

ANALIZA KVALITETA RADA PRIMOPREDAJNIKA MOBILNIH GSM TERMINALA KORIŠĆENJEM MERNOG UREĐAJA ROHDE&SCHWARZ CMU200 QUALITY ANALYSIS OF GSM MOBILE TERMINALS' TRANSCEIVERS USING TEST DEVICE ROHDE&SCHWARZ CMU200

Majda Petrić, Aleksandra Petrović, Nataša Nešković, Aleksandar Nešković
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu

Sadržaj - Razvoj javnih mobilnih sistema doveo je do značajnog porasta broja mobilnih terminala, kao i do potrebe razvoja merne opreme i utvrđivanja procedura za njihovo testiranje. U okviru ovog rada biće predstavljene procedure i rezultati testiranja primopredajnika GSM mobilnih terminala korišćenjem mernog uređaja kompanije Rohde&Schwarz - CMU200, koji simulira baznu stanicu, odnosno GSM mrežu. Sa stanovišta mobilnog terminala kao predajnika, utvrđena je procedura testiranja: predajne snage (za različite zadate nivoe Power Control Level - PCL-a), vremenskog oblika burst-a, timing advance greške, parametara modulacije (fazna i frekvencijska greška), kao i izgleda spektra predajnog signala. Testiranje kvaliteta rada prijemnika mobilnih terminala izvršeno je ispitivanjem njihove linearnosti, frekvencijskog odziva i osetljivosti. Prilikom testiranja parametara predaje i prijema, merenje je izvršeno na više radio kanala, za sisteme GSM 900 i GSM 1800. Za sve kategorije merenja izvršena je uporedna analiza karakteristika određenog broja mobilnih terminala različitih modela i proizvođača, i njihovo poređenje sa odgovarajućim graničnim vrednostima propisanim standardom.

Abstract - Development of public mobile systems had led to the great increase in number of mobile terminals, and also to the necessity of developing measurement equipment and testing procedures. In this paper, we will demonstrate procedure and results of testing GSM mobile terminals' transceivers using test device Rohde&Schwarz - CMU200, which simulates base station of GSM network. From the standpoint of the mobile terminal as a transmitter, it was found procedure for testing: transmitted power (for different PCLs), time form of GSM burst, timing advance error, modulation parameters (phase and frequency error) and the spectrum of transmitted signal. Quality of mobile terminals' receivers was tested by measuring receiver linearity, frequency response and sensitivity. While testing quality parameters of transceivers, measurements were done on several radio channels, for both GSM 900 and GSM 1800 systems. Comparative analysis of the characteristics of several models of mobile terminals from different manufacturers was carried out for all categories of measurement, and the obtained results were compared with appropriate limit values defined by standard.

Ključne reči – GSM, merna procedura, testiranje, primopredajnik, mobilni terminal.

Key words– GSM, measurement procedure, testing, transceiver, mobile terminal.

1. UVOD

GSM (Global System for Mobile Communications) predstavlja drugu generaciju javnih mobilnih sistema, kod koje je uveden digitalni prenos signalizacije i korisničkog saobraćaja. Iako je GSM kao standard prvenstveno bio namenjen prenosu govornog saobraćaja, uvođenje digitalnog prenosa otvorilo je put ka prenosu podataka korišćenjem javnih mobilnih sistema. Uvođenje novih paketskih servisa i sve veći zahtevi korisnika po pitanju brzine prenosa doveli su do evolucije GSM standarda u 2.5G, 3G i 4G standarde. Međutim, iako je broj korisnika servisa novijih generacija u stalnom porastu, GSM sistem je iz ekonomskih razloga još uvek najzastupljeniji na svetskom tržištu i ima najveće teritorijalno pokrivanje.

Kontinualni rast broja korisnika javnih mobilnih sistema doveo je i do velikog razvoja industrije mobilnih terminala, a time i do potrebe razvoja merne opreme i utvrđivanja procedura za njihovo testiranje. U okviru ovog rada biće

predstavljena procedura testiranja primopredajnika mobilnih terminala korišćenjem mernog uređaja kompanije Rohde&Schwarz - CMU200.

