

Vremenska disperzija UMTS propagacionog kanala

Irena D. Janković, Nataša J. Nešković, Aleksandar M. Nešković, Đorđe S. Paunović

Sadržaj — U ovom radu opisan je merni postupak realizovan pomoću UMTS specijalizovanog ROMES (Rohde&Schwarz) mernog sistema u cilju sprovođenja kvalitetne analize vremenske disperzije UMTS propagacionog kanala. Čitalac će biti upoznat sa procesom obrade mernih rezultata, kao i sa rezultatima merenja koji uključuju: srednje vreme i standardnu devijaciju vremenske disperzije UMTS propagacionog kanala, verovatnoću aktivnog angažovanja odgovarajućeg broja grana RAKE prijemnika, raspodelu kašnjenja maksimalne komponente signala, zavisnost maksimalnog kašnjenja *multipath* komponente signala koja je X[*dB*] manja po nivou od maksimalne komponente, kao i iznos normalizovane srednje snage *multipath* komponenti u zavisnosti od njihove vremenske disperzije.

Ključne reči - propagacioni kanal, RAKE, UMTS, vremenska disperzija.

I. UVOD

UMTS je 3G tehnologija koja obezbeđuje konekcije sa relativno velikim protocima (do 2Mb/s) kako bi se podržao veliki broj novih servisa, uključujući multimedijalne servise sa različitim QoS zahtevima. Komunikacionu vezu između mobilne stanice i 3G jezgra mreže obezbeđuje širokopojasna UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) radio pristupna mreža. UTRAN podržava FDD (Frequency Division Duplex) i TDD (Time Division Duplex) modove rada u okviru kojih se koristi WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) tehnika pristupa.

Širenje spektra u okviru WCDMA realizuje se u dva koraka. Primenom ortogonalnih (OVSF - Orthogonal Variable Spreading Factor) kodova sa promenljivim faktorom širenja obezbeđuju se različiti korisnički protoci. Pri tome, ponavljanje OVSF kodova obezbeđuje se primenom kodova za skremblovanje (SC - Scrambling Code), [1] i [2].

Sistem nodova B na *downlink*-u ne obezbeđuje ortogonalnost sekvenci za širenje (ortogonalnost zahteva emitovanje signala sa istog predajnika). Zbog toga, korisnički terminal prvo mora da identifikuje servisni nod B preko SC koda za skremblovanje (svakom nodu B u

sistemu odgovara jedinstven SC) i tek onda uz pomoć odgovarajuće OVSF sekvence izdvoji korisnu informaciju. Po pravilu, do prijemnika stiže više replika originalnog signala sa istim SC, ali sa različitim kašnjenjima. Replike korisnog signala se identifikuju i kombinuju pomoću RAKE prijemnika. RAKE prijemnik se sastoji od više odvojenih grana (korelatora) od kojih svaka prima po jednu komponentu signala. U procesu skupljanja signala, svaka komponenta množi se sa odgovarajućom sekvencom za širenje (koja se posebno sinhroniše zavisno od kašnjenja svake pojedinačne komponente signala), a dobijene komponente se kombinuju. *Multipath* komponente, s obzirom na različite propagacione uslove u okviru kojih su signali manje ili više napadnuti *fading*-om, na ulaz u prijemnik stižu međusobno nekorelisane (odnosno, slabo korelisane). Kombinovanjem međusobno nekorelisanih signala koji nose istu informacionu poruku, poboljšavaju se kvalitet i performanse ukupnog primljenog signala u smislu *diversity* dobitka.

Cilj ovog rada bio je analiza vremenskog odziva UMTS propagacionog kanala na *downlink*-u s namerom da se odrede osnovni statistički parametri *multipath* komponenti koje stižu u širokopojasni UMTS prijemnik [3]. Takođe, na osnovu vremenskog odziva kanala može da se odredi optimalna struktura RAKE prijemnika (potreban broj grana, način kombinovanja i sl.).

S namerom da se analiziraju osnovni statistički parametri širokopojasnog WCDMA kanala izvršena su intenzivna merenja na realnom UMTS sistemu u okviru koga su svi nodovi B realizovani korišćenjem samo jednog UMTS FDD kanala. Opis mernog sistema i merna metodologija razmotreni su u drugom poglavlju. Poglavlje tri daje detaljan opis postupka analize mernih rezultata i prikazuje dobijene rezultate. U okviru poglavlja četiri izložen je kratak zaključak koji ističe značaj realizovanih merenja i do sada prikupljenih rezultata uz poseban osvrt na dalje korake.

