

Makro diverziti sistem sa postdetekcijom koji čine dva SC mikro diverziti sistema

Srdjan Jovković

Departman za komunikacione tehnologije

Visoka tehnička škola strukovnih studija

Niš, Srbija

srdjansms11@gmail.com

Sažetak—U radu je data statistička analiza makro diverziti sistema sastavljenog od dva mikro diverziti sistema koji na svojim ulazima imaju po dve nekoherentno modulirane grane sa binarno frekventno moduliranim signalima. Kombinirani su SC tipa pri čemu će se razmatrati uticaji Gausovog i impulsnog šuma na sistem. Dokazaće se da opisani mikro diverziti sistem može da se koristi za smanjenje uticaja fedinga, Gausovog i impulsnog šuma na performans sistema.

Ključne riječi- SC; EGC; MRC; FSK; Puason; Gaus;

I. UVOD

Različite tehnike su moguće za ublažavanje efekata višestaznih fedinga, uključujući ekvalizaciju, kodiranje i diverziti. Među njima, najčešće se primenjuje diverziti tehnika koja u velikoj meri poboljšava kvalitet telekomunikacionih veza, bez promene zajedničkog spoljnog interfejsa, transmisiona snage ili propusnog opsega. Ova tehnika je poznata u literaturi [1,2,3,4,5,6,7,8] a u okviru nje će se razmatrati postdetekcioni [9,10] mikro i makro diverziti kombineri.

Primena diverziti sistema je jedna od najefikasnijih metoda za prevazilaženje degradacija signala nastalih usled fedinga. Kombinovanje u diverziti signalima je efikasan način da se poboljša odnos signal-šum (SNR) primljenog signala, zato što signal na izlazu iz kombineri ima veći SNR nego SNR u svim pojedinačnim granama prijemnika. U prenosu telekomunikacionog signala pojavljuju se različite vrste sporog i brzog fedinga, Gausov šum, impulsne smetnje [11] i smetnje nastale preslušavanjem. Na bazi toga, osnovni problemi koji nastaju pri digitalnom prenosu podataka kroz bežični telekomunikacioni sistem su pojava fedinga i efekta senke. Signal se prostire po više putanja kroz bežični kanal, tako da na prijemu suma svih oslabljenih i zakasnelih replika signala može rezultovati slabljenjem signala. U radu je pokazano, da slučajni karakter ovih pojava, posebno u prisustvu šumova i smetnji, dovodi do toga da se signal na prijemu ponaša kao slučajni proces. Iz tog razloga razvijeni su mnogi modeli kanala koji omogućavaju da se na osnovu statistike procene performanse ovih sistema.

Kada se procenjuju performanse sistema, najčešće se navodi verovatnoća greške pri korišćenju različitih modulacionih postupaka [12]. Međutim, pri digitalnom prenosu podataka, feding primljenog signala dovodi i do paketskih grešaka. Zbog toga je trebno označiti neke druge statističke

osobine kanala. Na primer, da bi se pronašla optimalna dužina paketa, potrebno je odrediti srednje vreme trajanja fedinga (ADF). Takođe, za optimalni izbor kodova za korekciju greške, potrebno je poznavati koliko puta signal preseca određeni nivo u jedinici vremena (LCR). Naravno, i za rešavanje ovog problema je u radu posvećena značajna pažnja, izračunavanjem izvoda signala i osnih preseka.

Makrodiverziti sistemi sa postdetekcijom [13,14,15,16,17,18] su sistemi kod kojih se kombinovanje vrši posle detekcije signala. Kod ovakvih sistema svaka grana ima svoj detektor i filter, što znači da svaki signal prvo mora da se moduliše pre nego što se izvrši kombinovanje. U ovom radu razmatraće se binarni prenos informacija i diverziti sistem sa dve ili više grana. Signal će biti frekventno modulisan. Posebno će se analizirati prijemnik za demodulaciju binarno frekventno moduliranog signala.

Prijemnik se sastoji od dve ili više diverziti grana, odnosno od dva ili više FSK prijemnika. Analiziraće se slučajevi kada je demodulacija nekoherentna. Svaki FSK prijemnik imaće dve ili više grane. U svakoj od grana prijemnika nalaziće se uskopojasni filter i korelator za slučaj koherentne demodulacije i uskopojasni filter i detektor anvelope kod nekoherentne demodulacije. Na ulazima u prijemnike devirziti sistema pojavljuju se različite vrste fedinga. Posmatraće se Ralijeva gustina verovatnoće signala. Na izlazima iz uskopojasnog filtra pojavljuju se sinusni talasi sa uniformnim slučajnim fazama koji su posledica preslušavanja između kanala. Razmatraće se SC kombinovanje. U daljem tekstu su dati primeri takvih sistema, blok šema i prateći izrazi, kako bi se odredio sistem sa najboljim karakteristikama prenosa.

