

ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**VIII Международная
научно-практическая конференция,**

посвященная 50-летию ТУСУРа

8–10 ноября 2012 г.

Материалы докладов

**В двух частях
Часть 2**

**В-Спектр
Томск – 2012**

УДК 621.37/39 + 681.3
ББК (Ж/О) 32.84.85.965
Э 45

Э 45 **Электронные средства и системы управления:** Материалы докладов Международной научно-практической конференции (8–10 ноября 2012 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2012. – 176 с.
ISBN 978-5-91191-268-0 (В 2 частях)
ISBN 978-5-91191-270-3 (Ч. 2)

Книга содержит материалы докладов, представленных на VIII Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», посвященной 50-летию ТУСУРа (Томск, 8–10 ноября 2012 г.). Представлены доклады по следующим направлениям: радиотехнические и телекоммуникационные системы; нанoeлектроника СВЧ; нанотехнологии в электронике; антенны и микроволновые устройства СВЧ; нелинейная оптика; интеллектуальная силовая электроника и преобразовательная техника; плазменная электроника; биомедицинская электроника; автоматизация и оптимизация систем управления и обработка информации; интеллектуальные системы проектирования, автоматизация проектирования электронных устройств и систем; информационная безопасность; информационные технологии в управлении и принятии решений; информационные технологии в обучении; инновации в сфере электроники и управления; оптоэлектроника и фотоника; видеоинформационные технологии и цифровое телевидение. Также представлены доклады участников Программы фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере «У.М.Н.И.К.».

Для студентов, преподавателей и всех интересующихся проблемами систем управления.

УДК 621.37/39 + 681.3
ББК (Ж/О) 32.84.85.965

Ответственный редактор – Н.Д. Малютин, д.т.н., профессор

*Статьи секций 2–5, 7–10 размещены в 1-й части этого сборника;
статьи секций 11–17 – во 2-й части;
статьи 6 секции размещены в сборнике статей
«Доклады ТУСУРа» №2 (26), декабрь 2012 г.*

ISBN 978-5-91191-268-0 (В 2 частях)
ISBN 978-5-91191-270-3 (Ч. 2)

© ТУСУР, 2012
© Коллектив авторов, 2012

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ**

*Председатель секции – Черкашин Михаил Владимирович, к.т.н.,
доцент каф. КСУП, декан ФВС*

УДК 621.382.2

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО БИПОЛЯРНОГО
ТРАНЗИСТОРА В SYNOPSYS TCAD**

Д.Д. Зыков, А.А. Черкасов

Рассмотрены возможности моделирования программного комплекса Synopsys TCAD на примере построения биполярного транзистора.

Ключевые слова: Synopsys TCAD, моделирования, биполярный транзистор.

Компания Synopsys является мировым лидером в области автоматизации проектирования электронных приборов, в программном обеспечении для полупроводникового моделирования. Компания предоставляет технологии полупроводникового моделирования в производстве программного обеспечения продукции на мировом рынке электроники, позволяет производить разработку и производство сложных систем на кристалле. Synopsys обеспечивает интеллектуальную собственность и дизайнерские услуги для упрощения процесса разработки и ускорения выхода готовой продукции на рынок для своих клиентов. Сеть Synopsys со штаб-квартирой в Маунтин-Вью, Калифорния, распространена в более чем 60 местах в Северной Америке, Европе, Японии и Азии.

В Synopsys разработан набор инструментов для моделирования полупроводниковых устройств. Поддерживается 3D-моделирование и несколько модулей, необходимых для высокоточного построения и расчётов имплантаций. TCAD предоставляет уникальные возможности для моделирования, оптимизации технологического процесса проектирования устройства.

Несмотря на текущие экономические проблемы, полупроводниковая промышленность продолжает стремиться к развитию инновационных процессов и устройств для стимулирования роста в смарт-технологиях. Центральное место занимает развитие технологий трёхконтактных транзисторов. Темпы исследований кремния и широкозонных мощных устройств, позволяющих добиться высокой эффективности применения в солнечных преобразователях, гибридных и электрических средств, требуют к себе нового интеллектуального подхода. Эти тенденции обеспечили развитие недавно вышедшей версии TCAD Sentaurus. Это издание TCAD содержит отчеты, последние новости в применении новых функций и усовершенствований, доступных для поддержки новейших процессов (например плазменная имплантации кремния и последующая ориентация атомов, зависящая от мобильности носителей зарядов в полупроводнике), моделирование 3D-структуры (библиотеки, позволяющие моделировать кристаллографическое травление и осаждение, отображать линии края шероховатости, а также Sentaurus-топография и 3D-интерфейс) и моделирование устройств с изменчи-

вым сопротивлением. В этой версии улучшено моделирование устройств на III-нитриде и карбиде кремния, доступно применение Sentaurus Interconnect для паяных соединений на анализ надежности.

Приобретение ISE от Synopsys и слияние организаций TCAD подготовило почву для введения общей платформы TCAD, что отвечает потребностям будущих технологий при сохранении преемственности с существующим программным обеспечением, покрывая краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные потребности TCAD клиентов. Организация Synopsys TCAD имеет следующие цели:

- полный набор инструментов TCAD для моделирования и последующего проектирования устройств;
- создание технологически продвинутых устройств, которые объединяют лучшие в своем классе технологии;
- интегрированные инструменты, пользовательский интерфейс и база данных;
- оказание содействия и защита инвестиций в развитие высокотехнологичных устройств и электронных технологий, в том числе и TCAD.

Основной акцент в развитии средств приборно-технологического проектирования (TCAD) сегодня делается на следующих направлениях:

- трехмерное моделирование субмикронных приборов (Very Deep Sub Micron, VDSM), включающее моделирование технологического процесса формирования структуры прибора, механических напряжений внутри прибора и анализ трехмерного растекания носителей заряда;
- моделирование мощных кремниевых и гетероприборов (в том числе на основе SiC и GaN), приборов на основе материалов AlB5, использующих гетеропереходы (HEMT, HBT), фотодетекторов, светоизлучающих диодов (LED) и полупроводниковых лазеров;
- возможность построения компактных моделей (на базе результатов моделирования или измерений конкретного прибора), отражающих зависимость выходных (электрических) параметров от разброса входных (технологических) параметров.

С помощью таких моделей можно определить окно значений технологических параметров, в котором обеспечиваются требуемые характеристики прибора. Использование компактных моделей, основанных на аппроксимации результатов экспериментов полиномами до третьего порядка включительно, не требует от пользователя специальных знаний по физике работы прибора и TCAD-технологий. Это позволяет оптимизировать технологический маршрут в реальном времени даже без применения высокопроизводительных вычислительных средств. Рассмотрим пример – моделирование биполярного транзистора.

Трехмерное моделирование. Потребность в трехмерном моделировании (3D-моделировании) современных субмикронных приборов обусловлена необходимостью анализа тонких физических эффектов в полупроводниковых структурах, для которых точности методов двумерного моделирования оказывается недостаточно. На современном уровне развития микроэлектронного производства подобные эффекты оказывают значительное влияние на функционирование полупроводниковых приборов, а при существующих темпах совершенствования технологии их учет уже в ближайшем будущем должен играть определяющую роль. Решение задач трехмерного моделирования в системе Sentaurus TCAD, включая задачи моделирования формирования структуры прибора (имплантация, диффузия, травление, осаждение), построение трехмерной адаптивной сетки и

расчет электрических характеристик прибора, рассмотрим на примере биполярного транзистора GaAs.

Моделирование процесса формирования структуры прибора. В современной VDSM-технологии используется комбинация как относительно простых технологических процедур (травление, осаждение, химико-механическая полировка и др.), так и крайне сложных технологических операций (имплантация с низкими энергиями, быстрый тепловой отжиг, окисление в многокомпонентных средах). Для проведения 3D-моделирования процесса формирования структуры прибора в системе Sentaurus TCAD используется так называемый «гибридный» подход. Моделирование «простых» операций выполняется на геометрическом уровне, трехмерная структура прибора при этом представляется в виде набора геометрических объектов. Процесс формирования и эволюции геометрии этих объектов эмулируется с помощью встроенного трехмерного генератора структур Sentaurus Structure Editor (SSE). «Сложные» операции, такие как имплантация и диффузия примесей, моделируются численно программой Sentaurus Process, позволяющей рассчитать распределение легирующих примесей и механических напряжений в приборе путем решения системы уравнений в узлах пространственной конечно-элементной сетки.

Процесс формирования структуры Omega FinFET включает следующие этапы [1, 2]:

- 1) формирование коллекторной области;
- 2) формирование базового слоя;
- 3) формирование слоя эмиттера;
- 4) формирование слаболегированных областей (LDD – Lightly Doped Drain) коллектора/эмиттера;
- 5) формирование высоколегированных областей коллектора/эмиттера;
- 6) быстрый тепловой отжиг (Rapid Thermal Annealing, RTA);
- 7) формирование контактов.

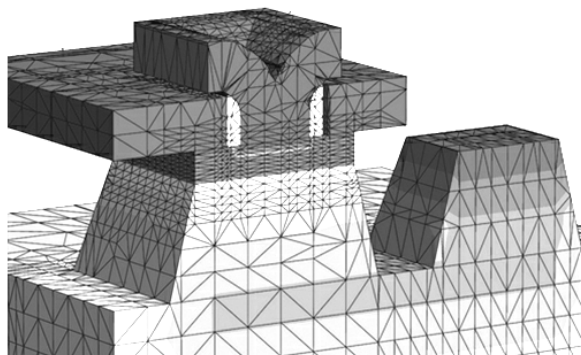


Рис. 1. Трёхмерная модель типового биполярного транзистора

На рис. 1 показана структура прибора. При электрофизическом моделировании учитывалась полная (отраженная и трансформированная) структура прибора. Результаты процесса формирования структуры прибора, полученные в генераторе структур SSE, могут быть непосредственно переданы в программу Sentaurus Process. Для обеспечения автоматической связи между этими программами используется «paint-by-numbers»-схема, позволяющая при необходимости выделять определенные области прибора и проводить в них моделирование какого-либо

процесса, например имплантации. Для моделирования влияния неравновесной концентрации точечных дефектов на диффузию применялась модель, учитывающая особенности VDSM-технологии. Численное моделирование перераспределения примеси в процессе отжига проводилось на конечно-элементной сетке, сформированной генератором сетки MGOALS, встроенным в систему Sentaurus Process. На рис. 2 и 3 показаны результаты моделирования в виде профиля распределения примеси и ВАХ полученного транзистора.

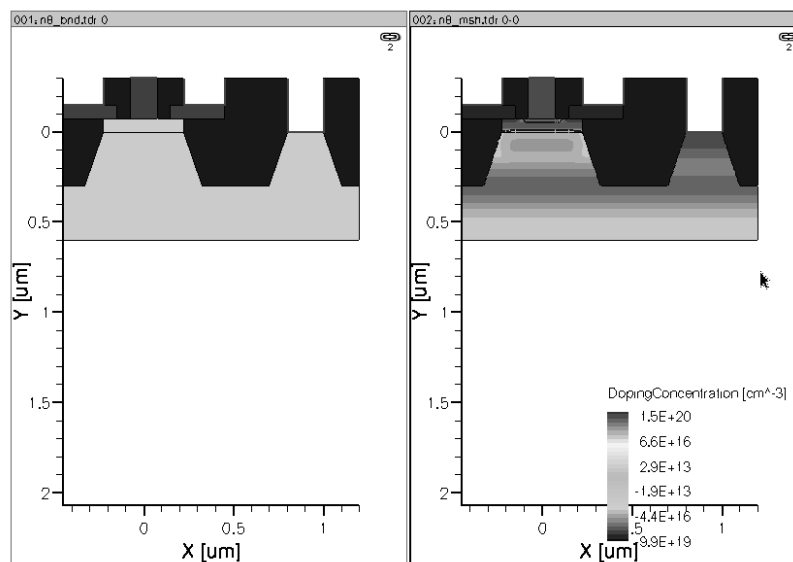


Рис. 2. Распределение примеси в транзисторе

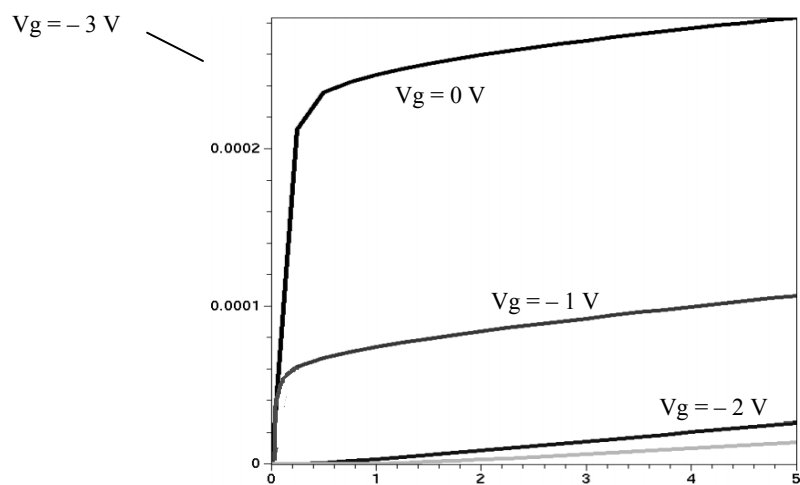


Рис. 3. Расчётная ВАХ транзистора GaAs

Заключение. Проведено моделирование биполярного транзистора в среде Synopsys TCAD. Смоделирован процесс формирования полупроводникового прибора. Получены результаты моделирования в виде вольт-амперной характеристики полученного транзистора и профиля распределения примеси.

Литература

1. Зыков Д.Д. Системы автоматизированного моделирования и проектирования технологических процессов и технологических маршрутов производства СВЧ МИС, оптимизация производства (основы САПР Synopsys TCAD): учеб. пособие/ Д.Д. Зыков, К.Ю. Осипов. Томск: В-Спектр, 2010. 76 с.
2. Лаврентьев Б.Ф. Схемотехника электронных средств / Б. Ф. Лаврентьев. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 336 с.
3. Сайт Synopsys TCAD [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.synopsys.com>, свободный (дата обращения: 14.05.2012).
4. Sentaurus Device Versatile, Multifunctional Device Simulator [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.synopsys.com/Tools/TCAD/CapsuleModule/sdevice_ds.pdf, свободный (дата обращения: 14.05.2012).
5. TCAD News, December 2011 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.synopsys.com/Tools/TCAD/CapsuleModule/tcadnews_dec2010.pdf, свободный (дата обращения: 18.05.2012).

УДК 004.72:004.9

МЕТОД СРАВНЕНИЯ ПРОЕКТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

М.А. Иваненко

Предложен алгоритм сравнения информационно-вычислительных систем с использованием аддитивного критерия оптимизации. Использование алгоритма продемонстрировано на элементарном примере сравнения качества сервисов Web-хостинга.

Ключевые слова: вычислительные системы, Web-хостинг, оптимизация.

При современном уровне развития вычислительных систем наиболее критическим фактором становится снижение издержек на создание и эксплуатацию вычислительных систем при сохранении необходимого уровня качества обслуживания клиентов вычислительной системы. Использование научного подхода к решению данной задачи требует рассмотрения такой характеристики, как отношение цены и качества вычислительной системы. Для расчета данной характеристики необходимо дать четкое количественное определение качества вычислительной системы.

В рамках данной работы будут рассмотрены критерии и методы оценки качества проектов вычислительных систем, а также будут показаны возможные методы сравнения различных проектов вычислительных систем. Для решения поставленной задачи необходимо определить основные характеристики информационно-вычислительной системы, которые оказывают непосредственное влияние на совокупное качество системы.

Информационно-вычислительной системой называется система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций [2].

Корпоративной информационной системой называется многофункциональная, мультисервисная информационно-вычислительная система масштаба предприятия. Основной функцией корпоративной информационной системы является информационная поддержка протекающих на предприятии бизнес-процессов. Вследствие того, что корпоративная информационная система является многокомпонентной и состоит из множества разнородных компонентов, можно выде-

лить несколько направлений стандартизации системы. Базовыми компонентами информационной системы являются: пользователь системы, видеотерминалы пользователей, линии связи, серверное оборудование, сетевое оборудование, программное обеспечение, в том числе системное программное обеспечение и бизнес-приложения. Следовательно, все стандарты, регулирующие создание корпоративной информационной системы, можно разделить на несколько следующих категорий:

- санитарные нормы;
- стандарты, регулирующие создание структурированных кабельных систем (СКС);
- стандарты, определяющие протоколы сетевого обмена данными;
- стандарты на системное программное обеспечение;
- стандарты управления качеством бизнес-процессов;
- нормы создания защищенных информационных систем.

Таким образом, можно сделать вывод, что так как структура информационной системы регламентируется вышеперечисленными нормативными документами, то и основные качественные характеристики информационной системы должны основываться на требованиях данных нормативных документов.

При проведении оценки качества необходимо получить количественные оценки вышеперечисленных характеристик системы и построить желаемую оценочную интегральную функцию с использованием необходимых весовых коэффициентов, отражающих важность каждой из характеристик. Получение численных значений характеристик возможно с использованием таких методов, как натурный эксперимент, имитационное моделирование системы. Также возможно использование проектных значений из стандартов в соответствии с техническим заданием на проектирование.

Для разработки метода сравнения проектов информационно-вычислительных систем необходимо сформулировать набор исходных данных и разработать алгоритм выбора оптимальной конфигурации системы. В качестве исходных данных, в данном случае, выступают как перечисленные выше формальные требования со стороны стандартов, так и технические требования к оборудованию, зависящие от сервисов, предоставляемых вычислительной системой. Также в случае модернизации уже существующей вычислительной системы к исходным данным необходимо добавить описание этой вычислительной системы.

Задача оптимального выбора конфигурации информационно-вычислительной системы разбивается на несколько подзадач. В частности, в первую очередь необходимо определить минимально необходимую конфигурацию оборудования, позволяющую выполнять поставленные задачи. На следующем этапе решения задачи необходимо обеспечить оптимальный запас прочности системы, складывающийся из надежности, масштабируемости и производительности системы.

Для эффективного решения проблемы выбора минимально необходимой конфигурации необходимо составить базу данных возможных компонентов вычислительной системы с указанием характеристик производительности, надежности и степени соответствия различным стандартам, а также составить базу данных возможных сервисов, также с указанием их требований к аппаратной части вычислительной системы. Заполнение подобной базы данных является одним из наиболее сложных и затратных по времени этапов решения задачи, так как необходимо будет указать зависимость производительности от количества

аппаратных ресурсов. Данную информацию можно будет получить несколькими способами – либо на основании данных поставщика программного обеспечения сервиса, либо на основании реального моделирования нагрузки, либо на основании имитационного моделирования. Наиболее точным методом, в данном случае, будет реальное моделирование, например с использованием технологий виртуализации.

Также, помимо аппаратного состава вычислительной системы, на общую интегральную производительность системы оказывает непосредственное влияние и топология системы. Но необходимо отметить, что задача расчета топологии вычислительной сети является достаточно хорошо проработанной и не представляет особой трудности при решении [1].

Создание вышеуказанной базы данных позволит достаточно легко свести решение задачи сравнения проектов вычислительных систем к задаче многокритериального выбора. Решение подобных оптимизационных задач хорошо описывается теорией принятия решений [3]. Для решения такой задачи выбирается набор критериев, на основании которых необходимо произвести оптимизацию. В данном случае в число подобных критериев входят такие параметры, как стоимость построения вычислительной системы, производительность (время реакции), масштабируемость (запас производительности основных компонентов), надежность.

Обычно решение многокритериальной задачи предполагает построение определенного числа альтернатив и дальнейший выбор из них лучшего путем минимизации определенной интегральной функции. Данная функция может быть представлена в виде либо мультипликативного, либо аддитивного критерия. В данном случае удобнее использовать аддитивный критерий, так как форма интегральной функции будет проще, что позволит снизить количество вычислений. С учетом указанных критериев оптимизации интегральная функция будет выглядеть следующим образом:

$$F = W_C \cdot N_C \cdot C + W_T \cdot N_T \cdot T_R + W_F \cdot N_F \cdot P_F + W_L \cdot N_L \cdot L_{\max}, \quad (1)$$

где C – стоимость; T_R – время реакции системы; P_F – вероятность отказа; $L_{\max}$ – максимальная нагрузка; W_i – весовые коэффициенты, показывающие важность данного критерия; N_i – нормировочные коэффициенты, обусловленные размерностью величин. Причем на данную функцию накладывается основное ограничение:

$$T_R \leq T_{\max} \text{ и } P_F \leq P_{\max}, \quad (2)$$

где $T_{\max}$ – максимально допустимое время реакции, а $P_{\max}$ – максимально допустимая вероятность отказа.

Таким образом, изменяя параметры неравенств (2), возможно получить оптимальное по стоимости решение. Необходимо отметить, что в формулу (1) не входит понятие масштабируемости, так как предполагается, что масштабируемость может рассматриваться как запас прочности по времени реакции. Но в данном случае надо учитывать, что время реакции зависит от количества запросов в единицу времени, причем зависимость необязательно будет линейной, следовательно, процедура расчета значений критериев должна включать в себя элементы имитационного моделирования нагрузки.

Таким образом, общий алгоритм можно представить следующим образом: выбор минимально допустимой конфигурации, генерация заданного числа альтернатив, определение необходимых весовых коэффициентов для критериев на-

дежности и масштабируемости и выбор оптимального варианта путем минимизации функции (1).

В качестве примера для демонстрации описанной методики проанализируем качественные характеристики Web-серверов хостинг-провайдеров. Для проведения эксперимента выберем 4 различных хостинг-провайдера. С целью достижения большей чистоты эксперимента будем использовать на всех хостингах одну и ту же систему управления контентом. В качестве тестового хостинга будем использовать серверы, подробные характеристики тарифных планов которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тарифные планы провайдеров Web-хостинга

Наименование	Операционная система	Количество памяти	Тактовая частота процессора	Цена, долл.
V1	Ubuntu 10.10	256 Mb	500 MHz	6
S1				9,5
V2	Ubuntu 10.10	256 Mb	400 MHz	11
S2				4,5

Использование простого оценочного программного обеспечения (в данном случае Apache JMeter) позволяет получить основные характеристики серверов провайдеров, такие как время ответа и процент ошибок в зависимости от количества одновременных подключений (табл. 2). После измерения появляется возможность рассчитать совокупные характеристики исследуемых серверов (табл. 3).

Таблица 2

Результаты тестирования серверов

Количество подключений	Время ответа, мс				Процент ошибок			
	V1	V2	S1	S2	V1	V2	S1	S2
10	3436	14808	7880	2383	0	0	0	0
20	5350	31814	871	2016	0	0	0	0
30	7412	43567	1363	1295	0	1,67	0	23,33
40	9291	57496	1657		1,25	2,5	7,5	
50	11413	71067	1866		0	0	26	
60	13651	86084			0	0		
70	15295	97796			1,43	1,43		
80	17145	115253			0	0		
90	20535	124777			0,56	2,78		
100	21863	141002			0	0		
110	23536	150369			0	11,36		
120	25277				0			
130	28116				0			
140	29705				0,36			
150	32455				0,33			

Таблица 3

Итоговые расчетные характеристики серверов

Характеристика	V1	V2	S1	S2	W	N
Цена	\$6	\$11	\$9,5	\$4,5	1	1/11
Вероятность отказа	3%	3%	3%	3%	1	1
Среднее время ответа	17632	78366	1007	2200	1	1/78366
Максимальное количество запросов	>150	100	30	20	-1	1/150

Допустим, что весовые коэффициенты для всех параметров равны 1, что означает их равный вклад в итоговую оценку. При этом надо учитывать, что коэффициент для максимального количества запросов будет равен -1 , так как именно этот параметр, в отличие от остальных, необходимо максимизировать. В результате были получены следующие значения для интегральной оценочной функции, которые представлены в табл. 4.

Таблица 4

Итоговые значения оценочной функции				
Наименование	V1	V2	S1	S2
Значение	-0,19	1,36	0,71	0,33

Таким образом, видно, что минимум данная функция принимает для сервера с наименованием V1, что означает его преимущество в данном примере по сравнению с другими серверами. Также необходимо отметить, что из табл. 4 видно, что серверы S1 и S2 по значениям оценочной функции выглядят лучше, чем сервер V2. Это объясняется тем, что недостаток надежности в данном случае компенсируется большой скоростью отклика данных серверов. Этот факт и указывает на то, что при анализе необходимо использовать весовые коэффициенты, которые позволят выделять наиболее важные характеристики исследуемых объектов.

Литература

1. Mitchel J.S.B. Geometric shortest paths and network optimization // In Jorg-Rudiger Sack and Jorge Urrutia, editors, Handbook of Computational Geometry, pages 633-701. Elsevier Science Publishers B.V. North-Holland, Amsterdam, 2000.
2. ГОСТ 22348–86. Система связи автоматизированная единая. Термины и определения.
3. Черноморов Г.А. Теория принятия решений. Новочеркасск. 2002. С. 262–269.

УДК 658.512.011.56:004.42

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ СВЧ МАЛОШУМЯЩИХ УСИЛИТЕЛЕЙ С ВЫБОРОМ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Д.В. Гарайс, А.А. Калентьев, Л.И. Бабак

Описывается модификация алгоритма синтеза СВЧ малошумящих и линейных транзисторных усилителей, позволяющая определять оптимальные параметры и режимы работы активных элементов в процессе синтеза. Модифицированный алгоритм реализован в программе структурно-параметрического синтеза Geneamp, это дало возможность упростить и уменьшить трудоемкость процесса проектирования, а также улучшить характеристики разрабатываемых усилителей. Эффективность модифицированного алгоритма продемонстрирована на примере синтеза малошумящего усилителя диапазона 2–10 ГГц.

Ключевые слова: малошумящий усилитель, СВЧ монолитные интегральные схемы, структурно-параметрический синтез, генетический алгоритм, активный элемент.

Задача проектирования СВЧ транзисторных усилителей (ТУ), с которой часто встречаются разработчики радиоаппаратуры, является сложной и трудоемкой.

Современные САПР не предлагают каких-либо средств для автоматизации этапа выбора схемотехнического решения СВЧ ТУ, а решают только задачи моделирования и оптимизации устройств. Существующие специализированные программы проектирования СВЧ-усилителей [1–4] обладают рядом недостатков – в частности, разработчик не может контролировать структуру цепи, процесс проектирования достаточно длительный и требует высокой квалификации разработчика.

Для решения задачи автоматизированного проектирования малошумящих и линейных СВЧ-усилителей в лаборатории интеллектуальных компьютерных систем (ЛИКС) ТУСУР была разработана программа Geneamp [5–7]. Она основана на генетическом алгоритме (ГА) [8] и позволяет проводить структурно-параметрический синтез одно- и двухкаскадных широкополосных СВЧ ТУ на сосредоточенных и распределенных элементах.

В частности, программа Geneamp позволяет автоматически генерировать (синтезировать) принципиальные схемы усилителей с корректирующими двухполосниками (КД), двухполосными цепями последовательной и параллельной обратной связи (ОС) в каждом каскаде, а также с четырехполосными согласующими цепями (СЦ) [7]. Структуры и величины элементов всех пассивных цепей (КД, ОС и СЦ) находятся, исходя из поставленных требований к комплексу характеристик усилителя (коэффициент усиления, неравномерность частотной характеристики, коэффициент шума, коэффициенты отражения на входе и выходе, коэффициент устойчивости). Алгоритмы и принцип работы программы рассмотрены в [7].

Особенностью программы Geneamp является возможность полного контроля структуры и значений элементов синтезируемых усилителей, что позволяет получать практически реализуемые решения. Однако при синтезе параметры усилительных элементов (S -параметры и шумовые параметры) заданы и одинаковы для обоих каскадов. Таким образом, программа не разрешает автоматически выбрать тип транзистора и режимы его работы для реализации поставленных требований.

В настоящей статье кратко описывается новая версия программы Geneamp, имеющая такие возможности. Представлен пример проектирования с ее помощью монолитного малошумящего усилителя (МШУ) диапазона 2–10 ГГц.

Модификация программы и алгоритма. В новой версии программы была значительно переработана архитектура, что позволило гибко задавать структуру синтезируемого усилителя. Теперь проектируемый усилитель может содержать теоретически любое количество каскадов (фактически это количество ограничивается только вычислительными возможностями компьютера, т.е. временем синтеза).

Кроме того, помимо синтеза КД, цепей ОС и СЦ, для каждого усилительного каскада алгоритм может автоматически выбрать наиболее подходящий вариант транзистора, т.е. его тип – для дискретных транзисторов либо его конструкцию и размеры, например ширину затвора и т.д., – для монолитных транзисторов. Также могут быть определены оптимальные режимы работы транзисторов по постоянному току (для полевых транзисторов – напряжения на стоке и затворе).

С этой целью введено понятие экземпляра транзистора. Он характеризуется определенной совокупностью числовых параметров, которая содержит порядковый номер типа транзистора (либо порядковый номер конструкции транзистора, ширину затвора и т.д. при монолитном исполнении), значения токов или напряжений, определяющих рабочую точку транзистора, и др. Таким образом, экземп-

ляры транзистора могут отличаться как типом (конструкцией) транзистора, так и режимом по постоянному току. Различным экземплярам транзистора присваиваются условные номера (n_{ie}) от 1 до N_{ie} , где N_{ie} – число экземпляров. Каждому экземпляру транзистора соответствует свой набор S - и шумовых параметров в заданном диапазоне частот, которые определяются путем предварительного моделирования транзистора либо измерений. Наборы S - и шумовых параметров на заданных частотах для всех используемых экземпляров транзистора объединены в единый файл стандартного формата mdif.

При кодировании усилителя с помощью двоичной хромосомы [7] в бинарную строку, характеризующую каждый усилительный каскад, дополнительно включается (в двоичном виде) номер экземпляра n_{ie} транзистора. В процессе работы ГА хромосома (и, следовательно, двоичные значения n_{ie} для каждого каскада) постоянно обновляются. Для расчета значения целевой функции (ЦФ) выполняется моделирование усилителя, при этом по значению n_{ie} из файла формата mdif выбирается соответствующий набор S - и шумовых параметров транзистора. В результате ГА, помимо синтеза КД, ОС и СЦ, выбирает для каждого каскада также наилучшее значение n_{ie} , т.е. наилучший экземпляр транзистора.

Пример проектирования МШУ на основе ГА. Приведем пример проектирования однокаскадного монолитного МШУ диапазона 2–10 ГГц при вариации параметров и режимов работы транзистора. Усилитель выполняется на основе 0,18 мкм GaAs pHEMT технологии ED02АН фирмы OMMIC (Франция).

Требования к усилителю в полосе частот 2–10 ГГц представлены в табл. 1.

Таблица 1

Требования к характеристикам однокаскадного МШУ диапазона 2–10 ГГц

Диапазон частот, ГГц	Коэффициент усиления (G_T), дБ	ΔG , дБ	Коэффициент шума (NF), дБ	Коэффициент отражения по входу ($ S_{11} $)	Коэффициент отражения по выходу ($ S_{22} $)	Коэффициент устойчивости (K)
2 – 10	11,5	$\leq 0,5$	$\leq 2,1$	$\leq 0,2$	$\leq 0,25$	> 1

Структурная схема проектируемого МШУ выбрана на основе анализа способов построения усилителей с подобными характеристиками и показана на рис. 1. Она содержит транзистор с двухполюсными цепями последовательной и параллельной ОС, а также двухполюсные фазокомпенсирующие цепи, подключенные последовательно к затвору и стоку транзистора. Кроме того, используются четырехполюсные СЦ на входе и выходе. Цепь последовательной ОС является реактивной и служит для сближения условий получения минимального коэффициента шума и согласования на входе. Цепь параллельной ОС – диссипативная, она обеспечивает выравнивание АЧХ, согласование на входе и выходе и устойчивость каскада в широкой полосе частот. Фазокомпенсирующие цепи предназначены для компенсации набега фазы в цепи параллельной ОС. Входная и выходная СЦ дополнительно улучшают согласование на входе и выходе усилительного каскада.

Требования к коэффициенту устойчивости усилителя задавались в диапазоне 0–40 ГГц. В связи с этим расчет характеристик МШУ при синтезе осуществлялся в 41 частотной точке (0–40 ГГц, шаг 1 ГГц). В качестве максимизируемой целевой функции (ЦФ) использована симметричная ненормированная R -функция, введенная В.Л. Рвачевым [9], при этом признаком выполнения всех требований является неотрицательность ЦФ.

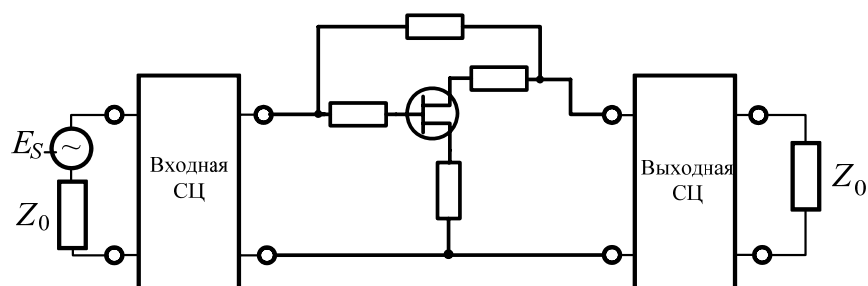


Рис. 1. Структурная схема усилителя с реактивными СЦ

Синтез усилителя осуществлялся с использованием моделей идеальных пассивных элементов, при этом разрешалось применение в схеме только сосредоточенных пассивных элементов. В ходе предварительных запусков были оценены необходимое число элементов в отдельных КД, цепях ОС и СЦ, а также примерное время синтеза. Диапазон изменения параметров элементов определяется используемой технологией изготовления усилителя. Результирующие ограничения, накладываемые при синтезе на структуру и элементы усилителя, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Ограничения на структуру и элементы усилителя

Типы СЦ и КД	Число элементов	Типы элементов	Специальные требования	Ограничения на номиналы элементов
СЦ на входе	4	Все возможные (R, L, C)	Должны стоять разделительные конденсаторы. Должна быть возможность подачи	$2 \text{ Ом} \leq R \leq 2000 \text{ Ом}$ $0,01 \text{ пФ} \leq C \leq 6 \text{ пФ}$ $0,01 \text{ нГн} \leq L \leq 8 \text{ нГн}$
СЦ на выходе	3	Все возможные (R, L, C)		
Параллельная ОС	4	Все возможные (R, L, C)	Должны стоять разделительные конденсаторы	
Последовательный КД на входе	1	L		
Последовательный КД на выходе	1	L		
Последовательная ОС	1	L		

Параметры используемых при синтезе 11 экземпляров транзисторов (ширина затвора W_g , напряжение стока V_{ds} и напряжение затвора V_{gs}) представлены в табл. 3. S - и шумовые параметры для всех экземпляров были найдены путем моделирования с использованием модели транзистора, имеющейся в библиотеке для технологии ED02AH.

Таблица 3

Значения W_g , V_{ds} и V_{gs} для различных экземпляров транзистора

n_{te}	W_g , мкм	V_{ds} , В	V_{gs} , В
1	160	4,5	-0,3
2	160	4,5	-0,4
3	240	3	-0,3
4	240	3	-0,4
5	240	3	-0,5
6	240	4,5	-0,3
7	240	4,5	-0,4
8	240	4,5	-0,5
9	240	3	-0,4
10	240	4,5	-0,4
11	240	4,5	-0,5

Критериями остановки процесса синтеза были: достижение значения ЦФ $> -0,01$; время синтеза не более 30 мин.

Первый цикл проектирования усилителя состоял в определении наиболее подходящих значений ширины затвора W_g и режима работы транзистора по постоянному току. С этой целью было проведено 10 запусков программы при вариации номера экземпляра транзистора n_{te} . Ввиду того, что генетический алгоритм относится к недетерминированным алгоритмам, в результате каждого запуска получались несколько вариантов усилительных цепей с различными топологиями и номиналами элементов. В табл. 4 представлены характеристики вариантов МШУ, имеющих наилучшее значение ЦФ в каждом из запусков, а также соответствующие величины ЦФ и времени синтеза.

Таблица 4

Результаты синтеза МШУ при вариации номера экземпляра транзистора (n_{te})

Номер запуска ГА	G , дБ	ΔG , дБ	NF , дБ	$ S_{11} $	$ S_{22} $	K	n_{te}	Значение ЦФ	Время (мм:сс)
1	11,645	0,5	2,025	0,194	0,265	1,64	6	-1,630955	30:02
2	11,5	0,5	1,96	0,13	0,2	1,76	1	-2,338757	30:00
3	11,545	0,5	1,8	0,17	0,225	1,2	7	-0,008045	06:45
4	11,5	0,5	1,8	0,17	0,14	1,1625	7	-0,006969	11:42
5	11,5	0,5	2	0,15	0,18	1,685	1	-3,118224	30:00
6	11,6	0,38	2,06	0,15	0,225	1,3	1	-2,535489	30:00
7	11,435	0,46	1,86	0,17	0,225	1,195	7	-0,005316	05:03
8	11,5	0,5	1,85	0,175	0,22	1,5	3	-0,284115	30:00
9	11,45	0,45	1,95	0,155	0,2	2	1	-1,292689	30:00
10	11,29	0,31	1,75	0,22	0,205	1,65	4	-1,808026	30:00

Из табл. 4 видно, что при применении экземпляра транзистора №7 (табл. 3, соответствующие строки выделены жирным) достигалось максимальное значение ЦФ за минимальное время. Это позволяет заключить, что в МШУ наиболее целесообразно использовать именно этот экземпляр транзистора ($W_g = 240$ мкм, $V_{ds} = 4,5$ В, $V_{gs} = -0,4$ В). Полученные варианты усилителей с $n_{te} = 7$ практически полностью укладывались в поставленные требования. МШУ с другими экземплярами транзисторов обладали не намного худшими характеристиками, но синте-

зировались значительно дольше. При этом все полученные схемы удовлетворяют условиям практической реализуемости (на входе и выходе усилителей, а также в цепи параллельной ОС имеются разделительные конденсаторы, через элементы СЦ на входе и выходе удобно подавать питание на транзистор). На рис. 2 представлены схемы двух вариантов МШУ, полученных при первой серии запусков ГА (в обоих вариантах используется экземпляр транзистора №7).

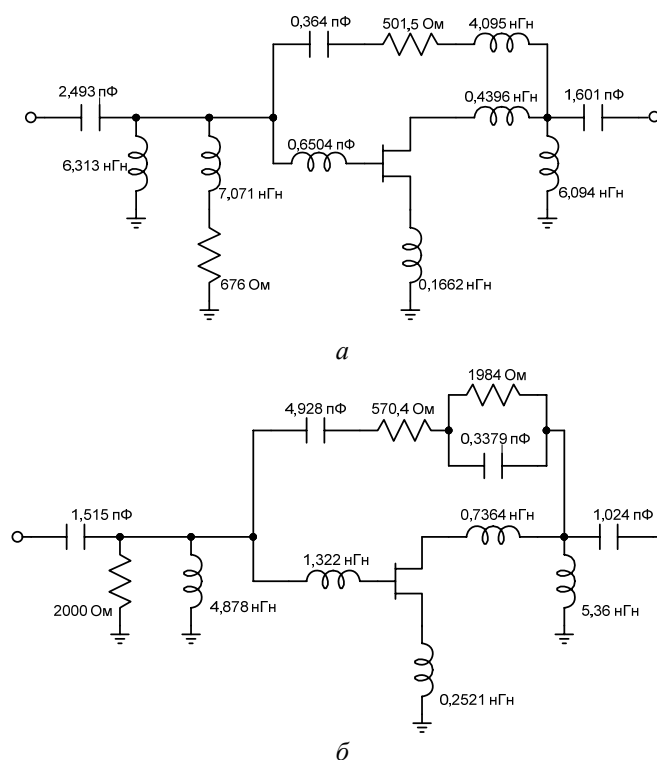


Рис. 2. Схемы МШУ, синтезированные при вариации номера экземпляра транзистора: *а* – решение №3; *б* – решение №7, табл. 4

Далее была произведена следующая серия из 10 запусков ГА. При этом номер экземпляра транзистора был зафиксирован ($n_{te} = 7$) и не варьировался, что позволило значительно сократить время синтеза. Критерии останова ГА были те же, что и в предыдущей серии. В табл. 5 представлены характеристики полученных вариантов МШУ с максимальным значением ЦФ в каждом запуске, а также средние по серии запусков значения характеристик, ЦФ и времени синтеза. Строка «Среднее 1» показывает среднее значение этих параметров по результатам 10 запусков, а «Среднее 2» – среднее значение по результатам 8 запусков, исключая запуски 5 и 7 (ввиду того, что в результате указанных запусков не было достигнуто приемлемое значение ЦФ). Как видно, ГА смог достичь достаточно малого значения ЦФ в 80% случаев. Следует отметить, что большая часть полученных схем полностью удовлетворяли поставленным требованиям, а также условиям практической реализуемости. На рис. 3 представлены схемы МШУ, в которых после проведения структурной оптимизации в САПР Microwave Office получилось наименьшее количество элементов, а также графики их частотных характеристик.

Таблица 5

Результаты синтеза МШУ при фиксированном номере
экземпляра транзистора ($n_{te} = 7$)

Номер решения	G , дБ	ΔG , дБ	NF , дБ	$ S_{11} $	$ S_{22} $	K	Значение целевой функции	Время (мм:сс)
1	11,75	0,375	1,993	0,18	0,22	1,15	-0,0061819	03:38
2	11,45	0,4	1,836	0,157	0,226	1,377	-0,0086338	06:45
3	11,45	0,375	1,797	0,16	0,2288	1,45	-0,0098420	04:33
4	11,43	0,405	1,94	0,158	0,21	1,25	-0,0067484	02:55
5	11,5	0,5	1,85	0,198	0,24	1,27	-0,9067651	30:00
6	11,56	0,4	1,88	0,16	0,19	1,7	-0,0095210	04:19
7	11,5	0,5	1,87	0,11	0,238	1,55	-0,0250603	30:00
8	11,5	0,5	1,18	0,17	0,2	1,175	-0,0028457	02:42
9	11,445	0,45	1,88	0,195	0,16	1,25	-0,0088578	04:04
10	11,56	0,48	1,855	0,16	0,225	1,14	-0,0074386	02:31
Среднее 1	11,53	0,44	1,808	0,165	0,214	1,331	-0,122	08:54
Среднее 2	11,52	0,34	1,795	0,168	0,207	1,312	-0,007509	02:54

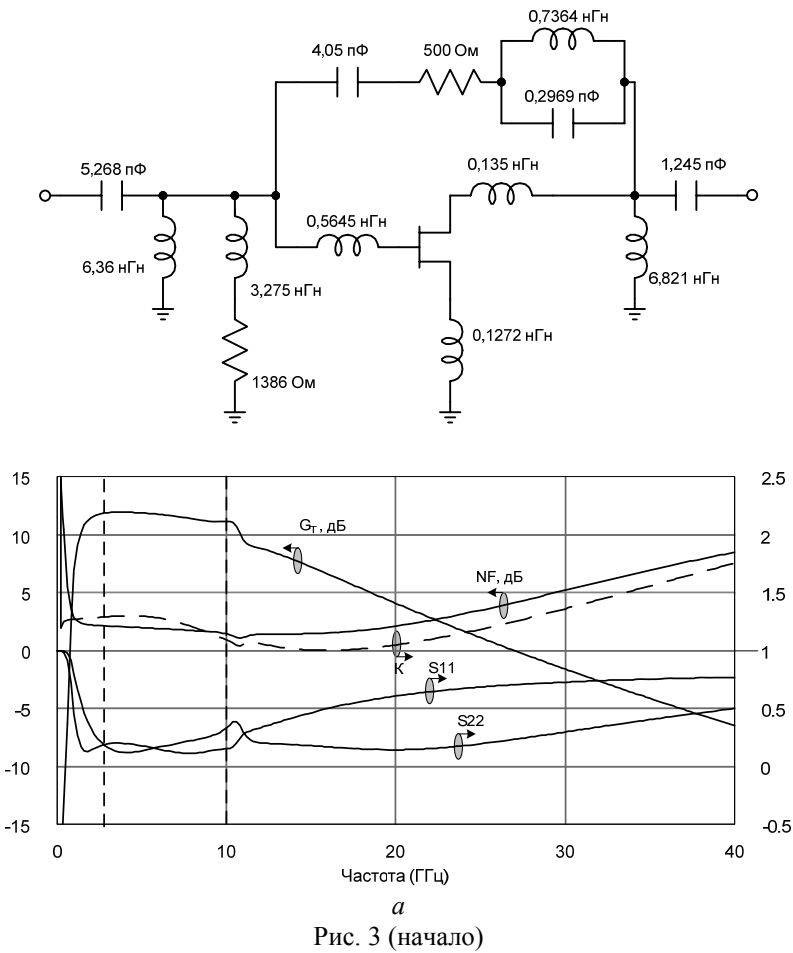


Рис. 3 (начало)

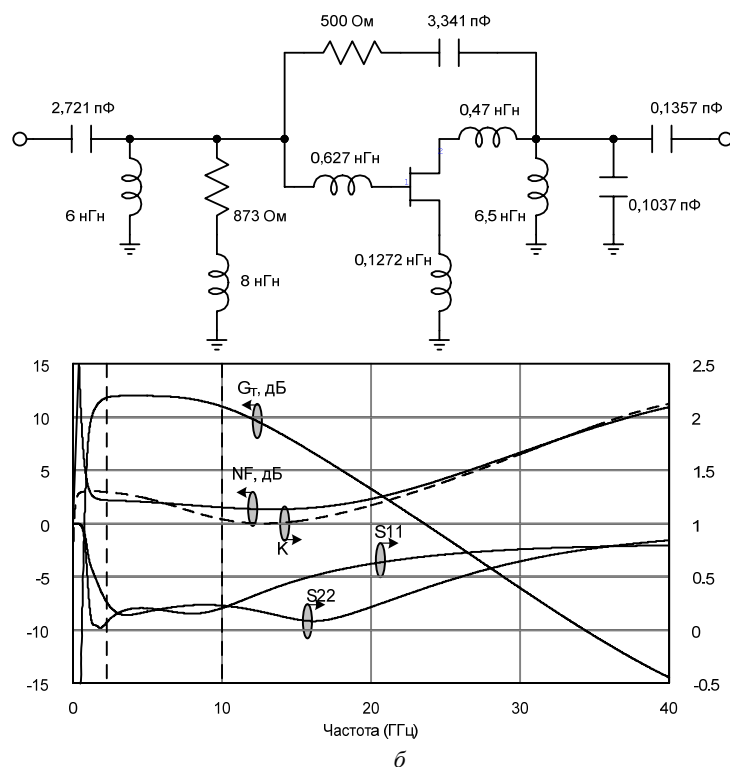


Рис. 3. (окончание). Схемы и частотные характеристики МШУ, синтезированные при фиксированном номере экземпляра транзистора: *а* – решение №4; *б* – решение №9, табл. 5

При проектировании был использован специально разработанный модуль автоматической постановки машинных экспериментов. Благодаря этому за все время проектирования (приблизительно 7 ч) присутствие разработчика требовалось в течение только часа (для первоначального ввода условий синтеза, для обработки результатов первой серии запусков, а также для оценки и оформления результатов проектирования). В результате синтеза получено 10 различных схем усилителей, использующих 2 вида входных СЦ, 5 видов выходных СЦ и 3 различных вида цепей ОС.

Заключение. Представленная модификация алгоритма синтеза СВЧ-усилителей дает возможность осуществить генерацию принципиальной схемы устройства при одновременном выборе оптимальных параметров и режимов работы транзисторов – до сих пор эта сложная задача не поддавалась формализации. Реализация алгоритма в программе структурно-параметрического синтеза СВЧ малошумящих и линейных усилителей Geneamp позволила упростить и уменьшить трудоемкость процесса проектирования, а также улучшить характеристики разрабатываемых устройств.

Работа выполнялась в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы по направлениям «Создание электронной компонентной базы» (14.740.11.1261, 14.B37.21.0345), «Микроэлектроника» (П669, 16.740.11.0092, 14.740.11.1136, 14.B37.21.0462) и «Проведение исследований коллективами НОЦ по направлению «Микроэлектроника» (14.740.11.0135).

Литература

1. Genesys 7. Technical overview. Eagleware Corporation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eagleware.com>, свободный (дата обращения: 1.09.2012).
2. Linc2. Computer aided engineering solutions for RF and microwave design [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://appliedmicrowave.com>, свободный (дата обращения: 1.09.2012).
3. Multimatch – RF and microwave impedance-matching amplifier software. AMPSA Ltd [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ampsa.com>, свободный (дата обращения: 1.09.2012).
4. Potter A. HP RF Compiler Automates Schematic Capture and Extends Capabilities of Circuit Synthesis // Appl. Microwave & Wireless. 1999. № 11(6). P. 106–118. June.
5. Babak L.I. A New Genetic-Algorithm-Based Technique for Low Noise Amplifier Synthesis / L.I. Babak, A.A. Kokolov, A.A. Kalentyev, D.V. Garays // Proceedings of The European Microwave Integrated Circuits Conference 2012 (принята в печать).
6. Кошевой С.Е. Структурный синтез СВЧ-устройств на основе генетического алгоритма в системе автоматизированного проектирования INDESYS / С.Е. Кошевой, С.Ю. Дорофеев, Л.И. Бабак // Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием «Современные проблемы радиоэлектроники». Красноярск: Изд-во СФУ, 2009. С. 421–424.
7. Babak L.I. A new technique for synthesis of low noise amplifiers based on genetic algorithm and morphological approach / L.I. Babak, A.A. Kokolov, A.A. Kalentyev // Сб. трудов 21-й Междунар. Крым. конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Севастополь: Вебер, 2011. Т. 1. С. 228.
8. Емельянов В.В. Теория и практика эволюционного моделирования / В.В. Емельянов, В.М. Курейчик, В.В. Курейчик. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 432 с.
9. Рвачев В.Л. Геометрические приложения алгебры логики. Киев: Техника, 1967.

УДК 681.3.069

СОЗДАНИЕ МУЛЬТИЯЗЫЧНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ЧИСЛЕННЫЕ КОНФОРМНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КРИСТОФФЕЛЯ–ШВАРЦА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОПОЛОСКОВЫХ СВЧ-СТРУКТУР

В.А. Шестаков, А.Н. Сычев

Представлено описание разрабатываемой мультязычной программной системы, реализующей численные конформные преобразования Кристоффеля–Шварца для моделирования микрополосковых СВЧ-структур. В статье приведено краткое описание методики численных конформных преобразований, а также обоснование необходимости создания новой мультязычной программной системы, указаны основные преимущества относительно существующих аналогов.

Ключевые слова: мультязычное программирование, ИКШ, метод конформных отображений, SCРACK, СВЧ, микрополосковые структуры.

В настоящий момент для анализа микрополосковых структур используется большое количество подходов, которые в равной мере отличаются между собой сложностью, точностью и быстродействием. Получившие широкое применение электродинамические методы показывают хорошую точность, но при этом явля-

ются самыми медленными и сложными в реализации, а также в работе используют серьезный объем ресурсов компьютера. Более быстрыми и удобными в компьютерной реализации являются квазистатические методы, среди которых стоит отдельно выделить методику конформных отображений [1]. Данная методика основывается на методе численных конформных преобразований Кристоффеля–Шварца и позволяет выполнять анализ микрополосковых структур различной сложности. Суть метода преобразования заключается в отображении верхней комплексной полуплоскости во внутренность многоугольника (полигона) с помощью интеграла Кристоффеля–Шварца (ИКШ) [2].

Методика конформных отображений является наиболее пригодной для анализа простых микрополосковых структур, так как позволяет получать наиболее точные и наглядные результаты. Процесс прямого и обратного отображения с помощью ИКШ является наиболее сложным этапом в анализе микрополосковых структур с помощью МКО.

В настоящей работе представлено описание разрабатываемой мультязычной программы, реализующей численные конформные преобразования Кристоффеля–Шварца для моделирования микрополосковых СВЧ структур. Приведен обзор основных преимуществ относительно аналогов. В качестве примера приведено решение тестовой задачи.

Программные реализации численных конформных преобразований Кристоффеля–Шварца. Важным этапом в развитии МКО стало создание в 1980 г. Л. Трефезеном комплекса численных программ, в котором была выполнена реализация метода численных конформных преобразований Кристоффеля–Шварца. Данный комплекс был написан на языке Fortran и получил название SCPACK [3]. Этот шаг стал отправной точкой для дальнейшего развития. В 1994 г. Т. Дрисколл на базе SCPACK разработал первую версию специализированного пакета SC-Toolbox, базирующегося на платформе системы MATLAB. Данный пакет свободно распространяется с открытыми исходными кодами (последняя версия пакета появилась в 2007 г.) и позволяет значительно упростить процесс анализа микрополосковых структур с помощью МКО.

В данном пакете, реализующем численные конформные преобразования Кристоффеля–Шварца пользователю были доступны следующие возможности [2]:

- Решение параметрической проблемы для полуплоскости, круга (диска), ленты, прямоугольника и внешней области отображения.
- Графический ввод многоугольников.
- Вычисление прямых и обратных отображений.
- Адаптивное составление отображения карты ортогональных линий.
- Программа имеет достаточно простой и доступный графический интерфейс пользователя (рис. 1).
- Для продвинутых пользователей доступен консольный ввод.

Самая современная редакция пакета программ по расчёту интегралов Кристоффеля–Шварца SC Toolbox требует наличия установленной версии MATLAB 6.0. При этом пакет работает как независимая платформа под MATLAB – могут появиться некоторые проблемы, например несовместимости интерфейсов.

Но нужно обратить внимание на некоторые недостатки пакета программ SC-Toolbox:

- Интерфейс программы имеет ограниченную функциональность, а также в нем отсутствует возможность гибкой пользовательской настройки.

- Архитектура программы SC-Toolbox достаточно сложная, что затрудняет работу над ее дальнейшей модификацией.
- Для использования пакета пользователю необходимо иметь установленную версию MATLAB, что влечет за собой дополнительные трудности с покупкой дорогостоящей лицензии, установкой и занимаемым объемом жесткого диска.
- Платформа MATLAB накладывает ограничения на дальнейшее развитие программных составляющих ввиду собственной функциональной ограниченности.
- Отсутствует «мобильность», возможность переноса и отдельного запуска вне системы MATLAB.

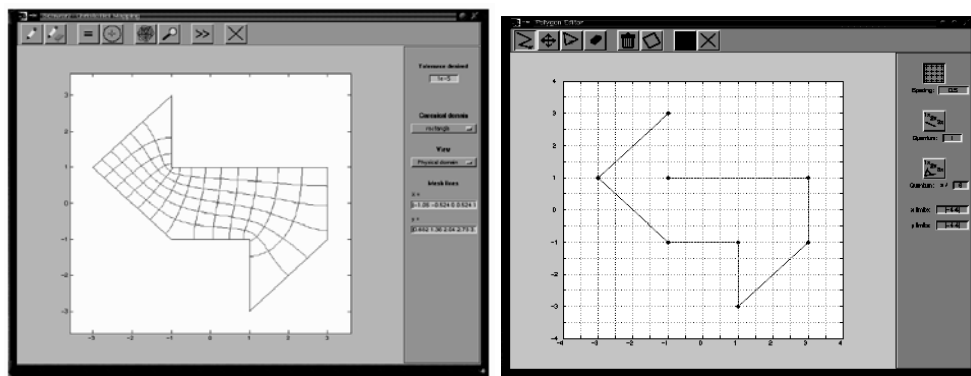


Рис. 1. Графический интерфейс программы SC-Toolbox:
а – основное окно; б – редактор многоугольников

Разработка программной системы. Для того чтобы избавиться от этих серьезных недостатков пакета программ SC-Toolbox, было решено создать собственную программную систему, реализующую расчет численных конформных преобразований Кристоффеля–Шварца на базе опыта SCPACK и SC-Toolbox. Наиболее удобным и быстрым в реализации системы был выбран вариант создания программы на базе уже реализованного пакета программ SCPACK. Таким образом встает задача создания мультязычной программной системы, вычислительное ядро, которой будут составлять реализованные на языке Fortran программы из SCPACK, а программная оболочка и интерфейс будут написаны на удобном и функциональном языке C# [4].

Пакет программ SCPACK обеспечивает внутреннюю функциональность для расчета прямого и обратного преобразования Кристоффеля–Шварца [3]. Последняя доступная версия пакета позволяет проводить вычисления с одинарной и двойной точностью.

Внутренняя структура файлов пакета организована достаточно просто: есть несколько главных подпрограмм, которые пользователь можно вызывать из консоли, и есть подпрограммы второго уровня, которые выполняют ряд второстепенных вычислений и вызываются из тела главных.

Мультязыковое программирование системы начинается в месте вызова подпрограмм на языке Fortran и обмена данными. Для более гибкой структуры будущей программной системы было решено заключить файлы программ из SCPACK в динамически компокуемые библиотеки (DLL). Такой шаг позволяет нам правильно согласовать между собой части системы, написанные на разных языках.

Для того чтобы подпрограммы, написанные на языке Fortran, могли вызываться из тела программы на языке C#, их необходимо дополнить. Связь между частями системы на разных языках осуществляется с помощью служебных атрибутов Microsoft – DLLEXPORT и DLLIMPORT. Атрибуты DLLEXPORT и DLLIMPORT определяют DLL-интерфейс в процессе, который использует их. Объявление функций через DLLEXPORT устраняет потребность в определении модуля (.DEF) файл [5].

В файл программы на языке Fortran добавляется атрибут DLLEXPORT с указанием типа согласования (здесь – это язык Си), имени вызываемой подпрограммы и возвращаемыми параметрами после ключевого слова reference. После чего помещаем файл (.dll) в DLL и переходим к реализации главной программы на языке C#.

```
subroutine abcd(a,b,c,d)
!dec$ attributes c, dllexport :: abcd
!dec$ attributes reference : : c, d
    real*8 a,b,c,d;
    c=a+b
    d=a*b
end
```

В приложении на языке C# для вызова подпрограммы abcd из библиотеки Dll.dll создается ее объявление функции. В круглых скобках DLLIMPORT после имени библиотеки через запятую можно указывать дополнительные параметры вызова (тип кодировки и пр.)

```
class Program
{
    [DllImport(«Dll.dll»)]
    private static extern void abcd(double a, double b, double c, double d);

    static void Main(string[] args)
    {
        double a = 4, b = 5;
        double c,d;
        Console.WriteLine(abcd(a, b, c, d));
    }
}
```

В качестве основного инструмента для работы с программной составляющей на языке Fortran использовался пакет Intel® Parallel Studio XE [6], который содержит в себе компиляторы языка Fortran и различные библиотеки, а также удобно интегрируется в среду программирования Microsoft Visual Studio 2010. После установки данного приложения в области инструментов появляется удобная панель инструментов (рис. 2), а в окне выбора проектов – несколько вариантов проектов на языке Fortran.

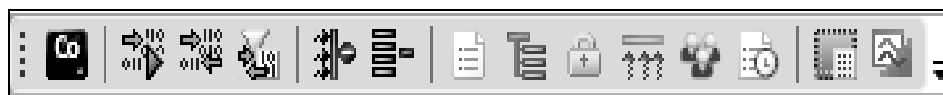


Рис. 2. Панель инструментов Intel Fortran Composer в среде Microsoft VS 2010

Использование пакета Intel® Parallel Studio XE позволяет программисту создавать сложные многоязычные системы, оставаясь в рамках среды Microsoft Visual Studio 2010. Помимо этого, использование данного пакета сводит к минимуму всевозможные ошибки согласования проектов между собой, т.к. при работе с ними используются общие библиотеки и решения.

Весь процесс разработки ядра системы был разбит на несколько этапов:

1. Была выполнена тестовая сборка динамически компокуемой библиотеки на языке Фортран, а затем проверка вызова ее подпрограмм из главной подпрограммы.

2. Главные подпрограммы в файлах пакета SCPACK были дополнены атрибутами DLLEXPORT. Выполнив этот шаг, имеем возможность проверить базовую функциональность пакета, но не имеем доступа ко всем внутренним методам.

3. Создание главного проекта на языке C#, в котором с помощью атрибута DLLIMPORT производится вызов подпрограмм из DLL библиотеки Fortran.

4. Решение тестового примера для проверки работоспособности сборки.

В результате после окончательной сборки вычислительной части системы тестовые запуски показали результаты, совпадающие с полученными ранее в среде языка Fortran.

Дальнейшим этапом развития программной системы, реализующей расчет прямого и обратного преобразования Кристоффеля–Шварца, будет разработка и создание удобного графического интерфейса с возможностью дальнейшего расширения общей функциональности системы.