Testiranje mobilnog terminala (MT) kao predajnika vrši se merenjem njegove predajne snage, kontrolom izgleda GSM burst-a u vremenskom domenu, merenjem nivoa spektralnih komponenti emitovanog GSM signala i testiranjem parametara GMSK modulacije. Snagu predajnika mobilnog terminala kontroliše bazna stanica (BS) preko mehanizma kontrole snage. BS zadaje određeni nivo snage na predaji, odnosno PCL nivo (Power Control Level), u zavisnosti od udaljenosti MT-a. Time se postiže da se transmisija vrši sa minimalnom potrebnom snagom za uspešno ostvarivanje komunikacije, čime se doprinosi smanjenju istokanalne interferencije u sistemu i produžava životni vek baterije. Predajnik MT-a emituje GSM signal u vidu burst-a u toku trajanja jednog vremenskog slot-a na dodeljenom radio kanalu. Kako bi se izbeglo ometanje drugih korisnika koji koriste susedne slotove na istom radio kanalu,

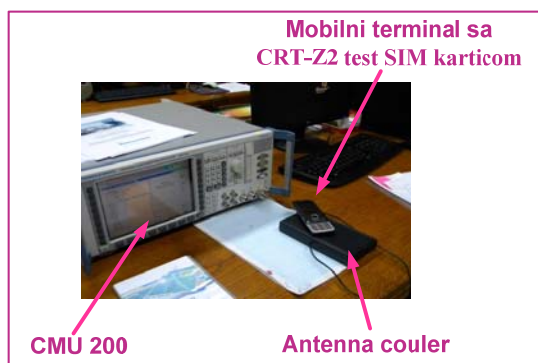
neophodno je da *burst* ima određeno trajanje i da je nivo signala u pojedinim vremenskim trenucima u toku trajanja *burst*-a u okviru granica definisanih za zadati PCL nivo. Bitno je ispitati i sinhronizovanost početka *burst*-a sa početkom vremenskog slot-a koji je dodeljen datom korisniku. Sinhronizacija se obavlja pomoću parametra *Timing Advance* (TA), koji BS saopštava MT-u u zavisnosti od njegove udaljenosti. Pored izgleda GSM signala u vremenskom domenu, neophodno je ispitati i njegov spektar, odnosno izmeriti nivoe spektralnih komponenti koje mogu stvoriti interferenciju na susjednim radio kanalima.

Testiranje mobilnog terminala kao prijemnika se vrši kroz ispitivanje njegove linearnosti, frekvencijskog odziva i osetljivosti.

Sa namerom da se izvrši analiza kvaliteta rada primopredajnika mobilnih GSM terminala različitih proizvođača izvršena su intenzivna merenja korišćenjem CMU200 kao simulatora bazne stanice GSM mreže. Opis mernog sistema i merna metodologija razmotreni su u drugom poglavlju. Poglavlja tri i četiri prikazuju rezultate testiranja predajnika i prijemnika GSM mobilnih terminala, respektivno. U okviru poglavlja pet izložen je zaključak o performansama primopredajnika testiranih mobilnih terminala.

2. MERNA METODOLOGIJA

U cilju testiranja kvaliteta rada primopredajnika GSM mobilnih terminala korišćen je specijalizovani merni sistem *Rohde&Schwarz* CMU200. CMU200 je namenjen testiranju 2G, 2.5G i 3G mobilnih terminala na fizičkom nivou. Za potrebe ovog rada korišćen je signalni mod uređaja CMU200, koji podrazumeva da postoji razmena signalnih poruka između njega i testiranog MT-a. Tada CMU200 simulira baznu stanicu nekog radio sistema, odnosno baznu stanicu GSM mreže u posmatranom slučaju, i istovremeno se ponaša i kao generator i kao analizator GSM signala. Korišćenje ovog moda podrazumeva da testirani MT može uspešno da izvrši sinhronizaciju i proceduru registrovanja u mreži simuliranoj od strane CMU200, zbog čega je testirani MT opremljen specijalnom test SIM karticom CRT-Z2. Radio link između simulirane bazne stanice i MT-a realizuje se korišćenjem antenskog *coupler*-a, koji u sebi sadrži polutalasni dipol i preko koga se ostvaruje sprega sa antenom mobilnog terminala koji se testira. Izgled korišćenog mernog sistema dat je na slici 1.



Slika 1: Prikaz korišćenog mernog sistema.

