

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мастер инж. рачунарске технике и информатике
Немање Нинковић за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5051/12-1 од 7.12.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мастер инж. рачунарске технике и информатике Немање Нинковић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме

„Нова решења за побољшање квалитета сервиса у интрадоменском и интердоменском мрежном окружењу“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Немања Нинковић је рођен 11. јуна 1987. године у Београду. Основну школу и средњу школу је завршио у Београду, 2002. и 2006, респективно. Носилац је Вукове дипломе и бронзане медаље са републичког такмичења из електронике 2005. године, а био је и ђак генерације Средње техничке ПТТ школе у Београду.

Основне академске студије је завршио на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду 2010. године, на одсеку Телекомуникације, смер Системско инжењерство са просеком 8,87. Дипломирао је код проф. др Мирјане Стојановић са оценом 10, са темом „Имплементација QoS у вишедоменским IP мрежама“. Мастер студије је такође завршио на Електротехничком факултету, модул Системско инжењерство и радио комуникације са просеком 10 током којих је дипломирао код проф. др Мирјане Стојановић са оценом 10, са темом „Анализа техничких аспеката уговарања сервиса између IP провајдера“.

У октобру 2012. године уписао је докторске студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, студијски модул Рачунарска техника и информатика. Положио је све испите на докторским студијама са просечном оценом 10,00.

Од јуна 2012. године се налази у сталном радном односу у оквиру Информационе-комуникационе установе „Академска мрежа Србије – АМРЕС“ где тренутно обавља послове на позицији вишег стручног сарадника у оквиру сектора за инфраструктуру и ресурсе. Послови подразумевају планирање, имплементацију и одржавање мрежне инфраструктуре која је основа Интернет провајдинга академским и научно-истраживачким институцијама у

Србији, као и конфигурацију мрежне опреме водећих произвођача и имплементацију надгледања мреже.

Током докторских студија је учествовао у GEANT3+ и тренутно ради на GEANT4 пројекту на развоју и имплементацији решења за надгледање и верификацију перформанси за потребе мултидоменских сервиса.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат је докторске студије уписао школске 2012. године на Универзитету у Београду - Електротехнички факултет, на модулу Рачунарска техника и информатика . Положио је све испите са највишом оценом и урадио све обавезе предвиђене планом и програмом докторских студија.

Списак положених испита:

1. Моделовање и мерење рачунарских перформанси– оцена 10 (9 ЕСП бодова)
2. Сензорске мреже– оцена 10 (9 ЕСП бодова)
3. Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала– оцена 10 (9 ЕСП бодова)
4. Индексирање и претраживање мултимедијалних садржаја– оцена 10 (9 ЕСП бодова)
5. ТЦП/ИП архитектура– оцена 10 (9 ЕСП бодова)
6. Локалне рачунарске мреже– оцена 10 (9 ЕСП бодова)
7. Одабрана поглавља из архитектуре рачунарских система– оцена 10 (9 ЕСП бодова)
8. Сигурност и заштита рачунарских система– оцена 10 (9 ЕСП бодова)
9. Системи за надзор и управљање телекомуникационим мрежама– оцена 10 (6 ЕСП бодова).
10. Енглески језик– оцена 10 (6 ЕСП бодова)

У оквиру студијско истраживачког рада кандидат је написао неколико публикованих радова.

1.2.1. Објављени радови

Категорија M23:

1. **Nemanja M. Ninković**, Slavko Gajin, Irini Reljin, "Packet dispersion strategy evaluation from the perspective of packet loss pattern and VoIP quality", Computer Science and Information Systems, to be published, ISSN: 1820-0214, doi: 10.2298/CSIS150120043N – IF 0.477 (2014)
2. **Nemanja M. Ninković**, Božidar J. Mali, Mirjana D. Stojanović, Gordana I. Savić, "Multi-Objective Third-party Approach for Service Class Mapping among Multiple Providers in the Internet", ", Elektronika ir Elektrotehnika, Vol. 21, No. 2, May 2015., ISSN: 1392-1215, doi: 10.5755/j01.eee.21.2.11514 - IF 0.561 (2014)
3. **Nemanja M. Ninković**, Živko C. Bojović, Slavko Gajin, "A Novel Scheme for Dynamic Triggering Of Packet Dispersion", Elektronika ir Elektrotehnika, Vol. 20, No. 5, May 2014., ISSN: 1392-1215, doi: 10.5755/j01.eee.20.5.5429 - IF 0.561 (2014)

