика газа. Также можно отметить, что время реакции датчиков на воздействие различно. Из этого следует необходимость обеспечения стабильности газовой среды на время измерения. Для этого можно предусмотреть небольшую камеру, оборудованную однонаправленными клапанами. Смена газовой смеси будет происходить за счёт открытия клапанов от избыточного давления при дыхании пациента, а в промежутках между выдохами газовая среда будет сохраняться в пределах камеры.

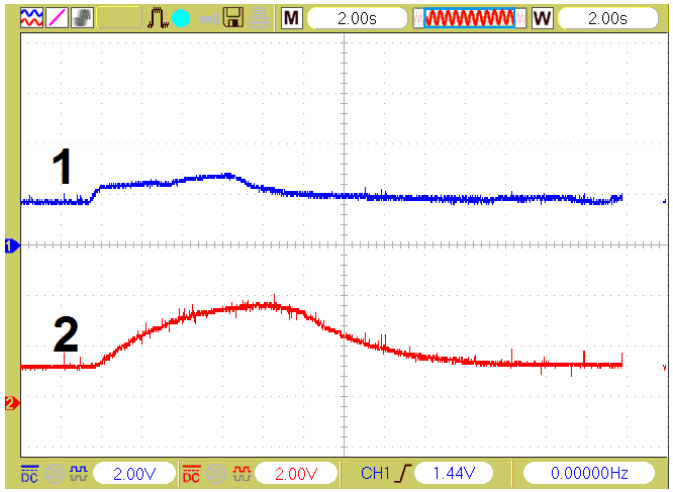


Рис. 2. Реакция датчиков MQ-137 (кривая 1) и HIH-4000 (кривая 2) на воздействие паров воды.

На рис. 3 показана реакция датчиков на воздействие паров ацетона. Измерения проводятся при следующих настройках осциллографа: напряжение – 2 В/дел., время – 2 с/дел., напряжение питания датчиков – 5 В.



Рис. 3. Реакция датчиков MQ-137 (кривая 1) и HIH-4000 (кривая 2) на воздействие паров ацетона.

Рис. 3 наглядно демонстрирует, что воздействие газа не влияет на показания датчика влажности. Данный случай можно свести к взаимодействию, описанному системой уравнений (1). Таким образом, можно проводить компенсацию воздействия влажности на любой датчик газа.

Возвращаясь к времени ответной реакции датчика, проведём следующий эксперимент. Воздействуем на датчик максимальной концентрацией газа и измерим время, за которое показания датчика возвращаются к первоначальному значению. Измерения проводятся при следующих настройках осциллографа: напряжение – 1 В/дел., время – 4 с/дел., напряжение питания датчика – 5 В.

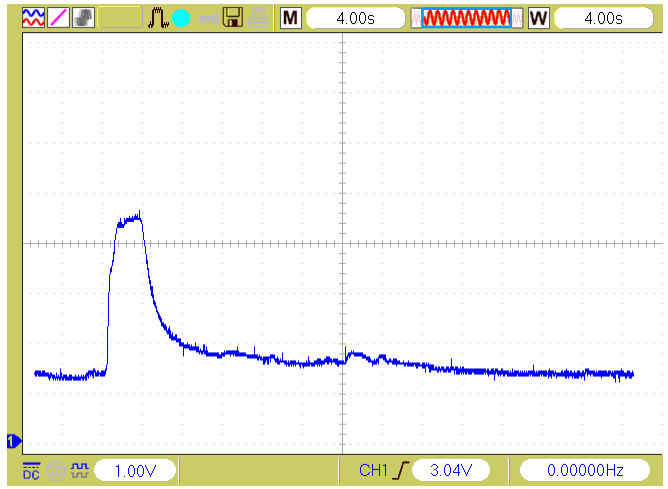


Рис. 4. Процесс релаксации датчика после воздействия газа.

Как видно из рис. 4, процесс релаксации занимает до 40 с. Это время является минимальным между двумя последовательными измерениями. Восстановление характеристик датчика можно ускорить с помощью принудительной вентиляции, при этом движение воздуха через измерительную камеру обеспечивается с помощью вентилятора [7, 8].

Заключение

В данной статье были рассмотрены возможности применения полупроводниковых датчиков газа в области медицины. Были показаны особенности датчиков, препятствующие их широкому распространению в медицинской практике, а также даны рекомендации по минимизации влияния этих особенностей на результат измерения.

Библиографический список

1. Guarner F and Malagelada JR. 2003. Gut flora in health and disease. The Lancet, Volume 361, Issue 9356, 8 February 2003, Pages 512—519. PMID 12583961

2. Sears CL. 2005. A dynamic partnership: Celebrating our gut flora. Anaerobe, Volume 11, Issue 5, Pages 247—251. PMID 16701579

3. Blaser MJ (2005). «An Endangered Species in the Stomach». Scientific American 292 (2): 38—45. PMID 15715390

4. Andrzejewska J., Lee S. K., Olbermann P., Lotzing N., Katzowitsch E., Linz B., Achtman M., Kado C. I., Suerbaum S., Josenhans C. Characterization of the Pilin Ortholog of the Helicobacter pylori Type IV cag Pathogenicity Apparatus, a Surface-Associated Protein Expressed during Infection // Journal of Bacteriology. — 2006. — Т. 188. — № 16. — С. 5865—5877.

5. Методы диагностики хеликобактериоза / под ред. Козлова А. В., Новиковой В. П.. — СПб. : «Диалектика», 2008. — С. 34—48. — 88 с. — ISBN 978-5-98230-044-7

6. Jurs, P. C., Bakken, G. A. and McClelland, H. E. (2000). Computational methods for the analysis of chemical sensor array data from volatile analytes, Chemical Reviews 100(7): 2649–2678.

7. Матанцев, А. Б., Уразбахтина, Ю. О., Ясовеев, В. Х. «Система диагностики хеликобактерной инфекции»/ Физиология и медицина. Высокие технологии, теория, практика. Т. 1. Сборник статей Пятой международной научно-практической конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине», СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 256 с.

8. Матанцев, А. Б., Уразбахтина, Ю. О., Ясовеев, В. Х. «Система неинвазивной диагностики хеликобактериоза» / Вестник УГАТУ, Уфа : УГАТУ, 2014. Т. 18, № 2 (63). С. 69–73.

© Матанцев А. Б., Уразбахтина Ю. О., Ясовеев В. Х., 2014

УДК 004.5, 004.62

В. О. Медянников*

**Медянников Владимир Олегович, студент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

vladimir.medyannikov@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СЕНСОРНЫХ КИОСКОВ

Ключевые слова: свойства пользовательского интерфейса, сенсорный киоск

При разработке пользовательского интерфейса необходимо рассмотреть свойства, которыми он должен обладать.

Пользовательский интерфейс должен обладать следующими свойствами:

- привлекательный дизайн;
- направленность на аудиторию;
- быстрая загрузка информации;
- распределенность информации;
- рационально размещенное содержимое;
- удобная и понятная навигация;
- корректное информационное наполнение;
- актуальность информации.

Ознакомившись с основными свойствами, необходимо определить различия между построением обычных интерфейсов и сенсорных. Для этого рассмотрим преимущества и недостатки сенсорных интерфейсов.

Преимущества интерфейсов сенсорных киосков:

- максимально прямое взаимодействие с системой (не используется клавиатура и мышь);
- не требуют обучения (при правильном проектировании);
- не требуют дополнительного пространства рабочего стола.

Недостатки:

- габариты пальца диктуют размеры элементов управления (достаточно большие по размеру);
- рука заслоняет часть информации;
- возможна усталость при вертикальном использовании;
- сложности исправления при ошибочном действии.

По ходу исследования были составлены следующие принципы построения интерфейса киоска:

- не нужно рассматривать информационный киоск в качестве компьютера, поскольку пользователь не будет воспринимать его в качестве компьютера;
- у киоска нет опытных пользователей;
- нужно обеспечить высокую скорость работы;
- максимально ограничивать число вариантов выбора на каждом шаге работы с киоском;
- минимизировать текстовый ввод.

Следующим этапом исследования стала организация и компоновка контента на экране. Были определены следующие принципы:

- всегда полноэкранный режим;
- консистентность цветов и шрифтов;
- фиксированные функциональные области (единообразие экранов при отображении и вводе данных, навигационных кнопках)

Основным элементом управления сенсорного киоска являются кнопки. Также допускается использование закладок для компоновки информации.

В киосках не допускается:

- двойные касания;
- перетаскивания;
- выпадающие списки;
- чекбоксы;
- всплывающие диалоги.

Немаловажную роль в интерфейсе киоска играют шрифты. Необходимо подобрать такой размер шрифта, при котором на экране может поместиться достаточное количество контента и так чтобы он был легко читаем.

Для основного контента должен быть использован шрифт без засечек. С засечками может быть использованы лишь для заголовков и элементах навигации.

При выполнении навигации или длительных операциях должен быть отображен индикатор загрузки.

Учитывая все эти особенности можно спроектировать и реализовать отличный пользовательский интерфейс сенсорного киоска, с которым пользователю будет удобно и приятно работать.

Библиографический список

1. Левинсон, С. Е. Структурные методы автоматического распознавания речи. //ТИЭР.- 1985.-Т. 73.-№ 11.-С. 100-129.

2. Мазуренко И.Л. Многоканальная система распознавания речи, Сборник трудов VI всероссийской конференции "Нейрокомпьютеры и их применение", Москва, 2000 г.

3. Методы автоматического распознавания речи: в 2-х кн. / Под ред. У. Ли. - М. : Мир, 1983.

© Медянников В. О., 2014

УДК 004.5, 004.62

В. О. Медянников*

**Медянников Владимир Олегович, студент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

vladimir.medyannikov@gmail.com

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ КЛИЕНТСКОГО ПРИЛОЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ФАКУЛЬТЕТА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Ключевые слова: информационно-справочная система, информационная безопасность, клиентское приложение

Рассмотрены особенности клиентского приложения информационного киоска, обусловленные условиями его эксплуатации.

Так как приложение будет оболочкой информационного киоска, который будет находиться в общественном месте, необходимо изолировать пользователей от доступа к ОС.

Кроме настроек Active Directory операционной системы, защищающих и ограничивающих от доступа к настройкам, автозапуска подключаемых устройств и всплывающих уведомлений, необходимо обеспечить бесперебойную работу клиентского приложения. Клиентское приложение является одним из главных связующих между информационной системой и пользователем, с помощью которого выводится информация на экран и осуществляется копирование информации на переносимые устройства.

Учитывая тот факт, что в информационном киоске присутствует usb-порт, необходимо обеспечить защиту приложения в том случае, когда пользователь может подключить к киоску клавиатуру.

Для этого в приложение необходимо добавить так называемые «хуки» – это такие функции, которые перехватывают сообщения ОС и изменяют их под себя. Я воспользуюсь хуком, который будет блокировать нажатия клавиш Win, Alt, Tab, Control. Блокирование этих кнопок позволит защитить приложение от всех сочетаний клавиш используемых в ОС.

Код хука представлен ниже:

```
private static IntPtr SetHook(LowLevelKeyboardProc proc)
        {
          using (Process curProcess = Process.GetCurrentProcess())
//информация о текущем процессе
          using (ProcessModule curModule = curProcess.MainModule)
//получаем главный модуль процесса
          {
            return SetWindowsHookEx(WH_KEYBOARD_LL, proc, GetModuleHandle(curModule.ModuleName), 0);
//устанавливает хук на окно процесса
          }
        }
```

```
        private delegate IntPtr LowLevelKeyboardProc(int nCode, IntPtr wParam,
IntPtr lParam);
        private static IntPtr HookCallback(int nCode, IntPtr wParam, IntPtr lParam)
        {
            int vkCode = Marshal.ReadInt32(lParam);
    //считывает код нажатой клавиши
            if (((Keys)vkCode == Keys.LWin) || ((Keys)vkCode == Keys.RWin) ||
((Keys)vkCode == Keys.Alt) || ((Keys)vkCode == Keys.Tab) || ((Keys)vkCode ==
Keys.F4))
    //постановка условия по отбору нажатых клавиш
            {
              return (IntPtr)1; //перебиваем значение, если нажата нужная на
клавиша
          }
          return CallNextHookEx(_hookID, nCode, wParam, lParam);
        }
    //Импортируем из библиотеки user32.dll методы
        [DllImport("user32.dll", CharSet = CharSet.Auto, SetLastError = true)]
        private static extern IntPtr SetWindowsHookEx(int idHook, LowLevelKey-
boardProc lpfn, IntPtr hMod, uint dwThreadId);
        [DllImport("user32.dll", CharSet = CharSet.Auto, SetLastError = true)]
        private static extern bool UnhookWindowsHookEx(IntPtr hhk);
        [DllImport("user32.dll", CharSet = CharSet.Auto, SetLastError = true)]
        private static extern IntPtr CallNextHookEx(IntPtr hhk, int nCode, IntPtr
wParam, IntPtr lParam);
        [DllImport("kernel32.dll", CharSet = CharSet.Auto, SetLastError = true)]
        private static extern IntPtr GetModuleHandle(string lpModuleName);
      }
```

Также необходимо в код программы в метод Main добавить активацию хука.

Для этого потребуется следующий код:

```
static void Main()
        {
          try
          {
          _hookID = SetHook(_proc); //активируем хук
            Application.EnableVisualStyles();
             Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
             Application.Run(new Form1());
          }
          finally
          {
            UnhookWindowsHookEx(_hookID); //отключаем хук
          }
         }
```


Написав данный код, приложение приобрело возможность перехватывать нажатия некоторых клавиш. Теперь при нажатии отобранных клавиш, приложение будет их игнорировать.

Библиографический список

1. Бородакий Ю.В., Лободинский Ю.Г. Информационные технологии. Методы, процессы, системы. М.: Радио и связь, 2004. -456 с.

2. Корнеев И.К. Информационные технологии в управлении. Учебное пособие. М.: Инфра-М, 2001. -158 с.

3. Шокин Ю.И., Федотов А.М. Информационные технологии Internet // Вычислительные технологии Том 2, N 3, 1997.

© Медянников В. О., 2014

УДК 621.396.6
Р. Э. Мехтиев*
**Мехтиев Рустам Эмилевич, аспирант*
Современная гуманитарная академия, г. Москва
rustrules@yandedex.ru

ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ АДДИТИВНО-МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫХ НЕГАУССОВСКИХ ПОМЕХ

Ключевые слова: негауссовские аддитивные и мультипликативные помехи, обработка информационных сигналов, радиолокация, радиотехнические системы и устройства, способы обработки и фильтрации сигналов

Проводится краткий анализ состояния вопросов связанных с теорией обработки информационных сигналов в условиях воздействия помех имеющих в общем случае негауссовский характер распределения. Анализируются различные аспекты этой проблемы применительно к задачам локации, навигации, связи, транспорта, а также других отраслей народного хозяйства. Показаны пути их решения. Показано, что для оптимизации методов обработки полезных сигналов на фоне, в общем случае, одновременно воздействующих аддитивно-мультипликативных негауссовских помех необходимо учитывать их статистические характеристики. Наиболее полными характеристиками негауссовских процессов являются их многомерные плотности распределения вероятностей (ПРВ).

Одним из путей развития науки и ускорения научно-технического прогресса является создание и совершенствование радиотехнических систем и устройств, связанных со сбором, обработкой и передачей информации.

В настоящее время такие системы нашли широкое применение в авиационном, железнодорожном, автомобильном, морском и речном транспорте сельском хозяйстве, системах специального назначения, других отраслях народного хозяйства.

Радиотехнические системы и устройства, как правило, работают в сложной помеховой обстановке, вызванной возмущающим воздействием помех. Помехи искажают структуру принимаемого сигнала, препятствуя тем самым выделению полезных информационных процессов.

Ужесточающиеся требования к получаемой информации в условиях интенсивных возмущающих воздействий ставят задачи качественного улучшения энергетических и точностных характеристик радиотехнических систем и устройств, обрабатывающих полезную информацию.

В настоящее время отсутствуют работы, где систематически были бы рассмотрены вопросы оптимизации алгоритмов построения радиотехнических систем и устройств, работающих на фоне интенсивного воздействия комплекса аддитивно-мультипликативных помех с произвольным характером распределения.

Вопросам функционирования радиотехнических систем и устройств в условиях аддитивных помех посвящены многочисленные работы. Гораздо меньше развита теория обработки сигналов в условиях мультипликативных помех.

Мультипликативные, или как их ещё называют модулирующие помехи, могут возникать практически во всех элементах тракта передачи и обработки сигналов, начиная с процесса многолучевого распространения сигналов и заканчивая прохождением сигналов в аппаратуре радиотехнических систем. В настоящее время хорошо проработаны лишь вопросы анализа работы радиотехнических систем и устройств в условиях мультипликативных помех. Гораздо слабее освещены вопросы синтеза оптимальных и квазиоптимальных алгоритмов обработки сигналов.

Первое систематическое исследование, связанное с влиянием мультипликативных помех на приём и обработку радиосигналов, возникающих в процессе генерирования, распространения и приёма сигналов, приводящих к амплитудным и фазовым искажениям, было дано в работе выполненной коллективом учёных во главе с И. Я. Кремером.

Большое внимание вопросам приёма сигналов при мультипликативных помехах, синтезу оптимальных алгоритмов фильтрации и обнаружения при аппроксимации помех и параметров сигнала векторными или матричными марковскими последовательностями уделено в работах К. К. Васильева.

Различные аспекты этой проблемы применительно к задачам локации, навигации, связи, транспорта, а также других отраслей народного хозяйства рассматривались в трудах Р. Л. Стратоновича, В. И. Тихонова, Н. К. Кульмана, Ю. Г. Сосулина, П. А. Бакута, В. А. Мелитицкогго, В. Д. Рубцова, В. Г. Валеева, В. М. Артюшенко и других ученых.

Что касается аддитивных помех, то наибольшее развитие при обработке полезных сигналов в радиотехнических системах и устройствах нашли статистические методы борьбы с воздействующими аддитивными помехами, которые достаточно хорошо аппроксимируются гауссовским распределением. К таким методам относятся широко известные методы демодуляции, согласованной фильтрации и корреляционной обработки, накопления сигналов, компенсации помех, которые наряду с обычными способами селекции полезных сигналов позволили значительно повысить качественные показатели радиотехнических систем и устройств.

Основополагающие результаты в области обработки сигналов на фоне гауссовских помех были получены в работах В. И. Тихонова, П. А. Бакута, С. Е. Фальковича и других учёных. Однако, как показывают многочисленные исследования, в подавляющем большинстве случаев помехи, воздействующие на радиотехнические, радиолокационные, оптические, гидроакустические системы, а также системы управления, являются, в основном, негауссов-скими и носят сложный аддитивно-мультипликативный характер [1-4].

В радиолокационных системах и устройствах негауссовский характер воздействующих помех обусловлен как совокупностью отражений от местных предметов и подстилающей поверхности, так и протяжённостью лоцируемого объекта [5-8], а также многолучёвостью распространения радиоволн [9-11]. В оптике и гидроакустике негауссовость помехи, кроме этого, вызвана изменени-

ем поглощения в среде и интерференцией волн при рассеянии в некотором объёме, в системах связи – сосредоточенными во времени (импульсными) или по частоте квазигармоническими помехами, а также флюктуациями напряжения питания, нестабильностью генераторов и усилительных элементов и т.д.

