

ОБРАЗАЦ - 11
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ „МИХАЈЛО ПУПИН“ ЗРЕЊАНИН

Примљено: 06.06.2016			
Орг. јед.	Број	Примлог	Вредност
Oh	2589		

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
– обавезна садржина –
(Свака рубрика мора бити попуњена.)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
1. Датум и орган који је именовао комисију: 25.05.2016., Наставно-научно веће Техничког факултета „Михајло Пупин“ у Зрењанину
2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: • Доц. др Далибор Добриловић - доцент, Информационе технологије, 01.10.2012., Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, председник , • Доц. др Золтан Кази - доцент, Информационе технологије, 24.09.2015., Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, члан , • Доц. др Елеонора Бртка - доцент, Информационе технологије, 14.03.2016., Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, члан , • Проф. др Алемпије Вељовић – редовни професор, Информациони системи, 12.6.2006., Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука, Чачак, члан , • Проф. др Биљана Радуловић – редовни професор, Информационе технологије, 10.09.2008., Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, ментор .
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
1. Име, име једног родитеља, презиме: Јован, Тривун, Ивковић
2. Датум рођења, општина, република: 08.03.1973., Сремска Митровица, Република Србија
3. Датум одбране, место и назив магистарске тезе: 13.05.2015., Зрењанин, „Анализа и дизајн рачунарске и мрежне инфраструктуре дата центара за Cloud и High Performance Computing“
4. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Електронско пословање
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: „Методе и поступци убрзавања операција и упита у великим системима база и складишта података („Big Data“ системи)“
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Навести кратак садржај са знаком броја страна поглавља, слика, шема, графикона и сл.
Докторска дисертација припада ужој научној области Информационе технологије. Написана је на српском језику, латиничним писмом, а апстракт у кључној документацијској информацији је дат на српском и енглеском језику. Дисертација се састоји од осам поглавља. Укупно има 187 стране А4 формата, 13 табела, 79 илустрација, 4 прилога и 157 литературних референци. Испод основног текста се налазе наслов рада, кључна документацијска информација, списак коришћених термина и скраћеница, списак илустрација, списак табела и уводна реч. Садржај дисертације обухвата следећа поглавља: 1. Историјски развој и теоретске основе 2. Методологија истраживања 3. Представљање усвојеног модела система – концепт и архитектура 4. Елементи моделованог система 5. Ток истраживања 6. Презентација и анализа резултата истраживања 7. Закључак 8. Предлог даљих истраживања

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Историјски развој и теоретске основе

У првом поглављу је кроз историјску анализу рачунарства представљена тенденција цикличног кретања концепцијских парадигми кроз својеврсне еволутивне периоде централизације и децентрализације. Представљен је еволутивни развој Big Data система почевши од Mainframe-а, база података, PC и рачунарских технологија мрежа, Интернет, Grid и Cloud Computing технологија до тренутно актуелних Google DFS и Hadoop Big Data екосистема. Представљен је развој IoT система од микро рачунара, ARM RISC архитектуре, микроконтролера, индустријског embedded компјутинга, закључно са сензорским мрежама. Приказан је развој масовно паралелизованих система намењених за подршку High Performance Computing –у, масовно паралелизована и суперкомпјутерска архитектура, streaming мултипроцесори, генерално програмабилни графички акцелератори GP – GPU и FPGA. Представљени су системи за складиштење података, Data центри и кључна технологија storage система.

2. Методологија истраживања

У другом поглављу су дефинисане методе, циљеви и задаци истраживања. Формулисана је главна хипотеза истраживања са седам подхипотеза.

Главна хипотеза:

(X): Применом унификоване софтверске архитектуре попут OpenCL-а и одговарајућих метода, могуће је обезбедити истовремен пораст перформанси великих система база и складишта података Data центара уз истовремено побољшање енергетске ефикасности.

Подхипотезе су:

X1: Софтверске апликативне архитектуре као што је OpenCL могуће је применити за решавање уобичајених рачунарских обрада уз добитак на перформансама.

X2: Могуће је унификовати операције на хардверским и софтверским хетерогеним, масовно паралелизованим системима применом стандардизоване апликативне архитектуре као што је OpenCL.

X3: Могуће је применом одговарајућих метода постићи убрзање неких стандардних операција у оквиру RDMS – OLTP и мултидимензионалним MOLAP базама података.

X4: Могуће је моделовати IoT окружење са разгранатом сензорском мрежом на постојећим развојним системима (Development board и Single – Board Computers) способно да у реалном времену обезбеди велике скупове SQL структурираних и неструктурираних NoSQL података.