M33-Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Božidar J. Mali, **Nemanja M. Ninković**, Mirjana D. Stojanović, Gordana I. Savić, "Service class mapping based on integer programming algorithm in the third party agent", TELFOR 2014, November 2014., ISBN: 978-1-4799-6190-0, DOI: 10.1109/TELFOR.2014.7034382 (odabran u najboljih 10% i upućen poziv za slanje u Telfor Journal)
2. **Nemanja M. Ninković**, Živko C. Bojović, Slavko Gajin, "Dynamic packet dispersion based on multi-threshold buffer occupancy", TELFOR 2013, November 2013., ISBN: 978-1-4799-1419-7, DOI: 0.1109/TELFOR.2013.6716189

1. Božidar J. Mali, **Nemanja M. Ninković**, Mirjana D. Stojanović, Gordana I. Savić, "Service class mapping based on integer programming algorithm in the third party agent", Telfor Journal, Vol. 7, No. 1, pp. 2-7., ISSN 1821-3251, DOI: 10.5937/telfor1501002M

1.2.2. Извештај са јавне усмене одбране предложене теме докторске дисертације

Јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације одржана је 25.12.2015. године на Електротехничком факултету у Београду, пред комисијом у саставу:

- др Зоран Јовановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Мирјана Стојановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет
- др Ирини Релјин, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

Усмена одбрана је почела у 14:00 часова, а завршена је у 15:00 часова.

На усменој одбрани су били присутни сви чланови Комисије. Кандидат је у трајању од 30 минута изложио у најсажетијем облику област и предмет истраживања, актуелност истраживања, постојећа решења са критичким освртом, као и своје полазне хипотезе, планирану методологију рада, очекиване, као и већ остварене резултате, укључујући и остварени научни допринос.

Кандидат је успешно одговорио на сва постављена питања.

По завршеној одбрани, Комисија се повукла на већање и једногласно донела следећи закључак:

Комисија је закључила да је кандидат Немања Нинковић на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добио оцену „задовољно“.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија је размотрила све претходно наведене резултате досадашњег рада и стечена искуства кандидата. На основу тога Комисија је стекла увид у способности кандидата за научно-истраживачки рад и његове могућности да током израде докторске дисертације оствари резултате који ће бити приказани и оцењени од стране међународне научне заједнице. Став Комисије је да мастер инж. рачунарске технике и информатике Немања Нинковић испуњава потребне услове да приступи изради докторске дисертације под наведеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Актуелни приступ обезбеђивања детерминистичких мрежних перформанси јесте примена *Quality of service* (QoS) политике која се састоји од одговарајућих механизма којима се реализују потребне перформансе у зависности од статистичких особина саобраћаја и присутних сервиса у мрежи. Међутим, примена QoS садржи инхерентне недостатке који постају све израженија сметња даљем развоју мрежа и сервиса [1]. QoS недостаци се огледају у постизању мрежне неутралности, расположивости и одсуству интероперабилности QoS архитектура које се користе у мрежама.

Приликом дефинисања QoS политике треба посматрати две перспективе – интрадоменске и интердоменске. Наиме, интрадоменски QoS подразумева дефинисање и планирање QoS механизма који су потребни како би се реализовали сервиси у унутар једне рачунарске мреже и обезбедиле перформансе описане параметрима као што су кашњење, варијација

кашњења и губици пакета. Вредности мера перформанси морају бити испод одређеног прага чиме се обезбеђују адекватне перформансе и исправно функционисање сервиса. Насупрот остваривања QoS захтева унутар једног домена (интрадоменски QoS), QoS проблематика у мултидоменским сценаријима (интердоменски QoS) представља актуелан изазов. Проблематика се огледа у постојању више административних домена (мрежа), где сваки домен има дефинише своју QoS политику и диференцијацију класа сервиса. Доминантан модел уговарања *end-to-end* (E2E) сервиса у мултидоменском окружењу је билатерални модел [2], док кооперативним и *third-party* (3P) моделима недостаје формална стандардизација и шира имплементација [3,4].

Пакетска дисперзија представља једну од QoS техника која се ослања на постојећу редундантну мрежну инфраструктуру и може да резултује побољшањем перцепираног квалитета за поједине сервисе који су осетљиви на губитке пакета и кашњење. Репрезентативан сервис за показивање утицаја пакетске дисперзије на QoS када су изражени рафални губици јесте управо *Voice over IP* (VoIP) [5]. Претходни рад на ову тему [6] посматра утицај стратегија пакетске дисперзије на структуру рафалних губитака пакета, али не садржи практичну верификацију резултата. Имајући у виду претходна истраживања и потенцијално добре резултате које остварује примена пакетске дисперзије, циљ истраживања јесте да се осим постојећих стратегија дисперзије, аналитички анализирају и додатне стратегије, као и да се применом тачнијег модела рафалних губитака (Марковљев модел са 4 стања) практично верификују резултати. Као резултат претходне верификације реализује се компаративна анализа квалитета који се остварује применом индивидуалних стратегија дисперзије.