Для оптимизации методов обработки полезных сигналов на фоне, в общем случае, одновременно воздействующих аддитивно-мультипликативных негауссовских помех необходимо учитывать их статистические характеристики. Наиболее полными характеристиками негауссовских процессов являются их многомерные плотности распределения вероятностей (ПРВ). К сожалению, такие ПРВ сравнительно легко могут быть получены лишь для случайных помех с независимыми значениями. Кроме того, ПРВ выше второго порядка для помех с негауссовским распределением, как правило, достаточно громоздки и мало пригодны в аналитических исследованиях. Это приводит к тому, что на практике при статистической оптимизации методов обработки, как правило, опираются на информацию о негауссовских помехах, имеющуюся либо в двухмерной ПРВ, либо в одномерной ПРВ и известной корреляционной функции.

Начало интенсивным исследованиям в области выделения и обработки полезных сигналов на фоне негауссовских помех положили Р. Л. Стратонович, Ю. Г. Сосулин, В. Г. Валеев, Б. Р. Левин, Д. Миддлтон и другие.

Различные подходы в построении алгоритмов обработки полезных сигналов на фоне, в общем случае, негауссовских помех, описании негауссовских процессов изложены в работах Васильева, В. Д. Рубцова, Ю. Н. Кунченко, В. А. Казакова, В. Я. Канторовича, П. Ф. Полякова, Ш. М. Чабдарова и других учёных.

Несмотря на многочисленные исследования, оказалось, что разработанные основы теории не всегда позволяют решить практические задачи, встречающиеся при функционировании радиотехнических систем и устройств, и требуют дальнейшего развития.

Библиографический список

1. Артюшенко, В. М. Исследование и разработка радиолокационного измерителя параметров движения протяженных объектов [Текст] / В. М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2013 – 214 с.

2. Воловач, В. И. Методы и алгоритмы анализа радиотехнических устройств обнаружения ближнего действия: монография / науч. ред. проф. В. М. Артюшенко. – М. : Радио и связь, 2013. – 228 с.

3. Artyushenko, V. M., Volovach, V. I. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Du-ration of non-Gaussian Information Processes. Proceedings of IEEE East-West Design & Test Sym-posium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013. – Kharkov: KNURE. – 2013. – P.P. 137–140.

4. Артюшенко, В. М. Обработка информационных параметров сигнала в условиях ад-дитивно-мультипликативных негауссовских помех [Текст] / В. М. Артюшенко: монография, ФГБОУ ВПО ФТА. – М., 2014.

5. Артюшенко, В. М., Воловач, В. И. Анализ параметров спектра доплеровского сигнала отраженного от протяженного объекта. Санкт-Петербург. Изв. Вузов. Приборостроение, 2012. т. 55, №9. С.62 – 66.

6. Артюшенко, В. М., Воловач, В. И. Экспериментальное исследование параметров спектра доплеровского сигнала, отраженного от протяженного объекта. Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. Астраханский государственный университет. 3 (19). 2012, С.17 – 24.

7. Артюшенко, В. М., Воловач, В. И. Особенности определения дальности действия радиотехнических устройств обнаружения охранных систем. Школа университетской науки: Парадигма развития. – Тольятти. 2012. - №3 (7). С.77 – 80.

8. Артюшенко, В. М., Воловач, В. И. Особенности отражения зондирующих сигналов радиотехнических устройств обнаружения от протяженных объектов сложной формы. Школа университетской науки: Парадигма развития. – Тольятти. 2012. - №2 (6). С.42 – 46.

9. Artyushenko, V. M., Volovach, V. I. Statistical Characteristics of Envelope Outliers Du-ration of non-Gaussian Information Processes. Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). Rostov-on-Don, Russia, September 27–30, 2013. – Kharkov: KNURE, 2013. P. 137 – 140.

10. Артюшенко, В. М., Воловач, В. И. Выбор и обоснование моделей измеряемых параметров движения протяженных объектов // Школа университетской науки: Парадигма развития. – 2013. – №3 (10). – С.109–113.

11. Артюшенко, В. М., Воловач, В. И., Самаров, К. Л. Конструирование двухмерных коррелированных моделей негауссовких помех. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 53–56.

© Мехтиев Р. Э., 2014

УДК 513.73
С. А. Попов*
**Попов Станислав Алексеевич, д.т.н., профессор*
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород
stanislav.popov@novsu.ru
И. С. Васильев*
**Васильев Илья Сергеевич, аспирант*
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород
mksd@list.ru

МЕТОД ЭКСТРАКЦИИ ПАРАМЕТРОВ ИС И РАСЧЕТ ИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Ключевые слова: статистические характеристики параметров ИС, оценивание параметров эквивалентной схемы ИС, многоотказовая модель, последовательное планирование эксперимента

Предлагается метод оценивания статических параметров эквивалентной схемы ИС и их статистических характеристик. Рассмотрен метод расчета статических параметров эквивалентной схемы с использованием многоотказовой модели. Приводится процедура последовательного планирования эксперимента, обеспечивающая заданную точность оценивания.

Знание статических параметров ИС на транзисторном уровне и их статистических характеристик дает возможность оптимизировать конструкцию и технологию ИС, а также выполнять статистический анализ систем, построенных на ИС. В [1] описан метод оценивания параметров эквивалентных схем многополюсников по результатам измерений вольтамперных характеристик (ВАХ). Этот метод позволяет оценивать статические параметры эквивалентных схем и на основе построения многоотказовых моделей. Этот метод можно использовать и для оценивания статистических характеристик параметров ИС по партии. Расчет параметров эквивалентной схемы основывается на виде эквивалентной схемы, которая позволяет получить систему уравнений Кирхгофа и рассчитать статические электрические режимы ИС в виде:

$$F(X,Y,B)=0, \qquad (1)$$

где $F(X,Y,B)=\{f_1(X,Y,B),f_2(X,Y,B),...,f_m(X,Y,B)\}^T$ – вектор неявных функций, представляющих систему уравнений Кирхгофа, $X=\{x_1,x_2,...,x_k\}^T$ – вектор задаваемых (независимых) электрических режимов, $Y=\{y_1,y_2,...,y_k\}^T$ – вектор зависимых режимов, $B=\{b_1,b_2,...,b_i\}^T$ – вектор параметров элементов эквивалентной схемы.

Задача расчета параметров с использованием модели (1) формулируется как задача определения оценок параметров многоотказовой регрессионной

модели по экспериментальным данным. Параметры эквивалентной схемы измеряются в технологическом процессе с помощью тестовых структур. Такой подход не позволяет определять параметры отдельных транзисторов и, соответственно, статистические характеристики этих параметров по партии приборов. Предлагаемый метод расчета параметров эквивалентной схемы основан на результатах измерений доступных зависимых электрических режимов при заданных независимых источниках напряжения. Задача расчета параметров в этом случае формулируется как задача определения оценок параметров многоотказовой модели по экспериментальным данным. Для оценивания параметров эквивалентной схемы проводится эксперимент по измерению зависимых электрических режимов при различных значениях задаваемых режимов. По результатам этого эксперимента путем построения многоотказовой регрессионной модели рассчитываются максимально правдоподобные оценки параметров эквивалентной схемы и их ковариационная матрица с помощью следующей процедуры [2]:

$$\hat{B}^{s+1}=\hat{B}^{s}+V_B^{s}\sum_{j=1}^{n}G\left(\hat{B}^{s},X_j,Y_j\right)V_E^{-1}\left\{Y_j-\hat{Y}_j\right\}, \qquad (2)$$

где $\hat{Y}$ – расчетные значения зависимых переменных, V_B – ковариационная матрица оценок параметров, V_E – ковариационная матрица ошибок измерений, s – номер итерации, n – количество экспериментов.

Расчетные значения зависимых режимов можно определять на основании системы уравнений (1) с помощью следующей итерационной процедуры:

$$\begin{gathered}B,X,\{\hat{Y}\\B,X,\{\hat{Y}\\\hat{Y}^{s+1}=\hat{Y}^{s}-[Q(s)]^{-1}F(s)\end{gathered} \qquad (3)$$

где $Q(B,X,Y)=\dfrac{\partial F(B,X,Y)}{\partial Y}$ – матрица производных системы уравнений (1) по зависимым электрическим режимам.

Матрица производных $G(B,X,Y)$ от всех зависимых режимов по параметрам эквивалентной схемы определяется как производная неявной функции следующим образом:

$$G(B,X,Y)=\frac{\partial Y}{\partial B}=\frac{\partial F(B,X,Y)}{\partial B}[Q(B,X,Y)]^{-1}.$$

Выражения (2) и (3) представляют метод экстракции параметров эквивалентной схемы. Ковариационная матрица оценок параметров (2) равна [2]:

$$V_B=\left\{\sum_{j=1}^{n}G(B,X_j,Y_j)V_E^{-1}G(B,X_j,Y_j)^T\right\}^{-1}. \qquad (4)$$

Оценка ковариационной матрицы ошибок наблюдений V_E рассчитывается в соответствии с [2] по остаткам модели следующим образом.

$$V_E = \frac{m}{mn-l} \sum_{j=1}^{n} \left[Y - \hat{Y}(B,X)\right]\left[Y - \hat{Y}(B,X)\right]^T , \qquad (5)$$

где $\hat{Y}(B,X)$ – оценка зависимых переменных, получаемая по формуле (3).

Ковариационная матрица выходных режимов V_Y для отдельной ИС определяется как

$$V_Y = G(B,X,Y)V_B G(B,X,Y)^T + V_E, \qquad (6)$$

Обычно представляют интерес статистические характеристики ИС по партии приборов. В этом случае ковариационная матрица выходных режимов по партии V_Y^p определяется в следующем виде:

$$V_Y^p = G\left(\overline{B},X,Y\right)\widetilde{V}_B G\left(\overline{B},X,Y\right)^T + \overline{V}_E , \qquad (7)$$

где V_X – ковариационная матрица входных электрических режимов, $\overline{B}$ – средние значения параметров по партии, $\widetilde{V}_B$ – ковариационная матрица параметров эквивалентной схемы по партии приборов и $\overline{V}_E$ – средневзвешенная ковариационная матрица ошибок наблюдений.

Ковариационная матрица $\widetilde{V}_B$ рассчитывается следующим образом:

$$\widetilde{V}_B = \frac{1}{r-1} \sum_{i=1}^{r} \left[B_i - \overline{B}\right]\left[B_i - \overline{B}\right]^T ,$$

где r – объем партии.

Выражение (7) позволяет выполнять оптимизацию технологического процесса с целью получения требуемых статистических характеристик ИС.

При использовании равномерного расположения точек контроля зависимых режимов величина определителя ковариационной матрицы оценок параметров оказывается очень большой, что не позволяет оценивать параметры с заданной точностью. Критерий *D*-оптимальности требует такого расположения точек в области планирования Σ_X, при котором определитель ковариационной матрицы оценок коэффициентов $\det V_B$ минимален [3]. *D*-оптимальный план определяется следующим образом:

$$\det V_B\left(\Pi^{\circ}\right) = \min_{\Pi \in \Sigma_X} \det V_B(\Pi) = \min_{\Pi \in \Sigma_X} \det\left\{ \sum_{j=1}^{n} P\left(B,X_j\right) V_E^{-1} \left[P\left(B,X_j\right)\right]^T \right\}^{-1} \qquad (8)$$

где $\Pi^o = \left\{X_1^o, X_2^o, ..., X_n^o\right\}$ – оптимальный план в смысле критерия *D*-оптимальности.

Для повышения точности оценивания параметров использовалась процедура последовательного планирования [3]. В этом случае задается некоторый заранее определенный плана эксперимента с небольшим количеством точек контроля. В качестве такого плана можно использовать, например, равномерный план эксперимента. Используя этот план, выполняются измерения и рассчитываются оценки коэффициентов модели и определитель ковариационной матрицы этих оценок $\det V_B$. На основании полученных оценок отыскивается следующая точка контроля, обеспечивающая наилучшую точность оценивания. Количество измерений увеличивается до достижения необходимой фактической точности оценивания параметров данного конкретного прибора. Алгоритм построения последовательного плана может быть представлен следующим выражением.

$$\det V_B\left(\Pi + X^o, B\right) = \min_{X \in \Sigma_X} \det V_B\left(\Pi + X, B\right) \qquad (9)$$

где X^o – добавляемая в план Π точка.

Для получения экспериментальных данных использовался программно-аппаратный комплекс, позволяющий проводить измерения в автоматизированном режиме [4]. Комплекс состоит из ЭВМ, на которой установлена управляющая программа, управляемых нагрузок, управляемых источников питания, блока преобразований, блока коммутации, измерительной аппаратуры. В комплексе используется универсальная промышленная измерительная аппаратура с интерфейсом для подключения к ЭВМ. Блок коммутации управляется специализированным контроллером, в свою очередь получающим команды от управляющей программы посредством Ethernet LAN-интерфейса.

Программное обеспечение, установленное на ЭВМ:

– задает режимы источников питания в соответствии с планом эксперимента;

– проводит измерение выходных режимов;

– рассчитывает величины параметров эквивалентной схемы (2,3);

– рассчитывает величину определителя ковариационной матрицы $\det V_B$ (8);

– если величина $\det V_B$ больше заданной, то рассчитывает следующую точку последовательного плана эксперимента (9).

В результате обеспечивается заданная точность определения параметров эквивалентной схемы.

Описанный метод был реализован для оценивания параметров эквивалентной схемы IGB транзисторов типа IRGPC40F. Были проведены измерения ВАХ при изменении напряжения на затворе в диапазоне 0,1÷15 V и на коллекторе в диапазоне 1÷600 V. Для каждого прибора выполнялось 100 и 250 измерений тока соответственно относительной погрешности при равномерном рас-

пределении точек контроля для получения значимых величин, оцениваемых параметров. Использование последовательного планирования повышает точность оценивания в десятки раз по сравнению с равномерным планом при одинаковой погрешности оценивания.

Библиографический список

1. Попов, С. А. Использование многоотказовых моделей для расчета параметров электронных приборов [Текст] / А. Ф. Корчагин, С. А. Попов // Измерительная техника. №4. 2003, С. 47-51.

2. Бард, Й. Нелинейное оценивание параметров [Текст]: / Й. Бард. – М. : Статистика, 1979. – 349 с.

3. Федоров, В. В. Теория оптимального эксперимента [Текст] / В. В. Федоров. – М. : Наука, 1971.– 312 с.

4. Васильев, И. С. Автоматизация тестирования радиоэлектронных компонентов, выпускаемых малыми сериями [Текст] / И. С. Васильев // Вестник Новгородского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки, № 75. Т. 1, 2013, С. 98 -100.

© Попов С. А., Васильев И. С., 2014

УДК 621.396.96

А. В. Силкин*

**Силкин Андрей Владимирович, аспирант*

Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань

a.v.silkin@ieee.org

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ И СКОРОСТИ ЦЕЛИ В ДВУХПОЗИЦИОННОЙ РЛС

Ключевые слова: определение координат и скорости цели, двухпозиционная РЛС, доплеровская частота, матрица Фишера, потенциальная точность

В статье рассмотрена двухпозиционная РЛС, принцип работы которой основан только на измерении доплеровской частоты отраженного от цели сигнала. Приведены результаты математического моделирования оценки потенциальной точности определения данной системой координат и скорости движущейся цели. Дано ее сравнение с потенциальной точностью, достигаемой в двухпозиционной РЛС с измерением направлений прихода сигнала и расстояний до цели.

Интерес к многопозиционным и, в частности, к двухпозиционным РЛС, принцип работы которых основан только на измерении доплеровской частоты постоянно растет. Это объясняется тем, что одним из главных преимуществ подобных систем является отсутствие необходимости в определении направления прихода отраженного от цели сигнала [1-3]. Целью статьи является исследование потенциальной точности РЛС, которая позволяет определить основные свойства системы.

Для простоты анализа рассмотрим двумерный случай. Схема двухпозиционной РЛС представлена на рис. 1. Передатчик (T) излучает сигнал, который, отражаясь от цели, принимает приемник (R), расположенный в том же месте, что и передатчик, и приемник (R), расположенный на известном расстоянии L.

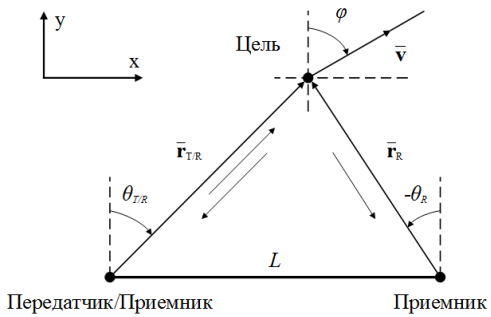


Рис. 1. Схема двухпозиционной РЛС

Будем считать, что цель движется с постоянной скоростью V по линейной траектории с заданным углом φ. Вектор положения цели в момент времени t_n можно представить в виде

$$\mathbf{x}(t_n) = \begin{bmatrix} x(n) & y(n) & v_x & v_y \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}, \quad (1)$$

где v_x, v_y – скорости изменения координат цели; $x(n)$, $y(n)$) – значения координат цели, определяемые как

$$x(n) = x_0 + v_x t_n$$
$$y(n) = y_0 + v_y t_n,$$

где $t_n = \Delta t(n-1)$, Δt – интервал между измерениями, x_0, y_0 – начальные координаты цели.

Доплеровские частоты сигналов, принимаемых в приемных позициях системы, выражаются в виде

$$f_{\mathrm{T/R}}(n) = -\frac{1}{\lambda}\left(\frac{\mathbf{v}\times\mathbf{r}_{\mathrm{T/R}}(n)}{\left|\mathbf{r}_{\mathrm{T/R}}(n)\right|} + \frac{\mathbf{v}\times\mathbf{r}_{\mathrm{T/R}}(n)}{\left|\mathbf{r}_{\mathrm{T/R}}(n)\right|}\right), \quad (2)$$

$$f_{\mathrm{R}}(n) = -\frac{1}{\lambda}\left(\frac{\mathbf{v}\times\mathbf{r}_{\mathrm{T/R}}(n)}{\left|\mathbf{r}_{\mathrm{T/R}}(n)\right|} + \frac{\mathbf{v}\times\mathbf{r}_{\mathrm{R}}(n)}{\left|\mathbf{r}_{\mathrm{R}}(n)\right|}\right), \quad (3)$$

где • – символ скалярного произведения [2].

Пусть имеется n последовательных измерений доплеровских частот (2) и (3), образующих вектор измерений

$$\mathbf{z}(t_n) = \left[\hat{f}_{\mathrm{T/R}}(n) \quad \hat{f}_{\mathrm{R}}(n)\right]^{\mathrm{T}}, \quad (4)$$

Будем полагать, что оценки несмещенные, независимые между собой и для каждого момента времени и распределены по нормальному закону с известным значением дисперсии, полагаемым одинаковым для всех моментов времени [3].