U okviru *Connection environment* radnog okruženja uređaja CMU200 omogućeno je upravljanje signalizacijom

između CMU200 i MT-a, konfigurisanje parametara GSM mreže koja se simulira i definisanje parametara GSM signala na *uplink*-u i *downlink*-u. Merenja se vrše u *Measurement environment* okruženju uređaja CMU200, pri čemu mora biti uspostavljen poziv između njega i MT-a.

Merni uređaj CMU200 se sastoji iz više modula, posebno specijalizovanih za testiranje snage (modul *Power*), merenje parametara modulacije (modul *Modulation*), analizu spektra (modul *Spectrum*) i testiranje prijemnika (modul *Receiver Quality*). Pomenuti moduli u potpunosti pokrivaju merenja o kojima će biti reči u nastavku rada.

Celokupna merna procedura sprovedena je u dva frekvencijska opsega, na 900 i 1800 MHz. Za oba opsega, sva merenja prilikom testiranja predajnika vršena su na 3 radio kanala (iz podopsega *low*, *mid* i *high*). Testiranje linearnosti i frekvencijskog odziva prijemnika vršeno je u oba opsega na 10 radio kanala, dok je ispitivanje osetljivosti vršeno samo na kanalima slobodnim sa stanovišta interferencije, odnosno na 3 radio kanala za sistem GSM900 i 5 radio kanala za sistem GSM1800. Za opseg 900 MHz merna procedura sprovedena je na 5 različitih modela mobilnih terminala: *Nokia* 6131, *Nokia* 7610S, *Samsung* 3310, *Sony Ericsson* K300i i *LG* BL20, a za opseg 1800 MHz na modelima *Nokia* 6131, *Nokia* 7610S, i *Samsung* 3310.

Procena kvaliteta rada primopredajnika MT-a vršena je upoređivanjem izmerenih vrednosti ispitivanih parametara sa graničnim vrednostima propisanim standardom GSM 05.05.

3. REZULTATI TESTIRANJA PREDAJNIKA

Po pitanju maksimalne predajne snage ispitivani MT-i pripadaju klasi 4 (33dBm) za opseg 900 MHz, odnosno klasi 1 (30dBm) za opseg 1800 MHz. Testiranje predajnika sa stanovišta snage emitovanog GSM signala vršeno je merenjem odstupanja predajne snage od zadatog PCL nivoa. Merenje je izvršeno na 100 emitovanih *burst*-ova za svaki pojedinačni PCL nivo koji podržava ispitivani MT, i to na 3 radio kanala. Za opseg 900 MHz merenje je obavljeno od 5-19 PCL nivoa (zadavana je snaga od 5-33dBm sa korakom od 2 dB, s obzirom da su svi mobilni terminali klase 4, PCL nivoi od 0 do 4 nisu podržani), a za opseg 1800 MHz od 0-15 PCL nivoa (zadavana je snaga od 0-30dBm sa korakom od 2dB). Maksimalna dozvoljena odstupanja snage predajnika od zadatog PCL nivoa za sistem GSM 900 iznose 3dB (5-15 PCL nivoa) i 5dB (16-19 PCL nivoa), a za GSM 1800 3dB (0-8 PCL nivoa), 4dB (9-13 PCL nivoa) i 5dB (14-15 PCL nivoa) [4].

U tabelama 1 i 2 date su vrednosti prosečnog odstupanja srednje i vršne snage predajnika ispitivanih MT-a od zadatog PCL nivoa, $RMS(P_{average}/PCL)$ error i $RMS(P_{peak}/PCL)$ error, za sisteme GSM900 i GSM1800, respektivno. Zbog obimnosti rezultata nisu prikazana odstupanja izmerena za svaki pojedinačni PCL nivo, već RMS (*Root Mean Square*) odstupanje dobijeno usrednjavanjem po PCL nivoima. Ipak, treba naglasiti da je kod svih testiranih MT-a prosečno odstupanje za svaki pojedinačni PCL nivo bilo u okviru granica propisanih GSM standardom. Na osnovu tabele 1 može se primetiti da se najmanje odstupanje snage od zadatog PCL nivoa javlja kod modela *Nokia* 7610 S, a najveće kod MT-a *Nokia* 6131. Za sistem GSM1800 može se primetiti poboljšanje performansi predajnika sa stanovišta emitovane snage, osim kod modela *Samsung* 3310.