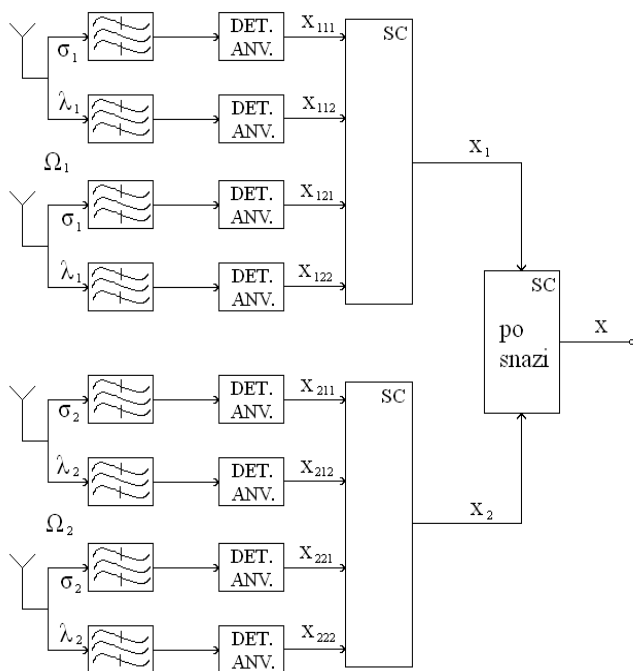
II. STATISTIČKA ANALIZA SISTEMA

Razmatra se makro diverziti sistem koji se sastoji od dva mikro diverziti sistema. Svaki mikro diverziti sistem čine po dve grane. Kombiner je selektivni i počinje detekciju. Razmatraju se sistemi kod kojih je signal binarno frekventno modulisan. Svaki prijemnik sastoji se od dve grane sa nekoherentnom demodulacijom. Svaka grana sadrži uskopojasni filter i detektor anvelope. Uskopojasni filter se koristi da odstrani smetnje čiji su spektri van traženog opsega korisnog signala. Signal na izlazu iz detektora anvelope srazmeran je signalu sa njegovog ulaza. Ovakva vrsta prijemnika često se koristi zbog toga što nisu potrebna posebna kola za ekstrakciju frekventnog nosioca. SC kombiner mikro diverziti sistema izdvaja signal sa njegovog ulaza koji je najveći i šalje ga na

ulaz u kombiner makro diverziti sistema. Kombiner makro diverziti sistema uzima signal sa onog izlaza iz mikro diverziti sistema čija je snaga na ulazu veća. Na ulazu u sistem se pojavljuju Gausov šum, impulsni šum i feding. Gausov šum po prolasku kroz uskopojasni filter postaje uskopojasni Gausov šum koji sadrži dve Gausove komponente koje su u kvadraturi.

Pored ovih smetnji prisutan je i efekat senke koji utiče na snagu signala na ulazima u mikro diverziti kombiner. Mikro diverziti sistem se koristi da smanji uticaj fedinga, Gausovog šuma i impulsa smetnji na performans sistema. Makro diverziti sistem se koristi da smanji uticaj efekta senke na performanse bežičnog telekomunikacionog sistema. Verovatnoća impulsnog šuma je Puasonova.

Na Slici 1. prikazan je makro diverziti sistem sa postdetekcijom koji razmatramo. Dati makro diverziti sistem sastoji se od dva mikro diverziti sistema. Svaki mikro diverziti sistem sadrži po dve grane. Na prvoj grani prvog mikro diverziti sistema priključena su dva kraja nekoherentnog demodulatora binarno frekventno modulisanog signala. Svaka grana i demodulator sadrže uskopojasni filter i detektor anvelope. Centralne učestanosti uskopojasnih filtera odgovaraju dvema hipotezama binarnog frekventno modulisanog signala.