Заключение. Создание программной системы расчета численных конформных преобразований Кристоффеля–Шварца позволяет избавиться от недостатков других реализаций, которые были описаны в настоящей работе. Данная программная система версия будет иметь гибкую архитектуру и легко настраиваемый пользовательский интерфейс. Использование технологий DLL-библиотек для связи программ на языке Fortran с оболочкой, написанной на языке C#, значительно сократило объем проделанной работы и затраченного времени. Работа над данным программным продуктом дала полезный опыт, который необходим при создании многоязычных решений на любых других языках.

Литература

1. Сычёв А.Н., Чекалин М.А. Методика численных конформных преобразований для анализа микрополосковых структур // 21-я Международ. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникац. технологии» (Крымико'2011): матер. конф. (Севастополь, 12–16 сент. 2011 г.). Севастополь: Вебер, 2011. С. 216–218.

2. Trefethen L.N. SCPACK ver.2. USER'S GUIDE [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.netlib.org/conformal/scdoc>, свободный (дата обращения: 31.08.2012).

3. Driscoll T.A. Algorithm 756: A MATLAB toolbox for SchwarzChristoffel mapping // AMC Trans. Math. Softw., 1996. Vol. 22, № 2. June. P. 168–186.

4. Троелсен Э. Язык программирования C# 2010 и платформа .NET 4. 5-е изд. М.: Вильямс, 2011. 1392 с.

5. Using Intel® Visual Fortran to Create and Build Windows*-Based Applications. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://software.intel.com/sites/products/documentation/hpc/composerxe/en-us/fortran/win/pdf/Creating_Fortran_Win_Apps.pdf, свободный (дата обращения: 31.08.2012).

6. Intel® Parallel Studio XE [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://software.intel.com/en-us/intel-parallel-studio-xe>, свободный (дата обращения: 31.08.2012).

**ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОСВЕТЛЯЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩЕГО ДИОДА
В СРЕДЕ SYNOPSYS TCAD**

Д.Д. Зыков, Т.Н. Шуклина

Приведены результаты теоретического исследования материалов по рассматриваемой теме, а так же результаты рассмотрения примера светоизлучающего диода (СИД) в среде Synopsys TCAD. Для дальнейшего моделирования предложено использовать просветляющие покрытия для рассматриваемой структуры СИД пленки SiO и SiO₂.

Ключевые слова: светоизлучающий диод, просветляющие покрытия, Synopsys TCAD, внешний квантовый выход, внутренний квантовый выход, гетероструктура СИД.

За последние годы светодиодные технологии сделали большой качественный скачок в развитии. Основным достижением стало значительное снижение стоимости светодиодов и увеличение их световой отдачи (относительная величина: световой поток (лм)/потребляемая мощность (Вт)). Улучшение характеристик светодиодных компонентов предоставило новые возможности для расширения области применения светодиодных технологий. Повышение эффективности использования светодиодов дает колоссальные резервы для роста производства светодиодных элементов [1].

Приборно-технологическое моделирование, или TCAD (Technology Computer Aided Design), – это область научных знаний и прикладных программных инструментов, позволяющих осуществлять многомерное моделирование интегральных полупроводниковых структур, используя в качестве исходной информации описание технологического процесса их изготовления [2].

Для создания светодиодного кристалла прежде всего нужен p – n -переход, т.е. контакт двух полупроводников с разными типами проводимости. Для этого приконтактные слои полупроводникового кристалла легируют разными примесями: по одну сторону акцепторными, по другую – донорскими. Но не всякий p – n -переход излучает свет, так как эффективная люминесценция возможна лишь в случае, когда энергия фотона сравнима с шириной запрещенной зоны полупроводника или ненамного ее превышает. Во-вторых, вероятность излучения при рекомбинации электронно-дырочных пар должна быть высокой, для чего полупроводниковый кристалл должен содержать мало дефектов, из-за которых рекомбинация происходит без излучения.

На самом деле, чтобы соблюсти оба условия, одного p – n -перехода в кристалле оказывается недостаточно, и приходится изготавливать многослойные полупроводниковые структуры, так называемые гетероструктуры. Гетероструктура – термин, обозначающий выращенную на подложке слоистую структуру из различных полупроводников, в общем случае отличающихся шириной запрещенной зоны. Между двумя различными материалами формируется гетеропереход, на котором возможна повышенная концентрация носителей. Гетеропереходы обычно используются для создания потенциальных ям для электронов и дырок в многослойных полупроводниковых структурах (гетероструктурах).

Поскольку глаз чувствителен только к свету с энергией $h\nu \geq 1,8$ эВ (от $\sim 0,7$ до $\sim 0,4$ мкм), то полупроводники, которые могут быть использованы для созда-

ния светодиодов видимого диапазона, должны иметь ширину запрещенной зоны $g \Delta E$ больше этого значения.

Таким образом, основу светодиода составляет искусственный полупроводниковый кристалл, в котором и реализован p – n -переход. Цвет свечения зависит от материала кристалла. Для усиления яркости свечения в состав кристалла вводят специальные добавки, наносят просветляющие покрытия, применяют многослойные структуры, что позволяет реализовать в одном кристалле несколько p – n -переходов. Кристалл помещают на металлическое основание, которое является отражателем и катодом. С помощью соединительного проводка кристалл соединяют с анодным выводом. Затем всю конструкцию помещают в корпус определенной формы.

Также СИД характеризуются внешним и внутренним квантовым выходом:

$$\eta_{\text{внутр}} = \frac{N_{\phi}}{N_{\text{пар}}} . \quad (1)$$

Внутренний квантовый выход – отношение числа излученных фотонов к числу рекомбинированных пар носителей. В идеале $\eta_{\text{внутр}} = 100\%$, но из-за наличия безызлучательных переходов на самом деле он меньше (и значительно). Наилучшими с точки зрения $\eta_{\text{внутр}}$ являются светодиоды из GaAs ($\eta_{\text{внутр}}$ близок к 100%). В светодиодах на основе других материалов $\eta_{\text{внутр}}$ меньше значительно, но и при таких значениях этого достаточно для практического использования. Аналогично $\eta_{\text{внутр}}$ определяется и внешний квантовый выход – $\eta_{\text{внеш}}$. Внешний квантовый выход – отношение числа фотонов, вышедших из светодиода, к числу излученных фотонов:

$$\eta_{\text{внеш}} = \frac{N}{N_{\phi}} . \quad (2)$$

Следует отметить, что даже при высоком внутреннем квантовом выходе внешний квантовый выход светодиодов оказывается значительно ниже, т. к. из-за высокого показателя преломления полупроводника большая часть квантов света испытывает полное внутреннее отражение на границе раздела полупроводника с окружающим воздухом. После отражения может происходить поглощение квантов света.

Для увеличения $\eta_{\text{внеш}}$ применяют различные просветляющие покрытия внешней поверхности светодиодов – прозрачные слои вещества толщиной в $\lambda/4$ с показателем преломления, равным n . Просветляющие покрытия увеличивают $\eta_{\text{внеш}}$ примерно в 1,5 раза вне зависимости от структуры светодиода. Можно применять многослойные просветляющие покрытия для увеличения $\eta_{\text{внеш}}$, но это усложняет технологию изготовления светодиодов [3]. Просветляющее покрытие выбирают на основании структуры светодиода.

Возможности Synopsys TCAD дают возможность для физического моделирования полупроводниковых светодиодов. Так, в работе была рассмотрена существующая в библиотеке Synopsys TCAD структура GaN светоизлучающего диода. Гетероструктура СИД состоит из 13 слоев, состав представлен в таблице.

Использование квантовых ям позволяет локализовать носители заряда в тонком слое активной области, увеличив вероятность рекомбинации и, кроме того, свести до минимума поглощение излучения в полупроводниковой структуре, обеспечив тем самым высокий внешний выход светодиода [4]. В структуре есть буфер. Он необходим для снижения потерь на межсоединении.

Данная модель имитации GaN светоизлучающего диода, предусматривает два эксперимента для различных конфигураций устройства. Итак, имитация разделена на 2 эксперимента, контролируемых Setaurus Workbench при помощи параметра atonBottomWidth, который представляет ширину подложки структуры (atonBottomWidth [μm] установлено 190 и 290) [5].

Состав гетероструктуры GaN СИД

1	GaN	Cap
2	AlGaN	Window
3	InGaN	QW1
4	GaN	Barrier1
5	InGaN	QW2
6	GaN	Barrier2
7	InGaN	QW3
8	GaN	Barrier3
9	InGaN	QW4
10	GaN	Barrier4
11	GaN	Buffer
12	AlGaN	Grading
13	SiC	Substratum

Примечание. QW – квантовая яма; Barrier – барьер; Grading – выравнивание концентрации; Substratum – подложка; Buffer – буфер.

Графические характеристики данного светодиода можно визуализировать с помощью модуля Inspect. Inspect является модулем, предназначенным для эффективного просмотра графиков, кроме того, он позволяет экстрагировать параметры. Пользователь может в интерактивном режиме настраивать отображение кривых на графике, используя для этого скрипты.

График спектра спонтанной эмиссии изображен на рис. 1.

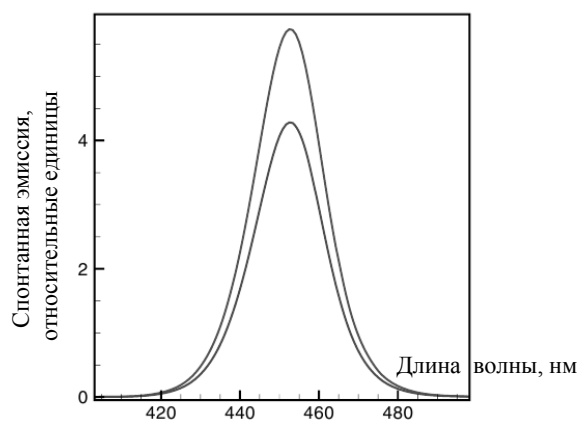


Рис. 1. Спектр спонтанного излучения для СИД с (верхний график) и без (нижний график) пирамидальной структуры на подложке

На рис. 2 представлен график зависимости внутреннего квантового выхода от тока.

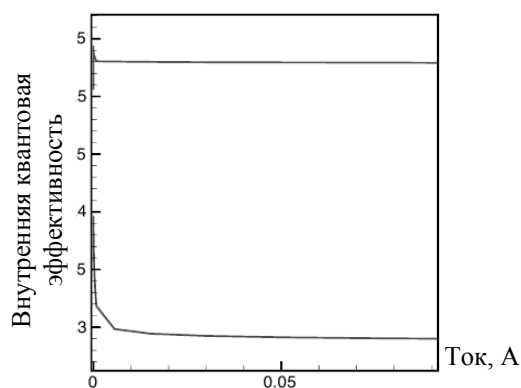


Рис. 2. Внутренний квантовый выход по отношению к электрическому току для СИД с (верхний график) и без (нижний график) пирамидальной структуры на подложке

Зависимость внутреннего квантового выхода показывает, что пирамидная структура в подложке СИД делает зависимость более эффективной.

Заключение. На основании уже проведенных другими исследователями теоретических и практических опытов [6–8], для просветляющего покрытия были выбраны пленки SiO и SiO₂. Так как показатель преломления GaN имеет величину порядка 2,4, то на границе раздела с окружающей средой будет иметь место коэффициент внутреннего отражения, что существенно снижает внешнюю квантовую эффективность СИД. Поэтому необходимо применение просветляющего покрытия, обладающего высоким пропусканием в узкой полосе спектра излучения кристалла 450–455 нм и высоким коэффициентом отражения в остальной области спектра. Для этих целей подходят тонкие слои как диоксида ($n_1=1,46$), так и оксида кремния ($n_1=1,96$). Выбор этих типов покрытия объясняется не только основанием на уже проведенные опыты, но и их дешевизной и высокой степенью технологичности процесса получения. Таким образом, при нанесении выбранных просветляющих покрытий увеличит величину внешнего квантового выхода.

Литература

1. Лыско Р. Светлое будущее светодиодных технологий в России // Поверхностный монтаж. 2010. №3 (83). Апр. С. 10–11.
2. Зыков Д.Д., Осипов К.Ю. Системы автоматизированного моделирования технологических процессов и технологических маршрутов производства СВЧ МИС, оптимизация производства (основы САПР Synopsys TCAD): учеб. пособие. Томск: В-Спектр, 2010. 76 с.
3. Базир Г.И. Физические основы электроники: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2006. 61 с.
4. Войцеховский А.В., Несмелов С.Н., Кульчицкий Н.А., Мельников А.А. Светодиодающие гетероструктуры AlGaIn/InGaIn/GaN с множественными квантовыми ямами // Нано- и микросистемная техника. 2011. №5. С. 16–23.
5. Synopsys Inc. Sentaurus Technology Template: Simulation of a GaN Light-Emitting Diode. 2007. 8 с.
6. Данилина Т.И., Троян П.Е., Чистоедова И.А. Создание микрорельефных поверхностей в просветляющих оптических покрытиях для повышения внешней квантовой эффективности синих светодиодов на основе GaN // Доклады ТУСУРа. 2011. №2 (24). Дек. Томск: В-Спектр. Ч. 2. С. 64–67.

7. Гончарова Ю.С. Просветляющие и отражающие наноразмерные покрытия для полупроводниковых источников света // Доклады ТУСУРа. 2010. №2 (22). Дек. Томск: В-Спектр. Ч. 2. С. 203–205.

8. Корчагин А.И., Мошкина А.В. Исследование оптических характеристик просветляющих покрытий для светодиодов // Научная сессия ТУСУР–2011. Томск: В-Спектр, 2011. Ч. 2. С. 19–22.

УДК 681.3.069

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ

С.М. Стручков, А.Н. Сычев

Предложена реализация алгоритма вычисления параметров и частотных характеристик микрополосковых линий передач, предназначенная для упрощения моделирования распределенных компонентов интегральных схем СВЧ.

Ключевые слова: СВЧ, микрополосковые линии передач, матрица рассеяния.

Современному радиоинженеру-конструктору в своей практике неизбежно приходится сталкиваться с высокочастотной и сверхвысокочастотной аппаратурой. Области применения последней весьма обширны – сотовая связь, радио- и телевидение, радиолокация, беспроводной Интернет, медицина и т.п. При проектировании ВЧ- и СВЧ-устройств и систем необходимы два важнейших инструмента – измерительные приборы и компьютерные средства разработки [1].

Описание параметров СВЧ-элементов, наиболее адекватное протекающим в них волновым процессам, дает волновая матрица рассеяния $[S]$ [2].

Описание алгоритма расчета

Данная программа позволяет производить расчеты для нескольких типов связанных многопроводных линий (СМЛ). Алгоритм определения S -матрицы отрезка СМЛ реализован в виде библиотеки на языке Fortran. Подключенные к графическому интерфейсу программы MCLDesigner на языке C# можно условно разбить на три этапа:

- Вычисление матрицы емкостных коэффициентов $[C]$. Задача решается в статическом приближении методом интегральных уравнений без учета потерь.

- Определяются собственные значения β_k и матрица собственных векторов $[R]$ [3].

- Определяется S -матрица

$$[S] = ([I] - [Y])([I] + [Y])^{-1},$$

где $[Y] = -j[\bar{Q}][\bar{C}][\bar{R}][\bar{q}][\bar{\Phi}][\bar{R}]^{-1}[\bar{Q}]$.

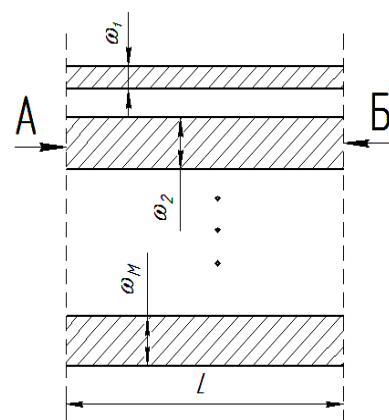


Рис. 1. Отрезок СМЛ
(вид сверху)

Элементы квадратных матриц $[\bar{Q}], [\bar{C}], [\bar{R}], [\bar{q}], [\bar{\varphi}]$ порядка $2K \times 2K$ имеют вид $Q_{mn} = \delta_{mn} \sqrt{Z_0/Z_c}$, где δ_{mn} – символ Кронекера; Z_0 – волновое сопротивление линии, подключаемой к n -му плечу (при расчетах использовалось значение по умолчанию – 50 Ом), $Z_c = 120\pi$, $m = n = 1, 2, \dots, 2K$, K – число полосок;

$$[\bar{C}_{kl}] = \begin{bmatrix} C_{kl} & 0 \\ 0 & C_{kl} \end{bmatrix}, k, l = 1, 2, \dots, K;$$

C_{kl} – элемент матрицы $[C]$ – нормированной к ε_0 ;

$$[\bar{R}_{kl}] = \begin{bmatrix} R_{kl} & 0 \\ 0 & R_{kl} \end{bmatrix}, k, l = 1, 2, \dots, K;$$

R_{kl} – элемент матрицы $[R]$:

$$[\bar{q}_{kl}] = \delta_{kl} \begin{bmatrix} k_0/\beta_k & 0 \\ 0 & k_0/\beta_k \end{bmatrix};$$

$$[\bar{\varphi}_{kl}] = \delta_{kl} \begin{bmatrix} \text{ctg}\theta_k & -1/\sin\theta_k \\ -1/\sin\theta_k & \text{ctg}\theta_k \end{bmatrix},$$

где $k_0 = 2\pi/\lambda$; $\theta_k = \beta_k L$; L – длина области связи, мм.

Реализация программной системы. Для данной задачи была выбрана модульная структура, которая позволяет подключать уже имеющиеся вычислительные программы к единому графическому интерфейсу пользователя (Graphical User Interface, GUI), который позволяет разработчику выбирать нужные параметры для моделирования СМЛ и получать результаты в привычной для него форме.

С целью упрощения задачи использовались уже готовые программные продукты на языке Fortran, которые позволяют решить поставленную задачу, данные программы были адаптированы под поставленную задачу и скомпилированы в виде динамически подключаемых библиотек (англ. dynamic-link library, DLL). Полученные библиотеки подключаются к GUI, написанному на языке C#.

В графической оболочке вызываются необходимые функции из этой библиотеки. Если аргумент у подпрограммы просто число (целое или вещественное), то все выполняется корректно. Сложность во взаимодействии заключается в передаче массивов. Во-первых, необходимо одинаково определить массивы в двух языках, во-вторых, нумерацию массивов. В Fortran любая n -мерная матрица записывается как одномерная.

Чтобы использовать функцию Fortran или подпрограмму в управляемом классе, внутри класса необходимо определить статический метод для каждой функции Fortran или подпрограммы, которую необходимо вызвать. Для идентификации DLL и функции используется DllImportAttribute.

Fortran-подпрограмма:

```
subroutine fsub (a,b)
!dec$ attributes dllexport :: fsub
integer :: a,b
end subroutine
```

C# класс-оболочка:

```
Public class FortranDllWrap
{
[DllImport(«FDll.dll», CallingConvention = CallingConvention.StdCall)]
private static extern void fsub(ref int a, ref int b);
}
```

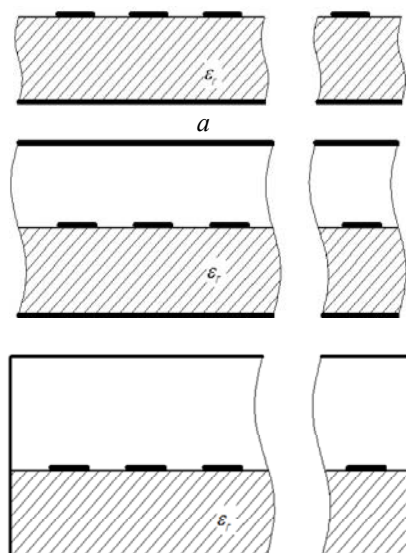


Рис. 2. Поперечные сечения СМЛ

Автозаполнение), в данном случае рассчитывается первый тип СМЛ (см. рис. 2, *a*).

Пример расчета характеристик трех связанных несимметричных полосковых линий (НПЛ) первого типа (см. рис. 2, *a*) в данной программе приведен на рис. 3 и рис. 4.

На рис. 3 представлен пример пользовательского интерфейса. Все кнопки и элементы расположены в соответствии с восприятием человека [4]. В верхней части окна имеется поле ввода, где разработчик выбирает количество линий передач (**Число линий**), **тип СМЛ** (1, 2 или 3 в соответствии с рис. 2), кроме этого, пользователь вводит значения параметров для выбранного типа СМЛ. Поля **Ширина полос** и **Зазоры между полосками** автоматически отображают количество полей для ввода значений в зависимости от числа линий. В нижней части располагается поле вывода, где после нажатия на кнопку **Рассчитать** отображаются результаты расчетов (матрица рассеяния, относительные проницаемости и скорректированные результаты ширины для каждой линии). Для демонстрационного режима предусмотрено автоматическое заполнение данных (кнопка

Рис. 3. Графический интерфейс пользователя (GUI) программы

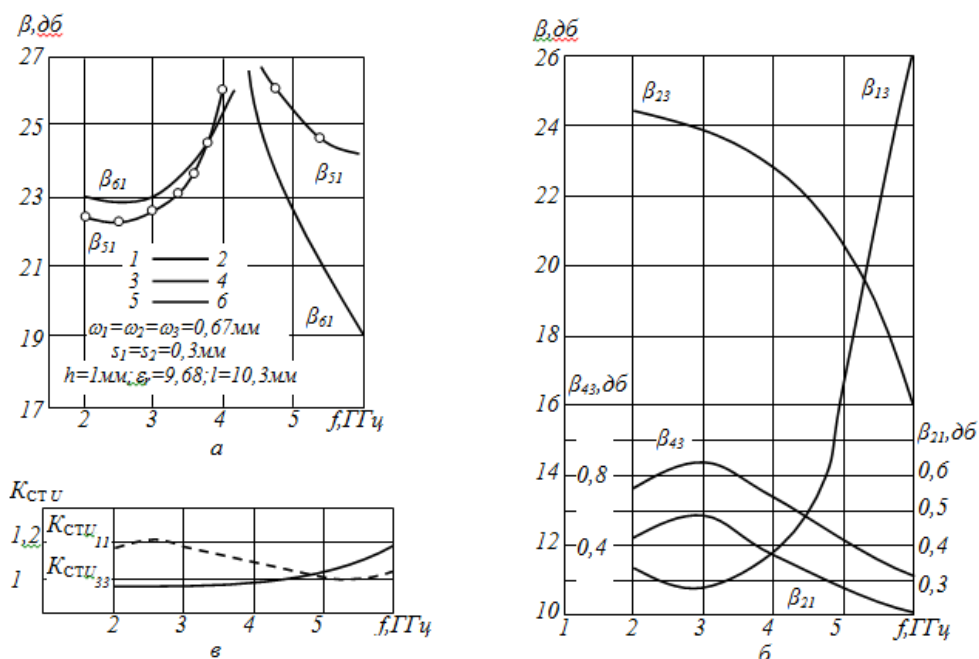


Рис. 4. Пример результатов расчета по программе

Данная программная система способна рассчитать отрезок СМЛ, состоящий из двадцати линий передач.

Заключение. В ходе проделанной работы на основе концепции многоязыкового программирования был разработан программный интерфейс для каждой из интересующих подпрограмм, ранее написанных на языке Fortran. Последние были реализованы в виде динамических библиотек DLL. Это позволило использовать обширный «старый» программный ресурс и адаптировать его к новым вызывающим программам, написанным на современном языке C#. При этом графический интерфейс пользователя GUI также написан на C#.

Таким образом, была заложена основа для последующего развития программного продукта и возможность внедрения в такой комплекс программ для проектирования ВЧ- и СВЧ-оборудования, как Microwave Office. Реализован дружественный графический интерфейс пользователя, позволяющий быстро и удобно варьировать различные параметры СМЛ для расчетов и реализации широкого класса СВЧ-элементов: фильтров, направленных ответвителей, фазовращателей и т.п.

Литература

1. Сычев А.Н. Комбинированный метод частичных емкостей и конформных отображений для анализа многомодовых полосковых структур. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. 138 с.
2. Бахарев С.И. Справочник по расчетам и конструированию СВЧ полосковых устройств / С.И. Бахарев, В.И. Вольман, Ю.Н. Либ. М.: Радио и связь, 1982. 328 с.
3. Кравченко С.И. Расчет матрицы рассеяния для конечного числа связанных линий / С.И. Кравченко, С.И. Бахарев, И.А. Костин // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОТ. 1977. Вып. 11. С. 3–10.
4. Баканов А.С. Проектирование пользовательского интерфейса: эргономический подход / А.С. Баканов, А.А. Обознов. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. 184 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции – Шелупанов Александр Александрович, д.т.н.,
профессор, зав. каф. КИБЭВС, проректор по научной работе*

УДК 004.056

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

К.О. Беляков, Р.В. Мещеряков

Рассмотрены перспективы развития информационно-управленческих сетей для реализации образовательных проектов в Российской Федерации.

Ключевые слова: информационная безопасность, защищенная сеть, информатизация образования.

В настоящее время происходит быстрый рост инфокоммуникационных технологий (ИКТ). Вместе с ними развиваются и средства информатизации образования. На этом этапе требуется предусмотреть проблемы, которые могут возникнуть при этом развитии, и принять системные меры для их предотвращения. В связи с этим органам управления образованием важно не только обеспечивать построение необходимой инфраструктуры – каналов связи, серверов, пользовательской аппаратуры, но и уделять как можно больше внимания содержательной части инфокоммуникационных образовательных услуг (ИКОУ) [1].

Первая из проблем, которые могут возникнуть, заключается в нецелевом использовании ресурсов, затрачиваемых на построение инфраструктуры, необходимой для информатизации образования. Как известно, доступность развитых ИКТ не является достаточным условием успешного решения задач, для которых эти технологии внедряются. Как показывает практика, если процесс развития массовых ИКТ не контролируется, основная часть возникающих при этом возможностей используется не для решения социальных задач, а для предоставления услуг развлекательного характера. Согласно прогнозам [2], к 2016 г. следует ожидать, что доля информации, передаваемой пользователями в онлайн-играх, по отношению к общему трафику увеличится более чем в 2 раза. Очевидно, что среди детской и подростковой аудитории этот эффект будет выражаться еще сильнее. В связи с этим без средств контроля и ограничений создаваемые в процессе информатизации возможности будут использоваться неэффективно. Этой проблеме было уделено много внимания на прошедшей в Санкт-Петербурге встрече стран Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС), что нашло отражение в тексте Петербургской декларации, принятой по итогам совещания министров связи стран АТЭС [3].

К проблеме нецелевого использования ресурсов относится также наблюдаемое явление увеличения количества передаваемых данных в расчете на одну оказанную услугу. Стремительное развитие ИКТ часто дает иллюзию неограниченной емкости каналов связи, в результате чего вместе с действительно необходи-

мой информацией передается большое количество данных, несущих рекламную или декоративную функцию (например, баннеры или многочисленные элементы графического оформления веб-страниц). По этой причине лишь малая часть передаваемого сегодня трафика несет полезную нагрузку [4].

Вторая проблема связана с опасностью потери государственного контроля над образованием. В ситуации, когда в образовательном процессе появляются новые участники – поставщики ИКОУ, требуется принимать специальные меры, чтобы сохранить те возможности регулирования, которые имеются при использовании традиционных образовательных технологий.

Наконец, третьей возникающей проблемой является риск уменьшения качества получаемого образования. ИКТ потенциально позволяют предоставить учащимся доступ к огромному количеству информации по самым разным предметам. Однако это является преимуществом только в случае, если учащийся уже имеет какие-либо систематические знания в данной предметной области. Кроме того, в этом случае он должен обладать развитыми навыками поиска нужных данных из разнородных источников. В противном случае у учащегося не будет сформировано целостное представление об изучаемом предмете. В связи с этим имеет смысл предоставлять доступ к большим базам знаний только на высших ступенях обучения, а также для учебно-методического персонала. Для школьного же обучения, по мнению авторов, вместо практикуемого сейчас свободного доступа к Интернету более целесообразно развивать специальные системы, позволяющие использовать ограниченное количество утвержденных учебных пособий, соответствующих комплексному плану обучения.

Вышеперечисленных проблем можно избежать, если не пытаться для оказания ИКОУ применять модель, наиболее часто используемую в настоящее время для других инфокоммуникационных услуг, при которой абонент имеет выбор между большим количеством поставщиков услуг, однако несет полную ответственность за этот выбор в том смысле, что он практически не защищен от некачественного оказания услуги. Для ИКОУ, как и для многих других типов инфокоммуникационных услуг, более целесообразно использовать другую, централизованно-иерархическую модель, в которой все операции, связанные с оказанием услуги, проходят через систему центров разных уровней (местного, районного, регионального, федерального). Если центры не только являются посредниками при взаимодействии рядовых объектов (в данном случае – потребителей и поставщиков ИКОУ), но и контролируют качество оказания услуги, а в случае низкого качества несут ответственность, то в таком случае можно говорить о создании доверительной среды, которая наиболее хорошо подходит для социально важных услуг.

Система «ТВ-Информ-Образование», основанная на этом принципе, была построена уже более десяти лет назад. Она была предназначена для передачи цифровых данных за счет уплотнения аналогового телевизионного сигнала дополнительной информацией, которую абоненты могли получать по сети телевидения с помощью специального приемного устройства и персонального компьютера [5]. Развитием этой идеи является концепция информационно-управленческой сети (ИУС), пилотный проект которой с середины 2012 г. внедряется в г. Томске. Использование современных ИКТ, в частности цифрового телевизионного сигнала, обладающего гораздо большей пропускной способностью, позволяет обеспечивать существенно более высокую производительность и реализовать

новые возможности для предоставления инфокоммуникационных услуг, в том числе образовательных. Схема организации ИУС представлена на рис. 1.

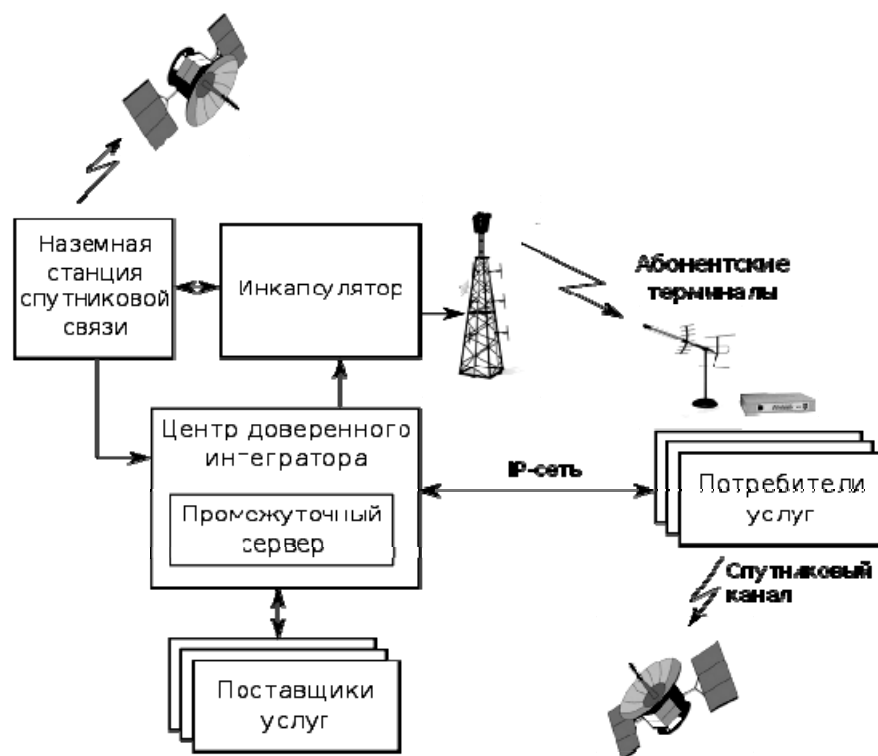


Рис. 1. Схема организации ИУС

Литература

1. Ваграменко Я.А., Зобов Б.И. Телекоммуникационные сети информационного обеспечения сельских школ // Педагогическая информатика. 2002. № 1. С. 5–13.
2. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2011–2016: Отчет Cisco: 2012. 05.
3. Saint Petersburg Declaration – Building Confidence and Security in the Use of ICT to Promote Economic Growth and Prosperity. 2012. http://www.apec.org/Meeting-Papers/Ministerial-Statements/Telecommunications-and-Information/2012_tel.aspx.
4. Сарьян В.К., Сущенко Н.А. Проблемы относительного развития каналов связи и программного обеспечения для оказания инфокоммуникационных услуг // Труды НИИР. 2013. Т. 1. Готовится к публикации.
5. Ваграменко Я.А., Зобов Б.И., Сарьян В.К. Информационное обеспечение молодежной среды // Педагогическая информатика. 2001. №1. С. 35–42.
6. Issues affecting the evaluation of the beneficial effect of new technologies and ways to solve these issues, 23rd European Regional Conference of the International Telecommunication Society / International Telecommunications Society. Vienna, 2012.
7. Назаренко А.П., Сарьян В.К., Сущенко Н.А. Единый критерий оценки эффективности использования частотного спектра // Электросвязь. 2009. № 10. С. 24–28.

СИСТЕМА ШИФРОВАНИЯ ИСПОЛНЯЕМОГО КОДА В СРЕДЕ WINDOWS

Е.М. Давыдова, А.А. Чичерин

Рассмотрены методики и приемы, применяемые при шифровании исполняемого кода, которые могут использоваться для усиления защиты ПО от изучения.

Ключевые слова: шифрование, защита исполняемого кода.

Целью работы является создание системы, предназначенной для защиты программ от изучения. Шифрование в сочетании с другими методами, применяемыми при защите ПО (антиотладочные приемы, запутывание кода), значительно усложняет анализ и восстановление алгоритмов и методик, применяемых в защищаемом ПО.

Для того чтобы шифрование было возможно, требуется, чтобы в шифруемой функции не было перемещаемых элементов [1]. Поэтому при компиляции будет задействован ключ линкера, удаляющий перемещаемые элементы (для линкера `link.exe` от Microsoft это ключ `/FIXED`). Чтобы шифрование было возможно, требуется знать как адрес шифруемой функции, так и ее размер. Узнать при расшифровании адрес функции на языке программирования C/C++ не составляет труда: `(LPBYTE)<имя функции>`. Для определения размера шифруемой функции вначале было решено применять метки в исходном коде и высчитывать между ними разность (схема представлена на рис. 1).

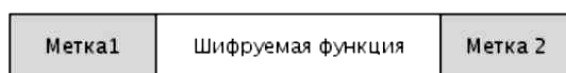


Рис. 1. Схема расположения функций в памяти

Если предположить, что такой подход будет использоваться для большого количества исполняемых файлов, то данные метки можно забивать произвольным ассемблерным кодом, но проблема может возникнуть не в этом. Проблема в том, что компилятор не всегда располагает функции в порядке их определения. Для решения этой проблемы можно использовать возможность линкера создавать тар-файл, в котором будут указаны адреса всех функций и структур данных (рис. 2). В тар-файле представлены VA-адреса функций, и для перевода их в физический адрес требуется вычесть адрес загрузки и виртуальный адрес секции, после чего прибавить физическое смещение адреса начала секции [2, 3].

Для того чтобы расшифрование исполняемого кода в оперативной памяти было возможно, требуется, чтобы на страницу памяти, в которой находится данный код, был назначен атрибут записи. Это можно сделать двумя способами: назначить атрибут записи для всей секции кода при компиляции либо назначить право записи на страницы памяти прямо перед расшифрованием. Первый способ опознается уже при начальном изучении программы в отладчике. Второй способ можно осуществить в среде Windows посредством вызова функции `VirtualProtect` для назначения права записи до расшифрования и вызова его же, с другими атрибутами, для того, чтобы забрать право записи после расшифрования. Данный вызов также возможно отследить, но для этого потребуются намного больше действий злоумышленника при изучении ПО.

За семестр было написано ПО, у которого одна из функций зашифрована с использованием статического шифрования с постоянным декриптором на ключе, генерируемом случайно. В данном ПО применены приемы, описанные выше. В данный момент разработанное ПО может применяться только для ПО компилируемого производителем, и не может применяться для защиты готового исполняемого кода.

```

2
3 Timestamp is 4ec8cb2e (Sun Nov 20 15:41:02 2011)
4
5 Preferred load address is 00400000
6
7 Start      Length   Name                Class
8 0001:00000000 000003a3H .text              CODE
9 0002:00000000 00001e41H code              CODE
10 0003:00000000 00000054H .idata$5           DATA
11 0003:00000058 00000190H .rdata             DATA
12 0003:000001e8 0000003cH .idata$2           DATA
13 0003:00000224 00000014H .idata$3           DATA
14 0003:00000238 00000054H .idata$4           DATA
15 0003:0000028c 0000017cH .idata$6           DATA
16 0003:00000408 00000000H .edata             DATA
17 0004:00000000 00000008H .data              DATA
18 0004:00000008 00000cf8H .bss               DATA
19
20 Address      Publics by Value    Rva+Base    Lib:Object
21
22 0000:00000000 ___safe_se_handler_count 00000000 <absolute>
23 0000:00000000 ___safe_se_handler_table 00000000 <absolute>
24 0001:00000000 ?_copy@Mem@YAXPAX0K@Z 00401000 f mem.obj
25 0001:00000024 ?getLdrBaseCf@Core@YAXPAEK@Z 00401024 f core.obj
26 0001:00000048 ?_decryptFunction@Core@YA_NPAEKK@Z 00401048 f core.obj
27 0001:0000009c ?_installBot@Core@YAXPAULDRINSTALLDATA@Z 0040109c f core.obj
28 0001:00000137 ?EntryPoint@Core@YGXXZ 00401137 f core.obj
29 0001:00000170 ?getToFile@Http@YA_NPAXPADK@Z 00401170 f http.obj
30 0001:00000286 @_security_check_cookie@4 00401286 f LIBCMT:secchk.obj
31 0001:00000295 _report_gsfailure 00401295 f LIBCMT:gs_report.obj
32 0001:0000039b crt_debugger_hook 0040139b f LIBCMT:dbghook.obj

```

out/map.txt 48 utf-8 0x 32.2 2%

Рис. 2. MAP-файл

Заключение. Изучены методики и приемы, которые могут применяться при шифровании исполняемого кода. Требуется продолжение исследований по данной теме для расширения области применения и возможности использования для шифрования уже готового исполняемого файла, а не как сейчас – шифровании только после компиляции исполняемого кода. Также для усиления защиты и затруднения изучения кода требуется использовать полиморфный декриптор.

Литература

1. Касперски К. Компьютерные вирусы изнутри и снаружи / К. Касперски. 1-е Изд. СПб.: Питер, 2007. 527 с.
2. Касперски К. Отладка без исходных кодов / К. Касперски. 1-е Изд. СПб.: Питер, 2008. 540 с.
3. Обзор PE-формата. Ч. 1 [Электронный ресурс]. 2002. Режим доступа: <http://wasm.ru/article.php?article=1002001>, свободный.

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОЙ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

О.Т. Данилова, Е.Н. Толстых, Е.В. Широков

Излагается способ анализа системы защиты информации, основанный на использовании методов комплексной сравнительной оценки. Преимущества рассматриваемого способа состоят в том, что, во-первых, он базируется на комплексном многомерном подходе в оценке такого сложного явления, как структурные изменения, происходящие в системе защиты; во-вторых, логика способа позволяет преодолеть недостатки методов оценки структурных изменений и тем самым избежать субъективизма отдельных показателей; в-третьих, методика отличается простотой и универсальностью.

Ключевые слова: информационная безопасность, комплексный анализ.

Анализ системы информационной безопасности (СЗИ) должен позволять получить полную и объективную оценку защищенности информационных процессов, локализовать имеющиеся проблемы и разработать эффективную программу построения системы обеспечения информационной безопасности организации. К сожалению, существуют препятствия как методологического, так и организационного характера тому, чтобы комплексная оценка удовлетворяла этим требованиям. Поэтому нередко возникают ситуации, когда полученные тем или иным способом обобщающие оценки СЗИ не соответствуют действительности или на практике не оправдывают усилий, затраченных на сбор и обработку данных.

Методы многомерного анализа. Комплексная сравнительная оценка включает следующие методы:

1. Метод суммирования показателей – используется в случае одинаковой направленности исходных показателей и их общей сопоставимости.
2. Метод суммы мест – анализируемые объекты ранжируются по показателям-стимуляторам в порядке возрастания и по показателям-дестимуляторам в порядке убывания.
3. Метод расстояний – преимущество метода перед другими методами обусловлено использованием приема нормирования, когда значения показателя всех сравниваемых объектов делятся на так называемое эталонное (другими словами, оптимальное) значение показателя.
4. Таксонометрический метод – не только учитывает абсолютные значения показателей, но и позволяет элиминировать их различную вариацию и является обобщением метода расстояний.
5. Метод стандартизованных коэффициентов.
6. Метод суммы баллов с заданной непрерывной шкалой на выбранном отрезке.
7. Метод суммы баллов с различными шкалами для разных показателей.

В методах 6–7 кроме исходных данных о значениях показателей, задаются шкалы для оценки каждого показателя. Это требует разработки большого числа шкальных оценок, которые необходимо согласовывать между собой.

Этапы представляемой методики оценки качества объектов СЗИ

Этап 1. Определяются цели и условия функционирования предприятия – владельца информационных ресурсов, поскольку уровень информационной безо-

пасности предприятия – это одна из характеристик его жизнеспособности. При анализе СЗИ предприятия некоторые положения комплексной оценки соответственно будут пересекаться с определенными видами деятельности предприятия. В основном это затрагивает формирование стратегических интересов организации и соответственно их количественного толкования.

Этап 2. Формируется необходимая база системного анализа и выбирается исходная система показателей.

Этап 3. Проводится сбор исходной информации.

Этап 4. Производится расчет и оценка значений частных показателей (мест, балльных оценок, коэффициентов по исходным показателям и т.д.).

Этап 5. Формируются группы показателей или отдельного критерия, определенного как мера для сравнения количественных показателей исследуемой операции в отношении затрачиваемых усилий и получаемых результатов.

Критерий должен отвечать следующим основным требованиям:

- иметь ясный физический смысл;
- быть определяющим и соответствовать основной цели функционирования системы, подсистемы или элемента;
- учитывать основные детерминированные и стохастические факторы, определяющие уровень безопасности системы;
- быть критичным к анализируемым параметрам и достаточно чувствительным к ним.

Необходимое условие – все показатели должны иметь одинаковую направленность – либо на увеличение, либо на уменьшение, то есть увеличение любого частного показателя рассматривается как улучшение результатов деятельности и наоборот.

Этап 6. Задается матрица X , в которой x_{ij} – величина j -го показателя i -го объекта:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{im} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}.$$

Задание исходных данных в виде матрицы позволяет исследовать изменения либо значений признаков у различных объектов, либо значений признаков, описывающих состояние одного объекта во времени.

Этап 7. Задается вектор K , элементы которого отражают значимость j -го показателя:

$$K = (k_1 \quad \dots \quad k_j \quad \dots \quad k_n).$$

Этап 8. Задается вектор S , элементы которого принимают значения:

- 1, если j -й показатель – дестимулятор;
- + 1, если j -й показатель – стимулятор.

Стимуляторы – это показатели, соответствующие максимальному значению наилучших единичных критериев. Дестимуляторы – это показатели, соответствующие минимальному значению наилучших единичных критериев. На этом этапе проводится операция стандартизации признаков (показателей), поскольку разные признаки могут иметь различную размерность.

Этап 9. Проводится операция стандартизации признаков (показателей), поскольку разные признаки могут иметь различную размерность. Для выполнения операции определяются:

- средняя арифметическая признака $X_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m X_{ij}$;
- среднее квадратическое отклонение j -го признака $\sigma_i = \left[\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (X_{ij} - X_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$;
- стандартизованное значение j -го объекта $Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_j}{\sigma_i}$.

Этап 10. Формируется стандартизованная матрица вида

$$X = \begin{pmatrix} z_{11} & \dots & z_{1j} & \dots & z_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{i1} & \dots & z_{ij} & \dots & z_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{m1} & \dots & z_{im} & \dots & z_{mn} \end{pmatrix}.$$

Этап 11. Производится расчет точки-эталона P_0 , обусловленный тем, что в одномерном пространстве происходит попарное сравнение показателей. Эталонном будет точка (вектор), образованная по правилу: среди признаков-стимуляторов отбираются признаки с максимальными значениями, а среди признаков-дестимуляторов – с минимальными.

Этап 12. Ранжируются объекты по степени убывания характеристик. Этот этап занимает важное место в системе комплексного анализа в двух случаях:

- 1) когда требуется сопоставить состояние нескольких объектов на основе единой системы показателей;
- 2) когда нужно сопоставить результаты функционирования какого-либо объекта во времени.

Ранговое место служит обобщающим показателем, представляя собой «равнодействующую» всех признаков, что позволяет линейно упорядочить анализируемые объекты. Проведение оценки рангового места заключается в следующем:

- определяется расстояние между точками, характеризующими исследуемые объекты, и эталонной точкой P_0 : $C_{i0} = \left[\sum (Z_{ik} - Z_k)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$.

По расстоянию между i -м элементом C_{i0} и точкой P_0 можно сделать предварительные выводы о ранговом месте объекта при оценке качества системы. Чем меньше расстояние между C_{i0} и P_0 , тем выше качество защиты объекта по данному признаку;

- формируется вектор значения расстояний $C = (C_{10} C_{20} \dots C_{m0})$;
- определяется средняя арифметическая расстояний между i -м объектом и точкой P_0 : $\bar{C}_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m C_{i0}$;
- вычисляется среднее квадратическое отклонение от точки P_0 :

$$\sigma_0 = \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (C_{i0} - P_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

– рассчитывается показатель качества функционирования i -го объекта

$$C_0 = \bar{C}_0 + 2\sigma_0.$$

Можно уточнить расчеты, определив оценку $D_i = 1 - \frac{C_{i0}}{C_0}$, которая интерпретируется следующим образом: качество объекта тем выше, чем ближе значение показателя к единице.

Оценка затрат на проведение корректирующих мероприятий по повышению качества системы информационной безопасности. Рассмотрим систему защиты информации как единый конечный продукт сложных процессов производства, который необходимо постоянно совершенствовать ввиду повышения экономического эффекта от этой системы. Допустим, что в результате проведения корректирующих мероприятий после анализа полученных вышеизложенным способом данных требуемый уровень безопасности информации достигнут и его требуется только поддерживать в этом состоянии. Разберем некоторые из проблем, которые могут возникнуть, если соответствие уровня информационной безопасности заявленным требованиям не идеально. Например, если отдельные показатели информационной безопасности превосходят требуемый уровень, то в процессе работ по защите информации возникает избыточное действие или избыточные затраты на защиту. Для поддержания уровня СЗИ потребуется больше трудозатрат или расходов. Если же показатели информационной безопасности занижены, то появляется возможность реализации угрозы защищаемой информации. Очевидно, необходим качественно другой подход, который не требует искусственного определения годного и негодного, хорошего и плохого, дефектного и бездефектного. Такой подход, в свою очередь, предполагает, что существует наилучшее значение и что любое отклонение от этого номинального значения вызывает некоторого вида потери или сложности. Функция потерь Тагути как раз и предназначена для этого [3]. Математический вид функции Тагути:

$$L = L(y) = k \cdot (y - m)^2,$$

где L – потери; y – значение функциональной характеристики; k – постоянная потеря, которая вычисляется с учетом расходов, которые имеет изготовитель при браковке продукции (затраты на восстановление или замену); m – номинальное значение; $(y - m)$ – отклонение от номинала.

Для применения функции потерь к оценке информационной безопасности необходимо получить количественные характеристики путем проведения аудита информационной безопасности, рассмотренного ранее. Полученные данные заносятся в соответствующую таблицу. Далее требуется определить номинальное значение уровня информационной безопасности и оценить приблизительный ущерб. Используя приблизительную оценку потерь, можно вычислить постоянную потерю

$$k = \frac{L}{(y - m)^2}.$$

Теперь, умножая соответствующий коэффициент (если $y_i > k_{\text{верхн}}$, и наоборот) на квадрат отклонения значения группового показателя от номинала, полу-

чаем стоимостные показатели затрат организации от реализации мероприятий по защите информации.

Заключение. Полученные результаты позволяют сделать вывод о приемлемости использования методов комплексной сравнительной оценки для анализа системы обеспечения информационной безопасности организации. Однако следует учитывать, что осуществление этапов построения комплексных оценок связано со многими нерешенными проблемами, например при выборе целей оценки, определении системы оцениваемых показателей и коэффициентов их сравнительной значимости, а также с затруднениями при разработке вычислительного алгоритма. Становится ясно, что конкретные значения обобщающих показателей во многом зависят от качества проведения отдельных этапов. Результаты анализа данных, полученных с применением изложенного способа, можно использовать для оценки затрат на проведение корректирующих мероприятий по повышению качества системы информационной безопасности с позиций экономической целесообразности.

Литература

1. Шеремет А.Д. Комплексный анализ хозяйственной деятельности / А.Д. Шеремет. М.: ИНФРА, 2006. 415 с.
2. Петренко С.А. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность / С.А. Петренко. М.: Компания АйТи; ДМК-Пресс, 2004. 384 с.
3. Ефимов В.В. Статистические методы управления качеством: учеб. пособие / В.В. Ефимов. Ульяновск: УлГТУ, 2003. 138 с.

УДК 004.415.2

АЛГОРИТМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА И МОДИФИКАЦИИ СЕМАНТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Хоанг Ван Куэт

Приведено основное понятие меток безопасности триплетов RDF-данных и приведена основная идея безопасности семантических данных с использованием этих меток безопасности. Описаны также алгоритмы контроля права пользователя на чтение и модификацию данных.

Ключевые слова: метка безопасности, контроль доступа, чтение данных, модификация данных.

Контроль доступа пользователей к базам данных является важной задачей для руководителей, сотрудников организации и администраторов информационной системы. В целях обеспечения безопасности информации каждому пользователю создают права доступа к данным, содержащимся в хранилище. Данные являются конфиденциальными по разным причинам, таким как: личные и частные вопросы, планы компании, военная информация или государственные планы [1].

Если не существует эффективного метода для обеспечения безопасности данных, то пользователь может иметь неавторизованный доступ к данным. В связи с ограничением доступа ко всем данным или разделением конфиденциальности данных в отдельных базах данных будут возникать проблемы, включающие требования больших объемов пространства для сохранения данных и большие затраты времени пользователей и администратора системы на поиск и модификацию данных. Поэтому актуальна задача по созданию контроля прав

доступа пользователей неким методом, который обладал бы преимуществами и давал бы эффективную экономию использования ресурсов семантических баз данных.

В семантической технологии для решения вышеуказанной проблемы предлагается метод контроля доступа к данным с помощью меток безопасности для каждого триплета RDF-данных. Данный метод контролирует доступ к триплетам RDF-данных сравнением метки безопасности триплетов с правами пользователей.

Целью данной статьи является:

- 1) определение метода для сохранения данных в метаданных;
- 2) создание метода контроля права пользователей к данным на чтение;
- 3) создание метода контроля права пользователей на модификацию данных.

Общее понятие по меткам безопасности данных

Использование меток для обеспечения безопасности данных является гибким способом управления доступом к конфиденциальным данным [2]. *Метка безопасности* добавляет защиту по дискреционному контролю доступа, который определяет операции, выполненные пользователем на данных объектах, таких как триплеты или RDF-документы.

Метка безопасности является одним атрибутом с несколькими компонентами, такими как уровень, отделение и группа. Все метки данных должны содержать компонент «уровень», но они необязательно содержат компоненты «отделение» и «группа» [3].

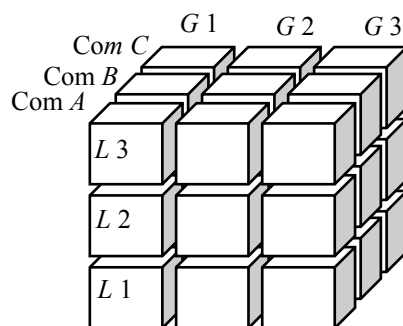


Рис. 1. Модель трех компонентов, по которым сохраняются семантические данные

Компонент *уровень* (*L*) указывает чувствительность информации, такую как конфиденциальность, секретность, сверхсекретность и т.д.

Компонент *отделение* (*Com*) определяет области, в которых описывают чувствительность данных, обеспечивая более точным уровнем детализации в пределах уровня. Например, некоторые отделения для данных: образование, финансы, бизнес, политика, производство и др.

Компонент *группа* (*G*) выявляет организацию в собственности или доступа к данным, таким как: по городам в России – Томск, Москва и т.д., по странам – Вьетнам, Россия и т.д. На рис. 1 показаны три компонента, в которых данные могут быть логически классифицированы.

В семантических данных каждый триплет обладает своей меткой безопасности, указывающей на уровень и характер чувствительности триплета и определяющей дополнительные критерии, к которым право пользователя должно соответствовать, чтобы он мог получить доступ к данным.

В свою очередь каждый пользователь (US) имеет свою политику прав доступа (AC_{US}), указывающую на возможность пользователей иметь доступ к отделениям, группам и помеченным меткам. Каждому пользователю присваивается диапазон уровней, отделений и групп [4]. В зависимости от роли пользователя в организации ему может быть указано право доступа как администратора, гостя или обычного пользователя. Если пользователь является администратором, он может выполнять разные операции в зависимости от меток безопасности данных.

Пример по метке безопасности триплета: $L(\text{триплет}_i) = \{\text{сверхсекретность, образование, Россия}\}$ или $L(\text{триплет}_j) = \{\text{альфа, бета, образование, Россия}\}$.
Пример по праву доступа пользователей: $L(\text{пользователь}_n) = \{\text{администратор; образование; Россия, Вьетнам}\}$.

Алгоритм для контроля просмотра триплета RDF-данных. Для получения доступа к данным пользователь должен иметь разрешение, основанное на метках, определённых для различных политик. Метки данных указывают на чувствительность триплета RDF-данных. Метки права пользователей указывают соответствующие разрешения прав доступа на модификацию данных пользователей.

Алгоритм контроля права пользователей на чтение триплета RDF-данных основан на следующих правилах:

- Уровень права пользователя AC_{US} должен быть больше или равен уровню данных L_T .
- Метки безопасности пользователя должны включать, по крайней мере, одну из групп, которые относятся к данным (или родительской группы одной из таких подгрупп).
- Метки безопасности пользователя должны включать в себя все отделения, которые принадлежат к данным.

Если права пользователя соответствуют этим правилам, то они доминируют над меткой безопасности данных.

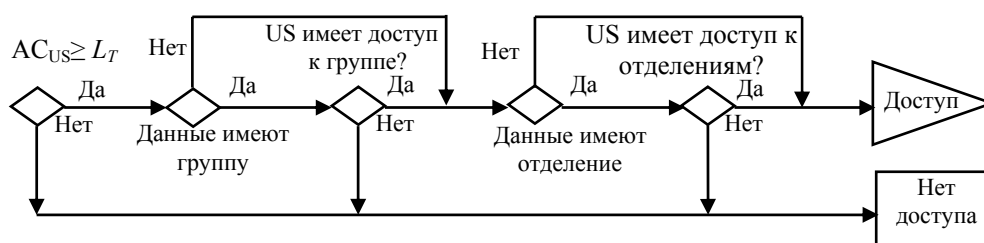


Рис. 2. Алгоритм для чтения триплета RDF-данных в семантических базах данных

На рис. 2 показан алгоритм для чтения триплета RDF-данных в семантических базах данных. По предложенному алгоритму для чтения данных нужно оценивать каждый триплет RDF-данных, чтобы определить право доступа на каждом из следующих этапов:

1. Уровень права доступа пользователя равен или больше, чем уровень данных.
2. Если да, то имеет ли пользователь доступ, по крайней мере, к одной из групп, присутствующих на метке данных?
3. Если да, то имеет ли пользователь доступ ко всем отделениям.
4. Если да, то он имеет права на чтение данных.

Если в алгоритме дан ответ «НЕ» на любой стадии процесса оценки, то блокируется доступ к триплету и осуществляется переход к оценке следующего триплета RDF-данных.

Обычная политика безопасности позволяет пользователю читать триплет на свои метки безопасности и ниже. Пользователь не может читать данные на уровне меток безопасности, которые доминируют над его правами.

Например, если пользователь вошёл в систему с правом по чувствительности: $L(\text{секрет, образование, Россия})$, то он может прочитать триплеты, имеющие метки безопасности: $L(\text{конфиденциальность, образование, Россия})$. Однако он не может читать триплеты, имеющие метки безопасности $L(\text{сверхсекретность, об-})$

разование, Россия), потому что его право не доминирует над метками безопасности триплетов.

Алгоритм для контроля права пользователя на модификацию данных. Зарегистрированный пользователь заходит в систему и в зависимости от его права может выполнять разные операции на модификацию данных, такие как добавление, удаление и изменение данных [5]. Для определения возможности пользователя на изменение данных в конкретном триплете нужно применять следующие правила, приведённые в указанном порядке:

1. Уровень права пользователя должен быть больше, чем уровень меток безопасности триплета.

2. Когда группы присутствуют, уровень права пользователя должен включать, по крайней мере, одну из групп, на которой он имеет право на запись, которые появляются на метке безопасности данных (или родитель одной из таких подгрупп). Кроме того, метка пользователя должна включать в себя все отделения на метке безопасности триплета данных.

3. При отсутствии группы пользователь должен иметь доступ на запись на все отделения на этом триплете.

Обратите внимание, что пользователь не может записать данные ниже заданного минимального уровня, но не выше текущего уровня сессии. Пользователь всегда может прочитать данные на минимальном уровне метки безопасности триплета.

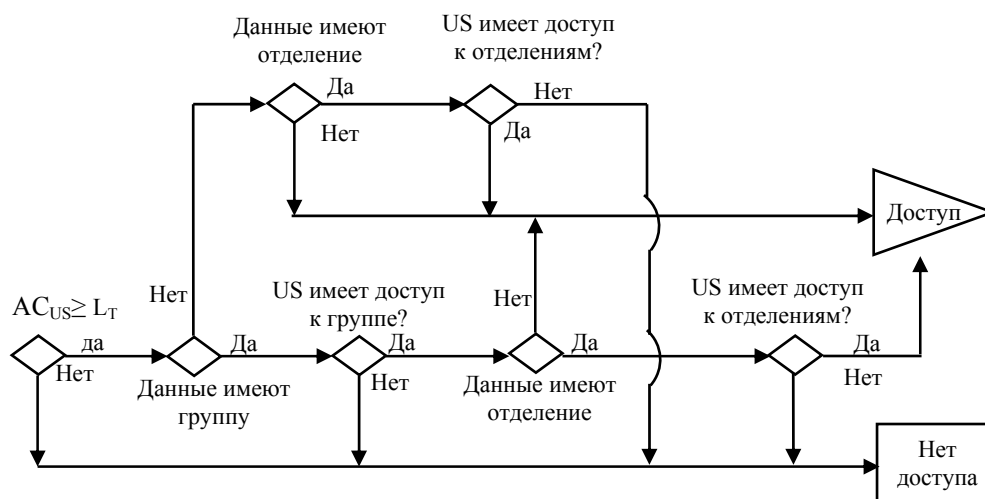


Рис. 3. Алгоритм для контроля прав пользователей на модификацию данных

На рис. 3 показан алгоритм для модификации данных. По этому алгоритму оценивается каждый триплет, чтобы определить следующее:

1. Этот уровень меток безопасности данных равен или меньше, чем уровень пользователя.

2. Этот уровень меток безопасности данных равен или больше минимального уровня пользователя.

3. Если да, то имеет ли пользователь доступ, по крайней мере, к одной из групп, присутствующих в данной метке.

4. Если да, то имеет ли пользователь доступ ко всем отделениям, по крайней мере, на чтение отделений, которые присутствуют в данных?

5. Если не существует группа, но существуют отделения, то имеет ли пользователь доступ на запись для всех отделений?

Если имеется ответ «НЕ» на любой стадии этого процесса оценки, то алгоритм блокирует доступ к триплету и переходит к оценке следующего триплета данных.

Рассмотрим ситуацию, в которой триплет имеет метку *S: альфа, бета*, но пользователь имеет право на запись только *альфа*. В этом случае, пользователь может читать триплет с меткой *S: альфа, бета*, но он не может изменить её.

Таким образом, доступ на модификацию обеспечивает добавление, обновление и удаление данных в триплете. Кроме того, каждый пользователь может иметь соответствующий минимальный уровень, ниже которого пользователь не может модифицировать данные.

