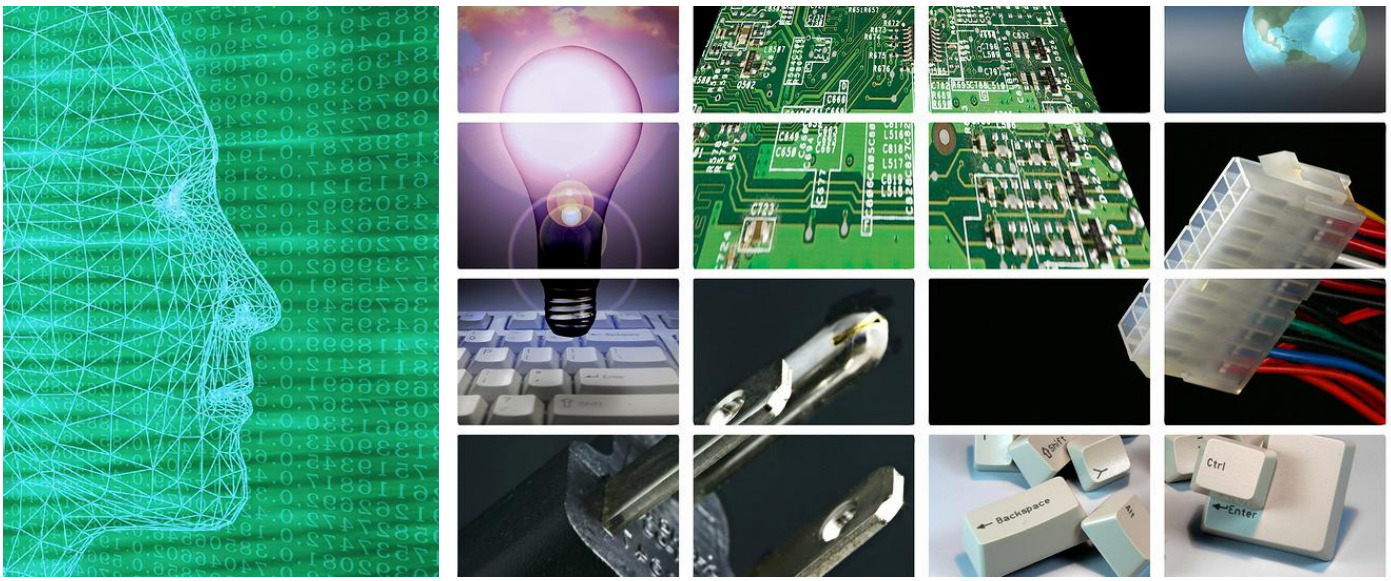
ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА
TECHNICAL UNIVERSITY OF VARNA

Година XIII, Брой 1/2015

КОМПЮТЪРНИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ



IEEE Bulgaria Communications Chapter

FCA Faculty of Computing & Automation

COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015 г. Варна, България

Year XIII, Number 1/2015

Компютърни науки и технологии

Издание
на Факултета по изчислителна техника и автоматизация
Технически университет - Варна

Редактор: гл. ас. д-р Ю. Петкова
Гл. редактор: доц. д-р П. Антонов

Редакционна колегия:

проф. дтн. Д. Маевский (Одеса)
проф. дтн. С. Антощук (Одеса)
проф. дтн. С. Стойчев (София)
проф. д-р А. Смрикаров (Русе)
доц. д.н. Д. Тянев (Варна)
доц. д-р А. Антонов (Варна)
доц. д-р Е. Маринов (Варна)
доц. д-р Н. Рускова (Варна)

Печат: ТУ-Варна

За контакти:

Технически университет - Варна
ФИТА
ул. „Студентска” 1, 9010 Варна,
България
тел./факс: (052) 383 320
e-mail: peter.antonov@ieee.org
yulka.petkova@tu-varna.bg

ISSN 1312-3335

Computer Science and Technologies

Publication
of Computing and Automation Faculty
Technical University of Varna

Editor: Ass. Prof. Y. Petkova, PhD
Chief Editor: Assoc. Prof. P. Antonov, PhD

Advisory Board:

Prof. D. Maevskiy, DSc (Odessa)
Prof. S. Antoshchuk, DSc (Odessa)
Prof. S. Stoichev, DSc (Sofia)
Prof. A. Smrikarov, PhD (Ruse)
Assoc. Prof. D. Tyanev, DSc (Varna)
Assoc. Prof. A. Antonov, PhD (Varna)
Assoc. Prof. E. Marinov, PhD (Varna)
Assoc. Prof. N. Ruskova, PhD (Varna)

Printing: TU-Varna

For contacts:

Technical University of Varna
Faculty of Computing and Automation
1, Studentska Str., 9010 Varna,
Bulgaria
Tel/Fax: (+359) 52 383 320
e-mail: peter.antonov@ieee.org
yulka.petkova@tu-varna.bg

ISSN 1312-3335

СПОНСОРИ НА КОНФЕРЕНЦИЯТА

ResearchMetrics Powering the research datascape http://www.researchmetrics.com	The complete ecosystem of tools and services for your research business™
CSC http://www.csc.com	A global leader in providing technology enabled business solutions and services
Telecoms http://www.telecoms.bg	**ТЕЛЕКОМС ООД** е телекомуникационен оператор, предоставящ услуги на регионални и локални интернет доставчици.
EuroRisk Systems Ltd. http://www.eurorisksystems.com	**EuroRisk Системи ООД** предоставя софтуерни системи и услуги за банки, застрахователни и финансови институции и други доставчици на финансови услуги.
ASIC DEPOT http://www.asicdepot.com	**ASIC Depot** предоставя разширени услуги по проектиране, дизайн и верификация на мрежови процесори, мултимедия, контролери и периферия, мобилни приложения, софтуер за проверка и др.
ADASTRA http://www.bg.adastragrp.com	**АДАСТРА** предлага информационен мениджмънт - пълна гама услуги, насочени към рационализация и ускоряване на бизнес процеси или обновяване на фирмена технологична инфраструктура.
CISCO Networking Academy http://ciscoacademy.tu-varna.bg	Локалната **Cisco Академия** при ТУ-Варна провежда курсове по най-новите учебни програми на Cisco Networking Academy - Cisco CCNA Exploration и Cisco CCNA Security на български и английски език.
Microsoft IT Academy Program http://msacademy.tu-varna.bg	Академията предлага модерно обучение и практически опит. Обучението се провежда от компетентни инструктори, сертифици-рани по актуалните технологии на Microsoft.

СБОРНИК ДОКЛАДИ

Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015 г.
Варна, България

Third Scientific International Conference
Computer Sciences and Engineering
25-26 September, 2015
Varna, Bulgaria

PROCEEDINGS

Организационен комитет	Organizing committee
Председател:	**Chairman:**
Надежда Рускова – ръководител на катедра „Компютърни науки и технологии”	**Nadezhda Ruskova** – Head of Computer Science and Engineering Department
Членове:	**Members:**
Слава Йорданова	Slava Yordanova
Христо Вълчанов	Hristo Valchanov
Виолета Божикова	Violeta Bozhikova
Христо Ненов	Hristo Nenov
Марияна Стоева	Mariana Stoeva
Венета Алексиева	Veneta Aleksieva
Милена Карова	Milena Karova
Ивайло Пенев	Ivaylo Penev
Юлка Петкова	Yulka Petkova

Програмен комитет	Programme committee
Председател:	**Chairman:**
Петър Антонов – декан на Факултета по изчислителна техника и автоматизация	**Peter Antonov** – Dean of Computing and Automation Faculty
Членове:	**Members:**
Елена Рачева	Elena Razcheva
Димитър Тянев	Dimitar Tyanev
Анатолий Антонов	Anatoliy Antonov
Митко Митев	Mitko Mitev
Трифон Русков	Trifon Ruskov
Марта Сийбауер	Marta Seebauer
Розалина Димова	Rosalina Dimova
Емил Маринов	Emil Marinov
Радослав Вробел	Radoslav Vrobel
Пламенка Боровска	Plamenka Borovska

СЪДЪРЖАНИЕ **CONTENTS**

ПЛЕНАРНА СЕСИЯ

Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015 г.
Варна, България

Third Scientific International Conference
Computer Sciences and Engineering
25-26 September, 2015
Varna, Bulgaria

PLENARY SESSION

ПРАКТИКИ И ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРИ ОБУЧЕНИЕ ПО ИНОВАЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧНО ПРЕДПРИЕМАЧЕСТВО

Петко Русков

Резюме: В статията се представят състоянието, тенденциите и предизвикателствата на обучението по технологично предприемачество (ТП) за студенти и преподаватели по света и у нас. Дискутират се иновативните възможности за разширяване на обучението по ТП в нашите университети. В последната част е представен пример за магистърско и докторантско обучение по ТП в СУ „Св. Климент Охридски“.
Ключови думи: технологично предприемачество, образование, обучение

Prictices and challenges in innovation and technology entrepreneurship education

Petko Ruskov

Abstract: Purpose – to present the state of the art of a technology entrepreneurship education for students and teachers in the world and Bulgaria and the experience of the author. Design/methodology/approach – based on a deep literature review, analysis and syntheses and the long experience in education the big picture is described. Practical implications – the curricula and extra curricula practice can facilitate stakeholders to formulate and implement technology educational environment. Originality/value – the value of the paper is in survey and practical presentation of the leading innovation theories and practices. Based and building of innovative patterns paper will add values and allows further improvement and growth of the future entrepreneurship education.
Keywords: technology entrepreneurship education, curricula

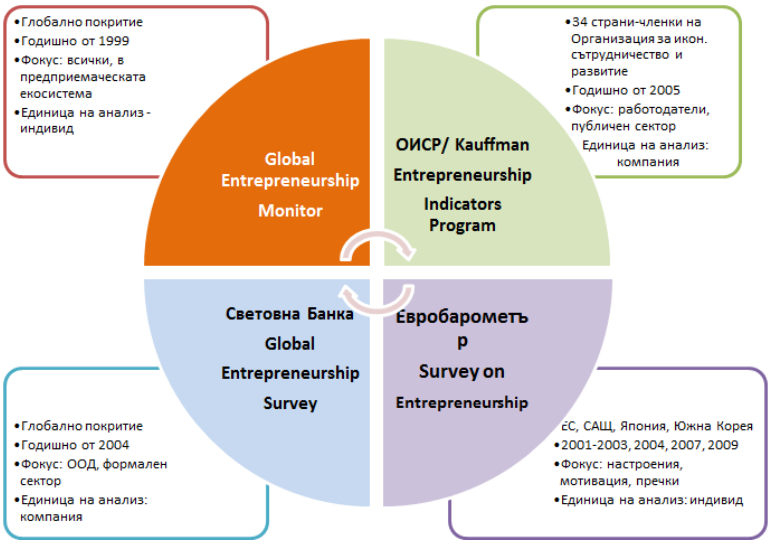
1. Въведение

Устойчивото развитие на обществото се основа на баланса на икономическите, социалните и екологичните резултати за осигуряване на доходи на множество заинтересовани страни [17]. Ако през 80-те години важният показател за икономически растеж беше качеството на продуктите и услугите, през 90-те години – ре-инженеринга на бизнес процесите, то определено през последните години основното предимство се получава от иновациите и предприемачеството. Предприемачеството, основано на мобилността на интелектуалния капитал, финансов капитал и технологиите е един от основните фактори за постигане на конкурентно предимство. Има очакване и признаване, че иновациите, предприемачество и образованието и обучението по предприемачество може да спомогне за насърчаване на устойчиви бизнес практики [3,5,18]. Иновациите и предприемачеството за създаването на нови предприятия и нови бизнес зони, които се базират на научните и технологични постижения се разглеждат като ключови фактори за постигане на икономическите цели както на регионално, така и национално ниво [8,10,12].

Съществуват редица институции, които правят проучване на предприемачеството в света – глобалният предприемачески мониторинг (GEM, http://gemorg.bg/language/bg/), Организацията за икономическо сътрудничество и развитие (ОИСР), Програмата за предприемачески индикатори на Кауфман, Глобалното проучване на Световната банка, Евробарометър и др.– фигура 1. [31,32]. Техните доклади осигуряват възможност да се види голямата картина, както по страни, така и по различните направления и резултатите в тях винаги доказват голямото значение на обучението по предприемачество. Има десетки научни

журнали и конференции, които обсъждат темата, а стотици държавни и частни институции подпомагат развитието му.

Търсене в Гугъл Наука извършено на 1.09.2015 по ключови думи „entrepreneurship education“ намира около 698 000 резултата (0,05 сек), за „"technology entrepreneurship", education“ - около 6 250 резултата (0,09 сек), за „entrepreneurship, paper“ - около 802 000 резултата (0,09 сек), – за „обучение, предприемачество“ - около 759 резултата (0,05 сек).



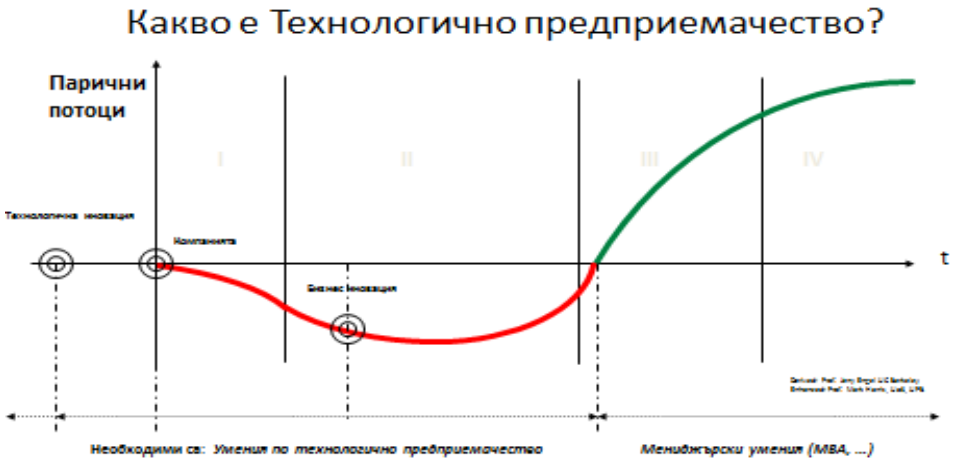
Фиг. 1. Организации, които проучват развитието предприемачеството в света [31].

Обучението по предприемачество в университетите започва активно през 70-те години [7,14]. То разглежда предприемачеството като динамичен процес на ориентиране, узряване, промяна и създаване на нови продукти и услуги. Обучението по предприемачество изисква иновативност и творчество, прилагане на енергия и страст към създаването и прилагането на нови идеи и творчески решения за съществуващ проблем. Основните компетенции при обучението включват готовността за поемане на пресметнат риск, който има измерения от време, рисков капитал, или кариера; способността да се формулират ефективен екип за стартиращо предприятие; творчески умения да се управляват необходими ресурси; и основни умения за изграждане на иновативен бизнес модел и план.

Предприемаческият начин на мислене позволява виждането днес в бъдещето и разпознаване на възможност там, където другите обикновено виждат хаос, противоречие и объркване [19,21]. Традиционният подход към образование по технологично предприемачество е непряк, като се очаква студентите да се обучат и образоват технологично, като впоследствие те да започнат нови начинания и бизнес. По-новите концепции за предприемачеството добавят ролята на активно търсене и откриване на възможности и контекст, при използване на придобитите технологичните знания [6]. Тези концепции подчертават, важната роля на учене чрез правене, чрез разширяване на перспективата и реално създаване на нови предприятия като част от обучението [4,20]. Тенденции са също така новите студентски предприятия да са в съответствие с цялостната университетска мисията на ВУЗ, да комерсиализира научните изследвания и по този начин да допринесат за икономическото развитие [22].

Отчита се, че основен ограничаващ фактор за създаване и управление на проекти за стартиращи предприятия е липсата на компетентни преподаватели и студенти в областта на технологичното предприемачество. Очаква се университетите да отговорят на необходимостта от повишаване на мотивацията и компетентността на своите преподаватели и те да станат ключови лица в иновативна и предприемаческа дейност [15].

Определение за технологично предприемачество може да се представи визуално чрез жизнения цикъл на едно предприятие [9,13]. Технологично е предприемачеството (ТП) и свързаните с него дейности до преодоляване на етапа за придобиване на критичната маса от потребители на продукта или услугата на стартиращото предприятие – фигура 2. В следващите етапи са необходими вече мениджърски компетенции, които се изучават в бизнес курсове.



Фиг. 2. Жизнен цикъл на едно предприятие [9]

Значението на технологичното предприемачество като фактор в създаването както на индивидуални предприемачески компетенции, така и националното богатство през последните години създава значителен интерес към него по света. Този интерес се дължи на огромната индивидуална предприемаческа активност, която създаде компютърната и интернет промишленост и на получения икономическия растеж в страните, които успяха да го комерсиализират. Успехите са най-видими в университети като UC Stanford, UC Berkeley, UC San Francisco (Силиконовата долина) MIT (Boston), TUM (Munich), UCL (London) Aalto (Helsinki) и много други университети, както и на регионите около тях [34].

Целта на доклада е да се представи състоянието, тенденциите и предизвикателствата на обучението по технологично предприемачество (ТП) по света и у нас, както и да се дискутират иновативните възможности за разширяване на обучението по ТП в нашите университети. В последната част е представен пример за магистърско и докторантско обучение по ТП в СУ „Св. Климент Охридски“ [24,32].

2. Методология, съвременно състояние и тенденциите на обучението по ТП

Представеното в статията изследване се базира на класическата методология за обзор на голям брой съществуващи литературни източници и електронна бази от данни по темата, дискусии с активните участници в процесите по света, анализ и моделиране на добрите практики и стратегии с последващ синтез при разработването на учебния план по ТП и иновации. При разработването на темата, са използвани най-добри практики и иновации, отразяващи състоянието на обучението по ТП, на иновации в областта на учене чрез правене, като се отчита и локалната екосистема.

Възможностите за развитието на ТП се основава на следните иновативни теории от последните години:

• Практическо обучение (Practical Education) [6,10]
• Пробивни и отворени иновации (Disruptive and open innovation) [2,3]
• Съвместно добавяне на стойност (Value Co-Creation) [11]
• Печеливши модели/образци (Profit patterns) [26]

Тези теории предлагат контекстно-богати описания и теории на стратегически и бизнес модели при обучението на студентите.

Основната цел на учебните планове и програми са да подготвят студентите от бакалавърска, магистърска и докторска степен специалности да открият и валидират критични нужди на потребителите и да създадат ново предприятие. Целите на обучението са насочени към придобиване и развитие на компетенции като:

• оценяване на възможностите, разработване на концепции и намиране на ресурси за решаване на проблемите на потребителите;
• разработване на бизнес планове и прототипи на иновативни проекти и стартиращи фирми в сферата на ИКТ, здравеопазване и чисти технологии;
• да мислят критично, аналитично, креативно и иновативно
• да се развие предприемаческия начин на мислене и успешни предприемачески компетенции.

Образованието също се използва за увеличаване на мотивацията и влиянието на предприемачеството, чрез въвеждането на различни активни стилове на преподаване. Съществено е и придобиване на умения за учене през целия живот от обучаемите. При разработването на плановете и програмите в страната се прилагат най-добрите практики и етапи на предприемаческо обучение от програмите в ЕС и водещите световни университети. Обучението дава на студентите необходимите компетенции за реално участие в иновативни бизнес процеси и предприемачески фирми.

Обучението по технологично предприемачество, както и на останалите дисциплини в програмата, включва и зависи в голяма степен от следните три основни елемента в страната [9,28]:

• преподаватели
• учебни планове
• еко-система

Най общата класификация на обучението по предприемачество се разделя на две големи групи:

1. Обучение по академични учебни планове. То се извършва във ВУЗ, по предварително утвърдени от академичните съвети планове и програми.
2. Обучение, извън академични учебни планове. Тук се включват извън класните програми, както и учебните планове и програми на корпоративните и неправителствени организации.

Последните години се наблюдава нарастващ интерес към влиянието на околната среда върху предприемачеството, както и влиянието на технологичната среда на национално равнище относно създаването на нови предприятия, базирани на технологията [11]. Проучването на Коловац и Ломоте изследва връзката между технологичната среда (измерена с размера на инвестициите в научна-изследователска дейност (R&D) и достъпа до инфраструктура от информационни и комуникационни технологии) и технологичното предприемачество в 54 страни от 2005 до 2010 г. с помощта на данни от GEM и показатели на банката за световното развитие. Авторите идентифицират значителна и стабилна, обърната връзка между R&D инвестиции на равнище държава и вероятността от развитие на технологичното предприемачество [4]. Също така те намират доказателства за наличието на положителна връзка между достъпа ИКТ инфраструктура и вероятността от нарастване на активността в областта на предприемачеството [20,29].

1. ОБУЧЕНИЕ ПО АКАДЕМИЧНИ УЧЕБНИ ПЛАНОВЕ

Академични планове и програми в университетите се изпълняват на следните нива:

• бакалавърски
• магистърски
• докторантски
• учебни програми за следдипломна квалификация и преквалификация

Луней дефинира ясно какво трябва да се направи, за да се гарантира, че системите, използвани за оценка на образователните системи ще насърчават иновативни умения на студентите [16]. В изследване на ОИСР тя дава три основни начини за съчетаване на оценката за обучението и иновациите: 1) Разработване на широка гама от измервания за постиженията както на студенти, така и ВУЗ; 2) Преосмисляне на привежданото обучение в съответствие на стандартите за обучение и оценката; 3) Измерване на влиянието на оценките върху преподаването и ученето. Вместо да се оценява основно съдържанието на курсовете при обучението, стандартите биха могли да се обвържат с когнитивните умения, необходими за решаване на проблеми, комуникация и мотивация с разработване на проект/тест/изпит за адаптиране на тези умения към дисциплини като математика, природни науки и др. Могат да бъдат създадени и иновативни методи за оценка, основани на информационни и комуникационни технологии, тъй като те притежават възможности за симулация и/или интерактивност. Ако оценката се основава на когнитивните процеси, а не само на съдържание ще има повече възможности за преподавателите да въвеждат иновативни стратегии на преподаване и учене.

В следващото изложение са представени развитието и някои от добрите практики при обучението по ТП [4,27].

В световен план

От първия предприемачески клас - проведен през 1947 г. академичната дисциплина предприемачеството се описва с помощта на хронология на трите направления – студентски планове и програми, допълнителни предприемачески инфраструктури и публикации в областта [14]. Обстоен обзор на хронологията на обучението по предприемачество в САЩ в периода от 1876 до 1999 е представен в публикацията на проф. Катц. Основната констатация в нея е, че в САЩ предприемачеството е достигнало зрялост и растежът продължава и се разпространява извън профилираните за бизнес университети и колежи и извън границите на САЩ [14]. Описаните предизвикателства в анализа, според него, включват голямото пренасищане от публикации в списания и събития и недостиг на преподаватели по предприемачество като цяло в системата на образование и в частност за докторантските програми.

Едни от водещите центрове за обучението по ТП в света са:

Babson (http://www.babson.edu/Academics/divisions/entrepreneurship/curriculum/Pages/home.aspx) [1]. Babson е една от първите академични институции в света, която предлага курс по предприемачество. И да сега университетът е международно признат като лидер в обучението по предприемачество, където предприемачеството не е просто академична дисциплина, а начин на живот. Преподавателите и служителите в Babson признават интердисциплинарната стойност на предприемачеството и го прилагат в разнообразни програми. Студентите се научават да откриват възможности, да изграждат и ръководят екипи и да създават икономическа и социална стойност. В университета се предоставят и високо персонализирани пътеки в различни бизнес контекст, включително за нови начинания, франчайзи, корпоративни предприятия, социално отговорни компании, както и семейни предприятия.

U.C. Stanforrd (https://www.gsb.stanford.edu/insights/entrepreneurship). В университета Stanforrd се предлагат множество програми и инициативи на всички ниво на обучение и в пълната гама от отрасли. Много ценен ресурс за преподавателите и предприемачите е Entrepreneurship Corner: (ecorner.stanford.edu). Той е разработен от Stanford Technology Ventures Program (STVP) и е безплатна онлайн платформа и архив на предприемачески ресурси за преподаване и учене.

U.C. Berkeley Haas Business School е един от изявените лидери в обучението по предприемачество (http://www.haas.berkeley.edu/). В неговите програми се заменя обучението основано на писане на бизнес план с иновативните гъвкави Lean Startup методи [9, 34]. По неговите програми се преподава на LaunchPad® (http://steveblank.com/category/lean-launchpad/) и I-Corps (http://venturewell.org/i-corps/) в Националната научна фондацията (National Science Foundation) и Националните институти за здравеопазване (National Science Institutes of Health), както и в много корпоративни организации.

MIT Масачузетския технологичен институт. http://entrepreneurship.mit.edu/. MIT предлага пълна гама от курсове по предприемачество, вариращи от уводна до напреднали, които са отворени за студенти и докторанти. Ресурсите и програмите за студентите включват от хардуер и сървърно пространство до различни ръководства и справочници. Преподавателската мрежа обхващаща професори и предприемачи, както и широка мрежа от партньорски и професионални ментори. Притежават и един от най-добрите студентски акселератори в света MIT GFSA. Учебният план може да се види на следния Интернет аздес: MIT Entrepreneurship Education Curriculum Tool, (http://entrepreneurship.mit.edu/curriculum/entrepreneurship-education-curriculum-tool).

The Texas University - MSTC Program. (http://www.mccombs.utexas.edu/MSTC/Program-Information/Curriculum.aspx). Учебната програма MSTC Program в University of Texas, включва десет дисциплини и реализира подчертано практически базираното обучение. По време на обучението студентите оценят реалните технологии и иновациите като работят в екипи. Те съвместно разработват пазарни стратегии и бизнес планове за комерсиализирането на технологиите. Програмата завършва с официално представяне на завършен план от всеки екип за технологична комерсиализация пред състав от преподаватели, лидери от индустрията и рискови капиталисти.

В Азия

Япония. През последните 10 години в Япония се проведоха и развиха различни инициативи за академично предприемачество [15]. Въпреки че повечето от тях са възпроизвеждане на добри модели за университетско предприемачество, японските университети са се научили много от университетите извън Япония, особено водещите университети в света, включително в Университета на Калифорния в Бъркли; Станфордския университет, Масачузетския технологичен институт, Университет Кеймбридж, Оксфордски университет, Imperial College London, и др. Университетът в Токио е ефективен модел в Япония за университетски програми, основани на предприемачеството и иновациите. Той има тристранна структура, състояща се от самия университет (програма SEED), фирмата Todai TLO Ltd, и финансова институция UTEC (VC елемент на университета). И трите организации изпълняват колективно роля за насърчаване на иновациите и на предприемачеството. Инициативите на университета се състоят в обучение по предприемачество, инкубация на стартиращи предприятия, наставничество и консултации, както и изграждане на мрежи от специализанти предприемачи. Програмите и процесите за иновациите в университета са добри модели за партньорство с участието на местните правителства, корпоративни спонсори, големи изследователски университети в Азия, както и предприемачи от азиатските страни и икономики. Университетът в Токио, чрез развитието на

иновационната екосистема постига целта си да допринася повече за страната и света чрез иновации въз основа на университетско предприемачество.

Южна Корея. Образованието по предприемачество в страната е започнало в началото на процеса на индустриализация на страната и допринася значително за бързото разрастване на корейската икономика [30]. От 2008 г. насам, корейското обучение и управление в областта на технологиите (МОТ образование) претърпя значителни промени и влезе в нова фаза от своето развитие и сега се развива в синхрон с промените в корейската индустрия. Новите посоки са в трансформиране към иновационна индустрия на творчеството, както и към предприемаческа дейност. За постигането на тези нови преходи, корейското МОТ образованието прилага три основни принципа - двоен фокус върху иновациите и предприемачеството, мултидисциплинарно решаване на проблеми и баланс между теория и практика [30].

В Европа

В Европейската общност, предприемачеството е важна цел на Европейския съюз и политиките за образование и учене през целия живот. Едни от водещите университети и програми в тях са следните:

TUM and UnternehmerTUM open Entrepreneurship Center (https://www.tum.de/en/about-tum/news/press-releases/short/article/32402/). В Техническия университет (ТУ) в Мюнхен обучението се провежда на всички нива – бакалавър, магистър и доктор. В ТУ работи и Център за предприемачество, който е единствен по рода си в Европа и осигурява технология, насочена към стартиращи предприемачи - от първоначалната идея до фазата на растеж на фирмата. Университетът притежава и високотехнологичен цех, които предлага оборудване за изграждане на прототипи и производство в малки серии. Академичното ръководство от Научноизследователския институт по предприемачество допълват съюза между бизнес, практическо приложение, научните изследвания и обучение.

Aalto (http://www.aalto.fi/en/). Aalto е университет, който е създаден чрез сливане на три съществуващи университета в Финландия: Хелзинкския технологичен университет, Хелзинки икономическия и Университета по изкуства и дизайн в Хелзинки. Мисията му е да работи за един по-добър свят чрез най-високо качество на преподаване, научни изследвания и интердисциплинарно сътрудничество.

UCL London (https://www.mgmt.ucl.ac.uk/msc-technology-entrepreneurship). Програмата MSc Technology Entrepreneurship включва основните дисциплини и лекции, провеждани от водещи бизнесмени и успешни предприемачи. В университетът има изграден акселератор и се провеждат редица инициативи за подпомагане на преподаването и за насърчаване на иновациите и предприемачеството.

В България

В Българките университети през последните години също навлизат много програми и дисциплини за обучение по предприемачество и ТП. Обикновено тяхното съдържание е адаптирано към възможностите на преподавателите и ресурсите на ВУЗ, а не към световните стандарти и практики. Това води и до редица проблеми при обучението, които най-лесно се забелязват при участие на наши представители на международни събития. Може да се отбележи, че съществуващите правилници на университетите и управлението на учебните планове и програми често създават пречки за разработването и провеждане на конкурентно обучение по ТП у нас. Примери за някои от съществуващите програми са:

• СУ, ФМИ http://dse.fmi.uni-sofia.bg/msc-ir-bg.htm

• ТУ- София. http://www.tu-sf.org/index.php/bg/

• AUBG, The American University in Bulgaria (AUBG) http://www.aubg.edu/search?q=entrepreneurship

• ТУ- Варна програма „Технологично предприемачество и иновации“ (http://ksp.tu-varna.bg/index.php?option=com_content&task=view&id=141&Itemid=47.

• Великотърновски университет "Св. Св. Кирил и Методий" провеждат обучение по учебен план по специалност “Социално предприемачество” (www.cet-vtu.com/site/bul/3-4-M-4381_1.pdf).

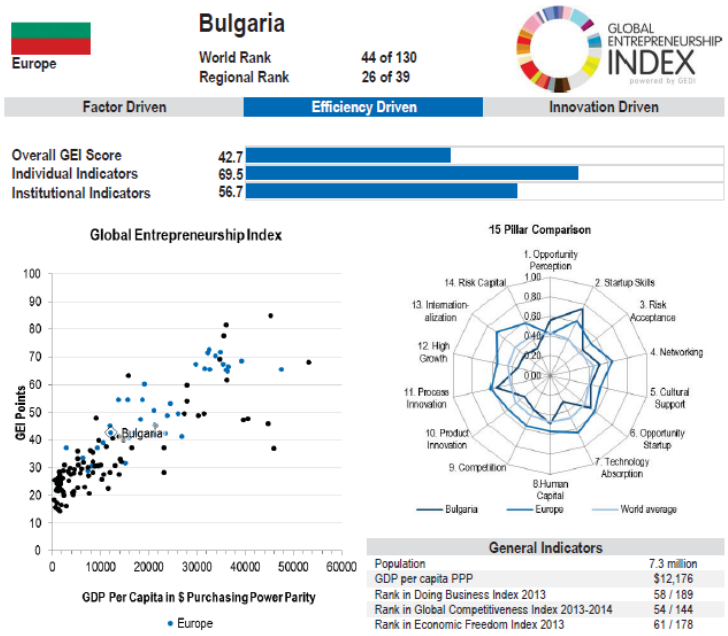
• Магистърската програма “Агробизнес и предприемачество” е съвместна програма на Аграрния университет – Пловдив и Института по аграрна икономика – София (http://www.au-plovdiv.bg/cntnr_1/Brochure%20ACHANGE.pdf).

Резултатите от обучението по предприемачество в страната ни може да се види от изследването на Световния институт за предприемачество и развитие (Global Enterpreneurship and Development Institute – GEDI, http://thegedi.org/). GEDI е нестопанска организация специализираща в проучването на връзките между предприемачеството, икономическото развитие и просперитета и в последното й изследване България е на 44-то място в света по условия за предприемачество – фигура 3. По критерия „предприемачески умения“ страната ни е над Европейско и световно нива – фигура 4.

Важно е да се отбележи, че в повечето Българските университети съществуват и центрове за трансфер на технологиите, които изпълняват ролята на активен посредник между научните изследвания и реалния бизнес.

2. ОБУЧЕНИЕ, ИЗВЪН АКАДЕМИЧНИ УЧЕБНИ ПЛАНОВЕ

Голяма част от адаптирането към промяната, иновациите и предприемачеството се извършва извън академичния сектор, в рамките на предприятия и организации в публичния и частния сектор. Те създават подходящи условия за гъвкав и иновативен растеж, вътрешно фирмено предприемачество (intrapreneurship), които са от критично значение. Основните форми на обучение при тях са:



Фиг. 3. България е на 44-то място в света по условия за предприемачество [32].

Фиг. 4. Позицията на България по отделните показатели [32].

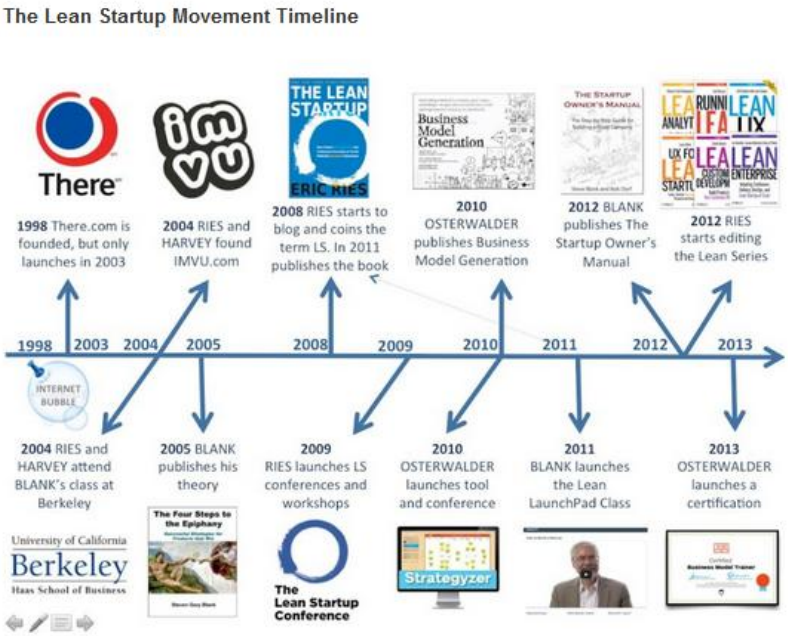
• иновативни стажове за студентите;
• инкубатори и акселератори;
• креативни лагери;
• предприемачески състезания;
• конференции, работни семинари и симпозиуми;
• лекции и представяния от изявени предприемачи.

Едни от най-добрите извън университетите програми са Lean LaunchPad http://steveblank.com/2012/12/14/developing-a-21st-century-entrepreneurship-curriculum/, - фиг. 5, TechStars (http://www.techstars.com/), Startup Weekend (http://startupweekend.org/) и др.

Водещият преподавател и сериен предприемач Стив Бланк в блога си много добре определя целите на преподавателя по ТП (http://steveblank.com/2012/12/14/developing-a-21st-century-entrepreneurship-curriculum/):

1. Да вдъхнови и насърчи студентите и да предизвика енергийна вълна около предприемачеството и реализацията на мечтите им.

2. Да представи реалността на предприемачеството достатъчно ясно, за да предотврати прибързано решение на студентите, че предприемачеството не е точно за тях.



Фиг. 5. Историческо развитие на направлението гъвкаво предприемачество

Инициативи за подпомагане на предприемаческото обучение

Могат да се отбележат и редица инициативи за подпомагане на предприемаческото обучение. По значимите от тях са:

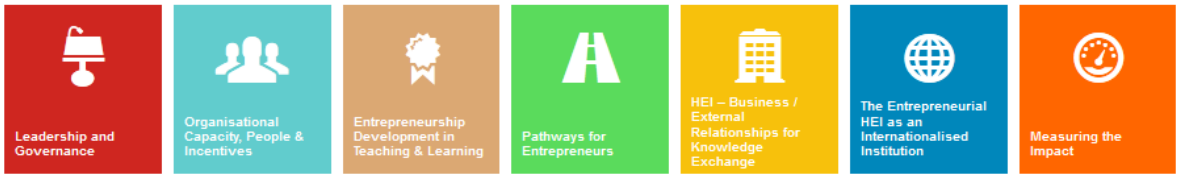
Световната седмица по предприемачество (http://www.kauffman.org/what-we-do/programs/entrepreneurship/global-entrepreneurship-week). Това е инициатива на Ewing Marion Kauffman Foundation и Make Your Mark и обединява държави от всички континенти. Тя стартира през 2008 г. с основна цел да вдъхнови младите хора да прегърнат иновациите, въображението и творческия подход и да превърнат идеите си в реалност и включва:

• Световни и регионални състезания по иновации и предприемачество;

• Уеб сайтове, блогове.

The Global Entrepreneurship Research Network (GERN) (http://www.gern.co/). Мрежата събира водещите организации в световен мащаб за изследвания в областта на предприемачеството.

HEInnovate. (https://heinnovate.eu/intranet/tef_guide/) HEInnovate е инструмент за самооценка на институции от висшето образование [33]. Той съдържа ресурси, които дават идеи и вдъхновение за ефективното управление на институционална и културна промяна към предприемачески университет. Предназначен е да помага на заинтересованите ВУЗ да се оценяват в седем области – фигура 6:



Фиг. 6. Седем области на приложение на HEInnovate [33]

Основните целеви групи на HEInnovate са ръководители на ВУЗ, свързани със стратегическо планиране и вземане на решения. Рамката може да се използва, като формална или неформална оценка за предприемачески университет от отделни преподаватели или на факултетно или университетско ниво от съответните съвети. Всяко висше учебно заведение може също да я прилага при формиране на работни групи, които да разглеждат въпросите относно разработване на иновативна позиция и съгласие по отделни области за подобрение на процесите в университета. Резултатите от инструмента предлагат информация и препоръки за напредъка на промяна в ВУЗ, които се основа за дискусиите за планиране, както и полезни инициативи за формулирането на стратегическите планове.

HEInnovate също съдържа редица препратки към полезни материали, взети от литературата и от други източници, които могат да бъдат използвани като вдъхновение и сравнение с други институции. Осигурени са също и референции и контакти.

Като водещи бизнес програми предлагани от фирми могат да се посочат следните, без да се подценяват постиженията и на редица други фирми:

Intel (http://entrepreneurship.intel.com/). Основаният през 2005 г., чрез сътрудничество между UC Berkeley и Intel, конкурсът Intel Global Challenge подкрепя и насърчава предприемачеството в световен мащаб. Той се провежда всяка година в Haas Бизнес училището в Бъркли, Калифорния и е домакин на отбори от цял свят. Той предлага глобални възможности за стартиращи фирми, които имат най -голям потенциал за положително въздействие върху обществото чрез въвеждането на нови и наистина иновативни технологии . В него са участвали 5 български отбори и някои от тях продължават много успешно развитието си. Ресурси за преподаватели и предприемачи могат да се намерят на - Creating an Entrepreneurial Culture, http://www.intel.com/content/www/us/en/education/university/creating-an-

entrepreneurial-culture.html и Entrepreneurship Curriculum http://www.intel.com/education/highered/entrepreneur/curriculum.htm.

Cisco. Програми като Entrepreneurs in Residence (Cisco EIR) (https://eir.cisco.com/) и The Cisco Entrepreneur Institute са предназначени за подпомагане на предприемачите, които работят върху следващи големи идеи на ранен етап от процеса на създаване на нови предприятия. Те са насочени към направления като интернет на нещата - от корпоративна сигурност, изчислителни облаци, Big Data анализи, до интелигентни градове и други стратегически области. Магистратура „Иновации и предприемачество“ по програмата на Сиско има във ВУЗФ, (mief.vuzf.bg/bg/program/).

IBM SmartCamp програмата (http://www.smartcamp2015.com/) предоставя на студентите възможности за обучение, използване на мрежа от ментори, преподаватели и база от стартиращи компании и рискови капиталисти (VCs). IBM предлага също така много други инициативи, за които може да се намери информация на следните връзки в Интернет (https://www-01.ibm.com/software/info/ecod/cloudoffer/startup.html).

Microsoft. Microsoft Imagine Cup (https://www.imaginecup.com/) е глобална студентска програма за състезания в областта на технологиите и конкуренцията. Тя предоставя възможности за студенти във всички дисциплини, да обединят усилията си и да използват своята креативност, страст и познания за технологията за създаване на иновативни приложения, игри и интегрират решения, които могат да променят начина на живот, работа и забавление.

Amgen (http://www.amgen.bg/about/corporate-social-responsibility.html). Амджен е фирма, която насърчава иновациите и предприемачеството в областта на био технологиите. Самата фирма започва дейността си като стартираща компания от докторанти. Програмите и са основани на реализацията на иновации, подобряване и подкрепа на иновациите в образованието в световен мащаб, както и налагането на бизнес етиката.

В България

Eleven (http://11.me/about-eleven/) Eleven е акселератор и фонд за рисков капитал за инвестиции в стартиращи компании на ранен етап от развитието им. Екипът му осигурява менторство, подкрепа чрез своите партньори и критичната за стартиращите фирми първоначална инвестиция. С 12 милиона евро фонд, предоставени от Европейския инвестиционен фонд (ЕИФ) през JEREMIE Program Eleven е един от най-големите инвеститори в ранен стадий в централна и източна Европа

LAUNCHub (Launchub.com/) подобно на Eleven е създаден през 2012 г. с цел за подпомага перспективни стартиращи цифрови компании.

Джуниър Ачийвмънт в България (ДАБ) (www.jabulgaria.org/). Като организация с нестопанска цел ДАБ организира много инициативи за обучение на ученици и студенти, преподаватели и ментори в областта на предприемачеството. От 2005 г. ДАБ и партньорите и провеждат редица национални инициативи и състезания за студентски стартиращи компании и победителите всяка година представят България на европейски състезания.

Асоциацията на българските лидери и предприемачи (ABLE http://ablebulgaria.org/bg/) както и други институции също активират иновативни общности и създават мрежи от предприемачи и ментори, които допринасят за развитието на екосистемата в страната.

Обучение на преподаватели по предприемачество

Обучението на преподаватели по лидерство и предприемачество е основен фактор за успешното протичане на обучението в областта. Съществуват множество проекти на национално, европейско и световно ниво, които положиха основите на творчеството и инициативността на преподавателите. Примери за подобни инициативи са:

STVP accelerates entrepreneurship education (http://stvp.stanford.edu/). Програмата Technology Ventures е инициатива на един от водещите предприемачески центъра в света. Тя се провежда и ръководи от инженерния факултет на Станфорд и предоставя курсове и извънкласни програми за студенти и преподаватели, създава научна изследвания на високо технологични предприятия и произвежда нарастваща колекция от онлайн съдържание и опит в областта на предприемачеството за преподавателите по света.

EU Coneeect Project. Coneeect (http://www.coneeect.eu/) е европейски проект за изграждане и развитие на международна мрежа от университети, които предлагат интерактивни курсове за обучение на академичните преподаватели по предприемачество с цел подобряване на образованието по предприемачество в Европа [9]. Официално проектът е подкрепен от Европейския съюз и свързаните с него институции и предоставя интензивни програми за обучение и лесен достъп до Европейската общност за предприемачество. Най-добри практики на обучението по предприемачество се преподават от признати международни експерти, треньори и инструктори, обединени в интердисциплинарни екипи. Обменът на идеи и изграждането на мрежа се извършва в открити форуми, които са тясно свързани с глобалното предприемачество. Преподаватели от Софийския университет са сред инициаторите и партньорите на проекта – фигура 7.

Фиг. 7. Уеб сайт на проекта Coneeect

Kaufmann ELI Ice House Program
http://www.kauffman.org/what-we-do/programs/entrepreneurship/ice-house-entrepreneurship-program и http://elimindset.com/services/certified-facilitator-training/ са програми за сертифициране и обучение на преподаватели и студенти по предприемачество. (http://elimindset.com/)

Intel-UC Berkeley Leadership Symposium (http://entrepreneurship.intel.com/page/global-entrepreneurship-leadership-symposium-gels) Глобалният лидерски предприемачески симпозиум (Global Entrepreneurship Leadership Symposium, GELs) осигурява среда за дискусии и разработване на концепции, процеси и средства на квалифицирани преподаватели и предприемачи. Целта му е преподавателите и менторите да подпомагат ефективно ново възникващите предприемачи и стартиращи фирми. Програмата предоставя също така уникални възможности за обмяна на опит за практикуване на наставничество и менторство в световен мащаб. Тя се основава на доказани принципи и практики на предприемачество и иновации представени от водещи организации и университети по целия свят. В работата на симпозиума през периода 2007-2010 са участвали над 15 български преподаватели от ВУЗ.

Пример за обучение на магистри и докторанти по технологично предприемачество в СУ "Св. Климент Охридски"

Програмата "Технологично предприемачество и иновации в информационните технологии" (http://dse.fmi.uni-sofia.bg/msc-teiit-bg.htm) е създадена във ФМИ, СУ през 2007 г. Тя предоставя на студентите от магистърско и докторско нива на обучение необходимите компетенции за ефективно и ефикасно активно участие в иновативните бизнес процеси и предприемачески компании [32]. Програмата следва иновативните световни модели за обучение в областта на технологичното предприемачество. ***Визията*** й е да се създаде критична маса от технологично иновативно и предприемачески образовано общество в България; ***Мисията*** - да се обучават предприемачи, които мислят творчески и иновативно и които се развиват успешно в съвременната динамична и турбулентна среда, предприемачи, които съвместно добавят стойност за всички участници в процесите [23,25]. ***Целите*** са:

1. Да подготви студентите и докторантите за успешна реализация както в нови стартиращи компании, така и в утвърдени иновативни компании.
2. Да се осигурят условия за участие на студентите в практическо иновативно обучение и участие в национални и световни състезания.

При разработването и приложението на програмата са обхванати **стратегическите цели** и **стратегии** както за човешкия и финансов капитал, така и за процесите и заинтересованите групи от участници. Програмата последователно изпълнява етапите от жизнения цикъл на водещите предприемачески магистърски програми в света – стратегическо планиране, изпълнение, измерване на резултатите и усъвършенстване на съдържанието и процесите.

Обучението по програмата разширява придобитите в предшестващото образование технологични компетенции на студентите в областта на общото добро управление, иновации и предприемачество. То комбинира висококачествени, интензивни процеси за обучение в клас и практическа работа, с реално участие в световно разпознати състезания по предприемачество. Този иновативен подход прави възможно комерсиализиране на научните знания и изследвания и създаване на високотехнологични стартиращи фирми.

Магистърската програма е създадена в сътрудничество с Университета в Бъркли, САЩ, с помощта на глобалната ИТ компания Intel, както и кооперране с клъстера от преподаватели по предприемачество в Европа. В програмата бяха привличани водещи български и чуждестранни преподаватели и експерти в различни иновативни области от бизнеса. Основното предимство на програмата се състои в съчетаване на таланта на преподавателите, експертите и студентите; голямото разнообразие от налични ресурси и иновативните методи на обучение и управление и широката мрежа от преподаватели и ментори. Практическите дейности по време на обучението помагат на студентите да разберат процесите и технологията за стартиране на ново предприятие и да придобият увереност в способността си да започнат технологични предприятия.

От стартирането си през 2007 г. по програмата са обучени повече от 300 магистри и 8 докторанти. Завършилите програмата са създали повече от 50 студентски и докторантски стартиращи компании. Практическата работа във формираните екипи от студенти в тези компании дава на студентите ценен практически опит, който добавя много стойност към академична подготовка, която студентите получават нормално. От създадените студентски стартиращи компании около 10 са много активни и са създали повече от 80 високотехнологични работни места.

Заключение

Да си предприемач изисква да мислиш различно и да действаш, да създаваш иновативни продукти и услуги, които добавят стойност на потребителите си. За да се постигне това е необходима промяната на начина на мислене на преподавателите, студентите и предприемачите, което е продължителен процес и изисква време и постоянство за обучение и образование. Това е и една от причините обучението по предприемачество да се фокусира повече върху учене чрез правене и дейности в групова и мрежова среда и по-малко на преподаване в учебна зала.

Обучението и образованието по предприемачество е иновативна тенденция в световен мащаб. То може да даде уникална възможност на обучаваните във ВУЗ да създават свои собствени предприятия и да откриват нови, високо технологични работни места. Но за да се случи това има нужда от стратегии и действия на всички нива в предприемаческата екосистема. За да се изпълнят своята нова роля и като активни участници в регионалното икономическо развитие, университетите трябва да насърчават предприемачеството като цяло и в частност комерсиализацията на знания и изследвания. Оценките на въздействието на предприемаческите образователни програми върху икономическото развитие са много важни и е необходимо възможно най-скоро да се направят задълбочени изследвания в това направление и за България.

Литература

[1]. Bapat, et al. (2014). Technical report. http://www.chsbs.cmich.edu/leader_model/assess.htm

[2]. Chesbrough H., Open Innovation: The New Imperative for Creating And Profiting from Technology, Harvard Business School Publishing, 2005.

[3]. Christensen C., Michael B. Horn and Curtis W. Johnson, Disrupting Class: How Disruptive Innovation Will Change the Way the World Learns, 2nd Edition, Harvard Business, 2010.

[4]. Colovic A., Lamotte O., Technological Environment and Technology Entrepreneurship: A Cross-Country Analysis, DOI: 10.1111/caim.12133, © 2015 John Wiley & Sons, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/caim.12133/abstract

[5]. Dyer J., Hal Gregersen, and Clayton Christensen, The Innovator's DNA: Mastering the Five Skills of Disruptive Innovators, Harvard Business Review Press, 2011.

[6]. Davidsson, P.,Entrepreneurship Programs and the Modern University. By: Academy of Management Learning & Education. Mar2015, Vol. 14 Issue 1, p139-142. 4p.

[7]. Drucker P., Discipline of Innovation (HBR Classic), Harvard Business School Publishing, Aug 01, 2002, pp.

[8]. Education", OECD Education Working Papers, No. 24, Elgar Publishing Ltd., 312p. EC, Entrepreneurship Education at School in Europe National Strategies, Curricula and Learning Outcomes, Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, ISBN 978-92-9201-252-6, doi:10.2797/80384, 2012, 2012.
http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/135EN.pdf

[9]. Engel J., Charron D.,(2006), Technology Entrepreneurship Education, Theory to Practice, Lester Center, Berkeley 2006.

[10]. Entrepreneurship in American Higher Education, A Report from the Kauffman Panel on Entrepreneurship Curriculum in Higher Education, 2007,
http://www.kauffman.org/uploadedfiles/entrep_high_ed_report.pdf

[11]. Hamel G., C.K. Prahalad, Competing for the Future, Harvard Business Review Press, 2004.

[12]. Harlanua H., Nugrohob A., The Importance of Technopreneurship Management Model for Vocational School, The 3rd UPI International Conference on Technical and Vocational Education and Training (TVET), - Published by Atlantis Press, 2015.