Slika 1. Makrodiverziti sistem sa postdetekcijom

Posmatra se slučaj kada je prisutan feding, impulsni Puasonov šum i Gausov šum. Gausov šum je određen svojom varijansom a Puasonov impulsni šum je određen intenzitetom. Varijansa Gausovog šuma prvog demodulatora prvog mikro diverziti sistema je σ_1^2 a intenzitet impulsnog šuma je λ_1 . Signali na izlazu prvog demodulatora su x_{111} i x_{112} . Varijansa Gausovog šuma i intenzitet impulsnog šuma drugog

demodulatora prvog mikro diverziti sistema su σ_1^2 i λ_1 . Izlazi na ovom demodulatoru su x_{121} i x_{122} . Snaga signala na ulazu u prvi mikro diverziti sistem je Ω_1 . Snage varijanse Gausovog šuma i intenziteta impulsnog Puasonovog šuma za oba demodulatora drugog mikro diverziti sistema su σ_2^2 i λ_2 . Snaga signala na ulazu u drugi mikro diverziti sistem je Ω_2 . Signali na izlazu prvog demodulatora drugog mikro diverziti sistema su x_{211} i x_{212} . Signali na izlazu drugog demodulatora drugog mikro diverziti sistema su x_{221} i x_{222} . Signal na izlazu prvog mikro diverziti sistema je x_1 , dok je signal na izlazu drugog mikro diverziti sistema x_2 . Ovi izlazni signali mikro diverziti sistem, x_1 i x_2 , priključeni su na ulaz makro diverziti kombiner. Signal na izlazu iz makro diverziti sistema je x . Signal je $x = x_1$ ako je $\Omega_1 > \Omega_2$, a ako je $\Omega_2 > \Omega_1$ onda je signal na izlazu $x = x_2$. Ovo znači da SC makro diverziti kombiner selektuje prema odnosu snaga Ω_1 i Ω_2 na ulazima mikro diverziti sistema. Uslovna gustina verovatnoće signala x_{111} , uslovna po A i n je:

$$p_{x_{111}}(x_{111} / A, n_1) = \frac{x_{111}}{\sigma_1^2} e^{-\frac{x_{111}^2 + A^2(1+Cn_1)^2}{2\sigma_1^2}} I_0\left(\frac{A(1+Cn_1)x_{111}}{\sigma_1^2}\right) \dots (1)$$

gde je σ_1^2 snaga šuma na ulazu u prvu granu prvog mikro diverziti sistema.

Broj impulsa u nekom vremenskom intervalu, n_1 , ima Puasonovu verovatnoću koja je jednaka:

$$p(n_1) = \frac{\lambda_1^{n_1}}{n_1!} e^{-\lambda_1} \dots (2)$$

gde je λ_1 intenzitet impulsnog šuma. Amplituda A je promenljiva i ima Rajlijevu gustinu verovatnoće:

$$p_A(A) = \frac{A}{\Omega_1} e^{-\frac{A^2}{2\Omega_1}} \dots (3)$$

Usrednjavanjem po slučajnoj Rajlijevoj amplitudi i slučajnom Puasonovom broju impulsa, gustina verovatnoće signala x_{111} može se napisati u obliku:

$$p_{x_{111}}(x_{111}) = \int_0^\infty dA \frac{A}{\Omega_1} e^{-\frac{A^2}{2\Omega_1}} \sum_{n=0}^\infty \frac{\lambda_1^n}{n!} e^{-\lambda_1} \cdot \frac{x_{111}}{\sigma_1^2} e^{-\frac{x_{111}^2 + A^2(1+Cn)^2}{2\sigma_1^2}} I_0\left(\frac{A(1+Cn)x_{111}}{\sigma_1^2}\right) = \frac{1}{\Omega_1 \sigma_1} e^{-\frac{x_{111}^2}{2\sigma_1^2}} x_{111} e^{-\lambda_1} \int_0^\infty dA A e^{-\frac{A^2}{2\Omega_1}} \sum_{n=0}^\infty \frac{\lambda_1^n}{n!} e^{-\frac{A^2(1+Cn)^2}{2\sigma_1^2}} \sum_{k=0}^\infty \frac{A^{2k} (1+Cn)^{2k}}{(4\sigma_1^2)^k (k!)^2} x_{111}^{2k} =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{\Omega_1 \sigma_1^2} e^{-\frac{x_{111}}{2\sigma_1^2}} x_{111} e^{-\lambda_1} \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{\lambda_1^{n_1}}{n_1!} \sum_{k_1=0}^{\infty} \frac{(1+Cn_1)^{2k_1} x_{111}^{2k_1}}{(4\sigma_1^2)^{2k_1} (k_1!)^2} \int_0^{\infty} A e^{-\frac{A^2}{2\Omega_1}} A^{2k_1} e^{-\frac{A^2(1+Cn_1)}{2\sigma_1^2}} dA = \\
&= \frac{e^{-\lambda_1}}{\Omega_1 \sigma_1^2} x_{111} e^{-\frac{x_{111}}{2\sigma_1^2}} \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{\lambda_1^{n_1}}{n_1!} \sum_{k_1=0}^{\infty} \frac{(1+Cn_1)^{2k_1} x_{111}^{2k_1}}{(4\sigma_1^2)^{2k_1} (k_1!)^2} \int_0^{2k_1+1} A^{2k_1+1} e^{-\frac{A^2(1+Cn_1)^2 \Omega_1 + 2\sigma_1^2}{2\Omega_1 \sigma_1^2}} dA = \\
&= \frac{e^{-\lambda_1}}{\Omega_1 \sigma_1^2} x_{111} e^{-\frac{x_{111}}{2\sigma_1^2}} \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{\lambda_1^{n_1}}{n_1!} \sum_{k_1=0}^{\infty} \frac{(1+Cn_1)^{2k_1} x_{111}^{2k_1}}{(4\sigma_1^2)^{2k_1} (k_1!)^2} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{2\Omega_1 \sigma_1^2}{(1+Cn_1)^2 \Omega_1 + 2\sigma_1^2} \right]^{k_1+1} \Gamma(k_1+1)
\end{aligned} \quad (4)$$

