



**СБОРНИК ТРУДОВ
IX НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»
(МАЙОРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ)**

10001001010001001010111010101010101010

Санкт-Петербург 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Сборник трудов
IX научно-практической конференции
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)»



Санкт-Петербург
2018

Сборник трудов IX Научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)» / Под ред. д.т.н., проф. Т.И. Алиева. СПб: Университет ИТМО, 2018. – 120 с.

Сборник содержит статьи студентов, аспирантов и сотрудников, отобранные по результатам докладов, представленных на IX Научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)», состоявшейся в 2017 г. Целью конференции является ознакомление научной общественности с результатами исследований, выполненных студентами, аспирантами и сотрудниками кафедры в рамках научного направления «Организация вычислительных систем и сетей», а также в ходе выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых по заказу предприятий и организаций Санкт-Петербурга.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО,
Санкт-Петербург,
2018

ISBN:

**Сборник трудов
IX научно-практической конференции
молодых ученых
«Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)»**

СОДЕРЖАНИЕ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Беленко М. В.</i> Исследование возможности портирования приложений между системами распознавания речи.....	5
<i>Быков В. С.</i> Разработка метода повышения эффективности работы call-центра с помощью технологии распознавания речи.....	9
<i>Гафуров Н. Р.</i> Извлечение именованных сущностей посредством NLTK из надиктованных текстов.....	13
<i>Гуляев П. А.</i> Одноклассовая классификация изображений на основе сверточных нейронных сетей.....	17
<i>Добровидов Ф. Ф.</i> Применение машинного обучения для поиска перифраз.....	21
<i>Киселев В. А.</i> Использование нейросетей для восстановления знаков препинания в текстах на русском языке	24
<i>Маркелов М. А., Виноградов А. Д.</i> Определение вероятности попадания автомобиля в ДТП на основе стиля вождения с помощью методов машинного обучения.....	28
<i>Родионов А. С.</i> Автоматическая диагностика диабетической ретинопатии по изображению сетчатки.....	32
<i>Сорокин М. И.</i> Полносверточные нейронные сети в задачах сегментации освещения .	36

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ. ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

<i>Кожоголова А. К.</i> Разработка мобильного приложения для оценки усталости водителей	39
<i>Корепанов П. Ю.</i> Цифровая обработка сигнала для нейроинтерфейса	43
<i>Коротенко И. В.</i> Использование голографических элементов в модели фотореалистичного рендеринга	46
<i>Толкачев М. С.</i> Исследование языков описания аппаратуры разного уровня абстракции применительно к задаче поиска строк.....	50
<i>Чеботарева М. Р.</i> Алгоритмы глобального освещения и методы оптимизации расчетов физически корректного рендеринга	54
<i>Ярцев К. Ю.</i> Разработка поисковой системы с использованием методов sentiment-анализа.....	58

ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ

<i>Андреев В. В., Драница А. В.</i> Повышение точности 3D-реконструкции за счет использования разнотипных источников данных	62
<i>Денисов А. К., Громов В. В., Быковский С. В.</i> Применение операционной системы ROS для управления полетом беспилотного летательного аппарата.....	66
<i>Громов В. В., Денисов А. К., Кустарев П. В.</i> Разработка симуляционного окружения в среде Gazebo для моделирования полета беспилотного летательного аппарата	70
<i>Емельянов Д. В.</i> Проектирование протокола на базе интерфейса SPI для вычислительной платформы реального времени	74
<i>Пальцев Е. А.</i> Разработка беспроводного modbus-моста	78
<i>Поторокин О. И.</i> Разработка аппаратного ускорителя, реализующего функции технического зрения.....	82
<i>Бабинов А. А., Меинов А. С., Румянцева М. Ю.</i> Аппаратно-программный комплекс реабилитации людей с ограниченной мышечной активностью.....	86
<i>Скорубский В. И., Ван Цзыань, Ли Шуан.</i> Конструктивно-алгоритмическое проектирование микроконтроллера.....	90
<i>Чебыкин И. Б.</i> Разработка программного обеспечения для комплекса телемониторирования ЭКГ.....	94

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

<i>Беспалый Е. А., Титова Ю. А., Попов И. Ю.</i> Обзор видов DoS- и DDoS-атак и способов борьбы с ними	97
<i>Двойникова А. А., Садикова А. А., Тушканов Е. В.</i> Анализ методов идентификации личности при помощи голосовой биометрии	100
<i>Кляус Т. К.</i> Анализ состояния информационной безопасности систем электронного документооборота с использованием деревьев атак-контрмер	104
<i>Матюха Д. В.</i> Перехват управления устройством интернета вещей.....	107
<i>Садырин Д. С.</i> Противодействие эксплойтам на прикладном уровне в ОС Linux.....	111
<i>Стратулат П.</i> Повышение безопасности устройств интернета вещей при помощи протокола DTLS.....	114
<i>Титова Ю. А., Беспалый Е. А., Попов И. Ю.</i> Обзор методов защиты распределенной сети	117

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.415:004.934

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОРТИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

М. В. Беленко

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Исследованы возможности портирования между системами распознавания речи. Для этого разработана диалоговая система распознавания речи на базе системы НТК, а затем осуществлен ее перенос на систему CMU Sphinx.

Ключевые слова: распознавание речи, открытый код, CMU Sphinx, НТК, портирование, API

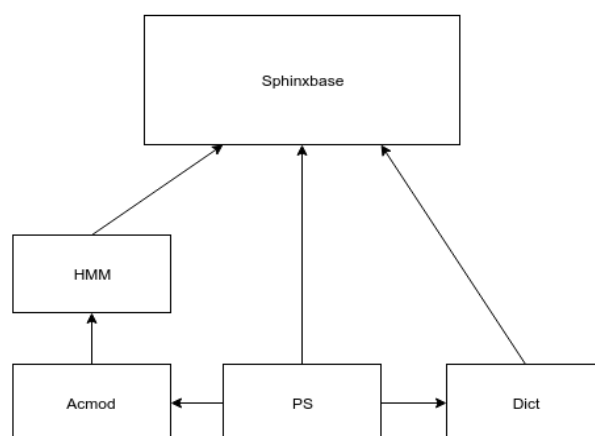
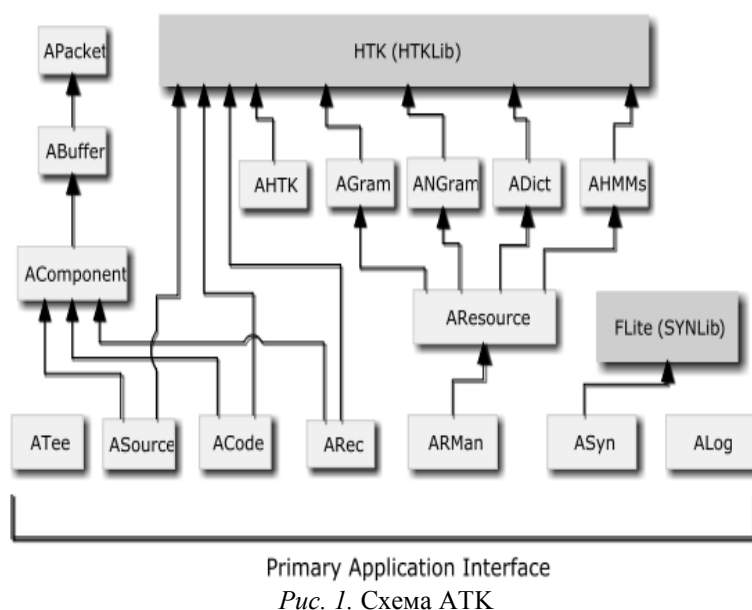
Введение

Системы распознавания речи (*англ.* ASR — Automatic Speech Recognition), включающие в себя системы перевода из речи в текст и системы голосового управления, широко представлены на рынке. Они используются во множестве компьютеризированных систем, от смартфонов до интеллектуальных домашних систем. В то же время большинство из них являются проприетарными продуктами и не предоставляют возможности бесплатного использования и доступа к исходному коду, что существенно ограничивает исследовательскую и научную деятельность. Альтернативой таким системам являются системы с открытым исходным кодом. В течение последних 10—15 лет одной из самых распространенных является система НТК [1], но эта система уступает некоторым более современным аналогам в производительности и точности распознавания [2, 3]. В связи с этим возникает необходимость быстрого и легкого перехода приложения с системы НТК на одну из более современных систем.

Обзор предметной области

Были рассмотрены шесть систем с открытым исходным кодом: НТК, CMU Sphinx, Julius, Kaldi, iAtrios, RWTH ASR. Выбранные системы сравнивались по таким характеристикам, как точность и скорость распознавания, удобство использования, внутренняя структура и т.д. В результате наиболее подходящей для интеграции в коммерческие приложения (взамен НТК) была признана система CMU Sphinx [4].

Также было проведено детальное сравнение структур систем НТК и CMU Sphinx. В дополнение был проведен анализ ATK [5] — API, предоставляемого системой НТК, и rocketsphinx — API, предоставляемого системой CMU Sphinx [6]. Анализ включал в себя определение основных возможностей каждой из рассматриваемых систем, функций, доступных стороннему приложению при использовании API системы, и выявление основных различий между ними. На рис. 1 и 2 представлены схемы API, предоставляемых рассматриваемыми системами.



Содержание исследования

В рамках данного исследования была разработана диалоговая система распознавания речи с использованием API, предоставляемого системой HTK (АТК). Так как эта система предназначена для тестирования алгоритмов портирования, она создавалась по принципу максимальной модульности. Затем диалоговая система была обучена и протестирована, результаты тестирования использовались в дальнейшем, при сравнении производительности и качества распознавания до и после портирования.

Далее разработанная диалоговая система была разбита на логические блоки, каждый из которых соответствует определенному этапу процесса распознавания речи. Для обеих систем с открытым исходным кодом можно выделить следующие этапы:

- работа с ресурсами (акустические модели);
- выделение акустических признаков;
- распознавание.

Далее был осуществлен ручной перевод разработанной диалоговой системы на CMU Sphinx, получившаяся новая система распознавания речи обучена и протестирована. После этого было проведено сравнение скорости и точности распознавания системы до и после портирования.

Производительность оценивалась с помощью метрики SF (Speed Factor), также известной как RTF (Real Time Factor) и равной отношению времени распознавания сигнала к реальной длительности сигнала (измеряется в долях от реального времени):

$$SF = \frac{T_{\text{расп}}}{T}.$$

В качестве метрики точности были использованы общепринятые показатели точности работы систем распознавания речи — WER (Word Error Rate) и WRR (Word Recognition Rate), характеризующие процент ошибочно и верно распознанных слов во фразе соответственно (измеряются в процентах):

$$WER = \frac{S + I + D}{T},$$

$$WRR = 1 - WER,$$

где S — число операций замены слов, I — число операций вставки слов, D — число операций удаления слов из распознанной фразы для получения исходной фразы, T — число слов в исходной фразе.

Расчеты показали следующее: система HTK — WRR=80,2 %, SF=1,4; CMU Sphinx — WRR=78,6 %, SF=0,5.

Как видно, данное портирование не лишено смысла, так как портируемое приложение улучшило показатели скорости распознавания в три раза, практически не потеряв в точности.

В дальнейшем планируется произвести автоматизацию метода портирования с помощью системы типа Compiler-Compiler [7].

Заключение

В ходе работы произведен ручной перевод диалоговой системы распознавания речи с системы HTK на систему CMU Sphinx, а также начата разработка автоматизированного метода перехода, требующего минимальных затрат времени, памяти и человеческих ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакишин П. В. Алгоритмические и программные средства распознавания речи на основе скрытых марковских моделей для телефонных служб поддержки клиентов: дис. ... канд. техн. наук. СПб: Университет ИТМО, 2014.
2. Беленко М. В., Балакишин П. В. Сравнительный анализ систем распознавания речи с открытым кодом // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 04(58). Ч. 4. С. 13—18.
3. Sahu P. K., Ganesh D. S. A study on automatic speech recognition toolkits // International Conference on Microwave, Optical and Communication Engineering. 2015. P. 365—368.
4. Zinchenko K., Wu C.-Y., Song K.-T. A study on speech recognition control for a surgical robot // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2017. Vol. 13, is. 2. P. 607—615.
5. Young S. ATK: an application toolkit for HTK. Cambridge University Engineering Department. 2007.
6. CMU Sphinx Wiki [Электронный ресурс]: <<http://cmusphinx.sourceforge.net/wiki/>>.
7. Rose Compiler Framework Documentation [Электронный ресурс]: <http://rosecompiler.org/?page_id=11>.

Сведения об авторе

Михаил Вячеславович Беленко — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: mikael0bmv@gmail.com

Ссылка для цитирования: *Беленко М. В.* Исследование возможности портирования приложений между системами распознавания речи // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 5—8.

**INVESTIGATION OF THE PORTING POSSIBILITY BETWEEN AUTOMATIC
SPEECH RECOGNITION SYSTEMS****M. V. Belenko***ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia*

The possibility of porting between speech recognition systems was explored. For this purpose, a dialog system for speech recognition was developed based on the HTK system. After that it was transferred to the CMU Sphinx system.

Keywords: Speech recognition, open source, CMU Sphinx, HTK, porting, API

Data on author

Mikhail V. Belenko — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: mikael0bmv@gmail.com

For citation: *Belenko M. V.* Investigation of the porting possibility between automatic speech recognition systems // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 5—8 (in Russian).

УДК 004.934:316.776.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ CALL-ЦЕНТРА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

В. С. Быков

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Начата разработка метода выявления недостатков в работе операторов call-центра (телефонной службы поддержки клиентов) и повышения эффективности такой работы. Проведено исследование существующих решений по мониторингу и сбору данных в работе call-центра, рассмотрены распространенные автоматические системы распознавания речи, выявлены ключевые метрики для оценки эффективности работы оператора. Поставлена цель по разработке прототипа согласно полученным результатам.

Ключевые слова: call-центр, Asterisk, CDR, ASR, CMUSphinx, WER

Введение

Одним из основных условий успешного бизнеса является положительная обратная связь с клиентом. Для этого существует множество каналов, среди которых стоит выделить коммуникация при помощи call-центров (*англ.* callcenter — телефонная служба поддержки клиентов). Сегодня телефонную службу поддержки имеет большинство компаний, но клиенты не всегда бывают удовлетворены полученной услугой или консультацией. Чаще всего причиной является человеческий фактор. Технология распознавания речи [1] вместе со сбором статистики входящих вызовов способны улучшить качество предоставляемых услуг.

Целью исследования является разработка метода выявления недостаточно качественной работы операторов call-центра и повышения эффективности их работы за счет анализа, основанного на сборе статистики входящих вызовов и аналитики распознанной речи оператора.

Для достижения цели необходимо:

- изучить системы сбора статистики, применяемые в call-центрах;
- проанализировать распространенные системы автоматического распознавания речи;
- разработать метод выявления некачественной или некорректной работы call-центров.

Обзор предметной области

В работе были рассмотрены следующие распространенные на рынке решения для мониторинга и сбора данных:

Asterisk [2, 3] — программа с открытым исходным кодом. Работает на операционной системе Linux. Содержит модуль сбора статистики и записи разговоров, прошедших через систему вызовов CallDetailRecords (CDR) с возможностью их сохранения в различных базах данных. Недостатком является отсутствие автоматизированной аналитики речи оператора;

HelloAsterisk — проприетарная программа. Работает на операционной системе Windows. Ее возможности практически идентичны Asterisk, недостатками являются ограниченный функционал бесплатной версии и требование к выделению отдельного Windows сервера для базы данных.

Также существует несколько частных программ, позволяющих собирать статистику входящих вызовов, но получаемая с их помощью информация структурирована слабо и требует существенной дополнительной обработки и иногда — переработки.

Автоматические системы распознавания речи (англ. ASR — automation speech recognition) [4, 5] рассматривались с разделением на две группы. Исследованные системы представлены в табл. 1.

Таблица 1. Исследуемые системы распознавания речи

Системы с открытым исходным кодом	Проприетарные системы (API)
Kaldi	YandexSpeechKit
HTK	GoogleTranslation API
CMUSphinx	
Julius	
Simon	

В рамках исследования начата разработка метода, базирующегося на сборе статистики и анализе записи диалога оператора при помощи технологии распознавания речи. Это позволит выявить различные нарушения: ненормативную лексику, отсутствие приветствия или информации о текущих рекламных акциях или специальных предложениях компании. Данный подход позволит повысить качество предоставляемых услуг за счет выявления недобросовестной работы операторов call-центра, а также определить степень компетентности персонала службы поддержки.

Содержание исследования

Проведено исследование отобранных систем по сбору статистики. По результатам лучшим решением является встроенный в Asterisk модуль сбора статистики CDR. Его основные преимущества: открытый исходный код, возможность сохранения статистики в различные базы данных, включая Postgres и MySQL, гибкая структура отчетов, возможность настройки собственных статистических полей, работа на операционной системе Linux.

Отобранные системы распознавания речи сравнивались при помощи метрики WER — WordErrorRate (процент неправильно распознанных слов) [6]:

$$WER = \frac{S + I + D}{T},$$

где S — число операций замены слов, I — число операций вставки слов, D — число операций удаления слов из распознанной фразы для получения исходной фразы, T — число слов в исходной фразе (в процентах). Экспериментальные оценки систем распознавания речи сведены в табл. 2.

Таблица 2. Оценка систем распознавания речи

Система	WER, %
Kaldi	12,7 ± 0,24
HTK	22,9 ± 0,29
CMU Sphinx	24,9 ± 0,39
Julius	27,2 ± 0,38
Simon	29,3 ± 0,27

Наименьший показатель WER имеют системы Google Translation API, Yandex Speech Kit, Kaldi, CMU Sphinx. API от Yandex и Google не подходит для реализации прототипа мини-call-центра, т.к. стоимость лицензий напрямую зависит от числа запросов. HTK [7] — система для начинающих пользователей, которым требуется изучить основы распознавания речи, — практически не развивается, не подходит для реализации. Kaldi обладает лучшим показателем WER, но не имеет API, что приведет к проблемам с интеграцией. Для дальнейшей интеграции с Asterisk была выбрана система CMU Sphinx. Она имеет хороший API, поддерживает

множество языков, включая русский, имеет открытый исходный код и большое количество инструкций по обучению и настройке в открытом доступе.

Для определения эффективности работы операторов были выявлены ключевые метрики: коэффициент решения вопроса покупателя при первом звонке (*англ.* FCR — First Call Resolution), время ожидания ответа и удержания на линии, процент пропущенных вызовов, средняя продолжительность разговора, оценка удовлетворенности клиента, наличие ненормативной лексики у оператора и несоответствие шаблону диалога. Большинство из них можно получить при помощи CDR.

На основе полученных выводов поставлена задача по реализации выбранного подхода. Необходимо создать прототип, использующий CDR и CMU Sphinx, который обеспечит улучшение качества работы call-центра с возможностью конфигурации ряда критериев, например, «нецензурная лексика» или «упоминание рекламных акций в речи оператора».

Заключение

В рамках исследования определены ключевые компоненты для создания прототипа. Лучшей системой мониторинга и сбора статистики оказалась CDR. В результате тестирования выбрана система распознавания речи CMUSphinx. Начата разработка метода выявления некачественной работы операторов call-центров и повышения эффективности таких операторов. В результате планируется реализовать прототип, в основе которого используется Asterisk, CDR и CMU Sphinx. Он будет анализировать выбранные ключевые метрики и давать оценку эффективности работы оператора, что позволит повысить качество предоставляемых услуг, а также сократить число ошибок, связанных с человеческим фактором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакишин П. В. Алгоритмические и программные средства распознавания речи на основе скрытых марковских моделей для телефонных служб поддержки клиентов: дис. ... канд. техн. наук. СПб: Университет ИТМО, 2014.
2. Meggelen J. V., Smith J., Madsen L. Asterisk: The Future of Telephony. 2007. 317 p.
3. Deka A., Deka M. K. Spoken dialog system in bodo language for agro services // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2018. Vol. 443. P. 623—631.
4. Тампель И. Б., Карнов А. А. Автоматическое распознавание речи. СПб, 2016. 140 с.
5. Беленко М. В., Балакишин П. В. Сравнительный анализ систем распознавания речи с открытым кодом // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 4(58). С. 13—18.
6. Карнов А. А., Кипяткова И. С. Методология оценивания работы систем автоматического распознавания речи // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 11. С. 38—43.
7. Documentation for HTK [Электронный ресурс]: <<http://htk.eng.cam.ac.uk/docs/docs.shtml>>.

Сведения об авторе

Владимир Сергеевич Быков — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: vladimirbykov08@gmail.com

Ссылка для цитирования: Быков В. С. разработка метода повышения эффективности работы call-центра с помощью технологии распознавания речи // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 9—12.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CALL CENTER EFFICIENCY INCREASE USING SPEECH RECOGNITION TECHNOLOGY

V. S. Bykov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

This article describes initial steps of method's development for identification of insufficiently high-quality work of call-center operators and increasing the efficiency of such operators. The research of existing solutions for monitoring and data collection in the work of the call-center presented, widespread automatic speech recognition systems considered, key metrics to assess the efficiency of the operator identified. The goal to develop a prototype in accordance with the results obtained.

Keywords: callcenter, Asterisk, CDR, ASR, CMUSphinx, WER

Data on author

Vladimir S. Bykov — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: vladimirbykov08@gmail.com

For citation: *Bykov V. S.* Development of a method for call center efficiency increase using speech recognition technology // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 9—12 (in Russian).

УДК 004.048:004.855.5

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ NLTK ИЗ НАДИКТОВАННЫХ ТЕКСТОВ

Н. Р. Гафуров

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассматриваются метод извлечения именованных сущностей из естественно-языковых текстов на английском языке, полученных посредством аудиоинтерфейсов, и метод повышения эффективности технологий на основе машинного обучения посредством использования модифицированного обучающего набора данных в задачах подобного рода.

Ключевые слова: извлечение именованных сущностей, именованные сущности, извлечение информации, извлечение фактов, обработка естественного языка, естественно-языковые тексты, машинное обучение

Введение

Тенденции, диктуемые мировыми лидерами в сфере разработки программных интерфейсов, подтверждают актуальность взаимодействия с системами посредством аудиоинтерфейсов (Siri от компании Apple, Приложение Google, Алиса — голосовой помощник от Яндекс).

При обработке продиктованных текстов есть особенности: недостаточно знаков препинания, не используются заглавные буквы для выделения имен собственных. Это накладывает ограничения на обработку текста на многих этапах. Этап извлечения именованных сущностей из естественно-языковых текстов, полученных посредством аудиоинтерфейсов, является объектом исследования данной работы. Цель работы — анализ эффективности обработки текстов, полученных через аудиоинтерфейсы, и способов ее повышения (в работе не рассматривается этап преобразования аудиоинформации в текстовую).

Обзор предметной области

В качестве инструментов для работы с естественно-языковыми текстами применены: язык программирования Python 3.4.6, пакет NLTK 3.2.5 с использованием технологии машинного обучения, приложение GBoard от Google, позволяющее преобразовывать аудиоинформацию в текстовую. В соответствии с [1] данные инструменты — одни из наиболее актуальных сегодня, использование машинного обучения является одним из основных подходов к обработке естественно-языковых текстов [2].

Для иллюстрации основных особенностей объекта исследований рассмотрим пример, представленный на рис. 1 (часть текста из новостной статьи [3]).

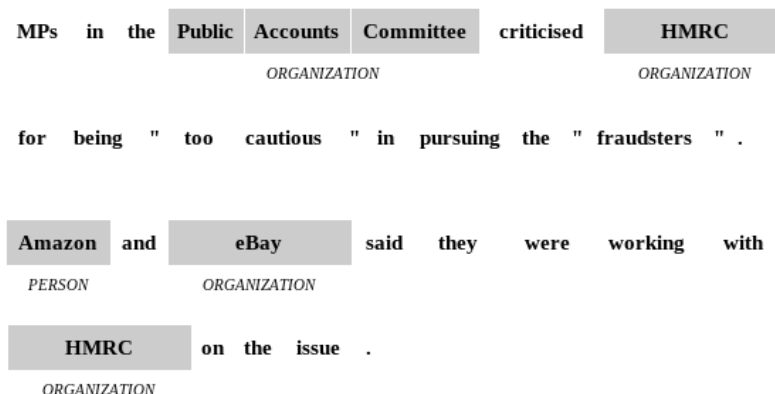


Рис. 1. Исходный текст с выделенными именованными сущностями

Посредством библиотеки NLTK выделено пять сущностей. Название компании Amazon было определено как Персона (что является некорректным, но эта ошибка не рассматривается в данной работе как не относящаяся к основной теме).

После диктовки данного текста, посредством приложения GBoard, получен текст, представленный на рис. 2.

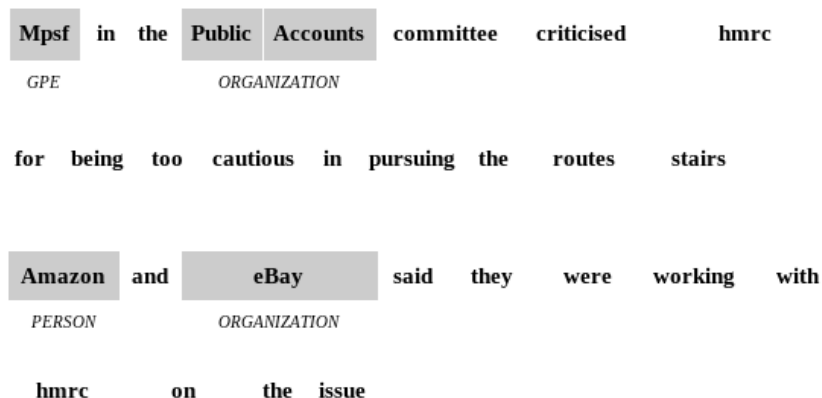


Рис. 2. Текст из аудиоинтерфейса с выделенными именованными сущностями

Данный текст подвергся «тегированию» и «чанкингу» [4, 5] последовательно, в соответствии с общей схемой обработки естественно-языкового текста [6].

В работе не рассматривается этап преобразования аудиоинформации в текст, следовательно, в расчет не берется неправильное распознавание слов. Как видно, наблюдается проблема с проставлением заглавных букв, пропали знаки препинания, что повлияло на распознавание именованных сущностей.

Содержание исследования

Эксперименты проводились на эталонном наборе данных CoNLL-2000 [7]. В ходе экспериментов проводилось обучение модуля тегирования (морфологической разметки) и модуля анализатора чанков с использованием Наивного байесовского классификатора [8]. Для имитации ситуации получения текста из аудиоинтерфейса создаются две дополнительные модифицированные копии указанного набора данных, которые описаны ниже.

Тесты проводились в следующих условиях: (1) обрабатывался стандартный набор данных (CoNLL-2000); (2) обрабатывался набор данных без заглавных букв; (3) обрабатывался набор данных без заглавных букв и знаков препинания.

Обученные модули: (а) модули обучены на стандартном наборе данных (CoNLL-2000); (b) модули обучены на наборе данных без заглавных букв; (с) модули обучены на наборе данных без заглавных букв и знаков препинания.

Гипотеза заключается в том, что система не будет учитывать устаревшие признаки, при обучении и научится извлекать именованные сущности, не опираясь на регистр букв или знаки препинания.

Полученные в ходе экспериментов данные представлены в таблице.

Таблица результатов проведенных экспериментов

Тест	Показатель	Обучение произведено на корпусе		
		a	b	c
1	Тегирование, %	93,73	98,27	98,27
	Точность IOB, %	93,10	94,20	94,20
	Релевантность, %	88,10	89,90	89,90
	Полнота, %	90,80	92,30	92,30
	F-мера, %	89,40	91,10	91,10

Продолжение таблицы

2	Тегирование, %	87,09	93,38	93,38
	Точность IOB, %	93,00	93,90	93,90
	Релевантность, %	87,90	89,40	89,40
	Полнота, %	90,60	91,90	91,90
	F-мера, %	89,20	90,60	90,60
3	Тегирование, %	82,04	87,81	87,81
	Точность IOB, %	89,50	90,80	90,80
	Релевантность, %	83,60	85,60	85,60
	Полнота, %	83,20	85,00	85,00
	F-мера, %	83,40	85,30	85,30

Заключение

Эксперименты показали, что точность системы, обученной предложенным способом (на основе модифицированного набора данных), превосходит точность системы, обученной на стандартном наборе данных, широко используемом для решения аналогичных задач.

В качестве дальнейшего направления исследования актуальна проверка предложенного метода и в других языках, особенно в языках, где знаки препинания играют большую роль, чем в английском, например, в русском.

ЛИТЕРАТУРА

1. Natural Language Toolkit documentation. 2017 [Электронный ресурс]: <<http://www.nltk.org>>. Retrieved October 24, 2017>.
2. Гафуров Н. Р. Извлечение фактов из естественно-языковых текстов // Сборник трудов VIII научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2017. С. 36—38.
3. "Amazon and eBay warned by MPs about VAT fraudsters", BBC, 18 October 2017 [Электронный ресурс]: <<http://www.bbc.com/news/business-41658436>>.
4. Biber D., Johansson S., Leech G., Conrad S., Finegan E. Longman Grammar of Spoken and Written English. Pearson Education Limited, 1999. 1204 p.
5. Speech and Language Processing. Daniel Jurafsky & James H. Martin, 2017.
6. Posevkin R. V., Bessmertnyy I. A. Natural language user interface of a dialogue system // Software & Systems. 2016. Vol. 3. P. 5—9.
7. Erik Tjong Kim Sang. CONLL 2000 CHUNKING DATA. 2010 [Электронный ресурс]: <<https://github.com/teropa/nlp/tree/master/resources/corpora/conll2000>>.
8. Manning Ch. D., Raghavan P. & Schütze H. Introduction to Information Retrieval. Cambridge University Press, 2008.

Сведения об авторе

Наиль Рахимьянович Гафуров — аспирант; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: nail@gafurov.ru

Ссылка для цитирования: Гафуров Н. Р. Извлечение именованных сущностей посредством NLTK из надиктованных текстов // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 13—16.

NAMED-ENTITY RECOGNITION THROUGH NLTK FROM DICTATED TEXTS

N. R. Gafurov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

A method of named entity recognition from natural language texts in English obtained through audio interfaces and a method for improving the efficiency of technologies based on machine learning by using a modified learning data set in problems of this kind were considered.

Keywords: named entity recognition, NER, information extraction, facts extraction, natural language processing, NLP, machine learning

Data on author

Nail R. Gafurov — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: nail@gafurov.ru

For citation: *Gafurov N. R. Named-Entity Recognition through NLTK from dictated texts // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 13—16 (in Russian).*

ОДНОКЛАССОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

П. А. Гуляев

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

С ростом объема информации в социальных сетях человек не успевает справляться с модерацией незаконного или неприемлемого контента, что ведет к необходимости создания автоматической системы определения шокирующих материалов. Исследованы различные методы одноклассовой классификации для распознавания (на основе использования сверточных нейронных сетей) изображений человеческих увечий среди бесконечного множества изображений для разработки системы распознавания шок-контента. Разработаны и обучены различные архитектуры классических, разреженных и сверточных автокодировщиков для одноклассовой классификации изображений на базе их внутренних представлений. Исследованы, разработаны и обучены различные архитектуры сиамских сетей для обработки исключительных случаев, плохо обрабатываемых автокодировщиками и линейными моделями на базе их внутренних представлений.

Ключевые слова: машинное обучение, распознавание изображений, одноклассовая классификация, сверточная нейронная сеть, сверточный автокодировщик, разреженный автокодировщик, сиамская сеть

Введение

В настоящее время социальные сети и поисковики предпочитают блокировать шок-контент по жалобам пользователей или не блокировать вообще, что неприемлемо по многим причинам. Цель исследования — разработка системы, эффективно распознающей изображения человеческих увечий среди прочих изображений.

Обзор предметной области

Значительной проблемой распознавания шок-контента является отсутствие конкретного определения, что относится к нему. Так, в одной из первых систем распознавания жестокости на изображениях [1] для обучения использовались изображения, полученные вводом релевантных запросов в Google. Несмотря на хорошие результаты, описанные в статье (точность $90,1 \pm 1,5$ %), такой неаккуратный сбор данных привел к результатам, представленным на рис. 1. К тому же подход, используемый авторами (bag of words с использованием различных выделенных признаков), не учитывает отношения различных частей изображения, что критически важно при распознавании жестокости.



Рис. 1. Изображения, классифицируемые системой [1] как жестокие

В работе, использующей предобученные сверточные сети [2], решена проблема учета взаимодействия различных сегментов изображения. Значительными недостатками работы являются использование бинарной классификации и очень небрежный (полуавтоматический) сбор данных. Бинарная классификация ведет к неопределенности работы сети, т.к. альтерна-

тивный класс (нешокирующие изображения) включает в себя бесконечное множество изображений.

Для преодоления недостатков рассмотренных работ было решено сузить понятие шок-контента до изображений реальной жестокости по отношению к людям, крови, увечий и т.п., и рассмотреть проблему с точки зрения одноклассовой классификации, в данном случае в условиях невозможности собрать достаточно большое количество объектов альтернативного класса [3].

Содержание исследования

В работе рассмотрено четыре подхода одноклассовой классификации:

- 1) с помощью сверточных автокодировщиков (CAE) [4];
- 2) методом опорных векторов (OCSVM) по векторам значений предпоследнего слоя сверточной нейронной сети;
- 3) с помощью классических и разреженных автокодировщиков по векторам значений предпоследнего слоя сверточной нейронной сети;
- 4) дополнительное применение сиамских нейронных сетей [5] для обработки исключительных случаев, плохо обрабатываемых автокодировщиками.

В качестве базового решения использовалась бинарная классификация сверточными сетями ImageNet v3, Resnet50 и реализация Resnet50 с Fused-слоями [6]; результаты работы представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты работы базовых моделей

Параметр	Inception v3	Resnet50	Resnet50+Fused
Доля правильных ответов	0,98114	0,98238	0,97993

Первый подход использует сверточный автокодировщик (на рис. 2 изображена краткая схема работы сверточного автокодировщика).



