

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Немање Нинковића.

Одлуком Наставно-научног већа бр. 5051/12-3 од 29.3.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Немање Нинковића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, под насловом

### НОВА РЕШЕЊА ЗА ПОБОЉШАЊЕ КВАЛИТЕТА СЕРВИСА У ИНТРАДОМЕНСКОМ И ИНТЕРДОМЕНСКОМ МРЕЖНОМ ОКРУЖЕЊУ

После прегледа достављене дисертације, као и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Немања Нинковић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, уписао је докторске студије школске 2012/2013 године.

Кандидат је 19.11.2015. године пријавио тему докторске дисертације под насловом „Нова решења за побољшање квалитета сервиса у интрадоменском и интердоменском мрежном окружењу“. Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно–научном већу на усвајање 25.11.2015. године. Одлуком Наставно-научног већа бр. 5051/12-1 од 7.12.2015. године, именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме у саставу:

1. др Зоран Јовановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Мирјана Стојановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет
3. др Ирини Рељин, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

За ментора је именован др Славко Гајин, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет.

Усмена одбрана теме одржана је на Електротехничком факултету, 25.12.2015. године. На усменој одбрани су били присутни сви чланови Комисије. Одбрана је почела тако што је кандидат изложио предмет, циљ и методологију свог истраживања, као и мотивацију за њега. Потом су чланови комисије кандидату поставили неколико питања из области истраживања. На сва ова питања, кандидат је одговорио, што је Комисија потврдила оценом "задовољно". На основу одбране, као и поднетог Образложења теме, Извештај о подобности теме и кандидата Немање Нинковића за израду докторске дисертације под називом „Нова решења за побољшање квалитета сервиса у интрадоменском и интердоменском мрежном окружењу“ је поднела комисија у саставу:

1. др Зоран Јовановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Мирјана Стојановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет
3. др Ирини Рељин, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

Наставно-научно веће Електротехничког факултета у Београду је прихватило горе наведени Извештај на својој седници од 19.01.2016. године.

Веће техничких наука Универзитета у Београду је 8.02.2016. године донело одлуку бр. 61206-534/2-16 о прихватању теме.

Кандидат је предао докторску дисертацију на преглед и оцену 10.3.2016. године. Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације 15.3.2016. године.

Коначно, Наставно-научно веће Електротехничког факултета је одлуком бр. 5051/12-3 од 29.3.2016. године именовало Комисију за преглед и оцену докторске дисертације Немање Нинковића, у саставу:

1. др Славко Гајин, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
2. др Зоран Јовановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
3. др Мирјана Стојановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,

## 1.2. Научна област дисертације

Научна област докторске дисертације под насловом „Нова решења за побољшање квалитета сервиса у интрадоменском и интердоменском мрежном окружењу“ кандидата Немање Нинковића је Електротехника и рачунарство, а ужа научна област Рачунарска техника и информатика. За наведену област матичан је Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Дисертација је урађена под менторством др Славка Гајина, доцента Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Ментор има научне радове из уже научне области која је предмет дисертације кандидата. Поред тога, ментор предаје више предмета на Катедри за рачунарску технику и информатику на Електротехничком факултету, који су у вези са предметом дисертације. Релевантни радови ментора су наведени приликом пријаве теме докторске дисертације кандидата.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Немања М. 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+ пројекту, а тренутно ради на GEANT4 пројекту из циклуса X2020, и то на развоју и имплементацији решења за надгледање и верификацију перформанси за потребе мултидоменских сервиса.

Своје стручно усавршавање материјализовао је кроз индустријске сертификате мрежне опреме, а тренутно је ангажован у РЦУБ Cisco академији као инструктор:

*Cisco Certified Network Associate (CCNA)*

*Cisco Certified Network Associate (CCNA) Security*

*Cisco Certified Network Professional (CCNP) R&S*

*Cisco Certified Design Associate (CCDA)*

*Junos Associate (JNCIA-Junos)*

*Juniper Enterprise Routing and Switching, Specialist (JNCIS-ENT)*

*Juniper Service Provider Routing and Switching, Specialist (JNCIS-SP)*

*Service Provider Routing and Switching, Profesional (JNCIP-SP)*

*CCNP Security 642-618 FIREWALL exam - Deploying Cisco ASA Firewall Features*

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је написана у шест поглавља, на 155 страна текста. Садржи 39 слика, 16 табела, као и списак од 142 коришћене референце.

