Boris Drilo

Boris Drilo
Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Hrvatska
Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Croatia

Tehnologija poboljšane brzine prijenosa za globalnu evoluciju

Ključne riječi
ITU/IMT 2000
organizacija
EDGE, Tehnologija poboljšane brzine prijenosa za globalnu evoluciju
UMTS, Univerzalni sustav pokretnih telekomunikacija
GERAN, GSM/EDGE radio pristupna mreža
8-PSK sustav

Key Words
ITU/IMT 2000 International Telecommunication Union/ International Mobile Telecommunications 2000
EDGE, Enhanced Data Rate for Global Evolution
UMTS, Universal Mobile Telecommunication Systems
GERAN, GSM/EDGE Radio Access Network
8-PSK, 8 Phase Shift Keying

Sažetak

ETSI/3GPP R99 obuhvaća prvu skupinu standarda pokretnih sustava koji su sukladni tehničkim zahtjevima postavljenim u sklopu ITU/IMT-2000 projekta. Ti standardi ujedno definiraju i dva najvažnija pokretna sustava sljedeće generacije - univerzalni sustav pokretnih telekomunikacija (UMTS - *Universal Mobile Telecommunications Systems*) i tehnologiju poboljšane brzine prijenosa za globalnu evoluciju (EDGE - *Enhanced Data Rate for Global Evolution*). Dok primjena UMTS-a zahtijeva korištenje potpuno novog frekvencijskog spektra, EDGE omogućava prirodnu evoluciju u trenutačno raspoloživim frekvencijskim područjima od 450, 700, 850, 900, 1800 i 1900 MHz. Najvažnije osobine EDGE tehnologije proizlaze iz primjene spektralno djelotvornije modulacijske tehnike i optimizacije protokolnog složaja radijskog sučelja. Korištenje 8-PSK modulacije omogućava ostvarivanje brzina prijenosa podataka do 473.6 kbit/s po jednom korisniku, dok unaprjeđenje protokolnog složaja jamči pouzdaniju i bržu komunikaciju u promjenjivom radijskom okruženju. Ovaj članak donosi pregled najvažnijih sastavnica EDGE tehnologije, njenu usporedbu sa sadašnjom GPRS tehnologijom te moguće smjerove njenoga budućeg razvoja.

ENHANCED DATA RATE FOR GLOBAL EVOLUTION

Summary

ETSI/3GPP R99 incorporates the first group of standards for mobile systems that are in line with the technical requirements set within the ITU/IMT-2000 project. At the same time these standards define two most important next generation mobile systems - Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS) and Enhanced Data Rate for Global Evolution (EDGE). While the application of UMTS requires the use of completely new frequency spectrum, EDGE enables logical evolution within the existing frequency spectrum of 450, 700, 850, 900, 1800 and 1900 MHz. The most important characteristics of the EDGE technology stem from the application of a spectrally more efficient modulation technique and the opti-

mization of the protocol stack of the radio interface. The use of 8-PSK modulation enables data transfer speeds of up to 473.6 kbit/s per single user, while the improvements of the protocol stack guarantee a more reliable and faster communication in the changeable radio environment. The paper also includes the survey of the most important elements of the EDGE technology and the comparison with the current GPRS systems, as well as possible directions of the future development.

1. Uvod

Standardizacija tehnologije poboljšane brzine prijenosa za globalnu evoluciju (EDGE -*Enhanced Data Rates for Global Evolution*) započela je u okviru ETSI/SMG2 (*European Telecommunication Standard Institute/ Special Mobile Group2*) standardizacijskog tijela 1997. g. s početkom rada na studiji izvedivosti koju su predložila dva vodeća svjetska proizvođača pokretnih sustava - Nokia i Ericsson. Cilj je bio istražiti mogućnost povećanja brzine prijenosa podataka u okviru GSM (*Global System for Mobile Commmunication*) standarda putem uvođenja naprednije modulacijske tehnike.

U početku je u žarištu zanimanja bila QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) modulacijska tehnika, koja je u međuvremenu odbačena zbog složenog načina tehničke izvedbe primopredajnika. Primopredajnici u tom slučaju trebaju biti zasnovani na linearnim pojačalima snage, a sam QAM ima prilično nepovoljan odnos vršne prema srednjoj vrijednosti od više od 4dB. Na kraju je odabrana 8-PSK (*Phase Shift Keying*) modulacija zbog nižeg omjera vršne i srednje vrijednosti kao i zbog činjenice da je ista modulacija već bila odabrana u okviru DAMPS (*Digital American Mobile Phone Standard*) standarda.

Studija izvedivosti završena je krajem 1998. g., podjelom EDGE standardizacije u tri glavna područja:

- Standardizacija prva dva sloja protokola radijskog sučelja
- Standardizacija podsustava temeljnog dijela mreže
- Standardizacija podsustava radijskog dijela mreže.

EDGE općenito podrazumijeva dvije sastavnice, od kojih je jedna usmjerena na komutaciju kanala (ECDS - *Enhanced Circuit Switch Data*), a druga na komutaciju paketa (EGPRS - *Enhanced General Packet Radio Service*).

Standardizacija prva dva sloja protokola radijskog sučelja obuhvatila je uglavnom specificiranje modulacijske tehnike i tehnika kanalnog kodiranja.

Standardizacija sustava temeljnog dijela mreže definirala je posljedice uvođenja EDGE-a na registar vlastitih pretplatnika (HLR - *Home Location Register*), komutacijski čvor pokretne mreže (MSC - *Mobile Switching Center*), SGSN (*Serving GPRS Support Node*) čvor, usmjerenik pokretnog prospojnog centra (GMSC - *Gateway Mobile Switching Center*) i GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) čvor, dok se standardizacija sustava radijskog dijela mreže usmjerila na izvedbu EDGE funkcionalnosti unutar osnovne primopredajne stanice (BTS - *Base Transceiver Station*) i upravljački dio osnovne postaje (BSC - *Base Station Controller*). Od samoga početka razvoja EDGE tehnologije postavljeni su vrlo oštri uvjeti njene potpune sukladnosti s već postojećom GSM tehnologijom.

Tako je, npr., definirano da EDGE i non-EDGE terminali moraju biti u stanju dijeliti jedan te isti vremenski odsječak te da EDGE i non-EDGE primopredajnici moraju biti u stanju koristiti isti frekvencijski spektar. Kako bi se olakšao razvoj terminala i njihova proizvodnja, u sklopu standarda je definirana opcija po kojoj je podrška za 8-PSK modulaciju obavezna samo u vezi prema dolje.