Gustina verovatnoće signala x_{112} je:

$$p_{x_{112}}(x_{112}) = \frac{x_{112}}{\sigma_1^2} e^{-\frac{x_{112}}{2\sigma_1^2}} \quad (5)$$

Gustina verovatnoće signala x_{121} je:

$$p_{x_{121}}(x_{121}) = \frac{e^{-\lambda_1}}{\sigma_1^2 \Omega_1} x_{121} e^{-\frac{x_{121}}{2\sigma_1^2}} \sum_{n_2=0}^{\infty} \frac{\lambda_1^{n_2}}{n_2!} \sum_{k_2=0}^{\infty} \frac{(1+Cn_2)^{2k_2} x_{121}^{2k_2}}{(4\sigma_1^2)^{2k_2} (k_2!)^2} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{2\Omega_1 \sigma_1^2}{(1+Cn_2)^2 \Omega_1 + 2\sigma_1^2} \right]^{k_2+1} \Gamma(k_2+1) \quad (6)$$

Gustina verovatnoće signala x_{122} je:

$$p_{x_{122}}(x_{122}) = \frac{x_{122}}{\sigma_1^2} e^{-\frac{x_{122}}{2\sigma_1^2}} \quad (7)$$

Gustina verovatnoće signala x_{211} je:

$$p_{x_{211}}(x_{211}) = \frac{e^{-\lambda_2}}{\sigma_2^2 \Omega_2} x_{211} e^{-\frac{x_{211}}{2\sigma_2^2}} \sum_{n_3=0}^{\infty} \frac{\lambda_2^{n_3}}{n_3!} \sum_{k_3=0}^{\infty} \frac{(1+Cn_3)^{2k_3} x_{211}^{2k_3}}{(4\sigma_2^2)^{2k_3} (k_3!)^2} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{2\Omega_2 \sigma_2^2}{(1+Cn_3)^2 \Omega_2 + 2\sigma_2^2} \right]^{k_3+1} \Gamma(k_3+1) \quad (8)$$

Gustina verovatnoće signala x_{212} je:

$$p_{x_{212}}(x_{212}) = \frac{x_{212}}{\sigma_2^2} e^{-\frac{x_{212}}{2\sigma_2^2}} \quad (9)$$

Gustina verovatnoće signala x_{221} je:

$$p_{x_{221}}(x_{221}) = \frac{e^{-\lambda_2}}{\sigma_2^2 \Omega_2} x_{221} e^{-\frac{x_{221}}{2\sigma_2^2}} \sum_{n_4=0}^{\infty} \frac{\lambda_2^{n_4}}{n_4!} \sum_{k_4=0}^{\infty} \frac{(1+Cn_4)^{2k_4} x_{221}^{2k_4}}{(4\sigma_2^2)^{2k_4} (k_4!)^2} \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{2\Omega_2 \sigma_2^2}{(1+Cn_4)^2 \Omega_2 + 2\sigma_2^2} \right]^{k_4+1} \Gamma(k_4+1) \quad (10)$$

Gustina verovatnoće signala x_{222} je:

$$p_{x_{222}}(x_{222}) = \frac{x_{222}}{\sigma_2^2} e^{-\frac{x_{222}}{2\sigma_2^2}} \quad (11)$$