[13]. Harris M., Petko Ruskov, Lidia Galabova, Technology entrepreneurship and innovations in IT education in Bulgaria, ICEIRD 2009, 24-25 April 2009, Thessaloniki, Greece, pp. 167-176, ISBN: 978 -960-89629-9-6.
[14]. Jerome A Katz, The chronology and intellectual trajectory of American entrepreneurship education: 1876–1999, Journal of Business Venturing, Volume 18, Issue 2, March 2003, pp. 283–300, doi:10.1016/S0883-9026(02)00098-8.
[15]. Kagami S., Innovation and University Entrepreneurship: Challenges Facing Japan Today, in Oum, S. P. Intarakumnerd, G. Abonyi and Kagami (eds.), Innovation, Technology Transfers, Finance, and Internationalization of SMEs' Trade Investment , ERIA Research Project Report FY2013, No.14.Jakarta: ERIA, 2015, pp.97 -121.
[16]. Looney, J. W. (2009). Assessment and innovation in education. OECD Education Working Papers, No. 24, OECD Publishing. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1787/222814543073.
[17]. Lourenço F., Oswald Jones and Dilani Jayawarna, Promoting sustainable development: The role of entrepreneurship education, International Small Business Journal, 31(8) pp. 841–865, 2012, DOI: 10.1177/0266242611435825.
[18]. M. H. Morris, D. F. Kuratko, and J. R. Cornwall, Entrepreneurship Programs and the Modern University,. 2013. Edward Elgar Publishing Ltd., 312 pages.
[19]. McGrath R., Ian C. MacMillan, Entrepreneurial Mindset: Strategies for Continuously Creating Opportunity in an Age of Uncertainty, Harvard Business Press, 2000.
[20]. Markkula, Markku; Lappalainen, Pia, New Openings in University-Industry Cooperation: Aalto University as the Forerunner of European University Reform, European Journal of Engineering Education, v34 n3 p251-262 Jun 2009.
[21]. Muhammad H, Agus Nugrohob, The Importance of Technopreneurship Management Model for Vocational School, The 3rd UPI International Conference on Technical and Vocational Education and Training (TVET), - Published by Atlantis Press, 2015.
[22]. Rae D., L. Wang C., Entrepreneurial Learning: New Perspectives in Research, Education and Practice, Routjedge, 2015.
[23]. Ruskov P., Bachvarov A., STRATEGIES FOR COOPERATION BETWEEN BUSINESS AND A MASTER'S DEGREE EDUCATION, Осма международна научно – практическа конференция "Преподаване, учене и качество във висшето образование – 2011", 20 години Международно висше бизнес училище, 17 - 18 юни 2011 г.,Бояна, София.
[24]. Ruskov P., Harris M., Todorova Y., Strategic Model for Master of Science program "Innovation and Technology Entrepreneurship", 3rd Balkan Conference in Informatics (BCI'2007), 27-29 September 2007, Sofia, Bulgaria, ISBN:978-954-9526-41-7, vol.1, pp. 501-512.
[25]. Ruskov P., Todorova Y., Strategic Model and Framework for IT/IS Graduate Education, Second International Conference, Creativity and Innovation in Software Engineering Ravda (Nessebar), Bulgaria, 10 - 12 June 2009.
[26]. Slywotzky A., Profit Patterns: A Strategic Shortcut, Harvard Business School Publishing Corporation, 1999.
[27]. Startup Leadership Program Curriculum http://www.startupleadership.com/curriculum
[28]. UC Berkeley, Courses in Entrepreneurship, http://entrepreneurship.berkeley.edu/students/courses.html
[29]. Valerio A., Brent Parton, Alicia Robb, Entrepreneurship Education and Training Programs around the World: Dimensions for Success, World Bank Publications, 2014
[30]. Wonjoon Kim, The current transition in management of technology education: The case of Korea, Technological Forecasting and Social Change, May 2015, doi:10.1016/j.techfore.2015.03.018
[31]. СУ "СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ", Магистърска програма: Технологично предприемачество и иновации в информационните технологии, http://dse.fmi.uni-sofia.bg/msc-teiit-bg.htm

[32]. Ács Z., Szerb L., E., Autio, Global Entrepreneurship Index 2015, The Global Entrepreneurship and Development Institute, Washington, D.C., USA
[33]. HEInnovate, An initiative of the European Commission's DG Education and Culture, in partnership with the OECD Local Economic and Employment Development Programme (LEED), https://heinnovate.eu/intranet/main/index.php
[34]. How UC Berkeley plans to take on Stanford in big startup game, October 3, 2015, http://upstart.bizjournals.com/companies/startups/2015/10/03/stanford-uc-berkeley-startup-entrepreneur-business.html?page=all

За контакти:
доц. д-р Петко Русков
катедра „Софтуерни технологии”
Софийски университет, ФМИ
E-mail: petkor@fmi.uni-sofia.bg

Bulgaria Communications Chapter

СЕКЦИЯ 1
КОМПЮТЪРНИ СИСТЕМИ И МРЕЖИ

Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015 г.
Варна, България

Third Scientific International Conference
Computer Sciences and Engineering
25-26 September, 2015
Varna, Bulgaria

SECTION 1
COMPUTER SYSTEMS AND NETWORKS

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВОГО ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕГО КОЭФФИЦИЕНТОВ

Ирина Д. Яковлева, Дмитрий П. Яковлев

Резюме: Рассмотрена структурная схема многоканальной системы сбора тензометрической информации с включенным цифровым полосовым фильтром. Проведены теоретические исследования и моделирование фильтра при изменении его коэффициентов. Показана возможность линейной перестройки центральной частоты изменением только одного коэффициента знаменателя передаточной функции фильтра.
Ключевые слова: цифровой фильтр, многоканальная система, тензометрическая информация,.

The Research of Digital Band pass Filter Features by Changing it's Coefficients

Irina D. Yakovleva, Dmitriy P. Yakovlev

Summary: A structural scheme of a multichannel tensometric data acquisition system with included digital band pass filter has been examined. Theoretical research and filter modeling with changing it's coefficients have been conducted. An ability of central frequency linear reconfiguration change with only one transfer function nominator coefficient has been shown.
Keywords: digital filter, multi-channel system, strain gauge data

Введение

Многоканальная система с частотным разделением каналов, как правило, состоит из датчиков, модуляторов и сумматора на передающей стороне, а также канальных фильтров, устройств обработки и отображения (в каждом канале) на приемной стороне [1]. Частотно-модулированный сигнал не искажается при прохождении через среду с неустойчивым сопротивлением, (например, токосъемник); его легко преобразовать в цифровой код для дальнейшей обработки цифровыми методами.

Использование цифровых полосовых фильтров, в качестве канальных фильтров, сопровождается аппаратными затратами либо увеличением объема памяти при программной реализации систем сбора информации. Для сокращения перечисленных недостатков целесообразно заменить множество цифровых полосовых фильтров (ЦПФ) на перестраиваемый ЦПФ (ПЦПФ) (рис.1).

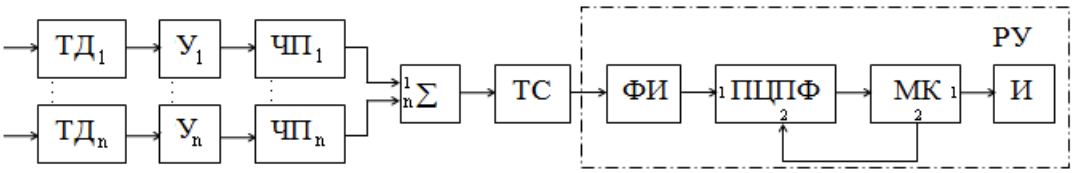


Рисунок 1. Структурная схема многоканальной системы сбора тензометрической информации

Тензодатчики (ТД) наклеиваются на места вращающейся детали (например, зубья шестеренки), на которых необходимо измерить касательное напряжение.

Электрические напряжения с выходов тензодатчиков ТД1...ТДn усиливаются в усилителях У1...Уn и преобразуются в частотных преобразователях ЧП1…ЧПn (модуляторах) в частотно- модулированные сигналы, частоты которых пропорциональны

измеряемым касательным напряжениям. Суммированный, после выхода из сумматора $\sum$, сигнал передается через индуктивный токосъемник (ТС) на регистрирующее устройство (РУ), которое находится на неподвижном основании.

РУ состоит из последовательно соединенных формирователя импульсов (ФИ), ПЦПФ, управляемого микроконтроллером (МК), и индикатора (И), при этом второй выход МК подключен ко второму входу ПЦПФ.

При прохождении через ТС суммированный сигнал изменяется по амплитуде и форме, и задача ФИ восстановить его. Частота сигнала, которая несет информацию о состоянии $ТД_1 \ldots ТД_n$, при этом, остается неизменной.

После ФИ сигнал обрабатывается ПЦПФ, и данные о касательных напряжениях с помощью МК выводятся на И.

Данная работа посвящена исследованию и моделированию полосового фильтра при изменении коэффициентов его передаточной функции.

Теоретические исследования цифрового полосового фильтра

Вопросам перестройки цифровых полосовых фильтров (ЦПФ) уделяется недостаточное внимание [1-2].

Поэтому проведенно исследование характеристик и параметров ЦПФ 2-го порядка при перестройке коэффициентов его передаточной функции.

Передаточная функция рекурсивного ЦПФ [2]:

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}, \tag{1}$$

где коэффициенты $a_1 = 0$ и $a_0 = a_2$ и $b_0 = 1$, как правило, и выражение (1) принимает вид:

$$H(z) = \frac{a_0(1 + z^{-2})}{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}. \tag{2}$$

Для анализа характеристик фильтра были определены амплитудно- и фазо-частотные характеристики (АЧХ, ФЧХ) фильтра.

На основе преобразования Эйлера путем замены z на $e^{j\varpi}$ и определен комплексный коэффициент передачи

$$H(e^{j\varpi}) = \frac{a_0(1 + e^{-j2\varpi})}{1 + b_1 e^{-j\varpi} + b_2 e^{-j2\varpi}}. \tag{3}$$

После разложения экспонент в выражении (3)

$$H(e^{j\varpi}) = \frac{[a_0(1 + \cos(2\varpi)] - j[a_0 \sin(2\varpi)]}{[1 + b_1\cos(\varpi) + b_2\cos(2\varpi)] - j[b_1\sin(\varpi) + b_2\sin(2\varpi)]}. \tag{4}$$

Выделением вещественных и мнимых частей получены АЧХ и ФЧХ, соответственно,

$$A(\varpi) = \sqrt{\frac{[a_0 + a_0\cos(2\varpi)]^2 + [a_0\sin(2\varpi)]^2}{[1 + b_1\cos(\varpi) + b_2\cos(2\varpi)]^2 + [b_1\sin(\varpi) + b_2\sin(2\varpi)]^2}}, \tag{5}$$

$$\varphi(\varpi) = \operatorname{arctg}\frac{b_1\sin(\varpi) + b_2\sin(2\varpi)}{1 + b_1\cos(\varpi) + b_2\cos(2\varpi)} - \varpi. \tag{6}$$

При $\varpi = 0$ и $\varpi = П$ граничные значения $H(z)$

$$H(1)=\frac{2a_0}{1+b_1+b_2};\ H(-1)=\frac{2a_0}{1-b_1+b_2}. \quad (7)$$

Для перестройки центральной частоты F_z ЦПФ необходимо выяснить, как на АЧХ влияют изменения его коэффициентов.

Моделирование перестраиваемого цифрового полосового фильтра

Моделирование проводилось в программном пакете Matlab.

В качестве примера рассмотрен рекурсивный ЦПФ 2-го порядка с частотой дискретизации F_s = 1000 Гц, центральной частотой F_z = 250 Гц, полосой пропускания ΔF = = F_{c2} - F_{c1} = 100 Гц, где F_{c2} и F_{c1} – граничные частоты, и коэффициентами $a_0 = a_2$ = 0,2452; a_1 = 0; b_0 = 1; b_1 = 0; b_2 = 0.5092.

Рассчитаны величины параметров ЦПФ при изменении в выражении (2) коэффициента a_0 с шагом ±0,05; коэффициенты b_1 и b_2 остаются неизменными (табл.1). Fc_1 и Fc_2 – частоты АЧХ, определенные на уровне 0,707 амплитуды *H(z).*

Таблица 1. Параметры ЦПФ при изменении коэффициента числителя a_0

a_0	F_{c1}, Гц	F_{c2}, Гц	$\Delta F = F_{c2} - F_{c1}$, Гц	F_z, Гц	$Q=F_z/\Delta F$	$H(z)$, db
0,1952	190,43	309,57	119,14	250	2,10	0,796
0,2452	200,00	300,00	100,00	250	2,50	1
0,2952	207,03	292,97	85,94	250	2,91	1,203
0,3452	210,94	289,06	78,13	250	3,2	1,408

После расчетов были определены зависимости центральной частоты F_z и полосы пропускания ΔF от коэффициента a_0 (рис.2).

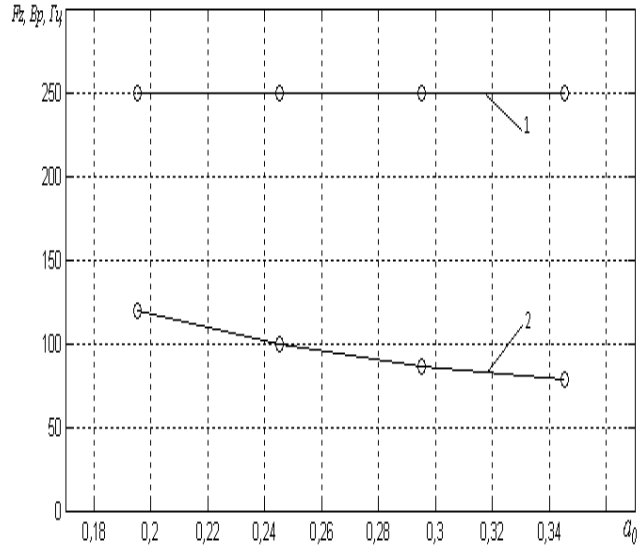


Рисунок 2. Зависимости центральной частоты F_z(1) и полосы пропускания ΔF(2) от коэффициента a_0

Изменение коэффициента числителя a_0 передаточной функции *H(z)* (2) приводит к изменению амплитуды *H(z)* при сохранении значения центральной частоты F_z. Полоса пропускания ΔF, как следует из рис.2, уменьшается от 120 до 78 Гц.

Рассчитаны величины параметров ЦПФ при изменении в выражении *H(z)* (2) коэффициента b_1 с шагом ±0,5; коэффициенты b_2 и a_0 остаются неизменными (табл.2).

Таблица 2. Параметры ЦПФ при изменении коэффициента знаменателя b_1

b_1	F_{c1}, Гц	F_{c2}, Гц	$\Delta F=Fc_2- Fc_1$, Гц	F_z, Гц	$Q=F_z/\Delta F$	$H(z)$, db
- 1,0	91,80	191,40	99,61	134,76	1,35	1,0
- 0,5	149,41	248,05	98,63	196,29	1,99	1,0
0,0	200,00	300,00	100,00	250	2,50	1,0
0,5	251,95	350,59	98,64	303,71	3,07	1,0
1,0	308,59	408,20	99,61	365,23	3,67	1,0

После расчетов были определены графики зависимости центральной частоты F_z и полосы пропускания от коэффициента b_1 (рис.3.).

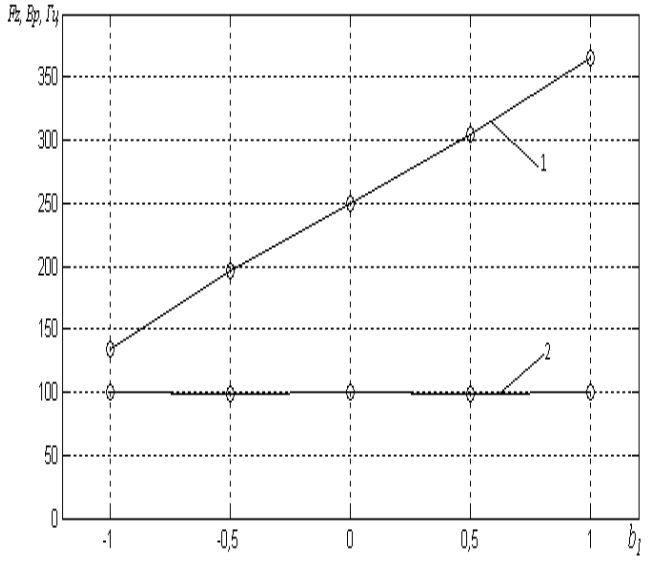


Рисунок 3. Зависимости центральной частоты F_z(1) и полосы пропускания ΔF(2) от коэффициента b_1

При неизменной амплитуде фунции *H(z) (2)* центральная частота *Fz* линейно зависит от коэффициента b_1. Полоса пропускания ΔF, при этом, изменяется незначительно – от 98,63 до 100 Гц.

Рассчитаны величины параметров ЦПФ при изменении в выражении (2) коэффициента b_2 с шагом ±0,1, коэффициенты b_1 и a_0 остаются неизменными (табл.3).

После расчетов были определены зависимости центральной частоты и полосы пропускания ΔF от коэффициента b_2 (рис.4).

Изменение коэффициента b_2 знаменателя функции H(z) (2) приводит к существенному изменению полосы пропускания ΔF (от 200 до 35 Гц) и амплитуды *H(z)* (от 0,48 до 1,7), при неизменной центральной частоте *Fz* (табл.3).

Таблица 3. Параметры ЦПФ при изменении коэффициента знаменателя b_2

b_2	F_{c1}, Гц	F_{c2}, Гц	$\Delta F=F_{c2}- F_{c1}$, Гц	F_z, Гц	$Q=F_n/\Delta F$	$H(z)$, db
0,3095	150,39	349,61	199,22	250	1,25	0,48
0,4095	177,73	322,26	144,53	250	1,73	0.54
0,5095	200,00	300,00	100,00	250	2,50	1,0
0,6095	218,75	281,25	62,5	250	4	1,26
0,7095	232,42	267,58	35,16	250	7,11	1,69

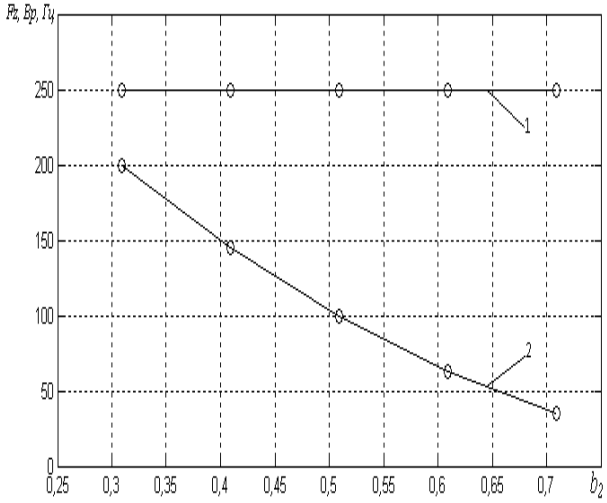


Рисунок 4. Зависимости центральной частоты $F_z(1)$ и полосы пропускания $\Delta F(2)$ от коэффициента b_2

Проверка ЦПФ на устойчивость показала, что в процессе изменений коэффициентов a_0, b_1 и b_2 оба корня $H(1)$, $H(-1)$ находятся внутри единичной окружности, т.е. фильтр устойчив [1].

Заключение

Полученные результаты показали, что возможно раздельное управление амплитудой, центральной частотой Fz и полосой пропускания ΔF ЦПФ, а также возможна линейная перестройка центральной частоты Fz изменением только одного коэффициента b_1 знаменателя передаточной функции фильтра при неизменной амплитуде Hz и сохранении полосы пропускания ΔF.

Литература

[1]. Гуров, И.П. Основы теории информации и передачи сигналов. /И.П. Гуров — СПб.: BHV. Санкт-Петербург, 2000. — 97 с.
[2]. Айфитчер Эммануил С., Джервис Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход /С. Эммануил Айфитчер, У. Джервис Барри 2-е издание.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 992 с.

For contacts:
Irina Dmitrievna Yakovleva
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: iyak2003@icn.od.ua

Candidate of Science (Eng.), Dmitriy Pavlovich Yakovlev
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: dpyakovlev39@gmail.com

ДИНАМИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ДАТЧИКОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ "УМНЫЙ ДОМ"

Тихон В. Ситников, Анатолий М. Теплечук, Валерий С. Ситников

Резюме: Рассмотрено использование динамической составляющей датчиков в специализированной компьютерной системе «умный дом», а так же ее расширение. Показано назначение и возможности таких датчиков. Предложена модель их применения в охранных, пожарных и в аварийных системах.
Ключевые слова: специализированная компьютерная система «умный дом», статические датчики, динамические датчики, средства доставки, охранные системы, пожарные системы аварийные системы.

Sensors and their Dynamic Characteristics in Specialized Smart-House Computer System

Tykhon V. Sytnikov, Anatoliy M. Tepletchuk, Valeriy S. Sytnikov

Abstract: The article reviews sensors' dynamic characteristics and their expansions used for smart-house application specialized computer systems. Described application and characteristics of such sensors. Proposed application model for security-, fire- and alarm- smart systems.
Keywords: "smart house", specialized computer system, static sensors, dynamic sensors, security systems, fire systems, alarm systems.

1. Введение

В настоящее время современный дом невозможно представить без различных устройств, которые упрощают быт и делают проживание в нем комфортным, экономичным и безопасным. Наиболее прогрессивной концепцией взаимодействия человека (пользователя) с жилым пространством является специализированная компьютерная система «Умный дом». Эта специализированная система включает в себя измерения, анализ состояния и управления несколькими или всеми бытовыми устройствами централизованно, а также сбора информации о состоянии дома, с помощью системы датчиков [1].

В данной специализированной компьютерной системе обеспечивается ряд важных функций для жилого помещения, которые необходимы для нормального проживания. Примерами этих функций служат: микроклимат, освещение, безопасность, своевременное реагирование на аварийные ситуации и т.д. Также решается вопрос согласованной работы различных по своему назначению устройств. Например, кондиционер не будет работать при включенном обогреватели, или во время проветривания комнаты. Это обеспечивает экономию ресурсов и освобождает человека от необходимости следить за всеми механизмами самостоятельно. Отпадает необходимость в нескольких пультах управления ими. Им на замену приходит универсальный пульт управления [2]. Жилец будет ознакомлен с состоянием в доме или с возникновением аварийной ситуации, даже если физически будет находиться далеко от него. Система сама оповестит его и специализированные службы о непредвиденной ситуации.

2. Описание назначения и принципа функционирования динамической составляющей датчиков

Следует отметить, что построение подобных систем основано на использовании статической сети датчиков расположенных в разных местах дома и измеряющие или фиксирующие различные физические величины.

Однако, кроме констатации факта, например, срабатывания охранной системы или срабатывания датчиков воспламенения или затопления интересно доуточнить уровень ущерба и показать состояние объекта аварии. Для таких целей предлагается ввести понятие динамических датчиков, которые могли бы появляться в местах срабатывания статистических.

Например, при срабатывании датчика разбития стекла или проникновения в помещения целесообразно динамически разместить дополнительный датчик, видиокамеру, для передачи изображения владельцу. Разместить стационарно видиокамеру в каждом помещении дорого, да и не всегда необходимо. Та же ситуация возможно и при прорыве трубопровода и при возникновении пожара.

Динамическое размещение дополнительных датчиков возможно за счет роботехнических платформ – квадрокоптеров различного вида или роботизированных тележек, которые на своем борту имеют дополнительные датчики[3]. Такой вариант размещение различных датчиков позволяет оперативно их перемещать по площади дома и производить дополнительные измерения или снимать дополнительную информацию, а в перспективе и отдавать команды исполнительным механизмам.

На сегодняшний день известны интеллектуальные датчики и “облако датчиков”. Расширяя идею динамической составляющей датчиков специализированной компьютерной системы на другие объекты, можно привести следующие варианты их использования. Основное назначение динамической составляющей датчиков специализированной компьютерной системы − получение дополнительной информации об интересующем объекте или явлении, измерения различных физических данных.

Примером объекта, где необходимы динамические датчики может служить сооружение, которое занимает большую территорию, которое необходимо тщательно охранять. Обычно для таких целей используется большой штат охраны, который довольно дорого содержать.

Структура объекта предусматривает статические датчики, которые расположены по периметру и внутри некоторых зон охраны для сигнализации о проникновении и сигнализации о пожаре. Статические датчики это первичный контур сигнализации.

Вторичный контур сигнализации может представлять из себя мультикоптер или набор динамических датчиков, которые выстреливаются в случае принятия сигнала. В случае мультикоптера, он может вылететь в нужный квадрат, передать изображение на командный пункт и в случае необходимости сбросить набор динамических датчиков, определить направление распространения пожара или другой аварийной ситуации.

Динамический датчик в этом случае может представлять собой краткосрочный элемент питания, например, датчик температуры или движения, систему определения координат и микропроцессорную систему обработки и передачи информации по радиоканалу на сервер в зоне видимости, обычно не более 1-3 км. Спектр применения датчиков подобного типа очень широк. Ограничение − лишь стоимость и невозможность сбора информации при каких-либо условиях. Однако сегодняшние интегральные технологии позволяют упростить и удешевить эту проблему.

Применение динамических датчиков при тушении лесных пожаров оцень своевременно. Если динамические датчики разбросать на некоторой территории, то можно собирать данные о температуре и влажности на контролируемой территории [4]. С помощью

мультикоптера или другого летательного аппарата можно принимать информацию от набора датчиков, а при возникновении пожара еще и направление, и скорость, области активности пожара или наводнения.

Для охраны военных объектов могут использоваться датчики движения или комплекс датчиков, которые с большой скоростью смогут дать информацию о характере проникновения и примерной численности и характере противника по датчикам движения и датчикам звука. Анализируя спектр сигнала можно достаточно точно сказать о характере проникающей техники.

Ключевым недостатком такой системы является стоимость динамических датчиков. Обычно это одноразовые элементы, которые имеют ограниченный срок службы и их цена зависит от количества изготавливаемой в партии. Однако существуют области, в которых стоимость датчиков может быть оправдана.

Таким образом, предлагается новое видение конфигурации специализированной компьютерной системы при наличии динамической составляющей ее датчиком, которые могут перемещаться по контролируемой территории для получения дополнительной информации, которая позволяет в реальном масштабе времени более адекватно и оперативно принять решение по ликвидации последствий непредвиденных обстоятельств. При этом доставка таких датчиков может быть осуществлена различным способом. Такая классификация датчиков позволяет на этапе проектировании строить заведомо оптимизированные и информативные системы, работающие в реальном масштабе времени.

Литература

[1] S. Figaro, F. Leperou, M. Andreoni, B. Cauvy. Microsensors - http://bde.polytechnice.fr/jahia/webdav/site/bde/shared/Utile/Cours/ELEC/ELEC4/projet_electronique_microsensors_2008.pdf

[2] IEEE Approves New IEEE 802.1aq Shortest Path Bridging Standard - http://www.techpowerup.com/165594/ieee-approves-new-ieee-802-1aq-shortest-path-bridging-standard.html

[3] For the future hydrogen economy, a tiny, self-powered sensor - http://news.ufl.edu/archive/2006/05/for-the-future-hydrogen-economy-a-tiny-self-powered-sensor.html

[4] Overview of sensors and needs for environmental monitoring - http://www.mdpi.net/sensors/papers/s5010004.pdf

For contacts:
Bachelor, Tykhon, Sytnikov
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: tykhon.sytnikov@yandex.ru

Lecturer, Anatoliy Tepletchuk
Institute of Mechanical Engineering,
Department of Road Transport
Odessa National Polytechnic University

Doctor of Science (Eng.), prof., Valeriy, Sytnikov
Head of Computer System Department
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: sitnvs@mail.ru

АНАЛИЗ УПРАВЛЯЕМОСТИ ЧАСТОТНО-ЗАВИСИМОЙ КОМПОНЕНТЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Анна Ухина, Александр Черкасов, Валерий Ситников

Резюме: Рассмотрено влияние коэффициентов передаточной функции компоненты на управление свойства амплитудно-частотной характеристики, которые следует учитывать при проектировании перестраиваемых компонент. На примере полосового цифрового фильтра второго порядка найдены зависимости коэффициентов числителя и знаменателя передаточной функции от центральной частоты и полосы пропускания. Показано применение полученных соотношений для реализации узла первичной обработки на микропроцессорной технике
Ключевые слова: АСУ ТП нижнего уровня, первичная обработка сигналов, управление амплитудно-частотной характеристикой, коэффициенты передаточной функции, реализация управления.

Analysis of Control Frequency-Dependent Second-Order Components

Hanna Ukhina, Oleksandr Cherkasov, Valeriy Sytnikov

Abstract: The transfer function coefficients' influence of the components on the properties' management of the amplitude-frequency characteristics that should be considered in the design of tunable components. On the example of a digital second-order band-pass filter has been found dependences of the numerator and transfer's denominator function of the center frequency and bandwidth. The usage of these relations for the realization of the primary processing unit was shown on microprocessor technology.
Keywords: APCS lower level, the primary signal processing, control frequency response, the coefficients of the transfer function, the implementation of controls.

1. Введение

Программно-технический комплекс автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП), как вариант специализированной компьютерной системы, обеспечивает на нижнем уровне сбор и первичную обработку информации от средств измерения и набора датчиков. Довольно часто при проектировании элементов АСУ ТП возникает задача коррекции и перестройки параметров частотно-зависимых компонент, входящих в их состав. Подобные системы представляют собой совокупность аппаратных и программных средств со сложной архитектурой и многообразием связей. Такая специализированная компьютерная (микропроцессорная) система выполняет большое количество задач, одной из которых является задача управления и коррекции характеристик системы в зависимости от условий ее эксплуатации и изменений, происходящих в окружающей среде, технологическом процессе и самой системе [1].

Для проектирования таких компонент требуется решить задачу анализа влияния коэффициентов передаточной функции компоненты тракта сбора и обработки на свойства амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Следует отметить, что управление свойствами АЧХ возможно как раздельное, так и комплексное [2, 3]. Подобная задача характерна для адаптивных и перестраиваемых устройств, в том числе и фильтров, которые имеют одинаковое математическое описание [4, 5].

2. Описание тракта обработки

В качестве компонент тракта предварительной обработки и фильтрации рассмотрим широко используемые типовые цифровые фильтры. Известно, что компоненты высокого порядка для простоты настройки и управления строят на основе компонент первого и второго порядком. Поэтому, анализ влияния коэффициентов передаточной функции цифрового фильтра на свойства его характеристик проведен по передаточной функции второго порядка общего вида

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}.$$

где a_0, a_1, a_2 – действительные коэффициенты числителя; b_1, b_2 – действительные коэффициенты знаменателя.

При первичной обработке сигналов датчиков большой интерес представляют полосовые частотно-зависимые компоненты (ПЧЗК), имеющие перестраиваемую относительную центральную частоту $\overline{w_0}$ и полосу пропускания $\Delta\overline{w}$, где $\omega_0 = {2\pi f_0}/{f_d}$, f_d – частота дискретизации.

Анализ ПЧЗК такого обобщенного вида показал, что коэффициенты числителя имеют следующие соотношения

$$a_0 > 0, a_1 = 0, a_2 < 0, a_0 = -a_2.$$

Исследования показали, что при перестройке коэффициенты знаменателя b_1 и числителя a_0 зависят от коэффициента знаменателя b_2. Частотный анализ таких компонент позволил получить соотношения, которые дают возможность управления характеристиками ПЧЗК

$$\begin{cases} b_2 = \dfrac{1 - \sin(2\Delta\overline{w})}{\cos(2\Delta\overline{w})} \\ b_1 = -\dfrac{\cos(\overline{w}_0)}{\cos(\Delta\overline{w})}(1 + b_2) \\ a_0 = \dfrac{1 - b_2}{2} \end{cases}$$

Из полученных соотношений следует отметить, что коэффициенты b_2 и a_0 зависят от полосы пропускания ПЧЗК $\Delta\overline{w}$ и не зависит от центральной частоты $\overline{w_0}$, т.е. при изменении центральной частоты и постоянстве полосы пропускания эти коэффициенты остаются неизменными. С другой стороны коэффициент b_1 зависит от центральной частоты $\overline{w_0}$. Следовательно, для управления ценральной частотой ПЧЗК достаточно вычислить новое значение коэффициента b_1, при этом полоса пропускания остаеться неизменной. При измемении полосы пропускания необходимо пересчитать как коэффициенты b_2 и a_0 , так и коэффициент b_1, что очень удобно при реализации данного узла обработки на микропроцессорной технике.

Для этого достатточно заранее пересчитать возможные изменения центральной частоты и полосы пропускания (диапазин и шаг изменения), рассчитать возможные коэффициенты и записать их в память. При возможном измемении центральная частота и полоса пропускания могут выступать идентификаторами яцейки памяти, где храняться соответствующие коэффициенты для быстой перестройки ПЧЗК.

Литература

[1]. Биленко А.А., Ситников В.С. Анализ построения вычислений на основе реконфигурируемых компьютерных систем // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. — Харків, 2010. — №7(48). — С. 212-214.
[2]. Справочник по расчету и проектированию ARC-схем / Букашкин,С.А., В.П.Власов, Б.Ф.Змий и др. / под ред. А.А. Ланнэ,М. — Радио и связь, 1984. — 368 с.
[3]. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. — СПб.: Питер, 2006. — 751 с.
[4]. Малахов В.П. Адаптивная перестройка цифрового фильтра в системе автоматического управления / В.П. Малахов, В.С. Ситников, И.Д.Яковлева // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы (ААЭКС). — Херсон, 2008. — № 1(21). — 158-161 с.
[5]. Брус А.А. Диапазон регулирования частотно-зависимых компонентов компьютерной системы автомобиля / А.А. Брус, В.П.Малахов, В.С.Ситников // Електромашинобудування та електрообладнання. — 2009. — Вип. 72. — 139-142 с.

For contacts:
Bachelor, Hanna, Ukhina
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: anyuta.uhina@inbox.ru

Bachelor, Oleksandr, Cherkasov
Engineering Faculty,
Department of Exploitation of Ships Propulsion System
Odessa National Maritime Academy
E-mail: oleksandr_cherkasov@mail.ua

Doctor of Science (Eng.), prof., Valeriy, Sytnikov
Head of Computer System Department
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: sitnvs@mail.ru

АРБИТРАЖ НА ПАКЕТИ В МАРШРУТИЗАТОР ЗА MPP КОМПЮТРИ С DLH МРЕЖОВА ТОПОЛОГИЯ

Милен Г. Ангелов

Резюме: Проектирането на функционални блокове за разпределение и арбитраж в маршрутизаторите, които са основни възли в комуникационните мрежи, използвани при паралелните мултипроцесорни системи, е от съществено значение за постигането на висока производителност и ниска латентност при комуникацията между процесорите. В настоящия доклад са изложени основни принципи за реализирането на тези функции. Предложена е структура на бърз разпределител, предназначен за проектиране на маршрутизатори с минимална адаптивна маршрутизация и Cut-Through управление на потока, използвани за MPP системи, свързани чрез DLH комуникационна мрежа. Тази архитектура може да се използва за намаляване на латентността и увеличаване на пропускателната способност на маршрутизаторите.
Ключови думи: Разпределител, Арбитър, Flow Control Digit (флит)

Router Packet Arbitration in MPP Computers with DLH Network Topologies

Milen G. Angelov

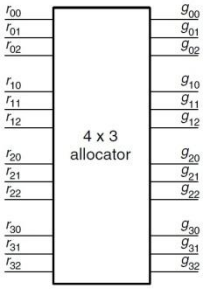
Abstract: The design of functional blocks for allocation and arbitrage in routers which are basic nodes in communication networks used in parallel multiprocessor systems is very important for achieving high throughput and low latency in communication amongs the processors. In the current paper the basic principals to achieve those goals are laid out. It ofers a structure of fast allocator to be used to build a router with minimal adaptive routing and Cut-Through flow control used in MPP systems in DLH communication network. This architecture could be used to reduce the latency and increase the throughput of the routers.
Keywords: Allocator, Arbiter, Flow Control Digit (flit)

1. Увод

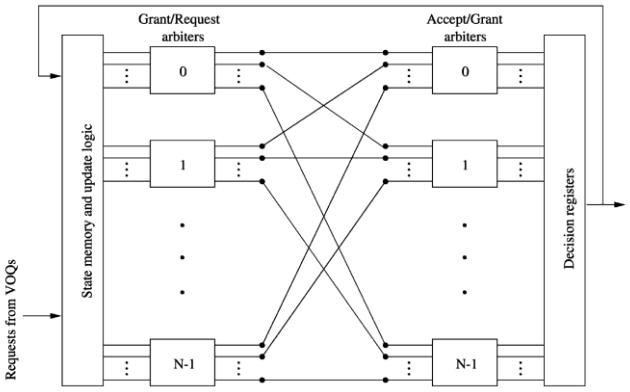
Докато данновите пътища в маршрутизаторите са съставени от буфери и комутатори, управляващите пътища в маршрутизаторите до голяма степен се състоят от разпределители и арбитри. Разпределителите определят виртуални канали за пакетите и разпределят циклите за комутация на флитовете или на пакетите. В един маршрутизатор разпределителят реализира съвпадение между група от ресурси и група от източници на заявки, всеки от които може да поиска един или повече от ресурсите. Един $n \times m$ разпределител е функционален блок, който приема n m-битови вектори като входни и генерира n m-битови вектори като изходни, както е показано на фигура 1(а) за разпределител с $n=4$ и $m=3$. Когато заявката от вход r_{ij} се активира, източникът на заявка i иска достъп до ресурса j. Всеки източник на заявка може да поиска всяко подмножество от ресурсите в едно и също време.

В общия случай, изчисляването на едно максимално съвпадение изисква алгоритъм с връщане назад - ***Grant*** предоставянията могат да се добавят временно, а по-късно да се отстраняват по време на работата на алгоритъма. За съжаление, един разпределител на комутатор или разпределител на виртуални канали не може да си позволи сложността на точно такова решение и необходимостта от връщане назад прави тези алгоритми трудни за конвейеризация. Тъй като обикновено за изпълнение на едно разпределение на разположение има само един цикъл или възможно най-малък брой цикли за един времеви интервал, съвпаденията с максимален размер реално са цел за висикоскоростните приложения. На практика при апаратна реализация на разпределители често се въвеждат прости евристики,

които дават приблизителни, но бързи решения. Чувствителните към латентност приложения обикновено използват бързи евристики, които намират добро съвпадение, но такова, което не може да бъде гарантирано като максимално или в някои случаи е немаксимално. Тази липса на оптималност може да се компенсира чрез осигуряване на допълнително ускорение при разпределението на ресурсите, чрез извършване на многократни итерации или и чрез двата начина.



Фиг. 1 (а)

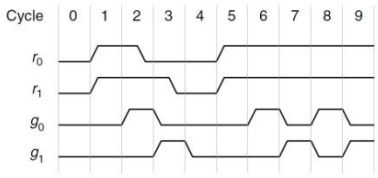


Фиг. 1 (б)

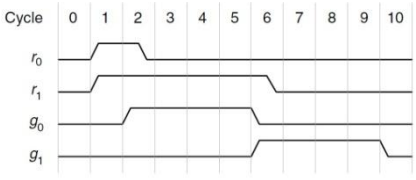
PIM (Parallel Iterative Matching), **iSLIP** (Iterative Round Robin Matching with SLIP), **DRRM** (Dual Round Robin Matching), **FIRM** (Fcfs (Fairness) In Round robin Matching), **SRR** (Static Round Robin) и **PPA** (Ping Pong Arbiter) са примери за едни от най-практичните алгоритми за разпределение [5]. Всички те са итеративни и се доближават до максималното съвпадение чрез намиране на максимален брой входно/изходни двойки. Повечето от тези алгоритми се състоят от множество итерации, всяка от които се състои от три или две стъпки: Request-Grant-Accept (**RGA**) или Request-Grant (**RG**). Основната им цел е да се гарантира справедливост при обслужване на входните заявки. Те могат да се имплементират апаратно в архитектурата на разпределителя, показана на фигура 1(б), където всеки входен/изходен порт се асоциира с един арбитър и всеки арбитър е отговорен за избора на една от N входни заявки. Изходните арбитри работят паралелно, за да изберат техните съвпадащи входни портове и респективно арбитрите на входните портове работят паралелно, за да изберат техните съвпадащи изходни портове. Новите входно/изходни двойки се добавят към множеството такива от предишните итерации. Процесът продължава, докато не могат да бъдат намерени повече съвпадения или се достигне определения брой итерации.

Арбитрите определят избора на една от множеството заявки за един ресурс. Те са основният градивен блок за разпределителите, които съпоставят множеството заявки с множеството ресурси. Проектирането на бърз и справедлив арбитър е от решаващо значение. Нека $\boldsymbol{T_s}$ е времето за един времеви интервал, $\boldsymbol{T_a}$ е времето за един цикъл на арбитраж, а $\boldsymbol{I}$ е броят на итерациите за един времеви интервал. Тогава за правилната работа на разпределителя е необходимо да бъде изпълнено: $\boldsymbol{2T_aI \leq T_s}$. Ако $\boldsymbol{I}$ е фиксирано, по-малкото $\boldsymbol{T_a}$ води до по-малко $\boldsymbol{T_s}$. Ако $\boldsymbol{T_s}$ е фиксирано, по-малкото $\boldsymbol{T_a}$ води до повече итерации за един времеви интервал, което респективно води до намирането на повече съвпадения.

Продължителността на сигнала за предоставяне на ресурс зависи от приложението. В някои приложения на източника на заявката може да му се наложи непрекъснат достъп до ресурса за определен брой времеви цикли. В други приложения може да се прави арбитраж за всеки цикъл. За задоволяване на различните приложения се реализират арбитри, които предоставят потвърждение за един цикъл, както е показано на фигура 2 (а), за фиксиран брой цикли - на фигура 2 (б) циклите са 4, или докато ресурсът се освободи.



Фиг. 2 (а)

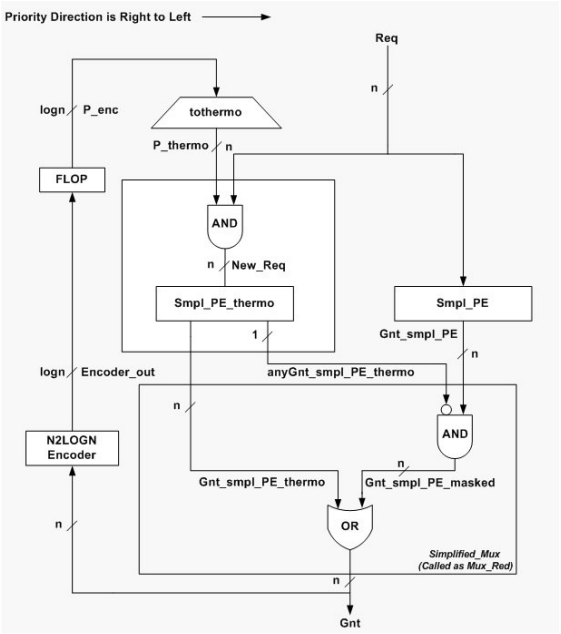


Фиг. 2 (б)

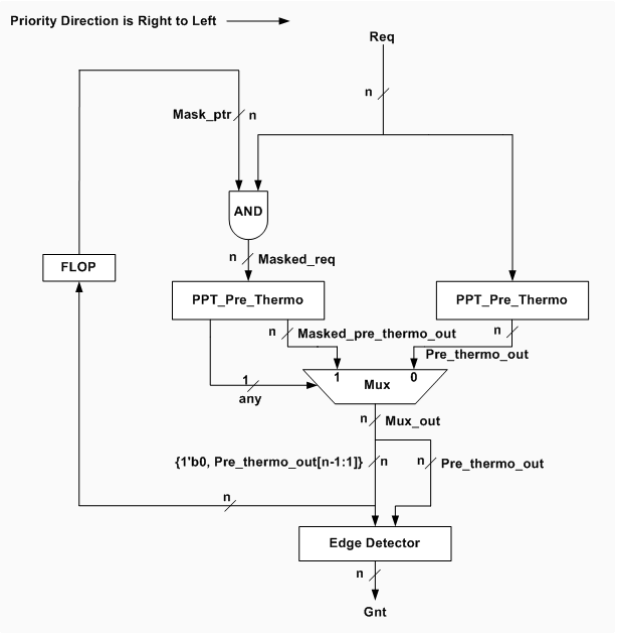
Важен въпрос при проектирането на един арбитър е как да се гарантира справедливото обслужване на всички заявки. Най-често използваната схема за гарантиране на справедливост е Round Robin. При тази схема всички входни портове са разположени в затворен кръг. На входния порт, който следва входния порт, чието обслужване е започнало в текущия времеви интервал, се присвоява най-високия приоритет за следващия времеви интервал. На входния порт, чието обслужване е започнало в текущия времеви интервал, се присвоява най-нисък приоритет през следващия времеви интервал. Приоритетите на другите входни портове се определят спрямо техните позиции в кръга, като се започва от входния порт, чието облужване е започнало. Трябва да се подчертае, че справедливостта при арбитража оказва пряко влияние върху справедливостта на разпределителя [10]. Един справедлив разпределител не винаги може да достигне съвпадение с максимален размер, но това подобрява качеството на обслужване от гледна точка на по-малкото средно забавяне за входните портове.

Известни са много алгоритми за реализация на кръгови арбитри. В [4] Gupta и McKeown разглеждат добре известни RRA. Те представят проект на кръгов арбитър с **PPE** (Programmable Priority Encoder) със закъснение ***O(logN)***, който е показан на фигура 3(а). Той използва един ($logN \; x \; N$) термометър енкодер, два N - разрядни приоритетни декодера, работещи паралелно, един ($N \rightarrow logN$) енкодер, регистър-памет и логика. Съществуват различни модификации на тази архитектура. В [6] Savin, McSmythurs и Czilli използват техниката Binary Tree Search (**BTS**), за да се сведе до минимум използваната площ и максимално да се увеличи скоростта. Предложената от тях архитектура има ***(logN + 4)*** логически нива и **n**-битов регистър. Други модификации на RRA с PPE архитектура са предложени от Gao, Zhang и Long в [7].

На фигура 3(б) е показан **RRA** с **PPE** архитектура, чрез която се постига максимална скорост. Тя е предназначена за конвейерни маршрутизатори с виртуални канали без конфликти (без предварително мултиплексиране на FIFO буферите към Crossbar комутатора), при които разпределението на входове към изходи отнема един цикъл и се извършва от арбитри, разположени при изходните канали. Следователно указателят на входа на един такъв **RRA** трябва да бъде валиден и фиксиран преди стартирането на следващата итерация. Арбитърът трябва да успява да реализира Grant и Update операциите за един такт. Архитектурата от фигура 3(б) използва два **PPT_Pre_Thermo** блока, които работят паралелно с цел по-малко забавяне в критичния път. Тя е много подобна на тази от фигура 3(а), но тук блокът **PPT_Pre_Thermo** изпълнява предварително термометър кодирането и приоритетните кодиращи операции, което отстранява негативните последици от последователното изпълнение на операциите от **tothermo, Smpl_PE**, и **N2LOGN** енкодер блоковете в архитектурата от фигура 3(а). Мултиплексорът може да бъде заменен с т. нар. опростен мултиплексор, който се използва в архитектурата от фигура 3(а), което ще увеличи допълнително бързодействието на схемата. Общият брой на логическите нива за тази архитектура при **N** - размерен вектор на входните заявки е ***(4 + logN)*** и се формира от: **AND** блок за маскиране на входните заявки - 1 ниво; **PPT_Pre_Thermo** блок - $\mathbf{log_2N}$ нива; **Mux** - 2 нива; **Edge Detector**- 1 ниво.



Фиг. 3 (а)



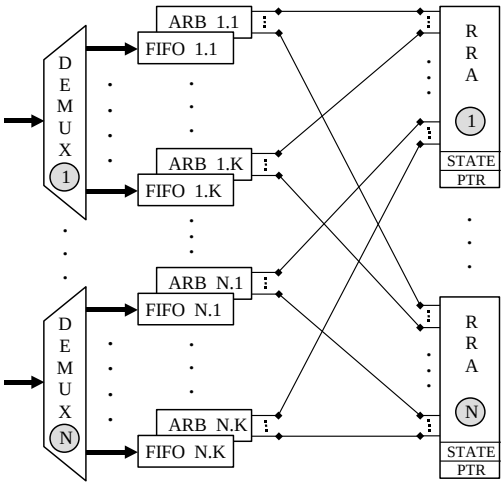
Фиг. 3 (б)

В [8] Chao, Lam и Guo предлагат **PPA** (Ping Pong Arbiter) архитектурата. Тя има структура на двоично дърво с ***O(logN)*** нива и закъснение ***O(log N)*** в логическите елементи. Всеки възел от дървото е двувходов ping-pong арбитър. Тази архитектура изпълнява правилото за кръгов арбитраж, ако и само ако всичките **N** заявки са налични във всеки времеви интервал за входните пакети. Ако в даден момент от време има налични по-малко от **N** заявки, може да се получи несправедлив арбитраж [5]. Освен това производителността на **PPA** алгоритъма за разпределение е по-лоша в сравнение със **iSLIP** и **DRRM** алгоритмите, които използват **PPE** архитектурите. Друг вариант на кръгов арбитър, наречен **SA** (Switch Arbiter) е предложен от Shin, Mooney и Riley в [9]. Тази архитектура използва същата идея, както и **PPA**, но друг проект на арбитър. Тя има дървовидна структура, съставена от 4x4 **SA** възела. Един **SA** възел се състои от D-тригер, 4 приоритетни енкодера, 4-битов кръгов брояч, пет 4-входови **OR** елемента и четири 2-входни **AND** елемента. **SA** е по-бърза от **PPA**, но е по-сложна като структура и от друга страна, тя проявява същата несправедливост при обслужване на неравномерно разпределени заявки, както и **PPA**. Най-новите и забележителни архитектури на кръгови арбитри са **PRRA** (Parallel Round-Robin Arbiter) и **IPRRA** (Improved PRRA). Те са представени от Zheng и Yang в [5]. Предложените архитектури са базирани на прост алгоритъм за двоично търсене, който е лесен за апаратна реализация. Според авторите **IPRRA** постига 30,8% подобрение на времето и 66,9% подобрение за използвана площ в сравнение с **PPE** структурата.

В доклада е предложена архитектура на разпределител с **iSLIP** алгоритъм, който може да бъде използван при проектиране на високопроизводителен маршрутизатор за MPP компютри, използващ Cut-Through техника за комутация [1] и алгоритъм за минимална адаптивна маршрутизация, адаптиран за комуникационни мрежи с DLH хиперкубична топология [2]. Броят на степените на конвейера за прехвърляне на пакетите от входните FIFO опашки към изходните канали е минимизиран, за да се намали латентността и да се осигури висока пропускателна способност на маршрутизатора. FIFO опашките на входните буфери са свързани без мултиплексиране към комутатора и са предназначени за работа с пакети от флитове [3]. Опашките се комутират динамично към изходните канали в зависимост от възможните алтернативи и локалните условия в мрежата за всеки следващ етап от маршрута.

2. Архитектура на разпределител за маршрутизатор с минимална адаптивна маршрутизация и Cut-Through техника за комутация

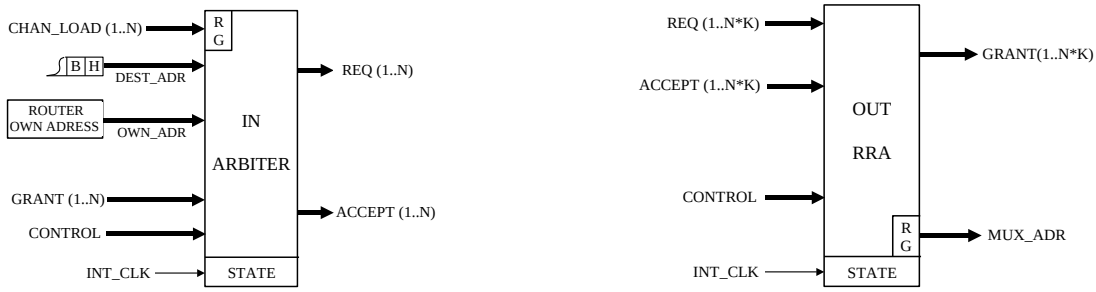
На фигура 4 е показана в най-общ вид архитектура на разпределител с **iSLIP** алгоритъм за маршрутизатор за DLH мрежа, използващ Cut-Through техника за комутация и минимална адаптивна маршрутизация [2, 3]. За яснота са дадени демултиплексорите и опашките на входните канали, които не са част от разпределителя. Една FIFO опашка може да се използва за съхраняване на само един пакет с дължина, не по-голяма от броя на нейните запомнящи елементи. Маршрутизаторът има ***N*** на брой входни канала, всеки от които съдържа ***K*** на брой FIFO опашки и ***N*** на брой изходни канала. Всяка входна опашка и всеки изходен канал са снабдени с локални арбитри. След като една FIFO опашка приеме заглавния флит на един пакет, тя подава сигнал към своя локален арбитър, който стартира фазата на минималната адаптивна маршрутизация и арбитраж. Тази фаза се състои от три стъпки: Request-Grant-Accept (**RGA**), които се изпълняват за един такт. В началото на един времеви интервал всеки от арбитрите на входните опашки, които не участват в съвпадение, може да подаде една или повече заявки REQ към RRA арбитрите на изходните канали в зависимост от броя на възможните маршрути, по които постъпващият в неговата опашка пакет може да продължи пътя си до своето местоназначение. Всеки един от изходните RRA (ако неговият канал не е зает и има поне една заявка) избира най-приоритетната от тях в зависимост от своя кръгов указател на приоритет и връща GRANT към нейния подател. Ако един входен арбитър получи едно или повече потвърждения, той избира най-приоритетното от тях чрез логическа схема за фиксиран приоритет в зависимост от локалните условия на мрежата (натовареност и заетост на входните канали на съседните маршрутизатори надолу по веригата) и отговаря с ACCEPT на този RRA, чието потвърждение е приел. Формира се входно/изходна двойка от FIFO опашка и изходен канал. По този начин се реализира предложеният в [2] вариант на минимална адаптивна маршрутизация в DLH мрежа. Кръговият указател за приоритет PTR на избрания RRA се преинициализира. През комутатора на маршрутизатора (тук не е показан) се формира даннов път за трансфера на избрания пакет към изходния канал. След предаването на целия пакет ресурсите се освобождават и могат да участват в следващи разпределения.



Фиг. 4

Важно е да се подчертае, че всички арбитри работят паралелно. Конфликти и състезания има само при изходните канали, което е един от факторите за осигуряване на масимална пропускателна способност през маршрутизатора. За един времеви интервал **iSLIP** алгоритъмът извършва една итерация. Това е достатъчно, тъй като при Cut-Through управлението на потока фазата на маршрутизация и арбитраж се извършва само за заглавния флит на пакета и следователно броят на заявките към изходните канали е много по-малък,

отколкото при маршрутизаторите с WH техника за комутация. В зависимост от състоянието на входните опашки, изходните канали и указателите на приоритет в RRA, в един текущ интервал от време разпределителят може да осъществи 0, 1 или повече съвпадения. След няколко итерации и реализирани съвпадения в тях кръговите указатели на приоритета в изходните RRA се десинхронизират [11]. Това води до по-добри резултати от сравненията при следващите итерации и алгоритъмът клони към резултантно разпределение с една висока пропускателна способност.