II. MERNI METODOLOGIJA

U cilju sprovođenja kvalitetnih merenja vremenskog odziva širokopojasnog UMTS kanala korišćen je specijalizovani merni sistem ROMES (Rohde&Schwarz) [4]. Osnovu mernog sistema čini TSMU Radio Network Analyzer u okviru koga je za potrebe ovog rada korišćen moduo UMTS PN Scanner Driver koji može da meri i identifikuje UMTS *downlink multipath* komponente signala sa osetljivošću od -122dBm. Sinhronizacija uređaja visoke preciznosti (PPS) obezbeđena je GINA

I. Janković, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-64-5900012; faks: 381-11-3218399; e-mail: ajrin@etf.bg.ac.yu).

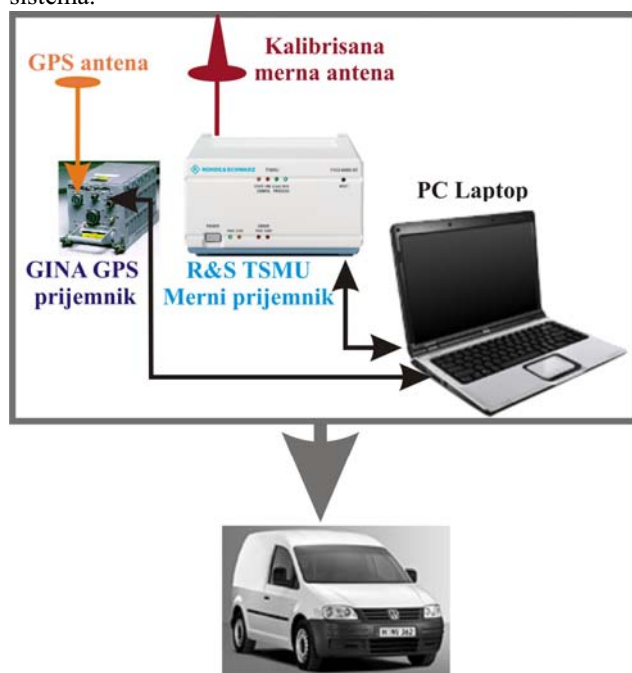
N.Nešković, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-64-1115982; faks: 381-11-3218399; e-mail: natasha@etf.bg.ac.yu).

A.Nešković, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-64-1115983; faks: 381-11-3218399; e-mail: neshko@etf.bg.ac.yu).

Đ.Paunović, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Srbija (telefon: 381-64-6100100; faks: 381-11-3218399; e-mail: paunovic@etf.bg.ac.yu).

GPS prijemnikom. Isti GPS prijemnik koristi se i za automatsko određivanje geografske pozicije mernog sistema. Prilikom merenja korišćen je tzv. *High Speed* režim merenja, sa periodom uzimanja odbiraka od 100ms, u okviru koga je moguće istovremeno paralelno vršiti merenja signala sa više nodova B. Ovako konfigurisani TSMU uređaj funkcioniše kao RAKE prijemnik sa 12 grana. ROMES softverska platforma instalirana na PC laptop računaru povezana je preko *FireWire* interfejsa sa mernim TSMU prijemnikom. U okviru ROMES platforme obezbeđeno je lako postavljanje ulaznih parametara, kontrolisano prikupljanje i smeštanje rezultata merenja (zajedno sa podacima o geografskoj poziciji) u datoteke radi naknadne obrade. Svi elementi mernog sistema mogu se napajati iz autonomnog izvora za napajanje (tj. akumulatora). Kompletan merni sistem smešten je u putnički automobil, pri čemu je omnidirekciona kalibrisana merna antena u formi četvrtalasnog dipola dobitka 2 dBi bila montirana na krovu vozila na visini od približno 1.5m iznad zemlje. Prilikom merenja održavana je približno konstantna brzina automobila, i to 35-40km/h. Ovako mala brzina kretanja je bila neophodna iz dva razloga: ① da bi se ostvarila zadovoljavajuća pouzdanost merenih rezultata, i ② da bi se ostvarilo precizno pozicioniranje merne platforme.

Na sl. 1 prikazana je blok šema korišćenog mernog sistema.