Заключение. Информационная семантическая технология играет важную роль во многих сферах деятельности человека, поэтому задача безопасности семантических данных является актуальной. В статье была рассмотрена идея для поддержки безопасности семантических данных по меткам безопасности для триплета RDF-данных. С помощью меток безопасности данные можно классифицировать по разным уровням безопасности в разных отделениях с разными диапазонами использования данных пользователей. В связи с идеей безопасности данных по меткам триплетов были определены основные правила контроля доступа пользователя к данным сравнением уровня доступа пользователей с уровнем безопасности триплета. На основе этих правил были созданы алгоритмы для чтения и модификации триплета RDF-данных.

Основные преимущества приведённых алгоритмов заключаются в следующем:

1) с помощью классификации данных и пользователей в разных отделениях, в разных группах управление данных и контроль доступа пользователя будут легко выполняться;

2) проверка будет осуществляться для всех триплетов RDF-данных, тогда несанкционированный пользователь не может иметь доступа к этим триплетам.

Однако предложенный алгоритм не может быть использован эффективно для семантических данных, у которых большое количество триплетов, так как количество проверок будет слишком большим.

Литература

1. Тузовский А.Ф. Разработка системы управления знаниями на основе единой онтологической модели // Известия Томского политехнического университета. 2007. Т. 310, № 2. С. 182–185.
2. Thuraisingham B. Security for the semantic web // Computer Standards and Interfaces. 2005. №27. P. 257–268.
3. Fensel, 2002. Layering the semantic web: Problems and Directions. In the Proceeding of 1st International semantic web Conference (ISWC, 2002). Sardinia, Italy, 9–12 June. 476 p.
4. Kagal L., Paoucci M., Srinivasan N. et al. Authorization and Privacy for Semantic Web Services / IEEE Intelligent Systems (Special Issue on Semantic Web Services). July, 2004.
5. Daniel Weitzner, Jim Hendler, Tim Berners-Lee, and Dan Connolly. Creating a policy-aware web: Discretionary, rule-based access for the World Wide Web // In Elena Ferrari and Bhavani Thuraisingham, editors, Web and Information Security.

**АЛГОРИТМ АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ОБЪЕКТА ИНФОРМАТИЗАЦИИ***А.И. Кураленко*

Разработан общий алгоритм комплексного экспертного аудита информационной безопасности объекта информатизации.

Ключевые слова: аудит информационной безопасности, система обеспечения безопасности информации.

Аудит информационной безопасности (далее – ИБ) – системный процесс получения и оценки объективных данных о текущем состоянии системы обеспечения безопасности информации (далее – СОБИ) на объектах информатизации, действиях и событиях происходящих на объекте, определяющих уровень их соответствия определенному критерию. Причем оценки могут быть как качественными, так и количественными. На базе оценок вырабатываются практические рекомендации по повышению эффективности, построению и управлению СОБИ в соответствии с поставленными задачами и изменением во времени.

Результатом аудита ИБ могут быть рекомендации по изменению инфраструктуры сети, по применению соответствующих средств защиты, организационно-административные решения, если они целесообразны по экономическим, техническим соображениям или не позволяют достичь необходимого уровня защищенности [1].

На сегодняшний момент существует множество способов проведения аудита ИБ, из них наиболее популярны и активно применяются следующие:

Активный аудит. Это исследование состояния защищенности информационной системы с точки зрения некоего злоумышленника, обладающего высокой квалификацией в области информационных технологий. Суть активного аудита состоит в том, что с помощью специального программного обеспечения (в том числе систем анализа защищенности) и специальных методов осуществляется сбор информации о состоянии СОБИ. Результатом активного аудита является информация обо всех уязвимостях, степени их критичности и методах устранения. По окончании аудита выдаются рекомендации по модернизации СОИБ.

Необходимость активного аудита, прежде всего, обуславливается, постоянным изменением программного и аппаратного обеспечения организации, что приводит к возникновению новых уязвимостей в СОБИ.

Самым большим недостатком активного аудита является то, что в процессе проведения полностью отсутствует возможность рассмотреть ряд других вопросов обеспечения ИБ, в частности организационных, правовых, экономических и т.д. То есть активный аудит является необходимой, но недостаточной мерой оценки защищенности. Результаты активного аудита обязательно необходимо дополнять результатами, основанными на других подходах к проведению аудита.

Аудит на соответствие стандартов. При проведении данного вида аудита состояние информационной безопасности сравнивается с неким абстрактным описанием, приводимым в стандартах. Ниже представлены наиболее популярные документы на соответствие, которым проводится аудит систем информационной безопасности.

Российские документы, существующие документы Гостехкомиссии (ФСТЭК России):

– Руководящий документ. «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации» [3].

– «Специальные требования и рекомендации по технической защите конфиденциальной информации» (СТР-К) [4];

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408–2002 «Безопасность информационных технологий. Критерии оценки безопасности информационных технологий» [5].

Зарубежные и международные стандарты:

– Международный стандарт ISO/IEC 17799 «Информационные технологии. Управление информационной безопасностью» [6].

– Cobit– пакет документов, содержащий международные и национальные стандарты и руководства в области управления ИТ, аудита и ИТ-безопасности [7].

Недостатком аудита на соответствие стандартам является то, что не существует универсального стандарта в области аудита информационной безопасности, каждый стандарт решает свою конкретную подзадачу оценки защищенности. На практике же соответствие стандартам поднимает лишь авторитет организации, даже полное соответствие стандартам не может защитить от всех возможных угроз ИБ.

Анализ и управление рисками ИБ. Опираясь на методы анализа рисков, аудитор определяет для обследуемой СОБИ индивидуальный набор требований безопасности, в наибольшей степени учитывающий особенности данной системы, среды ее функционирования и существующие в данной среде угрозы безопасности. Оценка рисков может даваться с использованием различных как качественных, так и количественных шкал. Главное, чтобы существующие риски были правильно идентифицированы и проранжированы в соответствии со степенью их критичности. По результатам оценки принимаются решения по минимизации, принятию и устранению существующих рисков ИБ. Анализ и управление рисками не учитывают требования стандартов и нормативных документов, кроме того, этот процесс может иметь субъективный характер проведения аудита ИБ.

Поэтому необходимо использовать такой инструмент аудита, который бы имел предпочтение перед описанными ранее способами. Таким инструментом может быть экспертный комплексный аудит, алгоритм которого был разработан.

Экспертный комплексный аудит позволяет производить обследование не только технических средств (активный аудит), но и достаточность правовых, экономических, организационных и т.п. мер защиты информации, редактировать требования к СОИБ с учетом стандартов. Целью проведения работ является получение объективных данных о текущем состоянии обеспечения безопасности информации на объекте информатизации, позволяющих провести минимизацию вероятности причинения ущерба в результате нарушения конфиденциальности, целостности, доступности информации, подлежащей защите, выработка комплекса мер, направленных на повышение уровня защищенности [2].

В процессе экспертного комплексного аудита ИБ (рис. 1) можно выделить три основных этапа:

1. Стадия планирования (инициализация аудита, сбор данных, их анализ, классификация информационных ресурсов, определение стандартов и нормативных документов, регламентирующих защиту соответствующих информационных ресурсов).

2. Стадии моделирования, анализа результатов (моделирование источников угроз, угроз информационной безопасности, уязвимостей, деструктивных действий, оценка состояния защищенности по предъявляемым требованиям и стандартам).

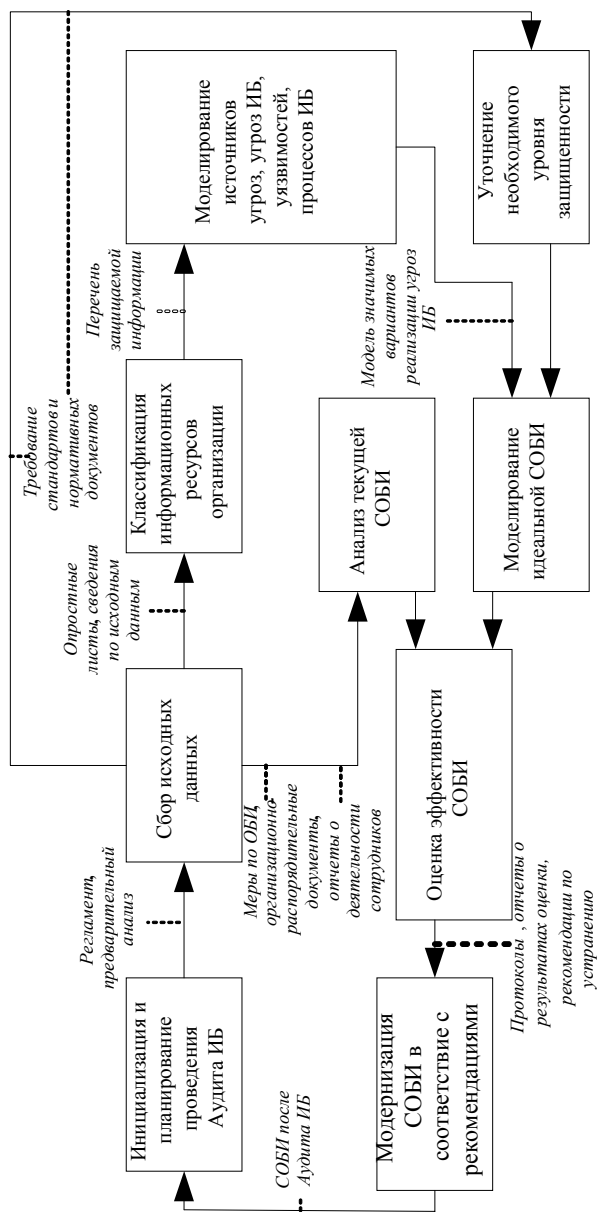


Рис. 1. Структура аудита информационной безопасности

3. Стадия выдачи рекомендаций и устранения замечаний (формируется отчет о состоянии защищенности, производится выработка рекомендаций, существующие нарушения устраняются).

Процесс инициализации и планирования проведения аудита ИБ. Определяются границы и глубина аудита, формируется экспертная группа, для того чтобы избежать субъективности при проведении аудита, которая будет заниматься обследованием, определяются особенности взаимосвязи между подразделениями организации и аудиторами.

Сбор исходных данных. Один из самых трудоемких процессов, собирается вся необходимая информация, топология сетей информационных систем, сведения о работе сотрудников, проводится анкетирование и опросы сотрудников и т.д. От данного процесса во многом зависит результат аудита информационной безопасности, поэтому важно подойти к данному процессу наиболее полно и комплексно, учесть каждую мелочь.

Классификация информационных ресурсов. Необходимо выявить и проанализировать все информационные ресурсы, циркулирующие внутри объекта, определить те, для которых нарушение конфиденциальности, целостности, доступности может привести к негативным последствиям. Зафиксировать перечень таких информационных ресурсов, указать место хранения.

Моделирование источников угроз, угроз ИБ, уязвимостей. Один из самых творческих процессов, определяются источники угроз, угрозы, уязвимости, через которые возможна реализация угроз, деструктивные действия, которые наступят в результате реализации угроз ее источником. Целесообразно на данном этапе провести идентификацию рисков [2].

Моделирование требуемой (идеальной) СОБИ. На основе актуальных угроз и уязвимостей, через которые возможна реализация угроз, с учетом требований стандартов и нормативных документов, которые определяются на начальном этапе аудита ИБ в зависимости от требуемого уровня обеспечения информационной безопасности, моделируется СОБИ.

Модель текущей СОБИ устанавливается в процессе сбора исходных данных. Производится сравнение существующей и моделируемой СОБИ, в результате определяется состояние защищенности текущей СОБИ, формируются отчеты об итогах оценивания, вырабатываются рекомендации по достижению соответствующего уровня обеспечения безопасности информации. После чего СОБИ модернизируется в соответствии с рекомендациями. Составляется конечный отчет аудита ИБ о результатах оценки защищенности, выявленных недостатках, рекомендациях по их устранению и мерах, которые были предприняты.

Разработанный алгоритм аудита информационной безопасности имеет явные преимущества перед рассмотренными видами. Он позволяет использовать существующие методики под руководством квалифицированных специалистов – экспертов, что делает процесс аудита более продуктивным. Использование группы экспертов в процессе аудита ИБ позволяет избежать субъективных оценок, подбор экспертов – это серьезная задача, которая в данной работе не рассматривалась.

Литература

1. Курило А.П. Аудит информационной безопасности. М.: БДЦ-пресс, 2006. 304 с.
2. Александров А.В. Оценка защищенности объектов информатизации на основе анализа воздействий деструктивных факторов: Дис. ... канд. техн. наук. 2006. 218 с.

3.Руководящий документ. Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации. Гостехкомиссия РФ, 1997.

4.Специальные требования и рекомендации по технической защите конфиденциальной информации. Гостехкомиссия РФ, 2003.

5.ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408–2002. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий.

6.ГОСТ Р ИСО\МЭК 17799–2005. Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью. М.: Стандарт-информ, 2006.

7. CobiT: Control Objectives. ISACA, 4 Edition, 2007.

УДК 004.822

ИЗУЧЕНИЕ ПОНЯТИЙНОЙ СИСТЕМЫ РУССКОЯЗЫЧНОЙ ВЕРСИИ ИНТЕРНЕТ-ЭНЦИКЛОПЕДИИ «ВИКИПЕДИЯ»

Е.Ю. Костюченко, М.П. Прокопчук

Рассматриваются возможные подходы к анализу понятийной системы электронной энциклопедии «Википедия». Создана программа для анализа структуры, выборки понятий и связей между ними. Предложено применение набора стандартных алгоритмов для анализа графов применительно к полученной структуре.

Ключевые слова: понятийная система, структура электронной энциклопедии, понятийные связи.

На данный момент электронная энциклопедия «Википедия» стала неотъемлемой частью жизни современного человека [1]. Эта универсальная энциклопедия содержит в себе гигантский объём информации. Оперативное динамическое изменение данных на более актуальные, удобный поиск и рубрикация, приятный интерфейс делают Википедию ещё более привлекательной.

Однако поскольку Википедия является свободной энциклопедией и изменение информации доступно любому даже незарегистрированному пользователю, достоверность представленной информации вызывает сомнения. Определить уровень достоверности Википедии не представляется возможным по вполне понятным причинам. Это и огромные масштабы, и подверженность постоянным изменениям.

Но всё же можно выяснить, насколько информация, представленная в этой интернет-энциклопедии, адекватна хотя бы на уровне приближения до понятийной системы, с помощью какой-либо усреднённой метрики.

Для начала необходимо создать модель, отражающую понятийную систему в полном объёме, для этого нужно составить список понятий и выявить между ними связи. В качестве понятий берутся имена статей, в качестве связей – упоминание в одних статьях других (в виде гиперссылки). Эти данные было решено представить в виде базы данных. Далее эти данные абстрактно представляются в форме ориентированного графа, в котором в качестве вершин выступают понятия, а в качестве рёбер – связи.

Анализ понятийной системы соответственно реализуется посредством алгоритмов на графах. Для этого была определена типизация необходимых алгоритмов: определение кратчайшего пути, выделение подграфов с попарно смежными

вершинами и выделение подграфов с вершинами, удалёнными на расстояние, не большее заданного от некоторой вершины-центра. С помощью данных алгоритмов определяются фактические предметные области – скопления понятий.

Далее для каждой формально предметной области производится сравнение с эталонной моделью понятийной системы в рамках данной области знаний. В качестве эталона берутся классические справочники, энциклопедии, научные и учебные материалы, считающиеся достоверными и объективными.

В итоге работы представляются результаты сравнения предметных областей с эталонами. Эти результаты усредняются, и в итоге делается общий вывод об уровне адекватности и соответствия реальным предметным областям понятийной системы Википедии.

Заключение. В данной статье были рассмотрены теоретические данные для научно-исследовательской работы по изучению понятийной системы русскоязычной версии электронной энциклопедии «Википедия». На данный момент разработано программное средство для заполнения базы данных элементами понятийной системы, работа ведётся в направлении сбора необходимой информации, а также определения конкретных алгоритмов для анализа этих данных и их программной реализации.

Литература

1. Гиря И.А. Понятийный граф как основа ведения модели знаний // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/181222.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

УДК 004.056.55

ПРИЛОЖЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТА В ЦЕЛЯХ СОКРЫТИЯ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

Д.А. Сагайдак

Предложены два варианта реализации схем разделения секрета для организации сокрытия передаваемого видеопотока, в основе которых лежит RGB-представление (аббревиатура английских слов Red, Blue, Green – красный, зелёный, синий) каждого из фреймов передаваемого видеосигнала. Для каждой предложенной схемы выполнена программная реализация в среде программирования Borland C++.

Ключевые слова: разделение секрета, разделение видеопотока, представление в формате RGB, пиксельное представление изображения дельта-код Элиаса.

Повышение качества видеоизображения, возобновление интереса к стереооптическому видео (трехмерное видео), появление видео высокого разрешения/четкости (HDTV) все это способствует повышению спроса среди пользователей. Сегодня провайдеры сталкиваются с такими проблемами, как незаконное подключение к линиям передачи данных. Зачастую проблемы сохранения конфиденциальности, целостности и доступности достигаются путём шифрования видеоданных, передаваемых при помощи стека протоколов TCP/IP, на уровне

представления семиуровневой сетевой модели OSI [1]. Однако в случае организации потоковой передачи видеoinформации возможности используемых алгоритмов шифрования могут быть ограничены ввиду их недостаточного быстродействия, вследствие этого наблюдаются задержки при трансляции и воспроизведении передаваемого видеопотока. Как правило, шифрование видеоданных осуществляется совместно со сжатием, что также приводит к потерям качества передаваемого изображения и увеличению времени преобразования. Наиболее оптимальным решением данных проблем является решение об использовании схем разделения секрета.

Рассмотрим основные аспекты предлагаемых схем разделения секрета.

Описание схемы 1. Пусть имеется некий видеопоток размером $M \times N$. Первоначально осуществляется деление данного видеопотока на фреймы, затем, для каждого фрейма осуществляется построчное чтение пикселей (от 1 до M). Для каждого прочитанного пикселя каждой строки находится его представление в формате RGB, затем находятся три десятичных числа от 0 до 255, значения которых переводятся в двоичную систему исчисления и получается битовая последовательность T , состоящая из 24 бит, $T = [r1r2r3r4r5r6r7r8g1g2g3g4g5g6g7g8b1b2b3b4b5b6b7b8]$, где $r1-r8$, $g1-g8$, $b1-b8$ – порядковые номера 24-битовой последовательности.

Над каждой такой последовательностью выполняется следующая перестановка:

$$\bar{T} = [r1g1b1r2b2g2r3g3b3r4g4b4r5g5b5r6g6b6r7g7b7r8g8b8].$$

Далее последовательность $\bar{T}$ разбивается на блоки по четыре бита, которые являются дробной частью десятичных чисел: $a_1 = 0, r1g1b1r2$, $a_2 = 0, b2g2r3g3$, $a_3 = 0, b3r4g4b4$, $a_4 = 0, r5g5b5r6$, $a_5 = 0, g6b6r7g7$, $a_6 = b7r8g8b8$. Тем самым для каждой пиксельной строки изображения создается массив A размерностью $6 \times M$ состоящий из полученных a_i для каждого пикселя пиксельной строки изображения.

Далее находится среднее значение массива A : $sr_A = \frac{\sum_{i=1}^{6 \times M} a_i}{6 \times M}$ и формируется новый массив $\bar{A}$ размерностью $6 \times M$, состоящий из элементов $\bar{a}_i = sr_A - a_i$, $i = 1 \dots 6 \times M$.

Находится новый массив F размерностью $6 \times N$, состоящий из элементов:

$$f_i = -a_{i-1} + 2a_i - a_{i+1}, \text{ если } i \neq 1 \text{ и } i \neq 6 \cdot M;$$

$$f_i = -a_{i-1} + 2a_i - a_1, \text{ если } i = 1 \text{ и } i \neq 6 \cdot M;$$

$$f_i = -a_{6 \cdot M} + 2a_i - a_{i+1}, \text{ если } i = 6 \cdot M \text{ и } i = 1.$$

Из правых частей приведённых уравнений можно составить квадратную и симметричную относительно главной диагонали матрицу вида

$$H = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Все полученные элементы массива F меньше 1, т.е. $f_i < 1$. Экспериментально получено, что для дальнейшего восстановления секрета необходимо производить вычисление элементов массива F с точностью до шести-девяти знаков после запятой.

В качестве ключа может выступать:

а) последовательность из знаков *всех* элементов массива F , тогда в данном случае открытой информацией является массив $\bar{F}$ размерностью $6 \times M \times N$, состоящий из элементов $|f_i|$. Пользователю достанется ключевая последовательность из знаков элементов массива F , сжатая без потерь по принципу: $--- \rightarrow -$; $-+ \rightarrow +-$; $+- \rightarrow ++$; $++ \rightarrow +++$;

б) последовательность из знаков *некоторых* элементов массива F , тогда в данном случае открытой информацией является массив $\bar{F}$ размерностью $6 \times M \times N$. У пользователя останется ключевая последовательность, состоящая из изъятых знаков и мест их изъятия;

в) последовательность, состоящая из средних значений sr_A .

На рис. 1 приведено изображение преобразованного фрейма, например, если атакующий попытается восстановить информацию по имеющейся у него последовательности, состоящей из элементов $(|f_i|)$

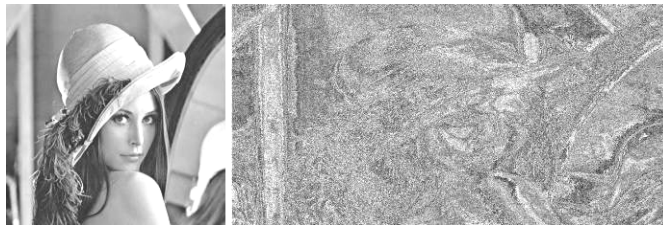


Рис. 1. Попытка восстановления фрейма при одном раунде преобразования

Как видно из рис. 1, при попытке восстановить исходное изображение фрейма, проглядываются резкие границы, чтобы избежать этого можно осуществить преобразование исходного фрейма в несколько раундов, зачастую достаточно двух раундов. Полученное изображение после первого раунда поворачивается на 90° по часовой стрелке и осуществляется второй раунд.

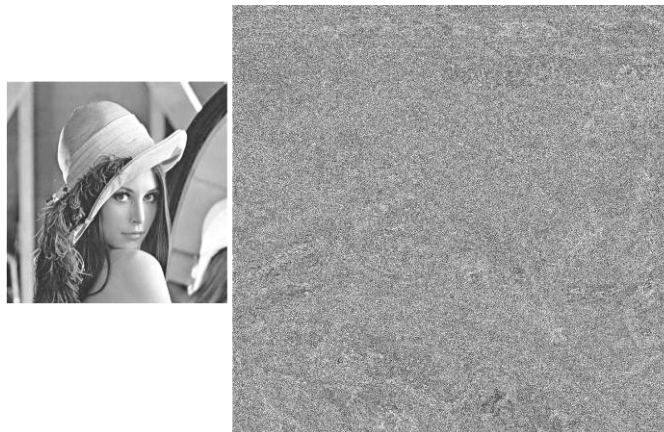


Рис. 2. Попытка восстановления фрейма при двух раундах преобразования

Восстановление секрета:

Пусть пользователь имеет ключ S и данные F .

Так как требуется быстрое восстановление секрета, то предполагается использование метода Якоби для матрицы H . Для данной матрицы находятся собственные числа λ_i и собственные векторы v_i , тогда секрет можно восстановить по следующему принципу: $F\bar{A}=S$, где $\bar{A}$ – искомый секрет.

$$1. S = \sum_{i=1}^{6 \times M} \beta_i \cdot v_i \Rightarrow \beta_i = (S, v_i), \text{ т.е. осуществляется скалярное произведение}$$

векторов S и v_i .

$$2. \bar{A} = \sum_{i=1}^{6 \times M} \frac{\beta_i}{\lambda_i} \cdot v_i.$$

Элементы исходного массива A равны $a_i = sr_A - \bar{a}_i$. Выполнив обратную перестановку удастся восстановить исходное изображение.

Описание схемы 2. Рассмотрим алгоритм, представляющий собой примитивизацию дельта-кода Элиаса [2]. Первые l бит заполним нулями, где l – это длина записи числа n , далее идёт сама запись числа n . Например, пусть даны $n=3$ битовых векторов, тогда запись числа n в двоичной системе счисления равна 11 и $l=00$. Тогда на первом этапе получается следующая числовая последовательность: 0011. Далее m_i бит заполняются нулями, где m_i – число бит, необходимых для записи длины вектора A_i в двоичной системе счисления. Например, в предыдущем примере $n=3$, следовательно, имеется три битовых вектора A_1, A_2, A_3 . Пусть $A_1=111011, A_2=10111, A_3=101$, тогда размерности этих битовых последовательностей равны $M_1=6, M_2=5, M_3=3$ соответственно, а $m_1=000, m_2=000, m_3=00$. Тем самым на втором этапе получится следующая последовательность: 0001100001010011. Третьим этапом формирования последовательности является последовательная запись самих векторов A_1, A_2, A_3 . Например, для приведённых выше примеров получится следующая исходная последовательность: 0011000110000101001111101110111101.

Предполагается возможным использование предложенного выше метода как основы схемы разделения секрета для видеопотока данных, и мы попытаемся построить алгоритм, не требующий значительных вычислительных ресурсов. Пусть имеется поток видеoinформации, передаваемый по каналам связи, осуществляется разбиение данного видеопотока на фреймы. Производится построчное чтение пикселей фрейма, затем для каждого пикселя строки находятся его значения в формате RGB в двоичной системе счисления (размерностью 24 бита, т.е. по 8 бит для каждого цвета) и записываются последовательно друг за другом в одну строку, создавая последовательность, состоящую из нулей и единиц. Каждая такая достаточно длинная последовательность строки прочитанных пикселей разбивается на n битовых векторов $A_1, A_2, \dots, A_n$ разных размерностей $M_1, \dots, M_n$. Затем все полученные строки, состоящие из префикса и зашифрованных или преобразованных $A_1, A_2, \dots, A_n \Rightarrow C_1, \dots, C_n$ (без изменения длин записи), объединяются в одну битовую строку. Очевидно, что, не зная префиксов, определение границ разделения сводится к переборной задаче.

Над полученными битовыми векторами $A_1, A_2, \dots, A_n$ осуществляются следующие операции: $X_1 = A_1$, $X_2 = A_2 \oplus A_3, \dots, X_{n-1} = A_{n-1} \oplus A_n$ (где « $\oplus$ » – побитовое сложение по модулю 2), полученные битовые векторы $X_1, X_2, \dots, X_n$ записываются последовательно друг за другом и дописываются к сформированному префиксу.

Также для получения битовых векторов $X_1, X_2, \dots, X_n$ вместо операции « $\oplus$ » можно воспользоваться одним из режимов шифрования, таких как CBC (Cipher Block Chaining), CFB (режим гаммирования с обратной связью, Cipher Feedback).

Тем самым если атакующему станет известна последовательность, состоящая из последовательно записанных векторов, он не сможет восстановить исходную последовательность без знания сформированного префикса. Если осуществлять посылку основной битовой последовательности и префикса по различным каналам связи, то будет обеспечиваться должный уровень обеспечения конфиденциальности передаваемой информации.

В случае если атакующий попытается восстановить исходное изображение фрейма, зная исходные размеры изображения и только битовую последовательность, без полученного префикса, то в результате получит, например, следующее изображение (рис. 3):

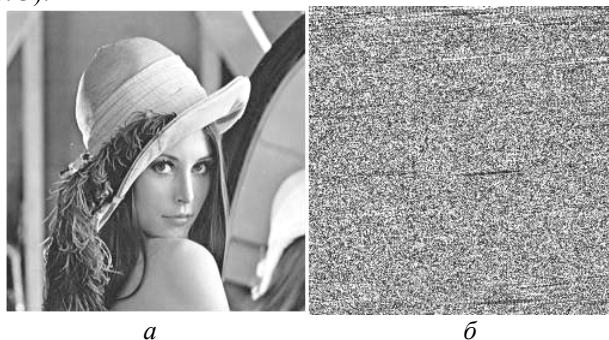


Рис. 3. Исходное изображение (а); б – изображение, полученное атакующим, при попытке восстановить изображение из имеющейся у него последовательности бит

Как видно из полученных изображений (см. рис. 3), даже зная полученную последовательность и применяя всякого рода перестановки, атакующему все равно не удастся восстановить исходные изображения без знания размеров битовых векторов, полученных в результате разбиения на произвольное число частей исходной битовой последовательности. Тем самым понятно, что для каждого фрейма видеопотока формируется свой префикс – «ключевая последовательность», что позволяет говорить о том, что осуществляется преобразование с использованием различной ключевой последовательности.

При наличии у пользователя информации о размере изображения (размер «стандартный» и известен всем), сформированного префикса и битовой последовательности ему удастся восстановить исходное изображение. Но даже если атакующему станет известна часть префикса и данные будут разделены на равные части $A_1, A_2, \dots, A_n$ но не A_1 , ему все равно не удастся восстановить исходное изображение, т.к. задача сводится к решению неопределенной системы уравнений из n уравнений с $n+1$ неизвестными:

$$\begin{cases} A_2 + A_3 = X_2, \\ \dots\dots\dots \\ A_{n-1} + A_n = X_{n-1}. \end{cases}$$

Восстановить изображение можно только подбором бит, но в случае когда длина записи X_1 больше, чем 80 бит, задача становится принципиально не решаемой, т.к. осуществить перебор на имеющейся в данное время вычислительной техники не возможно.

Описанные выше схемы не требуют значительных вычислительных ресурсов и способны осуществлять преобразование данных «на лету».

Литература

1. Open System Interconnection model // ISO/IEC standard 7498-1:1994. URL: [http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/s020269_ISO_IEC_7498-1_1994\(E\).zip](http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/s020269_ISO_IEC_7498-1_1994(E).zip).
2. Elias P. Universal codeword sets and representations of the integers // IEEE Transactions on Information Theory. 1975. Vol. IT-21, № 2. P. 194–203.

УДК 004.051

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЛОТЕРЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РОЗЫГРЫШЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БЕСТИРАЖНОЙ ЛОТЕРЕИ

А.А. Свалов

Рассмотрены принципы работы лотерейного оборудования и проблемы, возникающие при эксплуатации данного оборудования. Даны предпосылки к разработке методики анализа оборудования с целью идентификации его, как лотерейного, а так же в целях выявления уязвимостей, связанных с низким качеством алгоритмов генерации игровых комбинаций.

Ключевые слова: лотерейное оборудование, алгоритм генерации игровых комбинаций, генератор псевдослучайных чисел.

В связи с изменением законодательства, регламентирующего работу игровых заведений на территории Российской Федерации, широкое распространение получили интерактивные клубы, оснащенные электронными системами моментального розыгрыша лотереи. Деятельность организаторов данного вида деятельности регламентируется Федеральными законами № 138-ФЗ от 11.11.2003 г. [1] и №214-ФЗ от 27.07.2010 г. [2], в которых, в частности, отражены параметры технической реализации аппаратного и программного обеспечения, используемого в лотерейном оборудовании. Однако в процессе эксплуатации лотерейного оборудования часто возникают спорные вопросы о принадлежности данного оборудования к игровым автоматам. В настоящее время нет однозначной методики, позволяющей идентифицировать оборудование как лотерейное или как игровое. Владелец лотерейного оборудования приходится запасаться различными сертификатами соответствия, содержание которых оспаривается правоохранительными органами.

В вышеуказанных законах введены следующие понятия:

Бестиражная лотерея – лотерея, в которой выигрышные лотерейные билеты определяются на стадии их изготовления, т.е. до распространения среди участников лотереи. При проведении бестиражной лотереи участник такой лотереи может непосредственно после внесения платы за участие в лотерее и получения лотерейного билета определить, является его лотерейный билет выигрышным или нет.

Лотерейное оборудование – оборудование, которое объединено сетью электросвязи, позволяет достоверно установить, что документ исходит от стороны договора и с помощью которого проводятся розыгрыш призового фонда лотереи в режиме реального времени, фиксация и передача информации о результатах такого розыгрыша. Указанное оборудование должно обеспечивать защиту такой информации от утраты, хищения, искажения, подделки, а также от несанкционированных действий по ее уничтожению, модификации, копированию и иных подобных действий и несанкционированного доступа к сети электросвязи.

К лотерейному оборудованию предъявляются следующие технические требования:

1. Технические характеристики лотерейного оборудования должны обеспечивать случайность распределения выигрышей при розыгрыше призового фонда тиражных лотерей.

2. Лотерейным оборудованием не должны предоставляться скрытые (недекларированные) возможности, и в нем не должны содержаться информационные массивы, узлы или агрегаты, недоступные для осуществления экспертизы.

3. В лотерейном оборудовании не должны использоваться процедуры, реализующие алгоритмы, которые позволяли бы предопределять результат розыгрыша призового фонда до начала такого розыгрыша.

Рассмотрим принцип работы типичного интерактивного клуба, оснащенного лотерейным оборудованием. В состав системы проведения розыгрышей электронной бестиражной лотереи обычно входят:

- лотерейные терминалы;
- рабочее место администратора;
- лотерейный сервер;
- сетевое коммутационное устройство (коммутатор Ethernet);
- устройство для подключения к сети Internet.

Схема типичной лотерейной системы приведена на рис. 1.

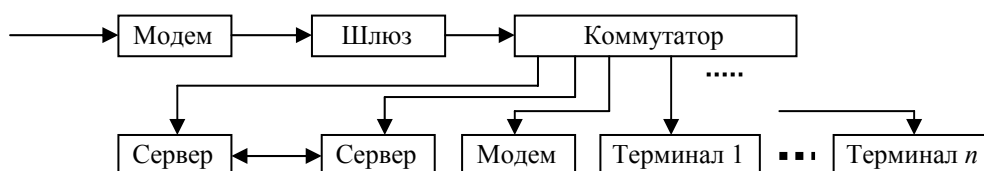


Рис. 1. Схема информационной системы лотерейного центра

Лотерейный терминал состоит из моноблока приема наличности со считывающим устройством (далее – моноблок), монитора и специализированной клавиатуры (далее – клавиатура).

Лотерейный терминал является интерфейсом между пользователем и программой розыгрыша лотерейных квитанций, выполняет функции визуализации процесса розыгрыша (монитор), функции выбора и инициализации игр (клавиатура).

тура), продажи электронных лотерейных квитанций (считыватель магнитных карт и купюроприемник).

Автоматизированное рабочее место администратора выполняет функции контроля за работой лотерейного оборудования, выдачи и пополнения клиентских карт, а также предоставляет доступ к серверам посредством установленного программного обеспечения для удаленного доступа.

На лотерейном сервере установлено специализированное лотерейное программное обеспечение. Серверов два – основной и резервный. Резервный сервер является полной копией основного, и при изменении данных на основном сервере данные синхронно изменяются на резервном.

Сервер-шлюз служит для разграничения внутренней сети от сети Интернет, но допускает удаленное внешнее управление лотерейным сервером извне через программное обеспечение, установленное на АРМе.

Лотерейное оборудование собрано в информационную систему, имеющую выход в сеть Интернет для обмена данными с удаленными серверами.

В данной схеме не отражен удаленный сервер – генератор лотерейных квитанций. Связь с ним осуществляется через сеть Интернет в режиме off-line (сеансовый обмен данными: установка связи – обмен данными – разрыв связи и т.д.). Генератор лотерейных квитанций генерирует лотерейные квитанции, шифрует их и упаковывает в специальные файлы, именуемые «лотопаки». «Лотопак» – передается на лотерейный сервер и там распаковывается. Непосредственно розыгрыш лотерейных квитанций происходит в специализированном программном продукте (например, «Premium Games», версия «Novolot 2 1.2.3.5»). Расшифровка лотерейной квитанции происходит в момент её розыгрыша. Данное программное обеспечение работает по клиент-серверной технологии в режиме on-line (непрерывный обмен данными по каналу связи), так как лотерейный терминал не может работать без подключения к лотерейному серверу.

Таким образом, система розыгрыша электронных бестиражных лотерей представляет собой двухуровневую клиент-серверную информационную систему с удаленным сервером.

При генерации электронной квитанции используется так называемая математическая закладка (клише), представляющая собой алгоритм генерации игровых комбинаций, учитывающий следующие параметры:

- цена билета;
- % призового фонда;
- номиналы выигрышей;
- количество игр.

Использование этого алгоритма является главным отличием лотерейного и игрового оборудования, где для генерации игровых комбинаций используется генератор псевдослучайных чисел.

Однако при использовании зашифрованных «лотопаков», полученных с удаленного сервера генерации электронных квитанций, невозможно определить, по какому алгоритму были сгенерированы эти квитанции: на основе математической закладки (клише) или на основе алгоритма псевдослучайных чисел. Проверка контрольных сумм в данном случае дает представление о целостности информации, но не о её происхождении. Тем более, что «лотопак» представляет собой некую последовательность игровых комбинаций, имеющую некоторую избыточность, так как количество комбинаций таково, что практически игрок никогда не использует их до конца. Таким образом, игрок может выбирать толь-

ко ценовой диапазон квитанций, а сама комбинация будет выбрана следующая по очереди в «лотопаке». Отсюда следует, что метод расположения игровых комбинаций в «лотопаке» влияет на результаты розыгрыша.

Использование для управления лотерейными серверами и терминалами операционной системы Linux предполагает наличие всех присущих данной системе, в том числе и недокументированных, возможностей и особенностей. Одной из таких особенностей является наличие в Linux огромного количества библиотек, которые представляют собой функции, совместно используемые различным программным обеспечением, участвующем в работе самой операционной системы. При наличии удаленного доступа к лотерейному серверу появляется возможность использования скрытых возможностей программного обеспечения для воздействия на процесс розыгрыша.

Исходя из опыта экспертиз лотерейного оборудования, были выявлены следующие вопросы:

- существуют противоречия в принципе организации процесса розыгрыша электронных квитанций, получаемых с удаленного сервера генерации в виде зашифрованных «лотопаков»: невозможно выяснить алгоритм генерации данных квитанций; «лотопак» представляет собой информационный массив, не допустимый для полноценной проверки; прослеживается зависимость результатов розыгрыша от порядка упаковки комбинаций в «лотопак»; избыточность «лотопака» и возможность повышения ставок вызывают сомнения в качестве алгоритма генерации игровых комбинаций, что может быть использовано злоумышленниками для моделирования выигрышных ситуаций;

- возможности оборудования и программного обеспечения не исключают использования лотерейного оборудования, как в качестве игрового, так и в мошеннических целях;

- использование распределенной информационной системы усложняет и делает непрозрачным для проверки со стороны контролирующих органов процесс розыгрыша электронной бестиражной лотереи.

Снять эти спорные вопросы поможет создание прозрачной методики анализа лотерейного и игрового оборудования, основанной на строгом математическом аппарате. Первым шагом к созданию такой методики может стать анализ процессов, происходящих в оперативной памяти в момент определения выигрышной квитанции, и расшифровка алгоритма, на котором основано математическое клише рассматриваемой лотереи. Это позволит однозначно идентифицировать оборудование как лотерейное, а также выявить уязвимости и разработать механизмы защиты электронных лотерейных квитанций от воздействий злоумышленников.

Литература

1. Федеральный закон № 138-ФЗ от 11.11.2003 г. (ред. от 18.07.2011).
2. Федеральный закон № 214-ФЗ от 27.07.2010 г.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

В.Б. Заносова

Рассматривается первый этап решения задачи проектирования системы защиты по периметру объекта, который включает в себя выбор лучшей конфигурации. Сама задача делится на три части: выбор конфигурации, ее расположение на объекте и распределение ресурсов между ее элементами. Делается вывод о необходимости применения методов оптимизации, а точнее модификации симплекс-метода.

Ключевые слова: система контроля и управления доступом, система охранного телевидения, методы оптимизации, автоматизированная информационная система.

Объектом исследования являются системы контроля и управления доступом и системы видеонаблюдения как наиболее эффективный способ обеспечения безопасности на объекте.

Особенности систем, которые нужно учитывать при проектировании, зависят от характеристик объекта, на котором осуществляется процедура контроля и управления доступом. Структура и режим функционирования зон контролируемого доступа и их категории доступа, количество и расположение точек доступа являются важнейшими критериями при проектировании систем обеспечения безопасности [1].

Многие задачи как практического, так и теоретического характера касаются выбора «наилучшей» конфигурации или множеств параметров для достижения некоторой цели [2]. Задачи оптимизации естественным образом разделяются на два класса: задачи с непрерывными переменными и задачи с дискретными переменными. В непрерывных задачах обычно отыскивается множество действительных чисел или даже некоторая функция, в дискретных (комбинаторных) задачах – некоторый объект из конечного или возможно бесконечного множества [3]. Представлен второй тип задачи.

Формализация задачи выбора оптимальной конфигурации. Таким образом, имеется система обеспечения безопасности, которая в свою очередь состоит из двух подсистем (система контроля и управления доступом, система охранного телевидения).

Средства и системы контроля и управления доступом (СКУД) предназначены для предотвращения несанкционированного доступа людей, транспорта и других объектов в зону (из зоны) доступа (здания, помещения, территории, транспортные средства) в целях обеспечения защиты. Средства и системы охранного телевидения (СОТ) предназначены для получения телевизионных изображений с охраняемого объекта также в целях обеспечения защиты.

Каждая подсистема состоит из составных частей – элементов. Каждый из элементов необходимо выбрать из множества возможных вариантов, так чтобы он отвечал предъявленным к нему требованиям и имел минимальную стоимость.

Средства контроля и управления доступом по функциональному назначению устройств подразделяются на следующие основные средства: устройства преграждающие управляемые (УПУ); устройства исполнительные (УИ); устройства

считывающие (УС); идентификаторы (И); контроллер доступа (КД); прибор приемно-контрольный доступа (ППКД); программное обеспечение (ПО).

Средства СОТ по функциональному назначению подразделяют на следующие основные средства: видеокамеры; видеомониторы; устройства коммутации видеосигнала; видеорегистраторы; устройства аналого-цифрового преобразования видеосигнала; программное обеспечение.

Таким образом, вводятся следующие обозначения:

1. F – множество всех допустимых элементов, входящих в состав систем обеспечения безопасности;

2. X – подмножество элементов СКУД ($X \subset F$);

3. Y – подмножество элементов СОТ ($Y \subset F$);

4. A – подмножество элементов УПУ ($A \subset X$);

5. B – подмножество элементов УИ ($B \subset X$);

6. C – подмножество элементов УС ($C \subset X$);

7. D – подмножество элементов И ($D \subset X$);

8. E – подмножество элементов КД ($E \subset X$);

9. G – подмножество элементов ППКД ($G \subset X$);

10. H – подмножество элементов ПО ($H \subset X, H \subset Y$);

11. J – подмножество видеокамер ($J \subset Y$);

12. K – подмножество видеомониторов ($K \subset Y$);

13. M – подмножество устройств коммутации видеосигнала ($M \subset Y$);

14. N – подмножество видеорегистраторов ($N \subset Y$);

15. O – подмножество устройств аналого-цифрового преобразования ($O \subset Y$).

На примере подмножества элементов контроля доступа рассмотрена постановка задачи.

Пусть имеется пара (E, c) , где E – множество допустимых значений контроллеров доступа. Необходимо найти такой элемент $e \in E$, чтобы $c(y) \geq c(e)$, $\forall y \in E$, где $c(y)$ – это функция стоимости.

Так, из множества контроллеров для систем контроля и управления доступом, каждый из которых обладает определенным набором характеристик, в том числе по стоимости, можно определить оптимальный вариант для конкретной системы и объекта.

На данном примере подмножества контроллеров формулируются задачи для каждого подмножества элементов в отдельности. То есть, формируется индивидуальная задача оптимизации для каждого конкретного элемента. Решив индивидуальную задачу для каждого элемента можно решить общую задачу оптимизации.

Далее индивидуальная задача оптимизации в свою очередь формализуется через задачу линейного программирования: пусть n, m – положительные, целые числа, определяющие количество элементов и их характеристики соответственно; $b \in Z^m$, $c \in Z^n$, $A = (m \times n)$ – матрица, $a_{ij} \in Z$. Индивидуальная задача определяется следующим образом:

$$E = \{x : x \in R^n, Ax = b, x \geq 0\}, \quad (1)$$

$$c : x \rightarrow c'x, \quad (2)$$

где A – матрица, в которой отражены элементы системы и их характеристики; c – столбец, отражающий стоимость элементов, и b – строка, отражающая минимальные требования к характеристикам элемента.

Дополнительные условия. При рассмотрении задач оптимизации необходимо учитывать следующие условия:

1. Система окрестностей. Если дана допустимая точка $e \in E$, то полезно определить множество $N(e)$ точек, которые близки к данной точке e . Система окрестностей определяется следующим образом: отображение $N: F \rightarrow 2^F$, определенное для каждой индивидуальной задачи.

В задаче линейного программирования система окрестностей определяется следующим образом:

$$N_\varepsilon(x) = \{y: Ay = b; y \geq 0, \|y - x\| \leq \varepsilon\}. \quad (3)$$

То есть системой окрестностей является множество всех допустимых точек в пределах евклидова расстояния ε от x для некоторого $\varepsilon > 0$.

2. Локальные и глобальные оптимумы. Может оказаться трудно найти глобально оптимальное решение. Однако можно найти решение e , наилучшее с той точки зрения, что в его окрестности $N(e)$ ничего лучше нет. Тогда допустимое решение $e \in E$ является локально оптимальным относительно системы окрестностей N , если $c(e) \leq c(g)$, $\forall g \in N(e)$.

В рассматриваемом классе задач система окрестностей N_ε точная для любого $\varepsilon > 0$, и в таких задачах любой локальный оптимум обязательно будет глобальным.

Определение методологии решения поставленной задачи. Основной метод для решения задач линейного программирования – симплекс-метод. Если брать алгоритмизацию данного метода, то нужно выделить следующие свойства.

1. Допустимое решение x (т.е. вектор) называется опорным решением задачи, если система векторов, которая эквивалентна набору столбцов матрицы и соответствующая его положительным компонентам ($x > 0$), линейнонезависима.

2. Базисом опорного решения x называют систему m линейнонезависимых векторов, которая включает все векторы, эквивалентные набору столбцов матрицы, отвечающие положительным составляющим опорного решения x .

3. Опорное решение называется **невыврожденным**, если число его положительных компонент ($x > 0$) равно m (если оно меньше, то опорное решение называется **вырожденным**).

Как видно из предыдущего абзаца, получаемое в данном случае решение является вырожденным. Если применить обыкновенный симплекс-алгоритм для решения вырожденной задачи, то возможно закливание процесса решения задачи.

То есть можно сделать вывод о невозможности применения чистого симплекс-алгоритма в рамках данной задачи. Методы же полного перебора мало эффективны с точки зрения вычислений.

В данной задаче необходимо выбрать один элемент, отвечающий минимальным требованиям, с минимальной ценой. Таким образом, если хотя бы одна характеристика не отвечает представленным требованиям, то в дальнейшем он не рассматривается. Из полученных элементов выбирают элемент с минимальной стоимостью. Находятся и «отсекаются» от общего множества те его подмножества, которые заведомо не содержат оптимальных решений, т.е. получается эквивалентная задача минимизации функции на «меньшем» множестве.

Таким образом, для решения данной задачи можно применять методы отсечений, методы частичного перебора и случайного поиска, а также модифицированный под конкретную задачу симплекс-метод.

Заключение. Практическая значимость полученной системы заключается в том, что результаты проектирования систем контроля и управления доступом на основе разработанных методик будут более стандартизированы, отвечать необходимым требованиям по значимости категории объекта, учитывать стоимость системы и достигаться в более короткие сроки. В ходе решения задачи были использованы методы теории оптимизации и принятия решений, теории графов и теории множеств, линейной алгебры и дискретной математики.

Литература

1. Волоковицкий В.Д., Волхонский В.В. Системы контроля и управления доступом. СПб.: Экополис и культура, 2003. 165 с.
2. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский, А.А., Соколов В.Б. Теория выбора и принятия решений. М.: Наука, 1982. 328 с.
3. Пападимитриу Х., Кеннет С. Комбинаторная оптимизация, алгоритмы и сложность. М.: Мир, 1982. 512 с.
4. Александров П.С. Введение в теорию групп. М.: Наука, 1980. 144 с.
5. Асанов М.О., Баранский В.А. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы. СПб.: Лань, 2010. 368 с.
6. Алексеев В.М., Галлеев Э.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи: учеб. пособие. М.: Наука, 1984. 288 с.
7. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. К.: Вища школа, Головное издательство, 1983. 512 с.

УДК 004.056.53

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОИСК ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ИСХОДНЫХ ТЕКСТОВ

М.Н. Горюнов, А.Л. Еришов, А.А. Осипенко

Рассмотрены проблемы исследования программного обеспечения на отсутствие недокументированных возможностей в условиях отсутствия исходных текстов, предложены варианты решения задачи повышения оперативности и достоверности поиска функциональных объектов программного обеспечения.

Ключевые слова: недокументированные возможности, функциональный объект, автоматизированный поиск.

В настоящее время для обработки информации ограниченного распространения используются различные программные средства. Одним из основных способов обеспечения безопасности обрабатываемой ими информации является проведение исследований на отсутствие в данных программных продуктах недеklarированных возможностей.

Современные информационно-телекоммуникационные системы зачастую строятся на основе программно-аппаратных средств импортного производства. Это приводит к тому, что у конечного пользователя отсутствует необходимый набор исходных данных для проведения исследований используемого программного обеспечения на отсутствие недеklarированных возможностей. Данный факт приводит к значительному увеличению временных и как следствие финансовых затрат на проведение таких исследований.

Одной из задач проверки программного обеспечения на отсутствие недеklarированных возможностей в условиях отсутствия исходных текстов является верификация функциональных объектов, реализующих стандартизированные алгоритмы (алгоритмы сжатия информации, криптографические алгоритмы и т. д.). Под функциональными объектами здесь и далее понимаются элементы программы, осуществляющие выполнение действий по реализации законченного фрагмента алгоритма программы. Значительная часть времени при исследовании в условиях отсутствия исходных текстов уходит на поиск в исполняемых модулях самих функциональных объектов, корректность реализации которых необходимо проверить. Кроме этого, возможна ситуация, когда специалист-исследователь может в итоге так и не обнаружить необходимый функциональный объект, что в конечном результате может привести к возникновению угроз безопасности информации.

В настоящее время для решения задачи поиска функциональных объектов в условиях отсутствия исходных текстов используются следующие методы:

1. Сигнатурный метод.
2. Методы обратной разработки («*reverse engineering*»).
3. Поиск функциональных объектов «вручную».

У каждого из методов есть свои достоинства и недостатки.

В качестве сигнатур, например, для криптографических алгоритмов могут выступать константы или таблицы подстановок, которые прописаны в стандарте на сам алгоритм. Использование сигнатур позволяет быстро и достаточно точно обнаружить искомый функциональный объект. Но это возможно только в случае, если для исследуемого алгоритма возможно создание подобных сигнатур. Также недостатком является невозможность в ряде случаев определить «границы» и конкретное местонахождение искомого функционального объекта, так как обнаружение самой сигнатуры не всегда позволяет обнаружить сам объект. Например, при использовании в качестве сигнатуры константы (таблицы констант) криптографического алгоритма обнаружение её положения в исполняемом модуле не всегда позволяет обнаружить сам исполняемый код, реализующий криптографический алгоритм.

Применение методов обратной разработки подразумевает под собой дизассемблирование бинарного кода исполняемого модуля, дальнейшую его декомпиляцию и уже после этого анализ полученного высокоуровневого кода. Для преобразования исполняемого кода в высокоуровневый разработаны и используются специальные средства автоматизации – дизассемблеры и декомпиляторы. В результате обратной разработки специалист-исследователь в кратчайшие сроки получает идентичный исходному набор текстов программ, что значительно упрощает их анализ. Серьезным недостатком данного подхода является его платформозависимость. Так, например, полная декомпиляция возможна только для приложений, разработанных на языках программирования, имеющих промежуточное представление в виде байт-кода и виртуальную машину для его выполнения. Это обусловлено тем, что исходные тексты в результате компиляции преобразуются не в команды микропроцессора, а в промежуточное высокоуровневое бинарное представление, которое уже на этапе выполнения преобразуется в инструкции процессора. С другой стороны, приложения, разработанные на языках программирования, не подразумевающих представление результатов компиляции в виде промежуточного высокоуровневого бинарного кода, не позволяют выполнить их полную декомпиляцию. Это справедливо для таких высокоуровне-

вых языков программирования, как C++, C# (в случае без использования CLR), Delphi и т.д. [1].

Метод «ручной» отладки подразумевает под собой запуск исследуемого приложения под управлением специальной программы-отладчика и либо её пошаговое выполнение, либо выполнение до выбранных заранее точек останова и анализ состояния памяти приложения и регистров процессора в момент его останова. Отладка исполняемого модуля очень схожа с обратной разработкой программ. Отличием данного подхода от обратной разработки является то, что исполняемый код не преобразуется в высокоуровневый, а представляется специалисту-исследователю в виде дизассемблированного листинга программой-отладчиком. «Ручная» отладка приложений является наиболее точным способом обнаружения функциональных объектов, так как специалист-исследователь может самостоятельно задавать всевозможные тестовые режимы и проверки для исследуемого кода. Однако данный подход может занять очень много времени, особенно если в исследуемом исполняемом модуле используются антиотладочные приёмы (метки времени выполнения кода, проверки работы приложения «под отладчиком», периодическая проверка контрольной суммы исполняемого кода и т.д.) или приёмы для «запутывания» дизассемблера (шифрование основного исполняемого кода программы, самомодифицирующийся код и т.д.). В дополнение к сказанному третий подход требует наличия определённых навыков у специалиста-исследователя, что на практике не всегда выполнимо.

Таким образом, ни один из описанных подходов не позволяет оперативно и достоверно обнаружить верифицируемый функциональный объект в условиях отсутствия исходных текстов.

В качестве одного из вариантов решения данной задачи можно рассмотреть автоматизацию поиска функциональных объектов, основанную на анализе статистических свойств исполняемого кода, реализующего функциональный объект. В основе исследуемого подхода к автоматизации поиска функциональных объектов лежат методы, обычно используемые при анализе содержимого текстовых документов [2].

Для реализации автоматизированного поиска в данном контексте необходимо решить следующие задачи:

1. Выделение статистических признаков искомого объекта – формирование вектора признаков искомого объекта. Такими признаками, например, могут быть некоторые «общие» метрики, применяемые для оценки качества программного обеспечения (метрики Холстеда, цикломатической сложности по Мак-Кейбу, а также метрики Джилба). В дополнение к ним целесообразно использовать и метрики, которые характерны для конкретного функционального объекта. Так, например, для задачи поиска реализации криптографического алгоритма AES в качестве таких метрик можно рассмотреть частоту встречаемости в исполняемом коде инструкции *xor*, сочетания инструкций *lea-xor*, *mov-xor* и т.д., а также матрицу переходных вероятностей последовательности инструкций микропроцессора.
2. Выбор типа автоматического классификатора.
3. Машинное обучение автоматического классификатора на основе выделенных признаков искомого функционального объекта.
4. Проверка работы автоматического классификатора на тестовой выборке функциональных объектов.

Данный подход основан на предположении о статистической зависимости между непосредственно алгоритмом и дизассемблированным (восстановленным из исполняемого модуля) функциональным объектом, его реализующим. Также

предполагается, что это утверждение справедливо для различных программных реализаций алгоритма (например, написания программы различными авторами, на различных языках программирования и т.д.) и при возможной оптимизации исходного кода, выполняемой компиляторами.

Предлагаемый способ является платформонезависимым, направлен на повышение оперативности и достоверности обнаружения функциональных объектов программного обеспечения в условиях отсутствия исходных текстов, а также может быть использован для проведения автороведческих экспертиз модулей исполняемого кода.

Литература

1. Сертификация программ без исходных текстов / А. Барабанов, А. Марков, А. Фадин // Открытые системы. 2011. № 4.
2. Павлов А.С., Добров Б.В. Метод обнаружения поискового спама, порожденного с помощью цепей Маркова // Тр. 11-й Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». RCDL, 2009.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

*Председатель секции – Ехлаков Юрий Поликарпович, д.т.н., профессор,
зав. каф. АОИ, проректор по информатизации и управлению*

УДК 65.011.56

ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ СВЯЗАННЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

И.В. Лазарев

На примере конкретной технической задачи организации документооборота ведения электронного генерального плана (ЭГП) промышленного предприятия рассмотрены методы организации хранения связанных данных об объектах предметной области при интеграции информационных систем. Приведены основные характеристики рассмотренных методов. Даны рекомендации по выбору оптимального метода с учетом требований к программному и техническому обеспечению.

Ключевые слова: документооборот, программное обеспечение, электронный генеральный план, хранилище данных, СУБД.

Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы». Проект «Разработка Web-ориентированных геоинформационных технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры», Государственный контракт № 07.524.11.4013 от 03 ноября 2011 г.

Практика создания крупных корпоративных информационных систем (КИС), в различных предметных областях показывает, что создание универсальной программной системы, способной автоматизировать все бизнес-процессы организации, является труднорешаемой задачей. Как одну из основных причин данной проблемы можно назвать динамический характер бизнес-процессов современных организаций, вызванный нестабильностью внешней среды, ужесточением конкуренции, необходимостью осуществления постоянных нововведений в продуктах и процессах. КИС современной организации – это набор информационных систем, каждая из которых, с одной стороны, профессионально решает свой круг задач (документооборот, пространственный анализ, бухгалтерский учет, и т.д.), с другой стороны, является открытой как информационно, так и технологически. Таким образом, на первый план выходит вопрос эффективной интеграции информационных систем предприятия.

Обозначенная проблемная ситуация особенно актуальна при решении вопроса интеграции системы электронного документооборота (СЭД). Эффективность работы организации, качество и оперативность принимаемых управленче-

ских решений напрямую зависят от процессов делопроизводства и документооборота. Поэтому СЭД часто выступает в качестве «ядра» корпоративной информационной системы.

В настоящей работе рассматриваются вопросы интеграции СЭД на примере организации документооборота электронного генерального плана промышленного предприятия.

Электронный документооборот. В общем виде процесс организации документооборота включает в себя все действия по обработке входящей, исходящей и внутренней корреспонденции организации: прием и первичная обработка входящих документов, составление, согласование и утверждение проектов документов, формируемых внутри организации, формирование поручений и контроль их исполнения, отправка исходящих документов. Особенности процессов документооборота зависят от характеристик автоматизируемых бизнес-процессов. Так, при автоматизации процессов по управлению инженерной инфраструктурой предприятия и интеграции с системой ЭГП СЭД должна решать следующие характерные для данной предметной области задачи:

- обеспечение регистрации всех типов документов, находящихся в общем потоке документооборота ЭГП;
- ведение электронного архива документов ЭГП;
- организация взаимодействия с другими профильными подсистемами программного комплекса ведения ЭГП;
- организация автоматизированного контроля исполнения документов;
- ведение технологии электронного взаимодействия между подразделениями организации (пользователями ЭГП);
- мониторинг документа – определение стадии, на которой находится рассмотрение того или иного документа;
- связь между документами различного уровня исполнения;
- хранение информации обо всех документах, обеспечив возможность доступа к любой стадии работы с документами;
- ведение системы отчетности по исполнению документов и исполнительской дисциплине сотрудников организации.

Электронный генеральный план промышленного предприятия. Генеральный план промышленного предприятия – одна из важнейших частей проекта промышленного предприятия, содержащая комплексное решение вопросов планировки и благоустройства территории, размещения зданий, сооружений, транспортных коммуникаций, инженерных сетей, организации систем хозяйственного и бытового обслуживания, а также расположения предприятия в промышленном районе (узле) [1].

В настоящее время основным направлением в области автоматизации управления генеральным планом промышленных предприятий является применение геоинформационных технологий. Данный подход позволяет объединить традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и пространственного анализа, которые предоставляет электронная карта [2].

Интеграция СЭД и ЭГП. Важной характеристикой интеграции систем является способ организации хранения связанной информации.

В качестве примера связи пространственных данных и данных документационного обеспечения можно привести процесс получения выкопировки генерального плана. При регистрации заявки на выкопировку в СЭД пользователю необ-

ходимо указать информацию об участке территории для формирования выкопировки. В дальнейшем СЭД должна обеспечить поиск необходимого документа в базе данных по пространственным данным участка. Другим примером является добавление нового пространственного объекта на электронный генеральный план с указанием документа-основания. Таким образом, можно выделить два типа связей, которые должны быть учтены при интеграции СЭД и ЭГП:

1) связи входящих, исходящих и внутренних документов предприятия с пространственными объектами и произвольными территориальными участками предприятия;

2) связи пространственных объектов с произвольными документами, находящимися в общем потоке документооборота предприятия.

В зависимости от того, где хранится информация о связях объектов интегрируемых систем, можно выделить два типа интеграции: внутреннюю интеграцию и внешнюю интеграцию.

