

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 **Tijane Pajkić** pod naslovom „**Uporedna analiza karakteristika 4G i 5G signala na fizičkom sloju**“. Nakon pregleda rada podnosimo Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci

Tijana Pajkić je rođena 7. oktobra 1991. godine u Beogradu. Završila je XIV Beogradsku gimnaziju. 2010. godine upisala je Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Diplomirala je oktobra 2014. godine na Odseku za telekomunikacije i informacione tehnologije, smer Radio komunikacije, odbranom diplomskog rada „*Analiza tehnika za redukciju odnosa vršne i srednje snage pri prenosu OFDM signala*“. Tokom osnovnih studija postigla je prosečnu ocenu 7.78. Master-akademske studije na Elektrotehničkom fakultetu, smer Sistemsko inženjerstvo i Radio komunikacije, upisala je 2014. godine.

2. Predmet master rada

Sve većom primenom 4G telekomunikacionih sistema, pažnja se okreće ka razvoju 5G tehnologija. OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) tehnika, na kojoj se zasnivaju 4G sistemi, pored dosta dobrih aspekata ima i dosta karakteristika koje je čine neprivačnom za buduće 5G sisteme. Svaki podnosilac u OFDM sistemu se oblikuje korišćenjem pravougaonog prozora u vremenskom domenu da bi u frekvencijskom domenu podnosilac bio oblika sinc (*sync*) signala. Ovime se postiže deljenje spektra na više paralelnih ortogonalnih podopsega sa najvećom mogućom efikasnošću, što predstavlja veoma važnu karakteristiku sistema, ali zahteva savršenu sinhronizaciju i postojanje zaštitnog intervala. Gubitkom sinhronizacije, gubi se ortogonalnost, čime OFDM podleže visokoj interferenciji između susednih podnosilaca. Još jedan veliki nedostatak OFDM tehnike je velika vrednost PAPR (*Peak to Average Power Ratio*) parametra.

Buduće 5G tehnologije treba da ponude rešenje za nedostatke sistema prethodnih generacija. Poboljšanje u odnosu na OFDM donosi korišćenje novih modulacionih tehnika kao što su GFDM (*Generalised Frequency Division Multiplexing*), FBMC (*Filter Bank Multi-Carrier*) i UFMC (*Universal Filtered MultiCarrier*).

Osnovna ideja GFDM je prenos bloka okvira od M vremenskih slotova sa K podnosioca. Svaki podnosilac se filtrira unutar GFDM bloka. Prednosti ove tehnike su manja vrednost PAPR parametra i bolje performanse u frekvencijski selektivnom kanalu u odnosu na OFDM tehniku. Nedostatak je veća intersimbolska interferencija.

Iako se zasniva na deljenju spektra na ortogonalne podopsege, FBMC, za razliku od OFDM-a, primenjuje filtriranje na svaki od podnosilaca. Rezultat je smanjena interferencija između susednih podnosilaca. Ova tehnika ima dosta nedostataka, pa se umesto nje predlaže primena UFMC, koja umesto da primeni filtriranje na svaki podnosilac, vrši filtriranje na bloku podnosilaca. Filtriranjem bloka podnosilaca povećava se fleksibilnost sistema.

U ovom radu pokazano je koji su to nedostaci i na koji način se planira njihovo rešenje u 5G sistemima.

Pored teorijske analize, poređenje je vršeno i kroz simulacije u *Matlab* softverskom paketu. Generisani 4G i 5G signali propuštani su kroz različite simulacione modele sa idejom da se uporede njihove karakteristike.

3. Osnovni podaci o master radu

Master rad kandidata Tijane Pajkić „**Uporedna analiza karakteristika 4G i 5G signala na fizičkom sloju**“, obuhvata 62 strane štampanog teksta sa 49 slika i 3 tabele. Rad je organizovan tako da sadrži uvod, sedam poglavlja, zaključak i spisak literature.

4. Sadržaj i analiza rada

Prvo, uvodno poglavlje opisuje predmet i cilj rada. Pored toga, pružen je i kraći pregled organizacije rada.

U drugom poglavlju dat je pregled 4G i 5G sistema. Opisani su trenutni zahtevi koje nameće 4G tehnologija, kao i zahtevi koje donosi 5G.

Treće poglavlje opisuje tehniku 4G sistema, OFDM. Prikazane su osnovne karakteristike, implementacija prijemnika i predajnika. Dat je prikaz prednosti OFDM-a, ali i nedostataka.

Četvrto poglavlje opisuje jednu od tehnika 5G sistema, FBMC. Prikazana je implementacija primopredajnika, dizajn prototipnog filtra i estimacija kanala.

U petom poglavlju prikazane su osnovne karakteristike druge predložene tehnike 5G sistema, UFMC. Dat je opis implementacije primopredajnika, prikazani su načini na koji se postiže sinhronizacija, estimacija kanala i ekvalizacija.

U šestom poglavlju dat je pregled osnovnih karakteristika još jedne 5G tehnike, GFDM. Prikazan je model predajnika i prijemnika, tehnika oblikovanja impulsa - *waveform engineering*, estimacija kanala i ekvalizacija.

U sedmom poglavlju definisan je odnos vršne i srednje snage, tj. PAPR parametar. Ovaj parametar predstavlja jedan od većih problema OFDM sistema.

U osmom poglavlju prikazani su rezultati simulacija upotrebom MATLAB softverskog paketa. Prikazane su raspodele OFDM, FBMC, UFMC i GFDM signala u vremenskom domenu, kao i raspodele magnituda. Prikazani su impulsi odzivi filtra koji se koriste u tehnologijama 5G sistema. Upoređeni su 5G signali sa OFDM signalom u pogledu spektralne gustine snaga i PAPR parametra. Na kraju, prikazan je uticaj pojačavača snage na signale u vremenskom domenu, na spektralne gustine snaga i PAPR parametar.

U devetom poglavlju je dat zaključak i dodatno je analiziran doprinos ove master teze.

5. Zaključak i predlog

Master rad Tijane Pajkić prikazuje rezultate uporedne analize karakteristika 4G i 5G signala na fizičkom sloju. Glavni doprinosi master rada su sledeći:

- Dat je pregled predloženih tehnika za razvoj komunikacionih sistema pete generacije.
- Generisani su 4G i 5G signali koji su propuštani kroz različite simulacione modele i na taj način upoređene su njihove karakteristike.
- Analizom rezultata dobijenih na osnovu simulacija prikazano je poboljšanje koje unosi svaka od predloženih tehnika 5G sistema u odnosu na 4G sisteme.

Na osnovu izloženog, članovi Komisije predlažu Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad Tijane Pajkić, pod naslovom „**Uporedna analiza karakteristika 4G i 5G signala na fizičkom sloju**“, prihvati kao master tezu i da kandidatu odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 14.9.2016.

Članovi komisije:



Prof. dr. Nataša Nešković



Prof. dr. Aleksandar Nešković