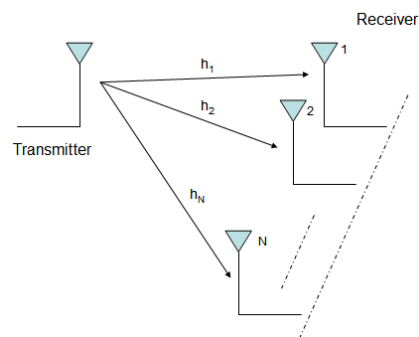


Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija

Laboratorijska vežba: Analiza efikasnosti prostorne diverziti tehnike



Predmet: Bežični telekomunikacioni sistemi

Ime i prezime, br. indeksa

Datum

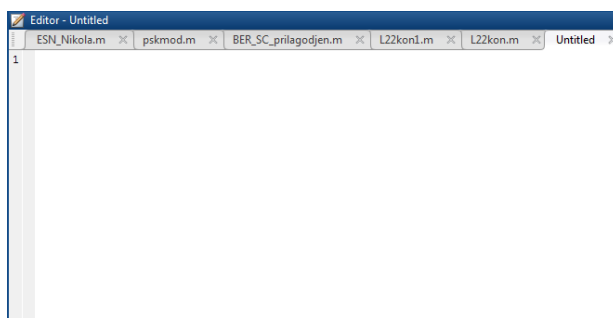
Cilj vežbe

Cilj ove vežbe je upoznavanje studenata sa prostornim diverzitetnim tehnikama. Akcenat je na tehnici selektivnog kombinovanja čija će se efikasnost razmatrati u Rejlijevom kanalu za slučaj MPSK modulacije koristeći kao indikator verovatnoću greške. Vežba se izvodi u programu Matlab. Studenti su se sa elementarnim karakteristikama i mogućnostima programa Matlab, kao i osnovama rada u programu, upoznali u okviru prošle laboratorijske vežbe.

1. Uvod

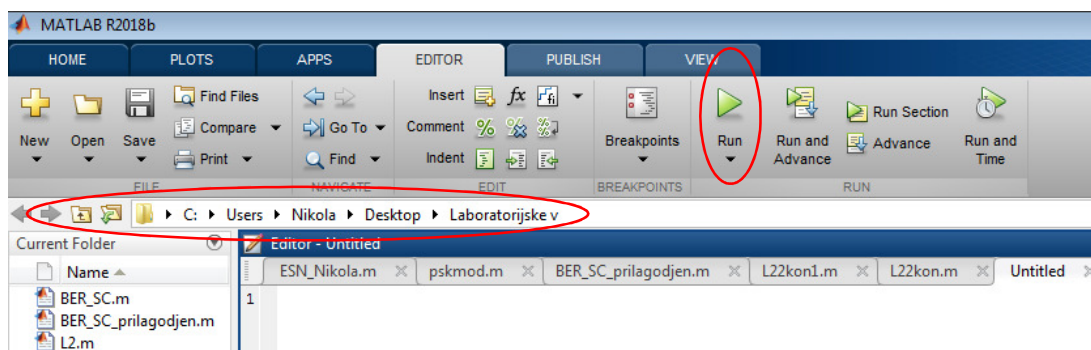
Komandni prozor nije pogodan za izvršavanje niza komandi jer ne omogućava pravu interakciju. Rešenje predstavljaju skript datoteke. Skript datoteka je niz Matlab-ovih komandi snimljenih kao zaseban program. One su pogodne zato što se mogu preuređivati, tj. ispravljati i menjati. Skript datoteke se nazivaju i M datoteke jer pri snimanju dobijaju oznaku tipa .m.

U Matlab-u se skript datoteke prave i uređuju u prozoru za pisanje programa (prozor Editor). U meniju **File** odaberete **New** i zatim **M-file**. Izgled prozora za pisanje programa dat je na slici 1.



Slika 1. Prozor za pisanje programa

Skript datoteka mora biti snimljena da bi se mogla pokrenuti. To se radi naredbom **Save as** posle čega bi trebalo izabrati mesto gde ćete snimiti datoteku i ime pod kojim će biti snimljena. Što se tiče vežbe koja sledi, datoteku ćete snimiti (npr. na desktop-u) pod imenom koje će između ostalog sadržati i Vaše ime i prezime u formi *SC_diver_ime_prezime*. Nakon podešene putanje tekućeg direktorijuma moguće je izvršiti skript datoteku koristeći opciju **Run**.