Внутренняя интеграция. При реализации метода внутренней интеграции (рис. 1), данные о связях объектов предметной области, которыми оперируют интегрируемые системы, хранятся в базах данных самих систем. Данный подход требует расширения функциональности и схем баз данных для всех систем, участвующих в интеграции.

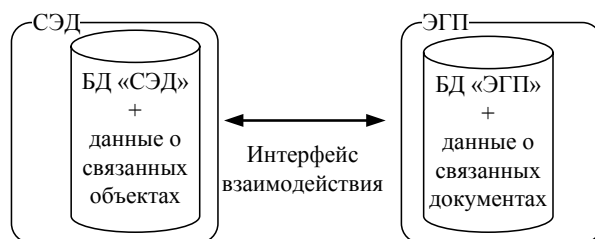


Рис. 1. Внутренняя интеграция систем

На уровне данных рассматриваемый способ реализуется путем расширения существующих и создания новых таблиц, в базах данных интегрируемых систем. Пример фрагмента ER-диаграммы, которая демонстрирует метод внутренней интеграции, представлен на рис. 2, в модель вынесены только те таблицы и поля, которые представляют интерес в рамках решения задачи.

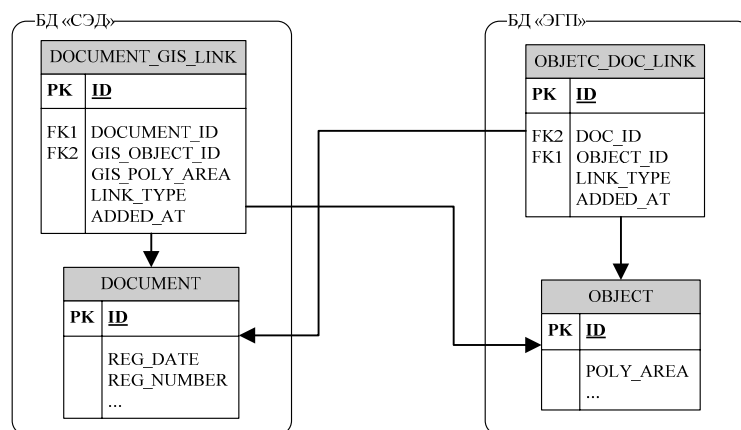


Рис. 2. ER-диаграмма метода внутренней интеграции

Внешняя интеграция. Данный подход предполагает вынесение данных о связях и функциональности по их обработке в самостоятельную информационную систему, выступающую в роли посредника между интегрируемыми системами. На рис. 2 представлена схема систем при реализации метода внешней интеграции.

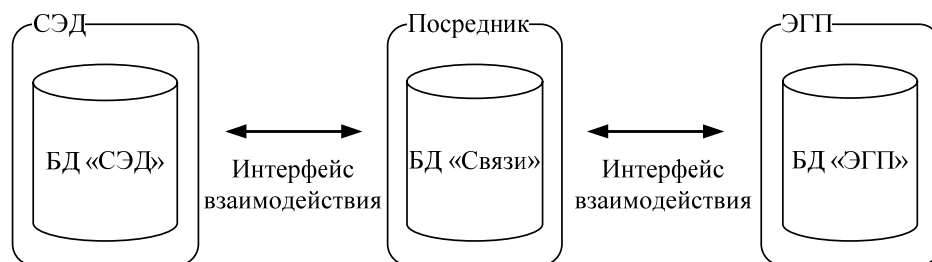


Рис. 3. Внешняя интеграция

Фрагмент ER-диаграммы, демонстрирующий метод внешней интеграции систем, представлен на рис. 4. Диаграмма наглядно демонстрирует, что данный метод позволяет избавиться от дублирования связей внутри баз данных интегрируемых систем.

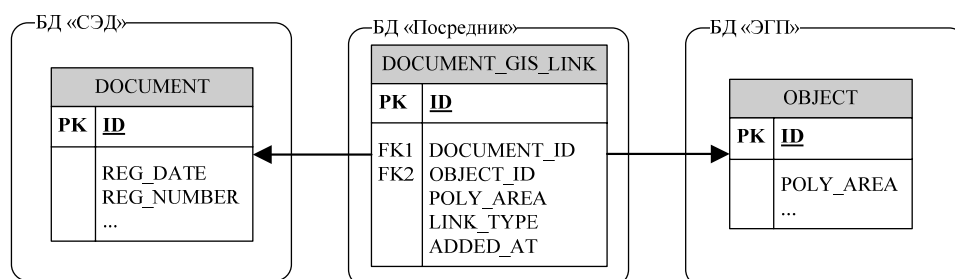


Рис. 4. ER-диаграмма метода внешней интеграции

Выбор метода организации хранения информации о связях объектов зависит от требований, выдвигаемых к программному и аппаратному обеспечению информационных систем.

В случае высоких требований к гибкости систем и простоте модификации оптимальным выбором является метод внешней интеграции. Данный метод позволяет обособить информацию о связях объектов и функции по их управлению, это способствует повышению гибкости системы, однако отрицательно сказывается на времени первоначальной реализации. Метод внутренней интеграции является оптимальным при сжатых сроках реализации системы.

Литература

1. Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Рыбалов Н.Б. Принципы построения Web-ориентированной ГИС промышленного предприятия // Известия Том. политех. ун-та. 2006. Т. 306, № 7. С. 146–152.
2. Гриценко Ю.Б., Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И. Геоинформационные технологии мониторинга инженерных сетей: монография. Томск: ТУСУР, 2010. 148 с.

ОЦЕНКА ПРИЕМЛЕМОГО УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.В. Савчук

Рассмотрены подходы к оценке уровня зрелости информационных технологий согласно методологии CobIT, определение приемлемых параметров с учетом требований к автоматизации и оценки рисков в предприятиях среднего и крупного масштаба.

Ключевые слова: CobIT, ITIL, уровень зрелости информационных технологий.

Значимость информационных технологий (ИТ) в организациях среднего и крупного размера выросла существенно за последние полтора десятилетия. Получаемые преимущества позволяют компаниям реализовывать существенный потенциал роста, в т.ч. повышать оперативность и точность предоставления информации, производительность труда, стандартизировать бизнес-процессы и т.д.

При этом, однако, внедрение информационных технологий может существенно повышать риски для бизнеса, например:

1. Концентрация обрабатываемых данных в единых информационных системах может привести к возникновению аварийных ситуаций, приносящих существенный урон на многих участках. Если бухгалтерская система располагается на одном сервере, то при отказе аппаратной либо программной части может быть затруднено формирование бухгалтерской и управленческой отчетности, прекращена отгрузка готовой продукции, поскольку станет невозможно формирование соответствующих документов, и т.д.

2. Существенная ставка на информационные технологии может привести к внедрению крупных ИТ-проектов, абсолютная отдача от которых будет ниже, нежели затраты от внедрения. Неполное внедрение системы электронного документооборота может даже снизить эффективность бизнес-процессов в результате возникновения нескольких участков сопряжения, где данные переводятся из электронной в бумажную форму и наоборот.

Вместе с этим использование ручного труда может снизить эффект масштаба, однако повысить частоту ошибок. Люди склонны допускать ошибки, поэтому необходимо учитывать человеческий фактор при планировании работы и вводить дополнительный контроль – параллельные контрольные сверки, периодическое обучение, установление ответственности за некорректные результаты и т.д.

Информационные системы при идентичных входных параметрах и неизменных алгоритмах будут выдавать одинаковые результаты, поэтому внедрение хорошего ИТ-проекта помогает исключить человеческий фактор. Дополнительно перенос компетенций в электронную форму может уменьшить требуемый уровень квалификации для персонала, соответственно снизить уровень заработной платы и повысить устойчивость к текучке кадров.

Соответственно необходимо планировать инфраструктуру и поддержку предоставляемых информационных сервисов таким образом, чтобы максимизировать общую отдачу от ИТ-технологий. Рассмотрим два подхода [1]:

1. Использовать лучшие ИТ-практики, такие как ITIL (IT Infrastructure Library). ITIL представляет собой набор руководств, разработанных Центральным компьютерным и телекоммуникационным агентством (ССТА, Великобритания) в конце 1980-х годов, описывающих интегрированную методологию управления ИТ-услугами, основанную на процессном подходе и лучшем мировом

опыте). Если говорить кратко, использование ITIL позволяет сделать ИТ хорошим.

2. Другим подходом является использование CobIT (контрольные объекты для информационных и смежных технологий), открытый стандарт контроля, управления и аудита ИТ, первое издание которого было разработано в 1996 г. фондом Аудита и контроля информационных систем (ISACF, США). Использование подходов CobIT позволяет с разумной степенью уверенности гарантировать, что задачи, возлагаемые на ИТ, будут решены, т.е. не сделать плохо.

Несмотря на несколько различные подходы, применяемые в ITIL, CobIT, в любом случае необходимо адаптировать ИТ для соответствия нуждам предприятия. Например, существуют практики, позволяющие внедрять ITIL в небольших компаниях [2].

CobIT предполагает введение понятия «уровень зрелости ИТ» (maturity level), который предполагает следующую градацию [3]:

1. Отсутствующий. Процесс не существует.
2. Начальный. Деятельность осуществляется хаотически, от случая к случаю без единого подхода. Руководство не организовано.
3. Повторяемый, но интуитивный. Одинаковые задачи решаются разными людьми сходными методами. Однако отсутствуют формальные процедуры и распределение ответственности.
4. Определенный. Процедуры стандартизованы и документированы. Однако отклонения от процедур не всегда отслеживаются. Процедуры формализуют существующую практику.
5. Управляемый и измеримый. Руководство контролирует и измеряет процесс и принимает меры, если процесс неэффективен. Могут использоваться инструменты автоматизации процесса.
6. Оптимизируемый. Процесс развит до уровня хорошей практики в результате постоянных улучшений и сравнения с другими предприятиями. Соответствует целям заказчика.

Так ли нужен каждой максимальный уровень зрелости (оптимизируемый)? Нужно понимать, что переход на каждую новую ступень связан с повышением уровня финансовых, временных и трудовых затрат.

Очевидно, что формальное тестирование и верификация необходимы для программного обеспечения системы управления опасным производственным процессом или, например, марсоходом, и менее существенны для некритичных информационных систем. Возможно, ИТ в целом не стоит тех затрат, которые требуются для компенсации всего многообразия рисков, ввиду того что информационные технологии для компании не являются главным приоритетом (например, в традиционных отраслях – сельское хозяйство, металлургия и т.д.).

Для определения приемлемого уровня зрелости следует:

1. Определить текущий уровень зрелости путем привлечения независимого аудита (внутреннего либо внешнего) либо самооценки уровня контроля (Control self-assessment) с некоторыми ограничениями по достоверности [4].
2. Построить карту присущих существенных ИТ рисков и произвести их ранжирование на основе количественных и качественных оценок.
3. Определить максимальный уровень риска, который приемлем для компании (т.н. риск-аппетит). Все риски ниже указанного уровня признаются несущественными и не требующими рассмотрения.

4. Для остальных рисков провести детальную оценку применяемых мер по их снижению. Это также можно сделать при помощи методов, которые изложены в п. 1.

5. Для рисков, требующих компенсации, рассмотреть возможность их снижения, как с использованием информационных технологий, так и другими методами. Например, если информационная система содержит ошибки и в ряде случаев формирует некорректные отчеты, то можно либо усилить контроль за тестированием и внедрением в эксплуатацию, либо, например, производить дополнительную сверку за корректностью данных и для этого нанять дополнительного сотрудника.

6. На основании полученных данных определить целевой уровень зрелости и планировать формирование ИТ-стратегии согласно намеченным целям.

Также следует производить периодический пересмотр целевого уровня зрелости с учетом изменения роли информационных технологий и уточнения данных по актуальному перечню рисков.

Таким образом, предлагаемая методика вкупе с остальными подходами позволяет более точно управлять полезностью ИТ и оптимизировать затраты для получения гарантированной необходимой отдачи от использования информационных технологий на предприятии.

Литература

1. Управление и аудит ИТ на базе стандартов ITIL, ITSM, CobIT [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://it-consulting.incom.ua/content/view/372465/32/>, свободный (дата обращения: 01.08.2012).
2. Tripping Out On Small-Business ITIL [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.itsmwatch.com/itil/article.php/3769171/Tripping-Out-On-SmallBusiness-ITIL.htm>, свободный (дата обращения: 01.08.2012).
3. IT Expert [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.itexpert.ru/rus/ITEMS/200809072359/index.php>, свободный (дата обращения: 01.08.2012).
4. IT Assurance Guide: Using Cobit – IT Governance Institute, 2007. 286 с.

УДК 519.8

ЗАДАЧА НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННАЯ С ЗАДАЧЕЙ ПОИСКА УСТОЙЧИВЫХ ПРОБОК В МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

В.А. Соловьев

Предложена задача поиска узлов транспортной сети, наличие пробок в которых не зависит от смены расписания работы светофоров (или других меняющих скорость потока факторов). Рассматривается аналогия между задачей о колебании закрепленного стержня и предложенной задачей об узлах транспортной сети с устойчивыми пробками.

Ключевые слова: собственные числа, транспортный поток, устойчивая пробка.

Рассмотрим уравнение движения для алгоритмической схемы модели транспортного потока, описанного в [1]:

$$-x_{i-1}(t) - v_{i-1}(t + \Delta t)\Delta t + 2(x_i(t) + v_i(t + \Delta t)\Delta t) - x_{i+1}(t) - v_{i+1}(t + \Delta t)\Delta t = \beta_i, \quad (1)$$

где $x_i(t)$ – положение i -го транспортного средства, движущегося со скоростью $v_i(t)$ в момент времени t ; Δt – сдвиг по времени; β_i – модификатор схемы движения, отвечающий за положение точки, которую стремится занять транспортное средство при движении в потоке; i – номер от 1 до M , где M – количество транспортных средств на ребре (дороге, трассе).

$$\begin{cases} 2(x_1 + v_1\Delta t) & -x_2 - v_2\Delta t & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & = \beta_1 \\ 0 & 0 & -x_{i-1} - v_{i-1}\Delta t & 2(x_i + v_i\Delta t) & -x_{i+1} - v_{i+1}\Delta t & 0 & 0 & = \beta_i \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x_{M-1} - v_{M-1}\Delta t & 2(x_M + v_M\Delta t) & = \beta_M \end{cases} \quad (2)$$

Если рассмотрим участок трассы и условия, которые определяют движение, то получим трехдиагональную матрицу, соответствующую системе (2), составленной из уравнений типа (1).

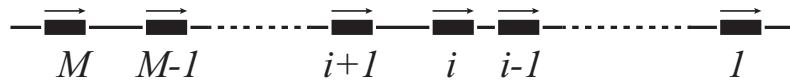


Рис. 1. Движение по участку трассы

Если рассмотрим несколько участков трассы в предположении, что на соединяющих перекрестках светофоры «открыты» (горит зеленый сигнал, т.е. проезд разрешен), то получим сильно разреженную матрицу.

Можно рассмотреть предельный случай, когда все светофоры «открыты» и при этом, помимо движения внутри города, имеются транзитные потоки через город. В этом случае так же получаем сильно разреженную матрицу, ассоциированную с графом дорог, учитывающим направление движения. Матрица не будет определена, т.к. замыкающее условие на выходах из трасс «скорость последнего равна скорости предыдущего» приводит к тому, что определитель матрицы равен нулю.

Эта конструкция кажется искусственной, но если рассмотреть усреднения по времени (будем считать светофоры модификаторами скорости), то можно вместо транспортных средств рассматривать группы транспортных средств. Правую часть в этом случае можно рассматривать как возмущение, накладываемое на поток.

В рамках данной модели можно ввести понятие устойчивой пробки, т.е. такой пробки, которая устойчива к некоторым типам возмущений (сама пробка может возникнуть где угодно из-за локальных причин: авария на дороге, неконтролируемый пешеходный переход и др.). Нас же интересуют пробки, определяемые самой структурой дорожной сети. Здесь можно провести аналогию между многими задачами математической физики и рассматриваемой моделью. Так, например, в задаче колебания закрепленного стержня (или задаче о струне Даламбера, рис. 2), колебания раскладываются по собственным формам колебаний.

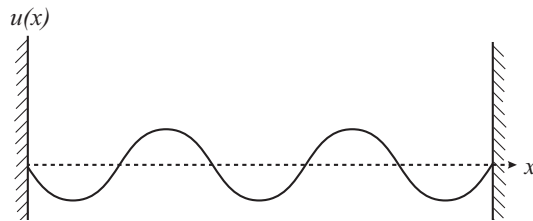


Рис. 2. Колебание струны, Д'Аламбер (1748)

Если воздействие на стержень будет гладким, то результат возмущения будет также гладким, и коэффициенты разложения по собственным функциям будут убывать в зависимости от степени гладкости и возмущения. Если возмущение непрерывно, то коэффициенты убывают как $1/n^2$. Если возмущение дифференцируемо, то убывание будет пропорционально $1/n^3$.

Таким образом, если возмущение похоже на 2-ю собственную форму, то узел не изменится.

Рассмотрим ситуацию, когда пробка возникла в зоне, совпадающей с узлами двух собственных форм (функций). В этом случае, если возмущение совпадает со второй или третьей, то не изменит значение в этом узле. Если в этом узле есть пробка, то она там останется.

В задачах механики интересуются резонансными явлениями в узлах. В рассматриваемом случае интерес вызывают пробки в узловых точках. В задачах механики узел определяет место наибольшего напряжения. В рассматриваемой ситуации узел определяет относительную устойчивость пробки гладким возмущениям.

Особый интерес вызывает случай, в котором узлы собственных функций близки друг к другу (на графе). Точного совпадения ожидать не приходится. Более того, в данной модели попытки убрать пробки регулярными или гладкими возмущениями не приводят к успеху. Узел становится пробкой, когда скорость транспортных средств в нем равна нулю.

В качестве наглядного примера приведен рис. 3, на котором изображена часть графа сети дорог г. Омска. В кругах находятся области скопления узлов либо единичные узлы, которые соответствуют реальным пробкам, образующимся в городе.



Рис. 3. Области, содержащие узлы, совпадающие с реальными пробками (г. Омск)

Таким образом, данный подход позволяет, анализируя лишь топологию транспортной сети, получить данные о расположении мест, в которых пробки, если таковые будут образовываться, будут стабильны, т.е. не подвержены смене режимов работы светофоров и других факторов, влияющих на поток.

Литература

1. Соловьев В.А. Математическое моделирование транспортных потоков на основе схемы с двумя масштабами времени / В.А. Соловьев, Р.Т. Файзуллин // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии. 2011. №3(103). С. 37–40.

УДК 621.396.41

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С УЧЕТОМ ВНУТРЕННИХ И ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Р.И. Уколов

Рассматривается концепция разрабатываемого в ТУСУРе программного обеспечения как средства повышения эффективности деятельности предприятия. Затрагиваются аспекты процессно-ориентированного управления, моделирования и формализации бизнес-процессов.

Ключевые слова: бизнес-процесс, моделирование, нотация.

В настоящее время любое предприятие предусматривает наличие четко определенного заранее технологического цикла и одной из первостепенных задач для повышения эффективности работы предприятия является контроль над процессом производства. Но с учетом того, что на деятельность предприятия постоянно воздействуют различные внешние и внутренние факторы, контроль процесса производства становится довольно сложной задачей.

Эффективность принятия управленческих решений во многом зависит от подхода к управлению руководителя организации и субъективного восприятия им производственной проблемы в момент принятия решения. Процессный подход является наиболее эффективным, так как именно он позволяет дифференцировать всю деятельность организации на отдельные взаимосогласованные процессы и обеспечивать постоянный контроль над ними и выпускаемой продукцией в рамках строгого соответствия принятой общей стратегии предприятия [1].

Система моделирования бизнес-процессов позволяет описать различные внутренние и внешние показатели каждого отдельного процесса и в итоге сформировать некое хранилище данных, которое в дальнейшем может быть использовано в различных областях, например для стратегического или тактического планирования, а также в системах мониторинга и имитационного моделирования бизнес-процессов. Именно поэтому точное описание бизнес-процессов является ключевой задачей для эффективного развития предприятия.

Анализ современного программного обеспечения в области моделирования бизнес-процессов. На сегодняшний момент существует множество различных программных продуктов, которые позволяют моделировать и описывать бизнес-процессы предприятия. Помимо самого моделирования бизнес-процессов, многие системы предоставляют различные дополнительные инструменты, такие как мониторинг бизнес-процессов, системы электронного документооборота, оптимизация бизнес-процессов и многие другие.

Естественно, что весь этот дополнительный инструментарий основывается на описании бизнес-процессов и различным дополнительным модулям требуется совершенно разная информация о бизнес-процессах. Для модуля мониторинга бизнес-процессов не требуется информация об используемых ресурсах, для мо-

дуля имитационного моделирования или модуля оптимизации бизнес-процессов совершенно неважно, какие документы требуются для выполнения бизнес-процесса, и т.д.

Тогда возникает вопрос, а как же наиболее доступно и в то же время наиболее структурированно хранить эту информацию о бизнес-процессах. Большинство систем для этого ограничиваются хранением моделей бизнес-процессов в каком-нибудь текстовом формате, будто то всеми известный xml или какой-нибудь собственный формат. Более серьезные системы, помимо этого, используют различные объектные базы данных. Но практически нет программных продуктов, которые применяют формализацию бизнес-процессов в виде некой логической структуры, представленной в математической форме, причем хорошо структурированной, и в дальнейшем предоставляют эту информацию для других модулей.

Теперь кратко рассмотрим функциональные возможности некоторых существующих программных систем в области моделирования бизнес-процессов [2]:

- ARIS – интегрированное средство моделирования бизнес-процессов, объединяющее разнообразные методы моделирования и анализа систем. В первую очередь, это средство описания, анализа, оптимизации и документирования бизнес-процессов.
- Rational Rose (IBM) – средство моделирования объектно-ориентированных информационных систем. Позволяет решать практически любые задачи в проектировании информационных систем: от анализа бизнес-процессов до кодогенерации на определенном языке программирования. Позволяет разрабатывать как высокоуровневые, так и низкоуровневые модели, осуществляя тем самым либо абстрактное проектирование, либо логическое.
- CA ERWin Process Modeler – мощный инструмент моделирования, который используется для анализа, документирования и реорганизации сложных бизнес-процессов. Позволяет четко документировать различные аспекты деятельности — действия, которые необходимо предпринять, способы их осуществления, требующиеся для этого ресурсы и др.

Разработка концепции программного обеспечения в рамках «Парад-М».

На основе анализа современного программного обеспечения в области моделирования бизнес-процессов было найдено решение, как на рис. 1.

Из данной схемы отчетливо видно описание бизнес-процессов, состоящее из двух этапов:

- описание внутренней структуры;
- описание внешних ограничений.

Под описанием внутренней структуры подразумевают описание взаимодействий между бизнес-процессами, которые обеспечивают преобразование входа бизнес-процесса в его выход.

Описание внешних ограничений представляет собой некие правила бизнес-логики, которые вносят ограничения в модели бизнес-процессов, а также в ход их исполнения. Так как система «Парад-М» ориентирована на производственные предприятия, то данный модуль описания бизнес-процессов содержит некие шаблоны правил, связанные с существующими отраслевыми стандартами ОСТ, ГОСТ, СНИП и т.д. И при разработке какой-либо новой модели нужно придерживаться определенных стандартов той предметной области, к которой непосредственно относится разрабатываемая модель. Это могут быть как нормы по строительству жилых зданий, так и стандарты по ремонту автомобилей (рис. 2).

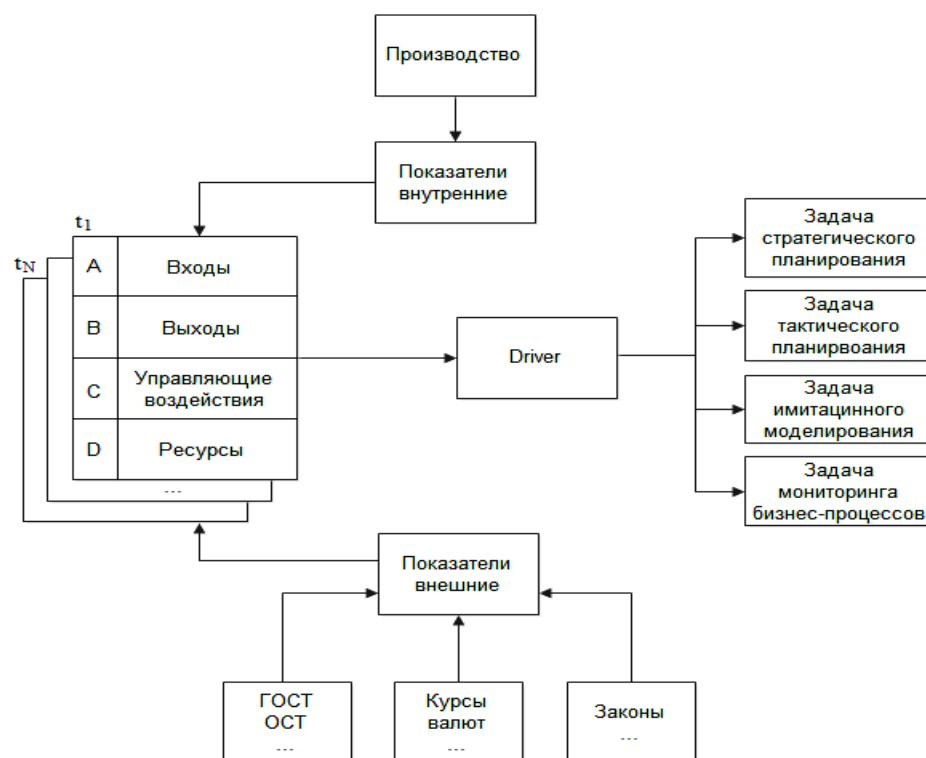


Рис. 1. Схема работы модуля описания бизнес-процессов в системе «Парад-М»



Рис. 2. Стандарт описания бизнес-процесса

Само хранилище данных в математическом виде представляет собой набор матриц, которые четко разделены по времени. Каждая матрица содержит множество различных показателей бизнес-процесса, как внешних, так и внутренних. В дальнейшем с помощью специального драйвера из всего набора данных можно структурировать и группировать только ту информацию, которая необходима для выполнения конкретной задачи: стратегического и тактического планирования, имитационного моделирования и мониторинга бизнес-процессов.

Также отметим, что в системе «Парад-М» для описания бизнес-процессов используется одна из самых современных методологий – BPMN.

BPMN – это графическая нотация для моделирования бизнес-процессов, которая очень удобна для их описания и формализации. Она описывает множество типов моделирования и допускает создание сквозных бизнес-процессов. Структурные элементы BPMN позволяют легко проводить различия между участками схемы BPMN. Из основных преимуществ данной нотации можно выделить следующие [2]:

1. Наличие стандартизированного языка для текстового представления модели (BPEL).

2. Ориентация на все виды бизнес-пользователей.
3. Наглядная схема описания взаимодействия процессов между собой и с внешней средой.
4. Ориентация на дальнейшее использование в автоматизации управления.
5. Широкий набор интуитивно понятных элементов.

Результаты. Основой блока модуля моделирования или описания бизнес-процессов является графический редактор бизнес-процессов. Именно в нем реализуется построение функциональных диаграмм или графическое представление модели бизнес-процессов в соответствии с выбранной нами методологией моделирования BPMN.[3]

Система «Парад-М» позволяет сохранять сформированные модели бизнес-процессов как в формате стандартизированного xml-файла, так и непосредственно в базе данных (хранилище данных). Помимо этого, в системе есть возможность создания шаблонов бизнес-процессов, которые не загружены конкретными данными и показателями, а содержат только базовую информацию и характеристики бизнес-процессов.

При внедрении любой автоматизированной системы на предприятии возникает проблема, как наиболее быстро заполнить её первичными данными. Например, данные о сотрудниках предприятия, финансовых ресурсах и т.д. Для решения этой проблемы в системе «Парад-М» реализован модуль импорта данных, который содержит набор драйверов различных внешних систем, например, таких систем, как 1С, Парус, Аксапта и др. Решение этой проблемы реализовано с помощью блока импорта, он представляет собой модуль, который с помощью различных драйверов реализует экспорт этих данных в систему. Ниже представлена структурная схема блока моделирования бизнес-процессов (рис. 3).



Рис. 3. Структурная схема блока моделирования системы «Парад-М»

Выводы. В связи с тем что бизнес-процессы агрегируют в себе всю информацию о ходе и состоянии производства, существует возможность построения СМК на основе параметров бизнес-процессов, которая будет тесно интегрирована с системой мониторинга и планирования. При этом получаемые показатели будут более точно отображать реальную ситуацию на производстве.

Универсальное хранилище данных дает возможность предоставлять хорошо структурированную и сгруппированную информацию для различных дополнительных задач системы.

Учет ограничений, которые накладываются на бизнес-процессы различными стандартами и нормативами, позволяет контролировать адекватность модели бизнес-процессов.

Использование системы «Парад-М» позволяет дополнительно повысить эффективность производства, а также предоставляет инструменты, которые дают возможность быстро получать актуальную информацию о ходе производства, необходимую для процесса принятия эффективных решений в управлении.

Литература

1. Петров Ю.А., Шлимович Е.Л., Ирюпин Ю.В. Комплексная автоматизация управления предприятием. Информационные технологии и практика. Бизнес-информатика. 2001. 180 с.
2. Арушанов И.В. Программное и математическое обеспечение информационных систем малых предприятий. Информационные экономические системы. 2007. 60 с.
3. Спецификация нотации BPMN [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecm-journal.ru/card.aspx?ContentID=1624827>, свободный (дата обращения: 01.09.2012).

УДК 339.138

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММЫ ПРОДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА

П.А. Заичкина, Д.Н. Бараксанов

Разработана система контроля результативности программы продвижения. Для этого рассмотрены теоретические основы оценки результативности продвижения в Интернет; выбраны контрольные индикаторы мероприятий программы продвижения; проведен обзор и выбор автоматизированных систем оценки результативности мероприятий программы продвижения.

Ключевые слова: интернет-маркетинг, программа продвижения, веб-аналитика, ключевые показатели эффективности.

Развитие интернет-маркетинга. С развитием и популяризацией сети Интернет многие методики, характерные для традиционного маркетинга, стали применяться и в виртуальном пространстве. В течение всего нескольких лет объем рынка онлайн-рекламы значительно вырос, например, в 2011 г. рост российского рынка составил 55% [1]. Это означает, что рекламодатели изменили свои предпочтения и теперь, кроме традиционного маркетинга, вкладывают средства в продвижение своего продукта в сети Интернет. Для планирования рекламных кампаний в сети Интернет появилась собственная практическая отрасль, называемая интернет-маркетингом.

Под термином «интернет-маркетинг» в работе понимается «теория и методология организации маркетинга в гипермедийной среде Интернета», по определению И.В. Успенского [2]. Основная цель интернет-маркетинга – получение наибольшего эффекта от возможной аудитории сайта компании, которая продвигает свою продукцию. Хотя наличие сайта в Интернет не обязательно для применения интернет-маркетинга (например, конечной точкой пути клиента можно задать звонок в компанию-производитель), в рамках представленной работы принято наличие у компании-производителя собственного сайта. Продвигаемым продуктом при этом является программный продукт.

Для достижения максимального эффекта необходимо правильно продумать и спланировать программу продвижения, т.е. план маркетинговых мероприятий, включающих применение инструментов интернет-маркетинга (например, поисковое продвижение, контекстную медийную рекламу, вирусный маркетинг, работу с блогами и т.д.). Такой план составляется на основе полученной маркетинговой информации, текущего финансового состояния и установленных целей развития компании [3]. При планировании любой программы продвижения необходимо задать определенные цели, которые должны быть достигнуты при ее успешном выполнении. Это позволит в конечном итоге сделать вывод об успешно-

сти (или провале) программы продвижения. Цели, которые преследует рекламная кампания, можно разделить на две большие группы [4] – коммерческие (также называются экономическими или маркетинговыми) и коммуникативные (или коммуникационные). Коммерческой целью может стать увеличение объема продаж на определенный процент, увеличение доли на рынке. К коммуникативным целям можно отнести повышение узнаваемости товара, формирование благоприятного отношения к нему.

Оценка результативности программы продвижения является неотъемлемой частью выполнения программы продвижения, которая состоит из этапов планирования, реализации и оценки. В основу оценки эффективности программы продвижения ложится степень достижения как коммуникационных, так и конечных маркетинговых целей программы продвижения. Оценка эффективности производится с использованием так называемых ключевых показателей эффективности (Key Performance Indicators, KPI) [5]. Также их можно называть маркерами или индикаторами. Процесс оценки эффективности можно также разделить на три этапа. По одной из теорий [6] процесс анализа эффективности программы продвижения является циклическим. Это значит, что показатели эффективности, полученные на каждом этапе планирования программы продвижения, будут использоваться на следующем. На первом этапе выбираются показатели, по которым будет оцениваться эффективность, в зависимости от установленных целей, а их значения прогнозируются на этапе медиапланирования. На втором этапе, при реализации программы продвижения, производится постоянный сбор статистических данных, спрогнозированных в медиаплане, и при необходимости осуществляется его корректировка. По завершении реализации программы продвижения проводится итоговый анализ эффективности программы. Целью итогового анализа является не только вывод об эффективности программы продвижения, но и накопление эмпирических данных, использующихся при последующем планировании.

Цели программы продвижения. Выбор показателей эффективности во многом зависит от установленных при планировании программы общих целей и частных целей для каждого из этапов. Как отмечено в [5], цели делятся на коммерческие и коммуникативные. Однако при их установлении необходимо принимать во внимание психологическую составляющую действий потребителя. Как отмечается в [7], в процессе принятия решения о совершении или несвершении покупки потребитель проходит познавательную (или когнитивную, эта реакция связывает усвоенную информацию со знанием), эмоциональную (или аффективную, эта реакция связана с отношением и системой оценки) и поведенческую (бихевиористскую, эта реакция описывает акт покупки и поведение после него) стадии.

Применительно к программному продукту коммуникативную цель на познавательной стадии можно сформулировать так: «Достичь в заданном интервале времени определенного количества осведомленных о программном продукте представителей целевой аудитории». На эмоциональной стадии цель можно выразить как: «Достичь в заданном интервале времени определенного количества запросов дополнительной информации о программном продукте». На поведенческой стадии целью может служить «Распространение в заданном интервале времени определенного количества демоверсий продукта целевой аудитории». Конечной маркетинговой целью всей программы продвижения можно назвать рас-

пространение определенного количества копий программного продукта среди целевой аудитории в заданном промежутке времени.

В таблице на основе анализа и обобщения материалов по оценке эффективности продвижения в Интернете [4, 8] представлен набор количественных показателей, позволяющих описать сформулированные выше цели. Интегральные характеристики каждой из целей могут определяться как некоторые функции от этих показателей.

Показатели эффективности на различных стадиях реакции

Стадии	Показатели	
	Коммуникативные	Коммерческие
Познавательная	Число показов, число уникальных показов, пересечение аудиторий, частота показа, замеченность, запоминаемость, узнаваемость, индекс осведомленности, количество показов рекламы, количество показов рекламы уникальным пользователям, среднее количество показов рекламы уникальному пользователю	Стоимость тысячи показов, стоимость тысячи уникальных показов
Эмоциональная	Число кликов, число уникальных кликов, коэффициент проходимости, частота клика, показатель эффективности контакта, число уникальных пользователей, число посещений, частота посещения, число новых пользователей, географическое распределение пользователей, число просмотров страниц, глубина просмотра, пути по сайту, длина посещения	Средняя стоимость клика, средняя стоимость уникального клика, стоимость уникального посетителя, стоимость посещения
Поведенческая	Число повторных посещений	Число заказов, число продаж, объем продаж, средняя сумма покупки, число клиентов, среднее число продаж на каждого клиента, средняя стоимость действия, средняя стоимость заказа, средние затраты на продажу, средняя стоимость приобретения одного покупателя, число действий, частота заказа, число повторных действий

Системы веб-аналитики. К сожалению, в настоящее время не существует отдельного программного обеспечения, автоматически высчитывающего все перечисленные показатели. Однако существует возможность собирать статистические данные для их использования при расчете индикаторов эффективности. Для измерения всех показателей (или элементов, необходимых для расчета показателей) удобнее всего пользоваться так называемыми системами веб-аналитики. Такими системами являются, например, Google Analytics, Яндекс.Метрика и Liveinternet. Эти же системы являются наиболее популярными в российском сегменте Интернет [9]. Они обладают как некоторыми общими характеристиками,

так и собственными специфическими возможностями. Liveinternet рекомендуется использовать, если фирма хочет получить лишь статистические данные, а Google Analytics и Яндекс.Метрика позволяют даже определить целевую аудиторию и установить цели программы продвижения. По мнению многих специалистов, применение Google Analytics быстрее и предоставляет больше информации, а Яндекс.Метрика позволяет собрать данные по внутреннему рынку. Поэтому большое количество пользователей сходятся в том, что обе системы следует применять как взаимодополняющие, чтобы получить наиболее четкую картину и собрать точные статистические данные для оценки эффективности программы продвижения [10].

Выбор показателей эффективности. Выбор показателей эффективности производится на основе установленной маркетинговой и коммуникационных целей и технических возможностей сбора необходимых статистических данных.

Рассмотрим программный продукт с целями программы продвижения, описанными в предыдущем разделе. На их основе для познавательной стадии логично выбрать показатели «Число уникальных показов» и «Стоимость тысячи уникальных показов» *CPUI*. Показатель «Число уникальных показов» отражает суть познавательной стадии, где важно количество человек, которые вступили в контакт с рекламным сообщением, и позволяет определить степень достижения установленной на эту стадию цели. Показатель «Стоимость тысячи уникальных показов» рассчитывается по формуле

$$CPUI = \frac{C}{UI} \times 1000, \quad (1)$$

где *C* – стоимость размещения рекламы, *UI* – число уникальных показов. Компоненты этих показателей рассчитываются с помощью систем веб-аналитики. Это позволяет оценить эффективность программы продвижения с экономической точки зрения и в дальнейшем, например, выбирать инструменты маркетинга с меньшей стоимостью тысячи уникальных показов.

На эмоциональной стадии потенциальный потребитель проявляет интерес по отношению к продукту. Для оценки достижения установленной цели можно использовать показатель «Число уникальных кликов», который отразит количество пользователей, заинтересовавшихся рекламным сообщением настолько, что это повлекло за собой переход на страницу продукта. Показатель «Число новых пользователей» поможет определить, какое количество посетителей перешло на страницу после начала рекламной кампании, что позволит определить ее эффективность. Однако важно помнить, что определенная доля посетителей даже в ходе кампании будет попадать на сайт за счет собственных усилий – например, нажав на ссылку в результатах выдачи поисковой системы.

На поведенческой стадии пользователь принимает решение о покупке и зачастую совершает ее. Большим подспорьем в данном случае станут системы веб-аналитики, однако некоторые расчетные операции менеджерам по продажам придется совершать самостоятельно. Показатели «Число действий», и «Стоимость одного действия» *CPA* помогут определить степень достижения установленной цели, при этом суть действия рекламодатель определяет самостоятельно. В зависимости от установленной цели и технических возможностей сайта таким действием может быть скачивание пользователем демо-версии, регистрация его на сайте, добавление товара в корзину, переход на страницу «Спасибо за покупку» после совершения покупки. Показатель «Число действий» может быть рассчитан с помощью системы веб-аналитики. При установленной цели «скачивание демо-версии продукта» таким действием будет являться переход по ссылке ска-

чивания файла. Показатель «Стоимость одного действия» CPA рассчитывается по формуле

$$CPA = \frac{C}{A}, \quad (2)$$

где C – затраты на размещение рекламы, A – число действий. Это значение позволит оценить экономическую эффективность программы продвижения и может быть использован в дальнейшем, при планировании новой программы.

Наиболее полную картину эффективности программы продвижения дадут сбор и расчет всех представленных в таблице ключевых показателей эффективности на всех трех этапах цикла программы продвижения.

Заключение. Представленный подход к оценке эффективности программы продвижения учитывает специфику использования для продвижения инструментов интернет-маркетинга при сформулированных целях продвижения программных продуктов. Во время проведения исследования были определены понятия интернет-маркетинга и программы продвижения, описаны возможные маркетинговые и коммуникационные цели программы продвижения программного продукта, систематизированы показатели количественной оценки целей программы продвижения. Описаны этапы планирования и прогнозирования показателей, описаны системы веб-аналитики, позволяющие собирать статистические данные. Работа выполнена в рамках НИР по Госзаданию «Наука 2012».

Литература

1. Объем рынка онлайн-рекламы в России вырос в 2011 г. на 55,5% [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://digit.ru/business/20120530/392182407.html>, свободный (дата обращения: 07.09.2012).
2. Успенский И.В. Интернет-маркетинг [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aup.ru/books/m80/1.htm>, свободный (дата обращения: 13.09.2012).
3. Продвижение компании, продукции, торговой марки. Стимулирование сбыта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://analyst-b2b.ru/prodv.html>, свободный (дата обращения: 11.07.2012).
4. Дейнекин Т.В. Комплексный метод оценки эффективности интернет-рекламы в коммерческих организациях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dis.ru/library/market/archive/2003/2/244.html>, свободный (дата обращения: 15.06.2012).
5. KPI для начинающих [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rabota.ru/rabotodateljam/upravlenie_personalom/kpi_dlja_nachinajuschih.html, свободный (дата обращения: 15.06.2012).
6. Методология оценки эффективности рекламной кампании в Интернете [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.seonews.ru/analytics/detail/6660.php>, свободный (дата обращения: 22.06.2012).
7. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер, К.Л. Келлер. СПб.: Питер, 2007. 816 с.
8. Ведров Е.С. Маркетинговые исследования. Ч. 2 / Е.С. Ведров, Д.В. Петухов, А.Н. Алексеев [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://e-college.ru/xbooks/xbook196/book/part-005/page.htm>, свободный (дата обращения: 26.06.2012).
9. Рынок систем веб-аналитики, российские интернет-магазины, март 2012 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://webanalyticsbook.ru/news/russian-e-commerce-web-analytics-market-share-march-2012/>, свободный (дата обращения: 26.06.2012).
10. Системы веб-аналитики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.quicksite.name/clauses/audit.html>, свободный (дата обращения: 27.06.2012).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В Web-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ*

П.А. Заичкина, Н.Ю. Лунина, М.Р. Тухватшин

Дано понятие, описаны области применения геоинформационных систем, отмечена наиболее распространенная классификация. Описаны функциональные возможности системы, разработка которой ведется в ТУСУРе. Исследован рынок ГИС в России и за рубежом, определены этапы исследования по выявлению потребности в разрабатываемой системе. Описаны уже проделанные этапы. Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Ключевые слова: геоинформационные системы, анкетирование, рынок геоинформационных систем.

Понятие и применение геоинформационных систем. Геоинформационные системы (далее упоминаются как ГИС, или ГИС-системы) определяются компаниями, занимающимися их внедрением, как «многофункциональные средства анализа сведенных воедино табличных, текстовых и картографических бизнес-данных, демографической, статистической, земельной, муниципальной, адресной и другой информации» [1].

В настоящее время в разработке ГИС-систем участвуют сотни тысяч людей во всем мире. Современные геоинформационные системы специалисты в данной области описывают как интегрированные информационные системы, которые применяют такие методы обработки данных, которые уже использовались раньше, но при этом обладают своей спецификой [2].

Ранее потребителями геоинформационных систем были довольно узкие группы специалистов – например, геологи, работники компаний, занимающихся геофизическими изысканиями. В настоящее время ГИС могут пригодиться и в работе транспортных компаний, компаний, связанных с добычей ресурсов, работников лесной отрасли, даже в деятельности муниципальных организаций. Специалисты ГИС отмечают, что из-за слабой технической оснащенности многих предприятий, в особенности государственных, а также из-за невысокого уровня технической подготовки специалистов имеющиеся цифровые пространственные данные не находят должного применения. Свою роль в становлении такой ситуации сыграло и то, что до недавних пор на российском рынке готовые решения ГИС отсутствовали [3].

Существующие системы ГИС разделены на несколько классов на основе их функционала. В работе используется классификация, предложенная В.И. Лайкиным и Г.А. Упоровым [4]. Согласно этой классификации первый класс ГИС является наиболее функционально полным и называется инструментальными ГИС.

* Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы». Проект «Разработка Web-ориентированных геоинформационных технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры», Государственный контракт № 07.524.11.4013 от 03 ноября 2011 г.

Такие системы позволяют пользователю вводить и хранить информацию, обрабатывают сложные запросы, позволяют решать пространственные аналитические задачи. Инструментальные ГИС способны строить производные схемы и карты и готовить картографическую продукцию к выводу на носитель. ГИС-вьюеры (от англ. view – просматривать) составляют второй класс систем. Также известные как «просмотрщики», эти программные продукты обладают ограниченным функционалом и позволяют потребителю использовать те базы данных, которые были созданы инструментальными ГИС, предоставляя при этом либо неширокие возможности пополнения баз данных, либо не предоставляя их вообще. В третий класс выделены справочные картографические системы. Они позволяют хранить и визуализировать пространственные данные, делать запросы по картографическим данным, однако предоставляют ограниченные возможности дополнения баз данных. В четвертый класс выделены средства пространственного моделирования. Они используются для моделирования пространственного распределения каких-либо параметров. Такие системы могут быть использованы для моделирования, например, рельефа, участков затопления или загрязнения. В последний, пятый, класс выделены средства обработки и дешифрования данных зондирования Земли. В этот класс входят пакеты обработки изображений, снабженные математическим аппаратом. Это позволяет совершать операции со снимками земной поверхности.

Возможности геоинформационной системы ТУСУРа. Исследование рынка проводится для выяснения потребности в геоинформационной системе, создаваемой сейчас Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники. Разрабатываемая геоинформационная система W4GIS относится к инструментальным системам и обладает, среди прочих, следующими функциональными возможностями:

- 1) поддержка многослойного представления электронного генерального плана;
- 2) выполнение функций оперативного геоинформационного анализа, в состав которых входят геометрический анализ (измерение расстояний, дистанций, площадей), тематическая классификация, построение буферных зон;
- 3) публикация карты запрошенного участка генплана, печать области карты;
- 4) ведение первичной регистрации всех типов документов и организация автоматизированного контроля исполнения документов;
- 5) ведение технологии электронного взаимодействия между подразделениями организации.

Зарубежный и российский рынки геоинформационных систем. В настоящее время ГИС-системы широко применяются во всем мире, рынок этих систем растет и в России. В области глобальных ГИС лидерами являются системы двух фирм – ГИС ArcFM американской фирмы ESRI и системы MapInfo корпорации INTERGRAPH. Анализ структуры рынка ГИС проводился и в России. Выводы делались на основе опросов, публикаций, сведений из источников, близких к фирмам-дистрибьюторам, и дали следующую картину рынка ГИС-систем.

Оказалось, что 36% рынка занято иностранными производителями ГИС, в частности, компанией ESRI с продуктами ArcInfo, ArcView, ArcCAD и др. [5].

На рынке представлены и отечественные ГИС-системы. Большая их часть создавалась компаниями и предприятиями для собственных нужд, однако существуют и более современные и универсальные системы, среди них – GeoCosm и «ИнГео» [6].

Предполагалось, что в 2011 г. российский рынок геоинформационных систем вырастет примерно на 20–30% и составил 1,2 миллиарда долларов, а прогнозный годовой рост этого рынка на 2010–2014 годы составил 9,5% [7, 8]. Это позволяет заключить, что геоинформационные сервисы стали более востребованными в России и СНГ. Главной трудностью для поставщиков ГИС-систем являются правовые ограничения, присутствующие в некоторых странах.

Описание проводимого исследования. Наличие таких данных позволяет сделать вывод, что у разрабатываемой системы есть возможность побороться за определенную долю рынка ГИС. Однако необходимо выяснить, насколько большой эта доля может быть. Такое исследование было решено провести в 4 этапа.

Первым этапом стало составление анкеты предприятия. Анкета – это опросный лист в форме заранее подготовленного бланка, содержащего вопросы и ответы [9]. Данная анкета охватывает широкий спектр вопросов, связанных с потребностями предприятия, и позволяет определить, присутствует ли на предприятиях потребность в разрабатываемой системе, ее компонентах или аналогичных системах. Однако анкета играет еще одну роль – она позволяет параллельно составить список потенциальных клиентов, к которым затем можно обратиться с предложением покупки W4GIS. Для составления анкеты применялись навыки, полученные на соответствующих дисциплинах. Все вопросы были согласованы с научными руководителями проекта, которые напрямую заняты в работе над системой ГИС.

Анкета состоит из нескольких частей. Введение, в котором необходимо представить анкету респонденту. В данном случае анкета имеет заголовок «Анкета предприятия» и вводную информацию, которая представляет вопросник и преследуемые цели респонденту. Следующий раздел – профиль предприятия. В данной анкете предусмотрены как общие вопросы о предприятии (например, его полное наименование и юридический адрес), так и вопросы о сотруднике, заполняющем анкету. Специфика анкеты такова, что большую часть ее вопросов можно отнести к данному разделу. Это объясняется тем, что анкета создана и для того, чтобы составить портрет возможного клиента, а подобные вопросы помогают решить эту задачу. При составлении этого раздела были использованы примеры уже существующих анкет по опросу предприятий [10].

Третий раздел – основной раздел в анкете, в котором задаются вопросы, раскрывающие основную тему исследования. В данном случае таких вопросов три. Респондент должен указать, автоматизированы ли на предприятии какие-либо производственные процессы (например, складской или бухгалтерский учет), считает ли он необходимым автоматизировать производственные процессы, и перечислить, какие системы автоматизации используются на предприятии (например, 1С:Предприятие). Завершается анкета просьбой сообщить о компании дополнительную информацию, которая может относиться к теме исследования.

Вторым этапом работы стала рассылка анкеты по электронной почте на адреса предприятий. Предварительно был составлен список предприятий. Это в основном предприятия нефтеперерабатывающей промышленности, металлургические комбинаты, машиностроительные и электрохимические заводы, предприятия лесохимической отрасли, ГЭС и ГеоЭС. Предприятия выбирали в сайтах-каталогах предприятий. Всего выбрано 391 предприятие России, Украины, Казахстана, 13 предприятий Китая. Анкету было решено отправить по электронной почте, так как это наиболее быстрый способ донести сообщение до адресата. Однако на предложенную онлайн-анкету ответило лишь два предприятия, что, ко-

нечно же, не позволяет сделать однозначных выводов о наличии потребности в создаваемой ГИС, ее компонентах и предоставить определенные статистические данные. Поэтому третьим этапом в работе станет рассылка аналогичной анкеты на бумажном носителе с сопровождающим письмом на официальном бланке ТУСУРа. После этого начнется четвертый этап работы – сбор, сортировка и анализ результатов, а также написание выводов по теме.

Заключение. На основе уже проделанной работы можно сделать вывод, что ТУСУР может выйти на рынок ГИС-систем со своей разработкой, однако масштабы такой возможности, а также наличие потенциальных клиентов еще предстоит определить. Очевидно, что выбранный способ проведения анкетирования не является самым результативным, поэтому по выполнению второго этапа исследования была проведена работа над ошибками. Исследование на указанную тему продолжается. Результатом работы по его окончании должен стать подробный детализированный отчет о наличии потребности в разрабатываемой системе W4GIS на рынке России и стран ближнего зарубежья, а также формализованный список возможных потребителей системы.

Литература

1. Геоинформационные системы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.trisoft.ru/DesktopDefault.aspx?tabid=102&Menu=2.102>, свободный (дата обращения: 24.05.2012).
2. Тарасова Е.А. Влияние геоинформационной системы на повышение эффективности работы предприятия / Е.А. Тарасова, С.С. Кошелева [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.be5.biz/ekonomika1/r2010/00575.htm>, свободный (дата обращения: 24.05.2012).
3. Геоинформационные системы для бизнеса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.datasystems.ru/dir.php?id=170>, свободный (дата обращения: 23.05.2012).
4. Лайкин В.И. Геоинформатика / В.И. Лайкин, Г.А. Упоров [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://nashaucheba.ru/v16945/лайкин_в.и.,_упоров_г.а._геоинформатика?page=7, свободный (дата обращения: 10.05.2012).
5. Лопандя А.В. Основы ГИС и цифрового тематического картографирования / А.В. Лопандя, В.А. Немтинов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gis.web.tstu.ru/metodic/gis/>, свободный (дата обращения: 11.05.2012).
6. ГИС на рынке России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://giscenter.icc.ru/yuric/Lectures/review.htm>, свободный (дата обращения: 11.05.2012).
7. «DATA+» и Esri CIS подводят предварительные итоги работы в 2011 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://expert.com.ua/67536-data-i-esri-cis-podvodyat-predvaritelnye-itogi-raboty-v-2011-godu.html>, свободный (дата обращения: 18.05.2012).
8. Аналитики TechNavio прогнозируют рост рынка ГИС в Европе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.uagp.net/news/geonews/37778.html>, свободный (дата обращения: 17.05.2012).
9. Анкета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://marketopedia.ru/55-anketa.html>, свободный (дата обращения: 04.04.2012).
10. Анкета предприятия [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ek-ua.com/anketa_kurz.htm, свободный (дата обращения: 04.04.2012).

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ ПРОДВИЖЕНИИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Д.Н. Бараксанов, О.Д. Пахатинская

Представлена модель управления рисками при организации продвижения программных продуктов. Рассмотрены этапы идентификации рисков, приведены основные риски, связанные с продвижением ПП, методы качественного и количественного анализа рисков, процессы планирования реагирования на риски и мониторинга рисков.

Ключевые слова: управление рисками, программа продвижения, методы качественного анализа рисков, методы количественного анализа рисков, риски продвижения программных продуктов, программа продвижения.

Задача управления рисками на этапе продвижения программных продуктов (ПП) на рынок столь же актуальна как и при управлении разработкой ПП. Вместе с тем, в настоящее время недостаточно внимания в риск-менеджменте ИТ-проектов уделяется маркетинговым рискам, однако именно от этой части предпринимательской деятельности во многом зависит успешный вывод продукта на рынок и, в конечном итоге, получение доходов.

Риск – это характеристика ситуации с благоприятными или неблагоприятными последствиями, имеющей неопределённость исхода [1]. Применительно к продвижению, под риском понимается событие или условие, которое может оказать как негативное, так и позитивное влияние на итоги реализации программы продвижения. Риски не есть проблемы, проблемы – это нечто, имеющее место в настоящее время, в то время как риски относятся к будущему и носят вероятностный характер (могут и не состояться). Однако риски могут стать проблемами, если ими эффективно не управлять. Управление рисками – это определенная деятельность, которая выполняется от начала планирования программы продвижения до завершения ее реализации. О положении дел в проекте продвижения нужно судить не по количеству рисков, связанных с его выполнением, а по степени проработанности процедуры их выявления, анализа и управления ими.

Цель управления рисками – максимизировать их положительное влияние (открывающиеся возможности), но при этом минимизировать связанные с ними негативные факторы (убытки). Управление рисками включает ясное понимание внутренних и внешних причин, влияющих на принятие ПП пользователями, которые могут привести к срыву программы продвижения ПП. Практически во всех моделях управления рисками, данный процесс включает следующие этапы: *идентификация рисков, анализ рисков (качественная и количественная оценка), планирование реагирования на риски, мониторинг и контроль рисков* [2].

Идентификация рисков – этап, позволяющий определить и вынести на обсуждение факты наличия рисков, способных повлиять на продвижение продукта, и документально оформить их характеристики. Выявление рисков – это итеративный процесс, который периодически повторяется на всем протяжении планирования и реализации программы продвижения.

В [3] любой риск предлагается характеризовать следующим набором взаимосвязанных характеристик:

- причинами, обуславливающими наступление риска;

- симптомами, указывающими на то, что событие риска произошло или вот-вот произойдет;
- последствиями – проблемами, которые могут появиться при продвижении продукта в результате произошедшего риска;
- воздействиями на возможность достижения целей продвижения: изменение числа внедрений, набора сопутствующих услуг, планируемой прибыли.

Результатом идентификации рисков должен стать список рисков с описанием этих характеристик. Рекомендуется каждый риск формулировать на естественном языке причинно-следственной связи между реально существующим показателями продвижения и потенциально возможным, еще не случившимся событием или ситуацией. В таблице приведены основные риски, связанные с продвижением ПП на рынок.

Анализ рисков – этап обработки данных, накопленных при идентификации рисков в формы, позволяющие осуществить качественную и количественную и оценки рисков: вероятности наступления риска, его угрозы, ранжирование рисков по степени возможных угроз, ожидаемую величину потерь и т. д.

Качественный анализ рисков включает: определение вероятности наступления риска; определение тяжести последствий от возникновения риска; определения степени опасности (ранга) риска; определение близости наступления риска [2, 3]. Для измерения параметров рисков применяются, как правило, порядковые шкалы, либо шкалы интервалов.

Риски продвижения ПП

Причина	Условие	Последствия	Воздействие на цели
Изменение нормативного регулирования отрасли	Принятие законов, связанных с регулированием бизнес-процессов, затрагивающих область применения ПП	Необходимость дополнительных доработок	Увеличение бюджета проекта и сроков окупаемости
Изменение ситуации на рынке программно-аппаратных средств	Изменение условий лицензирования или стоимости системного программного обеспечения. Выход новых версий системного ПО, несовместимого в версий ПП	Необходимость адаптации ПП	Увеличение бюджета проекта и сроков окупаемости
Изменение экономической ситуации в отрасли, регионе, стране	Усиление государственной поддержки отрасли. Экономический кризис	Изменение платежеспособности потребителей	Невыполнение плановых показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения
Появление новых аналогичных продуктов	Выход на рынок новых аналогичных продуктов	Усиление конкуренции	Невыполнение плановых показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения

Продолжение табл.

Ошибки в расчетах стоимости ПП	Отказ потребителей покупать ПП за назначенную стоимость	Уменьшение количества внедрений	Невыполнение плановых показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения
Пиратское распространение копий ПП	Появление в сети Интернет лицензионных ключей или «взломанных» версий ПП	Меньшая заинтересованность пользователей в использовании легальных копий	Снижение плановой прибыли
Несоответствие функциональных характеристик ПП ожиданиям пользователей	Получение негативной обратной связи от пользователей	Ухудшение имиджа продукта	Невыполнение показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения
Недостаточное сегментирование рынка	Низкая конверсия пользователей	Несоответствие плановых показателей результативности программы продвижения фактическим	Невыполнение показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения
Ошибочный выбор целевого сегмента	Занижение прогнозируемых показателей программы продвижения	Несоответствие плановых показателей результативности программы продвижения фактическим	Невыполнение показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения
Ошибки в оценках трудоемкости и сроков выполнения работ по внедрению ПП	Несоблюдение плановых сроков внедрения ПП	Высокая загруженность персонала, срыв сроков поставки	Снижение плановой прибыли
Недостаточная вовлеченность пользователей в процессы внедрения	Длительный процесс обратной связи с пользователями при внедрении ПП	Срыв сроков поставки	Невыполнение плановых сроков достижения результатов программы продвижения
Ошибки при определении потребительских предпочтений	Низкий отклик на коммуникационные воздействия	Несоответствие плановых показателей результативности программы продвижения фактическим	Невыполнение показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения
Ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций	Снижение необходимого уровня информирования целевой аудитории	Несоответствие плановых показателей результативности программы продвижения фактическим	Невыполнение показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения
Недостаточная проработка коммуникационных сообщений	Заниженная реакция пользователей на коммуникационные воздействия	Несоответствие плановых показателей результативности программы продвижения фактическим	Невыполнение показателей коммуникационных и маркетинговой цели продвижения

Количественная оценка вероятности и последствий (или распределения случайных величин, с помощью которых моделируется рискованная ситуация) может

осуществляться разными методами. Методы количественного анализа обычно требуют наличия информации о рисках, накопленной при помощи качественного анализа, и при корректной подстройке параметров дают более точные результаты. Среди методов количественного анализа можно отметить анализ чувствительности, анализ сценариев, метод достоверных эквивалентов, метод Монте-Карло, метод исторических симуляций, деревья событий, деревья отказов, логико-вероятностные методы, эвристические методы количественного анализа. Общий принцип при выборе методов измерения сводится к максимально возможному использованию доступных статистических данных. Если их нет, они недостаточны или неприменимы, фактический материал заменяется теоретическими гипотезами или экспертными оценками.

