

PROJEKTOVANJE MALOŠUMNIH POJAČAVAČA ZA LTE SISTEME

Vera Marković¹, Jelena Mišić¹,
¹Elektronski fakultet u Nišu

Sadržaj: *U okviru ovog rada dat je kratak pregled evolucije, ključnih karakteristika i arhitekture LTE mobilnih sistema, a posebna pažnja posvećena je prijemnom delu sistema i projektovanju prvog bloka ovog sistema – malošumnog pojačavača. Prikazani su i diskutovani rezultati projektovanja i optimizacije malošumnog pojačavača za LTE uplink kanal 1920-1980 MHz.*

Ključne reči: *Long Term Evolution, malošumni pojačavač*

1. Uvod

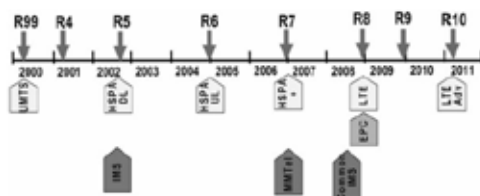
Tokom protekle tri decenije razvoj sistema za mobilne komunikacije odvijao se veoma intenzivno, a svaka nova generacija donosila je značajan tehnološki napredak. Mobilni sistemi prve generacije (1G) kao što su AMPS, NMT ili TACS, pojavili su se ranih osamdesetih godina dvadesetog veka i bili su bazirani na analognim komunikacionim tehnikama i govornim uslugama. Početkom devedesetih, ogroman korak napred predstavljala je pojava sistema druge generacije (2G) kao što su GSM, D-AMPS, IS-95 itd., koje karakteriše digitalni prenos govora i podataka i korišćenje TDMA ili CDMA višestrukog pristupa. Prednosti nove tehnologije donele su izuzetnu ekspanziju broja korisnika, a razvoj mobilnih komunikacija postao je glavno obeležje telekomunikacija na kraju XX veka.

Potreba za uključivanjem opcije brzog prenosa podataka i mobilnog pristupa Internetu dovela je do unapređenja 2G sistema najpre u 2.5G sisteme (GPRS). Međutim, imajući u vidu rastuće potrebe korisnika za servisima koji zahtevaju velike brzine propusnog opsega, ITU je u devedesetim godinama inicirala razvoj novih standarda za 3. generaciju mobilnih sistema na globalnom (svetskom) nivou. Ovaj projekat poznat je pod nazivom IMT–2000, a u okviru njega kao 3G naslednik GSM-a razvijen je UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) standard, baziran na WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) tehnologiji. Prve komercijalne 3G mreže u Evropi pokrenute su 2003. godine.

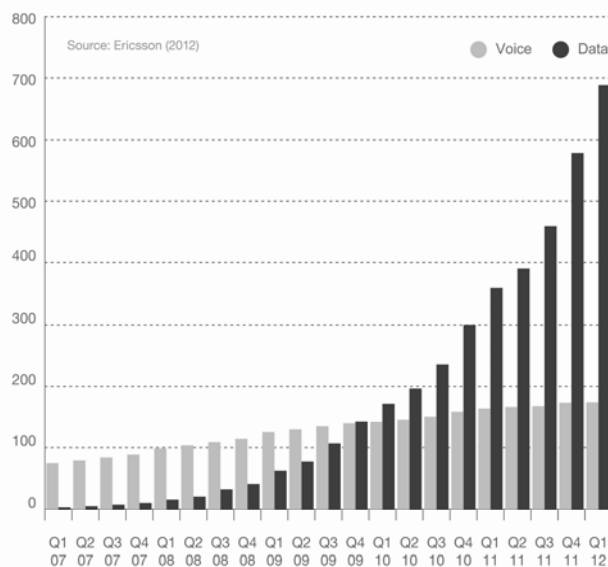
Tehničke specifikacije mobilnih sistema razvijaju se u fazama od strane jednog globalno uspostavljenog radnog tela za standardizaciju pod nazivom 3GPP, a grupisane

su u vidu tzv. „Izdanja“ („Releases“) . Inicijalno izdanje u kome su definisani osnovni principi UMTS-a i obezbeđena kompatibilnost sa GSM-om pojavilo se 1999. godine. U izdanju „Release 5“ iz 2002. godine uvedena je tehnika brzog paketskog pristupa - HSPA (*High Speed Packet Access*), koja je donela značajno unapređene brzine prenosa podataka i često se naziva 3.5G. HSPA zajedno čine brzi paketski pristup na downlinku - HSDPA, koji je prvo razvijen, i brzi paketski pristup na uplinku – HSUPA, koji je predstavljen u okviru „Release 6“ iz 2005. godine. Novijim specifikacijama za WCDMA „Release 7“ i „Release 8“ definisan je tzv. unapređeni HSPA (*Evolved HSPA*) ili HSPA+.