Дисертација је структурирана у 6 поглавља чији су називи дати у наставку:

1. Увод
2. Дефиниција квалитета сервиса и мера перформанси
3. Утицај стратегија пакетске дисперзије на QoS унутар домена
4. Реализација интердоменског QoS
5. Анализа предложених интрадоменских и интердоменских QoS механизма
6. Закључак

### 2.2. Кратак приказ појединих поглавља

Уводно поглавље докторске дисертације даје објашњење проблема QoS у модерним мрежама. Појам квалитета сервиса је везан за остваривање одговарајућих гаранција мрежних перформанси који се описују QoS параметрима, пре свега кашњење, цитер и проценат изгубљених пакета. Уводно поглавље идентификује актуелне проблеме у реализацији гаранција перформанси и овај проблем сагледава се са интрадоменског и интердоменског нивоа. Додатно, ово поглавље садржи и преглед научних доприноса предложене докторске дисертације као и резултата који су добијени током израде исте.

У другом поглављу дисертације дата је основна дефиниција квалитета сервиса као и параметара којима се она квантитативно описује. QoS механизми који се тренутно користе и који су детаљно описани у овом поглављу нису адекватни у случају евентуалних проблема у мрежама и практично њиховом применом се у тим случајевима не реализује гаранција перформанси. Под дефиницијом QoS параметара подразумева се посматрање кашњења, цитера и процента изгубљених пакета као релевантне показатеље перформанси који се могу очекивати у једној мрежи. Полазећи од ове дефиниције, даље се уводи појам класификације саобраћаја који се сврставају у одговарајуће класе којима се у складу са DiffServ архитектуром придружује приоритет. Овај процес класификације као и механизми којима се имплементира QoS политика детаљно су сагледани у овом поглављу, а везани су за механизме класификације саобраћаја, опслуживање редова и избегавање загушења. Осим тога, идентификују се предности и мане имплементације QoS политике у једној мрежи коришћењем претходно наведених метода.

У трећем поглављу се детаљно разматра примена пакетске дисперзије као метода за побољшање квалитета сервиса. Наиме, пакетска дисперзија се у овој дисертацији анализира као модификација политике рутирања у случајевима лоших перформанси при чему се не захтева висока комплексност имплементације. Различите стратегије пакетске дисперзије одређују распоред слања узастопних пакета преко редувантних путања до одредишта. Додатно, у овом поглављу се апострофирају губици пакета као најутрајнији QoS параметар на укупне перформансе једне мреже. У том контексту, се аналитички анализира структура и моделовање рафалних губитака пакета моделованих Марковљевим моделима. Допринос ове дисертације у овом поглављу се огледа у предлогу аналитичког модела којим се одређује резултантна структура рафалних губитака када на редувантним путањама, преко којих се реализује пакетска дисперзија, постоје рафални губици. Како би се показао утицај на сервис

који има строге захтеве у погледу перформанси, посматра се *Voice over IP (VoIP)*. На овај начин, предложени аналитички модел је стављен у контекст VoIP сервиса након примене пакетске дисперзије када се за њега посматра структура рафалних губитака кроз анализу растојање између губитака пакета - *Noticeable Loss Rate (NLR)*.

