



Boris Županić



Milenka Gadže



Ana Janković

**Boris Županić, Milenka Gadže, Ana Janković**

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

*Ključne riječi*

NMT, Nordijski sustav mobilne telefonije  
GSM, Globalni sustav mobilnih komunikacija  
MSC, Komutacijski čvor pokretne mreže  
MTX, Mobilna telefonska centrala  
UMTS, Svjetski sustavi pokretnih komunikacija  
WCDMA, Širokopolasni višestruki pristup s kodnom raspodjelom kanala

*Key words*

NMT, Nordic Mobile Telephone System  
GSM, Global System for Mobile Communications  
MSC, Mobile Switching Center  
MTX, Mobile Telephone Exchange  
UMTS, Universal Mobile Telecommunication System  
WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access

# Od analognih do digitalnih sustava pokretne telefonije

*Sažetak*

Još od otkrića mogućnosti prijenosa informacija elektromagnetskim valovima razvijaju se sustavi za prijenos govora i podataka na daljinu. No, tek je razvoj elektronike u 70-tim godinama 20. stoljeća omogućio smanjenje dimenzija korisničkih uređaja, što je izazvalo nagli razvoj mobilne telefonije. Prvi sustavi koristili su jednostavne, analogne, FM tipove modulacije. Nakon toga sustavi migriraju prema digitalnim i naprednijim modulacijskim tehnikama koje, uz brojne nove usluge, dovode do pravog buma pokretne telefonije.

**FROM ANALOGUE TO DIGITAL MOBILE TELEPHONY SYSTEMS**

*Abstract*

Since the discovery of the possibility to use electromagnetic waves for the information transmission, systems for voice and data transmission have been developed. But during the 70s in the 20th century a breakthrough in the field of electronics happened, which allowed reduction in size of the user equipment. This triggered the fast development of mobile telephony. The first systems used simple, analog, FM modulation techniques. After that, the migration towards digital and advanced modulation techniques, together with lots of new services, has lead to a real «boom» in mobile telephony.

## 1. Uvod

U svijetu je 70-ih godina 20. stoljeća nastala nekolicina standarda prve generacije celularnih sustava. Osobita raznolikost standarda postojala je u Europi (NMT – Skandinavija, TACS – UK, C450 – Njemačka...). Standardi prve generacije su bili nekompatibilni i postojali su samo poneki ugovori o *roamingu* među operatorima. Razvoj jedinstvenoga standarda druge generacije, radi ostvarenja internacionalnoga *roaminga* u europskim zemljama, bio je neminovan i hitan.

Standardi druge generacije celularnih sustava baziraju se na prijenosu informacija u digitalnom obliku. Njihov razvoj trajao je tijekom 80-ih i ranih 90-ih godina 20. stoljeća u cijelom svijetu. Pojavili su se novi standardi :

- GSM (*Global System for Mobile Communication*) standard je razvijen tijekom 80-ih kao prvi standard druge generacije. Komercijalna uporaba je počela 1992. Danas ga koristi oko 970 milijuna pretplatnika.

- PDC (*Personal Digital Communication*) - komercijalna uporaba je počela u Japanu 1993./94. Danas ga koristi oko 63 milijuna pretplatnika.

- D-AMPS (*Digital AMPS*) – Sjeverna i Južna Amerika, Azija i istočna Europa. Planiran je kao dopuna i nasljednik analognom AMPS standardu. Komercijalna uporaba je počela 1993./94.

- IS-95 (INTERIM STANDARD 95) – Južna Koreja, SAD. Razvijen je ranih 90-ih. Bazira se na uskopojasnom CDMA za razliku od ostalih standarda (GSM, DAMPS i PDC) koji su TDMA sustavi. Komercijalna uporaba je počela 1995./96. Danas ga koristi oko 181 milijun pretplatnika.

Standardi treće generacije sustava pokretne telefonije, tzv. 3G sustavi, pojavili su se kao odgovor na zahtjev za sve većim brzinama prijenosa podataka. Glavni razlozi evolucije mobilnih sustava iz druge u treću generaciju su potreba za većim kapacitetom, brzinama, mogućnost korištenja većega broja različitih aplikacija i pristup uslugama širom svijeta. Ideja je da se usluga-

ma mobilnih mreža druge generacije dodaju multimedijalne usluge.

Najčešće tehnologije treće generacije mobilnih mreža danas su CDMA2000 tehnologije kao evolucija postojećega cdmaOne koji se koristi u Americi i UMTS koji se koristi u Europi. Usprkos sličnostima u imenu i tehnologiji na kojoj se temelje, UMTS i CDMA2000 su nekompatibilni. U ovom članku ćemo se usredotočiti na UMTS tehnologiju i na Ericssonovo tehničko rješenje (Slika 1.).