Najnoviji standard za mobilne komunikacije, *Long Term Evolution*, odnosno LTE, definisan je od strane 3GPP u jednom delu izdanja *Release 8*, a implementacija je krenula već krajem 2009. godine. Dalje poboljšanje ove tehnologije dovelo je 2011. god. do pojave standarda pod nazivom *LTE Advanced (Release 10)*, čije specifikacije odgovaraju četvrtoj generaciji mobilnih sistema (4G). Na slici 1 prikazana je hronologija razvoja tehnoloških specifikacija za 3G – 4G mobilne sisteme.



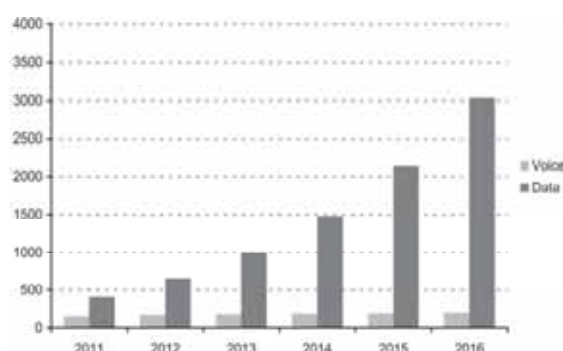
Slika 1. Hronologija razvoja tehnoloških specifikacija za mobilne sisteme



Slika 2. Globalni saobraćaj pri prenosu govora i podataka preko mobilnih sistema (petabytes po mesecu) u periodu 2007. - 2011 [1]

Mobilni širokopolasni pristup Internetu postaje jedna od osnovnih potreba u današnjem svetu, tako da su dalji trendovi u razvoju mobilnih sistema vezani pre svega za sve brži prenos podataka. Ilustracije radi, na slici 2 dato je poređenje globalnog saobraćaja pri prenosu govora i podataka za period od 2007. do 2012. godine. Za razliku od blagog rasta govornog saobraćaja, saobraćaj pri prenosu podataka u tom periodu povećan je skoro 700 puta.

Na slici 3 data je procena saobraćaja u mobilnim sistemima u svetu za narednih nekoliko godina. Očekuje se da će se saobraćaj namenjen prenosu podataka povećavati svake godine za oko 30%.



Slika 3. Procena saobraćaja pri prenosu govora i podataka preko mobilnih sistema u svetu (petabytes po mesecu) za period od 2011. do 2016. godine [1]

2. Karakteristike i arhitektura LTE sistema

LTE mobilni sistemi omogućavaju bežični prenos multimedijalnog sadržaja većim brzinama u odnosu na prethodne generacije. LTE je najpre trebalo da omogući prenos podataka brzinom od 100 Mbps u downlink kanalu i 50 Mbps u uplink kanalu za svakih 20 MHz iskorišćenog spektra, ali su novim odredbama zahtevi podignuti na 300 Mbps u downlink-u i 75 Mbps u uplink-u (*LTE-Advance*). Ključne tehnologije kojima se omogućava postizanje visokih brzina prenosa podataka uključuju radio interfejs baziran na OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*) tehnici, upotrebu MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*) antenskih sistema, kao i fleksibilnost korišćenja frekvencijskog spektra.