Четврто поглавље се бави проблемом реализације интердоменског QoS који има већу имплементациону комплексност као последицу сценарија у коме постоји више домена који се морају договорити око кључних техничких и економских параметара како би се реализовала гаранција перформанси од домена иницијатора преко транспортних домена, па до домена у којем се сервис терминира. Као један од кључних проблема у процесу реализације интердоменског QoS је идентификован начин уговарања сервиса између домена. Као резултат тога, у овој дисертацији је урађен критички осврт на постојеће моделе уговарања сервиса, пре свега билатерални, док се врши посебан осврт на *Third party (3P)* модел уговарања. Наиме, код 3P модела, увођењем 3P агента као независног ентитета је могуће превазићи ограничења билатералног модела уговарања сервиса који су били везани за сарадњу између домена која је проблематична када се ради о конкурентним провајдерима. Такође, применом 3P модела се постиже већа вероватноћа успешног уговарања *end-to-end (E2E)* QoS, јер 3P агент управља процесом уговарања сервиса тако што уговара неопходне параметре са сваким доменом директно, при чему се тако избегава проблем уговарања када се оно реализује директно између домена. Са аспекта E2E QoS, битан фактор представља мапирање класа сервиса између домена које је код 3P модела под контролом 3P агента. Оваквим приступом се омогућава имплементација напредних алгоритама мапирања класа сервиса и у овој дисертацији се предлажу два таква алгорита – *3P Integer Programming (3PIP)* и *Goal Programming Matching Scheme (GPMS)*. Математички модели на којима се заснивају ови предложени алгоритми омогућавају да се мапирање изврши тачно и флексибилно у односу на сервисне захтеве. Флексибилност се огледа у способности алгорита мапирања да осим техничких прихвати и остале улазне параметре, између осталог, трошкове интерконеције између домена, чиме се омогућава имплементација одређене економске политике кроз процес мапирања.

У петом поглављу су описани резултати добијени применом предложених метода за остваривање интрадоменских и интердоменских QoS. Имајући у виду да се QoS у овој дисертацији разматра на два нивоа, резултати су приказани у контексту стратегија пакетске дисперзије и предложених алгорита мапирања у 3P моделу уговарања сервиса. У складу са претходним, у наставку су набројани најзначајнији доприноси у погледу резултата за пакетску дисперзију и мапирање класа сервиса у 3P моделу.

У циљу постизања комплетног увида у утицај пакетске дисперзије на структуру рафалних губитака, а самим тим и квалитет сервиса компаративна анализа стратегија пакетских дисперзија је реализована са два начина: посматрањем растојања између изгубљених пакета и посматрањем објективног квалитета VoIP сервиса. Резултати су добијени тестирањем на реалној мрежној опреми, док је моделовање рафалних губитака пакета реализовано посебним софтверским пакетом NETEM.

Са аспекта анализе алгоритама мапирања класа сервиса, у овом поглављу је спроведена компаративна анализа предложених алгоритама, 3PIP и GPMS, са постојећим *Policy-Conformance Matching Scheme (P-CMS)* алгоритмом. Анализа се састоји у разматрању тачности мапирања за различите спецификације сервисних захтева где се показује супериорност предложених алгоритама у погледу тачности и флексибилности.

Закључно поглавље садржи закључна разматрања као и правце за даљи рад који би се темељили на резултатима приказаним у овој докторској дисертацији.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Постизање квалитета сервиса и гаранција перформанси у IP мрежама представља присутан и актуелан проблем који је предмет истраживања многих радних група и научне заједнице. Као предуслов за даљи развој и реализацију скалабилности сервиса, потребно је реализовати QoS механизме који ће бити у стању да обезбеде перформансе у складу са корисничким и сервисним захтевима. Како би се у потпуности сагледала QoS проблематика, у дисертацији се разматрају предлози и за интрадоменски и интердоменски квалитет сервиса.

У оквиру докторске дисертације предложени су механизми за реализацију QoS на интрадоменском и интердоменском нивоу. Иако су интрадоменски QoS механизми постали доста зрели у технолошком смислу и као такви имају широку имплементацију, и даље постоје одређени проблеми који се огледају у сложености имплементације и планирања. Стога је потребно предложити механизам који ће бити једноставан за имплементацију и који ће бити способан да одговори у погледу перформанси на различите сервисне захтеве. Сходно томе, модификацијом политике рутирања у оквиру домена је могуће за поједине сервисе постићи бољи квалитет сервиса кроз имплементацију пакетске дисперзије, чак и када је деградација перформанси присутна на више путања у мрежи. Са друге стране, интердоменски QoS и даље представља отворено питање у погледу техничких, регулаторних и економских аспеката. Постоји неколико модела уговарања сервиса између домена који, између осталог, подразумевају и уговарање техничких параметара, конкретно QoS параметара у циљу остваривања гаранција сервиса преко ланца домена. Како би се постигле захтеване перформансе описане QoS параметарима, потребно је применити алгоритме мапирања класа сервиса који су способни да на флексибилан начин реализују интердоменски QoS. Кандидат је у докторској дисертацији предложио три таква алгоритма која омогућавају да процес мапирања класа сервиса буде управљив, флексибилан и модуларан.