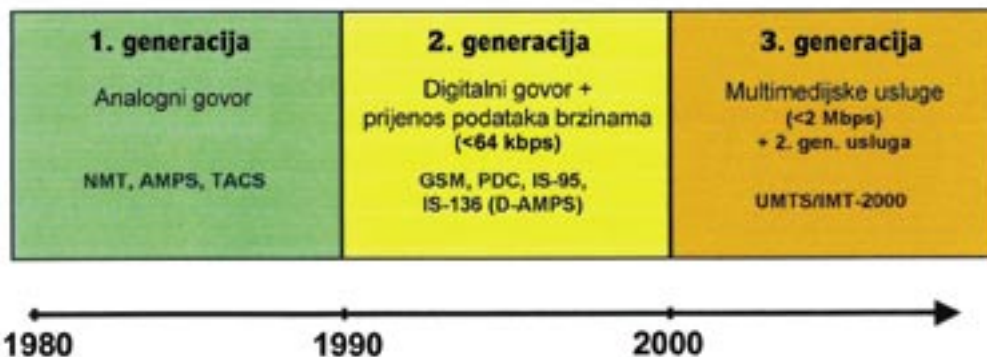
## 2. NMT (1. generacija) – analogni sustav pokretne telefonije

Nordijski mobilni telekomunikacijski sustav (NMT - *Nordic Mobile Telephone System*) je sustav (standard) razvijen zajedničkim snagama telekomunikacijskih administracija Danske, Finske, Norveške i Švedske s ciljem uspostavljanja kompatibilnoga automatiziranog sustava javne pokretne telefonije u nordijskim zemljama. Sustav je planski uveden u komercijalan rad u nordijskim zemljama u ranim osamdesetim godinama 20. stoljeća.

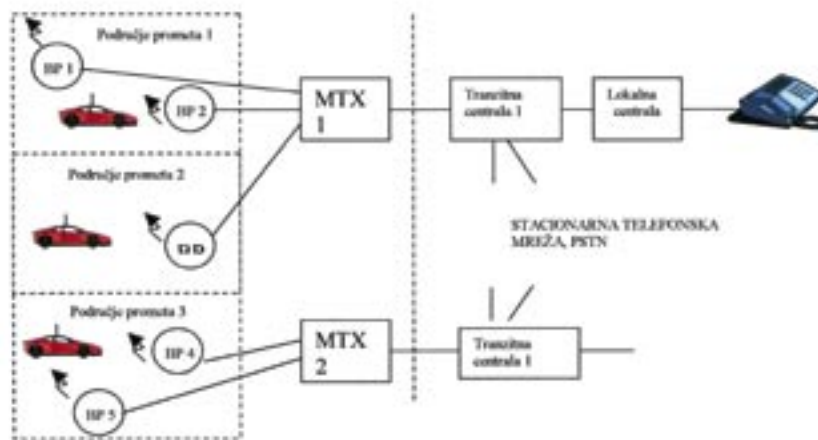
### 2.1. Konceptcija NMT sustava

Konceptcija NMT sustava zasnovana je na bliskom međudjelovanju sa sustavom javne telefonske mreže (Slika 2.). Zbog potrebne kompatibilnosti, sučelje između mobilnih stanica i fiksni dijelova sustava isto je u svim zemljama. Pa ipak, u Hrvatskoj se, zbog nemogućnosti korištenja odgovarajućih frekvencija, koristi drugačije frekvencijsko područje, što je uzrok nekompatibilnosti. Zbog toga “hrvatske” NMT mobitele nije moguće koristiti u drugim državama koje imaju NMT sustav, osim u Sloveniji, koja također koristi isto frekvencijsko područje.

Sučelje između pokretne i fiksne telefonske mreže nalazi se u centrali pokretne telefonske mreže, MTX (*Mobile Telephone Exchange*). Bazne ili osnovne po-



Slika 1. Evolucija mobilnih sustava



Slika 2. Struktura NMT sustava

staje, služe kao sučelje između radio dijela i četverožičnoga transmisijskog dijela, po kanalu. Pri tome ne obavljaju nikakvu komutacijsku funkciju govornoga signala. Grupirane su po pojedinim područjima prometa u kojima samo jedan MTX kontrolira promet prema mobilnoj stanici i od mobilne stanice. MTX može kontrolirati jedno ili više područja prometa. Upravljanje MTX-om obavlja program pohranjen u njemu, gdje se nalaze i brojne druge funkcije potrebne korisniku sustava, npr., skraćeno biranje broja, funkcija "prati me", konferencijsko uspostavljanje veza i sl.