Kratak pregled osnovnih performansi LTE sistema i poređenje sa nekim drugim bežičnim tehnologijama dati su u tabeli 1. Treba ista i da LTE sisteme karakteriše visoka spektralna efikasnost, (zahvaljujući, pre svega, naprednim antenskim sistemima), smanjenje vremena čekanja - niska latencija (ispod 10 ms), fleksibilnost upotrebe različitih frekvencijskih opsega (1.4MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz ili 20 MHz, zavisno od potreba korisnika), kao i mogućnost izbora između FDD i TDD moda. Od posebnog značaja je primena pojednostavljene arhitekture mreže (zahvaljujući redukciji brojnih mrežnih elemenata ima manje vorova, a time i manje signalizacije) i korišćenje samo paketske komutacije (all-IP rešenje). Osim toga, treba ista i i

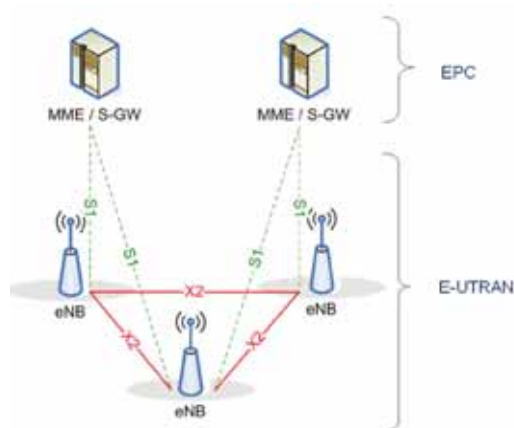
umerenu potrošnju snage u terminalima, optimizovane performanse za korisnike u kretanju, kompatibilnost sa postojećim standardima itd.

	LTE	WiMAX	HSPA	WiFi
Standard	3GPP	IEEE 802.16e	3GPP	IEEE 802.11a/g/n
Propusni opseg	1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz	3.5, 7, 5, 10 i 8.75 MHz	5 MHz	20 MHz (802.11a/g) 20/40 MHz (802.11n)
Frekvencija	2 GHz inicijalno	2.3, 2.5 i 3.5 GHz inicijalno	800/900/1800/1900/2100 MHz	2.4 i 5 GHz
Modulacija	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Multipleks	SC-FDMA/OFDMA	TDM/OFDMA	TDM/CDMA	CSMA
Dupleks mod	TDD, FDD	TDD	FDD	TDD
Pokrivenost	8 – 100 km	< 3 km	1 – 5 km	<30 m zatvoreni prostor < 300 m na otvorenom
Mobilnost	velika	srednja	velika	mala

Tabela 1. Poređenje LTE i drugih širokopoljnih bežičnih tehnologija [2].

Za razliku od UMTS/HSPA sistema koji imaju izuzetno složenu arhitekturu mreže sa mnoštvom interfejsa i protokola, jedan od osnovnih ciljeva postavljenih pred LTE sisteme bilo je pojednostavljenje arhitekture mreže. U tu svrhu, u osmom izdanju 3GPP specifikacija definisan je tzv. unapređeni paketski sistem – **EPS** (*Evolved Packet System*). Ovaj sistem podržava isključivo paketsku komutaciju PS (*Packet Switched*), tako da se servisi koji su tradicionalno koristili komutaciju kanala CS (*Circuit Switched*) prenose ovdje takođe PS tehnikom (VoIP).

Unapređeni paketski sistem (EPS) se sastoji od unapređenog paketskog jezgra **EPC** (*Evolved Packet Core*) i unapređene pristupne mreže **E-UTRAN** (*Evolved UTRAN*), kao što je ilustrovano na slici 4.



Slika 4. Arhitektura LTE mreže

EPC pruža pristup prema spoljašnjim mrežama za prenos podataka (npr. Internet) i operatorskim servisima, upravlja funkcijama vezanim za sigurnost (autentifikacija, dodela sigurnosnih ključeva), funkcijama vezanim za pretplatničke

informacije, naplatu i mobilnost prema drugim pristupnim mrežama (UTRAN, CDMA2000, WLAN ...), itd.

E-UTRAN, na koji su povezani korisnički terminali, obavlja sve funkcije vezane za radio prenos. Sastoji se od unapređenih čvorova B (baznih stanica) eNB (*e-Node B*). Između EPC i E-UTRAN-a nalazi se S1 interfejs, dok su eNB povezane X2 interfejsom. U odnosu na arhitekturu 3G sistema, izbačen je čvor za upravljanje radio mrežom (RNC – *Radio Network Controller*), a veći deo njegovih funkcija prebačen je u eNB. Ovako jednostavna arhitektura unapređene pristupne mreže omogućava da kašnjenja budu veoma mala.