Рис. 2. Схема работы и архитектура сверточного автокодировщика

Идея одноклассовой классификации состоит в том, что сверточный автокодировщик после обучения на заданном классе изображений (шок-контент) имеет меньшую ошибку восстановления для изображений этого класса, чем для случайных изображений. Отсюда можно попытаться установить границу ошибки восстановления изображений, по которой будет осуществляться классификация. Было построено и обучено множество сверточных автокодировщиков (6, 8 и 32 слоя; VGG16 в качестве кодировщика). Наилучшее восстановление показал восьмислойный автокодировщик, однако порог восстановления найти не удалось: ошибки восстановления у обоих классов равномерно распределены по выборке.

Второй подход использует одноклассовый метод опорных векторов (OCSVM) по векторам значений предпоследнего слоя сверточной нейронной сети (наиболее абстрактное представление), предобученной на базе изображений ImageNet. Значительной разницы качества работы между сверточными сетями не обнаружено. Однако было обнаружено, что при обучении этих сетей замена финального слоя с softmax на multiclassSVM (hinge) дает значительное увеличение качества для OCSVM (табл. 2). Это связано с тем, что при обучении softmax оценки классов взаимосвязаны, т.е. изменение оценки одного класса влияет на оценки всех остальных классов. В данной работе необходимо выделить признаки конкретного класса, оценки случайных изображений не должны влиять на оценки шокирующих изображений.

Таблица 2. Результаты работы OCSVM (доли правильных ответов)

Слой	Inception v3	Resnet50	Resnet50+Fused
Softmax	0,78968	0,79213	0,79344
MulticlassSVM	0,96344	0,96672	0,96765

Третий подход является гибридом двух предыдущих: классический или разреженный автокодировщик по векторам значений предпоследнего слоя сверточной нейронной сети. В ходе экспериментов не обнаружено значительной разницы в качестве работы автокодировщиков, однако разреженный автокодировщик работает в четыре раза дольше. Граница ошибки восстановления для классификации изображений устанавливалась с помощью F-score, логистической регрессии или SVM. В ходе многочисленных экспериментов установлено, что применение SVM по ошибке восстановления более чувствительно к изменению параметров, чем SVM по финальному вектору сети, это позволяет точнее выделять класс шокирующих изображений (99,997 % против 98,159 на базовой модели), за счет потери качества определения нешокирующих изображений (96,113 % против 98,372), что полезно при высокой стоимости ошибки определения шокирующего изображения. В результате получаем большое количество нешокирующих изображений, классифицированных как шокирующие.

Эту проблему решает четвертый подход — использование сиамской сети. Сиамская цель обучается определять, насколько пары изображений похожи друг на друга. При обучении все неправильно классифицированные автокодировщиком изображения направляются на дообучение в сиамскую сеть. В ходе эксплуатации системы, после завершения классификации автокодировщиком, изображение проверяется на сходство с ограниченным количеством изображений, плохо распознаваемых сетью и автокодировщиком. Было обучено множество различных архитектур сиамских сетей, в результате лучшей оказалась сиамская сеть с Resnet50+Fused сетью для извлечения признаков изображений, манхэттенским расстоянием для объединения векторов признаков и трехслойной нейронной сетью в качестве классификатора. Количество ошибок классификации нешокирующих изображений сократилось более чем в два раза (с 96,113 % до 98,154), сохранив 99,997 % качества распознавания шокирующих изображений.

Заключение

В результате исследования наилучшие результаты показала система, комбинирующая сиамскую сеть и одноклассовую классификацию изображений с помощью автокодировщика по векторам значений предобученной сети. В будущем планируется разработка онлайн-алгоритма обучения системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang D., Zhang Z., Wang W., Wang L., Tan T. Baseline results for violence detection in still images // IEEE 9th International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS). 2012. P. 54—57.
2. Zampoglou M., Papadopoulos S., Kompatsiaris Y., Spangenberg J. A Web-Based Service for Disturbing Image Detection // International Conference on Multimedia Modeling. Springer, Cham. 2017. P. 438—441.
3. Khan S. S., Madden M. G. A survey of recent trends in one class classification // Irish Conference on Artificial Intelligence and Cognitive Science. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009. P. 188—197.
4. Building Autoencoders in Keras [Электронный ресурс]: <<https://blog.keras.io/building-autoencoders-in-keras.html>>.
5. Koch G., Zemel R., Salakhutdinov R. Siamese neural networks for one-shot image recognition // ICML Deep Learning Workshop. 2015. Vol. 2.

6. Zheng L., Zhao Y., Wang S., Wang J., Tian Q. Good practice in CNN feature transfer // arXiv preprint arXiv:1604.00133. 2016.

Сведения об авторе

Павел Александрович Гуляев

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: zagerpaul@gmail.com

Ссылка для цитирования: Гуляев П. А. Одноклассовая классификация изображений на основе сверточных нейронных сетей // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 17—20.

**USING OF THE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS
IN ONE-CLASS IMAGE CLASSIFICATION**

P. A. Guliaev

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

With the growth of content in social networks, a person no longer has time to cope with the illegal or inappropriate content moderation, which leads to the need to create an automatic system for determining shocking materials. In this paper, various one-class image recognition methods (based on the use of convolutional neural networks) are explored and applied for development of a shock-content recognition system. Different architectures of classic, sparse and convolutional autoencoders were developed and trained for one-class classification of images based on their internal representations. Various siamese network architectures have been investigated, contaminated and trained to handle exceptional cases that are poorly handled by autoencoders and linear models based on autoencoder's internal representations. Various heuristics have been developed to accelerate the learning process of models, as well as to accelerate the prediction of results by the model.

Keywords: machine learning, image recognition, one class classification, convolutional neural network, convolutional autoencoder

Data on author

Pavel A. Guliaev

— Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: zagerpaul@gmail.com

For citation: Guliaev P. A. Using of the convolutional neural networks in one-class image classification // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists "Computing systems and networks (Mayorov's readings)". 2018. P. 17—20 (in Russian).

УДК 004.855.5

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА ПЕРИФРАЗ

Ф. Ф. Добровидов

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Проанализированы методы поиска перифраз. Одно предложение является перифразом другого, если оно сформулировано другими словами, но правильно передает смысл. Таким образом, поиск перифраз — это задача определения, одинаков смысл предложений или нет. Целью работы является анализ применения методов, использующих машинное обучение, к задаче поиска перифраз. Результат показал, что наиболее перспективными методами в задаче обработки естественного языка являются подходы на основе нейронных сетей с использованием векторов признаков, позволяющих учитывать множество факторов.

Ключевые слова: поиск перифраз, семантическое сходство, обработка естественного языка, машинное обучение

Введение

Поиск перифраз используется для определения того, имеют ли два текста произвольной длины (фразы, предложения, параграфы, документы и т. д.) одно значение.

Это находит применение в различных приложениях обработки естественного языка: определение смысла слова, автоматическое обобщение, автоматическое извлечение тезауруса, формирование вопросов и ответов, машинный перевод, идентификация плагиата, удаление дублирующейся информации и пр.

Целью данного исследования является сравнительный анализ некоторых методов машинного обучения и моделей на их основе для решения задачи поиска перифраз, а также выявление векторов признаков, которые оказывают наиболее значительный вклад в точность результата.

Обзор предметной области

Базовый способ поиска перифраз основывается на простом сравнении векторов. Для каждого предложения вычисляется вектор на основании частотности входящих в это предложение слов и их совместного появления. Сходство векторов может определяться разными метриками, например, косинусным расстоянием. Проблемой данного подхода является то, что точность определения перефразирования снижается, если в исходное предложение добавлены слова, не меняющие смысла и структуры высказывания. Для решения этой проблемы было предложено использовать деревья синтаксического разбора, что позволяет учитывать синтаксическую структуру. Эти деревья используются в качестве входных параметров для рекурсивных автоэнкодеров (*RAE*) в известном методе, предложенном в [1]. Однако порядок слов в предложении напрямую влияет на построение этих деревьев, что сильно снижает точность.

Использование метрик машинного перевода для построения векторов признаков является также эффективным подходом, так как задача перевода очень близка задаче поиска перифраз для текста на том же языке. Эти метрики используются, например, в работе [2]. В некоторых работах предлагается дополнять базовые метрики какой-либо дополнительной, например, на основе удаления незначущих слов из фраз и их последующего сравнения целиком.

Один из сравнительно простых методов поиска перифраз состоит в использовании 8 стандартных метрик машинного перевода (TER, TERp, BADGER, SEPIA, BLEU, NIST, METEOR, и MAXSIM), которые формируют вектор размерностью 15 в сочетании с метрикой схожести SimMat [2]. Такая модель позволяет достичь точности 77,6 %. SimMat вычисляется на основании совпадения идентичных фраз и похожих слов. Фразы ищутся по эвристическому алгоритму, который определяет максимально длинные фразы на каждой итерации. Похожие слова определяются с использованием WordNet.

Более сложный метод состоит в построении многоуровневой архитектуры на основе сверточных нейронных сетей и одновременном использовании n -грамм разной длины в качестве векторов признаков, что позволяет проводить поиск перифраз на нескольких уровнях детализации одновременно [3]. Авторы этого метода применяют сверточные нейронные сети, используя преимущество сверточных фильтров в нахождении признаков вне зависимости от их расположения. Итоговая модель состоит из трех частей:

- сверточная сеть для построения признаков на уровнях слов, коротких n -грамм, длинных n -грамм и предложений CNN-SM [4];
- сверточная сеть CNN-IM, вычисляющая признаки на основе синтаксической структуры [5];
- логистическая регрессия, выполняющая классификацию.

В результате точность поиска перифраз с использованием этой модели составляет 78,1 % для корпуса английского языка.

Содержание исследования

Был поставлен эксперимент по использованию метрик машинного перевода в качестве вектора признаков. Для этого корпус был разбит на обучающую и проверочную выборки. В качестве алгоритма машинного обучения была использована логистическая регрессия. Результат показал: точность не превышает 67,3 %, что хуже результата работы [3]. Это объясняется использованием n -грамм в основе этой метрики. Отсюда следует вывод о невозможности существенного повышения точности поиска перифраз с использованием векторов признаков, построенных на основе только метрик такого типа.

Заключение

Современные методы с использованием машинного обучения позволяют существенно повысить точность поиска перифраз по сравнению с простым сравнением вектором (65 %) и достигать точности порядка 80 %. Огромный вклад в итоговую точность вносят дополнительные наборы признаков, которые могут быть получены с применением алгоритмов глубокого обучения. Существенным является то, что эти признаки должны учитывать контекст применения отдельных слов и синтаксис, а также морфологию.

В качестве логичного направления дальнейшего исследования можно применить наиболее перспективные подходы для поиска перифраз на корпусе русского языка и выявить способы повышения их точности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Socher R. Dynamic pooling and unfolding recursive autoencoders for paraphrase detection // Advances in neural information processing systems. 2011 P. 801—809.
2. Madnani N., Tetreault J., Chodorow M. Re-examining machine translation metrics for paraphrase identification // Proceedings of NAACL-HLT. 2012. P. 182—190.

3. Yin W., Schutze H. Convolutional neural network for paraphrase identification center for information and language processing. University of Munich, Germany, 2015.
4. Nguyen-Son H., Miyao Y., Echizen I. Paraphrase detection based on identical phrase and similar word matching. 2015.
5. Kalchbrenner N., Grefenstette E., Blunsom P. A convolutional neural network for modelling sentences // Proceedings of the 52nd annual meeting of the association for computational linguistics. 2014.

Федор Федорович Добровидов

Сведения об авторе

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: dobrovidoff@gmail.com

Ссылка для цитирования: Добровидов Ф. Ф. Применение машинного обучения для поиска перифраз // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 21—23.

**ANALYSIS OF APPLYING MACHINE LEARNING TECHNIQUES
FOR PARAPHRASE DETECTION**

F. F. Dobrovidov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

This paper contains analysis on paraphrase detection methods. Paraphrase is a restatement of a given sentence using other words but keeping the same meaning. Therefore, paraphrase detection is a problem in which it is needed to find out whether the arbitrary sentences share the same meaning. Purpose of this research is to analyze applying approaches based on using machine learning in paraphrase detection task. Results show that the most promising approaches should facilitate neural networks using feature sets that take in account various facets.

Keywords: paraphrase detection, semantic similarity, natural language processing, machine learning

Fedor F. Dobrovidov

Data on author

— Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: dobrovidoff@gmail.com

For citation: Dobrovidov F. F. Applying machine learning techniques for paraphrase detection // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 21—23 (in Russian).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗНАКОВ ПРЕПИНАНИЯ В ТЕКСТАХ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

В. А. Киселев

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Проблема восстановления пунктуации возникает в задачах автоматической коррекции сканированных книг и обработки текстов, полученных после системы распознавания речи. Рассматриваются подходы к решению данной задачи и их применимость в контексте правил русского языка. Производится выбор лучшей модели и оценка ее точности при обработке неструктурированного текста.

Ключевые слова: восстановление пунктуации, нейронные сети, определение границ предложений, обработка естественных языков

Введение

Для определенных задач обработки естественного языка, помимо специально размеченных текстовых корпусов, могут использоваться обычные литературные произведения. В таких текстах может быть нарушена пунктуация: отсутствуют знаки препинания или символы-разделители предложений. Предварительная обработка таких текстов значительно улучшает их читаемость и качество дальнейших методов обработки, таких как машинный перевод, выделение именованных сущностей, оценка эмоциональной окраски, определение тематики, синтаксический анализ и определение основной мысли.

Задача сегментации текстов и определения границ предложений хорошо изучена и с высокой точностью решена для английского языка. Однако не существует решений в открытом доступе для восстановления знаков препинания русского языка. Целью работы является создание решения на базе машинного обучения и оценка его точности при обработке неструктурированного текста на русском языке.

Обзор предметной области

Все решения для обработки естественных языков можно разделить на две большие группы: основанные на правилах языка и основанные на машинном обучении.

Подход, основанный на правилах, предполагает работу с формализованной базой знаний, которая содержит информацию о частях речи, методах словообразования, зависимостях между частями предложения и правилах постановки знаков. Примерами открытых программных решений, основанных на таком подходе, являются *stanford nlp* и *nlTK*. Они поддерживают работу с английским языком, кроме того, *stanford nlp* также предоставляет возможность описания правил для своего языка. Но описание всех правил русского языка является очень объемной и сложной задачей, которая требует специальных знаний.

С другой стороны, метод, основанный на машинном обучении, не требует формирования базы знаний и может быть применен для любого языка. В общем виде машинное обучение представляет собой задачу перевода вектора X в некотором пространстве в вектор Y , находящийся в том же пространстве. Применительно к задаче восстановления пунктуации вектор X получается путем обработки исходного предложения, а вектор Y представляет это же предложение со знаками препинания. Сложностью является нахождение оптимального представления части текста в виде такого вектора. Распространенными методами для представления предложения в виде вектора являются «мешок слов» или TF-IDF, когда каждому слову

сопоставляется частота его использования в тексте. Их основным недостатком является невозможность учитывать знаки пунктуации.

В статье описан подход на базе рекуррентной нейронной сети, который позволяет решить эти проблемы.

Содержание исследования

Изначально были опробованы такие модели машинного обучения, как случайный лес, градиентный бустинг и логистическая регрессия в сочетании со следующими метриками:

- TF-IDF — метрика неприменима, поскольку не учитывает порядок следования слов,
- метод n -грамм — не отличает знаки препинания от остальных термов, что делает невозможным получить достоверный результат, поскольку модель в равной степени пытается оценить постановку каждого слова в качестве разделителя предложений.

Таким образом, использование метрик с известными моделями не позволяет отследить взаимосвязь между знаками препинания и добиться значимого восстановления пунктуации.

Это приводит к необходимости определения нелинейных взаимосвязей. За счет структуры с несколькими скрытыми слоями нейросеть может определять такие взаимосвязи.

Для реализации была выбрана двунаправленная рекуррентная нейросеть в сочетании с механизмом внимания [1]. Особенностью данной модели является возможность работы с динамической длиной контекста. Это особенно важно при обработке художественной литературы, поскольку длина предложений может сильно варьировать на протяжении произведения.

Дальнейшим этапом является составление обучающей выборки — набора различных предложений со знаками препинания. Важно подчеркнуть, что в таком наборе должны заведомо отсутствовать пунктуационные ошибки, поскольку в противном случае модель будет восстанавливать их при обработке текстов. В качестве данных для обучения был использован набор News Commentary v12, включающий в себя новостные статьи на русском языке, полученный при соревнованиях по машинному переводу [2]. На этапе предобработки данных были удалены предложения, содержащие некорректные символы, и предложения с дополнительными знаками препинания, такими как кавычки, тире и двоеточия.

Текст разделен на две части — обучающая и контрольная выборка. По обучающей выборке производится несколько циклов обучения модели, с делением выборки на несколько частей, для уменьшения потребления оперативной памяти. Точность оценивается при помощи отрицательной логарифмической вероятности ошибки [3]. Контрольная выборка используется для финальной оценки точности.

Реализация нейронной сети, взятая за основу, позволяет подбирать веса для нейронов при помощи алгоритма адаптивного градиентного бустинга [4]. Для обучения модели необходимо задать такие параметры, как число нейронов на скрытом слое и скорость обучения. Чем больше нейронов на скрытом слое, тем более нелинейные взаимосвязи могут быть обнаружены, однако слишком большое число может привести к проблеме переобучения — запоминания конкретных зависимостей характерных только для обучающих данных. Скорость обучения задает шаг для градиентного бустинга: малые значения приводят к долгому времени обучения и проблеме выхода из локального минимума, большие значения приводят к невозможности получения точного результата.

Данные параметры были выбраны эмпирическим методом:

- число нейронов 32, скорость обучения 1,0 — обученная модель не смогла корректно расставить знаки препинания для тестовых предложений;
- число нейронов 256, скорость обучения 0,02 — обучение производилось 12 ч, после чего работа была прервана в связи с нехваткой оперативной памяти;
- число нейронов 128, скорость обучения 0,1 — оптимальный вариант, после 60 ч обучения модель справляется с разметкой тестового набора.

Обучение производилось на персональном компьютере с процессором Intel Core i7 960.

Для оценки точности была произведена предобработка контрольного набора данных — из него были убраны все знаки препинания, включая разделители предложений. При помощи модели была получена версия текста со знаками пунктуации. Итоговая точность вычисляется при помощи формулы F-Score [5], которая комбинирует такие показатели, как точность (precision) и полнота (recall).

Заключение

В результате работы была достигнута точность 80,1 % при восстановлении запятых и 36,8 % восстановления границ предложений в неструктурированном русском тексте по новостной тематике.

Пример восстановленного предложения из тестового набора: «кошмар, который он разглядел, продолжался в течение великой депрессии 1930-х гг., и кульминацией его стала вторая мировая война». Все знаки расставлены верно.

Пример предложения другой тематики, не входящий в тестовый набор: «в институте тепло, уютно, работа чистая, уважаемая(.) платят неплохо, люди прекрасные, а стыд[,] глаза не выест(.)». В данном примере поставлена лишняя запятая и пропущено несколько знаков препинания (показаны в скобках).

Полученная точность не позволяет использовать модель для полностью автоматической обработки художественной литературы и требует дальнейшей обработки человеком, но может быть использована как промежуточное звено обработки текстов для улучшения таких операций, как выделение именованных сущностей, оценка тональности и др.

В рамках дальнейших исследований предлагается увеличить объем обучающей выборки с использованием наборов данных других тематик, осуществить более точный подбор параметров модели и использовать видеокарту для увеличения скорости обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tilk O., Alumäe T.* Bidirectional Recurrent Neural Network with Attention Mechanism for Punctuation Restoration // Interspeech 2016. DOI: 10.21437/Interspeech. 2016—1517.
2. EMNLP 2017 second conference on machine translation (WMT17) [Электронный ресурс]: <<http://www.statmt.org/wmt17/translation-task.html>>.
3. Classifying MNIST digits using Logistic Regression: Defining a Loss Function [Электронный ресурс]: <<http://deeplearning.net/tutorial/logreg.html#defining-a-loss-function>>.
4. *John D., Elad H., Yoram S.* Adaptive subgradient methods for online learning and stochastic optimization // Journal of Machine Learning Research. 2011. Vol. 12. P. 2121—2159.
5. *Powers D. M. W.* Evaluation: from precision, recall and f-measure to roc, informedness, markedness & correlation // Journal of Machine Learning Technologies, 2011, Vol. 2, N 1. P. 37—63.

Сведения об авторе

Владимир Анатольевич Киселев — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: ski3.mdn@yandex.ru

Ссылка для цитирования: Киселев В. А. Использование нейросетей для восстановления знаков препинания в текстах на русском языке // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 24—27.

**USE OF NEURAL NETWORKS TO RECOVERY
OF PUNCTUATION MARKS IN THE TEXTS IN RUSSIAN****V. A. Kiselev***ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia*

The punctuation restoration problem arises in tasks of automatic correction of the scanned books and texts processing after the speech recognition system. In the article considered the existing approaches of the solution and their applicability in the context of rules of the Russian language. The choice of the best model and assessment of her accuracy when processing the unstructured text is made.

Keywords: punctuation restoration, neural network, sentence boundary disambiguation, natural language processing

Data on author***Vladimir A. Kiselev***

— Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: ski3.mdn@yandex.ru

For citation: *Kiselev V. A.* Use of neural networks to recovery of punctuation marks in the texts in russian // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 24—27. (in Russian)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПОПАДАНИЯ АВТОМОБИЛЯ В ДТП НА ОСНОВЕ СТИЛЯ ВОЖДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

М. А. Маркелов, А. Д. Виноградов

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Анализ стиля вождения с помощью машинного обучения позволяет выявить паттерны поведения, по которым можно предсказать попадание водителя в дорожно-транспортное происшествие. Обобщены результаты семи методов машинного обучения, применяемых для определения вероятности возникновения ДТП. Результаты экспериментов показывают, что среди рассматриваемых методов машинного обучения по критерию полноты лучшим является простейший персептрон, по критерию F-Score — логистическая регрессия.

Ключевые слова: предсказание ДТП, машинное обучение, решающие деревья, персептрон, нейронные сети, страховая телематика, стиль вождения автомобиля

Введение

Инженеры и исследователи в автомобильной промышленности пытаются спроектировать и построить безопасные автомобили, но дорожно-транспортные происшествия неизбежны. В исследовании [1] было выявлено, что в 82,5 % случаев причиной ДТП является человеческий фактор. Среди других причин ДТП были названы погодные условия — 4,4 %, инфраструктура — 5,1 %, техническая неисправность транспортных средств — 5,3 %, но все эти факторы играют незначительную роль в причинах ДТП. Такая статистика подтверждает актуальность работы.

Анализ стиля вождения с помощью машинного обучения может позволить выявить паттерны поведения водителя на дороге, по которым можно предсказать попадание водителя в ДТП. Эти поведенческие паттерны могут быть полезными для разработки политики контроля безопасности дорожного движения.

Цель исследования — на основе информации о стиле вождения водителя и страховых случаев определять вероятность возникновения ДТП. Для достижения указанной цели необходимо:

- сформировать набор данных для исследования;
- выбрать методы машинного обучения;
- провести обучение моделей;
- определить наиболее точные модели.

Обзор предметной области

Определение стиля вождения не является новой задачей. Различные российские и международные компании, например, СКАУТ, R-Telematics, Wialon, предоставляют программные решения, способные определить стиль вождения. Использование подобных систем позволяет снизить число аварий в 3,5 раза [2]. Большинство подобных решений оценивают стиль вождения по 100-балльной шкале. В этой оценке учитываются различные параметры. В работе [3] представлены наиболее популярные параметры вождения, такие как ускорение, торможение, но в расчете не учитываются пробег ТС и соблюдение режима труда и отдыха.

В работе [4] представлены модели, которые позволяют предсказать серьезность аварии по пятибалльной шкале — без травм; с легкими травмами; с серьезными травмами; с травма-

ми, повлекшими нетрудоспособность; с летальным исходом. Использование гибридного подхода на основе решающих деревьев и нейронных сетей дало уровень точности ~90 % в определении аварий с летальным исходом, в среднем по всем классам уровень точности составляет 65 %. Стоит отметить, что в данной работе стиль вождения не учитывался, в расчет брались социально-демографические характеристики водителя (пол, возраст), состояние водителя на момент аварии (алкогольное опьянение), характеристики окружающей среды (тип дорожного покрытия, освещенность) и скорость ТС на момент аварии. Еще одним недостатком работы является метод оценки моделей. Критерий точность (Assigasy) является менее показательным, чем F-Score.

В работе [5] предложена нейронная сеть, выявляющая корреляции между различными параметрами ТС, водителя, окружающей среды и возникновением ДТП. Авторы выявили наиболее значимые параметры, такие как ширина шоссе, тип автомобиля, дистанция между ТС в потоке, нарушение допустимой скорости. В расчетах не учитывался стиль вождения. Учитывались только данные по ДТП в черте города.

Содержание исследования

В рассмотренных работах при определении вероятности попадания в ДТП не учитывался стиль вождения, несмотря на то что основной причиной аварий является человеческий фактор.

В настоящей работе использованы данные стиля управления ТС водителей компании PepsiCo Russia и страховые случаи за 2015—2016 гг. Оценка стиля вождения производилась с помощью программного решения «Безопасное вождение» компании СКАУТ. Оценка высчитывается на основе данных, принимаемых с мобильного терминала, установленного в автомобиле. К мобильному терминалу подключены датчик ремня безопасности, датчик ускорений-торможений и датчики ближнего и дальнего света. На оценку влияют превышение допустимой скорости, превышение критической скорости, движение без ремня безопасности, движение без фар, резкое торможение, резкое ускорение, резкие повороты вправо, резкие повороты влево, повышенные обороты двигателя. Точная формула в расчете не приводится, т.к. составляет коммерческую тайну.

Для исследования была подготовлена выгрузка этих оценок, рассчитанных за каждую неделю 2015—2016 гг. по каждому из 5000 водителей. Всего 519 000 записей. Запись включала в себя государственный номер ТС, ФИО водителя, пробег за период, количество торможений, ускорений, поворотов, превышений скорости, нормированные по 100-балльной шкале показатели качества ускорений, торможений, превышений допустимой скорости и суммарная оценка. Данные по страховым случаям были отфильтрованы, оставлены только случаи, непосредственно относящиеся к ДТП (2700 случаев).

В работах [4, 5] для анализа ДТП использовались нейронные сети, SVM, решающие деревья. Поэтому в исследовании модели строились также на основе этих методов. Также были использованы случайный лес, решающие джунгли, персептрон и логистическая регрессия. Эксперименты проводились в среде Microsoft Azure Machine Learning Studio.

В качестве критерия точности были определены метрика Recall. Метрика F-Score комбинирует Recall и Precision [6], однако важнее уменьшить число False Negative результатов модели, чем False Positive, т.к. ложное подозрение в ДТП лучше, чем пропуск ДТП.

Каждый метод обладает различным набором параметров. Для подбора оптимальной конфигурации с учетом выбранного критерия использовался инструмент Tune Model Hyperparameters, основанный на генетическом алгоритме. В ходе подбора параметров модель обучалась на обучающей выборке и проверялась на тестовой (пропорции обучающей и тестовой — 7:3). Затем модель с лучшими показателями проверялась методом кросс-валидации

(количество порций — 10). Усредненные результаты каждого этапа кросс-валидации представлены в таблице.

Усредненные результаты
кросс-валидации методов определения вероятности попадания в ДТП

Model	Precision	Recall	F-Score	AUC
Averaged Perceptron	0,9952	0,5965	0,7457	0,7457
Random forest	1,0000	0,0935	0,1695	0,5948
Decision Jungle	1,0000	0,2051	0,2051	0,3250
Boosted Decision Trees	0,9294	0,5913	0,7226	0,8244
Local Deep SVM	0,9948	0,5544	0,7115	0,8142
Logistic Regression	1,0000	0,5949	0,7459	0,7459
Binary Neural Network	0,8905	0,5953	0,7131	0,7977

Заключение

В результате были разработаны модели на основе машинного обучения, способные предсказывать по стилю вождения вероятность возникновения ДТП. Наибольшую точность (74,59 %) показала модель на основе логистической регрессии. С точки зрения критерия полноты лучшей оказалась модель на основе персептрона (59,65 %). Такой уровень полноты не позволяет эффективно использовать модели в индустрии, т.к. 40 % ДТП не будут обнаружены. Построенные модели подтвердили наличие зависимости вероятности возникновения ДТП и стиля вождения.

В дальнейших исследованиях планируется использовать более детализированные данные, содержащие информацию о стиле вождении водителя за одни сутки. Также планируется разработать модель, предсказывающую попадание в ДТП на основе динамики изменения стиля вождения в течение определенного периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евсеева А. А., Кобиашвили Е. И., Басков В. Н. Анализ причин возникновения дорожно-транспортных происшествий с участием грузовых автомобилей в России // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 13. С. 3011—3015.
2. СКАУТ. Безопасное вождение [Электронный ресурс]: <<https://scout-gps.ru/solutions/safe-driving/>>.
3. Воронов А. С., Калигин Н. Н. Определение стиля вождения в интеллектуальных системах страховой телематики // Ползуновский альманах. 2014. № 1. С. 124—129.
4. Chong M, Abraham A., Paprzycki M. Traffic Accident Analysis Using Machine Learning Paradigms // Informatica. 2004. P. 89—98.
5. Abdelwahab H., Abdel-Aty M. Development of Artificial Neural Network Models to Predict Driver Injury Severity in Traffic Accidents at Signalized Intersections // Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board. 2001. P. 6—13.

6. Powers D. M. W. Evaluation: from precision, recall and f-measure to roc, informedness, markedness & correlation // Journal of Machine Learning Technologies. 2011. Vol. 2, is. 1. P. 37—63.

Сведения об авторах

- Максим Александрович Маркелов** — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: max.markelow@gmail.com
- Андрей Дмитриевич Виноградов** — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: anri.vin@gmail.com

Ссылка для цитирования: Маркелов М. А., Виноградов А. Д. Определение вероятности попадания автомобиля в ДТП на основе стиля вождения с помощью методов машинного обучения // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 28—31.

**DETERMINATION OF THE PROBABILITY OF A VEHICLE FALLING INTO AN ACCIDENT
ON THE BASIS OF DRIVING STYLE DATA USING MACHINE LEARNING METHODS**

M. A. Markelov, A. D. Vinogradov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

Analysis of the driving style with the help of machine learning allows to identify patterns of behavior by which you can predict the driver's hit in an accident. This article summarizes the results of the seven methods of machine learning used to determine the likelihood of road accidents. The results of experiments show that among the considered methods of machine learning by the criterion of recall the averaged perceptron is the best, according to the criterion F-Score - logistic regression.

Keywords: traffic accidents, machine learning, decision trees, perceptron, neural networks, insurance telematics, driving style

Data on authors

- Maksim A. Markelov** — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: max.markelow@gmail.com
- Andrey D. Vinogradov** — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: anri.vin@gmail.com

For citation: Markelov M. A., Vinogradov A. D. Determination of the probability of a vehicle falling into an accident on the basis of driving style data using machine learning methods // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 28—31 (in Russian).

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ СЕТЧАТКИ

А. С. Родионов

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Работа посвящена методу автоматической диагностики диабетической ретинопатии по изображению сетчатки. Изложен способ уменьшения шума на изображении и улучшения качества. Рассмотрены и применены методы выделения особых областей на изображении по основным патологическим изменениям сетчатки, а также алгоритмы машинного обучения «градиентный бустинг» и «случайный лес». Предложено и рассмотрено решение данной задачи, основанное на поиске ключевых признаков, характерных для заболевания.

Ключевые слова: диабетическая ретинопатия, сетчатка, признаки, случайный лес

Введение

Диабетическая ретинопатия (ДР) — одно из наиболее тяжелых осложнений сахарного диабета, поражающее сосуды сетчатой оболочки глазного яблока, наблюдаемое у 90 % пациентов при сахарном диабете. Для выявления развития ретинопатии на ранней стадии необходимо своевременное офтальмологическое обследование — изучение и оценка цифрового изображения дна сетчатки глаза [1]. Однако это трудоемкий ручной процесс, требующий квалифицированного специалиста. Нередко задержка результатов исследования даже на один день может привести к развитию ретинопатии и ухудшению состояния здоровья пациента. Поэтому необходим автоматизированный метод диагностики диабетической ретинопатии, направленный на оказание помощи медицинскому специалисту или работающий автономно.

Цель данной работы — построить классификатор, который бы по конкретному изображению сетчатки предсказывал степень диабетической ретинопатии или отсутствие заболевания. В результате ожидалось достичь таких результатов, чтобы у данного метода был реальный потенциал клинического использования.

Обзор предметной области

Исследование было инициировано порталом [kaggle.com](https://www.kaggle.com) для проведения соревнований по машинному обучению. Изображения предоставлены [EyePACS](https://www.kaggle.com/eye-pacs) — бесплатной платформой для скрининга ретинопатии. Данная организация занимается связыванием пунктов первичной медицинской помощи со специалистами-офтальмологами с тем, чтобы ускорить процесс диагностики и как можно быстрее направить пациента на лечение. В настоящее время эта платформа обладает наибольшим количеством изображений сетчатки с известными диагнозами [2]. Исследователю предоставлен обучающий набор изображений дна сетчатки левого и правого глаза (35126 изображений). Изображения имеют различное расположение сторон (3:2, 4:3 и др.), с различным местоположением дна сетчатки, они получены в различных условиях, содержат шумы: различную яркость, цвет, резкость, инвертированность и угол съемки. По каждому изображению имеется диагноз квалифицированного специалиста — назначенный уровень ДР от 0 (заболевание отсутствует) до 4 (тяжелая форма заболевания) [3]. На рис. 1 слева представлен здоровый глаз, справа — глаз с уровнем ДР=4.



Рис. 1. Слева здоровый глаз, справа — глаз с ДР=4

Количество изображений, для которых необходимо сделать прогноз — 53576. В исследовании использовались OpenCV, Python, Jupyter Notebook, Scikit-Learn и другие пакеты.

Содержание исследования

Были выполнены предобработка каждого изображения, заключающаяся в обрезке частей изображения, не несущих полезной информации для определения диагноза (все, что вне сетчатки), масштабирование, экспериментирование с определенным количеством фильтров (в итоге была выбрана медианная фильтрация), увеличение резкости, а также усреднение изображений по яркости для уменьшения различий и улучшения качества изображений.