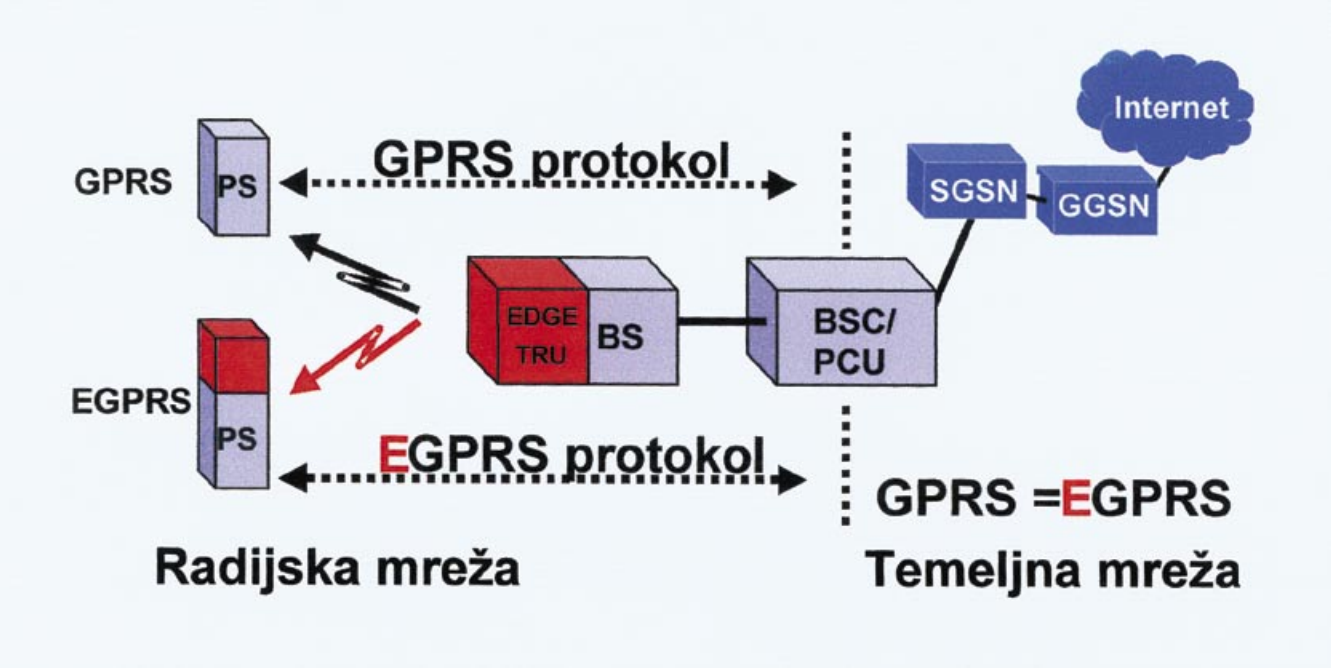
Prva faza standardizacije EDGE-a, završila je s ETSI/3GPP R99 standardom, dok je druga faza standardizacije započela u okviru 3GPP-a u ljeto 2002. Glavni cilj druge faze je usklađivanje EDGE-a s UMTS-om kako bi se osigurala ista kvaliteta usluga zasnovanih na IP (*Internet Protocol*) multimediji. Ovaj članak obrađuje unaprijeđenu tehnologiju općih paketnih radijskih usluga (EGPRS - *Enhanced General Packet Radio Service*) primijenjenu u EDGE-u onako kako je on definiran u okviru ETSI/3GPP R99 standarda.

2. Pregled EGPRS sustava

EGPRS sustav nije novi sustav, već predstavlja nadogradnju postojećeg GPRS sustava. Ako se u razmatranje uzme od prije poznata GPRS arhitektura, tada uvođenje EGPRS-a zahtijeva promjene u vidu nadopuna u radijskom dijelu mreže, dok temeljna mreža zadržava svoju prijašnju strukturu (Slika 1.).

Uvođenje GPRS-a imalo je daleko veći utjecaj na temeljnu sastavnicu pokretne mreže, nego što ga ima uvođenje EGPRS-a.

S GPRS-om pokretne mreže su dobile dva nova logička čvora: SGSN čvor i GGSN čvor, dok je BSC čvor nadopunjen s PCU (*Packet Control Unit*) jedinicom. EGPRS za svoj rad u potpunosti iskorištava postojeće elemente temeljne mreže, dok radijska mreža zahtijeva primjenu novih primopredajnika u baznim (BS – *Base Station*) i pokretnim stanicama (PS). Uporaba novih primopredajnika ne može se izbjeći jer proizlazi iz činjenice da EGPRS na fizičkom sloju radijskog sučelja uvodi spektralno djelotvorniju 8-PSK modulacijsku tehniku. Na taj način jedan fizički kanal (vremenski odsječak) može poslužiti više korisnika podatkovnih usluga, oslobađajući dodatni prometni kapacitet za govornu uslugu u radijskoj mreži. S druge pak strane, korisnicima će biti omogućeno os-



Slika 1. Arhitektura EGPRS sustava

tvarivanje većih brzina prijenosa po jednom fizičkom kanalu.

Osnovni parametri EGPRS tehnologije i njihova usporedba s GPRS-om je prikazana u Tablici 1. Kako se može primijetiti, brzina simbola za obje tehnologije je jednaka, dok glavna razlika leži u modulacijskoj brzini prijenosa. Ona je u pravilu u okviru EGPRS-a za tri puta veća od modulacijske brzine prijenosa u GPRS-u. Ovdje je bitno naglasiti da u pojedinim slučajevima EGPRS koristi istu modulacijsku tehniku kao i GPRS pa tada prethodno iznesena tvrdnja ne vrijedi. Međutim, o tome će više riječi biti kasnije. Također, važno je naglasiti da se radijske brzine prijenosa razlikuju od brzina prijenosa kojima raspolažu krajnji korisnici. Radijske brzine prijenosa uključuju prijenos podataka u kojima je sadržana određena razina zalihosti uslijed zaglavlja koja se dodaju na pojedinim slojevima komunikacijskoga protokola. Korisničke brzine prijenosa su definirane jedino s informacijskim bitovima koji su važni za rad aplikacije.

U slučaju EGPRS-a, vrlo često se spominju i brzine prijenosa od 384 kbit/s. Navedenu brzinu je definirala ITU (*International Telecommunication Union*) organizacija kao donju graničnu brzinu prijenosa koju pojedini sustav mora biti u mogućnosti osigurati u tzv. pedestrian okruženju kako bi ušao u skupinu IMT 2000 standarda.

Ako brzina od 384 kbit/s treba biti ostvarena s osam vremenskih odsječaka, tada brzina po jednom vremenskom odsječku treba iznositi 48 kbit/s. Podaci iz Tablice 1. ukazuju na to da EGPRS, uz WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) i CDMA (*Code Division Multiple Access*) 2000 tehnologije, punopravno pripada skupini IMT 2000 standarda.