Sl. 1 - Blok šema korišćenog mernog sistema.

Kompletna merna procedura sprovedena je na CPICH (*Common Pilot Channel*) kanalu, koji se emituje kontinualno na teritoriji cele ćelije. CPICH ima fiksni protok od 30kb/s i nosi unapred određenu sekvencu bita na osnovu koje prijemnik određuje SC. Prijemnik razlikuje nodove B po različitim SC-ima. Signali koji sa istim SC stižu u prijemnik sa različitim vremenskim kašnjenjima potiču od istog noda B, ali do prijemnika dolaze različitim putanjama. Analizom rasporeda komponenti i njihovih nivoa obezbeđuju se informacije o reflektovanim komponentama. Prijemnik može da meri

paralelno do maksimalno osam CPICH kanala različitih ćelija. Pri tome, TSMU prijemnik automatski određuje grupu od 8 CPICH kanala sa najvišim nivoom signala (CPICH kanali u okviru grupe se automatski menjaju zavisno od lokacije). Merenja su vršena na CPICH kanalima koje emituju nodovi B (više stotina ćelija) mobilnog operatora TELEKOM Srbija (frekvencija nosioca na *dowlink*-u je 2127.6MHz).

Merenja za potrebe ovog rada sprovedena su u potpunosti na teritoriji grada Beograda u ukupnom trajanju od dva dana. Tom prilikom prikupljeno je preko 50 000 georeferenciranih profila vremenskih odziva UMTS kanala. Kao ilustracija, na sl. 2 dat je prikaz dela mernih putanja, kao i lokacija nodova B.



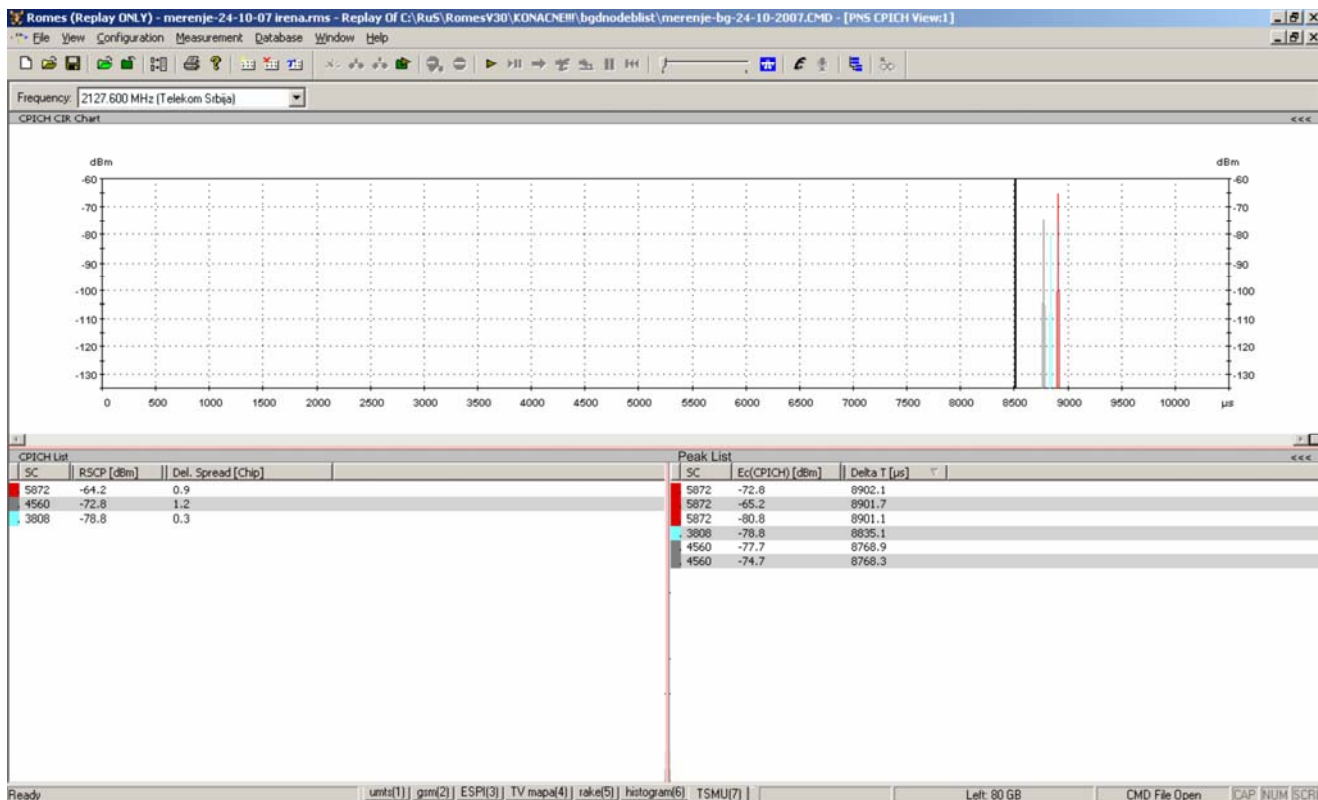
Sl. 2. - Prikaz dela mernih putanja realizovanih u okviru merne kampanje i lokacija nodova B.