Radio pristup se označava kao *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access* (E-UTRA) i bazira se na tehnici višestrukog pristupa pod nazivom *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) na downlink-u, dok se na uplink-u koristi *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA). Osnovna ideja OFDMA je da se ukupni tok podataka podeli na veći broj tokova koji se prenose paralelno, korišćenjem posebnih frekvencijskih pod-nosioca, između kojih postoji ortogonalnost. OFDM tehnika je izrazito otporna na frekvencijski selektivni fading, što je bio najveći problem kod kanala velike širine. Svaki od podkanala kod LTE sistema ima širinu 15 kHz i modulisan je nekom od konvencionalnih modulacija: QPSK, 16QAM ili 64QAM.

Korišćenjem MIMO tehnike i oblikovanja dijagrama zračenja pri primopredaji moguće je ostvariti različite dobitke. Kod MIMO sistema i na predajnoj i na prijemnoj strani postoje dve ili više antena. Na predaji se ukupan protok podataka deli na paralelne podprotokole, pri čemu se svaki emituje jednom od predajnih antena. Na prijemnoj strani, na svaku od prijemnih antena dolaze višestruke refleksije svih predajnih signala, iz kojih se adekvatnim algoritmom izdvajaju pojedini podprotoci i na osnovu njih rekonstruiše originalni signal. Na taj način se ostvaruju veće brzine prenosa. Oblikovanje dijagrama zračenja osigurava veći odnos signal-šum te time i bolje pokrivanje, a može se kombinovati sa MIMO tehnikom.

Kada je reč o pokrivanju, bitno je još napomenuti da LTE sistem koristi makro sistem sa femto ćelijama, koje predstavljaju pristupnu tačku male snage, povezanu sa jezgrom mreže. Postojanje femto ćelija je važno kako bi se indoor korisnicima omogućio kvalitetan servis. Takođe, akcenat u LTE sistemu je i na pružanju kvalitetnog servisa korisnicima koji se kreću velikim brzinama, što je opet moguće ostvariti primenom femto ćelija.

3. LTE prijemnik

Funkcija prijemnika je da izvrši upešnu demodulaciju željenog signala u prisustvu interferencije i šuma. Za postizanje željenih performansi na prijemnom kraju, ključne su performanse samog prijemnika. Postoji nekoliko osnovnih zahteva koje RF prijemnik mora da ispuni kao bi se ostvario zadovoljavajući prijem signala. Jedan od njih je i zadovoljavajuća osetljivost, koja predstavlja najniži nivo signala na prijemu koji se može detektovati. Osetljivost mora biti niža od očekivanog nivoa signala jer u protivnom signal neće biti detektovan. Osetljivost prijemnika S_{\min} data je izrazom (1):

$$S_{\min} = (S/N)_{\min} kTB(NF), \quad (1)$$

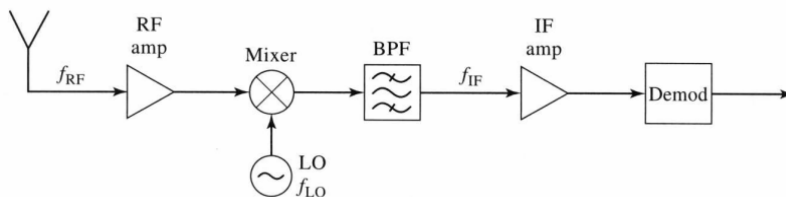
gde su: $(S/N)_{\min}$ minimalni odnos signal/šum pri kome se ostvaruje prijem, k Boltzmanova konstanta, T temperatura prijemnika u kelvinima (290K), B frekvencijski opseg prijemnika, i NF faktor šuma prijemnika.

Pojačanje snage signala na prijemu je potreban ali ne i dovoljan uslov za kvalitetan prijem. Ukoliko se pri pojačanju unose i veliki šum, prijem neće biti dobar jer će signal biti maskiran šumom. Zbog toga je neophodno da prijemnik pojača prijemni signal, ali da ne unese dodatan šum. Veličina koja definiše koliki šum unosi prijemnik je faktor šuma prijemnika NF (Noise Factor), izraz (2):

$$NF[dB]=10\log((S/N)_{in}/(S/N)_{out}), \quad (2)$$

gde je NF faktor šuma prijemnika, $(S/N)_{in}$ odnos signal/ um na ulazu prijemnika, a $(S/N)_{out}$ odnos signal/ um na izlazu prijemnika. Pri projektovanju prijemnika jedan od zahteva je da faktor šuma prijemnika bude što manji.