	GPRS	EGPRS
Modulacija	GMSK	8-PSK/GMSK
Brzina simbola	270 ksym/s	270 ksym/s
Modulacijska brzina prijenosa	270 kbit/s	810 kbit/s
Radijska brzina prijenosa	22,8 kbit/s	69,2 kbit/s
Najveća brzina prijenosa po vremenskom odsječku	20 kbit/s	59,2 kbit/s
Najveća brzina prijenosa za 8 vremenskih odsječaka	160 kbit/s	473,6 kbit/s

Tablica 1. Usporedba GPRS i EGPRS tehnologija

3. Svojstva EGPRS tehnologije

Uvođenje EGPRS-a ima utjecaj na slojeve GPRS protokola koji su na Slici 2. osjenčani. Osim fizičkog protokola (GSM RF – *GSM Radio Frequency*) koji doživljava najveće promjene, uvođenje EGPRS-a ima velik utjecaj i na susjedni sloj podatkovne veze (RLC/MAC – *Radio Link Control/Medium Access Control*). BSSGP (*Base Station System GPRS Protocol*) protokol, pak, doživljava manje promjene, dok ostatak protokolnog složaja ostaje potpuno očuvan.

Funkcionalno gledano, u odnosu na GPRS, EGPRS unosi najveće promjene u sljedeća tri područja:

- Modulacija i kanalno kodiranje
- Postupak prijenosa podataka
- Nadzor kvalitete radijske veze.

Gore navedena tri područja bit će, svaka u zasebnoj cjelini, detaljnije razmatrana u nastavku.

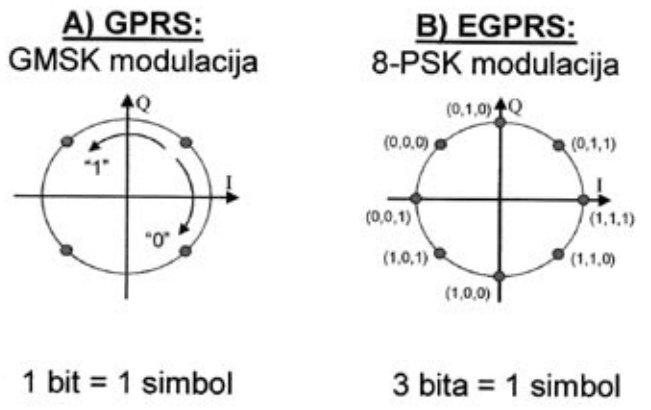
3.1. Modulacija i kanalno kodiranje

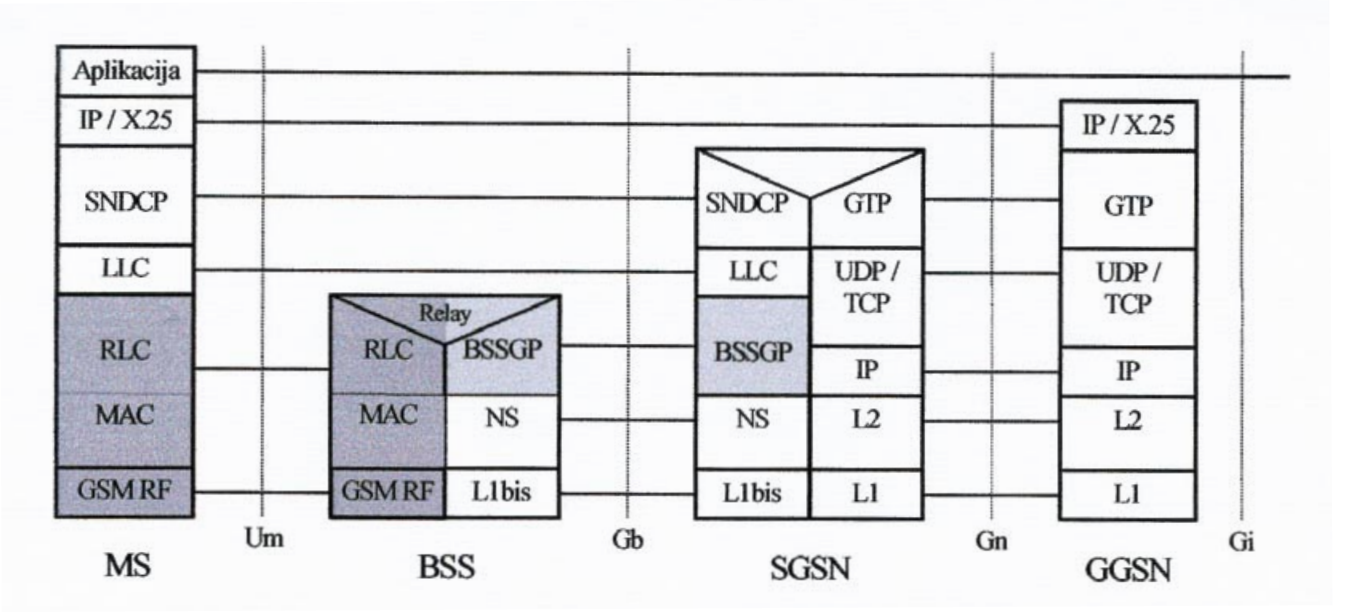
GPRS je kao i GSM zasnovan na istoj modulacijskoj tehnici - GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) tehnici koja predstavlja podvrstu fazne modulacije. GMSK modulacija se može predočiti s tzv. I/Q dijagramom koji pokazuje stvarnu (I) i zamišljenu (Q) sastavnicu odašiljanog signala. Prijenos bita koji predstavlja logičku znamenku »0« ili logičku znamenku »1« se obavlja putem promjene faze odaslanog signala za $\pm\pi/2$. Svaki simbol koji se pri tome prenese predstavlja jedan bit (Slika 3.) pri čemu se svaki pomak faze predstavlja različitim simbolom.

8-PSK modulacija je linearna modulacija, pri čemu se jednom simbolu u I/Q ravnini pridružuju tri različita bita (Slika 4.). Njeno najvažnije obilježje je da može koristiti istu strukturu 200 KHz širokog fizičkog kanala kao i GMSK modulacija. Uz to, 8-PSK modulacija pokazuje jednaka svojstva po pitanju stvaranja interferencije na susjednim kanalima, kao i GMSK, što otvara mogućnost potpune integracije EGPRS-a u okviru postojećih radijskih frekvencijskih planova.

