

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ САОБРАЋАЈНОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Одлуком Наставно-научног већа Саобраћајног факултета у Београду, донетом 06.04.2011., одређени смо за чланове *Комисије за преглед и оцену докторске дисертације мр Александре Костић-Љубисављевић, дипл. инж., под насловом “Интерконекција телекомуникационих мрежа”*. Пошто смо прегледали одговарајући материјал, подносимо Већу следећи

### **ИЗВЕШТАЈ**

#### **1. УВОД**

##### **1.1 Наслов и обим дисертације**

Наслов дисертације је **“Интерконекција телекомуникационих мрежа”**. Обим дисертације је 203 стране са проредом 1.2.

##### **1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације**

Тема под насловом **“Интерконекција телекомуникационих мрежа”**, одобрена је на Наставно-научном већу Саобраћајног факултета у Београду 11.12.2009., а Веће области техничких наука Универзитета у Београду дало је на то сагласност 25.12.2009.

Кандидаткиња је урађену дисертацију поднела на преглед и оцену 31.03.2011., а Наставно-научно веће Саобраћајног факултета у Београду је 06.04.2011. именовало комисију за преглед и оцену.

##### **1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области**

Дисертација је из области Техничко-технолошке науке, уже научне области Експлоатација телекомуникационог саобраћаја и мрежа, која обухвата планирање, пројектовање, управљање и моделирање телекомуникационог саобраћаја и мрежа за коју је матичан Саобраћајни факултет Универзитета у Београду.

##### **1.4 Биографски подаци о кандидату**

Александра Костић-Љубисављевић је рођена 6.4.1974. године у Београду, где је завршила основну и средњу школу. Током школовања стекла је Вукове дипломе, као и бројне дипломе са општински и градских такмичења. На Саобраћајни факултет у Београду се уписала 1992/1993.године, где је и дипломирала 1998/1999 године на Одсеку за поштански и телекомуникациони саобраћај. Након дипломирања је ангажована на Катедри за поштански и телекомуникациони саобраћај, где је 25. 10. 1999. изабрана у звање асистента приправника за предмете Основи телекомуникационих система и Телекомуникациони системи. Школске 1999/2000. године уписала је последипломске студије на Саобраћајном факултету Универзитета Београду. Све испите је, са просечном оценом 9.86, положила до 2002/2003. године. Магистарску тезу под називом "Примена динамичког рутирања у условима несигурности прогнозе телекомуникационог саобраћаја" је одбранила у децембру 2005.године. У звање асистента, за ужу научну област Експлоатација

телекомуникационог саобраћаја и мрежа, је изабрана у марту 2006. године. Реизабрана је у децембру 2010.

Ангажована је у извођењу наставе на предметима основних (Телекомуникациони системи, Оптички комуникациони системи, Основи телекомуникационих система, Телематика, Основи ГИС-а, Мултимедијалне комуникације, Регулатива у телекомуникацијама, Инфо-комуникационе технологије и Основи телекомуникационе технике) и мастер студија (Комуникациони системи у саобраћају, Реинжењеринг процеса у телекомуникацијама, Управљање развојем пословне интелигенције услужних мрежа, Телекомуникациони системи у друмском саобраћају).

Александра Костић-Љубисављевић је аутор једног рада објављеног у међународном часопису на SCI листи, и аутор и коаутор више од 50 радова објављених у часописима, и саопштених на домаћим и међународним научним скуповима. Члан је ауторског тима више студија и пројеката. Стручни испит из области телекомуникационог саобраћаја положила је у јуну 2006. године. Говори енглески и немачки језик. Удата је и има двоје деце.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1 Структура и садржај дисертације**

Дисертација је подељена у шест поглавља, а има насловну страну, садржај, увод, централни део и закључак. По својој форми и садржају, поднети рад задовољава стандарде за докторску дисертацију.

### **2.2 Кратак приказ појединачних поглавља**

У првом, уводном поглављу, образложен је значај интерконекције телекомуникационих мрежа, истакнути су доприноси рада и дат кратак садржај преосталих поглавља.

У другом поглављу је дефинисана поставка проблема кроз приказ модела комбиновања начина тарифирања интерконекције и методе динамичког рутирања телекомуникационог саобраћаја. У истом поглављу су дефинисани циљ истраживања и основна хипотеза од које се полази у истраживању.