Prvi mikro diverziti kombiner izdvaja najveći signal. Signal na njegovom izlazu je $x_1 = x_{111}$ ako je $x_{111} > x_{112}$, $x_{111} > x_{121}$ i $x_{111} > x_{122}$. U slučaju da je signal x_{112} veći od signala x_{111} , x_{121} i x_{122} onda je signal na izlazu $x_1 = x_{112}$. Isto tako, ako je x_{121} veći od signala x_{111} , x_{112} i x_{122} onda

je signal na izlazu $x_1 = x_{121}$. Ovo važi i za signal x_{122} , ako je veći od x_{111} , x_{112} i x_{121} onda je signal na izlazu $x_1 = x_{122}$. Na osnovu prethodnog može se pisati da je:

$$x_1 = \max\{x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}\} \quad (12)$$

Gustina verovatnoće signala x_1 je:

$$p_{x_1}(x_1) = p_{x_{111}}(x_1)F_{x_{112}}(x_1)F_{x_{121}}(x_1)F_{x_{122}}(x_1) + p_{x_{112}}(x_1)F_{x_{111}}(x_1)F_{x_{121}}(x_1)F_{x_{122}}(x_1) + p_{x_{121}}(x_1)F_{x_{111}}(x_1)F_{x_{112}}(x_1)F_{x_{122}}(x_1) + p_{x_{122}}(x_1)F_{x_{111}}(x_1)F_{x_{112}}(x_1)F_{x_{121}}(x_1) \quad (13)$$

Prethodni izraz sadrži četiri sabirka, svaki od njih odnosi se na određeni slučaj. Prvi sabirak u ovom izrazu predstavlja slučaj kada je $x_{111} > x_{112}$, $x_{111} > x_{121}$ i $x_{111} > x_{122}$. Kumulativne verovatnoće $F_{112}(x_1)$, $F_{121}(x_1)$ i $F_{122}(x_1)$ obezbeđuju uslov da je x_{111} veći od x_{112} , x_{121} i x_{122} . Drugi član u izrazu se odnosi na slučaj kada je signal x_{112} veći od signala x_{111} , x_{121} i x_{122} . Kumulativne verovatnoće $F_{111}(x_1)$, $F_{121}(x_1)$ i $F_{122}(x_1)$ obezbeđuju uslove $x_{112} > x_{111}$, $x_{112} > x_{121}$ i $x_{112} > x_{122}$. Treći član ovog izraza odnosi se na slučaj da je $x_{121} > x_{111}$, $x_{121} > x_{112}$ i $x_{121} > x_{122}$. Ovde pomenute uslove, kada je signal x_{121} veći od ostalih signala, obezbeđuju kumulativne verovatnoće $F_{111}(x_1)$, $F_{112}(x_1)$ i $F_{122}(x_1)$. Slično, četvrti član ovog izraza odnosi se na slučaj kada je $x_{122} > x_{111}$, $x_{122} > x_{112}$ i $x_{122} > x_{121}$. Ove uslove obezbeđuju kumulativne verovatnoće $F_{111}(x_1)$, $F_{112}(x_1)$ i $F_{121}(x_1)$.

Drugi makro diverziti sistem izdvaja najveći signal. Signal na njegovom izlazu je x_2 . Ovaj signal je jednak $x_2 = x_{211}$ ako je $x_{211} > x_{212}$, $x_{211} > x_{221}$ i $x_{211} > x_{222}$. Kao i za prethodni mikro diverziti sistem, važi da je $x_2 = x_{212}$ ako je $x_{212} > x_{211}$, $x_{212} > x_{221}$ i $x_{212} > x_{222}$, zatim $x_2 = x_{221}$ ako je $x_{221} > x_{211}$, $x_{221} > x_{212}$ i $x_{221} > x_{222}$, i na kraju $x_2 = x_{222}$ ako je $x_{222} > x_{211}$, $x_{222} > x_{212}$ i $x_{222} > x_{221}$. Ovo se može napisati u obliku:

$$x_2 = \max\{x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}\} \quad (14)$$

Gustina verovatnoće signala x_2 je:

$$p_{x_2}(x_2) = p_{x_{211}}(x_2)F_{x_{212}}(x_2)F_{x_{221}}(x_2)F_{x_{222}}(x_2) + p_{x_{212}}(x_2)F_{x_{211}}(x_2)F_{x_{221}}(x_2)F_{x_{222}}(x_2) + p_{x_{221}}(x_2)F_{x_{211}}(x_2)F_{x_{212}}(x_2)F_{x_{222}}(x_2) + p_{x_{222}}(x_2)F_{x_{211}}(x_2)F_{x_{212}}(x_2)F_{x_{221}}(x_2) \quad (15)$$