U tabelama 1 i 2 prikazani su i rezultati analize izgleda emitovanog GSM *burst*-a u vremenskom domenu, u vidu parametara *Burst out of tolerance* i *RMS Timing Advance Error*. Merenje je izvršeno na 100 *burst*-ova za svaki PCL nivo koji podržava ispitivani MT, i to na 3 radio kanala. Parametar *Burst out of tolerance* predstavlja procenat emitovanih *burst*-ova čije je trajanje duže od dodeljenog vremenskog slota (577μs), odnosno nivo GSM signala u pojedinim trenucima u toku trajanja *burst*-a izlazi iz intervala dozvoljenih vrednosti definisanih za posmatrani PCL nivo

[4]. Parametar *RMS Timing Advance Error* predstavlja prosečno odstupanje početka *burst*-a od referentnog trenutka određenog zadatim TA parametrom, dobijeno kao RMS odstupanje usrednjavanjem po PCL nivoima. Na osnovu tabela 1 i 2, može se primetiti da je kod svih testiranih MT-a izgled emitovanih GSM *burst*-ova u skladu sa propisanim standardom. Najmanje odstupanje početka emitovanja od referentnog trenutka se javlja kod modela *Nokia 6131*, a najveće kod *Sony Ericsson K300i*. U slučaju rada u opsegu 1800 MHz sinhronizacija se poboljšava.

Tabela 1: Rezultati testiranja snage predajnika i vremenskog oblika GSM *burst*-a za sistem GSM 900.

	<i>RMS(P_{average}/PCL) error [dB]</i>	<i>RMS(P_{peak}/PCL) error [dB]</i>	<i>Bursts out of tolerance [%]</i>	<i>RMS Timing Advance Error [Symbol]</i>
Nokia 6131	2.33	2.09	0	0.14
Nokia 7610 S	0.41	0.31	0	0.35
Sony Ericsson K300i	2.15	1.98	0	0.53
Samsung 3310	1.43	1.27	0	0.42
LG BL20	0.75	0.66	0	0.34

Tabela 2: Rezultati testiranja snage predajnika i vremenskog oblika GSM *burst*-a za sistem GSM 1800.

	<i>RMS(P_{average}/PCL) error [dB]</i>	<i>RMS(P_{peak}/PCL) error [dB]</i>	<i>Bursts out of tolerance [%]</i>	<i>RMS Timing Advance Error [Symbol]</i>
Nokia 6131	0.85	0.87	0	0.18
Nokia 7610 S	0.27	0.3	0	0.24
Samsung 3310	2.38	2.20	0	0.09

Sa stanovišta procesa modulacije GSM signala, analiza kvaliteta rada predajnika testiranih MT-a izvršena je kroz merenje vršne vrednosti fazne greške, srednje vrednosti fazne greške i frekvencijske greške. Merenje je izvršeno na 100 *burst*-ova, na 3 referentna radio kanala. U tabelama 3 i 4 prikazane su dobijene prosečne srednje vrednosti (*Average*) i prosečne ekstremne vrednosti (*Extreme*) testiranih parametara za sisteme GSM900 i GSM1800. U okviru kolone *Limit* date su maksimalne dozvoljene vrednosti testiranih parametara definisane standardom GSM05.05 [4].

Može se primetiti da su prikazane vrednosti ispitivanih parametara modulacije u okviru granica propisanih standardom, ali da se prilikom rada u opsegu 1800 MHz pogoršavaju performanse predajnika.

Tabela 3: Prosečne srednje i ekstremne vrednosti fazne i frekvencijske greške - GSM900.

Nokia 6131	Limit	Average	Extreme
Vršna vrednost fazne greške	20°	2.93°	5.77°
Srednja vrednost fazne greške	5°	0.98°	1.33°
Frekvencijska greška	90 Hz	6.08 Hz	38.11 Hz
Nokia 7610 S	Limit	Average	Extreme
Vršna vrednost fazne greške	20°	2.13°	3.37°
Srednja vrednost fazne greške	5°	0.69°	0.9°
Frekvencijska greška	90 Hz	4.96 Hz	43.64 Hz
Sony Ericsson K300i	Limit	Average	Extreme
Vršna vrednost fazne greške	20°	3.61°	4.42°
Srednja vrednost fazne greške	5°	1.31°	1.48°
Frekvencijska greška	90 Hz	10.89 Hz	25.62 Hz
Samsung 3310	Limit	Average	Extreme
Vršna vrednost fazne greške	20°	2.93°	4.32°
Srednja vrednost fazne greške	5°	0.93°	1.13°
Frekvencijska greška	90 Hz	10.51 Hz	22.02 Hz
LG BL 20	Limit	Average	Extreme
Vršna vrednost fazne greške	20°	2.6°	4.82°
Srednja vrednost fazne greške	5°	0.75°	1.65°
Frekvencijska greška	90 Hz	5.92 Hz	23.52 Hz

