

MRC dual diverziti sistemi u prisustvu Rajsovog i log-normalnog fedinga

Dragana Krstić, Petar Nikolić, Suad Šuljević, Srdjan Jovković, Vasko Todosijević

Sadržaj — U radu su predstavljene karakteristike telekomunikacionih prenosnih sistema kod kojih je primenjena MRC diverziti tehnika za prevazilaženje fedinga pri prenosu signala po dva nekorelisana kanala. Kanali su modelovani kao kanali sa kombinacijom Log-normalnog i Rajsovog fedinga. Izrazi za gustinu raspodele odnosa signal-šum, količinu fedinga i verovatnoću otkaza izvedeni su u formi višestrukog integrala. Dat je model sistema, a njegove karakteristike su numerički izračunate i grafički predstavljene za izabrane vrednosti parametara raspodele.

Ključne reči — Log-normalni feding, Količina fedinga, Rajsov feding, Kombinovanje sa maksimalnim odnosom, Verovatnoća otkaza.

I. UVOD

U bežičnim komunikacionim sistemima, prilikom prenosa digitalno modulisanih signala kroz komunikacione kanale dolazi do promene nivoa korisnog signala. Ova pojava se naziva feding. Ukupan feding u sistemu je kompleksna kombinacija fedinga usled interferencije između dve ili više komponenti signala koje se prostiru po različitim putanjama i efekta senke. Feding koji nastaje zbog prostiranja duž više putanja je relativno brz i odgovoran je za kratke varijacije signala. U mobilnim zemaljskim i satelitskim telekomunikacionim sistemima takođe može doći i do sporijih varijacija nivoa srednje vrednosti signala usled efekta senke.

Diverziti prenos predstavlja efikasnu i pritom isplativu tehniku za prevazilaženje fedinga i poboljšanje performansi sistema. Za dobijanje korisnog signala koriste se signali dobijeni iz različitih grana prijemnika[1]. Ukoliko signal na jednoj putanji oslabi, u određenom trenutku na drugoj putanji on može biti jači, pa se zbog postojanja većeg broja putanja, trenutni i srednji odnos signal-šum, SNR, mogu značajno povećati što poboljšava performanse sistema. Na prijemnoj strani postoje različite metode izdvajanja korisnog signala kao što su: kombinovanje sa maksimalnim odnosom (MRC), kombinovanje sa istom težinom (EGC), kombinovanje sa selekcijom(SC) i kombinovanje sa prebacivanjem, SSC. U ovom radu biće predstavljena MRC tehnika prenosa za telekomunikacioni sistem kod koga je primenjena diverziti

tehnika prenosa po dva nekorelisana kanala, koji su modelovani kao kanali sa Rajsovim i log-normalnim fedingom. U radu [2] su predstavljene karakteristike telekomunikacionih prenosnih sistema kod kojih su primenjene MRC, SC i SSC diverziti tehnike za prevazilaženje fedinga pri prenosu signala po dva nekorelisana kanala u prisustvu log-normalnog i Rejljevog fedinga, dok je u radu [3] prikazana MRC tehnika prenosa za telekomunikacioni sistem u prisustvu log-normalnog i Nakagami- m fedinga.

Pri prostiranju signala u ovakvoj okolini, u prijemniku se ne vrši usrednjavanje anvelope fedinga usled prostiranja po različitim putanjama, već se ekstrakcija signala vrši na osnovu kompozitnog signala koji se sastoji od korisne komponente i svih smetnji.

II. MODEL SISTEMA I KANALA

Razmatra se dual diverziti sistem u nekorelisanim kanalima u prisustvu Rajsovog i log-normalnog fedinga. Trenutna vrednost odnosa signal-šum na izlazu iz grana sistema se može u ovom slučaju dobiti usrednjavanjem trenutne snage brzog, Rajsvoog fedinga po uslovnoj gustini raspodele log-normalnog fedinga, što rezultira kombinacijom raspodele fedinga usled prostiranja po više putanja i Log-normalne raspodele za efekat senke [4],[5]:

$$p(\gamma/\Omega) = \frac{(1+n^2)e^{-n^2}}{\Omega} \exp\left(-\frac{(1+n^2)\gamma}{\Omega}\right) I_0\left(2n\sqrt{\frac{(1+n^2)\gamma}{\Omega}}\right) \quad \gamma \geq 0 \quad (1)$$

$$p_{\Omega}(\Omega) = \frac{\xi}{\sqrt{2\pi}\sigma_i\gamma_i} e^{-\frac{(10\log_{10}\gamma_i - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}} \quad (2)$$

$$p(\gamma) = \int_0^{\infty} p_{\gamma}(\gamma/\Omega) p_{\Omega}(\Omega) d\Omega \quad (3)$$