Druga važna karakteristika RF prijemnika je selektivnost, koja se definiše kao sposobnost prijemnika da izdvoji željeni signal u prisustvu drugih signala koji sa njim interferiraju. Sa povećanjem broja bežičnih servisa spektar postaje sve iskorišćeniji, sve je manje slobodnih frekvencija i kanali su sve gušće postavljeni. Zbog toga je bitno da prijemnik poseduje odgovarajuću selektivnost kako bi se izvršio prijem signala određene frekvencije. Ostale bitne karakteristike prijemnika uključuju linearnost, odgovarajući dinamički opseg itd.



Slika 5. Pojednostavljeni blok dijagram RF prijemnika

Na slici 5 dat je pojednostavljen blok dijagram RF prijenika. Kao što se sa slike može videti prvi stepen u prijemnom lancu predstavlja RF pojačavač, koji se naziva malošumni pojačavač, LNA (*Low Noise Amplifier*), zbog karakteristika koje treba da poseduje. Naime, prijemni signal je niskog nivoa zato je neophodno da LNA ima što veće pojačanje, i što manji faktor šuma. Linearnost pojačavača je takođe bitna kako bi se sprečila interferencija signala sa signalima iz susednih kanala. Pored navedenih karakteristika malošumnog pojačavača, vrlo je bitno da pojačavač bude što bolje prilagođen na 50 Ω -sku mrežu. Prilagođenje je u direktnoj vezi sa refleksijom signala na portovima pojačavača. Ukoliko pojačavač, ili neki drugi deo prijemnika nema dobro prilagođenje, javiće se refleksija na portovima što će prouzrokovati gubitke snage signala.

U implementaciji LTE mreža, jedan od najvećih izazova odnosi se na projektovanje prijemnika, posebno malošumnog pojačavača koji mora da ima dobre performanse u okviru celog LNA propusnog opsega – dobru linearnost, nizak faktor šuma i zadovoljavajuće pojačanje, a pritom se takođe mora voditi računa o maksimalnoj potrošnji snage za datu aplikaciju.

3GPP standardima specificirani su frekvencijski opsezi za LTE. Jedan od bitnih elemenata u implementaciji LTE mreža je dostupnost frekvencijskog spektra, jer je neophodan što širi frekvencijski opseg. LTE specifikacije podržavaju sve frekvencijske opsege definisane za UMTS. Pored toga, koristi se i frekvencijski opseg koji se oslobađa prelaskom sa analognog na digitalno emitovanje programa, u Evropi to je opseg 790-862 MHz. Ukupno je specificirano 44 kanala, od kojih veliki broj mobilnih operatera u Evropi koristi kombinaciju od nekoliko kanala. U tabeli 2 su navedene specifikacije za najviše korišćene kanale u regionu Evrope: 1, 3, 7 i 20 u FDD modu i 38 u TDD modu.

LTE kanal	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Duplex mod	Opseg (MHz)
1	1920 - 1980	2110 - 2170	FDD	2100
3	1710 - 1785	1805 - 1880	FDD	1800
7	2500 - 2570	2620 - 2690	FDD	2600
20	832 - 862	791 - 821	FDD	800
38	2570 - 2620		TDD	2600

Tabela 2. *Frekvencijski opsezi za LTE kanale koji su u najčešćoj primeni od strane operatera u regionu Evrope*

Kod prijemnika koji pokrivaju istovremeno više frekvencijskih opsega, moguća su dva pristupa. Jedan je korišćenje posebnih ulaznih stepena u paraleli, što podrazumeva prisustvo više LNA projektovanih za različite propusne opsege. Drugo rešenje je korišćenje jednog prijemnika sa širokopojasnim LNA, koji će pokriti istovremeno sve željene opusne opsege.