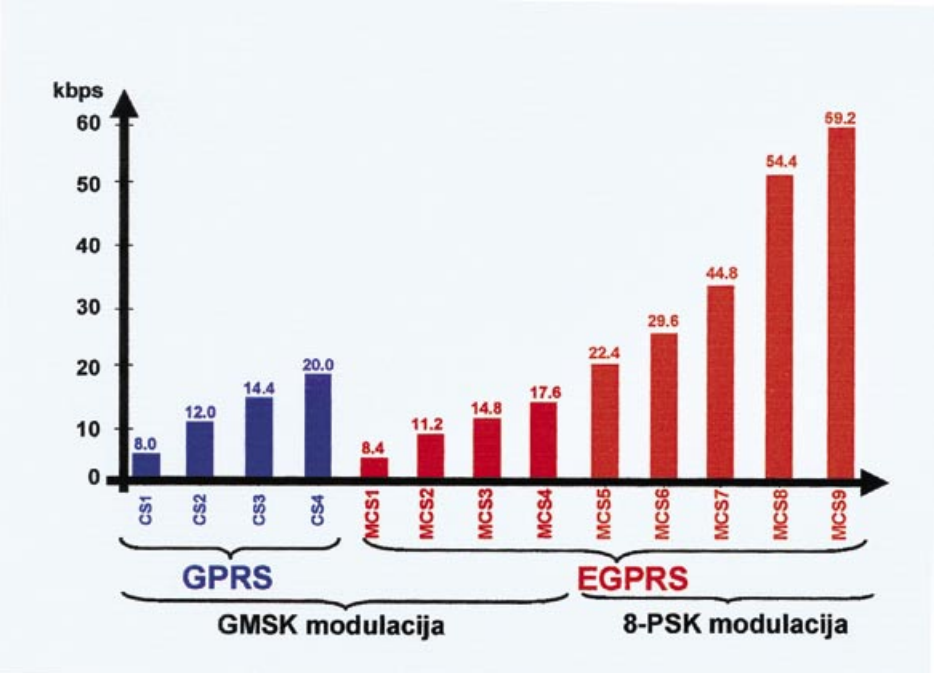
Međutim, primjena 8PSK modulacije za sobom nosi i određene potencijalne nedostatke. Tako je, npr., udaljenost između pojedinih simbola u I/Q ravnini manja nego u slučaju GMSK modulacije. Iz toga slijedi da je radijskom prijamniku, u tom slučaju, teže odrediti koji

Slika 3. Prikaz GMSK i 8-PSK modulacije u I/Q ravnini





Slika 2. Složaj (E)GPRS protokola



Slika 4. Prikaz brzina prijenosa za pojedine kodne sheme za GPRS i EGPRS

je točno simbol u određenom trenutku primio. Kada su radijski uvjeti dobri, to i nije toliko bitno, međutim, kada se radijski uvjeti pogoršaju, kvaliteta prijenosa može biti ugrožena. Kako bi se to spriječilo, izvornim bitovima se dodaju dodatni, tzv. zaštitni, bitovi koji omogućavaju ispravak pogrešno prenesenih bitova. Navedeni postupak se naziva kanalno kodiranje.

U okviru GPRS standarda su definirane četiri sheme kanalnog kodiranja (CS 1-4 - *Coding Schemes 1-4*), pri čemu svaka sadržava određeni broj zaštitnih bitova kako bi se na optimalan način prilagodila radijskim uvjetima. EGPRS definira devet tzv. modulacijsko-kodnih shema (MCS 1-9 - *Modulation and Coding Schemes 1-9*). MCS 1-4 koriste GMSK modulaciju, dok MCS 5-9 koriste 8-PSK modulaciju. Slika 5. prikazuje brzine prijenosa po jednom vremenskom odsječku za različite kodne sheme za GPRS i EGPRS na radijskoj vezi ako RLC/MAC zaglavlje nije uračunato. Dok GPRS doživljava zasićenje na brzinama prijenosa od 20 kbps po vremenskom odsječku bez mogućnosti povećanja brzine prijenosa u povoljnim radio uvjetima, EGPRS omogućava bolje korištenje povoljnijih radijskih uvjeta postupno povećavajući brzinu prijenosa do maksimalno mogućih 59.2 kbit/s.

Također je zanimljivo da GPRS i EGPRS u jednakim radijskim uvjetima i uz primjenu iste GMSK modulacije imaju različite brzine prijenosa. Uzrok leži u različitim veličinama zaglavlja EGPRS i GPRS paketa te u naprednijem postupku prijenosa podataka izvedenom u okviru EGPRS-a.

3.2. Postupak prijenosa podataka

Cijeli postupak prijenosa podataka u EGPRS-u kao i u GPRS-u je izrazito složen. Stoga se u ovom dijelu uglavnom izlažu samo najvažnije prednosti EGPRS-a nad GPRS-om koje se mogu objediniti u sljedeće četiri značajke:

- Ponavljanje slanja podataka(retransmisija) uz promjenu kodne sheme
- Veličina adresnog prostora RLC/MAC okvira
- Točnost procjene radijskih uvjeta
- Izvedba mehanizma ispreplitanja (*interleaving*).

Kako bi se IP paket isporučio korisnikovoj pokretnoj stanici, on iz vanjske mreže preko GGSN čvora dolazi do SGSN čvora. SGSN dijeli IP paket na manje podatkovne jedinice nazvane LLC PDU (*Logical Link Control Packet Data Units*), pri čemu im se dodaju posebna zaglavlja. PCU jedinica u okviru BSC čvora zaprima LLC PDU jedinice te ih zatim dijeli na još manje podatkovne jedinice, tzv. radijske blokove. Radijskim blokovima se, također, dodaje posebno zaglavlje u okviru RLC/MAC sloja. Nakon toga, svaki se radijski blok dijeli u četiri snopa (*bursts*) i odašilje preko radijskoga sučelja u okviru, od prije poznate, GSM TDMA (*Time Division Multiple Access*) strukture.

Vrijeme potrebno da se jedan radijski blok prenese iznosi 20 ms. Ovo je slučaj za sve kodne sheme u okviru GPRS-a, kao i za većinu kodnih shema u okviru EGPRS-a. Međutim, EGPRS najviše kodne sheme MCS 7-9 su u stanju poslati dva radijska bloka u okviru 20 ms.