Имајући претходно наведено у виду, истраживања Немање Нинковића представљају вредан и интересантан допринос, применљив у рачунарским мрежама различитих типова и величина.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У раду је коришћено 142 референце из релевантних часописа из области рачунарских мрежа и телекомуникација. Имајући у виду да је тема дисертације уско везана за проблем реализације квалитета сервиса у рачунарским мрежама који је актуелан више од деценије уназад, коришћене референце представљају публикације ширег временског оквира како би се што објективније и тачније представио опис проблема и претходна истраживања у овој области. Референце укључене у дисертацију подразумевају и три рада која су објављена у часописима са SCI листе (са импакт фактором) и која садрже оригиналне техничке предлоге и резултате до којих је кандидат дошао у току научноистраживачког рада, а који је претходио овој докторској дисертацији у оквиру које је директно пружен научни допринос.

#### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Кандидат је извршио критичку анализу постојећих метода за реализацију интрадоменског и интердоменског QoS, а као резултат те анализе појавили су се предлози и резултати описани у овој дисертацији.

У контексту пакетске дисперзије, идентификовани су недостаци претходних истраживања и постојећих техника, па је кандидат у односу на претходне аналитичке моделе који су разматрали рафалне губитке моделоване Марковљевим моделом са 2 стања, реализовао анализу утицаја појединачних стратегија на Марковљев модел са 4 стања, који тачније моделује рафалне губитке у поређењу са реалним губицима у мрежама. С обзиром да се користио VoIP сервис као релевантни показатељ ефекта дисперзије на структуру губитака пакета, потребно је било користити алтернативни приступ одређивања квалитета сервиса, у овом случају, објективни метод оцене квалитета ITU-T E-model. Тачност предложеног аналитичког модела је потврђена тестирањем на реалној мрежној и VoIP опреми при чему су се користили широки опсези вредности QoS параметара.

Анализа алгоритама мапирања класа сервиса је реализована у складу са релевантним ITU-T препорукама из области интердоменског QoS. Математички модели реализовани су у MATLAB софтверском пакету и тестирани су за препоручене спецификације класа сервиса и сервисних захтева у складу ITU-T препорукама. Имајући у виду овакав начин анализе, може се са сигурношћу рећи да је примењена анализа адекватна како би се доказале предности предложених алгоритама мапирања.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Значај остваривања адекватног нивоа QoS унутар и изван једне мреже је увелико познат као последица сталног пораста захтева за повећањем и гаранцијом мрежних перформанси. Имајући у виду да су одговарајуће QoS политике већ примењене, доследност њихове примене и комплексност се често доводи у питање. Код предлога нових решења се морају сагледати услови који су потребни за имплементацију новог QoS решења, у овом случају, пакетске дисперзије. С обзиром на једноставну имплементацију пакетске дисперзије која се састоји у модификацији политике рутирања, као и тенденцији за повећаном редундансом у мрежама, нарочито према корисницима, техника пакетске дисперзије се може применити као додатни сервис у циљу повећања квалитета и робусности који се нуди корисницима. Како би се пакетска дисперзија уопште и применила, мора постојати аналитички модел чијом применом се може естимирати ниво квалитета који се може постићи.

Са друге стране, примена 3P модела није за сада прихваћен модел уговарања сервиса, али предложени алгоритми мапирања су применљиви у актуелним моделима уговарања сервиса између домена, као што је билатерални модел. Међутим, како би се ови алгоритми користили у билатералном и кооперативном моделу, потребна је примена одговарајућих сигнализационих протокола посредством којих би се обавило уговарање сервиса између домена. Додатно, висока флексибилност ових предложених алгоритама се може искористити у креирању економске политике појединачних домена када се приоритетизацијом цене и перформанси може постићи оптимална селекција класа сервиса у ланцу домена.

Имајући претходно у виду, може се сматрати да је постављени циљ истраживања испуњен с обзиром да су у овој дисертацији предложена решења и анализирани резултати како би се у потпуности покрила проблематика квалитета сервиса како унутар тако и ван мреже.

#### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Немања Нинковић је, у току припрема истраживања и израде своје докторске дисертације стекао искуство и знање из области рачунарских мрежа како са теоретског тако и са практичног аспекта. Његов научноистраживачки рад је посебно обухватао домен квалитета сервиса и утицаја перформанси мрежа на рад сервиса. Како би био у стању да

пружи научни допринос у свом раду, кандидат је направио критички осврт на садашње стање у домену квалитета сервиса у мрежама у чему му је доста помогло практично искуство у сервис провајдерском окружењу.

Примена пакетске дисперзије и њен утицај на перцепирани квалитет VoIP сервиса је захтевало од кандидата да стекне увид у потенцијалне узроке деградације перформанси овог сервиса и да идентификује на који начин је могуће да се исти поправи. Са друге стране, остваривање квалитета сервиса са аспекта интердоменског нивоа је захтевало да се кандидат упозна са проблемом реализације интердоменског квалитета сервиса, ако и да се упозна са оптимизационим математичким моделима који би могли да се примењују у проблематици мапирања класа сервиса између домена.

Током горе наведеног научноистраживачког рада, кандидат је показао изузетну аналитичку способност и самосталност да анализира тренутно стање у наведеној области, да формулише и идентификује проблем и да за исти да предлог решења. Осим тога, кандидат је у својим научним доприносима дао критичке осврте на постојећа решења која се користе унутар и изван мрежа у циљу QoS реализације на основу којих је и формулисао предлоге и дао компаративну анализу којом је показао предности предложених решења.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Током свог научноистраживачког рада, кандидат је најпре пошао од критичке и компаративне анализе QoS техника који се актуелно примењују у мрежама у циљу гаранција перформанси. На основу те анализе, кандидат је идентификовао кључне проблеме у реализацији квалитета сервиса при чему је разматрао проблем на два нивоа, унутар мреже (интрадоменски) и изван једне мреже (интердоменски).

Као метода која се може једноставно имплементирати без озбиљних имплементационих проблема и модификација је предложена пакетска дисперзија, док у реализацији интердоменског QoS, кандидат је уочио значајан потенцијал за побољшање алгоритама за мапирање класа сервиса између домена. На основу тога, детаљни опис доприноса дисертације се даје у наставку:

- Кандидат је развио аналитички модел којим се може одредити структура рафалних губитака пакета за различите стратегије дисперзије – *round robin*, *random*, адаптивна и редундантна. Код предложеног аналитичког модела је специфично то што узима у обзир рафалне губитке пакета који су моделовани Марковљевим моделом са 4 стања, који је прецизнији у односу постојећи приступ у литератури коришћењем Марковљевог моделе са 2 стања. Под структуром губитака пакета, аналитички модел подразумева посматрање растојања између изгубљених пакета, односно NLR параметар.
- С обзиром да се као релевантан и репрезентативан посматра VoIP сервис, како би се показала величина утицаја пакетске дисперзије, кандидат је одредио и релације које се користе код објективног квалитативног модела, конкретно ITU-T E-model. Да би било могуће одредити објективну оцену квалитета код примене појединачне стратегије пакетске дисперзије, било је потребно одредити релације које узимају у обзир рафалне губитке пакета које су присутне након примене дисперзије.



