

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 **Nenada Stojkovića** pod naslovom „**Uparedna analiza MIMO i SISO pristupne tehnike u indoor okruženju**“. Nakon pregleda rada podnosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci

Nenad Stojković rođen je 11. Decembra 1987. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu i srednju elektrotehničku školu „Nikola Tesla“. U oktobru 2006. godine upisao je Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Diplomirao je oktobra 2010. godine na Odseku za telekomunikacije i informacione tehnologije, smer radiokomunikacije, odbranom diplomskog rada „Analiza promene klsterskog broja u zavisnosti od širine glavnog snopa dijagrama zračenja antena“. Tokom osnovnih studija postigao je prosečnu ocenu 8.02. Diplomске-akademske master studije na Elektrotehničkom fakultetu, smer Radiokomunikacije i sistemsko inženjerstvo, upisao je 2010. godine.

2. Predmet master rada

Kada se razmatra bežični prenos signala, poznata je činjenica da performanse jednog bežičnog sistema, u velikoj meri zavise od uslova propagacije korisnog signala (uključujući i uticaj fedinga) i uticaja interferencije.

U cilju poboljšanja performansi sistema i smanjivanju uticaja propagacije, fedinga i interferencije, pored implementacije novih tehnologija, korišćenja robusnijih modulacionih šema i povećanja predajne snage, veliku ulogu ima tehnika pristupa.

Postoje četiri vrste tehnika pristupa koje se koriste u bežičnim komunikacijama: SISO (*Single Input - Single Output*), kod koje predajna i prijemna strana sadrže po jednu antenu, MISO (*Multiple Input - Single Output*), kod koje predajna strana sadrži jednu, a prijemna više antena, SIMO (*Single Input - Multiple Output*), kod koje prijemna strana sadrži jednu, a predajna strana više antena i MIMO (*Multiple Input - Multiple Output*), kod koje i na predajnoj i na prijemnoj strani postoji više antena.

Kada se govori o *outdoor* okruženju, bez obzira na to da li su predajnik i prijemnik u LOS ili NLOS uslovima, poređenjem tehnika pristupa, MIMO tehnika pristupa je pokazala znatno bolje rezultate od ostalih tehnika. Naime, u lošijim radio uslovima ostvaruju se mnogo veći protoci sa mnogo boljim kvalitetom signala. Zbog poboljšanja koje donosi, MIMO tehnika pristupa predstavlja neizostavan segment moderne bežične komunikacione mreže definisane IEEE 802.11n (Wi-Fi), IEEE 802.16e (WiMAX) kao i 3GPP LTE (Long Term Evolution), HSPA+, i drugim standardima.

Međutim, ponašanje signala u *indoor* okruženju, i pored najsavremenijih tehnika obrade signala na predaji i prijemu, nije isto i predstavlja veliku nepoznanicu. Višestruke refleksije i refrakcije signala unutar objekata, slabljenja koja unose materijali od kojih su objekti izgradjeni, kao i same popunjenosti prostorija nameštajem i ljudima, propagaciji signala, njegovom ponašanju, i samoj obradi signala na prijemu daju jednu potpuno novu dimenziju.

Cilj ovog rada je predstavljanje osnovnih osobina MIMO tehnologije i tehnike pristupa u *indoor* okruženju. Takođe predstavljena je i uporedna analiza MIMO i SISO tehnika pristupa, propagacijom *16QAM-OFDM* signala. Samo generisanje, predaja i prijem signala, isprogramirano je u *LabView* okruženju, dok se prenos signala vršio pomoću četiri radio modula, *NI USRP 2920*, firme *National Instruments*, koji se Gigabit *Ethernet* kablom povezuju sa računarom, i koji imaju mogućnost formiranja 2x2 MIMO sistema, koristeći *Spatial multiplexing* metodu kodiranja na predajnoj strani.

U radu je detaljno objašnjen način na koji je merenje vršeno, kao i način prikupljanja i analize mernih rezultata, na osnovu kojih su doneti adekvatni zaključci o ponašanju SISO i MIMO tehnika pristupa u *indoor* okruženju.