Slika 2. Izvršavanje skript datoteke i putanja tekućeg direktorijuma

2. Feding

U tipičnim bežičnim telekomunikacionim sistemima do prijemne antene pristiže veći broj kopija (replika) izvornog (poslatog, emitovanog) signala usled refleksije (odbijanja), difrakcije (savijanja) i rasejanja o objekte koji se nalaze u okruženju između predajnika i prijemnika. Ova pojava, poznata pod nazivom prostiranje signala po više putanja ili višepropagacioni efekat (*multipath propagation*).

Signal na mestu prijema predstavlja superpoziciju velikog broja kopija poslatog signala sa različitim slabljenjima, kašnjenjima i faznim pomerajima. U zavisnosti od faza ovih pojedinačnih signala, na mestu prijema može doći do konstruktivne ili destruktivne superpozicije. Promena anvelope i faze rezultujućeg signala u vremenu usled relativnog kretanja predajnika i prijemnika ili usled promena u prenosnom medijumu predstavlja brzi feding (iz razloga jednostavnosti, u literaturi je usvojen naziv feding), jedan od osnovnih problema u bežičnim telekomunikacijama. Međutim, u ogromnoj većini slučajeva analiziraju se sistemi sa idealnom koherentnom modulacijom (vrši se korekcija faze) i nekoherentnom modulacijom za koju informacija o fazi na mestu prijema nije potrebna. Dakle, analiza nekoherentnih i idealnih koherentnih prijemnika zahteva samo poznavanje promene anvelope signala u vremenu.

U zavisnosti od propagacionog okruženja razvijen je veći broj modela koji opisuju statističko ponašanje anvelope signala. Najčešće korišćeni su Rejljev, Rajsov, Nakagami-*m* i Vejbulov model.

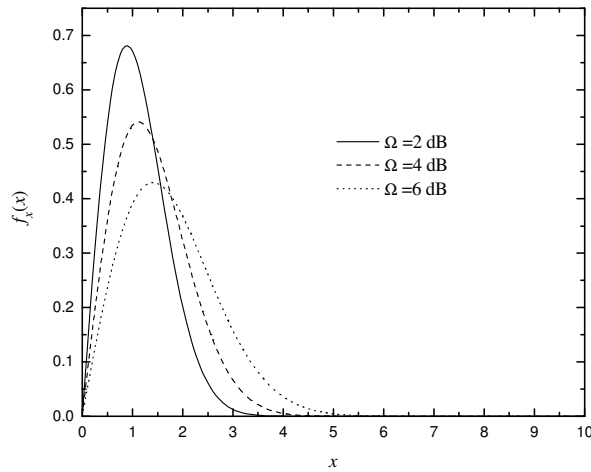
Rejljev raspodela se koristi za modelovanje fedinga u okruženjima gde ne postoji linija optičke vidljivosti između predajnika i prijemnika. Ova raspodela je pogodna za opis komunikacionih kanala u urbanim sredinama, kao što su gradska područja sa visokim zgradama. Funkcija gustine verovatnoće (*PDF-probability density function*) anvelope signala x je u ovom slučaju data relacijom

$$f_x(x) = \frac{2x}{\Omega} \exp\left(-\frac{x^2}{\Omega}\right), \quad x \geq 0, \quad (1)$$

gde je Ω srednja snaga signala, tj. $\Omega = \mathcal{E}\langle x^2 \rangle = \overline{x^2}$. Sa $\mathcal{E}\langle \cdot \rangle$ je označeno matematičko očekivanje koje se definiše na sledeći način

$$\mathcal{E}\langle x^2 \rangle = \int_0^\infty x^2 f_x(x) dx. \quad (2)$$

Na slici 3 je prikazana Rejljeva gustina verovatnoće za različite vrednosti srednje snage signala.



