

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za drugi stepen studija Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu imenovala nas je za članove Komisije za pregled i ocenu master rada kandidata **Đorđa Lukića** pod naslovom „**Eksperimentalna analiza performansi javnih mobilnih mreža**“. Nakon pregleda rada podnosimo Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci

Đorđe Lukić je rođen 6. maja 1992. godine u Beogradu. Završio je osnovnu školu „Despot Stefan Lazarević“ u Beogradu kao vukovac i đak generacije. Upisao je Prvu beogradsku gimnaziju u Beogradu koju je završio kao vukovac. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao je 2011. godine. Diplomirao je u junu 2015. godine kao najbolji student na Odseku za telekomunikacije i informacione tehnologije, smer Radio komunikacije, odbranom diplomskog rada „*Eksperimentalna analiza faktora aktivnosti i predajnih snaga mobilnog terminala u javnim mobilnim sistemima*“. Tokom osnovnih studija postigao je prosečnu ocenu 9.87. Diplomске-akademske master studije na Elektrotehničkom fakultetu, smer Sistemsko inženjerstvo i Radio komunikacije, upisao je 2015. godine. Položio je sve ispite sa prosečnom ocenom 10.

2. Predmet master rada

U poslednje dve decenije došlo je do ekspanzije javnih mobilnih sistema. Mobilne komunikacije su izmenile način života ljudi, približile su stanovnike udaljenih i nepristupačnih krajeva, postale neizbežno sredstvo poslovanja, uticale na modne trendove. Broj korisnika mobilnih komunikacija prevazišao je i najoptimističnije prognoze. Ukupan razvoj digitalnih tehnologija omogućio je pojavu javnih mobilnih bežičnih mreža. Javni mobilni radio sistemi klasifikovani su u tzv. „generacije“ u odnosu na tehnologije koje koriste i mrežne kapacitete koje obezbeđuju korisnicima. Javne mobilne mreže koje korisnici trenutno u svetu koriste su GSM (*Global System for Mobile communications*), UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) i LTE (*Long Term Evolution*), odnosno javni mobilni radio sistemi druge (2G), treće (3G) i četvrte (4G) generacije, respektivno. Uvođenjem javnih mobilnih mreža novijih generacija korisnicima se nude atraktivniji servisi, kao i kvalitetnije obezbeđivanje postojećih servisa.

Javna mobilna mreža odgovarajuće generacije definiše između ostalog i teorijski ostvarive maksimalne protoke, kao i pokazatelje kvaliteta signala u zavisnosti od propagacionih uslova u kojima se korisnik nalazi. Međutim, ovi parametri se u praksi razlikuju od definisanih teoretskih vrednosti i zavisi su od mnogo faktora kao što su propagacioni uslovi, interferencija, brzina kojom se mobilni korisnik kreće i mnogi drugi. Ovi faktori utiču na performanse odgovarajućih javnih mobilnih radio sistema.

Nakon faze planiranja radio mreže, u cilju postizanja realno ostvarivih vrednosti parametara, koje su uporedive sa teorijskim vrednostima, potrebno je izvršiti optimizaciju radio mreže. Iz tog razloga vrši se testiranje karakteristika mobilne mreže u operativnom radu, kako bi se izvršila analiza performansi posmatrane mobilne mreže. Najpraktičnije rešenje za proizvođače telekomunikacione merne opreme je integrisanje svih funkcija testiranja karakteristika radio mreže u odgovarajući softver na mobilnom telefonu. Na taj način dobija se softver koji je podržan na velikom broju mobilnih telefona i pomoću koga se može izvršiti analiza performansi mobilne mreže testiranjem odgovarajućih servisa koji su obezbeđeni korisniku.

U ovom radu izvršena je eksperimentalna analiza performansi javne mobilne mreže korišćenjem mernog *SwissQual QualiPoc Android* softvera kompanije *Rohde & Schwarz*. Merni postupak sproveden je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, u prizemlju zgrade Tehničkih fakulteta, na kojem su instalirane GSM, UMTS i LTE mikro bazne stanice jednog operatera. U okviru pomenutih radio tehnologija razmatrani su parametri kvaliteta koji uključuju realno ostvariv protok, *Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)*, *Reference Signal Received Power (RSRP)*, *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*, *Reference Signal Received Quality (RSRQ)* i vreme uspostave veze i to u slučaju *Voice*, *FTP Upload/Download* i *HTTP Browsing* servisa. Svaka radio tehnologija analizirana je testiranjem pomenutih servisa. Na osnovu sprovedenih merenja rezultati su grafički prikazani u vidu zavisnosti protoka od SINR-a, zavisnosti protoka od rastojanja korisnika od bazne stanice i zavisnosti RSRP-a od rastojanja korisnika od bazne stanice za svaku radio tehnologiju. Dodatno, izvršena je statistička analiza mikro ćelije u vidu funkcija gustine verovatnoće realno ostvarivog protoka i SINR parametra. Na kraju, sprovedena je uporedna analiza razmatranih radio tehnologija. Jedan od ciljeva rada bio je i izrada laboratorijske vežbe za studente završne godine osnovnih studija u okviru predmeta Javni mobilni sistemi.