Планирование реагирования на риски – это процесс определения конкретных действий (мероприятий) по управлению рисками продвижения, тщательное и подробное планирование которыми позволяет определить возможные потери от наступления рисков, выделить достаточное количество времени и ресурсов для выполнения операций по управлению рисками, повысить вероятность успешного достижения запланированных показателей продвижения. Согласно [3] возможны четыре вида мероприятий по снижению (ликвидации) рисков: уклонение от риска, передача риска, снижение рисков, принятие риска. *Уклонение от риска* предполагает изменение плана продвижения таким образом, чтобы исключить угрозу, вызванную негативным риском, например, распределить бюджет продвижения по разным рекламным площадкам. *Передача риска* подразумевает переложение негативных последствий угрозы с ответственностью за реагирование на риск на третью сторону, например, заказ разработки коммуникационных сообщений в рекламном агентстве. *Снижение рисков* предполагает понижение вероятности и/или последствий негативного рискованного события до приемлемых пределов, например, за счет тестирования коммуникационных сообщений на репрезентативной выборке потенциальных потребителей.

Мониторинг рисков – это процесс наблюдения и контроля за ходом исполнения принятых в отношении рисков планов и инициирование изменений в программе продвижения, если состояние рисков влияют на объемы дополнительных работ, требуемые ресурсы или сроки достижения маркетинговой цели. Другими словами мониторинг и управление рисками – это процесс идентификации, анализа и планирования реагирования на новые риски, отслеживания ранее идентифицированных рисков, а также проверки и исполнения операций реагирования на риски и оценка эффективности этих операций.

В заключении можно сказать, что управление рисками на этапе продвижения ПП позволит своевременно спланировать действия по минимизации влияния факторов, которые могут негативно повлиять на ход и результат программы продвижения. Использование системы управления рисками на разных этапах разработки программы продвижения ПП, включающей в себя набор методологий, стандартов и шаблонов документов, позволит избежать множества ошибок, связанных с продвижением программного продукта на рынок.

Литература

1. Абрамов В.Г., Попов Д.А. К проблеме моделирования рисков в IT-проектах. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://files.d-porov.ru/cmc/Тезис.pdf>, свободный (дата обращения: 07.09.2012).

2. Фатрелл Р.Т., Шафер Д.Ф., Шафер Л.И. Управление программными проектами. Достижение оптимального качества при минимуме затрат: Персона. М.: Вильямс, 2004. 1136 с.
3. Архипенков С.Я. Лекции по управлению программными проектами. М., 2009 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.arkhipenkov.ru/resources/sw_project_management.pdf, 3. свободный (дата обращения: 07.09.2012).

УДК 65.012.25

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ БИЗНЕС-ПЛАНА РЫНОЧНОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

Е.А. Янченко

Предложен состав бизнес-плана для проекта по разработке рыночного программного продукта. Выявлены и описаны особенности разделов, с учетом специфики программного продукта как товара. Рассмотрены основные аспекты, на которые следует обратить внимание при анализе рыночной ситуации, при составлении производственного, маркетингового и финансового планов, а также раздела, посвященного управлению рисками проекта.

Ключевые слова: рыночный программный продукт, бизнес-план.

В настоящее время все большую популярность набирает разработка рыночных программных продуктов. Растет количество мелких-фирм разработчиков программных продуктов, которые пытаются создать инновационный продукт и выйти с ним на рынок. Однако большое количество фирм «гибнут» еще на ранних стадиях своей жизни, поскольку данная сфера бизнеса требует высоких начальных инвестиций, отдача от которых появляется только спустя длительный срок. Причем в 91% случаев это происходит по причине низкого уровня деловой подготовки команды и слабого менеджмента, и лишь в 9% случаев – из-за ошибок в реализации технических проектов [1]. Поэтому особую важность на этом этапе имеет разработка качественного бизнес-плана.

Бизнес-план (БП) – это общепринятая в мировой хозяйственной практике форма представления деловых предложений и проектов, содержащая развернутую информацию о производственной, сбытовой и финансовой деятельности организации и оценку перспектив, условий и форм сотрудничества на основе баланса собственного экономического интереса фирмы и интересов партнеров, инвесторов, потребителей, посредников и др. участников инвестиционного проекта [2].

Вопросам разработки бизнес-планов посвящено большое количество зарубежной и отечественной литературы, однако это не означает, что существуют единые жестко установленные стандарты. Несмотря на то, что творческое начало действительно является важным для процесса планирования, существуют определенные принципы, которые являются довольно общими для разработчиков бизнес-планов независимо от страны и отрасли экономики и в соответствии с которыми определяется структура бизнес-плана [2].

В настоящее время существует множество форм бизнес-планов.

Макет бизнес-плана, применяемый в России, введен постановлением Правительства РФ от 22.11.1997 г. № 1470 [3] и имеет следующую структуру: титульный лист, вводная часть или резюме проекта (3–4 стр.), анализ положения дел в

отрасли (3–4 стр.), производственный план, план маркетинга, организационный план, финансовый план.

Международная форма бизнес-плана ЮНИДО, разработанная ООН по промышленному развитию, включает следующие разделы: резюме, идея (сущность) предлагаемого проекта, оценка рынка сбыта, план маркетинга, план производства, организационный план, финансовый план, приложения [2].

Бизнес-план проекта по созданию рыночного программного продукта (ПП) в целом соответствует общепринятой структуре: в нем должны быть четко сформулированы идеи проекта и цели, которые он преследует, характеристики и новизна предлагаемого продукта, а также проведен глубокий анализ состояния рынка и перспективы продвижения на нем разрабатываемого продукта.

Особенности содержания разделов основаны на специфичности программного продукта как товара, основной из которых является его нематериальность.

При использовании Интернет в качестве основного канала распространения, рынок программных продуктов отличается своей глобальностью, поскольку свободен от затрат, связанных с транспортировкой и логистикой. Однако и на нем существует ряд ограничивающих факторов, поэтому для сегментирования используется специфичный набор переменных. В перечень таких переменных могут входить как более универсальные переменные, характерные для сегментирования любого рынка b2b, так и узкоспециализированные, например «ИТ-потенциал» или «тип использования ПП». Это определяет особенности раздела по *анализу и описанию рыночной ситуации*.

В качестве производства товара рассматривается этап разработки программного продукта. В *производственном плане* описывается модель жизненного цикла разработки программного продукта, методологии, существующие в ИТ-отрасли.

В общем случае модель жизненного цикла разработки описывается в виде последовательности процессов, работ и задач, обеспечивающих разработку, эксплуатацию и сопровождение программного продукта и отражающих эволюцию изменения продукта, начиная от формулировки требований к ней до прекращения ее использования.

Большинство существующих моделей жизненного цикла (ЖЦ) ПП являются разновидностями трех классических моделей:

- каскадной (ступенчатой или водопадной);
- эволюционной (итеративной или инкрементальной);
- спиральной.

Одной из первых, применяемых на практике моделей была каскадная модель, в которой каждая работа выполняется один раз и в том порядке, как они представлены в выбранной модели ЖЦ.

При этом делается допущение, что каждая работа будет выполнена настолько тщательно, что после ее завершения и перехода к следующему этапу возвращения к предыдущему не потребуется, (возвращение возможно только в процессе сопровождения ПП) [4].

На рис. 1 представлены типичные этапы каскадной модели и соответствующие этому этапу элементы программного проекта. Каскадную модель можно рассматривать как модель ЖЦ, пригодную для создания первой версии ПП, для проверки реализованных в ней функций. При сопровождении и эксплуатации могут быть обнаружены разного рода ошибки, которые будут исправляться разработчиком, начиная с первого этапа данной модели.

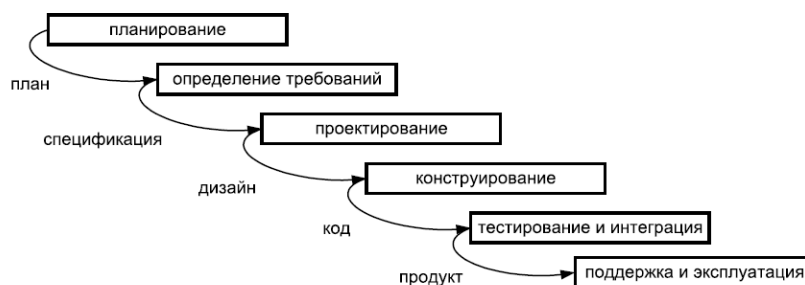


Рис. 1. Каскадная модель жизненного цикла

Недостатком этой модели является то, что в основу ее концепции положена модель фабрики, где продукт проходит стадии от замысла до производства, затем передается заказчику как готовое изделие, изменение которого не предусмотрено, хотя возможна замена на другое подобное изделие в случае рекламации или некоторых ее деталей, вышедших из строя.

Спиральная модель основывается на итерационной процедуре использования каскадной модели. Отличие этой модели от каскадной состоит в возможности обеспечения многократного возвращения к процессу формулирования требований и к повторной разработке с любого процесса выполнения работ [4].

Эволюционная модель предполагает разбиение жизненного цикла проекта на последовательность итераций, каждая из которых предполагает создание фрагментов ПП меньшей функциональности, по сравнению с требованиями.

Цель каждой итерации – получение уже на ранних этапах разработки работающей версии программной продукции, содержащей определенную функциональность. В результате на каждой итерации можно анализировать промежуточные результаты работ и реакцию на них всех заинтересованных лиц и вносить корректирующие изменения на следующих итерациях.

Эволюционная модель подразумевает не только сборку работающей текущей (с точки зрения результатов тестирования) версии системы, но и ее развертывание в реальных операционных условиях с анализом откликов пользователей для определения содержания и планирования следующей итерации [4]. Эта модель наиболее оптимальная для создания рыночного программного продукта.

Основная проблема при разработке *маркетингового плана* заключается в установлении стоимости привлечения одного потребителя. В зависимости от рынка и бизнес-модели она может кардинально меняться.

С распространением сети Интернет все большую популярность набирает бизнес-модель SaaS (Software-as-a-Service). SaaS – это такая форма распространения программного обеспечения, при которой поставщик разрабатывает веб-приложение и самостоятельно управляет им, предоставляя потребителям доступ к программному обеспечению через Интернет.

Облачные вычисления (англ. cloud computing) – технология распределённой обработки данных, в которой компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как Интернет-сервис. Суть концепции облачных вычислений заключается в предоставлении конечным пользователям удаленного динамического доступа к услугам, вычислительным ресурсам и приложениям (включая операционные системы и инфраструктуру) через интернет.

Используемый сегодня термин «облачные вычисления» (или SaaS) применим для любых сервисов, которые предоставляются через сеть Интернет.

Используя данную модель, разработчики получают ряд важных преимуществ:

- разработчики не несут потерь, связанных с неправомерным использованием нелицензионного (пиратского) программного обеспечения, поскольку само программное обеспечение не попадает к конечным заказчикам;
- кроме того, данная форма распространения продуктов позволяет уменьшить издержки разработчиков по развертыванию систем технической и консультационной поддержки (хотя и не исключает их полностью);
- данная модель позволяет фирме получать более стабильный и постоянный доход, поскольку оплата ПП производится не единовременно, как в случае продажи коробочного программного продукта, а ежемесячно (ежеквартально), т.е. клиент, привлеченный однажды, с большой долей вероятности становится постоянным пользователем, внося ежемесячную плату за услугу использования ПП.

Однако наряду с вышеперечисленными преимуществами существует и риски. Прежде всего, они относятся к простоте подключения пользования программным продуктом, т.к. здесь резко снижается барьер перехода клиента к конкуренту. Этот недостаток должен компенсироваться за счет проработанности маркетингового плана.

Основной задачей при разработке *финансового плана* является оценка трудозатрат на разработку, а затем и стоимости разработки, которая также основана на специфичных отраслевых методиках.

Поскольку на этом этапе недостаточно информации о функциональном составе будущего программного продукта, то для оценки трудозатрат целесообразно применять прямой метод определения размеров программного продукта на основе опыта экспертов

Создаваемый программный продукт следует декомпозировать до уровня элементарных компонентов, а для оценки размеров каждого компонента использовать экспертов [5].

Каждый из экспертов должен дать оптимистическую o , пессимистическую p и реалистическую b оценки размерности одного из элементов интегрированного ПП. Средняя оценка по бета-распределению определяется путем умножения реалистической оценки на 4, добавлением оптимистической и пессимистической оценок и делением полученного результата на 6:

$$r_{ij}^k = (o_{ij} + 4b_{ij} + p_{ij}) / 6, \quad (1)$$

где r_{ij}^k — средняя оценка k -го эксперта j -го программного компонента на i -м уровне.

Очевидно, что эффективность оценивания может быть существенно повышена при наличии прототипов будущего ПП. В этом случае эксперту предлагается оценить необходимость степени модернизации имеющегося прототипа. От точности оценки затрат на создание во многом зависит адекватность построенной финансовой модели проекта.

Проекты по созданию рыночных программных продуктов считаются высокорисковыми и характеризуются набором рисков, среди которых можно выделить наиболее типичные на каждой из стадий жизненного цикла проекта по разработке и продвижению ПП.

Риск — неопределенное событие или условие, наступление которого отрицательно или положительно сказывается на целях проекта [6].

В [6] приводится список следующих наиболее распространенных рисков программного проекта:

- дефицит специалистов и / или текучесть кадров;
- нечеткость требований к ПП;
- нереалистичные сроки и бюджет;
- реализация несоответствующей функциональности;
- разработка неправильного пользовательского интерфейса;
- непрекращающийся поток изменений;
- нехватка информации о внешних компонентах, определяющих окружение системы или вовлеченных в интеграцию;
- недостатки в работах, выполняемых внешними (по отношению к проекту) ресурсами;
- недостаточная производительность получаемой системы;
- разрывы в квалификации специалистов разных областей знаний.

Как правило, в случае возникновения негативного риска, почти всегда стоимость проекта увеличивается и происходит задержка в выполнении мероприятий, предусмотренных расписанием проекта, а в некоторых случаях это может привести к катастрофическим последствиям и закрытию проекта, поэтому в бизнес-плане рыночного программного продукта следует отдельным разделом выделять *«Анализ рисков проекта и план мероприятий по их минимизации»*.

В результате анализа состава бизнес-плана рыночного программного продукта можно выделить следующие основные особенности при разработке его разделов:

- глобальность рынка и особенности его сегментирования;
- специфику бизнес-модели программного проекта;
- характерные для отрасли модели бизнес-процессов разработки ПП;
- сложности при оценке трудозатрат на разработку, поскольку ПП является результатом творческого труда;
- высокорисковость проекта.

Литература

1. В. Турков Союз инноваций и венчурного капитала // Суперкомпьютеры. 2010. №4. С. 11–15.
2. Непомнящий Е.Г. Инвестиционное проектирование: учеб. пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ. 2003. 262 с.
3. Постановление Правительства РФ Об утверждении порядка предоставления государственных гарантий на конкурсной основе за счет средств Бюджета развития Российской Федерации положения об оценке эффективности инвестиционных проектов при размещении на конкурсной основе централизованных инвестиционных ресурсов Бюджета развития Российской Федерации от 22.11.1997 (в ред. Постановлений Правительства от 20.05.1998 № 467, от 03.09.98 № 1024) [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
4. Ехлаков Ю.П. Введение в программную инженерию: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2011. 148 с.
5. Ехлаков Ю.П. Информационные технологии и программные продукты: рынок, экономика, нормативно-правовое регулирование: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. 176 с.
6. Архипенков С. Лекции по управлению программными проектами. М.: Наука, 2009. 128 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ

*Председатель секции – Дмитриев Вячеслав Михайлович, д.т.н., профессор,
зав. каф. МОТЦ*

УДК 004.91

ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

И.А. Кречетов

Рассматриваются требования, предъявляемые образовательному контенту в условиях современного технологического развития.

Ключевые слова: образовательный контент, дистанционный курс, электронный учебник.

Непрерывное развитие информационно-коммуникационных технологий позволяет повышать качество информационно-образовательной среды, а также эффективность образовательного процесса в самых многочисленных его аспектах. Уже сегодня открытые образовательные технологии меняют парадигму образования: от передачи знания к формированию компетентности самостоятельного овладения знанием. Современные условия быстрых технологических и связанных с этим иных изменений отражаются на требованиях, предъявляемых разработчиками новых стандартов к образовательному контенту, делающих его адаптивным, реагирующим на ситуацию в меняющемся мире [1].

Существует множество трактовок термина «контент», в зависимости от области его применения. Согласно стандарту ГОСТ Р 52653–2006, описывающего термины и определения информационно-коммуникационных технологий в образовании, под образовательным контентом понимают структурированное предметное содержание, используемое в образовательном процессе. В электронном обучении образовательный контент является основой электронного образовательного ресурса. Электронный образовательный ресурс (ЭОР) – образовательный ресурс, представленный в электронно-цифровой форме и включающий в себя структуру, предметное содержание и метаданные о них. В общем случае ЭОР включает в себя образовательный контент, программные компоненты и метаданные. ЭОР могут быть классифицированы [2]:

- по цели создания – учебные, социокультурные и др.;
- по категории пользователей – учитель, ученик и др.;
- по форме организации учебного процесса – аудиторные занятия, самостоятельная образовательная деятельность;
- по специальным потребностям – без ограничений, с ограниченными возможностями здоровья;
- по природе основной информации – текстографические, элементарные аудиовизуальные, мультимедийные;
- по технологии распространения – локальные, сетевые, комбинированного распространения;

– по функции в учебном процессе – информационные, практические, контрольные и др. типы ЭОР;

– и т.д.

В рамках данной статьи рассмотрим более подробно ЭОР учебно-методического характера (назначения) – образовательный ресурс, предметной областью которого являются предмет, курс или дисциплина общего или профессионального образования. ЭОР, обладающий развитой интерактивностью и мультимедийностью, называют также интерактивным образовательным модулем (ИОМ). Каждый ИОМ автономен: он может использоваться самостоятельно, независимо от других ИОМ. К числу основных показателей качества ИОМ относятся:

– содержательные характеристики – свойства, определяющие качество, достаточность и методическую проработанность представленного учебного материала;

– интерактивность – свойство, определяющее характер и степень взаимодействия пользователя с элементами ИОМ;

– мультимедийность – свойство, определяющее количество и качество форм представления информации, используемых в ИОМ;

– модифицируемость – свойство, определяющее возможность и сложность внесения изменений в содержание и программные решения ИОМ [2].

В настоящее время различными исследователями выделяется целый ряд требований к ЭОР, которые можно разделить на группы [3]:

1. Традиционные дидактические.
2. Методические.
3. Техничко-технологические.
4. Требования здоровьесберегающего характера.
5. Эргономические.
6. Эстетические.

Уровень образования и особенность целевой аудитории, на которую рассчитан ЭОР, формируют ряд специфических дидактических требований:

– требование адаптивности (приспособляемости к индивидуальным возможностям обучающегося);

– требование интерактивности (осуществление обратной связи, взаимодействия);

– требование системности и структурно-функциональной связанности представления учебных материалов;

– требование формируемости и уникальности заданий в контрольно-измерительных ЭОР (задания, предъявляемые учащимся, не должны в полном виде существовать до начала измерений);

– требование обеспечения полноты и непрерывности дидактического цикла обучения [3].

Современные условия развития информационно-образовательной среды и технических средств воспроизведения информации также диктуют свои требования технико-технологического характера. Документ «Единые технические требования к электронным образовательным ресурсам» (издание 2011 г.) ориентирован на поддержку разработок образовательного контента для национальной системы образования России с учетом рекомендаций международных стандартов и открытых спецификаций ведущих профессиональных консорциумов. Тем не менее федеральные стандарты не всегда способны своевременно учитывать совре-

менные реалии. К рекомендованному Департаментом развития информационно-коммуникационных технологий списку требований можно добавить:

- возможность использования на портативных мобильных и медиа-устройствах без программного вмешательства в содержимое ЭОР;
- Web-ориентированность платформенного решения;
- кроссплатформенность;
- интероперабельность ЭОР (возможность интегрирования в различные информационные системы, комбинирования нескольких ЭОР);
- унификация дизайна, сведение его к нескольким шаблонам (уход от дизайнерских задач в ходе разработки конкретного ЭОР);
- разделение содержания ЭОР от его представления.

Большинство разработчиков пытается в той или иной мере выполнить хотя бы часть приведенных требований при разработке своих программных продуктов. Однако насколько это получилось и как соответствует конечный результат образовательным стандартам и требованиям, должна дать ответы комплексная экспертиза. Подробно условия проведения экспертизы и рассматриваемые в ходе ее проведения вопросы изложены в работах А.В. Осина [4–6]. В то же время следует помнить о некоторой степени субъективности любой экспертизы, поскольку вопросы экспертной оценки создаваемых ЭОР все еще находятся в стадии становления и требуют дальнейшей проработки критериев и требований [3].

Литература

1. Мытько И.Е. Мы переходим к новой парадигме понимания учебного контента: интервью А.М. Кондакова // Интернет-издание «Просвещение» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://prosvpress.ru/2012/02/uchkontent/>, свободный (дата обращения: 03.09.2012).
2. Комиссия при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию экономики России. Единые требования к электронным образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.eir.ru/pdf/ett_11.pdf, свободный (дата обращения: 03.09.2012).
3. Винницкий Ю.А. Требования к образовательным электронным изданиям и ресурсам. Комплексная экспертиза [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://edugalaxy.intel.ru/?automodule=blog&blogid=6885&showentry=1542>, свободный (дата обращения: 03.09.2012).
4. Осин А.В. Мультимедиа в образовании: контекст информатизации. М.: Агентство «Издательский сервис», 2004. 320 с.
5. Осин А.В. Предпосылки концепции образовательных электронных изданий // Материалы научно-практической конференции «Основные направления развития электронных образовательных изданий и ресурсов». М.: РМЦ, 2002.
6. Осин А.В. Технология и критерии оценки образовательных электронных изданий // Сборник трудов XI Международной конференции-выставки «Информационные технологии в образовании». Ч. VI. М.: МИФИ, 2001.

ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОНИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

*Председатель секции – Осипов Юрий Мирзоевич, д.э.н., д.т.н.,
профессор, зав. отделением каф. ЮНЕСКО*

АВТОНОМНЫЙ БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ

А.В. Скуденков, Д.С. Медведев

В современном мире беспилотные летательные аппараты (далее – БЛА) применяются в основном для получения изображения из точки, труднодоступной для других видов летательного транспорта. Это в свою очередь ограничивает применение БЛА только в качестве низколетящих средств наблюдения. Хотя уже сегодня возможно создание аппаратов, способных к перевозке мелких и средних грузов на небольшие расстояния. Также современные БЛА не могут обойтись без оператора, находящегося на Земле. Это формирует целый комплекс проблем по созданию устойчивой связи между оператором и БЛА. Необходимости в связи с оператором можно избежать в случае применения автономных беспилотных летательных аппаратов (далее – АБЛА), самостоятельно прокладывающих маршрут полёта. АБЛА возможно применить в следующих сферах деятельности: перевозка грузов, оперативная доставки визуальной информации из зон стихийных бедствий, оповещение населения, мониторинг линий передач электроэнергии и трубопроводов.

Разрабатываемая нами автономная платформа базируется на многороторных БЛА. Аппаратная часть состоит из несущей рамы, на которой закреплены моторы с подъёмными винтами, системы навигации и управления и аккумулятора. В состав системы навигации и управления входят: плата управления, плата датчиков (трехосевой гироскоп, трехосевой акселерометр, датчик давления, трехосевой магнитометр), регуляторы хода, плата обработки и передачи изображения, две камеры и сонар.

Программное обеспечение для управления БЛА сформировано на платформе с открытым исходным кодом (далее – ПОИК). По результатам многофакторного анализа уже существующих ПОИК выбрана платформа aegoquad, наиболее отвечающая поставленной задаче.

В ходе исследований рассмотрены различные алгоритмы прокладки маршрута для автономного полёта и навигации в реальном времени. На их основе сформирован алгоритм принятия решения по коррекции маршрута АБЛА для передвижения в реальных условиях.

Полученная в результате исследований технология позволяет конструировать АБЛА, востребованные в настоящее время.

Литература

1. Peter Corke. Robotics, Vision and Control Fundamental Algorithms in MATLAB®. Springer. Berlin: Heidelberg, 2011.
2. Lim H. Build Your Own Quadrotor / H. Lim, J. Park, D. Lee, H.J. Kim / South Korea: Seoul // IEEE ROBOTICS & AUTOMATION MAGAZINE. 2012.09.

ОПТОЭЛЕКТРОНИКА И ФОТОНИКА

Председатель секции – *Задорин Анатолий Семёнович*, д.ф.-м.н.,
профессор, зав. каф. РЗИ

УДК 621.396

МИНИМИЗАЦИЯ ВЫБРОСА В УСТРОЙСТВАХ УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ОДНОПОЛЯРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Р.Ш. Ахтямов

Для устройств управления амплитудой мощных импульсных сигналов характерно появление выброса на переднем фронте импульса в процессе управления его амплитудой, что является существенным недостатком. Для решения данной проблемы предлагается использование коррекции, приводятся схемы и сравнение различных типов коррекции.

Ключевые слова: устройства управления, динамический диапазон, коррекция, мощные сигналы.

Устройства управления (УУ) амплитудой мощных импульсов применяются в схемах защиты импульсных усилителей от перегрузки по входу и рассогласования по выходу [1], для стабилизации характеристик генераторов мощных импульсов [2]. Принцип работы УУ основан на свойстве биполярного транзистора играть роль самоуправляемого ограничителя однополярных импульсов [3].

Постановка задачи. Рассматриваемое УУ используется в СВЧ-генераторе [2] для стабилизации выходной мощности СВЧ-генератора в диапазоне температур $\pm 50^\circ\text{C}$, при изменении напряжения питания в пределах 55...100 В и одновременно для обеспечения стабилизации частоты генерации диода Ганна в течение действия импульса возбуждения. Принципиальная схема УУ приведена на рис. 1. Зависимость формы сигнала на выходе схемы устройства управления при различных его амплитудах приведена на рис. 2.

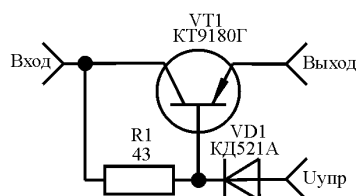


Рис. 1. Принципиальная схема УУ

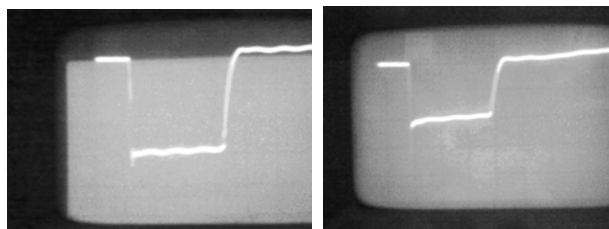


Рис. 2. Зависимость формы сигнала на выходе УУ при различных его амплитудах

Наличие выбросов на переднем фронте импульса уменьшает динамический диапазон и ограничивает область применения устройства. В этой связи целесообразным представляется нахождение простого и эффективного способа минимизации выбросов.

Коррекция характеристик УУ амплитудой мощных импульсных сигналов. Рассматриваемое УУ с последовательным включением биполярного транзистора в тракт передачи подробно описано в [1, 2].

Для расширения динамического диапазона (ДД) УУ, ограниченного допустимой величиной выброса на переднем фронте выходных импульсов, предложено использовать две схемы коррекции. Под динамическим диапазоном УУ при этом понимается отношение максимального значения амплитуды выходного импульса к его минимальному значению. Принципиальные схемы УУ с предложенными схемами коррекции приведены на рис. 3 и 4.

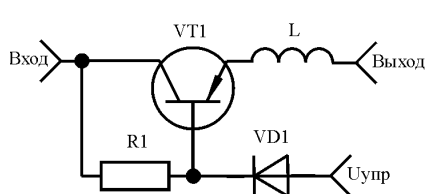


Рис. 3. Принципиальная схема УУ с индуктивной коррекцией

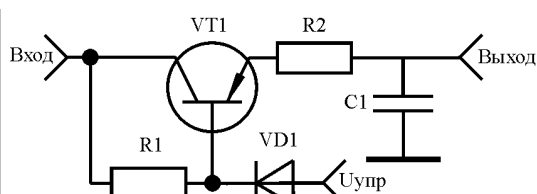


Рис. 4. Принципиальная схема УУ с корректирующей RC-цепью

Исследования эффективности использования предложенных схем коррекции проводились с применением программной среды Multisim 11.0, в которой биполярные транзисторы описываются с помощью нелинейной модели Гуммеля – Пуна [8]. При расчетах ДД сопротивление нагрузки УУ полагалось равным 50 Ом, допустимая величина выброса на переднем фронте выходных импульсов была принята равной 10 % от их амплитуды, в качестве транзистора VT1 использовались транзисторы типа FMMT591A, BD136, 2N2906A, SMBTA70, SXTA92. В качестве диода – HFA04TB60.

Исследование включало в себя расчёт динамического диапазона и времени установления для схемы УУ без коррекции, затем – для схем УУ с различными типами коррекций и значениями корректирующих элементов.

В процессе исследований установлено, что для схемы с L -коррекцией (рис. 3) с ростом величины индуктивности катушки $L1$ происходит увеличение ДД при одновременном возрастании времени установления фронта импульса t_y на выходе УУ. Характеристики зависимости ДД от допустимого значения времени установления фронта импульса в схеме (см. рис. 3) для трех типов транзисторов приведены на рис. 5.

Исследования схемы с RC -коррекцией (рис. 4) показали, что при фиксированном значении величины резистора $R3$ и с ростом величины емкости конденсатора $C2$ (см. рис. 4) также происходит увеличение ДД при одновременном возрастании времени установления фронта импульса t_y на выходе УУ. Характеристики зависимости ДД от допустимого значения времени установления фронта импульса в схеме (см. рис. 4) для трех типов транзисторов приведены на рис. 6.

Анализируя зависимости, приведенные на рис. 5 и 6, можно сделать следующие выводы: граничная частота f_T не является определяющей для ДД исследуемого устройства управления (транзистор BCX17 имеет $f_T=80$ МГц, транзистор BD136 имеет $f_T=160$ МГц); рассеиваемая на коллекторе транзистора мощность P_C также не является определяющей для ДД (BD136 имеет $P_C=8$ Вт, а

FMMT591A имеет $P_c=0,5$ Вт); увеличение требуемого значения t_y приводит к пропорциональному увеличению ДД рассматриваемого УУ; предложенные схемы коррекции имеют примерно одинаковую эффективность, однако при RC-коррекции уменьшается амплитуда импульсов.

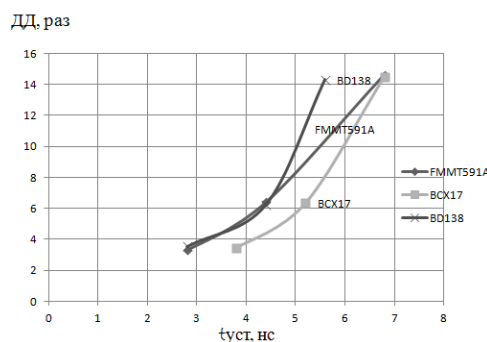


Рис. 5. Зависимость динамического диапазона схемы (см. рис. 3) от допустимого значения t_y

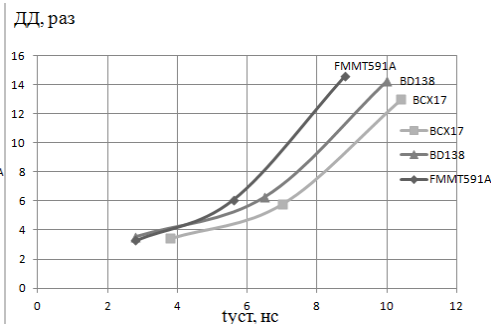


Рис. 6. Зависимость динамического диапазона схемы (см. рис. 4) от допустимого значения t_y

Заключение. Использование простейших типов коррекции позволяет уменьшить выброс на переднем фронте импульсов. Обнаружено, что оба предложенных типа коррекции (L и RC) обеспечивают практически одинаковую эффективность. Выбор требуемой величины коррекции можно осуществлять на основе полученных экспериментально графиков зависимости динамического диапазона от времени установления. Так, увеличивая динамический диапазон в 10–15 раз, получим увеличение времени установления в 5–7 раз. Таким образом, использование данных схем коррекции позволит улучшить характеристики схем, имеющих в своём составе устройства управления амплитудой мощных импульсных сигналов.

Литература

1. Титов А.А. Управление амплитудой мощных гармонических и импульсных сигналов // Электроника. НТБ. 2010. № 1. С. 78–83.
2. Воронина Ю.А., Добриков Д.С., Зеляков Ю.С., Титов А.А. Устройства управления амплитудой мощных гармонических сигналов // Научная сессия ТУСУР–2011: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф., Томск, 4–7 мая 2011 г. Томск: В-Спектр, 2011. Ч. 2. С. 317–320.
3. Титов А.А., Красько А.С. Использование транзисторов с закрытыми переходами для управления амплитудой мощных сигналов // Сб. статей одиннадцатой междунар. науч.-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности», Т. 4, г. Санкт-Петербург, Россия, 27–29 апреля 2011 г. / Под ред. А.Л. Кудинова. СПб.: Изд-во политех. ун-та, 2011. С. 131–133.
4. Титов А.А., Жданов Д.А., Костылёва О.В. Методика проектирования устройств защиты полосовых усилителей мощности от перегрузок // Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. 2011. Вып. № 4. С. 32–40.
5. Пат. № 2240645 РФ, МПК Н 03 С 1/42. Амплитудный модулятор мощных сигналов / А.А. Титов, В.Н. Ильюшенко. Опубл. 20.11.2004. Бюл. № 32.

6. Заявка на изобретение № 2011120669 РФ, МПК H03C 1/40. Устройство управления амплитудой мощных гармонических сигналов / А.А. Титов, А.В. Семёнов, И.А. Акрестина. Приоритет от 20.05.2011.

7. Заявка на изобретение № 2012100221 РФ, МПК H03C 1/40. Устройство управления амплитудой мощных периодических сигналов / А.А. Титов, А.В. Семёнов, М.Ю. Покровский. Приоритет от 10.01.2012.

8. Титов А.А. Регулировка и модуляция амплитуды мощных сигналов // Электро-связь. 2007. № 12. С. 46–48.

9. Заявка на изобретение № 2011126547 РФ, МПК H03C 1/40. Устройство регулирования амплитуды мощных гармонических сигналов / А.А. Титов, А.В. Семёнов, А.В. Шанин. Приоритет от 28.06.2011.

10. Пат. № 2450419 РФ, МПК H03C 1/40. Модулятор амплитуды мощных гармонических сигналов / А.А. Титов, А.В. Семенов, А.А. Шибельгут. Оpubл. 10.05.2012. Бюл. № 13.

УДК 621.383.523

КОНТРОЛЛЕР ЛАВИННОГО ФОТОДИОДА СИСТЕМЫ КВАНТОВОЙ КРИПТОГРАФИИ

Б.И. Авдоченко, А.С. Задорин, А.В. Максимов, Д.А. Махорин

Предложена схема контроллера лавинного фотодиода системы квантовой криптографии, обеспечивающая высоковольтное, регулируемое импульсное питание диода с большой скажностью.

Ключевые слова: квантовая криптография, счет фотонов, ключевой режим лавинного фотодиода.

Перспективы практического внедрения новых технологий и функциональность связанных с ними систем, как известно, во многом определяются принципами построения отдельных устройств и блоков этих систем. Разнообразие апробированных методов создания таких устройств дает возможность оптимизации базовых параметров систем в рамках широкого спектра функциональных критериев. В области телекоммуникаций к таким технологиям сегодня относятся технологии квантового распределения ключей (КРК) [1–4].

На аппаратном уровне основные особенности системы КРК сосредоточены в оптоэлектронных блоках системы и, прежде всего, в контроллерах датчиков фотоприемного устройства (ФПУ). В качестве таковых на практике наибольшее распространение получили лавинные фотодиоды (avalanche photodiode (APD)) [1, 2]. В данных устройствах сигнальный ток i_s может быть усилен за счет лавинного размножения фотоэлектронов в обедненной области, когда обратное напряжение питания устройства U_a превышает некоторое пороговое значение U_b (рис. 1).

В линейном режиме работы фотодиода среднее число сигнальных фотоэлектронов n_s остается пропорциональным числу возбуждающих их фотонов n_p .

Новые возможности в достижении предельной скорости формирования ключа и чувствительности ФПУ открывают лавинные фотодиоды специальной конструкции G-SPAD (Single Photon Avalanche Diode), способные работать в ключевом режиме, который в литературе называется гейгеровским [1, 2]. В гейгеровской моде напряжение питания диода U_a превышает пороговое напряжения U_b лавинного пробоя на величину так называемого перенапряжения ($U_a - U_b$)

(см. рис. 1). В этих условиях возбуждение G-SPAD единичным фотоэлектроном приводит к формированию в $p-n$ -переходе диода лавинного процесса с глубокой

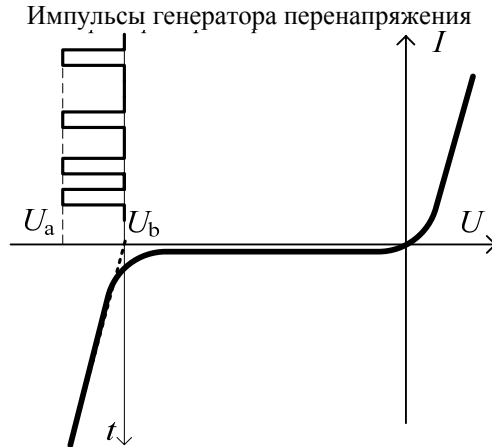


Рис. 1. Вольтамперная характеристика G-SPAD

внутренней положительной обратной связью, приводящего без дополнительного усиления к формированию в нагрузке G-SPAD сигнала отклика i_s в несколько вольт. На этом фоне внутренние шумы ФПУ оказываются пренебрежимо малыми.

Основной справочной характеристикой чувствительности G-SPAD является эффективность регистрации фотонов $\varepsilon = (1 - P_l)$, равная вероятности регистрации падающего на фоточувствительную площадку G-SPAD фотона [1]. Величина ε равна:

$$\varepsilon = \eta \cdot A \cdot P_G, \quad (1)$$

где η – квантовая эффективность, A – геометрическая эффективность

G-SPAD и P_G – вероятность возникновения гейгеровского разряда, зависящая от уровня перенапряжения ($U_a - U_b$).

Механизмами возникновения ошибок в системе (пропуски сигнала и ложные срабатывания ФПУ) в ключевом режиме G-SPAD являются эффекты афтерпалсинга и спонтанного формирования лавин электронами темнового тока i_{th} , который при перенапряжении перехода диода трансформируется в хаотическую последовательность коротких импульсов, средняя частота которой обозначается как F_{dcr} (DCR – dark count rate) [1,2]. Если обозначить вероятность генерации ложных символов как P_f , а средние частоты генерации ложных символов, обусловленные указанными эффектами, соответственно как F_{ap} и F_{dcr} , то:

$$P_f = (F_{ap} + F_{dcr}) / B_0, \quad (2)$$

где B_0 – битовая скорость этого исходного ключа.

Справочные параметры ε , F_{ap} и F_{dcr} зависят от типа G-SPAD и перенапряжения ($U_a - U_b$), но при использовании в контроллере ФПУ активных способов гашения лавины и коротком времени стробирования $\tau \sim 1$ нс практически не зависят от системной скорости B_0 .

Указанные функциональные возможности G-SPAD хорошо соответствуют специфике детектирования цифровых сигналов, поэтому эти диоды широко используются для построения экспериментальных систем КРК.

Вместе с тем для реализации преимуществ G-SPAD по чувствительности и быстродействию требуется решение ряда схемотехнических задач. Одна из них связана с требованием минимизации P_f . Из (2) вытекает, что для снижения влияния афтерпалсинга и DCR на помехоустойчивость системы контроллер G-SPAD должен обеспечивать импульсный режим работы диода, называемый временным стробированием (Time-gated single photon counting – TGSPC), при котором питание ($U_a - U_b$) подается на диод лишь в течение короткого времени $\tau \sim 1$ нс с частотой B_0 [1, 2]. Сложность этой задачи связана с необходимостью формирования TGSPC-импульсов большой скважностью $((B_0 \cdot \tau)^{-1} \sim 10^7)$ и минимальным джиттером. Кроме этого, амплитуды формируемых контроллером G-SPAD постоянного

напряжения U_b и импульсного перенапряжения ($U_a - U_b$) должны быть регулируемы и для некоторых типов G-SPAD пределы этой регулировки должны составлять несколько сот вольт.

Целью данного сообщения является изложение результатов по разработке указанного устройства.

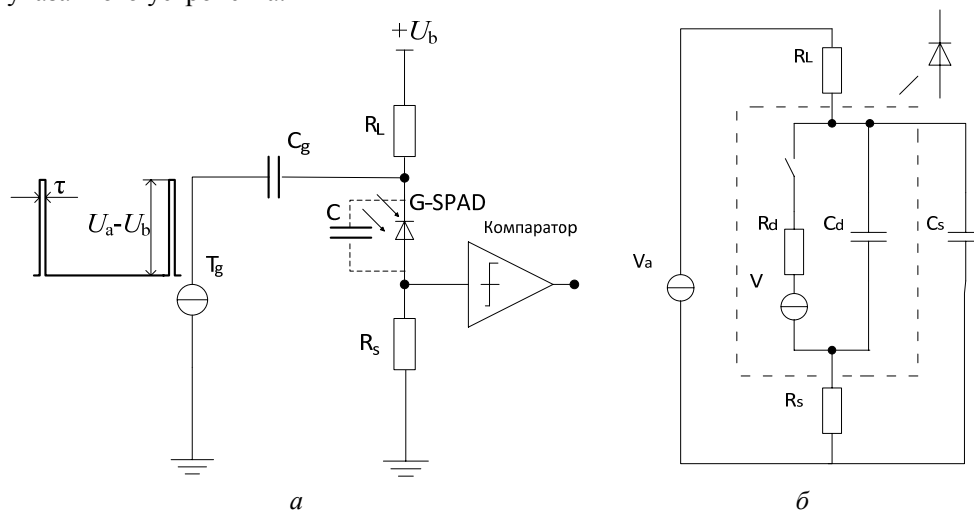


Рис. 2. Структурная схема контроллера G-SPAD в режиме временного стробирования (а); б – схема замещения G-SPAD

Рассмотрим контроллер G-SPAD, обеспечивающий режим временного стробирования диода с пассивным гашением лавины. Функциональная схема устройства представлена на рис. 2, а. Оценка чувствительности ФПУ в режиме счета фотонов дает среднюю мощность оптического сигнала на входе системы $\sim 10^{-11}$ Вт. Схема пассивного гашения на этом рисунке представлена емкостью C G-SPAD и сопротивлением нагрузки R_L . Номинал R_L выбирается так, чтобы значение постоянной времени $\tau_n = R_L \cdot C$ было сравнительно большим. В этом случае ток лавины на ее начальной стадии разряжает емкость C до напряжения, меньшего чем пороговое U_b . Если время этого разряда $\tau \ll \tau_n$, то поддерживающая лавинный процесс внутренняя положительная обратная связь диода оказывается разрушенной до момента повторной зарядки емкости и лавина гаснет. В этом режиме диод может рассматриваться как диссипативный ключ, шунтированный статической и динамической емкостями (см. рис. 1, б) [1].

Как отмечалось выше, наибольшую сложность в реализации контроллера на рис. 2, а представляет выбор схемы высокостабильного регулируемого высоковольтного импульсного формирователя перенапряжения T_g , генерирующего короткие стробирующие импульсы с амплитудой $(U_a - U_b)$, частотой B_0 и скважностью $(B_0 \cdot \tau)^{-1}$.

Для решения этой задачи нами предложено использовать в качестве T_g формирователь на разрядных линиях [4]. Принцип работы такого формирователя основан на импульсном преобразовании энергии, накопленной в линии от источника напряжения U_0 при коммутации линии к нагрузке. Накопительная линия ЛЗ в таком формирователе (рис. 3) сравнительно медленно заряжается от источника постоянного напряжения U_0 через зарядный резистор R_3 с номиналом, значительно превышающим волновое сопротивление ЛЗ ρ .

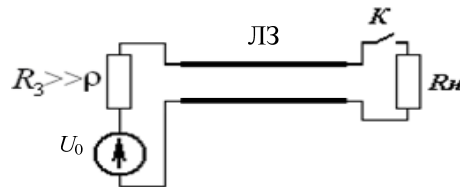


Рис. 3. Схема формирователя импульсов с разрядной линией

При замыкании линии ключом K на резистивной согласованной нагрузке формируется прямоугольный импульс напряжения амплитудой:

$$U_H = U_0 R_H / (p + R_H) = U_0 / 2. \quad (3)$$

Длительность импульса τ_H , формируемого на нагрузке, определяется удвоенным временем прохождения электромагнитной волны по отрезку линии ЛЗ:

$$\tau_H = 2l\sqrt{\epsilon}/c, \quad (4)$$

где c – скорость света в вакууме; l – длина накопительной линии; ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость линии.

Предложенная схема формирователя импульсов перенапряжения исследовалась нами на компьютерной модели в среде Multisim 11. На рис. 4 приведена исследуемая схема формирователя на разрядной линии, а на рис. 5 – результаты моделирования динамических характеристик формирователя.

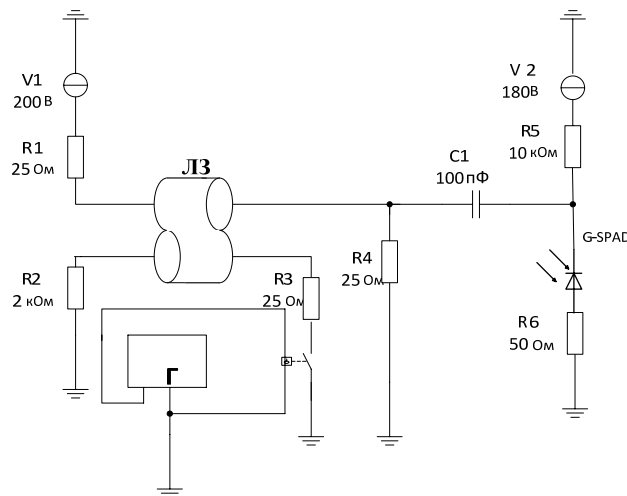


Рис. 4. Схема формирователя импульсов перенапряжения с разрядной линией

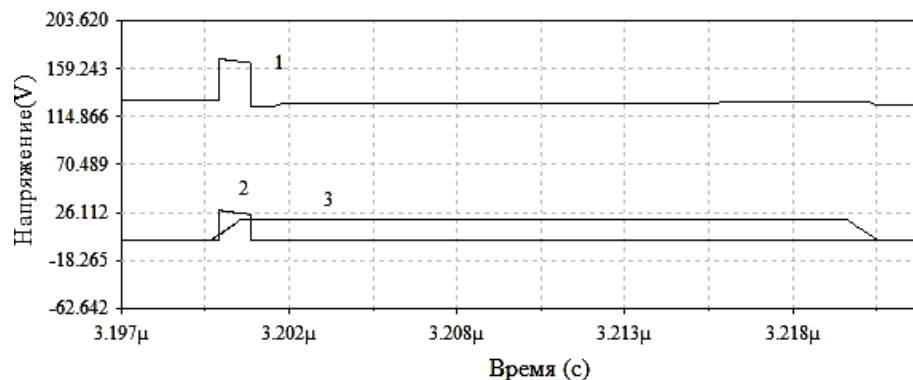


Рис. 5. Результаты моделирования схемы формирователя стробирующего импульса:
1 – импульс на выходе формирователя; 2 – напряжение питания G-SPAD;
3 – импульс запуска формирователя

Полученные данные показывают принципиальную возможность построения контроллера лавинного фотодиода, работающего в гейгеровском режиме, на основе формирователя импульсов перенапряжения с разрядной линией. Отличительная особенность такого формирователя – высокая стабильность длительности и амплитуды генерируемых стробирующих импульсов и простота регулирования этих параметров.

Литература

1. Cova S., Ghioni M., Lacaita A. et al. Avalanche photodiodes and quenching circuits for single-photon detection, 1996 // Applied Optics, 20 April. Vol. 35, № 12, 1956–1976 p.
2. Laser Pulse Phenomena and Applications / Edited by Dr. F.J. Duarte Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. 2010.
3. Килин С. Я. Квантовая информация // Успехи физических наук. 1999. Т. 169. С. 507–527.
4. Авдоченко Б.И., Ильюшенко В.Н., Тулеев А.В., Цепелев Г.М. Многофункциональный генератор для пикосекундных время-импульсных радиотехнических систем // Тр. IV междунар. конф. «Актуальные проблемы электронного приборостроения». Новосибирск, 1998. Т. 10. С. 99–102.

УДК 681.621.32

КОНЦЕПЦИЯ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ЖКХ

С.Ю. Хотненко

В настоящее время для питания светодиодных светильников от сети ~220В используются специализированные импульсные преобразователи (драйверы). Рассматриваются основные проблемы источников питания светодиодных светильников, предлагается несколько оригинальных концепций питания светильника, работающего без использования драйвера, и возможность их коммерциализации.

Ключевые слова: светодиоды, светотехника, освещение.

В настоящее время для решения задач освещения в силу низкого энергопотребления, долгого срока службы, безопасности применения и утилизации все чаще используются светодиодные светильники. В основе современного светильника лежит излучающий модуль, состоящий из последовательно или последовательно-параллельно включенных светодиодов, количество которых подбирается таким образом, чтобы световой поток, создаваемый светодиодами, обеспечивал нужную освещенность. Как правило, для большей наглядности преимуществ светодиодного светильника перед традиционными источниками света мощность светильника соотносят с мощностью лампы накаливания, дающей такой же световой поток. Также вводят понятие световой отдачи светильника (лм/Вт). Например, световая отдача традиционной лампы накаливания 10 лм/Вт, у галогенных ламп – до 20 лм/Вт, у компактных люминесцентных – до 50 лм/Вт. Световая отдача лучших западных светодиодов в настоящее время достигает 150 лм/Вт. Таким образом, для замены лампы накаливания мощностью 100 Вт потребуется светодиодный модуль мощностью 8 Вт.

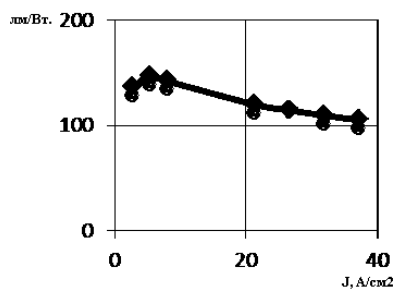


Рис. 1. Изменение световой отдачи с увеличением плотности тока

прочих равных условиях (количество светодиодов, схема их включения) световая отдача светодиодов падает при увеличении мощности.

Стоимость светодиодного светильника состоит на треть из стоимости излучающего модуля (светодиодов), поэтому разработчики стремятся уменьшать количество светодиодов в светильнике за счёт увеличения плотности тока, что, как отмечалось выше, ведет к уменьшению световой отдачи. Соответственно уменьшение плотности тока за счет увеличения числа светодиодов, приведет к удорожанию изделия, но увеличивает КПД. Учитывая это, разработчик должен находить компромисс между стоимостью изделия и качеством изделия.

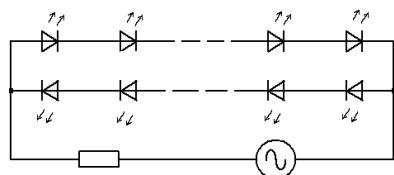


Рис. 2. Схема включения светодиодов для питания переменным током

При несомненных достоинствах светодиодов как таковых, в реальных осветительных системах есть ряд проблем, связанных с питанием излучающего модуля от сети ~220 В. Исследования [3] ставили перед собой цель выявить зависимость срока службы драйвера от температуры. В ходе испытания драйвер был помещен в герметичный контейнер, температура в котором поддерживалась постоянной с помощью регулятора температуры. Результаты исследования показали, что электролитические конденсаторы, используемые в драйвере, имеют относительно небольшой срок жизни в светильнике и по сути определяют срок жизни всего устройства.

Проблема электролитических конденсаторов является своего рода «бутылочным горлышком» светодиодного освещения, ограничивая срок службы светильника. Тем не менее драйверы не могут функционировать без конденсаторов большой ёмкости. Но существуют «бездрайверные» светодиодные модули, работающие с напряжениями 110/220 В. Южнокорейская фирма Seoul Semiconductors интегрировала схему (рис. 2) с двумя антипараллельными цепочками (в каждой из которых большое количество светодиодов) непосредственно в одном чипе. Прямой ток светодиодов ограничивается балластным омическим сопротивлением, подключенным последовательно к антипараллельной схеме. Прямое напряжение на каждом из светодиодов составляет 3,5 В, на одной цепочке 196 В. Достоинствами такого технического решения являются простота реализации идеи, низкая стоимость продукта. Но есть и недостатки. Первым и основным из них является то, что через светодиод будет идти пульсирующий ток. Следовательно, на выходе светодиода будут световые импульсы. Этот факт резко сокращает сферу применения таких модулей. Нормы пульсаций освещения в нашей

В современных светодиодах белого свечения на основе кристаллов GaN/InGaN имеется ряд закономерностей, которые во многом определяют процесс проектирования излучающего модуля светильника. На рис. 1 приведен результат фотометрического эксперимента, проведенного автором со светодиодом производства ОАО «НИИПП», из которого видно, что при увеличении плотности тока через светодиод уменьшается его световая отдача. Этот эффект описан в [1]. На основании этого можно сделать вывод, что при

При несомненных достоинствах светодиодов как таковых, в реальных осветительных системах есть ряд проблем, связанных с питанием излучающего модуля от сети ~220 В. Исследования [3] ставили перед собой цель выявить зависимость срока службы драйвера от температуры. В ходе испытания драйвер был помещен в герметичный контейнер, температура в котором поддерживалась постоянной с помощью регулятора температуры.

Результаты исследования показали, что электролитические конденсаторы, используемые в драйвере, имеют относительно небольшой срок жизни в светильнике и по сути определяют срок жизни всего устройства.

Проблема электролитических конденсаторов является своего рода «бутылочным горлышком» светодиодного освещения, ограничивая срок службы светильника. Тем не менее драйверы не могут функционировать без конденсаторов большой ёмкости. Но существуют «бездрайверные» светодиодные модули, работающие с напряжениями 110/220 В. Южнокорейская фирма Seoul Semiconductors интегрировала схему (рис. 2) с двумя антипараллельными цепочками (в каждой из которых большое количество светодиодов) непосредственно в одном чипе. Прямой ток светодиодов ограничивается балластным омическим сопротивлением, подключенным последовательно к антипараллельной схеме. Прямое напряжение на каждом из светодиодов составляет 3,5 В, на одной цепочке 196 В. Достоинствами такого технического решения являются простота реализации идеи, низкая стоимость продукта. Но есть и недостатки. Первым и основным из них является то, что через светодиод будет идти пульсирующий ток. Следовательно, на выходе светодиода будут световые импульсы. Этот факт резко сокращает сферу применения таких модулей. Нормы пульсаций освещения в нашей

стране, установленные [4], разрешают использовать такие источники света в местах, где не требуется зрительная деятельность людей (проходы, лестничные площадки, лифты). Вторым важным недостатком схемы является то, что балластный резистор не ограничивает нужным образом ток. Как известно, сеть не идеальна, в ней возможны скачки и провалы напряжения. Соответственно, при увеличении напряжения по закону Ома ток через светодиод будет увеличиваться, нагревая светодиод и сокращая его срок службы. Третьим недостатком является то, что плотность тока, протекающего через светодиод в импульсе, разная. В начале и конце импульса плотность тока низкая и светоотдача высокая. На вершине импульса, наоборот, плотность тока очень высокая и светоотдача очень низкая [1].

Эти недостатки были учтены автором при проектировании светильника стационарного общего назначения на основе светодиодной излучающей матрицы «СИМ220Б» разработанной в ОАО «НИИПП» (далее – СИМ) (ССОН «СИМ 220Б»). СИМ представляет собой две цепочки параллельно соединенных светодиодов, выполненных интегрально на одной теплосбрасывающей подложке. Схема ограничения тока в ССОН «СИМ220Б» не содержит электролитов, ограничивает ток через светодиод по заданному уровню при скачках напряжения в сети, защищая тем самым светодиод от чрезмерного нагревания. Таким образом, срок жизни такого светильника – это срок жизни светодиода. На рис. 3 показаны осциллограммы импульсов света, полученные через фотодиод. На верхнем рисунке показан импульс, создаваемый СИМ без схемы ограничения тока, на нижнем – со схемой. Схема ограничения тока «срезает» неэффективные вершины импульсов, увеличивая тем самым светоотдачу светильника.

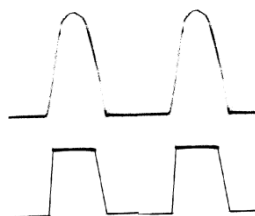


Рис. 3. Осциллограммы импульсов света ССОН «СИМ 220Б»

Несмотря на активное внедрение светодиодного освещения на промышленных предприятиях России, где тарифы на электроэнергию значительно выше, чем для бытовых потребителей, развернуть сбыт в розничной торговле не удастся. Рассматривая опыт автора по внедрению светодиодного освещения в ЖКХ г. Томска и аналогичный опыт внедрения в других городах России [5], можно выделить несколько основных причин, препятствующих сбыту светодиодных светильников. Обозначим некоторые из них:

- Высокая цена, которая уменьшается из года в год, но даже после начала массового производства светодиодов в России она не опустится ниже цены на ртутные лампы.
- Незаинтересованность управляющих компаний в уменьшении затрат на электроэнергию и эксплуатацию сетей. Регулярные закупки ламп и сохранение обслуживающего персонала создают потенциальную почву для коррупции.

Несмотря на это, перспективы коммерциализации «бездрайверных» светильников высоки. Отсутствие драйвера делает такие светильники дешевле на 20–40% и повышает надежность в 1,5–2 раза. В частности, ССОН «СИМ 220Б» разработан специально для использования на лестничных площадках и технических этажах жилых домов: вандалоустойчивый корпус, имеющий IP65, делает его долговечным в условиях реалий жизни в России, использование различных по мощности СИМ делает его более универсальным. Экономические расчеты показывают, что сто светильников «СИМ 220Б», установленные в жилой много-

квартирный дом совместно с системой интеллектуального управления освещением, разработанной ООО «Эрголайт», окупаются за 1,5–2 года.

Выводы. В статье проанализированы причины, по которым заявленные сроки службы светодиодных светильников, питающихся от сети ~220 В через драйвер, на практике оказываются меньше. Перспективным направлением, по мнению автора, являются «бездрайверные» светильники, питающиеся переменным током. Преимущество таких светильников состоит в том, что они более долговечны: в них нет ненадежных электролитических конденсаторов. Также отсутствие дорогостоящего драйвера делает их дешевле. Именно высокая цена является причиной плохих продаж светодиодных светильников.

Литература

1. Влияние хвостов локализованных состояний в InGaN на уменьшение эффективности GaN светодиодов с ростом плотности тока / Н.И. Бочкарева, В.В. Вороненков, Р.И. Горбунов и др. // Физика и техника полупроводников. 2012. Т. 46, № 8.
2. Буряков А.А. Влияние режимов работы светодиода на срок их службы [Электронный ресурс] / А.А. Буряков. Режим доступа: http://zersleds.ru/e107_plugins/content/content.php?content.56, свободный (дата обращения: 04.09.2012.).
3. Хан Л., Нарендан Н. Разработка ускоренного метода испытания жизни для светодиодных драйверов // Девятая Междунар. конф. по твердотельному освещению, Сан-Диего, 3–5 августа 2009: Материалы SPIE 7422. 742209.
4. СНиП 23-05-95*. Естественное и наружное освещение. М.: Открытое акционерное общество «Центр проектной продукции в строительстве», 2011. 69 с.
5. Долгин Е.А. Опыт внедрения светодиодного освещения в ЖКХ г. Москвы. Выводы и предложения // Полупроводниковая светотехника. 2009. №2. С. 4–5.

УДК 621.396.621

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

А.А. Лукина, А.В. Максимов

Представлен комплекс лабораторных работ по УПОС, разработанный в среде Labview: виртуальная панель осциллографа, генератора, характериографа, спектроанализатора и устройство приема и обработки сигналов (УПОС) с набором функций управления, соответствующих реальным устройствам.

Ключевые слова: LabVIEW, УПОС, амплитудно-частотная характеристика, лабораторный комплекс.

В настоящее время оборудование лабораторий университетов устарело не только физически, но и морально и не соответствует требованиям настоящего времени, в связи с чем актуальна задача разработки устройств приема и обработки сигналов (УПОС) на новых принципах и современной элементной базе компонентов.

Современная элементная база позволяет реализовать в одном устройстве различные типы структурных схем приемников: супергетеродинной; прямого усиления; прямого преобразования. реализовано отображение взаимозависимости основных технических характеристик приемника при моделировании реаль-

ного процесса приема (отношение сигнал–шум, чувствительность) и процессов взаимной модуляции, блокирования.