Протестированы некоторые подходы к решению задач выделения особых областей на изображении: алгоритм выделения границ Канни, преобразование Хафа для выделения окружностей и SURF-алгоритм [4, 5]. В качестве ключевых признаков были рассмотрены те, которые на практике оказывают наибольшее влияние на постановку диагноза — неоваскуляризация диска, экссудативные очаги малого, среднего и большого размеров, микроаневризмы и кровоизлияния [6].

Отдельно отметим поиск оптического нерва на изображении, это необходимо, чтобы определить наличие или отсутствие неоваскуляризации диска. Если число пятен внутри оптического нерва больше 10, то неоваскуляризация присутствует. С целью нахождения центра и радиуса оптического нерва запускался алгоритм Хафа для окружностей с параметрами медианной фильтрации 17, 15, 13, 11, 9. При этих значениях параметра алгоритм, как правило, четко выделяет оптический нерв. Если в результате работы получилось несколько окружностей с разными центрами, то выбирается центр, который покрывают наибольшее количество окружностей, и в качестве центра и радиуса искомой окружности берется среднее значение центров и радиусов покрывающих его окружностей. Результат работы алгоритма представлен на рис. 2.

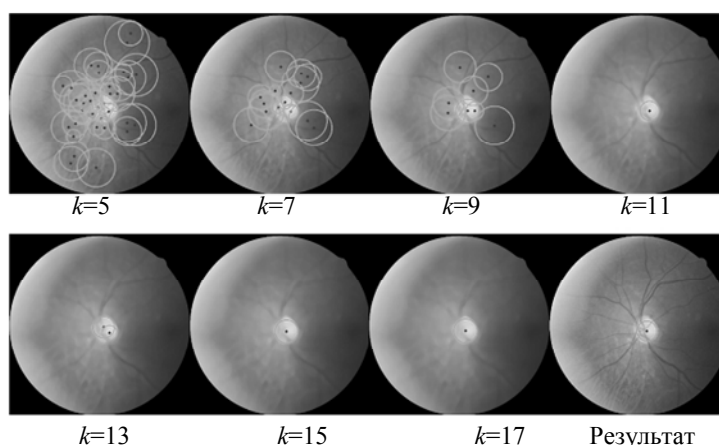


Рис. 2. Результаты работы алгоритма при различных значениях параметра медианной фильтрации и результат выделения оптического нерва

В конечном итоге было сформировано признаковое описание изображений по основным патологическим изменениям сетчатки: бинарные признаки, характеризующие наличие на изображении экссудативных очагов малого, среднего и крупного размера, а также количественные признаки, показывающие число экссудативных очагов малого, среднего и большого размера для всех использующихся в работе алгоритмов выделения особых точек.

По сформированным признакам были протестированы алгоритмы машинного обучения «случайный лес» и «градиентный бустинг» с различными входными параметрами [7].

Заключение

Подводя итоги, можно сделать вывод, что выбранный способ предсказания степени заболевания с использованием классических алгоритмов поиска пятен и окружностей и построением на их основе матрицы объект—признак с последующей обработкой алгоритмами машинного обучения показал неудовлетворительный результат (точность предсказания меньше 40 %). Это объясняется высокой зашумленностью исходных изображений. В дальнейшем для предсказания степени заболевания планируется использовать сверточные нейронные сети, а данное исследование было проведено, скорее, с целью показать неэффективность выбранных методов с последующим выгодным сравнением в пользу использования нейронных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуковский М. А. Справочник педиатра-эндокринолога. М.: Медицина, 1992. С. 213—214.
2. EyePACS [Электронный ресурс]: <<http://www.eyepacs.com>>.
3. Kaggle [Электронный ресурс]: <<https://www.kaggle.com/c/diabetic-retinopathy-detection>>.
4. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: Бином-Лаборатория знаний, 2006. 752 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера 2005. 1072 с.
6. Медведев И. Б., Евграфов В. Ю. Диабетическая ретинопатия и ее осложнения. ГЭОТАР-Медиа, 2015. 288 с.
7. Коэльо Л. П., Ричарт В. Построение систем машинного обучения на языке Python. 2016. 302 с.

Сведения об авторе

Александр Сергеевич Родионов

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: alexnrod@gmail.com

Ссылка для цитирования: Родионов А. С. Автоматическая диагностика диабетической ретинопатии по изображению сетчатки // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 32—35.

IDENTIFICATION OF DIABETIC RETINOPATHY ON IMAGES OF A RETINA

A. S. Rodionov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

This article is devoted for the method of automatic diagnosis of diabetic retinopathy on the image of the retina. The way of noise reduction on the image and improvement of quality is stated. The methods of allocating special areas on the image for the main pathological changes in the retina, as well as algorithms for machine learning, gradient boosting and a random forest are considered and applied. A solution to this problem was proposed and considered, based on the search for key signs characteristic of this disease.

Keywords: diabetic retinopathy, retina, features, random forest

Data on author

Alexander S. Rodionov — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: alexnrod@gmail.com

For citation: *Rodionov A. S.* Identification of diabetic retinopathy on images of a retina // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 32—35 (in Russian).

ПОЛНОСВЕРТОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧАХ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

М. И. Сорокин

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Предлагается подход к сегментации изображений на основе полносверточных нейронных сетей. Приведены общая структура полносверточной нейронной сети и принцип ее работы, а также результат сегментирования изображения с боковым искусственным освещением. Данный метод может быть использован, в частности, в задачах обнаружения источников света для классификации типа освещения и выявления его карты признаков.

Ключевые слова: сегментация изображений, полносверточная нейронная сеть, освещение

Введение

Под сегментацией следует понимать разбиение изображения на отдельные, схожие между собой области, или участки пикселей. Сегментация может использоваться в различных областях, начиная от простейших проблем компьютерного зрения до сложных задач восстановления оптических параметров. Результат сегментации — множество сегментов, полученных из исходного изображения. В данной работе рассматривается подход к сегментации освещения с использованием полносверточных нейронных сетей, описаны структура и принципы работы.

Обзор предметной области

Для решения широкого спектра задач по сегментации изображений могут использоваться различные методы, в частности, алгоритмы на основании марковских случайных полей [1], алгоритмы сегментации изображений на основе совместного использования спектральных и текстурных признаков [2], а также с использованием рекуррентной нейронной сети [3].

Преимущества полносверточных нейронных сетей заключаются в очень высокой производительности, продемонстрированной на конкурсе ImageNet, в способности обучения и построении сложных карт признаков, на основе предшествующих сверточных слоев или слоев субдискретизации, что на практике позволяет строить и распознавать сложные иерархии признаков. Кроме того, сверточные нейронные сети уже показали высокую эффективность в задачах классификации изображений [4].

Более того, как известно, освещение, по своему типу делится на естественное и искусственное. Искусственное, в свою очередь, по характеру размещения делится на боковое, напольное и потолочное. Однозначной преимущественно использования полносверточных нейронных сетей заключается не только в построении сегментированного изображения области освещения, но и в классификации по типу.

Содержание исследования

Модель данной полносверточной сети состоит из трех слоев: сверточного (convolutional layer), субдискретизирующего (subsampling layer) и слоя «обычной» нейронной сети — перцептрона (perceptron layer). Первые два типа слоев, чередуясь, формируют входной вектор признаков для многослойного перцептрона.

Выходные нейроны сверточного слоя соединены только с определенными областями входной матрицы, т.е. реализуют идею локальных рецептивных полей. Другими словами, это

участок с рецепторами, которые при воздействии на них определенного стимула приводят к изменению возбуждения этого нейрона.

Субдискретизирующий слой выполняет операцию по уменьшению размера входной карты признаков, в данной работе использовался метод максимального объединения (max pooling), где вся карта признаков разделяется на ячейки 2×2 элемента, из которых выбираются максимальные значения. В слое перцептрона входные значения (результат предыдущих слоев) разворачиваются из матрицы в вектор и обрабатываются.

Обучение осуществляется следующим образом: на вход полносверточной сети подаются тестовые изображения (маски) с закрашенными участками освещенных областей. Всего на данный момент идет обучение для трех типов освещения: бокового, напольного и потолочного. В данной работе представлен пример обучения для бокового освещения. Области освещения помечены единицей, а все остальные — нулем. Анализируя такие изображения, сеть учится выделять конкретные признаки освещенных участков. Количество сверточных слоев и данных для обучения прямо пропорционально качеству сегментации изображений. Входное изображение и результат работы приведены на рис. 1 и 2. На каждый тип требуется порядка 300 изображений для обучения, а также изображения для проверки.

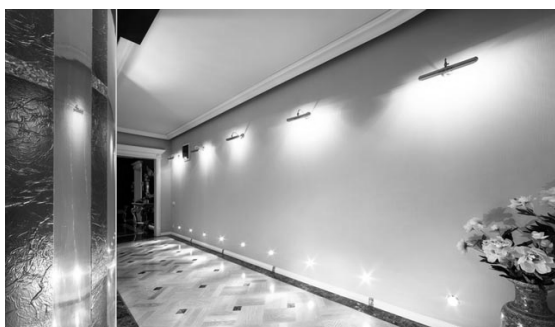


Рис. 1. Оригинальное изображение



Рис. 2. Сегментация изображения

Заключение

В данной работе рассмотрена возможность использования полносверточной нейронной сети для сегментации освещенных участков на изображениях. В дальнейшем данная сеть будет использована и усложнена для решения таких задач, как определение источников и типа освещения, для решения некоторых проблем систем дополненной реальности. Из недостатков данного метода следует отметить сложность алгоритма и долгое время обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stan Z. Li. Markov Random Field Modeling in Image Analysis // Computer Science Workbench, Springer. 2001. P. 323—327.

2. Pestunov I. A., Rylov S. A. Spectral-textural segmentation algorithms for satellite images with high spatial resolution // Вестник КемГУ. 2012. № 4. С. 52.
3. Немировский В. Б., Стоянов А. К. Сегментация изображений с помощью рекуррентной нейронной сети // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321, № 5.
4. Berg A., Deng J., Fei-Fei L. Large scale visual recognition challenge 2010. [Электронный ресурс]: <<http://www.image-net.org/challenges/LSVRC/2010/>>.

Сведения об авторе

Максим Игоревич Сорокин — аспирант; Университет ИТМО, кафедра технологий визуализации (базовая); E-mail: vergotten@gmail.com

Ссылка для цитирования: Сорокин М. И. Полносверточные нейронные сети в задачах сегментации изображения // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 36—38.

**FULLY-CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS
IN PROBLEMS OF IMAGE SEGMENTATION**

M. I. Sorokin

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The approach of image segmentation based on convolutional neural networks is proposed. The general structure of the convolutional neural network and the principle of its operation are given, and also illustrated the result of segmented image with side-light. This approach can be used in various problems, in particular, in problems of detecting light sources to classify the type of illumination and to build its characteristic map.

Keywords: segmentation of images, fully convolutional neural network, lighting

Data on author

Maxim I. Sorokin — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of visualization (basic); E-mail: vergotten@gmail.com

For citation: Sorokin M. I. Fully-convolutional neural networks in problems of image segmentation // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 36—38 (in Russian).

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ. ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 004.891

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ

А. К. Кожоголова

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Предметом исследования является система оценки усталости водителя. Целью исследования является разработка мобильного приложения оценки усталости водителя, которая позволяет определить степень усталости водителя методом тестирования и анализа биометрических и психофизических показателей пользователя. В результате исследования разработано мобильное приложение для оценки усталости водителя на базе платформы Android, проведено предварительное тестирование системы.

Ключевые слова: оценка усталости водителя, экспертная система, фреймовая модель, мобильное приложение, операционная система Android

Введение

Вычислительные мощности мобильных устройств и современные облачные сервисы обеспечивают возможности реализации экспертных систем в качестве мобильных приложений, позволяющих сохранять в облаке информацию и выдавать решения на основе анализа множества имеющихся параметров. В настоящее время разработка приложений, получивших название mHealth (мобильная медицина), — актуальное направление компьютерных технологий. Наряду с медицинскими экспертными системами (ЭС) имеются перспективы создания мобильных приложений оценки усталости работников, что актуально для групп повышенного риска, где необходим постоянный мониторинг жизненных показателей, в частности водителей.

Целью данной работы является создание мобильного приложения оценки усталости водителя. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить: анализ существующих решений по оценке усталости водителя; выбор модели представления знаний экспертной системы; разработку структуры и компонентов мобильного приложения; реализацию мобильного приложения оценки усталости водителя на основе выбранной модели представления знаний и определение контента экспертной базы знаний.

Обзор предметной области

Рассмотрим решения по оценке состояния здоровья человека и контроля усталости. Известно мобильное приложение для анализа состояния здоровья Welltory [1]. Назначением данного приложения является оценка уровня стресса человека с использованием камеры смартфона и различных приложений и гаджетов. Welltory позволяет выявить причины усталости, получить рекомендации по улучшению состояния здоровья. К недостаткам данной системы можно отнести то, что приложение работает некорректно в некоторых версиях

Android, основной функционал приложения является платным, а при измерении пульса камера смартфона обладает погрешностью в 5—7 %.

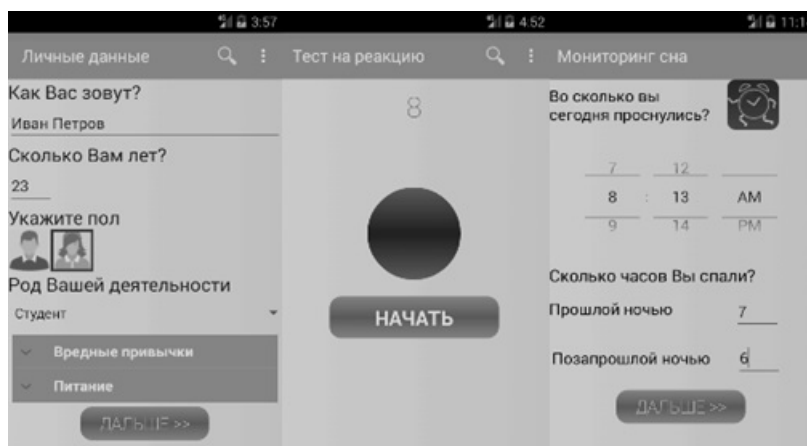
Существуют системы контроля усталости, встроенные в автомобили [2]. Данные системы определяют наступление усталости у водителей путем обработки параметров, таких как характер управления автомобилем, мимика водителя, биометрические показатели, частота нажатия педалей. Измерения осуществляются при помощи встроенных датчиков. Но и у этих решений имеется ряд недостатков. Во-первых, система периодически ложно срабатывает, что может вызвать напряжение водителя. Во-вторых, системы обрабатывают данные лишь по одному из вышеназванных параметров, что также снижает точность определения усталости.

Поэтому актуальна разработка мобильной экспертной системы (ЭС) оценки усталости водителя, которая позволит *предварительно установить степень усталости* на основе анализа биометрических показателей (режим сна, режим питания, пульс, температура), измеряемых с помощью умных часов, а также психофизических показателей (концентрация и переключаемость внимания, скорость реакции и память), выявляемых с помощью тестирования пользователя, определить степень и причины усталости водителя, выдать соответствующие рекомендации по предотвращению усталости и восстановлению энергии перед вождением, в зависимости от длительности и условий поездки.

Содержание исследования

В основе процесса создания мобильного приложения ЭС лежат описание структуры понятий программного средства, выбор модели представления знаний и структурирования знаний с помощью выбранных средств описания в целях упрощения процесса принятия решения [3]. В работе [4] проанализированы модели представления знаний и обоснован выбор фреймовой модели, которая была использована при разработке мобильного приложения ЭС оценки усталости водителя. Согласно выбранной предметной области, база знаний системы управления рисками усталости будет содержать: личные данные пользователя; сведения о состоянии пользователя; статистику продолжительности сна; экспертные сведения об усталости (симптомы, факторы, методы их предотвращения [5]); экспертные знания, необходимые для принятия мер при критическом состоянии пользователя; экспертные рекомендации.

Одной из важных задач является разработка диалогового компонента ЭС в приложении к мобильным системам, в особенности с точки зрения экспертной системы усталости, т.к. в данном случае пользователями могут быть обычные люди, причем разного возраста. Мобильное приложение позволяет определить степень усталости водителя на основе анализа личных данных пользователя, а также: времени суток, длительности поездки, режима сна, режима питания, характера работы пользователя, переключаемости и концентрации внимания, памяти, скорости реакции. Значения перечисленных показателей определяются при помощи специального теста, который включает вопросы о самочувствии и последних действиях пользователя, тесты на внимание, память и скорость реакции. Система имеет также возможность снимать биометрические данные пользователя с умных часов, такие как пульс, сон и температура тела, являющиеся важными показателями усталости человека. На основе анализа каждого параметра система выдаст результат о состоянии пользователя. В соответствии с результатом выдаются рекомендации по восстановлению и предотвращению усталости, такие как коррекция питания, сна (см. рисунок).



Мобильное приложение оценки усталости

Заключение

Таким образом, основными результатами работы являются: анализ решений по оценке усталости водителя; разработка алгоритмов диагностирования состояния усталости в виде тестовых программ, позволяющих получить данные по таким важным показателям, как внимание, память и скорость реакции; выбор модели представления знаний для разрабатываемой системы; разработка структуры и компонентного состава мобильного приложения; разработка пользовательского интерфейса мобильного приложения, реализация мобильного приложения оценки усталости водителя на основе выбранной модели представления знаний и определение контента экспертной базы знаний.

Мобильное приложение системы оценки усталости водителя разрабатывается на базе платформы Android. Пробное тестирование разработанной мобильной системы оценки усталости предполагается провести с участием водителей разных возрастных категорий и рода деятельности с целью определения дальнейших задач исследования и улучшения функциональных возможностей приложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Welltory [Электронный ресурс]: <<https://welltory.com/ru/>>.
2. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]: <http://systemsauto.ru/active/drowsiness_detection_system.html>. (дата обращения 26.11.2017)
3. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование. М.: Вильямс, 2007. 1152 с.
4. Кожоголова А. К. Выбор модели представления знаний в мобильном приложении для оценки риска усталости // Сборник трудов VI Всероссийского конгресса молодых ученых. СПб, 2017. С. 99—104.
5. Крушельницкая Я. В. Физиология и психология труда: Учебник. М.: Финансы и статистика. 2003. 367 с.

Сведения об авторе

Алтынай Камчибековна Кожоголова — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: altysha_k04@list.ru

Ссылка для цитирования: Кожоголова А. К. Разработка мобильного приложения для оценки усталости водителей // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 39—42.

THE DEVELOPMENT OF THE MOBILE APPLICATION FOR DRIVER'S FATIGUE ASSESSMENT

A. K. Kozhogulova

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The subject of the research is the driver fatigue assessment system. The purpose of the research is to develop a mobile application for assessing driver fatigue, which allows to determine the degree of driver fatigue by testing and analysis of the user's psychophysical and biometrical indicators. As a result of the research, a mobile application for assessing driver fatigue based on the Android platform was developed, and the results of testing the system were obtained.

Keywords: driver fatigue assessment, expert system, frame model, mobile application, Android operation system

Data on author

Altynai K. Kozhogulova — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: altysha_k04@list.ru

For citation: *Kozhogulova A. K.* The development of the mobile application for driver's fatigue assessment // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists "Computing systems and networks (Mayorov's readings)". 2018. P. 39—42 (in Russian).

УДК 004.5

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА ДЛЯ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА

П. Ю. Корепанов

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассматриваются особенности цифровой обработки сигнала (ЦОС) нейроинтерфейса. Опробованы различные типы цифровых фильтров, исследованы их достоинства и недостатки. Моделирование и настройка цифровых фильтров проводились с помощью библиотеки языка программирования Python. Данные для исследования были получены с помощью нейроинтерфейса Emotiv Eroc. Были проанализированы современные методы цифровой обработки сигналов в области исследований эмоциональных состояний на основе электроэнцефалографии и предложены способы усовершенствования ЦОС для проекта «Нейротейтр».

Ключевые слова: нейроинтерфейс, ЦОС, ФНЧ, спектр, анализ, Emotiv Eroc, полосовой фильтр

Введение

В современных системах получаемая с датчиков информация нуждается в цифровой обработке сигнала (ЦОС) с целью удаления шумов и выделения полезной информации. В проекте «Нейротейтр» используется нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ) Emotiv Eroc, созданный для исследования мозговой активности. Этот интерфейс является не погруженным, то есть электроды находятся на поверхности кожи. Особенностью таких НКИ является повышенная подверженность к шумам, так как любое непроизвольное мышечное движение будет считано и передано НКИ. На рис. 1 изображена архитектура НКИ.

Целями работы являются устранение помех из сигнала и выбор метода фильтрации под НКИ Emotiv Eroc.

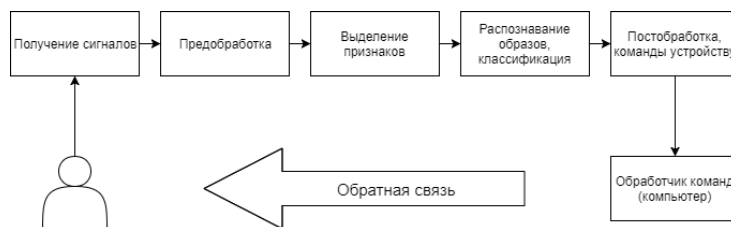


Рис. 1. Архитектура НКИ

Обзор предметной области

На данный момент существует множество инструментов для обработки сигнала электроэнцефалографии (ЭЭГ), рассмотрим основные из них [1]:

- 1) использование фильтров высоких и низких частот;
- 2) пересчет значений ЭЭГ относительно нового референтного (опорного) электрода;
- 3) методы, основанные на линейном разложении сигнала ЭЭГ на составляющие компоненты.

Чаще всего эти методы используются в совокупности (в НКИ Emotiv Eroc есть опорный электрод, что позволяет использовать пересчет относительно опорного электрода), так как при этом повышается эффективность отстройки сигнала от шума.

Вышеперечисленные методы позволяют очистить сигнал от помех различного происхождения. При записи с НКИ регистрируют помехи двух типов: физические и физиологические. Для удаления физических помех применяют фильтры, в то время как для физиологических помех выполняется пересчет относительно опорного электрода.

С точки зрения нейрофизиологии из рассматриваемого сигнала необходимо выделить альфа- и бета-ритмы головного мозга [2]. Частота альфа-ритма варьирует от 8 до 13 Гц, амплитуда 5—100 мкВ. Альфа-ритм связан с состоянием спокойствия, пик активности наступает при закрытых глазах. Частота бета-ритма варьирует от 14 до 40 Гц, амплитуда колебания до 20 мкВ. Бета-ритм в норме связан с когнитивными процессами и фокусировкой внимания.

Содержание исследования

Исследуемый диапазон ритмов головного мозга находится в области низких частот. Поэтому для эксперимента был выбран фильтр нижних частот (ФНЧ), однако применение ФНЧ не позволило удалить из сигнала смещение по постоянному току. Это обусловлено наличием постоянной составляющей во входном сигнале (рис. 2).

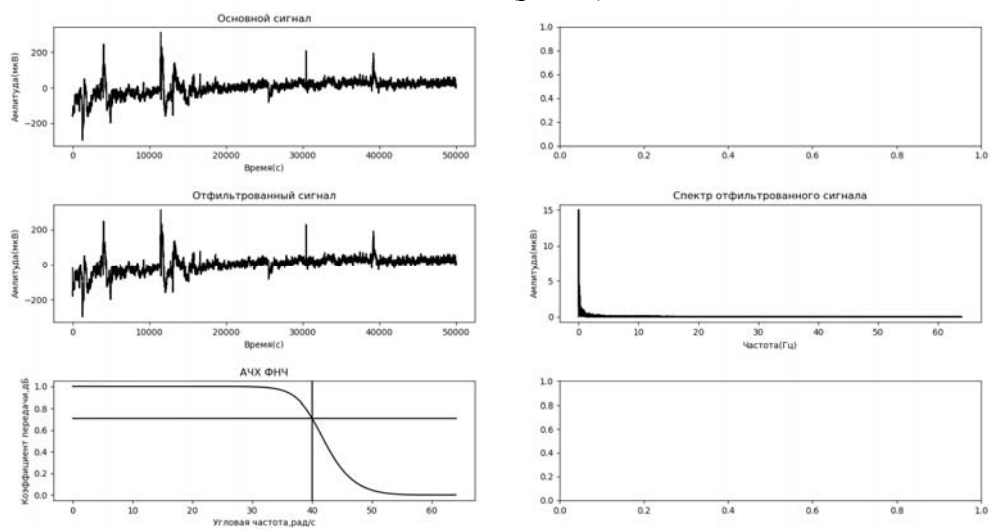


Рис. 2. Исходный сигнал, сигнал прошедший фильтрацию, АЧХ фильтра и спектр отфильтрованного сигнала

Поскольку ФНЧ не удаляет низкочастотную помеху [3, 4], был использован полосовой фильтр с частотой среза 8 и 35 Гц, который очистил сигнал от постоянной составляющей. Был выбран фильтр Баттерворта, так как он обладает ровной АЧХ в полосе пропускания, а также более равномерным спадом характеристики, что важно при детектировании бета-составляющих, имеющих небольшую амплитуду. Кроме того, экспериментально был выбран шестой порядок фильтра, захватывающий частотные составляющие до 40 Гц, что позволяет сфокусироваться на альфа- и бета-диапазоне (рис. 3).

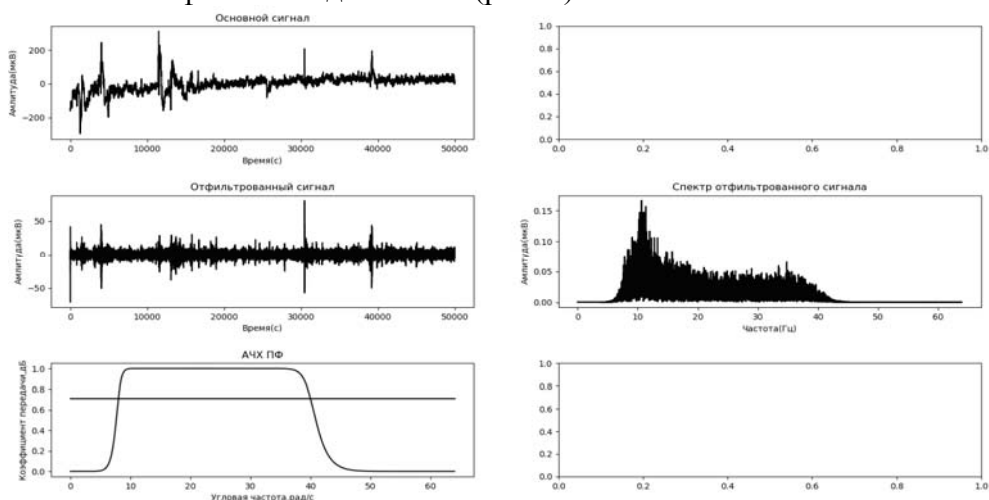


Рис. 3. Исходный сигнал, сигнал прошедший фильтрацию, АЧХ фильтра, спектр исходного сигнала и спектр отфильтрованного сигнала

В работе была исследована применимость оконной функции Ханнинга для уменьшения влияния боковых лепестков [5], однако этот подход приводил к потере полезного сигнала.

Заключение

Для задач цифровой обработки сигналов ритмов головного мозга подходит полосовой фильтр 6-го порядка с частотой среза 8 и 35 Гц (это справедливо для альфа- и бета-диапазона).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сотников П. И. Обзор методов обработки сигнала электроэнцефалограммы в интерфейсах мозг-компьютер // Инженерный вестник. 2014.
2. Быков М. П. Анатомия головного мозга. Фотографический атлас, 2009.
3. Emotiv Systems, TestBench User Manual, [Электронный ресурс]: <<http://www.crossroadsacademy.org/crossroads/wp-content/uploads/2016/05/Test-Bench-Manual-pdf>>. (дата обращения: 28.09.2017)
4. Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists [Электронный ресурс]: <<http://www.dspguide.com/>>. (дата обращения: 12.11.2017)
5. Солонина А. И., Арбузов С. М., Степанов А. Б., Клионский Д. М. Технология моделирования цифровой обработки сигналов с использованием методов спектрального анализа. 2011.

Сведения об авторе

Павел Юрьевич Корепанов — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: p.corepanow1@yandex.ru

Ссылка для цитирования: Корепанов П. Ю. Цифровая обработка сигнала для нейроинтерфейса // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 43—45.

DIGITAL SIGNAL PROCESSING FOR NEUROINTERFACE

P. Y. Korepanov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

Problems of digital signal processing is considering in this report. Features of neurointerface signals are analysing and exploring various methods for digital processing. There is signal extraction, filtering and spectrum analysis in this report. The experimental results are given.

Keywords: neurointerface, LPF, DSP, spectrum, Emotiv Epos, band-pass filter

Data on author

Pavel Yu. Korepanov — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: p.corepanow1@yandex.ru

For citation: Korepanov P. Y. Digital signal processing for neurointerface // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 43—45 (in Russian).

УДК 004.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МОДЕЛИ ФОТОРЕАЛИСТИЧНОГО РЕНДЕРИНГА

И. В. Коротенко

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Работа посвящена созданию компьютерных моделей визуализации трехмерных сцен с использованием голографических элементов в программном комплексе Lumisect. Модель основывается на методах стохастической трассировки лучей в сценах, содержащих линзовые элементы, и позволяет визуализировать построение лучей и изображений в сценах с голограммными элементами.

Ключевые слова: неоднородность оптических свойств, распространение света в среде, элементы оптических устройств, стохастическая трассировка лучей, голограммы, дифракционные элементы, порядки дифракции, метод русской рулетки, направленная трассировка лучей

Введение

Целью этой работы является использование фотореалистичного рендеринга для сцен, содержащих голографические элементы. Задача заключается в моделировании процесса стохастического рассеивания света по дифракционным порядкам на голографическом элементе. Актуальность задачи состоит в определении возможности моделирования процессов распространения света и построения изображения в оптических устройствах, содержащих голографические элементы.

Обзор предметной области

Решения, рассмотренные в [1], реализованы с помощью детерминированного метода трассировки лучей. При проектировании современных осветителей используются новая элементная база, новые конструкторские и технологические решения, поэтому методы детерминистической трассировки луча неприменимы для корректного моделирования и систем данного класса. На смену детерминистическим методам приходят методы стохастического моделирования, обеспечивающие физически корректное решение уравнения рендеринга. Оптимальным является метод двунаправленной стохастической трассировки лучей, который объединяет методы прямой и обратной трассировки лучей, что позволяет наилучшим образом интегрировать вторичную яркость на диффузных поверхностях между источником и приемником излучения. В методе стохастической трассировки лучей двунаправленная функция рассеивания заменяется распределением мощности излучения по порядкам дифракции:

$$n(r'_0 - r'_r) = \frac{m\lambda}{\lambda} n(r_0 - r_r),$$

где n — локальная нормаль в точке падения луча; m — порядок дифракции; r'_0 — луч дифрагированный; r'_r — луч, воспроизводящий голограмму; λ' — длина волны падающего луча; λ — длина волны, используемая в сцене записи; r_0 и r_r — направление на точку падения от опорного и объектного источников.

На рис. 1 представлены различные варианты расположения источников опорных и объектных лучей [3].

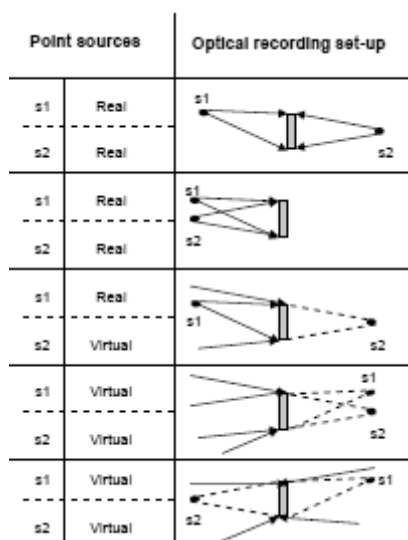


Рис. 1. Расположение источников опорных и объектных лучей

После того как лучи из источников достигли поверхности голограммы, они меняют свое направление движения. Этот эффект представлен на рис. 2.

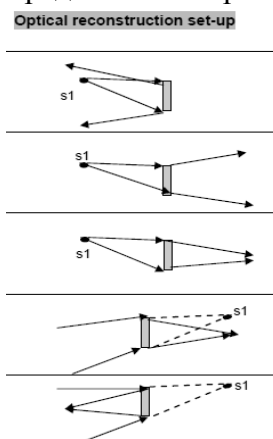


Рис. 2. Направление движения лучей

В данной работе предполагается интеграция в систему фотореалистичного рендеринга Lumiscript, которая имеет программный интерфейс OPTOS [4], используемый для подключения новых методов преобразования светового излучения. Поэтому модель голографического рендеринга будет интегрирована в Lumiscript посредством интерфейса OPTOS.

Содержание исследования

В данной работе проведен анализ литературных источников по предмету взаимодействия света с голограммными оптическими элементами, рассмотрены приближения лучевой оптики, способы преобразования лучей на голограммных элементах.

Элементы оптических устройств могут использоваться для формирования изображений или в задачах освещения, системах визуального наблюдения, дополненной, смешанной и виртуальной реальности или в задачах освещения трехмерных сцен.

В настоящее время все более широкое применение находят дифракционные элементы в системах защиты. Например, фазовые и объемные голограммы могут использоваться в оптических системах для компенсации аберраций. Голограмма является записью интерференционной картины, поэтому важно, чтобы длины волн (частоты) объектного и опорного лучей совпадали друг с другом и разность их фаз не менялась в течение всего времени записи. Существует два типа дифракционных элементов — рассеивающие свет и преобразующие свет

по фиксированному набору дифракционных порядков. Дифракция света на голографических элементах имеет строго направленный характер, в котором практически отсутствует рассеивание света вокруг каждого дифракционного порядка, поэтому таким свойством обладают не только голографические элементы, но и дифракционные решетки. В модели компьютерной графики входят модели либо направленного преобразования излучения, либо непрерывного рассеивания. Модель дифракционного рассеивания не является естественной для компьютерной графики, поскольку она предполагает направленное рассеивание по бесконечному количеству дифракционных порядков.

В рамках данного проекта удалось расширить модели компьютерной графики голографическим элементом, который позволяет преобразовывать направление падающего на него луча в соответствии со структурой (по определенным дифракционным порядкам).

