

# NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovalo nas je za članove Komisije za pregled i ocenu master rada kandidata **Danila Cerovića** pod naslovom „**Uticaj kooperacije između stanica na kvalitet servisa i performanse heterogenih mreža**“. Nakon pregleda rada podnosimo sledeći

## IZVEŠTAJ

### 1. Biografski podaci

Danilo Cerović je rođen u Beogradu, 17.02.1990. godine. Osnovnu školu i Matematičku gimnaziju završio je u Beogradu, nakon čega je 2009. godine upisao osnovne studije na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Diplomirao je na Odseku za Telekomunikacije i informacione tehnologije, smer Sistemsko inženjerstvo, u junu 2013. godine sa prosečnom ocenom tokom studija 9,56, pri čemu je uspešno odbranio završni rad pod nazivom "Konfigurisanje i ispitivanje OSPF protokola na JUNIPER ruterima". Iste godine upisao je master studije na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na modulu Sistemsko inženjerstvo i radio komunikacije. Govori engleski i francuski jezik.

### 2. Predmet master rada

Brojni servisi koji su na raspolaganju korisnicima u savremenim javnim mobilnim sistemima su doveli do definisanja novih ekonomskih strategija, kako industrijskih tela, tako i mobilnih operatera. Kao posledica, dolazi do devalorizacije "voice" servisa i naglog rasta "data" servisa kao izvora prihoda i u skladu sa tim i uvodjenje novih tehnologija. Evolucija radio interfejsa u 4G-LTE mrežama ima za cilj povećanje individualnih protoka korisnika i odnosi se prvenstveno na kvantitet. Pored kvantiteta, kvalitet servisa danas ima veliki značaj u okviru istraživanja i definišu se granice koje određuju kvalitet za različite servise.

Dizajn i evaluacija performansi u radio mrežama se u osnovi sastoje od procene kapaciteta, pokrivenosti i protoka koji je ponuđen korisnicima sa ili bez QoS ograničenjima. Kako bi se ovi ciljevi postigli, različiti mrežni parametri se moraju uzeti u obzir kao što je propagacija radio talasa, prostorna raspodela baznih stanica, okruženje (ruralno ili urbano), ali takođe i mobilnost korisnika.

Analitički pristup modelovanja homogenih i heterogenih mreža (bazne stanice i male ćelije (*small cells*) ili relej nodovi) omogućava dobijanje jednostavnih izraza za odnos signal-interferencija zajedno sa šumom (SINR). Efekti propagacije kao što su *path loss* i *shadowing* se uzimaju u obzir. Ovo takođe omogućava proračun performansi u smislu protoka, kao i procenu QoS u smislu verovatnoće pokrivanja i verovatnoće blokade. Ovaj pristup uzima u obzir mogućnost kooperacije između baznih stanica (SISO i/ili MIMO) kako bi se smanjila interferencija i omogućilo merenje uticaja kooperacije na QoS i performanse homogenih i heterogenih mreža. Cilj ovog rada je razvijanje modela koji je dovoljno kompletan i koji daje indikatore kao što su opterećenje (*load*) i kapacitet ćelije u okviru simulatora čije je vreme izvršavanja dovoljno kratko.

### 3. Osnovni podaci o master radu

Master rad kandidata Danila Cerovića „**Uticaj kooperacije između stanica na kvalitet servisa i performanse heterogenih mreža**“, obuhvata 47 strana štampanog teksta sa 32 slike, 2 tabele i 8 citiranih bibliografskih referenci. Rad je organizovan tako da sadrži uvod, pet poglavlja, zaključak i spisak literature.

### 4. Sadržaj i analiza rada

U radu je najpre dat uvod u ćelijske mreže zajedno sa opisom efekata propagacije kao što su *path loss* i *shadow fading*. Zatim je dat opis ćelijskih mreža heksagonalnog oblika koje se sastoje od baznih stanica, kao i slučaj heterogenih mreža u kojima stanice mogu biti i male ćelije (*small cells*) ili releji

koji se mogu nalaziti bilo gde u mreži. Nakon toga je data karakterizacija saobraćaja u slučaju heterogene mreže i to za slučajeve kada se koriste bazne stanice sa omnidirekcionim ili tri-sektorskim antenama. Potom je data analiza *fixed-point* problema pri proračunu opterećenja (*load*) svake od stanica u mreži ponaosob (koje zavise od opterećenja svih ostalih stanica u mreži). Zatim je dat opis kooperacije između stanica kao i proračun SINR-a u slučaju kooperacije. Nakon toga je dat opis simulacionog okruženja, kao i rezultata simulacije vezanih za analizu performansi i QoS u slučaju kooperacije između stanica (koje mogu biti različitog tipa). Dodatno su opisani i ostali doprinosi simulacionom okruženju zajedno sa numeričkim rezultatima i uporednom analizom.

Rad sadrži sledeća poglavlja:

1. Uvod
2. Uvod u ćelijske mreže
3. Heterogene mreže i karakterizacija saobraćaja
4. Princip kooperacije između stanica
5. Opis korišćenog simulacionog modela
6. Analiza performansi i QoS u slučaju kooperacije između stanica
7. Zaključak

## 5. Zaključak i predlog

U okviru master rada kandidata Danila Cerovića razvijeno je simulaciono okruženje u okviru koga je posmatran uticaj kooperacije između stanica na kvalitet servisa i performanse heterogenih mreža. Najvažniji doprinosi master rada su sledeći:


- Uvođenje 3D mreže u postojeće simulaciono okruženje u smislu uzimanja u obzir visine antena baznih stanica, kao i vertikalne dobitke antena, u cilju poređenja odnosa SINR u okviru ćelije sa slučajem u kome posmatramo 2D mrežu.
- Uvođenje prijemnih usmerenih antena na strani korisnika koje su okrenute prema *best server*-u i komparativna analiza sa slučajem kada one nisu implementirane
- Dat je pregled teorijske analize, kao i implementacija koordinacije između stanica u simulaciono okruženje sa prikazom uticaja na performanse heterogene mreže
- Uvođenje relej nodova u mrežu i rešavanje problema fiksne (nepokretne) tačke u okviru simulacionog okruženja kako bi se izračunalo opterećenje (*load*) za svaku stanicu u mreži.
- Analiza uticaja kooperacije između relej nodova na ostvarivi protok korisnika u slučaju kada su na vozilo u pokretu (npr. voz ili metro), u kome se nalaze korisnici, nakačeni relej nodovi koji komuniciraju sa baznom stanicom i opslužuju korisnike u vozilu.

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Komisiji II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad **Danila Cerovića**, pod naslovom „**Uticaj kooperacije između stanica na kvalitet servisa i performanse heterogenih mreža**“ prihvati kao master tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 28.9.2015.

Članovi komisije:

prof. dr Aleksandar Nešković

  
prof. dr Nataša Nešković