Zamenom (1) i (2) u (3) dobija se:

$$p(\gamma) = \int_0^{\infty} \frac{(1+n^2)e^{-n^2}}{\Omega} \exp\left(-\frac{(1+n^2)\gamma}{\Omega}\right) I_0\left(2n\sqrt{\frac{(1+n^2)\gamma}{\Omega}}\right) \times \left\{ \frac{\xi}{\sqrt{2\pi}\sigma\Omega} \exp\left[-\frac{(10\log_{10}\Omega - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \right\} d\Omega, \quad \gamma \geq 0 \quad (4)$$

gde su μ_i (db) i σ_i (db) srednja vrednost i standardna devijacija od $10\log_{10}\%$, n je Nakagami- n faktor, koji je u relaciji sa Rajsovim K faktorom $K=n^2$, dok je $\xi=10/\ln 10=4.3429$.

Dragana Krstić, Vasko Todosijević, Elektronski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, tel. 018-529-225, e-mail: dragana@elfak.ni.ac.yu.

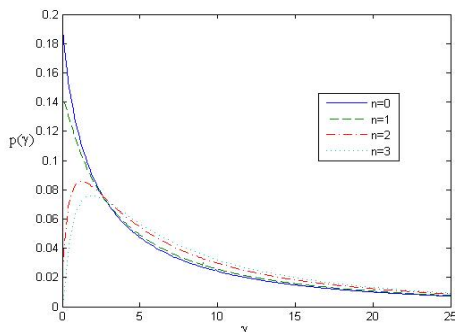
Petar B. Nikolić, Tigar MH, Nikole Pašića 243, 18300 Pirot, Srbija, e-mail: nikpetar@tigar.com.

Suad Šuljević, Novi Pazar

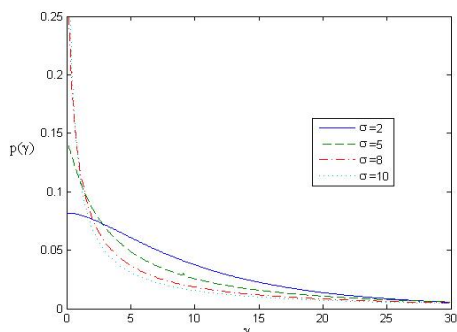
Srdjan Jovković, Visoka tehnička škola, Niš

U slučaju $n=0$, ukupan feding se sastoji od kombinacije Rayleigh-jevog i log-normalnog fedinga, a za $n = \infty$ samo od log-normalnog fedinga.

Na slikama 1. i 2. prikazane su gustine raspodele verovatnoće $p(\gamma)$ za različite vrednosti feding parametara μ , σ i n .



Sl. 1. Gustina raspodele verovatnoće $p(\gamma)$ za $\mu=10db$, $\sigma=5db$, $n=0,1,2,3$.



Sl. 2. Gustina raspodele verovatnoće $p(\gamma)$ za $\mu=10db$, $\sigma=2,5,8,10 db$, $n=1$.

Momenti SNR su važni za izračunavanje osnovnih parametara sistema. Opšti oblik za N -ti moment SNR na izlazu je dat kao:

$$E[\gamma^n] = \int_0^{\infty} \gamma^n p_\gamma(\gamma) d\gamma \quad (5)$$

N -ti moment se za datu raspodelu može prikazati [4]:

$$E[\gamma^k] = \frac{\Gamma(1+k)}{(1+n^2)^k} {}_1F_1(-k, 1; -n^2) \exp\left[\frac{k}{\xi} \mu + \frac{1}{2} \left(\frac{k}{\xi}\right)^2 \sigma^2\right] \quad (6)$$

gde je ${}_1F_1(\cdot, \cdot; \cdot)$ Kummer konfluentna hipergeometrijska funkcija [8].

Veličina fedinga (AF) je mera uticaja fedinga na određeni model kanala i ovaj parametar je nezavistan od srednje snage fedinga, već zavisi samo od trenutne vrednosti SNR i definiše se kao:

$$AF = \frac{E[\gamma^2] - (E[\gamma])^2}{(E[\gamma])^2} = \frac{E[\gamma^2]}{(E[\gamma])^2} - 1 \quad (7)$$

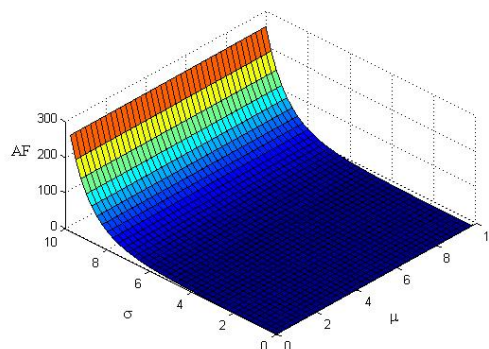
Združena gustina raspodele nekorelisanih signala je [6]:

$$p_{\gamma_1, \gamma_2}(\gamma_1, \gamma_2) = p_{\gamma_1}(\gamma_1) p_{\gamma_2}(\gamma_2) \quad (8)$$

Na Sl. 3. date su vrednosti veličine fedinga AF za različite parametre raspodele.

Verovatnoća otkaza P_{out} je:

$$P_{out} = P[\gamma \leq \gamma_{th}] \quad (9)$$

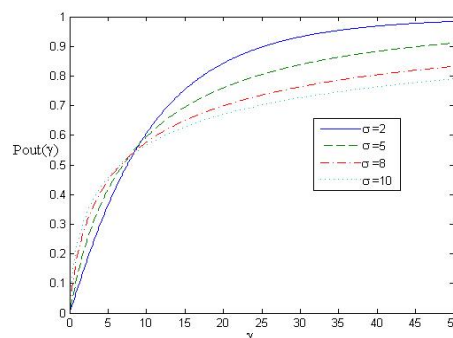


Sl. 3. Veličina fedinga $AF(\sigma, \mu)$ za $n = 1$

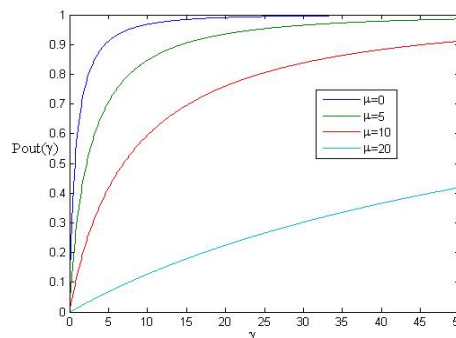
P_{out} se može prikazati u integralnom obliku:

$$P_{out} = \int_0^{\gamma_{th}} p_\gamma(\gamma) d\gamma \quad (10)$$

Na Sl. 4. i 5. prikazane su verovatnoće otkaza P_{out} za različite vrednosti feding parametara μ , σ i n .



Sl. 4. Verovatnoća otkaza P_{out} za $\mu = 10db$, $\sigma = 2,5,8,10db$, $n = 1$



Sl. 5. Verovatnoća otkaza P_{out} za $\mu = 0, 5, 10, 20 db$, $\sigma = 5db$, $n = 1$

III. MRC KOMBINOVANJE

Kombinovanje sa maksimalnim odnosom ili MRC diverziti tehnika je optimalna pri izboru tipa prijemnika, ali je najkompleksnija i zahteva poznavanje svih feding parametara u svim kanalima, tako da je u nekim primanama povoljnije koristiti druge diverziti tehnike za prevazilaženje fedinga.

Ukupni SNR na izlazu iz MRC kombinera γ_{MRC} je [9]:

$$\gamma_{MRC} = \sum_{l=1}^L \gamma_l \quad (11)$$

gde je L broj grana. U slučaju MRC kombinera sa dve grane važi:

$$\gamma_{MRC} = \gamma_1 + \gamma_2 \quad (12)$$

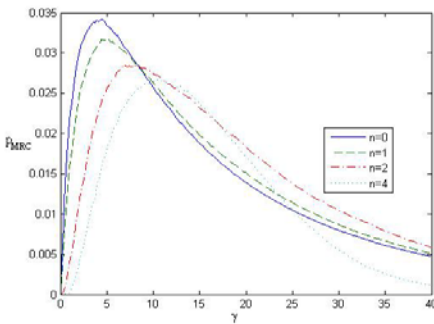
Gustina raspodele verovatnoće sume prve i druge grane se može napisati u obliku:

$$p_{\gamma_{MRC}}(\gamma_{MRC}) = \int_0^{\gamma_{MRC}} p_{\gamma_2}(\gamma_{MRC} - \gamma_1) p_{\gamma_1}(\gamma_1) d\gamma_1 \quad (13)$$