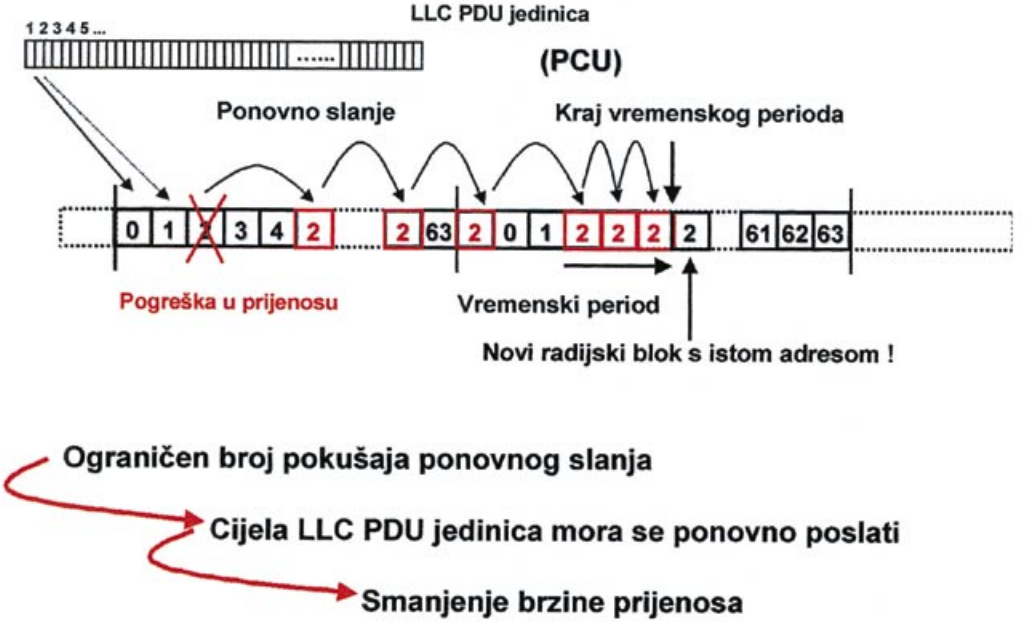
U radijskim mrežama s ograničenim brojem frekvencija ili slabije izvedenim frekvencijskim planiranjem često se susreće problem istokanalne interefencije. Istokanalna interferencija je smetnja koja proizlazi iz rada jednog ili više primopredajnika na istoj frekvenciji pa se oni međusobno ometaju u radu. U takvim uvjetima može se dogoditi da se jedan ili više radijskih blokova ne prenesu na ispravan način. Tada je potrebno izvršiti ponovno slanje ili retransmisiju. U EGPRS-u za razliku od GPRS-a je moguće izvršiti ponovno slanje s kodnom shemom koja je različita od one primijenjene u prethodnom pokušaju. To će obično voditi k uporabi robusnije kodne sheme, tj. kodne sheme s većim brojem zaštitnih bitova. U pravilu, na taj način se znatno povećava vjerojatnost uspješnog prijenosa radijskog bloka. U suprotnom (npr. u GPRS-u), retransmisija bi se obavila s istom kodnom shememom i pod pretpostavkom nepromijenjenih radijskih uvjeta, završila bi neuspješno.

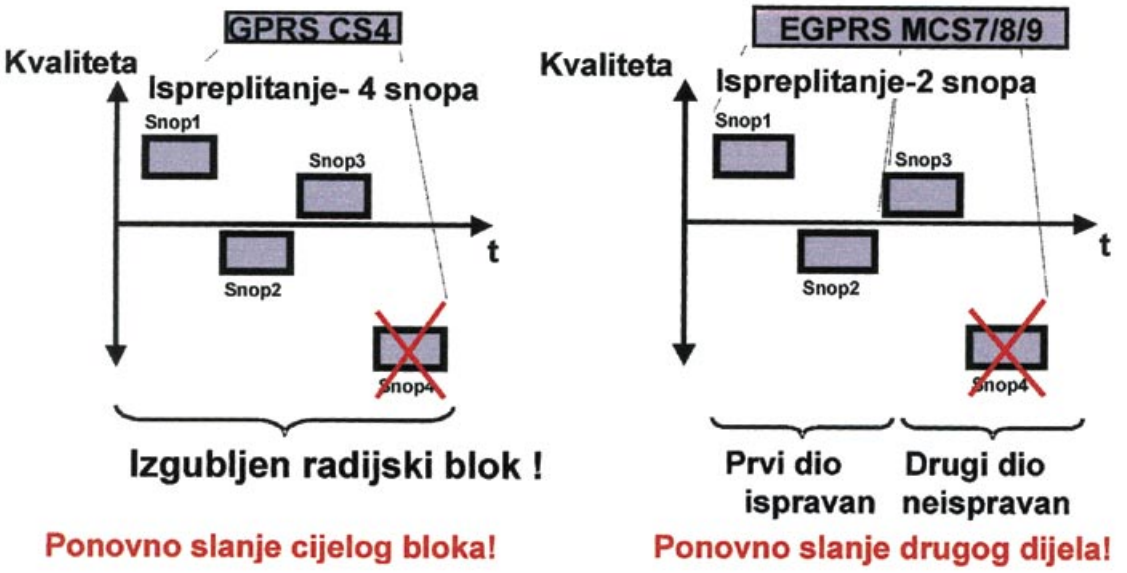
Predajnik svakom zaglavlju radijskog bloka prije odašiljanja pridružuje određeni adresni broj. U GPRS standardu adresni brojevi mogu poprimiti vrijednost od 1 do 64, nakon čega adresiranje počinje iz početka. Nakon što predajnik uputi slijed od, npr., 10 radijskih blokova prema prijamniku, predajnik mu upućuje upit o ispravnosti prenesenih blokova. Prijamnik će tada u obliku ACK/NACK izvješća upoznati predajnik s tim koji blokovi jesu, a koji nisu ispravno preneseni, koristeći njihove adresne brojeve. U slučaju neispravno prenesenih blokova, bit će zahtijevano ponovno slanje.

U EGPRS standardu definiran je daleko veći adresni prostor - od 1 do 1024. Prednost većega adresnog prostora prikazana je na Slici 5. Pretpostavimo da je radijski blok s adresom 2 u prvom pokušaju pogrešno prenesen i da će kao takav zahtijevati ponovno slanje. Ako i u slučaju ponovnog slanja dođe do greške u prijenosu, mreža će pokušati izvršiti cijeli niz retransmisija, sve dok na red ne dođe slanje novog radijskog bloka s istom adresom, ali iz nove LLC PDU jedinice. Kada se ovo dogodi, mreža će dopustiti još određeni broj dodatnih pokušaja ponovnog slanja kroz unaprijed definirani vremenski period. Ako i nakon ovog vremenskog perioda, radijski blok ne bude ispravno prenesen, može se dogoditi da se cijela LLC PDU jedinica mora ponovno poslati. Drugim riječima, svi do tada ispravno preneseni radijski blokovi koji su pripadali toj istoj LLC PDU jedinici gube na važnosti te će biti preneseni još jednom. Jasno je da ponovno slanje čitavog slijeda već ispravno prenesenih radijskih blokova vodi k nedjelotvornosti u korištenju komunikacijskog kanala i samim time k nižoj brzini prijenosa podataka. Povećanjem adresnog prostora snižava se vjerojatnost potrebe za ponovnim slanjem cijele LLC PDU jedinice i smanjenja same brzine prijenosa.