X5: Уз подршку GP – GPU, ASIC (FPGA VHDL) и софтверску апликативну архитектуру (као што је OpenCL) могућа је примена енергетски ефикасних рачунарских система заснованих на ARM CPU архитектури (Single – Board Computers), за потребе пред процесирања, обраде података и дистрибуираног компјутинга уз толерантне губитке перформанси у односу на класичну x86 серверску архитектуру.

X6: Могуће је применом хардверских (GP – GPU, ASIC, NVMe SSD) и софтверских апликативних решења обезбедити значајан пораст перформанси рачунарских система уопште.

X7: Софтверске апликативне архитектуре попут OpenCL, CUDA могу имати ширу примену и у великим системима база и складишта података, а са циљем постизања бољих перформанси аналитичких обрада и Data Mininga.

3. Представљање усвојеног модела система – концепт и архитектура

У трећем поглављу представљен је концепт и архитектура система. Дата су две методе пред обраде брзих сензорских информација за потребе Биг Дата система.

4. Елементи моделованог система

У четвртном поглављу су представљени елементи моделованог система:

а) Аналогно дигитални конвертери

б) Микроконтролерски развојни системи (Arduino Due, ArduinoNano, ChipKit Pi и Embedded Pi)

ц) SoC рачунари (Raspberry Pi 2, Raspberry Pi 3 и ODROID – XU4)

д) Развијен је Big Data рачунарски кластер састављен од „small nodes SoC“ елемената.

По успостављању система и пратеће рачунарске мреже тестирањем је утврђена функционалност система као и параметри енергетске потрошње.

5. Ток истраживања

У петом поглављу је извршено тестирање обрадних перформанси успостављеног система, истражене су могућности аквизиције велике количине података у реалном времену. Извршена је иницијална анализа добијених резултата мерења.

6. Презентација резултата мерења

У шестом поглављу табеларно и графички су представљени резултати истраживања, дата је оцена функционалности предложеног модела архитектуре.

7. Закључак

Седмо поглавље садржи потврду свих седам подхипотеза и главне хипотезе истраживања. Приказани модел архитектуре је обезбедио спону између IoT уређаја и сензорских мрежа са једне и Big Data система са друге стране, доказујући на тај начин да је могућа интеграција и повезивање брзих и разгранатих сензорских мрежа са великим системима база и складишта података.

8. Предлог даљих истраживања

У петом поглављу је дат предлог будућих истраживања. Развој IoT-а и сензорских мрежа ће поставити велике захтеве пред постојећу мрежну инфраструктуру, што захтева нова решења у области телекомуникација и рачунарских мрежа. Основ нове „Nano“ рачунарске револуције се налази у области рачунарских система, SoC интеграција и енергетски ефикасним мобилним решењима. У подручју апликативне примене система база и складишта података пожељно је истраживање могућности примене скалираних SoC рачунара као Big Data NoSQL система тј. алтернативе за PC серверска решења. Дисертација истиче значај истраживања могућности скалирања перформанси применом хетерогене, масовно паралелизоване архитектуре на SoC (CPU – GPU) и FPGA системима, све до нивоа могуће HPC примене.

Литература

У овом делу је представљен списак литерарних референци које је кандидат користио и цитирао у докторској дисертацији. У литератури се налазе и објављени радови кандидата из области истраживања које су такође цитиране у тексту докумената овде докторске дисертације.

Додаци

Посебан део докторске дисертације чине четири листинга програмског кода примењеног у моделу усвојеног система.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

уз напомену: Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. **Јован Ивковић**, „Concepts of Private Cloud Computing Solutions in Public Sector“ 2013, International Conference on Applied Internet and Information Technologies, ISBN 978 -86-7672-211-2, стр. 432 – 437, Зрењанин, Р. Србија [M33]

2. Раде Драговић, **Јован Ивковић**, Драган Драговић, Ђуро Клипа, Душко Радишић, Војкан Николић, „Систем за подршку одлучивању као подршка за стратешко управљање државном управом“, YU INFO 2015, научно – стручна конференција, ISBN 978 -86-85525-15-5, стр. 417 – 422, Копаоник, Р. Србија [M33]

3. Борислав Одачић, Драган Одачић, **Јован Ивковић**, „Приказ структуре и имплементација радио – комуникационог система за даљински надзор и управљање дужице трасе нафтевода Бачко Ново Село – Нови Сад – Панчево“, Научни стручни часопис Менаџмент, иновација и развој, ISSN 1452 - 8800, UKD 005, COBISS SR –ID 139971340, број 1 -2 (2016) година 10, Vol. 10, издавач Друштво за менаџмент, иновације и развој „Србија инвент“ [M52]