За остваривање *end-to-end* (E2E) QoS, додатно се морају усагласити технике које се користе за остваривање мрежних перформанси кроз више домена. Стога се додатни циљ истраживања огледа у предлагању алгоритама за мапирање класа сервиса када се анализира 3P модел уговарања сервиса. Наиме, постојећи алгоритам мапирања сервиса у мултидоменском окружењу [7] не може адекватно да одговори на строге сервисне захтеве, па се самим тим јавља разумна потреба за дефиницијом алгоритма мапирања класа сервиса који ће бити флексибилан и који се лако може прилагодити различитим потребама у погледу E2E перформанси чак и када се разматра мултидимензионални QoS (више мера перформанси). Стога је потребно да се предложи флексибилни алгоритми применљиви у 3P моделу уговарања сервиса који ће користити аналитичке моделе способне да одговоре на E2E захтеве, а да истовремено може да се као примарни циљеви специфицирају одговарајући критеријуми, као на пример минимизација цене или неке друге мере перформанси (кашњење, губици пакета, итд.).

Значај истраживања се огледа у предлогу и анализи свеобухватног QoS решења којим се остварује гаранција E2E мрежних перформанси како унутар једног домена, тако и у мултидоменским сценаријима. Остваривање перформанси унутар домена се базира на примени пакетске дисперзије, док се реализација интердоменског QoS примењује у оквиру процеса уговарања сервиса посредством 3P модела. На овај начин примена различитих стратегија пакетске дисперзије и флексибилних алгоритама мапирања класа сервиса може додатно да допринесе ефикаснијем планирању економских циљева и техничких процеса појединачних сервис провајдера.

Релевантни библиографски извори:

- [1] Jajszczyk, A.: *Quality of service challenges in IP networks*, Third International Conference on in Communications and Networking in China, ChinaCom 2008., Hangzhou, China 25-27 Aug. 2008., ISBN: 978-1-4244-2374-3, doi: 10.1109/CHINACOM.2008.4684949
- [2] Levis, P., Boucadair, M.: *Considerations of Provider-to-Provider Agreements for Internet-Scale Quality of Service (QoS)*. IETF RFC 5160, 2008.

- [3] Jacobs, P, Davie, B.: Technical challenges in the delivery of interprovider QoS, *IEEE Communications Magazine*, vol. 43, No. 6, pp. 112–118, 2005., ISSN: 0163-6804, doi: 10.1109/MCOM.2005.1452839
- [4] Kamienski, C. A., Sadok, D.: The case for interdomain dynamic QoS based service negotiation in the Internet, *Computer Communications*, vol. 27, pp. 622–637, 2004., ISSN: 0140-3664, doi: 10.1016/j.comcom.2003.12.001
- [5] Birke, R., Mellia, M., Petracca, M., Ross, D.: Experiences of VoIP traffic monitoring in a commercial ISP, *International Journal of Network Management*, Vol. 20, No.5, pp. 339-359, 2010., ISSN: 1099-1190, doi: 10.1002/nem.758
- [6] Levy, H., Zlatokrilov, H.: The effect of packet dispersion on Voice applications in IP Networks, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 14, No. 2, pp. 277-288, 2006., ISSN: 1063-6692, doi: 10.1109/TNET.2006.872543
- [7] Stojanovic, M., Bostjancic Rakas, S.: Policies for allocating performance impairment budgets among multiple IP providers, *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, vol. 67, No. 3, pp. 206–216, 2013., ISSN: 1434-8411, doi: 10.1016/j.aeue.2012.08.001
- [8] Markopoulou, Tobagi, F., Karam, M.: Loss and Delay Measurements of Internet Backbones, *Computer Communications*, Vol. 29, pp. 1590-1604, 2006., ISSN: 0140-3664, doi: 10.1016/j.comcom.2005.07.011
- [9] Couto da Silva, P., Varela, M., de Souza e Silva, E., Leão, R., Rubino, G.: Quality assessment of interactive voice applications, *Computer Networks*, Vol. 52, No. 6, pp.1179-1192, 2008., ISSN: 1389-1286, doi: 10.1016/j.comnet.2008.01.002