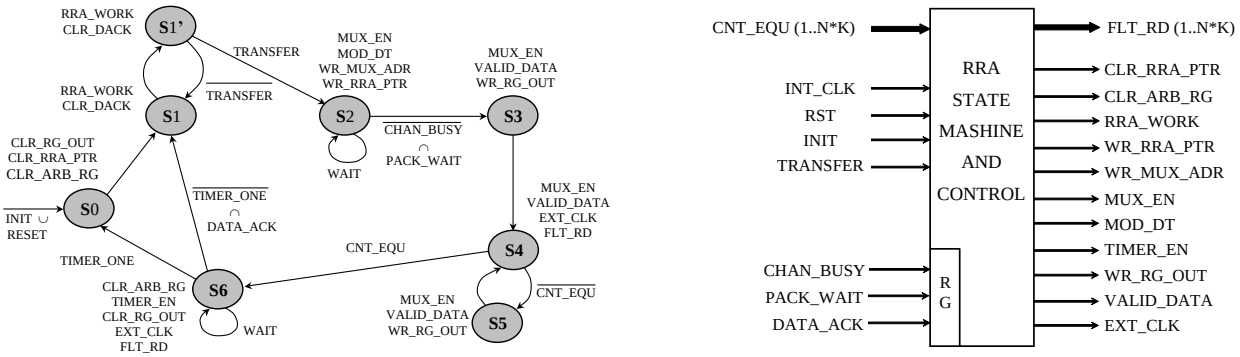


Фиг. 5

На фигура 5 са показани входните и изходните сигнали на арбитрите. Трансферът на пакетите се реализира флит след флит, но управлението на потока е на ниво пакет. Предназначението на сигналите на един входен арбитър е както следва: CHAN_LOAD(1..N): входни, показват степента на натовареност на изходните канали в следващите по веригите маршрутизатори, свързани към изходните канали. Фиксират се в регистър за синхронизация на всеки такт; OWN_ADR: входни, подават собственния адрес на маршрутизатора; DEST_ADR: входни, подават целевия адрес на пакета от заглавния флит; REQ(1..N): изходни, заявки за заемане на изходни канали; GRANT(1..N): входни, отговори на заявките за заемане на изходни канали; ACCEPT(1..N): изходни, само един може да бъде активен, указва одобреният отговор GRANT; CONTROL: входни, генерират се от управляващият автомат на FIFO опашката [3]; INT_CLK: входен, тактов сигнал.

Предназначението на сигналите на изходния арбитър е както следва: REQ(1..N*K): входни, заявки за заемане на изходия канал; GRANT(1..N*K): изходни, отговори на заявките за заемане на изходния канал. Само един от тях може да е активен; ACCEPT(1..N*K): входни, само един може да бъде активен, потвърждава активен отговор GRANT. Възможно е изходният арбитър да е отговорил с GRANT, но неговия канал да не е одобрен. Кръговият указател на приоритета се преинициализира само ако изходния канал е одобрен; CONTROL: входни, генерират се от управляващият автомат на арбитъра и изходния канал; INT_CLK: входен, тактов сигнал.

3. Сигнали, състояния и синхронизация на изходен канал на маршрутизатор с локален RRA арбитър



Фиг. 6

На фигура 6 са дадени графът на състоянията и преходите на един RRA и сигналите на един изходен канал. Трябва да се подчертае, че входните сигнали CHAN_BUSY, PACK_WAIT и DATA_ACK, постъпващи от входния канал на следващия по веригата маршрутизатор, се фиксират в регистър за синхронизация. Състоянията, управляващите входни и генерираните сигнали са:

S0: ***Начално състояние (Init).*** В него се влиза след начално установяване по сигнала RST, след инициализация на маршрутизатора по сигнала INIT или след изтекъл таймаут поради липса на потвърждение за приет пакет. Издават се сигналите CLR_RRA_PTR, който нулира указателя за приоритета, CLR_ARB_RG, който нулира входния фиксатор на арбитъра и CLR_RG_OUT, който нулира изходния регистър на канала;

S1: ***Маршрутизация и Арбитраж 1 (Routing and Arbitrage 1).*** Първо състояние от фазата на арбитраж. Издават се сигналите RRA_WORK, който показва работещ RRA и CLR_DACK, който нулира стробирания сигнал DATA_ACK, постъпващ от входния канал на маршрутизатора надолу по веригата;

S1': ***Маршрутизация и Арбитраж 2 (Routing and Arbitrage 2).*** Второ състояние от фазата на арбитраж. Издават се сигналите RRA_WORK и CLR_DACK. Очаква сигнал TRANSFER за потвърждение чрез ***Accept*** от входният арбитър, получил ***Grant*** от неговия RRA, където: TRANSFER = OR (ACCEPT[I]), I Є [1, N*K] за успешен арбитраж, или преминава в S1;

S2: ***Установяване път през комутатора (Path Setting).*** По него пакетът ще може да се придвижи към изходния канал. Издава сигналите WR_RRA_PTR, който фиксира завъртането на указателя на приоритета, WR_MUX_ADR, който фиксира адреса на избраната входна опашка, MUX_EN, който разрешава използваните мултиплексори за този даннов път и MOD_DT, който разрешава модифициране на текущата поредица от несъвпадения в частта от адреса, намираща се в заглавния флит на пакета. Очаква условието PACK_WAIT=1 AND CHAN_BUSY=0 от следващия по веригата маршрутизатор за начало на трансфер на пакет;

S3: ***Начало на трансфер на пакет (Transfer Begin)***. Издава сигналите MUX_EN, WR_RG_OUT, който записва в регистъра на изходния канал модифицирания заглавен флит и VALID_DATA, който съобщава на следващия надолу по веригата маршрутизатор за началото на предаването на пакет;

S4: ***Състояние на трансфер 1 (Transfer 1)***. Издава сигналите MUX_EN, VALID_DATA, EXT_CLK, по който се записват данни в следващия по веригата маршрутизатор и FLT_RD, който се подава през демултиплексор към избраната FIFO опашка за увеличаване на нейния брояч за четене и адресира следващия флит. Очаква края на пакета по сигнала CNT_EQU, който се подава през мултиплексор от избраната FIFO опашка;

S5: ***Състояние на трансфер 2 (Transfer 2)***. Издава сигналите MUX_EN, VALID_DATA и WR_RG_OUT, който записва в регистъра на изходния канал текущия предаван флит;

S6: ***Край на трансфер (Transfer End)***. Очаква потвърждение за приет пакет от следващия надолу по веригата маршрутизатор по сигнала DATA_ACK. Издават се сигналите CLR_ARB_RG, CLR_RG_OUT, EXT_CLK, FLT_RD и TIMER_EN, който стартира TimeOut за излизане от това състояние при липса на отговор за предаден пакет.

4. Заключение

Предложената архитектура на разпределител с локални RRA при изходните канали и локален арбитър при всяка входна опашка може да бъде използвана във високоскоростни маршрутизатори с минимална адаптивна маршрутизация и Cut-Through техника за комутация, предназначени за изграждане на MPP системи с DLH топология. Нейната цел е да спомогне за увеличаване пропускателната способност на DLH комуникационните мрежи за паралелни мултипроцесорни системи. Основните предимства, които притежава и за които допринася тази архитектура, са следните:

- Всяка FIFO опашка се обслужва от локален арбитър и е пряко свързана към комутатора, което дава възможност в даден интервал от време от един входен буфер да се изпращат повече от един пакети към изходни канали с различни дестинации. Използването на кръгов арбитър за всеки изходен канал води до конфликти само при изходните канали и осигурява максимална пропускателна способност на маршрутизатора;
- Броят на фазите за трансфер на пакетите от входните опашки към изходните канали през маршрутизатор с такъв разпределител е минимален: Заглавният флит преминава през три фази: 1). Маршрутизация и арбитраж; 2). Установяване на път през комутатора и 3). Преминаване през комутатора. Всички останали флитове от пакета преминават само през една фаза: 1). Преминаване през комутатора. Така се минимизира латентността при предаването на пакети, особено при маршрути с повече междинни възли;
- След началото на трансфера на един пакет между два съседни възела липсва допълнителна латентност между флитовете, защото процесът на предаване е непрекъснат и зависи само от селектираните компоненти за данновия път на пакета: входна FIFO опашка с достатъчно място за целия пакет в следващия надолу по веригата маршрутизатор, комутатор и регистър на изходно устройство в текущия маршрутизатор.

Литература

[1]. Angelov M. “Routers for MPP Computers, Using Direct Communications Networks”, John Atanasoff Society of Automatics and Informatics, International Conference AUTOMATICS AND INFORMATICS'2014 October 1-3, 2014, Sofia, Bulgaria, ISSN 1313-1869

[2]. Ангелов М. “Маршрутизация на пакети в MPP компютри с DLH мрежова топология”, Втора научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 26-27.09.2014, Варна, България, ISSN 1312-3335, Бр.1/2014, стр. 64-69

[3]. Ангелов М. “Структура и управление на буфер за входен канал на маршрутизатор за MPP компютри”, Втора научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 26-27 Септември, 2014, Варна, България, ISSN 1312-3335, Бр.1/2014, стр. 71-76

[4]. P.Gupta, N.McKeown. “Designing and implementing a fast crossbar scheduler”, Micro IEEE, 1999, 19 (1), pp. 20 – 28.

[5]. Zheng S.Q., Yang M. “Algorithm-Hardware Codesign of Fast Parallel Round-Robin Arbiters”, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol.18, No.1, Jan 2007

[6]. C. E. Savin, T. McSmythurs, J. Czilli. ”Binary tree search architecture for efficient implementation of round robin arbiters”, (ICASSP '04). IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2004, 6 (5), pp. V – 333.

[7]. X. Gao, Z. Zhang, X. Long. “Round Robin Arbiters for Virtual Channel Router”, IMACS Multiconference on Computational Engineering in Systems Applications, 2006, pp.1610–14.

[8]. Chao H. J., Lam C. H. and Guo X. “A Fast Arbitration Scheme for Terabit Packet Switches”, Proc. GLOBECOM, pp. 1236-1243, 1999.

[9]. Shin E. S., Mooney V. J. and Riley G. F. “Round-Robin Arbiter Design and Generation”, Proc. Int’l Symp. System Synthesis (ISSS’02), pp. 243-248, 2002.

[10]. Dally W., B. Towles. "Principles and Practices of Interconnection Networks", Morgan Kaufmann Press, San Francisco, 2004.

[11]. McKeown N., T. E .Anderson. "A Quantitative Comparison of Scheduling Algorithms for Input Queued Switches", Computer Network and ISDN Systems, Volume 30, Issue 24, 14 December 1998, pp. 2309–2326

За контакти:
ас. инж. Милен Г. Ангелов
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: angelovmg@tu-varna.bg

ЕДИН ВАРИАНТ ЗА CUT-THROUGH УПРАВЛЕНИЕ НА ПОТОКА В МАРШРУТИЗАТОР ЗА МРР КОМПЮТРИ

Милен Г. Ангелов

Резюме: Механизмът за управление на потока в маршрутизаторите, които са едни от основните функционални възли в мултипроцесорните системи, разпределя буферите и лентата на пропускане на каналите към данновите единици - флитове или пакети. Ефективната реализация на данновия обмен има голямо значение за постигането на висока пропускателна способност и ниска латентност. В доклада са изложени най-често използваните механизми за управление на потока на ниско ниво. Представен е вариант за реализация на обмен на пакети по двупосочни напълно дуплексни канали на базата на Virtual Cut-Through управление на потока, при който се постига висока степен на използване на каналите, на тяхната честотна лента и пропускателна способност.
Ключови думи:Маршрутизатор, Virtual Cut-Through(VCT), Wormhole(WH), Flow Control Digit (флит)

A Variant for Cut-Through Flow Control in a Router for MPP Computers

Milen G. Angelov

Abstract: The flow-control mechanism in routers, which are among the primary functional nodes in multiprocessor systems, assigns buffers and channel bandwidths to data units (flits and packets). An effective data transfer mechanism is critical for achieving high throughput and low latency. This report outlines the most commonly used mechanisms for low-level flow control and presents a variant technique for achieving packet transfer via bidirectional, fully duplex channels based on virtual cut-through flow control. This technique achieves a high degree of channel utilization with regard to bandwidth and throughput.
Keywords: Router, Virtual Cut-Through (VCT), Wormhole (WH), Flow Control Digit (flit)

1. Увод

Управлението на потока е синхронизиран протокол за предаване и приемане на информационни единици [1]. Единицата за управление на потока се отнася до тази част на съобщението, чийто трансфер трябва да бъде синхронизиран и се дефинира като най-малката единица информация, чието прехвърляне се изисква от подателя и се потвърждава от приемника. Сигнализацията за заявка / потвърждение се използва за гарантиране на успешен трансфер и за наличието на буфери в приемника. Няма ограничение за това кога заявките или потвържденията са действително изпратени или получени. Управлението на потока се извършва в две нива. Ако управлението на потока е на ниво пакет, трансферът му през физически канал между два маршрутизатора може да отнеме няколко цикъла. Получените многоциклови трансфери използват управление на потока за физически канал за прехвърляне на единица от съобщение през физически линк, свързващ съседни маршрутизатори.

Техниките за комутация се различават по отношение размерите на използваните единици при управлението на потока. По принцип всяко съобщение може да бъде разделено на пакети с фиксирана дължина. Пакетите, от своя страна, могат да бъдат разделени на контролни части, наречени флитове. Поради ограничения относно ширината на физическия канал, за трансфера на един флит могат да се използват множество цикли. Един фит (phit) е единица за информация, която може да се прехвърли през физически канал за един цикъл. Флитовете представляват логически единици информация, а фитовете съответстват на физически количества с брой битове, които могат да бъдат прехвърлени паралелно за един цикъл. Отношенията между размерите на фитовете, флитовете и пакетите се различават в

отделните компютри. В много случаи размерът на един фит е еквивалентен на размера на един флит. Специфичният избор на това отношение отразява компромиси в производителността, надеждността и сложността на изпълнението.

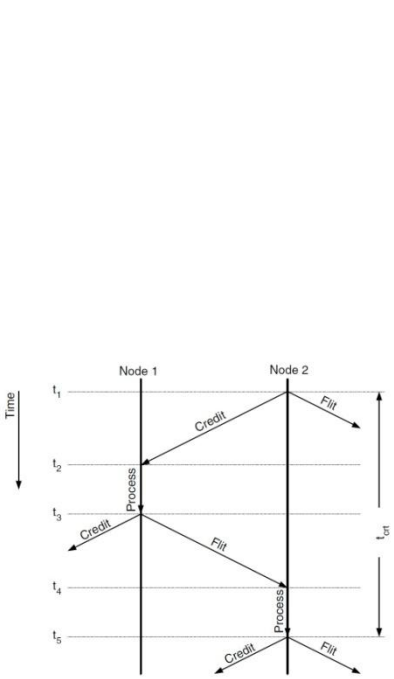
Механизмът за управление на потока в един маршрутизатор разпределя ресурсите - буфери и лента на пропускане на канала към информационните единици [2]. Възможно е и буферите, и честотната лента на каналите да се разпределят за флитове или за пакети. Повечето механизми за управление на потока разпределят двата ресурса за единица с един и същ размер. Ако разпределението е за пакети, най-често се използва VCT управление на потока. Ако разпределението на лентата за пропускане и на буферите е за флитове, се използва WH управление на потока с виртуални канали. Всички методи за управление на потока, които използват буфериране, се нуждаят от средства за комуникация с достъпните буфери във възлите надолу по веригата. Възлите нагоре по веригата трябва да могат да определят кога един буфер е достъпен за съхраняване на следващия флит (или пакет), който да бъде предаден. Този принцип за управление на буферите осигурява т. нар. противоналягане, като се съобщава на възлите нагоре по веригата кога те трябва да спрат предаването на флитове, защото всички буфери надолу по веригата са пълни. Най-често за осигуряване на такова противоналягане при управление на потока на ниско ниво се използват три вида механизми: (1). Кредитно-базиран, (2). On/Off и (3). Ack/Nack.

(1). При кредитно-базираното управление на потока маршрутизаторът нагоре по веригата съхранява изчислим брой на свободните буфери за флитове във всеки виртуален канал надолу по веригата. Всеки път, когато маршрутизаторът нагоре по веригата препрати един флит, надолу по веригата се консумира един буфер. Ако всички буфери надолу по веригата са пълни, повече флитове не могат да се препращат. След като маршрутизаторът надолу по веригата препрати един флит и освободи съответния буфер, той изпраща един кредит към маршрутизатора нагоре, причинявайки увеличение на брояча на буфери.

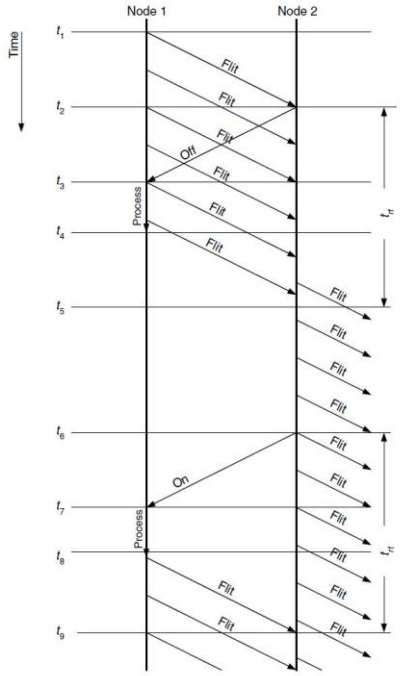
На фигура 2(а) е показана времедиаграма на кредирно-базирано управление на потока. Минималното време между два успешни кредита за един буфер се нарича *Credit Round-Trip Time* - t_{crt}. То включва *Round-Trip* закъснението в проводниците и допълнителното време за обработка в двата възела. Времето t_{crt} е критичен параметър за всеки маршрутизатор, защото определя максималната пропускателна способност, която може да се поддържа от механизма за управление на потока. Ако буферът във виртуалния канал е за един флит, всеки флит ще трябва да чака за кредит от този единствен буфер, преди да бъде предаден. Това ще ограничи максималния капацитет на канала да бъде не повече от един флит за всяко t_{crt}. Ако L_f е дължината на един флит в битове, то скоростта е (L_f / t_{crt}). Ако всеки буфер е с дължина F флита, могат да бъдат изпратени F флита, преди да се чака за кредит, като пропускателната способност за F флита е ($F*L_f$ / t_{crt}) bps. Вижда се, че за да се предотврати ограничаване на пропускателната способност на ниско ниво при управление на потока върху канал с честотна лента b, се изисква: $F \geq (t_{crt}*b / L_f)$.

Потенциален недостатък на този метод е обмена от тип "един към един" между флитовете и кредитите. За всеки флит, изпратен надолу по веригата, се изпраща съответен кредит нагоре по веригата. Това изисква значително количество сигнализация нагоре и особено за малки флитове може да доведе до голям преразход (на време).

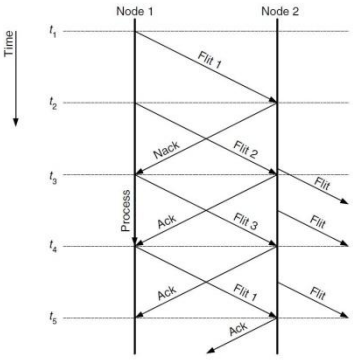
(2). On/Off управлението на потока може значително да намали количеството на сигнализацията нагоре по веригата в определени случаи. При този метод състоянието нагоре по веригата се представя чрез единичен управляващ бит, който показва дали възелът е разрешен за изпращане (**On**) или не (**Off**). Сигнал се изпраща нагоре по веригата само когато е необходимо да се промени това състояние. **Off** сигнал се изпраща, когато управляващият бит е **On** и броят на свободните буфери падне под прага F_{off}. Ако управляващият бит е **Off** и броят на свободните буфери е над прага F_{on}, се изпраща сигнал **On.**



Фиг. 2 (а)



Фиг. 2 (б)



Фиг. 2 (в)

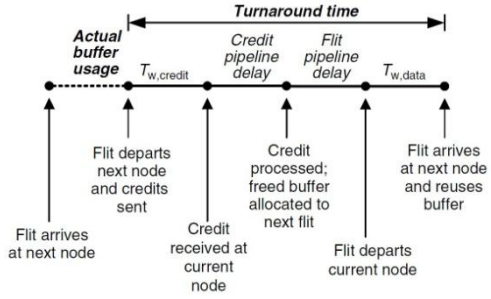
На фигура 2(б) е показана времедиаграма на ***On/Off*** управление на потока. В момента време t_1 Възел_1 изпраща флит, който намалява свободния обем в буфера на Възел_2 под неговия лимит F_{off}, което от своя страна предизвиква Възел_2 да изпрати в t_2 сигнал **Off** обратно към Възел_1, който се получава в t_3 и след малко закъснение спира изпращането на флитове в t_4. За времето t_{rt} между t_1 и t_4 се изпращат допълнителни флитове. Най-малкият лимит, който ще осигури правилното приемане на тези допълнителни флитове е: $F_{off} \geq (t_{rt}*b / L_f)$. След изпращане на определен брой флитове Възел_2 изчиства достатъчно буфери и след като техния брой надвиши F_{on}, в t_6 изпраща сигнал **On** към Възел_1, който го получава в t_7. След малко закъснение в t_8 Възел_1 започва отново да изпраща флитове към Възел_2, като първия флит се получава в t_9. За да се предотврати изпразването на Възел_2 между t_6 и t_9, лимитът F_{on} трябва да се настрои според израза: $F - F_{on} \geq (t_{rt}*b / L_f)$. Методът изисква броят на буферите F да бъде най-малко ($t_{rt}*b / L_f$). За работа с максимална скорост се изисква $F_{on} \geq F_{off}$ и $F \geq F_{on} + (t_{rt}*b / L_f) \geq F_{off} + (t_{rt}*b / L_f)) \geq (2t_{rt}*b / L_f)$.

(3). Както кредитно-базираният, така и On/Off метода за управление на потока изискват закъснение t_{rt}. **Ack/Nack** управлението на потока, показано на Фиг.2(в), намалява минимума на това буферно време на незаетост до нула и намалява средното време на незаетост до ($t_{rt} / 2$). За съжаление обаче при този метод буферите се задържат в продължение на t_{rt}, очаквайки потвърждение, което прави метода по-малко ефективен от кредитно-базирания и On/Off методите. Използването на лентата на пропускане на канала е също така неефективно, защото се изпращат флитове, които се отхвърлят, когато няма свободен буфер.

При този метод няма състояние, което да съхранява във възела нагоре по веригата наличието на свободен буфер. Флитовете се изпращат оптимистично, когато те станат достъпни. Ако възелът надолу по веригата има достъпен буфер, той приема флита и изпраща потвърждение (**Ack**) до възела нагоре по веригата. Ако няма наличен буфер, когато флитът пристига, възелът го отхвърля и изпраща негативен отговор (**Nack**). Възелът нагоре по веригата задържа всеки флит, докато приеме **Ack**, иначе препраща флита.

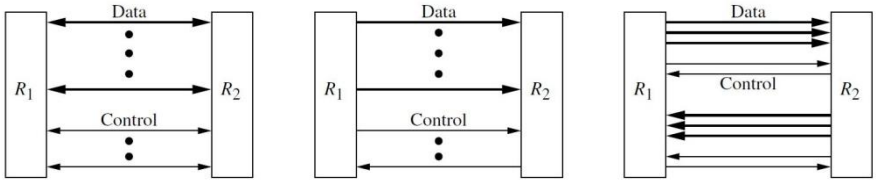
Поради своята неефективност методът **Ack/Nack** за управление на потока се използва рядко. В системи с малък брой буфери типично се използва кредитно-базирано управление на потока. **On/Off** методът повече се използва в системи, които имат голям брой буфери за флитове.

В един WH маршрутизатор с конвейерното изпълнение степента за маршрутизация на флитовете се разделя на няколко по-малки стъпки, с което се увеличава времето за един хоп. Изчисляването на тези закъснения в конвейера и разпространението на латентността дава точна преценка за използването на буферите. На фигура 3 е показан един пример за използване на буфер в една WH мрежа с кредитно базирано управление на потока. Действителното използване на буфера представлява малка част от общото време. Оставащото време, необходимо за рециклиране на кредита и за разрешаване на друг флит да заеме буфера, се нарича **Turnaround time**. Малкото време за използване на буфера намалява пропускателната способност на мрежата, тъй като остават по-малко буфери на разположение за заобикаляне на блокирани съобщения и се намаляват вариациите на трафика.



Фиг. 3

Каналът за комуникация между съседни маршрутизатори може да бъде организиран като: (1). Двупосочен полу-дуплексен канал; (2). Еднопосочен канал или (3). Двупосочен напълно дуплексен канал. Примери за трите алтернативи са показани съответно на фигура 4(а), (б) и (в). Използването на двупосочен полу-дуплексен или еднопосочен канал максимизира ширината на канала. С изключение на изводите за управление, предаването между два съседни маршрутизатора може да направи пълно използването на наличните изводи между тях. Въпреки това, топологията на мрежата при еднопосочни канали трябва да формира тороид или други подобни връзки, за да се гарантира, че всички двойки възли могат да комуникират. В резултат използването на еднопосочни канали води до удвояване на средното разстояние, което пътува едно съобщение в тороида и увеличаване латентността на съобщението поради увеличеното разстоянието между възлите в мрежата. Двупосочните полу-дуплексни връзки имат недостатъка, че и двете страни на връзката трябва да играят ролята на арбитър за използването на тази връзка. Арбитражът трябва да бъдат справедлив и да предоставя достъп до двете страни на канала, когато данните са на разположение да бъдат предадени. Справедливият арбитраж изисква информация за състоянието, която трябва да бъде предавана през канала за индициране наличието на данни, готови за изпращане. Този трафик може да консумира пропускателна способност чрез съобщения или може да се сигнализира с помощта на специални сигнали. Освен намаляването на пропускателната способност за съобщения, времето за този арбитраж може да увеличи латентността за упрвление на потока през физическия канал, намалявайки използването на канала с нарастването на трафика. При напълно дуплексните канали се избягва допълнителното време за арбитраж и връзките като цяло могат да се изпълняват по-бързо. Въпреки това, ширината на каналите се намалява (приблизително наполовина), като пропускателната способност е статично разпределена във всяка посока. Един напълно дуплексен канал се използва напълно, когато се предават съобщения в двете посоки. При използване на виртуални канали трябва да има допълнителни сигнали за тяхното разграничаване. Тези допълнителни битове могат да използват честотната лента на данновите канали или да бъдат предавани чрез специални контролни изводи.



Фиг. 4 (а) **Фиг. 4 (б)** **Фиг. 4 (в)**

В настоящия доклад е предложен вариант за обмен на пакети на ниско ниво между маршрутизатори от съседни възли на една мрежа, предназначена за свързване на процесори в мултипроцесорна система. Целта е оигуряване на максимално висока пропускателна способност през каналите на маршрутизатора. В случая се използва Cut-Through техника за комутация и двупосочни напълно дуплексни канали. При тази реализация се постига висока степен на използване на каналите и на тяхната честотна лента по времето на трансфер на един или на няколко последователни пакета, които преминават през маршрутизатора по своя път до крайната дестинация.

2. Сигнали за обмен на данни и управление на двупосочен канал

Чрез описаните по-долу сигнали може да се осъществи обмен на информационни единици по двупосочен напълно дуплексен канал за връзка. На практика той се състои от два независими еднопосочни канала, както е показано на фигура 4(в) – за предаване и за приемане. Всеки маршрутизатор притежава **N** на брой двупосочни канали, чрез които се свързват съседните възли на една мрежа [3]. Маршрутизаторите в отделните възли се тактуват независимо един от друг с честота с еднакъв период и 50% запълване. Синхронизацията на интерфейсните сигнали в един маршрутизатор се извършва на базата на неговата основна честота, независимо от фазовото отместване $\boldsymbol{\tau}$ (показано по-долу на фигура 5) на честотите на всички други съседни маршрутизатори спрямо нея. Всички сигнали от/към един входен или изходен канал са еднопосочни. Техните наименования, предназначение и посока за **K**-ти изходен канал на един маршрутизатор са както следва:

INT_CLK: Вътрешен, основен тактов сигнал в един маршрутизатор. По него се синхронизира работата на всички функционални възли, както и на сигналите за управление на потока;

$D_{31}..D_0$: Изходни даннови сигнали. В настоящия случай ширината на данновия канал е 32 бита, равна на ширината на един флит, равна на ширината на един фит;

D_{33}, D_{32}: Изходни даннови сигнали. Кодират типа на флита - HEADER, BODY или TAIL;

EXT_CLK: Изходен тактов сигнал, по който става запис на данни в съседен маршрутизатор;

VALID_DATA: Изходен управляващ сигнал, който показва валидност на данните по линиите за връзка $D_{33}..D_0$ между два съседни маршрутизатора;

PACK_WAIT: Входен управляващ сигнал, показващ готовността на маршрутизатора надолу по веригата да приеме даннов пакет;

DATA_ACK: Входен управляващ сигнал, потвърждаващ, че изпратения пакет е приет от маршрутизатора надолу по веригата;

CHAN_BUSY: Входен управляващ сигнал, показващ зает входен канал на маршрутизатора надолу по веригата;

CHAN_LOAD: Входен управляващ сигнал, показващ силно натоварен входен канал на маршрутизатора надолу по веригата. Използва се от арбитрите на входните опашки във фазата на минималната адаптивна маршрутизация [4, 5].

Сигналите на съответния **S**-ти входен канал на един маршрутизатор са същите, но с обратна посока, поради което няма необходимост да бъдат описвани отново. Управлението и синхронизацията на изходния канал на текущия маршрутизатор и входния канал на

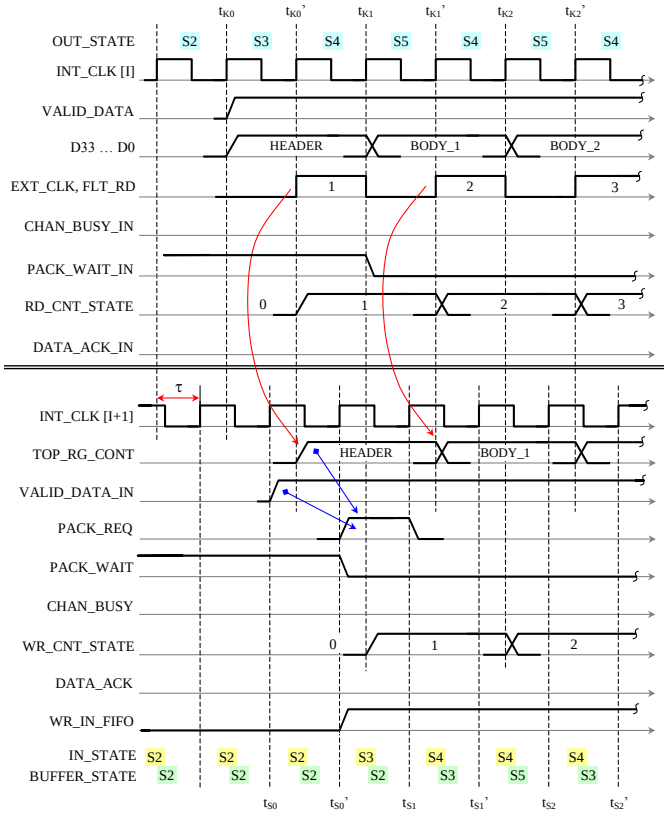
следващия надолу по веригата се реализират от синхронни крайни автомати [5]. Разбира се, тяхната работа се ръководи и от множество други вътрешни сигнали, чието описание не е предмет на настоящия доклад.

3. Времедиаграма за обмен на пакети между съседни маршрутизатори с минимална адаптивна маршрутизация и Cut-Through техника за комутация

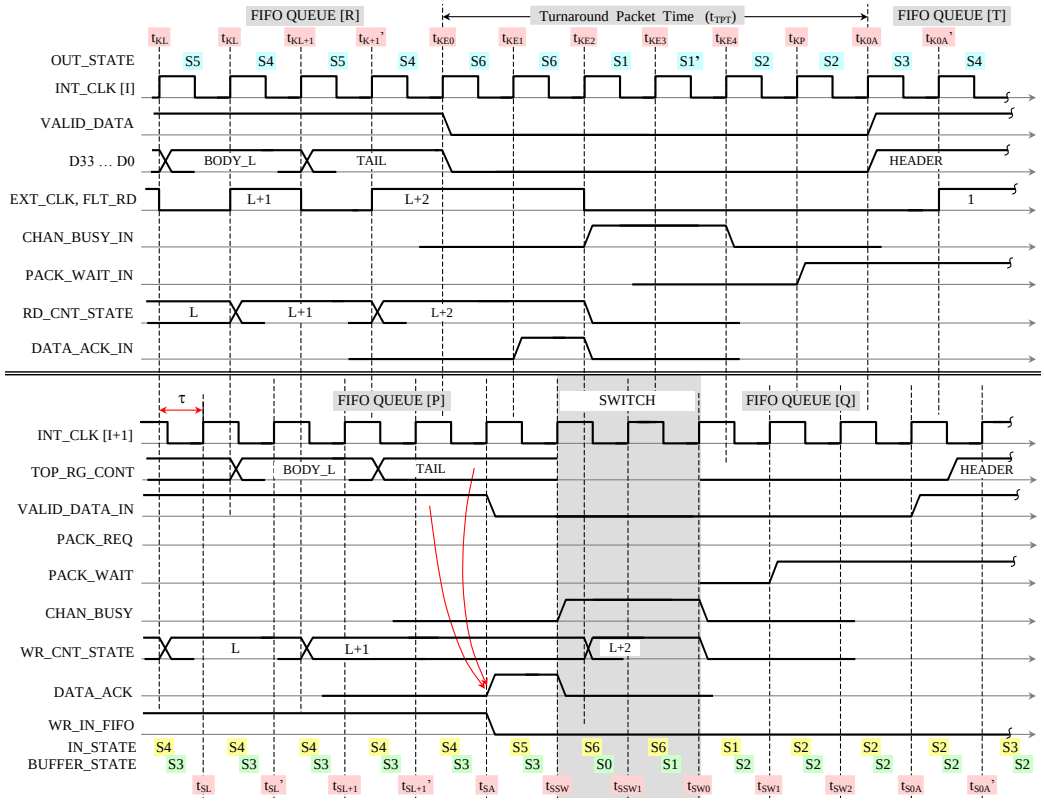
На фигура 5 е показана обобщена времедиаграма за обмен на един пакет като част от последователен обмен на няколко пакета при подходящи за това условия. Времедиаграмата използва описаните в т. 2 сигнали и показва обмен между изходен канал с номер ***K*** и входен канал с номер ***S***. На нея също са показани и състоянията на управление както следва: OUT_STATE: Управление на ***K***-тия изходен канал; IN_STATE: Управление на избраната опашка ***P*** от ***S***-тия входен канал; BUFFER_STATE: Управление на ***S***-тия входен канал [5].
Началото на обмена е показано на фигура 5(а). То започва от състояние S3 (*Transfer Begin*) на канал ***K*** в момент t_{K0}, като преди него в състояние S2 (*Path Setting*) е установен път през комутатора и са налични необходимите начални условия: Брояч за четене от избраната FIFO опашка RD_CNT_STATE=0, входни сигнали CHAN_BUSY_IN=0 и PACK_WAIT_IN=1. В началото на S3 се активират VALID_DATA и $D_{33}..D_0$, а в началото на S4 - EXT_CLK за запис на $D_{33}..D_0$ в избраната опашка ***P*** на входния канал ***S*** и вътрешен сигнал FLT_RD, който увеличава брояча RD_CNT за четене на следващ флит. В състояние S2 (Ready) на входния канал ***S*** и състояние S2 (Ready) на опашката ***P*** в t_{S0} се стробира VALID_DATA и се записва заглавния флит. В началото на S3 (Request for Routing) на опашката PACK_WAIT става неактивен и се генерират два вътрешни сигнала: WR_IN_FIFO, който информира автомата на канал ***S*** за началото на записа в избраната опашка и PACK_REQ, който стартира фазата на маршрутизация и арбитраж за пристигащия пакет по съдържанието на неговия вече приет заглавен флит. Предаването на един флит от канал ***K*** към канал ***S*** се извършва за един времеви интервал от две състояния на IN_STATE: S5 (*Transfer 2*) и S4 (*Transfer 1*).

Краят на обмена на пакета, потвърждението, превключването на опашките, маршрутизацията и подготовка за предаване / приемане на следващ пакет по същия канал са показани на фигура 5(б). Последният флит от тялото на пакета BODY_L се предава по аналогичен на описания по-горе начин за периода от t_{KL} до t_{KL+1}. Опашният флит TAIL се предава от t_{KL+1} до t_{KE0}, като в S4 на канал ***K*** условието (TAIL_FLIT=TRUE) AND (RD_CNT_STATE=L+2) води до преход в S6 (*Transfer End*) за край на обмена. В началото на S6 в t_{KE0} се деактивират VALID_DATA и $D_{33}..D_0$ и се очаква валиден DATA_ACK_IN. В същото време в канал ***S*** в състояние S4 (Write Packet and Wait Out Channel) на опашката ***P*** се анализира валидността на условието (TAIL_FLIT=TRUE) AND (VALID_DATA_IN=1), което води в t_{SA} до S5, активиране на DATA_ACK и деактивиране на WR_IN_FIFO. В t_{KE1} се стробира DATA_ACK_IN, чието активно ниво в S6 води изходния канал към фазата на маршрутизация и арбитраж S1 и S1'. Условието WR_IN_FIFO=0 (не е показано на времедиаграмата) в S3 за край на пакет в t_{SSW} води канала ***K*** към фазата на превключване от текущата опашка ***P*** към друга опашка ***Q***, готова да приеме следващ пакет (ако в буфера такава няма, се чака освобождаване). Тази фаза се състои от S0 и S1, в които се генерира CHAN_BUSY=1 за зает канал. В t_{SSW} се деактивира DATA_ACK и в S6 на опашката ***P*** се чака WR_CNT_STATE=L+2 за преход в S0 (Init). Важно е да се отбележи, че тази опашка се изключва от физическия линк на канала ***S*** в t_{SSW}. По времето на превключването в t_{KE2} изходният канал сваля DATA_ACK_IN, EXT_CLK, FLT_RD, нулира RD_CNT_STATE, стробира CHAN_BUSY_IN и преминава във фазата на маршрутизация и арбитраж, състояща се от S1 и S1' (*Routing and Arbitrage*). Ако в S1' е изпълнено условието TRANSFER=1 (намерено е съвпадение за изходния канал ***K*** с входна опашка ***T***), в t_{KE4} се преминава в S2, където се установява път през комутатора за пакета от „новата" опашка ***T*** и се очаква

(CHAN_BUSY_IN=0 AND PACK_WAIT=1) от входния канал ***S***. В периода на превключване на входния канал ***S*** в S0 се чака поне една свободна FIFIO опашка (в случая е ***Q***), преминава



(а)



(б)

Фиг. 5

се в S1, където се адресира избраната входна опашка Q и в t_{SW0} се преминава в S2. От момента t_{SW0} към входния линк е свързана опашката Q, която се намира в състояние S1. В него тя анализира сигнала DEMUX_RDY отавтомата на входния буфер (не е показан на диаграмата) и в t_{SW1} преминава в S2, генерирайки активен PACK_WAIT. В t_{KP} изходният канал K стробира PACK_WAIT и след края на S2 в t_{K0A} започва предаването на HEADER флита от пакета в опашката T.

Според времедиаграмата от фигура 5 могат да бъдат определени следните времена:

1. ***Actual Channel Packet Time*** - t_{ACPT} : Това е времето от началото до края на успешното предаване на един пакет с дължина L+2 флита: L+2 времеви интервала от момента време t_{K0} до момента време t_{KE0} ;

2. ***Turnaround Packet Time*** - t_{TPT} : Това е минималното време между края на един успешно предаден и началото на следващ пакет: 3 времеви интервала между моментите t_{KE0} и t_{K0A};

Минималното време между началата за предаване на два последователни успешно предадени пакета за един канал е L+5 времеви интервала. То определя максималната пропускателна способност, която се поддържа от този механизъм за управление на потока. Ако T_{TI} е периода на един времеви интервал, L_f е дължината на един флит в битове, а един пакет е с дължина $L+2$ флита, то максималната пропускателна способност на канала е:

$$((L+2)*L_f) / ((L+5)*T_{TI}) \text{ bps}$$

4. Заключение

Представеният вариант за обмен на пакети на ниско ниво е предназначен за използване в маршрутизатори за MPP компютри и осъществява трансфер на пакети по физически канали между съседни маршрутизатори, използващи VCT техника за комутация. Неговите основни предимства са следните:

- Постигане на висока степен на използване на канала за предаване в съответната посока за времето на трансфер на един или няколко последователни пакета. Времето ***Turnaround Packet Time*** между два пакета представлява малка част от общото време на обмен;
- След началото на трансфера на един пакет управлението на потока предава флитовете непрекъснато един след друг с максимална скорост, която основно зависи от честотната лента на физическия канал и времето за синхронизация между устройствата. Селектираните компоненти на данновия път на един пакет между два маршрутизатора: изходна FIFO опашка, комутатор, регистър на изходно устройство и входна FIFO опашка се проектират да бъдат с по-малки закъснения в сравнение с физическия канал.

Литература

[1]. Duato J., S. Yalamanchili, L.Ni. "Interconnection networks. An Engineering Approach", Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 2003. ISBN 9780585457451.

[2]. Dally W., B. Towles. "Principles and Practices of Interconnection Networks", Morgan Kaufmann Press, San Francisco, 2004.

[3]. Angelov M. “Routers for MPP Computers, Using Direct Communications Networks”, John Atanasoff Society of Automatics and Informatics, International Conference AUTOMATICS AND INFORMATICS'2014 October 1-3, 2014, Sofia, Bulgaria, ISSN 1313-1869

[4]. Ангелов М. “Маршрутизация на пакети в MPP компютри с DLH мрежова топология”, Втора научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 26-27.09.2014, Варна, България, ISSN 1312-3335, Бр.1/2014, стр. 64-69

[5]. Ангелов М. “Структура и управление на буфер за входен канал на маршрутизатор за MPP компютри”, Втора научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 26-27 Септември, 2014, Варна, България, ISSN 1312-3335, Бр.1/2014, стр. 71-76

За контакти:
ас. инж. Милен Г. Ангелов
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: angelovmg@tu-varna.bg

МОДЕЛИРАНЕ НА UBcN МРЕЖИ

Елена Пл. Иванова, Теодор Б. Илиев, Григор Й. Михайлов

Резюме: Ултра-широколентовата конвергентна мрежа (UBcN) е новото поколение мрежа с големи скорости, при които се поддържат безопасно и безпроблемно множество различни услуги. Мрежите трябва да уеднаквят услугите за пренос и да се разположат възли с големи капацитети, които са способни да обработят и предадат огромните количества информация на дълги разстояния. IP + оптично оборудване ще доминира при различните възли и слоеве, като това довежда до бързо развитие в оптичните технологии – еволюция от 40G до 100G.
Ключови думи: UBcN, NGA, QoS, QoE, оптични магистрали, телетрафик

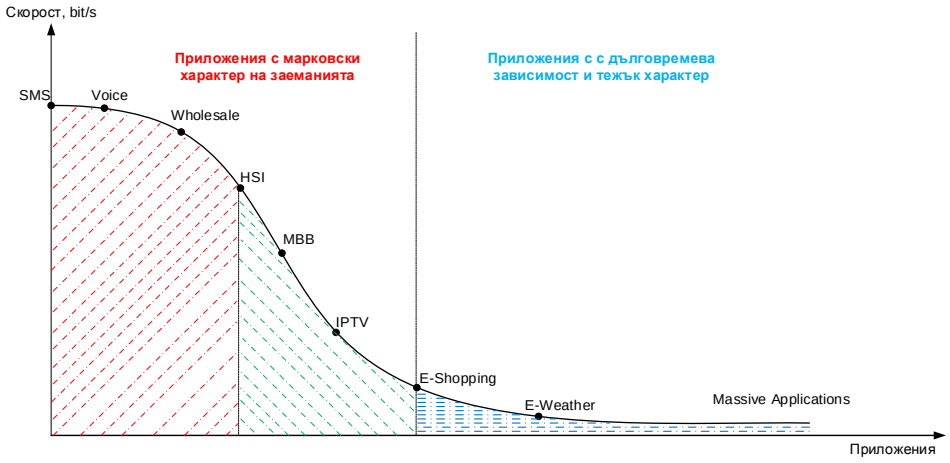
Modeling of UBcN Networks

Elena Pl. Ivanova, Teodor B. Iliev, Grigor Y. Mihaylov

Abstract: UBcN (Ultra-Broadband convergence Network) is the next generation network with high speed, on which broadband multiple play services are supported safely and seamlessly. Networks must unify service bearing and deploy high-capacity nodes that are able to process and transmit huge amounts of data over long distances. IP+OPTICAL equipment will dominate various network nodes and layers, and this has catalyzed rapid progress in optical technologies – evolution from 40G to 100G
Keywords: UBcN, NGA, QoS, QoE, optic backbones, optical netowork, teletrafic

1. Въведение

Непрекъснатият технологичен напредък, развитието на технологиите, широколентовият достъп, както и прогресът в телекомуникациите правят света, в който живеем, постоянно променящ се. Резултатът от тази постоянна промяна на онлайн пространството е един нов вид свят – на дигитална екосистема, продукт от сближаването на сфери като Интернет технологиите, телекомуникациите, медиите и забавната/развлекателната индустрия (фигура 1). В своята същност дигиталните екосистеми представляват виртуални пространства, които са изпълнени с реални индивиди, бизнес центрове, организации или цели общества [17,18].



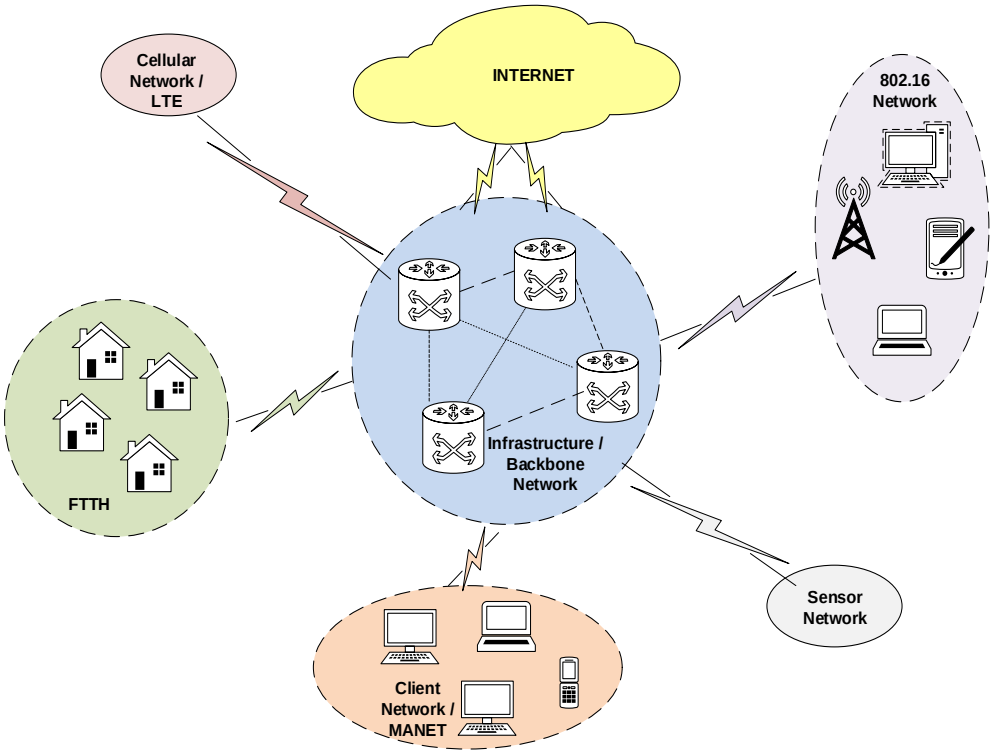
Фиг. 1. Приложения с дълговремеви зависимости

Тези нови тенденции насочват вниманието към интензивна подкрепа за изграждане на мрежи за широколентов достъп от следващо поколение - (Next Generation Access – NGA [4, 5]), които с потенциала си, ще способстват за усъвършенстването на всички аспекти на широколентовата технология и широколентовите услуги. NGA и в частност UBcN мрежите ще имат скоростта и капацитета да доставят съдържание с висока разделителна способност (видео или телевизионно), да доставят множество модерни комбинирани цифрови услуги с много висока скорост, да поддържат по поръчка взискателни към скоростта приложения, както и да доставят на клиенти ценово достъпни симетрични широколентови връзки [11, 14, 15, 16].

Конвергенцията между интегрираните терминални устройства и услуги се разширява все повече, което прави всички типове информация като гласови услуги, информационни и мултимедийни услуги по-достъпни за крайния потребител [6,9,13]. Телекомуникационните и услугите за разпространение на информация се обединяват и се предоставят на мобилните устройства. Използват се услуги за множествено разпространение (Multiple Play Service), които комбинират гласовите повиквания с интернет и услугите за разпространение в множество различни по характер мрежи за достъп [1].

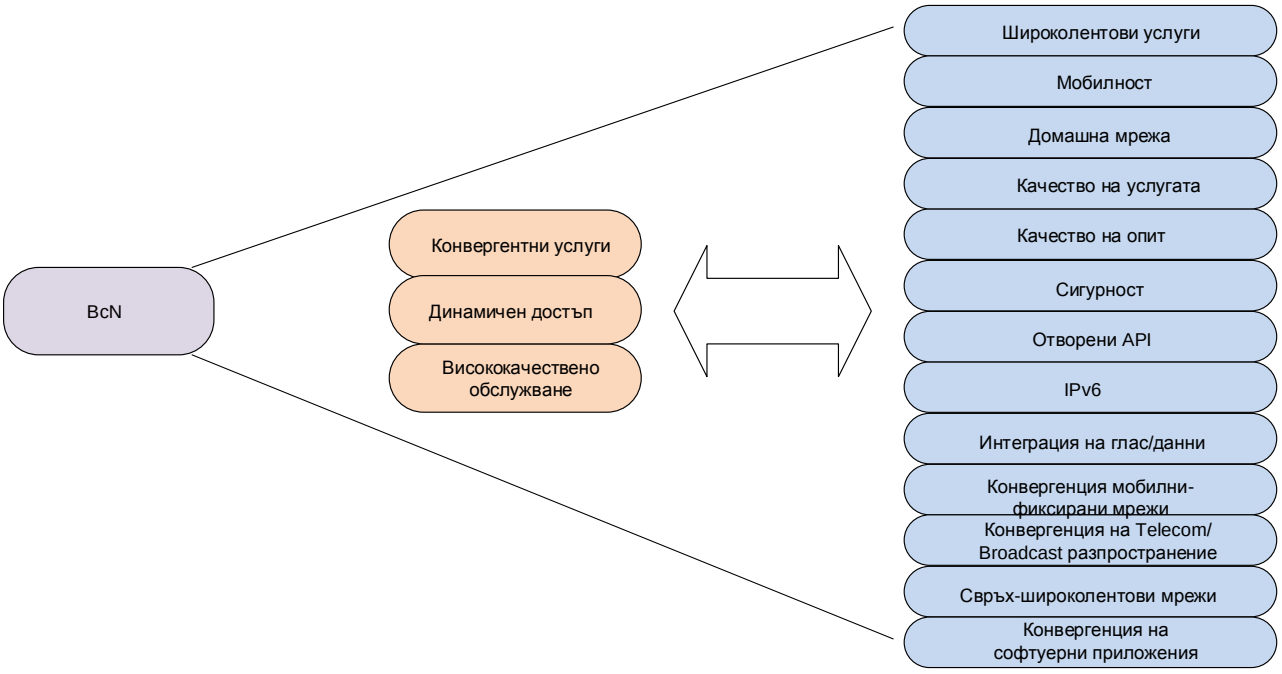
2.Конвергентни мрежи и ултра конвергентни мрежи

Ултра-широколентовите конвергентни мрежи (фигура 2) представляват IP базирани мрежи с интегрирани услуги, достъпни от разнообразни и динамични точки на достъп, безжичен достъп и оптични връзки, като FTTH (Fiber To The Home), FTTB (Fiber To The Building), FTTC (Fiber To The Cabinet), HFC (Hybrid Fiber Coaxial) и широколентови мрежи BHN (Broadband Home Network), VDSL, WiBro и т.н. Като скоростта на предаване, честотната лента, качеството на обслужване QoS (Quality of Service) и качеството на опит QoE (Quality of Experience), трябва да бъдат изпълнени [3, 8, 10].



Фиг. 2. Примерна схема на UbcN

Разнородният характер на трафика, както и удоволетворяването на новите параметри (фигура 3) налага усъвършенстване на съществуващите модели на телетрафични системи с марковски закони на входящия и обслужващия потоци [5]. За симулацията на видео трафик, предаване на пакети и моментен пик при обслужване в дадено комуникационно устройство, се използва себеподобен трафик с висока автокорелация. Мрежите от опашки с дълговремеви зависимости на обслужване описват типа на действие на последователни маршрутизиращи устройства.



Фиг. 3. Надграждане на BcN до UBcN

Висококоростни 40G/100G IP & Optical & клъстерен маршрутизатор от ново поколение се моделира с различни полумарковски закони на входящия и обслужващия потоци и с приоритетни заемания на обслужващата система [18].

3. Оптични трасета и устройства, част от UBcN

Гарантирането на QoS и QoE при предаването на данни в широколентовите конвергентни мрежи е в пряка зависимост от възникващите блокировки в отделни възли [2, 3, 13]. Създаването на телетрафични модели за симулация и оценката на вероятностните параметри за блокировка са едни от основните задачи при планирането и проектирането на мрежите. Основните проблеми, които възникват при моделиране, са свързани с необходимостта от установяване на вероятностните параметри на качеството на обслужване, като събития, получени в резултат от претоварването на мрежата и смущенията при пренасяне на информация. Задачата при конвергентните широколентови мрежи се усложнява поради разнородния характер на трафичните източници и необходимостта от модифициране на моделите.

В процеса на предаване на информация през оптичния канал приемникът трябва да е в състояние да получава отделни битове без грешки. Грешките се появяват, когато приемникът не може да декодира битовете правилно. За различните скорости приемникът има различни степени на грешки. Именно затова вероятността за поява на сгрешен бит е качествена оценка на една оптична комуникационна мрежа. Една крайна оптична система трябва да има вероятност за поява на сгрешен бит в порядъка от 10^{-9} до 10^{-12}; с други думи за всеки 10^{9} предадени бита се допуска не повече от 1 сгрешен бит.