- Сprovedено је практично тестирање на реалној мрежној и VoIP опреми у циљу верификације тачности предложеног аналитичког модела показало је високу тачност овог модела у поређењу са резултатима добијених практичним тестирањем.
- Сprovedена је компаративна анализа стратегија дисперзије у погледу растојања губитака пакета која идентификује утицај на промену структуре губитака пакета у одговарајућим сценаријима рафалних губитака изражених на путањама.
- Сprovedена је компаративна квалитативна анализа у складу са ITU-T E-model-ом за појединачну стратегију пакетске дисперзије. На основу ове компаративне анализе могуће је сагледати квалитативни аспект и утицај појединачне стратегије на VoIP сервис. У оквиру ове квалитативне анализе, коришћене су аналитичке релације посебно одређене у овој дисертацији како би било могуће одредити квалитативну оцену коју је могуће остварити применом појединачне стратегије дисперзије.
- Кандидат је реализовао идентификацију и детаљну анализа модела уговарања сервиса између домена у циљу успоставе E2E QoS. У овом контексту, посебан осврт је направљен на примену 3P модела у приступу уговарању сервиса. Осим тога, наглашава се значај мапирања класа сервиса између домена као неопходног корака који претходи реализацији интердоменског QoS.
- Предложена су два нова алгорита мапирања класа сервиса:
  - *3P Integer Programming* (3PIP) алгоритам на бази *Integer Programming* математичког модела, који осим QoS параметара у процесу селекције класа сервиса узима у обзир и цену интерконеције.
  - *Goal Programming Matching Scheme* (GPMS) алгоритам мапирања класа сервиса који на флексибилан начин омогућава високу тачност и контролу мапирања класа сервиса у зависности од сервисних захтева и приоритетизације техничких параметара и цене интерконеције.
- Сprovedена је компаративна анализа предложених алгоритама мапирања класа сервиса у овој дисертацији са *Policy-Conformance Matching Scheme* (P-CMS) алгоритмом разматрајући QoS параметре и цену интерконеције као критеријум тачности и контроле процеса мапирања класа сервиса између домена.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Научни доприноси који проистичу из дисертације представљају значајан допринос у области реализацији квалитета које представља једно од најважнијих питања даљег развоја модерних рачунарских мрежа и сервиса, како унутар једне мреже тако и између више мрежа. Остварени резултати научноистраживачког рада кандидата указују на валидност техничких предлога побољшања перформанси унутар домена и у интердоменским сценаријима, нарочито код сервиса са строгим захтевима у погледу перформанси.

Предлози модела, резултати практичних тестирања и прорачуни су верификовани кроз објављивање резултата ове дисертације у часописима од међународног значаја.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Током свеобухватног и детаљног истраживања који је претходио изради дисертације, кандидат је објавио више радова. Научни допринос дисертације је верификован објављивањем у три часописа са импакт фактором. Имајући у виду да је дисертација структурирана тако што се посматра проблем остваривања квалитета сервиса на различитом доменском нивоу, треба нагласити да се два објављена рада баве наведеним проблемом на интрадоменском, док се један рад бави проблемом на интердоменском нивоу.

#### Рад у часопису од међународног значаја категорије (M23):

- 23-1. **Nemanja M. Ninkovic**, Slavko Gajin, Irini Reljin, "Packet dispersion strategy evaluation from the perspective of packet loss pattern and VoIP quality", *Computer Science and Information Systems*, , Vol. 13, No. 1, pp. 71-92, 2016, ISSN: 1820-0214, DOI: 10.2298/CSIS150120043N – **IF 0.477** (2014)
- 23-2. **Nemanja M. Ninkovic**, Bozidar J. Mali, Mirjana D. Stojanovic, Gordana I. Savic, "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)
- 23-3. **Nemanja M. Ninkovic**, Zivko C. Bojovic, 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)

#### Рад на међународном скупу (M33):

- 33-1. Bozidar J. Mali, **Nemanja M. Ninkovic**, Mirjana D. Stojanovic, Gordana I. Savic, "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)
- 33-2. **Nemanja M. Ninkovic**, Zivko C. Bojovic, 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

#### Рад у часопису од националног значаја (M52):

- 52-1. Bozidar J. Mali, **Nemanja M. Ninkovic**, Mirjana D. Stojanovic, Gordana I. Savic, "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

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно наведеног, Комисија је закључила да докторска дисертација Немање Нинковића, под насловом: „Нова решења за побољшање квалитета сервиса у интрадоменском и интердоменском мрежном окружењу“ испуњава све формалне и суштинске услове предвиђене Законом о високом образовању, као и прописима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.

Предлози и резултати садржани у овој докторској дисертацији су верификовани објављивањем три рада у два часописа са импакт факторима. Резултати који се остварују применом пакетске дисперзије и алгоритама мапирања класа сервиса показују да се остварују значајна побољшања која су верификована вишеструким тестирањима. Додатно, наведеним предложеним решењима из ове дисертације, кандидат је испунио све постављене почетне циљеве свог научноистраживачког рада.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да се докторска дисертација под насловом „Нова решења за побољшање квалитета сервиса у интрадоменском и интердоменском мрежном окружењу“ кандидата Немање Нинковића, прихвати, а затим упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и давање одобрења кандидату да приступи усменој одбрани.

Београд, 05.04.2016.

### 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