Потенциальная точность определения вектора положения (1) по вектору измерений (4) определяется информационной матрицей Фишера [4]. Диагональные элементы матрицы, обратной матрице Фишера представляют собой дисперсии ошибок определения координат и скорости цели [3]. Для рассматриваемого случая, элементы матрицы Фишера определяются следующим образом

$$J_{k,l} = \frac{1}{\sigma^2(f_{T/R})}\sum_{n=1}^{N}\frac{\partial f_{\mathrm{T/R}}(n)}{\partial x_k}\frac{\partial f_{\mathrm{T/R}}(n)}{\partial x_l} +$$

$$+\frac{1}{\sigma^2(f_R)}\sum_{n=1}^{N}\frac{\partial f_{\mathrm{R}}(n)}{\partial x_k}\frac{\partial f_{\mathrm{R}}(n)}{\partial x_l},$$

где $\sigma(f_{T/R})$ – СКО ошибки измерения частоты в позиции T/R, $\sigma(f_R)$ – СКО ошибки измерения частоты в позиции R, $k, l = 1,2,3,4$.

Потенциальная точность рассматриваемой РЛС зависит от нескольких параметров: длины рабочей волны λ, СКО ошибки измерения σ, интервала наблюдения Δt, а главное от положения цели и позиций.

Так как геометрия системы оказывает сильное влияние на оценку точности, воспользуемся параметром снижения точности *DOP* для более наглядного визуального представления результатов моделирования. *PDOP* (снижение точности по местоположению) и *VDOP* (снижение точности по скорости) можно выразить из матрицы Фишера

$$PDOP = \sqrt{\left(J^{-1}\right)_{11} + \left(J^{-1}\right)_{22}},$$
$$VDOP = \sqrt{\left(J^{-1}\right)_{33} + \left(J^{-1}\right)_{44}}.$$

Зададим следующие параметры для моделирования: координаты позиции T/R (–30 км, 0), координаты позиции R (30 км, 0), скорость цели V (–100 м/с, –280 м/с), длина рабочей волны λ = 0,1 м, интервал наблюдения Δt = 1 с, количество измерений N = 20, СКО ошибки измерения частоты $\sigma(f_{T/R})$ = $\sigma(f_R)$ = 1 Гц.

Результаты моделирования оценки потенциальной точности определения координат и скорости показаны на рис. 2 и рис. 3 соответственно.

Для сравнения на рис. 4 и рис. 5 показаны результаты моделирования оценки точности определения координат и скорости цели в системе, измеряющей направления прихода от цели сигнала $\theta_{T/R}$ и θ_R и расстояния до цели $r_{T/R}$ и r_Σ (суммарное расстояние), т.е. оценка вектора положения (1) по вектору измерений

$$z(t_n) = \left[\hat{r}_{T/R}(n)\hat{\theta}_{T/R}(n)\hat{\theta}_R(n)\right]^T$$

при $\sigma(r_{T/R}) = \sigma(r_\Sigma)$ = 100 м, $\sigma(\theta_{T/R})$ = $\sigma(\theta_R)$ = 0,003 рад.

Анализируя рис. 2 – 5 можно сделать вывод о том, что точность оценки будет зависеть от исходного положения и направления движения цели. Чем ближе цель к позициям, тем оценка лучше. Для заданных параметров, минимальная ошибка оценки координат линейно возрастает от 10 *дБ*, что соответствует 10 *м*, до 40 *дБ* или 40 *км*. Ошибка оценки скорости в среднем не превышает

значения 10 $дB$ или 10 $м/с$, так как высокой оценки скорости можно добиться, только используя измерения доплеровской частоты.

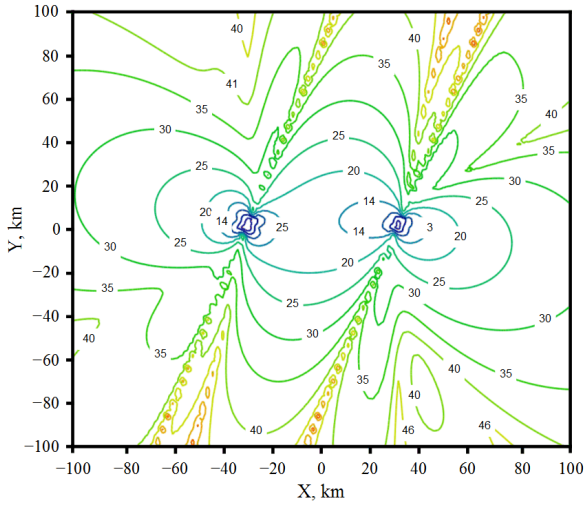


Рис. 2. PDOP, dB

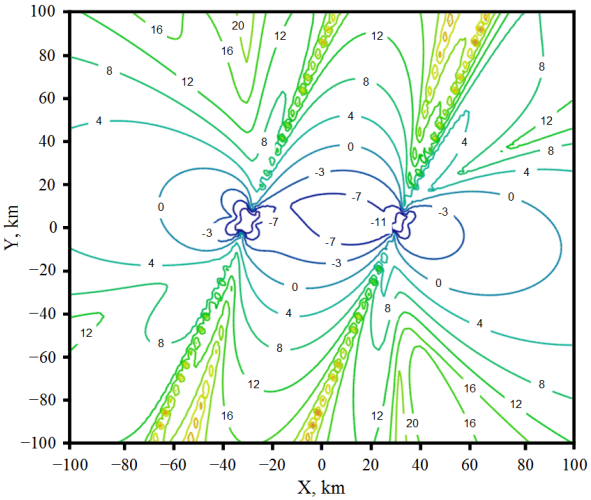


Рис. 3. VDOP, dB

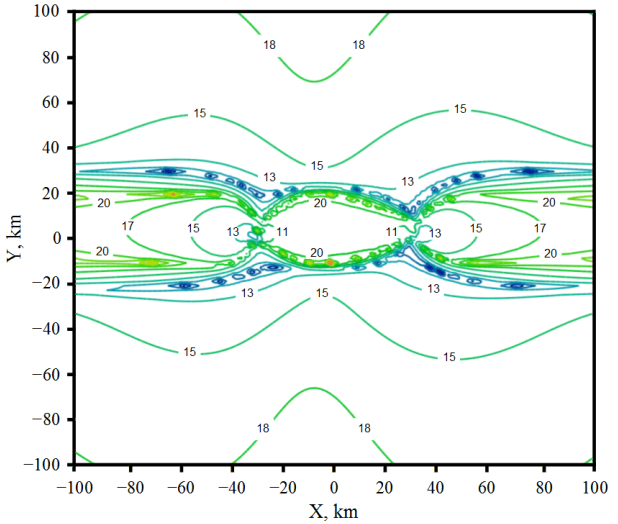


Рис. 4. PDOP, dB

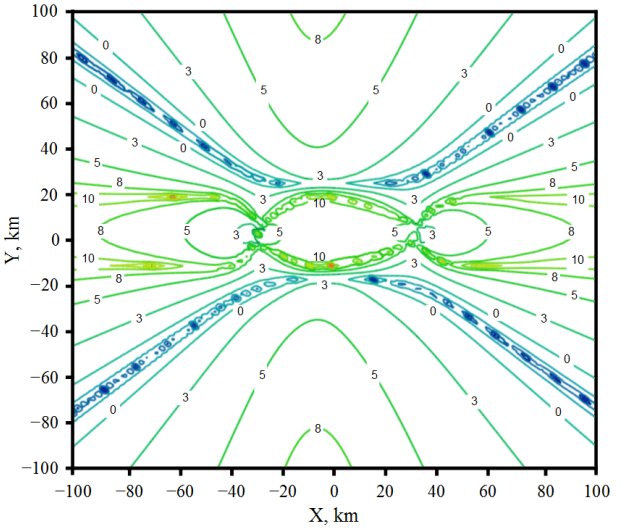


Рис. 5. VDOP, dB

Библиографический список

1. Xiao, Y.-C. Doppler frequency-only and T2/R radar based moving target location / Y.-C. Xiao, P. Wei, T. Tuan // Proceedings of the 6th IEEE Radar Conference. – Shanghai, 2006. – P. 14.

2. Xiao, Y.-C. Observability and performance analysis of bi/multi-static doppler-only radar / Y.-C. Xiao, P. Wei, T. Tuan // IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems. – 2010. – Vol. 46, № 4. – P. 1654–1667.

3. Ковалев, Ф. Н. Определение координат движущихся целей по измерениям доплеровской частоты в радиолокационных системах с обнаружением на просвет [Текст] / Ф. Н. Ковалев // Радиотехника и электроника. – 2007. – Т. 52, № 3. – С. 331–339.

4. Bar-Shalom, Y. Estimation with applications to tracking and navigation / Y. Bar-Shalom, X.-R. Li, T. Kirubarajan. – New York : John Wiley & Sons, 2001. – 584 p.

© Силкин А. В., 2014

УДК 519.688

И. Ф. Синяев*

**Синяев Игорь Федорович, магистрант*

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск

IgorDream@mail.ru

ЗАДАЧА КЛАССИФИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BOOSTING ПОДХОДА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ АНСАМБЛЯ МОДЕЛЕЙ

Ключевые слова: моделирование, классификация, ансамбль моделей, boosting подход, метод k-ближайших соседей

Статья посвящена решению задачи классификации с применением ансамбля моделей на основе boosting подхода. Суть задачи заключается в том, что при построении ансамбля моделей точность решения задачи классификации значительно возрастает. В рамках данной работы предлагается решение практической задачи с использованием в качестве классификатора, как обычного метода классификации, так и применение этого метода при построении ансамбля моделей.

Одной из важных проблем при решении задач классификации является выбор оптимального алгоритма классификации. На сегодняшний день существует множество различных алгоритмов классификации, одни работают быстро, но с потерей качества, другие работают долго, но с приемлемой точностью. Кроме того не существует универсального алгоритма способного решить любую поставленную задачу с приемлемой точностью. Необходимо проводить анализ задачи и информации заключенной в ней, и только после анализа данных подходить к выбору алгоритма классификации. Другой способ повышения качества классификации - это построение ансамбля моделей из базовых классификаторов.

Под ансамблем моделей понимается набор базовых классификаторов, результаты классификации которых объединяются и формируют прогноз агрегированного классификатора. Целью создания ансамбля моделей является повышение точности агрегированного классификатора по сравнению с точностью каждого индивидуального базового классификатора в отдельности.

Существует немало подходов к формированию ансамбля моделей: bagging, boosting, stacking, adaboost подходы. Одним из наиболее популярных является Boosting подход [1]. Это последовательный алгоритм обучения. Набор данных, на которых обучается каждый последующий базовый алгоритм в boosting, зависит от точности прогнозирования предыдущего базового классификатора. Важным понятием в boosting является вес объекта классификации, который обновляется после каждой итерации (выполнения обучения базового классификатора). Значение веса объекта описывает его важность для обучения следующего базового классификатора и основывается на величине ошибки прогноза предыдущего классификатора на этом объекте. Вес объекта можно интерпретировать как вероятность его выбора для обучения следующего класси-

фикатора или как число, пропорциональное относительной доли этого объекта в следующей выборке.

Базовая идея Boosting алгоритма заключена в следующих этапах:

1. Присвоить всем N объектам обучающей выборки одинаковые веса *1/N*.
2. В цикле от *m=1* до *M*:

2.1. Обучить базовый классификатор f_m на данных, распределение объектов в которых соответствует весам этих объектов.

2.2. Вычислить взвешенную ошибку прогноза f_m.

2.3. Пересчитать веса каждого объекта в соответствии с ошибкой прогноза на этом объекте: для правильно классифицированных объектов вес уменьшается, для неправильных – увеличивается.

3. Прогноз ансамбля вычисляется по взвешенному среднему или большинству прогнозов базовых классификаторов. В случае использования весов, их значения больше у более точных базовых классификаторов.

В качестве базового классификатора будет рассмотрен алгоритм k-ближайших соседей. Метод *k* ближайших соседей (*k*-nearest neighbor algorithm, kNN) – метрический метод автоматической классификации объектов [2]. Классифицируемый объект *x* относится к тому классу y_i, которому принадлежит большинство из его соседей k ближайших к нему объектов обучающей выборки x_i. В задачах с двумя классами число соседей берут нечетным числом, в целях избегания неоднозначности, когда одинаковое число соседей принадлежат разным классам. Если же задача с 3 и более классами, то нечетность количества соседей уже не поможет. Тогда *i*-му соседу приписывается вес ω_i, как правило, убывающий с ростом ранга соседа *i*. В результате объект относится к тому классу, который набирает больший суммарный вес среди *k* ближайших соседей.

Алгоритм *k*-ближайших соседей имеет ряд проблем: это неравноценность объектов в обучающей выборке, оказывающие негативное влияние на результаты работы алгоритма; при работе алгоритма обрабатываются и хранятся в памяти огромные объемы данных, что увеличивает продолжительность работы алгоритма; выбор метрики, которой будет оцениваться близость соседних объектов. Для решения первых двух проблем применяют очистку данных, то есть из обучающей выборки исключаются неинформативные объекты, шумы и выбросы.

Тестирование метода проводилось на задаче «StumbleUpon Evergreen Classification Challenge» [3], которая заключается в разделении множества объектов на 2 класса. Тестовая выборка содержит 3131 объектов и 26 признаков, по которым необходимо провести классификацию. На тестовой выборке при использовании алгоритма kNN ошибка классификации составила 35,1 %. При решении задачи ансамблем моделей ошибка составила 19,2 %.

В ходе работы были получены следующие результаты: boosting подход улучшает результаты классификации (до 30% при использование алгоритма kNN) по сравнению с индивидуальными базовыми классификаторами; имеет

преимущество в простоте реализации. Так же выявлены следующие недостатки boosting метода:

1. Так как на каждой итерации алгоритм уделяет все большее внимание неправильно классифицированным объектам, то в случае зашумления данных, алгоритм на больших итерациях будет полностью сконцентрирован на попытках получить прогноз на имеющихся ошибочных объектах, а не на выявлении объективных закономерностей.

2. Последовательность выполнения обучения базовых классификаторов не позволяет использовать распараллеливание вычислительных мощностей, что увеличивает время работы алгоритма.

3. Результаты классификации ансамбля трудны для интерпретации.

Библиографический список

1. Schapire, R. E. The strength of weak leamability [Текст] // Machine Learning, vol. 5, no. 2, pp. 197-227, 1990.

2. Айвазян, С. А., Бухштабер, В. М., Енюков, И. С., Мешалкин, Л. Д. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. [Текст] — М. : Финансы и статистика, 1989.

3. Интернет-ресурс: https://www.kaggle.com/c/stumbleupon/data.

© *Синяев И. Ф., 2014*

УДК 621.398
С. Н. Скобелева*
**Скобелева Светлана Николаевна, к.т.н., доцент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
Skobeleva-sn@yandex.ru
А. В. Косарев*
**Косарев Андрей Вячеславович, студент*
Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти
vk.com/c958bx

АЛГОРИТМ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРИНТЕРОВ ФИРМЫ HP

Ключевые слова: принтер, алгоритм поиска неисправностей

В статье рассмотрены вопросы диагностики неисправностей принтеров фирмы Hewlett-Packard и разработан алгоритм поиска неисправностей.

При проведении диагностики неисправностей принтера должны быть выполнены следующие условия:

1) напряжение питания принтера 220В $\pm$ 10%;
2) температура и влажность окружающей среды номинальные;
3) картридж заправлен фирменным тонером;
4) плотность бумаги соответствует стандарту.

После успешного завершения процесса инициализации, устанавливается режим готовности к печати. И вот тут может быть ситуация связанная с возникновением неисправности, которую можно назвать – отсутствие печати. Когда печать отправленных с компьютера данных не происходит.

Процессы инициализации принтера и печать данных происходят друг за другом, поэтому логичнее было бы разработать алгоритм поиска и устранения неисправности связанной с отсутствием печати, и связать его с ранее разработанным алгоритмом поиска и устранения неисправности возникшей при включении принтера.

При отсутствии печати, для начала, необходимо проверить правильность подключения принтера к компьютеру. Проверить настройки соответствующих портов, используя свойства драйвера принтера. Проверить исправность кабеля, которым подключается принтер, подключив его заведомо исправным кабелем.

Печать может отсутствовать так же и при возникновении ошибки в драйвере принтера, или его программном обеспечении (если таковое устанавливается). В этом случае происходит детальная настройка драйвера принтера или его переустановка. В случае использования программного обеспечения, поставляемого фирмой изготовителем совместно с принтером, настройка осуществляется при помощи специальных настроечных программ, которые входят в состав этого программного обеспечения.

Например, в программном обеспечении принтеров фирмы Hewlett-Packard, присутствует утилита, называемая HP ToolBox, или панель инструментов, при

помощи которой можно произвести настройку драйвера принтера, а также устранить ошибки связанные со сбоем в его работе.

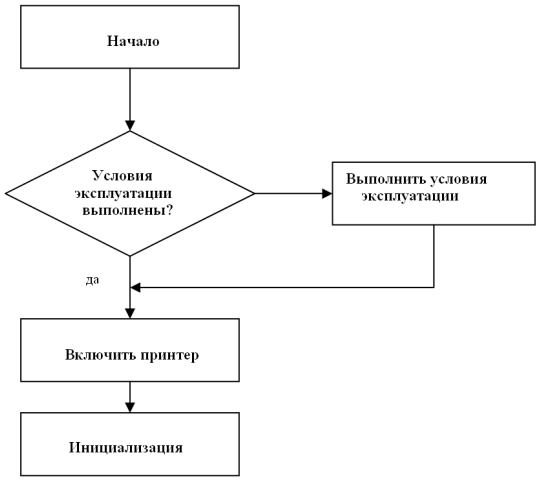


Рис. 1. Алгоритм поиска неисправностей (начало) при отсутствии печати

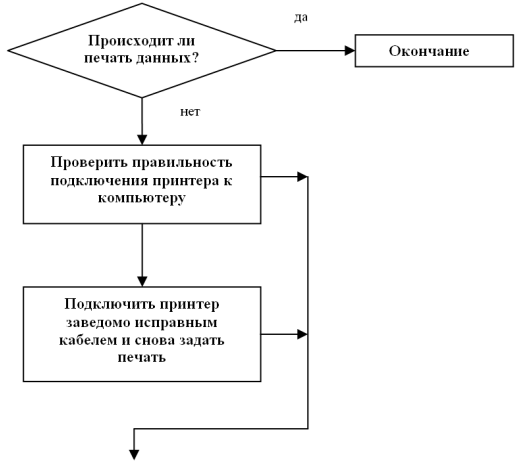


Рис. 2. Алгоритм поиска неисправностей (продолжение) при отсутствии печати

Составляемый алгоритм поиска неисправностей можно использовать для тестирования принтеров других фирм производителей, так как все они построены по одному принципу и имеют подобные блоки и узлы. Таблица ошибок типа «Error», имеющаяся у каждой модели принтера, значительно облегчать поиск неисправного блока или узла. Ремонт принтеров сводится, в конце концов, к ремонту следующих блоков и узлов:

- блок питания;
- механизм подачи бумаги;
- узел формирования изображения;
- узлы и платы, дефекты в которых приводят к некачественной печати;
- интерфейс связи с компьютером.