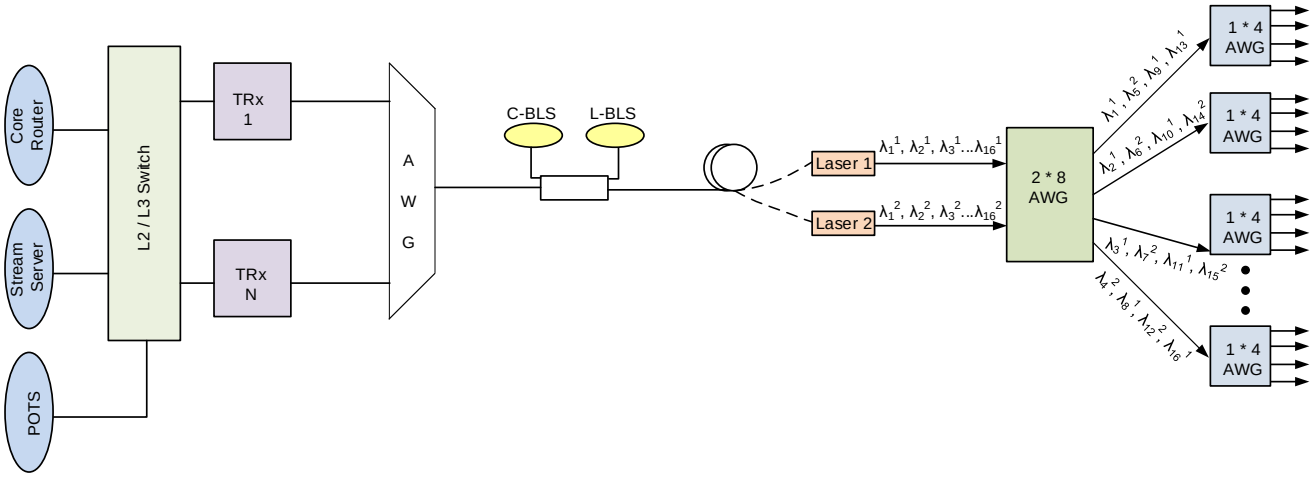
Маршрутизаторите и комутаторите са обект на изследване с помощта на примерна телетрафична система от тип Erl/D/1/N, като се изследват QoS параметри като блокировка и препълване на буфера, загуба на пакети, BER и BLER [5, 8] .

4. Телетрафичен модел на оптични трасета и устройства за UBcN мрежи

Гарантирането на качеството на обслужване в оптичните магистрали и маршрутизатори са критични точки при предаването на високоскоростна информация.

Освен разширяването на обхвата на услугите, в новите поколения мрежи се цели намаляване на оперативние разходи, така DWDM Супер-PON цели увеличаване на обхвата на разпространение, като множеството възможни разклонения да са множество, за разлика от PON [12]. Подходящото разполагане на оптичните усилватели, допуска достатъчно захранване на системата. Въпреки че единичната дължина на вълната при SPON има ограничение в честотната лента, се споделя с множество оптични устройства (ONUs).

Прилагайки DWDM SPON, се изпълнява препоръката да се увеличи честотната лента, както и предоставяне на няколко вълни в двете посоки. Моделът, представен на фигура 4, илюстрира добавянето на нови AWG, с определени вълни. Моделирайки системата в телетрафичен изглед, трябва да се зададе дълговремева зависимост и два лазера, единият е с геометрично разпределение, а другият - с Парето разпределение, за да се симулира адекватно комбиниран тежък и неравномерен трафик. Телетрафичната системата се обслужва с геометричен закон на разпределение поради дълговремевите зависимости.



Фиг. 4. Телетрафичен модел

Телетрафична система с входящ поток, постъпващ със закон на разпределение Ерланг, с коефициент на вариация по-малък от единица, където случайната променлива X е разпределение на два параметъра. Параметърът на формата β е цяло положително число $\beta=t$, поради което разпределението се обозначава като $ERL(\alpha,\beta)$, като процесът на обслужване е детерминиран D, а местата за обслужване в системата са N. Този модел е използван за аналитично представяне на многофункционални мрежови архитектури като *NGWN*, IP базирани [5, 17], като UBcN и оптични мрежи, където качеството на обслужване е гарантирано.

Една времева последователност на разпределение на Ерланг, съдържа k последователни идентични фази, всяка от които има експоненциално разпределение, като го правят реалистичен за използване при такъв тип системи.

Ако времеинтервалите между постъпване на повикванията на даден стохастичен процес са идентично и експоненциално разпределени, то времената между първата и $(t+1)^{-та}$

заявка за $x \geq 0$ и k=1,2... имат разпределение на Ерланг със следния интегрален и диференциален закон даден в (1) и (2) [9,13]:

$$F(t) = 1 - e^{-k\mu t} \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(k\mu t)^i}{i!} \quad (1)$$

$$G(t) = \frac{k\mu (e^{-k\mu t})^{k-1}}{(k-1)!} e^{-k\mu t} \quad (2)$$

Параметрите μ и t при зададени средна стойност и коефициент на вариация Cor_V се получават като (3).

$$\mu = \frac{1}{Cor_V^2 k \overline{X}} e^{-k\mu t}, k = \frac{1}{Cor_V^2} \quad (3)$$

Първоначално се разглеждат две паралелни опашки с експоненциален закон на разпределение на входящите потоци на обслужването с Поасоново разпределение, с цел верифицирането на системата и настройване на входните параметри. Избират се капацитет за обслужване за първата опашка и капацитет за обслужване на втората опашка. Задава се определена относителна грешка в рамките на 5% или 10%, като всеки от експоненциалните входящи потоци е с различен или еднакви интензитети. Задават се приоритети за всеки от входящите потоци. След направените симулационни изследвания за вероятността за блокировка, се изчисляват и аналитичените вероятности за блокировка със същите входни данни, след направено сравнение на резултатите, се установява липсата на грешка в симулацията.

Таблица 1. Симулационни изследвания на два паралелни входящи потока - Геометричен или Парето, обслужвани с детерминиран обсужващ поток, N= 90, динамични приоритети

Детерминиран обслужващ поток	**Първи входящ поток с Геометрично или Парето разпределение**	**Втори входящ поток с Геометрично или Парето разпределение**	**Динамичен приоритет на първи и втори входящ поток**		**Симулационна вероятност за блокировка**
0,5	0,5	Парето	30	30	4,00E-10
	Парето	0,5	30	30	1,11E-09
		0,5	30	30	4,00E-10
	0,2	Парето	50	40	8,00E-12
	0,4		30	60	3,59E-08
0,48	0,3	Парето	30	60	3,59E-08
0,44	0,2	Парето	40	60	4,29E-08
	0,25		60	60	3,59E-08
0,4	0,2	Парето	50	40	2,70E-11
			50	40	4,63E-12
			50	40	5,12E-13
			60	50	1,76E-08
			40	60	5,93E-08

След верификацията на изследвнията с марковските потоци се разглежда и телетрафична система с два паралелни входящи потока, единият от които е с геометрично разпределение, а другият - с Парето разпределение, с цел да се симулира тежък и неравномерен трафик. Симулационната вероятност за блокировка е в порядък до 10^{-13}, част

от резултатите са поместени в таблица 1. Телетрафичната системата се обслужва с геометричен закон на разпределение. Максималният капацитет на опашката е N=90, като двата входящи потока могат да използват поравно или на случаен принцип капацитета на опашката. Третата възможност за използване на ресурса на опашката е единият поток да заеме цялата опашка, а другият поток да заема свободния ресурс, останал след първоначалното заемане от приоритетния поток.

Гениалността на А. Ерланг, въвеждайки вероятностната теория, е неоспорима. Законът на разпределение на Ерланг описва система с дълговремева зависимост и тежък характер, но комбинацията с детерминиран поток на обслужване е с голяма важност за изследванията на конвергентни мрежи.

5. Заключение

Съвременните мрежи предостяват различни телекомуникационни услуги. Различните трафични източници водят до различни видове трафик. Симулацията на такива трафични системи е свързана с моделирането на опашки с дълговремеви зависимости, при което ресурсите на системите варират в широки граници [7]. Разработване на усъвършенствани телетрафични модели на телетрафични системи с една и няколко опашки, които се използват в ултра-широколентовите конвергентни мрежи, би намалило значително времето и ресурсите за изследване на разработваните телекомуникационни устройства от ново поколение. Създаване на алгоритми и методика за симулационно моделиране на оптични устройства с трафични източници с разпределение на входящите потоци би било добър подход за изследване на блокировки.

Литература

[1] Eunyoung Lee, Plans and Strategies for UBcN Networks and Services, Journal of Information Processing Systems, Vol.6, No.3, September 2010,

[2] Gao, X. G. and Wu, T. Miki, “End-to-end QoS provisioning in mobile heterogeneousnetworks,” IEEE Wireless Commun., Jun., 2004

[3] Fu X., T. Chen, A. Festag, H. Karl, G. Schaefer, and C. Fan, Secure, QoS-Enabled Mobility Support for IP-based Networks, IPCN’2003, Dec. 2003.

[4] Mihaylov Gr., T. Iliev, E. Ivanova. Algorithm for Content Adaptation of Multimedia Information.// International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications (IJEBEA), 2015, No 11, pp. 1-7, ISSN 2279-0039

[5] Radev, D. Modeling of Rare events in broadband digital networks. Sofia, 2006, p.343.

[6] Radev D., E. Rashkova, D. Stankovski. Simulation Modelling of Overflow Probabilities in Tandem Queueing System. IN: ICEST, Ohrid, Mecedonia, 2007

[7] Radev, D. Rare Event Simulation of Stochastic Markov Processes. Journal of Union of Scientists Rousse, 2007, vol. 6, book 1, 9-15

[8] Radeva S., Otsetova-Dudin E., Radev D., Blocking probability simulation at broadband handover with three level priority scheme, The European simulation and modeling conference 2013, ESM’13, Lancaster, United Kingdom, pp. 154-159

[9] Tsvetanov F., K. Tsvetanov, E. Ivanova, Iv. Georgieva. Modelling and Simulation of Communication Efficiency in Low-Speed Networks. IN: 22nd Telecommunications Forum TELFOR 2014, Belgrade, Serbia, 2014, pp. under press

[10] ITU-R Confers IMT-Advanced (4G) Status to 3GPP LTE" (Press release). 3GPP. 20 October 2010. Retrieved 18 May 2012.

[11] ITU-T NGN Technical Workshop Final report (Jeju Island, Republic of Korea, 14-15 March 2005)

[12] ITU-T Recommendation M.3060/Y.2401, Principles for the Management of Next Generation Networks, 2006
[13] ITU-T Recommendations, Y.2111, Quality of Service and performance, Resource and admission control functions in Next Generation networks, 2006
[14] ITU-T Recommendation Y.2011, General principles and general models for NGN, 2006
[15] Parkvall S., 3G Evolution – HSPA and LTE for Mobile Broadband, Ericsson research, February 2008
[16] ITU press release, "ITU World Radiocommunication Seminar highlights future communication technologies", December 2010, available at http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/48.aspx LTE – an introduction, Ericsson whitepaper, June 2009
[17] WiMAX Forum. Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation. June, 2006
[18] Ultra Broadband Whitepaper, HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.Huawei Industrial BaseBantian LonggangShenzhen 518129, P.R. China

За контакти:
Гл. ас. д-р Елена Пл. Иванова,
катедра „Телекомуникации"
Русенски университет „Ангел Кънчев"
E-mail: epivanova@uni-ruse.bg

Доц. д-р Теодор Б. Илиев,
катедра „Телекомуникации"
Русенски университет „Ангел Кънчев"
E-mail: tiliev@uni-ruse.bg

Гл. ас. д-р Григор Й. Михайлов
катедра „Телекомуникации"
Русенски университет „Ангел Кънчев"
E-mail: gmihaylov@uni-ruse.bg

Bulgaria Communications Chapter

СИМУЛАЦИЯ НА ДИСПЕРСИЯТА В КРЪГЛИ ОПТИЧНИ ВЛАКНА

Жейно И. Жейнов

Резюме: В статията се предлага методика за изчисляването и на дисперсията в кръгли оптични влакна със стъпален и параболичен профил на показателя на пречупването. Тя се базира на оптичните свойства на материала на влакното. Сравнени са оптични влакна, които работят в едномодов и многомодов режим. Приложени са инженерни формули за изчисление и софтуер за симулация. Включени са примери за изчисление на оптични влакна.
Ключови думи: Дисперсия, стъпално оптично влакно, параболично оптично влакно.

Simulation of the dispersion in optical fibers

Zhejno I. Zhejnov

Abstract: In the article a method for calculation of the dispersion in step-index and parabolic-index optical fibers is proposed. It is based on the optical properties of the fiber material. The optical fibers working in single mode or in multimode condition are compared. Engineering formulas for calculations and software for simulation are enclosed. Examples for calculation of optical fibers are included.
Keywords: Dispersion, step-index fiber, parabolic-index fiber.

1. Увод

Най-важните предавателни характеристики на оптичните влакна са затихването/загубите (attenuation/loss) и ширината на лентата на пропускане (bandwidth).

В момента силициевите влакна имат загуби под 0.2 $[\frac{dB}{km}]$. То е получено чрез усъвършенстване на технологията на производство и дизайна и е фундаменталната долна граница на загубите за стъклените влакна.

Ширината на лентата на пропускане на влакната се ограничава от дисперсията на сигнала. Лентата на пропускане определя броя на битовете информация, предадени за единица време. Съвременните оптични влакна осигуряват лента на пропускане десетки Gbit/s за линии, дълги няколко километра.

Дисперсията в оптичното влакно представлява разширение на оптичния импулс и оттук - деградация на цифровия сигнал. Тя се обуславя от различни причини – конструкция на влакното, режим на работа, зависимост на коефициента на пречупване на материала, от който е произведено влакното, от дължината на вълната на оптичното лъчение, деформации и неравномерности и др.

2. Изложение

Механизмите на дисперсията са модовата/междумодовата дисперсия (Intermodal Dispersion), хроматичната дисперсия (Chromatic Dispersion), поляризационната модова дисперсия (Polarization Mode Dispersion). Дисперсията се дели на междумодова (модова) и вътрешномодова (хроматична). Хроматичната дисперсия има две компоненти – структурна (вълноводна) и материална. При едномодово разпространение междумодовата дисперсия липсва. Общата дисперсия е алгебричната сума на компонентите на хроматичната дисперсия.

Когато във вълновода се разпространяват няколко моди, те се движат по оста му с различни групови скорости. Ако на входа на влакното се подаде единичен правоъгълен импулс, на изхода на влакното импулсите, пренасяни от отделните моди, преминават за различно време. Импулсът, пренасян от най-бавната (низша) мода, означена с индекс *m=0*, пристига най-късно, докато импулсът, пренасян от най-бързата (най-висшата) мода, пристига най-рано. В резултат от суперпозицията на полетата на отделните моди формираният на изхода правоъгълен импулс е удължен. В общия случай на края на влакното входната форма на светлинния импулс се изкривява, когато в изхода се сумират полетата на отделните моди. Части от вълната пристигат в изхода на влакното преди други нейни части, като излизат извън формата ѝ.

Модовата дисперсия може да бъде оценена като се намерят времената на преминаване на най-бавната (низшата) – t_0 и най-бързата (най-висша) мода – t_m. За влакно с дължина L те са обратно пропорционални на фазовата скорост на модата $\mathrm{v_m}$ и са съответно:

$$t_0 = \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{v_0}} \approx \frac{Ln_1}{c} \ , t_m = \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{v_m}} \approx \frac{Ln_2}{c} \qquad (1)$$

където с n_1 е означен коефициентът на пречупване на сърцевината, а с n_2 - коефициентът на пречупване на обвивката на влакното. Оттук разширяването на импулса вследствие модовата дисперсия на разстояние L е ΔT:

$$\Delta T \approx t_0 - t_m = \frac{L}{c}(n_1 - n_2) \approx \frac{L}{2cn_1} NA^2 \ , \qquad (2)$$

където *NA* е числовата апертура на влакното.

Установено е, че при големи дължини L на световодната линия случайните нееднородности по протежението на влакното предизвикват енергиен обмен между модите. Това взаимодействие се проявява при разстояния $L > L_1$, където $L_1 = 1 \div 3\ km$ означава разстоянието на установило се взаимодействие.

Модовото дисперсионно разширение може да се пресметне по метода на геометричната оптика. При радиално стъпалните влакна то се описва с израза в [1]:

$$t_m = 0.68 \frac{\sqrt{LL_1}}{c} n_1(\lambda_0)\Delta(\lambda_0) \ , \qquad (3)$$

където $\Delta = \frac{n_1^{\ 2} - n_2^{\ 2}}{2n_1^{\ 2}}$.

При параболичните влакна модовото дисперсионно разширение се описва с израза:

$$t_m = 0.34 \frac{\sqrt{LL_1}}{c} n_1(\lambda_0)\Delta^2(\lambda_0) \qquad (4)$$

Многомодовата дисперсия не зависи от спектралната ширина на светлинния източник, който възбужда влакното. Дори единична дължина на вълната може едновременно да се пренася чрез множество вълноводни моди. Многомодовата дисперсия липсва в едномодовите вълноводи. Разширението на импулса обаче не изчезва и при едномодовите влакна, тъй като груповата скорост, асоциирана с фундаменталната мода, е честотно зависима в спектралната ширина на сигнала заради хроматичната дисперсия.

Хроматичната дисперсия съществува във всички видове оптични влакна. Деформирането на оптичния импулс става поради крайната спектрална ширина $\Delta\lambda$ на оптичния източник и на модулираната централна дължина на вълната λ_0.

Хроматичната дисперсия има два механизма.

Първият от тях е зависимостта на индекса на пречупване на материала от дължината на вълната на светлината, т.е. $n = n(\lambda)$ и като следствие от това различна скорост на разпространение за различните дължини на вълните в спектъра на сигнала. Този тип дисперсия е известен като материална.

Различните спектрални компоненти в светлинния импулс пътуват по влакното с различна групова скорост. Всеки информационен сигнал е вълнов пакет и поради това се премества с групова скорост v_g, а не с фазовата скорост на вълната.

$$v_g = \frac{c}{n - \lambda \frac{dn}{d\lambda}} = \frac{c}{n_g} \tag{5}$$

В (5) n_g е групов индекс на показателя на пречупване.

$$n_g = n - \lambda \frac{dn}{d\lambda} \tag{6}$$

Ако $\Delta\lambda$ е спектралната ширина на оптическия импулс, разширението на импулса ΔT за материала с дължина L се дава с израза:

$$\Delta T = L D_{mat} \Delta\lambda. \tag{7}$$

където D_{mat} е параметър, характеризиращ относителната дисперсия на материала. D_{mat} се пресмята така:

$$D_{mat} = \frac{1}{c}\frac{dn_g}{d\lambda} = -\frac{\lambda}{c}\frac{d^2 n}{d\lambda^2} \quad [\frac{ps}{km.nm}] \tag{8}$$

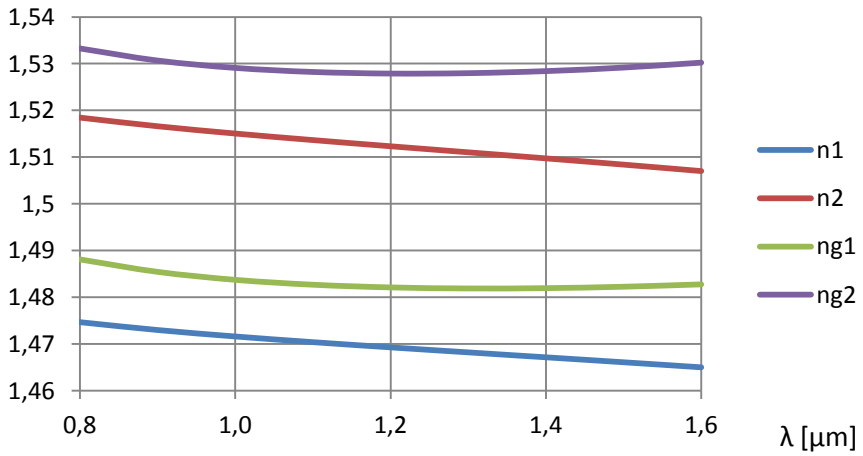
Опитните резултати за D_{mat} на стопен силиций като функция на дължината на светлинната вълна показват, че тя нараства монотонно с дължината на вълната, но има инфлексна точка в $\lambda = \lambda_{zd}$, при която дисперсията $D_{mat}(\lambda_{zd}) = 0$. При $\lambda < \lambda_{zd}$ дисперсията има отрицателен знак (нормална), при което по-дългите вълни се движат по-бързо от по-късите, а за $\lambda > \lambda_{zd}$ дисперсията става положителна (аномална), при което по-дългите вълни се движат по-бавно от по-късите.

Чрез подходящ подбор на влакна от различен материал и съответно с различен знак на дисперсиите може да се получи компенсация на дисперсията за трасето за определена лента от дължини на вълните [2].

Зависимостта $n(\lambda)$ на материала на сърцевината и обвивката е сложна. Обикновено тя се описва с уравнението на Селмайер (Sellmeier)

$$n^2(\lambda) = 1 + \sum_{i=1}^{3} \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2}, \tag{9}$$

където параметрите A_i и λ_i (i=1,2,3) се определят на основата на експериментални данни по метода на най-малките квадрати. Чрез (9) от коефициентите, публикувани в [3], са пресметнати стойностите на показателя на пречупване за 2 силициеви стъкла, ползвани при изработката на оптични влакна. По стойностите на $n(\lambda)$ чрез (6) се изчислява зависимостта $n_g(\lambda)$ и от (5) – на $v_g(\lambda)$. Графики на тези зависимости са дадени на фигура 1.



Фиг. 1. Индекс *n* и групов индекс *ng* на показателя на пречупване за два вида стъкла

Вторият механизъм на хроматичната дисперсия е зависимостта на разпределението на енергията между сърцевината и обвивката на влакното от дължината на вълната, познат като вълноводна дисперсия. Вълноводната дисперсия присъствува в едномодово оптично влакно и липсва в радиално-градиентните влакна.

Пълната хроматична дисперсия D_{cr} е сума от материалната дисперсия D_{mat} и вълноводната дисперсия D_{wg} , т.е.:

$$D_{cr}(\lambda) = D_{mat}(\lambda) + D_{wg}(\lambda) \quad . \tag{10}$$

Ако оптичен импулс със спектрална ширина $\Delta\lambda$ и $\Delta\varpi$ и вариация на константата на разпространение $\Delta\beta$ се разпространява във вълновод, груповата скорост [4] е:

$$v_{g.eff} = \frac{d\omega}{d\beta} \tag{11}$$

Разширението на импулса $\Delta\tau$ в радиално-стъпални влакна с дължина L е:

$$\Delta\tau = \mathrm{L}\frac{d(\frac{1}{v_{g.eff}})}{d\lambda}\Delta\lambda = LD_{wg}\Delta\lambda \tag{12}$$

Параметърът D_{wg} се нарича вълноводна дисперсия:

$$D_{wg} = \frac{d(\frac{1}{v_{g.eff}})}{d\lambda} = -\frac{\lambda}{c}\frac{d^2 n_{eff}}{d\lambda^2} \quad [\frac{ps}{km.nm}]. \tag{13}$$

Константата на разпространението β е нелинейна функция на нормираната честота V на влакното.

$$V = 2ak\sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{2\pi a}{\lambda}NA = \frac{a\omega}{c}NA \tag{14}$$

Вълноводната дисперсия D_{wg} се дава с израза:

$$D_{wg} = -\frac{\omega}{\lambda}\frac{d(\frac{1}{v_{g.eff}})}{d\omega} = -\frac{1}{2\pi c}V^2\frac{d^2\beta}{dV^2} \tag{15}$$

При многомодово радиално-стъпално влакно забавянето на импулса τ_{wg} от вълноводната дисперсия е:

$$\tau_{wg} = \frac{2}{\sqrt{3}}\frac{\Delta\lambda.L}{\lambda_0 c}n_1(\lambda_0)\Delta(\lambda_0) \; . \tag{16}$$

Зависимостта на D_{wg} от λ може да се управлява чрез промяна на радиуса на сърцевината, числовата апертура и V параметъра на влакното.

Вижда се, че хроматичната дисперсия е право пропорционална на спектралната ширина на източника $\Delta\lambda$. Вълноводната дисперсия може да се намали като се намали относителната разлика Δ между коефициентите на пречупване n_1 и n_2. В полупроводниковидите лазери $\Delta\lambda$ (1-5 nm) е само части от процента от носещата λ_0. При LED обаче $\Delta\lambda$ (20-100 nm) е значително по-голяма. Колкото е по-голяма спектралната ширина на светлинните предаватели, толкова са по-големи разликите в задръжките при разпространението на техните отделни спектрални компоненти. Типичните стойности на D_{cr} за обикновените оптични влакна е около 15-18 $[\frac{ps}{km.nm}]$.

В едномодовите оптични влакна оптичният сигнал се пренася от линейно-поляризираната фундаментална мода LP_{01}, която има два ортогонални компонента на полето. В реалните влакна коефициентите на пречупване n_g са $n_{gx} \neq n_{gy}$ и двете моди с ортогонални поляризации се разпространяват с различна групова скорост - $v_{gx} \neq v_{gy}$. Освен това поляризацията варира по протежението на влакното. В резултат изходният импулс се разширява. Този ефект се нарича поляризационно модова дисперсия (PMD).

Поляризационната модова дисперсия е случаен процес. Разширението на импулса поради PMD се дава в [5] с израза:

$$\Delta T_{PMD} = D_{PMD}\sqrt{L}\ [\frac{ps}{\sqrt{km}}]\ , \tag{17}$$

където L е дължината на влакното, а D_{PMD} е PMD параметър. При съвременните влакна тя има стойност 0.1-0.8 $[\frac{ps}{\sqrt{km}}]$ и е в пъти по-малка от хроматичната дисперсия. Поляризационно модовата дисперсия се отчита задължително при високоскоростни комуникации над 10 Gbit/s.

Нека разгледаме световодна линия, която съдържа световод с дължина L , реализиран с радиално-стъпално оптично влакно. Влакното има коефициенти на пречупване на сърцевината n_1 , на обвивката n_2 и радиус на сърцевината a. Ще анализираме дисперсията на световода, който работи в условия на едномодов режим.

Ширината на изходния кодов информационен импулс τ_{out} се получава като геометрична сума на дисперсионното разширение τ_{cr} с ширината на входния импулс τ_{in}:

$$\tau_{out}^2=\tau_{in}^2+\tau_{cr}^2 \tag{18}$$

Материалната дисперсия се пресмята съгласно (7), (8):

$$\tau_{mt} = -\frac{(\Delta\lambda)_s}{\lambda_0}\frac{L}{c}\lambda_0^2\frac{d^2n_2(\lambda_0)}{d\lambda^2} \tag{19}$$

За вълноводната компонента на хроматичната дисперсия при едномодово разпространение е необходимо достатъчно точно решение за функцията $\beta(\lambda)$ на модата H_{11}. Общият израз, изведен в [6], е:

$$\tau_{wg} = -\frac{(\Delta\lambda)_s}{\lambda_0}\frac{L}{c}\frac{n_1^2(\lambda_0)}{n_2(\lambda_0)}\Delta(\lambda_0)[V\frac{d^2(bV)}{dV^2}](\lambda_0) \tag{20}$$

В (20) участват нормираната честота V и нормирания фазов параметър b, който се представя по следния начин:

$$b = \frac{\beta^2 - n_2^2k^2}{n_1^2k^2 - n_2^2k^2}, \tag{21}$$

Изразът в средните скоби в (20) може да се получи чрез числено решаване на точното характеристично уравнение на радиално-стъпален световод за основната мода и намиране на функцията $b = b(V)$.

После се изчислява $V\frac{d^2(bV)}{dV^2}$ като функция V.

3. Пример за изчисление на компонентите на дисперсията

Нека пресметнем и изобразим дисперсионните разширения τ_{wg}, τ_{mt} и τ_{cr} на кодов импулс в цилиндричен многомодов радиално-стъпален и параболичен световод за дължини на вълните на оптичното лъчение $\lambda \in [0.8,1.6]\ \mu m$. Дължината на световода е L= 10 km .

Ширината на вълновата лента на оптичния източник е $(\Delta\lambda)_s$=0.001 μm. Радиусът на сърцевината на влакното е $a = 3\ \mu m$.

С експеримент $n(\lambda)$ за сърцевината на влакното от легиран кварц е определено [82] и в интервала $[0.8, 1.6]\ \mu m$ се представя аналитично чрез апроксимация с ред на Тейлор в областта на $\lambda = 1.3\ \mu m$ като:

$$n_1(y) = 1.46 - 0.013y \quad - 0.0058y^3 + 0.0024y^4\ , \tag{22}$$

където $y(\lambda) = \lambda - 1.3\ \mu m$. Прави се полиномиална апроксимация и за $\Delta(y)$:

$$\Delta(y) = 0.003 + 0.000026y + 0.00002y^2. \quad (23)$$

От $n_1(\lambda)$ и $\Delta(\lambda)$ се изчислява $n_2(\lambda)$ по формулата:

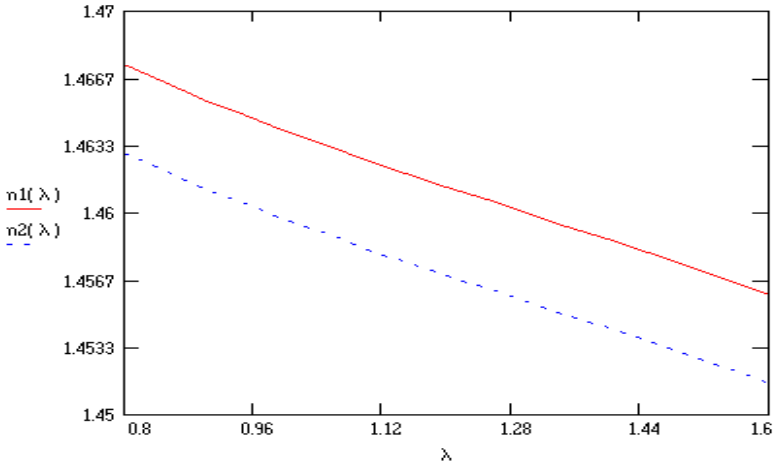
$$n_2(\lambda) = n_1(\lambda)\sqrt{1 - 2\Delta(\lambda)} \quad (24)$$

В интервала [1.3,2.4] V се апроксимира с грешка до 5% като:

$$V\frac{d^2(bV)}{dV^2} = 0.08 + 0.549(2.834 - V)^2. \quad (25)$$

Пресмята се и производната, участваща в израз (20).

Формулите, описващи модела на дисперсия, бяха въведени в програма на MathCad и бяха получени съответните графики. На фигура 2 са представени зависимостите $\boldsymbol{n_1(\lambda)}$ и $\boldsymbol{n_2(\lambda)}$ за разглежданите световоди.

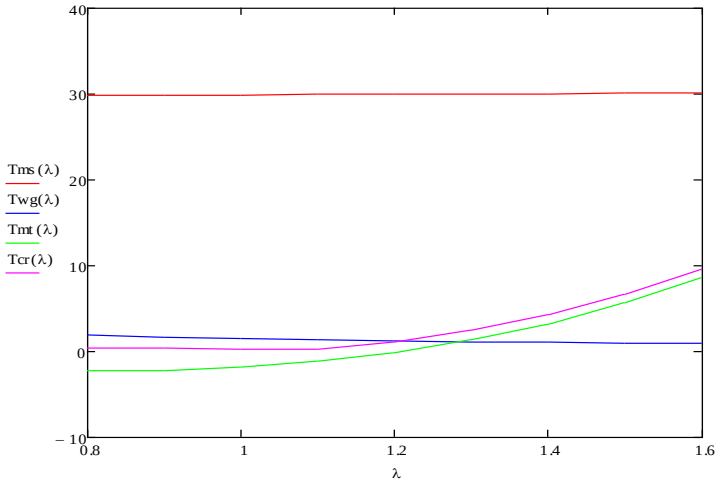


Фиг. 2. Зависимости $n_1(\lambda)$ и $n_2(\lambda)$

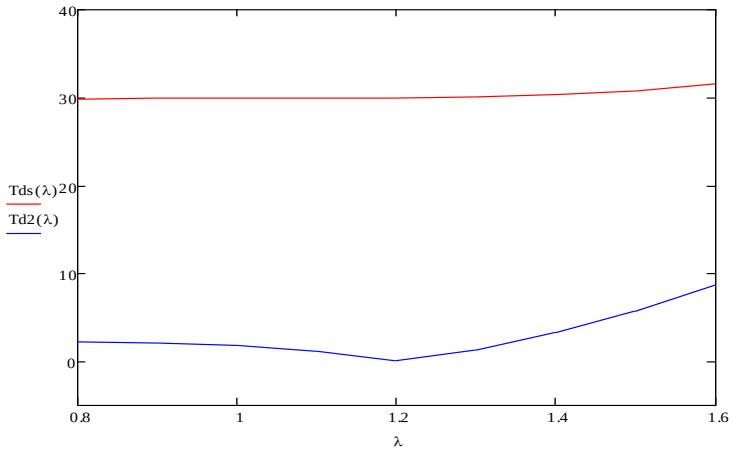
На фигура 3 са представени графики на отделните компоненти на дисперсионното разширения на кодовите импулси (КИ) $[\boldsymbol{ns}]$ като функция на $\boldsymbol{\lambda}\,[\boldsymbol{\mu m}]$ при този стъпален вълновод. От тях се вижда, че материалният и вълноводният дисперсионен ефект при влакното могат взаимно да се компенсират при дадена стойност $\boldsymbol{\lambda_0}$ на дължината на вълната (за случая $\boldsymbol{\lambda_0 \approx 1.37\ \mu m}$).

На фигура 4 са построени общите дисперсионни разширения за многомодовите стъпален световод τ_{ds} $[\boldsymbol{ns}]$ и параболичен световод $\tau_{d2}[\boldsymbol{ns}]$.

Модовата дисперсия за двата типа влакна се определя по формули (3) и (4).



Фиг. 3. Компоненти на дисперсионното разширение на КИ при радиално-стъпален вълновод: $\boldsymbol{T_{ms}(\lambda)}$ -модова, $\boldsymbol{T_{wg}(\lambda)}$ –вълноводна, $\boldsymbol{T_{mт}(\lambda)}$ – материална, $\boldsymbol{T_{cr}(\lambda)}$ - хроматична.



Фиг. 4. Общи дисперсионни разширения за стъпален (τ_{ds}) и параболичен световод (τ_{d2})

4. Заключение

Качествените показатели на световодните линии се определят от затихването и дисперсионните свойства на влакната. При известна зависимост $n(\lambda)$ за материала, от който е изработено влакното и конструктивните параметри на вълновода могат да бъдат пресметнати аналитично компонентите на хроматичната дисперсия. Чрез промяната им и чрез добавяне на допълнителни участъци от оптични влакна с хроматична дисперсия с обратен знак на внасяната от основното влакно, общата дисперсия може да се намали в определен вълнов диапазон и да се нулира за определена дължина на вълната.

При стъпалните влакна модовата дисперсия доминира над хроматичната.

При параболичните влакна хроматичната дисперсия е много по-голяма от модовата.

Вълноводната дисперсия е по-малка по абсолютна стойност от материалната и съществено влияе на дължината на вълната, за която се нулира хроматичната дисперсия.

Общата дисперсия в градиентните влакна при многомодово разпространение е по-малка от тази в стъпалните влакна.

Литература

[1]. Kaminiov, I., Li, T. Optical Fiber Telecommunications IVA. Components. Academic Press, London. 2002.

[2]. Наний, О., Гладишевский, М., Щербаткин, Д. Хроматическая дисперсия и методы ее компенсации. Opticтelecom, 2002.

[3]. Адамс, Майкл. Введение в теорию оптических волноводов. Превод от англ.. Мир, Москва, 1984.

[4]. Yariv, A., Yeh, P. Photonics. 6-th Edition. Oxford University Press, New York, 2007.

[5]. Bottacchi, Stefano. Multi-gigabit Transmission Over Multimode Optical Fiber. John Wiley & Sons, Inc.. Chippenham, Great Britain, 2006.

[6]. Фердинандов, Е., Митев, Цв. Световодни комуникационни системи, том 1. Сиела – Софт енд паблишинг, София, 2001.

За контакти:
Ас. Жейно Ив. Жейнов
Катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: zh_viv@abv.bg

ОПТИМИЗИРАНЕ НА ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТТА НА ЕКСПЛОАТАЦИОННИЯ ЦИКЪЛ НА МРЕЖОВО ОБОРУДВАНЕ И КОМУНИКАЦИОННИ УСТРОЙСТВА

Павел Джунев, Гергана Калпачка

Резюме: Целта на настоящия доклад е да се предложи модел, с който да се определя колко пъти е целесъобразно да се прави ъпгрейд или подмяна на повреден компонент преди да се замени оборудването с ново.
Ключови думи: ъпгрейд, мрежово оборудване, експлоатационен цикъл.

Optimize Life Usability of Network Equipment and Communication Devices

Pavel Dzhunev, Gergana Kalpachka

Abstract: The target of this article is to propose a model with which to determine how many times it is appropriate to make the upgrade or replacement of the faulty component before replacing equipment with new.
Keywords: upgrade, network equipment, life cycle of network equipment

1. Въведение

От много голямо значение преди подмяната на компоненти (ъпгрейд), подмяна на повредена и/или добавяне на нова платка, например допълнителна памет, модули, карта за IP телефония, гигабитови интерфейси и др., е да се определи дали не е икономически по-целесъобразно да се замени тази конфигурация с нова.

Целта на настоящия доклад е да се предложи модел, с който да се определя колко пъти е целесъобразно да се прави ъпгрейд или подмяна на повреден компонент преди да се замени оборудването с ново.

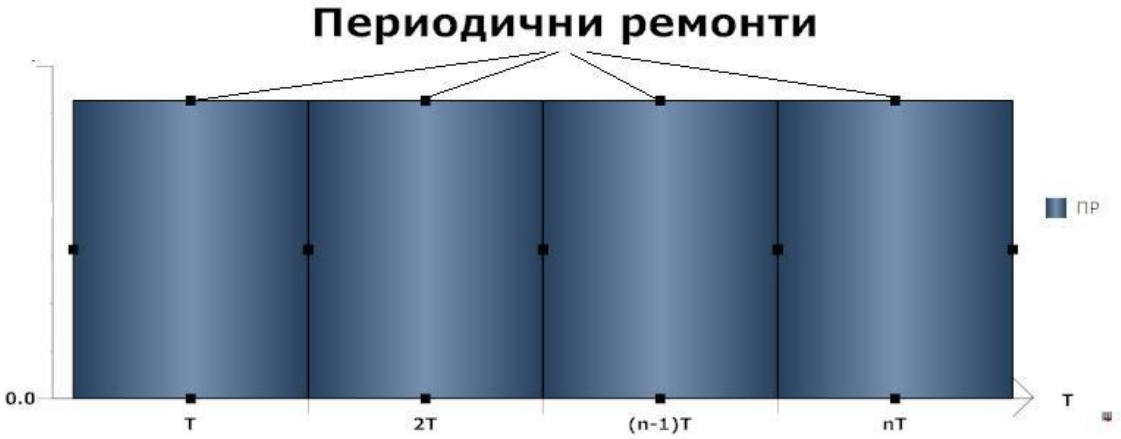
2. Състояние на проблема

Появата на нови интерфейси и протоколи води до необходимостта от периодичен ремонт на мрежовите устройства. Интервалът от време между два последователни ремонта е означен с T_n (периодичен ремонт), а с T_z – експлоатационният цикъл (времето от пускането в експлоатация на дадено устройство до подмяната на мрежовото оборудване с ново).

Тогава при допускането, че времето между периодичните ремонти е константа и $T_z = nT_n$, то броят на периодичните ремонти (ъпгрейди) в рамките на експлоатационния цикъл е $(n-1)$, т.е. следва замяната на това оборудване с ново (фигура 1).

Развитието на средствата за диагностика и самодиагностика позволяват значително да се намали вероятността за отказ от неидентифицирани неизправности, респективно неотстранени, при най-близкия периодичен ремонт.

Чрез настоящия доклад се предлага модел за разходите за периодични ремонти и се определя оптималният брой периодични ремонти в рамките на експлоатационния цикъл на мрежово оборудване и комуникационни устройства.



Фиг. 1.

3. Модел за подобряване на експоатационния цикъл на оборудването

В общия случай разходите за ремонти и покриване на икономическите загуби поради отказ, респективно нарушение на технологичния процес, се определят по формула (1), [1].

$$C = C_z + (n-1)C_n + pC_0H(T_n), \tag{1}$$

където:

C_z е разход за замяна на мрежовото устройство,

$C_0 = C_1 + C_2$ са разходите за ремонт в случай на отказ на мрежово устройство, включващо C_1 – икономически загуби, настъпили при нарушение на експлоатационния процес и C_2 – разходи за възстановяване или подмяна на повредени модули,

$H(T_n)$ е функция за определяне на средния брой откази на елементи за времето между два периодични ремонта (2).

$$H(T_n) = \int_0^{T_n} \lambda(t)dt, \tag{2}$$

където $\lambda(t)$ е интензивността на отказите [1].

За практически цели е удобно λ да се апроксимира с линейна функция на времето [1], т.е. $\lambda(t) = \lambda_0 + kt$, където λ_0 е първоначалната интензивност на повредите, k – фактор, определящ темповете на остаряване на елементите на мрежовото оборудване.

За оптимално определяне е препоръчително при n на брой периодични ремонта устройството да бъде заменено с ново [6], т.е. да се използват относителните разходи за единица време:

$$F(n) = \frac{C}{nT_n}, \tag{3}$$

където:

C са разходите за неизправности на устройствата,

nT_n е оптималното време за работа на мрежовото оборудване преди то да бъде подменено с ново.

От направения анализ следва, че интервалът от време между два последователни ремонта не зависи от първоначалната стойност на степен на отказ, която устройството има, а определя периода на стареене на оборудването.

Съгласно използвания математически модел [3] може да се запише:

$$F(n) = \frac{C_z + (n-1)C_n + pC_0 \sum_{i=1}^{n} H_i}{nT_n} \to \min \tag{4}$$

Следователно числителят от формула (3) има следния вид:

$$C = C_z + (n-1)C_n + pC_0\left(\lambda T_n + \frac{kT_n^2}{2}\right)\sum_{i=0}^{n-1}\left(e^{\alpha}\right)^i = C_z + (n-1)C_n + pC_0\left(\lambda T_n + \frac{kT_n^2}{2}\right)\frac{e^{n\alpha}-1}{e^{\alpha}-1}, \tag{5}$$

където α е параметър, определящ деградацията по отношение на надеждността на мрежовото комуникационно оборудване.

След елементарни преобразувания на (4) се получава:

$$F(n) = \frac{C_z + (n-1)C_n}{nT_n} + \frac{pC_0}{e^{\alpha}-1}\left(\frac{\lambda}{n} + \frac{kT_n}{2n}\right)\left(e^{n\alpha}-1\right) =$$

$$= \frac{C_n}{T_n} + \frac{C_z - C_n}{nT_n} + \frac{\left(e^{n\alpha}-1\right)}{n}\frac{pC_0(2\lambda + kT_n)}{2\left(e^{\alpha}-1\right)} \to \min \tag{6}$$

От (6) е видно, че относителните разходи за единица време съдържат три члена, първият от които не зависи от n.

При изследване и анализ на функцията (6) се достига да извода, че оптимална стойност на $F(n)$ се получава при най-голяма стойност на n.

При провеждане на числен експеримент са използвани данни от техническа спецификация на различно мрежово оборудване (устройства на компанията Cisco).

4. Получени резултати

Известно е, че средният брой откази нараства със стареенето на електронната апаратура и мрежовото комуникационно оборудване.

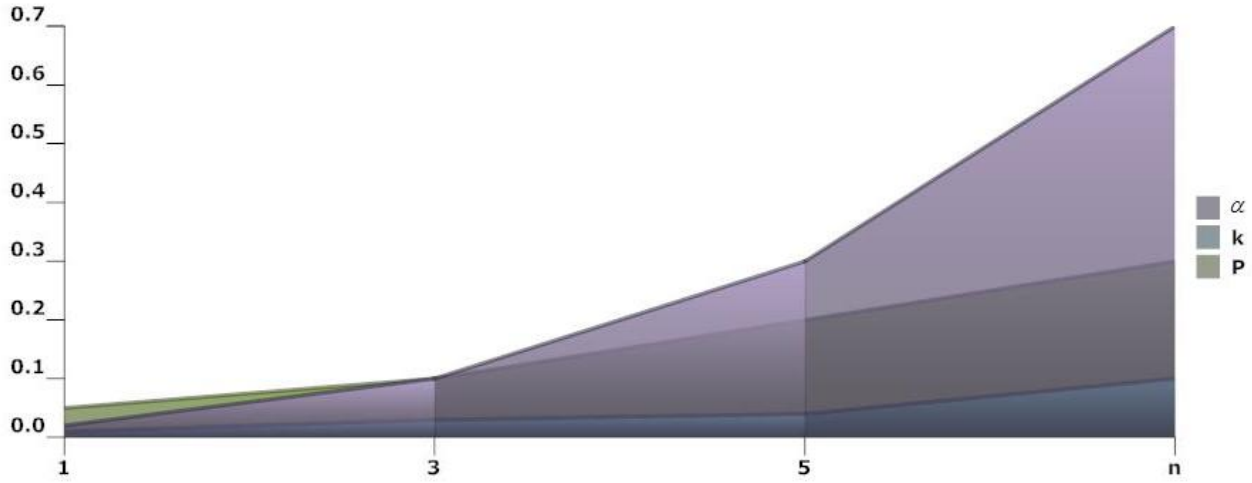
При определяне на средния брой откази $H(T_n)$ в i-тия период се използва следната формула:

$$H_i = H_1 e^{(i-1)\alpha},$$

където:

$H_1 = \lambda T_n + \frac{kT_n^2}{2}$ е среден брой на отказите в първия период, т.е. до първия периодичен ремонт [6].

На фигура 2 и таблица 1 са показани резултати от направени изследвания на комуникационно оборудване, откъдето е видно, че с продължаване на експлоатационния цикъл на мрежовото оборудване и с нарастване на броя на ремонтите, процентът на отказ на самото оборудване е по-голям. Също така се вижда, че след n на брой периодични ремонта е по-рентабилно оборудването да бъде заменено с ново.



Фиг. 2.

Таблица 1.

	1	**3**	**5**	***n***
α	0,02	0,1	0,3	0,7
k	0,01	0,03	0,04	0,1
p	0,05	0,1	0,2	0,3

Съставянето и внедряването на планове и графици за превантивна поддръжка и подмяна на оборудване е от голямо значение. От особена важност е и разработването на специализирано приложение (софтуер), водещ до оптимизиране на дейностите и автоматично известяване за необходимостта от тяхната профилактика, ъпгрейд или замяна с ново устройство.

5. Заключение

След направените анализи от известни специалисти става ясно, че мрежовото оборудване обикновено бива подменяно едва тогава, когато губи своята работоспособност (повреди се вследствие на токов удар, изхабяване поради старост и др.). Това води до редица икономически и технически загуби.

В настоящия доклад се предлага модел, който би подпомогнал процесите на оптимизиране на продължителността на експлоатационния цикъл на мрежово оборудване и комуникационни устройства.

Моделът може да бъде прилаган и в други области, различни от информационните и комуникационни технологии, като индустрия, селско стопанство и др.

Литература

[1]. Алексеев, В., И. Хоменко, Р. Прохорский. Модели планирования ремонтов и замен элементов в процессе жизненного цикла сложных технических систем. //Вестник Воронежского института МВД России, 2011, № 3, с. 94-102.

[2]. Байхельт, Ф., П. Франкен. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход. Москва, Радио и связь, 1988. 392 с.

[3].Жаднов, В. Автоматизация проектирования запасов компонентов в комплектах ЗИП: методы и средства. //Компоненты и технологии, 2010, № 5, с. 173-176.
[4].Петров, Г., А. Резиновский. Предложения по корректировке методики оптимизации запасов в комплектах ЗИП. //Надежность, 2010, № 2, с. 40-42.
[5].Половко, А., С. Гуров. Основы теории надежности. Санкт Петербург, БХВ-Петербург, 2006, 702 с.
[6].Черкесов Г. О проблеме расчета надежности восстанавливаемых систем при наличии запасных частей. Часть 1 и 2. //Надежность, 2010, № 3 и № 4, с. 29-39 и с. 40-51.
[7].Gertsbakh, I. Reliability Theory With Applications to Preventive Maintenance. Springer, 2000, pp. 219.

За контакти:
Павел Джунев
катедра „Комуникационна и компютърна техника и технологии“
Югозападен университет „Неофит Рилски“
E-mail: djunev@gmail.com

гл. ас. д-р Гергана Калпачка
Югозападен университет „Неофит Рилски“
E-mail: kalpachka@swu.bg

ИЗПОЛЗВАНЕ НА МОБИЛНИ УСТРОЙСТВА ЗА АНАЛИЗ НА ВИБРАЦИИ В КВАДРОКОПТЕР ТИП „ДРОН“

Христо Б. Ненов

Резюме: В настоящата статия е разгледан проблемът при обработка на видеосигнал в реално време от безпилотен летящ обект тип квадрокоптер. Основно препятствие за прилагане на добре познатите алгоритми за това се оказват вибрационните процеси, протичащи по време на полет в тялото на квадрокоптера. Направен е експеримент, който да определи характера на тези вибрации, с цел намиране на решение за намаляване или напълно премахвнае на негативното им влияние. За целта е разработен програмен продукт, който позволява регистрирането на вибрациите.
Ключови думи: квадрокоптер, алгоритъм, разпознаване на образи, вибрации

Use of mobile devices to analyze vibration processes in quadcopter type “DRONE”

Hristo B. Nenov

Abstract: The paper describes the problem in the processing of real time video from quadcopter type drone. Major obstacle for the implementation of well-known algorithms is the vibrating processes occurring in the body of the drone during the flight. An experiment was made to determine the nature of these vibrations in order to find a solution to reduce or completely remove their negative influence. Software that allows the registration of vibration has been developed for this purpose.
Keywords: quadcopter, algorithm, image recognition, vibration

1. Увод

В практиката, а и в част от литературните източници, посветени на темата за мултироторните летящи апарати, често авторите допускат съществена грешка, като именуват какъв да е представител на тези апарати като “Дрон”. За да бъде един такъв апарат характеризиран като дрон, то той трябва да притежава следното качество: да има вграден в него повече или по-малко сложен алгоритъм на поведение тип „изкуствен интелект“, който да позволява на системата да взема самостоятелни решения в реално време. Източникът на информация с най-висок приоритет, на който се базира поведението на един безпилотен летателен апарат тип дрон, това е неговата камера. Обработката на визуалните данни и извлечената от тях информация се явява базата, върху която се изгражда цялостната логика на управление на този тип апарати. Съществен недостатък се явява внасянето на шум в обработвания образ, причинен от вибрациите по време на полет. Прилагането на различни техники и технологии би способствало за частичното или пълно преодоляване на този проблем.

2. Техники, технологии и методи за намаляване шума при видеообработката

Научната област, която се отнася за подобно използване на визуална информация, се нарича машинно зрение (Machine vision). То се явява допълнителна надстройка едно ниво по-нагоре от добре познатите и широко използвани проблеми като разпознаване на изображения, анализ на изображения, анализ на визуален поток и др. [1]. Това води до следните изводи:

- наследяват се предимствата от всички тези технологии;

- наследяват се и техните недостатъци.

Нещо повече, при комбинираното използване на тези техники и алгоритми в реално време проблемите, които възникват, са доста по-задълбочени в сравнение с конвенционалните случаи. Характерът на техниките, използвани при разпознаване на изображения, анализ на изображения, анализ на визуален поток и др., е работа със статични данни [1]. Какво се има предвид. Всяка една от тези технологии работи посредством разбиването на изображенията на матрици и подматрици, върху които се прилагат различни алгоритми. Това означава, че обектите, които се съхраняват в отделните клетки (пиксели с техните атрибути) имат относително постоянно място („адрес“) в общата рамка. На това се базират абсолютно всички алгоритми за обработка на визуална информация [1]. Проблемът, който затруднява една такава обработка, е непрекъснатата промяна в разположението на даден пиксел (неговият адрес в матрицата). Това съответно се мултиплицира и върху всички други пиксели в изображението. Причина за такава промяна при работа на летящ дрон се явяват вибрациите, генерирани в неговото тяло при полет. Намирането на подход за тяхното намаляване или отстраняване е свързано с извършването на някаква оптимизация в квадрокоптера.

Както във всяка апаратно-програмна система подходите за нейната оптимизация са два - оптимизация на хардуера и съответно оптимизация на софтуерната й част. При хардуерна оптимизация на квадрокоптер по отношение на намаляване на вибрациите моментите, които могат да се разгледат, са няколко.

Избор на подходящи двигатели и витла

Фиг. 1. Безчетков двигател и витло на мултиротор.

Изборът на подходящи двигатели и витла сам по себе си представлява една доста сложна оптимизационна задача, зависеща от много на брой параметри. Тъй като квадрокоптерът представлява един доста сложен обект, има много фактори, които трябва да се вземат предвид при решаването на тази задача.

Избор на подходяща камера и стойка за нея

Едно от основните неща, които се вземат предвид при желанието за намаляване на смущенията при работата на камерата, е изборът на подходяща поставка (gimbal). Има различни решения, които съществуват и могат да бъдат приложени. Най–доброто по отношение на намаляването на вибрациите са стойките с няколко рамена, управлявани от серво механизми. Идеята при това изпълнение е възможността за контрол положението на камерата във всеки един момент, като управляващите сигнали могат да въздействат дори в много кратки интервали от време, което до известна степен позволява компенсирането на вибрациите.

Фиг. 2. Стойка за камера (gimbal) – три-ставна със серво управление.

Избор на подходящо тяло

От теорията на механика на телата се знае, че различните материали и различните форми имат и различно поведение по отношение на вибрационните процеси, протичащи в тях [3]. Материалите, които се използват за корпуси и тела на квадрокоптерите, са четири вида: карбон, алуминий, пластмаса и дърво. Оптималният избор на този елемент от квадрокоптера е част от по-горе описаната сложна оптимизационна задача за изграждане на апарат от подобен род.

Софтуерна оптимизация

Програмната оптимизация по отношение на намаляването на въздействието на вибрациите се състои в създаване на програмни алгоритми, компенсиращи движение. Такъв тип алгоритми са добре познати и широко използвани в обработката на видео и предаване на видеосигнал. Характерно за тях обаче е, че работят само когато е налична регулярност на измененията в изображенията и то в константен диапазон.