В настоящее время основным методом фотореалистичной визуализации является стохастическая трассировка лучей. Для корректного моделирования эффекта дифракционного рассеивания был использован метод русской рулетки. Данный метод заключается в выборе дифракционного порядка, в который пойдет падающий луч, и расчете направления, соответствующего данному дифракционному порядку. Такой подход обеспечил возможность не только трассировки лучей, но также построения изображений со сценами, содержащими голограммные элементы. Разработанные модели и алгоритмы были интегрированы в систему прямой и обратной стохастической трассировки лучей, что позволило реализовать данную программную модель в Lumiscript.

Заключение

В этой работе не была рассмотрена задача расчета дифракционной эффективности голографических структур. Это является отдельной задачей, которая решается специализированными программами (например, Virtual lab [5]).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Smith R. W.* A note on practical formulae for finite ray tracing through holograms and diffractive optical elements // *Optics communications*, 1985.
2. *Benton S. A., Bove V. M. Jr.* Holographic-Imaging. Wiley-Interscience, 2011. 270 p.
3. *Kress B. C., Meyrueis P.* Applied digital optics. Willey, 2005.
4. *Волобой А. Г., Галактионов В. А., Жданов Д. Д.* Технология оптических элементов в компьютерном моделировании оптико-электронных приборов // *Информационные технологии в проектировании и производстве*. 2006. № 3. С. 46—56.
5. VirtualLab — physical optics software. [Электронный ресурс]: <<https://www.lighttrans.com/resources/references.html>>. (дата обращения: 10.02.2018)

Сведения об авторе

Илья Витальевич Коротенко — студент; Университет ИТМО, кафедра технологии визуализации;
E-mail: ilia53v@mail.ru

Ссылка для цитирования: *Коротенко И. В.* Использование голографических элементов в модели фотореалистичного рендеринга // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 46—49.

USING HOLOGRAPHIC ELEMENTS IN THE PHOTOREALISTIC RENDERING MODEL

I. V. Korotenko

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The work is devoted to the creation of computer models for visualization of images using holographic elements in the Lumicept software package. The model is based on the methods of stochastic ray tracing in scenes containing lens elements and allows you to visualize the construction of rays and images in scenes with hologram elements.

Keywords: nonuniformity of optical properties, propagation of light in a medium, elements of optical devices, stochastic ray tracing, holograms, diffraction elements, diffraction orders, method of russian roulette, directional ray tracing

Data on author

Ilia V. Korotenko — Student; ITMO University, Department of Imaging Technology;
E-mail: ilia53v@mail.ru

For citation: *Korotenko I. V.* Using holographic elements in the photorealistic rendering model // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 46—49 (in Russian).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯЗЫКОВ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ РАЗНОГО УРОВНЯ АБСТРАКЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧЕ ПОИСКА СТРОК

М. С. Толкачев

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Цель данной работы — исследование различных инструментов синтеза аппаратного обеспечения с использованием языков программирования высокого уровня (HLS) и языков описания аппаратуры (HDL). В процессе исследования выбраны ключевые объективные и субъективные критерии, на основе которых возможно сравнение различных средств синтеза аппаратуры. В качестве реализуемого алгоритма (объекта реализации) выбран наивный алгоритм поиска строк в потоке данных. Особенность этой задачи заключается в том, что в реализации ключевыми аспектами являются высокая пропускная способность и возможность software/hardware co-design. Рассмотрены особенности HLS как средства ускорения и упрощения аппаратной реализации алгоритмов, а также влияние использования данных средств на эффективность реализуемой схемы. Рассмотренные средства синтеза аппаратуры HLS на основе C++ и SystemC; HDL на основе Haskell и SystemVerilog проанализированы согласно выбранным критериям. На основе полученных данных сформирована сводная таблица характеристик рассмотренных средств синтеза.

Ключевые слова: языки описания аппаратуры, высокоуровневый синтез, ПЛИС, Haskell, поиск строк

Введение

Языки описания аппаратуры (HDL) — группа специализированных языков программирования, используемых для описания структуры и поведения схем (моделей). Изначальной целью использования HDL было документирование и моделирование схем [1]. Позднее появилась возможность синтеза схем из HDL-описания.

В настоящее время для синтеза схем используются не только языки описания аппаратуры, но и другие языки программирования. Процесс синтеза схем из них называют высокоуровневым синтезом (HLS).

Целью данного исследования является сравнение средств проектирования на языках программирования высокого уровня и HDL. В качестве объекта сравнения выбран наивный алгоритм поиска строк в потоке данных [2]. На примере этой задачи оценивается эффективность результатов высокоуровневого синтеза.

Обзор предметной области

Схожее исследование — сравнение результатов высокоуровневого синтеза и синтеза из языка описания аппаратуры — описано в работе [3]. В основу исследования было положено сравнение реализации ядра обработки изображений методами HLS с использованием языка C++ и реализации того же ядра средствами VHDL. В результате работы делаются выводы об относительно низкой эффективности реализации средствами HLS — значительно большее потребление ресурсов и меньшая пропускная способность реализованного аппаратного блока. Хотя отмечается также значительное сокращение времени разработки.

В настоящей работе анализируются методы HLS и HDL для построения более полной картины средств, которые в данный момент доступны разработчикам аппаратного обеспечения. Также расширен набор рассматриваемых критериев сравнения.

Выбранные для анализа средства HLS: C++; SystemC (IEEE 1666-2006, version 2.2). Для HDL-реализации был выбран SystemVerilog-2009 (IEEE Standard 1800-2009).

Как альтернативный HDL рассмотрен функциональный HDL — ClaSH 0.7.0.1 [4]. Он основан на функциональном языке программирования Haskell и является проектом с открытым исходным кодом [5].

Содержание исследования

С помощью сравниваемых инструментов был реализован простейший алгоритм поиска строк — посимвольное сравнение данных со строкой. К реализации алгоритма предъявлялись следующие требования:

- входные данные поступают по потоковому пакетному интерфейсу Avalon Stream. Интерфейс имеет возможность обратной связи для приостановки передачи данных. Каждый пакет должен быть обработан независимо;
- ширина слова потокового интерфейса — 4 байта, но должна быть легко изменяема (параметризована). Размер самого пакета (число слов) не ограничен;
- в потоке ищется одно слово, оно передается как входной сигнал. Размер слова параметризуем.

Для генерирования исходного кода Verilog из высокоуровневого описания было использовано программное средство Vivado HLS v2017.1 от Xilinx. SystemVerilog исходный код из описания на ClaSH был получен с помощью утилиты clash-ghc 8.0.2.

Для верификации всех реализаций были использованы SystemVerilog и симулятор ModelSim-Intel FPGA Starter Edition Software 10.5b.

Для сравнения потребления ресурсов все реализации были собраны с помощью Quartus Prime Lite Edition 16.1.0. В качестве целевого чипа при синтезе был выбран Cyclone IV EP4CE22F17C6.

Предлагаемые критерии сравнения средств синтеза:

- объективные
 - число затраченных ресурсов (LUT, FF);
 - пропускная способность;
 - задержка обработки данных;
- субъективные
 - порог вхождения (время, необходимое для освоения базовых возможностей инструмента);
 - доступность документации и вспомогательной информации к инструменту (размер сообщества пользователей, наличие примеров и т. д.).

Результаты исследования приведены в таблице.

Сводная таблица результатов исследования

Критерий	C++	SystemC	ClaSH	SystemVerilog
Ресурсы	FF: 174 LUT: 129	FF: 92 LUT: 139	FF: 87 LUT: 126	FF: 76 LUT: 115
Пропускная способность (относительно максимальной), %	17	20	20	25
Задержка, такты	6	5	5	4
Порог вхождения	Низкий	Средний	Очень высокий	Высокий
Доступность документации	Низкая	Средняя	Низкая	Средняя

Основное преимущество синтеза из C++ — возможность совместной разработки программного и аппаратного обеспечения, но качество синтеза для некоторых задач недостаточно высокое. Также многие аспекты реализации схем приходится учитывать в коде, рассчитанном на выполнение в аппаратной части, что вызывает явные проблемы, если целью использования HLS ставить независимость описания алгоритмов от среды их исполнения. Главным преимуществом использования SystemC является наличие стандарта, который определяет процесс синтеза из описания. Также данная библиотека содержит методы уточнения описания алгоритма, что создает механизм для более эффективного синтеза в отдельных участках алгоритмов, где это необходимо.

Библиотека ClaSH, хотя и рассчитана на иную модель вычислений, в отличие от Haskell, не вносит изменений в синтаксис языка. Поэтому освоить ClaSH людям, знакомым с функциональным программированием, достаточно просто. Библиотекой вводится небольшой набор базовых функций и типов: тип `signal`, функция `reg`, тип `vec`. На основе этих базовых типов есть библиотечные функции (конечные автоматы, мультиплексоры и т.д.), но остается возможность самостоятельно, используя базовые типы, формировать необходимые функциональные блоки. Общая гибкость языка и небольшое число базовых функций позволяют реализовать сложные схемы с помощью лаконичного описания. Главным недостатком является очень высокий порог вхождения и малая распространенность библиотеки.

Заключение

В ходе исследования выбранный алгоритм успешно реализован четырьмя средствами синтеза аппаратного обеспечения, выбраны критерии, на основе которых возможен анализ средств синтеза. Также в процессе работы были освещены основные проблемы каждого средства.

Особое внимание при исследовании было уделено недостаткам языков, таких как отсутствие документации или невозможность предсказать затраченные ресурсы.

В качестве дальнейшего направления работы предполагается реализация наиболее эффективного на данный момент алгоритма поиска множества строк (алгоритм Ахо — Корасик) с использованием SystemC, так как именно этот инструмент, по результатам исследования, представляется наиболее подходящим для эффективной реализации программных алгоритмов в аппаратном обеспечении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Michael D.* Advanced Digital Design with Verilog HDL. London: Pearson, 2010.
2. *Кормен Т. Х., Лейзерсон Ч. И., Ривест Р. Л., Штайн К.* Алгоритмы: построение и анализ. М.: Вильямс, 2014.
3. *Zwagerman M. D.* High Level Synthesis, a Use Case Comparison with Hardware Description Language. Masters Theses. 2015. 755 p.
4. ClaSH Reference documentation [Электронный ресурс]: <http://hackage.haskell.org/package/clash-prelude-0.11.2/docs/CLaSH-Prelude.html>. (дата обращения: 05.10.2017)
5. ClaSH — A functional hardware description language [Электронный ресурс]: <https://github.com/clash-lang/clash-compiler>. (дата обращения: 05.10.2017)

Сведения об авторе

Максим Сергеевич Толкачев

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: m1a1x1@mail.ru

Ссылка для цитирования: Толкачев М. С. Исследование языков описания аппаратуры разного уровня абстракции применительно к задаче поиска строк // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 50—53.

**EXPLORATION OF VARIOUS ABSTRACTION
LEVELS HARDWARE DESCRIPTION LANGUAGES
IN RELATION TO PATTERN MATCHING**

M. S. Tolkachev

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

In this paper, various hardware description languages and high-level synthesis tools are explored and compared. Key criteria are proposed for measurement results of hardware synthesis tools. Naïve pattern matching algorithm is used as a target for synthesis, as this algorithm realisation needed both high throughput and flexibility. Features of different approaches in hardware description are compared, using this algorithm as an example. Next hardware synthesis tools were reviewed: C++ and SystemC HLS; Haskell and SystemVerilog HDL. Summary of all reviewed synthesis tools was made based on research results.

Keywords: high-level synthesis, hardware description language, FPGA, C_λSH, pattern matching

Data on author

Maksim S. Tolkachev — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: m1a1x1@mail.ru

For citation: Tolkachev M. S. Exploration of various abstraction levels hardware description languages in relation to pattern matching // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 50—53 (in Russian).

АЛГОРИТМЫ ГЛОБАЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ ФИЗИЧЕСКИ КОРРЕКТНОГО РЕНДЕРИНГА

М. Р. Чеботарева

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассматриваются современные алгоритмы расчета глобального освещения для создания реалистичных изображений. Представлены методы, позволяющие оптимизировать процесс рендеринга физически корректных сцен. Представлен алгоритм расчета глобального освещения, основанный на методе Метрополиса, позволяющий достичь повышения эффективности физически корректного рендеринга. Поставлена задача переноса вычислений на графические ускорители.

Ключевые слова: глобальное освещение, метод обратной трассировки лучей, метод двунаправленной трассировки лучей, метод Метрополиса, фотонные карты, физически корректный рендеринг

Введение

Методы глобального освещения традиционно используются в компьютерной графике для создания реалистичных изображений. Распространенный метод растеризации, применяемый в таких графических пакетах, как OpenGL или DirectX, не позволяет проводить физически корректных расчетов, в частности, не позволяет обрабатывать вторичное освещение и физически достоверные модели материалов. Для их обработки применяются физически корректные модели распространения света. Такие модели позволяют добиться реалистичного результата в процессе рендеринга сцены.

Однако эти методы затрачивают много времени на вычисления. Поэтому одной из актуальных задач является ускорение и оптимизация вычислений глобального освещения.

Перед нами была поставлена задача, заключающаяся в исследовании алгоритмов глобального освещения и методов оптимизации физически корректного рендеринга [1—6].

Обзор предметной области

Для физически корректного расчета освещения в сцене, в частности, глобального освещения, необходимо решить уравнение рендеринга. Это уравнение в работе [1] было предложено Кажиуа и для произвольной точки x в сцене уравнение имеет вид:

$$L_r(x, \psi_r) = L_e(x, \psi_r) + \int_{2\pi} f_r(x, \psi_i, \psi_r) L_i(x, \psi_i) \cos \theta_i d\omega_i,$$

где $L_i(x, \psi_i)$ — интенсивность излучения, приходящего в точку x с направления ψ_i ; $L_r(x, \psi_r)$ — интенсивность излучения в направлении ψ_r ; $L_e(x, \psi_r)$ — интенсивность излучения, эмитируемого поверхностью в точке x в направлении ψ_r ; $f_r(x, \psi_i, \psi_r)$ — функция BRDF (Bidirectional reflectance distribution function, или двунаправленная функция отражательной способности) данной поверхности.

Интегрирование ведется по всем направлениям ψ_i в пределах телесного угла 2π .

При решении уравнения рендеринга используются детерминистические или стохастические методы. Детерминированные процессы характеризуются тем, что знание их в некотором интервале времени позволяет полностью определить поведение этих процессов вне этого интервала. Стохастические процессы характеризуются тем, что знание их на некотором интер-

вале времени позволяет определить лишь вероятностные характеристики поведения этих процессов вне этого интервала.

Эффективнее использовать стохастические методы, например методы Монте-Карло, алгоритмы, опирающиеся на случайное семплирование для получения результата. Это легко показать на примере распределения лучей: используя детерминистический подход, пришлось бы распределять лучи равномерно по телесному углу, используя стохастические методы, можно обойтись несколькими выборками.

Содержание исследования

Ниже представлены методы и алгоритмы расчета глобального освещения.

Метод обратной трассировки лучей (Path tracing) заключается в том, что из точки обзора камеры выпускаются лучи, которые ищут ближайшее пересечение с поверхностью объекта в сцене. Затем происходит интегрирование освещенности в полученной точке пересечения. Полученная освещенность изменяется в зависимости от функции BRDF. Луч, в зависимости от свойств поверхности, изменяет свое направление и продолжает перемещение по сцене, тем самым накапливая результаты вычислений. Процедура интегрирования повторяется для каждого пиксела на выходном изображении.

Метод двунаправленной трассировки лучей (Bidirectional path tracing). Основная идея метода состоит в том, что лучи испускаются из точки наблюдения и из источников света. Все точки пересечения прямых лучей с поверхностями объектов сцены используются как дополнительные источники света. Они при помощи теневых лучей соединяются с точками пересечения обратных лучей с поверхностями, после чего происходит расчет освещенности. Полученные таким образом вклады освещенности добавляются в соответствующие пикселы.

Следует заметить, что этот метод сильно зависит от функций распределения вероятностей, которые управляют выбором траектории луча.

Метод Метрополиса (Metropolis light transport) позволяет ускорить решение уравнения рендеринга за счет мутации трасс лучей.

Генерируется последовательность путей переноса света, затем, случайным образом изменяется один текущий путь, например, при помощи добавления новой вершины. Происходит так называемая мутация. Каждая мутация применяется или отклоняется с тщательно подобранной вероятностью, чтобы гарантировать, что пути выбираются в соответствии с вкладом, который они вносят в расчете освещения.

Фотонные карты (Photon mapping). Алгоритм глобального освещения, основанный на фотонных картах, состоит из двух фаз. В первой фазе фотоны испускаются от источников света и, если они не попадают на зеркальные объекты, точки пересечения, радиус фотона, информация об освещенности и пр. сохраняются в фотонной карте. Во второй фазе, в процессе рендеринга, при помощи стохастических методов из фотонной карты извлекается информация о входном потоке.

В результате анализа методов расчета глобального освещения было предложено решение, позволяющее повысить число трассируемых лучей (несколько десятков лучей на точку изображения), при незначительном замедлении расчета. Решение основывается на использовании алгоритма трассировки лучей (например, path-tracing) и метода Метрополиса.

Метод Метрополиса основывается на мутациях. В качестве данных для мутаций будем использовать трассы обратных лучей. Эти трассы можно получить в процессе выполнения метода path-tracing. Под трассой подразумевается путь, который проходит луч при трассировке.

Этап мутации заключается в обмене пройденными трассами (точнее, данными, которые были собраны на трассе) между соседними лучами. Допустим, соседние первичные лучи пересекают одну и ту же поверхность в близко расположенных точках; из этого предполагается, что луч может как пойти по старой трассе, так и отразиться в сторону соседней трассы.

Поэтому сначала выбирается луч, который подвергнется мутации. Затем для него выбирается соседний луч. Возникает необходимость создания некоторого правила, по которому будут выбираться соседние лучи. Например, на изображении выделяется непрерывная область вокруг подвергающегося мутации луча, и в ее пределах происходят мутации. Процесс мутации луча (трассы) повторяется, пока все варианты трасс не будут перебраны в выделенной области.

Данный метод позволяет не трассировать лучи заново, а использовать ранее посчитанные результаты.

Заключение

Рассмотрены алгоритмы глобального освещения и методы оптимизации физически корректного рендеринга. Разработан метод, позволяющий корректно сосчитать глобальное освещение в сцене и повысить эффективность расчета физически корректного рендеринга. На данный момент поставлена задача переноса вычислений на графические ускорители.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kajiya J. T.* The rendering equation // Computer Graphics (SIGGRAPH 86 Proceedings). 1986. Vol. 20. P. 143—150.
2. *Lafortune E. P. and Willems Y. D.* Bi-directional path tracing // Computer Graphics Proceedings. Alvor, Portugal, Dec. 1993. P. 145—153.
3. *Veach E., Guibas L.* Metropolis light transport // ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH 1997). 1997. P. 65—76.
4. *Jensen H. W., Christensen N. J.* A Practical Guide to Global Illumination using Photon Maps. Siggraph 2000. July 23, 2000. 77 p.
5. *Калютов А. В.* Введение в фотореалистическую графику. СПб: Политехника, 2006. 118 с.
6. *Боголепов Д. К.* Методы глобального освещения для интерактивного синтеза изображений сложных сцен на графических процессорах. 2013. 185 с.

Сведения об авторе

Маргарита Романовна Чеботарева — студент; Университет ИТМО, кафедра технологий визуализации (базовая); E-mail: chebotareva.m.r@yandex.ru

Ссылка для цитирования: Чеботарева М. Р. Алгоритмы глобального освещения и методы оптимизации расчетов физически корректного рендеринга // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 54—57.

GLOBAL ILLUMINATION ALGORITHMS AND METHODS FOR OPTIMIZING A PHYSICALLY BASED RENDERING

M. R. Chebotareva

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

Existing algorithms for calculating global illumination for creating realistic images are considered. Methods are presented that allow optimizing the process of rendering physically correct scenes. An algorithm for calculating global illumination based on the Metropolis method is presented, which allows achieving an increase in the efficiency of physically correct rendering. It is planned to transfer the computations to graphic accelerators.

Keywords: global illumination, path tracing, bidirectional path tracing, metropolis light transport, physically based rendering

Data on author

Margarita R. Chebotareva — Student; ITMO University, Department of Visualization Technologies; E-mail: chebotareva.m.r@yandex.ru

For citation: *Chebotareva M. R.* Global illumination algorithms and methods for optimizing a physically based rendering // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 54—57 (in Russian).

РАЗРАБОТКА ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СЕНТИМЕНТ-АНАЛИЗА

К. Ю. Ярцев

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Исследованы реализация поисковых систем и алгоритмы sentiment-анализа. Целью работы является разработка системы, производящей индексацию документов и способной осуществлять нечеткий поиск среди индексированных документов по пользовательскому запросу, учитывая эмоциональную окраску текстов, и отображать результаты sentiment-анализа документов. Разработанная система должна иметь возможность горизонтального расширения. Система разрабатывалась на языке Scala с использованием фреймворка для параллельной обработки больших данных на нескольких машинах Spark, установленного поверх Hadoop, а также библиотеки для создания эффективного по памяти и использованию вычислительных ресурсов поискового индекса. Spark предоставляет возможность быстрого развертывания системы на кластере и простой поддержки ее в рабочем состоянии. Одним из основных преимуществ использования Spark является то, что он обрабатывает данные, держа их в памяти на всем протяжении работы, что значительно увеличивает производительность. В результате разработки получена система, способная осуществлять рекурсивную индексацию документов и поиск по индексированным документам, используя критерии поиска, такие как степень эмоциональной окраски текста, заданные пользователем.

Ключевые слова: sentiment-анализ, поисковый движок, анализ текста, поиск, алгоритмы, эмоциональная окраска текста, обработка естественной речи

Введение

Современные поисковые системы при поиске показывают только результаты поиска, не учитывая таких параметров документов, как эмоциональная окраска текста и тематика материала [1]. Проблема возникает, когда человек начинает искать информацию, которую нельзя или сложно уточнить в независимых профессиональных источниках, таких как словари/учебники/энциклопедии. Примером такой информации являются новостные документы и мнения людей о малоизученных событиях.

В этом случае можно использовать sentiment-анализ текста для того, чтобы пользователь мог сразу видеть, какой документ представляет нужную ему степень эмоциональности текста.

Обзор предметной области

Существует несколько поисковых систем, например, Google и DuckDuckGo, которые используют детальный анализ текста для улучшения результатов поиска, однако ни одна из них не предоставляет пользователю результаты анализа и не дает выбирать параметры эмоциональной окраски текста (позитивная, негативная или нейтральная). Также существует система для эмоционального анализа текстов Opinion Crawler. Она построена для анализа и показа эмоциональной окраски текстов, однако не позволяет осуществлять поиск среди реальных документов, а производительность данной системы низкая. Схожий функционал можно обнаружить у приложений, специализированных на одной конкретной области, вместо поискового функционала общего назначения: примером может служить оценка рецептов

по отзывам пользователей. Такое приложение Foodoholic было разработано и представлено в статье [2]. Сравнение функциональности аналогов показано в таблице.

Сравнительный анализ систем-аналогов

Функционал	Система				
	разработанная	Google Search	DuckDuckGo	Opinion Crawl	Foodoholic
Нечеткий поиск с ранжированием результатов	+	+	+	—	—
Возможность горизонтального расширения	+	+	+	+	+
Оценка эмоциональных характеристик текста	+	—	—	+	+
Поиск в соответствии с эмоциональной окраской текста	+	—	—	—	+

Содержание исследования

Работа посвящена построению системы, которая обладает возможностями индексации документов в Интернете и поиска среди них по пользовательскому запросу с выдачей информации об эмоциональной окраске текста и возможностью выбирать желаемую степень эмоциональной окраски документов. Система разрабатывается на языке Scala и использует фреймворк для распределенных вычислений Spark. Он позволяет с помощью простых операций map и reduce произвести обработку текста на разных машинах и записать результат индексации в общий индекс на распределенной файловой системе. Архитектура системы представлена на рис. 1.

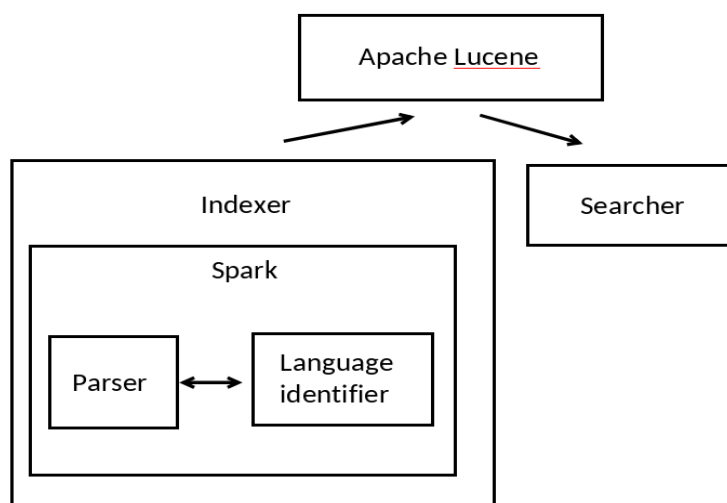


Рис. 1. Архитектура системы

Поиск в системе может производиться по фразам, которые пользователь хочет найти среди документов. Поиск может быть неточным, т.е. система может сама исправлять ошибки пользователя при введении некоторых слов. За счет алгоритмов неточного поиска, учета стоп-слов и анализа фразы запроса достигается определенный уровень pertinентности поиска [3].

Индексация и поиск реализованы на основе библиотеки для обработки информации Apache Lucene [4]. Она разработана с использованием оптимизированных алгоритмов обработки текста и имеет хорошее отношение объема индекса к объему индексируемых документов.

В статье [5] описывается процесс веб-краулинга и обработки документов при помощи сентимент-анализа, приводится схема типичного построения процесса сентимент-анализа. Было решено использовать похожую схему, так как она типична для систем веб-краулинга с сентимент-анализом. Сначала на обработку поступает некоторое количество документов,

потом они приводятся в вид, удобный для оценивания эмоциональной окраски (например, удаляются стоп-слова и производится стемминг), затем производится оценивание при помощи словаря эмоционально-окрашенных слов и каждому документу присваивается числовой результат оценки по каждой из эмоций.

В результате профилирования системы в режиме индексации при среднем размере документа 100,52 Kb были получены результаты на различном числе машин в кластере, которые показаны на рис. 2: одна машина — 18,07, две — 24,65, три — 30,29 doc/s. Скорость поиска в индексе 91,68 запрос в секунду (примерно одинаковая для 1—3 машин в кластере).

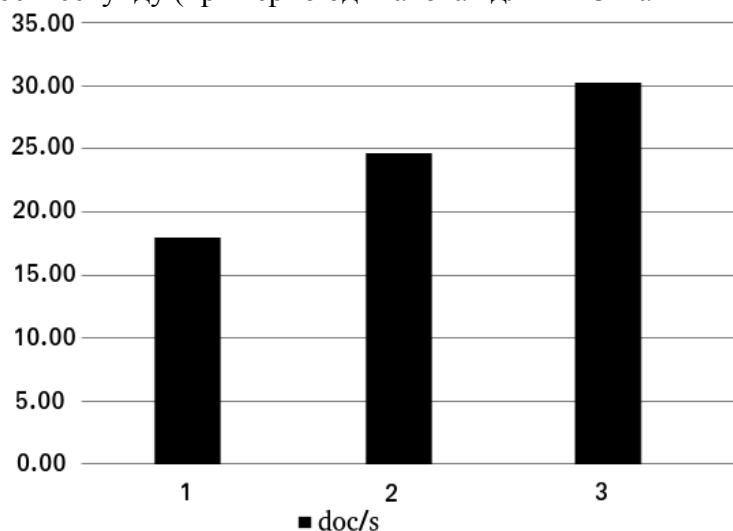


Рис. 2. Скорость индексации

Заключение

Результатом разработки является система, позволяющая пользователю производить поиск в индексе среди проиндексированных документов с учетом эмоциональной окраски текста со скоростью 91,68 запросов в секунду, а скорость индексации практически соответствует максимальной скорости записи в индекс.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Odersky M., Spoon L., Venners B.* Programming in Scala: A Comprehensive Step-by-Step Guide. Artima, 2011. 852 p.
2. *Anshuman S. Rao, Kakkar M.* A rating approach based on sentiment analysis // 7th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering. Confluence, Noida, 2017. P. 557—562.
3. *Croft B., Metzler D., Strohman T.* Search Engines: Information Retrieval in Practice. Pearson Education, 2011. 552 p.
4. *Hatcher E., Gospodnetic O.* Lucene in Action. Manning, 2005. 532 p.
5. *Vural G., Cambazoglu B. B., Karagoz P.* Sentiment-Focused Web Crawling // ACM Transactions on the Web (TWEB). 2014. Vol. 8, N 4. P. 1—21.

Сведения об авторе

Кирилл Юрьевич Ярцев

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: whobscr@gmail.com

Ссылка для цитирования: Ярцев К. Ю. Разработка поисковой системы с использованием методов sentiment-анализа // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 58—61.

DEVELOPMENT OF SEARCH ENGINE USING SENTIMENT-ANALYSIS

K. Yu. Iartsev

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The subject of research is a development of search engine and sentiment-analysis algorithms. The goal of the work is a development of search engine capable of indexing documents and search them by user's query, considering emotional coloring of text and display the results of sentiment-analysis. The developed system should have the capability of horizontal scaling to increase processing and indexing performance. To get the result, the system was developed in the Scala language with the use of a framework for parallel processing of big data on several machines, as well as libraries for creating an effective search index with low computational and memory cost. The parallel processing framework used is Spark installed on top of Hadoop, which makes it possible to quickly deploy the system on a cluster and easily maintain it. One of the main advantages of using Spark in comparison with competitors (the main one being Hadoop MapReduce) is that it processes the data, keeping it in memory for the entire process of working with it, which allows increasing the processing efficiency by dozens of times, taking into account the dynamic data coming from the web. As a result of the development, a system is obtained that can perform recursive indexing of documents and search by indexed documents using search criteria, such as the grade of emotional coloring of the text, given by the user.

Keywords: sentiment-analysis, search engine, text analysis, search, algorithms, emotional text coloring, NLP, natural language processing

Data on author

Kirill Yu. Iartsev — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: whobscr@gmail.com

For citation: *Iartsev K. Yu.* Development of search engine using sentiment-analysis // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 58—61 (in Russian).

ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ

УДК 004.352

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОТИПНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ

В. В. Андреев, А. В. Драница

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Исследованы методы повышения точности построения 3D-моделей пространства. Исследованы возможности применения алгоритмов стереосоответствия, учитывающих преимущества и недостатки используемых сенсоров для повышения качества изображений. Рассмотрены общая схема современных алгоритмов трехмерного моделирования и способы слияния данных с разнотипных сенсоров для реализации 3D-зрения с целью повышения эффективности обработки данных.

Ключевые слова: 3D-зрение, лидар, стереосоответствие, алгоритмы обработки данных, sensor fusion

Введение

В настоящее время актуальна задача улучшения результатов сканирования путем объединения данных нескольких сенсоров. Для создания качественных трехмерных моделей необходимо совместное использование данных, полученных с разных датчиков: изображений, облаков трехмерных точек, карт глубины. Одним из ключевых факторов создания качественной 3D-модели является построение достоверного облака точек, что зачастую не может быть выполнено при использовании только изображений с камер. Современное состояние задачи трехмерного моделирования обуславливает стремительное развитие различных типов сенсоров. Все большее распространение получают сенсоры глубины и лазерные сканеры. Одной из ключевых задач является выбор алгоритмов соответствия и слияния данных с разнотипных сенсоров.

Обзор предметной области

Мультисенсорный подход заключается в использовании данных с различных датчиков, что позволяет улучшить результаты реконструкции, учитывая особенности каждого сенсора. Совместное использование лидара и стереокамеры — комбинация, позволяющая нивелировать индивидуальные недостатки каждого датчика при построении 3D-моделей (рис. 1, 2). Недостатки использования данных со стереокамер вытекают из принципа работы прибора — данные с него представляют собой лишь изображения, элементами которых являются пиксели, цвет каждого из которых определяется лишь интенсивностью RGB-составляющих спектра [1]. С точки зрения точности моделей лидар значительно превосходит стереокамеры, но время сканирования все еще является ограничивающим фактором. Этот недостаток компенсируется обеспечением плотных данных для каждого кадра, но скорость, с которой 3D-данные могут рассчитываться, зависит от используемого алгоритма соответствия [2, 3]. Искусство построения мультисенсорной системы заключается в том, чтобы

алгоритмическими методами скомпенсировать «слабые» места каждого типа сенсора за счет «сильных» свойств другого.



Рис. 1. Использование стереоизображения



Рис. 2. Облако точек, полученное с лидара

Выбор того или иного стека алгоритмов зависит от совокупности доступных вычислительных возможностей, требований к достоверности результатов и предполагаемой сложности сцен. В качестве метрики достоверности обычно используют либо попиксельное среднеквадратичное отклонение полученной карты диспаритета от истинной, либо долю пикселей, у которых ошибка диспаритета превышает некоторый порог [2, 4].

Содержание исследования

Перспективными алгоритмами, имеющими хорошее соотношение вычислительной сложности и точности и подходящими для реализации во встроенных системах, являются различные модификации и комбинации: корреляционного метода (локальный алгоритм с фиксированным размером окна, CORR); глобального алгоритма, основанного на динамическом программировании с применением DSI (DP); алгоритма разрезания графов (Graph Cuts, GC); алгоритма распространения доверия (Belief Propagation, BP); Semi-Global Stereo Matching — SGSM [3]. В результате анализа быстродействия, качественной и количественной оценки полученных карт дальностей (см. таблицу) наилучшим был признан метод SGSM.

Таблица количественной оценки эффективности алгоритмов

Метод стереозрения	Среднее время работы, с	Средняя квадратичная ошибка, отн. ед.	MD, отн. ед.	DEV, отн. ед.
CORR	>0,1	34,63	0,23	0,21
SGSM	2,6	33,06	0,17	0,15
DP	4,6	33,32	0,18	0,14
BP	33,1	29,29	0,15	0,19
GC	550,0	26,63	0,14	0,14

Примечание: MD — среднее расстояние между облаком точек, полученным для данного алгоритма и облаком точек для эталонной карты дальности; DEV — средняя квадратичная ошибка для среднего расстояния.