У трећем поглављу су дате основне дефиниције и приказане су могуће класификације интерконекције телекомуникационих мрежа. Такође је дат и систематизован преглед концепата тарифирања интерконекције телекомуникационих мрежа, где су истакнути концепти "cost-based" и "bill-and-keep". Посебно је обрађена и интерконекција мрежа наредне генерације.

Четврто поглавље се односи на преглед метода динамичког рутирања телекомуникационог саобраћаја. Овде су приказани глобални алгоритми примењених метода рутирања. Такође је приказан и алгоритам предложеног рутирања по најмање искоришћеном линку који је развијен са основним циљем кориговања неких недостатака анализираних метода рутирања.

Пето поглавље представља преглед и анализу резултата добијених симулацијом. Резултати су груписани у неколико основних категорија: анализа броја конекција, анализа искоришћености линкова, анализа избалансираности саобраћаја, анализа трошкова и анализа прихода и профита оператора.

У шестом поглављу су дата закључна разматрања и смернице за даљи научно-истраживачки рад.

На крају рада је дат списак коришћене литературе а у прилогу је дат приказ софтвера који је посебно развијен за анализу ефеката оптималне комбинације тарифирања интерконекције и начина рутирања.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1 Савременост, оригиналност и значај**

Рад кандидаткиње је произашао из њеног познавања савременог научно-истраживачког рада у области интерконекије телекомуникационих мрежа. Актуелност теме дисертације потврђена је објављеним радовима. У дисертацији је предложен оригинални модел комбинације тарифирања интерконекије и методе динамичког рутирања и анализирани су релевантне перформансе телекомуникационе мреже. Разматрани су "cost-based" и "bill-and-keep" начин тарифирања интерконекије у комбинацији са рутирањем по најкраћој путањи, рутирањем по путањи са три хопа, рутирањем по случајној путањи и рутирањем по последњј успешној путањи. Након опсежне анализе утицаја свих комбинација интерконекије и рутирања на перформансе телекомуникационе мреже, предложен је нови алгоритам рутирања по најмање искоришћеном линку. Циљ креирања нове методе рутирања је постизање изbalансираности саобраћаја у мрежи у којој је интерконекиовано више оператора

Значај дисертације је вишеструк. Развијен је нови модел комбинације тарифирања интерконекије и методе динамичког рутирања саобраћаја. Дат је преглед резултата симулација који је разматран са аспекта свих посматраних оператора који имају различит удео у структури мреже. Развијен је и метод рутирања по најмање искоришћеном линку који на основу вредности одређене критеријумске функције врши промене табеле рутирања у одређеним временским интервалима, и резултати добијених применом овог рутирања су поређени са претходно добијеним резултатима.

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

У својој дисертацији, кандидаткиња је детаљно претражила отворену литературу и коректно навела референце на радове који су у вези са темом дисертације. Поред радова у часописима и радова реферисаних на конференцијама, кандидаткиња је током израде дисертације, консултовала уџбеничку и монографску литературу из области интерконекије. Посебно се детаљно упустила у упознавање концепта тарифирања интерконекије, као и метода рутирања телекомуникационог саобраћаја.

#### **3.3 Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање**

Методологија истраживања у оквиру докторске дисертације састоји се у следећем:

- Анализиране су и класификоване карактеристике постојећих концепата и креираних модела за тарифирање интерконекије телекомуникационих мрежа;
- Предложен је модел синергије интерконекије и рутирања који треба да омогући избор њихове оптималне комбинације са аспекта побољшања перформанси телекомуникационе мреже;
- Тестиране су све могуће комбинације са аспекта сва три посматрана оператора;
- Креиран је нови метод рутирања телекомуникационог саобраћаја који утиче на изbalансираност оптерећења у мрежи;
- Оригинално је развијен софтвер за тестирање и испитивање ефеката комбинације тарифирања интерконекије и рутирања на релевантне перформансе мреже. Софтвер је модуларно конципиран, тако да је могуће његово унапређење додатним функцијама.

#### **3.4 Оцена применљивости и верификације остварених резултата**

Предложени концепт синергије начина тарифирања интерконекије и метода динамичког рутирања саобраћаја може да омогући одређивање оптималних тарифа које кроз бољу искоришћеност ресурса мреже доносе веће приходе телеком операторима.