Управление УПОС осуществляется с помощью программного обеспечения National Instruments LabView. Среда разработки виртуальных приборов LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) используется в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа данных, управления приборами и исследуемыми объектами [1].

Описание лабораторного комплекса. В настоящей работе управление выполняется генератором АКИП GCC80, осциллографом GDS810С и УПОСом [2]. Каждый прибор связан с компьютером через шину RS232. Управление осуществляется на языке SCPI [3]. На рис. 1 показана структура лабораторного комплекса.

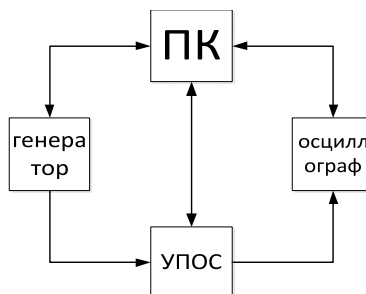


Рис. 1. Структура лабораторного комплекса УПОС

В УПОСе осуществляется управление:

- выбором антенного входа или входа с генератора сигналов с эквивалентом антенны;
- переключением типов входных цепей;
- коэффициентами усиления трактов ВЧ и ПЧ;
- настройками частоты входных цепей и усилителя РЧ;
- избирательностью усилителя РЧ и тракта ПЧ;
- включением генератора шума и его амплитудой;
- частотой и амплитудой узкополосной помехи;
- частотой синтезатора гетеродина;
- усилением тракта НЧ.

На рис. 2 приведена панель управления УПОС.

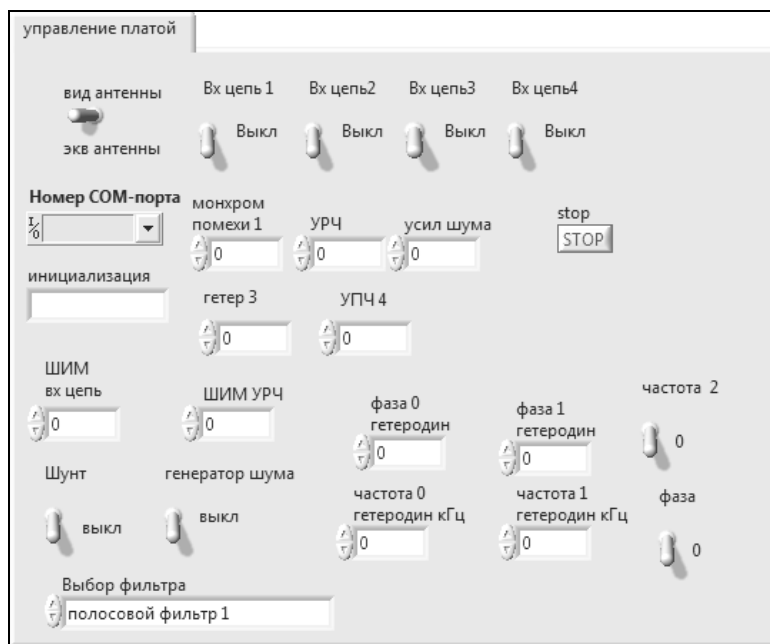


Рис. 2 (начало)

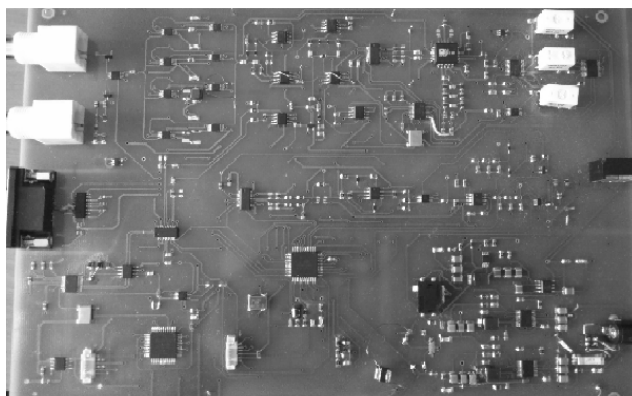


Рис. 2 (окончание). Виртуальная панель управления УПОС

При управлении генератором ГСС80 задаются начальные параметры: амплитуда сигнала, частота сигнала, глубина модуляции, вид модуляции, частота модуляции [4]. На рис. 3 приведена часть панели управления генератором, где можно установить необходимые для исследования параметры.

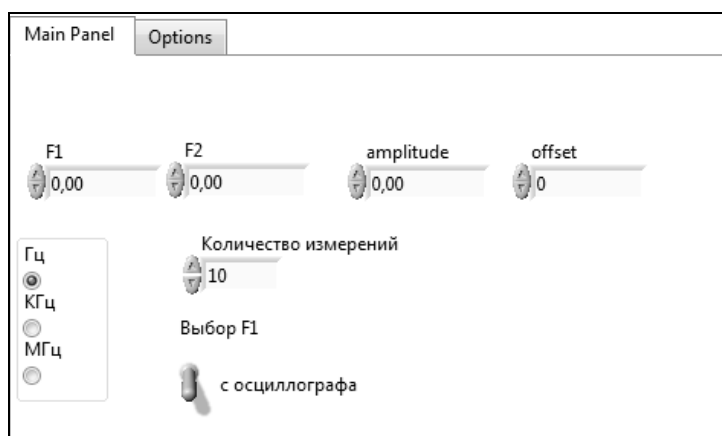


Рис. 3. Панель управления генератором ГСС80

На управляющем компьютере, кроме того, реализованы виртуальные приборы:

- измеритель амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик;
- спектроанализатор;
- осциллограф.

Для построения АЧХ, снимаются амплитудные значения входного и выходного сигнала с осциллографа [5]. На рис. 4 представлен используемый осциллограф.

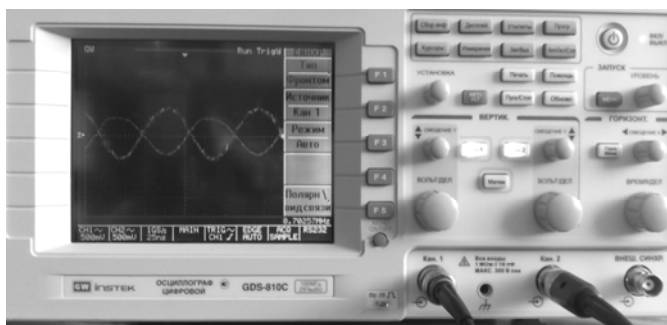


Рис. 4. Осциллограф цифровой GDS-810C

Комплекс лабораторных работ состоит из нескольких частей.

Первая часть – исследование входных цепей. В этой работе предусмотрены выбор вида антенны, выбор входных цепей и управление напряжением смещения на варикапе. Студент исследует резонансные характеристики и их зависимость от различных параметров. На рис. 5 и 6 приведены АЧХ входной цепи с большой ёмкостью и зависимость её резонансной частоты от напряжения смещения на варикапе.

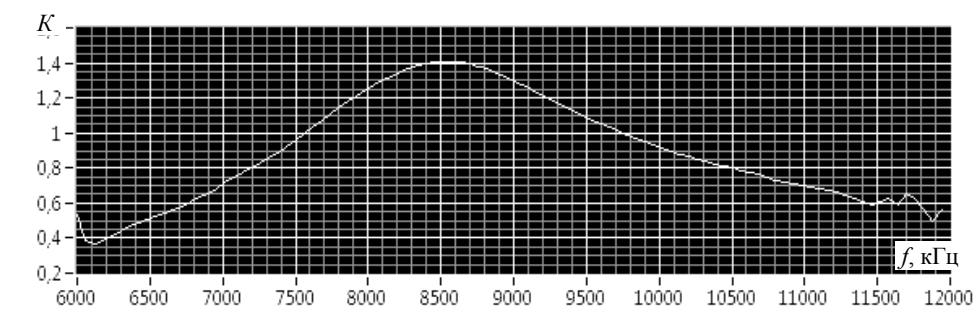


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика входных цепей: K – коэффициент передачи по напряжению; f – частота генератора

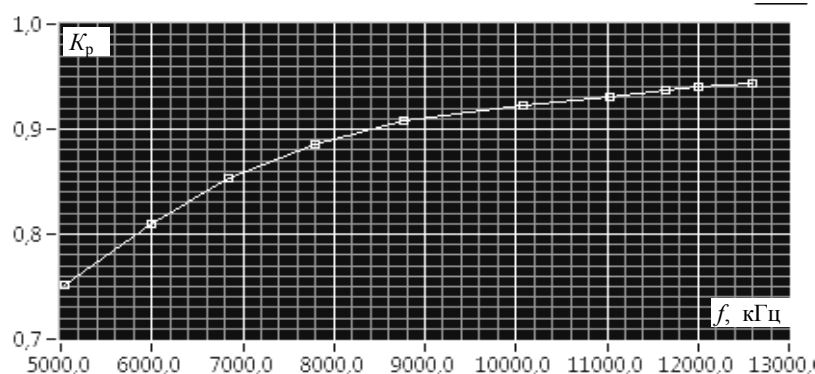


Рис. 6. Зависимость $K_p(f)$ от напряжения смещения на варикапе: K_p – резонансный коэффициент передачи по напряжению

Вторая часть – исследование УРЧ (усилитель радиочастоты). В этой части работы исследуются АЧХ в зависимости от напряжения смещения на УРЧ, усиления и характеристик входных цепей. Так же предусмотрено шунтирование цепи УРЧ. На рис. 7 показано АЧХ УРЧ.

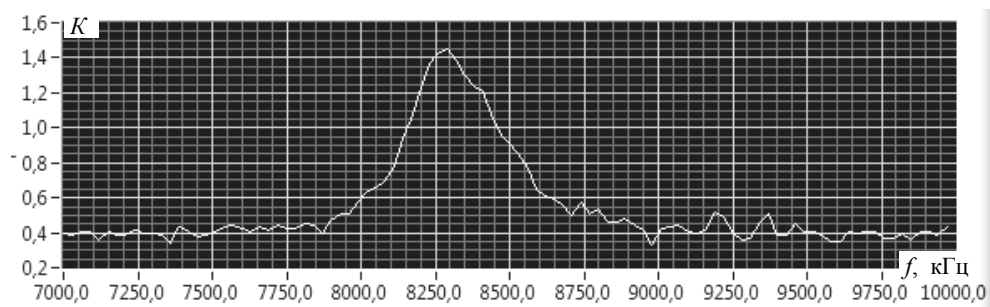


Рис. 7. Амплитудно-частотная характеристика усилителя радиочастоты

Заключение. Итогом данной работы является комплекс лабораторных работ по УПОС, разработанный в среде Labview: виртуальная панель осциллографа, генератора, характериографа, спектроанализатора и УПОС с набором функций управления, соответствующих реальным устройствам. Разработанный лабораторный стенд предназначен для изучения студентами процессов и характеристик, рассматриваемых в дисциплине УПОС, может использоваться в учебном процессе – при выполнении лабораторных работ по дисциплинам «Радиоавтоматика», «Схемотехника аналоговых и электронных устройств» для студентов специальностей радиотехнического профиля и при проведении научно-исследовательских работ прикладного характера.

Литература

1. Побаченко М.В., Ляпин И.Ю., Демидов В.А. Приемник амплитудно-модулированных сигналов. Дипломный проект / ТУСУР, РЗИ.
2. Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаева В.В., Материкин С.В. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / Под ред. А.П. Бутырина. М.: ДМК-Пресс, 2005. 264 с.
3. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. М.: ДМК 2007. 533 с.
4. Руководство по программированию GSS-80.
5. Руководство по программированию GDS-820/GDS-840.

УДК 621.396.621

ПРИЕМНИК АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

М.В. Побаченко, А.В. Максимов

Предложена реализация приемника амплитудно-модулированных сигналов (АМ), предназначенного для работы в составе лабораторного стенда по изучению процессов, изучаемых в курсе «Устройства приема и обработки сигналов» (УПОС).

Ключевые слова: амплитудная модуляция, коэффициент усиления, коэффициент ослабления, полоса пропускания, промежуточная частота, прием, гетеродин.

Постановка задачи разработки УПОС. В настоящее время оборудование многих лабораторий университета устарело не только физически, но и морально,

и уже не соответствует требованиям, предъявляемым к современным устройствам. Кроме этого, необходимы его модернизация, переход на новую элементную базу, введение новых технологий, которые были не доступны ранее.

Основным критерием при проектировании УПОС являлось максимальное приближение моделируемого процесса к реальному приему.

Описание приемника. Современная элементная база позволила достаточно просто реализовать в одном устройстве различные типы структурных схем современных приемников: супергетеродинной; прямого усиления; прямого преобразования. Структурная схема УПОС приведена на рис. 1.

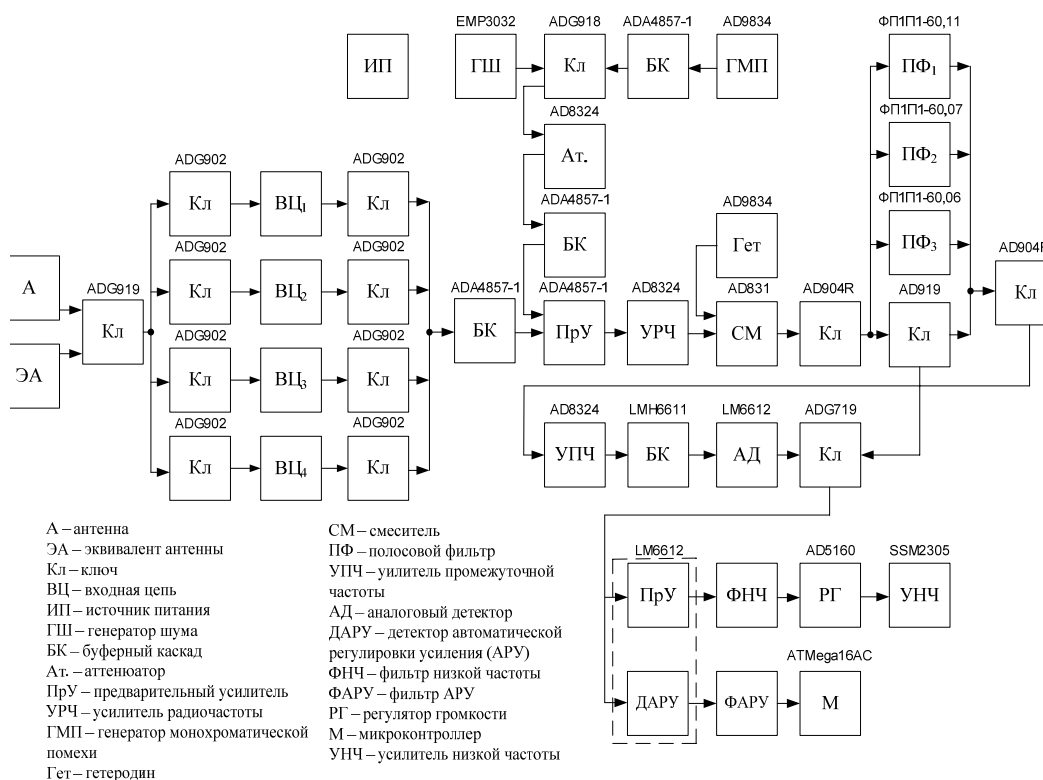


Рис. 1. Структурная схема УПОС

Введение генераторов монохроматической помехи и шума позволяет отображать основные технические характеристики приемника при моделировании реального процесса приема – отношение сигнал–шум, чувствительность; процессов взаимной модуляции и блокирования. Также применение управляемого аттенуатора, регулирующего уровень сигнала с генераторов, позволяет изучать зависимость основных характеристик от соотношения сигнал–помеха.

Одним из основных моментов при проектировании приемников является правильный выбор смесителей. В последние годы схемотехника смесителей получила качественное развитие. Одними из наилучших характеристик обладает двойной балансный смеситель – в идеальном случае он имеет бесконечно большую развязку между выводами. Однако в реальных устройствах входной и гетеродинный сигналы на выходе промежуточной частоты (ПЧ) будут подавлены не более чем на 50 дБ.

Использование в качестве гетеродина синтезатора на основе прямого цифрового синтеза (*Direct Digital Synthesis – DDS*) позволяет получить частотное разрешение в сотые и даже тысячные доли герца при выходной частоте порядка десятков мегагерц. Кроме этого, *DDS* обладают очень высокой скоростью перехода на другую частоту, что позволяет использовать разработанное УПОС для изучения современных методов передачи секретной информации на основе «прыгающих частот».

Чувствительность при различных схемах приема

Чувствительность радиоприемного устройства есть мера его способности по приему слабых сигналов и воспроизведению их с достаточным уровнем и приемлемым качеством [1].

Чувствительность, в основном, ограничивается двумя факторами:

- усилением приемника (рис. 2–4);
- собственными шумами приемника.

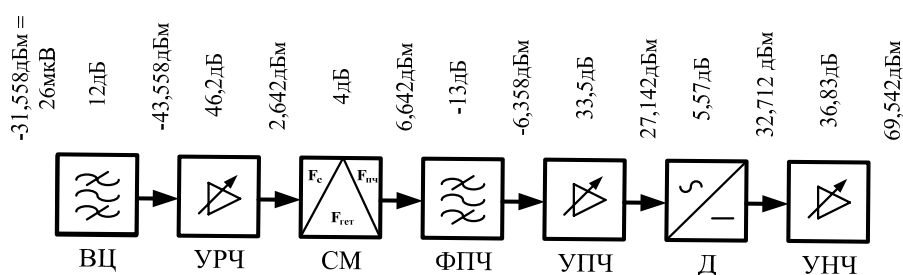


Рис. 2. Расчет чувствительности супергетеродинного приемника

На умеренно высоких частотах чувствительность оценивают в единицах напряжения [2]:

$$E_a = \sqrt{4kT_0 \Pi_{\text{ш}} h_0 R_a (t_a + \text{Ш}_{\text{пр}} - 1)}, \quad (1)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ – постоянная Больцмана; T_0 – комнатная температура; $\Pi_{\text{ш}}$ – шумовая полоса пропускания; h_0 – коэффициент различимости (согласно ГОСТ 5651–89, $h_0 = 40$); R_a – сопротивление антенны (500 Ом); t_a – эквивалентная температура антенны (300 К); $\text{Ш}_{\text{пр}}$ – коэффициент шума приемника (4,4).

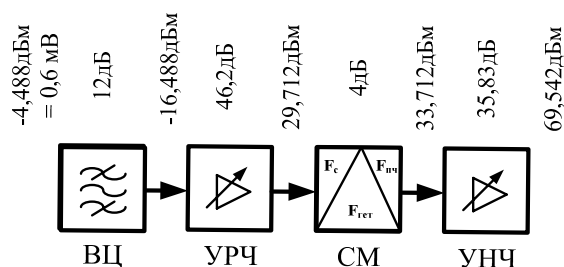


Рис. 3. Расчет чувствительности приемника прямого преобразования

Для супергетеродинного приемника шумовая полоса пропускания определяется полосой пропускания фильтра промежуточной полосы:

$$E_a = \sqrt{4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 500 \cdot (300 + 4,4 - 1)} = 44,3 \text{ мкВ}. \quad (2)$$

Для приемника прямого преобразования шумовая полоса пропускания определяется полосой пропускания фильтра нижних частот. При полосе ФНЧ 20 кГц

значение чувствительности супергетеродинного приемника будет равно чувствительности приемника прямого преобразования (формула 2)

Для приемника прямого усиления шумовая полоса пропускания определяется полосой пропускания фильтров радиочастоты:

$$E_a = \sqrt{4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 500 \cdot (300 + 4,4 - 1)} = 76,7 \text{ мкВ.}$$

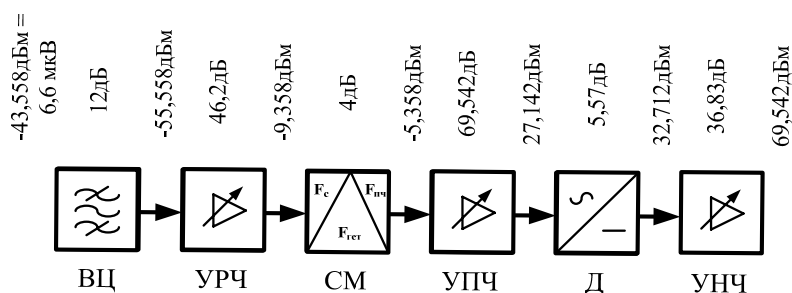


Рис. 4. Расчет чувствительности приемника прямого усиления

В результате расчета чувствительность супергетеродинного приемника и приемника прямого усиления ограничивается шумами приемника, а у приемника прямого преобразования – его усилением.

Управление приемником. Управление УПОС производится по протоколу SCPI (*Standard Commands for Programmable Instruments*), что позволяет, совместно с генератором сигналов и осциллографом, реализовать единый лабораторный комплекс по изучению процессов, возникающих при реальном приеме (рис. 5, см. на стр. 120). При разработке программного обеспечения (ПО) возможна полная автоматизация процесса снятия характеристик.

Возможности УПОС. Лабораторный макет оборудован контрольными точками для исследования:

- коэффициента передачи входной цепи, в зависимости от типа связи с антенной;
- коэффициента передачи УРЧ, в зависимости от усиления;
- работы смесителя в различных режимах;
- сигналов, вырабатываемых генераторами помех;
- отношения сигнал–шум, в зависимости от полосы пропускания полосового фильтра промежуточной частоты гетеродинного приемника;
- усилителя низких частот класса D;
- выделение постоянной составляющей из сигнала с широтно-импульсной модуляцией.

Питание УПОС. Радиоприемник оборудован разъемом питания для подключения через адаптер питания к сети 220 В. Вторичные источники питания выполнены по схемам, которые наиболее часто встречаются в современной силовой электронике, что позволяет студентам на практике закрепить знания, получаемые по курсу источников питания.

Литература

1. Фомин Н.Н. Радиоприемные устройства: учеб. для вузов / Н.Н. Фомин, Н.Н. Буга, О.В. Головин и др. / Под ред. Н.Н. Фомина. 3-е изд., стереотип. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 520 с.
2. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: учеб. пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 456 с.

Рис. 5. Функциональная схема лабораторного макета

**ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ
МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДИМОГО СВЕТА*****А.Н. Сычев, В.А. Шестаков, С.М. Стручков, М.А. Чекалин***

Изложены результаты разработки прототипа лазерной системы связи малой дальности, работающей на длине волны красного света 650 нм. Тестирование продемонстрировало возможность надёжной передачи звука на дальность более 50 м при излучаемой мощности 5 мВт. Система также отличается высокой эффективностью по стоимости.

Ключевые слова: беспроводная открытая оптическая связь, лазерная связь, малая дальность, видимый свет.

Использование лазеров позволяет перенести в оптический диапазон разнообразные средства и принципы получения, обработки и передачи информации, разработанные для радиодиапазона. Огромный рост объёмов передаваемой информации и вместе с тем практически полное исчерпание ёмкости радиодиапазона придали проблеме освоения оптического диапазона в целях связи исключительную важность. Основные преимущества оптической связи сравнению со связью на радиочастотах, определяемые высоким значением оптической частоты (малой длиной волны): большая ширина полосы частот для передачи информации, в 10^4 раз превышающая полосу частот всего радиодиапазона, и высокая направленность излучения при входных и выходных апертурах, значительно меньших апертур антенн в радиодиапазоне. Последнее достоинство оптической связи позволяет применять в передатчиках оптических систем связи генераторы с относительно малой мощностью и обеспечивает повышенную помехозащищённость и скрытность связи [1].

В зависимости от среды распространения сигнала системы оптической связи можно разделить на следующие основные классы: а) волоконно-оптические системы связи; б) открытые системы ближнего радиуса действия (за рубежом называемые Free-Space Optics – FSO), использующие прохождение излучения в приземных слоях атмосферы. Последний тип систем при определённых условиях можно также использовать и внутри помещений.

История и современное состояние техники. Первые системы лазерной оптической связи появились около полувека назад как у нас в СССР, так и за рубежом. Уже в то время (1970 г.) был опубликован интересный обзор [2], в котором излагался текущий уровень техники. Тогда впервые в мире московским ЦНИИ связи была разработана и сдана в эксплуатацию оптическая линия многоканальной телефонной связи на 6 км. Также была построена система связи АТС Еревана – Бюроканская обсерватория на гелий-неоновом лазере 630 нм. В [2] было отмечено широкое использование как газовых лазеров – аргоновых (1–5 Вт, 488–515 нм), гелий-неоновых (<0,5 Вт, 630–1250 нм), на углекислом газе (10–200 Вт; 10,6 мкм), так и полупроводниковых лазеров (5–10 Вт) при среднем КПД $\approx 30\%$. Главной проблемой для всех эксплуатируемых тогда систем было затухание сигнала в атмосфере: при дожде – 30 дБ/км, при тумане – 80 дБ/км. Ещё одна проблема – уход лазерного луча, особенно при больших дальностях связи, вследствие паразитной вибрации излучателя передатчика. Модуляторы строились на ячейках Керра и Поггеля. Требования к передатчикам: высокая мощность излучения при высоком КПД на рабочих длинах волн и возможность скоростной модуляции

луча. Требования к оптическим приёмникам: высокая чувствительность, ограниченная шумами, в необходимой области спектра и высокое быстродействие. Приёмники строились на фотоэлектронных умножителях (ФЭУ) с рабочей частотой 100–150 МГц. Тогда были весьма сложны приёмники ИК-излучения (10,6 мкм), которым было необходимо охлаждение до 4,2–20 К [2].

В последние 30 лет интенсивное совершенствование и развитие волоконно-оптических линий связи также стимулировало развитие открытых оптических линий ближнего радиуса действия. Последние разрабатывались как в России, так и за рубежом, и современные образцы достигли неплохих характеристик: скорости передачи данных от 2 Мбит/с до 2 Гбит/с, дальности связи от 200 м до 6 км [3–5]. В упомянутых системах, как правило, используется невидимый ИК-диапазон длин волн > 780 нм, применяются довольно мощные светоизлучающие, но чаще всего лазерные диоды.

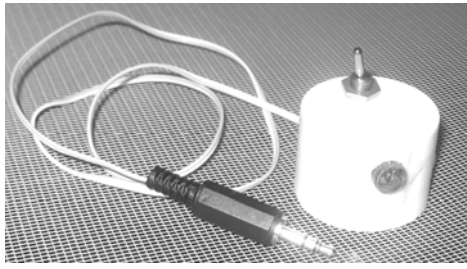
И вот совсем недавно вследствие создания недорогих и коммерчески доступных лазерных диодов видимого спектра (которые уже широко используются, например в DVD-плеерах), а также фотодиодов и фототранзисторов, внимание исследователей и разработчиков обратилось к видимому спектру оптического диапазона. Этим объясняется появление в 2011 г. нового стандарта IEEE 802.15.7–2011 [6], который определяет работу совместимых оптических приборов с пиком излучаемой энергии, лежащей в спектре видимого света от 380 до 780 нм (385–789 ТГц), причём они должны работать в одном из семи диапазонов, которым в стандарте уже присвоены соответствующие двоичные коды.

Заметим, что главные достоинства беспроводных открытых оптических систем связи перед волоконно-оптическими заключаются в следующем: а) быстрое развёртывание и простота демонтажа при обеспечении оперативной связи по схеме «точка–точка»; б) не требуется получения разрешений на прокладку кабеля и строительство; в) при эксплуатации нет периодических расходов на аренду; г) приемлемая экономичность и быстрая окупаемость. По сравнению с радиоканалом благодаря высочайшей электромагнитной совместимости не требуется лицензии на использование занимаемого диапазона частот. Кроме того, следует отметить их портативность и хорошую совместимость с волоконно-оптическим, а также проводным («медным») интерфейсом.

Однако при этом главным недостатком существующих беспроводных ИК-систем пока остаётся высокая стоимость. Использование мощного лазерного ИК-излучения может также вызывать опасность для глаз, и оно наиболее опасно, когда излучение не сопровождается видимым светом. Поэтому внутри помещений системы на основе ИК-лазеров следует использовать с большой осторожностью.

Предлагаемая система связи. Исходя из изложенных соображений, был спроектирован и изготовлен эффективный по стоимости прототип лазерной системы беспроводной оптической связи малой дальности с использованием видимого света.

На предварительном этапе ставилась задача обеспечить передачу звукового сигнала в оба конца в полнодуплексном режиме. Это определило структуру системы связи как двухканальную, причём один канал работает в прямом, другой – в обратном направлении. Приёмник и передатчик, которых в системе «точка–точка» необходимо иметь два комплекта, конструктивно представляют собой отдельные модули, показанные на рис. 1.



a

Рис. 1. Система беспроводной лазерной связи: приёмник (а); передатчик (б)



б

Одним из главных требований к системе было обеспечение высокой эффективности по стоимости, что достигалось применением существующей коммерчески доступной компонентной базы – маломощных лазерных диодов (5 мВт) и приёмных фотодатчиков, работающих на длине волны красного света 650 нм. В качестве источника информационного сигнала предварительно выбирался звуковой сигнал. Итак, разработанные приёмник и передатчик имеют следующие характеристики.

Передатчик:

Входное напряжение – с линейного аудиовыхода МР3-плеера или компьютера (< 1 В).

Тип модуляции – амплитудная.

Излучающий элемент – лазерный диод красного свечения (длина волны – 650 нм, частота излучения – 461 ТГц).

Излучаемая оптическая мощность – 5 мВт.

Напряжение питания (в том числе от USB порта компьютера) – 5 В.

Ток потребления – 25 мА.

Потребляемая мощность – 0,1 Вт.

Приёмник:

Приемный фоточувствительный элемент – германиевый фототранзистор, включённый по схеме со свободной базой.

Способ демодуляции – прямое детектирование.

Напряжение питания (в том числе от USB порта компьютера) – 5 В.

Выходное напряжение без дополнительного усиления – совместимое с уровнем линейного аудиовыхода компьютера (< 1 В).

Экспериментальное тестирование в закрытом помещении показало уверенную передачу звукового сигнала на дальность более 50 м. Была подтверждена возможность использования комплекта приёмопередатчика в качестве ретранслятора, что позволяло передавать сигналы сквозь непрозрачные препятствия.

Заключение. Перспективы дальнейших исследований видятся в увеличении дальности связи (500 м) и повышении быстродействия системы с целью передачи видеосигналов и цифровых данных, также необходимо обеспечить сопряжение со стандартными портами компьютерного интерфейса: RS-232, USB, Ethernet. Усовершенствования следует выполнять в рамках ограничений по мощности излучения, однако одной из степеней свободы может явиться переход на новую длину волны (например, зелёного света). При этом одним из главных требований является применение недорогой коммерчески доступной компонентной базы.

Таким образом, был разработан прототип лазерной системы беспроводной оптической связи малой дальности с использованием видимого света. Применение системы возможно как внутри помещения, так и снаружи, в пределах прямой видимости. Одним из основных её достоинств является высокая ценовая эффективность.

Авторы выражают благодарность сотрудникам СКБ «Смена» А.Г. Лощилову, А.А. Бомбизову и Т.Х. Бибикову за полезный обмен информацией, обсуждение и дискуссии.

Литература

1. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс]. 3-е изд. М.: Новый диск, 2002. 3 компакт-диска.
2. Казарян Р., Татарников В. Лазерная связь сегодня и завтра // Радио. 1970. № 8. С. 14–16.
3. <http://www.lightpointe.com> [Электронный ресурс].
4. <http://laseritc.ru> [Электронный ресурс].
5. Патент RU 2306673 МПК H04B10/10. Приёмопередающее устройство оптической атмосферной линии связи / А.А. Старостин, А.А. Уймин. Заявитель ООО НПФ «Лазерные приборы». Лицензиат (исключительная лицензия от 12.11.2008): ЗАО «Лазерные информационные телекоммуникации». Заявл.: 28.07.2005. Опубл.: 20.09.2007.
6. IEEE 802.15.7–2011. Standard for Local and metropolitan area networks – Part 15.7: Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light (IEEE-стандарт для локальных и городских компьютерных сетей. Беспроводная оптическая связь ближнего радиуса действия с использованием видимого света).

УДК 62–533.7

КОРРЕКЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

А.А. Титов, М.Ю. Покровский

Динамический диапазон устройств управления амплитудой мощных гармонических сигналов уменьшается с ростом частоты управляемых сигналов. Для уменьшения указанного недостатка предлагается использовать простейшую корректирующую цепь первого порядка. Приводится пример практической реализации.

Ключевые слова: устройства управления, динамический диапазон, коррекция, мощные сигналы.

В основу работы устройств управления (УУ) амплитудой мощных гармонических сигналов заложен эффект двухстороннего ограничения мощных сигналов биполярным транзистором с закрытыми переходами [1]. Наличие барьерной емкости коллектор–эмиттер биполярного транзистора приводит к уменьшению динамического диапазона УУ амплитудой гармонических сигналов с ростом их частоты [2].

Постановка задачи. Рассматриваемые УУ могут быть использованы при разработке устройств ограничения, регулирования и модуляции амплитуды мощных гармонических сигналов, а также схем защиты мощных полосовых усилителей от перегрузки по входу и рассогласования по выходу [3, 4]. Указанные выше

недостатки ограничивают область применения УУ амплитудой мощных сигналов, реализованных на основе эффекта двухстороннего ограничения мощных сигналов биполярным транзистором с закрытыми переходами. В этой связи целесообразным представляется нахождение простого и эффективного способа минимизации влияния параметров используемых управляющих транзисторов на динамический диапазон разрабатываемых УУ.

Коррекция характеристик УУ амплитудой мощных гармонических сигналов. В схемах УУ с параллельным включением управляющего транзистора и нагрузки [3, 5–7] с ростом частоты управляемого сигнала увеличивается шунтирующее действие сопротивления барьерной емкости коллектор–эмиттер биполярного транзистора, что приводит к уменьшению максимального значения выходного напряжения УУ при неизменной амплитуде сигнала на входе. Для устранения указанного недостатка предлагается параллельно с управляющим транзистором включать корректирующую катушку индуктивности, образующую параллельный колебательный контур с емкостью коллектор–эмиттер, резонансная частота которого равна частоте управляемого сигнала.

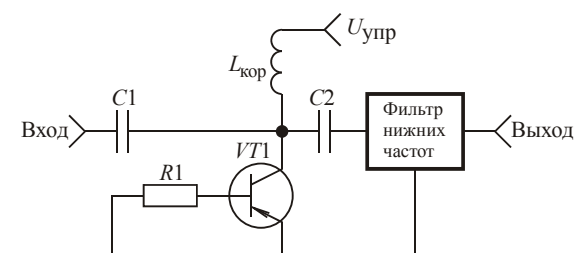


Рис. 1. Функциональная схема устройства управления с корректирующей индуктивностью

В качестве примера рассмотрим влияние корректирующей катушки индуктивности на характеристики УУ, описанного в [7] и приведенного на рис. 1, где $L_{кор}$ – корректирующая катушка индуктивности.

На рис. 2 приведены экспериментальные зависимости

амплитуды выходного напряжения $U_{вых}$ от напряжения управления $U_{упр}$ УУ (см. рис. 1) при условиях: $R_T = R_H = 50$ Ом; в качестве управляющего транзистора использован транзистор типа КТ814Г; на вход подается сигнал амплитудой 30 В; частота управляемого сигнала изменяется в диапазоне 5...170 МГц; корректирующая катушка индуктивности используется в качестве дросселя $L_{кор} = 20$ мкГн.

Здесь же приведены эти же зависимости при использовании корректирующей катушки индуктивности.

На рис. 3 представлены экспериментальные зависимости максимального значения амплитуды выходного напряжения от частоты управляемого сигнала для схемы (см. рис. 1) при значении напряжения управления $U_{упр} = -25$ В, использовании транзистора типа КТ814Г, подаче на вход сигнала амплитудой 30 В, и при величинах $L_{кор}$, равных 10, 50 нГн и 20 мкГн.

Из представленных характеристик (см. рис. 2 и 3) можно сделать следующие выводы. С ростом частоты управляемого сигнала, при использовании заданного управляющего транзистора, растут начальные потери мощности сигнала на выходе УУ. Это приводит к уменьшению диапазона регулирования уровня сигнала на выходе УУ. При заданном допустимом увеличении начальных потерь в УУ (см. рис. 1) с увеличением частоты управляемого сигнала использование корректирующей катушки индуктивности, образующей параллельный колебательный контур с емкостью коллектор–эмиттер биполярного транзистора, позволяет при-

мерно в три-четыре раза увеличить верхнюю рабочую частоту УУ, реализованного с использованием заданного управляющего транзистора.

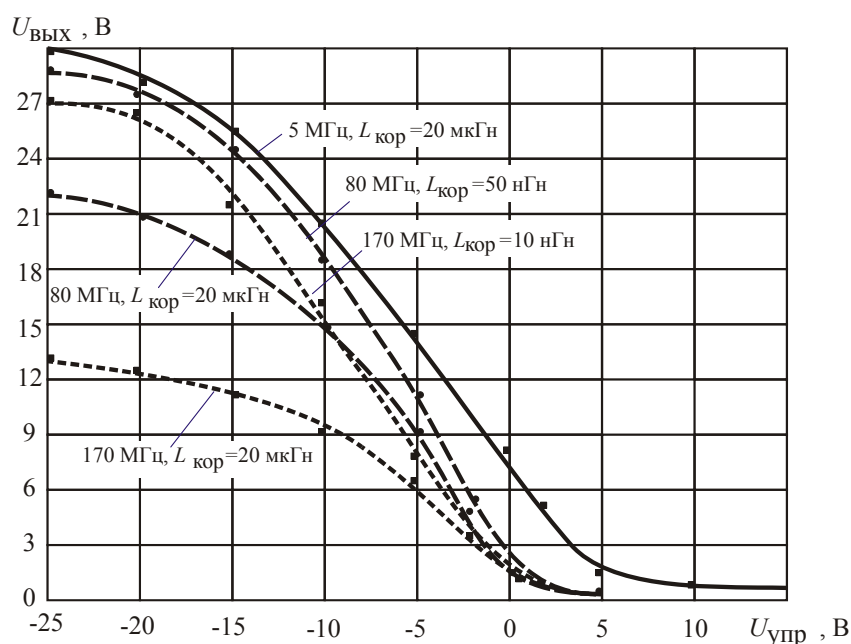


Рис. 2. Частотные зависимости выходного напряжения от напряжения управления

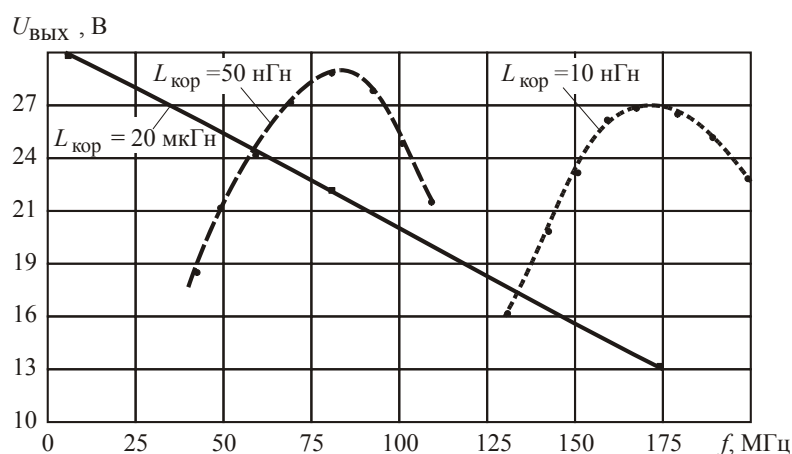


Рис. 3. Частотные зависимости максимального значения выходного напряжения от величины корректирующей катушки индуктивности

В схемах с последовательным включением управляющего транзистора и нагрузки [8, 9] с повышением частоты управляемого сигнала увеличивается минимальное значение выходного напряжения УУ при неизменной амплитуде сигнала на входе, обусловленное уменьшением сопротивления барьерной емкости коллектор–эмиттер биполярного транзистора. Функциональная схема УУ с последовательным включением управляющего транзистора и с корректирующей катушкой индуктивности $L_{\text{кор}}$ приведена на рис. 4 и реализована на основе схемы, описанной в [8].

На рис. 5 приведены экспериментальные зависимости амплитуды выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ от напряжения управления $U_{\text{упр}}$ (см. рис. 4) при условиях: $R_T = R_H = 50 \text{ Ом}$; в качестве управляющего транзистора использован транзистор типа КТ815Б; на вход подается сигнал амплитудой 20 В; частота управляемого сигнала изменяется в диапазоне 6...60 МГц; корректирующая катушка индуктивности $L_{\text{кор}}$ отключе-

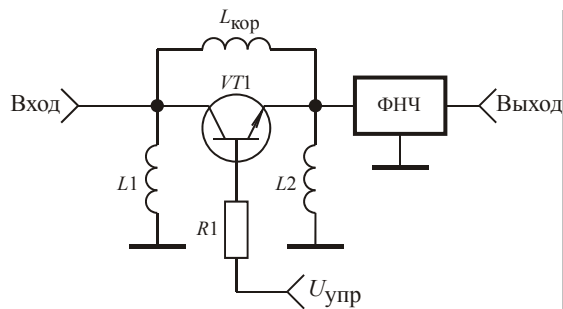


Рис. 4. Функциональная схема устройства управления с корректирующей индуктивностью

на. Здесь же приведены эти же зависимости при использовании корректирующей катушки индуктивности.

На рис. 6 представлены экспериментальные зависимости минимального значения амплитуды выходного напряжения от частоты управляемого сигнала для схемы (см. рис. 4) при значении напряжения управления $U_{\text{упр}} = -25 \text{ В}$, подаче на вход сигнала амплитудой 20 В, при отключенной $L_{\text{кор}}$ и её значениях, равных 450, 1600 нГн.

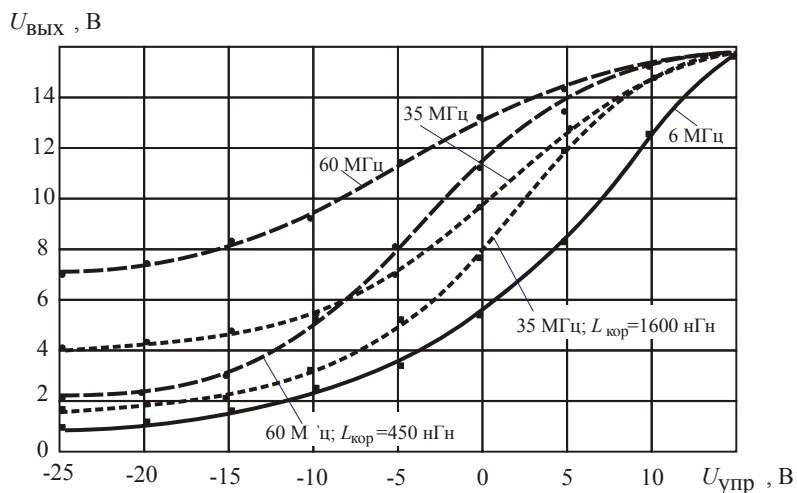
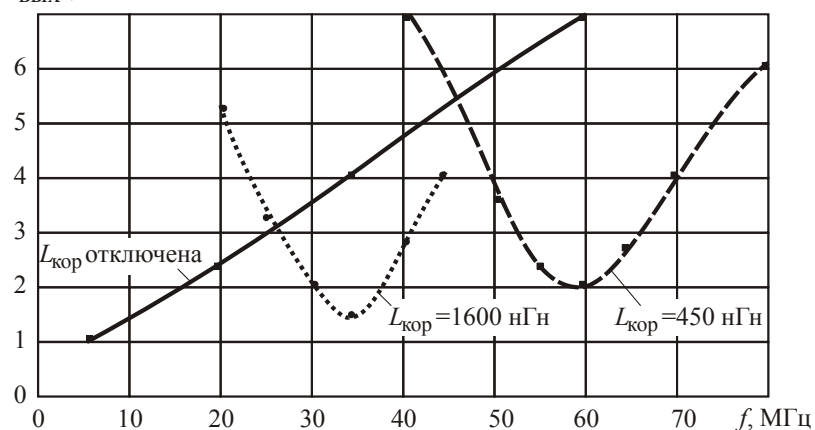
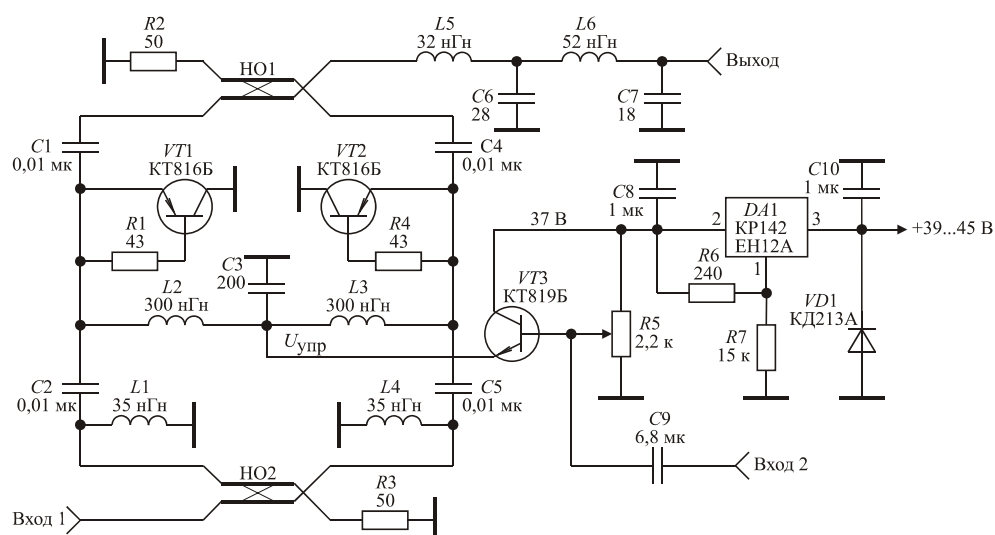


Рис. 5. Частотные зависимости выходного напряжения от напряжения управления

Из представленных характеристик (рис. 5 и 6) можно сделать следующие выводы. С ростом частоты управляемого сигнала, при использовании заданного управляющего транзистора, увеличивается минимальное значение амплитуды выходного напряжения УУ при неизменной амплитуде сигнала на входе. Это приводит к уменьшению диапазона регулирования уровня сигнала на выходе УУ. При заданном допустимом увеличении минимального значения амплитуды выходного напряжения УУ (см. рис. 4) с увеличением частоты управляемого сигнала, использование корректирующей катушки индуктивности, образующей параллельный колебательный контур с емкостью коллектор–эмиттер транзистора, по-

$U_{\text{ВЫХ}}$, В

На рис. 7 приведен пример использования корректирующей катушки индуктивности при построении согласованного УУ амплитудой мощных гармонических сигналов, разработанного на основе схемы описанной в [10], где НО1 и НО2 – направленные ответвители.



Согласованное устройство управления амплитудой мощных гармонических сигналов предназначено для использования в согласованных трактах и работает следующим образом. Высокочастотный управляемый сигнал подается на вход 1, поступает на вход второй линии второго направленного ответвителя НО2 и делится на две части, которые проходят на вход его первой линии и выход второй линии. Далее эти сигналы проходят через конденсаторы $C1$, $C2$ и $C4$, $C5$ и посту-

пают на вход второй линии и выход первой линии первого направленного ответвителя НО1. Складываясь в фазе на первом направленном ответвителе НО1, управляемый сигнал поступает на выход устройства управления.

В моменты, когда переходы эмиттер–коллектор транзисторов $VT1$ и $VT2$ оказываются открытыми, вход первой линии и выход второй линии второго направленного ответвителя НО2 оказываются рассогласованными. Отраженные от мест рассогласования сигналы складываются в фазе в балластном резисторе $R3$ второго направленного ответвителя НО2. В этом случае в процессе управления не возникает переотражений между входом УУ и выходом генератора высокочастотного управляемого сигнала. Отсутствуют и искажения сигнала на выходе устройства управления, обусловленные указанными переотражениями.

Элементы $L5$, $L6$, $C6$, $C7$ образуют фильтр нижних частот, предназначенный для фильтрации высших гармонических составляющих в спектре выходного сигнала УУ. Элементы $L2$, $L3$, $C3$ устраняют шунтирование высокочастотного тракта малым выходным сопротивлением устройства формирования напряжения управления на транзисторе $VT3$. Индуктивности $L1$ и $L4$ совместно с емкостями коллектор–эмиттер транзисторов $VT1$ и $VT2$ образуют параллельные колебательные контуры, уменьшающие начальные потери в УУ, обусловленные шунтированием высокочастотного тракта указанными емкостями.

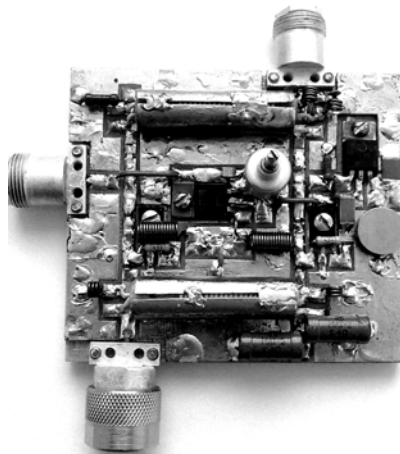


Рис. 8. Фотография устройства управления

Технические характеристики согласованного устройства управления:

- рабочий диапазон частот 180...220 МГц;
- максимальная амплитуда входного сигнала 50 В;
- диапазон регулирования амплитуды выходного сигнала 3...46 В;
- подавление высших гармоник на выходе, не менее 30 дБ;
- максимальная частота модулирующего сигнала 100 кГц;
- коэффициента стоячей волны напряжения по входу, не более 1,6;
- при работе в режиме ограничителя изменение амплитуды входного сигнала в диапазоне 8–50 В приводит к изменению амплитуды выходного сигнала в пределах 4,5...5 В;
- сопротивление генератора и нагрузки 50 Ом.

На рис. 8 приведена фотография согласованного устройства управления.

Заключение. При заданном допустимом уменьшении динамического диапазона разрабатываемого УУ с увеличением частоты управляемого сигнала использование корректирующей катушки индуктивности, образующей параллельный колебательный контур с емкостью коллектор–эмиттер управляющего транзистора, позволяет примерно в три-четыре раза увеличить верхнюю рабочую частоту УУ, реализованного с использованием заданного транзистора.

Граничная частота коэффициента передачи тока управляющего транзистора практически не влияет на область рабочих частот УУ и может быть до десяти раз меньше частоты управляемого сигнала.

Относительная полоса рабочих частот УУ с корректирующей катушкой индуктивности, равная отношению полосы рабочих частот к центральной рабочей частоте, составляет примерно 20 %.

Литература

1. Титов А.А. Управление амплитудой мощных гармонических и импульсных сигналов // Электроника. НТБ. 2010. № 1. С. 78–83.
2. Воронина Ю.А., Добриков Д.С., Зеляков Ю.С., Титов А.А. Устройства управления амплитудой мощных гармонических сигналов // Научная сессия ТУСУР–2011: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф., Томск, 4–7 мая 2011 г. Томск: В-Спектр, 2011. Ч. 2. С. 317–320.
3. Титов А.А., Красько А.С. Использование транзисторов с закрытыми переходами для управления амплитудой мощных сигналов // Сб. статей одиннадцатой междунар. науч.-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности». Т. 4, г. Санкт-Петербург, Россия, 27–29 апреля 2011 года / Под ред. А.Л. Кудинова. СПб.: Изд-во политех. ун-та, 2011. С. 131–133.
4. Титов А.А., Жданов Д.А., Костылёва О.В. Методика проектирования устройств защиты полосовых усилителей мощности от перегрузок // Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. 2011. Вып. № 4. С. 32–40.
5. Пат. № 2240645 РФ, МПК Н 03 С 1/42. Амплитудный модулятор мощных сигналов / А.А. Титов, В.Н. Ильюшенко. Оpubл. 20.11.2004. Бюл. № 32.
6. Заявка на изобретение № 2011120669 РФ, МПК Н03С 1/40. Устройство управления амплитудой мощных гармонических сигналов / А.А. Титов, А.В. Семёнов, И.А. Акрестина. Приоритет от 20.05.2011.
7. Заявка на изобретение № 2012100221 РФ, МПК Н03С 1/40. Устройство управления амплитудой мощных периодических сигналов / А.А. Титов, А.В. Семёнов, М.Ю. Покровский. Приоритет от 10.01.2012.
8. Титов А.А. Регулировка и модуляция амплитуды мощных сигналов // Электро-связь. 2007. № 12. С. 46–48.
9. Заявка на изобретение № 2011126547 РФ, МПК Н03С 1/40. Устройство регулирования амплитуды мощных гармонических сигналов / А.А. Титов, А.В. Семёнов, А.В. Шанин. Приоритет от 28.06.2011.
10. Пат. № 2450419 РФ, МПК Н03С 1/40. Модулятор амплитуды мощных гармонических сигналов / А.А. Титов, А.В. Семенов, А.А. Шибельгут. Оpubл. 10.05.2012, Бюл. № 13.

ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

*Председатель секции – Пустынский Иван Николаевич, д.т.н.,
профессор, зав. каф. ТУ*

УДК 004.457

ИНСТРУМЕНТЫ НАСТРОЙКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

А.И. Балашов

Рассматривается текущая ситуация на рынке софта для настройки охранных систем видеонаблюдения. Ввиду отсутствия готовых решений, позволяющих настраивать охранные системы с функциями видеоаналитики, предлагается разработка собственных инструментов настройки. Рассмотрен пример настройки интеллектуальной охранной системы на реальной сцене с помощью предлагаемых инструментов настройки.

Ключевые слова: интеллектуальные охранные системы, ONVIF, PSIA.

В настоящее время на рынке охранного видеонаблюдения отмечается тенденция увеличения числа охранных систем, содержащих в своём составе подсистемы компьютерного зрения и блоки принятия решений. Условимся называть такие системы интеллектуальными охранными системами видеонаблюдения (ИОСВ). Информация, получаемая в результате обработки видеоданных математическими алгоритмами, позволяет строить логику работы всей охранной системы, меняя отношение к системам безопасности в целом и превращая их из простого подспорья охранной службы в решения, сосредоточивающие в себе новейшие достижения науки.

ИОСВ можно разбить по слоям: слой работы с оборудованием видеонаблюдения, слой детекторов, слой принятия решений. ИОСВ включают в себя множество детекторов, алгоритмов принятия решений [1]. Для каждого объекта видеонаблюдения, где устанавливается ИОСВ, необходимо производить тонкую настройку системы, а именно: настраивать связи между различными типами детекторов и блоками принятия решений, настраивать сами детекторы. Графическое представление архитектуры и связей между объектами настройки позволяет оператору наглядней воспринимать структуру и логику работы развертываемой ИОСВ. Все это требует инструментов графической настройки ИОСВ.

На данный момент средства графической настройки ИОСВ на рынке охранных систем отсутствуют. Производители охранных систем видеонаблюдения (ОСВ) и ИОСВ решают проблему настройки несколькими путями.

Во-первых, это использование собственного протокола управления оборудованием и компонентами ОСВ и ИОСВ. Но данный подход был актуален до введения отраслевых стандартов onvif и psia. Такой способ настройки ОСВ и ИОСВ за счет постоянного добавления совместимости с новым оборудованием приводит к разрастанию и усложнению ОСВ. Присутствие подсистем компьютерного

зрения и блоков принятия решений усугубляет проблему совместимости сред. Настройка такой ОСВ осуществляется через специализированный программный продукт, предназначенный для конкретной ОСВ.

Следующий подход – использование стандартизированного протокола управления оборудованием и компонентами ОСВ и ИОСВ [2]. С введением отраслевых стандартов *onvif* и *psia* стало возможным избавиться от компонентов, транслирующих протоколы управления, и стандартизовать подсистемы хранения, передачи, просмотра, экспорта, импорта данных, а также анализа сцены ИОСВ. Данный подход является ведущим. На рынке охранных систем уже появились программные продукты для настройки ИОСВ, построенные на реализующем стандарт *onvif* оборудовании.

В связи с отсутствием готовых решений для графической настройки ИОСВ удачной идеей является разработка комплекса для настройки ИОСВ, изображенного на рис. 1, состоящего из следующих программных компонент: графической среды, мнемоязыка и транслятора мнемоязыка.



Рис. 1. Программные компоненты комплекса для настройки ИОСВ

Мнемоязык необходим для настройки ИОСВ вне зависимости от того, на каком оборудовании она построена. Графическая среда необходима для отображения и настройки связей и параметров компонентов ИОСВ, а также для формирования документа, описывающего конфигурацию ИОСВ на мнемоязыке. Транслятор мнемоязыка служит для преобразования команд мнемоязыка в управляющие команды протоколов оборудования системы.

В будущем, в результате дальнейшей работы над этим решением, графическая среда будет построена на принципе распределения потоков данных. Примеры программных продуктов, реализующих данную идею: *Computer Vision System*

Toolbox от mathworks и библиотека gstreamer. Визуализация компонентов ИОСВ на таком уровне имеет следующие плюсы: абстракция от оборудования, единовременное отображение всей структуры настраиваемой ИОСВ.

Мнемоязыком выступит скриптовый язык ECMAScript, расширенный новыми встроенными типами и лексическими конструкциями.

Под компонентами в среде графической настройки ИОСВ понимаются объекты, обладающие определенным набором свойств и имеющие вход(ы) для приема или выход(ы) для передачи различных типов данных. Компоненты могут быть объектами реального мира, например: компонент камера, имеющий в себе параметры для настройки видеопотока и выход для передачи кадров. Компоненты могут быть детекторами, например: компонент детекции движущихся объектов, принимающих на вход кадр из видеопотока и выдающий метаинформацию об объекте.

Предполагается, что мнемоязык и его транслятор будут поддерживать набор стандартных компонент, которые представляется возможным транслировать в большинство протоколов настройки ИОСВ.

Рассмотрим настройку ИОСВ для конкретной сцены (рис. 2). Допустим, стоит задача подать сигнал тревоги, если пешеход пересек линию «VL pede» или машина пересекла линию «VL auto» с 22:00 до 9:00. Очевидно, что декомпозиция этой задачи приведет нас к следующим подзадачам:

- детекция движущихся объектов;
- классификация объектов на множестве «Пешеход», «Автомобиль»;
- сопровождение объектов;
- определение пересечения виртуальной линии.

Граф связи компонент для решения предложенной задачи показан на рис. 3.

