

## NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Nastavno-naučno veće Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovalo nas je za članove Komisije za pregled i ocenu magistarskog rada kandidata **Mladena Koprivice** pod naslovom „**Eksperimentalna analiza performansi prenosa govora korišćenjem bežične lokalne računarske mreže**“. Nakon pregleda rada podnosimo Nastavno-naučnom veću sledeći

### IZVEŠTAJ

#### 1. Biografski podaci

Mladen Koprivica rođen je u Sarajevu 1975. godine. Redovne studije završio je na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer Telekomunikacije, 2001. godine, sa prosečnom ocenom 8,74. Iste godine upisao je magistarske studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, smer Telekomunikacije, gde je položio sve ispite sa prosečnom ocenom 10. Zaposlen je na mestu Stručnog saradnika – laboratorijskog inženjera na Katedri za telekomunikacije Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, od 2001. godine. Pored toga obavlja poslove rukovodioca i instruktora na *Cisco Networking* akademiji Elektrotehničkog fakulteta.

Mladen Koprivica poseduje licencu odgovornog projektanta telekomunikacionih mreža i sistema. Učestvovao je izradi velikog broja projekata, studija, tehničkih rešenja i merenja rađenih na Katedri za telekomunikacije. Pored toga, obavlja i poslove Zamenika rukovodioca Laboratorije za radio-komunikacije akreditovane od strane Akreditacionog tela Srbije.

Mladen Koprivica je *Senior member* IEEE udruženja i član izvršnog odbora IEEE sekcije Srbija i Crna Gora. Član je Društva za telekomunikacije, nadzornog odbora Društva za telekomunikacije i organizacionog odbora konferencije Telfor. Takođe, član je Inženjerske komore Srbije i ispitivač za stručni deo ispita u Komisiji za elektroniku i telekomunikacije za oblast računarskih mreža.

Iz oblasti magistarske teze do sada je objavio 10 radova, od toga 1 rad u domaćem časopisu, 1 rad na međunarodnoj konferenciji i 8 radova na domaćim konferencijama.

#### 2. Predmet magistarskog rada

S obzirom na veliku rasprostranjenost, jednostavnu realizaciju i mobilnost koju omogućavaju korisniku, bežične lokalne računarske mreže (WLAN – *Wireless Local Area Network*) predstavljaju novu i veoma pogodnu infrastrukturu za prenos govornog signala (VoWLAN – *Voice over WLAN*). Međutim, WLAN mreže projektovane su, prvobitno, za servis prenosa podataka. Za razliku od prenosa podataka, zahtevi u pogledu prenosa govornog signala su strožiji i to naročito u pogledu kašnjenja, kao i varijacije kašnjenja prilikom prenosa. Sa druge strane, prenos govornog signala pokazuje veću toleranciju na gubitak paketa u odnosu na prenos podataka. Ovaj rad bavi se analizom uticaja primenjenih tehnika i parametara WLAN mreže na kvalitet prenosa govora.

U okviru rada predstavljena je arhitektura WLAN mreža, analizirani su protokoli za prenos podataka i objašnjene tehnike pristupa deljenom radio kanalu definisane u okviru IEEE 802.11 serije standarda. Standardima su definisani maksimalni protoci na fizičkom nivou od 11Mb/s (IEEE 802.11b), 54Mb/s (IEEE 802.11a i IEEE 802.11g) i 600Mb/s (802.11n), u zavisnosti od tehnologije koja se koristi za realizaciju WLAN mreže. Sa obzirom da se realno ostvarivi protoci znatno razlikuju od deklariranih maksimalnih protoka, u radu je izvršeno eksperimentalno određivanje realno ostvarivih protoka, kao i analiza faktora koji utiču na njihovo smanjenje. Imajući u vidu činjenicu da se korišćenjem WLAN mreže istovremeno može vršiti prenos podataka i prenos govornog signala, definisan je IEEE 802.11e standard

koji se bavi obezbeđivanjem kvaliteta servisa (QoS - *Quality of Service*). U okviru ovog rada predstavljene su tehnike definisane ovim standardom, i sprovedena je eksperimentalna analiza primene ovih tehnika pri prenosu govora u realnoj WLAN mreži. Kao poseban problem u ostvarivanju kvalitetnog prenosa govornog signala, sa obzirom na ćelijsku strukturu WLAN mreže, javlja se nepostojanje efikasnih mehanizama za *roaming*, što dovodi do pojave velikog kašnjenja i gubitaka paketa. U okviru ovog rada izvršena je eksperimentalna analiza kašnjenja prilikom *roaming*-a.