3. Полазне хипотезе

Анализирањем и надгледањем неколико већих сервис провајдерских мрежа утврђено је да се губици пакета доминантно појављују у рафалном облику [8], а анализом великог броја VoIP позива и саобраћаја закључено је да се рафални губици који су придружени овом сервису могу моделовати користећи Марковљев модел са 2 стања, док се моделовањем губитака Марковљевим моделом са 4 стања остварује већа тачност. Полазећи од анализе пакетске дисперзије у [6] и резултата добијених за губитке моделоване Марковљевим моделом са 2 стања, поставља се хипотеза да ће се применом различитих стратегија пакетске дисперзије (редоследа слања узастопних пакета на расположиве путање) добити на пријемној страни поворка voice пакета која има веће просечно растојање између узастопних губитака у поређењу са конвенционалним рутирањем када се не би примењивала пакетска дисперзија. Да би се успешно квантификовала ова карактеристика, потребно је да се користи мера која узима у обзир близину суседних губитака – *Noticeable Loss Rate* (NLR). Коришћењем различитих стратегија пакетске дисперзије очекује се промена структуре губитака пакета, па је и за описивање исте потребно посматрати, осим NLR, и друге адекватне параметре који могу додатно обезбедити увид у ефикасност појединих стратегија на изражене губитке пакета на једној или више путања. VoIP ће се користити као репрезентативан сервис за утврђивање ефикасности дисперзије при чему се претпоставља да ће се применом неког од објективних модела оцене квалитета утврдити утицај појединачних стратегија дисперзије. У контексту 3Р алгоритама мапирања класа сервиса сагледавају се реални сценарији у оквиру којих Е2Е захтеве специфицира домен инцијатор и очекује да исти буду испуњени. Флексибилан приступ мапирању класа представља предуслов како би алгоритми могли да допринесу скалабилној и мултифункционалној имплементацији. Наиме, коришћењем одговарајућих математичких модела хипотеза је да је могуће реализовати мапирање које ће осим Е2Е перформансе имати и могућност спецификације приоритета једног или више циљева као што је на пример повећање профита кроз смањење интерконекионих трошкова.

4. Научне методе истраживања

Истраживање ће најпре обухватити идентификацију статистичких особина VoIP саобраћаја као и детаљно истраживање утицаја QoS параметара на квалитет. Имајући у виду чињеницу да у присуству губитака пакета погоршања вредности кашњења и дитера немају значајног утицаја на перцепирани VoIP квалитет [9], истраживање треба да покаже да пакетска дисперзија представља адекватан приступ побољшању квалитета у случају постојања мрежне редундансе и изражених рафалних губитака пакета. Претходна претпоставка треба да се потврди практичним експериментима са реалном мрежном опремом и VoIP терминалима. Добијени резултати треба да покажу ефикасност пакетске дисперзије кроз различитих стратегија дисперзије пакета.

Планирање имплементације пакетске дисперзије обавезно мора да укључи и аналитички модел како би се могле одредити кључне карактеристике структуре губитака пакета након примене одговарајуће стратегије дисперзије. Самим тим, истраживање мора да укључи развој математичких модела на основу којих се могу одредити параметри рафалних губитака као што су NLR, *BurstR*, рафални период и густина губитака. Истраживање у овом контексту ће бити примењено на Марковљев модел са 4 стања како би се постигла висока тачност моделовања рафалних губитака пакета. Осим тога, потребно је и верификовати тачност предложеног аналитичког модела тако што ће се урадити компарација резултата добијених практичним тестирањем. Биће обављено детаљно истраживање анализе утицаја постојећих round robin и random стратегија на структуру рафалних губитака кроз посматрање релевантних параметара губитака. Истраживање ће обухватити и предлог алтернативних стратегија дисперзије које ће бити способне да постигну боље резултате у циљу елиминације негативних утицаја блиских губитака пакета. Биће предложене редундантна и адаптивна стратегија дисперзије које ће бити такође анализиране као и њихови претходници. Као резултат овог истраживања ће се дефинисати компаративна анализа која ће идентификовати ефикасност редундантне и адаптивне стратегије у односу на round robin и random стратегије. Са становишта имплементације интердоменског QoS истраживање се огледа коз детаљну анализу постојећег 3P алгоритма мапирања *Policy-based Conformance Matching Scheme* (P-CMS) који врши селекцију класа тако што одабране класе у доменима резултују E2E перформансама које су блиске захтеваним. Овакво мапирање може да доведе да поједини QoS параметри нису испуњени, па самим тим овакав принцип рада није применљив на реалне сценарије у којима E2E захтеви морају бити испуњени. Утврђивањем недостатака P-CMS алгоритма планирано истраживање треба да идентификује математичке моделе који би омогућили скалабилно и флексибилно мапирање класа сервиса у оквиру 3P модела. У оквиру овог истраживања посебан акценат ће бити стављен на *Integer Programming* и *Multi-Goal Programming* математичке моделе. Анализираће се начини имплементације ова два модела на проблем мапирања класа сервиса при чему ће се додатно дефинисати захтеви за повећање нивоа флексибилности мапирања класа. Анализа треба да покаже да ли је могуће повећати флексибилност мапирања тако да се у зависности од економских и пословних циљева појединачних домена може дефинисати функција циља као минимизација интерконекционих трошкова или одговарајућа приоритетизација испуњења одређеног скупа QoS параметара. Даљом анализом је потребно формулисати нове алгоритме мапирања класа сервиса и верификовати њихову флексибилност кроз тестирање на реалним интердоменским сценаријима.