Slika 3. Rejljeva raspodela envelope

Trenutna vrednost odnosa signal-šum (SNR-*signal-to-noise ratio*) po simbolu definiše se na sledeći način $\gamma = x^2 E_s / N_0$, gde je E_s energija po simbolu, a N_0 predstavlja spektralnu gustinu snage šuma. Srednja vrednost odnosa signal-šum u tom slučaju je $\bar{\gamma} = \mathcal{E}\langle x^2 \rangle E_s / N_0$. Funkcija gustine verovatnoće odnosa signal-šum se može dobiti iz funkcije gustine verovatnoće envelope dajući

$$f_{\gamma}(\gamma) = \frac{1}{\gamma} \exp\left(-\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}\right). \quad (3)$$

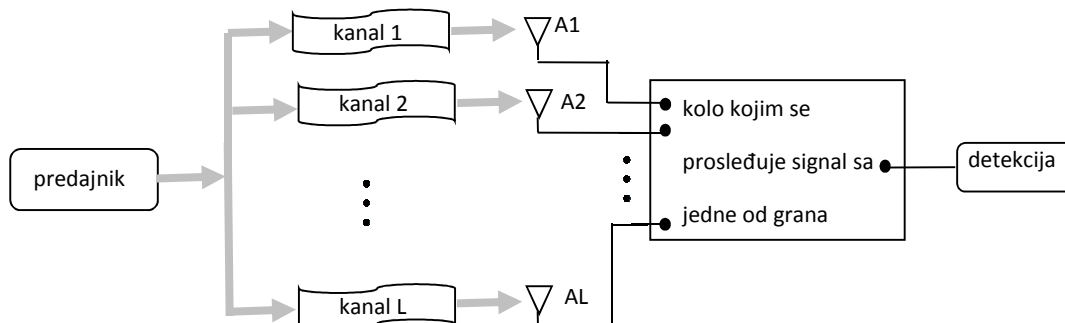
3. Diverziti tehnika

Jedan od načina da se smanji uticaj fedinga i poveća pouzdanost komunikacija u bežičnim sistemima, a da se pri tome ne povećava predajna snaga (odnosno snaga napajanja i dimenzije terminala) jeste upotreba diverziti tehnika. Diverziti tehnike se zasnivaju na prijemu signala kojima se prenosi ista informacija kroz dva ili više nekorelisana ili slabo korelisana kanala i njihovom kombinovanju. Mala je verovatnoća da je slabljenje u svim kanalima veliko, odnosno dok će jedne kopije signala biti izložene dubokom fedingu, druge neće. To dalje znači da se kombinovanjem signala pristiglih različitim putanjama odnos signal-šum na prijemu može značajno povećati, a samim tim se i performanse sistema poboljšavaju. U zavisnosti od toga kako se obezbeđuju kanali u diverziti sistemu, razlikujemo frekvencijski, vremenski, prostorni, polarizacionu i ugaoni diverziti. U bežičnim telekomunikacionim sistemima od posebne važnosti su prostorne diverziti tehnike koje zahtevaju upotrebu dve ili više antena na mestu prijema. Antene se pri tome moraju smestiti na dovoljno velikom rastojanju da bi primljene kopije signala bile nezavisne. Broj antena predstavlja red diverziti sistema.

Najčešće korišćene tehnike kombinovanja signala koji se prenose različitim kanalima (granama) su:

- 1) SC (*selection combining*) tehnika, tj. selektivno kombinovanje
- 2) MRC (*maximal ratio combining*) tehnika
- 3) EGC (*equal gain combining*) tehnika.

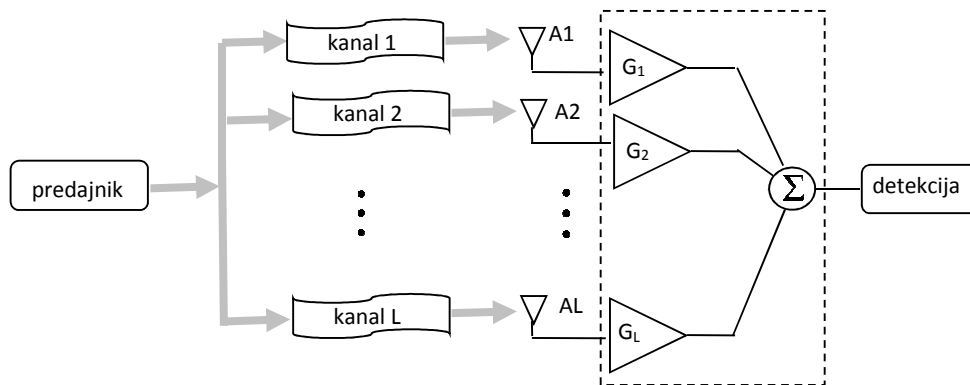
Tehnika selektivnog kombinovanja je najčešće korišćena u diverziti sistemima, a zasnovana je na odabiranju grane sa najvećom trenutnom vrednošću SNR-a (konvencionalni sistemi). Princip rada SC sistema prikazan je na slici 4.