3. Опитна постановка и екпериментални изследвания.

За да се определи ефективността на подходите, бе необходимо да се изследва характера на вибрациите, които се пораждат в летящия апарат. За експериментални цели бе избран мултиротор тип квадрокоптер, като най-разпространена схема на брой двигатели и схема на задвижване от семейството на този род безпилотни апарати.

Програмната система за регистриране на вибрациите и съхранение на информацията за тях бе разработена за Android операционна система [3]. Приложението работи на базата на данни, получени от акселерометъра на телефона. Акселерометрите в съвремените устройства биват два типа – капацитивни и пиезокристал. Първият вид работи на принципа на променящия се капацитет. Този вид акселерометри имат възможност да регистрират големи стойности, но ниското им ниво на динамичност ги прави нечуствителни към вибрации. Пиезокристалните акселерометри притежават точно обратните характеристики. Диапазонът на работа им е по-ограничен, но за сметка на това са силно чуствителни и са идеално средство за следене на вибрации[4].

Експериментална схема:

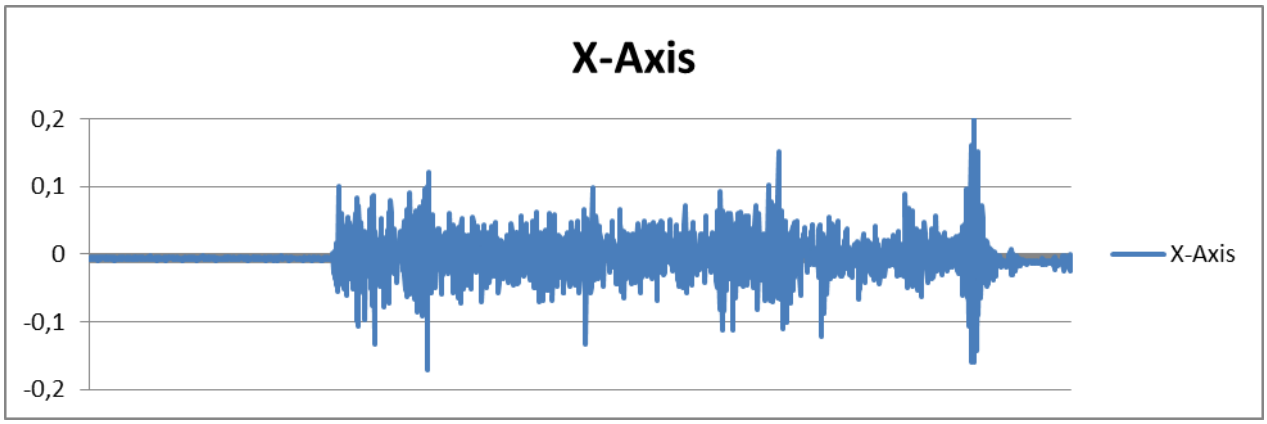
- смартфон Lenovo P70;
- квадрокоптер 3D Robotics;
- Android приложение „Vibration test tool“.

Смартфонът записва стойностите през 25 милисекунди, което е достатъчна точност за генериране на данни за анализ. Част от получените резултати са представени в Таблица 1.

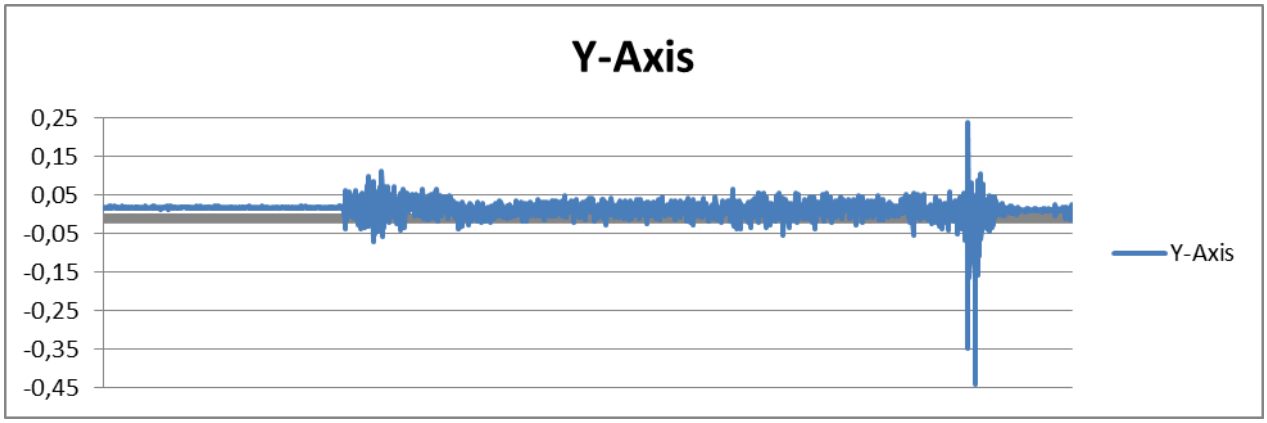
Таблица 1. Извадка от данните, записани от приложението

Time	X-Axis	Y-Axis	Z-Axis
14:26:07	-0,008	0,018	-0,983
14:26:07	-0,006	0,017	-0,982
14:26:07	-0,008	0,018	-0,982
14:26:07	-0,003	0,017	-0,982
14:26:07	-0,006	0,017	-0,98
14:26:07	-0,004	0,016	-0,979
14:26:07	-0,006	0,017	-0,98
14:26:07	-0,007	0,017	-0,983
14:26:07	-0,006	0,02	-0,980
14:26:07	-0,005	0,016	-0,981
14:26:07	-0,004	0,020	-0,982
14:26:07	-0,004	0,017	-0,982
14:26:07	-0,005	0,019	-0,983
14:26:07	-0,007	0,018	-0,983
14:26:07	-0,006	0,019	-0,982
14:26:07	-0,006	0,022	-0,981

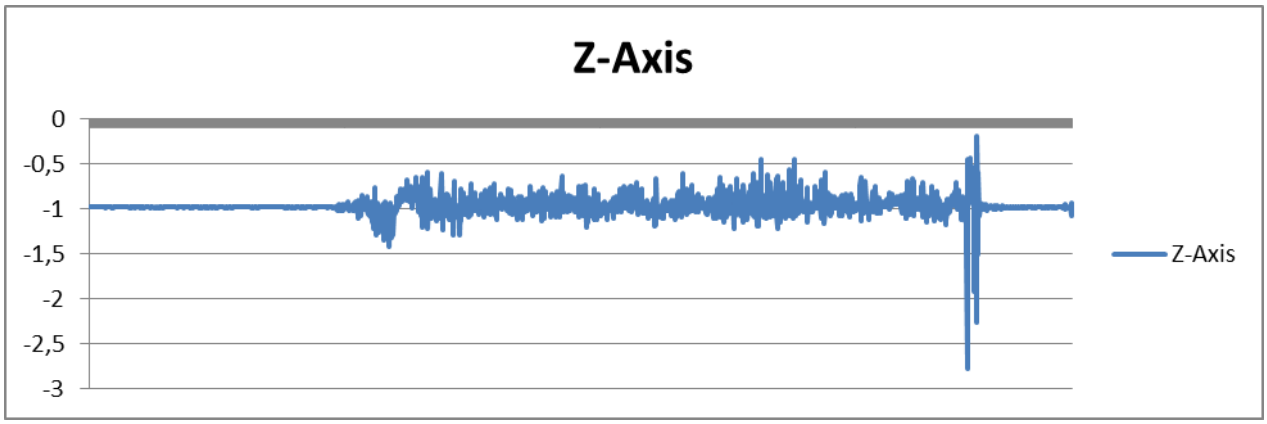
Графика на вибрациите по трите оси са представени на следващите картинки.



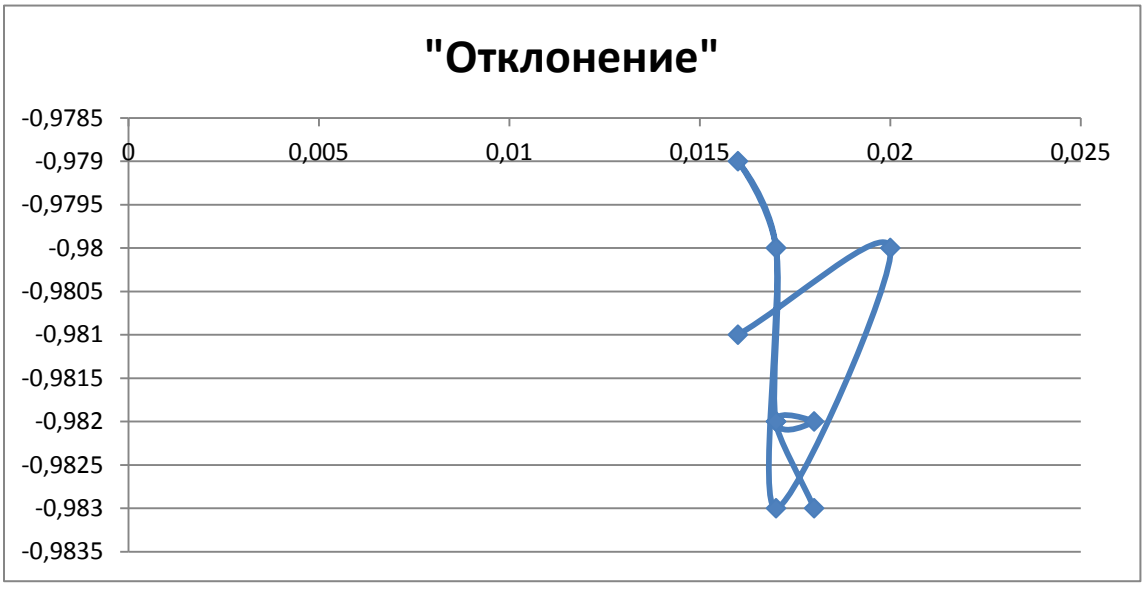
Фиг. 3. Вибрации по оста „X“



Фиг. 4. Вибрации по оста „Y“



Фиг. 5. Вибрации по оста „Z“



Фиг. 6. Относително отклонение на пиксел за 250 милисекунди (10 измервателни интервала) в двумерно пространство.

4. Заключеие

След анализа на получените резултати могат да се направят следните заключения:

- Необходимост от сложни алгоритми за компенсиране на вибрациите – произволният характер на вибрационните процеси, които протичат в квадрокоптера, прави

изключително трудно използването на добре познатите алгоритми за обработка и разпознаване на изображения. Изхождайки от факта, че изчислителната мощ на управляващия блок на квадрокоптера не е много голяма (RISC процесор), имплементирането на такива алгоритми е невъзможно за конвенционално изпълнение на апаратна част на квадрокоптер.

- Намиране на допълнителни техники за намаляване на вибрациите – намирането на допълнителни средства за погасяване на вибрациите е подход, който значително може да улесни прилагане на алгоритми за видеообработка и разпознаване на образи.

Бъдеща работа по темата предвижда именно търсене на техники и материали за намаляване на вибрациите в безпилотен летящ апарат тип квадрокоптер.

Литература

[1]. Wohler C. Baumann, 3D Computer Vision, Efficient Methods and Applications, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.
[2]. www.developer.android.com
[3]. www.wikipedia.com

За контакти:
гл. ас. д-р Христо Б. Ненов
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: h.nenov@tu-varna.bg

СЕКЦИЯ 2
СОФТУЕРНИ И ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИИ

Трета научна конференция с международно участие
"Компютърни науки и технологии"
25-26 септември, 2015г.
Варна, България

Third Scientific International Conference
Computer Sciences and Engineering
25-26 September, 2015
Varna, Bulgaria

SECTION 2
SOFTWARE AND INTERNET TECHNOLOGIES

СИСТЕМА ЗА АНАЛИЗ И ДИАГНОСТИКА НА ЦИФРОВИ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА КРЪВНИ ПРОБИ

Венцислав Г. Николов, Христо Г. Вълчанов

Резюме: В статията е представена система за бърза диагностика на заболявания, засягащи състоянието на кръвните клетки като промени в големината, формата, оцветяването, наличие на включвания в тях и др. Представеното решение се базира на анализ на изображенията на кръвните клетки чрез определяне на техните контури, чрез които се формира описание и се обучава невронна мрежа за разпознаване. Системата позволява систематизиране на данните за разпространението на заболявания, което дава възможност за изграждане на базирана на Интернет технологиите система за ранно известяване при епидемии.
Ключови думи: Невронни мрежи, диагностика на кръвни проби, обработка на изображения

System for analysis and diagnosis of digital images of blood samples

Ventsislav G. Nikolov, Hristo G. Valchanov

Abstract: This paper presents a system for fast disease diagnosis concerning the red blood cells state as changes in their size, form, color, foreign substances, etc. The presented solution is based on analysis of the blood images by determination of bloods' edges for description and training of a neural network for recognition. The system allows systemizing the data for disease dissemination that facilitates development of an Internet-based early warning system for epidemics.
Keywords: Neural networks, blood images diagnosis.

1. Увод

Автоматизираният визуален анализ на изображения намира все по-широко приложение в софтуерните системи. Неговите предимства са, че осигурява висока скорост и значително намалява броя на хората, ангажирани с анализа. Редица заболявания, които водят до морфологични изменения на кръвните клетки, могат да се идентифицират с помощта на визуален контрол [12]. Такива са например някои видове малария [5], анемия [13] и др., при които се наблюдават промени във формата, размера или други характеристики на кръвните клетки, настъпили поради външни включвания или патологични изменения. Системите за автоматичен анализ на кръвни проби преодоляват бавната скорост на човешкия анализ, отнемащ до няколко часа. Освен това, в случай на епидемии, се налага бързо диагностициране на голям брой пациенти, което налага ангажирането на голям брой медицински лица. Този брой често е недостатъчен, особено в икономически изостаналите географски региони. Разработването и внедряването на автоматизирани системи, които позволяват в кратки срокове с минимални човешки ресурси да подпомагат диагностиката, могат да позволят увеличаване на скоростта на анализа и да намалят влиянието на човешкия фактор.

В статията е представен подход за изграждане на система за бърза идентификация на заболявания, при които се наблюдават морфологични промени в червените кръвни клетки. Идентификацията се извършва посредством анализ на изображения, получени по стандартен USB интерфейс от свързана към микроскоп камера за наблюдение на кръвните проби. Системата се характеризира с малки изисквания по отношение на техническото оборудване -

могат да се използват обикновена уеб камера и неспециализиран микроскоп, в състояние да увеличава около хиляда пъти картината от кръвните проби.

Известни са редица софтуерни решения, използващи различни методи за анализ на цифрови изображения от кръвни проби [9], като например трансформации на Хаф за окръжности [16], хистограми и средни отклонения на сегменти в изображението, параметрични описания [4] и др. Представеното в статията решение се базира на анализ на изображението чрез отделяне на контурите на кръвните клетки и тяхното използване за формиране на описание и обучение на невронна мрежа. Обучението на мрежата включва и последващо класифициране на нови примери на кръвни клетки.

2. Описание на подхода

2.1. Обработка на изображенията

В общия случай микроскопските изображения на кръвните клетки съдържат голям обем информация, което налага използване на техники за бърза обработка и анализ. Целта е да се извлекат т.нар. непроизводни елементи [1], чрез които да се постигне достатъчно пълно описание. Тъй като изображенията на кръвните проби са с голям брой визуални обекти, които трябва автоматично да се анализират, се налага извличането само на определени характеристики от сегментите в изображението. За целта се съставят признаци, всеки от които представлява апроксимираща права линия на контура на кръвна клетка. Един признак се представя чрез вектор от пет елемента (x_1, y_1, x_2, y_2, sin, cos), като за тяхното определяне се изпълняват следните стъпки:

- цифрово представяне на изображението;
- определяне на контурите на визуалните обекти (червени кръвни клетки) и тяхното изтъняване [10];
- обхождане на контурите и определяне на контролни точки за обособяване на признаци;
- формиране на описание на обектите в изображението чрез описание на признаците.

2.2. Цифрово представяне

От полученото изображение първоначално се формира двумерна матрица от елементи, всеки от които се състои от четири стойности, съответстващи на силата на трите цветови компоненти (червена, зелена и синя) и степента на прозрачност на съответния пиксел. За да се извършат операциите в следващата фаза, е необходимо всеки елемент на изходната матрица да се третира като атомарен елемент. Това налага трансформация на цифровото представяне по такъв начин, че всеки пиксел да се представи само с едно число, съответстващо на неговата яркост. За целта се извършва преобразуване на цветното изображение в черно-бяло. Алтернативен подход е да се обработва изображението във всяка от цветовите компоненти и комбинирането на резултатите след обработката. Формирането на черно-бяло изображение в системата се извършва чрез пресмятане на средната стойност на яркостта на всяка цветова компонента.

2.3. Определяне на контурите

Определянето на контурите се базира на откриването на големи градиентни промени в яркостта на черно-бялото изображение [3]. За да се открият такива промени, се пресмята производната на функцията на яркостта. При едномерно пространство това се извършва по следния начин:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x->0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (1)$$

При разглеждане на двумерното пространство, в представената система се съставя оператор на Превит [2] за откриване на контури в изображението по хоризонтала, вертикала и по диагонал. Изображението се обхожда с конволюционна матрица [11], при което за всеки пиксел с координати (*i, j*) се извършват изчисления, аналогично на [6]:

$$g(i, j) = \sum_{m=-a}^{a} \sum_{n=-a}^{a} f(m,n)h(i-m, j-n), \quad (2)$$

където $a = (k - 1) / 2$, f е яркостта на изображението, а h е конволюционна матрица с размери k x k.

Формула (2) описва формирането на коефициентите, определящи наличието на контур.

За различните посоки се съставят различни матрици и когато силата на градиентния скок, определен чрез формула (3), е по-голяма от предварително зададен праг, в съответната точка се маркира наличие на контур, което се използва от следващите етапи на обработката.

$$magn(\nabla f) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}, \quad (3)$$

където

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x, y) - f(x, y)}{\Delta x} \quad (4)$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = \lim_{\Delta y \to 0} \frac{f(x, y+\Delta y) - f(x, y)}{\Delta y} \quad (5)$$

$$\nabla f = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Посоката на контура се определя по следния начин [15]:

$$dir(\nabla f) = \tan^{-1}\left(\frac{M_y}{M_x}\right) \quad (7)$$

2.4. Обхождане на контурите и формиране на описание на обектите в изображението

Описанието на кръвните клетки в картината на изображението се формира чрез следните стъпки:

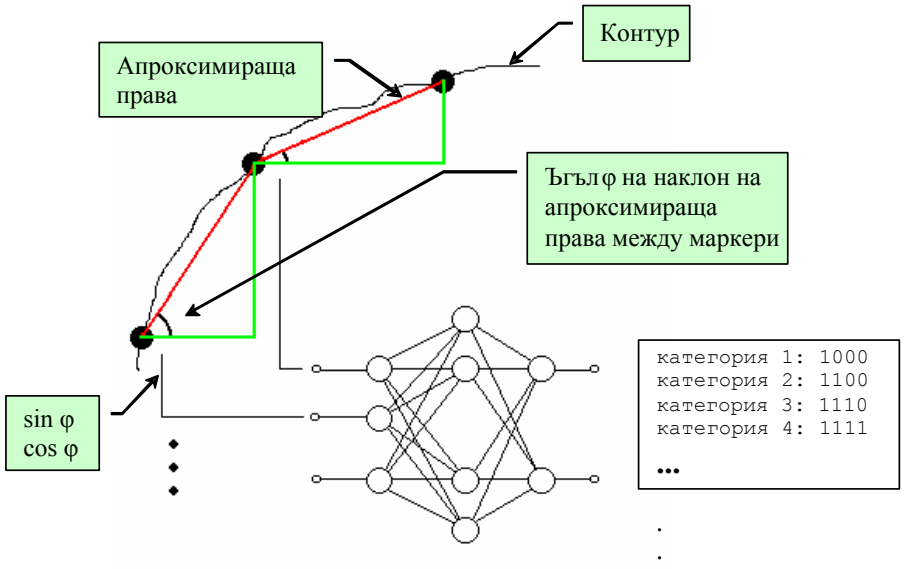
- обхождане на контурите [8]. Пикселите, принадлежащи на контур, се разглеждат като върхове на граф и се изпълнява обхождане в дълбочина с отброяване в брояч на посетените върхове.

```
checkLineLength((x, y), дължина){
   пиксел_(x, y)_се_маркира_като_обходен;
   ако_съсед_на_(x,y)_е_контур_и_не_е_обходен
   {
     дължина = checkLineLength(съсед, дължина+1)
```

```
    }
  return дължина;
}
```

Ако стойността на брояча е равна на предварително зададена максимална стойност или е достигнат край на линията на контура, се поставя маркер на контролна точка.

- между съседните контролни точки се построяват апроксимиращи прави (фигура 1). Всяка права i се определя еднозначно чрез координатите на двете крайни точки – (x_1, y_1, x_2, y_2). Освен тези координати, за всяка права се определя и ъгълът на наклона φ спрямо абсцисата;
- пресмятат се синусът и косинусът на ъгъл φ;
- окончателно се формира описанието на признак i чрез елементите x_1, y_1, x_2, y_2, $sin(\varphi)$, $cos(\varphi)$).



Фиг. 1. Извличане на информация от признаци в изображението за обучение на невронната мрежа

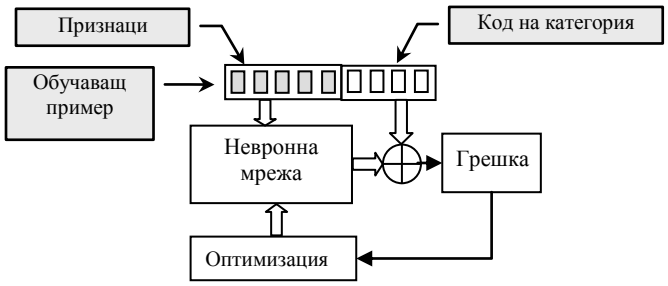
От информацията, описваща признаците, се използват само последните два елемента - $sin(\varphi)$ *и* $cos(\varphi)$. Това позволява да се пренебрегне относителния размер на кръвните клетки от камерата и да се извърши анализ на формата на клетките или наличието на чужди тела в тях. Тези данни освен това приемат стойности само в интервала -1 ÷ 1, което е основно изискване към данните за обучение на невронни мрежи с обратно разпространение на грешката [3]. Използват се едновременно както синус, така и косинус, тъй като ако някоя от апроксимиращите прави е хоризонтална или вертикална, то синусът (респективно косинусът) е нула, което не носи полезна информация за анализа.

3. Обучение на невронната мрежа

След формиране на описанието на контурите на изображенията се пристъпва към обучението на невронната мрежа – фигура 2. Тя е от тип многослоен персептрон и се обучава по широко използвания алгоритъм с обратно разпространение на грешката.

Броят входове е равен на броя на всички признаци умножен по две, за синус и косинус на всеки признак, а броят на изходите е равен на броя на категориите. Системата поддържа множество възможности за настройка: различни по тип активационни функции, критерии за край на обучението и т. н. След успешно обучение, при достигане на достатъчно малка

грешка и валидиране на способността за генерализация, целият контекст, състоящ се от тегла и настройки на невронната мрежа, се съхраняват в XML дърво. При заявка от клиентско приложение дървото се предава към него, където модулът, след построяване на невронната мрежа в паметта, може да я използва за класификация на нови изображения.



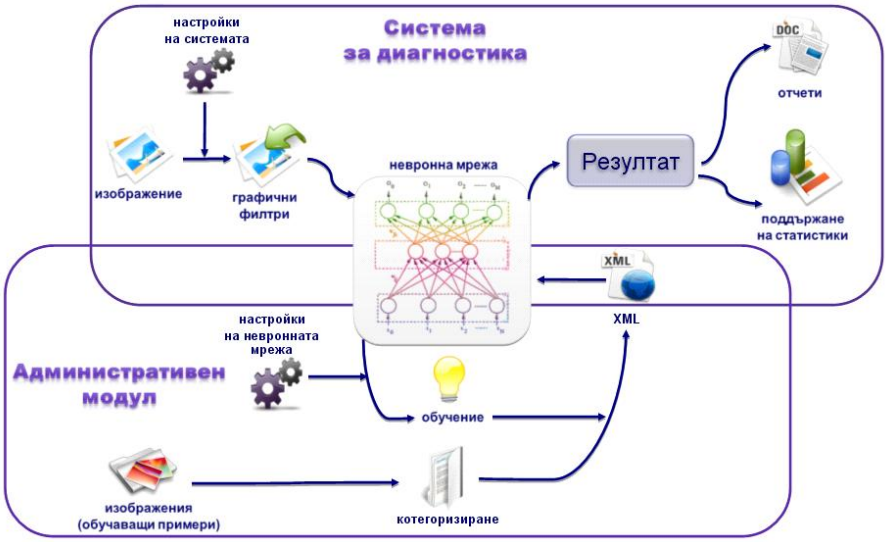
Фиг. 2. Обучение на невронната мрежа

Входно-изходните обучаващи двойки вектори се формират по следния начин:

- входният вектор на всеки обучаващ пример се определя от признаците на съответното изображение. Те се формират след определяне на контурите на кръвните клетки;
- изходният вектор на обучаващия пример се определя чрез кодиране на съответната категория, към която принадлежи изображението [14]. Кодовете на категории са двоични вектори, във всеки елемент на които се записва стойност единица, ако индексът му е по-малък или равен на поредния номер на текущата категория или нула в противен случай.

4. Реализация на системата за диагностика

На фигура 3 е показана структурата на система за диагностика, разработена на базата на предложения подход. Тя се състои от административен модул и множество от клиентски модули.

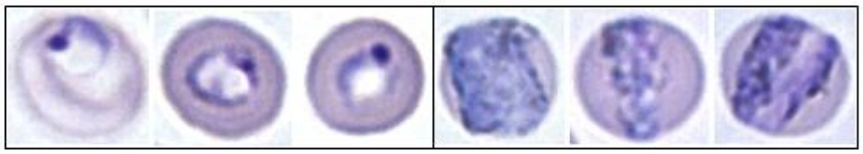


Фиг. 3. Структура на системата за диагностика

В административния модул се съдържа информация за заболявания, която се предоставя към клиентските модули с помощта на уеб услуги. Информацията се изгражда чрез предварително структурирани и групирани според заболяванията изображения на

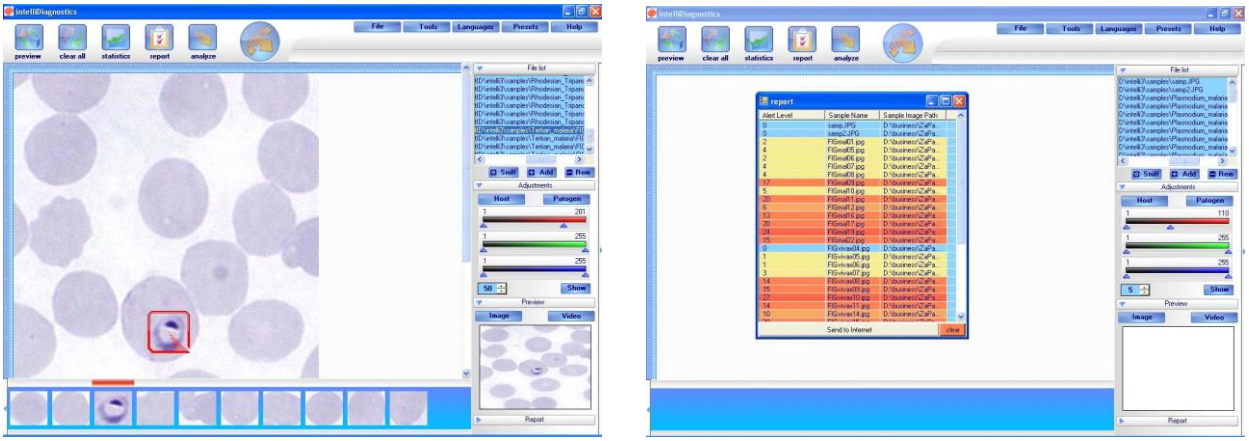
кръвни клетки. Класифицирането се извършва от експерти, медицински лица, които предоставят примери за използване – фигура 4.

След получаване на изображенията, информацията за тях се представя според конекционисткия подход с използване на еднопосочна невронна мрежа, чиято топология и параметри на обучение се определят от представените примери.



Фиг. 4. Кръвни клетки, класифицирани в две примерни категории на заболявания

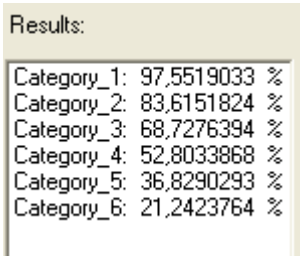
Клиентските модули, показани на фигура 5, могат да инициират заявка за най-актуалните дефиниции на заболявания и да извършат класифициране на подадено изображение. В резултат от заявката, главният модул предоставя обучена невронна мрежа във вид на XML дърво, която се построява в паметта при клиента. XML информацията съдържа архитектурата на невронната мрежа (брой слоеве, брой неврони) и самите тегла на връзките. Функциите на клиентския модул позволяват единствено диагностика посредством определяне на категорията на представеното на входа изображение.



(а) (б)

Фиг. 5. Анализ на пробите – индивидуална проба (а), пакетен режим (б)

Тъй като подаваните на клиентския модул изображения на проби могат да са с различно качество, преди прилагане на алгоритмите за анализ се прилагат филтри за цветове, настройки за яркост и др. Към изображението се извършва сегментация, обектите се отделят и се анализират с помощта на заредените от административния модул дефиниции. При откриване на патологични изменения се извършва диагностика на съответните клетки, като наличието на заболяване се посочва в проценти (фигура 6).



Фиг. 6. Резултати при откриване на заболяване

5. Заключение

Представената система използва конекционистки подход за класификация на изображения, представени във вид на матрици от числа, с използване на информацията за предварително формирани класове от изображения. Предстоят експериментални изследвания, на чиято база да се определят оптималните параметри при обработката на изображения и обучението на невронната мрежа. Точността на класифицирането се определя най-вече от броя на представените примери и тяхното правилно разпределение по категории на заболявания. Изграждането на информацията за заболявания на едно централно място и мултиплицирането на клиентските модули за използване на тази информация съкращава времето за анализ и дава възможност за висока степен на автоматизация. Така по естествен начин експертните знания на медицинските лица могат автоматично да се разпространяват и използват на много места, въпреки географската им отдалеченост.

Цел на бъдеща работа е интегрирането на представената система в цялостна инфраструктура за ранно известяване при епидемии. Тази инфраструктура се предвижда да бъде изградена посредством мобилни устройства, върху които функционира системата за диагностика и облакови услуги, предоставящи отдалечен достъп до централна база с натрупани диагностични знания за заболявания.

Литература

[1]. Гочев, Г. Компютърно зрение и невронни мрежи, С., изд. на ТУ–София, 1998, стр.251.

[2]. Павлова, П. Цифрова обработка на изображения. П., изд. на Фондация "Физика, инженерство, медицина – XXI", 2005, стр. 64.

[3]. Acharya, T., A. K. Ray. Image Processing: Principles and Applications, Wiley interscience - Ney Jersey, 2005, pp. 425.

[4]. Bronkorsta, P., et al. On-line detection of red blood cell shape using deformable templates. Pattern Recognition Letters, 2000, vol.21(5), pp. 414-424.

[5]. Carlton, J., S. Perkins, K. Deitsch. Malaria Parasites. Caister Academic Press, 2013.

[6]. Dougherty, G. Digital Image Processing for Medical Applications, Cambridge University Press, 2009, pp. 462.

[7]. Fausett, L. Fundamentals of neural networks. Architectures, algorithms and applications. Prentice Hall, 1994, pp. 461.

[8]. Jahne, B. Digital image processing, Springer-Verlag, 2002, pp. 598.

[9]. Jambhekar, N. Red Blood Cells Classification using Image Processing. //Science Research Reporter, 2011, Issue 3, pp. 151-154.

[10]. Liang, J. A Research on Guided Thinning Algorithm and Its Implementation by Using C#. International Journal of Image Processing (IJIP), ISSN: 1985-2304, Vol. 5 Iss. 5, Computer Science Journals, 2011.

[11]. Maini, R., H. Aggrarwal. Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques. International Journal of Image Processing, ISSN: 1985-2304, Vol. 3 Iss. 1, Computer Science Journals, 2009.

[12]. Meyer-Base, A. Pattern Recognition for Medical Imaging, Elsevier, 2004, pp. 386.

[13]. Silverberg, D. Anemia. ISBN 978-953-51-0138-3, Intech, 2012.

[14]. Theodoridis, S., K. Koutroumbas. Pattern recognition, Elsevier, 2008, pp. 984.

[15]. Trucco, J. CS491E/791E: Computer vision Lectures. Department of Computer Science, University of Nevada, Reno, NV 89557, 2004.

[16]. Victorian Bioinformatic Consortium. http://www.vicbioinformatics.com (07.2015).

За контакти:
ас. д-р инж. Венцислав Г. Николов
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически Университет – Варна
E-mail: v.nikolov@ tu-varna.bg

доц. д-р инж. Христо Г. Вълчанов
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически Университет - Варна
E-mail: hristo@tu-varna.bg

СОФТУЕРНА СИМУЛАЦИЯ И РЕАЛЕН МОДЕЛ ЗА ТЕСТВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА ВЪТРЕШЕН КАТАЛИЗАТОР В ДВИГАТЕЛ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ

Венета П. Алексиева, Моника Андрич-Залевска, Лех Й. Шитник, Радослав С. Вробел

Резюме: В този доклад се предлага софтуерна симулация за анализ на ефективността на каталитично покритие, направено на клапаните на двигател с вътрешно горене. За тази цел е построен тестов стенд, изработен от елементи на реален двигател. Резултатите от изследването са приложени в софтуерна симулация, базирана на невронна мрежа и тя потвърждава постигнатите резултати. Чрез софтуерната симулация е доказано, че прилагането на предложения подход осигурява много ефективно влияние на катализатора за намаляване на въглеродния окис и относително висока ефективност върху въглеводородите. Измерванията на нивата на азотен оксид не показват значителни промени в концентрацията за изследвания диапазон от температури.
Ключови думи: Вътрешен катализатор, симулация.

Software Simulation and Real Model for Testing the Efficiency of Internal Catalysts in Internal Combustion Engine

Veneta P. Aleksieva, Monika Andrych-Zalewska, Lech J. Sitnik, Radoslaw S. Wrobel

Abstract: In this paper a software simulation for analysis of a model to determine the effectiveness of the catalytic coating applied to the engine valve is proposed. For this purpose there are built test stand made of elements of the real engine. The results of the study are applied in the software simulation based on a neural net, which confirm reached results. Through software simulation it is proved that the application of the proposed approach gives highly effective activity of the catalyst for carbon monoxide and relatively high efficiency for hydrocarbons. Measurements of nitric oxide levels showed no significant changes in concentration in a range of temperatures.
Keywords: Internal Catalyst, Simulation.

1. Увод

В последно време опазването на околната среда е сред най-обсъжданите проблеми в глобален аспект. Един от основните замърсители на атмосферата е автомобилният транспорт. Проблемите, свързани с глобалното затопляне, фокусират законодателните инициативи към ограничаване на изхвърляните в атмосферата отровни вещества като NO (азотен оксид), който има изключително пагубно влияние върху озоновия слой. Съгласно Европейската агенция за околна среда [1] средните емисии на CO_2 (въглероден диоксид) от нови автомобили, продавани в Европейския съюз, са намалели 2,6% през 2014г., достигайки нивата, определени за 2015 г. като част от усилията да се забавят климатичните промени. За да помогне за ограничаване на глобалното затопляне, ЕС си е поставил за цел 95 грама/км до 2021г. (за 2014г. са 123,4 грама/км, а за 2013г. са 126 грама/км). Развойните отдели на автомобилните компании конструират нови системи, намаляващи вредните емисии, като акцентират на разработката и усъвършенстването на каталитичен конвертор - елемент от изпускателната система на автомобила за намаляване на емисиите от вредните газове, които двигателят отделя в атмосферата.

В настоящия доклад се представя физически модел и софтуерен симулатор на имплементиран в горивната система на двигателя катализатор (вътрешен катализатор), чиято цел е да намали вредните емисии още в процеса на горене, а да не се подлагат отделените газове на допълнителна обработка в каталитичния конвертор (или по възможност да се минимизира този процес). Експериментално е доказана ефективността на предложеното решение.

2. Постановка на задачата

Каталитичният конвертор представлява един или няколко керамични или метални слоя, изградени от множество кутийки с дебелина на стените от 0.2 мм, затворени в обшивка от висококачествена стомана и термоустойчива вата. Съвременните катализатори се произвеждат от керамика на базата на кордиерит, покрита с много фин слой (20-60 микрона) от благородни метали – Pt(платина), Pd(паладий), Rh(родий). Платината е предпочитана, защото осигурява добро окисляване на въглеродния окис и въглеводородите и е устойчива на серните съединения, които се намират в отработените газове. Допълнително се използват паладий и родий, като родият е особено полезен за разпадането на азотните окиси. Действието на катализатора се базира на химична реакция, предизвикана от висока температура. При достигане на температура в каталитичния конвертор от 250-300^{o}C, стартира реакция на окисляване на вредните газове: CO (въглероден оксид), HC (въглеводород) и NO (азотен оксид). Те биват неутрализирани чрез добавянето на молекула кислород до CO_2 (въглероден диоксид), N_2(азот) и H_2O(вода).

В настоящия доклад под понятието „вътрешен катализатор” се има предвид субстанция с каталитични характеристики, която се прилага в отделни фрагменти или изцяло върху стените в горивното пространство на двигателя с вътрешно горене или само на част от това пространство - например клапаните, които преди това са били покрити с керамичен слой, който осигурява среда за катализаторното вещество. Керамичният слой изпълнява две важни функции:

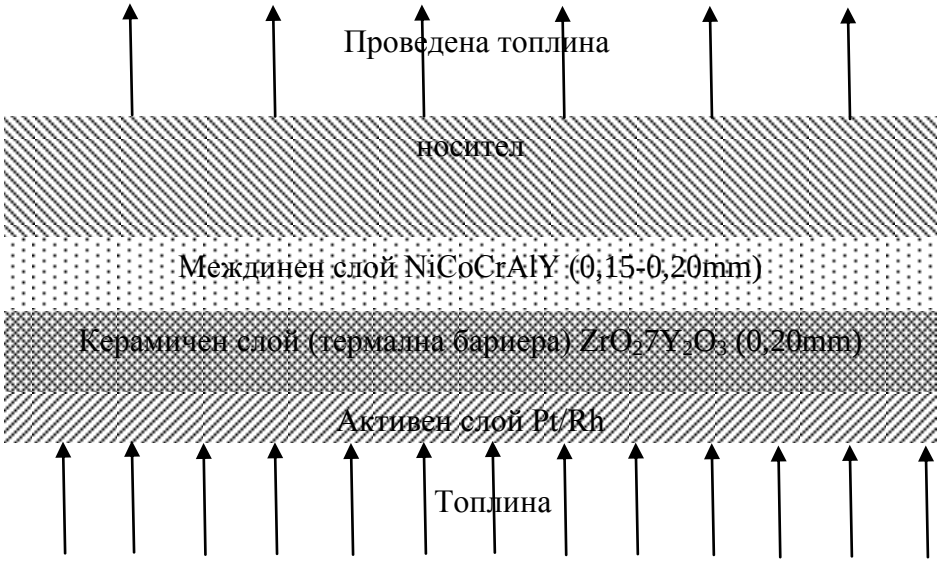
- слабо провежда топлината и създава термична бариера, която дава възможност на температурата да нарасне в мястото на прилагане на активиращия фактор;
- осигурява среда за поставяне на каталитичен слой (благодарение на порестата структура е възможно да се получи по-голяма контактна повърхност между активния слой и газа).

Между външната повърхност на елемента на двигателя и керамичния слой се получава един междинен слой, в който трябва да се предотврати както корозия, така и отделяне (отлепяне) на керамичния слой поради различното разширяване при нагряване на материалите (фигура 1.1), затова температурата може да нараства само до определени стойности.

Факторите, които влияят върху ефективността на катализатора, са:

- вид на катализатора;
- размер на катализатора;
- място на поставяне на катализатора;
- натоварване;
- скорост на въртене на двигателя.

За да бъде създаден адекватен софтуерен модел, с който да се изследва влиянието на посочените фактори, се налага да се създаде реален прототип, върху който да се наложат някои ограничения. За целта на настоящото изследване е създаден физически модел, при който активният слой е поставен върху повърхността на клапаните. Така от всички посочени фактори в стенда се изследва само един – мястото на поставяне на катализатора.



Фиг. 1. Схема на структурата на катализатора за вътрешното горене

При тази реализация се очаква активният слой на клапаните на двигателя да причини известно ограничаване на влиянието на катализатора върху процеса на изгаряне, т.к. се ограничава контакта на катализатора само с главата на буталото, но не и вътре в цялата горивна камера. Въпреки това, при двигател с искрово запалване, където вентилите са поставени под ъгъл спрямо повърхността на буталото, проблемът за ограничаване на взаимодействието се минимизира и за целите на експеримента може да се пренебрегне като фактор, влияещ върху ефективността. Прототипът, който е показан на фигура 2, е представен подробно от авторите в [2] и се намира в лаборатория на Wroclaw University of Technology.

Фиг. 2. Изглед на прототипа с вътрешен катализатор

За да се определи ефективността на работата на катализатор (Pt-Rh), който се намира в циркониевото покритие на клапаните на двигателя, се конструира модел, в който се дава

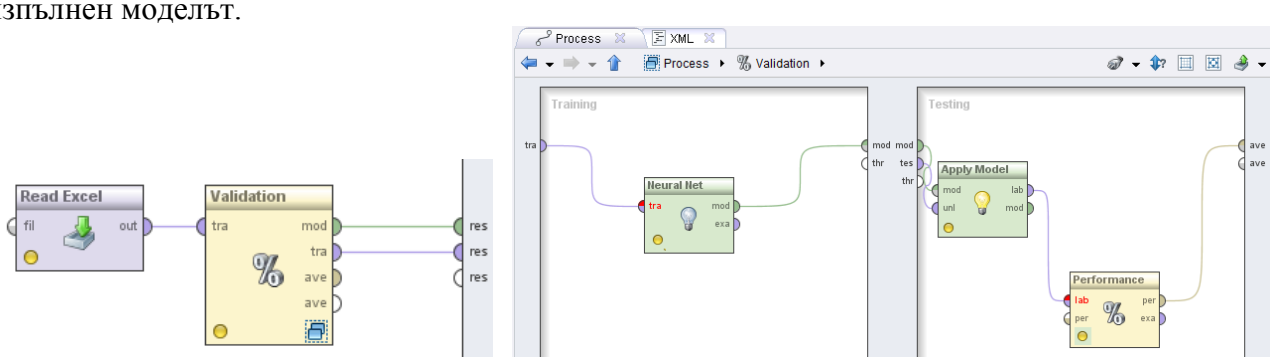
възможност за промяна на мястото на катализатора. Буталото се поставя в цилиндъра, където е поставена спиралата на електрически нагревател с мощност от 2kW. Нагревателят чрез автотрансформаторна система регулира топлинната енергия. В пространството над буталата са поставени пет желязо-константан термодвойки, даващи възможност за наблюдение на промените в температурата. След първоначалните проучвания на реалния модел се приема, че за базови за софтуерната симулация ще бъдат взети измерванията при температура на катализатора от 250^{o}C и дебит на отделените газове 30л/мин. Експериментите са направени при празен ход на двигателя. Съставът на отделените газове се измерва с различни анализатори, които работят на база на недисперсивна абсорбция в инфрачервения спектър - CO и NO се измерват с анализатор Hartmann - Braun, а за газовете CO_2 и HC се използва анализатор Junkalor. Резултатите от изследванията на физическия модел, които се ползват за основа на софтуерния модел, са представени в таблица 1.

Таблица 1. Изследване на вредни газове при различни температури

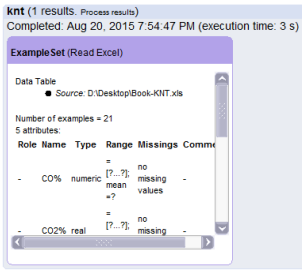
Температура [^{o}C]	CO [%]	CO_2 [%]	HC [ppm]	NO [%]
150	3,23	3,44	70	0,20
200	3,15	3,50	62	0,20
250	3,0	3,58	58	0,22

3. Софтуерна симулация и експериментални резултати

На база на получените частични данни от реалния прототип е разработена софтуерна симулация, базирана на Rapid Miner 6.0, като е използвана невронна мрежа. Първата стъпка е да се докаже, че моделът отговаря на прототипа. За целта входните данни (получени от реалните измервания (Таблица 1), са разделени в 10 подмножества с равен брой стойности. Първото от тях е тестовото подмножество, а останалите 9 се използват за данни за обучение. След това процесът на кръстосано валидиране (Cross-Validation) се повтаря 10 пъти (колкото са подмножествата), като всяка от 10-те подгрупи се използва точно веднъж за данни за тестване. След това резултатите се осредняват, за да се получи единична оценка. Процесите на обучение обикновено оптимизират модела. Това може да бъде особено полезно, когато отделни данни за тестване не са налични, както в настоящата ситуация. Моделът за валидация е представен на фигура 3. На фигура 4 са представени метаданните, с които е изпълнен моделът.



Фиг. 3. Валидация на модела с X-Validation



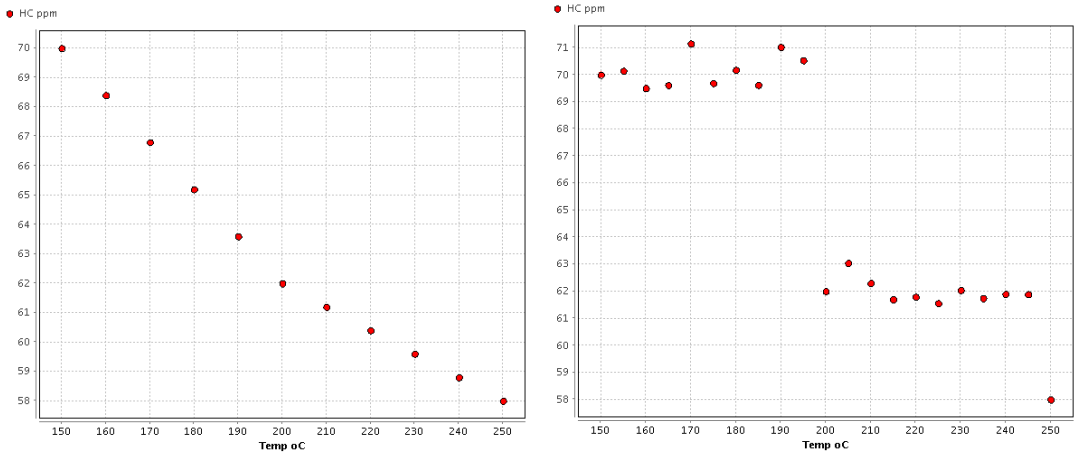
Meta Data View | Data View | Plot View | Advanced Charts | Annotations

ExampleSet (21 examples, 1 special attribute, 4 regular attributes)

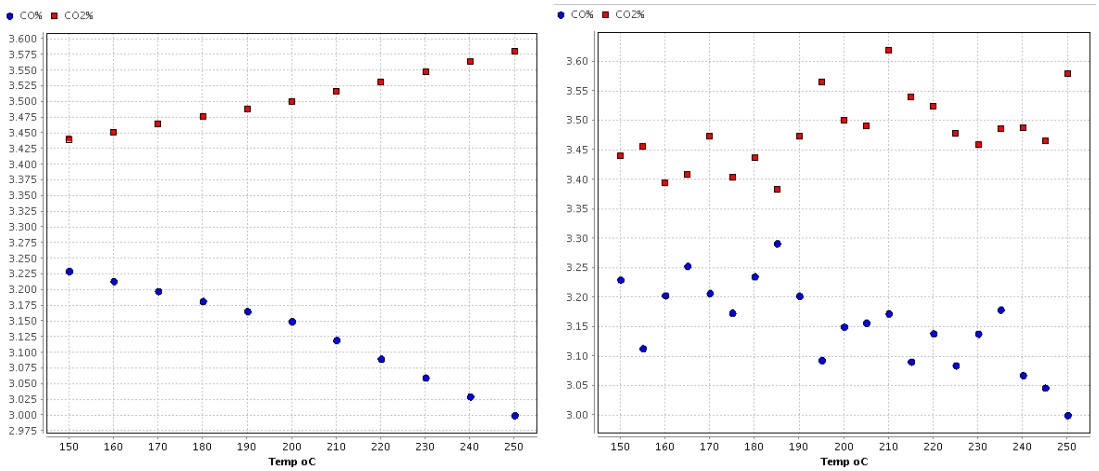
Role	Name	Type	Statistics	Range	Missings
label	Temp oC	nominal	mode = 150 (1), least =	150 (1), 155 (1), 160 (1	0
regular	CO%	numeric	avg = 3.154 +/- 0.073	[3.000 ; 3.291]	0
regular	CO2%	real	avg = 3.479 +/- 0.061	[3.383 ; 3.619]	0
regular	HC ppm	numeric	avg = 65.688 +/- 4.467	[58.000 ; 71.154]	0
regular	NO%	real	avg = 0.201 +/- 0.007	[0.187 ; 0.220]	0

Фиг. 4. Метаданни за модела

На фигура 5, фигура 6 и фигура 7 са представени резултатите от симулацията при различна грануларност на температурите. При по-едрата грануларност ясно се забелязва, че въглеводородът намалява с нарастване на температурата, докато при по-фина грануларност се вижда, че емисията на въглеводород рязко намалява при температури над 200°C. Тенденцията при въглеродния оксид е намаляване с нарастване на температурата, което естествено води до нарастване на емисията от въглероден диоксид, докато за азотния оксид не може да се разглежда ясно изразена тенденция, а само факта, че емисията се движи в граници от 0.18% до 0.22%.

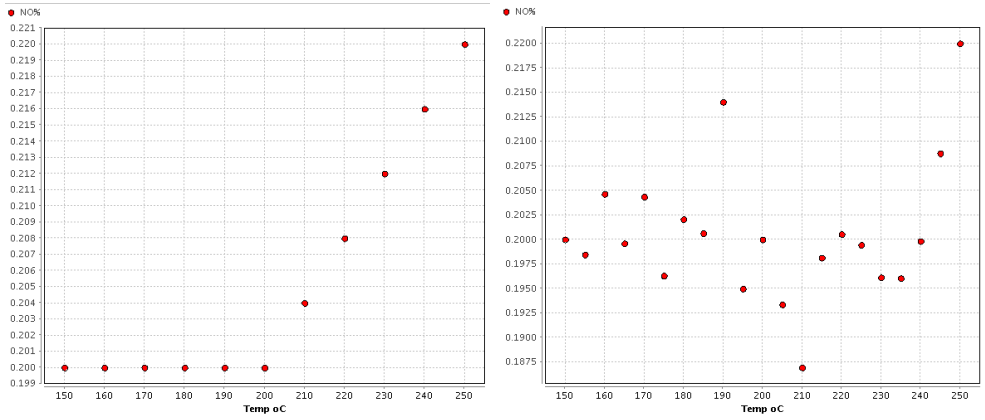


Фиг. 4. Емисия на HC [ppm]



Фиг. 5. Емисия на CO и CO_2 [%]

Получените резултати от симулацията напълно потвърждават тенденциите, получени с реалния стенд. Предимството на софтуерния модел е, че позволява изследване и прогнозиране на емисиите на вредни газове без реална постановка, в по-големи температурни граници и с много по-фина грануларност на температурата, отколкото това може да се постигне с настоящата реализация на реалния стенд.



Фиг. 6. Емисия на NO [%]

4. Заключение

В доклада са представени изследвания на реален стенд и софтуерна симулация за изследване и оценка на влиянието на вътрешен катализатор, разположен върху клапаните на двигател с вътрешно горене. При различни температури в горивната камера е изследвано влиянието на катализатора върху концентрацията на конкретни токсични компоненти в отделените газове. Изследването се прави с цел да се докаже тяхното намаляване, което при правилно позициониране на катализатора би довело до отпадане на необходимостта от отделен каталитичен конвертор. Изследванията на моделите потвърждават ефективността на вътрешния горивен катализатор, която се изразява в намаление на емисиите на въглероден оксид (около 10% намаление при промяна на температурата от 150° до 250°C). Аналогично, положителен ефект от вътрешния катализатор се проявява и за въглеводорода, където промените на концентрационните съотношения са само за температури над 200° C.

Софтуерният модел може да се приложи при обучение на студентите, тъй като напълно отговаря на реалния модел.

Цел на бъдеща работа е да се изследват и други фактори, свързани с вътрешния катализатор – вид и количество на катализатора, натоварване на двигателя (получените резултати в момента са на празен ход) и скорост на въртене на двигателя. След като се съберат достатъчно първични данни от реалния стенд, чрез софтуерния модел ще бъде направен многофакторен анализ и създаден оптимален модел за минимизиране на вредните емисии.

Литература

[1]. CO2 emissions from new cars in EU fell 2.6% in 2014, study says, http://europe.autonews.com/article/20150415/ANE/150419930/co2-emissions-from-new-cars-in-eu-fell-2-6-in-2014-study-says, 2015г.

[2]. M. Andrych-Zalewska, L. J. Sitnik, W. Walkowiak, V. Aleksieva, Testing the efficiency of internal combustion catalysts position model. trans & MOTAUTO ’15, Proceedings vol.1, pp.23-25, Scientific-technical union of mechanical engineering, year XXIII, issue 12 (175) june 2015, ISSN: 1310 – 3946

За контакти:
гл.асистент, д-р инж. Венета П. Алексиева
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет - Варна
E-mail: VAleksieva@tu-varna.bg

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Анна Брошкова, Людмила Богданова, Валерий Ситников

Резюме: В работе представлена информационная система для медицинского учреждения. Разработанная система позволяет уменьшить бумажные архивы учреждения и автоматизирует некоторые рутинные действия человека, автоматизировать процесс передачи необходимой информации от связанных отделений, а также организовать быстрый и простой доступ к медицинским картам пациентов.
Ключевые слова: информационная система, медицинское учреждение, база данных, PostgreSQL, Delphi.