Существует два основных подхода к слиянию данных с камер и дальномера: априорный и апостериорный. В априорном методе происходит обмен данными лидара со стереокамерой до построения карты диспаритета [4]. Полученные данные могут быть использованы в рамках алгоритма стереосоответствия по поиску цены. Апостериорный метод позволяет получить комбинированные облака точек из стереоизображения и данных лидара. В рамках апостериорного подхода данные с сенсора другой модальности используются для обучения высокоразмерных классификаторов системы распознавания образов.

Общий подход таков: получение данных лидара и стереоизображения, координирование наборов данных, часто с использованием некоторой формы интерполяции: с каждым пикселем ассоциируется оценка диспаритета. Запускается алгоритм стереосоответствия, а оценка диспаритета используется для ограничения области поиска [5].

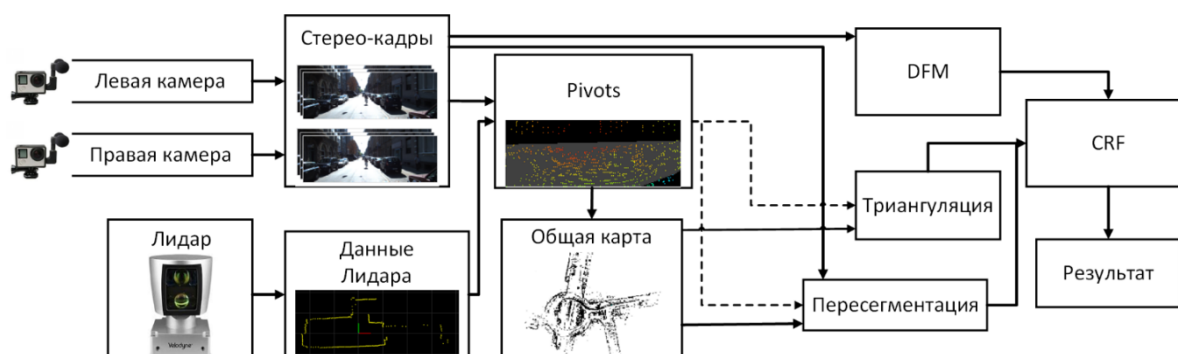


Рис. 3. Структурная схема слияния данных лидара и стереокамер

Функция CRF позволяет отобразить взаимодействие между пикселями и эффективно сочетает информацию со стереокамер и лидара. Предполагается, что 3D-измерения и 3D-точки, созданные с помощью надежных совпадений и триангулированных разреженных 2D-ключевых точек (рис. 3, Pivots), вполне точны для предоставления предварительных знаний о сцене [6].

Унарные потенциалы (рис. 3, DFM) основаны на плотном сопоставлении 2D-признаков вдоль эпиполярных линий и кусочно-планарной аппроксимации, определяемой различными группировками опорных точек (рис. 3, Триангуляция, Пересегментация).

Более того, опорные точки проектируются на общей карте (рис. 3, Общая карта) с целью поддержания временной согласованности и сохранения любых измерений. Следовательно, все измеренные данные доступны алгоритму по запросу.

Пересегментация позволяет получить информацию о потенциальных границах объектов — дробление на большое число маленьких сегментов с образованием перекрытий областей, что приводит к сокращению размерности данных и ускорению работы алгоритма.

Заключение

Подводя итог, можно сказать, что совместное использование лидара и стереокамеры можно считать удачным вариантом решения задачи построения 3D-моделей, так как особенности каждого сенсора нивелируют недостатки другого. Проведенный анализ показывает, что низкая точность данных и чувствительность камер к окружающему освещению могут быть скомпенсированы использованием лидара и данных, полученных с него для построения результирующего облака точек. Также выявлено, что данные с лидара можно использовать как приоритетную информацию о расстоянии до объектов на дистанциях, которые следует выбирать, учитывая характеристики лидара и то, что для компенсации разреженности данных потребуется большее время на измерения. Дальнейшие исследования в данной области планируются проводить в области 3D-реконструкции, с вычислениями и построением моделей

средствами встраиваемой системы, объединяющей в себе как средства измерения, так и необходимые вычислительные средства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Prakash Duraisamy*. BE, MSEE, 3D Reconstruction using lidar and visual images. 2012.
2. *Scharstein D. and Szeliski R.* A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms // International Journal of Computer Vision. 2002.
3. *Hartley R. and Zisserman A.* Multiple view geometry in computer vision. Cambridge university press, 2003.
4. *Yuan Yang, Koppanyi Z., Toth Ch. K.* Stereo image point cloud and lidar point cloud fusion for the 3D street mapping. 2016.
5. *Torr P. H. S. and Criminisi A.* Dense stereo using pivoted dynamic programming // Image and Vision Computing. 2004.
6. *Badino H., Huber D. and Kanade T.* Integrating Lidar into Stereo for Fast and Improved Disparity Computation. 2011.

Сведения об авторах

- Владимир Владимирович Андреев** — инженер; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: andreyevpostbox@gmail.com
- Александр Владимирович Драница** — инженер; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: dranitsaal@gmail.com

Ссылка для цитирования: Андреев В. В., Драница А. В. Повышение точности 3D-реконструкции за счет использования разнотипных источников данных // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 62—65.

INCREASE THE ACCURACY OF 3D-RECONSTRUCTION DUE TO THE USE OF DIFFERENT TYPES OF DATA SOURCES

A. V. Andreev, A. V. Dranitsa

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The methods of increasing the accuracy of building 3D models of space are investigated. The possibilities of applying stereo matching algorithms, taking into account the advantages and disadvantages of the sensors used to improve the image quality, are explored. The general scheme of modern 3D modeling algorithms and ways to merge data from different types of sensors to realize a 3D view of increasing the efficiency of data processing are considered.

Keywords: 3D-vision, lidar, stereo matching, data processing algorithms, sensor fusion

Data on authors

- Vladimir V. Andreev** — Engineer; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: andreyevpostbox@gmail.com
- Alexander V. Dranitsa** — Engineer; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: dranitsaal@gmail.com

For citation: Andreev A. V., Dranitsa A. V. Increase the accuracy of 3D-reconstruction due to the use of different types of data sources // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 62—65 (in Russian).

ПРИМЕНЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ROS ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А. К. Денисов, В. В. Громов, С. В. Быковский

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Целью исследования является выработка рекомендаций по применению ОС ROS (Robot Operating System) для управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА). В рамках решения отдельных задач рассмотрены основные подходы к построению систем управления БПЛА, проанализирована структура системы управления БПЛА, проведено сравнение ОС ROS с аналогами. Данное исследование является частью работы по созданию системы управления БПЛА с использованием датчиков 3D-зрения (к которым относятся лазерные дальномеры и камеры) для ориентации в пространстве. Такие датчики позволяют расширить возможности навигации летательных аппаратов, повысить степень их автономности, а также выполнять задачи построения моделей местности и картографии. Необходимость наличия в системе сложных и ресурсоемких процессов обработки информации с таких датчиков ставит задачу исследования принципов построения систем управления и выбора возможной архитектуры. Рассмотрены возможности и особенности ОС ROS, ее преимущества и недостатки, сформулированы основные принципы построения системы управления БПЛА на основе ОС ROS.

Ключевые слова: операционная система ROS, БПЛА, квадрокоптер, симулятор Gazebo, автопилот PX4

Введение

Цель данного исследования — выработка рекомендаций по применению ОС ROS для организации системы управления БПЛА, позволяющей гибко масштабировать функциональность бортовой системы управления.

Задачами исследования являются: 1) сравнение ROS с другими подходами к организации ПО бортовой системы управления БПЛА, 2) исследование приемов разработки дополнительных программных модулей и их интеграции в систему управления БПЛА, построенную на базе ОС ROS, 3) анализ преимуществ и недостатков разработки дополнительных программных модулей ROS.

Обзор предметной области

При автономном полете БПЛА должны решать в реальном времени задачи ориентации в пространстве и обхода препятствий, используя информацию с множества датчиков (дальномеров, высотомеров, камер и т.д.).

Можно выделить два основных варианта размещения модуля принятия решений системы управления БПЛА: наземная станция либо автономная бортовая вычислительная система.

В первом случае требуется постоянная связь с наземной станцией, причем при увеличении расстояния и наличии ландшафтных (горы, перепады местности) и городских преград (здания, радиоизлучающие станции и ЛЭП) радиосигнал постепенно пропадает, и управлять БПЛА может стать невозможным.

Во втором случае возможно использовать четыре подхода: 1) разработка системы принятия решений на базе вычислительного модуля без операционной системы (ОС) (bare-metal), 2) использование ОС реального времени, 3) расширение стандартных функций существующей системы автопилота (например, Pixhawk или ArduPilot), 4) использование дополнитель-

ного вычислителя с ОС ROS совместно с автопилотом. Данные подходы проиллюстрированы на рис. 1.

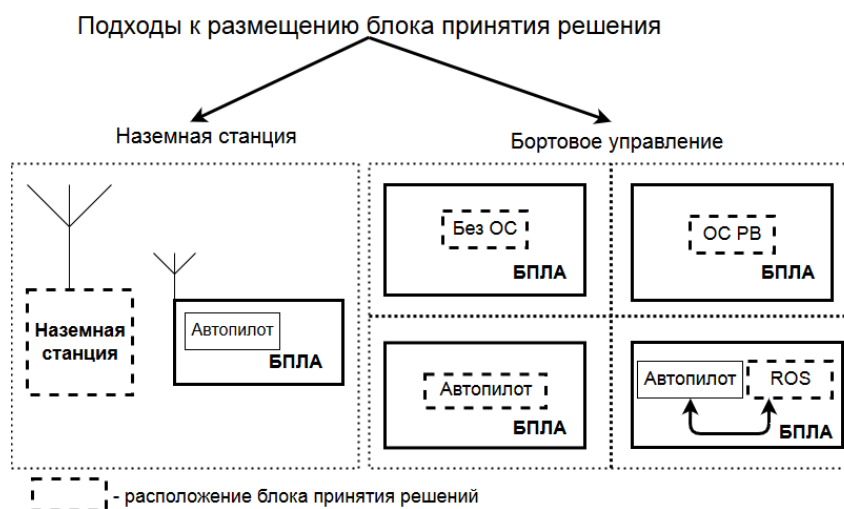


Рис. 1. Подходы к построению системы

Недостатками первых двух подходов является большая сложность и длительность разработки. Как следствие, на выходе может получиться нестабильная и ненадежная система. Определенным плюсом ОС реального времени является возможность прозрачного контроля за процессами средствами самой ОС.

Третий подход позволяет затратить меньше времени на разработку, так как основные функции обеспечения полета уже реализованы, имеются драйверы для работы с конкретными внешними устройствами и реализована система обмена сообщениями между процессами (Pixhawk). Минусом данного подхода является отсутствие гибких механизмов добавления пользовательских процессов.

Четвертый подход (ОС ROS) активно используется разработчиками систем управления БПЛА для различных целей. В частности, ROS может быть использована для расчета траектории полета по маркерам, которые распознаются камерой [1]. Также в ROS могут быть интегрированы библиотеки для обработки изображений (OpenCV), которые используются для точной посадки на маркированную платформу [2]. Существует пример использования ROS для построения системы управления роем малогабаритных БПЛА [3]. С помощью ROS может быть организована система сбора данных с элементов управления (джойстиков и т.д.) и расчета траектории полета с последующей передачей на БПЛА [4].

Содержание исследования

В рамках данного исследования с целью оценки применимости ROS для построения системы управления БПЛА производилось моделирование полета БПЛА с системой автопилота PX4 на борту в симуляционной среде Gazebo. Был создан узел ROS, принимающий данные с дальномера и передающий команды управления движением автопилоту.

ОС ROS состоит из двух основных частей: ядра фреймворка (ros) и набора пакетов (pkg), которые осуществляют, например, позиционирование, планирование, обработку информации и т.д. Работа системы состоит в функционировании ядра (roscore), различных узлов (процессов, или nodes), которые могут обмениваться информацией в темах (topics), а также служб (services), доступных процессам для запуска [5].

При помощи встроенного пакета rqt, который соединяется с системой логирования и осуществляет вывод сообщений о состоянии различных узлов, можно следить за функционированием системы, rqt_graph позволяет построить схему системы. Узел для вывода сообщений о состоянии системы rosout функционирует постоянно [5].

Структурная схема ПО, исполняющегося в ROS в разработанной системе, приведена на рис. 2. Узел миссии ответствен за принятие решения и отслеживает выполнение функций полезной нагрузки. Он получает данные с датчиков через узел датчиков и данные от автопилота от узла связи и посылает команды управления автопилоту. Так же функционирует логирующий узел *rosout*.

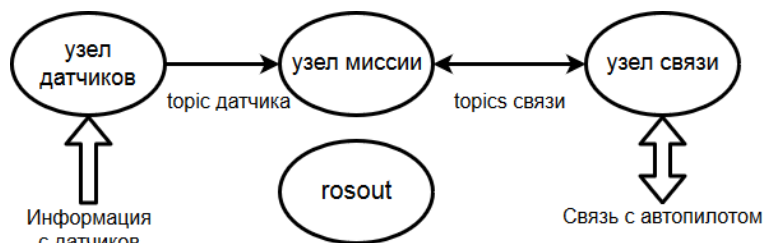


Рис. 2. Структура ПО в ROS

К преимуществам использования ROS можно отнести: 1) наличие пакетов для работы с различными периферийными устройствами (датчиками, камерами и т.д.), 2) система межпроцессного обмена на основе *topics*, благодаря которой возможно создание распределенной системы, 3) возможность переноса ПО на устройство после разработки с минимальными изменениями (т.к. ROS функционирует внутри другой ОС), 4) открытый исходный код и BSD-лицензия. Данные факторы обуславливают широкое распространение ROS.

Основным недостатком ROS является сложность обеспечения взаимодействия процессов жесткого реального времени. Вариантом преодоления недостатка является создание отдельных процессов, выполняемых в реальном времени либо на отдельном вычислителе, либо на отдельном ядре многоядерного встроенного процессора.

В качестве аналогов ROS могут быть рассмотрены системы *UrbI* (профессиональная система, сложна в освоении и требует дополнительного платного ПО для симуляции), *OROCOS* (система для разработки процессов реального времени, представляет собой набор библиотек, затруднено интегрирование с симуляторами), *MCA2* (специализированная система, имеет слабую пользовательскую поддержку, так как первоначально разрабатывалась под роботы серии *ARMAR*) [6].

Заключение

Рассмотрены преимущества и недостатки использования ОС ROS в системах управления БПЛА. Оправданно использование ОС ROS в бортовых системах БПЛА, когда: 1) ROS запускается на дополнительном бортовом вычислителе и применяется для решения задач мягкого реального времени; 2) обработка данных с датчиков положения осуществляется на отдельном вычислительном ядре (вне процессов ROS) в реальном времени; 3) есть необходимость в гибком расширении функциональности системы на базе блоков интеллектуальной обработки данных с датчиков разной модальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Velez P., Certad N., Ruiz E.* Trajectory Generation and Tracking Using the AR.Drone 2.0 Quadcopter UAV // Proc. of 12th LARS Latin American Robotics Symposium. 2016. P. 73—78.
2. *Trety C. F., Mancini A., Longhi S.* Autonomous navigation, landing and recharge of a quadrotor using artificial vision // Proc. of International Conference on Unmanned Aircraft Systems. 2014. P. 418—429.
3. *Hönig W., Ayanian N.* Flying multiple UAVs using ROS // Studies in Computational Intelligence. 2017. P. 83—118.

4. Grabe V., Riedel M., Bulthoff H. H., Giordano P. R., Franchi A. The TeleKyb framework for a modular and extendible ROS-based quadrotor control // Proc. of European Conference on Mobile Robots. 2013. P. 19—25.
5. ROS Tutorials // ROS.org | Powering the world's robots [Электронный ресурс]: <<http://wiki.ros.org/ROS/Tutorials>>. (дата обращения: 10.09.2017).
6. Использование Robot Operating System (ROS) для планирования автономного перемещения мобильного робототехнического комплекса // Молодежный научно-технический вестник [Электронный ресурс]: <<https://sntbul.bmstu.ru/doc/850266.html>>. (дата обращения: 25.09.2017).

Сведения об авторах

- Алексей Константинович Денисов** — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники; E-mail: zeanfa@gmail.com
- Владимир Владимирович Громов** — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники; E-mail: gromov@vladimir.one
- Сергей Вячеславович Быковский** — канд. техн. наук; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники; E-mail: sergei_bykovskii@corp.ifmo.ru

Ссылка для цитирования: Денисов А. К., Громов В. В., Быковский С. В. Применение операционной системы ROS для управления полетом беспилотного летательного аппарата // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 66—69.

THE USE OF ROS OPERATING SYSTEM FOR UAV FLIGHT CONTROL

A. K. Denisov, V. V. Gromov, S. V. Bykovskii

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The aim of the research is to develop recommendations for the use of ROS (Robot Operating System) for controlling the UAV. The main approaches to the design of control systems for UAVs were considered, the structure of the UAV control system was analyzed, ROS was compared with analogues. This research is part of the work to create a UAV control system using 3D-vision sensors (such as laser rangefinders and cameras) for orientation. Such sensors allow to expand the possibilities of navigation of the UAV and its autonomy, and also to carry out the tasks of constructing terrain models and cartography. The necessity of complex and resource-intensive processes in such systems raises the task of studying the principles of building control systems and selecting an effective architecture. As a result of the research, the features and peculiarities of ROS, its advantages and disadvantages were considered, and the basic principles of building a control system for UAVs based on ROS were formulated.

Keywords: ROS operating system, UAV, quadcopter, Gazebo simulator, PX4 autopilot

Data on authors

- Alexey K. Denisov** — Student; ITMO University, Department of Computer Science; E-mail: zeanfa@gmail.com
- Vladimir V. Gromov** — Student; ITMO University, Department of Computer Science; E-mail: gromov@vladimir.one
- Sergei V. Bykovskii** — PhD; ITMO University, Department of Computer Science; E-mail: sergei_bykovskii@corp.ifmo.ru

For citation: Denisov A. K., Gromov V. V., Bykovskii S. V. The use of ROS operating system for UAV flight control // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 66—69 (in Russian).

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯЦИОННОГО ОКРУЖЕНИЯ В СРЕДЕ GAZEBO ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В. В. Громов, А. К. Денисов, П. В. Кустарев

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Объектом исследования является технология компьютерного моделирования полета беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в среде симулятора Gazebo. Предметом исследования является процесс взаимодействия следующих программных систем: симулятор окружения БПЛА Gazebo, симулятор автопилота БПЛА Pixhawk, а также программное обеспечение управления полетом, исполняемое в специальной ОС ROS. В симуляторе Gazebo моделируется полет БПЛА типа квадрокоптер, формируются показания датчиков, установленных на квадрокоптере. Автопилот Pixhawk отвечает за удержание в воздухе и полет квадрокоптера (например, автопилот управляет электроприводами воздушных винтов). Программное обеспечение с ОС ROS отправляет полетное задание на автопилот в зависимости от полученных данных с датчиков и полетного задания. Целью работы является создание инструментальной среды для отладки и испытания на компьютерной модели программного обеспечения системы управления квадрокоптером. В работе задействованы методы эмпирического исследования и материального моделирования. В результате создано симуляционное окружение, которое позволяет моделировать на компьютере полет БПЛА с лазерным дальномером и выполнять отладку ПО бортового компьютера, управляющего перемещением БПЛА.

Ключевые слова: моделирование полета БПЛА, квадрокоптер, симулятор Gazebo, операционная система ROS Kinetic, автопилот PX4

Введение

В настоящее время популярной конфигурацией системы управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) является комплекс из полетного контроллера (автопилота) и дополнительного маршрутного контроллера на базе операционной системы ROS [1]. Обычно полетный контроллер — это заверченный и закрытый разработчиком для модификаций аппаратно-программный блок, который обеспечивает основные функции по стабилизации и перемещению аппарата в воздухе. Дополнительный маршрутный контроллер позволяет гибко расширять функциональность в части перемещения БПЛА по маршруту и в части вспомогательных функций, в том числе функций «полезной нагрузки» БПЛА. Маршрутный контроллер управляет полетным, но при этом именно последний является автономным и обязательным компонентом системы управления БПЛА.

Можно протестировать новые разработки в полете на реальном оборудовании (при этом велики риски падения БПЛА с последующим выходом из строя) или использовать среду компьютерного моделирования полетов, например, симулятор Gazebo.

Конкретной проблемой, которую хотелось исследовать и решить, была ограниченная скорость взаимодействия между маршрутным контроллером с ОС ROS и модулем автопилота Pixhawk: достаточна ли эта скорость, чтобы БПЛА вовремя мог уклоняться от препятствий в зависимости от команд с полетного контроллера и полученных данных с датчиков, подключенных к маршрутному контроллеру, а не «напрямую» к автопилоту? В результате, в рамках представленной архитектуры системы управления БПЛА, было разработано симуляционное

окружение с программным обеспечением для полетного контроллера, в котором эмпирическим путем была проверена скорость взаимодействия полетного контроллера и автопилота.

Обзор предметной области

Можно выделить два подхода к организации системы управления БПЛА и соответствующие методы и инструменты симуляции полета БПЛА. При первом БПЛА управляется одним полетным контроллером, не используя дополнительного модуля автопилота. Примером является проект Nector Quadrotor [2]. Данное решение обладает большой функциональностью: БПЛА может строить карты перемещений, самостоятельно облетает препятствия. Тем не менее, для реальных проектов вариант ограниченно интересен, поскольку большинство БПЛА по умолчанию оснащены модулем автопилота (например, PX4), который значительно эффективнее реализует функции управления перемещением БПЛА в воздушной среде.

Второй подход, реализуемый в данном проекте, позволяет управлять БПЛА при помощи относительно мощного маршрутного контроллера, взаимодействующего с полуавтономным полетным контроллером. Для компьютерной симуляции такой системы требуется совместное моделирование физического окружения БПЛА, автопилота и маршрутного контроллера. Примером симулятора автопилота является симуляционная среда PX4 SITL [3], на которой базируются данная работа. Симулятор PX4 SITL загружает модуль автопилота PX4, имеет программный интерфейс к ОС ROS Kinetic, исполняемой на том же инструментальном компьютере, а также интерфейс к симулятору окружения Gazebo 7.

Содержание исследования

В проекте обеспечивалось взаимодействие системы управления на базе ОС ROS с виртуальными датчиками, реализованными в симуляционной среде Gazebo, а также с автопилотом, которому по специальному протоколу MAVLink отправляются координаты следования БПЛА. Архитектура среды симуляции представлена на рис. 1.

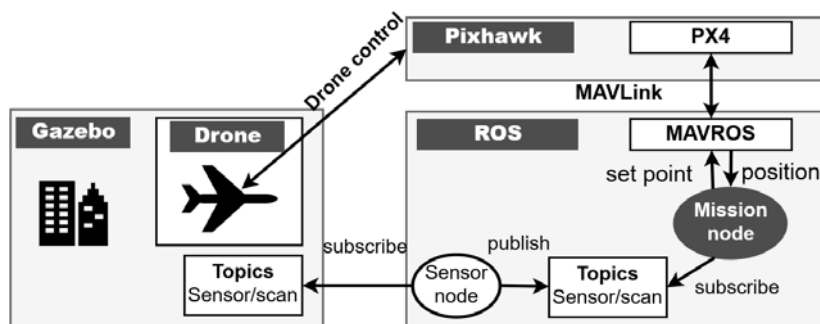


Рис. 1. Взаимодействие программных модулей

Был разработан программный модуль управления перемещением по маршруту, который представляет собой процесс (узел Mission node), запущенный в операционной системе ROS.

Этот модуль с помощью «топиков» Sensor/scan считывает данные с виртуального датчика в Gazebo, транслирующего их из среды Gazebo в среду ROS. В модуле Mission node хранятся текущие координаты БПЛА, а также координаты полетного задания. В зависимости от полученных данных с виртуального дальномера модуль Mission node принимает решение об увеличении или уменьшении высоты, после чего через протокол MAVLink отправляет автопилоту PX4 координаты точки, в которую необходимо направиться. Модуль автопилота принимает координату и непосредственно управляет полетом БПЛА до следующей точки.

В компьютерной модели на корпус БПЛА был «установлен» виртуальный дальномер, который содержит плагин датчика GpuRaySensor [4]. Лучи датчика направлены вниз, и дальномер измеряет расстояние до земли. Для установки датчика необходимы компиляция плагина и правка файлов конфигурации плагина и окружения БПЛА.

Следует отметить, что в среде Gazebo потребовалось задать модель датчика и физическое расположение его на БПЛА, а также некоторые настройки датчика (название топика в Gazebo, число лучей, наличие или отсутствие «шума» и т.д.). В среде ROS потребовалась компиляция узла плагина GpuRaySensor, который считывает данные с Gazebo и передает в топик Sensor/scan, из которого происходит считывание в разрабатываемом узле Mission node.

Разработанный модуль Mission node при запуске в среде моделирования Gazebo считывает координаты из файла, в которые по очереди летит БПЛА. Модуль Mission node вызывает следующие функции автопилота PX4: включение/выключение движков, взлет, посадка, команда для полета в следующую точку. Mission node задействует данные с виртуального GPS-трекера (координаты x , y), самостоятельно задает высоту, если значение с дальномера (координата z) меньше допустимой, и отправляет данные следующей скорректированной точки полета в PX4.

Также для опытов в симуляторе Gazebo сформирована трехмерная модель ландшафта. На рис. 2 представлен скриншот визуализации ландшафта и БПЛА в симуляторе Gazebo.

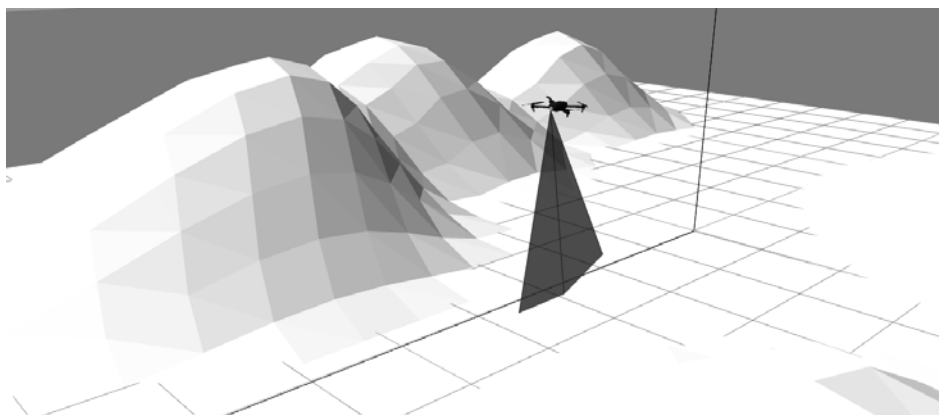


Рис. 2. Визуализация полета БПЛА в симуляторе Gazebo

В полете БПЛА следовал траектории полетного задания и поддерживал необходимую высоту, чтобы предотвратить столкновение с землей при перепаде высот. Экспериментально установлено, что достаточная скорость обработки данных с датчиков и отправки команд на PX4 позволяет БПЛА вовремя реагировать на перепады высот.

Следует отметить, что разработанное программное обеспечение управления полетом по маршруту может быть перенесено на реальный БПЛА.

Заключение

Представленный модуль в системе ОС ROS может быть использован в качестве основы для создания программного обеспечения для БПЛА. Причем скорость взаимодействия между ОС ROS и PX4 достаточна, чтобы БПЛА вовремя реагировал на команды полетного контроллера. Разработанный программный модуль Mission node может быть перенесен на реальную платформу. Дальнейшим направлением исследований может являться использование дополнительных датчиков и вспомогательных расширений для Gazebo, например, плагин, добавляющий ветер [5] в среду моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов А. К., Громов В. В., Быковский С. В. Применение операционной системы ROS для управления полетом беспилотного летательного аппарата // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 66—69.

2. *Quadrotor H. Package Summary* // ROS.org [Электронный ресурс]: <http://wiki.ros.org/hector_quadrotor>. (дата обращения: 15.09.2017)
3. *Interfacing the Simulation to ROS // PX4 Pro Open Source Autopilot* [Электронный ресурс]: <https://dev.px4.io/en/simulation/ros_interface.html>. (дата обращения: 10.09.2017)
4. *Gazebo: Tutorial: Intermediate: Velodyne* [Электронный ресурс]: <http://gazebo-sim.org/tutorials?cat=guided_i&tut=guided_i1>. (дата обращения: 03.10.2017)
5. *Added wind support // Gazebo - A dynamic multi-robot simulator* [Электронный ресурс]: <<https://bitbucket.org/osrf/gazebo/pull-requests/1985/added-wind-support>>. (дата обращения: 11.10.2017)

Сведения об авторах

- Владимир Владимирович Громов** — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники; E-mail: gromov@vladimir.one
- Алексей Константинович Денисов** — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники; E-mail: zeanfa@gmail.com
- Павел Валерьевич Кустарев** — канд. техн. наук; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники; E-mail: kustarev@corp.ifmo.ru

Ссылка для цитирования: Громов В. В., Денисов А. К., Кустарев П. В. Разработка симуляционного окружения в среде Gazebo для моделирования полета беспилотного летательного аппарата // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 70—73.

DEVELOPMENT OF THE GAZEBO SIMULATOR ENVIRONMENT FOR FLIGHT SIMULATION OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

V. V. Gromov, A. K. Denisov, P. V. Kustarev

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The object of the research is the technology of an unmanned aerial vehicle (UAV) flight simulation with the use of Gazebo simulator. The subject is the process of communication between simulator Gazebo, Pixhawk autopilot system and controller with ROS OS. The Gazebo simulates the flight of an UAV with installed sensors. Pixhawk autopilot is used to control drone flight (for example, electric motor managing). The software for ROS is used to manage an autopilot system. It uses data from sensors and GPS and sends a mission design to Pixhawk module. The aim of this paper is the development of a computer instrumental environment for debugging and testing of an UAV control system. As a result of the research there was created the simulation environment that allows to model a flight of an UAV with laser sensor and to debug software for a drone onboard computer.

Keywords: Flight UAV simulation, drone, Gazebo simulator, ROS Kinetic operating system, PX4 autopilot

Data on authors

- Vladimir V. Gromov** — Student; ITMO University, Department of Computer Science; E-mail: gromov@vladimir.one
- Alexey K. Denisov** — Student; ITMO University, Department of Computer Science; E-mail: zeanfa@gmail.com
- Pavel V. Kustarev** — PhD; ITMO University, Department of Computer Science; E-mail: kustarev@corp.ifmo.ru

For citation: Gromov V. V., Denisov A. K., Kustarev P. V. Development of the gazebo simulator environment for flight simulation of an unmanned aerial vehicle // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 70—73 (in Russian).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА НА БАЗЕ ИНТЕРФЕЙСА SPI ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Д. В. Емельянов

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассматривается задача проектирования протокола для внешнего подключения вспомогательного вычислителя на базе реконфигурируемой вычислительной платформы реального времени для решения задач системно-динамического моделирования. Это позволяет повысить скорость моделирования и в случае необходимости реализовать процесс моделирования в реальном времени. Основную сложность при создании протокола представляет проблема синхронизации вычислительного цикла и цикла передачи данных между управляющим и вспомогательным устройством. Анализ и решению этой задачи на базе интерфейса SPI посвящена данная работа.

Ключевые слова: высокоуровневый синтез, NISC, ТТА, интерфейс SPI, реальное время, аппаратный ускоритель

Введение

Системная динамика — направление в изучении сложных систем, которые подвержены изменениям с течением времени; является одним из ключевых инструментов таких направлений, как умный город, интернет вещей, производство 4.0 и т.д. Методы системной динамики требуют проведения большого объема вычислений [1]. В рамках рассматриваемого проекта предполагается, что применение ПЛИС для задач динамического моделирования позволит повысить эффективность процесса моделирования благодаря возможности конфигурирования вычислителя на уровне отдельных аппаратных вычислительных узлов и росту уровня параллелизма. Для проверки этой гипотезы разрабатывается стенд, где для реализации процесса моделирования используется реконфигурируемая вычислительная платформа реального времени на базе гибридной архитектуры ТТА/NISC [2]. Для взаимодействия с вычислителем разрабатывается протокол на базе интерфейса SPI.

Обзор предметной области

Как правило, для задач системно-динамического моделирования применяется специализированное программное обеспечение, используемое на типовых компьютерных системах (ПК, сервер). В основном вычисления производятся на процессорах общего назначения (CPU), что представляется неэффективным с точки зрения времени моделирования и энергопотребления. Использование широко распространенных графических процессоров (GPU) неперспективно в связи с особенностями процесса моделирования. Применение ПЛИС позволяет создавать специализированные вычислители, оптимизированные с точки зрения вычислительных узлов и уровня параллелизма.

В состав разрабатываемого стенда входит следующее оборудование.

1. Контроллер — обеспечивает управление процессом моделирования, передачей входных данных для процесса моделирования и получения результатов моделирования. В качестве управляющего контроллера используется Electric-imp [3]. Не является системой жесткого реального времени.

2. Вычислитель — обеспечивает выполнение процесса моделирования в реальном времени. Для его реализации используется плата DE-0 Nano на основе ПЛИС Cyclone IV [4], в

которой используется реконфигурируемая вычислительная платформа на базе гибридной архитектуры TTA/NISC. Вычислитель является системой жесткого реального времени.

Контроллер Electric-imp поддерживает весьма ограниченное число интерфейсов: SPI и I²C. Был выбран интерфейс SPI, так как он обладает меньшими накладными расходами, чем I²C, и проще в реализации. Если испытания покажут ожидаемый рост эффективности процесса системно-динамического моделирования, то SPI будет заменен на интерфейс с большей пропускной способностью.