Slika 4. Princip rada SC sistema

MR kombinovanje signala je optimalna tehnika diverziti kombinovanja u smislu da obezbeđuje najbolje rezultate u kompenzovanju fedinga. Signal u svakoj od grana diverziti sistema se množi odgovarajućim faktorom, a zatim se tako dobijeni signali sumiraju. Množenjem signala svake grane odgovarajućim faktorom izjednačavaju se faze svih signala, a istovremeno se svakom signalu daje odgovarajuća težina koja je određena na osnovu merenja SNR-a u svakoj grani diverziti sistema (jači diverziti signali se više vrednuju, odnosno jačim signalima se dodeljuju veći težinski faktori). Dakle, ova tehnika zahteva poznavanje i faze i amplitude signala u svakoj od grana, a samim tim i odgovarajuće kolo u svakoj grani za njihovo određivanje čime se jako usložnjava realizacija kombinera. Ako je SNR na i -toj grani prijemnika označen sa γ_i , SNR na izlazu prijemnika sa MR kombinovanjem je $\gamma_{MRC} = \sum_{i=1}^L \gamma_i$.

EG kombinovanje u poređenju sa SC i MRC predstavlja kompromisno rešenje u pogledu kompleksnosti i performansi. Naime, ova tehnika ne zahteva poznavanje amplitude signala u granama. Kod ove tehnike se vrši izjednačavanje faza signala u svim granama i njihovo sumiranje sa istim težinskim faktorom. SNR na izlazu prijemnika nakon EG kombinovanja je $\gamma_{EGC} = \left(\sum_{i=1}^L x_i \right)^2 \frac{E_s}{LN_0}$, gde je x_i anvelopa signala na i -toj grani. Princip MR i EG kombinovanja prikazan je na slici 5.



Slika 5. Princip rada MRC i EGC ($G_i=G, i = \overline{1, L}$) sistema

Takođe je interesantno primetiti da se kod SC tehnike na izlaz prijemnika prosleđuje signal sa jedne od grana, dok je kod MR i EG kombinovanja izlazni signal kombinacija signala sa svih grana.

IZVEŠTAJ

Izveštaj studenata bi trebalo da sadrži odgovore na teorijska pitanja i odrađene zadatke koji su dati u nastavku.