III. REZULTATI MERENJA

A. Obrada rezultata

Prilikom obrade rezultata, korišćen je odgovarajući softverski prikaz rezultata mernog sistema, ROMES UMTS PNS CPICH *View*, čiji je izgled dat na sl. 3 [4]. Kao što se sa sl. 3 može uočiti, odmah ispod osnovne *toolbar* linije prozora, prikazana je UMTS *dowlink* merna frekvencija Telekoma (2127.6MHz), ispod koje je pozicioniran grafik zavisnosti prosečne snage primljenog CPICH signala. Grafik prikazuje detektovane nivoe CPICH signala u okviru jednog UMTS rama koji iznosi 10ms. CPICH signali različitih SC kodova prikazani su različitim bojama.

Ispod grafičkog prikaza, PNS CPICH *View* sadrži dve dodatne liste parametara: CPICH listu, sa leve strane, i *Peak* listu sa desne strane prozora. Parametri CPICH liste korišćeni u procesu obrade rezultata su: ① *SC*[dec] broj primarnog *scrambling* koda u formatu 16^*i , $i=0-511$, i ② *Del.Spread*[Chip], srednje kvadratna vrednost disperzije kašnjenja (pomnožena težinskim koeficijentima u iznosu snage $E_c(\text{CPICH})$). *Peak* lista parametara je imala značaj u okviru procesa obrade signala jer omogućava razlikovanje pojedinih *multipath* komponenti detektovanih CPICH signala, kao i njihovog kašnjenja.



Sl. 3. - Ilustracija *multipath* komponenti u okviru jednog UMTS rama ROMES UMTS PNS CPICH View-a.

Parametri *Peak* liste, korišćeni u okviru procesa obrade rezultata su: ① *SC*[dec], ② *Ec*[dBm], srednja snaga primljenog odbirka signala i ③ *Delta T*[μs], kašnjenje *multipath* komponente signala referenciranog u odnosu na sistemsko vreme. Poseban značaj prilikom analize rezultata merenja imala je i oznaka “---“, koja je ukazivala prilikom obrade signala na suviše slabe signale koje nije bilo moguće detektovati.

Prilikom utvrđivanja vremenskog kašnjenja *multipath* komponenti korišćena je činjenica da RAKE prijemnik TSMU uređaja poseduje 12 grana i rezoluciju vremenskog prozora koja iznosi 0.5[Chip]. Trajanje jednog UMTS *Chip*-a iznosi 0.2604μs.

B. Rezultati merenja

Vrednost osnovnog statističkog MED (“*Mean Excess Delay*”) parametra, koji predstavlja srednju vrednost disperzije signala, utvrđena je usrednjavanjem srednjih vrednosti dobijenih za sve grupe registrovanih *multipath* putanja prema formuli (1), [3], i iznosi 2.11[Chip], odnosno 0.55[μs].

$$\langle \tau \rangle = \left(\sum_{i=1}^N E_{ci} * \tau_i \right) / \sum_{i=1}^N p_i. \quad (1)$$

E_{ci}[W] - snaga *i*-te *multipath* komponente,
τ_i[Chip] - kašnjenje *i*-te *multipath* komponente

Maksimalni MED parametar, računat za pojedini snimljeni vremenski profil *multipath* komponente, iznosi 7.08[Chip], odnosno 1.84[μs].