4. Primer projektovanja malošumnog pojačavača za LTE uplink kanal

Pri projektovanju pojačavača prvi korak predstavlja izbor same arhitekture i topologije koja je najpogodnija za postizanje zadatih performansi prijemnika. To može biti kaskadna arhitektura [3], kaskodna arhitektura [4], preklopljena kaskadna arhitektura [5], topologija sa zajedničkim emitorom [6], topologija sa zajedničkim bazom [7], kombinacija nekih od navedenih arhitektura i topologija, itd. Odabir arhitekture i topologije uslovljen je polaznim zahtevima za pojačavač. Svaka od navedenih arhitektura ima svoje prednosti i nedostatke, pa je potrebno odabrati onu koja je najpogodnija za opseg i performanse koje su od interesa. Nakon odabira topologije u kojoj će se realizovati pojačavač, posebnu pažnju treba posvetiti izboru tranzistora, jednog ili više njih, zavisno od prethodno odabrane konfiguracije pojačavača, jer tranzistor u najvećoj meri definiše pojačanje pojačavača u okviru željenog opsega. Mreže za prilagođenje mogu biti različitog tipa (mreže π tipa, mreže T tipa, itd). Nakon projektovanja mreža za prilagođenje, ukoliko se pokaže da pojačavač nema željene karakteristike često je potrebno ponoviti ceo postupak projektovanja, npr. pokušati sa drugom arhitekturom ili komponentama.

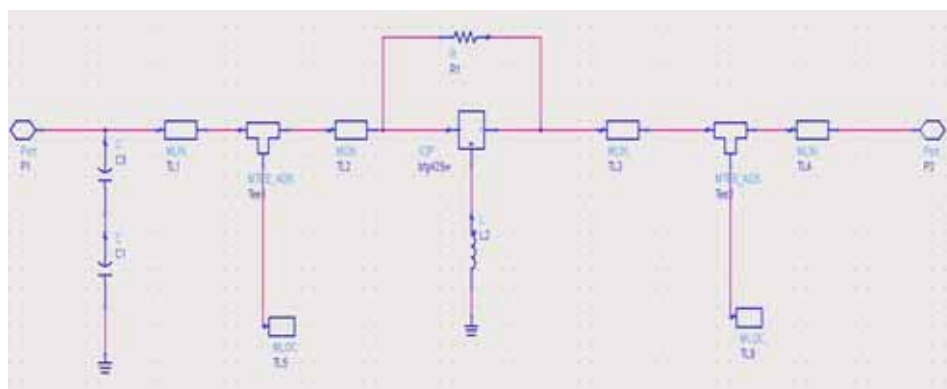
Pri projektovanju LNA najčešće se koristi set S parametara, pri čemu je svaki od S parametara pokazatelj određenih performansi. Pojačanje pojačavača povezano je sa

parametrom S_{21} i cilj je da ovaj parametar bude iznad specificirane vrednosti na željenom opsegu. Prilagođenje na ulazu definisano je parametrom S_{11} , a prilagođenje na izlazu parametrom S_{22} . Kako je cilj postići što bolje prilagođenje na oba porta, ovi parametri treba da imaju što manju vrednost. Još jedan od bitnih parametara je i parametar S_{12} koji se odnosi na unete gubitke, i ovaj parametar takođe treba da bude što manji. Takođe, neophodno je zadovoljiti i uslov da pojačavač unosi što je moguće manji šum, pa analiza performansi pojačavača pored S parametara po pravilu uključuje i određivanje faktora šuma pojačavača.