Наиболее трудоемким является процесс отыскания причины неисправности лазерного принтера при некачественной печати, причем эта неисправность встречается в принтере наиболее часто. Алгоритм поиска такой неисправности приведен на рис. 3.

Если бумага из входного лотка не движется необходимо проверить правильность ее установки. Вынуть бумагу из лотка и распушить ее, чтобы разделить листы. Вновь загрузить бумагу. Проверить, чтобы направляющие бумаги были правильно отрегулированы, не сдавливали и не зажимали бумагу. Проверить состояние ролика подачи бумаги, проверить соленоид подачи. Убедиться, что пружина тормозной площадки прижимает тормозную площадку снизу к ролику подачи. После выполнения каждого из перечисленных пунктов необходимо проверять работу аппарата. Алгоритм поиска такой неисправности приведен на рис. 4.

Теперь, соединив все части, разработанных действий, можно получить общий алгоритм поиска и устранения возникших неисправностей, следующего вида (см. рис. 5).

Кроме этого, обнаружить отклонение в работе принтера можно и по распечатываемому документу. Обратив внимание на качество печати. В основном проблемы с качеством печати возникают по вине системы формирования изображения. Блеклая или светлая печать может возникать из-за того, что заканчивается тонер и тонер-картридж нуждается в замене. Кроме этого осветление печати может быть из-за того, что включен режим экономии тонера, но даже если этот режим отключить, появление такой проблемы говорит о скорой необходимости замены тонер-картриджа.

Если документ распечатывается с черными полосами или местами видны точки запекшегося тонера – это говорит о том, что фотобарабан изношен и его необходимо заменить или полностью заменить тонер-картридж.

Проблемы с качеством распечатываемых документов может возникать и по вине других функциональных узлов. Например, черная вертикальная полоса говорит о том, что в блоке термозакрепления порвалась тефлоновая пленка или износился тефлоновый вал. А перекосы в процессе распечатывания документа указывают на то, что возникли проблемы с захватом и транспортировкой бумаги. Здесь уже следует обратить пристальное внимание на систему подачи и захвата бумаги.

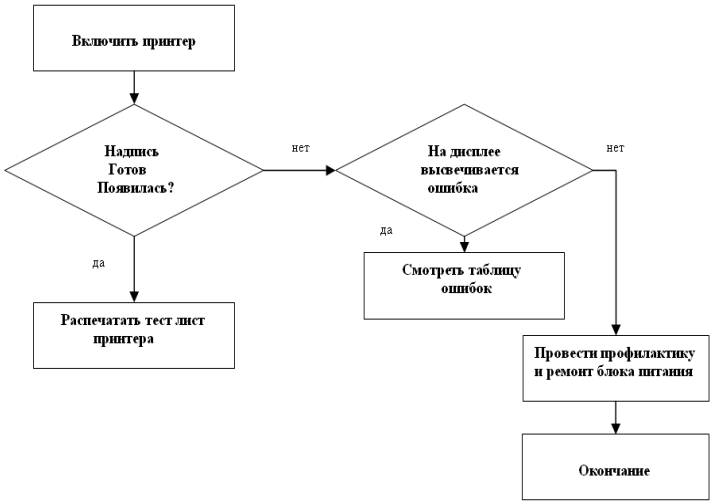


Рис. 3. Алгоритм поиска неисправности при некачественной печати

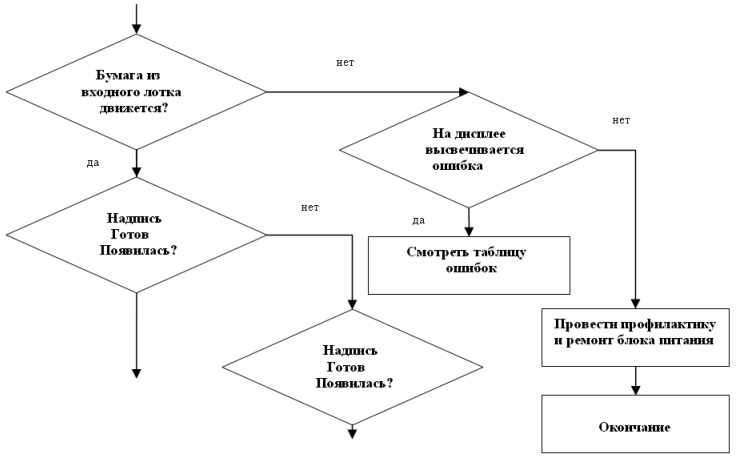


Рис. 4. Алгоритм поиска неисправности в случае отсутствия движения бумаги из лотка

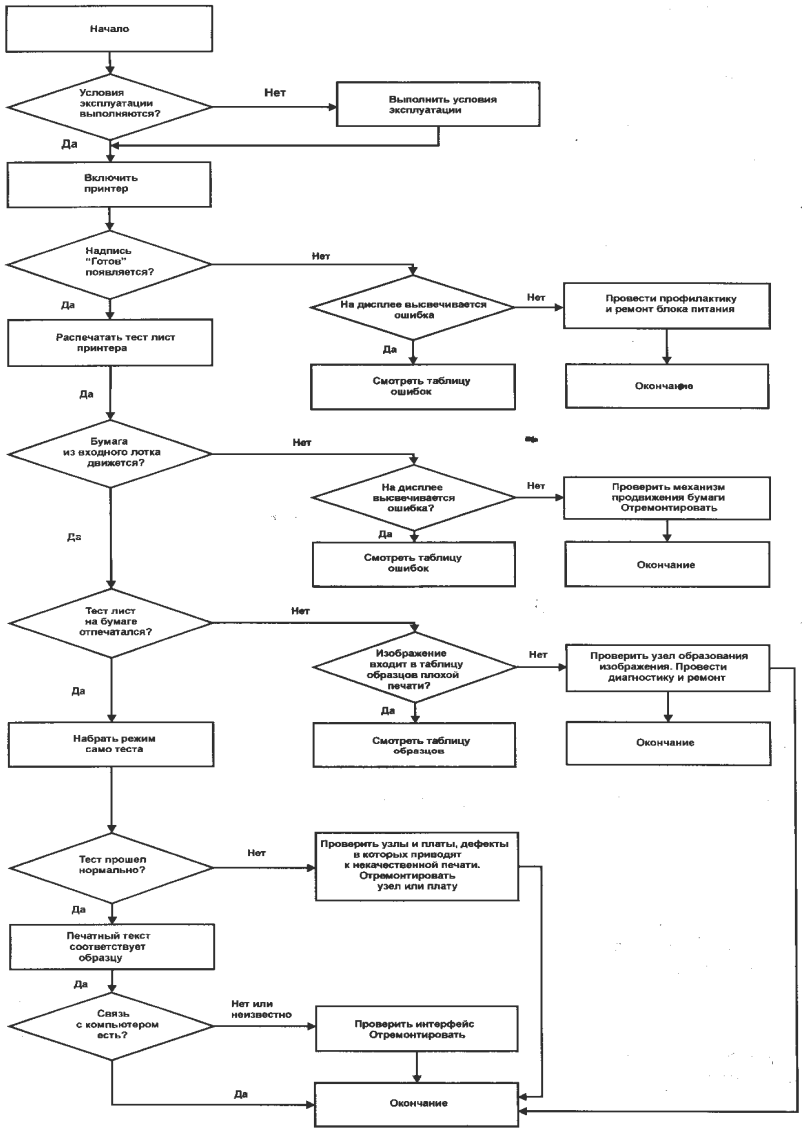


Рис. 5. Алгоритм поиска и устранения неисправностей в принтере

Применение материалов (бумаг, тонер, картридж и т.д.) не подходящих по своим характеристикам для конкретного вида принтера может существенно сократить срок его нормальной эксплуатации.

Фирма изготовитель дает гарантию безотказной работы своего устройства только в том случае, если при этом используются рекомендованные ее расходные материалы. И если в тонер-картридже закончился тонер и он подвергся заправке, то дальнейшая без проблемная эксплуатация как заправленного картриджа так и самого принтера будет на совести того, кто эту заправку осуществил.

При этом фирмы производитель настоятельно не рекомендуют заправлять картриджи, а использовать только оригинальные расходные материалы.

Но в большинстве, даже специализированных, сервис-центрах практика заправки или как ее еще называют, восстановление картриджей, как для струйных, так и для лазерных принтеров существует. Но эту работу выполняет опытный специалист, нередко имеющий свою методику восстановления, отслужившего казалось бы свой срок, картриджа.

Библиографический список

1. Авдеев, В. А. Периферийные устройства: интерфейсы, схемотехника, программирование [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов по специальности "Вычисл. машины, комплексы, системы и сети" / В. А. Авдеев. - М. : ДМК Пресс, 2009. - 848 с. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/6929.html

2. Афанасьев, М. Тестирование многофункциональных черно-белых устройств формата А4 [Текст] / М. Афанасьев // Компьютер Пресс. - 2009. - N 4. - С. 116-123

3. Лабораторный практикум по дисциплине "Экспертиза и диагностика объектов и систем сервиса" [Электронный ресурс] : для студентов специальности 100101.65 "Сервис" специализации "Сервис компьютер. и микропроцессор. техники" / Поволж. гос. ун-т сервиса (ФГБОУ ВПО "ПВГУС"), Каф. "Информ. и электрон. сервис" ; сост.: С. Н. Скобелева, А. А. Сафонов. - Тольятти : ПВГУС, 2013. - 2,57 МБ, 58 с. - Режим доступа: http://elib.tolgas.ru

4. Платонов, Ю. М. Ремонт зарубежных принтеров [Текст] - М. : Солон – Р, 2010.-272 с.

5. Синдеев, Ю. Г. Принтеры ремонт обслуживание [Текст] – Ростов-на-Дону : Феникс, 2011.- 224 с.

6. Учебно-методический комплекс по дисциплине "Периферийные устройства вычислительной техники" [Текст] : для студентов специальности 230106.51 "Техн. обслуживание средств вычисл. техники и компьютер. сетей" / Поволж. гос. ун-т сервиса (ФГБОУ ВПО "ПВГУС"), каф. "Информ. и электрон. сервис" ; сост. К. В. Анфалов. - Тольятти : ПВГУС, 2013. - 123 с.: ил.

© Скобелева С. Н., Косарев А. В., 2014

УДК 004.424.47

Ю. А. Сковородников*

**Сковородников Юрий Александрович, аспирант*

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

yurbelios@gmail.com

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХЕШИРОВАНИЯ ДЛЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: пространственно-временные (темпоральные) объекты, индексирование, деревья, хеширование

Статья посвящена изучению одной из актуальных проблем приложений реального времени. В задачах реально времени объекты имеют пространственные и временные зависимости. С развитием беспроводной связи и технологий позиционирования, становится актуальной проблема хранения и индексации большого количества перемещающихся объектов в базе данных. В данной статье рассматривается идея, основанная на методе хеширования и хеш-функций, позволяющая значительно уменьшить количество обновлений базы данных и сделать осуществимой процедуру индекса. Представлены экспериментальная оценка и сравнение эффективности методов хеширования.

Основная проблема заключается в том, что нам необходимо эффективно индексировать большое количество перемещающихся объектов, не генерируя большого объема обновлений базы данных [1]. В работе [4] рассматривается применение техники хеширования и описаны четыре хеш-функций, применяемых для индексации динамических объектов. В данной статье представлена экспериментальная оценка и выполнен сравнительный анализ эффективности этих хеш-функций.

Для того чтобы сделать выводы об эффективности предложенных хеш-функций, была выполнена определенная подготовка к экспериментальной оценке различных методов.

Описание и начальные установки системы

Мы используем симулятор данных на основе широко используемого сравнительного анализа среды под названием "Генерация пространственно-временных данных (GSTD)" [3]. GSTD симулятор данных поддерживает начальные распределения объектов: равномерное и гауссовское. В нашем эксперименте мы только проиндексируем и запросим текущие состояния движущихся объектов.

В нашем эксперименте мы используем язык Java из-за его хорошей поддержки потоков. После определенного периода времени, каждый перемещающийся объект вычисляет свое новое место расположения. Есть два LP-слоя в системе. Каждый контролирует половину объектов. После определенного периода времени, LP проверяет последний статус перемещающихся объектов и отправляет отфильтрованную информацию в БУ. БУ собирает информацию и сообщает результаты эксперимента.

Используется 20 байт для представления каждого двумерного объекта (2 doubles для расположения и 1 целое число для ID). Размер страницы составляет 4K, который позволяет разместить 204 2-мерных объекта в одной странице. В обоих методах quad-деревьев, мы выбираем M равным 200 и m=50.

Большинство методов также индексируют хронологическую информацию для каждого объекта. Их параметры делают невозможным индексацию большого числа объектов. Таким образом, несправедливо сравнивать наши методы с ними. Кроме наших четырех методов, мы также используем метод R-дерева [2]. Метод R-дерева использует традиционный статический метод в проблеме перемещающихся объектов.

Обозначения. Обозначения, используемые в данном разделе, для удобства были обобщены и представлены в таблице 1. Между тем, аббревиатуры алгоритмов, используемых в этой части, находятся в таблице 2.

Затраты на индексацию и запросы. Прежде, чем перейти к эксперименту, нам сначала необходимо изучить факторы, которые имеют значительное влияние на общую производительность. Общая стоимость индекса главным образом включает в себя три составляющие: обновления базы данных, изменения структуры блока, и связи между LP и базой данных. Другие факторы, такие как последняя позиция коллекции, или LP-обновления не являются сильно затратными из-за структуры параллельной системы. Поэтому:

$$C_{index} = \mathrm{DU\#} \times \mathrm{C_u} + \mathrm{C_b} + \mathrm{C_c}$$

Таблица 1

Обозначения, используемые в эксперименте

v	Скорость объекта
$\bar{v}$	Средняя скорость всех объектов
$\sigma(v)$	Стандартное отклонение скорости
S	Размер блока
DU#	Количество обновления базы данных
$\sigma(D)$	Стандартное отклонение начального распределения
$\mathrm{C_u}$	Стоимость одного обновления базы данных, которая включает операцию удаления и вставки
$\mathrm{C_b}$	Стоимость изменения структуры блока
$\mathrm{C_c}$	Стоимость связи между LP и базой данных
$\mathrm{C_q}$	Стоимость запроса к базе данных

В методе SP и ASP, из-за отсутствия изменения структуры блока, $\mathrm{C_b} = 0$. Для других методов, так как структуры блока содержится в памяти, $\mathrm{C_b} = 0$, в основном, это затраты для движущихся объектов при перемещении из старых

блоков на новые. Общая стоимость запроса C_{query} состоит из двух частей. Первая часть является общей стоимостью использования запроса к базе данных, а вторая часть составляет стоимость связи из базы данных для LP. Так:

$$C_{query} = C_q + C_c.$$

Таблица 2

Обозначения алгоритмов

RT	R-tree метод
SP	Метод разделения пространства без пересечений
ASP	Метод разделения пространства с расширением
QH	Метод хеширования Quad-деревьями
EQH	Расширенный метод хеширования Quad-деревьями

Набор данных. Набор данных состоит из 100 000 объектов в рабочем пространстве.

• *Два вида начальных распределения*. Первый – равномерное распределение. В этом случае объекты равномерно распределены в рабочем пространстве. Вторым видом является гауссовским распределением. На этот раз, объекты сгруппированы вокруг одного или нескольких центральных точек. Когда мы используем распределение Гаусса, то устанавливаем $\sigma(D)$ равным 0,1 в единичном пространстве.

• *Два типа движения.* Первым типом является случайное движение. Возможные значения представлены в таблице 3. Детали значения каждого параметра можно найти в [3]. Второй тип движения можно назвать «направленное движение». Используемые значения представлены в таблице 4.

Таблица 3

Значения для случайного движения объектов

$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\max_x(speed)$	$\max_y(speed)$	$\min_x(speed)$	$\min_y(speed)$
0	0,005	0,005	0,005	-0,005	-0,005

Таблица 4

Значения для направленного движения объектов

$\bar{v}$	$\sigma(v)$	$\max_x(speed)$	$\max_y(speed)$	$\min_x(speed)$	$\min_y(speed)$
0,005	0,005	0,01	0,01	0	0

Набор запросов. Набор запросов состоит из 1000 прямоугольников, лежащих в пределах рабочего пространства. Мы выбираем центры прямоугольников случайно. Размер прямоугольника в запросе составляет 1% от общей площади. В конце каждого периода времени один запрос выбирается случайным образом.

Экспериментальные результаты и анализ методов

Эксперимент 1: Влияние размера блока

В этом разделе нам необходимо изучить производительность индекса при различных S и $\bar{v}$ в методе SP. Определим хэш-функцию $f(x,y) = i \times \text{int}(y \times i) + \text{int}(x \times i)$. Изменяя значения i, у нас будет $i \times i$ равным размеру квадратных блоков. Тогда мы фиксируем $\bar{v}$ равным 0,005 и запишем значения производительности. Результаты отображены на рис. 1.

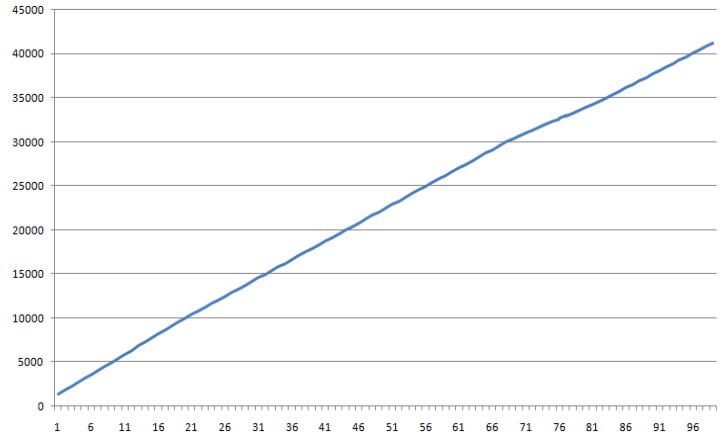


Рис. 1. Производительность относительно S, =0,005

Они свидетельствуют о том, что производительность пропорциональна i. На рис. 2 мы исправили S и узнали, что производительность также пропорциональна $\bar{v}$.

Таким образом, главный вывод в этом эксперименте:

$$DU\#\infty\frac{\bar{v}}{\sqrt{S}}.$$

Эксперимент 2: Исследование производительности индекса

В этом эксперименте мы хотим определить производительность индекса методов в различных начальных распределениях и типов движения. Мы подсчитываем количество обновлений базы данных и дисковых страниц, используемых для хранения всех данных.