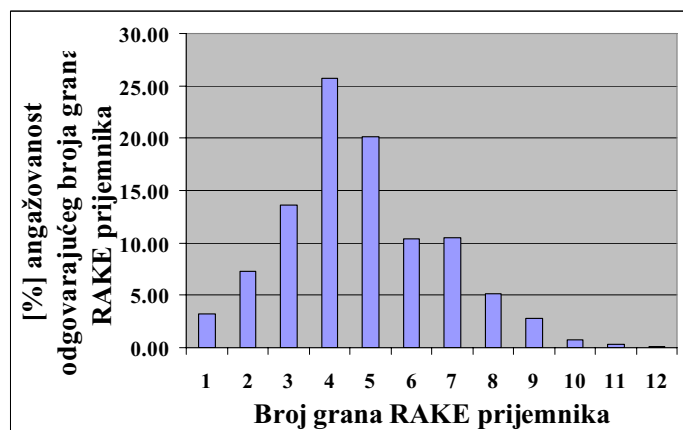
Vrednost srednje kvadratne vrednosti disperzije UMTS propagacionog kanala, kao jednog od najbitnijih pokazatelja širenja signala usled postojanja višestruke

propagacije određena je prema formuli (2) [3]:

$$\delta = \sqrt{\langle \tau * \tau \rangle - \langle \tau \rangle * \langle \tau \rangle}. \quad (2)$$

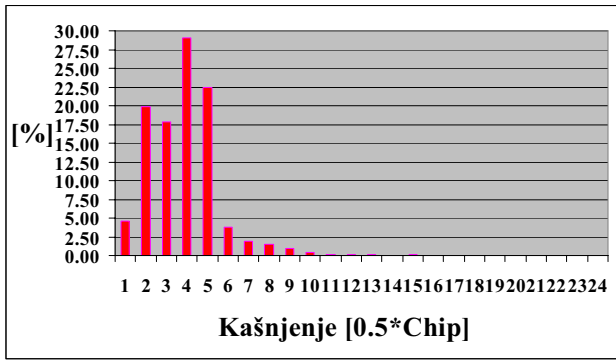
Prosečna vrednost standardne devijacije koja se dobija proračunom iznosi 0.81[Chip], dok maksimalna proračunata vrednost za pojedinačni snimljeni vremenski profil *multipath* komponente iznosi 4.8[Chip].

Analizom broja registrovanih odbiraka za različite SC kodove, svih vremenskih odziva zabeleženih tokom merne kampanje, utvrđena je procentualna angažovanost odgovarajućeg broja grana RAKE prijemnika potrebnih za njihovo registrovanje, koja je prikazana na sl. 4.



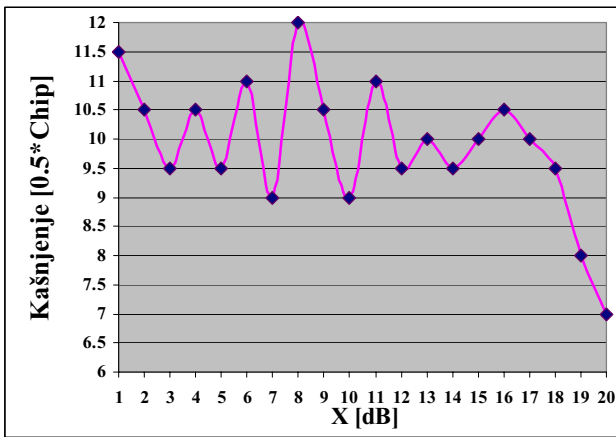
Sl. 4. - Verovatnoća angažovanosti odgovarajućeg broja grana RAKE prijemnika.

Sl. 5. prikazuje verovatnoću pojave *multipath* komponente najveće snage određenog kašnjenja u okviru RAKE prijemnika.



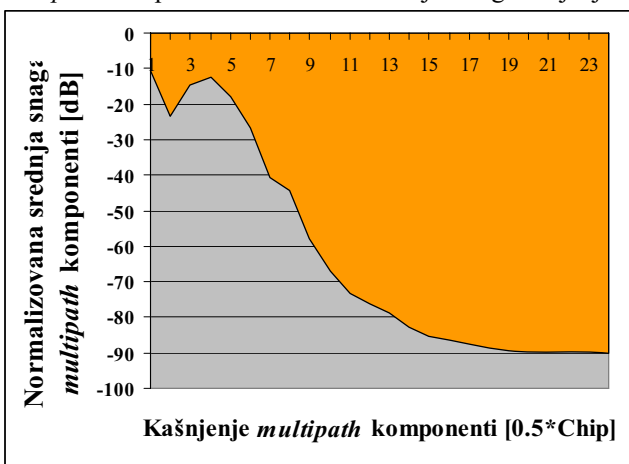
Sl. 5. - Verovatnoća pojave *multipath* komponente najveće snage određenog kašnjenja.