4. **Јован Ивковић**, Борислав Одачић, „Analysis of Visible Light Communication System for Implementation in Sensor Networks“, XV International Scientific – Professional Symposium INFOTEN-JAHORINA, ISBN 978-99955-763-9-4, стр. 274 – 279, Јахорина, март 2016. [M33]

5. **Јован Ивковић**, Алемпије Вељовић, Бранислав Ранђеловић, Владимир Вељовић, „*ODROID – XU4 као desktop PC и микроконтролерска развојна алтернатива*“, VI међународна конференција ТИО, Чачак, мај 2016. [M33]

рад прихваћен и презентован у секцији „Образовање инжењера“ под бројем 4.14.
(<http://www.ftn.kg.ac.rs/konferencije/tio2016/Conference%20TIO%202016%20Programme.pdf>),

6. **Јован Ивковић**, Биљана Радуловић, „*The Advantages of Using Raspberry Pi 3 Compared to Raspberry Pi 2 SoC Computers for Sensor System Support*“, АИТ 2016, Битола, Македонија, јун 2016. [M33]

Рад прихваћен и увршћен за постер презентацију Paper ID: АИТ2016-P07 (<http://aitconference.org/>)

7. **Јован Ивковић**, Алемпије Вељовић, Љиљана Станојевић, Владимир Вељовић, „*Модел мултиканалне VLC опто – телекомуникације између SoC развојних и IoT/сензорских система*“, 60. конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику, ЕТРАН 2016, Златибор, Р. Србија, јун 2016. [M33]

рад прихваћен и увршћен у секцији за телекомуникације под бројем ТЕ 1.3. (<http://etran.etf.rs/>)

8. Борислав Одацић, Драган Одацић, **Јован Ивковић**, „*The Example of Implementation ATDI Simulation Software Tool for Digital Audio Broadcasting System Design*“ Научни стручни часопис ERSICT - Jurnal of Emerging Research and Solutions in ICT, eISSN: 1857-9981, Journal DOI: 10.20544/ERSICT, број 1 - 2 (2016) година, издавач: FICT - University of St. Kliment Ohridski - Bitola, Macedonia [M52]

Рад је прихваћен за објављивање у број: *Volume 1 Number 2: 2016.*

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У спроведеном истраживању успостављен је модел архитектуре информационог система, који може да обезбеди скалабилност неопходну за успешну примену Big Data система у све захтевнијим и бржим сензорским и IoT окружењима. Развијена и примењена софтверско – хардверска архитектура је показала да је могуће успоставити енергетски ефикасно решење са довољним обимом перформанси уз примену хетерогених, масовно паралелизованих SoC рачунара и неку од софтверских апликативних архитектура које подржавају HMP рад. Применом адекватне методологије спроведене на нивоу оптимизације саме архитектуре система, могуће је за ред величине смањити захтевност системских улаза и растеретити велике системе база и складишта података. Ово растерећење настало увођењем SoC предобrade, обезбеђује великим системима веће перформансе али и капацитет за смештање и даљу обраду.

Истраживање је показало да је могућа и препоручљива примена унификоване софтверске архитектуре (framework) за подршку HMP попут OpenCL, CUDA-е, Renderscript-а и сличних на разнородним, хардверским, хетерогеним, масовно паралелизованим системима као што су SoC рачунари, мобилни, смарт, таблет уређаји, класични PC десктоп/серверски (CPU и GPU системи, FPGA IC кола и развојни системи). Примена наведених софтверских платформи обезбеђује директан пораст перформанси система база и складишта података, намењених за Big Data - IoT примену кроз растерећење обрадних капацитета и уштеду неопходних ресурса.

Најзначајније достигнуће истраживања је постизање боље енергетске ефикасности уз истовремено задржавање нивоа перформанси система. Предобrade брзих сензорских токова података на енергетски ефикасним SoC системима (са потрошњом мањом и до 100 пута у односу на PC сервере) је кључна за енергетски ефикаснију обраду података. Са друге стране њихова предобrade може обезбедити показатеље за аналитику у реалном времену будућих бржих и захтевнијих IoT система.

Могућа је портабилност софтверског кода у оквиру отворених стандарда за подршку масовно паралелизованим, хетерогеним системима као што је OpenCL. Ова портабилност кода донекле брише границе између разнородних системских платформи заснованих на CPU, GPU, FPGA и другим решењима. При томе се мора водити рачуна о специфичностима и степену подршке сваког од система примењеним функцијама и библиотекама.