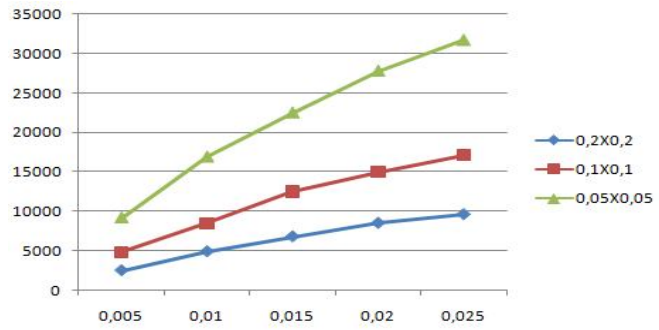


Рис. 2. Производительность относительно

При этом количество обновления базы данных состоит из двух частей: запроса обновления базы данных, генерируемый LP; операции обновления, в процессе объединения и разделения блока. На рис. 3 и 4 представлены результаты.

Некоторые факты, которые можно наблюдать на данных рисунках:

• Метод RT обновляет расположение всех объектов после каждого периода времени. Таким образом, число обновлений базы данных совпадает с количеством объектов. Остальные четыре методы имеют лучший показатель, чем метод RT.

• Когда начальное распределение объектов равномерно. Производительность QH совпадает с SP. Это нормально, так как при равномерном распределении объектов в quad-дерево очень сбалансировано и его листовые узлы имеют одинаковую высоту. Таким образом, конечные узлы (блоки) имеют равный размер. Вся структура превращается в одноразмерное пространственное разбиение по методу SP. По той же причине, производительность ASP и EQH равны.

• Мы обнаружили, что общее обновление базы данных в ASP методе составляет около 60% - 70% от SP метода. Усовершенствование очень велико.

• Когда объекты находятся в гауссовском распределении, количество обновления базы данных QH больше, чем в SP. Объекты в этих блоках, скорее всего, пересекут границу блока и сгенерируют обновление в базе данных. Обновление блока генерирует дополнительное обновление базы данных (хотя и не слишком много в этом эксперименте). По той же причине, EQH генерирует больше обновление базы данных, чем ASP.

• Выгода QH и EQH – их эффективность хранения. На рисунке 8, мы можем обнаружить, что в равномерном распределении дисковая страница, используемая во всех четырех методах, почти одинакова. Однако когда начальное распределение искажено, QH и EQH используют около половины дисковой страницы от SP и ASP, потому что в QH и EQH, есть часть управления блоками, которая объединяет блоки с небольшим количеством объектов.

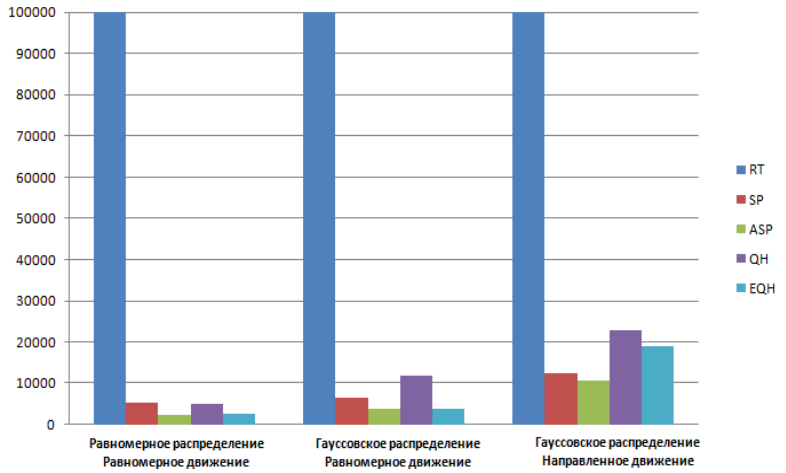


Рис. 3. Количество обновлений базы данных

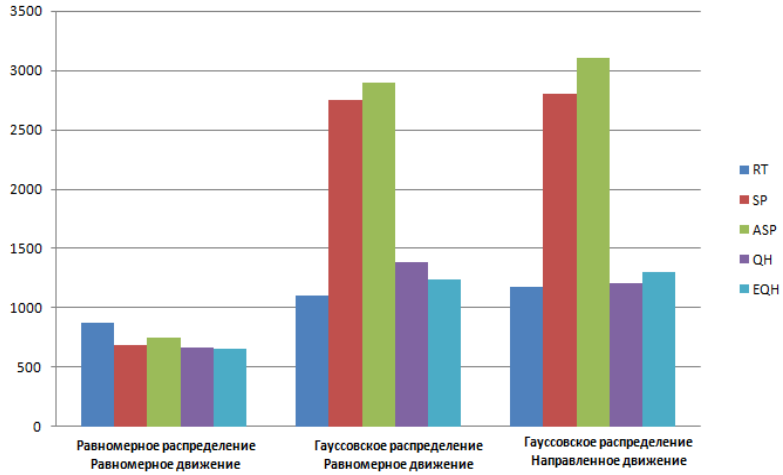


Рис.4. Количество использованных дисковых страниц

• Если тип движения собирается быть направленным, система вызывает большое количество операций объединения и разделения в QH и EQH. Это производит дополнительные обновления в базе данных. Однако эффективность хранения по-прежнему сохраняется.

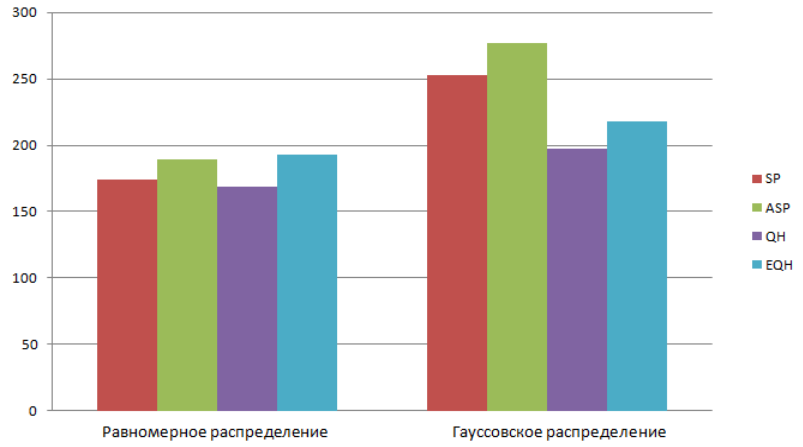


Рис. 5. Количество проверенных дисковых страниц

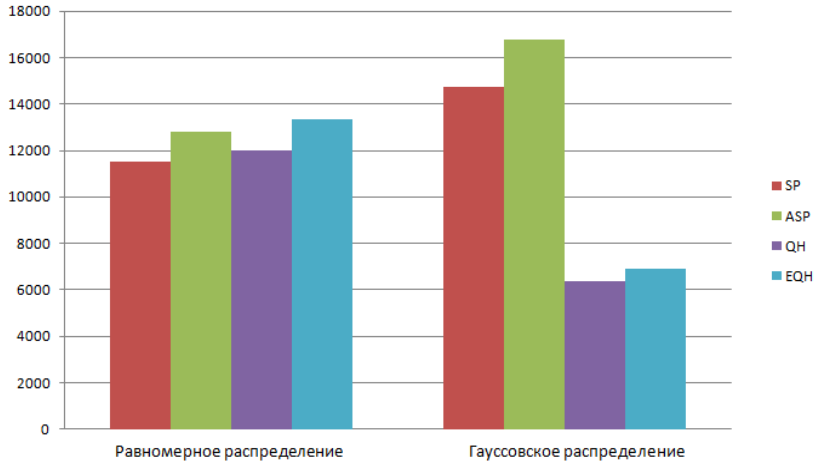


Рис. 6. Количество проверенных объектов

Эксперимент 3: Сравнение по производительности запросов

В этом эксперименте нам необходимо проверить производительность запросов всех наших четырех методов. Мы получаем два набора данных в эксперименте: доступ к дисковым страницам и объекты, проверенные в LP. Первый набор данных используется для того, чтобы оценить производительность метода, а второй – для оценки стоимости связи.

При равномерном распределении, как в исследовании индекса, производительность SP и QH почти совпадает. Также почти равны ASP и EQH. Тем не менее, в распределении Гаусса QH и EQH методы используют приблизительно на 30% меньше дисковых страниц (рис. 5), а стоимость связи составляет менее половины того, что наблюдается в SP и ASP методах (рис. 6).

EQH метод показывает немного хуже результаты, чем QH. Это связано с тем, что после расширения узла дерева индекса, возможность пересечения каждого узла с площадью запроса немного увеличивается. Это увеличивает стоимость запроса. Однако различие невелико.

Выводы и выбор метода

Первый вывод состоит в том, что необходимо решить, нужно ли нам расширение блоков, как использование ASP вместо SP или использование EQH вместо QH. Наш ответ будет положительным. Преимущество в данном случае огромно: фильтруется около 30% - 40% запросов на обновление базы данных. Стоимость запроса также невелика, хотя он выполняется немного медленнее. Идеальный размер области наложения должен быть такой же, как и , который, в большинстве случаев, является очень маленьким.

Зачем нам необходимо динамически изменять структуру блока? Это зависит от многих фактор. Статическую структуру блока (в SP и ASP методах) можно легко реализовать. Каждому LP нужно только помнить хеш-функцию, которая была задана в начале. Кроме того, структура хорошо работает в однородных случаях. Динамическая структура (в QH и EQH методах) является более сложной в реализации. Дополнительные расходы динамических структур блока включает в себя: древовидную структуру, которая хранится в памяти, дополнительные затраты на связь между LP слоем и базой данных, и т.д. Тем не менее, они удовлетворяют вопросу эффективности.

Наш выбор заключается в использовании метода ASP, если распределение объектов не сильно искажено и нагрузка запроса не является высокой. В противном случае предполагается использование метода EQH.

Библиографический список

1. Гулаков, В. К. Введение в хеширование: монография / В. К. Гулаков, К. В. Гулаков – Брянск: БГТУ, 2011. – 129 с.

2. Гулаков, В. К. Пространственно-временные структуры данных / В. К. Гулаков, Е. О. Трубаков, А. О. Трубаков – Брянск: БГТУ, 2013. – 214 с.

3. Nascimento, M. A., Silva, J. R., Theodoridi, Y. Evaluation of Access Structures for Discretely Moving Points Intl. Workshop on Spatio-Temporal Database Management, Edinburgh, UK, September, 2002.

4. Song, Z., Roussopoulos, N. Hashing moving objects. Department of Computer Science University of Maryland College Park, 2004.

© Сковородников Ю. А., 2014

УДК 004.615.4
Е. О. Трубаков*
**Трубаков Евгений Олегович, ассистент*
Брянский государственный технический университет, г. Брянск
TrubakovEO@gmail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ С ПОДДЕРЖКОЙ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ

Ключевые слова: пространственно-временные модели, планирование маршрутов движения, мобильные объекты, системы мониторинга.

Статья посвящена вопросу пространственно-временного математического моделирования данных в системах мониторинга мобильных объектов в дорожных сетях с поддержкой планирования маршрутов движения этих объектов. Суть задачи заключается в том, чтобы предложить модель данных для систем мониторинга с поддержкой произвольного количества динамических параметров, как для мобильных объектов, так и для сегментов дорожной сети. В рамках данной работы предлагается решение данной задачи за счет добавления специализированных структур в математическую модель данных.

Сфера транспортных перевозок заняла неотъемлемую часть повседневной жизни человека. Как следствие количество транспортных средств на дорогах значительно увеличилось, а обновление самих транспортных артерий происходит не столь значительными темпами. Подобная ситуация приводит к перегруженности и заторам (то есть низкой пропускной способности участков транспортной сети и появлению пробок). Что увеличивает время движения по маршруту и как следствие увеличивает стоимость транспортировки в транспортных компаниях и повышение рисков в экстренных службах. Поэтому возникает необходимость в транспортной логистике, а именно в основной её задаче. То есть составление маршрута, который позволяет до минимума сократить пробег транспортных средств, или который минимизирует затраты на перевозку грузов [5].

При рассмотрении сферы автотранспортных перевозок стоит учитывать обширные масштабы сети автодорог и скорость изменения загруженности дорог (возникновения пробок) и другие параметры. С учетом этих параметров задача построения оптимального пути для человека вручную является достаточно сложной. Поэтому возникает потребность в автоматизации этого процесса. В основе систем, которые поддерживают подобного рода задачи, находится специализированная пространственно-временная математическая модель данных [3].

Предлагаемая математическая модель для систем мониторинга мобильных объектов в дорожных сетях с возможностью прокладки оптимального пути и учета текущего уровня загруженности автодорог в первую очередь разделяет данные на данные сети и данные мобильных объектов (см. рис. 1). Так же в

каждой из групп данные подразделяются на статические и динамические. Статические данные дорожной сети являются граф самой сети и некоторые другие параметры сегментов, не изменяющиеся со временем (например, ширина дорожного покрытия или направление движения дорожного полотна). Саму сеть удобно хранить в системе и заблаговременно проиндексировать её структуру. Переход от географических координат к координатам сети (в каком сегменте находится объект и в какой его части) увеличит скорость обработки пространственно-временных запросов к системе. Таким образом возникает необходимость в индексировании пространственных данных. В работе [1] указано R*-дерево как наиболее эффективная структура для индексирования пространственных данных (в частном случае сетей дорог). Поэтому в данном случае будем использовать именно эту структуру данных. Узловые вершины этой структуры имеют вид:

$$<MBR, Chs>,$$

где *MBR* – это минимально ограничивающий прямоугольник всех потомков узла, *Chs* – это список потомков узла. Листовые же вершины данной структуры имеют вид:

$$<MBR, Ids, Tpr, R>,$$

где *MBR* – это минимально ограничивающий прямоугольник сегмента дорожной сети, *Ids* – уникальный идентификатор сегмента сети, *Tpr* – указатель на корень *TPR**-дерева, соответствующего данному сегменту, *R* – указатель на корень *R**-дерева сохраняющего историю перемещения объектов по сегменту.

Хранение динамических данных дорожной сети происходит на следующем уровне модели. Данный уровень подразделяется на два подуровня. В первом находятся данные текущего значения динамических параметров сегментов. Эти данные могут использоваться для построения прогнозов изменения состояния параметров. Для скорости получения данных, они находятся в хеш-таблице с ключевым полем *Ids* (уникальный идентификатор сегмента сети). В ячейках таблицы кроме значения параметров так же имеется указатель на листовую вершину *R**-дерева (лист, содержащий данный сегмент в пространственном индексе). Благодаря этому организовывается быстрый переход к пространственной составляющей сети и увеличивается скорость обработки различного рода запросов к системе (например, задач регрессионного анализа). Кроме этого, в ячейках таблицы имеется набор указателей на корни структур хранения истории изменения этих динамических параметров. История изменения находится на втором подуровне и используется для построения различного рода отчетов и моделирования ситуаций.

На втором подуровне для каждого динамического параметра строится древовидная структура, сохраняющая интервал времени, в котором значение параметра было действительно. Подобный принцип индексирования истории изменения данных используется в *RT*-дереве (см. [2]).

Говоря о хранении и обработки данных мобильных объектов стоит сказать, что они так же подразделяются на статические и динамические. Статические данные хранятся в отдельной таблице с ключевым полем *ido* (уникальный идентификатор объекта). Динамические же данные, как и в случае с сегментами сети, подразделяются на уровни хранения текущего и прошлого значения.

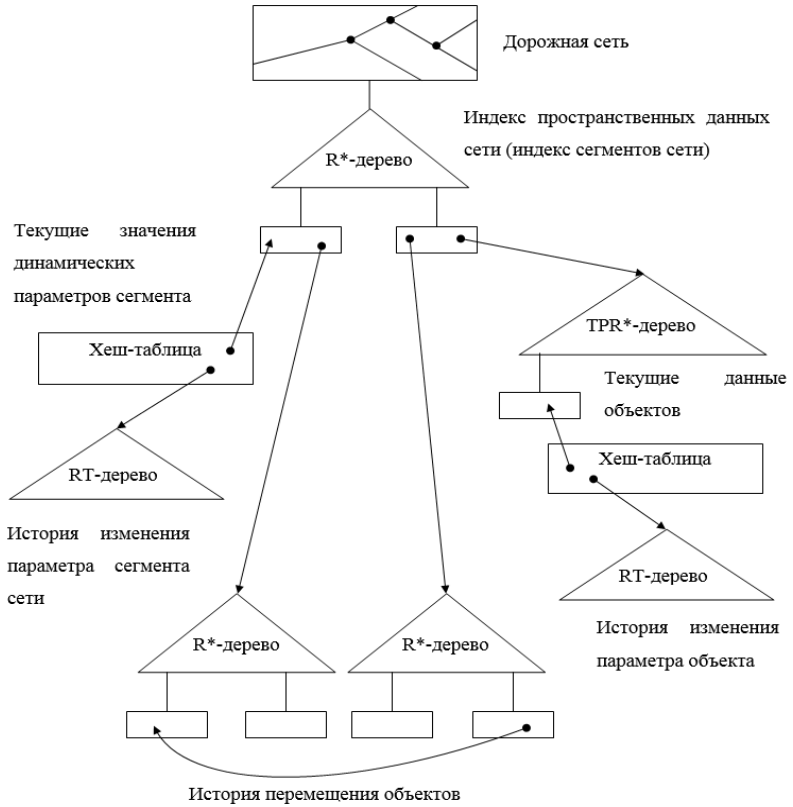


Рис. 1. Схема пространственно-временной модели данных

Первый уровень представлен в виде хеш-таблицы. В качестве ключевого поля используется идентификатор объекта. В ячейках таблицы сохраняются не только пространственное положение и скорость с направлением (для прогнозирования), но и текущие показатели динамических параметров и ссылки на вершины индекса истории изменения этих параметров. Помимо этого, для каждого сегмента сети создается отдельное *TPR**-дерево, индексирующее объекты в сегменте. Внутренние вершины данной структуры имеют вид:

<MBR, VBR, Chs>,

где *MBR* – пространственный минимально ограничивающий прямоугольник всех потомков узла, *VBR* – минимально ограничивающий прямоугольник по скорости всех потомков узла, Chs – потомки узла. Листовые же вершины отличаются лишь тем, что содержат не ссылки на потомков узла, а идентификаторы объектов, находящихся в данном сегменте. Так же в хеш-таблице имеется указатель на лист, в котором находится объект. При изменении положения

объекта используется локализованное восходящее обновление, благодаря чему повышается скорость обновления положения объекта. Подобный подход к индексированию текущих данных используется в PCFI+-индексе.

Второй уровень структуры предназначен для хранения истории. Для индексирования истории изменения динамических параметров объекта используется дерево интервалов, аналогичное дереву для хранения истории изменения параметров сети. Указатели на корневые вершины этих деревьев сохранены в хеш-таблице. Для хранения истории перемещения объектов используется набор *R**-деревьев, созданных для каждого сегмента сети. Указатель на корень этой структуры находится в листовых вершинах дерева сегментирования. Сами листовые вершины этих деревьев имеют вид:

<Oid, Plid, T1, T2, Ms, Me, Pl>,

где *Oid* – идентификатор объекта, *Plid* – идентификатор сегмента сети, интервал (*Ms, Me*) – начальная и конечная пространственная метка на сегменте, т.е. часть сегмента, на котором происходило движение в интервале времени (*T1, T2*), *Pl* – указатель на листовой узел с прошлым участком движения объекта (указатель может быть направлен на узлы любого дерева из набора).