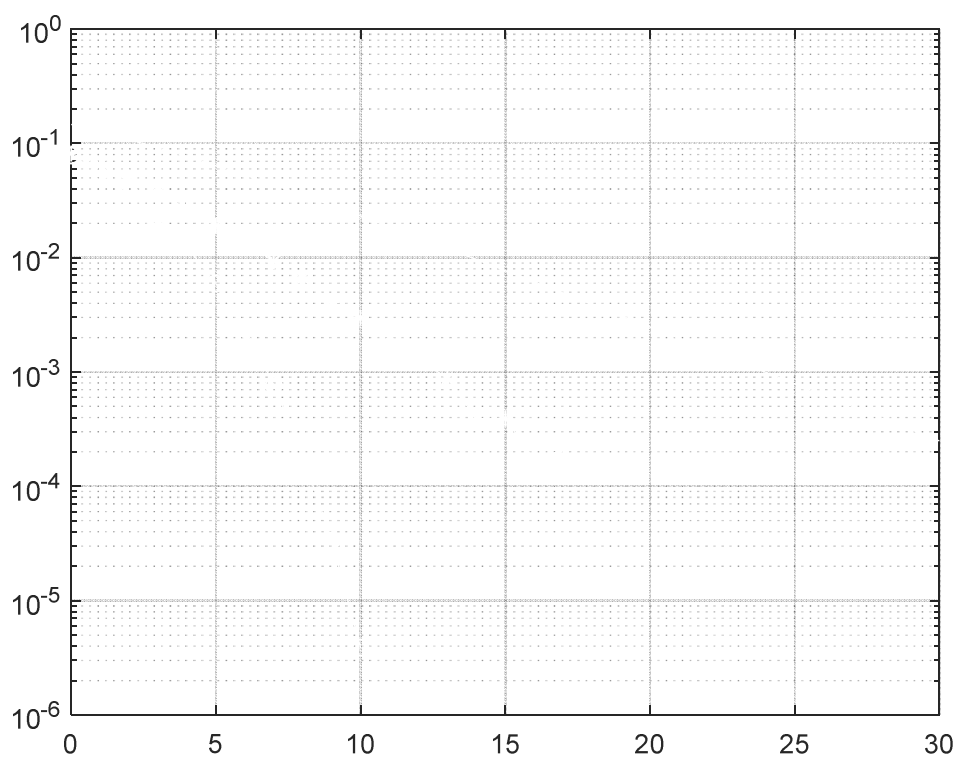
Teorijski deo

1. Definirati pojam fedinga.
2. Definirati prostornu diverzitetnu tehniku.
3. Nabrojati i definirati osnovne tehnike kombinovanja signala.

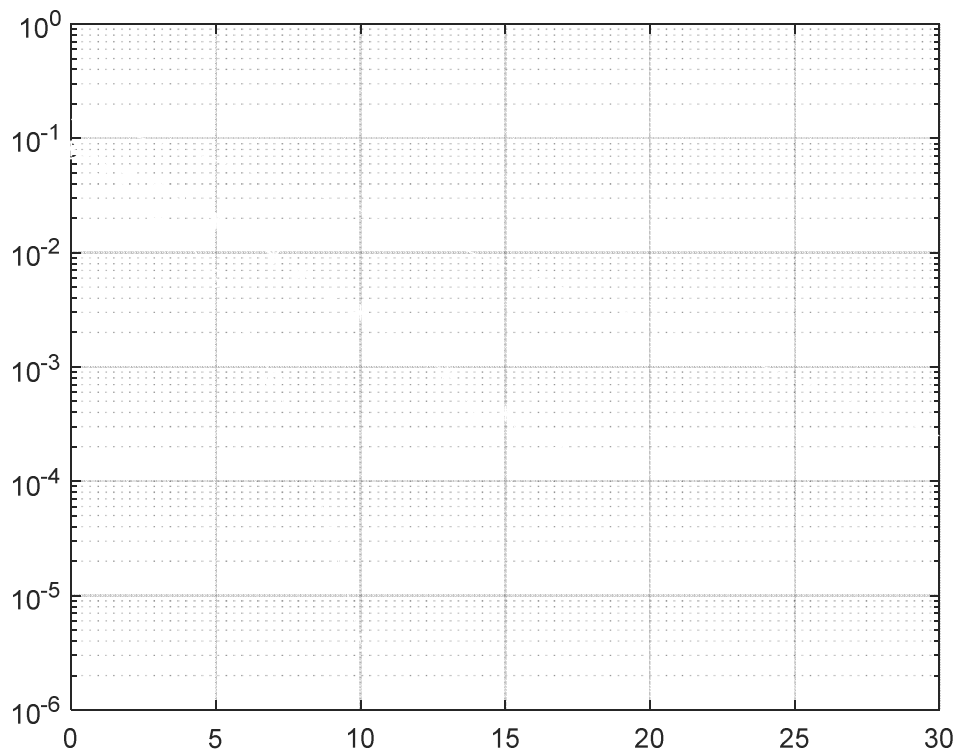
Praktični deo

Zadatak 1. Proučiti kod za MPSK modulaciju dat u prilogu ove vežbe. Kod bi trebalo da posluži kao osnova za Zadatak 2 i Zadatak 3.

Zadatak 2. Modifikovati i simulirati kod za slučaj BPSK modulacije ($M=2$). Nacrtati krive za verovatnoću greške za AWGN kanal i kombinaciju Rejlijevog i AWGN kanal za slučaj sistema sa jednom ($N=1$), dve ($N=2$) i tri ($N=3$) antene. Koliki je dobitak usled korišćenja sistema sa dve i tri prijemne antene i SC tehnikom kombinovanja u odnosu na sistem sa jednom prijemnom antenom (bez diverzitetne tehnike) za verovatnoću greške od 10^{-3} ? Prokomentarisati rezultat.