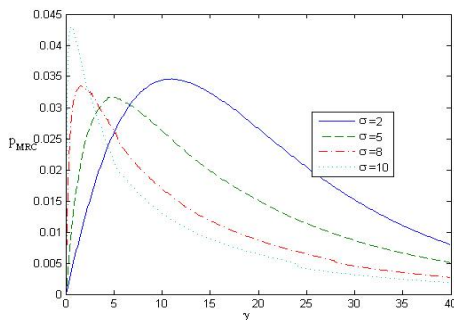
Zamenom (4) u (13), $p_{\gamma_{MRC}}(\gamma_{MRC})$ se može dobiti u obliku:

$$p_{\gamma_{MRC}}(\gamma_{MRC}) = \int_0^{\gamma_{MRC}} \int_0^{\infty} I_0 \left(2n_2 \sqrt{\frac{(1+n_2^2)(\gamma_{MRC}-\gamma_1)}{\Omega_2}} \right) \times \left\{ \frac{\xi}{\sqrt{2\pi\sigma_2\Omega_2}} \exp \left[-\frac{(10\log_{10}\Omega_2 - \mu_2)^2}{2\sigma_2^2} \right] \right\} \cdot \left[\frac{(1+n_2^2)e^{-n_2^2}}{\Omega_2} \exp \left(-\frac{(1+n_2^2)(\gamma_{MRC}-\gamma_1)}{\Omega_2} \right) \right] \cdot \int_0^{\infty} I_0 \left(2n_1 \sqrt{\frac{(1+n_1^2)\gamma_1}{\Omega_1}} \right) \times \left\{ \frac{\xi}{\sqrt{2\pi\sigma_1\Omega_1}} \exp \left[-\frac{(10\log_{10}\Omega_1 - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2} \right] \right\} \cdot \left[\frac{(1+n_1^2)e^{-n_1^2}}{\Omega_1} \exp \left(-\frac{(1+n_1^2)\gamma_1}{\Omega_1} \right) \right] d\Omega_1 d\gamma_1 \quad (14)$$

$p_{\gamma_{MRC}}(\gamma_{MRC})$ se ne može dobiti u prostom, zatvorenom obliku, jer je izraz (14) previše kompleksan za odgovarajuću sistemsku analizu. Ova funkcija gustine raspodele se može numerički izračunati upotrebom matematičkih softverskih paketa (Matlab, Mathematica) i prikazan je, za različite vrednosti parametara na Sl. 6. i 7.



Sl. 6. Funkcija gustine raspodele $p_{\gamma_{MRC}}(\gamma_{MRC})$ za $\mu=10\text{db}$, $\sigma=5\text{db}$, $n=0,1,2,4$



Sl. 7. Funkcija gustine raspodele $p_{\gamma_{MRC}}(\gamma_{MRC})$

$$\text{za } \mu=10\text{db}, \sigma=2,5,8,10\text{db}, n=1$$

N -ti moment od γ_{MRC} se može prikazati u obliku [4]:

$$E[\gamma_{MRC}^n] = E[(\gamma_1 + \gamma_2)^n] \quad (15)$$

Upotrebom binomne raspodele prethodni izraz se može napisati kao:

$$E[\gamma_{MRC}^n] = E \left[\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \gamma_1^k \gamma_2^{n-k} \right] = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} E[\gamma_1^k \gamma_2^{n-k}] \quad (16)$$

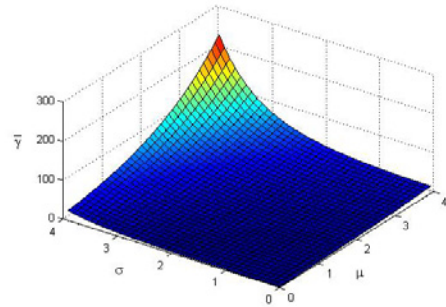
Ukupni SNR na izlazu iz MRC prijemnika sa dve grane $\bar{\gamma}_{MRC}$ je dat sa:

$$\bar{\gamma}_{MRC} = E[\gamma_{MRC}^1] = E[\gamma_1 + \gamma_2] \quad (17)$$

Drugi moment od γ_{MRC} je dat kao

$$E[\gamma_{MRC}^2] = E[\gamma_1^2 + 2\gamma_1\gamma_2 + \gamma_2^2] \quad (18)$$

Na Sl. 8. je dato $\bar{\gamma}$ u zavisnosti od parametara μ i σ . Za $\mu=10\text{db}$ i $\sigma=5\text{db}$ $\bar{\gamma}_{MRC}(m)=38.802$ i ne zavisi od parametra n .

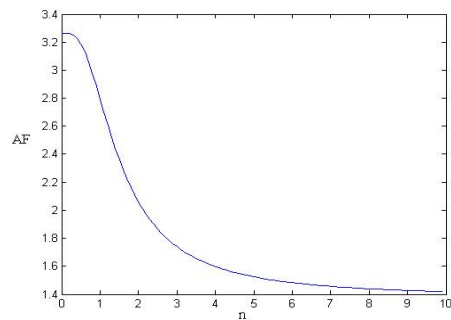


Sl. 8. SNR na izlazu iz MRC prijemnika $\bar{\gamma}_{MRC}(\sigma, \mu)$ za $n=1$

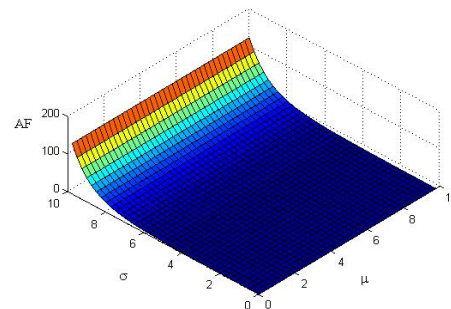
Veličina fedinga AF_{MRC} je :

$$AF_{MRC} = \frac{E[\gamma_{MRC}^2]}{(E[\gamma_{MRC}])^2} - 1 = \frac{E[\gamma_1^2 + 2\gamma_1\gamma_2 + \gamma_2^2]}{(E[\gamma_1 + \gamma_2])^2} - 1 \quad (19)$$

Na Sl. 9. i 10. date su vrednosti veličine fedinga AF_{MRC} za različite parametre raspodele.



Sl. 9. Veličina fedinga $AF_{MRC}(n)$ za $\mu=10\text{db}$, $\sigma=5\text{db}$



Sl. 10. Veličina fedinga $AF_{MRC}(\mu, \sigma)$ za $n=1$

Verovatnoća otkaza prijema P_{out}^{MRC} MRC prijemnika sa dve grane odgovara verovatnoći da γ_{MRC} padne ispod unapred određenog praga γ_{th} :

$$P_{out}^{MRC} = P[\gamma_{MRC} = \gamma_1 + \gamma_2 \leq \gamma_{th}] \quad (20)$$

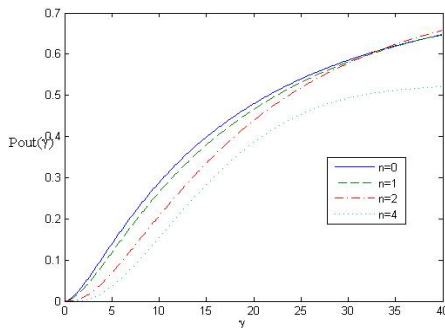
P_{out}^{MRC} se može prikazati u integralnom obliku:

$$P_{out}^{MRC} = \int_0^{\gamma_{th}} p_{\gamma_{MRC}}(\gamma_{MRC}) d\gamma_{MRC} \quad (21)$$

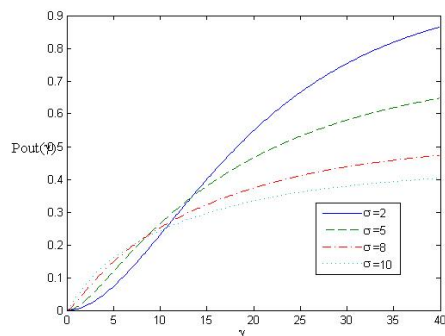
Zamenom (14) u (20) P_{out}^{MRC} se može napisati kao:

$$P_{out}^{MRC} = \int_0^{\gamma_{th}} \int_0^{\gamma_{MRC}} \int_0^{\infty} I_0 \left(2n_2 \sqrt{\frac{(1+n_2^2)(\gamma_{MRC}-\gamma_1)}{\Omega_2}} \right) \times \left\{ \frac{\xi}{\sqrt{2\pi}\sigma_2\Omega_2} \exp \left[-\frac{(10\log_{10}\Omega_2 - \mu_2)^2}{2\sigma_2^2} \right] \right\} d\Omega_2 \cdot \left[\frac{(1+n_1^2)e^{-n_1^2}}{\Omega_1} \exp \left(-\frac{(1+n_1^2)\gamma_1}{\Omega_1} \right) \cdot \int_0^{\infty} I_0 \left(2n_1 \sqrt{\frac{(1+n_1^2)\gamma_1}{\Omega_1}} \right) \times \left\{ \frac{\xi}{\sqrt{2\pi}\sigma_1\Omega_1} \exp \left[-\frac{(10\log_{10}\Omega_1 - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2} \right] \right\} d\Omega_1 \right] d\gamma_1 d\gamma_{MRC} \quad (22)$$