3. Osnovni podaci o master radu

Master rad kandidata Đorđa Lukića „**Eksperimentalna analiza performansi javnih mobilnih mreža**“, obuhvata 60 strana štampanog teksta sa 63 slika i 2 tabele. Rad je organizovan tako da sadrži uvod, pet poglavlja, zaključak, spisak literature i prilog.

4. Sadržaj i analiza rada

U uvodnom poglavlju dat je sažetak rada sa komentarima originalnosti, značaja i primenjenih metodologija, zajedno sa kraćim pregledom ostalih poglavlja rada.

Prvo poglavlje sadrži teorijski uvod u javne mobilne radio sisteme druge, treće i četvrte generacije koji podrazumeva kratak pregled osnovnih principa GSM, UMTS i LTE radio tehnologije i osnovne informacije vezane za faktore koji utiču na performanse javne mobilne mreže koji će biti predmet dalje analize.

U drugom poglavlju definisani su parametri kvaliteta servisa koji su relevantni za analizu performansi javnih mobilnih mreža. Definisani parametri kvaliteta servisa direktno ukazuju na performanse odgovarajuće javne mobilne mreže.

Treće poglavlje sadrži opis izvršenog mernog postupka, kao i opis softverskog alata korišćenog za prikupljanje, analizu i obradu mernih podataka.

U četvrtom poglavlju predstavljeni su rezultati analize prikupljenih podataka, kao i pregled rezultata merenja po servisima za sve razmatrane radio tehnologije.

Peto poglavlje sadrži uporednu analizu dobijenih rezultata. Izvršena je komparacija servisa u okviru posmatranih radio tehnologija, kao i komparativna analiza radio tehnologija za koje su vršena merenja.

U šestom poglavlju je dat zaključak i dodatno je analiziran doprinos ove master teze. Istaknut je značaj dobijenih rezultata, njihova buduća primena, kao i predlozi za dalji rad.

Na kraju rada nalazi se prilog koji sadrži postavku laboratorijske vežbe koja je proistekla iz ovog rada u okviru predmeta Javni mobilni sistemi. Cilj laboratorijske vežbe jeste da studenti testiraju karakteristike mreže u operativnom stanju i upoznaju se sa *QualiPoc Android* softverom za merenje performansi radio mreže analizom odgovarajućih govornih i paketskih servisa.

5. Zaključak i predlog

Master rad Đorđa Lukića prikazuje rezultate eksperimentalne analize performansi javnih mobilnih mreža. Korišćenjem mernog *SwissQual QualiPoc Android* softvera analizirane su performanse GSM, UMTS i LTE mreže testiranjem *voice* i *data* servisa koji su obezbeđeni korisniku. Na osnovu sprovedenog mernog postupka izvršena je uporedna analiza rezultata u vidu komparacije servisa i radio tehnologija za koje su vršena merenja. Performanse javnih mobilnih mreža ogledaju se kroz vrednosti izmerenih parametara kvaliteta servisa. Kako bi se istakao značaj predmeta ove master teze razvijena je laboratorijska vežba za studente završne godine osnovnih studija u okviru predmeta Javni mobilni sistemi.

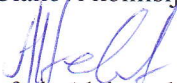
Glavni doprinosi master rada su sledeći:


- Testirani su i analizirani parametri kvaliteta *Voice* servisa u javnim mobilnim mrežama.
- Testirani su i analizirani parametri kvaliteta FTP *Upload/Download* i HTTP *Browsing* paketskih servisa u javnim mobilnim mrežama.
- Eksperimentalno je utvrđena raspodela realno ostvarivih protoka u GSM, UMTS i LTE mrežama u zavisnosti od rastojanja korisnika od bazne stanice.
- Eksperimentalno je utvrđena raspodela realno ostvarivih nivoa signala na prijemu u GSM, UMTS i LTE mrežama u zavisnosti od rastojanja korisnika od bazne stanice.
- Detaljno su analizirani izmereni radio parametri koji utiču na performanse odgovarajuće javne mobilne mreže.
- Izvršena je statistička analiza mikro ćelije u vidu funkcija gustine verovatnoće realno ostvarivog protoka i SINR parametra.
- Izvršena je komparativna analiza postojećih radio tehnologija.

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad Đorđa Lukića, pod naslovom „**Eksperimentalna analiza performansi javnih mobilnih mreža**“, prihvati kao master tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 27.06.2016.

Članovi komisije:


Prof. dr Aleksandar Nešković


Prof. dr Nataša Nešković