Na svakoj baznoj postaji, jedan radio kanal koristi se kao pozivni kanal i označen je posebnim identifikacijskim signalom. Jedan ili više drugih radio kanala, kada su slobodni, označeni su identifikacijskim signalom slobodnih kanala. Uključena i spremna mobilna stanica u području bazne postaje ugođena je na frekvenciju pozivnoga kanala. Postoji mogućnost da se i pozivni kanal koristi za promet, ali samo onda kada su svi govorni kanali zauzeti.

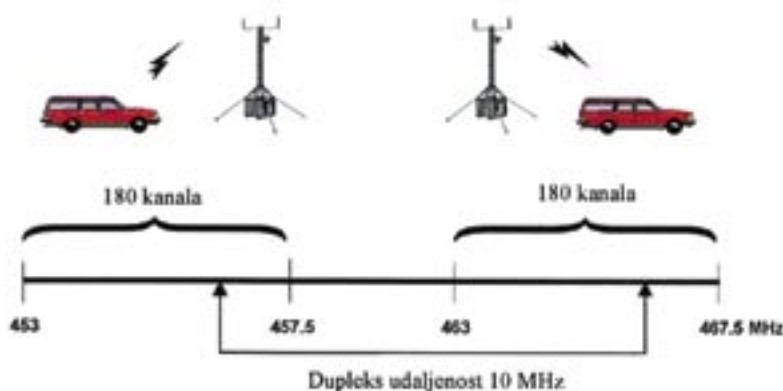
Za smanjivanje mogućnosti neovlaštenog korištenja pretplatničkoga identifikacijskog broja, kada poziv inicira mobilni pretplatnik, provodi se autentifikacijska

procedura, odnosno, provjera vjerodostojnosti pretplatnika. Autentifikacija se može provjeravati i tijekom razgovora ili ako je mobilna stanica pozvana.

## 2.2. Radio frekvencije

U svijetu postoje dva osnovna NMT sustava: NMT450 i NMT900, gdje 450 i 900 označavaju frekvencijska područja sustava. Danas sustav NMT900 polako odumire zbog širenja GSM sustava na istom frekvencijskom području (900 MHz). U daljnjem tekstu isključivo će se govoriti o sustavu NMT450.

Raspoložive radio frekvencije podijeljene su u dva pojasa (Slika 3.): 453-457,5 MHz i 463-467,5 MHz, koji se koriste za uspostavljanje veze od mobilne do bazne, odnosno, od bazne prema mobilnoj stanici. No, u Hrvatskoj se zbog zauzetosti toga dijela frekvencijskog spektra, koriste nešto niže frekvencije: 411,675-415,850 MHz i 421,675-425,850 MHz. S razmakom između pojedinih kanala od 25 kHz, to je dovoljno za smještaj 180 radio kanala. I tu postoji razlika kod hrvatskoga pojasa, jer je on dovoljan za smještaj 168 radio kanala. Osim toga, moguće je koristiti i opciju tzv.



Slika 3. Frekvencijski pojas za NMT 450

“učešljanih” (*interleaved*) kanala. Oni se smještaju između običnih kanala sužavajući na taj način razmak između kanala na 12,5 kHz.

U nekim zemljama regulativa dopušta i korištenje proširenoga pojasa 452,500-452,975 MHz i 462,500-462,975 MHz, dovoljnog za daljnjih 20 kanala.

Zbog ograničenoga broja raspoloživih radio frekvencija, u gusto naseljenim područjima očekuje se pomanjkanje potrebnoga broja radio kanala, tj. javlja se problem premaloga kapaciteta radio mreže. Kako bi se povećao kapacitet mreže, sustav se projektira tako da se u tim područjima intenzivnog prometa koriste male “čelije”, tj. područja pokrivanja bazne postaje (BP). Isto tako, mijenja se i izlazna snaga mobilne stanice (MS), ovisno o udaljenosti od bazne postaje i tipa bazne postaje (male, srednje ili velike snage). Reduciranje izlazne snage koristi se i zbog smanjenja interferencija u mreži, pogotovo kada je mobilna stanica u blizini bazne postaje.

### 2.3. Uspostavljanje poziva

Pozivi za sve vrste mobilnih stanica šalju se simultano sa svih baznih postaja unutar područja prometa na kojemu se pretpostavlja da se nalazi mobilna stanica (MTX pamti zadnje područje prometa mobilne stanice). Kada mobilna stanica primi pozivni signal koji sadrži njen identifikacijski broj, šalje natrag potvrdu poziva također po pozivnom kanalu. Nakon toga MTX rezervira jedan od slobodnih govornih kanala na baznoj postaji gdje je mobilna stanica odgovorila na poziv. Mobilna stanica prima informaciju o slobodnom kanalu preko pozivnoga kanala i podešava svoju frekvenciju na frekvenciju dodijeljenoga kanala. Pozivni kanal se tada oslobađa za druge pozive, a komunikacija MTX – mobilna stanica nastavlja se na dodijeljenom govornom kanalu. Tek nakon toga mobilna stani-

ca zvučnim signalom upozorava na dolazni poziv.