Prvi član u prethodnom izrazu odnosi se na slučaj kada je $x_{211} > x_{212}$, $x_{211} > x_{221}$ i $x_{211} > x_{222}$. Kumulativne

verovatnoće $F_{212}(x_2)$, $F_{221}(x_2)$ i $F_{222}(x_2)$ obezbeđuju uslove $x_{211} > x_{212}$, $x_{211} > x_{221}$ i $x_{211} > x_{222}$. Drugi član ovog izraza odnosi se na slučaj da je $x_{212} > x_{211}$, $x_{212} > x_{221}$ i $x_{212} > x_{222}$. Ove uslove obezbeđuju kumulativne verovatnoće $F_{211}(x_2)$, $F_{221}(x_2)$ i $F_{222}(x_2)$. Treći član u ovom izrazu se odnosi na slučaj da je $x_{221} > x_{211}$, $x_{221} > x_{212}$ i $x_{221} > x_{222}$. I ovde kumulativne verovatnoće $F_{211}(x_2)$, $F_{212}(x_2)$ i $F_{222}(x_2)$ obezbeđuju uslov da je signal x_{221} veći od signala x_{211} , x_{212} i x_{222} . Na kraju, četvrti član prethodnog izraza odnosi se na slučaj da je $x_{222} > x_{211}$, $x_{222} > x_{212}$ i $x_{222} > x_{221}$. Kumulativne verovatnoće $F_{211}(x_2)$, $F_{212}(x_2)$ i $F_{221}(x_2)$ obezbeđuju uslove $x_{222} > x_{211}$, $x_{222} > x_{212}$ i $x_{222} > x_{221}$.

Signal na ulazima u makro diverziti sistem su x_1 i x_2 . Signal na izlazu ovog makro diverziti kombinera je x . Makro diverziti kombiner odlučuje na osnovu odnosa snaga Ω_1 i Ω_2 na ulazima u mikro diverziti sisteme. Ako je $\Omega_1 > \Omega_2$ onda je signal na izlazu makro diverziti sistema $x = x_1$, u suprotnom, ako je $\Omega_1 < \Omega_2$ onda je signal na izlazu $x = x_2$. Na osnovu ovoga možemo napisati gustinu verovatnoće signala x na izlazu makro diverziti kombinera:

$$p_x(x) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d\Omega_1 d\Omega_2 \cdot p_{x_1}(x/\Omega_1) \cdot p_{\Omega_1\Omega_2}(\Omega_1\Omega_2) + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d\Omega_1 d\Omega_2 \cdot p_{x_2}(x/\Omega_2) \cdot p_{\Omega_1\Omega_2}(\Omega_1\Omega_2) \quad (16)$$

Prvi sabirak u prethodnom izrazu se odnosi na slučaj da je $\Omega_1 > \Omega_2$. Granice integrala obezbeđuju uslov $\Omega_1 > \Omega_2$. Drugi član u izrazu se odnosi na slučaj da je $\Omega_1 < \Omega_2$. Granice integrala obezbeđuju uslov $\Omega_1 < \Omega_2$. Združena gustina verovatnoće snaga Ω_1 i Ω_2 je log-normalna:

$$p_{\Omega_1\Omega_2}(\Omega_1\Omega_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_3^2\sqrt{1-r^2}\Omega_1\Omega_2} \cdot \exp\left[-\frac{(\ln\Omega_1 - \mu_1)^2 - 2r(\ln\Omega_1 - \mu_1)(\ln\Omega_2 - \mu_2) + (\ln\Omega_2 - \mu_2)^2}{2\sigma_3^2(1-r^2)}\right] \quad (17)$$

Zamenom se dobija:

$$p_x(x) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d\Omega_1 d\Omega_2 \cdot p_{x_1}(x/\Omega_1) \frac{1}{2\pi\sigma_3^2(1-r)\Omega_1\Omega_2} \cdot e^{-\frac{(\ln\Omega_1 - \mu_1)^2 - 2r(\ln\Omega_1 - \mu_1)(\ln\Omega_2 - \mu_2) + (\ln\Omega_2 - \mu_2)^2}{2\sigma_3^2(1-r)}} + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d\Omega_1 d\Omega_2 \cdot p_{x_2}(x/\Omega_2) \frac{1}{2\pi\sigma_3^2(1-r)\Omega_1\Omega_2} \cdot e^{-\frac{(\ln\Omega_1 - \mu_1)^2 - 2r(\ln\Omega_1 - \mu_1)(\ln\Omega_2 - \mu_2) + (\ln\Omega_2 - \mu_2)^2}{2\sigma_3^2(1-r)}} \quad (18)$$

Makro diverziti kombiner može selektovati i prema odnosu amplituda x_1 i x_2 . Ako je $x_1 > x_2$ onda je signal na izlazu $x = x_1$. U suprotnom, ako je $x_1 < x_2$ onda je signal na izlazu $x = x_2$. Ovo se može napisati i kao $x = \max(x_1, x_2)$.