Zadatak 3. Modifikovati i simulirati kod za slučaj 8-PSK modulacije ($M=8$). Nacrtati krive za verovatnoću greške za AWGN kanal i kombinaciju Rejlijevog i AWGN kanal za slučaj sistema sa jednom ($N=1$), dve ($N=2$) i tri ($N=3$) antene. Koliki je dobitak usled korišćenja sistema sa dve i tri prijemne antene i SC tehnikom kombinovanja u odnosu na sistem sa jednom prijemnom antenom (bez diverziti tehnike) za verovatnoću greške od 10^{-3} ? Prokomentarisati rezultat i uporediti sa slučajem BPSK modulacije.



PRILOG

```
% Ovim programom se odredjuje BER za SC prijemnik sa dve antene

% Sredina je Rejlijeva, a modulacija je MPSK

clear

clc

%Definisanje osnovnih velicina

M = 2; % red MPSK modulacije (za M=2 rec je o BPSK)

k=log2(M); % broj bita po simbolu

N = 2; % broj antena na prijemu (red diverziti sistema)

no_symbols = 100000; % broj simbola

% Generisanje podataka

data = randi(M,1,no_symbols)-1; % generisanje podataka od 0 do M-1

%matlab central

modulisanisig = pskmod(data,M); % PSK modulacija podataka

% BER za kanal sa šumom - AWGN kanal (nije prisutan Rejlijev fading)...

% koristeći ugradjenu funkciju "berawgn"

SNR1 = 0:1:10;

BERawgn = berawgn(SNR1,'psk',M,'nondiff');

% BER u Rejlijevom fading okruzenju u kanalu sa šumom (AWGN)...

% koristeći ugradjenu funkciju "berfading"

% BER za slucaj prijemnika s jednom antenom N=1

% Dakle, bez diverziti tehnike

SNR2 = 0:2:30; % odnos signal šum
```

```

BERtheory1 = berfading(SNR2, 'psk', M, 1);

% Simulacija Rejlijevog fading kanala

for i = 1:N

h(i,1:no_symbols) = sqrt(0.5)*( randn( no_symbols,1) +j*randn( no_symbols,1) );

fadedSig(i,1:no_symbols) = modulisanisig.*h(i,1:no_symbols);

end

%Selektivno kombinovanje

[fading_magnitude,indices]=max(h,[],1);

% Primena u Rejlijevom kanalu

SNR = 0:1:15;

for n = 1:length(SNR)

    rx=zeros(1,no_symbols);

    for i = 1:N

        rxSig(i,1:no_symbols) =
awgn(fadedSig(i,1:no_symbols),SNR(n)+10*log10(k)).*conj(h(i,1:no_symbols));

    end

    for i = 1:no_symbols

        rx(i)=rxSig(indices(i),i);

    end

    mpskDemod=pskdemod(rx,M); % Demoduacija

    % Računanje verovatnoće greške po simbolu

    [nErrors, SER(n)]=symerr(data(1:end),mpskDemod(1:end));

    % minimalni broj sakupljenih grešaka

    if(nErrors<100)

        BER(n)=0;

    end

```

```

end

%Grafiki prikaz dobijenih vrednosti za slušanje:

%1. AWGN kanal

%2. AWGN i Rejli kanal bez prostornog diverzitija N=1

%3. AWGN i Rejli kanal sa SC diverziti sistemom reda sa N antena

semilogy( SNR1, BERawgn, 'go-', SNR2, BERtheory1, 'r-', SNR, SER/k, 'b*-');

grid on

legend( 'AWGN kanal', 'Rejli kanal, no diversity', strcat('Rejli kanal, diverziti, broj antena N=',int2str(N)));

xlabel('SNR (dB)');

ylabel('BER');

title('BER za MPSK modulaciju');

```

Published with MATLAB® R2018b

Literatura

1. N. Sekulović, *Primena prostornih diverziti sistema u bežičnim telekomunikacionim sistemima izloženim uticaju fedinga, efekta senke i interferencije*, doktorska disertacija, Elektronski fakultet, Niš, 2011.
2. M. K. Simon, M. S. Alouini, *Digital communication over fading channels*, 1st ed., New York: Wiley, 2000.
3. W. C. Jakes, *Microwave mobile communications*, 2nd ed., Piscataway, NJ: IEEE Press, 1994.
4. S. Marinković, A. Zeković, *Laboratorijske vežbe iz mobilnih telekomunikacija*, Visoka škola elektrotehnike i računarstava, Beograd, 2013.