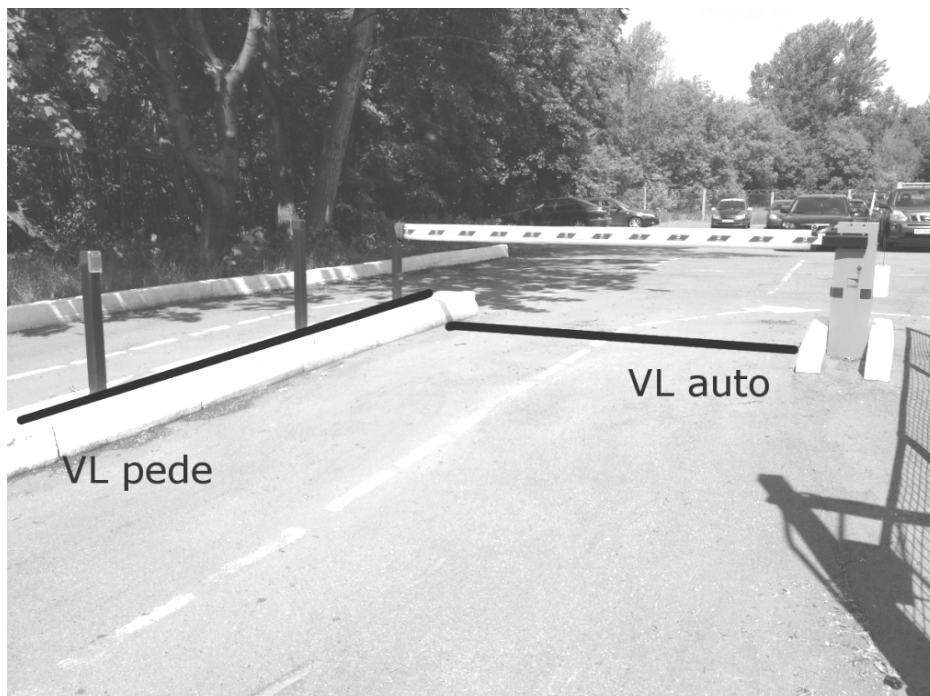


Рис. 2. Сцена

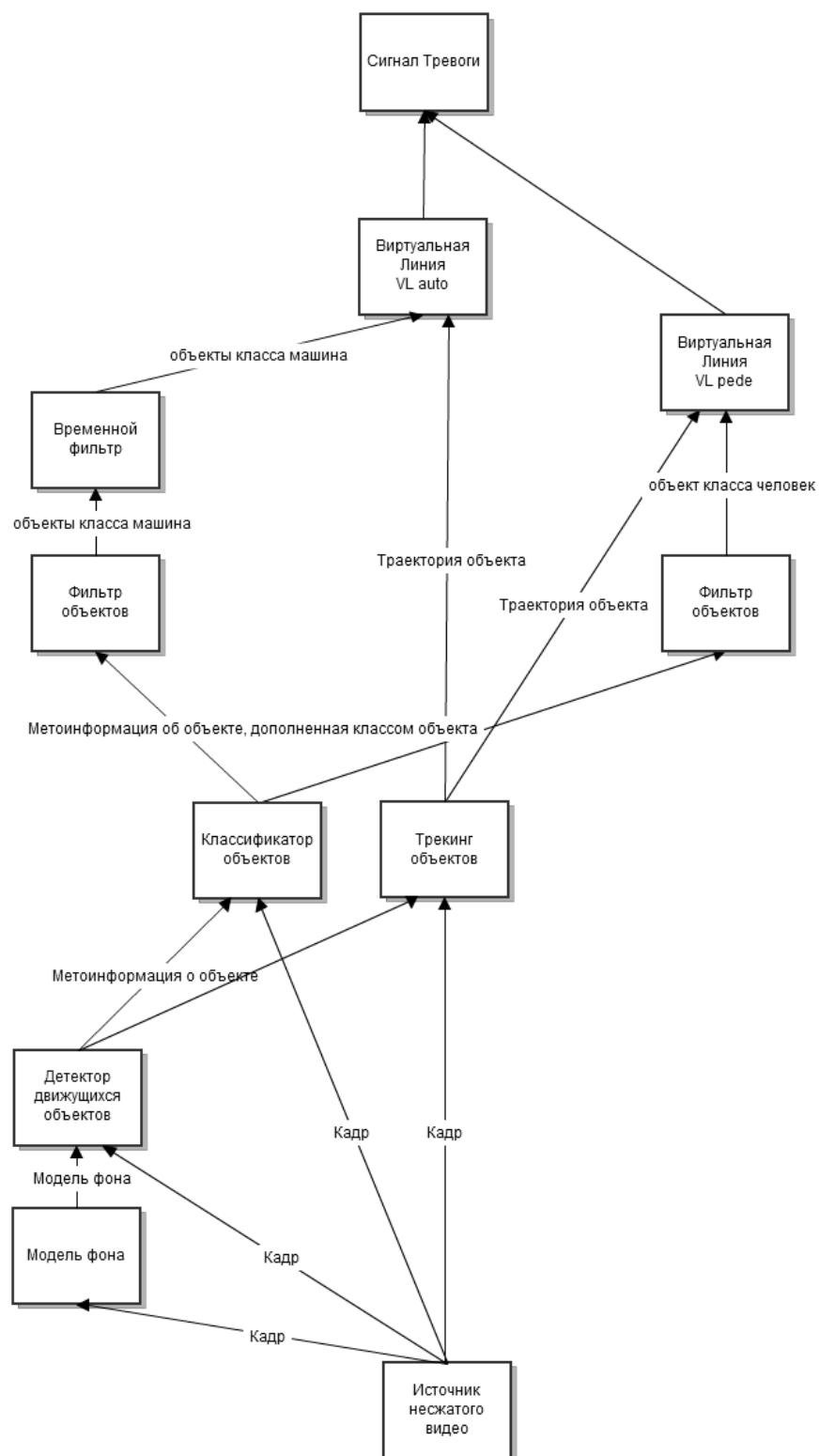


Рис. 3. Граф связки компонент

При построении графа используются следующие стандартные компоненты:

1. Источник видео – поставщик несжатых кадров видеопотока.
2. Модель фона – поставщик модели фона текущей сцены.
3. Детектор движущихся объектов – поставщик метаданных о движущихся объектах на сцене.
4. Классификатор объектов – классифицирует движущиеся объекты на множестве автомобиль-пешеход.
5. Трекинг объектов – предоставляет траекторию движущихся объектов на сцене.
6. Фильтр объектов – отсекает объекты по заданным критериям.
7. Временной фильтр – пропускает объекты только в случае, если текущее значение времени находится в допустимом временном диапазоне, который задается параметрически.
8. Виртуальная линия – сигнализирует, если траектория объекта пересекла линию, заданную в настройках компонента.
9. Сигнал тревоги – оповещает о выработке сигнала тревоги.

Компоненты «Фильтр объектов», «Временной фильтр», «Виртуальная линия» нуждаются в дополнительной настройке. Для конкретной сцены компоненты «Виртуальная линия» настраиваются исходя из желаемого положения виртуальной линии на сцене. Каждый из компонентов «Фильтр объектов» настраивается на пропускание объектов «Пешеход» и «Автомобиль» соответственно. Компонент «Временной фильтр» настраивается на пропускание объектов в интервале времени с 22:00 вечера до 9:00 утра следующего дня.

Полученный в среде графической настройки граф связи между компонентами описывается с помощью метаязыка и передается транслятору на исполнение.

Литература

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. 2004.
2. Weiya Lin. Video Surveillance. India, 2011.

УДК 621.397.4

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНЬЮНКТИВЫ ГЛАЗА

А.Н. Дементьев, И.Н. Пустынский, Н.И. Мищенко, И.В. Гальчук

Рассмотрены методы повышения качества изображений и точности измерения информативных параметров конъюнктивы. Разработаны модель и алгоритмы обработки изображения сосудистой сети конъюнктивы. Предложены методы формирования и измерения интегральных характеристик и параметров изображений бульбарной конъюнктивы и радужной оболочки глаза.

Ключевые слова: конъюнктивa, радужка, модель изображения, алгоритм, диагностика, идентификация.

В настоящее время обработка и анализ телевизионных изображений широко применяются при распознавании и идентификации личности по портретам и отпечаткам пальцев, при диагностике заболеваний по параметрам конъюнктивы или сетчатки глаза и другим биометрическим характеристикам человека. Методы

диагностики и идентификации по информативным параметрам и отличительным признакам изображений наружной оболочки глазного яблока – конъюнктиве и его внутренней оболочке – сетчатке обладают высокой производительностью, надёжностью и в отличие от других биометрических систем допускают полностью бесконтактную реализацию. Наружная оболочка глаза, богатая сосудами, пигментом и другими уникальными характеристиками, включает бульбарную конъюнктиву, состоящую из слизистой соединительнотканной основы, и радужку – переднюю часть оболочки в виде тонкой мембраны окружающей глазной зрачок [1]. Наиболее простым, доступным и физиологичным объектом для диагностики и идентификации является наружная поверхность глазного яблока – конъюнктив, выстилающая переднюю поверхность глазного яблока. Поэтому наиболее эффективным методом диагностики и идентификации можно считать определение биометрических характеристик изображения конъюнктивы и измерение ее параметров [2].

Низкое качество изображений глазного яблока, например при решении задач и проблем обеспечения безопасности и контроля доступа по радужной оболочке, связанное с необходимостью точного позиционирования глаза по отношению к регистрирующему устройству, приводит к относительно высоким ошибкам распознавания и увеличению времени идентификации личности. Искажение видеoinформации, обусловленное низким разрешением и контрастом изображения радужки, недостаточной освещённостью и необходимостью специальной подсветки глаза, также приводит к ухудшению достоверности иридодиагностики. Ухудшение точности измерения информативных параметров конъюнктивы в сложных условиях наблюдения не позволяет полностью реализовать преимущества диагностики заболеваний и идентификации личности, основанных на использовании индивидуальных, уникальных и неповторимых признаков и характеристик наружной оболочки глазного яблока.

В этой связи представляется важным решение задач и проблем разработки и создания новых методов и средств повышения качества изображений, точности измерения информативных параметров конъюнктивы на базе высокопроизводительных телевизионных камер, современных цифровых аппаратно-программных средств обработки видеoinформации и компьютерных технологий. Целью работы является повышение эффективности и достоверности диагностики и идентификации на основе обнаружения, анализа, выделения, измерения и контроля комплексных интегральных отличительных признаков и параметров бульбарной конъюнктивы и радужной оболочки глаза. Решение поставленных проблем можно считать актуальной задачей обеспечения безопасности и здоровья человека.

Методы обработки изображения конъюнктивы. Биометрия конъюнктивы глазного яблока, благодаря поверхностному расположению сосудов и их ориентации относительно изучаемой поверхности, позволяет детально оценить как состояние артериол, прекапилляров, капилляров, посткапилляров, венул, так и кровотоков в отдельных микроциркуляторных элементах сосудистой системы [3]. Микроциркуляторная система быстро реагирует на воздействие различных патологических факторов, поэтому нарушения микроциркуляции являются наиболее ранними и часто единственными проявлениями заболевания. Микроциркуляторное русло сосуда является местом, где реализуется транспортная функция сосудистой системы и осуществляется жизненно важный обмен между кровью и тканями, необходимый для обеспечения клеточного метаболизма во всех органах. К числу преимуществ конъюнктивальной биометрии относится доступность и дос-

таточно высокий контраст сосудистой сети на белом фоне склеры. Разработка алгоритмического и программного обеспечения для обработки изображений конъюнктивы, методов оценки состояния микроциркуляторного русла, формирования и измерения параметров сосудистой сети и хранения полученной видеоинформации позволит выполнить диагностику заболеваний и создать базу данных, позволяющих наблюдать за больными в динамике.

Одним из первых методов обработки изображений может являться фильтрация сигналов изображения конъюнктивы. На этапе цифровой обработки изображений может применяться фильтрация нижних частот сигналов или операция свертки, целью которой является сглаживание, уменьшение высоких частот или наиболее ярких и интенсивных деталей изображения и помех. Фильтрация верхних частот может устранять области изображения конъюнктивы, содержащие мало деталей, и применяется для выделения контуров и повышения резкости изображений сосудистой сети. Применение разностных фильтров при обработке изображений позволяет разделить сосудистую сеть конъюнктивы на отдельные участки или сосуды и границы между ними. На изображении сосудистой сети границы между компонентами или сосудами бульбарной конъюнктивы и фоном можно охарактеризовать тремя типами распределений значений элементов изображения [3]. Край – область перехода от участков изображения с высокими значениями к участкам с низкими значениями и наоборот. Полоса – весь участок определенной ширины, значения которого почти постоянны и выше или ниже значений фона. Линия – частный случай удлиненной полосы, очень узкой в одном направлении, до минимально возможной величины, равной одному элементу изображения. Для формирования изображения сосудистой сети необходимо выделить полосы, являющиеся сосудами, по возможности сохранив их ширину. Наилучшие результаты в данном случае дает использование разностных фильтров второго порядка. В зависимости от подбора параметров такие фильтры позволяют преобразовать изображения сосудов в полосу, в линию или в две линии, подавив при этом другие компоненты изображения конъюнктивы. Можно использовать алгоритм выделения края полосы в линию, выделения центра полосы в одну линию или в две линии по краям полосы с последующим утончением полученных видеоданных.

Для получения информативных признаков в первую очередь необходимо измерять такие параметры, как контраст, ширина и форма сосудов. Поэтому при предварительной обработке изображения конъюнктивы глаза подбираются такие алгоритмы обработки, которые позволят получить наименьшие искажения ширины и формы при наибольшем усилении амплитуды. Добиться этого можно, оперируя параметрами разностного фильтра второго порядка, за основной параметр которого принимается ширина сосуда, которая находится на уровне, равном половине максимальной амплитуды. Подбираются такие параметры разностного фильтра, которые могли удовлетворительно выделять сосуды конъюнктивы: капилляры шириной в среднем три элемента изображения, вены шириной в пять элементов и артериолы шириной в восемь элементов [4]. Для выделения параметров сосудистой сети обработка изображения разностными фильтрами проводится в несколько этапов. На первом этапе исходное изображение конъюнктивы обрабатывается фильтром, выделяющим вертикальные полосы. На втором этапе исходное изображение обрабатывается фильтром, выделяющим горизонтальные полосы. На третьем этапе оба выделенные изображения поэлементно суммируются и в результате получают видеоданные, необходимые для дальнейшего

определения комплексных информативных параметров и признаков бульбарной конъюнктивы и радужки.

Модель и алгоритм обработки изображения конъюнктивы. Разработка и создание алгоритмического и программного обеспечения для автоматической обработки и измерения параметров телевизионных видеоизображений глаза позволяет оценить состояние и изменение сосудистой сети конъюнктивы, нарушение микроциркуляции сосудов, эффективность медикаментозного и хирургического вмешательств, повысить достоверность и оперативность идентификации личности и иридодиагностики заболеваний. Для обработки изображений и измерения параметров сосудистой сети глазного яблока разработана модель изображения конъюнктивы, которая представляет собой изображение контурных линий различной ориентации и ширины с размытыми краями и плоской вершиной. При разработке математической модели изображения сосудистой сети использованы результаты, полученные при создании алгоритмов обработки изображений и определения параметров объектов телевизионных измерительных систем [4]. Моделирование изображения конъюнктивы и радужки позволяет учесть особенности, присущие изображению сосудистой сети, оценить работоспособность создаваемых алгоритмов и методов обработки видеоизображений, дает возможность снижения трудоемкости анализа сосудов при оценке состояния микроциркуляции.

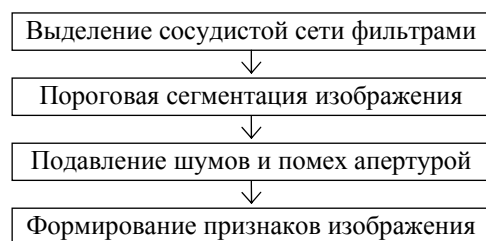


Рис. 1. Алгоритм обработки изображения бульбарной конъюнктивы

В настоящее время синтезирован алгоритм обработки бульбарной конъюнктивы, представленный на рис. 1. Алгоритм обработки изображения конъюнктивы, включает в себя этапы выделения сосудистой сети разностными фильтрами второго порядка, сегментации изображения на сосудистую сеть и фон решающими пороговыми устройствами и классификации элементов по яркости, подавляющей шум и преобразующей полутоновое изображение в бинарное.

Для разделения изображения конъюнктивы на фон и сосудистую сеть разработан и реализован алгоритм сегментации по глобальному, локальному или адаптивному пороговому уровню. Порог может выбираться оператором в интерактивном режиме или автоматически в зависимости от площади сосудов и характеристик обрабатываемого изображения. После сегментации устраняются шумы и помехи в виде тонких линий, пятен и других малоразмерных или точечных объектов размером в один элемент разложения, присутствующих на изображении помимо сосудистой сети. Для подавления шумов и помех вводится обработка изображения малоразмерной апертурой по правилу большинства и отношения соседства нескольких элементов, исключая центральный элемент [3]. Применение такого алгоритма обработки позволяет устранить отдельные небольшие детали изображения или помехи в виде точечных объектов, не изменяя при этом ширину сосудов. После сегментации выполняется бинаризация, формирование признаков и измерение параметров изображения конъюнктивы. Для уменьшения помех и ошибок измерения параметров может применяться метод разбиения исходного изображения на области, в каждой из которых используется свое локальное значение порога, зависящее от среднего значения яркости изображения и уровня видеосигнала для каждой подобласти разбиения [2]. Поскольку порог зависит от

характеристик области анализа, то такой метод фильтрации является адаптивным.

Формирование признаков и измерение параметров изображения конъюнктивы. Для формирования и выделения отличительных признаков изображения конъюнктивы, необходимых для анализа и измерения параметров сосудистой сети и других объектов интереса, может использоваться метод адаптивного сканирования. Алгоритм формирования признаков сосудов состоит из нескольких этапов [4]. Начало сосуда обнаруживается с помощью выбранной исходной апертуры, превышающей ширину сосуда. Решение о начале сосуда принимается, если сумма элементов изображения сосуда превышает выбранную пороговую величину. После обнаружения начала сосуда определяется его направление. Для этого в апертуре строится четыре проекции изображения сосуда на вертикальную, горизонтальную и две диагональные оси. Элементы изображения, полученные по вертикальной, горизонтальной и диагональной проекциям, суммируются и сравниваются с величинами, по которым определяется направление сосуда. Если в результате не выполнилось ни одно из неравенств, то для выбора направления апертура увеличивается на один элемент и процедура определения направления повторяется. При выборе горизонтального или вертикального направления размер апертуры изменяется по направлению движения и устанавливается максимальным. Второй размер апертуры может устанавливаться по ширине сосуда таким образом, чтобы изображение сосуда полностью попадало в апертуру по ширине и уменьшалось в случае сужения сосуда. Для диагонального направления апертура должна быть квадратной. При этом ее размеры также подстраиваются в соответствии с шириной сосуда по диагональной проекции. После выбора направления движения и размеров апертуры определяется ширина сосуда. В зависимости от направления для вертикальных участков ширина сосуда измеряется по верхней или нижней строке апертуры, для горизонтальных – по левому или правому столбцу, для диагональных участков – по центральной диагонали. После измерения ширины сосуда апертура сдвигается на один элемент изображения в направлении движения. Элементы сосуда, входившие в апертуру в исходном положении и оставшиеся вне ее после сдвига, могут заменяться новыми амплитудными значениями или раскрашиваться для визуального наблюдения. После сдвига вновь уточняются размеры апертуры, положение сосуда относительно апертуры и соответствие заданному направлению движения. Если условие соответствия направлению не выполняется, определяется новое направление движения на один элемент по четырем проекциям. Во время движения по сосуду ведется контроль размеров апертуры и площади сосуда. Если площадь сосуда занимает менее половины площади апертуры, то принимается решение о недопустимо больших изменениях в смещении апертуры. Если апертура и площадь сосуда достигли минимально допустимый размер, принимается решение о конце сосуда. Элементы, входящие в последнее положение апертуры считаются концом сосуда, заменяются новыми или раскрашиваются и программа переходит к обнаружению следующего сосуда. В зависимости от установленного режима работы программа обработки изображения конъюнктивы может обратиться за подсказкой или сразу раскрасить часть изображения сосуда, входящего в апертуру, как аномалию, и перейти к обнаружению нового сосуда. В интерактивном режиме при обращении за подсказкой часть изображения, входящая в апертуру, может выводиться на экран. По виду изображения эта часть определяется и отмечается как аномалия, если это ветвление сосудов, выбухание, отек, разрыв, истончение сосуда, просвет

в сосуде, и принимается решение о продолжении движения по сосуду или переходе к обнаружению следующего сосуда. Если при определении направления сосуда или величины апертуры ее размеры превысили максимально заданные, также принимается решение об аномалии. В результате адаптивного сканирования изображение конъюнктивы разделяется или раскрашивается на сосуды, аномалии, концы сосудов и фон. Кроме того, определяется количество сосудов, измеряются длина, ширина, площадь сосудов, форма и направление каждого из них. Для каждого из сосудов запоминаются массивы текущих видеоданных, которые в качестве отличительных признаков и информативных параметров изображений конъюнктивы могут использоваться для дальнейшего анализа видеoinформации.

Основным методом формирования отличительных признаков изображения радужной оболочки является выделение информации о текстуре и рисунках радужки и сохранение полученной информации в виде специального кода, который может использоваться в качестве эталона биометрических характеристик глаза. Алгоритм обработки изображения радужки, как и при обработке бульбарной конъюнктивы, включает в себя этапы выделения и сегментации рисунков радужной оболочки глаза по зонам и секторам, классификацию элементов радужки по яркости и преобразование полутонового изображения в бинарное. Предварительно улучшается качество изображения радужки, производится гауссова или медианная фильтрация, уменьшающая уровень шумов, выполняется выравнивание гистограммы и нормализация изображения. Для составления кода может применяться свертка изображения двухмерным фильтром на окрестность рисунков или информативных знаков структуры радужки, состоящей из нервов, сосудов, мышечных волокон и пигментов [5]. Значение каждого элемента рисунка в точке, соответствующей координатам маски фильтра, сравнивается с выбранным локальным или глобальным порогом. Полученные в результате сравнения бинарные значения элементов записываются в матрицу кодов. Массивы текущих видеоданных матрицы кодов сохраняются в памяти системы диагностики и идентификации в виде эталонного образа контрольных значений биометрических характеристик и параметров радужной оболочки глаза. В режиме распознавания выполняется сравнение предъявляемого кода со всеми находящимися в памяти системы эталонными образами, а в режиме проверки – сравнение эталонного образа, хранящегося в памяти с предъявленным кодом.

Видеоданные изображений сосудистой сети бульбарной конъюнктивы и рисунков радужки анализируются и используются в качестве комплексных информативных параметров и интегральных отличительных признаков для диагностики заболеваний или идентификации личности. Предъявляемые коды базы данных можно сохранять в виде файлов, сравнивать при диагностике заболеваний с эталонными кодами других изображений глазного яблока для контроля и оценки изменения характеристик и параметров конъюнктивы в динамике. Для визуального наблюдения изображение наружной поверхности глазного яблока разбивается на отдельные составляющие элементы сосудистой сети бульбарной конъюнктивы и рисунков радужки, отмечается разными цветами и вместе с результатами сравнения с эталонными образами поступает на управляющий компьютер.

Заключение. Предлагаемые методы и алгоритмы обработки изображения конъюнктивы позволяют снизить трудоемкость анализа и оценки состояния наружной оболочки глаза, уменьшить время идентификации и диагностики и выполнить их в реальном режиме времени.

Аппаратно-программные средства формирования отличительных признаков конъюнктивы позволяют не только создать базу данных для хранения интегральных биометрических характеристик сосудов бульбарной конъюнктивы и рисунка радужки, но и контролировать их изменения в динамике.

Преимуществами предлагаемых методов и средств идентификации и диагностики являются не только оперативность, доступность определения комплексных биометрических характеристик конъюнктивы, но и использование наименее безболезненных и безвредных способов получения интегральной информации о состоянии как глаза, так и всего организма.

Интегральные методы и средства обработки изображения конъюнктивы и формирования видеоданных, обладающие повышенной производительностью и точностью измерения комплексных биометрических характеристик, могут увеличить эффективность и достоверность диагностики заболеваний и идентификации личности человека.

Литература

1. Вельховер Е.С. Клиническая иридология. М.: Орбита, 1992. 432 с.
2. Дементьев А.Н., Латышев А.Ю., Мищенко Н.И., Пустынский И.Н. Методы определения параметров радужной оболочки и конъюнктивы глаза для ириодиагностики и идентификации личности человека // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Томск: САН ВШ; В-Спектр, 2011. № 2 (24). Ч. 1. С. 118–121.
3. Дементьев А.Н., Дементьева Г.В. Обработка и анализ изображений микроциркуляторного русла бульбарной конъюнктивы // Компьютерные науки и технологии: сб. тр. Второй Междунар. науч.-техн. конф. Белгород: ООО «Гик», 2011. С. 557–561.
4. Дементьев А.Н., Дементьева Г.В. Определение параметров микроциркуляторного русла с помощью телевизионно-вычислительных средств // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 2011. № 19 (114), вып. 20/1.
5. Сайфуллина Ф.Р. Микроциркуляция в норме и при патологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://altermed2004.ru/32010.html>, свободный (дата обращения: 14.09.2012).

УДК 004.421.2

МЕТОДЫ МНОГОМЕРНОЙ ИНДЕКСАЦИИ В ЗАДАЧАХ ОРГАНИЗАЦИИ БЫСТРОГО ПОИСКА ПО ВИДЕОАРХИВУ

А.В. Егоров

Раскрываются проблемы, связанные с анализом видеоархивов. Рассмотрены наиболее популярные и эффективные методы многомерной индексации видеоаналитических данных в задачах организации быстрого поиска по видеоархиву. Показаны принцип работы, плюсы и минусы каждого метода. Определены наиболее важные критерии для оценки методов.

Ключевые слова: многомерная индексация, поиск видеоданных, семантический разрыв.

Развитие средств кодирования, передачи, хранения и отображения видеoinформации привело к быстрому росту числа видеопотоков, поступающих от регистрирующих устройств. Традиционно вся работа по оценке ситуации на контролируемой территории отводится оператору-наблюдателю, визуально оцениваю-

щему поступающую видеоинформацию. Это физически и психологически сложная работа, требующая постоянной сосредоточенности на однообразной информации и как следствие приводящая к быстрой утомляемости и снижению качества анализа. Также в силу физиологических свойств человека существует ограничение на количество, воспринимаемых одним оператором видеоизображений, также ограничено время концентрации на них.

Создание и внедрение технологий компьютерного анализа, выполняющих часть функций оператора, позволит преодолеть приведенные выше сложности и существенно расширить круг решаемых задач [1].

Одной из важных задач при анализе записей видеоархива является поиск нужного фрагмента. Критерии поиска могут быть самыми разными, в том числе основанными на содержимом.

Имея видеофрагмент, человеку для его анализа пришлось бы потратить соизмеримое с длительностью этого фрагмента количество времени. Однако большую часть этой работы можно сократить применением автоматизированных алгоритмов обработки и анализа видеоинформации. Впоследствии, используя полученные данные (индексы) человеком или специальным поисковым алгоритмом можно упростить и саму задачу поиска.

Видеоданные очень сложны по своей природе, и их анализ требует большой вычислительной мощности. При анализе мультимедиа данных не образуются высокоуровневые концепции. Это приводит к так называемому «семантическому разрыву» [2], который рассматривается как основная проблема в задачах поиска мультимедиа данных [3].

При индексации видеоданные предварительно анализируются для выделения характеристик, по которым в дальнейшем будет производиться поиск.

В зависимости от алгоритмов характеристики мультимедиа объектов могут иметь разную форму представления (дескриптор). Низкоуровневые дескрипторы обычно представляют собой векторные данные. Дескриптор цвета, например, состоит из RGB-кортежа (красный, зеленый, синий). Дескриптор цветовых гистограмм – вектор из 128 или 256 элементов. Весь набор дескрипторов можно рассматривать как векторное пространство, также именуемое пространством характеристик, которое может иметь сотни или тысячи измерений. Индексируемые объекты представляются точками в многомерном векторном пространстве, а подобие между ними оценивается как расстояние в векторном пространстве. Для осуществления поиска наиболее похожего объекта на запрашиваемый (точка в векторном пространстве, сформированная пользовательским запросом) необходимо перебрать все имеющиеся в базе данных объекты и сравнить их. Такой наивный подход является проблемой, называемой «проклятие размерности», так как с ростом размерности векторного пространства эта задача оказывается слишком требовательной к вычислительным ресурсам.

Так как важность поиска в многомерном пространстве со временем растет, в последние годы были предложены разнообразные методы индексации. Несмотря на их многообразие, все эти методы основаны на одной идее – избегать обработки как можно большего числа объектов, группируя их по каким-либо общим характеристикам.

Рассмотрим наиболее популярные методы индексации.

Методы разбиения пространства основаны на древовидной структуре данных с двумя типами узлов: узлы данных (листья) и направляющие узлы. Разбиение пространства осуществляется по каждому отдельному измерению, основыва-

ясь на соответствующем значении вектора. Направляющие узлы описывают подпространства, разбиение на которые можно выполнить с помощью различных алгоритмов: R-дерево, R*-дерево, X-дерево, SS-дерево, SR-дерево, TV-дерево, BBD-дерево, kDB-дерево, SH-дерево и др.

Наиболее типичный алгоритм, основанный на разбиении пространства, R-дерево, изображен на рис. 1. Слева изображены ограничивающие точки пространства, прямоугольники. Древоидная структура, составленная из ограничивающих прямоугольников, изображена справа.

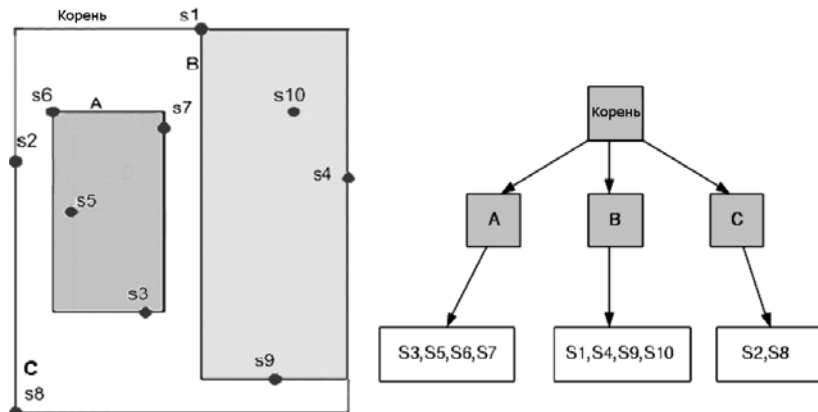


Рис. 1. Пример R-дерева для 10 точек

Узлы дерева содержат информацию о данных, которые она покрывает – крайние границы координат дочерних точек. Соответственно при увеличении размерности индексируемых данных размер индекса будет расти экспоненциально. Еще одна проблема данного подхода заключается в том, что границы узлов, находящихся на одном уровне, могут пересекаться. Это приводит к увеличению времени доступа к данным, так как требуется обрабатывать большее количество ветвей, чем необходимо.

Методы дистанционного доступа очень похожи на методы пространственного доступа, но оперируют не абсолютными значениями векторов, а относительными, т.е. дистанциями между точками пространства. Существует две основных стратегии разбиения пространства: разбиение шарами и разбиение гиперплоскостями.

Пример работы M-дерева при наборе данных из 10 объектов изображен на рис. 2. Объекты хранятся в конечных вершинах дерева, в то время как промежуточные узлы, также называемые маршрутизирующими объектами, хранят указатели на дочерние узлы и их радиусы покрытия.

Данный метод оказывается достаточно эффективным при высокой размерности индексируемых данных, в отличие от методов пространственного доступа. Основное достоинство заключается в том, что такая трудоемкая операция, как расчет расстояний, осуществляется на этапе формирования индекса, а не во время поиска.

Метод отображения многомерного пространства в одномерное основан на отображении значений точек многомерного пространства на значения одномерного. Для хранения данных одномерного пространства используют такие эффективные методы, как B-дерево. Для отображения используются так называемые кривые заполнения пространства (рис. 3). Каждый список объектов, попавших в одну точку одномерного пространства, хранится в отдельном B-дереве.

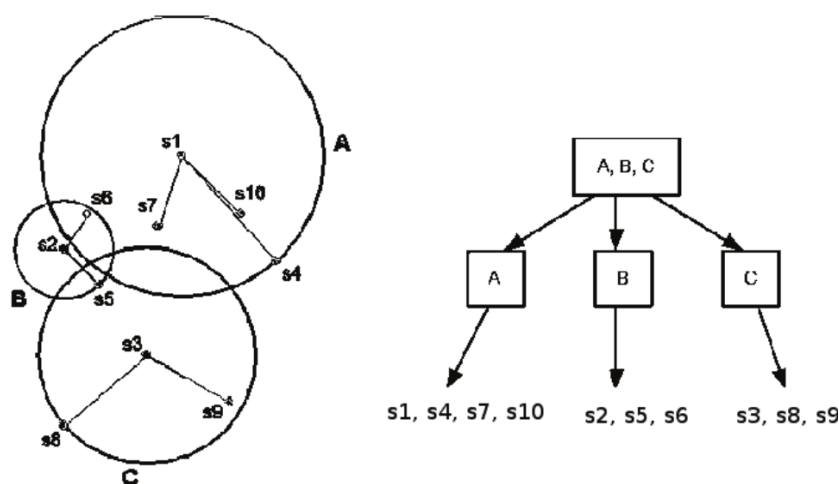


Рис. 2. Пример М-дерева на 10 точках

Метод декомпозиции данных рассматривает каждое измерение как отдельный список значений. Данные объекта по каждому измерению хранятся в отдельных таблицах базы данных. Поиск по такой структуре данных осуществляется в несколько итераций. На каждом шаге алгоритм рассчитывает дистанцию между запросом и объектами, используя только часть измерений. На следующем шаге исключаются из рассмотрения те объекты, которые уже точно не окажутся в результате. Таким образом, резко уменьшается набор объектов, требующих обработки при поиске.

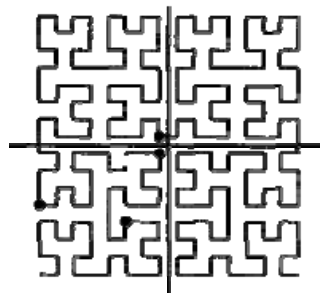


Рис. 3. Пример кривой заполнения пространства для двумерного случая

Было обнаружено, что при использовании методов пространственного разбиения и методов дистанционного доступа неизбежен перебор большого числа объектов при размерности индексируемых выше данных. **Методы аппроксимации данных** были основаны с учетом этой особенности, и их целью является максимальное удешевление операции перебора и сравнения объектов путем их аппроксимации. То есть для каждого индексируемого объекта необходимо создать его копию в упрощенном (аппроксимированном) виде.

Основная идея **метода битовых матриц** заключается в формировании набора таких битовых матриц, побитовые логические операции над которыми давали бы возможность просеивать исходный набор объектов при поиске.

Каждое измерение разбивается на диапазоны. Для каждого измерения составляется матрица с количеством строк и столбцов, равным количеству объектов и диапазонов всех измерений соответственно. Значения битов устанавливаются в 1 для тех ячеек, которые соответствуют интервалам значений, в которых располагается значение объекта в соответствующем интервале измерения. В результате в процессе поиска считается побитовая операция «И» битовой матрицы, соответствующей запросу, и каждой матрицы объектов. Далее только для тех

объектов, сумма битов которых превышает некий установленный порог, рассчитывается точное расстояние относительно запроса.

Данный подход позволяет выполнять все необходимые операции с индексом: добавление, обновление, удаление, запрос множества объектов.

Существует множество различных методов индексации многомерных данных. Однако для того, чтобы работать со всем многообразием дескрипторов характеристик и моделей подобия мультимедиа объектов, техники многомерной индексации должны быть способны предоставлять доступ к отдельным измерениям, легко работать с добавлением как новых объектов, так и новых измерений. Также важным требованием является гибкость механизма ранжирования.

Литература

1. Байгарова Н.С., Бухштаб Ю.А., Евтеева Н.Н., Корягин Д.А. Некоторые подходы к организации содержательного поиска изображений и видеоинформации / Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН. URL: http://www.keldysh.ru/papers/2002/prep78/prep2002_78.html
2. Catalin Calistru, Cristina Ribeiro, Gabriel David. High-Dimensional Indexing for Video Retrieval, Multimedia. A Multidisciplinary Approach to Complex Issues, Portugal, 2012.
3. Hui Ding, Wei Pan, Yong Guan. Video Analysis and Indexing. Digital Video, 2010.

УДК 621.397.13

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТРАНСЛЯЦИИ ТВ- И РВ-ПРОГРАММ РЕГИОНАЛЬНОГО РАДИОТЕЛЕВИЗИОННОГО ПЕРЕДАЮЩЕГО ЦЕНТРА

А.Н. Иванов, В.В. Сорокин

Рассматривается опыт создания системы контроля трансляции телевизионных и радиопрограмм в филиале РТРС. Данная система объединяет средства контроля вещательного оборудования, анализа спектров и цифровых транспортных потоков, полиэкранного отображения ТВ- и РВ-сигналов, сбора информации о нарушениях и аварийных событиях в базе данных.

Ключевые слова: система полиэкранного мониторинга, телерадиовещание, контроль качества вещания.

В рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2015 годы» [1] филиалам ФГУП «РТРС» необходимо обеспечить бесперебойную и качественную трансляцию ТВ- и РВ-программ на всей территории обслуживания. Для этого в сети телерадиовещания каждого филиала ФГУП «РТРС» должна быть обеспечена возможность контроля трансляции ТВ- и РВ-программ как в существующем аналоговом, так и в новом цифровом формате. Существующие способы контроля трансляции ТВ- и РВ-программ с помощью видеоконтрольных устройств (ВКУ) или телевизоров имеют ряд недостатков:

- Затруднён поэтапный контроль прохождения сигналов ТВ- и РВ-программ через оборудование подсистем коммутации, резервирования, распределения, модификации для вставки рекламных блоков и местных видеосюжетов, так как для

каждой контрольной точки необходимы отдельное ВКУ и дополнительная система коммутации сигналов на входе контрольного устройства.

- Оперативный контроль звукового сопровождения всех ТВ-программ и аудиосигналов РВ-программ требует установки дополнительных контрольных устройств индикации уровня аудиосигнала.

- Отсутствует возможность оперативного контроля служебных сигналов и метаданных (например, Teletext), передаваемых в кадровом гасящем импульсе (VBI) видеосигнала.

- Отсутствует возможность точного учёта кратковременных нарушений вещания, таких как «чёрный экран», «замораживание» и «блочность» изображения; «замирание» или «икание» звукового сопровождения.

- Отсутствует возможность автоматической фиксации нарушений вещания ТВ- и РВ-программ. Нет возможности автоматического сбора и сопоставления нарушений вещания программ с отклонениями параметров и отказами оборудования.

Указанные недостатки, не позволяющие в полном объёме контролировать трансляцию ТВ- и РВ-программ в аналоговом формате вещания и трансляцию цифровых потоков DVB-T2 или DVB-S2. Полноценный контроль DVB-T2- или DVB-S2-трансляции подразумевает поэтапный анализ TR 101290 транспортных потоков [2] во всех контрольных точках цифрового тракта, где производятся процессы дескремблирования, декодирования, T2-MI-инкапсуляции, кодирования, мультиплексирования, сплайсинга DVB-ASI- или MPEGoIP-сигналов.

Система контроля трансляции ТВ- и РВ-программ «Красноярского КРТПЦ». Для обеспечения контроля трансляции ТВ- и РВ-программ на ретрансляторах «Красноярского КРТПЦ» в 2010 г. начались работы по созданию распределённой системы на базе серверов полиэкранного мониторинга MultiScreen отечественной компании «Stream Labs» [3]. Система должна обеспечить контроль выполнения следующих технологических процессов на объектах связи «Красноярского КРТПЦ»:

- Приём DVB-S/DVB-S2-сигналов, дескремблирование и декодирование цифровых транспортных потоков DVB-TS.

- Передача DVB-ASI- и SDI-сигналов через цифровые распределительные сети ВОЛС.

- Модификация сигналов ТВ- и РВ-программ, вставка рекламных блоков, вставка сигналов оповещения ГО и ЧС.

- Резервирование источников сигнала, усиление и распределение сигналов.

- Эфирная и спутниковая DVB-S-трансляция сигналов.

Ключевой особенностью системы контроля трансляции ТВ- и РВ-программ «Красноярского КРТПЦ» является её распределённая структура (рис. 1). Система состоит из серверов полиэкранного мониторинга MultiScreen и рабочих станций дежурной смены, размещённых на объектах связи подразделений; регионального SQL-сервера, расположенного в административном здании, и разветвлённой корпоративной сети на основе VPN-технологии.

Каждый сервер MultiScreen способен выполнять следующие задачи мониторинга [4]:

- Воспроизведение изображений, индикаторов, триггеров с информацией о контролируемых ТВ- и РВ-сигналах на широких ЖК-панелях. В окнах воспроизводятся видеосигналы, уровни звукового сопровождения отображаются на инди-

каторах (есть возможность прослушивания), триггеры отображаются в виде мигающих рамок с названием нарушений.

Обнаружение различных нарушений вещания ТВ- и РВ-программ:

- пропадание видео-, аудиосигналов на входе «Video Loss»/«Audio Loss»;
- замирание «Audio signal level: Silence» или превышение предельно допустимого уровня «Audio signal level: Overload» аудиосигнала;
- «замораживание» видеосигнала «Frozen video», длительное неподвижное изображение;
- отображение «черного» кадра «Black frame»;
- отсутствие сигнала синхронизации «Sync Loss» в цифровом транспортном потоке DVB-ASI;
- нарушен порядок следования пакетов «TR-290 continuity counter error»;
- отсутствует синхробайт «TR-290 sync byte error»;
- нарушена периодичность следования PCR-меток «TR-290 PCR discontinuity indicator error»;
- длительное отсутствие пакетов «TR-290 transport error» транспортного потока DVB-ASI;

При обнаружении нарушения вещания система выделяет мигающей рамкой соответствующее окно видеоизображения или индикатор звука, отображает на ней название нарушения. Одновременно в SQL-сервере регистрируется следующая сопутствующая информация: дата, время нарушения, продолжительность нарушения, тип нарушения, наименование входа и имя сервера.

• Сбор и передача информации о нарушениях вещания в региональном SQL-сервере. В данном SQL-сервере информация о нарушениях систематизируется и в обработанном виде передаётся на рабочие станции дежурных смен, на рабочие станции Службы оперативного контроля и управления «Красноярского КРТПЦ».

• Дистанционная настройка интерфейса программы мониторинга, активация триггеров для обнаружения нарушений, выбор режима и продолжительности контроля трансляции программ.

Сервер полиэкранного мониторинга MultiScreen имеет следующую типовую структуру (рис. 1):

- серверная платформа;
- платы ввода аналоговых видео- и аудиосигналов;
- плата ввода цифровых SDI- и DVB-ASI-сигналов;
- сетевой адаптер для подключения к корпоративной сети;
- видеоадаптер с HDMI-выходами, способный формировать Full HD-изображения с разрешением 1920×1080 на двух и более ЖК-панелях.

Для контроля аналоговых видео- и аудиосигналов в серверах MultiScreen применяются платы ввода FS16 или FX416, которые позволяют вводить 4 или 16 телевизионных сигналов соответственно (4 видео-, 8 аудиосигналов для FS16 и 16 видео-, 32 аудиосигналов для FX416). Для получения видео- и аудиосигналов с контрольных точек в тракте каждого ТВ- и РВ-ретранслятора используются усилители-распределители и преобразователи формата сигналов (см. рис. 1). При этом один из выходов усилителя-распределителя подключается к входу платы ввода аналоговых видео- и аудиосигналов FX416. Преобразователи формата используются для согласования балансных выходов источников аудиосигналов с небалансным входом платы FX416.

Для контроля цифровых SDI- и DVB-ASI-потоков в серверах MultiScreen применяется плата MS-4, которая позволяет вводить до 4 цифровых сигналов SDI- и DVB-ASI в различной комбинации. Плата MS-4 имеет следующие особенности:

- 4 входных BNC-разъема с индивидуальной LED-индикацией состояния входа;
- раздельное управление режимом каждого входа: DVB-ASI, SD-SDI или CVBS;
- декодирование и захват вложенных аудиосигналов во всех группах SDI;
- компенсация частотных искажений кабеля и автоматическая инверсия ASI;
- аппаратный расчёт информационной скорости потоков;
- вход ASI полностью соответствует спецификации EN50083-9 для скоростей до 214 Мбит/с;
- вход SDI полностью соответствует спецификации SMPTE 259M для скоростей до 270 Мбит/с;
- плата подключается через шину PCI Express×1.

Мониторинг эфирной трансляции ТВ- и РВ-программ осуществляется с помощью эфирных приёмных антенн и специальных автономных приёмников (см. рис. 1):

- автономные приёмники Behold TV Solo II, производства компании Beholder International Ltd. обеспечивают демодуляцию сигналов ТВ, УКВ-ЧМ (диапазон частот OIRT 65,9–74 МГц), УКВ-FM (диапазон частот CCRT 87,5–108 МГц);
- автономные приёмники WinFast TV Pro 1680 производства компании Leadtek Research Inc. обеспечивают демодуляцию только телевизионных сигналов.

Для обеспечения автоматического контроля параметров технических средств вещания планируется использовать коммутатор удалённого доступа УД-030 производства ООО «ОКБ Альфа». Данное устройство обеспечивает независимый сбор данных по протоколу SNMP о техническом состоянии приемного и передающего оборудования. Кроме этого, коммутатор УД-030 способен самостоятельно контролировать спектр, мощность падающего и отражённого сигнала на выходах передатчиков. Для этого на выходах ТВ- и РВ-передатчиков устанавливаются направленные ответвители, сигналы с выходов $P_{\text{пад}}$ и $P_{\text{отр}}$ направленных ответвителей подаются через сумматоры на демодуляторы падающего и отражённого сигналов УД-030.

Для контроля спектров приемо-передающей станции «Сигнал-37» (см. рис. 1) в Центре спутниковой связи «Красноярского КРТПЦ» используется программный анализатор спектра Satis AF-04 с коммутатором ВЧ-сигналов PR-03 производства ЗАО «Сатис-ТЛ-94». Анализатор Satis AF-04 позволяет автоматически контролировать ширину спектра и уровень сигнала спутниковых каналов связи.

Серверы полиэкранного мониторинга MultiScreen объединены с корпоративной сетью «Красноярского КРТПЦ», построенной на основе VPN-технологии. Сбор и систематизацию информации о нарушениях вещания в системе контроля трансляции ТВ- и РВ-программ осуществляет специальная база данных Stream MultiScreen v4, установленная на региональном SQL-сервере. База данных Stream MultiScreen v4 обеспечивает:

- сбор информации о нарушениях вещания со всех серверов MultiScreen;
- систематизацию и компактное хранение информации о нарушениях вещания;
- формирование отчетов о нарушениях вещания ТВ- и РВ-программ;
- дистанционное управление режимом отображения информации на удалённых серверах полиэкранного мониторинга MultiScreen;
- дистанционный доступ к отчетам о нарушениях вещания ТВ- и РВ-программ с рабочих станций дежурных смен, с рабочих станций службы оперативного контроля и управления «Красноярского КРТПЦ».

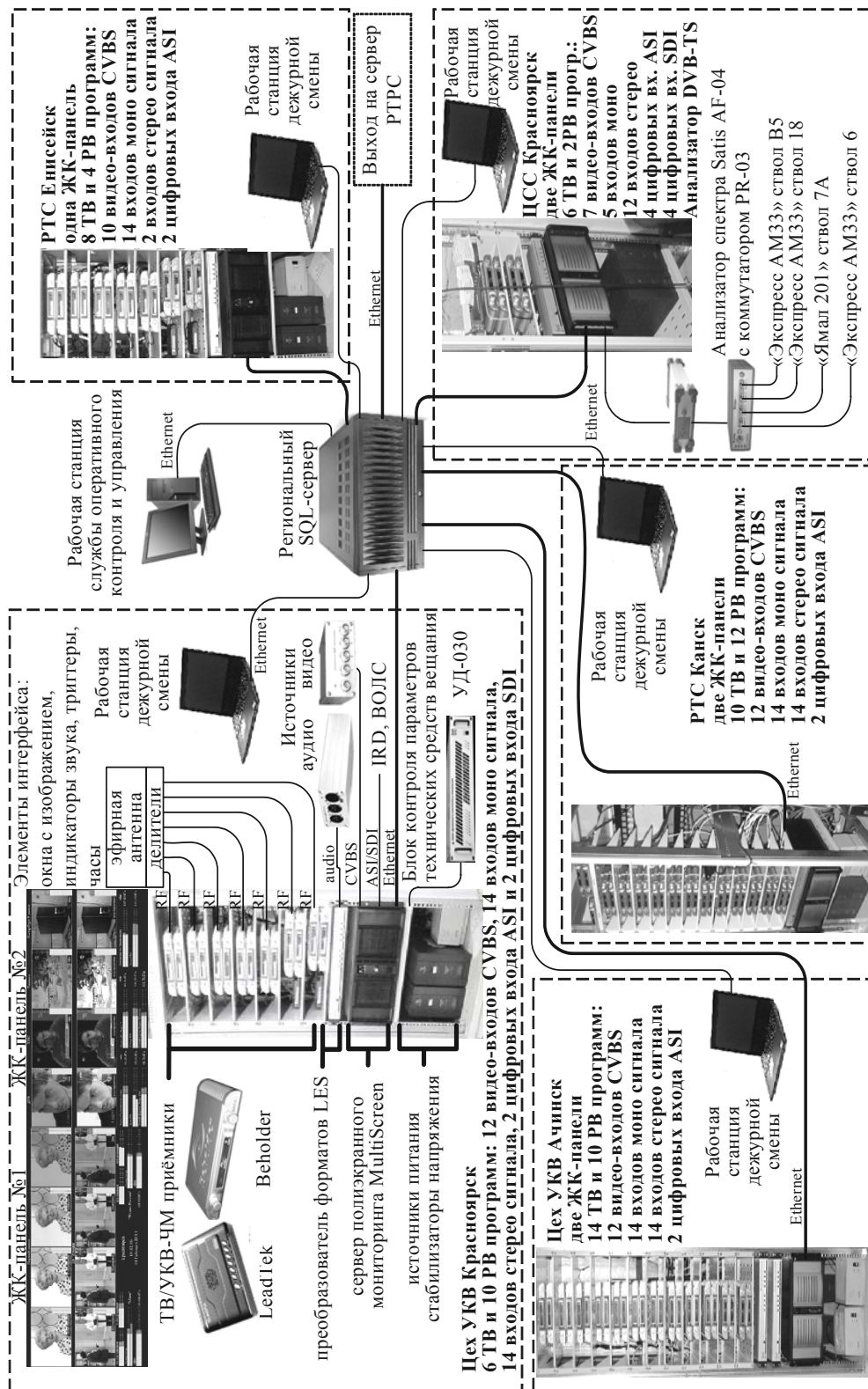


Рис. 1. Система контроля трансляции ТВ- и РВ-программ филиала РТС «Красноярский КРТПЦ»

Заключение. Система контроля трансляции ТВ- и РВ-программ постоянно совершенствуется техническими специалистами «Красноярского КРТПЦ». В текущем 2012 г. в систему контроля будет введен новый сервер MultiScreen, планируется дальнейшее расширение её возможностей.

Для обеспечения автоматизированного инструментального контроля и регистрации параметров технических средств вещания ТВ- и РВ-программ планируется интеграция коммутаторов УД-030 производства ООО «ОКБ Альфа» с серверами полиэкранного мониторинга MultiScreen.

Для расширения возможностей эфирного контроля трансляции ТВ- и РВ-программ, планируется замена бытовых приёмников Beholder и LeadTek на профессиональные оборудование многоканального приёма сигналов (например, на приёмники головных станций WISI).

Для сбора и систематизации информации о нарушениях вещания ТВ- и РВ-программ необходимо приобрести более мощный SQL-сервер с программным обеспечением MS SQL Server.

Литература

1. О федеральной целевой программе «Развитие телерадиовещания в РФ на 2009–2015 годы»: Постановление Правительства РФ от 3 декабря 2009 г. №985 // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс] / Компания «КонсультантПлюс».
2. TR101290 Technical Report «Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems» // ETSI. 2001.
3. Кэрон Л. Много в одном / Л. Керон, М. Львов // Журнал «625». 2008. № 2. С. 7–56.
4. Системы многоканального AV мониторинга: Stream MultiScreen // Стрим Лабс – компьютерные системы автоматизации эфира, оформление ТВ-вещания: [сайт]. URL: http://streamlabs.ru/products/AV_monitoring/multiscreen/index.php (дата обращения: 15.01.2012).

УДК 621.397: 621.384.3

МИНИМИЗАЦИЯ ИСКАЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ЭКРАНА ЭОП В ВИДЕОСИГНАЛ

Ю.Р. Кирпиченко

Рассмотрено влияние параметров оптики переноса на качество изображения высокочувствительной телевизионной системы. Даны рекомендации по выбору формата и разрешения датчика изображения.

Ключевые слова: оптика переноса, разрешение, формат матрицы.

Процессу регистрации изображения на выходе телевизионной системы предшествуют процессы переноса оптического изображения с экрана ЭОП на фоточувствительную поверхность матрицы ПЗС и его преобразование в видеосигнал. Процессы переноса и преобразования изображения в видеосигнал оказывают существенное влияние на качество изображения высокочувствительных телевизионных систем.

Одной из наиболее важных проблем при создании АИ ТВС является выбор оптимального способа переноса изображения с экрана ЭОП на фоточувствительную поверхность датчика изображения с минимальными пространственно-энергетическими потерями.

В настоящее время существует три способа переноса изображения, а именно: с помощью линзовой оптики, с использованием элементов волоконной оптики и перенос электронного изображения в вакуумном объеме ЭОП непосредственно на поверхность датчика изображения.

Естественно, что наиболее перспективным вариантом переноса с точки зрения минимизации пространственно-энергетических потерь является третий способ.

Перенос изображения с помощью линзовой оптики влечет за собой увеличение габаритов и возрастание энергетических потерь. Кроме того, для линзовой оптики присущи недостатки, связанные со снижением освещенности и разрешающей способности от центра к краям изображения, координатными искажениями и их изменением по полю изображения.

В настоящее время освоено производство сверхсветосильных асферических объективов с относительными отверстиями $F 1,0$; $F 0,8$; и даже $F 0,75$. Однако, как правило, асферические объективы отличаются от обычных значительно большими габаритами, массой и ценой [1]. Кроме того, в асферических объективах при полностью открытой диафрагме наблюдается существенное снижение разрешающей способности. При полностью открытой диафрагме глубина модуляции сигнала на частоте разрешения уменьшается в десять и более раз [2].

Влияние диафрагмы на разрешающую способность асферического объектива наглядно представлено на рис. 1 (кривые 5, 6).

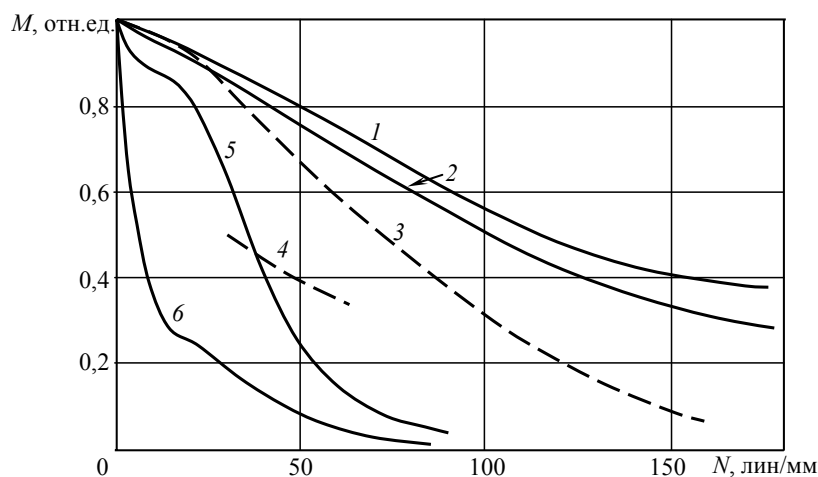


Рис. 1. Частотно-контрастные характеристики объективов: 1 – телецентрический (центр); 2 – телецентрический (край); 3 – SCT-100108 (центр); 4 – SCT-100108 (край); 5 – асферический объектив WL-LA908C3 (прикрытая диафрагма, центр); 6 – асферический объектив WL-LA908C3 (открытая диафрагма, край)

Такое влияние относительного отверстия на разрешающую способность асферических объективов практически исключает возможность их использования в качестве оптики переноса. Ведь для увеличения разрешающей способности приходится уменьшать величину относительного отверстия, а значит, высокая светосила этих объективов не является определяющей при выборе оптики переноса.

На рис. 1 приведена также частотно-контрастная характеристика объектива SCT-100108 (кривые 3, 4) с относительным отверстием $F 3,0$. Очевидно, что такой объектив предпочтительнее асферического. Однако несмотря на достаточно

высокое разрешение, энергетические потери в таком объективе значительные ($k_{co} < 0,05$).

Одной из основных причин пространственно-энергетических потерь является изменение условий фокусировки объектов, находящихся на плоской поверхности на разных расстояниях от центра поля зрения. Частично скомпенсировать эти потери можно, например, придав поверхности сферическую форму.

Применение волоконно-оптических элементов в качестве материала выходного окна ЭОПа позволяет изготовить такую поверхность (ЭОП ЭПМ 103Г-01-22 фирмы «Катод», Новосибирск).

Вогнутая сферическая поверхность выходного окна ЭОП позволяет использовать стандартные линзовые объективы с меньшим фокусным расстоянием, что, в свою очередь, приведет к снижению массы и габаритов АИ ТВС в целом.

Уменьшение оптических потерь возможно также путем использования двух объективов для переноса изображения с экрана ЭОП на фоточувствительную поверхность ПЗС. При использовании оптической линзовой системы из двух объективов первый располагается на расстоянии от экрана, равном одному фокусному расстоянию (рис. 2). При этом формируется параллельный пучок света, и второй объектив, стоящий на пути этого параллельного пучка, формирует изображение на фоточувствительной поверхности ПЗС, находясь от нее на расстоянии, равном одному фокусному расстоянию второго объектива [3].

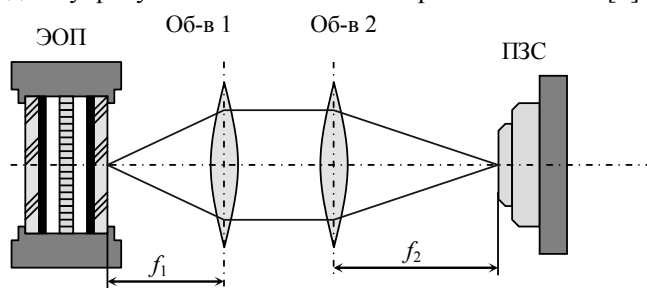


Рис. 2. Применение оптики переноса из двух объективов

Более привлекательным вариантом подобного подхода является разработка специального телецентрического объектива (рис. 3). Такой объектив имеет более высокое по сравнению со стандартными объективами разрешение (см. рис. 1, кривая 1), в том числе и по полю изображения (см. рис. 1, кривая 2). Кроме того, в нем практически отсутствуют геометрические искажения [4].

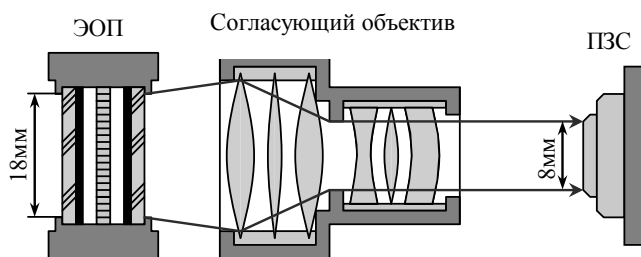


Рис. 3. Применение телецентрического объектива

К достоинствам способа сочленения ЭОП с матрицей ПЗС через фокон или волоконно-оптический диск следует отнести малые габариты системы, а также высокий коэффициент передачи световой энергии с экрана ЭОП на ПЗС-

матрицу. В то же время очевидны и недостатки: ограниченный коэффициент передачи контраста, который зависит от распределения излучения, падающего на торцы световедущих жил и светоизолирующих прослоек; периодичность структуры фокона, приводящая к эффекту муара, который возникает, если период дискретной структуры фокона пропорционален дискретной структуре ПЗС; достаточно сложная технология стыковки фокона с матрицей (поэтому цена ПЗС с фоконем в 3–4 раза выше стоимости стандартной матрицы ПЗС); при выходе из строя ЭОП или ПЗС прибор не подлежит восстановлению. Поэтому подобный способ переноса изображения целесообразно применять тогда, когда минимальные размеры прибора имеют первостепенное значение [5].

На основе приведенных доводов можно заключить, что наиболее подходящим способом в случае использования линзовой оптики является перенос изображения с экрана ЭОП на фоточувствительную поверхность матрицы ПЗС с помощью телецентрического объектива.

Важным этапом выбора элементов АИ ТВС является выбор фотоприемника конечного звена в цепи преобразования входной световой энергии в электрический сигнал. Особое внимание следует обращать на его разрешающую способность. Однако разрешающая способность матрицы не всегда определяет разрешающую способность камеры на этой матрице. Так, например, в большинстве камер, предназначенных для систем охранного телевидения, используется режим накопления поля для обеспечения большего быстродействия в обмен на потерю разрешающей способности по кадру.

Очевидно, что такой режим не может использоваться в АИ ТВС. Должен использоваться либо режим накопления кадра, либо режим строчного сканирования.

Для приближенной оценки требуемого разрешения ПЗС воспользуемся условием $R_{\text{ПЗС}} \geq R_{\text{экp}}/M_{\text{со}}$, где $R_{\text{ПЗС}}$ и $R_{\text{экp}}$ – разрешение ПЗС и экрана ЭОП соответственно. После несложных преобразований выражения для необходимого числа элементов по строке $N_{\text{стр}}$ и кадру $N_{\text{кадр}}$ будут иметь вид

$$N_{\text{стр}} = \frac{2d_3 R_{\text{экp}}}{\sqrt{1+k_p^2}}, \quad (1)$$

$$N_{\text{кадр}} = \frac{2d_3 k_p R_{\text{экp}}}{\sqrt{1+k_p^2}}, \quad (2)$$

где $k_p = h_p/l_p$ – отношение сторон раstra; h_p – высота раstra; l_p – ширина раstra.