Истраживање је доказало основну хипотезу рада: *да је применом унификоване софтверске архитектуре попут OpenCL-а и одговарајућих метода могуће обезбедити пораст перформанси великих система база и складишта података (Big Data) Data центара уз истовремено побољшање енергетске ефикасности.*

Примена OpenCL –а и ангажовање GPU (или FPGA) подсистема на пословима предобrade, компесије и/или аналитике података доноси вишеструко повећање перформанси обраде (које у неким случајевима прелазе и један ред величине) уз повећање потрошње која остаје у границама радног оквира система.

Успостављени систем и спроведено истраживање су дали потврдан одговор на свих седам подхипотеза:

X1: Софтверску апликативну архитектуру као што је OpenCL је могуће применити за решавање уобичајених рачунарских обрада уз добитак на перформансама, што је показано на примеру предобrade и компесије лог фајлова.

X2: Могуће је унификовати операције на хардверским и софтверским хетерогеним, масовно паралелизованим системима применом стандардизоване апликативне архитектуре. Довољно је рећи да је примењени компресиони алгоритам портован са FPGA платформе (где је OpenCL код развијен) на CPU и GPGPU.

X3: Применом одговарајућих метода могуће је постићи убрзање неких стандардних операција у оквиру RDMS-OLTP и мултидимензионалним MOLAP базама података. Одговор на ово питање већ је дат од стране водећих компанија у области RDBMS-а (као што су Oracle, Microsoft и др.) транзицијом на In-Мемоги структуре података и увођењем пред компајлирања SQL команди у C++ коду са подршком за SIMD.

X4: Истраживање је показало да је могуће моделовати IoT окружење са разгранатом сензорском мрежом на постојећим развојним системима (Development board и Single – Board Computers) способно да у реалном времену обезбеди велике скупове SQL структурираних и неструктурираних NoSQL података. Истраживање је отишло корак даље показујући да је могуће развити цео систем укључујући и крајњу инстанцу у облику Big Data система са SQL и NoSQL DBMS-ом на SoC развојним системима.

X5: Уз подршку GP-GPU, ASIC (FPGA VHDL) и софтверску апликативну архитектуру (као што је OpenCL) могућа је примена енергетски ефикасних рачунарских система заснованих на ARM CPU архитектури (Single – Board Computers), за потребе пред процесирања, обраде података и дистрибуираног компјутинга уз толерантне губитке перформанси у односу на класичну x86 серверску архитектуру. Примена GPGPU за компресију података значајно је поправила перформансе SoC система доводећи их у раван са PC-CPU перформансама.

X6: Ово истраживање показују да се применом хардверских (GP-GPU, ASIC, NVMe SSD) и софтверских апликативних решења обезбеђује значајан пораст перформанси рачунарских и storage система уопште.

X7: Софтверске апликативне архитектуре попут OpenCL, CUDA, Renderscript-а и сличних могу имати ширу примену и у великим системима база и складишта података, а са циљем постизања бољих перформанси аналитичких обрада и Data mining-а.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу прегледа и анализе докторске дисертације чланови Комисије су констатовали да је спроведено истраживања приказано на прегледан, адекватан и систематичан начин. Добијени резултати су у складу са тренутно актуелним научним сазнањима. У складу са наведеним Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачење резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме:

Да - Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе:

Да – дисертација садржи све битне елементе

3. По чему је дисертација оригиналан научни допринос науци:

Предмет истраживања је актуелан и може имати примену у више области. Пошто је урађено моделовање, практична имплементација и реализација система са хардверско – софтверском архитектуром и експерименталним истраживањем са мрежама перформанси система постоји оригиналан научни допринос.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултате истраживања

Нису уочени недостаци дисертације који би утицали на резултате истраживања

X ПРЕДЛОГ

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

На основу укупне оцене дисертације, увида у истраживачки рад кандидата и сагласно са свим претходно изнетим чињеницама у овом Извештају, Комисија предлаже да се докторска дисертација под називом „Методе и поступци убрзавања операција и упита у великим системима база и складишта података („Big Data“ системи)“

Кандидата мр Јована Ивковића прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Доц. др Далибор Добриловић, председник

Доц. др Золтан Кази, члан

Доц. др Елеонора Бртка, члан

Проф. др Алемпије Вељовић, члан

Проф. др Биљана Радуловић, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење, односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.

ИЗВЕШТАЈЕ ПРЕДАТИ СЛУЖБИ У ДЕСЕТ ПРИМЕРАКА (ДВА ОРИГИНАЛА И ОСАМ КОПИЈА) И НА ЦД-У У PDF ФОРМАТУ.