Имплементација се првенствено огледа у применљивост на релане ситуације које постоје на телекомуникационом тржишту а односе се на коегзистенцију два или више телекомуникационих оператора. Оператори најчешће немају подједнаке ресурсе, као ни удео у телекомуникационом тржишту. Стога је важно утврдити услове интерконекије (првенствено начин тарифирања) који би могли да буду прихватљиви за потписнике споразума о интерконекији. Такође је од велике важности и правилан избор методе рутирања због њеног директног утицаја на коришћење ресурса мреже и самим тим и на могуће остваривање прихода од употребе тих ресурса.

### **3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад**

Кандидаткиња је у свом раду показала изузетну самосталност, проициљивост, систематичност и педантност. Тиме је испољила потпуну зрелост као научни радник.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1 Приказ остварених научних доприноса**

Резултати истраживања који су приказани у овом раду се односе на обједињавање инжењерског и техно-економског приступа решавању проблема интерконекије телекомуникационих мрежа на једном тржишту. Инжењерски приступ је базиран на анализи телекомуникационих мрежа са аспекта топологије, рутирања, контроле протока, архитектуре саме мреже а и њених основних сегмената. Економски приступ се заснива на анализи начина формирања тарифе интерконекије и начина наплате који се дефинише између учесника. Како је рутирање телекомуникационог саобраћаја неодвојиви део функционисања телекомуникационе мреже, јасно је да правилан избор методе рутирања има пресудан значај за унапређење перформанси посматране мреже. Овде се под појмом перформансе мреже не мисли само на техничке, већ и економске перформансе. Побољшање перформанси рада једне телекомуникационе мреже има за директну последицу унапређење пословања телекомуникационог оператора у чијем је власништву мрежа. Основна хипотеза која је тестирана се односи на чињеницу да изабрана метода динамичког рутирања директно утиче на коришћење појединих ресурса мреже у процесу опслуживања захтева. Самим тим се и начин тарифирања употребе тих ресурса доводи у директну везу са методом динамичког рутирања а све у циљу задовољења захтеваног квалитета сервиса и повећања економске и мрежне ефикасности. Интеграција ова два приступа има још један циљ, а то је компромис често опречних захтева интерконекиованих оператора обезбеђујући истовремено помирење опречних циљева оператора и његових крајњих корисника. Јасно је да је основни циљ телекомуникационог оператора повећање профита кроз придобијање све већег броја корисника и пружањем све већег броја различитих сервиса, са могућношћу избегавања инвестиција у скупу мрежну опрему и инфраструктуру. Што се крајњих корисника тиче, њихов интерес је добијање што већег броја сервиса задовољавајућег квалитета и по прихватљивим ценама. Како је за адекватну примену начина тарифирања интерконекије од пресудног значаја оптимално оптерећење ресурса мреже уведено је ново рутирање које значајно поправља првенствено избалансираност оптерећења, као и друге релевантне перформансе.

### **4.2 Критичка анализа резултата истраживања**

У дисертацији је предложен, описан и анализиран нови концепт који обједињује инжењерски и економски аспект сагледавања интерконекије телекомуникационих оператора. Тестирана је и доказана полазна хипотеза о значају оптималне комбинације начина тарифирања интерконекије и методе рутирања и њеном утицају на перформансе мреже. Уведен је и нови метод рутирања који у синергији са оба анализирана начина тарифирања интерконекије побољшава неке перформансе мреже.

Анализиране су перформансе комплетне мреже, као и мрежа сваког од посматраних оператора и изведени су одговарајући закључци.

Методе рада кандидаткиње обухватају теоријски (аналитички) приступ и нумеричку симулацију. Кандидаткиња је наведене приступе вешто уклопила у логичну избалансiranу целину.

Резултати до којих је кандидаткиња дошла имају теоријску и потенцијално практичну вредност. Теоријска вредност се састоји у опису постојећих начина тарифирања интеркoneкције и метода динамичког рутирања. Практична вредност се може огледати кроз примену модела комбинације интеркoneкције и рутирања на различите топологије мрежа, број и карактеристике телекомуникационих оператора укључених у разматрање, начине тарифирања интеркoneкције и метода рутирања телекомуникационог саобраћаја. Предложени метод рутирања се може модификовати увођењем нове критеријумске функције на основу које се врши пресортиравање табеле рутирања.