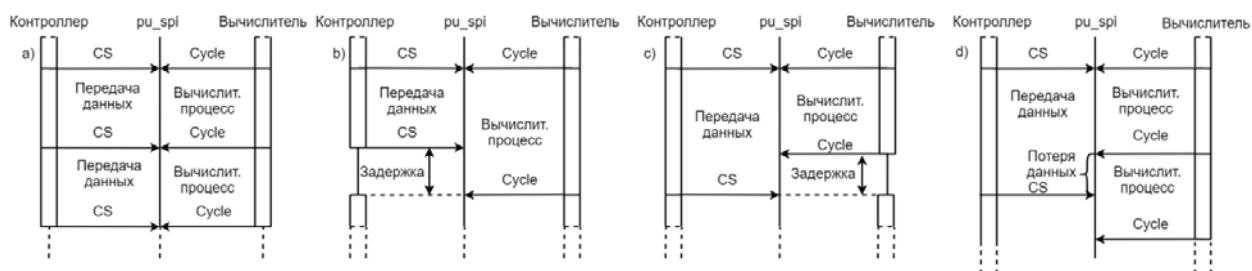
Содержание исследования

В основе интерфейса SPI лежит побитовая передача данных по линиям MOSI и MISO. Скорость передачи данных определяется генерируемым контроллером сигналом SCLK. Протокол SPI и его драйвер в контроллере не накладывают ограничений на длину кадра, в связи с чем считаем, что один кадр соответствует передаче данных для одного шага моделирования (это позволяет снизить накладные расходы). Инициализация передачи данных осуществляется ведущим устройством (контроллером), где обмен данными начинается по управляющему сигналу CS [5]. Вычислитель рассчитан на циклическое выполнение алгоритма, поэтому в качестве основных показателей, влияющих на его работу, выбраны: скорость передачи данных для шага моделирования и скорость вычисления одного шага моделирования, по которым рассматриваются все варианты временных диаграмм. Скорость передачи данных из-за особенностей работы контроллера Electric-imp не имеет фиксированного значения. Скорость генерации данных определяется системно-динамической моделью и ее реализацией в рамках вычислителя и не меняется в процессе моделирования.

Обмен без потери данных. По результатам вычислительного цикла выставляется сигнал Cycle о готовности к передаче данных от вычислителя. Управляющим сигналом со стороны контроллера выступает CS, вскоре после спада которого начинается процесс приема—передачи данных. Такая задержка определяется внутренним устройством контроллера и является нерегулируемой. На рисунке изображены диаграммы последовательности (Sequence Diagrams), характеризующие сопряженную работу устройств. Рисунок а — корректная работа устройств, скорость вычислений совпадает со скоростью передачи данных. На рисунке b представлен случай, когда скорость передачи данных больше скорости генерации данных. Выполнение одного цикла моделирования занимает больше времени, чем прием и передача данных между устройствами. В этом случае нет потерь в производительности и пропускной способности. Будет наблюдаться простой работы контроллера в ожидании готовности передачи данных от вычислителя.

Обмен с потерей данных. При проектировании протокола необходимо учесть ситуацию, когда частота передачи данных меньше частоты генерации данных. Работа вычислителя занимает меньше времени, чем передача данных. Вычислитель, закончив итерацию, выставляет флаг Cycle о готовности к передаче данных. В текущей конфигурации работа вычислителя зависит от управляющего контроллера, что накладывает задержки на процесс моделирования, и как следствие, приводит к потере данных (рисунок c).

Выбор подхода к синхронизации. Между спадом CS и последовательным тактовым сигналом присутствует задержка в N тактов, что приводит к бездействию интерфейса, в то время как вычисления производятся непрерывно. Теряются данные, полученные на части итераций вычислительного цикла. С учетом специфики системно-динамического моделирования потеря выходных данных отдельных итераций является допустимой и в некоторых ситуациях позволяет ускорить процесс моделирования. В других случаях устранить потерю данных можно за счет использования временного хранилища — буферов, и контроля процесса моделирования через управляющий контроллер (рисунок d).



Диаграммы последовательности: *a* — обмен без потери данных, *b* — скорость передачи данных больше скорости генерации данных, *c* — скорость передачи данных меньше скорости генерации данных, *d* — использование буфера

Заключение

Проведенный анализ позволил зафиксировать следующие решения в рамках спроектированного протокола:

— передача данных одного шага моделирования производится в рамках одного кадра интерфейса SPI;

— в вычислитель встраиваются механизмы синхронизации процесса моделирования с процессом передачи данных, для работы с потерей и без потери данных моделирования;

— в вычислитель встраиваются механизмы буферизации и хранения данных для обеспечения корректной синхронизации циклов передачи данных и циклов моделирования.

Описанный выше вариант является компромиссным решением, направленным на решение конкретной задачи. При этом он имеет большой потенциал с точки зрения развития, в связи с чем в дальнейшем будут решаться задачи: контроля целостности данных при передаче данных, сжатия данных, использования вычислителя в роли управляющего устройства, обеспечения возможности пересечения фаз циклов моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Perl I., Mulyukin A., Kossovich T. ITMO University Continuous Execution of System Dynamics Models on Input Data Stream. ITMO University, 2017. P. 371—376.
2. Пенской А. В. Разработка и исследование архитектурных стилей проектирования уровневой организации встроенных систем: дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2016. 169 с.
3. Electric Imp [Электронный ресурс]: <<https://www.sparkfun.com>>. (дата обращения: 1.02.2018).
4. DE- 0 Nano [Электронный ресурс]: <<https://www.terasic.com.tw>>. (дата обращения: 1.02.2018).
5. Новицкий А. Синхронный последовательный интерфейс SPI в микроконтроллерах от А до Я и его реализация в ADUC70XX фирмы Analog Devices // Компоненты и Технологии. 2009. № 5. С. 56—62.

Сведения об авторе

Дмитрий Вячеславович Емельянов — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: dmitriy.emelyanov.de@gmail.com

Ссылка для цитирования: Емельянов Д. В. Проектирование протокола на базе интерфейса SPI для вычислительной платформы реального времени // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 74—77.

DESIGNING SPI BASED PROTOCOL FOR THE REAL-TIME COMPUTATIONAL PLATFORM

D. V. Emelyanov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The paper deals with the protocol design problem for a coprocessor, which are based on the reconfigurable real-time computing platform for system dynamics. This allows you to increase the speed of the simulation and, if necessary, to implement the simulation process in real time. The main difficulty in creating the protocol is the synchronization problem of a computational cycle and a data transfer cycle between controller and coprocessor. The given work is devoted to the analysis and the decision of this problem on the basis of interface SPI.

Keywords: high-level synthesis, NISC, TTA, SPI interface, real time, hardware accelerator

Data on author

Dmitriy V. Emelyanov — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: dmitriy.emelyanov.de@gmail.com

For citation: *Emelyanov D. V.* Designing SPI based protocol for the real-time computational platform // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 74—77 (in Russian).

РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО MODBUS-МОСТА

Е. А. Пальцев

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассматриваются критерии выбора беспроводных передатчиков, пригодных для построения беспроводного modbus-моста, проблемы построения беспроводного моста в условиях неполной поддержки протокола modbus устройствами сети.

Ключевые слова: беспроводной мост, протокол modbus, беспроводные устройства, помехоустойчивое кодирование, соединение точка-точка

Введение

Modbus — открытый коммуникационный протокол, основанный на архитектуре ведущий—ведомый, который широко применяется в промышленности для организации связи между электронными устройствами [1], может использоваться для передачи данных через проводные последовательные линии связи RS-485, RS-422, RS-232 и сети TCP/IP. В некоторых случаях возникает необходимость подключить отдельные устройства или участки modbus сети по беспроводному каналу, например чтобы упростить установку таких сетей. Целью исследования является разработка беспроводного modbus-моста с интерфейсом RS-485.

Обзор предметной области

Использование беспроводного канала добавляет сложности при проектировании сети. Так, например, расстояния между узлами могут превышать максимальное расстояние, на котором может работать беспроводные передатчики, при этом максимальная мощность передатчика законодательно ограничена. На работу передатчиков могут влиять другие устройства, работающие на той же частоте. Поэтому при проектировании таких систем важен выбор конкретной технологии беспроводной связи.

Дополнительные трудности при реализации беспроводного моста возникают по причине того, что протокол modbus изначально был спроектирован для передачи данных через проводные линии связи. Так, например, при использовании беспроводной связи в канале возникают потери данных и дополнительные задержки, которые могут некорректно обрабатываться ведущими устройствами.

При этом в значительной части master-устройств реализована неполная поддержка протокола modbus. Так, например, ведущее устройство может не поддерживать коды ошибок, свидетельствующие о занятости ведомых устройств, повторные запросы к ведомым устройствам в случае возникновения ошибок или таймаута, что ведет к невозможности реализации беспроводного моста, работающего прозрачно для сети.

Содержание исследования

При выборе технологии беспроводной связи для построения моста был проведен анализ большого числа передатчиков различных компаний. Было решено использовать передатчик SX1276, основанный на технологии LORA. Этот выбор обусловлен большим заявленным радиусом действия [2], поддержкой работы в нелицензируемом диапазоне частот, наличием микросхемы и готовых модулей в свободной продаже, а документации — в свободном доступе. Для проведения испытаний были собраны два тестовых стенда, состоящих из модуля передатчика и микроконтроллера STM32F103 [3]. Для поддержки модуля

была проведена доработка библиотеки `wirelessopen-source`, написанной на языке C++. Были проведены испытания различных вариантов конфигурации приемопередатчика в условиях городской застройки. В ходе испытаний была измерена максимальная дальность работы: 600 метров в случае прямой видимости и 300 — в случае нахождения препятствия (например, панельного дома) на пути сигнала. При этом конфигурация, показавшая максимальную дальность работы, обладает минимальной скоростью передачи данных. Из-за этого возникает рассинхронизация частоты приемника и передатчика во время передачи пакета данных, что приводит к возникновению ошибок. Данные ошибки распределены в пакете неравномерно — большая часть искаженных битов расположена ближе к концу пакета, начиная с определенной позиции, что ограничивает его максимально возможную длину.

При проведении испытаний было установлено, что объем полезной нагрузки, при котором не происходит ошибок в пакете, ~13 байт. Согласно стандарту, максимальная длина пакета `modbus` составляет 256 байт [4]. Соответственно потребуется разбиение пакетов такой длины на несколько фрагментов в случае передачи через беспроводной канал.

Анализ обмена устройств показал, что длина большей части пакетов `modbus` значительно меньше максимальной и составляет 10—20 байт. Соответственно в случае увеличения длины пакета `lora` до данных значений можно избежать фрагментации пакетов в значительном числе случаев.

Было рассмотрено несколько способов увеличения полезной нагрузки в пакете `lora`:

- использование кварцевого генератора с лучшей кратковременной стабильностью частоты. Этот вариант легко технически реализуется, но увеличивает конечную стоимость аппаратуры;

- использование избыточного кодирования, аппаратно реализованного в приемопередатчике для исправления ошибок. Проведенные испытания показали, что встроенный блок коррекции не справляется с ошибками, неравномерно распределенными по пакету, и максимальная длина полезной нагрузки была одинакова при всех возможных вариантах избыточности;

- использование программно реализованного избыточного кодирования с учетом распределения ошибок в пакете, например, при помощи перемешивания битов в пакете после кодирования, для того чтобы число ошибок в блоке было примерно одинаковым, либо при использовании блока, равного по размерам пакету. Этот вариант позволяет увеличить полезную нагрузку на один байт но при этом требует значительных вычислительных затрат на этапе отправки и приема пакета [5];

- отказ от использования аппаратно реализованного заголовка пакета `lora`. Аппаратный заголовок включает в себя информацию о длине и режимах передачи полезной нагрузки, закодированную с двойной избыточностью, а также контрольную сумму. Отказ от него позволяет увеличить полезную нагрузку на шесть байт, при этом теряется возможность динамически задавать длину пакета и режимы работы.

В результате было решено отказаться от аппаратно реализованного заголовка пакета `lora`, поскольку этот вариант может быть легко реализован и позволяет максимально увеличить длину полезной нагрузки без внесения изменений в аппаратную часть устройства и повышения ее стоимости. Невозможность динамически задавать такие параметры, как избыточность кодирования и наличие контрольной суммы полезной нагрузки, не является серьезным ограничением. Это решение позволило увеличить максимальную длину пакета до уровня, при котором возможно передавать значительную часть пакетов `modbus` без разбиения на фрагменты.

Другой проблемой при реализации моста стало отсутствие поддержки кодов ошибок, свидетельствующих о занятости ведомых устройств частью существующих ведущих `modbus`-устройств. Такое ограничение делает невозможной реализацию моста, прозрачного для сети,

т.е. такого, при котором обращение к устройствам, расположенным до и после него, одинаково для ведущего устройства. В результате было решено разбивать запрос к устройствам, расположенным после моста, на два этапа. На первом этапе ведущее устройство генерирует пакет с командой, который обрабатывается ведущей частью моста. При необходимости пакет разбивается на фрагменты, а затем передается по беспроводному каналу на ведомую часть моста, где собирается и передается ведомому устройству. Ведомое устройство обрабатывает запрос и генерирует ответ, который обрабатывается ведомой частью моста и передается по беспроводному каналу на ведущую часть моста, где сохраняется в его памяти. На втором этапе ведущее устройство получает ответ ведомого устройства, который уже сохранен в памяти ведущей части моста. Это решение позволяет обрабатывать возникновение ошибок при беспроводном обмене на уровне моста, не требуя от ведущего устройства генерации повторных запросов к ведомым устройствам в случае возникновения ошибок или таймаута.

Заключение

В работе рассмотрены проблемы построения беспроводного моста modbus, проанализированы технологии беспроводной связи, предложен вариант приемопередатчика наиболее соответствующего выбранным критериям, предложен вариант реализации беспроводного modbus-моста на основе выбранного приемопередатчика. Рассмотрены особенности повреждения пакетов из-за рассинхронизации частоты приемника и передатчика, а также проблемы реализации моста, совместимого с существующими вариантами ведущих устройств, предложены варианты решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Drury, Bill, Control Techniques Drives and Controls Handbook, 2009.
2. SX1276 Datasheet [Электронный ресурс]: <<https://www.semtech.com/uploads/documents/sx1276.pdf>>. (дата обращения: 11.09.2017)
3. Martin T. The insider's guide to the STM32 ARM based microcontroller. Hiltex, 2008.
4. Modbus application protocol specification V1.1b3. 2012.
5. Simon T. Multiple Bit Error Correction. 2004.

Сведения об авторе

Евгений Алексеевич Пальцев

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: palmur3@gmail.com

Ссылка для цитирования: Пальцев Е. А. Разработка беспроводного modbus-моста // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 78—81.

DESIGN OF MODBUS WIRELESS BRIDGE

E. A. Paltsev

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

Aspects of wireless transceivers choosing for wireless modbus bridge and aspects of wireless modbus bridge implementing in conditions of partial modbus protocol support by network devices are considered in report.

Keywords: wireless bridge, modbus protocol, wireless devices, error correction, point-to-point connection

Data on author

Evgeniy A. Paltsev — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: palmur3@gmail.com

For citation: *Paltsev E. A.* Design of modbus wireless bridge // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 78—81 (in Russian).

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО УСКОРИТЕЛЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ФУНКЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

О. И. Поторокин

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрены алгоритмы построения карты глубины, применяемые на различных платформах. Подробно исследованы два алгоритма, используемые в библиотеке OpenCV. В ходе их сравнения по критериям скорости выполнения и трудоемкости один из алгоритмов выбран для реализации с помощью аппаратного ускорителя, который был разработан и протестирован в среде компьютерного симулятора. Приведена упрощенная схема аппаратного ускорителя. Проведено сравнение аппаратной и программной реализаций алгоритма. По итогам сравнительного тестирования принято решение о возможности и целесообразности использования разработанного аппаратного ускорителя в составе платформы технического зрения на базе процессорного ядра MIPSfpga.

Ключевые слова: техническое зрение, карта глубины, MIPSfpga, openCV, StereoBM, StereoSGBM, цифровая обработка изображений, ПЛИС, аппаратный ускоритель

Введение

Платформа MIPSfpga [1] служит для развития мобильных робототехнических систем с применением ПЛИС. Один из способов реализации технического зрения — аппаратные ускорители, размещенные на ПЛИС и работающие параллельно с основным конвейерным процессором. В связи с этим была поставлена цель: реализовать алгоритм построения карты глубины для мобильных робототехнических систем. Были поставлены следующие задачи:

- изучение математического аппарата stereoBM и stereoSGBM библиотеки openCV [2], их анализ и сравнение, выбор одной из них с целью аппаратной реализации для систем на кристалле на базе процессорного ядра MIPSfpga;
- разработка функциональной схемы ускорителя;
- разработка ускорителя на языке Verilog;
- разработка функционально аналогичной программной реализации алгоритма на языке C++;
- тестирование разработанной модели с применением бенчмарка Middlebury [3] и сравнение результатов двух реализаций алгоритма.

Обзор предметной области

Исследования показали, что готовые решения, основанные на алгоритмах Yang, Wang, Chen, Hirschmüller и др. [4], выполнены на базе многоядерных архитектур с использованием передовых графических процессоров, что недопустимо для мобильной робототехники.

В рамках работы рассмотрены функции библиотеки OpenCV, которая часто применяется при преобразовании стереопары изображений в карту глубины. Выходным значением функций построения карты глубины является расстояние от определенной точки объекта наблюдения до центра системы камер. Задача алгоритмов — вычисление смещения пиксела, отображающего данную точку, относительно такого же пиксела на изображении с другой камеры.

Библиотека OpenCV достаточно функциональна для решения задач технического зрения. StereoBM применима в мобильной робототехнике за счет скорости выполнения, но требует значительных ресурсов вычислителя. Другой проблемой является недостаточно гибкая

конфигурация отдельных шагов алгоритмов. В работе рассматривается альтернативный вариант реализации StereoBM — аппаратная реализация, ее характеристики сравниваются с программной версией.

Содержание исследования

В данной работе проанализирован математический аппарат StereoBM и StereoSGBM библиотеки OpenCV. В их основе соответственно лежат алгоритмы Block Matching и Semi-Global Matching. Каждый алгоритм сводится к нахождению функции стоимости совпадения для каждого пиксела исходного изображения. Были исследованы наиболее применяемые функции стоимости: AD, SAD, SD, SSD, NCC. В алгоритме SGM используется метрика Berchfield-Tomasi:

$$L'_r(p, d) = C(p, d) + \min \left(L'_r(p-r, d), L'_r(p-r, d-1) + P_1, L'_r(p-r, d+1) + P_1, \min_i(p-r, i) + P_2 \right).$$

Как видно из формулы, алгоритм SGM требователен к вычислителю и не годится для использования в мобильных системах реального времени. Для реализации выбран метод SAD, применяемый в алгоритме BM:

$$S = \sum_{i=0}^N |I_{il} - I_{ir}|$$

В рассматриваемом алгоритме BM используется метод агрегирования функций стоимости при помощи окна поиска. Наиболее применяемые типы окон: фиксированное (FW), множественные (MW), адаптивные (AW), окно с вспомогательными весами (ASW). Для реализации выбран FW, так как этот метод не требует параллельных расчетов.

Итоговый расчет смещения пиксела производится характерным для локальных алгоритмов методом WTA (Winner takes all), в соответствии с которым выбирается смещение пиксела с наименьшей функцией стоимости.

Чтобы оценить возможные пути повышения производительности систем для ограниченных ресурсов компьютерного ядра алгоритм построения карт глубины был реализован аппаратным способом. Версия алгоритма, реализованная в данном проекте, является аналогом BM, но с рядом допущений. В нем не используется предобработка изображений. Такой алгоритм обладает достаточной скоростью и приемлемым качеством результата при меньших трудозатратах.

На рисунке приведена упрощенная схема разработанного аппаратного ускорителя.

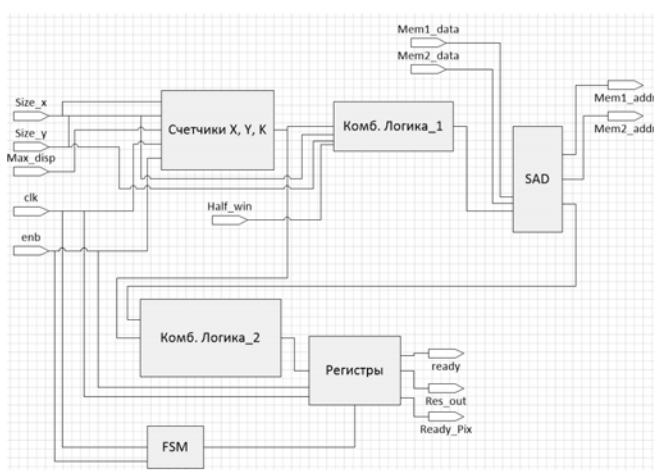


Схема аппаратного ускорителя

Ускоритель реализован с помощью нескольких регистров, выполняющих функции счетчиков по горизонтали, вертикали и смещению. Также несколько регистров используются для запоминания наименьшей стоимости совпадения и соответствующего ей смещения. Порты size_x, size_y, max_disp, half_win используются для конфигурации размера изображения,

максимального радиуса поиска и размера окна поиска. Модуль SAD реализован схожим образом. В результате используются только простейшие блоки ПЛИС (регистры и ячейки комбинаторной логики). Это позволяет использовать одновременно несколько десятков подобных ускорителей в системе MIPSfpga.

Ускоритель реализован на языке Verilog, отлажен и протестирован в программном симуляторе ModelSim [5]. Для функционального тестирования модели разработана программная реализация алгоритма ВМ, описанная на языке C++. В качестве исходных изображений использовались данные бенчмарка Middlebury 2003 (cones) с размерами Q(450x375). В результате тестирования установлено, что модель аппаратного ускорителя предоставляет такой же результат, что и программа, но при одинаковых тактовых частотах (100 МГц) ускоритель выполняет задачу за меньшее время (2,48 с против 9,52 с у программы).

Заключение

Разработан работоспособный прототип аппаратного ускорителя, реализующего модифицированный алгоритм Block Matching. По результатам тестирования принято решение об эффективности реализации и возможности включения такого аппаратного функционального блока в систему технического зрения на платформе MIPSfpga. В дальнейшем планируется модернизировать модуль, реализовав функции предобработки и возможность параллельного вычисления функции стоимости в нескольких окнах. Также рассматривается реализация алгоритма с помощью процессорного блока UDI CorExtend.

ЛИТЕРАТУРА

1. Imagination Technologies Ltd. MIPSfpga Getting Started Guide. 2015. 135 p.
2. OpenCV Computer Vision Library [Электронный ресурс]: <<http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>>. (дата обращения: апрель 2017).
3. Middlebury Stereo Vision [Электронный ресурс]: <<http://vision.middlebury.edu/stereo/>>. (дата обращения: апрель 2017).
4. Hamzah R. A., Ibrahim H. Literature Survey on Stereo Vision Disparity Map Algorithms. Penang – Melaka: Hindawi Publishing, 2015.
5. SynthWorks Design Inc. Getting Started Using Mentor Graphic's ModelSim. 2011. 10 p.

Сведения об авторе

Олег Игоревич Поторокин — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: Optimus1313@mail.ru

Ссылка для цитирования: Поторокин О. И. Разработка аппаратного ускорителя, реализующего функции технического зрения // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 82—85.

DEVELOPMENT OF THE HARDWARE ACCELERATOR IMPLEMENTING THE FUNCTIONS OF MACHINE VISION

O. I. Potorokin

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

Algorithms for the depth map function, used on various platforms, are considered. Two algorithms used in the OpenCV library are examined in detail. During their comparison by the criteria of speed and complexity, one of the algorithms was chosen for implementation with the help of hardware accelerator, which was developed and tested in the environment of a computer simulator. A simplified diagram of the hardware accelerator is given. The hardware and software implementations of the algorithm are compared. Based on

the results of comparative testing of these two implementations, a decision was made about the possibility and expediency of using the developed hardware accelerator as part of the technical vision platform based on the MIPSfpga processor core.

Keywords: machine vision, depth map, MIPfpga, openCV, StereoBM, StereoSGBM, digital image processing, FPGA, hardware accelerator

Data on author

Oleg I. Potorokin — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: Optimus1313@mail.ru

For citation: *Potorokin O. I.* Development of the hardware accelerator implementing the functions of machine vision // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 82—85 (in Russian).

УДК 004.41

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РЕАБИЛИТАЦИИ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

А. А. Бабиков, А. С. Меинов, М. Ю. Румянцева

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрена возможность создания аппаратного комплекса для реабилитации людей после инсульта или с ДЦП. Этот комплекс является средством механотерапии — использования аппаратов для реабилитации людей вместо занятий с врачом, что позволяет проводить реабилитацию на дому. Рассмотрены методы механотерапии, разработаны конструктивная и аппаратная части устройства, обоснован выбор комплектующих, написано программное обеспечение комплекса, позволяющие использовать комплекс для реабилитации людей с недостатком мышечной активности. Также рассматривается создание биологической обратной связи для данного комплекса. Полученное устройство может найти применение для людей с ограниченными мышечными возможностями.

Ключевые слова: механотерапия, аппаратный комплекс, встраиваемая система, биологическая обратная связь, информационно-управляющая система, реабилитация, биомехатронное устройство

Введение

В последние годы проводятся исследования в области создания реабилитационных систем для пациентов, перенесших инсульты, травмы или хирургические вмешательства, повлекшие за собой нарушения двигательных функций, или имеющих заболевания, приводящие к нарушению мышечной активности. Мероприятия реабилитации с применением различных устройств называются механотерапией.

Результатом проведения правильной механотерапии становятся выраженные позитивные изменения организма. Например, усиливается кровообращение в пораженных суставах, что способствует уменьшению болезненности, укрепляются мышцы, повышается их тонус, функционирование суставов постепенно восстанавливается, позволяя пациенту совершать движения различной амплитуды.

Цель исследования — разработать программно-аппаратный комплекс, помогающий в реабилитации людей с недостатком мышечной подвижности локтевого сустава (на первом этапе).

Задачи данной работы:

- 1) проанализировать необходимость применения аппаратов механотерапии в реабилитации больных;
- 2) проанализировать аналогичные комплексы;
- 3) составить модель движения руки;
- 4) реализовать аппаратную часть информационно-управляющей системы;
- 5) реализовать программную часть управления устройством;
- 6) реализовать систему обратной связи;
- 7) сконструировать корпус устройства.

Поставленные задачи решаются с применением методов теоретической и прикладной механики, теории робототехнических систем и систем управления.

Программно-аппаратный комплекс применяется для повышения качества жизни пациента, профилактики контрактур и т.д. наряду с традиционными медикаментозными и физиотерапевтическими процедурами.

Обзор предметной области

В мире существуют работы по аналогичной тематике, например, разработка Курского государственного университета представляет собой устройство для реабилитации нижних конечностей [1]. Также в коммерческой среде существуют аппараты фирмы ORMED [2], но они разработаны за границей, что определяет высокую цену устройство. Эти аппараты обеспечивают комплексную, но только пассивную терапию суставов. Такие же возможности предоставляет аппарат фирмы ARTROMOT [3]. Система ARMEO [4] обеспечивает только активные движения с компенсацией веса, без возможности пассивных упражнений, но имеет возможность мотивационных программ. Кроме того, размеры этих аппаратов велики.

Разработанный нами аппарат обеспечивает комплексную пассивную и активную терапию не только суставов, но и мышц, а также предоставляет возможность использования мотивационных упражнений.

Содержание исследования

Программно-аппаратный комплекс

Результатом работы является программно-аппаратный комплекс, представляющий собой информационно-управляющую систему. На данный момент он реализован на платформе Atmel, но планируются перенос на платформу pic32 и реализация собственной платы управления со встроенными управляющими устройствами.

В качестве математической модели использовали модель, исследованную в работе [5]. В дальнейшем планируется разработка собственной модели движения. Проведен расчет параметров конструкции, ее веса и возможности углов поворота. Исходя из среднего веса и длины руки рассчитана мощность двигателей, управляющих системой.

Конструкция состоит из двух неподвижных частей, одна из которых находится на плече, другая на предплечье. Части устройства соединены шарниром. За движения отвечают два не зависящих друг от друга сервопривода. Один сервопривод предназначен для поворота руки в локтевом суставе с заданной скоростью до достижения заданного угла в продольном направлении (сгиб руки), второй сервопривод осуществляет движение того же типа в поперечном направлении (поворот предплечья). Таким образом, можно осуществлять любые движения руки: подъем предплечья, поворот, круговые движения в двух плоскостях. Устройство на руке представлено на рисунке.



Аппарат на руке

Крепление к конечности осуществляется с помощью липучки. Это крепление мягкое, прочное, не травмирует кожи и позволяет плотно зафиксировать аппаратный комплекс на конечности. Для безопасного крепления используется фиксация в нескольких точках — на пле-

че, у локтя, на запястье. Корпус управляющей части и трубки, составляющие каркас устройства, планируется изготовить с помощью 3D-принтера.

Пассивный режим предназначен для пациентов, которые не могут управлять своими конечностями. При этом аппарат сам сгибает на определенный угол руку в локтевом суставе, не создавая дискомфорта ощущений. Если пациент может двигать рукой сам, но при этом мышцы слишком слабы для самостоятельного сгибания, можно использовать активный режим, при котором аппарат компенсирует нагрузку на руку, регулируя силу сопротивления мышц.

Система биологической обратной связи

В настоящий момент находится в разработке система биологической обратной связи (БОС) для создания мотивационной программы упражнений. Система биологической обратной связи поможет оценить двигательную активность мышцы и сохранить эти данные для дальнейшего анализа и наблюдения динамики. Также БОС применяется для создания компьютерной программы, которая позволит повышать эффективность выполнения упражнений, т.к. пациент сможет видеть, что именно он делает.

Для реализации системы БОС будет создана математическая модель движения локтя и сопоставлена с реальными данными, полученными с акселерометра, расположенного на устройстве. Эти данные в режиме реального времени будут передаваться на компьютер или мобильное устройство. Эти данные можно использовать для оценки качества движений (на основе данных о скорости, смещения в плоскости или остановок в процессе упражнения). Также на основе этих данных будет реализована частичная компенсация движения при активных упражнениях.

Заключение

Разработан аппаратно-программный комплекс для реабилитации с помощью пассивных движений, определены направления развития и начата работа над системой обратной связи. В дальнейшем возможно добавление систем электромиографии для более точного определения двигательной функции мышц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яцун С. М., Яцун А. С., Турлапов Р. Н. Разработка и исследование реабилитационного устройства для механотерапии нижних конечностей // Фундаментальные исследования. 2014. № 12-9. С. 1909—1911.
2. Компания ORTORENT [Электронный ресурс]: <<https://www.ortorent.ru/brendy/artromot>>. (дата обращения: 19.12.2017).
3. Компания ORMED [Электронный ресурс]: <<http://www.ortorent.ru>>. (дата обращения: 20.11.2017).
4. Компания Kinetec [Электронный ресурс]: <<http://www.kinetec.at/>>. (дата обращения: 22.11.2017).
5. Яцун С. М., Тарасов Е. С. Исследование кинематики реабилитационного мехатронного устройства для кинезиотерапии локтевого сустава // Актуальные проблемы физического воспитания и спорта: Матер. XIX Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. 2014. Т. II. С. 226—230.

Александр Александрович Бабилов

Сведения об авторах

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: atom150396@gmail.com

- Артём Сергеевич Меинов* — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: svek.95@gmail.com
- Мария Юрьевна Румянцева* — студентка; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: mari.s70c3@gmail.com

Ссылка для цитирования: *Бабилов А. А., Меинов А. С., Румянцева М. Ю.* Аппаратно-программный комплекс реабилитации людей с ограниченной мышечной активностью // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 86—89.

HARD- AND SOFTWARE COMPLEX FOR THE REHABILITATION OF PEOPLE WITH LIMITED MUSCLE ACTIVITY

A. A. Babikov, A. S. Meinov, M. Yu. Rumyantseva

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

In this paper is considered the possibility and process of creating a hardware complex for the rehabilitation of people after a stroke or with cerebral palsy. This complex is a way of mechanotherapy - the use of apparatus for the rehabilitation of people instead of training with a doctor, which allows for rehabilitation at home. In the process of work, the methods of mechanotherapy are considered, the constructive and hardware part of the device is developed, the choice of components is justified, the software of the complex is written, which allows using the complex for the rehabilitation of people with a lack of muscle activity. We also consider the creation of biofeedback for this complex. The resulting device can be used for people with disabilities of disabilities of muscles.

Keywords: rehabilitation, mechatronic device, embedded system, biofeedback, mechanotherapy

Data on authors

- Alexander A. Babikov* — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: atom150396@gmail.com
- Artem S. Meinov* — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: svek.95@gmail.com
- Mariia Yu. Rumyantseva* — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: mari.s70c3@gmail.com

For citation: *Babikov A. A., Meinov A. S., Rumyantseva M. Yu.* Hard- and software complex for the rehabilitation of people with limited muscle activity // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 86—89 (in Russian).

КОНСТРУКТИВНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

В. И. Скорубский, Ван Цзыань, Ли Шуан

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассматривается задача построения алгоритма на основе конструктивного подхода. Алгоритм определяется как пара: в виде исполнительной схемы и управляющей схемой микропрограммы, что согласуется с классическим определением алгоритма. В такой постановке, с использованием некоторого прототипа микроконтроллера с доступными средствами поддержки (язык С, ассемблер, система CAD), проектируется структурная схема и формулируется управляющая микропрограмма для прямого исполнения алгоритма в ПЛИС.

Ключевые слова: алгоритм, микроконтроллер-прототип, алгоритмическая схема, язык С, исполнительная структурная схема, микропрограмма

Введение

Проектирование ЭВМ можно рассматривать как конструктивно-алгоритмическое решение конкретной задачи. ЭВМ реализует общие свойства алгоритма в виде программы и схемы компьютера, исполняющего программы.

Обзор предметной области

Алгоритмическое решение задачи остается интуитивным, и прямая запись его в виде программы, не привязанной к конкретному исполнителю и его возможностям, существенно затрудняет решение.

Корректность алгоритмической записи подтверждает ее тестирование на конкретных данных. Свойства алгоритма как метода решения широко известны [1, 2]. Таким образом, ЭВМ как исполнительная машина, работающая с программным управлением и выполняющая обработку численных данных, соответствует этим принципам и является цифровой алгоритмической машиной.

Применительно к технике память обеспечивает возможность некоторое время сохранять информацию, многократно воспроизводить и изменять. Основные процессы памяти: запоминание, хранение, воспроизведение, свойства памяти — точность, объем, время запоминания, время воспроизведения, время хранения.

Все эти понятия, связанные с определением памяти, относятся к мышлению и, следовательно, к искусственному мышлению, играет в котором основную роль компьютер.

Алгоритм имеет определенную логику рассуждений, в которой используются логические операции (команды), определяющие последовательный альтернативный выбор направления преобразования данных.