Information system for medical institutions

Hanna Broshkova, Ljudmila Bogdanova, Valeriy Sytnikov

Abstract: An information system for a medical institution is presented in this work. The developed system allows to reduce paper archives of an establishment and automates some routine actions of the person, to automate process of transfer of necessary information from the related offices, and also to organize fast and simple access to the patients' medical records.
Keywords: information system, medical institutions, database, PostgreSQL, Delphi.

1. Введение

В настоящее время широкое распространение получили базы данных.Современные базы данных (БД) позволяют создавать информационные системы, предназначенные для хранения и извлечения информации по запросу пользователя, системы автоматизации документооборота организации, системы поддержки принятия решений и т.д.[1].

Автоматизация и информатизация лечебно-профилактических учреждений - одна из самых насущных проблем. Именно ее решение позволит снизить расходы при подготовке отчетности, упростить и оптимизировать документооборот, сократить количество ошибок медперсонала, сделать работу лечебно-профилактического учреждения более эффективной и, в конце концов, значительно улучшить качество предоставляемых услуг пациентам.

2. Информационная система медицинского учреждения

Разработанная система автоматизирует работу врача в части создания, заполнения, обмена и хранения медицинских документов. Формирует для врача эргономичное рабочее место с удобным доступом к справочной информации. Автоматизирует поиск по всем данным, с которыми работает врач и процесс передачи необходимой медицинской информации от смежных отделений и заполнение стандартной медицинской документации. Так же обеспечивает быстрый и простой доступ к медицинским картам пациентов.

Разработана единая информационная система, которая позволяет собрать всю информацию на один центральный сервер. На первом этапе разработана структура общей базы данных (список таблиц, колонок и связей). Структура составлялась на основе анализа работы лечебно-профилактического учреждения. На втором этапе разработано программное обеспечение клиентской части. Структурная схема информационной системы представлена на рис. 1.

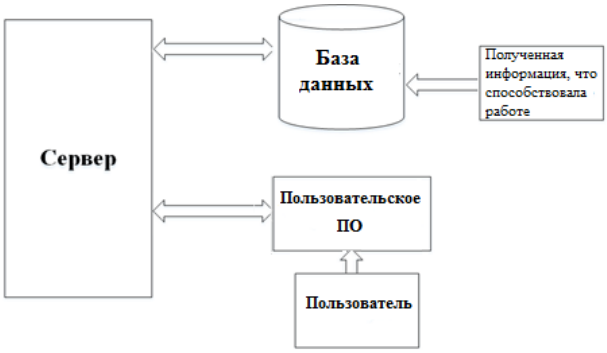


Рис. 1. Структурная схема информационной системы

На рис. 2 и рис. 3соответственно приведены алгоритмы работы программ для подключения к серверу и авторизации пользователя.

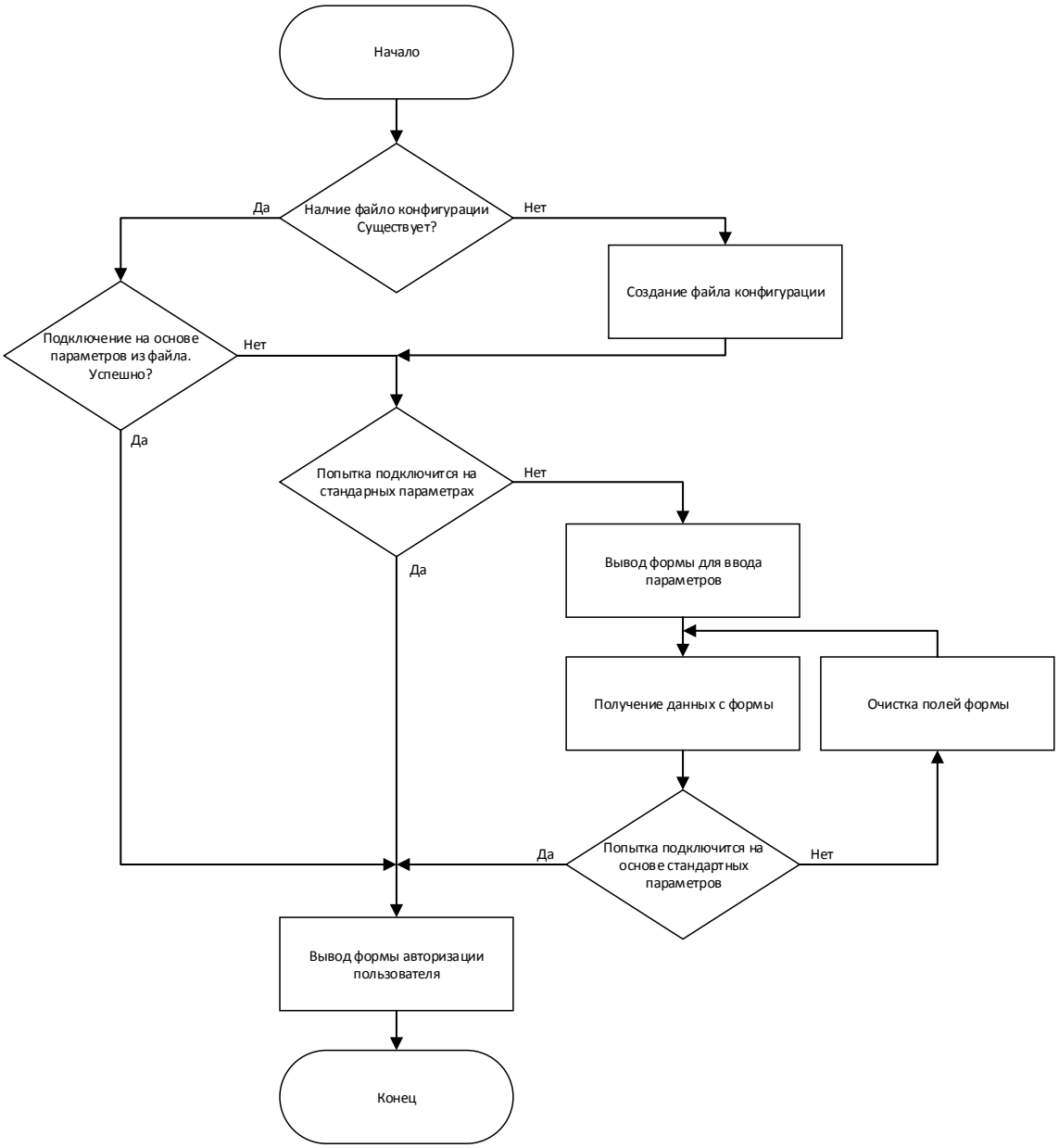


Рис. 2. Алгоритм подключения к серверу

Разработка базы данных осуществлялась на PostgreSQL – свободная объектно-реляционная система управления базами данных (СУБД). Существует в реализациях для

множества UNIX-подобных платформ.Сильными сторонами PostgreSQL считаются: поддержка БД практически неограниченного размера; мощные и надежные механизмы транзакций и репликации; расширяемая система встроенных языков программирования [2].

Авторизация для любой системы - это самая важная вещь, потому что доступ к частной информации имеет только определенный круг пользователей. Для этого разработана очень надежная система аутентификации.

Анализируя имеющиеся средства программирования, на основании перечисленных критериев, был избран вариант с использованием системы визуального программирования Embarcadero® Delphi® XE5. Данноерешение позволяет: поскольку среда визуального программирования Delphi® XE5 работает в среде Windows 9x / NT / 2000 / XP / Vista / 7/8 , что предоставляет программисту возможность реализации всех преимуществ графического интерфейса этой системы.Так как подавляющее большинство пользователей персональных компьютеров работают сегодня в среде операционных систем семейства Windows, то этот интерфейс является для них наиболее привычным и удобным.Кроме этого Delphi поддерживает широкий набор операций над PostgreSQL [3]. Наиболее часто используемые операции поддерживаются с помощью пользовательского интерфейса (управление базами данных, таблицами, полями, связями, индексами, пользователями, правами и т.д.). Одновременно можно выполнить любой SQL запрос.

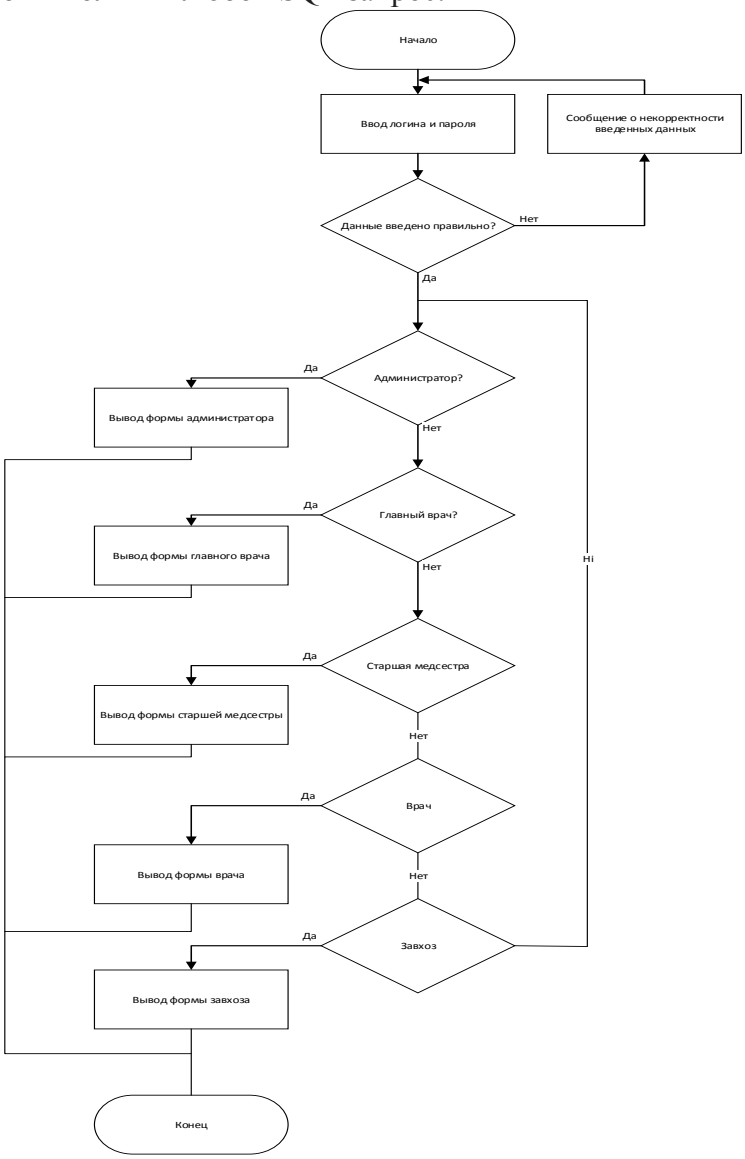


Рис. 3.Алгоритм авторизации пользователя

Таким образом, подобная автоматизация позволяет повысить эффективность управления медицинским учреждением за счет обеспечения руководителей и специалистов максимально полной, оперативной и достоверной информацией на основе единой базы данных.Изменить характер труда сотрудников, избавляя их от выполнения рутинной работы и давая возможность сосредоточиться на профессионально важных обязанностях. А простой интерфейс программы позволяет быстро понять принцип ее работы и максимально использовать все ее функции.

Литература

[1]. Википедия - свободная энциклопедия. [Электронныйресурс] - Режим доступа к сайту:http://ru.wikipedia.org
[2]. Е. В. Малахов «Основы проектирования баз данных», учебное пособие. Одесса, наука и техника, 2006г., 155 с.
[3]. Фаронов В.В. ПрограммированиебазданныхвDelphi 7: Учебныйкурс

For contacts:
Engineer, Hanna Broshkova
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: anutaod-11@mail.ru

Lecturer, Lujdmila Bogdanova
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University

Doctor of Science (Eng.), prof.,Valeriy Sytnikov
Head of Computer System Department
Institute of Computer Systems,
Department of Computer Systems
Odessa National Polytechnic University
E-mail: sitnvs@mail.ru

OPNFV – ВЪЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВИ

Стела Русева, Никола Найденов

Резюме: Тази статия анализира Отворената платформа за NFV (OPNFV), проект с отворен код, и значимостта му за създаването на една отворена еталонна платформа, ратифицираща съвместими NFV решения на различни производители. OPNFV цели да се гарантира покриване на стандартите и да се ускори внедряването на необходимите нови NFV продукти и услуги. OPNFV посреща нуждите на индустрията, като чрез проекта се въвеждат специфични технологични решения, изпробвани и постигнати на база конкретни случаи на употреба. OPNFV допринася за една отворена екосистема от участници и дава възможност за широко сътрудничество в индустрията, за да се осигури унифицирано управление и оперативна съвместимост между виртуализираните мрежови инфраструктури.
Ключови думи: Отворена платформа за виртуализация на мрежовите функции, Виртуализация на мрежовите функции, Облачни технологии, Софтуерно дефинирани мрежи, Арно, OpenStack.

OPNFV – Outlook and Potentialities

Stela Ruseva, Nikola Naidenov

Abstract: Network Functions Virtualization (NFV) is a network architecture philosophy, which offers a new way to design, deploy and manage networking services. This article analyses Open Platform for NFV (OPNFV), an open source project, and its significance in providing for an open source reference platform to validate multivendor, interoperable NFV solutions. OPNFV is a carrier-grade platform, aimed at accelerating the deployment of new NFV products and services, that meets the industry's needs by introducing specific technology components, based on their use cases and deployment architectures. To ensure consistency, performance and interoperability among virtualized network infrastructures, OPNFV encourages an open ecosystem of participants and enables broad industry collaboration.
Keywords: Open Platform for NFV (OPNFV), Network Functions Virtualization (NFV), Cloud computing, Software-Defined Networking (SDN), Arno, OpenStack.

1. Увод

Основна цел на виртуализацията на мрежовите функции (Network Functions Virtualization, NFV) е да осигури гъвкавостта на услугите, да усъвършенства начина, по който те се предлагат, и да осигури продуктивно използване на наличните ресурси и активи.

За изпълнението на тази цел мрежовите оператори се нуждаят от модел на платформа с отворен код, която да валидира отделни NFV решения на различни производители, за да могат да работят съвместно. Open Platform for NFV (OPNFV) е нов проект с отворен код, който предоставя такава платформа.

Все по-често стандарти се пишат заедно с основни проекти с отворен код. OPNFV работи в тясно сътрудничество с ETSI's NFV ISG (The European Telecommunications Standards Institute's Network Functions Virtualization Industry Specification Group), както и с други организации, дефиниращи стандарти за създаването на добре стуктурирана, съвместима имплементация на отворена стандартна референтна платформа. OPNFV работи

съвместно с много от тези проекти с цел координиране на продължителна интеграция и тестване на NFV решения.

Създателите на OPNFV призовават за съдействие от страна на всички желаещи специалисти, компании и организации, работещи в сферата, да допринесат с програмен код или препоръки за развитието на проекта.

2. Виртуализацията на мрежовите функции – аспекти, тенденции и проблеми на настоящия етап, които се очаква да се разрешават чрез отворената платформа

Необходимостта от платформата и призивът за съдействие по проекта за нея се отправя от страна на създателите на OPNFV с оглед на актуалната ситуация, в която се очертават следните основни тенденции [9] в областта на компютърните мрежи:

- Увеличаващ се обем от пренасяни данни в мрежата;
- Облачните технологии променят начина, по който приложенията се предоставят и използват от потребителите;
- Доставчиците на услуги (service providers) са под напрежение да предоставят търсените услуги за крайните потребители и бизнеса, особено с въвеждането на Internet of Things;
- Индустрията се ориентира към софтуерно-дефинирани мрежи и виртуализация на мрежовите функции.

В контекста на така очертаната ситуация се явява концепцията за виртуализацията на мрежовите функции (Network functions virtualization, NFV) [12]:

NFV е концепция за мрежова архитектура, при която се виртуализират цели класове от мрежови устройства с определени функции, които могат да бъдат свързани, за да се създадат комуникационни услуги. NFV разчита на традиционните техники за сървърна виртуализация, но се различава от тях. За пояснение е необходимо да се направят следните уточнения: Първо, както е известно, мрежовата виртуализация представлява създаване на логически разделени мрежови дялове върху обща физическа инфраструктура, като всеки дял е изолиран от останалите и се държи изцяло като отделна мрежа, за да се посрещнат изискванията за сигурност, поверителност на данните, отделни политики, различни нива на достъп до услуги и дори самостоятелни решения за маршрутизация. Второ, една виртуализирана мрежова функция - virtualized network function (VNF) може да се състои от една или повече виртуални машини, на всяка от които работи различен софтуер, а самите виртуални машини работят върху сървъри, устройства за съхраняване на голям обем от информация, комутатори или cloud computing инфраструктура. Така не е нужно да се поддържат специфични хардуерни устройства за всяка мрежова функция. Примери за VNF са: виртуализирани session border controllers, разпределение на натоварването (load balancers), защитни стени (firewalls), intrusion detection devices, WAN accelerators (ускорители).

Network functions virtualization (NFV), чрез използването на Virtual network functions (VNFs), предлага нов начин за проектиране, внедряване и управление на мрежови услуги.

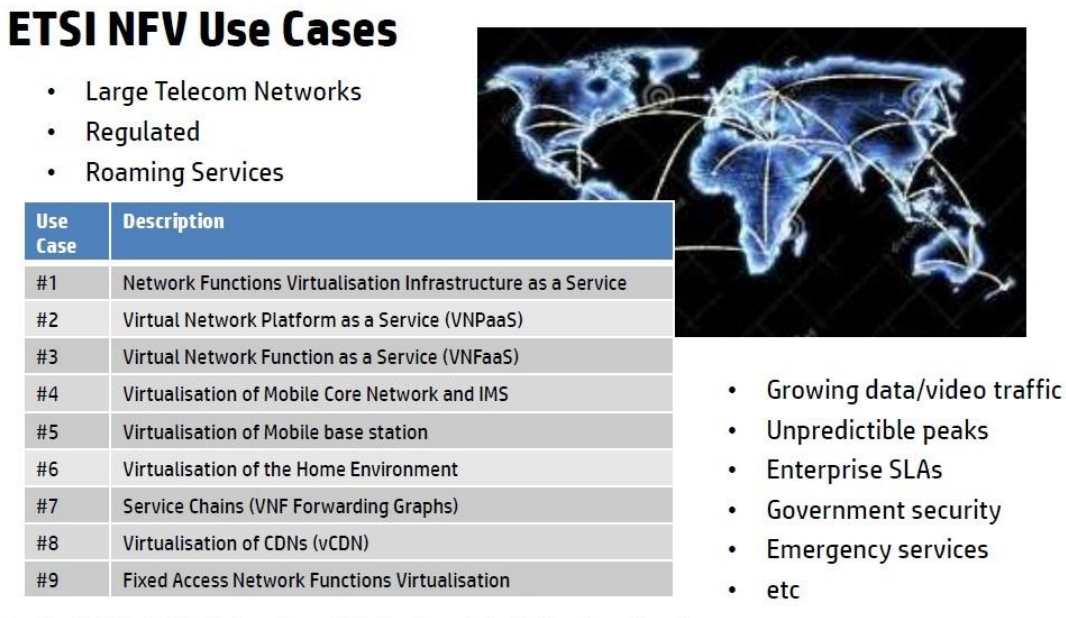
NFV дава следните възможности и предимства при виртуализирането на мрежовите услуги [3, 12]:

- Намалява разходите за инвестиции (CapEx): намалява нуждата да се закупува специален хардуер с определени функции и поддържа pay-as-you-grow модел; поддържа модели, елиминиращи разточителното закупуване на повече от нужната техника (overprovisioning);
- Намалява оперативните разходи (OpEx): намалява нуждите от повече пространство, разходите на енергия за работата и охлаждането на оборудването и опростява внедряването и управлението на мрежовите услуги;

- Ускорява представянето и въвеждането на пазара (Time-to-Market): чрез NFV се съкращава времето за внедряване на нови мрежови услуги с цел поддръжка на изменящите се нужди на бизнеса, дава се възможност доставчиците по-бързо да отговорят на нарастващите нужди на пазара, да се възползват от нови пазарни възможности и по-бърза възвращаемост на инвестициите им в нови услуги. Също така се намаляват и рисковете, свързани с въвеждането на нови услуги, като се дава възможност на доставчиците лесно да изпробват и подобряват услугите в съответствие с установените нужди на клиентите си:
- Дава подвижност и гъвкавост: бързо може да се коригира мащаба на предлагане на услугите в съответствие с промените в търсенето;
- Подпомагат се иновациите, като се създава възможност услугите да се предоставят във вид на софтуер, работещ на всеки хардуер, съответстващ на стандартите на индустрията.

С обещанията да намали значително капиталовите и оперативните разходи, NFV се очаква да преобразува цялата телекомуникационна индустрия. Mind Commerce изчислява, че глобалният пазар за NFV ще расте с 83.1% годишно между 2015 и 2020 г. и приходите от NFV ще достигнат $ 8.7 милиарда към края на 2020 г. [4].

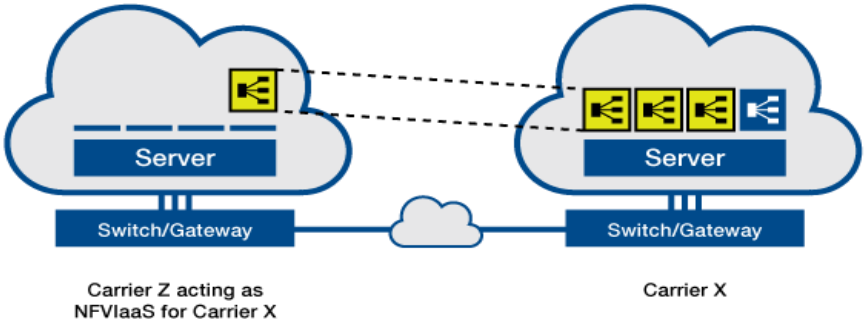
На фигура 1 е показан общ преглед на приложенията на NFV – NFVIaaS, VNPaaS, VNFaaS, в глобалните телекомуникационни мрежи – виртуализация на опорната мобилна мрежа, IP Multimedia Subsystem архитектурата, виртуализация на базовите станции (vBS), с които се свързват мобилните устройства на потребителите и др., с оглед на предизвикателствата в тези сфери, като непредвидими пикови натоварвания, роуминг услуги, нарастващ трафик на данни, в това число видео трафик, нарастващи изисквания за сигурност, въпросите около определянето и изпълнението на договорните отношения между доставчик и клиент - споразуменията за ниво на обслужване (SLA) и т.н.



Фиг. 1. Случаи на употреба на NFV

Едно от приложенията на NFV, които ETSI предлага, е NFVIaaS (NFV Infrastructure as a Service) [1]. Тази употреба на NFVIaaS е нужна предпоставка за предоставянето на облачни услуги. В този случай на употреба на NFV един доставчик може да предостави услуги на клиентите си, използвайки NFV инфраструктурата (NFVI) на друг доставчик на услуги. По този начин първият доставчик може да разшири обхвата си към географски локации, в които не поддържа физически техника или каквито и да било активи.

На фигура 2 е представен в общ план - пример за NFVIaaS, при който доставчикът на услуги X предлага виртуализирана услуга за разпределение на натоварването (load balancing). Някои от клиентите на доставчика X имат нужда от load balancing услуги в географски локации, където компанията не подържа NFVI, но за сметка на това доставчикът Z поддържа такива.

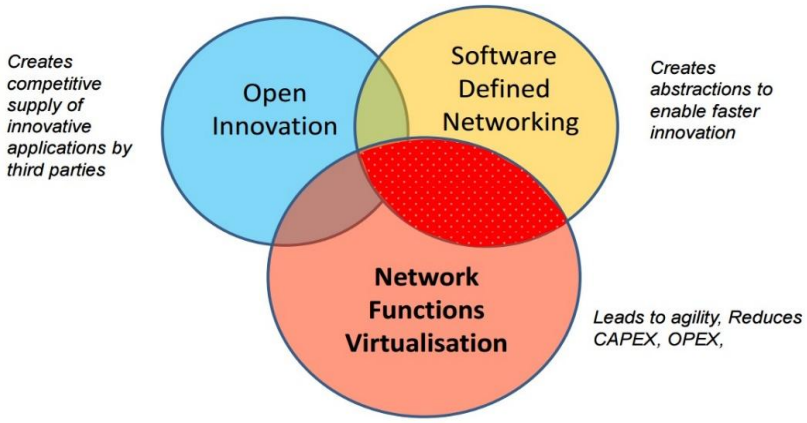


Фиг. 2. Пример за NFVIaaS

Чрез NFVIaaS доставчикът Z може да предостави временно NFV инфраструктура (изчислителна мощ, мрежова инфраструктура, хипервайзори и т.н.) на доставчика X. Така последният получава достъп до инфраструктура, която иначе би била твърде скъпа за закупуване и поддръжка. С NFVIaaS такава инфраструктура може да се заеме в случай на нужда и то в размери, точно съответстващи на използваните капацитети. Очакваната печалба от това приложение на NFV е значителна. Като елиминира цената и сложността на внедряването на нов хардуер или наемането на фиксирани услуги, доставчикът X може да въвежда виртуализационни услуги и да нагажда капацитета им много бързо, както и да увеличава обхвата си към други доставчици на услуги. Доставчик Z също печели, защото получава доходи от излишните, неизползвани капацитети и така си възвръща инвестициите в NFV и SDN инфраструктура.

NFVIaaS също улеснява прилагането на решения в практиката, като премахва ефекта от разликите между различни доставчици в адресацията, технологиите за тунелиране, QoS механизмите за класифициране и приоритизиране на трафика, налагането на политики и изисквания за сигурност, оперативни процедури и т.н.

Друго основно изискване към NFVIaaS, подобно на други облачни технологии, е да може да се предостави една NFVI на много потребители (multi-tenancy), като се осигури достатъчна изолация на трафика и налагане на специфични политики за отделен потребител (tenant), да има нужната еластичност, за да се намали цената и сложността на мащабирането на динамичната среда на облачните услуги [1].



Фиг. 3. Систематично представяне на предимствата от взаимодействието на отворените платформи, NFV и SDN

Отворените проекти създават условия за конкурентно предлагане на иновативни приложения. Както е показано на фигура 3, докато SDN създават абстракции, които ускоряват иновациите, то NFV осигурява гъвкавост и снижаване на капиталовите и на оперативните разходи. NFV и SDN в голяма степен се допълват, те не са взаимно зависими, но донасят известни ползи, когато се прилагат в комбинация. SDN може значително да подобри работата на NFV. SDN може да играе основна роля в управлението на виртуалната и физическата инфраструктура: за конфигурация на мрежовите функции (VNFs), заделяне и управление на ресурси, въвеждане на политики и механизми за сигурност, автоматизиране на някои процеси и по-добра възможност да се програмират. Също чрез SDN могат да се канализират потоците на трафика към съответните VNFs. Характеризирането на вида на трафика е много важно (например в мобилните мрежи). VNF създава динамична среда. Такава среда има нужда от удобно логическо представяне, каквото може да се постигне с SDN [9, 12]. Тъй като NFV използва виртуализационни технологии и практики, познати от облачните технологии, логично е да се помисли за включване на OpenFlow-базирана SDN в NFV инфраструктурата. За практическите приложения на NFV има нужда от извършван от различни доставчици динамичен, автоматизиран контрол на маршрутизацията на потока от данни – проблем, който може да се реши с OpenFlow.

3. Представяне на проекта OPNFV и начина на работата му, съобразно заложените в него цели

В увода на настоящата работа казахме, че основна цел на виртуализацията на мрежовите функции NFV е да осигури гъвкавостта на услугите и продуктивно използване на наличните ресурси и активи, както и че за да се изпълни тази цел мрежовите оператори се нуждаят от модел на платформа с отворен код, която да валидира отделни NFV решения на различни производители, за да могат да работят съвместно. Сега ще акцентираме по-задълбочено върху въпроса, че именно Open Platform for NFV (OPNFV) като нов проект с отворен код се разработва, за да предоставя такава платформа, и как по-точно става това.

Все по-често се пишат проекти с отворен код. Както казахме, OPNFV работи съвместно с организации, дефиниращи стандарти (в т.ч. ETSI's NFV ISG), с цел координиране на продължителна интеграция и тестване на NFV решения. Тази тясна координация на иначе независими процеси е решаваща за изграждането на NFV екосистема: може да изкорени навременно разногласия, да идентифицира решения и потенциално да установи фактическите стандарти. Резулататът е по-бърз и икономичен подход към внедряването на NFV.

Идеята е главно да се използват като компоненти други "upstream" проекти с отворен код, при което основните усилия падат върху интегрирането им. Следват много системни тестове на така получената платформа, като тестването е базирано на конкретни случаи на употреба на NFV. В хода на този процес се извеждат нови изисквания към платформата, както и нови функционалности, които да ги покриват.

За да се изясни как се очаква да сработи колаборацията при отворения проект, се налага първо по-систематизирано да се упоменат компонентите, от които се състои NFV-платформата в основата си [6, 12]:

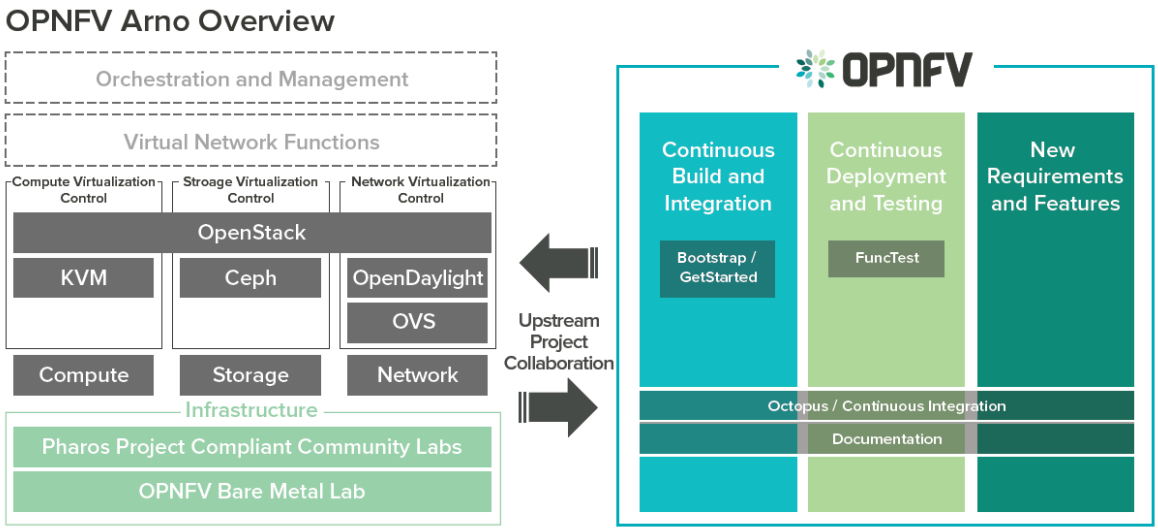
- Virtualized network functions (VNF) – софтуерни имплементации на мрежовите функции в NFV-инфраструктурата (NFVI);
- Network function virtualization infrastructure (NFVI) – съвкупността от софтуерни и хардуерни компоненти, съставляващи средата, в която са реализирани виртуализираните мрежови функции (VNFs). NFVI може да се разпростира между няколко физически (географски) локации. В такъв случай мрежата, която свързва отделните локации, се смята за част от NFVI.

- Network functions virtualization management and orchestration architectural framework (NFV-MANO Architectural Framework) – съвкупност от всички функционални блокове, използвани от тях хранилища за данни, и интерфейси, през които тези функционални блокове обменят информация, свързана с организацията и управлението на NFVI и VNFs.

NFV MANO е работна група на ETSI ISG NFV. Това е и дефинираната от ETSI рамка за управлението на всички ресурси в cloud дейтацентър, включващи процесорна мощ, мрежови ресурси, ресурси за съхранение на данни, виртуални машини. NFV MANO се разделя на три функционални блока: NFV Orchestrator, VNF Manager, Virtualized Infrastructure Manager (VIM) [5]. NFV платформата изпълнява функции като управление и наблюдение на компонентите, възстановяване от повреди, и предоставя механизми за сигурност – всичко, което се изисква за пренос на данни в публичната мрежа. Първоначалната цел и първата стъпка на OPNFV е да предостави NFV Infrastructure (NFVI), Virtualized Infrastructure Management (VIM), и APIs към други NFV елементи, които заедно формират базовата инфраструктура, нужна за Virtualized Network Functions (VNFs) и Management and Network Orchestration (MANO) компонентите.

Arno [8, 11] е първата итерация на OPNFV проекта и се използва като платформа за разработка за желаещите да участват в проекта, като дават обратна връзка. Arno не е предназначена да се използва в реалната среда (production), а само в тестова. Това е начална, експериментална версия, създадена с цел да предостави основа, върху която от гледна точка на OPNFV проекта може да се оценяват възможностите на платформата и да се развиват нови възможности. Arno е насочен към всеки, който изследва NFV решения, развива VNF приложения или се интересува от тестване на NFV характеристики и случаите на употреба. Arno предоставя първоначална конструкция за NFV Infrastructure (NFVI) and Virtual Infrastructure Manager (VIM) компонентите на ETSI NFV архитектурата.

Arno е основа за постоянното съчетаване, автоматизирано разгръщане и тестване на компоненти, нужни за изграждането на NFV платформа от upstream компоненти като OpenDaylight, OpenStack, Open vSwitch, Ceph и KVM [7], както е показано на фигура 4.



Фиг. 4. Обобщен вид на платформата заедно с конкретни имплементации на компонентите при Arno версията на OPNFV

Arno използва OpenStack Juno за virtual infrastructure management (VIM) компонента. OpenStack е избрана заради основната полза от нея в постигането на нужната еластична облачна инфраструктура, предоствяща изчислителна мощ за потребители [2].

За работа с мрежовата част на стека Arno използва OpenDaylight Helium. Интерфейсите на OpenDaylight дават възможности като проверка на топологията и взаимодействие с

OpenDaylight SDN контролера. Open vSwitch (OVS) е виртуален комутатор с отворен код, който предоставя виртуални мрежови функции за NFV инфраструктурата. Чрез OVS се осигурява мрежова свързаност на виртуалните машини с физическата мрежа и мрежова свързаност между самите виртуални машини. По подразбиране Open vSwitch в OPNFV се имплементира като модул на Линукс ядрото (Linux Kernel Module). Допълнителни интерфейси се предоставят от Linux дистрибуциите. Arno поддържа операционните системи Centos 7.1 и Ubuntu 14.4.

В ролята на хипервайзор е избрано виртуализационното решение KVM (Kernel-based Virtual Machine). KVM работи под Линукс, състои се от модул към Линукс ядрото, който поддържа виртуализационната инфраструктура, и модул за поддръжка на конкретния модел процесор. С KVM може да се стартират виртуални машини, върху които да работят различни операционни системи.

Технологията, избрана за съхранение на данни, е Ceph. Ceph осигурява хранилище (storage) с обектен, блоков и файлов достъп в една унифицирана система. Ceph осигурява разпределено съхранение на обекти. Неговите библиотеки дават достъп на клиентски приложения до обектно-ориентираната storage система RADOS (reliable autonomic distributed object store). Софтурните библиотеки на Ceph снабдяват приложенията, написани на C, C++, Java, Python и PHP с достъп до обектната storage система, като използват присъщите им APIs. Освен това, чрез RADOS Gateway се предоставя REST интерфейс, който е съвместим с приложения, написани за Amazon S3 и OpenStack Swift. Ceph RADOS Block Device (RBD) дава достъп до изображенията на блоковите устройства, които са раздробени и се репликират по целия storage клъстер.

Файловата система CephFS работи върху същата система за съхранение на обекти, която доставя обектен storage и интерфейси до блокови устройства. Сървърният клъстер за метаданни на Ceph предоставя услуга, която прави карта на съответствията на имената на файловете и директориите от файловата система, спрямо обектите, съхранявани в RADOStore клъстерите. Сървърният клъстер за метаданни може да се разширява или свива, което може да ребалансира файловата система динамично, за да се разпространяват данни равномерно сред хостовете от клъстера. CephFS осигурява неограничен storage на файловите системи и дава по-добра защита на данните за критичните за бизнеса приложения. Клиентите могат да качват POSIX-съвместимата CephFS файлова система като използват клиент от Линукс ядрото. Сървърите работят като стандартни Линукс демони. Поне засега OPNFV общността е избрала OpenStack платформа за управление на облака (cloud orchestration). Това не изкючва възможността желаещите да допринесат към проекта да пренапишат кода така, че да се използва алтернативна платформа за тази цел [2].

4. Заключение

Виртуализацията на мрежовите функции се явява философия на мрежовата архитектура, спечелила популярност в индустрията, тъй като тя предлага един нов начин да се проектират, внедряват и управляват мрежовите услуги. NFV повишава гъвкавостта на услугите, като същевременно осигурява по-добро използване на активите чрез прилагане на технологиите за виртуализация, за да се поддържат и управляват софтуерно основните мрежови функции, вместо да се разчита на специализиран хардуер за такива функции.

OPNFV е ключът към осъществяването на ползите от NFV технологиите. Целта на проекта е да се създаде еталонна платформа за валидирането на съвместими помежду си NFV решения, а това да няма несъвместимости е от основна важност за работата на NFV решенията в мрежата. Тази цел се постига ефективно именно с OPNFV, защото се използват инвестиции от отворена общност от разработчици и доставчици на този вид услуги, като по този начин се дава възможност за взаимодействие на много от основните играчи в

индустрията, както и се съставят модели за множество разнообразни случаи на употреба в практиката. Като отворена еталонна платформа, OPNFV ускорява въвеждането на NFV решения, тъй като увеличава способността на производители и потребители да създават съвместно работещи NFV технологии, предотвратява излишно дублиране на усилията при създаване на подобни решения и след това отстраняване на проблемите при свързването им в обща система на практика. Паралелно със започнатите проекти с отворен код и дефиниране на стандарти, всички заинтересовани организации, компании и отделни хора са поканени да допринесат за платформата OPNFV, а оттам и за успешното реализиране на основни облаги, гъвкавост на услугите и оперативна ефективност на NFV като цяло.

Литература

[1] Solution Brief: OpenFlow-enabled SDN and Network Functions Virtualization https://www.opennetworking.org/solution-brief-openflow-enabled-sdn-and-network-functions-virtualization

[2] OpenStack's Role in an OPNFV Reference Implementation https://www.sdxcentral.com/articles/contributed/openstacks-role-opnfv-reference-implementation/2014/11/

[3] What is NFV – Network Functions Virtualization? https://www.sdxcentral.com/resources/nfv/whats-network-functions-virtualization-nfv/

[4] Software Defined Networks (SDN) and Network Function Virtualization (NFV) Market, Forecasts, and Impact on Network Operators 2015 - 2020 http://www.mindcommerce.com/software_defined_networks_(sdn)_and_network_function_virtualization_(nfv)_market_forecasts_and_impact_on_network_operators_2015__2020.php

[5] What is NFV MANO? https://www.sdxcentral.com/resources/nfv/nfv-mano/

[6] Opnfv whitepaper 103014 http://www.slideshare.net/OPNFV/opnfv-whitepaper-103014

[7] Linux Foundation Collaborative Projects – OPNFV https://www.opnfv.org/about

[8] OPNFV User Guide for the Arno release http://artifacts.opnfv.org/arno.2015.1.0/docs/user-guide.arno.2015.1.0.pdf

[9] Introducing Open Platform for NFV https://www.opnfv.org/sites/opnfv/files/pages/files/opnfv_overview_deck_06042015.pdf

[10] Service Function Chaining - Helium, Lithium and the way forward... http://events.linuxfoundation.org/sites/events/files/slides/SFC-Helium-Lithium-and-beyond.pdf

[11] CEPH: THE FUTURE OF STORAGE http://ceph.com/docs/ http://ceph.com/ceph-storage/object-storage/, http://ceph.com/ceph-storage/file-system/,

[12] Network Functions Virtualisation – Introductory White Paper https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf, https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper2.pdf, https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper3.pdf

За контакти:
доц. д-р Стела Русева
катедра „Изчислителни системи"
Факултет по Математика и Информатика
Софийски Университет „Св. Кл. Охридски"
E-mail: stela@fmi.uni-sofia.bg
хоноруван асистент Никола Найденов
катедра „Изчислителни системи"
Факултет по Математика и Информатика
Софийски Университет „Св. Кл. Охридски"
E-mail: nickson.nay@gmail.com

УЕБ УСЛУГИ: СИГУРНОСТ НА НИВО XML

Малинка Иванова

Резюме: Развитието на Интернет технологиите и увеличеният транзакционен и комуникационен обмен през уеб води до използване на уеб услуги за различни цели. Освен поставените изисквания за функционалност и ефективност, още от уеб услугите се изисква да бъдат сигурни. Това се постига чрез прилагане на технологии като: цифрово подписване, криптиране на данните, използване на инфраструктура от публични ключове и други. Целта на статията е да обобщи и анализира технологиите, подпомагащи реализирането на сигурни уеб услуги на ниво XML, въз основа на препоръките, дадени в спецификациите XML Encryption и XML Signature.
Ключови думи: уеб услуги, сигурност, XML, цифрово подписване, криптиране

Web Services: Security at XML Level

Malinka Ivanova

Abstract: The development of Internet technologies and increased transactional and communication exchange via web leads to web services' usage in different areas. A wide range of requirements are addressed to web services, including requirements for functionality, efficacy and security. Secure web services could be realized through applying of technologies like: digital signing, encryption, usage of public key infrastructure, others. The aim of the paper is to summarize and analyze the technologies supporting realization of secure web services at XML level on the basis of recommendations given by XML Encryption and XML Signature specifications.
Keywords: web services, security, XML, digital signing, encryption

1. Въведение

Понастоящем уеб услугите широко се използват за подпомагане на интелигентната комуникация между компютри и софтуерни системи. Уеб услугите са софтуерни продукти, създадени въз основа на определени технологии, стандарти и правила. Езикът за описание на уеб услуги е WSDL (Web Service Definition Language), съобщенията се предават чрез протокола SOAP (Simple Object Access Protocol) и данните са представени в XML (Extensible Markup Language) формат [1], [2]. Всички тези технологии са добре описани в редица спецификации на W3C (World Wide Web Consortium) и OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standarts), осигурявайки взаимозаменяемост и съвместимост на уеб услугите. Други спецификации съдържат препоръки относно тяхната сигурност[3], [4]. Доставянето на услуги от доставчика до потребителя се извършва чрез протоколи като: HTTP (Hyper Text Transfer Protocol), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), FTP (File Transfer Protocol). Атаки срещу уеб услуги могат да бъдат извършени на различни нива: мрежово ниво, ниво транспортен канал, ниво приложение, ниво данни. Съответни мерки за защитата им могат да бъдат взети на съответно ниво или да бъде предвидена комбинация от мерки на различни нива. В статията се акцентира върху реализиране на сигурност на уеб услуги на ниво XML. XML играе много важна роля при представяне и обмен на данни в публични мрежи. Това изисква осигуряване на безопасно предаване на XML. Съществуват редица технологии като: XML цифрово подписване, XML криптиране, инфраструктура с публични ключове и други, които спомагат за опазване секретността на информацията. Тези технологии търпят развитие. Много от тях са се превърнали в стандарти, които се прилагат върху различни технологични платформи. Сигурността на ниво

XML третира следните проблеми: (1) *Конфиденциалност* – означава, че само конкретен получател прочита определената му част от XML. За осигуряване на конфиденциалност е необходимо XML да бъде криптиран. За тази цел е добре да се следват препоръките на утвърдени стандарти в областта на XML криптирането. (2) *Цялост* – означава, че XML не е променян при транспортирането му от източника до крайната дестинация. Стандартът XML цифрово подписване позволява изпращащият да добави цифров подпис към съдържанието, чиято цялост трябва да се осигури. (3) *Автентичност* – това е възможността да се потвърди, че точно този XML е изпратен от личността, която се представя за такава. Идентичността на изпращащия се гарантира чрез добавяне на цифров подпис към съдържанието.

В статията са обобщени и анализирани технологиите, подпомагащи реализирането на сигурни уеб услуги на ниво XML, въз основа на препоръките, дадени в спецификациите XML Encryption [3] и XML Signature [4].

2. Сигурност на ниво XML

При предаване на XML код между клиент и крайна дестинация той преминава през определен брой междинни възли. Възможно е различни части от един XML да имат различни крайни дестинации. Основната единица, на която може да бъде осигурена сигурност при предаване на XML съобщения, е елементът. Сигурността се реализира чрез използване на подходящ механизъм за криптиране. Допълнително трябва да се изясни дали криптирането се отнася за определен елемент или за съдържанието на XML документа. Целият елемент се криптира, включително неговите атрибути и се замества с елемент <EncryptedData>. Криптиране на съдържанието означава, че само възлите "деца" в елемента са криптирани и заместени с елемент <EncryptedData>. Ако се предположи, че уеб услуга предава данни за студентското състояние <StudState> на студента XY, свързвайки това лице със системата за студентско състояние на съответния университет, тогава е възможно да бъде криптиран целият елемент <StudState> или неговото съдържание. В следващия пример е счетено, че информацията относно броя на курсовете, в които студентът XY участва, не е секретна информация и не трябва да бъде криптирана. Секретен е факултетният номер и текущият успех на студента. Тогава елементът <EncryptedData> ще замести не целия елемент <StudState>, а част от данните, които са включени в него.

Предавани данни за студента XY	Криптирано съдържание
<?xml version="1.0"?> <StudentInfo xmlns="http://example.org/stinfov5"> <Name>XY</Name> <**StudState** EnrolledCourses="8" OptionalCourses="3"> <FacNumber>12345678 </FacNumber> <Grades>5.65 </Grades> **</StudState>** </StudentInfo>	<?xml version="1.0"?> <StudentInfo xmlns="http://example.org/stinfov5"> <Name>XY</Name> <**StudState** EnrolledCourses="8" OptionalCourses="3"> <EncryptedData xmlns=http://www.w3.org/2001/04/xmlenc# Type="http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#Content"> <CipherData> <CipherValue>CVB456GFD</CipherValue> </CipherData> </EncryptedData> **</StudState>** </StudentInfo>

Сигурността на ниво XML се осъществява чрез технологии като: XML криптиране и цифрово подписване, в основата на които стои идеята за използване на публични ключове. Ключовете подпомагат: (1) криптирането и декриптирането на XML и (2) цифрово подписване на документите и верифициране на подписите. Инфраструктурата от публични ключове управлява създаването, манипулирането и мениджмънта на тези ключове.

Криптирането и цифровото подписване на XML се извършва чрез криптографски алгоритми: симетрични, асиметрични, дигести, чиито основни характеристики са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Алгоритми за криптиране и цифрово подписване на XML

Симетрични алгоритми	**Асиметрични алгоритми**
Използва се един и същ ключ за криптиране и декриптиране.	Използва се двойка ключове – публичен и частен.
Изпращащият криптира или цифрово подписва XML чрез секретния ключ.	Изпращащият съобщението използва публичния ключ на получателя, за да криптира съобщението.
Получателят използва същия ключ, за да декриптира или верифицира цифровия подпис.	Получателят декриптира чрез съответния частен ключ и прочита съобщението.
Недостатък - трябва да се осигури защитен канал за споделяне на секретния ключ между изпращащия и получаващия XML. Предимство - по-бързо криптиране и декриптиране.	Недостатък - по-голямо време за криптиране, което е пропорционално на размера на съобщението.
Дигести	
Използват хеш функции, които конвертират произволната дължина на данните в чек сума с фиксирана дължина-хеш код. Прилагат се за цифрово подписване. Ако файловете са по-големи по размер, те най-напред се компресират чрез дигест алгоритъм и след това се подписват чрез използване на частен ключ.	

Целите на XML криптирането са:

- Да подпомогне криптирането на всякакво цифрово съдържание, включително на XML;
- Да осигури криптирането на данни независимо дали се пренасят или съхраняват, за да станат недостъпни за неоторизирани и недоброжелателни лица;
- Да се поддържа сигурност на данните и при приминаването им през междинни възли;
- Да се даде възможност и за криптиране на части от XML съобщението;
- Криптираните данни да бъдат представяни в XML формат.

Последната цел изисква криптираните данни да бъдат в XML формат. За това допринасят елементите: <EncryptedData> и <EncryptedKey>. Елементът <EncryptedData> съдържа цялото криптирано съдържание, а <EncryptedKey> съдържа криптирания ключ.

Процесите по криптиране и декриптиране на XML документ с име “students” могат да се представят в няколко стъпки, демонстрирани чрез код в контекста на горния пример:

Криптиране	Декриптиране

-Стъпка 1 - XML се конвертира в обект DOM (Document Object Model).
`Document doc = XmlUtil.getDocument(students);`
`String xpath = "/StudentInfo/StudState";`
 	
-Стъпка 2 - Криптира се XML съдържанието чрез споделения секретен ключ и алгоритъма TrippleDES.
`Key dataEncryptionKey = getKey();`
`AlgorithmType dataEncryptionAlgoType = AlgorithmType.TRIPLEDES;`
`KeyPair keyPair = getKeyPair();`
 	
-Стъпка 3 - Намира се публичният ключ от двойката публичен-частен ключ. Прилага се RSA алгоритъм за генериране на двойката публичен-частен ключ.
`Key keyEncryptionKey = keyPair.getPublic();`
`AlgorithmType keyEncryptionAlgoType = AlgorithmType.RSA1_5;`
	-Стъпка 1 - Криптираният XML документ се конвертира в обект DOM.
	`Document doc = XmlUtil.getDocument(encryptedstudents);`
	
	-Стъпка 2 - Използва се частният ключ от двойката ключове, чийто публичен ключ е бил използван за криптиране на XML.
	`Key privateKey = keyPair.getPrivate();`
	
	-Стъпка 3 - Създава се XPath към подходящи имена на пространства, където се намират криптираните данни.
	`String xpath = "//xenc:EncryptedData";`
	`String[] ns = { "xenc", "http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#" };`
	`XPath xpath = new XPath(xPath, ns);`
	
	-Стъпка 4 - Създава се обект Decryptor с ключ за

KeyInfo keyInfo = new KeyInfo(); -Стъпка 4 - Създава се обект Encryptor с данни за криптирания ключ и използваните алгоритми. try { Encryptor enc =new Encryptor(doc, dataEncryptionKey, dataEncryptionAlgoType, keyEncryptionKey, keyEncryptionAlgoType, keyInfo); XPath xpath = new XPath(xPath); -Стъпка 5 - Извършва се извикване на метода encryptInPlace от обекта Encryptor с входен параметър XPath. try { enc.encryptInPlace(xpath); ... }	декриптиране и с местоположението на криптираните данни, които трябва да се декриптират. Decryptor decrypt = null; try {decrypt = new Decryptor(doc, privateKey, xpath); ...} -Стъпка 5 - Извиква се методът decryptInPlace на обекта Decryptor. Методът използва частен ключ, за да се декриптира споделения секретен ключ (който е част от криптираното съобщение). След това чрез споделения секретен ключ се декриптира останалата част от съобщението. try { decrypt.decryptInPlace(); ... }

Резултатът от криптирането на целия елемент <StudState> изглежда по начина:

```
<?xml version="1.0">
  <StudentInfo>
<Name>XY</Name>
    <xenc:EncryptedData Type="http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#Element"
xmlns:xenc="http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#">
      <xenc:EncryptionMethod Algorithm= "http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#tripledes-cbc"/>
       <ds:KeyInfo xmlns:ds="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#">
        <xenc:EncryptedKey>
          <xenc:EncryptionMethod Algorithm="http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#rsa-1_5"/>
            <xenc:CipherData>  <xenc:CipherValue> AYC… </xenc:CipherValue> </xenc:CipherData>
        </xenc:EncryptedKey>
       </ds:KeyInfo>
       <xenc:CipherData> <xenc:CipherValue> klmnoprst… </xenc:CipherValue> </xenc:CipherData>
     </xenc:EncryptedData>
  </StudentInfo>
```

3. Цифрово подписване на XML документ

Цифровото подписване играе важна роля за гарантиране целостта на съобщението при предаването му от край до край. Предоставя и информация за оригиналния автор на съобщението чрез процеса автентикация. За да бъде по-ефективен, цифровият подпис трябва да бъде част от данните на приложението. Затова той се генерира по време на създаване на съобщението и може да бъде верифициран по време на обработката и използване на съобщението. XML цифровото подписване използва набор от XML елементи, които могат да бъдат вградени в XML документ. Това дава възможност на получателя да верифицира съобщението, потвърждавайки, че то не е било модифицирано след изпращането му. Синтаксисът и обработката на XML цифрово подписан документ е представен в спецификацията XML Signature Syntax and Processing. Спецификацията дава препоръки относно автентикацията, целостта на съдържанието и защитата на личните данни/секретни данни и как те да се използват за автентикиране на изпращащия.

Цифровите подписи потвърждават идентичността на изпращащия и това може да се верифицира от получателя. Подписаното цифрово съдържание се основава на изградена инфраструктура, включваща криптографски стандарти за публични ключове. Сред основните характеристики на цифровото подписване на XML са:

- Цифровите подписи могат да бъдат представени като XML.
- Налице е възможност чрез цифровия подис да се подпише част/и от XML, оставяйки останалата част от документа неподписана.
- Съществува възможност различни части на един XML документ да бъдат подписани с различни цифрови подписи.

- Налице е необходимост цифровият подпис да остане в XML документа и след неговото транспортиране.