Для $k_p = 3/4$ выражения (1) и (2) примут вид

$$N_{\text{стр}} = 1,6d_3 R_{\text{экp}}, \quad (3)$$

$$N_{\text{кадр}} = 1,2d_3 R_{\text{экp}}. \quad (4)$$

Из формул (3) и (4) видно, размерность матрицы ПЗС определяется только $R_{\text{экp}}$ и d_3 и не зависит от формата матрицы. Однако увеличение формата матрицы все-таки желательно. Его увеличение приведет к увеличению размера элемента в соответствии с выражением

$$\Delta X = \frac{\sqrt{l_p + h_p}}{2d_3 R_{\text{экp}}}. \quad (5)$$

Если учесть, что величина заряда насыщения элемента ПЗС пропорциональна его площади, то можно однозначно утверждать, что матрица большего формата будет иметь больший динамический диапазон, а значит, лучшее качество изображения.

Для случая использования ЭОП с диаметром экрана 18 мм и разрешением 45 лин/мм в соответствии с (3) и (4) размерность матрицы ПЗС должна составлять $\approx (970 \times 1300)$ элементов. Размер элемента в случае использования ПЗС формата $\frac{1}{2}$ дюйма в соответствии с выражением (5) должен быть равен ≈ 5 мкм, а для матрицы формата $\frac{2}{3}$ дюйма – ≈ 7 мкм.

Управление качеством изображения при использовании матрицы ПЗС в качестве датчика изображения возможно также путем управления передаточной характеристикой преобразователя зарядового пакета в электрический сигнал. Это и коэффициент усиления, изменение которого необходимо, например, для компенсации снижения коэффициента усиления ЭОП с целью расширения динамического диапазона, это гамма- и апертурная коррекция и т. д.

Применение апертурной коррекции, например, по данным [1], позволяет увеличить глубину модуляции в диапазоне 500÷600 телевизионных линий у большинства современных камер при работе с объективами Fujinon до 30÷50% (без корректора она составляла 10÷20%).

Несомненный интерес представляет и оценка возможностей использования в АИ ТВС в качестве датчика изображения КМОП датчика с его широкими возможностями управления качеством изображения.

Данное исследование выполнено по Госзаданию ТУСУРа «Наука–2012».

Литература

1. Тест-драйв асферических объективов [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.evs.ru, свободный.
2. Куликов А. Определение реальной разрешающей способности [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.evs.ru, свободный.
3. Материалы фирмы DEP [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.dep.nl, свободный.
4. The Coupling Lens [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.iccd-camera.com, свободный.
5. Журавлёв П.В., Шатунов К.П., Чурилов С.М. и др. Построение низкоуровневых телевизионных камер с высоким пространственным разрешением // Известия вузов. Приборостроение. 2004. Т. 49, № 9. С. 69–72.

УДК 621.396.677.83

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ КОРПУСА СОЕДИНИТЕЛЯ ТИПА СНП

М.Е. Комнатнов

Оцениваются резонансные частоты и эффективность экранирования корпуса соединителя типа СНП в диапазоне частот 10 кГц – 20 ГГц при падении плоской электромагнитной волны на корпус со стороны кабеля. Приведены частоты и значения наихудшей эффективности экранирования.

Ключевые слова: эффективность экранирования, моделирование, соединитель СНП.

Экранирование различных радиоэлектронных систем актуально в связи с ростом частот и жёсткости электромагнитной обстановки. Соединитель типа СНП (электрический низкочастотный прямоугольный соединитель) используется

в РЭС для электрических связей между узлами, блоками, модулями и прочими устройствами. Чувствительные цепи необходимо защищать от разнообразных по характеру внешних электромагнитных помех. С этой целью важно экранировать не только кабель, но и сам соединитель его корпусом. Строгий подход к решению этой задачи требует точного геометрического моделирования сложной формы реального корпуса, а также электродинамического моделирования в диапазоне параметров с последующей оптимизацией. Между тем для простых частных структур существуют разработанные и апробированные математические модели, позволяющие сделать быстрые и полезные предварительные оценки [1], например резонансных частот и эффективности экранирования (ЭЭ). После этого полезен электродинамический анализ на критичных частотах.

Цель данной работы – оценка значений ЭЭ корпуса соединителя типа СНП в диапазоне частот 10 кГц – 20 ГГц при разных расстояниях от раскрыва корпуса до точки наблюдения внутри корпуса.

Вычисление ЭЭ корпуса СНП проводилось с помощью программы TALGAT [2], в трех диапазонах частот $f_1 = 1 \cdot 10^4$, $20 \cdot 10^4$, ..., $1 \cdot 10^6$ Гц; $f_2 = 1 \cdot 10^6$, $1,1 \cdot 10^6$, ..., $1 \cdot 10^9$ Гц; $f_3 = 1 \cdot 10^9$, $1,05 \cdot 10^9$, ... $20 \cdot 10^9$ Гц. Расстояние от центра раскрыва корпуса до точки наблюдения поля варьировалось от 1 до 20 мм с шагом 5 мм. Геометрическая модель (рис. 1) реального корпуса СНП имеет раскрыв, соответствующий размерам узкой и широкой стенок корпуса.

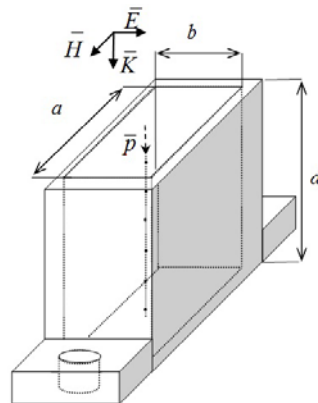


Рис. 1. Геометрическая модель корпуса соединителя СНП

Для вычисления резонансных частот корпуса соединителя с внутренними размерами $a \times b \times d = 29,5 \times 9 \times 21,5$ применена формула

$$f_{i,j,k} = 0,5 \cdot c \cdot \sqrt{(i/a)^2 + (j/b)^2 + (k/d)^2}, \quad i, j, k = 0, 1, \dots \quad (1)$$

Результаты вычислений по (1) в диапазоне частот до 20 ГГц представлены в таблице.

При оценке ЭЭ корпуса полагалось, что внизу корпуса имеется сплошная стенка. Для каждого из трех диапазонов получено по 5 зависимостей ЭЭ на разных расстояниях с шагом 5 мм вглубь корпуса соединителя СНП.

Резонансы корпуса соединителя

i, j, k	$f_{i,j,k}$, ГГц	i, j, k	$f_{i,j,k}$, ГГц	i, j, k	$f_{i,j,k}$, ГГц	i, j, k	$f_{i,j,k}$, ГГц
1,0,0	5,085	2,0,1	12,33	0,1,0	16,67	1,1,1	18,77
0,0,1	6,977	0,0,2	13,95	3,0,1	16,77	1,1,0	17,43
1,0,1	8,633	1,0,2	14,85	2,0,2	17,27	2,1,0	19,52
2,0,0	10,17	3,0,0	15,25	0,1,1	18,07	2,1,1	20,73

В диапазоне частот f_1 (10 кГц – 1 МГц) ЭЭ монотонно убывает (рис. 2). Вблизи раскрыва ($p = 1$ мм) ЭЭ составляет не менее 55 дБ. С увеличением расстояния на каждые 5 мм вглубь корпуса ЭЭ возрастает на 4–6 дБ до $p = 15$ мм. В самой удаленной точке $p = 20$ мм на частоте 1 МГц ЭЭ составляет 90 дБ, что на 35 дБ выше, чем возле раскрыва корпуса.

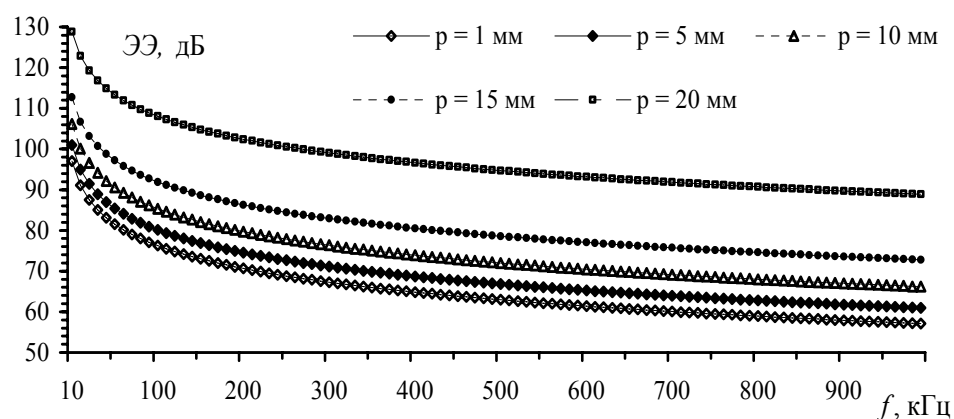


Рис. 2. Частотные зависимости ЭЭ корпуса соединителя в диапазоне частот f_1 при изменении расстояния p

В диапазоне частот f_2 (1 МГц – 1 ГГц) ЭЭ продолжает монотонно убывать (рис. 3), снижается на частоте 1 ГГц вблизи раскрыва корпуса до уровня 0 дБ, а в самой удаленной точке – до уровня 30 дБ.

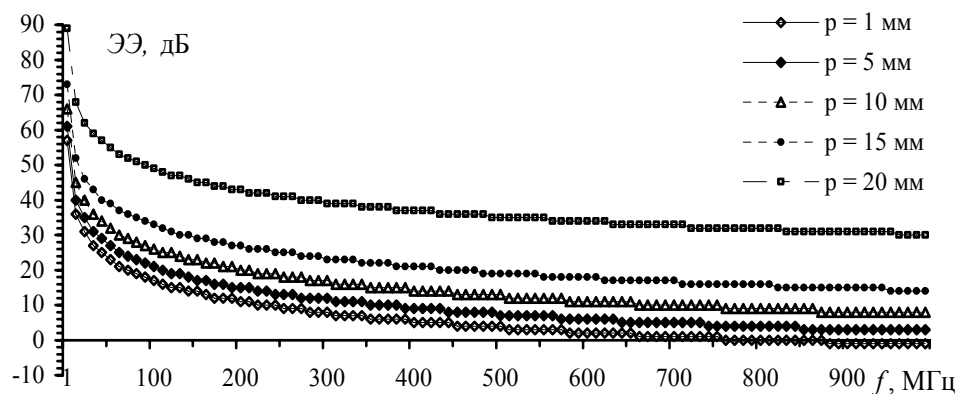


Рис. 3. Частотные зависимости ЭЭ корпуса соединителя в диапазоне частот f_2 при изменении расстояния p

В диапазоне частот f_3 (1–20 ГГц) (рис. 4) ЭЭ монотонно убывает, но лишь до частоты первого резонанса корпуса 5,085 ГГц. На этой частоте вблизи раскрыва ЭЭ имеет значение минус 6 дБ. Наихудшее значение ЭЭ корпуса соединителя минус 22 дБ на частоте 9 ГГц, близкой к частоте резонанса 8,6 ГГц в центре корпуса. На частоте резонанса 10,17 ГГц ЭЭ увеличивается до 75 дБ для всех расстояний p . На более высоких резонансных частотах ЭЭ как отрицательна, так и положительна и не совпадает по частотам при разных расстояниях от раскрыва корпуса до точки наблюдения. Для $p = 15$ мм примечателен довольно широкий диапазон частот (13–17 ГГц), в котором ЭЭ низка: от 0 до минус 10 дБ.

Таким образом, в диапазоне частот от 10 кГц до 1 ГГц ЭЭ монотонно убывает со 100 до 0 дБ. На частоте около 5 ГГц ЭЭ снижается до минус 6 дБ, а около 8,6 ГГц – до минус 22 дБ. В диапазоне частот 13–17 ГГц ЭЭ низка: от 0 до минус 10 дБ.

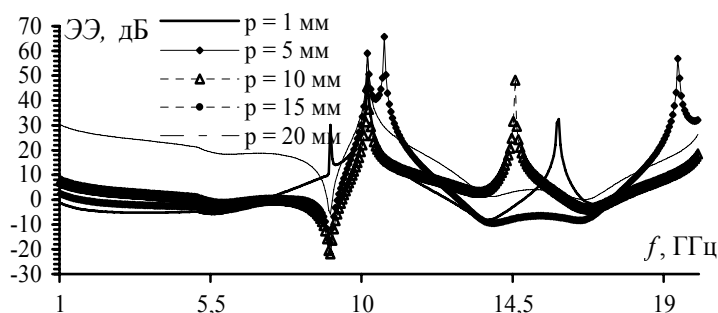


Рис. 4. Частотные зависимости ЭЭ корпуса соединителя в диапазоне частот f_3 при изменении расстояния r

Работа выполнена в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ от 09.04.2010 г. «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства», и договора № 13.G25.31.0017 от 07.09.2010 между ОАО «ИСС» им. акад. М.Ф. Решетнева и Минобрнауки РФ.

Автор благодарит Т.Р. Газизова за помощь в написании статьи.

Литература

1. Комнатнов М.Е. Моделирование эффективности экранирования металлической пластиной для бортовой аппаратуры космического аппарата / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов, А.С. Дементьев // Доклады ТУСУРа. 2011. № 2 (24), ч. 1. С. 133–136.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012610712. TALGAT 2010. Авторы: Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т. и др. Заявка № 2011617178. Дата поступления 26 сентября 2011 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 13 января 2012 г.

УДК 621.397.13

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ В АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ МОДИФИКАЦИЯМИ ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА ЛЮСИ-РИЧАРДСОНА И ДВУМЕРНОЙ АПЕРТУРНОЙ КОРРЕКЦИИ

А.Л. Колюхов

Рассмотрены итерационный алгоритм Люси–Ричардсона, его модификация и двумерная апертурная коррекция и их действие на изображения, полученные в активно-импульсных телевизионно-вычислительных системах (АИ ТВС). Показана эффективность итерационного алгоритма в сравнении с линейной обработкой. Для оценки эффективности обработки использованы критерии: контрастно-частотная характеристика и отношение сигнал/шум.

Ключевые слова: итерационный алгоритм, функция рассеяния точки (ФРТ), двумерная апертурная коррекция.

Повышение качества изображений, полученных в АИ ТВС. Специфика изображений, полученных в АИ ТВС, в том, что изображения искажены как ад-

дитивными, так и аппликативными шумами типа соль-перец, причем на светлом и темном фоне плотности распределения вероятностей появления шумов различны и не отвечают нормальному закону распределения.

Обычно когда говорят о повышении качества изображений, имеют в виду либо повышение отношения сигнал/шум без ущерба КЧХ, либо о повышении разрешающей способности изображений (определяется по КЧХ) без ущерба отношению сигнал/шум. Различные методики обработки изображений дают разные результаты, и выбор методик в нашем случае был определен такими параметрами обработки, как ее эффективность (по вышеуказанным критериям) и быстродействие.

Двумерная апертурная коррекция. Двумерная апертурная коррекция заключается в добавлении корректирующего сигнала к основному сигналу. Для двумерного случая алгоритм апертурной коррекции можно представить следующей формулой:

$$Y_{i,j} = X_{i,j} + k \cdot A_{i,j},$$

где $Y_{i,j}$ – скорректированное значение яркости пикселя, расположенного в строке i и столбце j изображения; аналогично $X_{i,j}$ – исходное значение яркости пикселя;

k – коэффициент, определяющий степень коррекции; $A_{i,j}$ – корректирующее значение яркости для соответствующего пикселя. Маска фильтра повышения четкости приведена на рис. 1.

–0,1	–0,1	–0,1
–0,1	2	–0,1
–0,1	–0,1	–0,1

Рис. 1. Фильтр повышения четкости

Подробнее фильтр повышения четкости описан в [1].

Поскольку изображения сильно зашумлены, рациональнее сначала обработать изображение фильтром низкой частоты (воспользуемся общепринятой маской (рис. 2)).

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Рис. 2. Сглаживающий фильтр

Семейство линейных сглаживающих фильтров описано в [2]. Низкочастотная фильтрация в нашем случае необходима для нейтрализации шумов без повреждения изображения, как происходит при использовании медианной фильтрации. Если же не проводить этот этап, измерения КЧХ станут необъективны, поскольку размер выбросов совпадает с мелкоразмерными объектами тестовой таблицы.

Теперь оценим влияние обработки по вышеуказанным критериям. Оценим влияние фильтрации на отношение сигнал/шум (табл. 1) и КЧХ (табл. 2).

Таблица 1

Изменение отношения сигнал/шум		
Отношение сигнал/шум, раз	До обработки	После обработки
РОСШ1Ч	40,9	53,9
РОСШ1Б	12,1	17,25
РОСШ2Ч	23,7	41,28
РОСШ2Б	14,4	20,46

Таблица 2

Изменение КЧХ							
Количество телевизионных линий, ТВЛ	100	150	200	250	300	350	400
Значение КЧХ до обработки	1	0,97	0,85	0,75	0,72	0,4	0,33
Значение КЧХ после обработки	0,91	0,88	0,78	0,65	0,58	0,33	0,25

На проведение всех операций по обработке было затрачено 0,171 с на тестовом процессоре с частотой 1 ГГц. Измерения проводились на тестовой таблице ISO 12233. Исходное изображение и результат обработки приведены на рис. 3, а и б.

Итерационный алгоритм Люси–Ричардсона. Принцип работы алгоритма Люси–Ричардсона описан в [3–4], но в общем он заключается в умножении изображения, полученного из предыдущей итерации, на корректирующую матрицу, состоящую из коэффициентов коррекции для каждого отсчета изображения. Эта матрица является отношением изображения, полученного в результате наблюдения, и расфокусированного функцией рассеяния точки изображения, полученного на предыдущей итерации алгоритма. Алгоритм действует по формуле

$$\hat{f}_{(i,j)}^{(r+1)} = \hat{f}_{(i,j)}^{(r)} \left[h(-i,-j) * \frac{g(i,j)}{h(i,j) * \hat{f}_{(i,j)}^{(r)}} \right],$$

где $\hat{f}_{(i,j)}^{(r+1)}$ – последняя итерация алгоритма; $\hat{f}_{(i,j)}^{(r)}$ – предпоследняя итерация алгоритма; $h(x,y)$ – функция рассеяния точки; $g(x,y)$ – деградированное изображение.

Изображения с устраненными размытиями обладают разной степенью искажений, и для каждого случая число итераций будет изменяться. Нет никакого стандартного критерия, кроме желаемой точности, определяемой субъективно. Кроме того, так же субъективно определяется и ФРТ, поскольку аппаратно получить соответствующую опытам ФРТ обычно невозможно, а ФРТ, не соответствующая реальному восстановлению, приводит к разрушению изображения.

Поскольку в таком виде алгоритм Люси–Ричардсона слабо применим для задач в режиме реального времени, он был модифицирован [5]. Был добавлен «журнал вероятностей», содержащий информацию о корреляции изображения на текущей итерации и размытого изображения, а также критерий останова алгоритма для конкретной точки при достижении заданной точности восстановления. Кроме того, алгоритм был ускорен добавлением поправочного коэффициента, позволяющего журналу вероятностей достигать максимальной сходимости для следующей итерации. Математический аппарат модифицированного алгоритма подробно описан в [6].

Один из аспектов работы алгоритма Люси–Ричардсона – на малом количестве итераций качественные характеристики только растут, но при дальнейшем увеличении количества итераций рост прекращается, на изображении появляются артефакты обработки, и, как следствие, качественные характеристики качества снижаются. То есть для тестовых изображений можно подобрать наилучшее число итераций. В табл. 3 приведены результаты измерений отношения сигнал/шум для стандартного алгоритма Люси–Ричардсона при экспериментально подобранной ФРТ для разного количества итераций. В табл. 4 – результаты изменения КЧХ.

Т а б л и ц а 3

Отношение сигнал/шум				
Отношение сигнал/шум, раз	До обработки	5 итераций	12 итераций	18 итераций
РОСП1Ч	40,9	67,4	66,8	64,5
РОСП1Б	12,1	16,6	16,	15,6
РОСП2Ч	23,7	37,4	36,7	34,3
РОСП2Б	14,4	19	18,7	17,6

Таблица 4

Изменение КЧХ

Количество телевизионных линий, ТВЛ	100	150	200	250	300	350	400
Значение КЧХ до обработки	1	0,97	0,85	0,75	0,72	0,4	0,33
Значение КЧХ после обработки, 5 итераций	1	0,98	0,89	0,75	0,7	0,5	0,45
Значение КЧХ после обработки, 12 итераций	1	1	0,91	0,75	0,7	0,5	0,45
Значение КЧХ после обработки, 18 итераций	1	1	0,86	0,7	0,67	0,45	0,4
Значение КЧХ после обработки, 25 итераций	1	0,95	0,8	0,68	0,62	0,4	0,32

При увеличении ФРТ отношение сигнал/шум резко возрастает (до 200%), но КЧХ ухудшается настолько, что пропадает различимость далее 250 ТВЛ. На проведение всех операций по обработке было затрачено 4,31 с. Результаты обработки приведены на рис. 3, в.

Аналогичные измерения были проведены и для затухающего ускоренного алгоритма Люси–Ричардсона. Результаты измерений приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Отношение сигнал/шум

Отношение сигнал/шум, раз	До обработки	5 итераций	12 итераций	18 итераций
РОСШ1Ч	40,9	63,6	61,5	55,1
РОСШ1Б	12,1	17,5	16,8	14
РОСШ2Ч	23,7	33,2	31	25
РОСШ2Б	14,4	19,6	19	15,7

Улучшение КЧХ с ростом числа итераций очевидно и значительно, однако падение отношения сигнал/шум на большом их количестве означает по сути смешивание малоразмерных объектов и артефактов обработки, так что пользоваться таким следствием нельзя. На проведение всех операций по обработке было затрачено 3,73 с. Результаты обработки приведены на рис. 3, г.

Таблица 6

Изменение КЧХ

Количество телевизионных линий, ТВЛ	100	150	200	250	300	350	400
Значение КЧХ до обработки	1	0,97	0,85	0,75	0,72	0,4	0,33
Значение КЧХ после обработки, 5 итераций	0,95	1	0,9	0,8	0,7	0,5	0,46
Значение КЧХ после обработки, 12 итераций	1	1	1	0,85	0,68	0,55	0,5
Значение КЧХ после обработки, 18 итераций	1	1	1	0,9	0,7	0,6	0,53
Значение КЧХ после обработки, 25 итераций	1	1	1	0,95	0,74	0,62	0,48

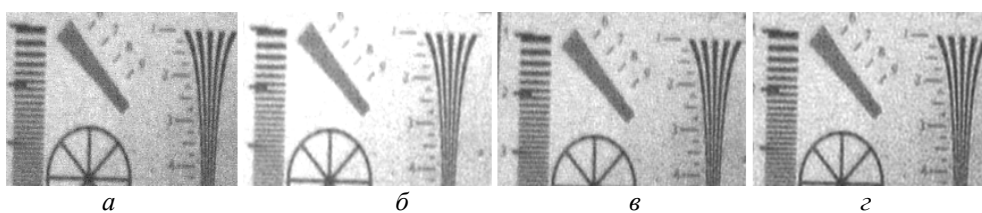


Рис. 3. Результаты обработки: а – исходное изображение; б – изображение, обработанное двумерным апертурным фильтром; в – изображение, обработанное по алгоритму Люси–Ричардсона (12 итераций); г – изображение, обработанное по модифицированному алгоритму Люси–Ричардсона (5 итераций)

Заключение. Очевидно, предложенные методы подходят для различных областей применения.

Двумерная апертурная коррекция в силу быстрогодействия подходит для обработки видеопотоков в реальном времени, например для систем технического зрения, размещенных на транспорте. Эффективность возрастания отношения сигнал/шум почти вдвое – хороший результат при незначительном (5–7%) ухудшении разрешающей способности.

Стандартный и модифицированный алгоритмы Люси–Ричардсона подходят для систем охранного телевидения и систем наблюдения за неподвижными объектами, поскольку им необходимо значительное время на обработку. Эффективность этих алгоритмов при правильном вычислении ФРТ и определении количества итераций очевидна – подъем и отношения сигнал/шум почти вдвое, и улучшения КЧХ на 7–10%. В дальнейшем необходимо подробнее изучить модифицированный алгоритм Люси–Ричардсона, поскольку его влияние на разрешающую способность и общая результативность – перспективная область исследований.

Литература

1. Конюхов А.Л., Гальчук И.В., Курячий М.И. Повышение разрешающей способности телевизионно-вычислительных систем (АИ ТВС) с использованием двумерной апертурной коррекции и итерационных алгоритмов // Труды 10-й Международ. конф. «Распознавание–2012». Курск, 2012. С. 101–102.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Lucy L.B. An iterative technique for the rectification of observed distributions // The Astronomical Journal. 1974. Vol. 79, № 6. P. 745–754.
4. Richardson W.H. Bayesian-Based Iterative Method of Image Restoration // Journal of the Optical Society of America. 1970. Vol. 62, № 1. P. 55–59.
5. White R.L. Image Restoration Using the Damped Richardson-Lucy Method // ASP Conference Series. 1994. Vol. 61. P. 292–295.
6. Torres L. Deblurring Affymetrix GeneChip Images by Applying the Lucy-Richardson Algorithm / Department of Mathematical Sciences University of Essex / A dissertation submitted to the Department of Mathematical Sciences in partial fulfillment of the requirements of the M.Sc. degree in Statistics and Econometric, 2008. P. 11–15.

УДК: 519.614.2:537:311:32

РАСЧЁТ РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ПОВЕРХНОСТЯМИ ОРТОГОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ В СИСТЕМЕ TALGAT Е.В. Лежнин

Описана программная реализация алгоритма расчёта рассеяния электромагнитной волны поверхностями ортогональной формы. Выполнено усовершенствование алгоритма, написанного для случая двумерного прямоугольника. Усовершенствованный алгоритм позволяет выполнять расчёты для трехмерных ортогональных конфигураций, а также отображать полученные значения тока на поверхности конфигурации.

Ключевые слова: электромагнитная волна, рассеяние, визуализация, TALGAT.

TALGAT – система компьютерного моделирования электромагнитной совместимости [1]. Существует потребность в реализации в рамках системы

TALGAT алгоритма расчёта рассеяния электромагнитной волны поверхностями произвольной формы, а также потребность в добавлении возможности последующей визуализации полученных результатов. В качестве первого этапа работы на основе имеющегося исходного кода для расчёта рассеяния электромагнитной волны поверхностью двумерного прямоугольника необходимо реализовать код для случая трехмерных поверхностей ортогональной формы.

Цель работы – разработка модуля системы TALGAT для расчёта рассеяния электромагнитной волны поверхностями ортогональной трёхмерной конфигурации. Улучшенный модуль должен обеспечивать наглядную визуализацию, в частности, интенсивность цвета участков поверхности должна отражать значение тока на участке.

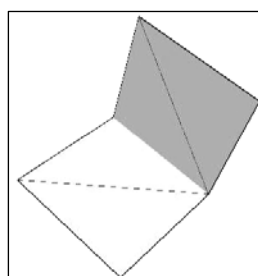
Алгоритм. В этом разделе кратко изложен алгоритм расчёта электромагнитной волны, полное описание которого приведено в [2]. Алгоритм позволяет вычислить вектор токов I после нахождения матрицы импеданса Z_{mn} ($m, n = 1, 2, \dots, N$, где N – число внутренних смежных ребер треугольников поверхности) и вектора воздействий V .

Шаги алгоритма:

1. Задание входных параметров.
2. Разбиение конфигурации на треугольные элементы. Смежные стороны нумеруются в том порядке, в котором заданы треугольники.
3. Вычисление длины рёбер, координат центров треугольников, а также расстояний между центрами всех треугольников.
4. Вычисление интегралов.
5. Нахождение векторного и скалярного потенциалов из интегралов по заранее заданным формулам.
6. Вычисление из значений найденных ранее векторного и скалярного потенциалов матрицы импеданса Z_{mn} , которая необходима для вычисления вектора I .
7. Вычисление вектора воздействий V .
8. Нахождение вектора I путем решения СЛАУ $Z_{mn}I = V$.

Реализация. До начала разработки формулы для расчета электромагнитного рассеяния уже были программно реализованы, но их реализация имела ряд недостатков:

1. Исходный код работал не для всех имевшихся примеров, так что необходимо было выполнить отладку и найти ошибки реализации.
2. Алгоритм работал исключительно с двумерными конфигурациями, при этом возможность улучшения кода осложнялась особенностями реализации. Данные хранились в статических массивах большой размерности. В работе основного цикла использовались не только итерации по координатам x и y , но и итерации по типу расположения треугольника (2 типа: острый угол направлен вверх, острый угол направлен вниз).



3. Визуализация показывала только конфигурацию, построенную по входным данным. Значения, полученные в процессе работы алгоритма, не использовались. Пример такой визуализации показан на рис. 1.

Рис. 1. Пример визуализации конфигурации в старом коде расчёта рассеяния

В самом начале работы код модуля был модернизирован таким образом, чтобы появилась возможность производить сборку модуля как в составе системы TALGAT, так и в качестве самостоятельного приложения. Дополнительно были заменены устаревшие функции для работы с комплексными числами, а также проведена замена функций решения систем линейных уравнений, реализованных авторами первоначальной версии кода, на функции из библиотеки Eigen [3]. Всё это позволило сделать код платформенно-независимым и выполнять сборку модуля как на машине с ОС Windows, так и Linux.

Изначально реализация алгоритма была рассчитана только на плоские конфигурации. Однако для практических задач нужна полная свобода действий для создания, редактирования, изменения параметров конфигураций, в том числе и трёхмерных. Реализация не предусматривала возможности расширения структур хранения данных, поэтому принципы реализации и хранения данных были полностью пересмотрены.

Конфигурация представляет собой множество треугольников, изначально индексирующихся по координатам, что достаточно неудобно в силу двух причин:

1. Координаты двух треугольников могут совпадать.
2. Большое количество индексов приводит к вложенности массивов, что, в свою очередь, осложняет создание и изменение элементов этих массивов.

В усовершенствованной версии кода все треугольники индексируются не по координатам, а по индивидуальному номеру, что позволяет легко создавать трёхмерные конфигурации любой сложности.

Использование. Дополнительно реализованы следующие команды, позволяющие создавать конфигурации любой сложности:

– MOM_PATCH_INIT – команда, которую нужно вызвать для начала создания конфигурации. Обнуляет счётчик треугольников.

– PATCH_RECT_XY X0 Y0 Z0 X Y XIntervals YIntervals – создаёт прямоугольник в плоскости XY, с началом в точке (X0,Y0,Z0), размером $X \times Y$. XIntervals и YIntervals задают количество интервалов, по которым будет производиться разбиение прямоугольника на треугольники; количество треугольников определяется по формуле $XIntervals \times YIntervals \times 2$.

– PATCH_RECT_YZ X0 Y0 Z0 Y Z YIntervals ZIntervals, PATCH_RECT_ZX X0 Y0 Z0 Z X ZIntervals XIntervals – аналогичные команды, создающие прямоугольники в других плоскостях.

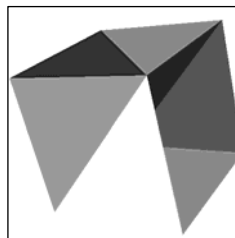
– MOM_PATCH_SOLVE – создаёт конфигурацию, объединяя треугольники, созданные командами вида PATCH_RECT_*; выполняет алгоритм расчёта рассеяния и возвращает структуру для визуализации, которую нужно передать в следующую команду DRAW_TRIANGLES.

– DRAW_TRIANGLES real_m_triangles real_m_colors – выполняет визуализацию, используя матрицу с информацией о треугольниках, а также вектор с информацией о цветах real_m_colors

– PATCH_COLORS – вычисляет вектор цветов, используя вектор токов, вычисленный при выполнении команды MOM_PATCH_SOLVE, значения элементов вектора представляют собой действительное число в диапазоне [0,1], при этом 0 соответствует красному цвету, 1 – синему.

Пример скрипта для расчёта и визуализации и результат его выполнения показаны на рис. 2.

Рис. 2. Результат выполнения примера скрипта. Полутонами показываются значения модуля тока



```

//неполный куб
INCLUDE PATCH
SET «lambda» 9.085 //размер стороны куба
PATCH_INIT
//5 плоскостей
PATCH_RECT_XY 0. 0. 0. lambda lambda 1 1
PATCH_RECT_XY 0. 0. lambda lambda lambda 1 1
PATCH_RECT_ZY lambda 0. 0. lambda lambda 1 1
PATCH_RECT_ZY 0. 0. 0. lambda lambda 1 1
PATCH_RECT_XZ 0. 0. 0. lambda lambda 1 1
//рисование и расчёты
DRAW_TRIANGLES PATCH_SOLVE PATCH_COLORS

```

Заключение. Разработанный модуль системы TALGAT для расчёта рассеяния электромагнитной волны поверхностями трёхмерной конфигурации позволяет выполнять расчёты для ортогональных конфигураций, после получения результатов существует возможность графического отображения полученных значений тока на поверхности конфигурации. Следующим шагом является реализация усовершенствованной версии алгоритма для случая поверхностей произвольной конфигурации.

Литература

1. Газизов Т.Р. Квазистатический анализ многопроводных электрических соединений в системе TALGAT/ Т.Р. Газизов, А.О. Мелкозеров, Р.И. Аширбакиев // 9-й Междунар. симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии: сб. трудов, Санкт-Петербург, 13–16 сентября 2011 г. СПб., 2011. С. 265–268.
2. Костарев И.С. Электромагнитное рассеяние поверхностями произвольной формы // Тез. докл. науч.-техн. конф. молодых специалистов «Электронные и электромеханические системы и устройства». Томск, 2008. С. 171–174.
3. Официальный сайт библиотеки Eigen [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eigen.tuxfamily.org/>, свободный (дата обращения: 12.09.2012).

УДК 004.93

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВИЗУАЛЬНОЙ ЧЕТКОСТИ ФОТО РЕАЛИСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С.В. Сай, Н.Ю. Сорокин

Предложена методика анализа визуальной четкости цифровых фото реалистических изображений в мультимедийных системах. К особенностям методики относится то, что оценка четкости выполняется без применения тестовых сигналов изображения и испытательных таблиц. Рассмотрен алгоритм поиска и распознавания мелких деталей реальных изображений по заданному критерию.

Ключевые слова: анализ изображений, четкость, алгоритм поиска.

Четкость является одним из наиболее важных показателей качества изображения и определяется разрешающей способностью каналов яркости и цветности линейной системы. Разрешающая способность системы традиционно измеряется числом различимых линий, рассчитанным по значению максимальной простран-

ственной частоты, при которой обеспечивается пороговый контраст воспроизводимого изображения.

Традиционные методы оценки четкости изображения разработаны для стандартных аналоговых систем цветного телевидения. В цифровых системах возникают специфические искажения, обусловленные ограничениями выбранного алгоритма сжатия статических и/или динамических изображений. Такие искажения могут привести к неадекватным результатам по отношению к субъективным оценкам качества изображения при использовании стандартных методов измерения.

Контроль качества компрессированного цифрового изображения достаточно сложен и неоднозначен. Обычно качество цифровой широкополосной видеосистемы измеряется косвенным образом посредством определения искажений статических и динамических тестовых сигналов. Однако компрессионные телевизионные системы выдвигают значительно более сложные требования при измерении их параметров. Качество изображений в этих системах изменяется динамически в зависимости от текущей скорости передачи данных, сложности транслируемого изображения и задействованного алгоритма кодирования. Статическая природа тестовых сигналов не предоставляет реальных характеристик качества цифровых изображений. Вместо этого должны быть использованы естественные тестовые изображения в режиме компрессии, что представляет собой значительно более сложный анализ, чем просто применение тестовых сигналов.

В настоящее время существуют измерительные приборы (PQA200/300, PQA500 и др.), способные объективно оценивать качество цифрового видео. Эти приборы применяются в основном производителями оборудования видеокompрессии для оценки качества кодеков. Однако при эксплуатации мультимедийных систем, когда оборудование уже выбрано вещателем по тем или иным критериям, применение таких приборов малоцелесообразно.

Ввиду отсутствия стандартизованных методов контроля качества передачи цифровых фото- и видеоматериалов многие поставщики мультимедийных услуг предлагают изображения в «компактной упаковке», но низкого качества. В большинстве случаев, при оценке качества изображения получатель не имеет оригинала и поэтому оценивает его «хорошее» или «плохое» качество на основе своего опыта зрительного восприятия таких характеристик изображения, как четкость, резкость, контраст, насыщенность, наличие артефактов. В современных анализаторах методы анализа качества изображений основаны на результатах сопоставления числовых мер различий эталонного и искаженного изображений с параметрами выбранной зрительной модели. Следовательно, отсутствие эталонных тестовых изображений не позволяет воспользоваться прибором.

Таким образом, проблема поиска новых методов анализа качества искаженных изображений, позволяющих объективно оценить ухудшение четкости и резкости без наличия эталона, представляется достаточно актуальной. В статье предлагается методика оценки визуальной четкости фото реалистических изображений по объективному критерию без использования эталона.

Методика анализа. На первом этапе анализа необходимо выполнить поиск и распознавание объектов изображения, по которым можно будет оценить его четкость. К таким объектам относятся мелкие детали и тонкие линии. В авторской работе [1] предложен алгоритм поиска мелких деталей реальных фотоизображений, который мы выбираем за основу.

Рассмотрим модифицированный алгоритм поиска.

Поиск мелких деталей выполняем в скользящем окне с размерами 3×3 пикселя по следующему алгоритму. На первом этапе вычисляется контраст блока в нормированном равноконтрастном пространстве:

$$\Delta K = \sqrt{\left(\frac{\Delta W^*}{\Delta W_{th}^*}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U^*}{\Delta U_{th}^*}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V^*}{\Delta V_{th}^*}\right)^2}, \quad (1)$$

где $\Delta W^* = 3(W_{\max}^* - W_{\min}^*)$, $\Delta U^* = 3(U_{\max}^* - U_{\min}^*)$ и $\Delta V^* = 3(V_{\max}^* - V_{\min}^*)$ – значения контраста блока по индексам яркости и цветности, определяемые числом минимальных порогов зрения (МЦП); ΔW_{th}^* , ΔU_{th}^* , ΔV_{th}^* – пороговые значения контраста по индексам яркости и цветности для мелких деталей, полученные экспериментальным путем [2].

Если значение контраста $\Delta K > 1$, считаем, что в окне присутствует различимый для глаза элемент изображения, который может быть: а) точечным объектом; б) фрагментом тонкой линии; в) фрагментом текстуры; г) фрагментом контурного перепада. Если $\Delta K \leq 1$, блок исключается из анализа.

На следующем этапе выполняем бинаризацию блока по следующему условию:

$$\sqrt{\left(\frac{\Delta W_i^*}{\Delta W_{th}^*}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U_i^*}{\Delta U_{th}^*}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_i^*}{\Delta V_{th}^*}\right)^2} < 1, \quad (2)$$

где i – номер пикселя в блоке; $\Delta W_i^* = 3(W_i^* - W_{\min}^*)$, $\Delta U_i^* = 3(U_i^* - U_{\min}^*)$, $\Delta V_i^* = 3(V_i^* - V_{\min}^*)$ – отклонения цветовых координат пикселя от минимальных значений или $\Delta W_i^* = 3(W_i^* - W_{\max}^*)$, $\Delta U_i^* = 3(U_i^* - U_{\max}^*)$, $\Delta V_i^* = 3(V_i^* - V_{\max}^*)$ – отклонения цветовых координат пикселя от максимальных значений. Если условие (2) выполняется, принимается решение о принадлежности значения пикселя к минимальному или к максимальному значению. При этом максимальным значениям присваивается уровень логической единицы и минимальным значениям – уровень нуля.

Далее бинарный блок изображения (Ib) сравнивается с бинарным изображением j -й маски ($Mask$) с помощью выражения

$$M_j = \sum_{i=1}^9 (Ib_i - Mask_{j,i}). \quad (3)$$

Маски представляют собой бинарное изображение точечного объекта и фрагменты тонких линий, т.е. именно те элементы изображения, которые определяют его четкость. Для блока размером 3×3 пикселя количество бинарных масок, с учетом их инверсии, будет равно 34. Изображения бинарных масок показаны на рис. 1.

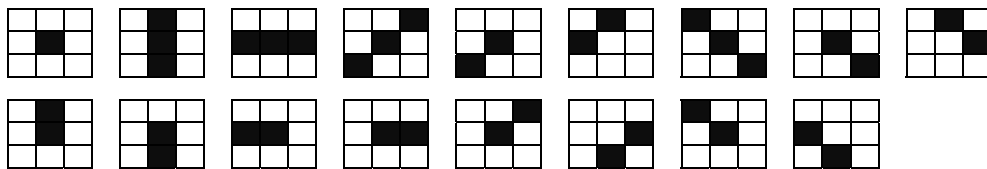


Рис. 1. Бинарные маски

Если (3) равно нулю, принимается решение о том, что анализируемый блок относится к изображению j -й маски. Если для всех масок значение (3) не равно нулю, принимается решение об исключении блока из анализа.

После анализа всего изображения выполняется подсчет количества M блоков, в которых имеются различные для глаза точечные объекты и фрагменты тонких линий. Для фото реалистических изображений предлагается следующий критерий: количество распознанных блоков изображения по выражению (3) должно быть не менее 1%:

$$M > 1\%. \quad (4)$$

В этом случае принимается решение о том, что четкость изображения соответствует разрешающей способности кадра, которая определена цифровым форматом, например 720×576 . Если критерий (4) не выполняется, уменьшаем формат изображения в дробное число раз (например, в 1,5 раза) и на второй итерации снова выполняем алгоритм поиска мелких деталей и проверку критерия (4).

Вычисления выполняем итерационно до тех пор, пока не будет выполнено условие (4). В конечном итоге по номеру итерации мы сможем определить реальную четкость изображения. Например, если при анализе фото реалистического изображения форматом 720×576 пикселей критерий (4) будет выполнен на третьей итерации, это будет означать, что реальная четкость будет снижена до 320×256 пикселей, т.е. в 2,25 раза.

Заключение. Предложенная методика основана на оригинальном алгоритме поиска и распознавания мелких деталей и фрагментов тонких линий изображения с учетом выбранной модели зрения в нормированной цветовой системе координат. К особенностям методики относится то, что для анализа четкости изображения не требуется использование специальных тестовых сигналов и телевизионных таблиц. На практике использование критерия (4) позволит объективно оценивать четкость и качество реалистических фото изображений предоставляемых поставщиками мультимедийных услуг. В заключение отметим, что данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Литература

1. Sai S.V. Search Algorithm and the Distortion Analysis of Fine Details of Real Images / S.V. Sai, N.Yu. Sorokin // Pattern Recognition and Image Analysis. 2009. Vol. 19, № 2. P. 257–261.

УДК 519.614.2

СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

В.К. Салов

Представлены результаты исследований применения итерационных методов с целью ускорения решения СЛАУ в задачах моделирования электромагнитной совместимости (ЭМС). Рассмотрены использование поиска оптимального допуска обнуления, применение однократно вычисленного предобусловливателя для последующего решения большого числа СЛАУ, формирование матриц СЛАУ, близких к Теплицевым. Описаны перспективы дальнейших

исследований по программной реализации, тестированию и апробации рассмотренных подходов применительно к решению задач ЭМС бортовой аппаратуры космических аппаратов.

Ключевые слова: СЛАУ, итерационные методы, электромагнитная совместимость, система TALGAT.

В научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» исследуются вопросы электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронной аппаратуры, а также разрабатывается система для анализа взаимовлияний и моделирования ЭМС TALGAT [1]. Последнее направление тесно связано с исследованиями математических алгоритмов и их реализацией. В частности, проводятся исследования решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) итерационными методами.

Цель данной работы – представить состояние дел и перспективы исследований итерационных методов решения СЛАУ в НИЛ «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств».

В линейной алгебре задача решения СЛАУ называется первой основной задачей. Для решения СЛАУ традиционно применяются прямые методы, такие как метод Гаусса и LU-разложение. Но решение такими методами плохо обусловленных СЛАУ приводит к ошибкам округления машинной арифметики, которые могут значительно ухудшить точность решения. Помимо этого их недостатком является то, что количество операций, а следовательно, и время получения решения, возрастают в кубической зависимости от порядка матрицы СЛАУ, рост которого неизбежен при усложнении анализируемой структуры. Для уменьшения времени решения СЛАУ используют различные методы оптимизации алгоритмов, параллельные вычисления, а также кэш-память компьютера, но и этих мер недостаточно. Поэтому приходится увеличивать мощность рабочих станций (РС), использовать многоядерные [2] и графические процессоры [3], а также привлекать вычислительные ресурсы суперкомпьютеров, что очень затратно, особенно при моделировании в диапазоне параметров, когда требуется многократное решение СЛАУ, приводящее к длительным вычислениям. Таким образом, ускорение решения СЛАУ актуально. Весьма перспективно для этого использовать итерационные методы с предобуславливанием (для СЛАУ не с разреженной, а в общем случае с плотной матрицей), которые позволяют получить ускорение в десятки раз [4]. Однако существует целый ряд факторов, ограничивающих их применение.

Так, использование предобуславливания, при решении СЛАУ с плотными матрицами итерационными методами, в частности ILU(0-разложения), предполагает использование предварительного обнуления значений элементов матрицы ниже определённого порога и формирования тем самым дополнительной матрицы – матрицы предобуславливания. В [4] впервые было показано, что существует оптимальное значение порога, при котором решение СЛАУ минимально. В [5] рассмотрено решение СЛАУ с плотной матрицей стабилизированным методом бисопряженных градиентов с предобуславливанием и предфильтрацией. Приведены зависимости времени решения СЛАУ от допуска обнуления: для двух задач электростатики, при двух видах предфильтрации, на трёх размерах матриц. Показано, что ускорение решения СЛАУ достигает 14 раз по сравнению с методом Гаусса и увеличивается с размером матрицы. Однако зависимость оптимального

значения порога обнуления от алгебраических свойств матрицы пока не выявлена. Использование оптимального значения порога обнуления позволяет ускорить решение СЛАУ в десятки раз, что делает весьма актуальными такие исследования. В перспективе предполагаются анализ и выявление зависимости значения оптимального допуска обнуления от алгебраических свойств матрицы СЛАУ, реализация алгоритма выбора допуска обнуления, адаптирующегося к изменяющейся матрице.

При использовании предобусловливания необходимо хранить элементы дополнительной матрицы, что увеличивает требуемую память компьютера. Особенностью этой матрицы является то, что она разреженная. Для экономии памяти возможно использование специализированных форматов хранения, использование которых даже может ускорить решение. В данном направлении сделано следующее [6]: получены формулы для сравнения форматов хранения разреженных матриц; разработан алгоритм решения СЛАУ итерационным методом, использующий разреженный строчный формат для хранения матрицы предобусловливателя после предфильтрации; усовершенствован разреженный строчный формат, что дало ускорение работы алгоритма в 1,14–1,23 раза на матрице порядка 1000; показано ускорение решения СЛАУ в 1,5–1,6 раза на матрицах порядка 4800–8000 при использовании разреженного строчного формата по сравнению со стандартным алгоритмом хранения. Результаты работы позволят уменьшить затраты как памяти компьютера, так и времени вычисления при решении задач большой размерности. В [7] предложены усовершенствования алгоритма ILU(0)-разложения, использующегося при формировании матрицы предобусловливания, для решения СЛАУ с плотной матрицей итерационным методом. На примере задачи вычисления электрической ёмкости двух проводников показано уменьшение времени решения СЛАУ методом BiCGStab за счет используемого усовершенствования до 2,5 раза. Следующим шагом является всесторонние исследования практического использования разреженных форматов хранения.

На практике часто требуется моделирование структур, состоящих из проводников и диэлектриков, в диапазоне параметров. При этом изменяется только некоторая часть матрицы. При использовании итерационных методов возможно применение однократно вычисленного предобусловливателя для последующего решения большого числа СЛАУ, полученных при моделировании структуры с изменяющимися параметрами. Предполагается, что такое использование даст ускорение решения СЛАУ. Поэтому необходимо исследовать использование однократно вычисленного предобусловливателя для решения итерационным методом большого числа мало отличающихся СЛАУ. Предполагается выполнить анализ такого использования для матриц с изменениями значений элементов в различных местах структуры матрицы, обусловленных изменениями параметров реальных структур проводников и диэлектриков бортовой аппаратуры космических аппаратов.

Существуют задачи, в которых матрица СЛАУ близка к Теплицевой или циркулянтной структуре. Для таких СЛАУ существуют алгоритмы решения со сложностью $O(N^2)$. В работе [8] приведены результаты использования Теплицевых матриц при решении СЛАУ итерационными методами. При этом не исследованы виды структур проводников и диэлектриков и способы их дискретизации, дающие матрицы, близкие к Теплицевой или циркулянтной структуре. Также не исследовано использование в итерационных методах предобусловливателя с Теплицевой или циркулянтной структурой, полученного из исходной матрицы пу-

тём аппроксимации. Такое использование может ускорить решение СЛАУ. Предполагается выполнить анализ видов и способов дискретизации структур, дающих близкие к Теплицевым матрицы, поиск и реализацию подходящего алгоритма решения СЛАУ с Теплицевой матрицей и исследование его работы.

Заключение. В данной работе кратко описаны результаты исследований итерационных методов решения СЛАУ, полученные в НИЛ «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств». Обозначены направления дальнейших исследований. Результатом дальнейших исследований станут новые алгоритмы решения СЛАУ итерационными методами и их реализация в системе TALGAT. Это даст значительное ускорение, а также расширение круга задач по моделированию ЭМС на рабочих станциях инженеров, разрабатывающих перспективные космические аппараты в ОАО «Информационные спутниковые системы».

Работа выполнена в порядке реализации Постановления № 218 Правительства РФ от 09.04.2010 г. «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» и договора № 13.G25.31.0017 от 07.09.2010 между ОАО «ИСС» им. акад. М.Ф. Решетнева и Минобрнауки РФ.

Автор благодарит С.П. Куксенко и Т.Р. Газизова за помощь в написании статьи.

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012610712. TALGAT 2010 / Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т. и др. Заявка №2011617178, дата поступления 26.09.11 Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 13.01.2012 г.
2. Салов В.К. Ускорение итерационных методов решения СЛАУ за счёт использования параллельных вычислений // Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР–2011». Томск. 2011. С. 135–138.
3. Салов В.К., Куксенко С.П. Ускорение вычислений за счёт использования графических процессоров // Сборник тез. докл. конф. молодых специалистов ОАО «ИСС». Железногорск. 2011. С. 419–420.
4. Газизов Т.Р., Куксенко С.П. Оптимизация допуска обнуления при решении СЛАУ итерационными методами с предобуславливанием в задачах вычислительной электродинамики // Электромагнитные волны и электронные системы. М., 2004. № 8. С. 26–28.
5. Газизов Т.Р., Салов В.К. Ускорение решения СЛАУ с плотной матрицей стабилизированным методом бисопряжённых градиентов в задачах электростатики // Электромагнитные волны и электронные системы. М., 2011. № 12. С. 16–19.
6. Ахунов Р.Р., Куксенко С.П., Газизов Т.Р., Салов В.К. Форматы хранения разреженных матриц и ускорение решения СЛАУ с плотной матрицей итерационными методами // Записки научных семинаров ПОМИ. 2012. Принято к публикации.
7. Совершенствование алгоритма $ILU(0)$ -разложения матрицы, хранящейся в разреженном строчном формате, при решении СЛАУ с плотной матрицей итерационным методом с предобуславливанием / Р.Р. Ахунов, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов, В.К. Салов // Записки научных семинаров ПОМИ. 2012. (В печати).
8. Костарев И.С., Куксенко С.П. Повышение скорости решения системы алгебраических уравнений итерационными методами // Матер. 19-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых специалистов ТУСУРа. Томск, 2005. Ч. 1. С. 60–63.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 11

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ

Председатель секции – **Черкашин М.В.**, к.т.н., доцент каф. КСУП, декан ФВС

Д.Д. Зыков, А.А. Черкасов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО БИПОЛЯРНОГО
ТРАНЗИСТОРА В SYNOPSIS TCAD 3

М.А. Иваненко

МЕТОД СРАВНЕНИЯ ПРОЕКТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ 7

Д.В. Гарайс, А.А. Калентьев, Л.И. Бабак

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ СВЧ МАЛОШУМЯЩИХ УСИЛИТЕЛЕЙ
С ВЫБОРОМ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 11

В.А. Шестаков, А.Н. Сычев

СОЗДАНИЕ МУЛЬТИЯЗЫЧНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ,
РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ЧИСЛЕННЫЕ КОНФОРМНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
КРИСТОФЛЕЯ–ШВАРЦА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
МИКРОПОЛОСКОВЫХ СВЧ-СТРУКТУР 19

Д.Д. Зыков, Т.Н. Шуклина

ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОСВЕТЛЯЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩЕГО ДИОДА
В СРЕДЕ SYNOPSIS TCAD 24

С.М. Стручков, А.Н. Сычев

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И ЧАСТОТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ 28

Секция 12

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Председатель секции – **Шелупанов А.А.**, д.т.н.,
профессор, зав. каф. КИБЭВС, проректор по научной работе

К.О. Беляков, Р.В. Мещеряков

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИХ СЕТЕЙ
ДЛЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ 32

Е.М. Давыдова, А.А. Чичерин

СИСТЕМА ШИФРОВАНИЯ ИСПОЛНЯЕМОГО КОДА В СРЕДЕ WINDOWS 35

О.Т. Данилова, Е.Н. Толстых, Е.В. Широков

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОЙ СРАВНИТЕЛЬНОЙ
ОЦЕНКИ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ 37

Хоанг Ван Куэт

АЛГОРИТМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА И МОДИФИКАЦИИ
СЕМАНТИЧЕСКИХ ДАННЫХ 41

А.И. Кураленко АЛГОРИТМ АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ИНФОРМАТИЗАЦИИ	46
Е.Ю. Костюченко, М.П. Прокопчук ИЗУЧЕНИЕ ПОНЯТИЙНОЙ СИСТЕМЫ РУССКОЯЗЫЧНОЙ ВЕРСИИ ИНТЕРНЕТ-ЭНЦИКЛОПЕДИИ «ВИКИПЕДИЯ»	50
Д.А. Сагайдак ПРИЛОЖЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТА В ЦЕЛЯХ СОКРЫТИЯ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ	51
А.А. Свалов АНАЛИЗ РАБОТЫ ЛОТЕРЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РОЗЫГРЫШЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БЕСТИРАЖНОЙ ЛОТЕРЕИ	56
В.Б. Заносова ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ	60
М.Н. Горюнов, А.Л. Еришов, А.А. Осипенко АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОИСК ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ИСХОДНЫХ ТЕКСТОВ	63
 Секция 13 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ <i>Председатель секции – Ехлаков Ю.П., д.т.н., профессор, зав. каф. АОИ, проректор по информатизации и управлению</i>	
И.В. Лазарев ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ СВЯЗАННЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	67
М.В. Савчук ОЦЕНКА ПРИЕМЛЕМОГО УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	71
В.А. Соловьев ЗАДАЧА НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННАЯ С ЗАДАЧЕЙ ПОИСКА УСТОЙЧИВЫХ ПРОБОК В МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА	73
Р.И. Уколов ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С УЧЕТОМ ВНУТРЕННИХ И ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ	76
П.А. Заичкина, Д.Н. Бараксанов ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММЫ ПРОДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА	80
П.А. Заичкина, Н.Ю. Лунина, М.Р. Тухватшин ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ	

И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	85
<i>Д.Н. Бараксанов, О.Д. Пахатинская</i> УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ ПРОДВИЖЕНИИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ	89
<i>Е.А. Янченко</i> ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ БИЗНЕС-ПЛАНА РЫНОЧНОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА	93
 Секция 14	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ	
<i>Председатель секции – Дмитриев В.М., д.т.н., профессор, зав. каф. МОТЦ</i>	
<i>И.А. Кречетов</i> ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	98
 Секция 15	
ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОНИКИ И УПРАВЛЕНИЯ	
<i>Председатель секции – Осипов Ю.М., д.э.н., д.т.н., профессор, зав. отделением каф. ЮНЕСКО</i>	
<i>А.В. Скуденков, Д.С. Медведев</i> АВТОНОМНЫЙ БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ	101
 Секция 16	
ОПТОЭЛЕКТРОНИКА И ФОТОНИКА	
<i>Председатель секции – Задорин А.С., д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. РЗИ</i>	
<i>Р.Ш. Ахтямов</i> МИНИМИЗАЦИЯ ВЫБРОСА В УСТРОЙСТВАХ УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ОДНОПОЛЯРНЫХ ИМПУЛЬСОВ	102
<i>Б.И. Авдоченко, А.С. Задорин, А.В. Максимов, Д.А. Махорин</i> КОНТРОЛЛЕР ЛАВИННОГО ФОТОДИОДА СИСТЕМЫ КВАНТОВОЙ КРИПТОГРАФИИ	105
<i>С.Ю. Хотненко</i> КОНЦЕПЦИЯ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ЖКХ	109
<i>А.А. Лукина, А.В. Максимов</i> ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ .	112
<i>М.В. Побаченко, А.В. Максимов</i> ПРИЕМНИК АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ	116
<i>А.Н. Сычев, В.А. Шестаков, С.М. Стручков, М.А. Чекалин</i> ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИДИМОГО СВЕТА	121
	173

А.А. Титов, М.Ю. Покровский КОРРЕКЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	124
--	-----

Секция 17

ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Председатель секции – Пустынский И.Н., д.т.н., профессор, зав. каф. ТУ

А.И. Балашов ИНСТРУМЕНТЫ НАСТРОЙКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ	131
А.Н. Дементьев, И.Н. Пустынский, Н.И. Мищенко, И.В. Гальчук ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНЪЮНКТИВЫ ГЛАЗА	135
А.В. Егоров МЕТОДЫ МНОГОМЕРНОЙ ИНДЕКСАЦИИ В ЗАДАЧАХ ОРГАНИЗАЦИИ БЫСТРОГО ПОИСКА ПО ВИДЕОАРХИВУ	141
А.Н. Иванов, В.В. Сорокин СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТРАНСЛЯЦИИ ТВ- И РВ-ПРОГРАММ РЕГИОНАЛЬНОГО РАДИОТЕЛЕВИЗИОННОГО ПЕРЕДАЮЩЕГО ЦЕНТРА	145
Ю.Р. Кирпиченко МИНИМИЗАЦИЯ ИСКАЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ЭКРАНА ЭОП В ВИДЕОСИГНАЛ	150
М.Е. Комнатнов ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ КОРПУСА СОЕДИНИТЕЛЯ ТИПА СНП	154
А.Л. Конюхов ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ В АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ МОДИФИКАЦИЯМИ ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА ЛЮСИ-РИЧАРДСОНА И ДВУМЕРНОЙ АПЕРТУРНОЙ КОРРЕКЦИИ	157
Е.В. Лежнин РАСЧЁТ РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ПОВЕРХНОСТЯМИ ОРТОГОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ В СИСТЕМЕ TALGAT	161
С.В. Сай, Н.Ю. Сорокин МЕТОДИКА АНАЛИЗА ВИЗУАЛЬНОЙ ЧЕТКОСТИ ФОТО РЕАЛИСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	164
В.К. Салов СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ	167

ТУСУРу – 50 лет!!!

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ УНИВЕРСИТЕТА

Томский институт радиоэлектроники и электронной техники (ТИРиЭТ)

Был создан на основании
Постановления Совета Министров СССР
от 21 апреля 1962 года.

9 июля 1971 года
ТИРиЭТ был переименован
в *Томский институт автоматизированных
систем управления и радиоэлектроники (ТИАСУР)*

28 октября 1993 года
ТИАСУР был переименован
в *Томскую государственную академию систем
управления и радиоэлектроники (ТАСУР)*

19 марта 1997 года
ТАСУР была переименована
в *Томский государственный университет систем
управления и радиоэлектроники (ТУСУР)*

21 июня 2011 года переименован
в *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники» (ТУСУР)*

Научное издание

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА
И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

**VIII Международная
научно-практическая конференция**

посвященная 50-летию ТУСУРа

8–10 ноября 2012 г.

Материалы докладов

В 2 частях. Часть 2

Ответственный редактор – **Н.Д. Малютин**

Корректор – В.Г. Лихачева
Верстка В.М. Бочкаревой

Издательство «В-Спектр»
Подписано к печати 25.09.2012.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать трафаретная.
Печ. л. 11. Усл. печ. 15,5.
Тираж 100 экз. Заказ 76.

Тираж отпечатан в издательстве «В-Спектр»
ИНН/КПП 7017129340/701701001, ОГРН 1057002637768
634055, г. Томск, пр. Академический, 13/24, тел. 49-09-91.
E-mail: bvm@sibmail.com