5. Очекивани научни допринос

У овом истраживању очекују се следећи научни доприноси:

- Нови аналитички модел одређивања *NLR* параметра у зависности од примењене стратегије пакетске дисперзије чиме се може у зависности од статистичких карактеристика рафалних губитака одредити резултујућа структура губитака пакета са аспекта близине узастопних губитака пакета;
- Предлог и анализа нових стратегија дисперзије – редундантна и адаптивна;
- Предлог метода динамичке активације процеса пакетске дисперзије;
- Компаративна квалитативна анализа стратегија дисперзије;
- Верификација резултата остварена практичним тестирањем великог броја VoIP позива и широког опсега рафалних губитака пакета;
- Предлог новог алгоритма за мапирање класа сервиса у 3P моделу уговарања који се заснива на *Integer Programming* моделу;
- Предлог новог алгоритма за мапирање класа сервиса у 3P моделу уговарања који се заснива на *Multi-Goal Programming* моделу;

6. План истраживања и структура рада

У овом истраживању очекују се следећи научни доприноси:

- Нови аналитички модел одређивања *NLR* параметра у зависности од примењене стратегије пакетске дисперзије чиме се може у зависности од статистичких карактеристика рафалних губитака одредити резултујућа структура губитака пакета са аспекта близине узастопних губитака пакета;
- Предлог и анализа нових стратегија дисперзије – редундантна и адаптивна;
- Предлог метода динамичке активације процеса пакетске дисперзије;
- Компаративна квалитативна анализа стратегија дисперзије;
- Верификација резултата остварена практичним тестирањем великог броја VoIP позива и широког опсега рафалних губитака пакета;
- Предлог новог алгоритма за мапирање класа сервиса у 3P моделу уговарања који се заснива на *Integer Programming* моделу;
- Предлог новог алгоритма за мапирање класа сервиса у 3P моделу уговарања који се заснива на *Multi-Goal Programming* моделу;

7. Закључак и предлог

Након увида у наведене резултате досадашњег рада кандидата мастер инж. рачунарске технике и информатике Немање Нинковић, Комисија је донела одлуку да је он способан за научно-истраживачки рад и за реализацију предвиђених истраживања. Одлука је донета имајући у виду његове досадашње стручне резултате остварене током основних и докторских студија. Такође, Комисија је мишљења да је предложена тема докторске дисертације „Криптографска синхронизација у системима селективног шифровања видео кодовања високе ефикасности“ адекватна у смислу наведених непосредних циљева рада, очекиваних резултата и научних доприноса, као и у контексту савремених научних истраживања у предложеној области. Комисија констатује да тема рада припада области Софтверско инжењерство за коју је Електротехнички факултет у Београду матичан и за ментора рада се предлаже др Славко Гајин, доцент, који је запослен на Електротехничком факултету у Београду. Из тог разлога уз овај Извештај је приложен и списак радова др Славка Гајина који га квалификују за ментора.

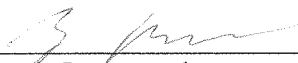
Имајући у виду чињенице наведене у овом извештају, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да прихвати тему докторске дисертације „Нова решења за побољшање квалитета сервиса у интрадоменском и интердоменском мрежном окружењу“ и да кандидату мастер инж. рачунарске технике и информатике Немањи Нинковић омогући да приступи њеној изради.

У Београду, 28.12.2015. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Славко Гајин, доцент,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зоран Јовановић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Мирјана Стојановић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет



др Ирини Релјин, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет