

STATISTIKA SLOŽENOG EGC MAKRO-DIVERZITI SISTEMA STATISTICS OF THE COMPLEX EGC MACRO-DIVERSITY SYSTEM

Borivoje Milošević, Srđan Jovković, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš*
Danijela Manić, *Elektronski fakultet, Niš*

Sadržaj - U ovom radu je posmatran složeni diverziti sistem sa EGC kombinerom. Ovaj sistem je napravljen od dva mikro diverziti sistema. Izračunate su performanse diverziti sistema u prisustvu Rejljevog fedinga. Izložena je funkcija gustine verovatnoće na izlazu iz EGC kombinera.

Abstract - In this paper the complex macro diversity system with EGC combiner is considered. This system is made from two micro diversity systems. The performance of the diversity system in presence of Rayleigh Fading channel is determined. Probability density function on the output of EGC combiner is evaluated.

1. UVOD

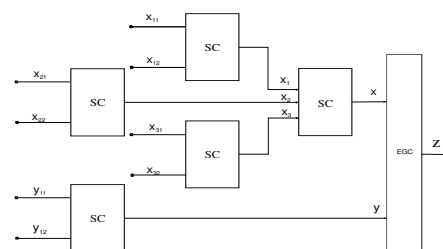
Predmet istraživanja u ovom radu su uticaji različitih smetnji u sistemima za prenos digitalnih signala. Pri prostiranju signala kroz slobodni prostor, snaga signala na ulazu prijemnika nije stalna veličina, tako da u pojedinim trenucima dolazi do delimičnog ili čak i potpunog isčezavanja korisnog signala. Sem slučajnih promena anvelope prijemnog signala, prisutne su i slučajne promene faze signala, što je takođe od suštinskog značaja za performanse sistema. U zavisnosti od uslova prisutnih u posmatranom kanalu, funkcije gustine raspodele verovatnoća anvelope signala koji se detektuje mogu imati različite oblike, to jest, postoje različite vrste fedinga i modeli za njihovo opisivanje. Primena konkretnog modela uslovljena je specifičnostima propagacionog okruženja. Rejljev model [2] kanala koristi se u situacijama kada ne postoji direktna linija optičke vidljivosti (LOS – Line of Sight) između predajnika i prijemnika, što je tipično za urbana okruženja. U međugradskim zonama i prigradskim oblastima predložen je Rajsov model, koji uključuje postojanje LOS komponente. Variranja trenutne snage primljenog signala u urbanim sredinama mogu se dosta dobro opisati i Nakagami- m raspodelom, koja u izvesnom smislu predstavlja uopštavanje Rejljevog i Rajsovog modela [1], pošto se za odgovarajući izbor parametara svodi na Rejljev, odnosno Rajsov model. Vejbulov model daje dosta dobre rezultate prilikom propagacije u urbanim sredinama, što je od posebnog značaja u situacijama kada Rejljev model ne daje zadovoljavajuće rezultate.

Zemaljski telekomunikacioni kanali su zapravo “kanali sa fedingom”, gde feding predstavlja jednu od dominantnih smetnji koja značajno utiče na njihove karakteristike i ograničava ih. Da bi verovatnoća greške u kanalu sa fedingom bila manja ili jednaka unapred zadatoj vrednosti, potrebno je da snaga predajnika bude znatno veća od one koja se pri istim ostalim uslovima zahteva u kanalu bez fedinga. To se naravno kosi sa osnovnim uslovima za projektovanje telekomunikacionih kanala, pa se onda pristupa tehnikama koje će ove nedostatke svesti na minimum.

U okviru toga, primenjuju se različite kombinacije gore opisanih modela i tehnika, kako bi se utvrdilo koja od njih i u kojim uslovima daje najbolje rezultate.