U dijelu 3.1 je spomenuto da je u okviru GPRS-a i EGPRS-a moguće ostvariti različite brzine prijenosa ovisno o kvaliteti radijske veze. Dakle, ovisno o tome je li radijska veza bolja ili lošija, može se odabrati kodna shema s većom ili manjom zaštitnom zalihosti i na taj način ostvariti manja ili veća brzina prijenosa korisnih podata-

Slika 5. Nedostaci kod ograničenja u adresnom prostoru GPRS protokola





Slika 6. Usporedba postupka ispreplitanja kod GPRS-a i EGPRS-a

ka. Sama mreža može odabrati određene kodne sheme u stvarnom vremenu kroz postupak koji se naziva prilagodba veze (*link adaptation*). Uspješnost prilagodbe veze ovisi o uspješnosti odabira kodne sheme, tj. o točnosti procjene radijskih uvjeta. U GPRS-u se odabir kodne sheme zasniva na mjerenjima preuzetim iz klasičnog GSM-a preko parametara kao što su snaga nositelja (*Carrier Strength*) ili učestalost pogrešnih bitova (BER - *Bit Error Rate*). Ovaj način mjerenja je prikladan za govor, ali ne i za prijenos podataka gdje je potrebno raspolagati puno točnijim i bržim uvidom u stanje radijske veze.

GPRS pokretna stanica, npr., mjeri interferenciju tijekom neiskorištenih snopova (*idle bursts*). Na taj način se tijekom 240 ms mogu provesti najviše dva mjerenja, što je premalo za donošenje ispravnoga zaključka o stanju radijske veze. S druge pak strane, EGPRS omogućava znatno učestalija mjerenja koja se provode tijekom svakog snopa, pri čemu se izvješće o kvaliteti radijske veze sastoji od dva najvažnija parametra: srednje vjerojatnosti pogreške bita RLC bloka (*Mean Bit Error Probability of an RLC block*) i koeficijenta promjene vjerojatnosti pogreške bita RLC bloka (*Coefficient Variation of the Bit Error Probability of an RLC Block*). Vrijednost vjerojatnosti pogreške bita izravna je posljedica odnosa vrijednosti signala prema interferenciji, raspršenja vremenske sastavnice signala i brzine kretanja pokretne stanice. Veličina promjenjivosti vjerojatnosti pogreške bita za nekoliko snopova osigurava dodatne informacije o brzini pokretne stanice i tehnici frekvencijskoga skakanja (*frequency hopping*).

Ispreplitanje (*interleaving*) je sljedeće područje u kojem EGPRS donosi poboljšanja u odnosu na GPRS standard. Osnovna misao vodilja je bila povećati djelotvornost rada najmanje zaštićenih kodnih shema u uvjetima frekvencijskog skakanja. U okruženju frekvencijskog skakanja, radijski uvjeti se mijenjaju za svaki pojedini odaslani snop. U GPRS-u se jedan radijski blok ispripliće i prenosi preko četiri snopa. U slučaju da se jedan od snopova ne prenese ispravno, cijeli radijski blok će se morati ponovno poslati (Slika 6.). Kako GPRS kodna shema CS 4 ne koristi gotovo nikakvo zaštitno kodiranje, vrlo velika je vjerojatnost da će najmanje jedan od snopova biti pogrešno prenesen.

Kod EGPRS-a najviše kodne sheme MCS 7-9 prenose dva radijska bloka preko četiri snopa, tako da se ispreplitanje provodi samo preko dva snopa tako da se vjerojatnost retransmisije u slučaju pogrešno prenesenog snopa smanjuje za pola. Na taj način i najmanje zaštićene kodne sheme mogu naći svoje mjesto pri primjeni tehnike frekvencijskog skakanja.

3.3. Nadzor kvalitete veze

Poboljšanja navedena u dijelu 3.2 uvelike utječu i na unaprjeđenje funkcioniranja nadzora kvalitete veze. Međutim, za prilagodbu trenutačnim radijskim uvjetima, osim prilagodbe veze, EGPRS koristi i dodatnu, napredniju metodu nazvanu povećana zalihost (*incremental redundancy*). EGPRS, također, omogućava da se prilagodba veze koristi u kombinaciji s povećanom

zalihošću omogućujući rad nadzora kvalitete veze na izrazito djelotvoran način.

Prilagodba veze kao osnovu za svoj rad koristi informacije o kvaliteti radijskog okruženja. Navedena mjerenja može obaviti pokretna stanica u slučaju veze prema dolje ili mreža u slučaju veze prema gore. Na temelju ovih informacija odabire se najprikladnija kodna shema s kojom će se prenijeti sljedeća skupina radijskih blokova. U slučaju veze prema gore, mreža obavještava pokretnu stanicu koju kodnu shemu treba koristiti pri slanju podataka. MCS se može promijeniti za svaki radijski blok, ali se u praksi mijenja nakon zaprimanja novog izvješća o kvaliteti radijske veze.

S druge pak strane, povećana zalihost se ne temelji na rezultatima mjerenja kvalitete radijske veze. Iz toga proizlazi da mreža u svom radu ne odabire odgovarajuću kodnu shemu, već da podatke šalje koristeći stalno istu kodnu shemu, i to obično onu s najmanjom zalihošću (npr. MCS 9).

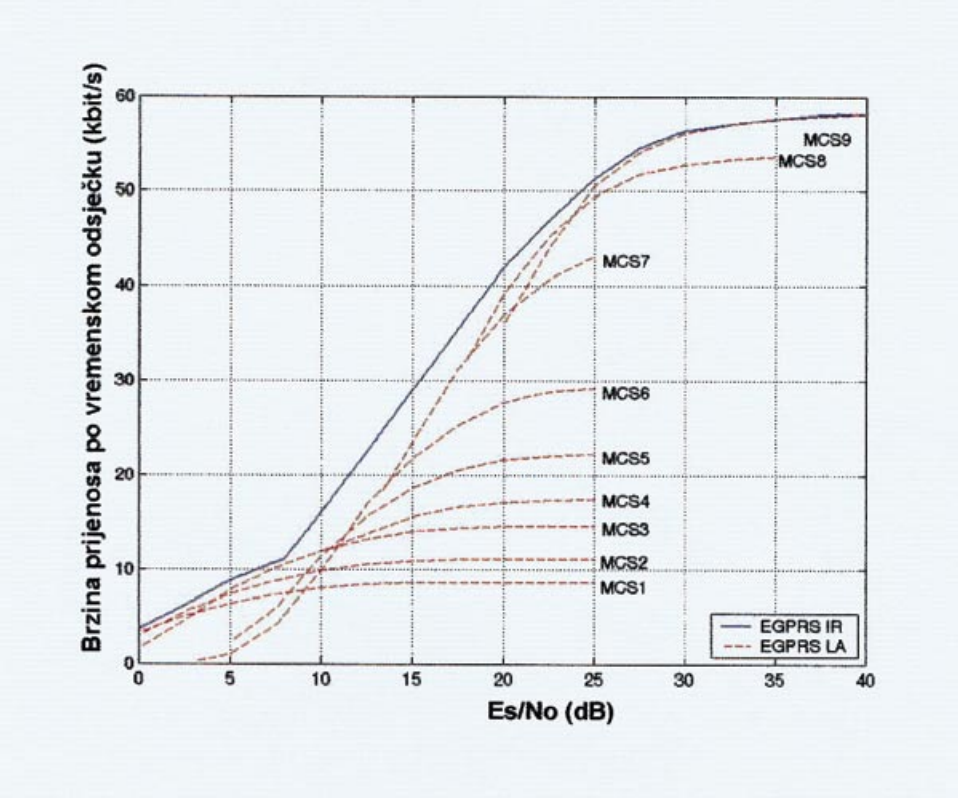
U slučaju nepovoljnih radijskih uvjeta, cijeli način rada se zasniva na višestrukim ponovnim slanjima, pri čemu je prijamnik pomoću tzv. *soft-combining* metode u stanju složiti radijski blok na osnovi njegovih ispravno primljenih dijelova koji potječu iz pojedinih ponovnih slanja. Ponovna slanja istog radijskog bloka se ponavljaju sve dok se cijeli radijski blok ne dekodira na uspješan način. EGPRS standard propisuje da pokretne stanice obavezno moraju podržavati tehniku povećane zalihosti.