Подписването на цифров документ е двуетапен процес. През първия етап цифровото съдържание се обработва чрез алгоритъм дигест и получената стойност се поставя в XML елемент. Във втория етап стойността от дигеста се подписва цифрово. Причината за това е, че след обработката на цифрово съдържание с алгоритъм дигест, се генерира уникална криптирана стойност (дигест), която отнема по-малко време тя да бъде цифрово подписана в сравнение с цифровото подписване на първоначалното съдържание. След като XML или част от него е цифрово подписан, полученият цифров подпис се представя като XML елемент <Signature>. Оригиналното съдържание се свърза с цифровия подпис чрез следните дефиниции на XML цифровото подписване:

- Покриващ подпис – Елементът <Signature> включва елемента, който е цифрово подписан. Цифрово подписаният елемент става "дете" на елемента <Signature>.
- Покрит подпис – Елементът <Signature> става елемент "дете" на подписаните данни. Елементът <Signature> посочва подписания елемент чрез използване на информацията в елемента <Reference>.
- Разкачен подпис – Елементът <Signature> и подписаният елемент се съхраняват отделно. Подписаният елемент и елементът <Signature> могат да се намират в един и същ документ или елементът <Signature> може да бъде в различен документ. Елементът <Signature> освен, че съдържа пътя към подписаното цифрово съдържание, той включва и информация за: използвания метод за стандартизиране на цифровото съдържание; алгоритъма, използван за генериране на цифровия подпис към стандартизирания елемент; допълнителна информация, която определя как да се обработи елементът, за да бъде подписан преди да се обработи с дигест алгоритъма.

Следва пример за реализиране на разкачен подпис. Подписаната информация се съдържа в елемента <SignedInfo>.

```
< Signature Id="Primer" xmlns="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#">
<SignedInfo>
  <CanonicalizationMethod Algorithm="http://www.w3.org/2006/12/xml-c14n11">
  <SignatureMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#dsa-sha1"/>
    <Reference URI="http://www.w3.org/TR/2000/REC-xhtml1-2000126"/>
…
        <DigestMethod Algorithm="http://www.w3.org/2000/09/xmldsig#sha1"/>
          <DigestValue> aBy…</DigestValue>
    </Reference>
</SignedInfo>
  <SignatureValue>…</SignatureValue>
  <KeyInfo> <KeyValue> <DSAKeyValue>…</DSAKeyValue> </KeyValue> </KeyInfo>
</Signature>
```

Цифровото подписване предоставя възможност за проверка на целостта на определено съдържание. Ако дори един бит от оригиналното съдържание е бил модифициран, то подписът няма да може да се верифицира. Първата стъпка при цифровото подписване е свързана с хеширане на съобщението. Чрез криптографски хеш алгоритъм съобщението се преобразува в последователност от битове, която се конвертира в една стойност с фиксирана дължина, наречена дигест. Получаването на дигест е еднопосочен процес - не е възможно съобщението да се възстанови от хеш или да се намерят две различни съобщения, които произвеждат една и съща дигест стойност. Често срещан механизъм за хеширане е SHA (Secure Hash Algorithm) [5]. SHA1 обработва съобщение с дължина 2x64 бита и генерира 20-битов резултат. Ако изпращащият генерира съобщение M и създаде дигест H(M) и ако получателят получи M и H(M), то последният може да създаде негов собствен дигест H'(M). Ако стойностите на двете дигести съвпадат H(M) и H'(M), то получателят е получил точно това съобщение, което е било изпратено от изпращащия. За да се предпази M от

модифициране, то трябва да се предпази H(M) да не бъде модифициран. Най-често прилаганият начин за предпазване от модифициране е в дигеста да се включи и споделеният частен ключ т.е. да се създаде H(S+M). Когато получателят получи съобщението, той използва собствено копие на споделения частен ключ S и създава H'(S+M). Полученият нов дигест се нарича HMAC (Hashed Message Authentication Code) [6]. Когато се използва HMAC, степента на защита на целостта зависи от уменията на атакуващия да намери S. Препоръчително е S често да се сменя и да се избира така, че трудно да се разгадава от атакуващия. Един начин да се удовлетворят тези изисквания е да се използва Kerberos [7]. Чрез Kerberos се изпращат временни сесийни ключове, когато двете страни решат да комуникират. Този сесиен ключ се използва като споделен частен ключ. Когато изпращащият желае да изпрати цифров подпис, той си взема билет, за да комуникира с получателя. Изпращащият отваря неговия билет, за да вземе S и за да изпрати съобщението, неговия HMAC и билета на получателя. Получателят отваря билета (чрез парола, която е регистрирана в Kerberos) и взема S и информация относно идентичността на изпращащия. Получателят разчита съобщението M, генерира H'(S+M) и проверява дали има съвпадение. Ако е налице съвпадение, то е получено оригиналното съобщение.

4. Криптиране на XML

Криптирането дава възможност за реализиране на сигурен обмен на структурирани XML данни при пренасянето им от изпращащия към получателя, като се прилагат различни криптографски алгортими. Резултатът от криптирането е криптограма, която се помества в елемента <EncryptedData>. Спецификацията XML Encryption препоръчва следните алгоритми за криптиране:

- За блоково криптиране – TrippleDES, AES-128, AES-256, AES128-GCM, AES-192, AES 192-GCM, AES256-GCM. Блоковите алгоритми са разработени за криптиране и декриптиране на данни с фиксиран размер, разделени на блокове. Ако някой блок се окаже къс, то той се запълва до стандартна блокова дължина чрез друг специален алгоритъм. Алгоритъмът TrippleDES включва три операции, извършвани последователно: DES криптиране, DES декриптиране и DES криптиране, извършени във вариант на CBC (Cipher Block Chaining) с 192-битов ключ и 64-битов инициализационен вектор. Алгоритъмът AES използва CBC вариант с 128-битов инициализационен вектор. Криптираният текст се поставя като префикс на инициализационния вектор. Ако се включи в изходен XML документ, тогава трябва да се криптира още веднъж чрез base64.
- За получаване на ключ – ConcatKDF и PBKDF2. Това е често използван механизъм за генериране на нов криптографски ключ от съществуващ. Получените ключове се използват за криптиране на данни и за автентикация на съобщението. Процесът на извличане на ключове може да е основан на договаряне на фрази или запомняне на такива от потребителите или може да бъде основан на споделяне на оригинални криптографски ключове. Получените ключове могат да се използват при XML цифрово подписване и XML криптиране/декриптиране.
- За транспортиране на ключ – RSA v1.5, RSA-OAEP. Тези алгоритми използват публичен ключ за криптиране/декриптиране на ключове.
- За договаряне на ключове – алгоритъм на Дифи и Хелман за договаряне на ключове, алгоритъм на Дифи и Хелман за елиптичните криви. Прилагат се за извличане на споделени секретни ключове въз основа на компютърно изчислени споделени секретни ключове в съответствие с публични ключове, доставяни и до изпращащия и до получаващия.

- За скриване на симетрични ключове – TrippleDES KeyWrap, AES-128 KeyWrap, AES-192 KeyWrap, AES-256 KeyWrap. Алгоритмите се използват за криптиране/декриптиране на симетрични ключове.
- Алгоритми дигести – SHA, SHA256, SHA384, SHA512, RIPEMD-160.
- За каноникализация – Canonical XML 1.0 (1.1), Exclusive XML Canonicalization 1.0
- За кодиране и трансформиране – base64.

5. Възможни атаки на ниво XML

Възможните атаки според спецификациите XML Encryption и XML Signature са обобщени и представени в Таблица 2.

Таблица 2. Възможни атаки

Атака	Описание	
1. Атаки срещу симетрично криптиране, използващо CBC	Атакуващият познава формата на явния текст и има информация за добре формирания XML, тогава подготвя предполагаеми криптограми и форсира сървърът да използва същия ключ за обработката им.	
2. Атаки срещу криптираните данни (<EncryptedData>)	Атакуващият използва резултатите от атаки 1 и изпраща до сървъра XML документ с модифицирани криптирани данни в елемента <EncryptedData>. След изпращане на няколко такива заявки, той получава явния текст без да знае симетричния ключ.	
3. Атаки срещу криптирания ключ	Атакуващият модифицира данните в елемента <EncodedKey> и изпраща документа до сървъра, наблюдавайки дали криптограмата е в съответствие с PKCS#1.5. Така може да получи симетричния частен ключ и да го използва за декриптиране на криптограмата.	
4. Атаки тип “задна врата”	Атакуващият може да прочете AES-GCM/RSA криптограма, ако форсира сървъра да обработи криптограмата със същия алгоритъм (AES-GCM/RSA) и симетричен/асиметричен ключ. Атакуващият може да фалшифицира цифровото подписване на сървъра, ако сървърът декриптира RSA криптограма и подписите са изчислени със същата двойка ключове.	
5. Атака от тип “отказ на услуга”	Атакуващият може да използва рекурсивен процес за декриптиране на ключа или да използва мрежовите/сървърните ресурси за декриптиране на <EncryptedData>. При създаване на решение - трябва да се избягва рекурсията и да се ограничават използваните ресурси.	
6. Атака от тип “несигурно съдържание”	Атакуващият може да използва XML криптирането за създаване на документи с несигурно съдържание (вируси, изпълним код). Да се използват приложения (защитна стена, детектори на вируси), които да забраняват или частично да позволяват декриптирането.	
7. Атака от тип “съобщение за грешка”	Ако съобщението за грешка е детайлно, то това може да се използва от атакуващия за получаване на информация относно използвания криптографски алгоритъм.	
8. Времеизмерващи атаки	Атакуващият получава ключа или явното съобщение чрез непрекъснато изпращане на избрани части от криптограма, измервайки времето за обработка на различните заявки с различни типове грешки.	
9. Атаки срещу блоковите алгоритми	TrippleDES [8]	(а) среща по средата – атакуващият намалява времето за разчитане чрез метода “разделяй и владей” и при увеличен обем памет, (б) свързани ключове – атакуващият наблюдава изпълнението на алгоритъма при използване на няколко секретни ключа
	AES [9]	атаки, поради не добре реализиран AES: (а) страничен канал – получава се информация за физическата реализация на криптосистемата, (б) XSL атака, (в) свързани ключове, (г) разграничаваща атака – атакуващият разграничава криптираните данни от случайни данни, (д) двоен кръг – подобна на среща по средата

6. Заключение

Статията третира въпроси, свързани със сигурността на уеб услуги на ниво XML. Проучването показа, че уеб услугите могат да запазят секретността на пренасяните данни, когато са коректно програмирани и когато коректно са приложени съответните алгоритми за криптиране и цифрово подписване. Също така, от анализа на възможните атаки се вижда, че защитата на ниво XML трябва да се комбинира с други методи, гарантиращи невъзможност за неоторизиран достъп до сървър и сървърни ресурси, както и отстраняване на възможността за мрежови атаки. Следването на препоръките, описани в спецификациите XML Encryption и XML Signature, може да допринесе за изграждане на инфраструктура, даваща възможност за подобряване на сигурността, както и за създаване на подходящи политики при проектиране и разработване на сигурни уеб услуги.

Литература

[1]. W3C specification, Web Services Description Language (WSDL) 1.1, http://www.w3.org/TR/wsdl

[2]. SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition), 27 April 2007 http://www.w3.org/TR/soap12/

[3]. W3C XML Encryption Syntax and Processing version 1.1. 11 April 2013. http://www.w3.org/TR/xmlenc-core1/.

[4]. W3C XML Signature Syntax and Processing, Second edition. 10 June 2008. http://www.w3.org/TR/xmldsig-core/

[5]. Penard, W., T. van Werkhoven, On the Secure Hash Algorithm family, Chapter1, https://www.staff.science.uu.nl/~werkh108/docs/study/Y5_07_08/infocry/project/Cryp08.pdf

[6]. Stallings, W., Cryptography and Network Security: Principles and Practices, Sixth edition, Chapter 12, Pearson, 2014, ISBN-10: 0133354695, ISBN-13: 9780133354690.

[7]. Kerberos: The Network Authentication Protocol, http://web.mit.edu/kerberos/

[8]. Vaudenay, S. Related-Key Attack Against Triple Encryption Based On Fixed Points, http://infoscience.epfl.ch/record/168286/files/rk3des-secrypt11proc.pdf

[9]. Biryukov, A., O. Dunkelman, N. Keller, D. Khovratovich, A. Shamir, Key Recovery Attacks of Practical Complexity on AES Variants With Up To 10 Rounds. Lecture Notes in Computer Science, Volume 6110, 2010, pp. 299-319.

За контакти:
доц. д-р Малинка Иванова
Технически университет - София
E-mail: m_ivanova@tu-sofia.bg

ПОВИШАВАНЕ НА ЗАЩИТЕНОСТТА НА КРИПТОГРАФСКИТЕ СИСТЕМИ

Бончо Александров, Гергана Калпачка, Нина Синягина

Резюме: В доклада са представени и анализирани различни възможности за подобряване на защитеността, обезпечавана от хибридните криптографски системи. Предлага се създаването на допълнителни криптографски защитни обвивки над хибридно криптирани блокове от данни. Направен е анализ на вероятността за успешно провеждане на атаки за неправомерно декриптиране и преодоляване на такива защитни обвивки.
Ключови думи: криптографска защита, сигурност на информацията.

Increasing the Security of Cryptographic Systems

Boncho Aleksandrov, Gergana Kalpachka, Nina Sinyagina

Abstract: In this article various options for improving the security level by hybrid cryptographic systems are presented and analyzed. The creation of additional cryptographic secure shells over hybrid encrypted data blocks is suggested. Analysis has been made of the probability of successfully conducting attacks for illegal decryption and overcome of such secure shells.
Keywords: cryptographic protection, information security.

1. Въведение

Глобално изграждaната комуникационна инфраструктура и развитието на информационните технологии позволяват на потребителите достъп до многообразие от цифровизирани услуги. Със своите възможности информационните и комуникационни технологии намират все по-широко приложение в различни области от нашето ежедневие като финансово, търговско, рекламно, застрахователно дело, образование, здравеопазване, административно управление и други. Посредством изградените информационни системи (ИС) на крайните потребители се предоставя възможност в интерактивен диалогов режим да извършват услуги през Internet в неограничено време и пространство. Така в изграждането информационно общество и среда за електронно управление многообразието от дейности в тези области се извършват по един принципно нов цифров вид. Тази цифровизация, както и развитието на технологиите за производство на елементна база за изграждане на различни периферни устройства за въвеждане, извеждане, съхранение и обработка на данни, обуславят необходимостта от използване на различни методи за представяне и кодиране на тези данни.

Едновременният достъп до предоставяните данни и услуги на потребители с различни компетенции и намерения предполага възможността от извършване на различни неправомерни действия. Целта на тези действия е извличане на определена изгода, разпространение на информация с неясен произход или компрометиране на друг легитимен участник. Всичко това обуславя необходимостта данните в Internet да бъдат защитени срещу такива действия по адекватен начин на тяхната значимост и актуалност [2], [3].

Проблемът със защитата на данните става все по-актуален при изграждането на информационната среда за електронно управление, в която ще бъдат интегрирани различни ИС. Голямата значимост на проблема се обуславя и от обстоятелството, че тези ИС обменят данни с различна конфиденциалност. Този обмен се извършва по една отворена

комуникационна инфраструктура, при изграждането на която се използват различни апаратни и комуникационни ресурси и към която могат да се включват нови участници.

Съобразно характера и значимостта на предлаганите услуги и конфиденциалността на свързаните с тях данни е необходимо да се предприемат подходящи мерки срещу неправомерни действия с тези данни. За целта могат да се използват различни технически и програмни мерки, но като единствена алтернатива с възможности за най-широко приложение в условията на изграждането информационно общество могат да се посочат криптографските методи [2], [6]. Чрез промяна на начина на представяне на данните, тези методи предлагат многообразие от възможности за обезпечаване на различни нива на защитеност на данните.

2. Криптографски методи за защита на информацията

При криптографските методи се извършва промяна на начина на представяне на информационните масиви. За тази цел се използват различни математически и логически апарати от действия, в които участват ключово управляеми параметри и величини [3], [6]. Развитието и приложението на криптографските методи и средства се явява един динамично развиващ се процес. Той се извършва по адекватен начин на изменението на възможностите за осъществяване на неправомерни действия и промяна в компетенциите за извършване на такива действия от страна на неоторизираните потребители.

В зависимост от използваните ключове за защита на информацията криптографските методи могат да се класифицират като симетрични и асиметрични методи [2], [4], [6].

При симетричните методи процесите на криптиране и декриптиране се извършват с един и същ секретен ключ. При тези методи всеки участник, за да защити своите транзакции с останалите участници, трябва да има по един уникален секретен ключ, с който да защитава обменяните данни с всеки един от тях. Като недостатък на подхода в [1] и [2] е посочена необходимостта всеки участник да съхранява тайно за себе си едно голямо количество секретни ключове, с които да защитава данните, които обменя с останалите участници. В [2] и [4] като възможности за отстраняване на този недостатък са представени начини за генериране на случайни симетрични ключове от страна на участниците, на които предстои да обменят помежду си определена информация. При необходимост от обмен на данни между двама потребители чрез тези методи, те могат независимо един от друг да създадат уникален симетричен ключ, който да използват само за този обмен на данни [2]. По този начин отпада необходимостта участниците да съхраняват и работят с такива секретни ключове.

Симетричните методи намират широко приложение в блоковите криптографски шифри, посредством които се постига едно голямо бързодействие при криптиране и декриптиране.

При асиметричните методи процесите на криптиране и декрипириране се извършват с два различни ключа. Всеки участник притежава двойка уникални ключове – открит и секретен. Откритите ключове на всички участници се съхраняват в каталог на откритите ключове, като всеки участник съхранява тайно за себе си само своя секретен ключ [2], [3], [6]. Като недостатък на подхода може да се посочи по-слабото бързодействие при криптиране на големи масиви от данни вследствие на необходимостта с тях да се извършват сложни математически действия.

Като възможност за отстраняване на недостатъците на тези методи в [1] и [2] е представен хибриден метод, в който са комбинирани предимствата на симетричните и асиметричните методи. Посредством тези хибридни методи се постига голямо бързодействие при криптиране и декриптиране вследствие на използването на блоковите шифри и възможността всеки потребител да съхранява тайно за себе си само своя секретен асиметричен ключ.

3. Повишаване на защитеността на хибридните криптографски системи

Чрез настоящия доклад, с цел повишаване на защитеността, се предлага използването на допълнителни защитни обвивки над вече хибридно криптирани информационни масиви от данни. В тези защитни обвивки могат да се използват различни транспозиционни и субституционни методи, както и добавяне на нови символи.

С цел анализ на защитеността, която се постига чрез тези защитни обвиви, се приема, че те са структурирани в следната последователност:

- най-външната обвивка включва добавяне на нови символи;
- следващата обвивка включва транспозициониране на всеки хибридно защитен блок от данни.

Добавянето на нови символи може да се извърши както на позиции, фиксирани за всички блокове, така и на ключово управляеми позиции за всеки отделен защитен блок от данни. По аналогичен начин може да се създаде и втората защитна обвивка, в която разместването на символите да се извършва по един и същ начин за всички блокове, или да се извършва в зависимост от ключ, който се променя за всеки блок от хибридно криптираните данни.

При опит за неправомерно декриптиране, за да се преодолеят тези защитни обвивки, е необходимо да се решат следните два проблема:

- установяване на позициите, на които са разположени допълнително добавените символи, като след тяхното отстраняване ще бъде възстановена дължината на всеки защитен посредством вътрешната защитна обвивка блок от данни;
- намиране на начина, по който е извършено разместването на символите от всеки криптиран блок от данни.

След успешното преодоляване на тези две защити, криптоаналитичната атака за възстановяване на информационния масив трябва да продължи с преодоляване на хибридната криптографска защита.

За да се анализира повишаването на защитеността, която се постига с предлаганото използване на защитните обвивки, се приема че атаката за неправомерно декриптиране се провежда по „метода на грубата сила“. В този случай повишаването на защитеността може да се оцени посредством вероятностите за установяване на позициите, на които се намират добавените символи и начина, по който е направено разместването на символите в отделните хибридно защитени блокове от данни. За тази цел се използват следните означения:

- M – големина (брой символи) на криптиран блок от данни, отделните блокове се разглеждат като едномерни масиви от данни;
- ΔM – увеличение на криптирания блок (%);
- n – брой добавени символи;
- R^n – брой възможни комбинации от n символа в масив с големина от M символа;
- T_M – брой възможни начини за разместване на символите в едномерен масив от M символа;
- V_R – вероятност за намиране на комбинацията от позиции, на които се намират добавените символи (вероятност за преодоляване на външната защитна обвивка);
- V_T – вероятност за намиране на начина, по който са транспозиционирани символите от всеки криптиран блок от данни (вероятност за преодоляване на вътрешната защитна обвивка);
- V – вероятност за преодоляване на двете защитни обвивки.

Ако след неоторизиран достъп до защитен блок от данни, съгласно представения по-горе начин, се знае че за външната защитна обвивка $M = 100$ и $\Delta M = 5\,\%$, то процесът на

преодоляване на защитните обвивки може да се представи като следната последователност от действия:

- избор на пет позиции, за които се предполага, че на тях са разположени добавените символи, след което тези символи се отстраняват;
- намиране на начина, по който е извършено разместването на $100^{-те}$ символа с цел достигане на хибридно криптирания блок от данни.

При наличие на тази информация съгласно [2] за R^n може да се запише:

$$R^5 = \frac{105.104.103.102.101}{5!} = 9{,}65.10^7 . \quad (1)$$

По аналогичен начин при $M = 100$ и $n = 10$, за R^n се получава:

$$R^{10} = \frac{110.109.108.....102.101}{10!} = 4{,}69.10^{13}.$$

В таблица 1 са показани стойности за R^n за блокове с големина от 40, 60, 80, 100 и 120 символа и ΔM съответно 10 %, 15 % и 20 %.

Таблица 1.

M	$\Delta M = 10\,\%$	$\Delta M = 15\,\%$	$\Delta M = 20\,\%$
	R^n	R^n	R^n
40	$1{,}36.10^5$	$9{,}37.10^6$	$3{,}77.10^8$
60	$9{,}08.10^7$	$5.66.10^{10}$	$1{,}53.10^{13}$
80	$6{,}42.10^{10}$	$3{,}62.10^{14}$	$6{,}62.10^{17}$
100	$4{,}48.10^{16}$	$1{,}21.10^{22}$	$2{,}94.10^{22}$
120	$2{,}63.10^{19}$	$1{,}1.10^{26}$	$1{,}34.10^{31}$

За вероятността за успешно провеждане на атаката срещу тази част от защитата може да се запише:

$$V_R = \frac{1}{R^n} . \quad (2)$$

Преодоляването на следващата защитна обвивка е свързано с намирането на начина, по който е извършено разместването на символите от всеки криптиран блок от данни. В по-нататъшното изложение се приема, че това е направено по един и същ начин за всички блокове от криптирани данни. В този случай броят на начините за транспозициониране на символите от масив с големина от M символа се определя по формула (3), [2].

$$T_M = M! \quad (3)$$

В таблица 2 е показан броят на начините, по които може да се извърши транспозицинирането на масиви с големина 40, 60, 80, 100 и 120 символа.

Таблица 2.

M	T_M
40	$8{,}16.10^{47}$
60	$8{,}32.10^{81}$
80	$7{,}16.10^{118}$
100	$9{,}33.10^{157}$
120	$6{,}69.10^{198}$

За вероятността за преодоляване на втората защитна обвивка може да се запише:

$$V_T = \frac{1}{T_M}. \quad (4)$$

Общата вероятност за успешното провеждане на криптоаналитичната атака за преодоляване на тези две защитни обвивки се определя по формула (5).

$$V = V_R.V_T \quad (5)$$

След преодоляване на тези две защитни обвивки, криптоаналитичната атака за неправомерно декриптиране може да продължи и срещу хибридно защитения масив от данни.

4. Изводи и насоки за бъдеща работа

Предлаганата модификация се явява едно доразвитие на хибридните криптографски методи с цел повишаване на защитеността на данните. Използването на такива защитни обвивки се явява едно допълнително препятствие пред атаките за неправомерно декриптиране.

Резултатите от направените аналитични изследвания, свързани с преодоляване на първата защита обвивка, показват, че дори и за неголеми блокове от данни и неголям брой добавени символи е необходимо да се направят значителен брой проверки, за да се намери комбинацията от позиции, на които се намират добавените символи. Ключово управляемото добавяне на нови символи може да се извършва след създаване на нов работен ключ, който да се използва при създаването на външната защитна обвивка за следващия блок от данни. Като едно допълнително препятствие при преодоляване на тази част от защитата може да се посочи добавянето на нови символи, което се извършва чрез изравняване на вероятностите за появяване на символите във всеки блок от данни. Това ще затрудни атаките за разбиване на защитата, които се базират на статистически анализи, извършвани с криптираните масиви от данни.

Преодоляването на първата защитна обвивка позволява атаката да продължи и срещу втората. Представените в таблица 2 резултати показват, че това също е свързано с извършването на един голям брой проверки. С това вероятността за успешното преодоляване на тези две защитни обвивки значително намалява.

Използването на едни и същи ключове при създаването на обвивките на всички блокове от данни би позволило резултатите от евентуално успешно проведена атака над първия блок от данни да бъдат приложени за всички следващи блокове.

Използването на различни ключове предполага необходимостта от провеждане на криптоаналитични атаки от вида, описан в раздел 3, над всеки отделен хибридно защитен блок от данни.

Представената модификация може да бъде развивана в такива посоки като: интегриране в защитните обвивки на действия, свързани със субституционна промяна на символи, компресиране на информация и др. Използването на методите за компресия би довело до нарушаване на фиксираната дължина на отделните блокове. След една такава обвивка блоковете вече няма да имат фиксирана дължина и пред опитите за неправомерно декриптиране възниква един нов проблем, а именно, каква е дължината на блока, спрямо който може да се извършва атака за неправомерно декриптиране. Това напълно съответства на най-новите тенденции за защита с големи по дължина ключове, както и защита на няколко нива, за всяко от които се използва отделен криптографски ключ.

Литература

[1]. Александров, Б. Хибридни криптографски методи и средства за защита на информацията в компютърните мрежи и системи. В: UNITECH'2012, том I. Габрово, Университетско издателство „Васил Априлов", 2012, с. 382-385.
[2]. Антонов, П., С. Малчев. Криптография в компютърните комуникации. Варна, 2000, с. 315.
[3]. Петров, Р. Защита на информацията в компютрите и мрежите. София, Бул Корени, 2003, с. 320.
[4]. Menezes, A., P. Oorschot, S. Vanstone. Handbook of Applied Cryptography. USA, CRC Press, 1996, pp. 810.
[5]. Schneier, B. Applied Cryptography. Protocols, Algorithms, and Source Code in C. USA, John Wiley & Sons, 1996, pp. 784.
[6]. Stallings, W. Cryptography and Network Security. USA, Prentice Hall, 2001, pp. 752.

За контакти:
доц. д-р Бончо Александров
катедра „Приложна информатика"
Технически университет – Габрово
E-mail: boncho@tugab.bg

гл. ас. д-р Гергана Калпачка
катедра „Компютърни системи и технологии"
Югозападен университет „Неофит Рилски"
E-mail: kalpachka@swu.bg

проф. д-р Нина Синягина
катедра „Информатика"
Югозападен университет „Неофит Рилски"
E-mail: nisina36@abv.bg

Bulgaria
Communications
Chapter

ОБРАБОТКА НА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЛАБИРИНТ ЗА ПРЕМИНАВАНЕ НА МОБИЛЕН РОБОТ

Венцислав Г. Николов, Ивайло П. Пенев, Милена Н. Карова

Резюме: В статията се разглежда етапа на обработката на изображение от последователност от действия, свързани с придвижване на робот в лабиринт. Изображението се получава от камера, разположена над лабиринта, след което се анализира с цел съставяне на стилизирано изображение на лабиринта, в който се търси най-кратък път от текущото положение на наземния мобилен робот до изхода на лабиринта.
Ключови думи: обработка на изображения, анализ на сцена в изображение, откриване на ръбове, коригиране на изкривяване от перспектива.

Processing of labyrinth images for moving of a mobile robot

Ventsislav G. Nikolov, Ivaylo P. Penev, Milena N. Karova

Abstract: This paper considers the stage of an image processing as a step of actions of moving of robot in a labyrinth. The image is received from a camera positioned above the labyrinth and after that it is analyzed in order to create a stylized image of the labyrinth in which the shortest path should be found from the mobile robot position to the labyrinth exit.
Keywords: image processing, analysis of the scene in the image, edge detection, correction of perspective distortion.

1. Introduction

In the last years the using of mobile robots for a variety of purposes is becoming more active. They can be used for rescue operations in risky and unpleasant environments or in different places for the human beings. Here the following scenario is considered. There is a mobile robot which can receive commands for moving. Obstacles are assumed to exist in its environment which causes difficulties for the robot making a labyrinth for it. A picture can be obtained from a dron above the environment and it should be analyzed in order to transform it in stylized form that is more convenient for analysis and finding the best path for the robot to its destination. The algorithm presented in [4] is performed pixel by pixel to the stylized image to find the shortest path from the current robot position to the final position in the labyrinth. Here the stage of the image processing is presented.

2. Image processing

The problems of a real image transformation to its stylized representation are mainly related to the distortion of the visible perspective because of the shooting point. The image is received from only one camera but it should be used to build a two-dimensional model of the labyrith. The transformation is requires appropriate image processing and image scene analisys. In fig. 1 a real image is shown of a labyrinth where the scene contains perspective distortion.
The image is processed performing the following steps.

2.1 Edge detection

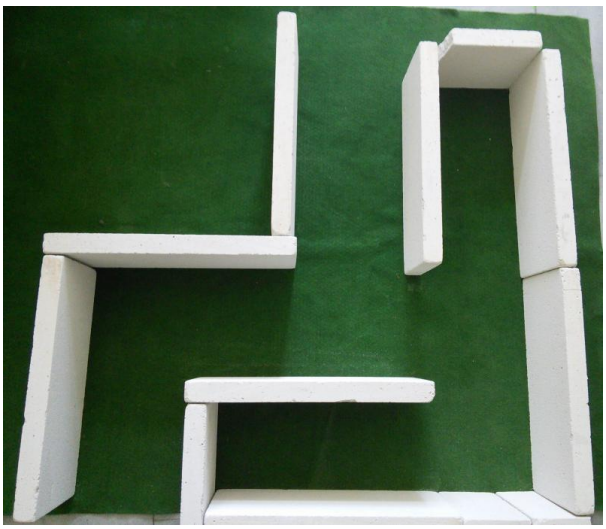


Fig. 1. The original image of a labyrinth

The image is first transformed into grayscale image and then so called edge detectors are used to traverse the image. Here appropriate gradient operator can be used, as Sobel, Prewitt, Roberts operators, etc. or second derivative operators, Canny operator [3, 5], etc. Alternatively the image can be processed without transformation into grayscale by applying output fusion method or multi-dimensional gradient method [1, 7]. Most often the multi-fusion method is used where for each color component edges are detected and then they are combined in a common edges map. In our case the first approach is performed transforming the image into the grayscale. In grayscale images the well-known methods detect more than 90% of the real edges while the color edge detection works with more edges and in most cases it is slower [6].

The gradient operators cause using of so called masks (or convolution matrices - M) with different sizes for the gradient in the two directions – X and Y. The following steps are performed.

- The image is smooth in order to minimize the noise

$$\left(\hat{f}(x,y) = f(x,y) * G(x,y)\right) \tag{1}$$

where G(x, y) is Gaussian function;

- Partial derivative is calculated in X direction

$$\hat{f}_x = \hat{f}(x,y) * M_x(x,y) \tag{2}$$

- Partial derivative is calculated in Y direction

$$\hat{f}_y = \hat{f}(x,y) * M_y(x,y) \tag{3}$$

- The gradient magnitude is calculated

$$magn(x,y) = \left|\hat{f}_x\right| + \left|\hat{f}_y\right| \tag{4}$$

- The gradient direction is calculated

$$dir(x,y) = \tan^{-1}\left(\frac{\hat{f}_y}{\hat{f}_x}\right) \tag{5}$$

- If the calculated magnitude is greater than a given threshold T then the point (x,y) is probable to be a point from an edge

$$magn(x,y) > T \quad (6)$$

where T is preliminary determined threshold.

The threshold value is a very important for the edges detection algorithm. If it is too high then too much noise will be detected and if it is too low then the real edges could not be found. In general the choosing of the parameters edge detection operator type (and size) as well as the threshold value is related to the prior knowledge of the true scene and image [2].

In order to find real edges in most cases additional actions are performed after their detection like thinning and connecting because of their false breakage.

- Thinning. The thinning in our case is done by analyzing every pixel from the edge if it is an only connecting point of its neighbor pixels which are still regarded as part of the edge. Thus the outlying pixels are refused and one pixel edge thickness is received. An alternative approach is used in the Canny edge detector known as non-maxima suppression [3, 5].
- Connecting. This operation is performed by performing edge detection of the same image with two or more different threshold values. Then the image with the higher threshold is analyzed and for the edges breakages one of the other images, processed with lower threshold, is considered. In our case two images are used for this purpose.

The image after edge detection is shown in fig.2.

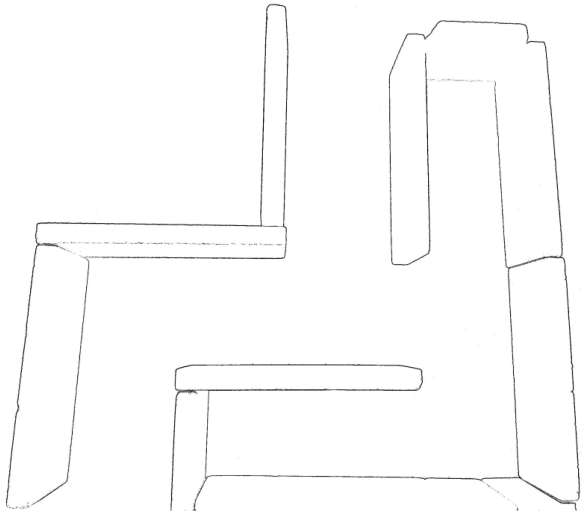


Fig. 2. The image after edge detection

2.2 Perspective distortion correction

This is the second step of the image processing and its purpose is to setup straight vertically or horizontally the detected edges from the previos step. Thus the original image with edges detected is prepared for obtaining the correct stylized image.

In this stage the sloped lines (edges) are analyzed and set up straight vertical or horizontal according to the smaller slope. If the slope is greater than 45% then it is changed to be vertical, otherwise it is set to be vertical. In order to analyze the lines the image is considered as a graph which nodes are the pixels and the links between the nodes exist only between neighbor pixels. A depth first search traversing is performed in such constructed graph by counting in the same time the visited nodes and also counting the direction (left, right, up, down or diagonally between these directions) of neighbors in the longest path. When a change in the moving direction exceeds a given threshold (which is different from the edge detection threshold) then a change in the edge direction is detected and a critical point is registered in the image. The critical points mark the ends of the labyrinth walls and they are used to calculate the slope needed for the correction – fig. 3.

Fig. 3 The critical points at the ends of the wall and the line connecting them in the middle of which is the rotating point

The correction is performed by rotation the sloped lines around the center in the middle between the critical points of the wall ends. The image after the correction is shown in fig. 4.

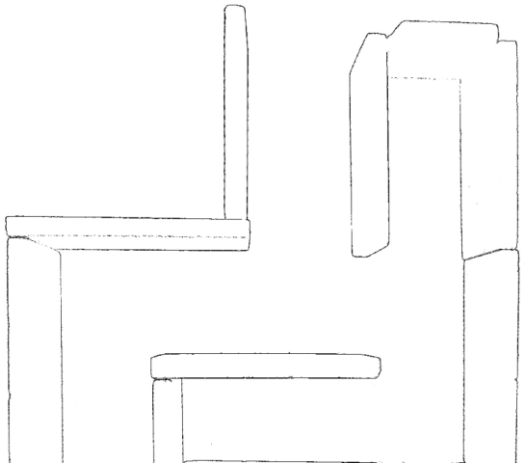


Fig. 4. The image after perspective distortion correction

2.3 Obtaining stylized image

The stylized image of the labyrinth is obtained by having the critical points and having preliminary information for the walls width. The lines connecting the critical points are substituted with stylized lines. This is achieved by making a new image preserving only the connecting lines and making them thicker. Here should be noted that despite of the fact that the slopes of the walls are set straight there is still distortion because of the walls side-view that introduces some error. The result of the transforming the image in its stylized form is shown in fig. 5.

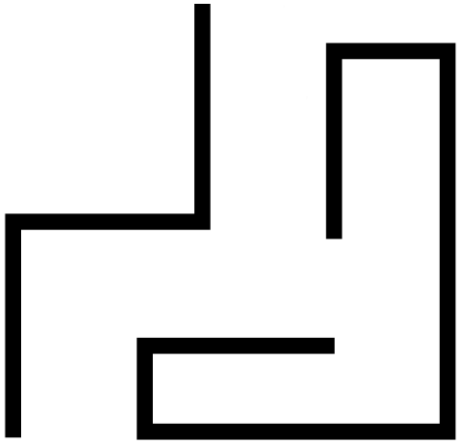


Fig. 4. The image in stylized form

3. Conclusions and future work

The stages of the proposed approach are partially realized in Java and their completion is forthcomming. Connecting them in a completely automated sequence of phases should be finished. Additionally the following directions should also be taken into account as future development.

- The accuracy of the algorithm is not always good because of a variety of reasons and the nature of the final goal. Some of the approaches should be improved. The optimal image transformation should minimize the probability for error straightening or positioning of the labyrinth walls. The localized walls must be as close as possible to their real position.
- The proposed approach cannot work when there are rounded walls because the perspective distortion correction is very difficult. The solution could be to use more cameras in order to create three dimensional model of the image or to use some patterns of preliminary avaiulable labyrinth configuration and to recognize which one is shoted.
- The percentage of successfully built stylized labirinths should be investigated and analyzed.

4. Acknowledgements

The work presented in this paper was supported within the Start-up Scientific Project № 9, 2015, Technical University of Varna, "Research of artificial intelligence algorithms for moving objects control"

Literature

[1]. Acharya, T., A. K. Ray. Image Processing: Principles and Applications, Wiley interscience - Ney Jersey, 2005, p. 425.
[2]. David A. Stephens, Bayesian Edge-Detection in Image Processing. Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy. February 1990.
[3]. Jahne, B. Digital image processing, Springer-Verlag, 2002, p. 598.
[4]. Karova, M., I. Penev, V. Nikolov, D. Zhelyazkov. Path Planning Algorithm for a Robot in a Labyrinth, ICEST 2015, (under print).
[5]. Zhu, S., K. Plataniotis, A. Venetsanopoulos Comprehensive analysis of edge detection in color image processing, Opt. Eng. 38(4), 1999, pp. 612-625.
[6]. Jiqiang Song, Hue-Grayscale Collaborating Edge Detection & Edge Color Distribution Space, Lectures, 2002.
[7]. http://robotics.stanford.edu/~ruzon/compass/color.html

Contacts:
Ass. Prof. Ventsislav G. Nikolov, PhD
Department of Computer Science and Engineering
Technical University of Varna
E-mail: v.nikolov@tu-varna.bg

Ass. Prof. Ivaylo P. Penev, PhD
Department of Computer Science and Engineering
Technical University of Varna
E-mail: ivailo.penev@tu-varna.bg

Assoc. Prof. Milena N. Karova, PhD
Department of Computer Science and Engineering
Technical University of Varna
E-mail: mkarova@ieee.bg

МОБИЛНИ ПРИЛОЖЕНИЯ С ДОБАВЕНА РЕАЛНОСТ И ОБЛАЧНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА РАЗПОЗНАВАНЕ НА ОБРАЗИ

Милена К. Лазарова

Резюме: Статията представя възможностите за използване на добавена реалност чрез наслагване в реално време на анимиран и озвучен 3D модел и видео поток към изображение, заснето с камера на мобилно устройство. Като базово изображение може да се използва както предварително дефинирано изображение – маркер, така и да бъдат използвани потребителски създавани маркери, за които извличането на характерни токи и признаци, необходими за реализирането на добавена реалност, се извършва с използване на облачни технологии. Дискутират се изискванията и ограниченията на изображенията, на базата на които се създават маркери по отношение на съдържащите се в тях признаци, както и условията на заснемане и генериране на фоново изображение за добавената реалност.
Ключови думи: добавена реалност, характерни признаци, облачни технологии.

Mobile Applications with Augmented Reality and Cloud Based Pattern Recognition

Milena K. Lazarova

Abstract: The paper presents the possibilities of using augmented reality by superimposing animated 3D model, audio and video stream in real time to an image captured by the camera of a mobile device. Both predefined image can be used as a target image on which the additional data to be augmented as well as user created tags can be specified for which the relevant image features are extracted using cloud technologies. The requirements for the target image features and the limitations of the image acquisition in terms of the information contained in it as well as the conditions of image capture are also discussed.
Keywords: augmented reality, image features, cloud technologies.

1. Въведение

Добавена реалност (Augmented Reality) е област, занимаваща се с комбиниране на данни от реалния свят с компютърно генерирани данни. Представлява директно или индиректно предаване на физическа реална част от заобикалящата ни среда, елементи от която са „подобрени“ или променени от компютърно генериран поток от информация, идващ от различни сензори като камера, GPS приемник и други [1, 2]. В резултат на това с използване на добавена реалност се получава променено (подобрено) възприятие за реалността. С помощта на тази технология информацията за обкръжаващия ни реален свят става интерактивна и може да се променя по дигитален път. През последните години технологията „добавена реалност“ стана популярна и получи силен тласък в развитието си, главно благодарение на все по-големите възможности, които предоставят преносимите устройства като таблети, смартфони и лаптопи [3, 4].

В днешно време пазарът на услуги и продукти от всякакъв характер е наситен с множество компании, производители и дистрибутори на стоки и услуги. С бързото развитие на мобилните технологии и възможностите, които те предоставят, се открива отлична перспектива за използване на разширените им възможности за визуализация като мощно средство за продуктово позициониране и мобилен маркетинг [5]. Съчетаването на реалността с 3D обекти е атрактивен метод за привличане на внимание. Разширената реалност не само събужда любопитството на хората, но и оставя траен отпечатък в съзнанието им. Тази технология може да се използва както за промотиране на нов продукт, така и за изграждане и

подобряване на фирмен имидж. Заснето с камера изображение на рекламни материали като брошури, каталози, билбордове, рекламни стикери, емблеми, а също и реално изображение на конкретна стока може да се използва за разширяване на визуализираните за потребителя данни с допълнителни рекламни данни и атрибути на разглеждания продукт.

Добавената реалност се използва успешно и в разнообразни навигационни системи, както и за обучение, например в медицината, а също и за забавление в разнообразни приложения за заснемане на образи и виртуални игри [6, 7]. Редица проекти използват добавена реалност като се концентрират върху цифрова обработка на видео поток и добавяне на компютърно генерирани графични образи чрез следене на движение и конструиране на контролирана среда на базата на данни от различни сензори. Augment е приложение с добавена реалност, използвано за целите на продажбите и промотирането на стоки и услуги, което добавя 3D модели в реални размери и среда в реално време и се използва широко от търговски представители и дизайнери [8]. Anatomy 4D използва добавена реалност и чрез маркер добавя интерактивен модел за илюстриране на функцията на различни части на човешкото тяло с основно приложение в училищното обучение [9]. IOnRoad Augmented Driving е приложение, което на базата на данни от камера, GPS, акселерометър, жироскоп, определя позицията на превозни средства и сигнализира в случай на опасност от сблъсък [10].

Основните ограничения на съществуващите днес приложения, използващи добавена реалност, са свързани с предварителното дефиниране както на наслагваните върху реалния образ тримерни модели, аудио и видео данни, така и на специфично изискване за съдържанието на заснеманото изображение и използването му като маркер за коректно наслагване на добавените данни.

Статията представя възможностите за използване на добавена реалност чрез наслагване в реално време на анимиран и озвучен 3D модел и видео поток към изображение, заснето с камера на мобилно устройство. Като базово изображение може да се използва както предварително дефинирано изображение – маркер, така и потребителски създавани маркери, за който извличането на характерни точки и признаци, необходимо за добавената реалност, се извършва с използване на облачни технологии. Дискутират се изискванията и ограниченията на изображенията, на базата на които се създават маркери по отношение на съдържащите се в тях признаци, както и условията на заснемане и генериране на фоново изображение за добавената реалност.

2. Добавена реалност

Понятията виртуална, добавена и смесена реалност (Virtual, Augmented, Mixed Realities) са дефинирани в [11] в контекста на единствено пространство. Това пространство се разглежда като съставено само от реално съществуващи обекти, които могат директно да бъдат възприемани. Добавената (разширена) реалност се отнася до застъпване и едновременно съществуване и възприемане на виртуални елементи и обекти и реална среда и може да се разглежда като конкретна проекция на реалния свят, разширен с виртуално съдържание. От своя страна виртуалната реалност не съдържа нито един елемент от реалния естествен свят. В този контекст по-общото понятие смесена реалност описва среда, която се намира на произволна позиция в пространството между полюсите на реалността и виртуалността. Докато приложенията на виртуалната реалност се съсредоточават преди всичко в областите на визуализация на разнообразни по произход и характеристики данни, медицина, различни симулации, то разширената и смесената реалности се налагат в последните години чрез приложения им в областите на маркетинга, развлеченията и неформалното образование.

Добавената реалност функционира на принципа на добавяне на цифрово съдържание към обекти, заснети с камера. Разширената реалност изисква използване на маркер, който лесно да бъде откриваем и разпознаваем на базата на определяне и анализ на визуални характеристики в цифрово изображение и наслагването на маркера върху физически обект. Възможно е използването на добавена реалност и без наличие на маркер, като в тези случай допълнителните цифрови данни като съдържание и разположение спрямо реално заснетите изображения се определят или чрез използване на предварително дефинирани 2D и/или 3D модели и тяхната позиция спрямо заснетото изображение, или чрез интерактивна потребителска намеса.

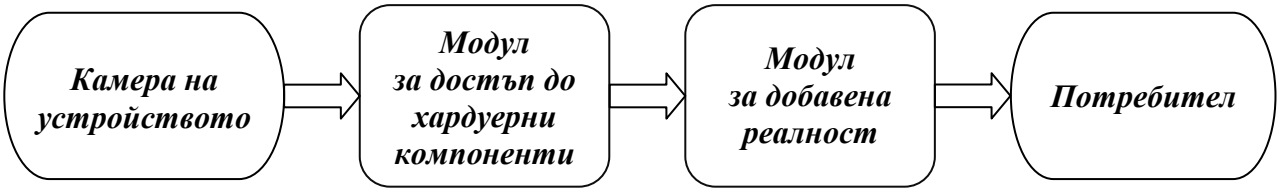
Технологиите за пресъздаване на добавена реалност включват оптични системи, монитори, ръчни устройства, преносими дисплеи, както и допълнителни сензори и входни устройства като камера, MEMS сензори, акселерометър, GPS и компаси за стабилно състояние, съдържащи се в съвременните мобилни компютърни устройства като смартфони и таблети, което ги прави подходяща платформа за реализиране на разширена реалност.

Различията в системите за пресъздаване на добавена реалност се изразяват в начина, по който се интегрират виртуалните обекти в реалния свят. За да могат виртуалните обекти коректно да бъдат добавени към реално регистрираните цифрови данни камерата на устройството е необходимо получените изображения да бъдат референсирани спрямо световна координатна система. За целта се прилагат различни подходи за откриване на ъгли, ръбове, контури или други характеристики в изображението и на базата на получените резултати се определя разположението и ориентацията на световна координатна система.

Разпознаването на характеристики за целите на добавената реалност по своята същност е процес на присвояване на даден обект от изображението на идентификатор съответстващ на неговите описателни характеристики.

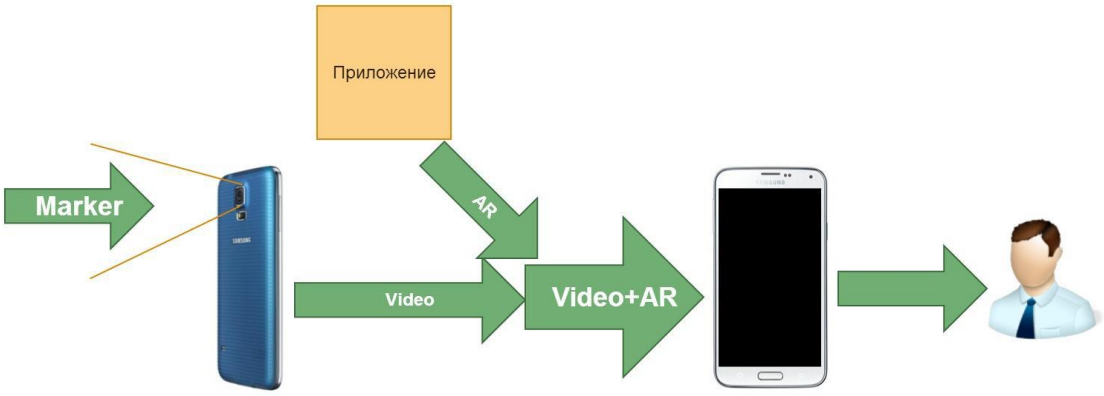
Базовата архитектура на мобилно приложение с възможности за пресъздаване на добавена реалност е показана на фигура 1. Обособяване на два отделни модула, единия за достъп до хардуерните компоненти на мобилното устройство, а другия за създаване на разширена реалност, дава възможност промени в мобилното приложение да се правят във всеки един от модулите, без това да влияе на и на работата на цялото приложение.

Модулът за достъп до хардуера трябва да позволява изпълнение на заявки, идващи от другите модули, независимо под каква операционна система и на какъв модел или марка устройство работи приложението. Модулът за добавена реалност има функции за разпознаване на маркери чрез откриване на характеристики в заснетите изображения, както и коректното им проследяване при движение на мобилното устройство.



Фиг. 1. Базова архитектура на приложение с добавена реалност

Основната функционална схема, която илюстрира принципа на работа на мобилни приложения с добавена реалност, е показана на фигура 2. Обектите от реалния свят, които са дефинирани като маркери, се разпознават в реалния видео поток, идващ от камерата на съответното устройство. След разпознаването на маркер се добавя съответната виртуална информация (3D модел, видео данни и др.), като едновременно с това се следи за изменение в разположението на съответния маркер и се коригира визуализирането на виртуалните данни спрямо позицията на проследявания маркер.



Фиг. 2. Основната функционална схема на мобилно приложение с добавена реалност

Въвеждането на данни, за които да бъде извършено откриване и проследяване на маркера, необходим за коректно визуализиране на разширената реалност, може да се осъществи по няколко начина:

- заснемане на изображение от потребителя по време на изпълнение на мобилното приложение;
- използване на предварително създадени изображения-маркери, които могат да са налични в пакета на мобилното приложение или да се съхраняват в облачна база данни и да бъдат достъпни чрез уеб услуга.

Използването на база от данни, разположена на облачна система, позволява мобилното приложение да бъде независимо от предварително създадените и въведени като маркери изображения. За да се осъществи коректното наслагване на реални и виртуални данни заснетото с камерата на мобилното устройство изображение се сканира и анализира за определяне на характерни точки. На тази база се генерира и използва уникален ключ за търсене на съответствие в база данни, съхранявана в облак. По този начин на мобилното приложение се осигурява достъп до съответна мета информация за сканирания обект, съдържащ се в регистрираното от потребителя изображение, която се използва за генериране и управление на визуализацията на допълнителни данни на екрана на устройството на фона на заснемания от камерата образ. По този начин използването на облачни технологии позволява лесно добавяне на нови маркери и данните, необходими за визуализиране на разширена реалност за крайния потребител единствено с промяна на информацията в облачната система без да е необходимо актуализиране на мобилното приложение.

3. Резултати

За да се оценят експериментално възможностите, изискванията и ограниченията при използване на изображения, заснети с потребителска камера на мобилно устройство като маркери за създаване на добавена реалност, е разработено мобилно приложение за устройства, работещи под операционна система Android. Мобилното приложение използва платформата за мобилни приложения с добавена реалност Vuforia SDK [13]. Vuforia SDK поддържа множество предварително дефинирани двумерни и тримерни видове маркери и приложен програмен интерфейс (API) към C++, Java, Objective-C и .Net, както и към Unity, като по този начин дава възможност за разработване на приложения за iOS и Android, които лесно се конфигурират за различните платформи и са съвместими с широк набор от мобилни устройства.

Чрез разработеното мобилно приложение са проведени експериментални изследвания с набор от 20 тестови изображения, използвани като маркери и регистрирани в облачна база

данни, с цел да се установят изискванията и ограниченията при използване на потребителски дефинирани маркери за реализиране на добавена реалност. Тестовите изображения съдържат обекти с различно количество характерни точки, използвани за откриване на съответствие.

За определяне на изисквания по отношение на мащаба на обектите в анализираното изображение се отчита това, че заснемането на изображението, регистрирано в облачната база данни и на изображението при използване на мобилното приложение е възможно да бъде с различни камери и с различни параметри. Затова се оценява зависимост по отношение на размерите на обектите в реалния видео поток от потребителската камера и маркерите в базата данни. Проведените експерименти показват, че промените в размера на обектите, използвани като маркери, са в пряка зависимост от броя характерни точки, които се откриват изображенията.

Резултатите от проведените експериментални изследвания показват, че изменението в мащаба варира от 65% за изображения с малък брой характерни точки до 40% за изображения с голям брой характерни точки. Това означава, че изображения, съдържащи малък брой характерни точки не могат да бъдат използвани като потребителски дефинирани маркери ако размерите на съдържащите се в тях обекти се променят с повече от 15%. При изображения с по-голям брой характерни точки зависимостта от промените в разстоянието, на заснемане или от промените в размера на съдържащите се в тях обекти е допустимо да варира в по-широки граници и достига до 60% скалиране.

Освен размера и разстоянието на заснемане на обектите, от значение за коректното дефиниране на потребителски маркери в облачна база данни и последващото им използване в приложения с добавена реалност, е и ъгъла, от който се заснемат изображенията. За определяне на изискванията за позицията на камерата спрямо обектите в изображенията са проведени експериментални изследвания с фиксирано разстояние на камерата до обектите и променящ се ъгъл на наблюдение. Резултатите показват, че при по-голям брой характерни точки обектите в изображението-маркер могат да бъдат разпознати при отклонение на позицията на камерата до 50°, докато за изображения, в които се откриват по-малък брой характерни точки за маркерите не може да бъде определено коректно съвпадение при отклонение на позицията на камерата на ъгъл по-голям от 15°.