Разработка алгоритма может быть рассмотрена как конструктивное решение задачи, включающее организацию памяти, построение исполнительной схемы машины и микропрограммы, управляющей этой схемой и памятью, в частности, в виде команд и микрокоманд.

Последовательная технология конструирования схемы и формальной записи управления схемой на языке программирования позволяет сформулировать алгоритм в виде программы и тестировать его исполнение.

Исторически различаются две архитектуры компьютера [1, 2]. В гарвардской (ЭВМ общего назначения) — основная память для долговременного хранения программного кода и

данных типа RAM (чтение, запись) и быстрая регистровая память, известная еще со времен Леди Лавлейс и механической машины Бэббиджа. В принстонской схеме различают постоянную память программ, память RAM для хранения данных и быструю регистровую.

Возможность специализации схемы микрокомпьютера к алгоритмам приложений позволяет использовать конструктивный подход для специализированной алгоритмической схемы в ПЛИС. Рассматривается следующий порядок конструирования алгоритмического решения задачи.

1. Выбирается схема организации памяти, ввода, преобразования данных и вывода результатов. Схема содержит элементы любого компьютера: память, элементы преобразования данных, элементы ввода/вывода и элементы связи, обеспечивающие обмен данными.

2. С использованием конкретного микроконтроллера (MCU) решается алгоритмическая задача преобразования схемы памяти гарвардской схемы ЭВМ в схему MCU с принстонской архитектурой. Функциональная микропрограмма уточняется, схема виртуальной машины детализируется в виде структурной схемы, управляемой микрокомандами.

3. Структурная схема преобразуется в функциональную, выполненную в стандартной элементной базе CAD System (MaxPlus, Quartus, Xilens). Функциональная микропрограмма преобразуется в структурную микропрограмму [1], в которой используются символические обозначения сигналов управления функциональными элементами схемы. Полученная при этом структурная микропрограмма транслируется в микропрограммный двоичный код для загрузки в ROM управляющей памяти.

Отказываясь от кодирования команд, принятого в прототипе, можно представить алгоритм схемой в ПЛИС, используя средства CAD Systems. Проект в CAD может быть представлен в графике или на языках HDL.

Содержание исследования

Для принстонской архитектуры, следуя рассмотренной программе проектирования и реализации алгоритма, выбираем в качестве объектного конкретный микроконтроллер mcs51 [3]. Требуется разработать алгоритм и микропрограмму преобразования десятичного числа в двоичное число пересчетом. Исходные данные и результат – текстовые строки. Пересчет выполняется по рекуррентной формуле

$$S(i+1) = S(i) * 10 + a_{n-i} \quad S(0) = 0, i = 0, \dots, 3,$$

где a_2, a_1, a_0 — двоично-десятичные цифры. Также преобразование в символическую двоичную запись можно записать рекурсивной функцией

$$01111101 \rightarrow "01111101" \rightarrow S(i+1) = S(i, b_i), i = 10 \dots 0.$$

Алгоритмическая схема преобразования (рис. 1) отображает интуитивно выбираемые при преобразовании форматы данных, элементы памяти, функциональные преобразования и логику, определяющую порядок доступа к памяти в преобразованиях данных. Индексация (i) определяет для целых чисел порядок доступа к разрядам чисел и может отличаться от принятого в конкретном компьютере последовательного размещения данных в памяти — от старших к младшим разрядам (Big Endian). В определяемом программой формате текста учитывается признак конца строки — нулевой байт.

Для управления алгоритмической схемой можно записать функциональную микропрограмму в C++, условно разделяемую на микрокоманды, в которых естественным ограничением является несовместимость параллельного адресного доступа к одному типу памяти и последовательное чтение и запись результата преобразования относительно каждого регистра.

Предлагается, опираясь на интуитивное определение метода решения задачи, представленное алгоритмической схемой, сконструировать структурную схему контроллера исполнения алгоритма и для нее формулировать микропрограмму управления в С. Таким образом, многотактное (более 100 тактов) исполнение программы в ассемблере заменяет в данном случае исполнение в ПЛИС за 10 тактов.

Также представляет интерес использовать систему команд прототипа и оптимизировать его схему в современной доступной элементной базе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майоров С. А. Новиков Г. И. Принципы организации цифровых машин. Л.: Машиностроение, 1974. 430 с.
2. Максимов Н. В., Партыка Т. Л., Попов И. И. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем. ИД Форум, 2005. 511 с.
3. Злобин В. К. Григорьев В. Л. Программирование арифметических операций в микропроцессорах. М.: ВШ, 1991. 303 с.

Сведения об авторах

- Владимир Иванович Скорубский** — тьютор; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: vskorubski@yandex.ru
- Ван Цзыань** — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: wzasmile@gmail.com
- Ли Шуан** — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: xxm0922@gmail.com

Ссылка для цитирования: Скорубский В. И., Ван Цзыань, Ли Шуан. Конструктивно алгоритмическое проектирование микроконтроллера // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 90—93.

MOVEMENT IN VIRTUAL REALITY WITHIN LIMITED PHYSICAL SPACE

V. I. Skorubskii, Van Czyn, Li Shuan

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The problem of constructing an algorithm, based on a constructive approach. The algorithm is defined as a pair: executive management firmware schema and schema, that is consistent with the classical definition of algorithm. In this formulation, using some prototype microcontroller with available means (language C, assembler, CAD), the projected structural and functional schema, formulated management firmware for the execution of the algorithm in C ++ on this diagram.

Keywords: algorithm, microcontroller (MCU), C language, executive structural scheme, the firmware

Data on authors

- Vladimir I. Skorubskii** — Tutor; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: vskorubski@yandex.ru
- Van Czyn** — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: wzasmile@gmail.com
- Li Shuan** — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: xxm0922@gmail.com

For citation: Skorubskii V. I., Van Czyn, Li Shuan. Construction algorithm for designing of microcomputer // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 90—93 (in Russian).

УДК 004.415.2

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСА ТЕЛЕМОНИТОРИРОВАНИЯ ЭКГ

И. Б. Чебыкин

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Предложено программное обеспечение для комплекса телемониторирования ЭКГ, состоящего из монитора ЭКГ, построенного на базе микропроцессорной системы, блока управления монитором, обеспечивающего контроль над обследованием и прием/передачу данных с монитора на удаленный сервер, и сервер, обрабатывающий поступающие данные ЭКГ.

Ключевые слова: телемониторирование ЭКГ, встраиваемые системы, Linux, разработка ПО, интерфейс USB, телемедицина

Введение

Во все большем числе областей медицины интенсивно используются информационные технологии. Одной из таких областей является телемедицина [1], использующая компьютерные или телекоммуникационные технологии для обмена медицинской информацией, что позволяет проводить медицинские обследования на расстоянии. Телекоммуникационные технологии позволяют организовать мобильные комплексы для проведения обследований, что особенно актуально в электрокардиографии — зачастую исследование функционирования сердца проводится в течение длительного времени и не требует от пациента специфических действий.

Использование телемедицинского комплекса позволит пациенту свободно перемещаться, а врач сможет анализировать данные пациента, находясь не на рабочем месте. В рамках данной работы была поставлена задача: разработать программное обеспечение для подобного комплекса.

Обзор предметной области

Основная часть существующих решений [2] основана на микроконтроллерах, что, несмотря на большую энергоэффективность, сильно ограничивает разработчика и повышает стоимость разработки. Такие комплексы имеют монолитную архитектуру [3], что негативно отражается на надежности комплекса: программная ошибка в модуле передачи данных может привести к отказу всей системы и потере данных обследования.

Разрабатываемый комплекс состоит из нескольких независимых программно-аппаратных блоков, связанных между собой стандартным интерфейсом USB, что обеспечивает высокую надежность комплекса и позволяет заменять компоненты. Использование процессора общего назначения — ARM Cortex A5, позволяет использовать полноценную ОС общего назначения на основе ядра Linux, что упрощает разработку программного обеспечения, позволяя реализовать более гибкую архитектуру. Предоставленные инструменты ОС на основе ядра Linux также позволили реализовать работу комплекса как в сотовых сетях GPRS/EDGE/3G [4], так и в сетях Wi-Fi.

Содержание исследования

Программно-аппаратный комплекс представляет собой совокупность следующих модулей: монитор ЭКГ, блок приема/передачи данных, сервер для хранения и анализа ЭКГ. Опишем рабочий цикл комплекса:

Монитор снимает данные ЭКГ с 12 электродов, подключенных к телу человека, и сохраняет их в свою внутреннюю память. В свою очередь, блок приема/передачи данных с заданным периодом запрашивает данные с монитора. Данные передаются по стандартизованному протоколу, который реализован поверх интерфейса USB и представляет собой набор операций для взаимодействия с виртуальной файловой системой монитора. Внутри этой файловой системы хранятся динамические структуры данных, формат которых описан с помощью XML-файлов [5], также лежащих в этой файловой системе. Эти структуры хранят информацию о мониторе и его состоянии. Запись ЭКГ также представлена в виде отдельного файла.

Параллельно блок приема/передачи данных периодически отправляет данные на удаленный сервер обследования по протоколу rsync, который обеспечивает высокую пропускную способность, благодаря тому что отправляются только те данные, которые отличаются от их копии на сервере.

Опишем подробно структуру блока приема/передачи данных. Блок работает на операционной системе на основе ядра Linux, компоненты для управления обследованием и приемом/передачей данных являются сервисами, которые запускаются при загрузке ОС либо при подключении монитора к блоку. Далее при запуске формируется список определенных задач, которые должны быть выполнены сервисами. Сервисы представляют собой небольшие скрипты на языке Bash, которые проверяют все необходимые условия для выполнения задачи, и, если она может быть выполнена, вызывают соответствующий компонент, который представляет собой полноценную утилиту, написанную на компилируемом языке программирования. Сервис также контролирует процесс выполнения утилиты, сохраняет лог событий и перезапускает операцию в случае ошибки. После выполнения всех необходимых задач блок выключается на заданный в конфигурационном файле промежуток времени для сохранения энергии. На удаленном сервере запущен сервер rsync, сохраняющий данные обследования в хранилище доступное для программы обработки и сервис, контролирующий события, возникающие в мобильном комплексе. В случае возникновения нештатной ситуации сервер сообщает о ней техническому персоналу.

Заключение

В ходе исследования разработан эффективный мобильный комплекс для телемониторирования ЭКГ, имеющий гибкую и расширяемую архитектуру. На данный момент комплекс собран на базе аппаратной платформы для разработчиков от Sierra Wireless, в дальнейшем планируется использовать собственную платформу и изготовить для нее корпус.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gupta R., Gamad R.S. and Bansod P. Telemedicine: A brief analysis // Cogent Engineering. 2014. N 1. P. 966459.
2. Kavva G. and Thulasi Bai V. Wearable advanced single chip ECG telemonitoring system using SoPC // IEICE Electronics Express. 2014. Vol. 11, N 6.
3. Satyanarayana K., Sarma A. D., Sravan J., Malini M., and Venkateswarlu G. GPS and GPRS Based Telemonitoring System for Emergency Patient Transportation // Journal of Medical Engineering. 2013. Article ID 363508. 9 p.
4. Zhang J. and Lu Z. The mobile ECG telemonitoring system based on GPRS and GPS // Proceedings of the International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing (NSWCTC '09). 2009. Vol. 2. P. 454—456.

5. *Giacomo P. Di and Ricci F. L.* ECG and XML: An instance of a possible XML schema for the ECG telemonitoring // *Medical Informatics and the Internet in Medicine*. 2005. Vol. 30, N 1. March. P. 25—36.

Сведения об авторе

Иван Борисович Чебыкин

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: ivan@chebykin.org

Ссылка для цитирования: Чебыкин И. Б. Разработка программного обеспечения для комплекса телемониторирования ЭКГ // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 94—96.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE ECG TELEMONITORING SYSTEM

I. B. Chebykin

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

This article describes the development process of software for the ECG telemonitoring system, which is based on modular design and consists of following modules: portable monitor, built on microcontroller, monitoring control block operated by Linux, which is responsible for uploading record data from monitor to remote server for further analysis.

Keywords: ECG telemonitoring, embedded systems, Linux, embedded software development, USB interface, telemedicine

Data on author

Ivan B. Chebykin

— Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: ivan@chebykin.org

For citation: Chebykin I. B. Software development for the ECG telemonitoring system // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 94—96 (in Russian).

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 004.056

ОБЗОР ВИДОВ DOS- И DDOS-АТАК И СПОСОБОВ БОРЬБЫ С НИМИ

Е. А. Беспалый, Ю. А. Титова, И. Ю. Попов

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрены виды DoS- и DDoS-атак, различия между ними, а также методы противодействия таким атакам.

Ключевые слова: DoS-атака, DDoS-атака, распределенная атака, отказ в обслуживании, флуд

Введение

На данный момент существует множество разновидностей DoS- и DDoS-атак, каждая из которых имеет свои отличительные особенности, механизм действия и способ защиты от атаки.

Целью данной статьи является исследование сетевых атак типа DoS и DDoS и выделение различий между ними.

Обзор предметной области

DoS-атака – атака на вычислительную систему с целью затруднения или закрытия доступа добросовестных пользователей к ней. Если атака выполнена с большого числа компьютеров, то принято говорить о распределенной DoS-атаке, также известной как DDoS-атака [1].

Существует три основных типа DoS-атак, каждый из которых содержит несколько видов реализации.

1. Атаки, переполняющие полосу пропускания, связанные с большим количеством бессмысленных запросов:

— HTTP-флуд и ping-флуд (насыщение полосы пропускания с помощью обычных ping-запросов и HTTP-пакетов с измененным ip-адресом);

— Smurf-атака (ICMP-флуд) (многократная широковещательная рассылка для проверки работающих узлов в системе, с ip-адресом жертвы);

— атака Fraggle (UDP-флуд) (аналог Smurf-атаки, вместо ICMP пакетов используются пакеты UDP);

— атака с помощью переполнения пакетами SYN (SYN-флуд) (трата ресурсов на неоконченное TCP-соединение).

2. Атаки, построенные на недостатке ресурсов цели, таких как оперативная, физическая память или процессорное время:

— отправка «тяжелых» пакетов (отправка пакетов, расходующих большое количество процессорного времени жертвы);

— переполнение сервера лог-файлами (переполнение памяти сервера, приводящее к отказу);

— использование плохой системы квотирования (доступ к CGI позволяет потратить процессорное время);

— недостаточная проверка данных пользователя (создание большого числа фальшивых пользователей, на которых тратятся ресурсы сервера).

3. Атаки, использующие ошибки программирования:

- использование недостатков в программном коде (ошибки в программном коде, приводящие к обращению к неиспользуемому фрагменту адресного пространства и отказу системы);
- переполнение буфера.

Для реализации DDoS-атаки требуется скоординировать большое число компьютеров. Это реализуется либо на добровольной основе, либо путем заражения компьютеров троянской программой, работающей в фоне и осуществляющей атаку, в то время как пользователь компьютера ни о чем не подозревает [2].

Содержание исследования

Защита от DoS и DDoS строится на своевременном выявлении факта атаки, правильной настройке сети, устранении уязвимостей и использования ряда фильтров, анализирующих интернет-трафик.

Для подготовки системы к DoS-атаке необходимо соблюсти ряд условий:

- все серверы, которые имеют доступ во внешнюю сеть, должны быть подготовлены к удаленной аварийной перезагрузке. Также желательно наличие второго сетевого интерфейса, через который по ssh-соединению можно быстро получить доступ к серверу;
- на сервере должно быть установлено последнее программное обеспечение, касающееся обеспечения безопасности системы;
- все сетевые сервисы должны быть защищены брандмауэром.

Полностью защититься от DDoS-атак на сегодняшний день невозможно, так как совершенно надежных систем не существует. Здесь также большую роль играет человеческий фактор, потому что любая ошибка системного администратора, неправильно настроившего маршрутизатор, может привести к весьма плачевным последствиям. Однако на настоящий момент существует масса как аппаратно-программных средств защиты, так и организационных методов противостояния [3].

Меры противодействия DDoS-атакам можно разделить на пассивные и активные, а также на превентивные и реакционные:

- предотвращение. Профилактика причин, побуждающих тех или иных лиц организовывать и предпринимать DDoS-атаки;
- ответные меры. Применяя технические и правовые меры, нужно как можно активнее воздействовать на источник и организатора DDoS-атаки;
- программное обеспечение. На рынке современного программного и аппаратного обеспечения существует и такое, которое способно защитить малый и средний бизнес от слабых DDoS-атак;
- фильтрация и блэкхолинг. Блокирование трафика, исходящего от атакующих машин;
- обратный DDoS — перенаправление трафика, используемого для атаки, на атакующего;
- устранение уязвимостей. Не работает против флуд-атак, для которых «уязвимостью» является конечность тех или иных системных ресурсов;
- наращивание ресурсов;
- рассредоточение. Построение распределенных и дублирование систем, которые не прекратят обслуживать пользователей, даже если некоторые их элементы станут недоступны из-за DoS-атаки;
- уклонение. Увод непосредственной цели атаки подальше от других ресурсов, которые часто также подвергаются воздействию вместе с непосредственной целью атаки;
- активные ответные меры. Воздействие на источники, организатора или центр управления атакой как техногенными, так и организационно-правовыми средствами;
- использование оборудования для отражения DDoS-атак;

— приобретение сервиса по защите от DDoS-атак. Актуально в случае превышения флудом пропускной способности сетевого канала [4].

Заключение

В статье подробно рассмотрены основные виды DoS- и DDoS-атак, механизмы их действия и различные способы защиты от них. В связи с тем, что количество неправильно настроенных DNS-серверов и уязвимых к DoS- и DDoS-атакам компьютеров велико, подобный вид атак актуален и на данный момент, из-за чего возникает потребность в защите.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фленов М. Е. Linux глазами хакера. СПб: БХВ-Петербург, 2016. 432 с.
2. Жмылев С. Распределенные атаки типа DDoS. Саарбрюккен: Lambert academic publishing, 2015. 60 с.
3. Шаньгин В. Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: Учеб. пособие. М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. 416 с.
4. Партыка Т. Л., Попов И. И. Информационная безопасность: Учеб. пособие. М.: Форум, 2012. 432 с.

Сведения об авторе

- Евгений Александрович Беспалый** — студент; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: eabespalyu@yandex.ru
- Юлия Алексеевна Титова** — студентка; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: titova.yulishna@mail.ru
- Илья Юрьевич Попов** — ассистент; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: Ilyapopov27@gmail.com

Ссылка для цитирования: Беспалый Е. А., Титова Ю. А., Попов И. Ю. Обзор видов DoS- и DDoS-атак и способов борьбы с ними // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 97—99.

OVERVIEW OF THE TYPES OF DOS AND DDOS ATTACKS AND WAYS OF DEALING WITH THEM

E. A. Bepalyu, Y. A. Titova, I. Y. Popov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

An overview of existing types of DoS and DDoS attacks, the purpose of which is to examine the differences between the attacks and the existing methods of dealing with them.

Keywords: DOS attack, DDOS attack, distributed attack, denial of service, flood

Data on author

- Evgeniy A. Bepalyu** — Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: eabespalyu@yandex.ru
- Yulia A. Titova** — Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: titova.yulishna@mail.ru
- Ilya Yu. Popov** — Assistant; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: Ilyapopov27@gmail.com

For citation: Bepalyu E. A., Titova Y. A., Popov I. Y. Overview of the types of DoS and DDoS attacks and ways of dealing with them // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 97—99 (in Russian).

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ ГОЛОСОВОЙ БИОМЕТРИИ

А. А. Двойникова, А. А. Садикова, Е. В. Тушканов

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Биометрическая идентификация позволяет решить задачу объединения всех существующих паролей пользователя к одному и применять его повсеместно. Рассмотрены методы идентификации личности по голосовым характеристикам, проанализированы их достоинства и недостатки, выполнена сравнительная характеристика. По результатам исследования было определено, что каждый метод имеет ряд своих уязвимостей, которые увеличивают вероятность появления ошибок первого и второго рода. В связи с этим был сделан вывод о необходимости создания новой системы, которая бы смогла нивелировать выявленные уязвимости.

Ключевые слова: идентификация личности, голосовые параметры, биометрические характеристики, акустические параметры речи, кепстральное преобразование

Введение

В последние годы для идентификации личности человека наиболее перспективным считается применение биометрических технологий, особенно при запросах конфиденциальной информации по телефону, в системах разграничения доступа, при управлении различными устройствами и т.д. Уникальность голосовой биометрии состоит в том, что это единственная биометрическая характеристика, которая позволяет идентифицировать человека по телефону. Кроме того, голосовая идентификация не требует применения специализированного дорогостоящего оборудования. В работе проводится сравнительный анализ методов голосовой биометрической идентификации с целью выявления наиболее эффективного.

Обзор предметной области

В статье рассматриваются и анализируются наиболее известные подходы к задаче идентификации пользователя по голосу, а именно: Р.А. Васильева «Биометрическая идентификация пользователей информационных систем на основе кластерной модели элементарных речевых единиц», Г.П. Можарова, Р.С. Чеботарева «Текстонезависимый метод идентификации человека по его голосу», П.В. Малинина, В. В. Полякова «Применение методов анализа многомерных данных к задаче идентификации личности по голосу».

Содержание исследования

На основании работ было определено три метода идентификации личности по голосовой биометрии:

- метод, основанный на кластерной модели элементарных речевых единиц (ЭРЕ) [1];
- метод анализа многомерных данных [2];
- текстонезависимый метод [3].

Метод, основанный на кластерной модели ЭРЕ, включает следующие этапы.

1. Первый этап кластеризации — деление имеющегося фрагмента речевого сигнала (РС) на короткие (~10 мс) сегменты (отрезки).
2. Редукция данных, основанная на объединении однородных смежных сегментов в одну ЭРЕ.
3. Все множество выделенных ЭРЕ разбивается на R подмножеств путем последовательной группировки подобных речевых единиц в одну фонему-кластер.

4. На основе критерия минимального информационного рассогласования (МИР) в пределах каждого g -го кластера вычисляется информационное рассогласование в кластере.

5. Определяется минимальная вероятность информационного рассогласования (ВИР) информационного центра-эталона (ИЦ-эталона) ЭРЕ.

Множество отобранных таким образом ИЦ-эталонов составляет искомый результат автоматической обработки РС: словарь эталонов голоса пользователя, или фонетическую базу данных.

Рассмотренный в работе [3] метод называется текстонезависимым [4].

Суть метода заключается в выделении вектора голосовых признаков и построении на его основе модели голоса человека. Вектор голосовых признаков представляет собой вектор из 12 первых коэффициентов линейного предсказания поведения автокорреляционной функции кепстра голосового сигнала. Вычислению кепстра предшествует специфическая фильтрация РС в диапазоне высоты звука (обычно фильтрация звука осуществляется в частотном диапазоне), которая позволяет отсечь элементы частотного разложения, слабо влияющие на голосовые характеристики, и подчеркнуть области, содержащие наиболее важную информацию. На основании полученных векторов-признаков строятся голосовые модели.

Идея проекционных методов [2] заключается в замене характеристик исходных голосовых данных (ГД) их геометрической проекцией на подпространство, которое ориентируется таким образом, чтобы выявить исследуемое свойство (принадлежность РС диктору). В методе главных компонент первый вектор, определяющий ориентацию подпространства, направлен вдоль наибольшей вариации исходных данных X в исходном пространстве, второй ориентирован вдоль следующего по значению направления вариации данных и т. д. Этот метод может использоваться для предварительного выявления в общем объеме ГД латентных закономерностей. Для более надежного установления зависимостей между исходными ГД и их принадлежностью определенному диктору более предпочтителен метод проекций на латентные структуры. В этом методе, кроме исходных данных X , учитываются данные о предсказываемых переменных Y (априорные данные о принадлежности РС диктору).

В обоих проекционных методах необходимо определенное представление параметров, характеризующих необходимые свойства РС для идентификации по голосу. Именно эти параметры используются далее в качестве обрабатываемых данных для соотнесения с идентифицируемой личностью [5].

Были рассмотрены и систематизированы все достоинства и недостатки каждого метода. В результате составлена таблица сравнительных характеристик.

Таблица сравнительных характеристик методов идентификации личности при помощи голосовой биометрии

Характеристика	Метод, основанный на кластерной модели ЭРЕ	Текстонезависимый метод	Метод анализа многомерных данных
Требуемое качество сигнала	Высокое	Низкое	Высокое
Формирование словаря эталонов	Да	Нет	Нет
Выделение информативных параметров РС	Отлично	Хорошо	Отлично
Языкозависимость	Да	Нет	Да
Фальсификация ГД при помощи диктофона	Нет	Нет	Да
Идентификация личности по одному слову (фразе)	Да	Да	Да
Идентификация личности по свободной речи говорящего	Да	Да	Нет
Возможность идентификации при измененном состоянии (физического или психического) пользователя	Нет	Нет	Да

По результатам исследования было определено, что каждый метод имеет ряд уязвимостей, которые приводят к увеличению вероятностей появления ошибок первого (вероятность ложного отклонения) и второго рода (вероятность ложного принятия).

Заключение

Проведен анализ существующих методов идентификации пользователей по голосу. На основе анализа современных методов необходимо разработать новую систему, учитывающую данные уязвимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев Р. А.* Биометрическая идентификация пользователей информационных систем на основе кластерной модели элементарных речевых единиц [Электронный ресурс]: <<http://www.ugatu.su/assets/files/documents/dissov/07/2017/VasilevRA/autoref.pdf>>. (дата обращения: 24.11.2017)
2. *Малинин П. В., Поляков В. В.* Применение методов анализа многомерных данных к задаче идентификации личности по голосу [Электронный ресурс]: <<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-analiza-mnogomernyh-dannyh-k-zadache-identifikatsii-lichnosti-po-golosu>>. (дата обращения: 24.11.2017)
3. *Можаров Г. П., Чеботарев Р. С.* Текстонезависимый метод идентификации человека по его голосу [Электронный ресурс]: <<http://engjournal.ru/articles/487/487.pdf>>. (дата обращения: 24.11.2017)
4. *Эсбенсен К.* Анализ многомерных данных. Избранные главы / Пер. с англ. *С.В. Кучерявского*; под ред. *О.Е. Родионовой*. Черноголовка, 2005.
5. *Левковская Т. В.* Текстонезависимая верификация диктора по голосу на основе коллектива решающих правил // Речевые технологии. СПб, 2008.

Сведения об авторах

- Анастасия Александровна Двойникова** — студентка; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем;
E-mail: Nastya.yal@yandex.ru
- Анастасия Александровна Садикова** — студентка; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем;
E-mail: nastya.sadkoo@mail.ru
- Евгений Васильевич Тушканов** — ассистент; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем;
E-mail: johntv@ya.ru

Ссылка для цитирования: Двойникова А. А., Садикова А. А., Тушканов Е. В. Анализ методов идентификации личности при помощи голосовой биометрии // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 100—103.

ANALYSIS OF METHODS OF IDENTIFICATION USING VOICE BIOMETRICS

A. A. Dvoynikova, A. A. Sadikova, E. V. Tushkanov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

Abstract – biometric identification is able to solve each of all user passwords to one and apply it universally. The methods of identifying a person by voice characteristics are examined, their merits and demerits are disassembled, a comparative characteristic is made. According to the results of the study it was determined that each method has a number of its vulnerabilities, which lead to an increase in the probability of

occurrence of errors of the first and second kind. In this regard, it was concluded that there was a need to create a new system that could level out the identified vulnerabilities.

Keywords: the identification of the person, voice parameters, biometric characteristic, acoustic parameters of speech, cepstral transformation

Data on authors

- Anastasiia A. Dvoynikova* — Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: Nastya.yal@yandex.ru
- Anastasiia A. Sadikova* — Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: nastya.sadkoo@mail.ru
- Evgeniy V. Tushkanov* — Assistant; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: johntv@ya.ru

For citation: *Dvoynikova A. A., Sadikova A. A., Tushkanov E. V.* Analysis of methods of identification using voice biometrics // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 100—103 (in Russian).

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕРЕВЬЕВ АТАК-КОНТРМЕР

Т. К. Кляус

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Представлен обзор работ, посвященных анализу состояния информационной безопасности систем с помощью деревьев атак-контрмер. Рассмотрены особенности архитектуры системы электронного документооборота и выявлены атаки, реализация которых может привести к нарушению конфиденциальности и целостности электронных документов. Приведен пример построения дерева атак-контрмер с помощью программы ADTool 1.4 для атаки «Анализ трафика».

Ключевые слова: информационная безопасность, система электронного документооборота, атака, деревья атак, деревья атак-контрмер

Введение

Системы электронного документооборота (СЭД) позволяют упростить процессы делопроизводства на предприятиях, сократить денежные затраты на покупку расходных материалов, повысить исполнительскую дисциплину сотрудников, а также обеспечить защиту информации благодаря разграничению прав доступа пользователей к электронным документам. В связи с ростом рынка систем управления электронным контентом и постоянным развитием программного обеспечения (ПО) неизбежно появляются новые уязвимости информационных систем (ИС), которые могут быть использованы злоумышленниками для реализации угроз информационной безопасности.

В научной литературе представлено много подходов к анализу состояния и методологий обеспечения информационной безопасности ИС на различных этапах их эксплуатации. В данной статье рассмотрен пример использования деревьев атак-контрмер для анализа состояния информационной безопасности СЭД.

Обзор предметной области

Понятие «дерево атак-контрмер» (attack-defense tree) было введено авторами статьи [1] для обозначения нового подхода к оценке состояния информационной безопасности системы. Деревья атак-контрмер представляют собой графический способ отображения мер, предпринимаемых злоумышленником для реализации атаки, и защитных мер, предпринимаемых специалистами по защите информации для защиты ИС. Данный подход является усовершенствованием идей Б. Шнайера, применившего структуру деревьев отказов для описания уязвимостей систем [2], и устраняет ряд ограничений, которыми обладают деревья атак — в частности, позволяет рассмотреть сценарий чередования действий атакующего и защитника системы.

Прототипом деревьев атак-контрмер также можно считать «деревья защиты» (defense trees) [3, 4]. Этот подход использует деревья атак с контрмерами с целью количественной и качественной оценки рисков информационной безопасности. Для вычисления в работах предлагаются экономические метрики — ROI (Return On Investment, рентабельность инвестиций в обеспечение информационной безопасности) и ROA (Return On Attack, прибыль от атаки). Для моделирования взаимодействий между участниками используются положения теории игр.

Работы [5, 6] посвящены вопросам присвоения атрибутов деревьям атак-контрмер. Атрибуты представляют собой некоторое количественное значение, отражающее определенное свойство узла дерева (затраты на проведение атаки, трудность и вероятность ее проведения, наличие специальных знаний и навыков как у атакующего, так и у защитника системы и т.д.). Авторы статьи [5] определяют правила формулирования вопросов о количественно измеряемых свойствах узлов дерева для дальнейшего определения областей значений атрибутов. В статье [6] проводится обзор видов атрибутов, присваиваемых как узлам атак, так и узлам защитных мер, рассматриваются возможные методы расчета их значений. В работе проводится исследование использования дерева атак-контрмер для системы управления товарами на основе RFID, вырабатываются типовые рекомендации по построению деревьев.

В статье [7] деревья атак-контрмер применяются для анализа состояния информационной безопасности систем SCADA. Построение деревьев атак для анализа безопасности СЭД выполняется в [8, 9]. Тематические исследования по построению деревьев атак-контрмер для СЭД отсутствуют.

Содержание исследования

Любая СЭД представляет собой автоматизированную информационную систему, построенную по клиент-серверной архитектуре (допускается наличие как толстого, так и тонкого клиента) [10]. Как правило, СЭД состоит из клиентских рабочих мест, серверного комплекса, одного или нескольких сетевых экранов для ограничения доступа. Серверный комплекс может включать в себя сервер представления информации (для обеспечения интерфейса между пользователями и серверами приложений), сервер приложений (для обработки данных в соответствии с бизнес-логикой информационной системы), серверы информационных ресурсов (сервер базы данных и файл-сервер), служебный сервер (для обеспечения функционирования серверов и клиентских рабочих мест). Для организации доступа удаленных пользователей применяется VPN-сервер.

Было выявлено, что злоумышленник может осуществлять атаки на ИС как с помощью методов социальной инженерии, так и с помощью ПО. Удаленные атаки (анализа трафика, подмены доверенного объекта сети или внедрения ложного) могут быть причиной нарушения конфиденциальности и целостности электронных документов, циркулирующих в СЭД.

Удаленные атаки могут быть реализованы из-за наличия уязвимостей протоколов канального, сетевого и транспортного уровней модели OSI. Основными способами предотвращения атак является применение межсетевых экранов и средств обнаружения или предотвращения вторжений.

Заключение

В ходе работы было выявлено, что наибольшую опасность для электронных документов, циркулирующих в СЭД, представляют удаленные атаки. Дальнейшим направлением исследования для окончательных выводов и присвоения значений атрибутов узлам деревьев атак-контрмер является сбор статистической информации о реализованных на системы электронного документооборота атаках, а также информации об уязвимостях СЭД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kordy B., Mauw S., Radomirovic S., Schwietzer P. Foundations of attack-defense trees // Formal aspects of security and trust. 2010. Vol. 6561 of LNCS. P. 1—16.
2. Schneier B. Attack trees // Dr. Dobb's Journal of software tools. 1999. N 24(12). P. 21—29.
3. Bistarelli S., Fioravanti F., Peretti P. Defense trees for economic evaluation of security investments // ARES06, IEEE Computer Society. 2006. P. 416—423.

4. *Bistarelli S., Dall'Aglio M., Peretti P.* Strategic games on defense trees // Formal aspects of security and trust. 2006. Vol. 4691 of LNCS. P. 1—15.
5. *Kordy B., Mauw S., Schwietzer P.* Quantitative questions on attack-defense trees // ICISC 2012, Information Security and Cryptology. 2012. Vol. 7839 of LNCS. P. 49—64.
6. *Bagnato A., Kordy B., Meland P.H., Schwietzer P.* Attribute decoration of attack-defense trees // International Journal of Secure Software Engineering. 2012. Vol. 3, is. 2. P. 1—35.
7. *Xiang Ji, HuiQun Yu, GuiSheng Fan, WenHao Fu* Attack-defense trees based cyber security analysis for CPSs // 17th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD). 2016. P. 693—698.
8. *Peterman N.* Threat modeling of Enterprise Content Management Systems // CiteSeerX – scientific literature digital library [Электронный ресурс]: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.160.4210&rep=rep1&type=pdf>>. (дата обращения: 05.12.2017).
9. *Кляус Т. К.* Построение деревьев атак для систем электронного документооборота [Электронный ресурс] // Сборник тезисов докладов VI Всероссийского конгресса молодых ученых. Электронное издание. СПб: Университет ИТМО, 2017 [Электронный ресурс]: <<http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/5025/5025.pdf>>. (дата обращения: 05.12.2017).
10. *Даниленко А. Ю.* Безопасность систем электронного документооборота. Технология защиты электронных документов. М.: Ленанд, 2015. 232 с.