Na Sl. 11. i 12. prikazane su verovatnoće otkaza P_{out} za različite vrednosti feding parametara μ , σ i n .



Sl. 11. Verovatnoća otkaza P_{out}^{MRC} za $\mu_i=10\text{db}$, $\sigma=5\text{db}$, $n_i=0,1,2,4$



Sl. 12. Verovatnoća otkaza P_{out}^{MRC} za $\mu_i=10\text{db}$, $\sigma_i=2,5,8,10\text{db}$, $n_i=1$

U ovom radu predstavljene su karakteristike telekomunikacionih prenosnih sistema kod kojih je primenjena MRC diverzitetna tehnika za smanjenje uticaja fedinga pri prenosu signala po dva nekorelisana kanala. Kanali su modelovani kao kanali sa kombinacijom Rajsovog i log-normalnog fedinga. Izrazi za gustinu raspodele odnosa signal-šum, količinu fedinga i verovatnoću otkaza izvedeni su u formi višestrukog integrala koji su zatim numerički izračunati i grafički predstavljeni za izabrane vrednosti parametara raspodele.

LITERATURA

- [1] Norihiko Morinaga, Ryuji Kohno, Seiichi Sampei, "Wireless communication technologies: new multimedia systems", Kluwer Academic publisher, New York, 2002.W.K. Chen, *Book style*. Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 1-15.
- [2] Petar Nikolić, Dragana Krstić, Mihajlo Stefanović, Samir Koničanin, Zoran Milić, "Dual diverzitetni sistemi u prisustvu Log-Normalnog i Rejljevog fedinga", zbornik radova konferencije *XIV TELEKOMUNIKACIONI FORUM TELFOR 2006*, Beograd, 21-23. novembar 2006.
- [3] Petar Nikolić, Dragana Krstić, "MRC diversity systems in the presence of Log-Normal and Nakagami-m fading", Proceedings ISBN-10: 954-9518-37-X and ISBN-13: 978-954-9518-37-5, *XLI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies- ICEST 2006*, 29th june-01st july 2006, Sofia, Bulgaria
- [4] Marvin K.Simon, Mohamed-Slim Alouni, "Digital Communication over Fading Channels", New York, 2000.
- [5] Mohamed-Slim Alouni, Marvin K.Simon, "Dual Diversity over correlated Log-normal Fading Channels", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 50, pp.1946-1959, Dec 2002.
- [6] Mihajlo Stefanović, "Detekcija signala u belom i obojenom Gausovom šumu", Elektronski fakultet, Niš, 1999.
- [7] M. S. Alouni, M. K.Simon, "Outage probability of dual branch diversity over correlated lognormal fading chanel", 5th Nordic Signal Processing Sympo, Tromso-Trondheim, Norway, Oct. 2002.
- [8] Jianxia Luo, James R. Zeidle, "Performance Analysis of Compact Antenna Arrays with MRC in Correlated Nakagami Fading Channels", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 50, pp.267-277, Jan 2001.
- [9] M. S. Alouni, M. K.Simon, "Outage probality of dual branch diversity over correlated lognormal fading chanel", 5th Nordic Signal Processing Sympo, Tromso-Trondheim, Norway, Oct. 2002.

ABSTRACT

The performance of MRC dual diversity combining communication systems is described in this paper. MRC combining diversity method is used over two uncorrelated branches. The composite of Rajs and Log-normal fading is presented in a communication link. Probability density function of SNR, Amount of fading and Outage probability are derived in the form of multiple integrals. The system model is shown and performance measurements of the system are numerically calculated and graphically represented for appropriate values of the distribution factors.

MRC DUAL DIVERSITY SYSTEMS IN THE PRESENCE OF RICE AND LOG-NORMAL FADING

Dragana Krstić, Petar Nikolić, Suad Šuljević, Srdjan Jovković, Vasko Todosijević