Внутренний узел *R**-дерево имеет вид:

<Chp, T1, T2>,

где *Chp* – список указателей на потомков узла, (*T1, T2*) – интервал времени на котором происходило движение.

Подобный подход к индексированию истории движения объекта применяется в *PPFI*-индексе.

Анализ данной пространственно-временной математической модели данных показал, что размещение динамических и статических данных в различные части структуры ведет к сокращению стоимости их обновления [4]. Так же эта модель позволяет распараллеливать работу алгоритмов обработки данных, что существенным образом может увеличить скорость работы. Кроме этого дополнительная динамическая информация о сегментах сети, а именно о текущей загруженности автодороги, позволяет наиболее оптимально прокладывать маршруты движения транспорта, а с учетом динамических параметров самих объектов эффективность проложенного пути повышается.

Библиографический список

1. Гулаков, В. К. Многомерные структуры данных: монография / В. К. Гулаков, А. О. Трубаков – Брянск : БГТУ, стр. 386, 2010.

2. Гулаков, В. К. Пространственно-временные структуры данных: монография / В. К. Гулаков, А. О. Трубаков, Е. О. Трубаков – Брянск : БГТУ, 2013.-215с.

3. Гулаков, В. К. Исследование эффективности разных подходов к построению пространственно-временных математических моделей траекторий движения мобильных объектов / В. К. Гулаков, Е. О. Трубаков // Вестник Брянского Государственного Технического Университета №1, 2014. – С. 79-86.

4. Гулаков, В. К. Анализ методов построения пространственно-временных структур данных для мониторинга мобильных объектов / В. К. Гулаков, Е. О.

Трубаков // Fundamental science and technology - promising developments II. Vol. 3. Proceedings of the Conference. Moscow, 28-29.11.2013. С. 147-149.

5. Трубаков, Е. О. Геоинформационные системы мониторинга объектов в сети // Тезисы докладов III Всероссийская конференция "математическое моделирование и вычислительно-информационные технологии в междисциплинарных научных исследованиях" (Иркутск (Россия), 23-26 июня 2013 г.). – Иркутск : РИО ИДСТУ СО РАН, 2013. - С. 57.

© Трубаков Е. О., 2014

УДК 621.313.323

С. В. Федоровский*

**Федоровский Сергей Владимирович, студент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

nythuk-lvl@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ОБЛАСТИ САМОВОЗБУЖДЕНИЯ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ С КОНДЕНСАТОРАМИ В ЦЕПИ ФАЗНОГО РОТОРА

Ключевые слова: асинхронный генератор, схемы подключения, самовозбуждение

В статье рассмотрены различные схемы подключения машины и конденсаторов и оказания влияния на границы области самовозбуждения. Определение областей, при который возможно возникновение асинхронного самовозбуждения.

Для определения границ области самовозбуждения воспользуемся дифференциальными уравнениями машины, которые при записи параметров в относительных единицах, можно представить в следующем виде:

$$\left|\frac{U_1}{0}\right| = \left|\frac{\left(r_1 + pL_1\right)}{\left(p - j_p\right)^2 M}\right| \left|\frac{pM}{\left(p - j_p\right)^2 L_2 \cdot \left(p - j_p\right) r_2 + 1/C_2}\right| \cdot \left|\frac{i_1}{i_2}\right| \quad (1)$$

где: U_1, i_1, i_2 - результирующие вектора напряжения сети, токов статора и ротора; $L_1 = L_{\sigma 1} + M$, $L_2 = L_{\sigma 2} + M$, – полные индуктивности обмоток; M - взаимная индуктивность между обмотками статора и ротора; $L_{\sigma 1}$, $L_{\sigma 2}$ - индуктивности рассеяния обмоток; p - скорость ротора (электрическая).

Разобьем характеристическое уравнение системы (1) на *Re* и *Im* части, заменим $p = j\omega \ \left(\omega \neq 0\right)$ и получим следующую систему относительно параметров разбиения r_2 и $1/C_2$:

$$\left|\frac{\left(-p\right) r_1 L_1}{\left(-p\right)^2 L_1 L_2 - \left(-p\right)^2 M^2}\right| = \left|\frac{-\left(-p\right) L_2}{\left(-p\right) r_1}\right| \left|\frac{r_1}{L_1}\right| \cdot \left|\frac{r_2}{1/C_2}\right| \quad (2)$$

Решение системы (2) приводит к следующим выражениям:

$$\begin{cases} r_2 = \dfrac{\omega_p T_1 s_0 \left(L_2 - L_0^{'}\right) \cdot \omega_p}{1 + \omega_p^2 T_1^2 \left(1 - s_0\right)^2} \\ \dfrac{1}{C_2} = \dfrac{\left[1/\delta + \omega_p^2 T_1^2 \left(1 - s_0\right)^2\right] \cdot s_0 L_0^{'} \omega_p^2}{1 + \omega_p^2 T_1^2 \left(1 - s_0\right)^2} \end{cases} \quad (3)$$

где: $s_0 = \dfrac{\omega_p - \omega}{\omega_p}$ – скольжение поля относительно ротора;

$$T_1 = \frac{L_1}{r_1};\quad L_v^{''} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1};\quad \delta = L_0^{''} \Big/ L_2 .$$

Следует подчеркнуть, что выражения (3) практически совпали с уравнениями, которые характерны для классического асинхронного генератора (необходимо заменить индексы $1 \leftrightarrow 2$ и $(1 - s_0) \leftrightarrow s_0$ что свидетельствует о корректности полученных выражений. В данном случае использование (3) вызывает некоторые неудобства, связанные с тем, что скорость ротора изменяется, в то время как емкость конденсаторов в цепи ротора неизменна. В силу этого построим границу области самовозбуждения относительно параметров r_2 и ω_p.

$$\left[T_1^2 (1 - s_0)^2 s_0^2 L_v^{''}\right] \omega_p^4 + \left[\frac{s_0^2 L_v^{''}}{\delta} - \frac{T_1^2 (1 - s_0)^2}{C_2}\right] \omega_p^2 - \frac{1}{C_2} = 0 \qquad (4)$$

Полученное уравнение (4) является биквадратным. Решением этого уравнения, которое имеет физический смысл, является следующее выражение:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{-\left[\frac{s_0^2 L_0^{''}}{\delta} - \frac{T_1^2 (1 - s_0)^2}{C_2}\right] + \sqrt{\left[\frac{s_0^2 L_0^{''}}{\delta} - \frac{T_1^2 (1 - s_0)^2}{C_2}\right] + 4\left[T_1^2 (1 - s_0)^2 s_0^2 L_o^{''}\right] \frac{1}{C_2}}}{2 T_1^2 (1 - s_0)^2 s_0^2 L_o^{''}}} \qquad (5)$$

Построение границы области самовозбуждения осуществляем следующим образом: задаемся s_0; определяем из (5) скорость ротора ω_p; подставляем ω_p в первое уравнение системы (3) и находим r_2. Уравнение (5) можно существенно упростить, если выразить частоту в статоре ω через частоту в обмотке ротора $\omega^{'}$ т.е. $\omega = \omega_p - \omega^{'}$, и подставить в (4), в результате, после соответствующих преобразований, получим квадратное уравнение:

$$\omega_p^2 - 2\omega^{'}\omega_p + (\omega^{'})^2 - \frac{r_1^2 \left(1 - (\omega^{'})^2 L_2 C_2\right)}{L_1^2 \left(1 - (\omega^{'})^2 L_0^{''} C_2\right)} = 0 \qquad (6)$$

Определим из (6) скорость ротора:

$$\omega_p - \omega^{'} + \sqrt{\frac{r_1^2 \left(1 - (\omega^{'})^2 L_2 C_2\right)}{L_1^2 \left(1 - (\omega^{'})^2 L_0^{''} C_2\right)}} = 0 \qquad (7)$$

Построение границы области самовозбуждения в данном случае осуществляем следующим образом: задаемся $\omega^{'}$; определяем из (7) скорость ротора ω_p; находим скольжение $s_0 = \omega^{'} \big/ \omega_p$; подставляем ω_p и s_0 в первое уравнение системы (3) и находим r_2. Следует отметить, что подкоренное выражение в (7) принимает нулевое значение при частоте в роторе

$$\omega_{\min}^{'} = 1 \Big/ \sqrt{L_2 C_2} . \qquad (8)$$

В этом случае, когда частота в роторе стремится к $\omega^{'} \to \omega_{\min}^{'}$, скорость ротора также стремится к этому пределу $\omega_p \to \omega_{\min}^{'}$, а скольжение – к $s_0 \to l$. С другой стороны подкоренное выражение в (7) равно $+\infty$ при

$$\omega_{\max}^{'} = 1 \Big/ \sqrt{L_2 C_2} \qquad (9)$$

т.е. $\omega_p \to \infty$, а $s_0 \to 0$, когда $\omega^{'} \to \omega_{\max}^{'}$

Таким образом, частота в роторе асинхронной машины при самовозбуждении находится в диапазоне $\omega_{\min}^{'} \le \omega^{'} \le \omega_{\max}^{'}$. При этом большему значению частоты в роторе соответствует меньшее скольжение поля относительно ротора s_0, т.к. при этом $\omega_p \to \infty$.

Границы области самовозбуждения зависят от взаимной индуктивности обмоток, оценить которую с помощью характеристического уравнения (2) невозможно. Поскольку машина подключена к сети, то сделаем допущение о том, что самовозбуждение возникает при *E = 1*, т.е. при взаимной индуктивности равной *M = 1,25*. Результаты расчета представлены на рис. 1. Кривая 1 получена при емкости конденсаторов C_2 = 5,2. С такой емкостью асинхронная машина развивает наибольший пусковой момент. Кривая 2 получена при C_2 = 3,38, с которой машина развивает наибольший максимальный момент в двигательном режиме. При определенном значении активного сопротивления ротора, в нашем случае r_2 = 0,14, самовозбуждение возможно, если скорость ротора лежит в диапазоне $\omega_{p\min} \le \omega_p \le \omega_{p\max}$ (кривая 1). Следует отметить, что увеличение активного сопротивления ротора уменьшает область самовозбуждения, при этом в большей степени уменьшается $\omega_{p\max}$ и в значительно меньшей – возрастет $\omega_{p\min}$. Уменьшение емкости конденсаторов в цепи фазного ротора приводит к увеличению, как $\omega_{p\min}$ так и $\omega_{p\max}$ (кривая 2). При $\omega_{p\min}$ скольжение поля относительно ротора s_0 больше, чем при обмоток $\omega_{p\max}$. При увеличении взаимной индуктивности область самовозбуждения увеличивается. Кривая 3 получена при C_2 = *9,5* и *M = 1,25*, а кривая 4 – при C_2 = *9,5* и максимальном значении взаимной индуктивности обмоток $M_{\max}$ = *1,679*.

Следует отметить, что уравнение (6), если в нем заменить индексы $1 \leftrightarrow 2$, а $\omega^{'}$ на ω, станет идентичным уравнению, которое было получено для асинхронной машины с короткозамкнутым ротором при наличии в сети последовательной емкостной компенсации.

Таким образом, различие в схеме подключения машины и конденсаторов не оказывает заметного влияния на границы области самовозбуждения, т.е. конденсаторы могут быть включены как в цепь статора, так и в цепь фазного ротора. И в том ив другом случае машина имеет область параметров, при которых возможно возникновение асинхронного самовозбуждения.

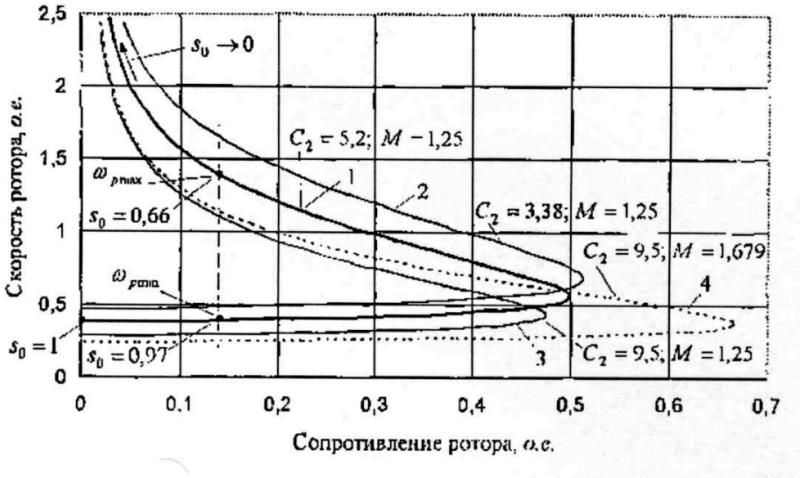


Рис. 1. Границы области самовозбуждения

Библиографический список

1. Джендубаев, А-З. Р. Самовозбуждение автономного асинхронного генератора с полым немагнитным ротором. Материалы четвертой южнороссийской научной конференции «Энерго и ресурсосберегающие технологии и установки». - Краснодар, апрель 7-8, 2005. - С. 160-163.

2. Хайрер, Э., Нёрсет, С., Ваннер, Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений, - М. : Мир, 1990.

3. Щедрин, Н. Н. К вопросу о емкостном самовозбуждении синхронных и асинхронных машин // Труды ин-та энергетики и автоматики АН УзССР. 1958, вып. №11.

© Федоровский С. В., 2014

УДК 620.9

С. В. Федоровский*

**Федоровский Сергей Владимирович, студент*

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

nythuk-lvl@yandex.ru

ОПИСАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Ключевые слова: энергетика, ветроэнергетика, ветроэнергетические установки (ВЭУ), возобновляемые источники энергии.

В статье описаны режимы работы ветроэнергетических установок. Сформулирована главная задача для потребителя ВЭУ. Приведено процентное соотношение времени работы ветроэнергетических установок в разных режимах.

Современная ветроэлектрическая установка автономного применения состоит из быстроходного ветродвигателя, преобразующего кинетическую энергию ветрового потока в механическую, электрического генератора, системы автоматического управления и зашиты, приемников электрической энергии.

Специфической особенностью ветроэлектрического агрегата, не имеющего устройства аккумулирования энергии, является непостоянство во времени развиваемой мощности, что является следствием колебаний скорости ветра, а номинальную мощность ветроэлектрические агрегаты развивают либо при расчетной скорости ветра Vp 8-10 или даже 12 м/с.

Поскольку ветроагрегаты начинают вырабатывать энергию уже при скоростях ветра 4-5 м/с, то значительную часть времени они развивают мощность ниже номинальной величины.

Ход изменения скорости ветра во времени носит случайный характер, но известны его вероятностные закономерности. В частности, для каждого района на основе многолетних данных измерений определены среднегодовые и средние скорости ветра по месяцам года, а также зависимости, определяющие повторяемость скоростей ветра. В связи с этим практически для каждого региона можно с определенной степенью достоверности прогнозировать теоретически возможную выработку энергии от ветроэнергетической установки (ВЭУ) во всем рабочем диапазоне скоростей ветра.

Главная задача, которая стоит перед пользователями ВЭУ - получить максимум энергии, которую он способен выработать. От решения этой задачи зависит экономическая эффективность применения ВЭУ. Практика показывает, что во многих случаях используемая энергия составляет менее 50% от теоретически возможной.

Доля энергии, которая должна быть получена и использована в режиме, когда ВЭУ не развивает номинальной мощности, очень велика. В таблице 1 приведены расчетные величины времени работы ВЭУ в номинальном режиме при средних скоростях ветра Vc, равных 4,5; 5,5 и 7,0 м/с и коэффициентах формы

распределения Вейбулла К=1,5 и 2,0, характеризующих тип повторяемости скоростей ветра в различных регионах России.

Таблица 1

Расчетные величины времени работы ВЭУ

	К=1,5			К=2,0		
Vp	Vc =4,5 м/с	Vc =5,5 м/с	Vc =7,0 м/с	Vc =4,5 м/с	Vc =5,5 м/с	Vc =7,0 м/с
8	15,7	25,4	38,7	11,2	23,0	43,4
10	7,1	14,1	25,8	3,0	9,4	26,2
12	2,9	7,4	16,4	0,6	3,0	13,8

Процент времени работы ВЭУ при различных значениях Vc и Vp и коэффициентах формы распределения Вейбулла К=1,5 и 2,0.

Из таблицы 1 следует, что время работы в номинальном режиме при Vc 4,5 м/с очень мало: при Vp=12 м/с оно колеблется в пределах от 0,6 до 2,9%, а при Vc=7,0 м/с – не превышает 16,4%, Доля энергии, получаемой в режиме работы с частичной загрузкой ВЭУ, как правило, больше энергии, полученной при работе ВЭУ в номинальном режиме.

Из этого следует, что важно создать условия эффективного использования энергии, полученной при работе со скоростями ветра ниже расчетного значения.

Библиографический список

1. Булгаков, А. А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. Изд. "Наука", Москва, 1966 г.

2. Харитонов, В. П. Ветроэнергетические установки и их применение в сельском хозяйстве. ЦБНТИ Минводхоза СССР, Москва, 1984 г., 56 с.

3. Абрамов, Н. Д., Харитонов, В. П. Если воды в колодце не хватает. ISSN 0131-7393 журнал "Сельский механизатор", №7, 1996 г.

© Федоровский С. В., 2014

УДК 681.3.067

П. Б. Хорев*

**Хорев Павел Борисович, к.т.н., профессор*

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Москва

pbkh@yandex.ru

ЗАЩИТА КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛИЧНЫХ КАБИНЕТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Ключевые слова: конфиденциальность информации, криптографические функции хеширования, криптографические протоколы, угрозы безопасности информации

Статья посвящена вопросам использования методов и средств защиты конфиденциальной информации при создании и использовании личных кабинетов пользователей в сети Интернет. Предлагается использование средств языка программирования PHP, системы управления базами данных MySQL и протоколов удаленной аутентификации для защиты от угроз безопасности информации.

Личный кабинет пользователя Интернет-сайта или портала предназначается для ввода и редактирования своих персональных данных (имени, пароля, адреса электронной почты и т.п.), настройки в соответствии со своими предпочтениями способа отображения Web-страниц, получения предназначенной лично для него информации и выполнения других индивидуальных операций.

В статье будут рассматриваться задачи, возникающими перед разработчиком личного кабинета, языковые и инструментальные средства, которые могут использоваться разработчиком, угрозы безопасности информации при использовании личного кабинета, методы и средства защиты от этих угроз.

Имеющаяся по данному вопросу информация носит достаточно разрозненный характер и, как правило, не затрагивает всю проблему обеспечения безопасности при создании личного кабинета. Поэтому содержание статьи будет достаточно актуальным и полезным.

Для создания личного кабинета пользователь Интернет-сайта должен выполнить процедуру регистрации. Для добавления на сайт функции регистрации пользователя разработчик личного кабинета должен, прежде всего, создать базу данных (БД) зарегистрированных пользователей. При использовании разработчиком языка программирования PHP и системы управления базами данных (СУБД) MySQL эта БД может быть создана с помощью phpMyAdmin – веб-приложения с открытым кодом, написанного на PHP и предоставляющего веб-интерфейс для администрирования СУБД MySQL [1].