2. STATISTIČKE KARAKTERISTIKE SIGNALA

U ovom radu se razmatra složeni EGC makro diverziti sistem [11]. Ovaj sistem sastoji se od dva SC mikro diverziti sistema čiji su izlazi x i y priključeni na ulaz u makro diverziti sistem. Prvi SC mikro diverziti sistem, sa tri ulaza x_1, x_2 i x_3 , čiji je izlaz x priključen na makro EGC diverziti sistem, slika 1, sadržan je od tri submikro diverziti sistema. Svaki submikro diverziti sistem sadrži po dva ulaza. Isti korisni signal se pojavljuje na svim ulazima svih mikro diverziti sistema. Makro diverziti sistemi koriste se za potiskivanje efekta senke, a mikro diverziti sistemi služe za potiskivanje brzog fedinga. Na ulazima u mikro diverziti sistem prisutan je Rejljev feding. Zbog efekta senke pojavljuje se spori feding koji ima uticaja na snage signala na ulazima u mikro diverziti sisteme. Snage signala su zbog ovoga promenljive i imaju log - normalnu gustinu verovatnoće [8]. Prvo su izračunate gustine verovatnoće signala na izlazima iz SC mikro kombinera. Mikro kombineri vrše selektivno kombinovanje odnosno izdvajaju signal sa ulaza koji je najveći. Submikro kombiner propušta onaj signal sa njegovog ulaza čiji je mikro kombiner sa najvećom snagom na ulazu u tom trenutku. Signali na ulazu u makro kombiner se sabiraju. Gustina verovatnoće signala na izlazu iz sistema jednaka je konvolucionoj gustini verovatnoće signala na ulazu u makro kombiner. Pomoću ove gustine verovatnoće signala mogu se dobiti i ostale statističke karakteristike signala na izlazu iz makro kombinera. Ovakav složeni makro kombiner može se formirati u većim ćelijskim jedinicama. Jedan mikro diverziti sistem je udaljen i vezuje se direktno na makro diverziti kombiner. Tri mikro diverziti sistema su blizu i mogu formirati submikro diverziti sistem čiji se izlaz spaja sa ulazom u makro diverziti kombiner.



Slika 1

Gustine verovatnoća signala $x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, x_{31}, x_{32}$ su :

$$\begin{aligned}
 P_{x_{11}}(x_{11}) &= \left(\frac{x_{11}}{\Omega_1} \right) e^{-\frac{x_{11}^2}{2\Omega_1^2}} \\
 P_{x_{12}}(x_{12}) &= \left(\frac{x_{12}}{\Omega_1} \right) e^{-\frac{x_{12}^2}{2\Omega_1^2}} \\
 P_{x_{21}}(x_{21}) &= \left(\frac{x_{21}}{\Omega_2} \right) e^{-\frac{x_{21}^2}{2\Omega_2^2}} \\
 P_{x_{22}}(x_{22}) &= \left(\frac{x_{22}}{\Omega_2} \right) e^{-\frac{x_{22}^2}{2\Omega_2^2}} \\
 P_{x_{31}}(x_{31}) &= \left(\frac{x_{31}}{\Omega_3} \right) e^{-\frac{x_{31}^2}{2\Omega_3^2}} \\
 P_{x_{32}}(x_{32}) &= \left(\frac{x_{32}}{\Omega_3} \right) e^{-\frac{x_{32}^2}{2\Omega_3^2}}
 \end{aligned} \dots\dots\dots(1)$$

Gustine verovatnoća signala y_{11} i y_{12} su :

$$\begin{aligned}
 P_{y_{11}}(y_{11}) &= \left(\frac{y_{11}}{\Omega_4} \right) e^{-\frac{y_{11}^2}{2\Omega_4^2}} \\
 P_{y_{12}}(y_{12}) &= \left(\frac{y_{12}}{\Omega_4} \right) e^{-\frac{y_{12}^2}{2\Omega_4^2}}
 \end{aligned} \dots\dots\dots(2)$$

Uslovne gustine verovatnoća signala x_1, x_2, x_3 i y su :

$$\begin{aligned}
 P_{x_1}(x_1 / \Omega_1) &= P_{x_{11}}(x_1)F_{x_{12}}(x_1) + P_{x_{12}}(x_1)F_{x_{11}}(x_1) \\
 P_{x_2}(x_2 / \Omega_2) &= P_{x_{21}}(x_2)F_{x_{22}}(x_2) + P_{x_{22}}(x_2)F_{x_{21}}(x_2) \\
 P_{x_3}(x_3 / \Omega_3) &= P_{x_{31}}(x_3)F_{x_{32}}(x_3) + P_{x_{32}}(x_3)F_{x_{31}}(x_3) \\
 P_y(y / \Omega_4) &= P_{y_{11}}(y)F_{y_{12}}(y) + P_{y_{12}}(y)F_{y_{11}}(y)
 \end{aligned} \dots\dots(3)$$