Sl. 6 prikazuje vrednosti MAXED (“*Maximum Excess Delay*“) statističkog parametra koji razmatra zavisnost maksimalnog kašnjenja *multipath* komponente signala koja je X[dB] manja po nivou od *multipath* komponente najveće snage. Razmatrane su vrednosti X[dB] koje pripadaju opsegu [1dB, 20dB] sa korakom od 1[dB].



Sl. 6. - Zavisnost maksimalnog kašnjenja *multipath* komponente X[dB] manje po nivou u odnosu na nivo *multipath* komponente najveće snage.

Sl. 7 prikazuje zavisnost normalizovane srednje snage *multipath* komponenti u zavisnosti od njihovog kašnjenja.



Sl. 7 - Normalizovana srednja snaga *multipath* komponenti u zavisnosti od njihovog kašnjenja.

IV. ZAKLJUČAK

U cilju određivanja vremenskog odziva UMTS kanala sprovedena su intenzivna merenja na teritoriji grada Beograda. Analizom dobijenih rezultata može se zaključiti da u najvećem broju slučajeva (preko 96%) signal na prijemu dominantno potiče od neke reflektovane, a ne od direktne komponente. Ovakav rezultat je logičan s obzirom na činjenicu da u UMTS sistemu mobilni prijemnik najčešće nema direktnu optičku vidljivost sa nodom B. Pri tome, u preko 50% slučajeva, dominantna *multipath* komponenta uočava se 4-5 čipova posle prve značajne komponente. Sa stanovišta strukture RAKE prijemnika dobijeni rezultati pokazuju da je u preko 99% slučajeva potrebno 9 grana RAKE prijemnika, dok je u preko 99.7% slučajeva potrebno 10 grana. To praktično znači da u realizaciji UMTS prijemnika nema potrebe primenjivati složenije RAKE prijemnike sa više grana.

Dalje smernice u radu odnose se na analizu trajanja (“života”) pojedinačnih *multipath* komponenti, ispitivanje prethodno izloženih rezultata u ruralnim uslovima, kreiranje odgovarajućih modela vremenskog odziva za različite sredine itd.

LITERATURA

- [1] Juha Korhonen “Introduction to 3G Mobile Communications”, 2nd ed., Artech House, Boston, London.
- [2] Jonathan P. Castro “The UMTS Network and Radio Access Technology: Air Interface Techniques for Future Mobile Systems”, Copyright © 2001 John Wiley & Sons Ltd, Ed. New York..
- [3] P.M.Shankar, “Introduction to Wireless Systems”, John Wiley&Sons, Ed. New York.
- [4] “R&S Cover Measurement System - Operating Manual version 3.6”, Vol. 1 and 2, Germany Rohde and Shwartz Test and Measurement Division.
- [5] D.C.Cox, “Time and frequency domain characterization of multipath propagation statistics at 910MHz in a suburban mobile environment,” *Radio Sci.*, vol. 7, no. 12, pp. 1069–1077, Dec. 1972.
- [6] D.C.Cox, “Correlation bandwidth and delay spread multipath propagation statistics for 910MHz urban mobile radio channels,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 23, no. 11, pp. 1271–1280, Nov. 1975.
- [7] H. Suzuki, “A statistical model for urban radio propagation,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-25, no. 7, pp. 673–680, July 1977.

ABSTRACT

This paper explains measurement campaign realized with specialized UMTS ROMES measurement system in order to achieve quality analysis of time dispersion of UMTS propagation channel. Reader will be also introduced to extensive data processing, so as with measurement results which include: mean delay time and standard deviation of time dispersion, probability of active usage of number of RAKE fingers, delay of maximum multipath signal, mean excess delay of time dispersion and mean normalized power dependence of time dispersion.

TIME DISPERSION OF UMTS PROPAGATION CHANNEL

Irena Jankovic, Natasa Neskovic, Aleksandar Neskovic, George Paunovic.