Sada gustinu verovatnoće signala x možemo pisati kao:

$$p_x(x) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d\Omega_1 d\Omega_2 p_{x_1}(x/\Omega_1) F_{x_2}(x/\Omega_2) p_{\Omega_1\Omega_2}(\Omega_1\Omega_2) + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d\Omega_1 d\Omega_2 p_{x_2}(x/\Omega_2) F_{x_1}(x/\Omega_1) p_{\Omega_1\Omega_2}(\Omega_1\Omega_2) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d\Omega_1 d\Omega_2 p_{x_1}(x/\Omega_1) F_{x_2}(x/\Omega_2) \frac{1}{2\pi\sigma_3^2(1-r)\Omega_1\Omega_2} \cdot e^{-\frac{(\ln\Omega_1 - \mu_1)^2 - 2r(\ln\Omega_1 - \mu_1)(\ln\Omega_2 - \mu_2) + (\ln\Omega_2 - \mu_2)^2}{2\sigma_3^2(1-r)}} + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} d\Omega_1 d\Omega_2 p_{x_2}(x/\Omega_2) F_{x_1}(x/\Omega_1) \frac{1}{2\pi\sigma_3^2(1-r)\Omega_1\Omega_2} \cdot e^{-\frac{(\ln\Omega_1 - \mu_1)^2 - 2r(\ln\Omega_1 - \mu_1)(\ln\Omega_2 - \mu_2) + (\ln\Omega_2 - \mu_2)^2}{2\sigma_3^2(1-r)}} \quad (19)$$

Prvi član u prethodnom izrazu odnosi se na slučaj kada je $x_1 > x_2$.

Kumulativna verovatnoća $F_{x_2}(x_1)$ obezbeđuje uslov $x_1 > x_2$. Drugi član u izrazu se odnosi na slučaj da je $x_1 < x_2$.

Kumulativna verovatnoća $F_{x_1}(x_2)$ obezbeđuje uslov $x_1 < x_2$.

Na osnovu predhodne analize, problematika istraživanja pomenutih uticaja različitih smetnji u sistemima za prenos i propagaciju digitalnih telekomunikacionih signala u različitim sredinama, može se grafički predstaviti primenom aplikacije Origin i biti osnova za dalji rad. Tada se može jednostavno zaključiti da se digitalni telekomunikacioni signal koji se prostire kroz bežični kanal, na prijemu, usled sume svih oslabljenih i zakasnelih replika signala može rezultovati slabljenjem kvaliteta signala. Pokazano je, da slučajni karakter ovih pojava, posebno u prisustvu šumova i smetnji, dovodi do toga da se signal na prijemu ponaša kao slučajni proces. Iz tog razloga, u radu je razvijen model kanala koji omogućava da se na osnovu statističke procene njegovih performansi izvedu i izaberu najpovoljnija rešenja za prevazilaženje opisanih problema, i daju konkretna rešenja i postupci za njihovo efikasno otklanjanje.

Predmet rada je analiza i sinteza postdetekcionih modela prijemnika za prijem digitalnih telekomunikacionih signala, razvijenih za razne tehnike kombinovanja ovih signala i opisane raznim vrstama raspodela koje vrlo dobro aproksimiraju anvelopu signala koji se prostire u opisanim ulovima propagacije.

Ovakav model će se koristiti da bi se smanjili uticaji smetnji na performanse telekomunikacionih sistema, a posebna pažnja je posvećena analizi i sintezi ovih signala u prisustvu fedinga.

Kao što se u radu može videti, zahtevi za izradu matematičkih modela, njihovu obradu i dobijanje rešenja uz primenu vrlo komplikovanog matematičkog aparata, omogućuju da se na bazi ovako dobijenih rezultata statističkih analiza signala u okruženju opisanih smetnji i matematički modeliranih diverziti prijemnika za njihovo otklanjanje, odredi najpovoljnije rešenje u okviru posmatranih statističkih i analitičkih parametara, i da se metodama simulacije utvrde i potvrde modelirana rešenja.