Na osnovu ovoga dobijamo:

$$\begin{aligned}
 P_{x_1}(x_1 / \Omega_1) &= \left(\frac{x_{11}}{\Omega_1} \right) e^{-\frac{x_{11}^2}{2\Omega_1^2}} F_{x_{12}}(x_1) + \\
 &+ \left(\frac{x_{12}}{\Omega_1} \right) e^{-\frac{x_{12}^2}{2\Omega_1^2}} F_{x_{11}}(x_1) \\
 P_{x_2}(x_2 / \Omega_2) &= \left(\frac{x_{21}}{\Omega_2} \right) e^{-\frac{x_{21}^2}{2\Omega_2^2}} F_{x_{22}}(x_2) + \\
 &+ \left(\frac{x_{22}}{\Omega_2} \right) e^{-\frac{x_{22}^2}{2\Omega_2^2}} F_{x_{12}}(x_2) \\
 P_{x_3}(x_3 / \Omega_3) &= \left(\frac{x_{31}}{\Omega_3} \right) e^{-\frac{x_{31}^2}{2\Omega_3^2}} F_{x_{32}}(x_3) + \\
 &+ \left(\frac{x_{32}}{\Omega_3} \right) e^{-\frac{x_{32}^2}{2\Omega_3^2}} F_{x_{31}}(x_3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_y(y / \Omega_4) &= \left(\frac{y_{11}}{\Omega_4} \right) e^{-\frac{y_{11}^2}{2\Omega_4^2}} F_{y_{12}}(y) + \\
 &+ \left(\frac{y_{12}}{\Omega_4} \right) e^{-\frac{y_{12}^2}{2\Omega_4^2}} F_{y_{11}}(y)
 \end{aligned} \dots\dots(4)$$

Gustina verovatnoće signala x na izlazu je

$$\begin{aligned}
 P_x(x) &= \int_0^\infty d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_3 P_{\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3}(\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3) P_{x_1}(x / \Omega_1) + \\
 &+ \int_0^\infty d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_3 P_{\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3}(\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3) P_{x_2}(x / \Omega_2) + \\
 &+ \int_0^\infty d\Omega_3 \int_0^{\Omega_3} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_3} d\Omega_2 P_{\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3}(\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3) P_{x_3}(x / \Omega_3)
 \end{aligned} \dots\dots\dots(5)$$

Kada se izvrši zamena iz formula (4) u formule (5) dobijamo konačan izraz za uslovnu gustinu verovatnoće na izlazu x :

$$\begin{aligned}
P_x(x) &= \int_0^\infty d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_3 P_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3) \\
&\left(\frac{x_{11}}{\Omega_1} \right) e^{-\frac{x_{11}^2}{2\Omega_1^2}} Fx_{12}(x_1) + \left(\frac{x_{12}}{\Omega_1} \right) e^{-\frac{x_{12}^2}{2\Omega_1^2}} Fx_{11}(x_1) + \\
&+ \int_0^\infty d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_3 P_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3) \\
&\left(\frac{x_{21}}{\Omega_2} \right) e^{-\frac{x_{21}^2}{2\Omega_2^2}} Fx_{22}(x_2) + \left(\frac{x_{22}}{\Omega_2} \right) e^{-\frac{x_{22}^2}{2\Omega_2^2}} Fx_{12}(x_2) + \\
&+ \int_0^\infty d\Omega_3 \int_0^{\Omega_3} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_3} d\Omega_2 P_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3) \\
&\left(\frac{x_{31}}{\Omega_3} \right) e^{-\frac{x_{31}^2}{2\Omega_3^2}} Fx_{32}(x_3) + \left(\frac{x_{32}}{\Omega_3} \right) e^{-\frac{x_{32}^2}{2\Omega_3^2}} Fx_{32}(x_3)
\end{aligned}$$

.....(6)

Signal z je

$$z=x+y \text{ odnosno } x=z-y \text{.....(7)}$$

Konačno, gustina verovatnoće signala z na izlazu iz makro EGC diverziti kombinera je

$$P_z(\Omega) = \int_0^z P_x(z-y)P_y(y) \text{.....(8)}$$

Pomoću gustine verovatnoće signala z na izlazu iz makro EGC diverziti sistema, može se odrediti karakteristična funkcija sistema, kumulativna verovatnoća sistema i momenti sistema. Od momenata sistema, za razmatranje su važni: srednja vrednost signala, srednja kvadratna vrednost signala i varijansa signala. Takođe, na osnovu ovih rezultata, može se odrediti verovatnoća greške koherentnog telekomunikacionog sistema, verovatnoća greške nekoherentnog telekomunikacionog sistema i verovatnoća greške sistema kod koga je signal kvadraturno modulisan. Može se odrediti kapacitet kanala, verovatnoća otkaza sistema i srednje vreme trajanja otkaza.