#### **4.3 Очекивана примена резултата у пракси**

Резултати дисертације су применљиви у телекомуникационим мрежама у којима коегзистира више оператора који су међусобно интеркoneктовани. Теоријски резултати до којих је кандидаткиња дошла, успешно су верификовани коришћењем развијеног симулатора.

#### **4.4 Верификација научних доприноса**

У директној вези са докторском дисертацијом је један рад у међународном часопису са SCI листе, на којем је кандидаткиња првопотписани коаутор:

- Александра Костић-Љубисављевић, Снежана Младеновић, Владанка Аћимовић-Распоповић, Андреја Самчовић, "The Analysys of Network Performance with Different Routing and Interconnection Methods", *Electronics and Electrical Engineering*, Number 2, February 2011, pp. 43-46. SCI, IF 0.439, ISSN 1392-1215.

Осим тога, у директној вези са докторском дисертацијом је и 15 радова саопштених на домаћим и међународним конференцијама. Неки од њих су:

- А. Костић-Љубисављевић, В. Радојичић, В. Аћимовић-Распоповић, "An Implementation of Adaptable Bottom-up Model for Calculation Interconnection Costs", *Proceedings of paper XLII ICEST 2007*, , Volume 1, pp 177-180, 24-27 jun 2007, Охрид, Македонија, ISBN 9989-786-06-2
- А. Костић-Љубисављевић, В. Аћимовић-Распоповић, С. Младеновић, "Анализа заузетости линкова телекомуникационе мреже при различитим методама рутирања саобраћаја", *Зборник радова, XXXVII SYM-OP-IS '10*, Тара, 21-24. септембар 2010, стр. 699-672, ISBN: 978-86-335-0299-3
- А. Костић-Љубисављевић, С. Младеновић, В. Радоњић, В. Аћимовић-Распоповић, "Interconnected telecommunication networks: analysis of some performances", *Proceedings of paper MIPRO 2011*, Опатија, 23.- 27. Мај 2011, ISBN: 978-953-233-061-8
- А. Костић-Љубисављевић, В. Радоњић, С. Младеновић, , В. Аћимовић-Распоповић, " An Application of Game Theory for the Selection of Traffic Routing Method in Interconnected NGN", in *CCIS: ICDIPC2011*, Part II, vol. 189, V. Snasel, J. Platos, and E. El-Qawasmeh Eds, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011, pp.107-122.

Доприноси објављени у поменутих радовима представљају део основних резултата истраживања представљених у докторској дисертацији кандидаткиње. Ти доприноси су допуњени резултатима који до сада нису објављени.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У својој дисертацији, кандидаткиња мр Александра Костић-Љубисављевић, дипл. инж предложила је концепт обједињавања начина тарифирања интерконеције са методом динамичког рутирања телекомуникационог саобраћаја у циљу постизања оптималних перформанси мрежа интерконекованих телекомуникационих оператора. Након опсежне анализе резултата добијених применом посебно развијеног софтвера за симулацију, предложен је и нови алгоритам рутирања по најмање искоришћеном линку који даје боље резултате од претходно тестираних метода. Предложена решења су верификована теоријском анализом и кроз велики број симулација. Кандидаткиња је постављени проблем обрадила свестрано и савесно. Показала је потпуну зрелост за самосталан научни рад. Резултати до којих је кандидаткиња дошла верификовани су објављивањем у међународном часопису.

Комисија сматра да поднети рад кандидаткиње, под насловом *“Интерконеција телекомуникационих мрежа”* испуњава све формалне и суштинске услове да буде прихваћен као докторска дисертација.

Комисија предлаже да се поднети рад прихвати као докторска дисертација и кандидаткињи одобри усмена одбрана.

## 6. ПОТПИСНИЦИ ИЗВЕШТАЈА

Београд, 02.06.2011.

Др Миодраг Бакмаз, ред. проф.  
Универзитет у Београду-Саобраћајни факултет

Др Владанка Аћимовић-Распоповић, ред. проф.  
Универзитет у Београду-Саобраћајни факултет

Др Снежана Младеновић, доцент  
Универзитет у Београду-Саобраћајни факултет

Др Валентина Радојичић, ванред. проф.  
Универзитет у Београду-Саобраћајни факултет

Др Милан Јанковић, доцент  
Универзитет у Београду- Електротехнички факултет