Сведения об авторе

Татьяна Константиновна Кляус — аспирант; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: t_klyaus@corp.ifmo.ru

Ссылка для цитирования: *Кляус Т. К.* Анализ состояния информационной безопасности систем электронного документооборота с использованием деревьев атак-контрмер // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 104—106.

**ANALYZING THE INFORMATION SECURITY
OF ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS
USING ATTACK-DEFENSE TREES**

T. K. Klyaus

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The article contains a review of research devoted to the attack-defense trees based information security analysis. Main features of electronic document management systems are considered. Attacks violating confidentiality and integrity of electronic documents are identified. An example for attack-defense tree using ADTool 1.4 is given.

Keywords: information security, electronic document management system, attack, attack trees, attack-defense trees

Data on author

Tatiana K. Klyaus — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: t_klyaus@corp.ifmo.ru

For citation: *Klyaus T. K.* Analyzing the information security of electronic document management systems using attack-defense trees // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 104—106 (in Russian).

ПЕРЕХВАТ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Д. В. Матюха

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрены актуальные проблемы информационной безопасности, возникающие при использовании устройств интернета вещей. Обзор сценариев возможных атак проведен на примере ряда устройств одного крупного производителя. Обнаружены недостатки в протоколе передачи данных, а также найдены программные и аппаратные закладки, которые могут использоваться производителем для перехвата управления устройством и нарушения конфиденциальности и целостности системы.

Ключевые слова: интернет вещей, угроза информационной безопасности, блочное шифрование, сетевые протоколы, программные и аппаратные закладки, lzma-сжатие

Введение

Интернет вещей (IoT) — концепция организации вычислительной сети, объединяющей физические предметы для удобства управления ими. IoT-устройства набирают популярность. Появляются «умные» приборы и целые системы «умный дом». Крупные компании производят линейки таких устройств, работающих по одной и той же логике, используя один протокол взаимодействия.

Единые стандарты при разработке устройства отсутствуют. Разработчик сам выбирает протоколы, которые могут быть незащищенными. Недобросовестный производитель имеет возможность установки программных и аппаратных закладок в такое устройство, о чем конечный пользователь не будет знать. Так как сами IoT-устройства по своему характеру редко напрямую относятся к информационной системе, то необходимо, в первую очередь, обратить внимание пользователя на их потенциальную опасность для систем, с которыми они связаны. Для этого были рассмотрены сценарии деструктивного воздействия на примере ряда устройств от одной из крупных китайских компаний.

Обзор предметной области

С развитием концепции интернета вещей все больше внимания уделяется аспектам информационной безопасности. Появляются или адаптируются протоколы передачи данных, такие как: ZigBee, Thread, Modbus, MQTT. Некоторые из них [1] уязвимы сами по себе, некоторые накладывают ряд требований, при невыполнении которых устройства становятся уязвимы [2]. Однако все эти протоколы носят рекомендательный характер [3].

Таким образом, отсутствие единых требований к IoT-устройствам является существенным недостатком.

Другой проблемой, отчасти связанной с отсутствием стандартов, является возможность наличия в таких устройствах недокументированных возможностей или программно-аппаратных закладок, заложенных при разработке. При этом конечный пользователь не будет подозревать об их существовании в приобретенном устройстве.

В отношении IoT-устройств проблеме детектирования и защиты от закладок уделено мало внимания. Между тем, перехват управления таким устройством со стороны злоумышленника или самого производителя может повлечь серьезные последствия для пользователя. Могут быть скомпрометированы конфиденциальные данные, устройство может использоваться в ботнет-сети для атак на другие системы, оно может быть выведено из строя либо пользователю может быть нанесен прямой физический или материальный вред.

Содержание исследования

Для исследования было выбрано wi-fi-радио от одного из известных китайских производителей. Данное устройство входит в линейку «умных» устройств, которые работают по одному и тому же сетевому протоколу и управляются при помощи официального приложения.

Производителем было принято решение использовать собственный протокол обмена данными, который имеет ряд конструктивных особенностей. Включенное устройство работает в режиме открытой точки доступа wi-fi; при подключении к нему через приложение со смартфона предлагается выбрать точку доступа и передать устройству данные безопасности сети. Протокол реализован поверх протокола UDP, данные шифруются по стандарту AES.

Пакет имеет следующий формат:

- 1) “Magic number” — 2 байта 0x2131,
- 2) размер пакета с заголовком — 2 байта,
- 3) 4 байта (0xffffffff или 0x00000000),
- 4) идентификатор устройства (в инициализирующем пакете 0xffffffff) — 4 байта,
- 5) счетчик — 4 байта,
- 6) 128-битный токен в инициализирующем пакете или контрольная сумма (md5) для пакета,
- 7) данные произвольной длины (зашифрованные).

В ходе инициализации клиент пересылает первый пакет устройству и получает в ответ токен устройства. Данные передаются в открытом виде. Для шифрования используется AES (режим cbc) с 128-битным ключом:

$$\begin{aligned}\text{Ключ} &= \text{MD5}(\text{Токен}), \\ \text{IV} &= \text{MD5}(\text{MD5}(\text{Ключ}) + \text{Токен}).\end{aligned}$$

Дополнение генерируется по стандарту PKCS#7. Таким образом, перехватив сессию инициализации, злоумышленник получает секретный ключ шифрования, и все последующие данные компрометируются. В частности, злоумышленник получает логин и пароль от сети, может отправлять команды устройству и использовать отладочный функционал, доступный по telnet.

Разборка устройства выявила наличие недокументированного микрофона, который конструктивно выделен — имеет выход на переднюю панель устройства. Ни описание устройства, ни функционал приложения не предусматривают его использования пользователем.

Обновляется устройство по сети при получении соответствующей команды от пользователя через приложение. Внутри устройства находится микросхема памяти на 8 МБ, из которых 4,2 заняты прошивкой. Прошивка состоит из загрузчика U-boot, двух контейнеров, и настроек самого радио. Первый контейнер — сжатый алгоритмом lzma образ операционной системы eCos, включающей в себя все необходимые утилиты и кодировщики [4]. По умолчанию загрузчик передает управление распаковщику этого образа, запуская операционную систему.

Однако в сборке присутствует второй контейнер, также сжатый алгоритмом lzma, но вызывающий ошибку при распаковке. По косвенным данным точно известно, что это образ операционной системы eCos. Так как операционная система легко конфигурируема [5], данный образ может как повторять существующий функционал, так и расширять его. Вне зависимости от причин нахождения образа в системе его можно рассматривать в качестве недокументированной операционной системы, которую можно использовать как основную, меняя параметры загрузчика (что можно выполнить, подключившись по telnet внутри wi-fi-сети, или при обновлении прошивки).

Таким образом, производитель без каких-либо дополнительных условий уже сейчас может выслать обновление всем пользователям данных устройств, которое исправит испор-

ченные байты второго контейнера и будет загружать другую операционную систему. Она может, например, использовать микрофон и передавать данные на удаленный сервер.

Имея доступ к внутренней сети пользователя и зная ключ шифрования и формат данных, злоумышленник также может осуществить описанный выше сценарий, выполнить прошивку устройства или использовать его в ботнет-сети.

Заключение

Отсутствие единых и обязательных для выполнения требований к безопасности устройства при его разработке является серьезной проблемой. При успешной атаке на одно устройство, включенное в доверенную сеть, злоумышленник получает доступ к остальным.

На данный момент не описано надежных методов защиты IoT-устройств от программно-аппаратных закладок и недокументированных возможностей со стороны производителя. Данной проблеме уделяется мало внимания, при этом возможное деструктивное воздействие может быть весьма велико, а сама угроза неочевидна для пользователя.

Полученные результаты являются отправной точкой для разработки методов защиты от перехвата управления IoT-устройствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Researchers exploit ZigBee security flaws that compromise security of smart homes [Электронный ресурс]: <<https://www.csoonline.com/article/2969402/microsoft-subnet/researchers-exploit-zigbee-security-flaws-that-compromise-security-of-smart-homes.html>>. (дата обращения: 10 февраля 2018)
2. MQTT is not evil, just not always secure [Электронный ресурс]: <<https://www.csoonline.com/article/3208325/internet-of-things/mqtt-is-not-evil-just-not-always-secure.html>>. (дата обращения: 10 февраля 2018)
3. IoT-розетки [Электронный ресурс]: <<https://xakep.ru/2016/08/19/iot-disaster/>>. (дата обращения: 10 февраля 2018)
4. eCos real-time operating system — About eCos [Электронный ресурс]: <<http://ecos.sourceforge.org/about.html>>. (дата обращения: 10 февраля 2018)
5. Massa A. J. Embedded Software Development with eCos. Prentice Hall, 2002. P. 21—35. ISBN-10: 0-13-035473-2.

Сведения об авторе

Денис Владиславович Матюха — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: denisych259@yandex.ru

Ссылка для цитирования: Матюха Д. В. Перехват управления устройством интернета вещей // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 107—110.

THE IOT DEVICES HIJACKING

D. V. Matyukha

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

An actual security troubles resulting from the Internet of Things devices were examined. The overview was made with the help of well-known company's devices. Critical security vulnerability was found in the data exchange protocol. Possible backdoors which can be used by the developers to take remote control and access confidential information or to damage the system were detected.

Keywords: IoT (Internet of Things), network, vulnerability, AeS encryption, backdoor, remote control, eCos, lzma

Data on author

Denis V. Matyukha

— Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: denisych259@yandex.ru

For citation: *Matyukha D. V.* The IoT devices hijacking // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 107—110 (in Russian).

УДК 004.056.53

ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ЭКСПЛОЙТАМ НА ПРИКЛАДНОМ УРОВНЕ В ОС LINUX

Д. С. Садырин

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассматривается актуальная задача противодействия атакам на вычислительную систему, использующим уязвимости в компьютерных программах. Рассматриваются различные типы ошибок в прикладных программах и способы их устранения. Рассматривается концепция разработки системы защиты под операционной системой Linux.

Ключевые слова: эксплойты, ошибки в ПО, вредоносные программы, компилятор, gcc, язык ассемблер, операционная система, glibc, ОС Linux

Введение

Вредоносные программы, которые нацелены на определенные уязвимости (так называемые «эксплойты»), распространены очень широко. В ежемесячных рейтингах злоумышленников, составляемых экспертами «Лаборатории Касперского», эксплойты лидируют по числу занимаемых позиций. Атака эксплойта может быть нацелена на различные компоненты вычислительной системы, такие как операционные системы, прикладное ПО, браузеры. Защита от еще не обнаруженных эксплойтов (так называемых эксплойтов «нулевого» дня) является актуальной задачей в сфере информационной безопасности.

Обзор предметной области

Целью эксплойта является перехват потока управления программы, для этого необходимо получить контроль над значением регистра IP (Instruction Pointer).

В операционной системе (ОС) Linux используется ряд технологий, направленных на борьбу с эксплойтами: ASLR, NX, Stack Canary, Safe Unlink, RELRO [1]. Со временем стало очевидно, что данных технологий недостаточно [2]. Для создания новых защитных механизмов необходимо подробно рассмотреть типы самых популярных уязвимостей и понять, как противодействовать их эксплуатации.

Содержание исследования

Для защиты от атак переполнения стека (Stack Overflow) выбрана концепция shadow stack, в соответствии с которой адрес возврата перед входом в функцию сохраняется в отдельной области памяти, а при выходе из нее проверяется на целостность. Область памяти для хранения данных представляет собой двусвязный список в структуре процесса task_struct в ядре.

Эксплойты, использующие уязвимости переполнения «кучи» (Heap Overflow), повреждают метаданные чанка (англ. chunk — ячейка) выделенной памяти. Метаданные чанка представляются в виде структуры, содержащей служебную информацию о чанке, такую как размер данных, указатели на предыдущий и последующий чанки. Перезапись этой информации и последующее освобождение чанка могут привести к записи данных по произвольному адресу в памяти процесса.

Для противодействия этой атаке необходимо контролировать целостность метаданных путем подсчета их хеш-суммы и последующего сравнения. Это можно сделать путем модификации механизмов работы аллокатора. В ОС Linux используется dmalloc: Doug Lea's memory allocator.

Уязвимость Use-After-Free является одной из самых широко распространенных. В выделенной памяти могут содержаться какие-либо структуры с указателями, перезаписав которые при определенном сценарии, можно получить выполнение произвольного кода.

Защита от атак Use-After-Free может осуществляться с помощью механизма теневой памяти. Для каждого диапазона адресов выделенной динамической памяти назначается область «теневой памяти», в которой отмечается состояние динамически выделенной памяти. Таким образом, при ее освобождении соответствующие адреса в «теневой памяти» отмечаются как освобожденные. Таким образом предотвращается обращение к уже освобожденной памяти. Так же предотвращается повторное освобождение памяти (уязвимости типа Double Free).

Еще одной целью атакующего часто становится механизм виртуальных функций в C++. Для использования механизма виртуальных функций компилятор создает таблицу виртуальных методов (vtable). Обычно создается отдельная vtable для каждого класса. После создания объекта указатель на эту vtable, называемый виртуальный табличный указатель, или VPTR, добавляется как первый член данного объекта. При вызове виртуальной функции производится вызов функции с соответствующим смещением из таблицы, на которую указывает VPTR. Имея возможность представить VPTR в качестве указателя на контролируруемую таблицу, атакующий может получить контроль над выполнением программы. Для защиты от данной атаки необходимо осуществлять контроль адреса VPTR.

Помимо механизма виртуальных таблиц необходимо защитить не прямые вызовы — indirect calls. Это ассемблерные команды типа call eax. Адрес перехода извлекается из регистра. Для защиты на этапе компиляции составляется битовая карта всех возможных адресов перехода. На этапе выполнения производится проверка принадлежности адреса данной таблице.

При эксплуатации различных уязвимостей в ОС Linux атакующий может осуществлять перезапись указателей в GOT (Global Offset Table). Это специальная секция в исполняемом ELF-файле, используемая в механизме динамического связывания. В GOT содержатся абсолютные адреса для всех статических данных используемой программы. Перезапись адресов по смещениям, соответствующим адресам функций, приводит к получению контроля над выполнением программы.

Защита от перезаписи GOT осуществляется путем рандомизации адреса загрузки данной секции. Для этого необходимо модифицировать загрузчик исполняемых ELF-файлов (он находится в файле elf/rtld.c).

Также было реализовано шифрование PLT-секции для защиты от атак, использующих чтение памяти процесса. Инструкции jmp qword ptr заменяются relative jmp на выделенную область памяти, в которой производится расшифровка настоящего адреса GOT. Тем самым адрес GOT-секции не хранится в памяти в открытом виде. Ключ для расшифровки генерируется случайным образом и сохраняется в структуре tcbhead_t (Thread Control Block) в glibc.

Еще необходимо осуществлять контроль секций .dynamic, .ctors, .dtors. Перезапись указателей в этих секциях может также быть целью атакующего. Для предотвращения перезаписи необходимо модифицировать загрузчик ELF файлов.

Также для борьбы с эксплуатацией могут использоваться способы модификации самого кода программы: «замусоривание» кода, изменение пролога и эпилога, перемешивание функций. Это позволяет сделать невозможным для атакующего использование адресов инструкций программы в эксплойте из-за их непредсказуемости и противодействовать таким техникам, как Jump Oriented Programming или Call Oriented Programming.

Вышеперечисленные способы защиты можно реализовать на уровне компилятора, написав к нему расширение. В ОС Linux используются компилятор GCC и системная библиотека glibc. В процессе компиляции GCC использует внутреннее представление программы в формате GIMPLE. Таким образом, при наличии исходного кода программы производится ее компиляция с использованием расширения, в котором реализована логика защитных меха-

низмов. Также необходима модификация системной библиотеки glibc. Если исходного кода программы нет, то необходимо применить ПО, например, для Intel Pin tool.

Заключение

В данной работе изложена концепция создания механизмов противодействия эксплуатации уязвимостей в прикладных приложениях; рассмотрены технические детали реализации в OS Linux.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. СПб: Питер, 2016.
2. Anley Ch., Heasman J., Lindner F., Richarte G. The Shellcoder's Handbook: Discovering and Exploiting Security Holes. Wiley Publishing, 2007.
3. Common Weakness Enumeration (CWE) is a list of software weaknesses [Электронный ресурс]: <<https://cwe.mitre.org/data/index.html>>. (дата обращения: 08 февраля 2018)
4. Эксплойты, зеродеи, их опасность и ее профилактика. [Электронный ресурс]: <<http://e-kaspersky.livejournal.com/113537.html>> (дата обращения: 08 февраля 2018 г.).
5. Динамическое связывание в Windows и Linux [Электронный ресурс]: <<https://www.securitylab.ru/analytics/278480.php>> (дата обращения: 08 февраля 2018).
6. GIMPLE — GCC Wiki [Электронный ресурс]: <<http://gcc.gnu.org/wiki/GIMPLE>>. (дата обращения: 08 февраля 2018).

Сведения об авторе

Даниил Сергеевич Садырин — студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: cybeguru007@yandex.ru

Ссылка для цитирования: Садырин Д. С. Противодействие эксплойтам на прикладном уровне в ОС Linux // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 111—113.

EXPLOIT PREVENTION ON USER-MODE LEVEL IN OS LINUX

D. S. Sadyrin

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The actual problem of countering attacks on the computer system using vulnerabilities in computer programs is considered. Various types of errors in applications and ways of their elimination are considered. The concept of developing a protection system for OS Linux is discussed.

Keywords: exploits, software bugs, malware, compiler, gcc, assembly language, operating system, glibc, OS Linux

Data on author

Daniil S. Sadyrin — Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: cybeguru007@yandex.ru

For citation: Sadyrin D. S. Exploit prevention on user-mode level in OS Linux // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 111—113 (in Russian).

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ПРИ ПОМОЩИ ПРОТОКОЛА DTLS

П. Стратулат

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Проанализированы работы, посвященные использованию протокола DTLS для защиты интернета вещей. Рассматривается практическая реализация протокола CoAP Secure. Проанализированы механизмы защиты передачи данных в интернете вещей, их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: DTLS, IoT, интернет вещей, CoAP, TLS, 6LoWPAN

Введение

Интернет вещей (IoT) — это технология нового поколения, предназначенная для оптимизации повседневной жизни с помощью «умных» датчиков и объектов. Протокол прикладного уровня, который используется в некоторых IoT-устройствах, называется CoAP (Constrained Application Protocol). В CoAP поддерживается шифрование, однако стандартный протокол TLS (Transport Layer Security) ввиду некоторых особенностей не может быть использован для обеспечения безопасной связи. С целью защиты передачи конфиденциальной информации защищенный CoAP должен использовать протокол датаграмм безопасности транспортного уровня (DTLS) для безопасной связи и аутентификации IoT-устройств. Первоначально DTLS был разработан для обычных устройств, обладающих высокой вычислительной мощностью. В данной работе рассматривается теоретическая возможность совместного использования протоколов DTLS и CoAP для IoT.

Обзор предметной области

Подключенные к сети «умные» устройства становятся частью Интернета, формируя, таким образом отдельную группу — интернет вещей. Производительность протокола TCP в беспроводных сетях невысока из-за алгоритма управления перегрузкой, и он не работает с маломощными радиоустройствами вследствие потерь, которые появляются в сенсорных сетях. Поэтому предпочтение в IoT отдано протоколу UDP. Кроме того, HTTP, который, в первую очередь, предназначен для работы через стек TCP, неэффективен в отношении потерь и ограничений среды. На помощь приходит CoAP, который сочетает в себе простоту, низкое потребление ресурсов и широкополосное вещание в средах с ограниченными ресурсами. Безопасность особенно важна для IoT, поскольку «умные» устройства взаимодействуют с ненадежной средой Интернета. Возможное решение — использование набора протоколов Compressed IPsec (в сетях 6LoWPAN) [1].

Над решением этой задачи работали многие специалисты. В работе [2] авторы внедрили IPsec в туннельном режиме. Несмотря на то что набор протоколов IPsec может использоваться для обеспечения безопасности сетевого уровня, он не разрабатывался для протоколов HTTP и CoAP. Для них наиболее правильным решением будет использование протоколов TLS или DTLS. TLS работает через TCP, а в сетях 6LoWPAN, как было упомянуто ранее, используется UDP.

Авторы статьи [3] исследовали особенности использования DTLS в 6LoWPAN-сетях при помощи доверенного модуля (TPM) для получения аппаратной поддержки алгоритма RSA. Однако они применяли модифицированную версию протокола DTLS, который не ис-

пользует какой-либо метод сжатия, что может критично сказаться на энергопотреблении устройств из-за избыточных битов в сообщениях.

В протоколе CoAP предлагается использовать DTLS в качестве протокола безопасности для автоматического управления ключами безопасности, а также для защиты данных, целостности и аутентификации [4]. «Симбиоз» вышеупомянутых протоколов называют безопасным (CoAPs). DTLS — это протокол с предварительной установкой соединения, он подразумевает многочисленный обмен сообщениями для создания безопасной сессии. DTLS был первоначально разработан для сетей, где длина сообщения не являлась важным критерием проектирования. Чтобы работать в условиях ограниченных ресурсов, используется 6LoWPAN, который уже обеспечивает сжатие для IP заголовка, расширенного IP заголовка и заголовка UDP.

Содержание исследования

В работе [5] для того, чтобы защитить передачи через CoAP, в качестве основного протокола безопасности был предложен Datagram TLS (DTLS). В CoAP, как и в случае с HTTP, универсальный идентификатор ресурса (URI) используется для доступа к ресурсам на данном хосте. CoAP — это относительно простой протокол запроса и ответа, работающий как в надежных, так и ненадежных формах коммуникации. Для протокола CoAP используется схема URI соар. К примеру, доступ на веб-ресурс на IoT-устройстве можно безопасно получить через протокол CoAPs:

coaps: // myIPv6Address: nopm / MyResource.

DTLS является единственным протоколом безопасности для обеспечения защищенного канала, который может выполнять аутентификацию, обмен ключами и защиту данных приложения с помощью согласованных алгоритмов. С использованием DTLS в качестве единственного решения безопасности для IoT задача по защите передачи информации может быть реализована полностью.

Сетевой доступ. DTLS в качестве протокола аутентификации может применяться для новых устройств, подключающихся к сети впервые с использованием либо режима PSK, либо открытого ключа или же сертификата открытого ключа. DTLS создает безопасный канал между новым устройством и авторизующим объектом. Этот защищенный канал позволяет авторизованному объекту отправлять ключ на соединенное устройство на основе правил, которые были настроены владельцем сети.

Безопасный канал связи. Может быть установлен сеанс DTLS между двумя соединяющимися устройствами, один внутри сети 6LoWPAN и другой снаружи, для безопасного переноса данных (в частности, сообщений CoAP). Эти приложения защищены уровнем записи DTLS, т.е. аутентифицированы и зашифрованы новым уникальным ключом сеанса. DTLS состоит из двух уровней: нижний содержит протокол записи, а верхний — один из трех протоколов, таких как Handshake, Alert и ChangeCipherSpec. Заголовок записи (Record header) отвечает за криптографическую защиту верхнего слоя протоколов или передаваемых данных как только процесс «обмена рукопожатиями» завершится. Заголовок записи содержит, в частности, тип контента и поля с фрагментами данных. Защита протоколов записи включает в себя обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности. «Рукопожатие» является сложным процессом и содержит многочисленные обмены сообщениями в асинхронном виде. «Рукопожатие» обычно используется для согласования ключей безопасности, наборов шифров и методов сжатия.

Управление ключами. Поскольку DTLS имеет возможность обновлять сеансовые ключи, этот механизм можно использовать для управления ключами в сети 6LoWPAN. Во время фазы сетевого доступа 6LBR распределяет ключ L2. Таким образом, можно использовать один и

тот же канал для облегчения ввода ключа, при необходимости ключ L2 будет доставлен при помощи 6LBR.

Определив особенности реализации двух протоколов CoAP и DTLS, можно говорить о создании объединенного CoAPs.

Заключение

В результате проделанной работы рассмотрены протокол DTLS, особенности его реализации, области применения и проанализирована возможность создания объединенного протокола CoAP Secure (CoAPs). В дальнейшем планируется реализовать это при помощи добавления в пакеты передаваемых данных дополнительной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raza S., Duquennoy S., Chung A., Yazar D., Voigt T., Roedig U. Securing communication in 6LoWPAN with compressed IPsec // Proc. 7th Intern. Conf. DCOSS. 2011. P. 1—8.
2. Granjal J., Monteiro E., Silva J. S. Network-layer security for the internet of things using TinyOS and BLIP // Intern. J. Commun. Syst. 2012. P. 36—39.
3. Kothmayr T., Schmitt C., Hu W., Brunig M., Carle G. A DTLS based end-to-end security architecture for the internet of things with two way authentication // Proc. IEEE 37th Conf. Local Comput. Netw. Workshops. 2012. P. 956—963.
4. Shelby Z., Hartke K., Bormann C., Frank B. Constrained Application Protocol (CoAP). Internet-Draft draft-ietf-corecoap-16 [Электронный ресурс]: <<http://datatracker.ietf.org/drafts/current/>>.
5. Datagram Transport Layer Security Version 1.2, RFC Standard 6347. 2012.

Сведения об авторе

Павел Стратулат

— студент; Университет ИТМО, кафедра вычислительной техники;
E-mail: p_stratulat@niuitmo.ru

Ссылка для цитирования: Стратулат П. Повышение безопасности устройств интернета вещей при помощи протокола DTLS // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 114—116.

IMPROVING THE SECURITY OF IOT DEVICES USING DTLS

P. Stratulat

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

This paper is devoted to a review of using the DTLS protocol for protection of IoT-things. The practical implementation of the CoAP Secure protocol is considered. The review of the existing mechanisms of data transmission protection in IoT is made, advantages and disadvantages are indicated.

Keywords: DTLS, IoT, Internet of things, CoAP, TLS, 6LoWPAN

Data on author

Pavel Stratulat

— Student; ITMO University, Department of Computer Science;
E-mail: p_stratulat@niuitmo.ru

For citation: Stratulat P. Improving the security of IoT devices using DTLS // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 114—116 (in Russian).

УДК 004.056.5

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТИ

Ю. А. Титова, Е. А. Беспалый, И. Ю. Попов

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрены методы защиты распределенной сети, разобрана их работа в комплексе, проанализированы наиболее часто используемые в практике решения информационной безопасности.

Ключевые слова: защита информации, распределенная сеть, несанкционированный доступ, комплексная защита, угрозы

Введение

Деятельность современной компании невозможна без использования информационных технологий. Сегодня все больше организаций разворачивают распределенные сети для управления коммерческими данными. При увеличении распределения возрастает и риск несанкционированного доступа, вирусных атак, опасности типа «отказ в обслуживании» и прочих видов вторжения. Для борьбы с данными угрозами необходимо иметь представление о средствах и методах защиты информации в распределенной сети, а главное — эффективно их сочетать.

Обзор предметной области

Разработано огромное количество различных методов защиты информации в распределенной сети. Все они имеют свои особенности. Но только комплексная система из различных по функционалу и направленности методов способна обеспечить необходимую защиту.

Содержание исследования

Для обеспечения надежной защиты в распределенной сети должны быть использованы самые прогрессивные и надежные технологии защиты информации. Единая политика безопасности должна определять правила обращения с информацией, что позволит снизить или вовсе исключить угрозы ущерба [1]. Главная задача единой политики безопасности заключается в обеспечении установленного обращения с одной и той же информацией в разных подразделениях организации.

Кроме того, необходимо обеспечить защиту целостности информации [2]. Обеспечить ее можно различными способами: резервным копированием, кодами аутентификации, электронно-цифровыми подписями, защитой от случайного удаления или повреждения, защитой от вредоносных вирусов и т.д.

Соблюдение политики информационной безопасности на каждом компьютере в отдельности не означает, что данная политика действует во всей системе, поскольку локальные правила не регламентируют обращение с информацией при ее перемещении или при обращении к информации с других машин [3]. Поэтому нужен механизм, реализующий политику безопасности системы в целом, с помощью которого может быть разрешен доступ субъекта с одного компьютера к информации, расположенной на другом.

Одной из главных угроз является не внешние атаки, а внутренние, исходящие от персонала организации, поскольку персонал знает систему изнутри. Поэтому, несмотря на то что одним из главных правил информационной безопасности является правило «доступность информации для доверенных пользователей», все же необходимо постоянно производить мониторинг сети и отслеживать действия персонала с помощью системы аудита [4].

На основе вышесказанного предложена схема реализации системы защиты распределенной компьютерной сети организации, представленная на рисунке, в которой использованы следующие основные методы защиты: 1 — авторизация и регистрация пользователей; 2 — шифрование данных; 3 — межсетевые экраны с поддержкой VPN; 4 — система аудита и защиты от атаки антивирусная защита; 5 — авторизация делопроизводства.

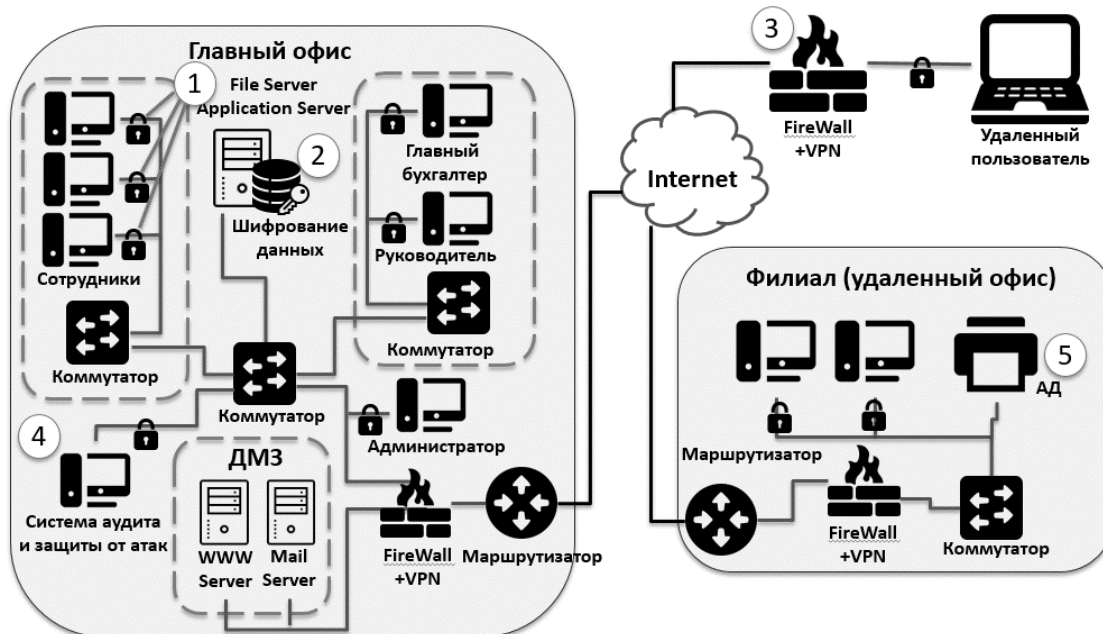


Схема реализации системы защиты распределенной компьютерной сети организации

Задача обеспечения информационной безопасности в распределенных сетях сводится, как правило, к построению комплексных решений, в которых объединяются перечисленные методы защиты [5]. Такой подход позволяет минимизировать риски нарушения целостности, конфиденциальности или доступности информации, насколько это возможно.

Заключение

В работе рассмотрены основные методы защиты информации и предложена схема реализации системы защиты распределенной компьютерной сети организации с использованием этих методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Царегородцев А. В. Информационная безопасность в распределенных управляющих системах. М.: Изд-во РУДН, 2003. 217 с.
2. Шаньгин В. Ф. Защита компьютерной информации. Эффективные методы и средства. М.: ДМК-Пресс, 2008. 544 с.
3. Зайцев А. П., Шелупанов А. А., Мещеряков Р. В. Техническая защита информации. М.: Горячая линия-Телеком, 2009. 616 с.
4. Садикова А. А., Титова Ю. А., Савков С. В. Методики и инструменты аудита сетевой безопасности // Региональная информатика и информационная безопасность. Сб. трудов СПОИСУ. СПб, 2017. Вып. 3. С. 98—103.
5. Tarkoma S. Overlay networks: Toward information networking. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. 237 p.

- Юлия Алексеевна Титова** — *Сведения об авторах*
— студентка; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: titova.yulishna@mail.ru
- Евгений Александрович Беспалый** — студент; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: eabespalyu@yandex.ru
- Илья Юрьевич Попов** — ассистент; Университет ИТМО, кафедра информатики и прикладной математики; E-mail: Ilyapopov27@gmail.com

Ссылка для цитирования: Титова Ю. А., Беспалый Е. А., Попов И. Ю. Методы защиты распределенной сети // Сборник трудов IX научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)». 2018. С. 117—119.

DISTRIBUTED NETWORK PROTECTION METHODS

Yu. A. Titova, E. A. Bepalyu, I. Yu. Popov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

In work methods of protection of the distributed network are considered, their advantages and disadvantages are disassembled, the most often used in practice complex information security solutions are analyzed.

Keywords: information security, network, unauthorized access, comprehensive protection, threats

Data on authors

- Yulia A. Titova** — Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: titova.yulishna@mail.ru
- Evgeniy A. Bepalyu** — Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: eabespalyu@yandex.ru
- Ilya Yu. Popov** — Assistant; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: Ilyapopov27@gmail.com

For citation: Titova Yu. A., Bepalyu E. A., Popov I. Yu. Distributed network protection methods // Proceedings of the scientific and practical conference of young scientists “Computing systems and networks (Mayorov’s readings)”. 2018. P. 117—119 (in Russian).

Сборник трудов
IX Научно-практической конференции молодых ученых
«Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)»

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
Зав. РИО
Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99
Подписано к печати
Заказ №
Тираж 30 экз.

Н.Ф. Гусарова

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО, Санкт-Петербург
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49