3. Osnovni podaci o master radu

Master rad kandidata Nenada Stojkovića „Uporedna analiza MIMO i SISO pristupne tehnike u indoor okruženju“, obuhvata 67 strana štampanog teksta sa 60 slika, 10 tabela, i kao prilog radu, dodati programski kod u *LabView* i *MatLab* okruženju, kao i tekstualne fajlove u kojima su sačuvana vrednosti signala tokom merenja. Rad je organizovan tako da sadrži uvod, četiri poglavlja, zaključak spisak literature, i prilog.

4. Sadržaj i analiza rada

U okviru ovog rada, nakon uvoda, u drugom poglavlju, objašnjena je MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) tehnika, njene karakteristike i načini realizacije.

U trećem poglavlju predstavljena je OFDM modulacija, kojom je modulisan signal koji se prenosi. Predstavljene su same osobine OFDM signala, princip modulisanja, prednosti i sistemi u kojima se danas koristi.

U narednom poglavlju, razjašnjen je sam merni sistem, performanse komponenti koje ga sačinjavaju, način povezivanja, i funkcionalnost pojedinih elemenata samog mernog sistema. Bliže je objašnjeno generisanje samog signala koji se prenosi kroz objašnjenje softverskog dela mernog sistema.

Peto poglavlje ovog rada, opisuje samo merenje i uslove u kojima se merenje odvija, kao i o samu analizu i upoređivanje izmerenih rezultata, MIMO i SISO tehnikama pristupa u indoor okruženju

Na kraju, u okviru poslednjeg poglavlja, izneti su zaključci i zapažanja do kojih se došlo samim merenjem i kasnije komparativnom analizom rezultata merenja.

5. Zaključak i predlog

Master rad Nenada Stojkovića pokazuje ponašanje sistema sa MIMO tehnikom pristupa u indoor okruženju. Najvažniji doprinosi master rada su sledeći:

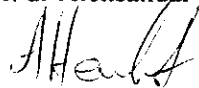
- U *LabView* okruženju, razvijeni su virtualni instrumenti kojima se kontrolišu *NI USRP 2920* radio moduli i kojima se generiše 16QAM-OFDM signal koji se koristi za prenos. U laboratorijskim uslovima, realizovana je emulacija sistema sa MIMO 2X2 i SISO tehnikama pristupa, korišćenjem, gore pomenutih, *NI USRP 2920* radio modula, mrznog sviča i *host* računara.
- Realizovanim sistemima sa MIMO 2X2, odnosno SISO tehnikama pristupa, na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, vršeno je merenje u prostorijama 66a, hodniku ispred prostorije 66a i amfiteatru 65, u više karakterističnih tačaka, za obe tehnike pristupa. Izmereni rezultati čuvani su u posebnim tekstualnim fajlovima radi kasnije analize.
- Analizom izmerenih rezultata pokazano je da je detekcija i rekonstrukcija signala mnogo bolja kod sistema sa MIMO tehnikom pristupa, i da je broj pogrešno dekodovanih simbola na prijemu znatno manji, u odnosu na sistema sa SISO tehnikom pristupa, pri niskim nivoima signala. Pored veće otpornosti na štetne uticaje propagacije signala, uticaje *Multipath fading-a* i bolje detekcije signala pri niskim nivoima, sistem sa MIMO tehnikom pristupa, je pokazao odlične rezultate i sa stanovišta spektralne efikasnosti sistema. Sistem u realizaciji MIMO 2X2, pokazao je duplo veći kapacitet, odnosno duplo veću spektralnu efikasnost, u odnosu na sistem sa SISO tehnikom pristupa

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Komisiji II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad Nenada Stojkovića, pod naslovom „Uporedna analiza MIMO i SISO pristupne tehnike u indoor okruženju“ prihvati kao master tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 16.09.2013.

Članovi komisije:

prof. dr Aleksandar Nešković



prof. dr Nataša Nešković