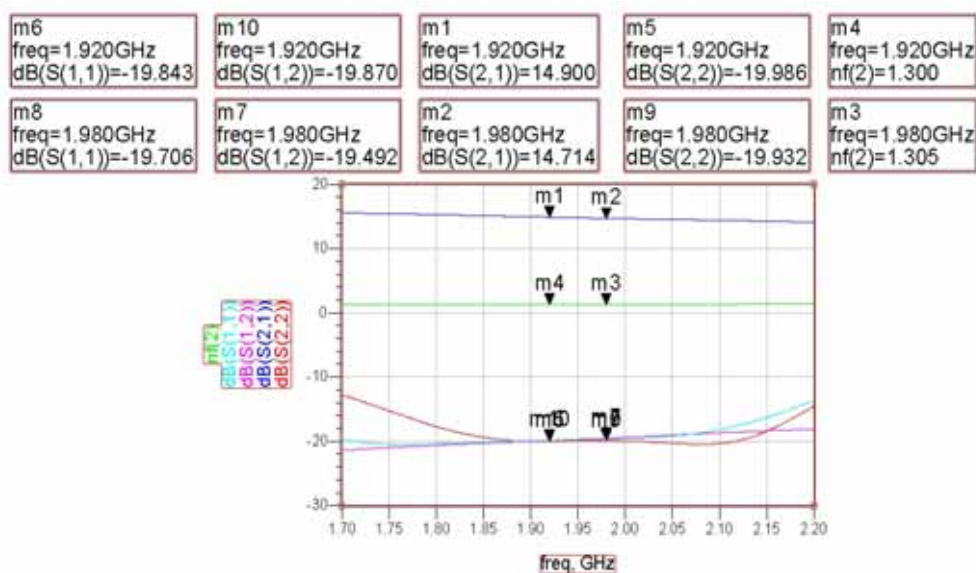
Projektovanje malošumnog pojačavača za primenu kod LTE prijemnika ilustrovaćemo na primeru pojačavača za LTE kanal 1 iz tabele 2, i to za uplink, gde se radi o frekvencijskom opsegu 1920-1980 MHz. U literaturi se sreće dosta različitih realizacija malošumnih pojačavača, međutim oni uglavnom sadrže više tranzistora. Kako je trend u razvoju mobilnih sistema između ostalog i smanjenje kompleksnosti uređaja, a samim tim i cene, projektovan je pojačavač koji sadrži samo jedan tranzistor. Korišćen je silicijumski NPN tranzistor sa oznakom BFG425W, a njegov proizvođač je kompanija NXP [8]. Pomenuti tranzistor je izabran jer ima zadovoljavajuće performanse na frekvencijskom opsegu koji je od interesa. Pri simulaciji, tranzistor je predstavljen blokom, a to znači da je opisan svojim S parametrima i parametrima šuma. U izboru topologije pojačavača, vodilo se računa o sledećem: topologija sa zajedničkim emitorom se odlikuje niskim nivoom šuma i velikim pojačanjem, dok topologija sa zajedničkim bazom omogućava bolje širokopojasno prilagođenje. S obzirom da je pojačavač namenjen samo jednom uplink kanalu izabrana je topologija sa zajedničkim emitorom. Pri tome je u svrhu postizanja što nižeg nivoa šuma korišćena tehnika degenerisanja emitora, koja podrazumeva ubacivanje rednog elementa između emitora i uzemljenja.

Prilagođenje pojačavača na ulazu i izlazu izvršeno je pomoću T-mreža za prilagođenje, pri čemu su mreže realizovane mikrostip linijama odgovarajućih dimenzija. Pojačavač je realizovan u softverskom okruženju *Advanced Design System (ADS)* kompanije *Agilent Technologies*. Blok dijagram realizovanog pojačavača dat je na slici 6.

Simulacija S parametara i faktora šuma, kao i optimizacija u cilju zadovoljavanja specifikacija vršeni su istom softverskom okruženju. Na slici 7 dani su rezultati analize pojačavača nakon izvršene optimizacije. Prikazani su S parametri i faktor šuma realizovanog pojačavača u opsegu 1700-2200 MHz, za tačku napajanja $V_{ce}=2V$, $I_c=4mA$.



Slika 6. Malošumni pojačavač za LTE uplink kanal



Slika 7. *S* parametri i nivo šuma pojačavača

Kao što se slike može videti, dobijene su zadovoljavajuće performanse. Parametar S_{21} je oko 15 dB u celom frekvencijskom opsegu koji nam je od interesa. Prilagođenje na ulazu i izlazu je veoma dobro u celom opsegu, S_{11} i S_{22} su blizu -20 dB. Parametar S_{12} je takođe oko -20 dB, što odgovara specifikacijama. Dobijeni faktor šuma u celom opsegu je oko 1.3 dB.