Tabela 4: Prosečne srednje i ekstremne vrednosti fazne i frekvencijske greške - GSM1800.

Nokia 6131	Limit	Average	Extreme
Vršna vrednost fazne greške	20°	5.81°	7.85°
Srednja vrednost fazne greške	5°	1.97°	2.37°
Frekvencijska greška	90 Hz	15.43 Hz	38.06 Hz
Nokia 7610 S	Limit	Average	Extreme
Vršna vrednost fazne greške	20°	3.67°	5.38°
Srednja vrednost fazne greške	5°	1.1°	1.4°
Frekvencijska greška	90 Hz	3.92 Hz	50.44 Hz
Samsung 3310	Limit	Average	Extreme
Vršna vrednost fazne greške	20°	5.79°	8.41°
Srednja vrednost fazne greške	5°	1.89°	2.27°
Frekvencijska greška	90 Hz	9.2 Hz	27.26 Hz

Analiza spektra GSM signala koji emituje predajnik MT-a vršena je merenjem nivoa neželjenih spektralnih komponenti koje nastaju kao posledica procesa modulacije i brze promene nivoa signala na početku i kraju *burst*-a (*switching*).

Maksimalne dozvoljene vrednosti neželjenih spektralnih komponenti definisane su standardom GSM 05.05 [4], i zavise od snage predajnika (zadatog PCL nivoa) i udaljenosti date spektralne komponente od nosioca. Merenje i provera nivoa spektralnih komponenti nastalih kao posledica modulacije vršeno je na učestanostima udaljenim od frekvencije nosioca za ±0.1 MHz, ±0.2 MHz, ±0.25 MHz, ±0.4 MHz, ±0.6 MHz, ±0.8 MHz, ±1.0 MHz, ±1.2 MHz, ±1.4 MHz, ±1.6 MHz i ±1.8 MHz. U slučaju komponenti nastalih kao posledica *switching* procesa, merenje je vršeno na učestanostima udaljenim za ±0.4 MHz, ±0.6 MHz, ±0.8 MHz i ±1.2 MHz od frekvencije nosioca [4]. Merenja su sprovedena na 200 *burst*-ova za svaki podržavani PCL nivo, i to na 3 referentna radio kanala.

Kod svih testiranih MT-a izmereni nivoi neželjenih spektralnih komponenti, za oba tipa merenja i u oba frekvencijska opsega, su u okviru granica propisanih standardom. Izuzetak predstavlja model *LG BL20* kod koga se javilo prekoračenje dozvoljenih vrednosti prilikom merenja nivoa spektralnih komponenti nastalih kao posledica *switching* procesa, u frekvencijskom opsegu od 900MHz. Zbog obimnosti analiza, tabela 5 je data kao primer prikaza rezultata analize spektra, i to za pomenuti model *LG BL20*. Prilikom emitovanja GSM signala snagom od 19dBm ili 21dBm, nivo smetnje koju *LG BL20* stvara na „drugom” susednom radio kanalu (na 0.4 MHz od frekvencije nosioca) je iznad propisane granice od -23 dBm [4]. U realnoj mreži ovo može stvoriti problem interferencije jer dati susedni radio kanal predstavlja prvi alternativni kanal, koji po pravilima frekvencijskog planiranja može biti korišćen u istoj ćeliji.

Tabela 5: Nivo spektralnih komponenti kao posledice *switching* procesa za model *LG BL20* - GSM 900.