Программа phpMyAdmin позволяет в обозревателе Интернета осуществлять администрирование сервера MySQL, выполнять SQL-запросы и просматривать содержимое таблиц базы данных. С помощью phpMyAdmin разработчик личного кабинета создает новую базу данных и добавляет в нее новую таблицу с необходимым количеством пустых полей.

Обязательными полями будут являться целочисленный идентификатор учетной записи зарегистрированного пользователя, указанное им при регистрации имя (так называемый «логин»), адрес электронной почты пользователя, адрес его сайта в сети Интернет (при его наличии) и выбранный пользователем при регистрации пароль.

После создания БД также с помощью программы phpMyAdmin она экспортируется на компьютер (разработчику отображается обозревателем Интернета окно с SQL-кодом, который нужно скопировать и сохранить в файле с расширением .sql).

Следующим шагом в создании личного кабинета является добавление на Интернет-сайт кода для регистрации и авторизации пользователя. На Web-сервере, используемом для размещения сайта, создаются каталоги для создания и использования форм регистрации и авторизации, а также каталог для файлов на языке JavaScript для защиты сайта от спама.

Каталог для формы регистрации должен содержать конфигурационный файл для соединения с Web-сервером и БД, файл с созданной базой данных зарегистрированных пользователей, файл с созданием формы для регистрации и файл для обработки сообщений от этой формы.

В коде для обработки сообщений от формы регистрации необходимо предусмотреть проверку правильности заполнения всех полей формы (отсутствие пустых обязательных полей, корректность адреса электронной почты и т.п.) и, при отсутствии ошибок, добавление учетной записи пользователя в БД. Если при добавлении учетной записи выяснится, что пользователь с таким именем уже зарегистрирован на сайте, то пользователю необходимо будет предложить выбрать другое имя.

Для защиты от спама при добавлении на сайт личного кабинета пользователя может применяться библиотека JQuery функций на языке программирования JavaScript, обеспечивающих удобное взаимодействие между кодом на JavaScript и Web-страницей на языке HTML [2]. Для подключения библиотеки JQuery в php-файл с созданием регистрационной формы нужно добавить код:

```
<script type="text/javascript" src="js/jquery-1.11.1.min.js"></script>
<script type="text/javascript" src="js/mytool.js"> </script>
```

В этом примере js – имя каталога на Web-сервере с файлами на языке JavaScript, jquery-1.11.1.min.js – имя файла с используемой версией библиотеки JQuery, mytool.js – имя файла с кодом разработчика личного кабинета для использования функций библиотеки JQuery при защите от спама (например, отправки регистрационных данных только при правильном ответе пользователя на контрольный вопрос).

Каталог для авторизации должен содержать php-файлы для создания формы для авторизации зарегистрированного пользователя и для обработки сообщений от этой формы. В коде для обработки сообщений от формы авторизации требуется включить проверку правильности имени пользователя (его адреса электронной почты) и пароля. При отсутствии ошибок пользователю личного кабинета нужно предоставить доступ к его настройкам, персональным данным и той части информации сайта, которая ему доступна в соответствии с политикой безопасности.

Для исключения угроз, связанных с похищением паролей зарегистрированных пользователей сайта непосредственно из БД на Web-сервере, пароли должны храниться в БД в хешированном виде. Наиболее известными криптографическими функциями хеширования являются MD5 (создается хеш-значение длиной 128 бит), SHA1 (создается хеш-значение длиной 160, 256 или 512 бит), RIPEMD (создается хеш-значение длиной 160 бит).

Для использования этих алгоритмов хеширования в языке PHP существуют функции md5(), sha1(), hash(alg, pass) (хеширование пароля pass по алгоритму alg, значением alg может быть ″sha256″, ″sha512″, ″ripemd160″ или строка с именем другого доступного алгоритма хеширования). Все указанные функции возвращают в качестве результата строку с шестнадцатеричным хеш-значением.

Дополнительной защитой от подбора пароля по его похищенному хеш-значению может быть добавление к хешированию пароля случайной примеси («соли») [3]. Эта примесь может быть вычислена при регистрации пользователя с помощью выражения на языке PHP uniqid (rand(), true), позволяющего получить случайное число с помощью показаний системного таймера и генератора псевдослучайных чисел с дополнительно увеличенной вероятностью уникальности результата.

Примесь добавляется к паролю при его хешировании с помощью операции конкатенации (.) и сохраняется в дополнительном поле таблицы БД зарегистрированных пользователей.

Вместо использования алгоритмов хеширования в PHP хеш-значение пароля может быть вычислено и с помощью алгоритма симметричного шифрования. Для этого предназначена функция crypt (str, salt), при вызове которой строка str используется в качестве ключа шифрования некоторой константы по алгоритму, определяемому аргументом salt. Например, для получения хеш-значения пароля с помощью алгоритма шифрования Blowfish, необходимо для аргумента salt указать значение, являющееся конкатенацией "$2a$", весового параметра из двух цифр, "$" и 22 цифр из алфавита "./0-9A-Za-z". Весовой параметр из двух цифр является двоичным логарифмом количества итераций алгоритма хеширования, основанного на алгоритме шифрования Blowfish, и должен быть в диапазоне 04-31. Увеличение этого параметра сделает подбор пароля по его хеш-значению еще более сложным.

Результат функции crypt включает в себя случайную примесь, поэтому ее не нужно отдельно сохранять в регистрационной базе данных (при проверке пароля в качестве второго параметра функции crypt надо будет указать хеш-значение пароля из БД). Для проверки реализации в системе алгоритма Blowfish можно использовать константу CRYPT_BLOWFISH:

```
<?php
// функция для получения хеш-значения пароля с использованием случайной примеси
function generateHash($password) {
  // проверка возможности использования алгоритма Blowfish
  if (defined("CRYPT_BLOWFISH") && CRYPT_BLOWFISH) {
    // генерация случайной примеси
```

```
        $salt = '$2y$11$' . substr(md5(uniqid(rand(), true)), 0, 22);
        // вычисление хеш-значения пароля и примеси
        return crypt($password, $salt);
    }
}
// функция для проверки введенного пароля
function verify($password, $hashedPassword) {
    return crypt($password, $hashedPassword) == $hashedPassword;
}
?>
```

В PHP 5.5 существуют дополнительные функции для хеширования паролей password_hash (вычисление хеш-значения пароля по алгоритму по умолчанию или алгоритму Blowfish), password_verify (проверка правильности введенного пароля по его хешу), password_needs_rehash (проверка необходимости сменить пароль, если используется недостаточно стойкий алгоритм или пароль опознан системой как уязвимый к подбору), password_get_info (получение информации об алгоритме и дополнительных опциях хеширования паролей).

При использовании этих функций не нужно отдельно хранить примесь в учетной записи зарегистрированного пользователя.

Для исключения подбора (угадывания) пароля пользователя в интерактивном режиме необходимо предусмотреть в коде личного кабинета ограничения на выбор и использование паролей: минимальную длину пароля (рекомендуется 8-9 знаков), сложность пароля (обязательное наличие в нем не менее трех групп символов), максимальный срок использования пароля (рекомендуется 30-60 дней), невозможность использования одного из «старых» паролей (обеспечение неповторяемости паролей одного пользователя).

Для определения длины пароля используется функция strlen языка PHP.

При проверке сложности пароля может использоваться функция PHP count_chars, возвращающая информацию о символах, входящих в строку, которая задана первым аргументом функции, в формате, определяемом вторым аргументом. Например, если значением второго аргумента будет 1, то результатом функции count_chars будет массив, индексами которого являются ASCII-коды символов пароля, а значениями - число вхождений соответствующего символа в строку, причем информация о символах с нулевым числом вхождений не включается в массив.

Для проверки, не истек ли срок действия пароля, введенного пользователем при входе в личный кабинет, потребуется добавить в таблицу БД зарегистрированных пользователей дополнительное поле с датой последнего изменения пароля. Для операций с датами (вычитания из текущей даты максимально возможного срока действия пароля и сравнения полученной даты с датой последнего изменения пароля) можно использовать функции PHP mktime и date.

Для проверки уникальности каждого следующего пароля пользователя сайта потребуется добавление в БД зарегистрированных пользователей таблицы, включающей поля с именем пользователя и хеш-значением каждого его пароля. Поиск в этой таблице поможет проверить несовпадение нового пароля владельца личного кабинета с каждым из его старых паролей.

При передаче пароля пользователя сайта на Web-сервер (в ходе регистрации или авторизации владельца личного кабинета) желательно предусмотреть и защиту от его перехвата и последующего воспроизведения нарушителем. Для этого может использоваться асимметричная криптография (например, библиотека php-OpenSSL [4]). Пароль в этом случае будет перед отправкой на сервер шифроваться открытым ключом Интернет-сайта (используется функция openssl_public_encrypt библиотеки php-OpenSSL), а перед проверкой на сервере – расшифровываться с помощью закрытого ключа сайта (с помощью функции openssl_private_decrypt):

bool openssl_public_encrypt (string $data, string &$crypted, mixed $key [, int $padding = OPENSSL_PKCS1_PADDING])

bool openssl_private_decrypt (string $data, string &$decrypted, mixed $key [, int $padding = OPENSSL_PKCS1_PADDING])

Здесь $data – шифруемые или расшифровываемые данные, &$crypted – результат шифрования или расшифрования, $key – открытый (при шифровании) или закрытый (при расшифровании) ключ Web-сайта с личным кабинетом пользователя, $padding - необязательный параметр, значением которого может быть одна из констант OPENSSL_PKCS1_PADDING, OPENSSL_SSLV23_PADDING, OPENSSL_PKCS1_OAEP_ PADDING, OPENSSL_NO_PADDING. Обе функции возвращают TRUE в случае успешного завершения или FALSE в случае возникновения ошибки.

Вместо библиотеки php-OpenSSL можно использовать и другие библиотеки, содержащие функции для использования в программах на PHP асимметричной криптографии, например, библиотеку phpseclib, содержащую реализацию асимметричной криптосистемы RSA [5] в виде класса Crypt_RSA, имеющего методы encrypt и decrypt:

```
<?php
// подключение необходимого файла
include('Crypt/RSA.php');
// создание объекта класса
$rsa = new Crypt_RSA();
// задание открытого ключа
$rsa->loadKey('...');
// задание данных для шифрования (пароля)
$plaintext = '...';
// установка параметров шифрования
$rsa->setEncryptionMode(CRYPT_RSA_ENCRYPTION_PKCS1);
// шифрование данных
$ciphertext = $rsa->encrypt($plaintext);
// задание закрытого ключа
$rsa->loadKey('...');
// расшифрование и вывод данных
echo $rsa->decrypt($ciphertext);
?>
```

Альтернативой передачи многоразового пароля пользователя личного кабинета Интернет-сайта с использованием асимметричного шифрования являет-

ся использование более сложных протоколов аутентификации при удаленном доступе, основанных на одноразовых паролях (S/Key) или модели «рукопожатия» (CHAP) [3]. Но в этом случае потребуется (для генерации очередного одноразового пароля или отклика на случайный запрос Web-сервера) использование базового (главного) пароля пользователя, который, например, может быть сгенерирован сайтом и передан пользователю на указанный им при регистрации адрес электронной почты.

В заключение необходимо отметить, что безопасность при использовании личного кабинета в значительной степени определяется и соблюдением самим пользователем сайта элементарных правил, исключающих запись пароля в общедоступном месте или передачу своего пароля другим лицам. С этими правилами безопасности каждый пользователь должен быть ознакомлен при создании своего личного кабинета.

Библиографический список

1. Bringing MySQL to the web. phpMyAdmin. http://www.phpmyadmin.net/home_page/ index.php.
2. JQuery. http://jquery.com/.
3. Хорев, П. Б. Программно-аппаратная защита информации. М. : ФОРУМ, 2013. – 352 с.
4. PHP Manual. OpenSSL. – Режим доступа: http://ru.php.net/manual/en/book.openssl.php.
5. PHPseclib: RSA Feature List. – Режим доступа: http://phpseclib.sourceforge.net/rsa/ intro.html.

© Хорев П. Б., 2014

УДК 004.925.8

Д. Э. Цыганков*
**Цыганков Денис Эдуардович, магистрант*
Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск
d.tsygankov@ulstu.ru
А. Ф. Похилько*
**Похилько Александр Федорович, к.т.н., профессор*
Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск
afp@ulstu.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СБОРОЧНЫХ 3D - МОДЕЛЕЙ ВОЛНОВОДНЫХ СВЧ УСТРОЙСТВ

Ключевые слова: Проектирование, модель, сборка, проектное решение, сопряжение, автоматизация, волноводные устройства СВЧ, компонента, 3D-образ.

Настоящая статья посвящена проблеме автоматизированного формирования, модификации и сохранения сборочных 3D-моделей технических объектов. Представлено программное средство, предлагаемое авторами в качестве решения данной проблемы, а так же описана его структура. Представлен результат апробации на задаче проектирования составного волноводного СВЧ устройства.

Проектирование сложных (составных) технических объектов, как правило, сводится, к построению сборочной 3D-модели [1]. Формирование 3D-сборки основано на добавлении компонентов, определении их взаиморасположения и установлении сопряжений между ними. Каждый из этих этапов выполняется проектировщиком вручную. Сборка считается законченной, когда полностью определено положение каждой из компонент. Следовательно, для проектирования сложных объектов, содержащих множество элементов, потребуется затратить длительное время, на однообразную, по сути, работу. При необходимости внести изменения в уже построенную сборку, потребуется так же вручную добавлять и определять положения каждого из затрагиваемых компонент, что отнимет дополнительное время.

В настоящее время существует множество программных средств, предназначенных для автоматизированного построения и редактирования 3D-моделей, однако актуальна задача автоматизированного формирования, модификации и сохранения 3D-сборок.

Волноводные СВЧ устройства соединяются друг с другом при помощи фланцев, фиксируемых винтами и гайками, а так же прокладкой (для пазовых фланцев, типа PBR). В зависимости от параметров конкретного устройства (ширина и высота поперечного сечения волновода a×b, тип фланца T) число и параметры фиксирующих элементов меняются, т.е. один тип шурупа подходит только для соединения устройств с поперечным размером волновода 7,2×3,4 мм, а другой – только для 16×8 мм. Следовательно, на основании проектных

параметров каждого из элементов, подбираются фиксирующие и дополнительные компоненты, необходимые для выполнения соединения [2].

Для сопряжения пары волноводных устройств необходимо выполнение системы из двух следующих условий:

1. Совпадение внутренних поверхностей фланцев;
2. Фиксированное расстояние между их внешними поверхностями.

Расстояние между внешними поверхностями параметризованно и равно удвоенной толщине фланца, которая зависит от высоты и ширины поперечного сечения волновода [2].

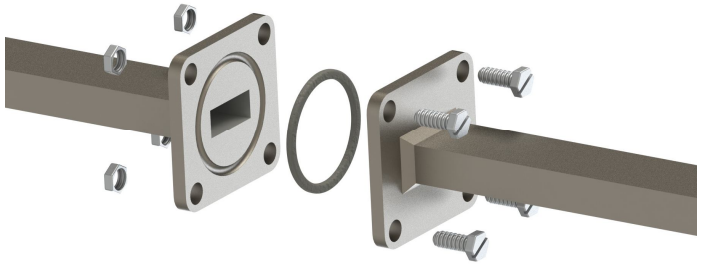


Рис. 1. Сопряжение двух волноводных СВЧ устройств

На рис. 1. представлены компоненты, участвующие в сопряжении двух волноводных СВЧ устройств: два отрезка прямоугольного волновода с размером поперечного сечения 16×8 мм, а также прокладка, четыре гайки и четыре винта.

Архитектура программного средства – это его структура, включающая программные компоненты, видимые снаружи свойства этих компонентов, а так же отношения между ними. Архитектура программного средства автоматизированного формирования 3D-сборок представлена на рис. 2. В состав данной архитектуры входят следующие компоненты:

1. *Основной модуль*, являющийся ядром всей системы и обеспечивающий необходимый для проектирования сборочных моделей функционал – проектные операции, предназначенные для произведения манипуляций над составляющими сборку деталями (добавление, удаление, вращение, редактирование компонента и т.п.), а так же визуальное отображение сборки – функции визуализации модели, представляющие собой набор инструментов для вывода 3D-модели на экран и управления им (приближение, отдаление, оптимальный размер и т.п.).
2. *Анализатор сопряжений*, функциями которого являются определение объектов деталей, подходящих для сопряжения и вывод сопряжений через интерфейс пользователю, для личного выбора из предлагаемых вариантов.
3. *Модуль представления данных о сборке*, функциями которого являются сохранение последовательностей проектных операций и проектных параметров, производимых при проектировании, а так же вывод результирующих данных в необходимых форматах [3].

4. *Интерфейс пользователя*, включающий в себя интерфейс основного модуля, интерфейс анализатора сопряжений, а так же интерфейс взаимодействия с модулем управления; он обеспечивает доступ к функционалу для проектирования трехмерных сборочных моделей и отображает данные о 3D-сборке в структурно-параметрическом виде [4].
5. *Интерфейс взаимодействия с модулем управления*, выполняющий инициализацию подсистемы по запросу модуля управления и обработку управляющей информации.
6. *Интерфейс взаимодействия с базой данных*, выполняющий функции подключения к базе данных, сохранения результатов проектирования и загрузку ранее полученных данных.

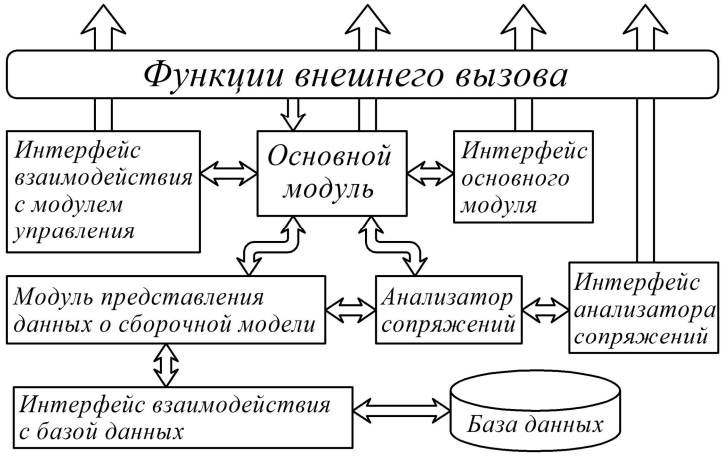


Рис. 2. Архитектура программного средства

При работе с 3D-сборкой, информацию о выполняемых проектных операциях и их параметрах необходимо сохранять в базе данных. Соответственно, требуется преобразование структуры данных к реляционной модели для записи в базе данных и более простой иерархической для использования при визуализации.

Реализованный комплекс программных средств дает проектировщику возможность, путем выбора исходных данных и порядка расположения составляющих сборку деталей, автоматически формировать сборочную 3D-модель.