### 3. Osnovni podaci o magistarskom radu

Magistarski rad kandidata Mladena Koprivice „**Eksperimentalna analiza performansi prenosa govora korišćenjem bežične lokalne računarske mreže**“, obuhvata 120 strana štampanog teksta sa 105 slika i 22 tabele. Listu referenci čini ukupno 45 bibliografskih jedinica. Rad je organizovan tako da sadrži uvod, četiri glave, zaključak i spisak literature.

### 4. Sadržaj i analiza rada

U uvodnoj glavi ukratko je sistematizovan predmet istraživanja, a objašnjeni su struktura teze i sadržaj ostalih glava.

U prvoj glavi razmatrane su osnove arhitekture WLAN mreža i prikazani su osnovni protokoli definisani na MAC podslouju i fizičkom sloju. Objasnjene su QoS tehnike uvedene 802.11e amandmanom, kao i poboljšanja po pitanju protoka uvedena 802.11n amandmanom. Pored toga, predstavljen je koncept WLAN mreže sa centralizovanom arhitekturom.

Eksperimentalna analiza realno ostvarivih protoka u WLAN mrežama data je u drugoj glavi. Merenja su sprovedena za slučajeve infrastrukturne 802.11b, 802.11g i 802.11n WLAN mreže i predstavljeni su dobijeni rezultati. Posebno su identifikovani i analizirani faktori koji utiču na smanjenje realno ostvarivih protoka.

U okviru treće glave sprovedena je eksperimentalna analiza efikasnosti EDCA (*Enhanced Distributed Channel Access*) tehnike u prenosu govora za slučaj konkurentnog *best effort* saobraćaja, kao i za slučaj konkurentnog govornog saobraćaja. Izvršeno je merenje srednjeg i maksimalnog kašnjenja, *jitter*-a i broja izgubljenih paketa u govornoj komunikaciji između dva klijenta, za slučajeve uključenog i isključenog QoS mehanizma. Da bi se odredila efikasnost primene EDCA tehnike urađeno je poređenje dobijenih rezultata

Četvrta glava se bavi analizom procesa *roaming*-a pri prenosu govora, sa osvrtom na njegove tri faze: skeniranje, autentifikacija i reasocijacija. Eksperimentalna analiza sprovedena je na WLAN mreži sa centralizovanom arhitekturom, i pri tome je izvršeno merenje ukupnog trajanja procesa *roaming*-a, trajanja njegovih pojedinih faza, kao i određivanje broja izgubljenih VoIP paketa usled *roaming*-a.

U poslednjoj, petoj glavi, izložen je zaključak. Istaknuti su osnovni doprinosi magistarske teze. Konačno, predstavljene su smernice za budući rad u ovoj oblasti.

### 5. Zaključak i predlog

Najvažniji doprinosi magistarskog rada su sledeći:

- Dat je teorijski pregled QoS tehnika uvedenih 802.11e amandmanom, načini poboljšanja protoka uvedenih 802.11n amandmanom i predstavljen je koncept WLAN mreže sa centralizovanom arhitekturom.
- Eksperimentalno su određeni realno ostvarivi protoci u 802.11b, 802.11g i 802.11n WLAN mreži i sprovedena analiza faktora koji dovode do smanjenja protoka u odnosu na teorijske vrednosti.

- Analiza efikasnosti EDCA tehnike u prenosu govora u WLAN mreži, za slučaj konkurentnog *best effort* i govornog saobraćaja sprovedena je eksperimentalno.
- Analiza procesa *roaming*-a pri prenosu govora sprovedena je eksperimentalno na WLAN mreži sa centralizovanom arhitekturom.
- Dobijeni rezultati praktično su primenjeni u operativnom radu WLAN mreže Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu.

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad **Mladena Koprivice**, pod naslovom „**Eksperimentalna analiza performansi prenosa govora korišćenjem bežične lokalne računarske mreže**“, prihvati kao magistarsku tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 30.05.2014.

Članovi komisije:

Prof. dr Aleksandar Nešković



Prof. dr Nataša Nešković



Dr Miloš Borenović, Naučni saradnik  
Razvojno istraživački centar „Vlacom“



Prof. dr Aleksandra Smiljanić