Ako se usporedi kvaliteta prijenosa za postupke prilagodbe veze i povećane zalihosti, povećana zalihost ostvaruje znatnu prednost u svim radijskim uvjetima prema Slici 7. U stvarnim uvjetima ta prednost je još i veća jer je pri usporedbi korištena idealna funkcija prilagodbe veze koja u stvarnosti daje lošije rezultate zbog nesavršenosti mjerenja i načina rada algoritama petlje nadzora.

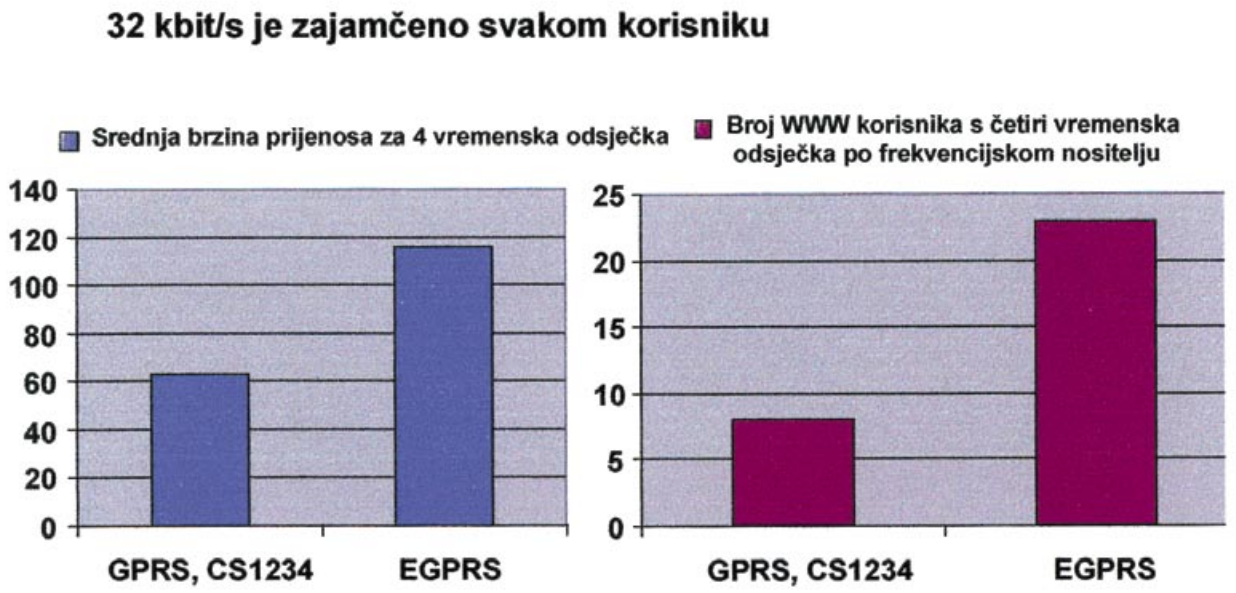
U stvarnosti se, međutim, najčešće koristi kombinacija postupaka prilagodbe veze i povećane zalihosti. Razlog leži u procesorskim i memorijskim ograničenjima pokretnih stanica pri izvršavanju velikog broja *soft-combining* procedura. Tako se povećana zalihost koristi kao primaran mehanizam koji se nadopunjuje s prilagodbom veze kada pokretna stanica dođe u stanje pomanjkanja memorijskog kapaciteta.

4. Usporedba raspoloživog radijskog kapaciteta kod GPRS i EGPRS tehnologija

Za objektivnu usporedbu GPRS i EGPRS tehnologija potrebno je definirati pravedne početne uvjete. Tako je u ovom slučaju pretpostavljen jednostavan WWW (*World Wide Web*) prometni model pri čemu brzina prijenosa po-



Slika 7. Usporedba prilagodbe veze (LA) i povećane zalihosti(IR)



Slika 8. Usporedba GPRS i EGPRS tehnologija

dataka po jednom korisniku na RLC sloju iznosi 32 kbit/s. Radijsko okruženje predstavlja mreža koja je frekvencijski planirana prema 4/12 principu pri čemu se razmatra ćelija s jednim nositeljem gdje se 5 vremenskih odsječaka može koristiti za prijenos podataka.

Rezultati predstavljeni na Slici 8. su zasnovani na sljedećim pretpostavkama:

- Sustav je ograničen s količinom interferencije.
- GPRS koristi savršenu prilagodbu veze, a EGPRS savršenu povećanu zalihost.
- Primjenjuje se WWW prometni model.
- Kvaliteta usluge: Granica kvalitete je postavljena tako da svaki korisnik 10% vremena ostvaruje 8 kbit/s po vremenskom odsječku. To znači da sustav, iako je opterećen s najvećim mogućim brojem korisnika, i dalje zahtijeva da brzina prijenosa po korisniku i po vremenskom odsječku bude bolja od 8 kbit/s tijekom više od 90% vremena.