Информация о порядке расположения и сопряжений компонентов сборочной 3D-модели отображается с помощью таблицы с четырьмя столбцами: Столбец *«Порядковый номер»* означает порядковый номер детали в сборочной модели. Пользователь не может редактировать это поле, его значение формируется последовательно в автоматическом режиме; Столбец *«Номер направле-*

ния» означает направление, в котором выстраивается последовательность деталей друг за другом; Столбец *«Дерево деталей»* представляет собой раскрывающийся список с разным отступом, поясняющим порядок расположения и сопряжения деталей. Для удобства пользователя список имен организован в виде дерева; Столбец *«Количество направлений»* отображает количество доступных направлений для сопряжений, равное числу деталей, которые могут быть сопряжены к данному элементу.

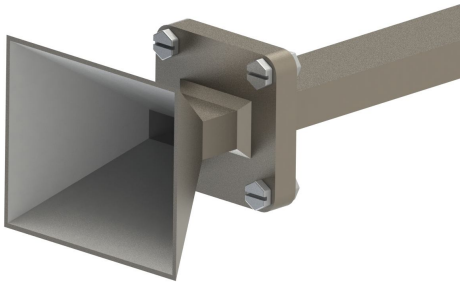


Рис. 3. Автоматически сформированная 3D-сборка

Результат функционирования разработанного программного средства – автоматически сформированная (путем указания компонента для добавления) 3D-сборка, состоящая из волноводного пирамидального рупора и отрезка волновода представлена на рис. 3.

Сформированная 3D-сборка сохраняется в формате ISO 10303 STEP, позволяющем открывать ее во всех современных САПР.

Библиографический список

1. Pokhilko, A. F., Kamalov, L. E. The process approach to synthesizing and analyzing of 3D representations of complex technical objects // Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications. 2013. Т. 23. № 1. С. 68-73.

2. Цыганков, Д. Э., Рябов, С. В. Формальное описание класса технических объектов функционально адаптированной САПР «Антенны рупорные волноводные» // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 1. С. 181-184.

3. Похилько, А. Ф. Формализация и анализ процессов проектирования технических объектов / А. Ф. Похилько, А. А. Маслянцын, А. В. Удовиченко, А. А. Куприянов // Автоматизация процессов управления. 2006. № 2. С. 132-140.

4. Похилько, А. Ф. Формальное представление процесса проектной деятельности в инструментальной инфокоммуникационной среде САПР / А. Ф. Похилько, А. А. Маслянцын, А. В. Скворцов, А. В. Удовиченко // Инфокоммуникационные технологии. 2008. Т. 6. № 1. С. 50-55.

© Цыганков Д. Э., Похилько А. Ф., 2014

УДК 621.39:330:3

Т. Я. Якубов*

**Якубов Тагир Ягудович, генеральный директор*

Научно-производственное предприятие «Полигон», г. Уфа

tyakubov@plgn.ru

А. Р. Маннапов*

**Маннапов Альберт Раисович, к.т.н., начальник управления по интеллектуальным активам*

Научно-производственное предприятие «Полигон», г. Уфа

amannapov@plgn.ru

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

Ключевые слова: радиоэлектроника, телекоммуникационное оборудование, инициативы, отечественный производитель, государственная поддержка.

Рассмотрены специфические особенности и ключевые проблемы развития радиоэлектронной отрасли. Показан опыт реализации предпринимательских и системных инициатив по содействию развитию отечественных компаний, имеющих высокий уровень локализации разработок и производства телекоммуникационного оборудования.

За последние годы радиоэлектроника стала самой быстрорастущей отраслью промышленности в мире. Доля радиоэлектронной промышленности в добавленной стоимости мирового обрабатывающего производства составляет почти 1/3 и дальше будет только увеличиваться. Объём российского рынка радиоэлектроники составляет более 1 трлн. рублей; по прогнозам к 2025 году он превысит 3 трлн. руб. [1, 2].

В развитых странах радиоэлектроника и информационно-телекоммуникационные технологии являются катализатором и локомотивом научно-технического прогресса, базисом для устойчивого экономического развития других отраслей промышленности [8]. Более того, эти технологии стали ключевыми составляющими обеспечения национальной (информационной, технологической, экономической) безопасности страны.

Радиоэлектронике, как высокотехнологичной отрасли народного хозяйства, свойственны некоторые специфические особенности, которые необходимо учитывать.

Во-первых, следует отметить межотраслевой и межсекторальный характер применения. Сегодня радиоэлектроника стала базовой сферой деятельности для большинства отраслей народного хозяйства, определяя их технологический уровень [2]. Радиоэлектронные узлы, блоки, модули, приборы и системы используются в различных отраслях промышленности (космической, авиационной, станкостроительной, судостроительной, автомобилестроительной и др.), в сельском хозяйстве, в здравоохранении, в энергетике.

Во-вторых, налицо всё большая интеллектуализация продукции. Практически в любой конечной продукции присутствуют радиоэлектронные компоненты. По оценкам специалистов доля радиоэлектронной составляющей в стоимости готовых изделий к 2030 может увеличиться до 70% [1].

В-третьих, можно отметить очень короткий жизненный цикл радиоэлектронной продукции, составляющий обычно от 0,5 до 2 лет. Тенденция сокращения жизненного цикла многих наукоёмких продуктов является одной из закономерностей развития технических систем. Следствием этого процесса становится снижение серийности производства, что заставляет радиоэлектронные предприятия более часто и форсировано разрабатывать обладающие новизной товары, услуги и технологии [4].

В-четвертых, это подвижная и динамичная рыночная конъюнктура. Эволюция рынков и нестабильность складывающейся на них ситуации, в том числе появление и исчезновение конкурентов, поставщиков, партнёров, активность экономических агентов, динамика потребления и другие факторы ведут к необходимости приспособления к изменяющимся условиям, либо активного воздействия на внешнюю среду со стороны предприятий. Всё это влечёт потребность в самых разнообразных изменениях: технологических, организационных, маркетинговых и др., причём их характер должен быть динамичным и упреждающим [4].

В-пятых, нельзя не отметить ощущаемую потребность в усилении сетевых взаимодействий. В современных условиях инновационно-активным предприятиям становится стратегически необходимо развивать способности взаимодействия и сотрудничества в глобально организованных сетях разработчиков, производителей, дистрибьюторов и потребителей инновационной продукции. В связи с этим во всё более возрастающей степени проявляется стремление инновационно-активных предприятий к партнёрству, совместной работе, кооперации, интеграции, территориальной концентрации, кластеризации. Наблюдается усиление и развитие сетевых взаимосвязей, увеличение количества коллаборативных проектов и программ, усиление сотрудничества и комплементарного взаимодействия между предприятиями, органами власти, организациями науки и образования. Для успешного осуществления межфирменных инновационных процессов становится необходимо организовывать всё более тесное взаимодействие и сотрудничество с инвесторами, партнёрами (вузами, исследовательскими организациями), клиентами, поставщиками (вендорами), организациями инновационной инфраструктуры, общественностью, органами власти, профессиональными и местными сообществами и даже с конкурентами [3].

И, наконец, в-шестых, это – индивидуализация, специализация и дифференциация потребностей и запросов заказчиков, которые стали значимой мировой тенденцией, обусловившей необходимость более частой разработки и обновления продукции. Указанные тенденции приводят к снижению серийности производства, вследствие чего у предприятий теряется возможность экономить “на масштабах”. Это заставляет компании разрабатывать и внедрять ещё более прогрессивную продукцию и технологии и по возможности ограничивать доступ к ним со стороны конкурентов [4].

Также следует принимать во внимание ряд глобализационных процессов, оказывающих существенное влияние на развитие радиоэлектронной отрасли и создающих специфические возможности для экономического роста: увеличение объёмов внешней (международной) торговли технологиями; расширение доступа к новым рынкам сбыта продукции; упрощение доступа к мировым финансовым потокам (инвестициям); расширение возможностей привлечение высококвалифицированных человеческих ресурсов из других стран; интенсификация потоков товаров, услуг, информации и капиталов; расширение возможностей интернационального взаимодействия, сотрудничества и кооперации.

Обратной стороной глобализации является резкое повышение роли международной конкуренции. Это в свою очередь ведёт к необходимости постоянной разработки новой продукции, повышения эффективности деятельности предприятий, защиты новых продуктов и технологий в различных правовоохранных режимах на международном уровне, а также разработка и производство продукции, обладающей патентной чистотой.

Российской отрасли радиоэлектроники дополнительно присущи свои отличительные черты, которые одновременно являются и её проблемами. К их числу относятся: несистемность и несогласованность действий со стороны органов государственной власти и управления; превалирование импорта продукции иностранного происхождения и технологий; сильная конкуренция с зарубежными производителями; малое количество отечественных производителей; серьёзные административные барьеры; низкая конкурентоспособность отечественной продукции; ориентация на производство профессиональной и специальной радиоэлектроники.

Следует акцентировать, что в настоящее время потенциал радиоэлектронной отрасли используется недостаточно, наблюдается несистемность, несогласованность инициатив и действий отдельных предприятий радиоэлектроники. Сейчас мировой прогресс идёт так быстро, что, несмотря на все прилагаемые усилия, наметилось угрожающее отставание от мировых лидеров в области радиоэлектроники. Для обеспечения качественного рывка радиоэлектронной отрасли в настоящее время нужна большая централизация управления, координация разрозненных усилий и действий, концентрация всех видов доступных ресурсов, чётка закреплённая ответственность.

Создание технологического базиса радиоэлектроники нового уровня для разработки конкурентоспособной электронной компонентной базы, аппаратуры, комплексов и систем специального и гражданского назначения требует долгосрочного стратегического планирования, развития инструментов регулирования реализации перспективных инвестиционных проектов и проектов в области НИОКР. Необходима реализация комплексной программы по развитию радиоэлектронной промышленности, общесистемное развитие электроники и радиоэлектроники на долгосрочную перспективу с учётом мероприятий, реализуемых в рамках государственных, федеральных целевых и научно-технических программ. Также следует принять во внимание, что разработка инновационных видов продукции требует комплексного и системного подхода,

как в научных изысканиях и экспериментальных разработках, так и в организации производства.

Для обеспечения инновационного развития радиоэлектроники необходимо увеличивать масштабы проводимых НИОКР. Сейчас количество российских научных и опытно-конструкторских организаций в области радиоэлектроники явно недостаточно, их возможности ограничены как материально-технической оснащённостью, но ещё больше – дефицитом квалифицированных специалистов. Предприятия-производители конечной продукции (радиоэлектронной аппаратуры), как правило, не имеют экономических предпосылок заниматься серьёзными исследованиями и разработками. Особенно это касается государственных предприятий, имеющих стабильный заказ на производство на многие годы вперёд. Решить указанные проблемы можно, но только создав соответствующие благоприятные для всех субъектов хозяйствования условия на всей цепочке создания ценности, начиная от фундаментальных исследований и заканчивая внедрением в серийное производство.

Для инновационного прорыва необходимо тесное, систематическое, устойчивое взаимодействие предприятий промышленности с фундаментальной и прикладной наукой. Существующий сейчас разрыв в инновационном процессе приводит к тому, что научные исследования оторваны от потребностей промышленности, в то же время предприятия радиоэлектронной промышленности зачастую не готовы инвестировать собственные средства в науку, так как для этого отсутствуют экономические стимулы. Такое положение приводит к тому, что в российской экономике реально используется не более 2% создаваемых новых знаний. Низкая эффективность инновационных процессов, особенно на стадии внедрения и коммерческой реализации, является одной из ключевых проблем российской экономики.

В России производство радиоэлектроники ориентировано главным образом на внутренний рынок: менее 25% от производимой продукции экспортируется. Доля отечественного производства на внутреннем рынке не превышает 20% [2]. В связи с этим необходимо развивать экспортный потенциал, как готовой продукции, так и интеллектуальной собственности, а также осуществлять лоббирование и отстаивание интересов отечественных предприятий радиоэлектронной промышленности. И в особенности это касается предприятий, имеющих высокий уровень локализации производства и продукция которых имеет стратегическое значение для обеспечения информационной безопасности и обороноспособности страны.

Таким образом, можно отметить следующие ключевые проблемы развития отрасли, условно сгруппированные следующим образом:

1) **Стратегическое планирование**

• Отсутствие чётких ориентиров развития отрасли и направлений деятельности для российских радиоэлектронных предприятий

2) **Стандартизация**

• Наличие значительного количества не актуализированных стандартов в области радиоэлектроники и информационно-коммуникационных технологий

• Несистемность действий по разработке новых (современных) стандартов

• Несовместимость и невзаимозаменяемость радиоэлектронной аппаратуры

3) **Национальная безопасность**

• Технологическая зависимость России от зарубежных решений

• Наличие недекларированных возможностей в зарубежной радиоэлектронной аппаратуре

• Недостаточный уровень информационной и энергетической безопасности

4) **Кадровое обеспечение**

• Недостаточная популярность и престижность инженерных профессий

• Острый дефицит квалифицированных технических специалистов (особенно в регионах)

• Относительно низкий уровень компетенций менеджеров всех уровней

5) **Коррупция и административные барьеры**

• Чрезмерный уровень бюрократизма и коррупции в самых разнообразных её проявлениях

• Недостаточная прозрачность и подконтрольность обществу работы представителей государства

6) **Исследования, разработки и инновации**

• Низкая инновационная активность организаций (11-12% от общего числа)

• Несовершенство российской нормативно-правовой базы в инновационной сфере

• Несбалансированность и разрозненность элементов национальной инновационной системы

• Медленная адаптация предприятий и органов власти к быстроизменяющимся внешним условиям

• Неэффективность распределения государственных средств на науку, разработки и инновации в области радиоэлектроники

7) **Государственная поддержка**

• Бессистемность мер господдержки радиоэлектронной отрасли

• Чрезмерная поддержка государственных корпораций и предприятий в области радиоэлектроники в ущерб частному бизнесу

• Недостаточное лоббирование интересов отечественных производителей радиоэлектроники как на российском рынке, так и за рубежом

8) **Взаимодействие и координация**

• Недостаточный уровень межведомственного и межотраслевого взаимодействия, совместной работы различных органов исполнительной власти

• Недостаточный масштаб обсуждение решений и инициатив с бизнес-сообществом

• Дублирование проектов и НИОКР в области радиоэлектроники

• Отсутствие надлежащей координации и контроля в отрасли

Для решения имеющихся в российской радиоэлектронной отрасли проблем необходимо как хорошо скоординированное государственное управление (на федеральном и региональном уровнях), так и адекватный обстоятельствам менеджмент на уровне субъектов хозяйствования.

Одно из важнейших технологических направлений радиоэлектронной отрасли – разработка и производство отечественного телекоммуникационного оборудования [3]. К числу немногих отечественных компаний, имеющих высокий уровень локализации разработок и производства телекоммуникационно-

го оборудования, относится ОАО НПП «Полигон» [5-7], которое самостоятельно разрабатывает, производит и поставляет сложное радиоэлектронное оборудование: оптические модемы, оптические мультиплексоры, медиаконвертеры, коммутаторы Ethernet, аппаратуру резервирования, конвертеры RS232 и RS485 – Ethernet, программное обеспечение для управления сетью, оборудование псевдопроводного доступа (PWE3), FTTx, TDMoIP, мосты Ethernet over E1, устройства доступа к E1 (IAD) и др.

Для решения имеющихся в отрасли проблем ОАО НПП «Полигон» предложило ряд предпринимательских и системных инициатив, которые сейчас реализуются при содействии и поддержке АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (АСИ).

Так в конце 2013 года ОАО НПП «Полигон» представило в АСИ свой лидерский проект «Развитие производства отечественного телекоммуникационного оборудования» по направлению «Новый бизнес». Проект направлен на создание и развитие высоконадёжных сетей энергетической инфраструктуры и отказоустойчивых сетей для критически важных объектов и производств. Реализация проекта будет содействовать обеспечению энергетической и информационной безопасности России. 19 декабря 2013 года данный проект был одобрен экспертным советом АСИ. Следует особо отметить, что эксперты АСИ отметили высокую значимость представленного проекта и приняли решение о проработке вопросов системного характера и выводе проекта на федеральный уровень.

В продолжение развития темы поддержки отечественных производителей телекоммуникационного оборудования, ОАО НПП «Полигон» разработал и представил на рассмотрение в АСИ системный проект «Развитие производства телекоммуникационного оборудования средними компаниями». Предложенные системные инициативы касались:

a) создания новых координирующих, регулирующих и информационно-консультационных структур в отрасли;

b) государственной поддержки организаций (предприятий), самостоятельно осуществляющих полный цикл разработки и производства высокотехнологичной радиоэлектронной продукции (в том числе телекоммуникационного оборудования), имеющей стратегическое значение для обеспечения информационной безопасности и обороноспособности страны и подтверждённый статус оборудования российского происхождения;

c) стимулирования внутреннего спроса на инновационную продукцию предприятий радиоэлектронной промышленности отечественного происхождения и механизмов стимулирования установления долгосрочных договорных отношений;

d) содействия в продвижении экспорта радиоэлектронной продукции российского происхождения на внешние рынки;

e) мер по ужесточению контроля и ограничению использования радиоэлектронной продукции иностранного происхождения содержащего (в том числе потенциально) не декларированные возможности.

Представленные ОАО НПП «Полигон» системные инициативы были рассмотрены и одобрены рабочей группой «Системные проекты», которая фокусируется на поиске и продвижении решений масштабных, системных проблем, устранение которых создает возможность для дальнейшего развития целых отраслей и экономики России.

8 апреля 2014 года под председательством Президента России В.В. Путина состоялось заседание наблюдательного совета АСИ, результатом которого стало одобрение ряда предложенных системных инициатив. В настоящее время АСИ уже принимает активное участие в поддержке их реализации.

Библиографический список

1. Глава Минпромторга России Денис Мантуров выступил с лекцией перед студентами и преподавателями национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». – URL: http://www.vimi.ru/node/264 (дата обращения 29.05.2014 г.).

2. Государственная программа развития электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы». Утверждена распоряжением Правительства РФ от 15 декабря 2012 г. № 2396-р.

3. Маннапов, А. Р. Специфика современного инновационного менеджмента // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 12. С. 18-28.

4. Маннапов, А. Р. Теоретические основы инновационной экономики: предпосылки, понятия, признаки, субъекты, взаимосвязи // Экономика и предпринимательство. 2013. № 7. С. 684-691.

5. ОАО НПП «Полигон». – URL: http://www.plgn.ru (дата обращения 29.05.2014 г.).

6. Якубов, Т. Я. Мы всё разрабатываем сами // Первая миля. 2011. Т. 23. № 2. С. 2-9.

7. Якубов, Т. Я. Современные концепции разработки оборудования: от системной модели до микросхем. Подход компании «НПП «Полигон» // Первая миля. 2011. Т. 25. № 4. С. 8-13.

8. Якунин, А. Комплексная программа развития радиоэлектронной промышленности // Электроника: наука, технология, бизнес. 2011. Т. 113. № 7. С. 30-40.

© Якубов Т. Я., Маннапов А. Р., 2014