Iako projektovan za pomenuti uplink kanal, ovaj pojačavač ima zadovoljavajuće performanse i u znatno širem opsegu. U celom opsegu 1800 – 2100 MHz pojačanje je preko 14 dB, dok su S_{11} , S_{12} , S_{22} skoro -20 dB. Shodno tome, ovaj pojačavač se može koristiti za sve LTE uplink kanale (npr. 1850 -1910 MHz, 1900-1920 MHz, 1930-1990 MHz, 1880-1920 MHz).

5. Zaključak

Mobilni širokopojasni pristup Internetu je jedna od osnovnih potreba u savremenom svetu, koja je dala snažan zamah evoluciji mobilnih mreža i dovela do razvoja aktuelnih sistema četvrte generacije pod nazivom LTE Advanced sistemi. U radu su date ključne karakteristike ove tehnologije i opisana arhitektura LTE sistema, sa posebnim akcentom na prijemni deo sistema. S obzirom da je u lancu podsklopova LTE prijelnika malo umni pojačavač jedan od najvažnijih elemenata, izložen je postupak njegovog projektovanja za jedan od kanala mobilne mreže. Prezentovan je primer projektovanja i optimizacije malošumnog pojačavača za LTE uplink kanal 1920-1980 MHz. Pokazano je da i pojačavač jednostavne arhitekture, koji sadrži samo jedan tranzistor može imati dovoljno dobre performanse kakve zahteva jedan LTE prijelnik. Pored uplink kanala za koji je realizovan, pojačavač se može koristiti i u drugim LTE uplink kanalima koji se nalaze u opsegu 1800 – 2100 MHz, ili u okviru drugih bežičnih sistema koji rade u opsegu u kojem su performanse pojačavača dobre.

Zahvalnica

Rezultati prikazani u ovom radu dobijeni su tokom istraživanja u okviru sledećih projekata: Erasmus Mundus EUROWEB projekat finansiran od strane Evropske komisije i III43012 koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

Literatura

- [1] Christopher Cox, "An Introduction to LTE ", John Wiley&Sons Inc, Feb 28, 2012
- [2] Erik Dahlman, Stefan Parkvall And Johan Skold, "4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband", Academic Press, Apr 26, 2011
- [3] Ke-Hou Chen; Jian-Hao Lu; Bo-Jiun Chen; Shen-Iuan Liu, "An Ultra-Wide-Band 0.4–10-GHz LNA in 0.18- μ m CMOS," *Circuits and Systems II: Express Briefs, IEEE Transactions on* , vol.54, no.3, pp.217,221, March 2007
- [4] Staudinger, J.; Hooper, R.; Miller, M.; Yun Wei, "Wide bandwidth GSM/WCDMA/LTE base station LNA with ultra-low sub 0.5 dB noise figure," *Radio and Wireless Symposium (RWS), 2012 IEEE* , vol., no., pp.223,226, 15-18 Jan. 2012
- [5] Kuang-Hao Lin; Tai-Hsuan Yang; Jan-Dong Tseng, "A low power CMOS receiver front-end for long term evolution systems," *SoC Design Conference (ISOCC), 2012 International* , vol., no., pp.439,442, 4-7 Nov. 2012
- [6] Biswas, I.; Deka, A.J.; Bose, S.C., "Design of a 2.3 GHz Low Noise Amplifier for WIMAX applications," *Devices, Circuits and Systems (ICDCS), 2012 International Conference on* , vol., no., pp.105,109, 15-16 March 2012
- [7] Hoai-Nam Nguyen; Viet-Hoang Le; Ki-Uk Gwak; Jeong-Yeol Bae; Seok-Kyun Han; Sang-Gug Lee, "Low power, high linearity wideband receiver front-end for LTE application," *Advanced Communication Technology (ICACT), 2011 13th International Conference on* , vol., no., pp.640,643, 13-16 Feb. 2011
- [8] www.nxp.com

Abstract:

A short overview of the evolution, key characteristics and architecture of LTE mobile systems is given in this paper, where a special attention is paid to the receiving part of the system (RF front-end). The design of the first block within the LTE receiver, the low noise amplifier (LNA), is described more detailed. As example, the design of a LNA for LTE uplink channel 1920-1980 MHz is presented and simulation/optimization results are discussed.

Keywords: Long Term Evolution, Low Noise Amplifier

LOW NOISE AMPLIFIER DESIGN FOR LONG TERM EVOLUTION SYSTEMS

Vera Marković, Jelena Mišić