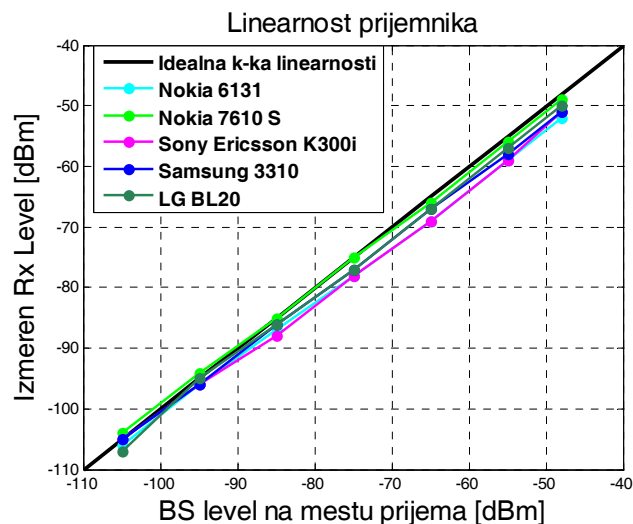
Apsolutni nivo spektralnih komponenti [dBm]								
PCL [dBm]	-1.8 MHz	-1.2 MHz	-0.6MHz	-0.4 MHz	0.4 MHz	0.6 MHz	1.2 MHz	1.8 MHz
33	-43.83	-42.03	-35.9	-31.47	-30.01	-35.27	-40.43	-43.27
31	-45.73	-43.97	-35.57	-32.13	-30.97	-36.5	-42.3	-45.33
29	-47.2	-46.3	-39.17	-36.34	-30.87	-36.73	-44.23	-46.87
27	-49.97	-46.4	-39.77	-37.45	-34.41	-36.67	-45.07	-48.87
25	-50.97	-47	-43.67	-37.25	-32.78	-36.93	-44.3	-50.37
23	-52.23	-48.5	-43.3	-39.52	-23.33	-37.73	-45.9	-49.2
21	-52.37	-47.47	-42.1	-39.97	-20.37	-39.2	-47.43	-49.83
19	-52	-47.67	-42.77	-41.36	-22.67	-41.43	-49.03	-51.07
17	-52.7	-48.3	-43.7	-42.18	-24.15	-39.43	-50.07	-51.23
15	-52.67	-49.2	-45.77	-44	-27.5	-39.7	-50.9	-51.47
13	-52.47	-49.73	-47.13	-46.22	-29.98	-42.83	-52.47	-52.4
11	-52.93	-50.5	-48.37	-47.59	-30.09	-46.03	-53.67	-53.83
9	-58.9	-56.2	-52.3	-46.51	-36.01	-45.6	-54.73	-56.77
7	-61.07	-57.07	-52.07	-46.18	-42.18	-44.67	-53	-57
5	-63	-58.43	-50.93	-42.68	-44.28	-47.23	-56.83	-60.43

4. REZULTATI TESTIRANJA PRIJEMNIKA

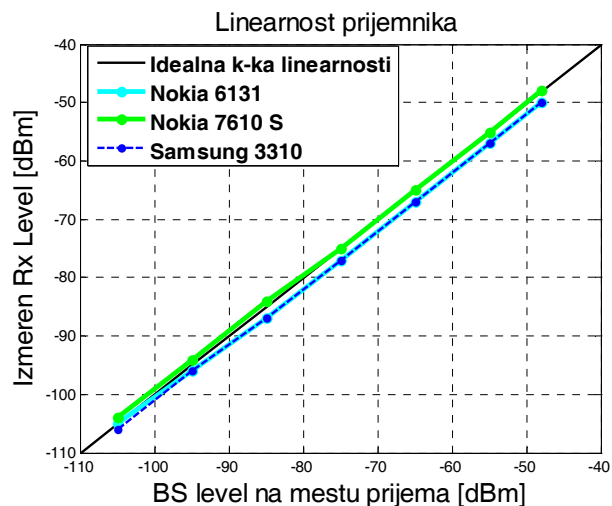
Linearnost prijemnika je testirana proverom vrednosti parametra *RX Level* koje MT prijavljuje CMU200 za različite vrednosti nivoa signala bazne stanice (*BS Level*) na mestu prijema. Odnosno, uslov linearnosti je ispunjen ako se izmerena vrednost parametra *RX Level* menja linearno sa promenom nivoa signala bazne stanice, odnosno CMU200.