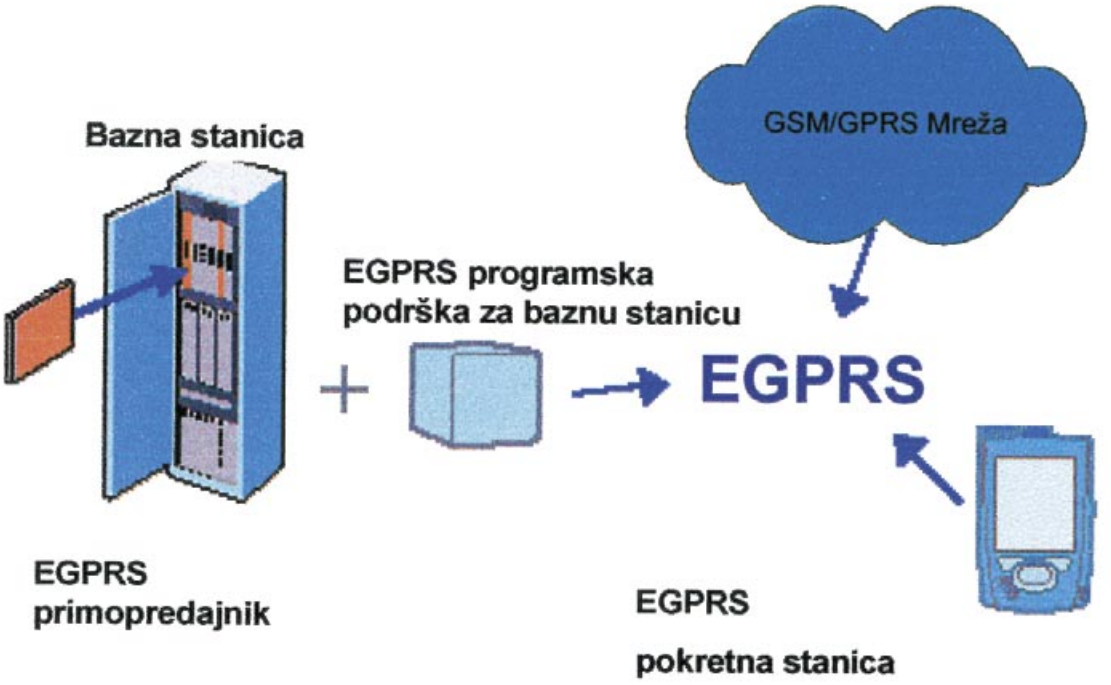
S desne polovice slike jasno se može vidjeti da EGPRS može podržati gotovo tri puta veći broj korisnika od GPRS-a. Ako se u razmatranje uzme lijeva polovica slike, tada se dolazi do zaključka da EGPRS ne samo da osigurava podršku većem broju korisnika od GPRS-a, nego istim tim korisnicima pruža i bolju kvalitetu usluge. Tako će, npr., uz prethodno navedene uvjete, EGPRS korisnici u prosjeku raspolagati s dvostruko većim brzinama prijenosa.

5. Ericssonov EGPRS sustav

Ericsson je vodeći dobavljač EGPRS tehnologije u svijetu s više od trideset sklopljenih tržišnih ugovora s operatorima širom svijeta (studeni, 2003). Početkom srpnja 2003. jedan od vodećih operatora u Sjedinjenim Američkim Državama, Cingular prvi je u svijetu svojim korisnicima omogućio korištenje svih prednosti EGPRS tehnologije temeljene na Ericssonovom rješenju.

Uvođenje EGPRS tehnologije kao nadogradnje GPRS-u u slučaju Ericssonovog rješenja je pojednostavljeno do krajnjih granica (Slika 9.). Sve već postojeće sastavnice Ericssonovog GPRS sustava su sukladne s EGPRS tehnologijom. Jedina nadopuna koja se niti teorijski nije mogla izbjeći vezana je uz primjenu novih primopredajnika u baznim stanicama.

Ovdje treba posebno naglasiti da se EGPRS primopredajnik uspješno uklapa u sve Ericssonove bazne stanice isporučene nakon 1995. g. uključujući tu, naravno, i dvije najzastupljenije skupine ovih proizvoda - RBS 2x02 i RBS 2x06. Na taj način se operatorima omogućava da svojim krajnjim korisnicima na troškovno prihvatljiv



Slika 9. Izvedba Ericssonovog EGPRS rješenja

način i u najkraćem mogućem roku ponude sve prednosti ove tehnologije.

6. Zaključak

EGPRS je tehnologija koja kroz uvođenje promjena na prvom i drugom sloju radijskog sučelja značajno poboljšava svojstva radijskih mreža koje se temelje na GSM standardu. Poboljšanje svojstava zrcali se u većem kapacitetu i boljoj kvaliteti usluga koje EGPRS tehnologije koriste kao prijenosni mehanizam. Međutim, EGPRS je bitan zato što kao tehnologija predstavlja polaznu točku za daljnje usklađivanje postojećih GSM mreža s nadolazećim UMTS mrežama. Navedeno usklađivanje glavna je tema GERAN (GSM/EDGE *Radio Access Network*) programa unutar 3GPP standardizacijskog tijela. Usklađivanje *streaming* i konverzacijske klase treba omogućiti bolju podršku za usluge koje zahtijevaju odziv u stvarnom vremenu. Glavna pokretačka snaga ovog djelovanja je trenutačni trend migracije telekomunikacijskih sustava od komutacije kanala prema komutaciji paketa. Krajnji cilj je stvoriti jedinstveno radijsko okruženje koje će na najbolji mogući troškovni i tehnički način biti u mogućnosti podržati nadolazeće usluge temeljene na IP multimediji.

7. Popis kratica

3GPP - 3rd Generation Partnership Project
BER - Bit Error Rate
BS - Bazna stanica
BSC - Base Station Controller
BSSGP- Base Station System GPRS Protocol
BTS - Base Transceiver Station
CDMA- Code Division Multiple Access
CS - Coding Scheme
DAMPS-Digital American Mobile Phone Standard
ECDS - Enhanced Circuit Switched Data Service
EDGE - Enhanced Data Rates for Global Evolution
EGPRS-Enhanced General Packet Radio Service
ETSI - European Telecommunications Standard Institute
GGSN - Gateway GPRS Support Node
GMSC - Gateway Mobile Switching Center
GMSK - Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS - General Packet Radio Service
GSM - Global System for Mobile communications
GTP - GPRS Tunnelling Protocol
HLR - Home Location Register

IMT-2000 - International Mobile Telecommunications 2000
IP - Internet Protocol
ITU - International Telecommunication Union
LLC - Link Layer Control
MAC - Medium Access Control
MCS - Modulation Coding Scheme
MSC - Mobile Switching Center
NS - Network Service
PDU - Packet Data Unit
PS - Pokretna stanica
PSK - Phase Shift Keying
QAM - Quadrature Amplitude Modulation
RLC - Radio Link Control
SGSN - Serving GPRS Support Node
SMG - Special Mobile Group
SNDCP - Sub Network Dependent Convergence Protocol
TCP - Transmission Control Protocol
UDP - User Datagram Protocol
UMTS - Universal Mobile Telecommunication System
WCDMA - Wideband Code Division Multiple Access
WWW - World Wide Web

Literatura

[1] GSM TS 03.60
[2] GSM TS 04.60
[3] GSM TS 43.051
[4] Ericssonovi interni materijali

ADRESA AUTORA:
Boris Drilo
e-mail: boris.drilo@ericsson.com
Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45
p.p. 93
HR-10 002 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo je primilo rukopis 15. studenoga 2003.