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu je razmatran makro EGC diverziti sistem sa dva manja SC mikro diverziti sistema. Prvi mikro diverziti sistem ima tri submikro SC diverziti grane sa po dva ulaza. Oni su u korelaciji sa makro EGC diverziti sistemom. Drugi mikro diverziti sistem je udaljen i ima direktan ulaz na makro kombiner. Znači, posmatran je složen diverziti sistem, i izračunata je gustina verovatnoće signala z na njegovom izlazu. Na ulazima u SC mikro kombinere prisutan je Rejljev feding. U ovom radu i konkretno za pomenuti model je izvedena funkcije gustine verovatnoće signala na osnovu koje se mogu odrediti verovatnoća greške sistema i verovatnoća otkaza sistema.

LITERATURA

- [1] M. K. Simon and M.-S. Alouini, "A unified approach to the performance analysis of digital communications over generalized fading channels," IEEE Proc., vol. 86, no. 9, September 1998, pp. 1860–1877.
- [2] J. G. Proakis, *Digital Communications*, 3rd ed. New York, NY: McGraw-Hill, 1995.
- [3] Marvin K.Simon, Mohamed-Slim Alouni, *Digital Communication over Fading Channels*, New York, 2000.
- [4] M. J. Ho and G. L. Stuber, "Co-channel interference of microcellular systems on shadowed Nakagami fading channels," Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC'93), Secaucus, NJ, May 1993, pp. 568–571.
- [5] J.W. Craig, "A new simple and exact result for calculating the probability of error for two-dimensional signal constellations" IEEE MILCOM'91 Conf. Rec., Boston, MA, pp. 25.5.1–25.5.5
- [6] M. K. Simon, S. M. Hinedi, and W. C. Lindsey, *Digital Communication Techniques - Signal Design and Detection*. Englewood Cliffs, NJ: PTR Prentice-Hall, 1995.
- [7] G.L.Stuber, *Principles of Mobile Communications*, Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [8] M. S. Alouni, M. K.Simon, "Outage probability of dual branch diversity over correlated lognormal fading channels", *5th Nordic Signal Processing Symo*, Tromso-Trondheim, Norway, Oct. 2002.
- [9] M. Stefanović, D. Milović, A. Mitić, M. Jakovljević, "Performance Analysis with Selection Combining over Correlated Weibull Fading Channel in the Presence of Cochannel Interference," *International Journal (AEU) (2007)*, doi : 10.1016/j.aeue.2007.09.006
- [10] Borivoje Milošević, Zachos Georgios, Petar Spalević, Dragan Radenković, "MAKRO DIVERZITI SISTEM KOJI ČINE DVA MIKRO DIVERZITI SISTEMA SA PRIJEMNICIMA ZA DEMODULACIJU BINARNOG FSK SIGNALA", INFOTEH, Jahorina, 2009.god.
- [11] Borivoje Milosevic, Jovkovic Srdjan, Todosijevic Vasko, "DIVERSITY BFSK SYSTEM WITH L BRANCHES", UNITECH 2007, Gabrovo, Bulgaria.
- [12] Borivoje Milošević, Zachos Georgios, Petar Spalević "SIGNAL STATISTICS ON THE OUTPUT FROM DIVERSITY MRC SYSTEM IN THE PRESENCE OF α-R FADING", UNITECH 2009, Gabrovo, Bulgaria.
- [13] Borivoje Milošević, Zachos Georgios, "MACRO DIVERSITY SYSTEM MADE OF TWO MICRO DIVERSITY L-BRANCH SYSTEMS WHERE α-R INDEPENDENT FADING IS PRESENT", UNITECH 2009, Gabrovo, Bulgaria.