Karakteristike linearnosti prijemnika testiranih MT-a, dobijene merenjem na 10 radio kanala, prikazane su na slikama 1 i 2, za sisteme GSM900 i GSM1800, respektivno. Može se primetiti da kod svih MT-a postoji odstupanje od idealne karakteristike, i da je ono za frekvencijski opseg od 900 MHz najizraženije kod modela *Nokia 6131* i *Sony Ericsson K300i*.

Prilikom rada MT-a u opsegu od 1800MHz stepen linearnosti prijemnika se povećava.



Slika 1: Karakteristike linearnosti prijemnika - GSM900.



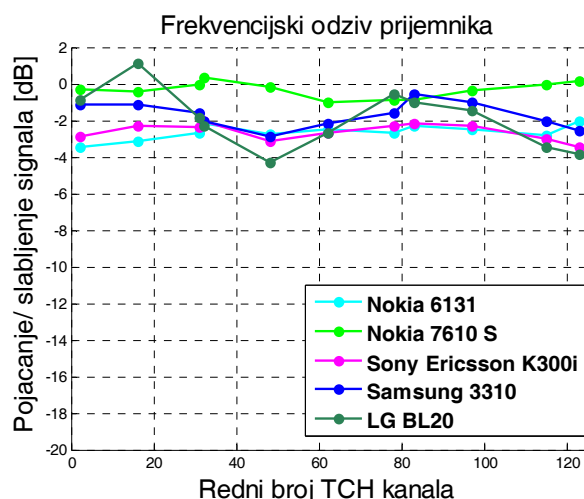
Slika 2: Karakteristike linearnosti prijemnika - GSM1800.

Frekvencijski odziv prijemnika testiran je pomoću vrednosti parametra *RX Level* koji za fiksni *BS Level* mobilni terminal meri na različitim radio kanalima.

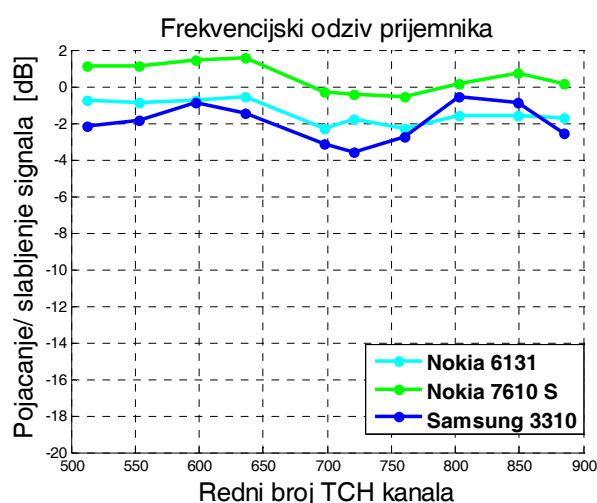
Merenje je sprovedeno na 10 radio kanala. Na datim kanalima mereno je odstupanje izmerene vrednosti parametra *RX Level* od podešenog nivoa signala bazne stanice na ulazu u prijemnik (*BS Level*). Na svakom kanalu merenje je ponovljeno za 7 različitih nivoa signala bazne stanice. Tako dobijeno prosečno odstupanje se u posmatranom slučaju može okarakterisati kao prosečno pojačanje ili slabljenje signala koje unosi prijemnik na merenom radio kanalu.

Izgled frekvencijskog odziva prijemnika testiranih MT-a prikazan je na slikama 3 i 4, za sisteme GSM900 i GSM1800, respektivno.

Na slikama 3 i 4 može se primetiti odstupanje frekvencijskog odziva prijemnika od idealne ravne karakteristike kod svih testiranih MT-a. Izrazito loš frekvencijski odziv za opseg od 900MHz primećen je kod modela *LG BL20*. Pri tom, u slučaju rada MT-a na 1800MHz, performanse prijemnika se čak pogoršavaju.



Slika 3: Frekvencijski odzivi prijemnika - GSM900.



Slika 4: Frekvencijski odzivi prijemnika - GSM1800.

Apsolutna osetljivost prijemnika MT-a testirana je određivanjem minimalnog nivoa signala bazne stanice na ulazu u prijemnik za koji je ispunjen uslov da verovatnoća pogrešno prenetih bita klase 2 (BER II) nije veća od 0.2%. Za referentnu osetljivost prijemnika GSM standardom propisana je vrednost od -104 dBm za sistem GSM900, odnosno -102 dBm za GSM1800.