Проведените експериментални изследвания за съдържанието на изображението-маркер, съхранявано в база данни в облака, показват че добавянето на нови обекти в изображението, съдържащи допълнителни характерни точки, не оказва съществено влияние на възможностите да бъде коректно определен съответния маркер. Наличието на допълнителни обекти в изображението, регистрирано с потребителската камера на мобилното устройство, които се явяват шум по отношение на съдържанието на изображението-маркер, не влошава възможността за коректно определяне на съответствие, при условие че поне 30% от първоначалното изображение-маркер е непроменено. Подобни са резултатите и при закриване на част от обектите в потребителското изображение без внасяне на допълнителни характерни точки. Проведените експерименти с частично закриване на изображението и по този начин игнориране на част от характерните точки, изпозлвани за определяне на съответствие с маркер показват, че при закриване до 70% от изображението разпознаването на съответните обектите е коректно. В случаите обаче, когато броя на характерните точки в изображението е малък, закриването им очаквано води до възможност за коректно определяне на съответствие. В този смисъл наличието на по-голям брой характерни точки е предпоставка за успешно използване на потребителски дефиниран маркер както в условия на отклонение на позицията на камерата, така и по отношение на допълнителни обекти или липсващи обекти в сравнение с първоначално дефинирания и съхраняван в базата данни маркер.

Възможността за използване на потребителски дефинирани изображения-маркери за целите на визуализиране на добавена реалност в мобилни приложения в голяма степен

зависи от условията на заснемане на изображенията не само като позиция на камерата, но и от гледна точка на осветеността на сцената и свързаните с нея промени в регистрираните стойности на отделните пиксели в изображенията. Проведените експериментални изследвания за тестовия набор от изображения, заснети при различна осветеност са насочени към определяне на влиянието на осветеността върху изчислителната сложност на определянето на съответствие. Определено е средно време за определяне на съответствие в потребителско изображение с наличните маркери при пет измервания при два различни варианта на условията на осветеност на сцената – нормална и слаба осветеност. Резултатите показват, че при обекти с малък брой характерни точки намаляването на контрастността на контурите на обекти при намалена осветеност на сцената води до неспособност да бъде откривано съвпадение със съответния маркер. Докато при наличие на голям брой характерни точки намаляването на осветеността на сцената не влияе съществено на възможността за определяне на коректно съответствие за сметка обаче на значително увеличение на изчислителната сложност на анализа – необходимото време за определяне на съответствие се увеличава почти девет пъти поради необходимостта от итеративно търсене на съответни двойки характерни точки за всеки един маркер в базата данни и потребителското изображение.

4. Заключение

В резултат на направените експериментални изследвания с набор от тестови изображения с използване на разработено мобилно приложение се анализира възможността за използване на потребителски дефинирани маркери за целите на пресъздаване на добавена реалност чрез наслагване в реално време на анимиран и озвучен 3D модел и видео поток към изображение, заснето с камера на мобилно устройство. Мобилното приложение е разработено с помощта на софтуерния пакет Vuforia и използва база от данни, разположена на облачна система, в която се съхраняват потребителските изображения-маркери. Допълнителните данни, визуализирани за разпознатите обекти в изображението, заснето с камерата на мобилното устройство, се променя в зависимост от конкретната приложна област на добавената реалност и се управлява чрез актуализиране на данните, съхранявани в облака. За да може мобилното приложение да се използва в конкретна приложна област с пресъздаване на добавена реалност се изисква единствено съхраняване в облака на потребителските маркери, както и конкретните свързани с тях графични елементи, които да следва да се визуализират при разпознаване на потребителския маркер в изображение от камерата. Всякакви промени в маркерите, допълнителните графични данни, както и конкретното предназначение на мобилното приложение не се изисква замяна или актуализиране на самото приложение, а единствено промяна на данните, съхранявани в облака, което предоставя голяма гъвкавост и улеснява както крайните потребители, така и предоставящия добавена реалност чрез облачна услуга.

Проведените експериментални изследвания са насочени към определяне на изискванията и ограниченията на изображенията, на базата на които се създават маркери по отношение на съдържащите се в тях признаци за отделните обекти, както и условията на заснемане и генериране на фоново изображение за добавената реалност за да се гарантира успешно определяне на съответствие между изображението от камерата на мобилното устройство и съхраняваните в облака маркери и да се гарантира коректно визуализиране на допълнителната графична информация. Резултатите показват, че коректната работа на приложението се гарантира при използване на маркери, съдържащи обекти с ясно изразени контури и добра контрастност и яркост на изображенията, с което да се осигури определяне на достатъчно голям брой характерни точки за етапа на разпознаване. Наличие на голям брой характерните точки осигурява по-добра инвариантност при заснемане на потребителското

фоново изображение с различно разположение на конкретните съдържащи се в него обекти, както и вариращи спрямо базовите позиция и ъгъл на заснемане на камерата.

Литература

[1]. Azuma, R. A Survey of Augmented Reality. Presence, 1997, Vol. 6, № 4, pp. 355-385.
[2]. Van Krevelen, D., R. Poelman. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. The International Journal of Virtual Reality, 2010, Vol. 9, № 2, pp. 1-20.
[3]. Cawood, S., M. Fiala. Augmented Reality: A Practical Guide. Pragmatic Bookshelf, 2008.
[4]. Kipper, G., J. Rampolla. Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR. Syngress, 2012.
[5]. Bosomworth, D. Mobile Marketing Statistics, Smart Insights. 2015, http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/
[6]. Creel, J. (edt.). Augmented Reality: Contemporary Applications. Clanrye International, 2015.
[7]. Zhou, F., H. Been-Lirn Duh, M. Billinghurst. Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR. Proc. of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality ISMAR '08, 2008, pp. 193-202.
[8]. Augment, http://augmentedev.com
[9]. Anatomy 4D, http://daqri.com/project/anatomy-4d/#.VAeLhPmSwZU
[10]. iOnRoad Augmented Driving, http://www.ionroad.com
[11]. Milgram, P., H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. Proc. of Telemanipulator and Telepresence Technologies, 1994, pp. Vol. 2351, pp.282-292.
[12]. Grubert, J., R. Grasset. Augmented Reality for Android Application Development. Packt Publishing, 2013.
[13]. Qualcomm Vuforia Developer Portal, https://developer.vuforia.com

За контакти:
Доц. д-р Милена К. Лазарова
Катедра „Компютърни системи“
Технически университет - София
e-mail: milaz@tu-sofia.bg

E-LEARNING PROJECT FOR INTEROPERABILITY IN THE CONTEXT OF ELECTRONIC GOVERNMENT

Roumen I.Trifonov

Abstract: The main objective of the survey was to study the effectiveness of the project developed applications "E-Learning in the context of electronic government" using the means of developed diagnostic tools. An experiment was conducted in a testing environment. The data provided in the following article has been gathered from surveyed respondents, employees from the Public administrations on the territory of the Bulgarian Republic as well as surveyed respondents in the private sector.
Key words: Interoperability, electronic application, on-line e-learning training

Проект за електронно обучение за оперативна съвместимост в контекста на електронното правителство

Румен И. Трифонов

Резюме: Основната цел на изследването е да се проучи ефективността на разработените приложения по проекта „Електронно обучение в контекста на електронното правителство", използвайки разработените инструменти за диагностика. Беше направен експеримент в тестова среда. Данните, представени в настоящата статия, са получени чрез анкетиране на респонденти, служители както в Държавната администрация на територията на Република България, така и в частния сектор.
Ключови думи: оперативна съвместимост, електронно приложение, електронно обучение

1. Introduction

The strategic EU document "EUROPE 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth" [1] points out interoperability as one of the eight pillars of the digital society. The document "European Interoperability Framework" [2] applies the following definition: 'Interoperability, within the context of European public service delivery, is the ability of disparate and diverse organisations to interact towards mutually beneficial and agreed common goals, involving the sharing of information and knowledge between the organisations, through the business processes they support, by means of the exchange of data between their respective ICT systems.'

While most European countries have developed excellent legislative frameworks and have set up the necessary institutions for interoperability implementation, the knowledge of the specialized regulations and the necessary skills among the actors involved remained inadequate. In order to improve the knowledge and skills of stakeholders in e-Governance projects across Europe a consortium of organizations from seven member countries were developed and implemented the project "ELGI – e-Learning for e-Government Interoperability" [3].

The main goals of the project ware:

- to create an e-Learning tool for training on the topic of interoperability of public administrations and
- to train representatives of the target groups.

The final e-Learning tool is available in 7 languages of EU member states (English, Bulgarian, Greek, Spanish, Italian, Latvian and Polish).

The main purpose of the present study is to examine the effectiveness of the applications developed by the above mentioned e-Course by developed diagnostic tools. The experiment was

conducted in a test environment and the data presented in this article are derived from respondents - employees in public administration and some respondents from the private sector.

2. Tools used to conduct the survey

The survey was conducted on March 2014. The data has been gathered from surveyed respondents, employees from the Public administrations on the territory of the Bulgarian Republic as well as surveyed respondents in the private sector.

The excerpt is a type of complicated random excerpt. Total number of surveyed people: N=158. Number of surveyed employees from the Public administrations: N=57. Number of surveyed respondents in the private sector: N=101.

Number of surveyed respondents, that have passed Module 1 – „Firm developers of information systems in the administrations“ is 57. Module 2 – Employees from the Public administrations have passed 62. Module 3 – „Managers of different level is the public administrations” are 39 from the surveyed.

The tools used in the study include two partly standardised surveys:

- survey 1 – Questions were open-end. Its purpose was to be filled after each application by the surveyed respondents. Questions included were as follow:

- questions for providing information on mistakes of any type, including inconsistency between graphics, animations and texts;

- question that is of an evaluative nature, in order to find out of the respondents opinions, suggestions evaluation of the software.

- survey 2. The questions were dichotomous and open. This surveyed was filled after the completion of the whole module. The included questions were of an evaluative nature and were targeted at the development of the applications on the whole:

- questions for navigation, design, regarding the presentation of information, graphics, animations, tests;

- questions requiring opinions, suggestions, ideas;

- questions of an exploratory nature.

For the processing of the survey, statistic methods were used.[1]

3. Analysis of the survey data

In the present article results from survey 1 are not looked at, since questions are targeted specifically to every application with the intent to fix any mistakes. Analysis of Survey 2 after the completions of the relevant Module.

Table 1. Extract from the respondents who completed Survey 2

Populated place	Absolute frequency	Percentage
Capital	53	48,6%
Large cities	28	25,7%
Medium cities	17	15,6%
Small cities	4	3,7%
Very small cities	5	4,6%
Medium villages	1	0,9%
Small villages	1	0,9%
Total:	**109**	**100%**

[1] Data has been analyzed with statistics packet SPSS.

Filled in Survey 2. From the public administrations are 43,1 %, from the private sector – 56,9%.

On the next figure you can see the distribution of the surveyed respondents depending on which path of education they have taken.

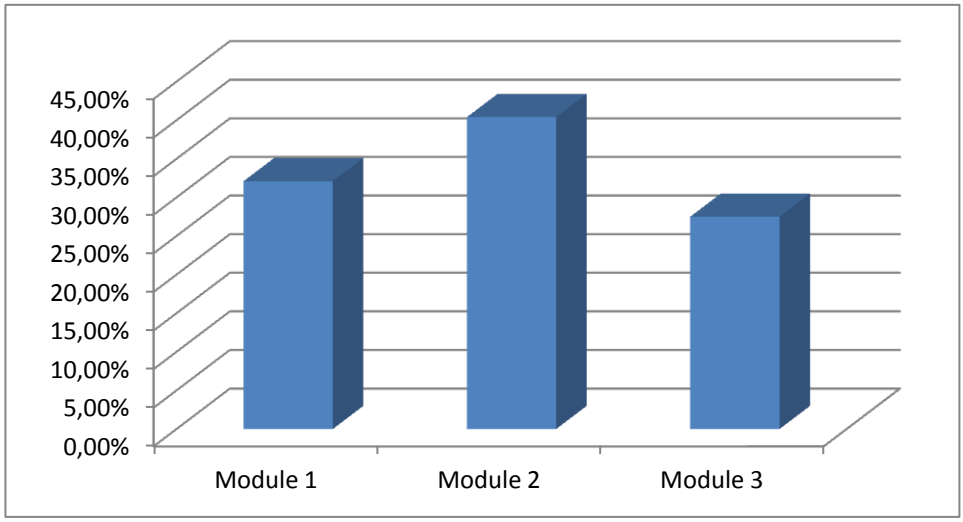


Fig. 1. Distribution of respondents according to the learning path

Taken education path 1 (Module 1) are 32,1 %, education path 2 (Module 2) – 40,4 %, and education path 3 (Module 3) – 27,5 %.

First question from Survey 2. Of an exploratory nature, to determine if the applications meet the user's needs. Quick and easy orientation of the user in the application is an important part of the e-Learning process. After going through the lessons, it was determined, that the users can orient themselves in the navigation process and have no difficulties using the e-Course. On the next figure their answerers are shown in percentages.

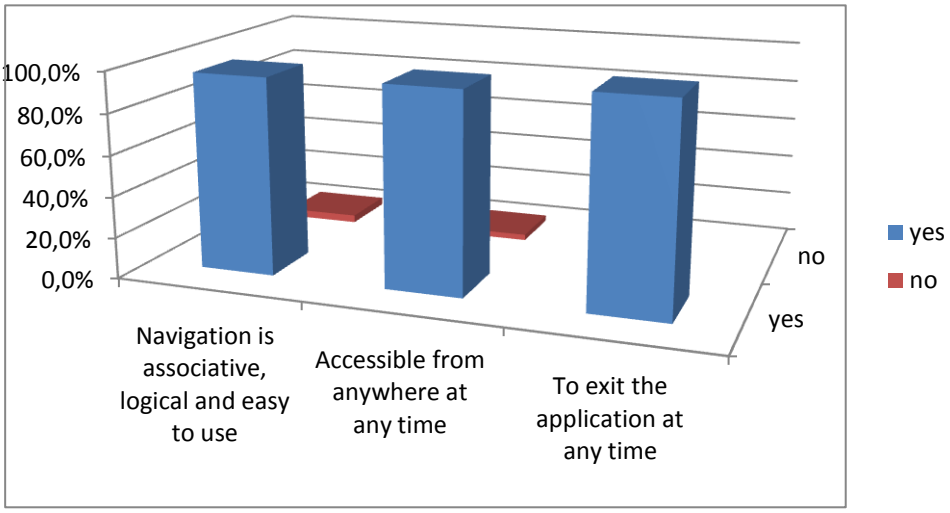


Fig. 2. Distributions of the answers to question №1 from Survey 2 – „When using the application, navigation"

Only 3,7 % from the users said that the applications were illogical and difficult to use, and 2,8% said they couldn't easily navigate through the applications. In conclusion we can say with certainty that the electronic course „E-Learning for electronic government" covers the users' needs regarding application interface and way of navigation. The majority of users didn't have difficulties

when navigating through the applications. Of course the percentage of negative answers has been noted and their suggestions for future projects will be taken into consideration.

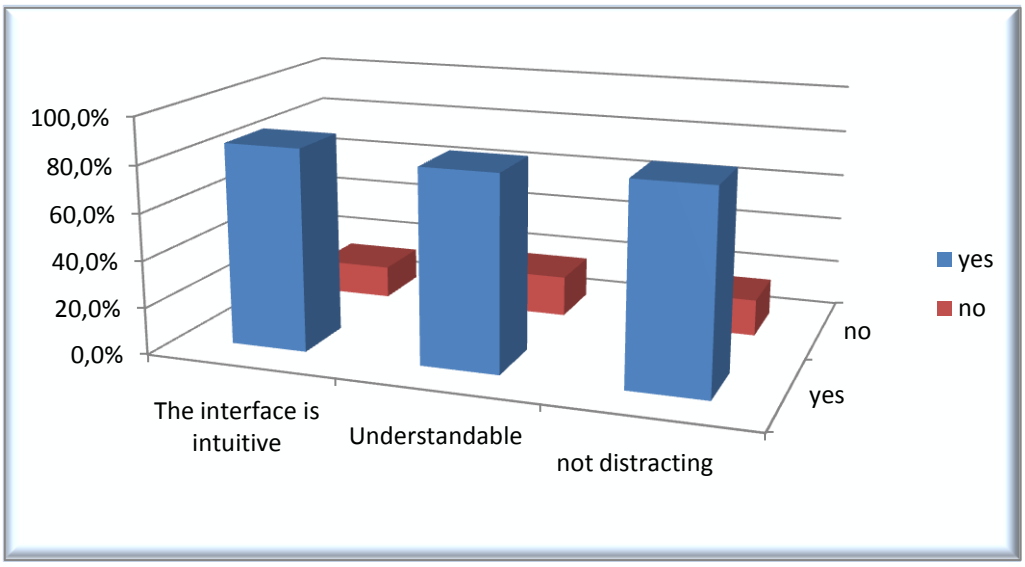


Fig. 3. Distributions of the answers to question №2 from Survey 2 – „Regarding the design of the e-course“

In regards to the design, 13,8 % of the users do not agree that the design is intuitive, 17,4 %, that it is apprehensible and 15,6 % that is not distracting.

On figure 4 you can see the results from the third question in the survey.

The answers are as follow:

A. The text is presented in a legible font

B. The information is structured in a way that is easy to read.

C. Terms stand out.

D. The used colors are pleasant and not distracting.

E. Quick to orient in the given tables.

The users find it most difficult to orient themselves in the tables – 28,4% were not able to do it. 13,8% believe that the text is not legible. For 24,8% of the users the information is not structured in a easy to read way. The used colors are pleasant and not distracting according to 98,2% of users. 16,5% believe that the terms do not stand out as much as they need to.

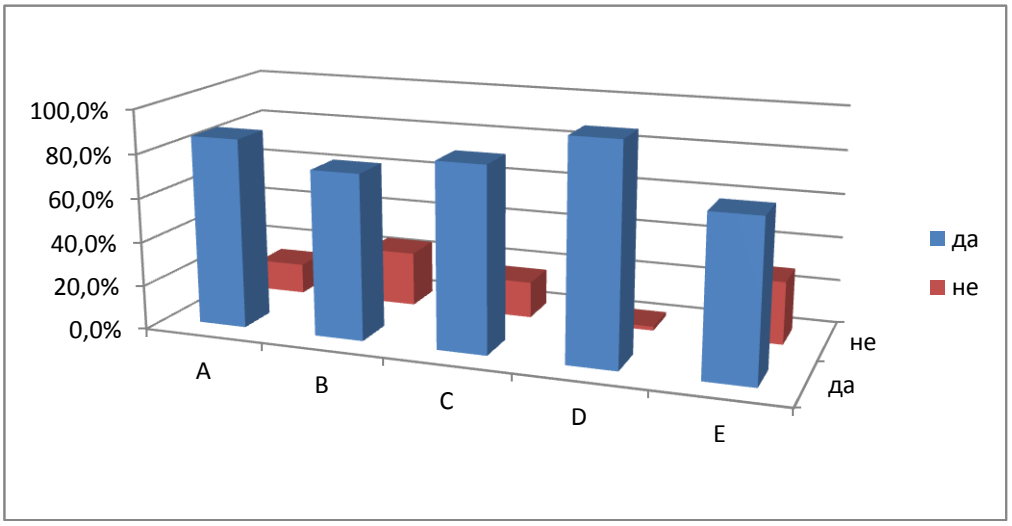


Fig. 4. Distributions of the answers to question №3 from Survey 2 – „Regarding the presentation of information in the course, according to You“

The fourth question aims to determine whether or not the educational information is presented in a legible way using graphics and animation. Only 1,8% of users pointed out that it is not always easy to understand. 100 % from the surveyed respondents claim that the graphics and animation contribute to the easier learning of the content and explains the course's concepts accurately.

On the question regarding the realisation of the test (Question №5), all respondents think the tests are understandable and suitable for them. 10,1% do not believe that the grading is not adequate to their achievements. Only 1,8 % say that the questions are not precisely and clearly worded.

In regard to the instructions and information for using the electronic course, all users that went through the course agree that they were understandable and useful to them (Question №6).

Questions 7 and 8 are of an exploratory and evaluative nature.

Not all respondents have answered the last two questions. The most common answers were that the course was innovative and comprehensible. The conclusion from the gathered opinions is that the course is perceived with enthusiasm, which is further proven by the given critique and suggestions. The people who went through the education have a desire for further education with the electronic courses.

Some of the subjects that are in the wanted list: „European law", "lessons targeting younger people who still do not possess any experience in job hunting". "lessons that will help them prepare their documents, portfolio, their participation"; „something regarding finance or financial control" and many others.

4. Conclusion

The testing of the applications from the electronic course "e-Learning for e-Government Interoperability" is greatly beneficial to its team of developers.

All remarks regarding the mistakes in the texts were taken into account and corrected.

After the testing period, all technical problems were found and removed. Changes were made in order to improve the orientation in the applications, considering the given suggestions.

References

[1] EUROPE 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth COMMUNICATION FROM THE COMMISSION COM (2010) 2020 final Brussels, 3.3.2010

[2] Annex 2 to the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions 'Towards interoperability for European public services' COM (2010) 744 final Brussels, 16.12.2010

[3] http://www.elgiproject.eu/

За контакти:
доц. д-р Румен И. Трифонов
катедра „Информационни технологии в индустрията"
факултет „Комютърни системи и управление"
Технически университет – София
E-mail: r_trifonov@tu-sofia.bg

ПОДХОД ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА КОНЦЕПТУАЛНО ОПИСАНИЕ НА СОФТУЕРЕН ПРОЕКТ

Венцислав Г. Николов, Милена Н. Карова

Резюме: В статията е представена и описана подробна схема на изграждане на концептуално описание на софтуерно приложение. Действията и стъпките по съставяне на описанието се разглеждат като препоръки, в резултат на което се получава документ, който улеснява процеса на разработка на приложението. Представени са някои от по-важните етапи от жизнения цикъл на приложението и начините за внасяне на промени в документа.
Ключови думи: концептуално описание, софтуерно приложение, управление на проекти, жизнен цикъл на проект.

An approach for development of a conceptual description of a software project

Ventsislav G. Nikolov Milena N. Karova

Abstract: In this paper a scheme is presented and described in details for development of of a conceptual description of a software application. The actions and steps of the description development are considered as recommendations, as a result of which a document is obtained, which facilitate the process of the application development. Some of the most important stages of the project lifecycle and the ways to make changes in the document are presented.
Keywords: conceptual description, software application, software management, project lifecycle.

1. Увод

Развитието на софтуерната индустрия през последните години набира все по-голяма скорост. Софтуерът и технологиите навлизат в най-различни сфери на човешката дейност, което поражда необходимостта от повишаване на тяхното качество. Към това се причислява и ясното и коректно първоначално описание на софтуерните приложения и тяхното предварително планиране.

В статията се разглежда първата фаза от развитието на един софтуерен продукт, а именно неговото концептуално описание. Правилното и коректно описване на детайлите в развитието на проекта, от неговото начало до приключванто му, може не само да доведе до изясняване на неговите идеи и цели, но също така да ускорят развитието и повишат качеството му.

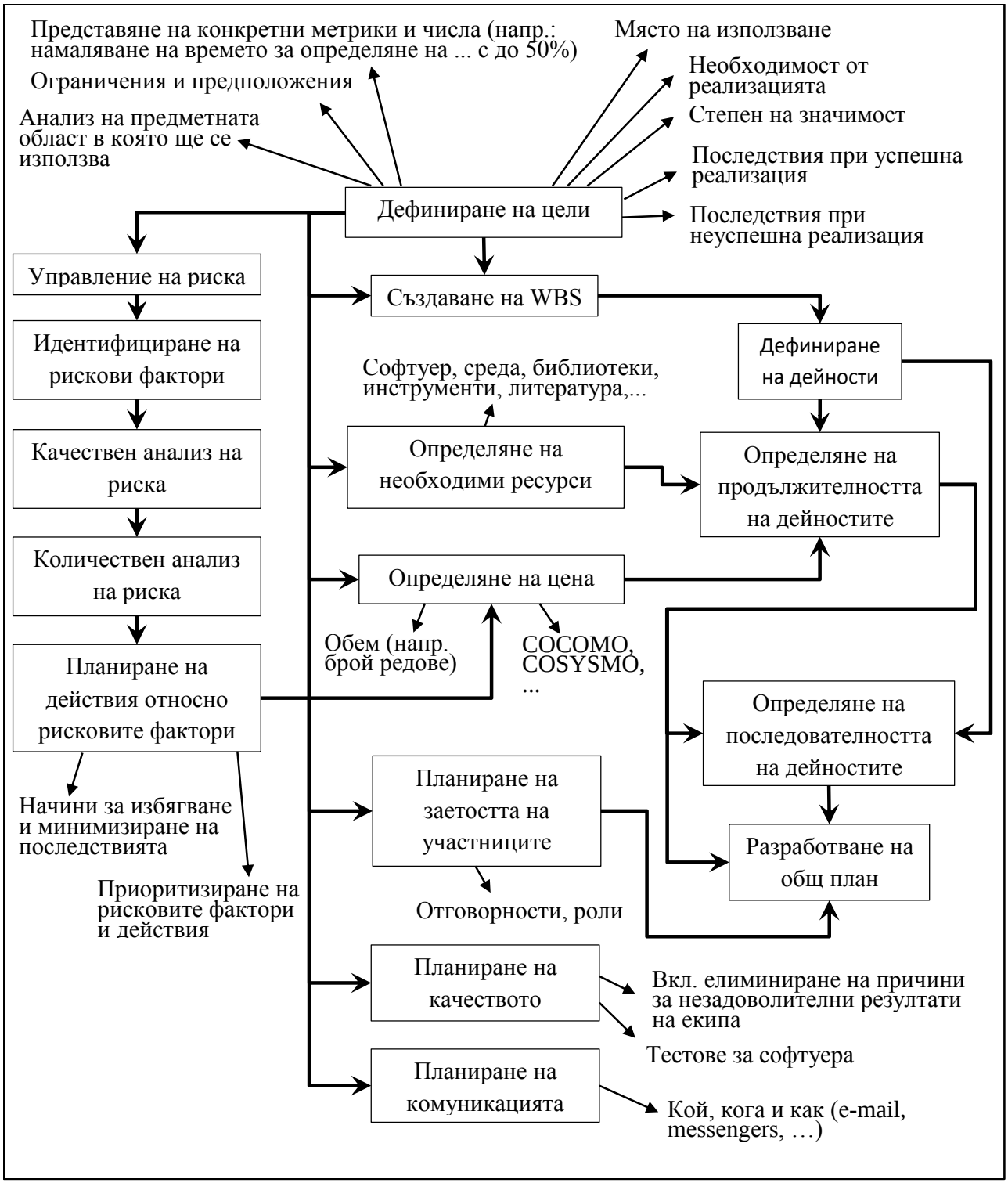
В представения подход за концептуално описание на софтуерни проекти са заимствани фрагменти от различни версии на Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) [5], която представя стандартна терминология и препоръки за управление на проекти от общ характер. Някои от тях са приети като стандарт от American National Standards Institute (ANSI) и от Istitute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Там се описват отделните фази на развитие на проекта чрез документи, планове, различни инструменти и техники за управление, представя се жизненият цикъл от управлението и развитието на един проект. Представените тук дейности са модифицирани и приспособени за описание на софтуерни проекти. Въпреки това една част от процесите и тяхното разпределяне по групи са приложими и за други области.

Предварителното планиране на един проект е свързано най-вече с използване на опита от извършването на тези действия в миналото за целите на настоящото проектно планиране,

като при това трябва да се отчетат разликите в основните фактори между миналото и настоящето.

2. Схема на работа

Цялостната схема на работа е представена на фигура 1.



Фиг. 1 Цялостна схема на изграждане на концептуален проект на софтуерно приложение

В резултат от изпълнението на схематично представените дейности се съставя текстов документ с подробно предварително описание на софтуерния проект. По-долу са представени някои от по-важните от тях.

- Дефиниране на цели – тази част е една от най-важните, тъй като се представя основната цел на приложението и освен това от нея се изхожда за разбиването на проекта на неговите съставни части. Тя до голяма степен определя и основните детайли, свързани с управлението на риска. Това е така поради факта, че направените допускания и ограничения на тази стъпка могат да се разглеждат като рискови фактори за проекта. Рисковият фактор тук представлява потенциален проблем, който ако се превърне в реален, може да създаде трудности за постигането на поставените към реализацията на проекта цели, например предоставяне на софтуерния продукт навреме при вместване в предвидения бюджет. При определяне на ограниченията върху проекта, трябва да се отчетат трите измерения: време, качество и средства. Подобряването на всеки две от тях водят до ограничаване на третото. Например, ако даден проект трябва да се разработи бързо и с добро качество, той няма да е евтин, ако трябва да е качествен и евтин, неговото разработване ще отнеме повече време, а ако е необходимо да се разработи бързо и евтино, то той няма да е качествен. След дефинирането на целите е препоръчително да се проучат, анализират и частично да се опишат съществуващите подобни софтуерни решения, което спомага за по-ясното представяне на новите или непознати елементи в приложението.
- Създаване на WBS – съставната структура на работата (Work Breakdown Structure - WBS) [4] представлява разбиване на проекта на по-малки части, които са по-лесни за управление. При това разбиване се получава дървовидна структура, възлите от най-високо ниво на която представят дейностите, а тези от най-ниско – задачите. Дейностите са по-общи, а задачите са по-конкретни. При съставянето на тази структура трябва да се цели постигане на паралелно изпълнение на дейностите от членовете на екипа. Препоръчва се разделянето на проекта на най-горното ниво, както и на всяко междинно ниво, да бъде на не повече от 7-8 дейности, а дълбочината на дървото да не е по-голяма от 6 нива, като най-често в началото се използват 3-4 нива, които в процеса на развитие на проекта могат да се разделят допълнително [3].
- Определянето на необходимите ресурси включва дефинирането на всички работни, материални и разходни ресурси [4, 7], които се предвижда да бъдат необходими за разработването на проекта. Работните ресурси са хората, извършващи работата, заедно с необходимото им оборудването за изпълнение на задачите по проекта. Например разработчикът на софтуерното приложение се разглежда като работен ресурс. Сървърът, който спомага за разработването на програмния код, също е работен ресурс. Материалните ресурси са консумативите, необходими за работата на работните ресурси. Например, ако работният ресурс е принтер, материалните ресурси, необходими за неговата работа, са хартията и мастилото или тонера. Разходите по ресурсите също се разглеждат като вид ресурс. Това са разходите, свързани с изпълнението на задачите, които не са включени към цената на дейностите по проекта. Например при пътни командировки транспортните разходи и разходите за нощувки на персонала се разглеждат като разходни ресурси. Те не включват разходите за работните ресурси, извършващи работата по проекта, както и цените за използване на материалните ресурси.
- За определянето на цената на проекта се използват някои от известните за целта методи, като нерядко се налага оценяване на размера на софтуера. Това оценяване може да бъде в брой редове, което се извършва по различни начини: с включване и не на използваните външни библиотеки, създадените тестове, преработеният програмен код в процеса на развитието на софтуера и т.н. При определяне на цената на едно софтуерно приложение се изхожда от някои от методите за оценяване на софтуерни проекти, като COCOMO,

COSYSMO и др., чрез които се определят необходимото количество труд (в човеко-месеци), време (в месеци) и брой работници (разработчици на софтуер). Като средство за мониторинг на проекта може да се използва EVM (Earned Value Management) или Управление на придобитата стойност. Необходимо е изчисляването на Planned Value, Earned Value и Actual Cost (примерно ползване на AgileEVM) [8].

- За дефинирането и визуализацията на дейностите и определянето на тяхната продължителност могат да се използват различни методи, например представяне на задачите във вид на граф и прилагане на метода на критичния път, метода PERT, диаграми на Гант [6] и др. Последователността на дейностите следва от тяхното фактическо дефиниране.
- При планирането на заетостта на участниците в екипа трябва да се има предвид, че те се разглеждат като вид ресурс и могат да извършват определена дейност за даден период от време, като при това трябва да се отчита и тяхното участие в други, паралелно разработвани проекти.
- Управлението на качеството на софтуера е обширна дейност, свързана включително с организацията на екипа, начина на разработване, придържането към конвенции и установени практики за писане на програмен код и др. Според **IEEE,** качеството на софтуера може да се разглежда в два аспекта: (1) доколко една система, компонент или процес съответства на предварително определените изисквания; (2) доколко една система, компонент или процес съответсва на нуждите или очакванията на потребителя [6]. В допълнение към това, програмистите често обръщат внимание и на въпроси, свързани с качеството на софтуера, като: доколко добър и елегантен е дизайнът на вътрешната структура; доколко интуитивен е продуктът; дали са обособени модули за многократно използване и колко ефективно е направено това; колко е лесна поддръжката и каква производителност е постигната. Всичко това се постига с придържане към установените практики и опит при разработване на специфични софтуерни проекти.
- Управлението на риска включва идентифициране на рисковите фактори и следене на вероятността за сбъдване на определени потенциални проблеми, т. е. потенциалните проблеми да станат реални такива, вследствие на което може да възникне определен негативен ефект върху някои аспекти на проекта, като: планиране, ресурси, цена, възможности на продукта или неговото качество [1]. Вследствие на негативните ефекти е възможна загуба на информация, средства, репутация или пък е възможно реализацията на продукта да се забави или да не завърши според предвиденото, цената му да се повиши и т.н.
- Чрез качествения анализ на риска се определя на вероятността за сбъдване на определено събитие или рисков фактор. Чрез количествения анализ се определят в количествени измерения последствията при сбъдване на рисковия фактор.

3. Отчитане на работата върху документа

В началото на документа се създава таблица с три колони: „Дата“, „Автор“ и „Раздел“. Тя се помества преди съдържанието и същинската част на концептуалния документ и се попълва при всяка промяна, внесена в документа след неговото първоначално съставяне. Поради това в първоначалната негова версия трябва явно да се опишат начините за извършване на такива промени, особено на тези, внасяни след като функционалните характеристики са частично или цялостно определени. Така всички промени се документират, като е препоръчително и първоначално да се уточнят причините, поради които могат да възникнат промени.

При добавяне на текст или промяна на част от него, в таблицата подробно се записват раздела и редовете в които са внесени поправки.

4. Заключение

Описаната схема на работа трябва да се разглежда като съвкупност от препоръки за съставяне на концептуално описание на софтуерно приложение. Тя може да бъде модифицирана и изменяна според спецификите на конкретния проект.

Препоръчително е предварително да се определи система за събиране на информацията за приложението. При необходимост се извършва допитване до заинтересованите лица, а при прилагане на изветните техники като Agile програмиране [1, 2] предварително се определят интервалите от време, през които да се правят срещи между екипа за разработка и клиентите/собственици на приложението.

При изграждане на концептуалния проект по приведената по-горе схема трябва по възможност да се използват технически схеми, диаграми и др. във вид на фигури. Номерата и наименованията на фигурите могат да се изнесат в отделен списък в края на документа. Освен това в документа трябва да се уточнят общите стандарти и конвенции за приложението и неговият външния вид, потребителски интерфейс, стилове, общи темплейти и др.

Литература

[1]. Guckenheimer S., Loje N., Visual Studio Team Foundation Server 2012 Adopting Agile Software Practice, Addison-Wesley, September 2012.

[2]. Information Technology Project Management Hardcover: Publisher: Wiley; Bk&CD-Rom edition (November 4, 2002) ISBN: 0471392030.

[3]. Jalote, P. Software Project Management in Practice, Addison Wesley January 31, 2002 ISBN : 0-201-73721-3.

[4]. Muir, N. Microsoft Project 2010 for dummies, Wiley Publishing Inc., 2010.

[5]. Project management institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide 5th Edition, An American National Standard ANSI/PMI 99-001-2013.

[6]. Richard, F. Managing and Leading Software Projects, Wiley-IEEE Computer Society Press, February 2009, ISBN-10:0470294558.

[7]. Rosen, A. Effective IT Project Management: Using Teams to Get Projects Completed on Time and Under Budget, ISBN:0814408125, AMACOM 2004.

[8]. http://www.solutionsiq.com/docs/earned-value-analysis-in-scrum-projects-wp.pdf

За контакти:

Ас. д-р инж.Венцислав Г. Николов
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет – Варна
E-mail: v.nikolov@tu-varna.bg

Доц. д-р инж.. Милена Н. Карова
катедра „Компютърни науки и технологии”
Технически университет – Варна
E-mail: mkarova@ieee.bg

РЕИНЖЕНЕРИНГ НА ПРОТОТИП НА ИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА ЗА РЕАЛИЗИРАНЕ НА ЕНЕРГИЙНИ СПЕСТЯВАНИЯ

Андрей И. Бъчваров

Резюме: През последните години в развиващите се страни се наблюдава покачване на стандарта на живот, а от там и на потреблението на енергия за домакинствата. Само между 2010 и 2040 г. очакваното повишение е с 56% [6]. В тази връзка, настоящият доклад представя създадената от автора софтуерна платформа за увеличаване на енергийната ефективност на жилищния сектор – Energy Mass Monitor (EMMO). Освен разработения прототип на системата, неговите функционалности и изисквания, докладът описва и процеса на реинженеринг. Факторите, наложили преработката на прототипа, са също представени.
Ключови думи: енергийна ефективност, информационна система, реинженеринг на прототип

Reengineering of a prototype of information system for energy savings EMMO

Andrey I. Bachvarov

Abstract: In recent years developing countries have been constantly rising their standard of living and hence their households' energy consumption. Only between 2010 and 20140 the expected increase in consumption is 56% [6]. In this sense, this report presents the software platform for increasing residential customers' energy efficiency developed by the author – Energy Mass Monitor (EMMO). In addition to elaborating on the existing system, its functionalities and requirements, the paper describes the process of reengineering of the prototype. The factors that prompted to the reengineering are also pointed.
Keywords: energy efficiency, information system, prototype reengineering

1. Въведение

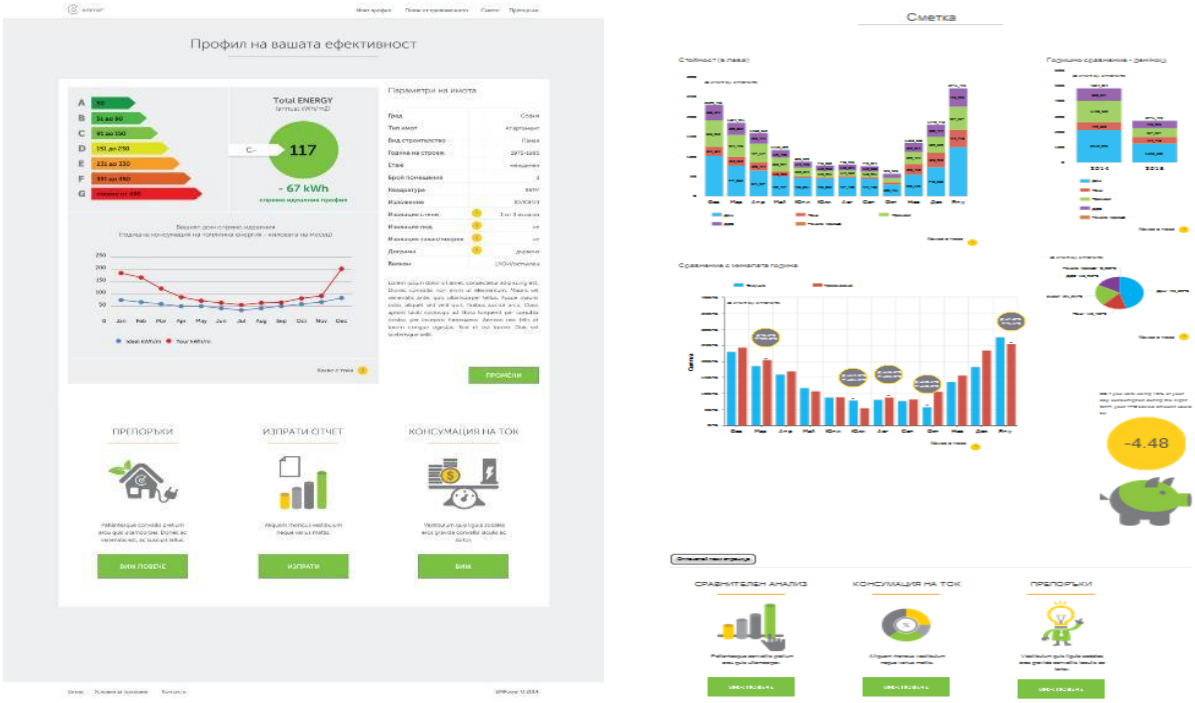
Потреблението на енергия в световен мащаб се увеличава постоянно. Националните стратегии на повечето правителства в света разработват нови бизнес модели за намаляване на потреблението, но те са основно на макро ниво и трудно достигат до отделните крайни потребители [1, 6]. Намирането на начин да се помогне на хората да осъзнаят къде губят енергия и как могат да променят навиците си към енергийни спестявания е актуална задача [3, 5, 7].

Повишаването на енергийната ефективност в домакинствата може да бъде постигнато без нуждата от големи инвестиции и промени в енергийната инфраструктура, а чрез използването на иновативни процеси и информационни технологии [2]. В тази връзка, настоящият доклад описва създадената от автора информационна система (ИС) за реализиране на енергийни спестявания Energy Mass Monitor (EMMO), изискванията за разработването й, както и последвалия процес на реинженеринг на прототипа.

2. Описание на системата

EMMO е иновативна софтуерна платформа, която позволява на домакинствата да оптимизират потреблението и намалят сметките си за енергия. Инструментът спомага за повишаване на енергийната култура на потребителите чрез прилагането на най-добри практики и съвети в областта на енергийната ефективност.

Чрез EMMO домакинствата могат сами да направят „енергиен одит“ на потребената енергия по лесен и достъпен начин. „Одитът“ прави анализ на загубите спрямо идеалната енергийна ефективност за съответното домакинство, като се базира на реални данни от сметката на потребителя. EMMO позволява на клиента да види и разбивка на сметките си за енергия на потребление и разходи, както и да получи информация за месечното си потребление, сравнено с миналогодишни данни. Визуализация на резултатите е графично представена на фиг. 1.



Фиг. 1. Визуализация на част от функционалностите на EMMO

Създадената ИС е разработена в съответствие и отговаря на всички Европейски норми и изисквания в сферата, включително ЕС Директива 2012/27. Алгоритъмът на EMMO е включен в методика за доказване на спестявания от поведенчески мерки, разработвана от Агенцията за Устойчиво Енергийно Развитие (www.seea.government.bg/bg).

3. Изисквания на системата

ИС е реализирана като клиент-сървър базирано уеб приложение и е разработена за операционната система Windows. Използва се уеб сървър IIS, който предлага скалируемост, надеждна работа и голям набор от възможни настройки. За целите и разработката на прототипа е използвана бази данни MySQL. Системната архитектура е модулна, многослойна и следва утвърдени стандарти – фигура 2.

Софтуерът е реализиран на база на Liferay Portal 6.2 CE (Liferay Community Edition). Liferay съответства на стандартната спецификация JSR 286 (Java Portlet specification v 2.0) и е реализиран с помощта на стандартните технологии от J2EE (Java 2 Enterprise Edition). Системата е с отворен код и е лицензирана по GNU LGPL (GNU Lesser General Public License).

Системата е модулна и е предназначена за използване в интернет среда, като за презентационен слой може да се използва всеки съществуващ интернет браузър (Mozilla Firefox, Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др.). От гледна точка на външна защита изхожда от кодирана Secure Sockets Layers връзка, която я прави еднакво сигурна, колкото която и да било друга публична услуга, предоставена по този начин.

Фиг. 2. Архитектура на софтуера

4. Реинженеринг на прототипа

Развитието на света във всичките му измерения налага нуждата от иновации на съществуващите процеси и нови технологични продукти и услуги [10]. Експоненциалното нарастване на данните, нуждата от обработка в релано време и редица други фактори водят до нуждата от създаване на алтернативи на съществуващите интернет платформи [9].

В тази връзка, авторът на настоящото изследване прави реинженеринг на прототипа на разработената ИС като базира продукта на използването на FIWARE – отворена алтернатива на патентованите интернет платформи [8].

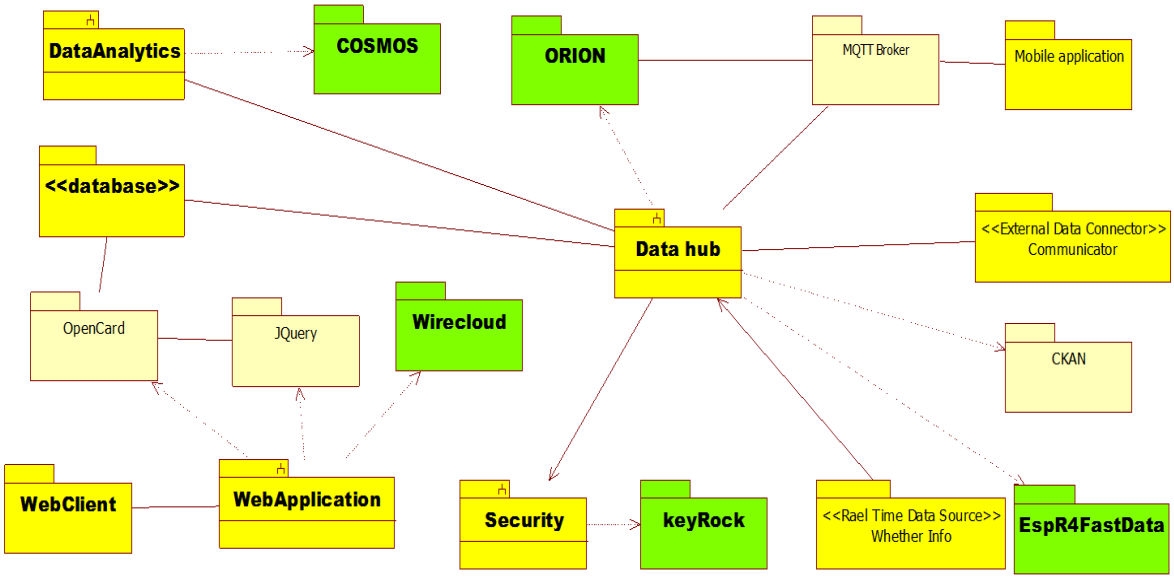
FIWARE дава възможност за лесно разработване и внедряване на съвременни интернет приложения. Тя осигурява OpenStack базирани Cloud Hosting възможности и богата библиотека от компоненти. Компонентите, наречени „generic enablers“, предвиждат отворен стандарт за програмни интерфейси – APIs, които правят по–лесно свързването с Internet of Things (IoT) устройства, обработка на данни в реално време в големи мащаби, анализ големи бази от данни [8, 9].

Подобрената платформа EMMO ще използва следните “open source” компоненти: (i) Orion Context Broker, (ii) EspeR4FastData, (iii) Big Data Analysis (Cosmos), (iv) KeyRock Identity Manager and (v) Application Mashup – WireCloud. Общо описание на предложената архитектура е представена на фигура 3.

Ролята на Data hub-а е да координира потока на информация между отделните страни. Източници на информация могат да бъдат всякакви IoT източници, Open Data източници и др. Orion Context Broker ще бъде използван за изпълнение на “context awareness” на мерките. Esper4FastData ще се използва за обработката на данни в реално време. Тази подсистема ще интегрира и Open Data sources, публикувани с помощта на система за управление на данните CKAN.

В зависимост от различните сценарии съвместим Mqtt брокер ще уведомява всички регистрирани участници. Пакетът, наречен ExternalCommunicatior ще позволи получаването на данни чрез протокола REST. Системата за сигурност ще се изгради върху KeyRock

Identity Manager. Identity Manager ще бъде централния компонент, който ще служи като мост между всички подсистеми на ниво свързаност и ниво приложение. Подсистемата за анализ на данните ще се базира на широко разпространената Cosmos.



Фиг. 3. Описание на предложената архитектура

Системата ще бъде достъпна за крайния потребител чрез smart phone приложение и web приложение. Уеб приложението ще бъде изградено на базата на изпълнението Wirecloud на Application Mashup GE, OpenCart и JQuery компоненти с отворен код. Предложената структура ще бъде осъществена в Open Stack среда – безплатна софтуерна платформа с отворен код.

5. Заключение

Иновацията на предложеното решение се състои в промяна на използваните технологии с цел подобряване на съществуващия прототип. Освен улеснена възможност за интеграция с други платформи, мащабируемост и по-лесно добавяне на нови функционалности, FIWARE предлага и редица други предимства на предприемачите, които я използват. Платформата предлага подходяща среда за внедряването на нови услуги, апликации, протоколи и решения, което ще доведе и до по-лесна употреба за крайния потребител.

Литература

[1] A-L Lindén and A. Carlsson-Kanyama, Energy Efficiency in Residences - A challenge for women and men, Energy Policy, 35, 2007, pp. 2163-2172.
[2] Ambuj D. Sagara, Bob van der Zwaana, Technological innovation in the energy sector: R&D, deployment, and learning-by-doing, Energy Policy 34 (2006) 2601–2608.
[3] Bachvarov A., Ruskov P., Ilieva M., Consumer Behavior Change Patterns for Energy Efficiency, Viking PLoP Conference, 14-17 May, 2015, Ribaritsa, Bulgaria.
[4] Bachvarov A., Ruskov P., Energy Efficiency – state, consumer behavior and challenges, International conference, Automatics and informatics'11, School for young scientists, Innovation and business process management, Bulgaria, Sofia, ISSN 1313 – 1850, p. 21-28.
[5] Cuddy, Ammy and J.C., Doherty, Kyle T., OPOWER: Increasing Energy Efficiency through Normative Influence, Harvard Business School Case, November 12, 2010.

[6] “International Energy Outlook, 2014”, US Energy Information Administration, www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2014).pdf.
[7] Opower, Unlocking the Potential of Behavioural Energy Efficiency in Europe, Whitepaper, Opower 2014.
[8] European Commission, Press Release Database, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-525_bg.htm
[9] www.fiware.org
[10] Christensen C. M., Scott D. Anthony, and Erik A. Roth, Seeing What's Next: Using the Theories of Innovation to Predict Industry Change, Harvard Business Review Press, 2004.

За контакти:
Андрей И. Бъчваров
Балканска Инвестиционна Консултантска Агенция
E-mail: andrey.bachvarov@bica-bg.com

ИЗИСКВАНИЯ ЗА ОФОРМЯНЕ НА СТАТИИТЕ ЗА СПИСАНИЕ "КОМПЮТЪРНИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ”

I. Статиите се представят разпечатани в два екземпляра (оригинал и копие) в размер до 6 страници, формат А4 на адрес: Технически университет – Варна, ФИТА, ул. „Студентска” 1, 9010 Варна, както и в електронен вид на имейл адреси: peter.antonov@ieee.bg или jppet@abv.bg.

II. Текстът на статията трябва да включва: УВОД (поставяне на задачата), ИЗЛОЖЕНИЕ (изпълнение на задачата), ЗАКЛЮЧЕНИЕ (получени резултати), БЛАГОДАРНОСТИ към сътрудниците, които не са съавтори на ръкописа (ако има такива), ЛИТЕРАТУРА и информация за контакти, включваща: научно звание и степен, име, организация, поделение (катедра), e-mail адрес.

III. Всички математически формули трябва да са написани ясно и четливо (препоръчва се използуване на Microsoft Equation).

IV. Текстът трябва да бъде въведен във файл във формат WinWord 2000/2003 с шрифт Times New Roman. Форматирането трябва да бъде както следва:

1. Размер на листа - А4, полета: ляво - 20мм, дясно - 20мм, горно - 15мм, долно - 35мм, Header 12.5мм, Footer 12.5мм (1.25см).
2. Заглавие на български език - размер на шрифта 16, удебелен, главни букви.
3. Един празен ред - размер на шрифта 14, нормален.
4. Имена на авторите - име, инициали на презиме, фамилия, без звания и научни степени - размер на шрифта 14, нормален.
5. Два празни реда - размер на шрифта 14, нормален.
6. Резюме и ключови думи на български език, до 8 реда - размер на шрифта 11, нормален.
7. Заглавие на английски език - размер на шрифта 12, удебелен.
8. Един празен ред - размер на шрифта 11, нормален.
9. Имена на авторите на английски език - размер на шрифта 11, нормален.
10. Един празен ред - размер на шрифта 11, нормален.
11. Резюме и ключови думи на английски език, до 8 реда - размер на шрифта 11, нормален.
12. Основните раздели на статията (Увод, Изложение, Заключение, Благодарности, Литература) се форматират в едноколонен текст както следва:
    a. Наименование на раздел или на подраздел - размер на шрифта 12, удебелен, центриран, един празен ред преди наименованието и един празен ред след него - размер на шрифта 12, нормален;
    b. Текст - размер на шрифта 12, нормален, отстъп на първи ред на параграф – 10 мм; разстояние от параграф до съседните (Before и After) за целия текст – 0.
    c. Цитиране на литературен източник - номер на източника от списъка в квадратни скоби;
    d. Текстът на формулите се позиционира в средата на реда. Номерация на формулите - дясно подравнена, в кръгли скоби.
    e. Фигури - центрирани, разположение спрямо текста: “Layout: In line with text”. Номер и наименование на фигурата - размер на шрифта 11, нормален, центриран. Отстояние от съседните параграфи – 6 pt.
    f. Литература – всеки литературен източник се представя с: номер в квадратни скоби и точка, списък на авторите (първият автор започва с фамилия, останалите – с име), заглавие, издателство, град, година на издаване, страници.
    g. За контакти: научно звание и степен, име, презиме (инициали), фамилия, организация, поделение (катедра), e-mail адрес, с шрифт 11, дясно подравнено.

Образец за форматиране можете да изтеглите от адрес http://cs.tu-varna.bg/ - Списание КНТ, Spisanie_Obrazec.zip.

Този брой от списанието се отпечатва със средства от научно-изследователски проект, финансиран целево от държавния бюджет.