III. ZAKLJUČAK

Prikazani analitički rezultati daju pregled naučnog doprinosna rada. Rezultati dobijeni u ovom radu mogu se iskoristiti za određivanje optimalnih vrednosti parametara prilikom projektovanja bežičnih digitalnih komunikacionih sistema koji se koriste za smanjenje uticaja brzog i sporog fedinga na performanse digitalnih telekomunikacionih sistema. Mogu se konkretno odrediti optimalna rastojanja između predajnika i prijemnika i potrebna snaga korisnog signala na predaji, za datu verovatnoću greške sistema.

LITERATURA

- [1] A. Abu-Dayya and N. C. Beaulieu, "Micro- and macrodiversity NCFSK (DPSK) on shadowed Nakagami-fading channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 42, pp. 2693-2702, Sept. 1993.
- [2] A. Abu-Dayya and N.C. Beaulieu, "Micro-and Macrodiversity MDPSK on Shadowed Frequency-Selective Channels," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol. 43, No. 8, pp 2334-2343, 1995.
- [3] A. Annamalai, C. Tellambura and Vijay K. Bhargava, "Unified analysis of MPSK and MDPSK with diversity reception in different fading environments", *Electron. Lett.*, 1564-1565, Aug. 1998.
- [4] F. Patenaude, I. H. Lodge, and I. Y. Chouinard, "Noncoherent diversity reception over Nakagami fading channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 46, pp. 985-991, Aug. 1998.
- [5] M. K. Simon and M. S. Alouini, "A unified approach to the probability of error for noncoherent and differentially coherent modulations over generalized fading channels" *IEEE Trans. Commun.*, vol. 46,
- [6] Q. T. Zhang, "Error performance of noncoherent MFSK with L-diversity on correlated fading channels," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 1, pp. 531-539, July 2001.
- [7] W. Yung, "Probability of bit error for MPSK modulation with diversity reception in Rayleigh fading and Log-normal shadowing channel," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 38, pp. 933-937, July 1990.
- [8] X. Dong, N. C. Beaulieu, and P. H. Wittke, "Signaling constellations for fading channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 47, pp. 703-714, May 1999.
- [9] R. K. Mallik and M. Z. Win, "Error probability of binary NFSK and DPSK with postdetection combining over correlated Rician channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, pp. 1975-1978, Dec. 2000.
- [10] Q. Zhang, "Exact analysis of postdetection combining for DPSK and NFSK systems over arbitrarily correlated Nakagami channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 46, pp. 1459-1467, Nov. 1998.
- [11] Q. T. Zhang, "Error performance of noncoherent MFSK with L-diversity on correlated fading channels," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 1, pp. 531-539, July 2001.
- [12] B. Milošević, S. Jovković, N. Kapaćinović, P. Spalević, "Statistics characteristic of M-array FSK signal in the presence of Gaussian noise and Intersymbol Interference," UNITEH 2006, Gabrovo, Bugarska.
- [13] I. Ghareeb and M. Abu-Sbeih, "Performance of QDPSK signals with postdetection equal gain diversity combining in arbitrarily correlated Nakagami-m fading channels," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 5, pp.
- [14] M. K. Simon and M.-S. Alouini, *Digital Communication over Fading Channels: A Unified Approach to Performance Analysis*. New York: Wiley, 2000.
- [15] Q. Zhang, "Exact analysis of postdetection combining for DPSK and NFSK systems over arbitrarily correlated Nakagami channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 46, pp. 1459-1467, Nov. 1998.
- [16] R. K. Mallik and M. Z. Win, "Error probability of binary NFSK and DPSK with postdetection combining over correlated Rician channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, pp. 1975-1978, Dec. 2000.
- [17] I. Ghareeb and M. Abu-Sbeih, "Performance of QDPSK signals with postdetection equal gain diversity combining in arbitrarily correlated Nakagami-m fading channels," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 5, pp.
- [18] Borivoje Milošević, Slobodan Obradović, Stefanović Mihajlo, Bogdanović Radoslav, "Postdetection macro SC diversity system with two micro diversity systems for FSK demodulation," UNITECH 2010, International Scientific conference, november 2010, Bulgaria.

ABSTRACT

In this paper statistical data analysis is given for the macro diversity system consisting of two micro-diversity systems which on their inputs have each two non-coherent modulated branches with binary frequency modulated signals. Combiners are of a SC type; therefore, effects of the Gaussian and impulse noise on the system will be considered. This paper will prove that the described micro-diversity system can be used to reduce the influence of fading, as well as Gaussian and impulse noise on the system performances.

Macro-diversity system with post detection which consists of two micro SC diversity system

Srdjan Jovkovic