Merenje osetljivosti prijemnika MT-a izvršeno je na 3 radio kanala za frekvencijski opseg od 900MHz, odnosno na 5 radio kanala za opseg od 1800MHz. S obzirom da u okruženju u kome je vršeno merenje postoje realne GSM mreže izabrani su oni kanali koje mobilni operatori u ovom okruženju ne emituju. U tabelama 6 i 7 date su izmerene apsolutne osetljivosti prijemnika, za sisteme GSM900 i GSM1800, respektivno.

Tabela 6: Apsolutna osetljivost prijemnika - GSM900.

Osetljivost prijemnika mobilnih terminala za BER II=0.2% [dBm]			
TCH kanal	2	16	123
Nokia 6131	-103	-103	-104
Nokia 7610 S	-103	-104	-103
Sony Ericsson K300i	-103	-105	-104
Samsung 3310	-100	-102	-104
LG BL20	-103	-103	-106

Tabela 7: Apsolutna osetljivost prijemnika - GSM1800.

Osetljivost prijemnika mobilnih terminala za BER II=0.2% [dBm]					
TCH kanal	636	760	803	849	885
Nokia 6131	-101	-102	-102	-102	-101
Nokia 7610 S	-101	-105	-106	-105	-105
Samsung 3310	-101	-103	-103	-102	-104

Može se primetiti da u slučaju rada MT-a na 900MHz apsolutna osetljivost prijemnika ne odstupa mnogo od propisane referentne vrednosti kod većine testiranih modela. Najbolje performanse po pitanju osetljivosti pokazuje model *Sony Ericsson K300i*, a najgore *Samsung 3310*. U slučaju rada MT-a na 1800MHz osetljivost prijemnika se poboljšava, i na pojedinim radio kanalima je čak i veća od propisane referentne vrednosti.

5. ZAKLJUČAK

U cilju analize kvaliteta rada primopredajnika mobilnih GSM terminala različitih proizvođača izvršena su intenzivna merenja korišćenjem uređaja CMU200 kao simulatora GSM900 i GSM1800 bazne stanice.

Analizom rezultata dobijenih testiranjem predajnika MT-a pokazalo se da su dobijene vrednosti merenih parametara u okviru granica propisanih GSM 05.05 standardom kod svih testiranih MT-a. Izuzetak je jedino model *LG BL20* kod koga se javilo prekoračenje dozvoljenog nivoa susedno-kanalne interferencije kada MT radi u opsegu od 900MHz, i to pri predajnoj snazi od 19 i 21 dBm. Generalno, najbolje performanse sa stanovišta predaje ima model *Nokia 7610 S*, dok najgore modeli *Sony Ericsson K300i* i *Nokia 6131*. Takođe, primećeno je da se prilikom rada mobilnih terminala na 1800MHz poboljšavaju sve performanse predajnika, osim parametara modulacije (fazna i frekvencijska greška).

Prilikom analize kvaliteta rada prijemnika kod većine modela pokazalo se veće odstupanje karakteristika linearnosti i frekvencijskog odziva od idealnih. Takođe, osetljivost testiranih prijemnika na pojedinim radio kanalima je manja od zadate referentne vrednosti. Ipak, najbolje karakteristike prijemnika je ponovo pokazao model *Nokia 7610 S*, dok najgore modeli *Nokia 6131* i *LG BL20*. Takođe, primećeno je da se prilikom rada mobilnih terminala na 1800MHz poboljšava linearnost i osetljivost prijemnika, dok se frekvencijski odziv prijemnika pogoršava.

6. LITERATURA

- [1] „Operating Manual for Universal Radio Communication Tester CMU200”, Rohde & Schwarz Training Center.
- [2] „RF Measurements on Mobile Stations”, Rohde & Schwarz Training Center, V 2.3.
- [3] „GSM Measurements with the R&S CMU200 and CMUgo”, Application Note, Rohde & Schwarz Training Center.
- [4] Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) - Radio transmission and reception (GSM 05.05 version 8.5.1 Release 1999), ETSI EN 300 910 V8.5.1 (2000-11).
- [5] A. Nešković, Predavanja iz predmeta Radio sistemi, Elektrotehnički fakultet, Beograd 2008.