Alternativno, MTX može zatražiti od mobilne stanice da sama potraži slobodni govorni kanal ako su svi govorni kanali na baznoj postaji, preko koje je mobilna stanica odgovorila, zauzeti.

Kada se poziv inicira s mobilne stanice, ona odmah traži i priključuje se na slobodni govorni kanal preko kojega se onda odvija sva komunikacija s MTX-om i uspostavlja govorna veza.

### 2.4. Signalizacija

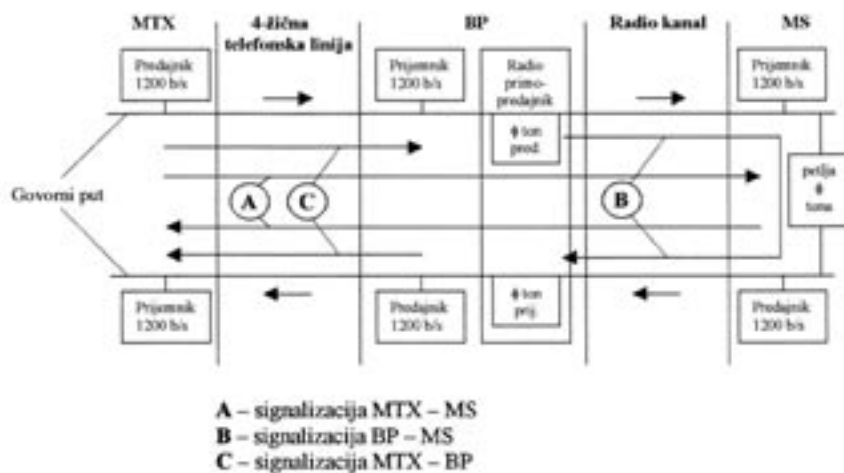
Signalizaciju u NMT sustavu možemo podijeliti u tri grupe (Slika 4.):

- signalizacija između MTX i MS
- signalizacija između BP i MS
- signalizacija između MTX i BP.

Signalizacija između MTX-a i stacionarne telefonske mreže slijedi normalnu nacionalnu signalizacijsku proceduru. Svaki uspostavljeni poziv nadzire se kontinuiranim nadzornim signalom ( $\phi$  signal) odaslanim iz bazne postaje prema mobilnoj stanici. Tamo se on preko petlje vraća natrag u BP. Ako je odnos primljenog signala prema šumu (S/N) ispod predefiniране vrijednosti, ili ako nema povratnog signala, rezultat se šalje u MTX koji potom poduzima potrebne akcije.

Kao nadzorni signal na radio putu koristi se jedan ton. Frekvencija toga tona može biti jedna od četiri moguće: 3955, 3985, 4015 i 4045. Na taj način omogućava se razlikovanje susjednih baznih postaja koje imaju istu frekvenciju radio signala, ali različite  $\phi$  tonove. Signal se umeće u govorni kanal u baznoj postaji po prijemu naredbe od MTX-a. U mobilnoj stanici,  $\phi$  signal se odvaja od govornoga signala i ponovo umeće u povratni govorni signal prema baznoj postaji, gdje se filtrira i ocjenjuje. Razina signala je takva da se vršna devijacija od 300 Hz postiže u oba smjera.

Kvaliteta signala ocjenjuje se u baznoj postaji na te-



Slika 4. Različiti tipovi signalizacije

melju odnosa signala prema šumu (S/N) za nadzorni signal u njegovom frekvencijskom području u određenom vremenskom intervalu. Rezultat koji se potom šalje u MTX može biti jedan od sljedeće dvije mogućnosti:

a) primljeni  $\phi$ -signal ispod 1. granice, ali ne i ispod 2. granice.

b) primljeni  $\phi$ -signal je ispod 2. granice.

Signalizacija između MTX-a i BP-a može se podijeliti na tri tipa:

- Pojedinačna udaljena kontrola svakoga pozivnog i govornog kanala, kao što je početak i kraj rada odašiljača u baznoj postaji, aktivacija i deaktivacija kompandera u BP ili udaljena kontrola nadzornog signala između BP i MS.

- Udaljena kontrola mjerenja jačine signala i druge detaljnije akcije upravljanja i održavanja sustava u BP.

- Alarmi iz bazne postaje.

Signali između MTX-a i MS-a, kao i oni između MTX-a i BP-a odašilju se po 1200 b/s signalizacijskoj vezi, koja će u nastavku biti detaljnije opisana. Ti signali formatirani su u okvire, tako da se svaki okvir sastoji od 16 heksadecimalnih znamenaka informacije uz dodatak sinkronizacijskih i paritetnih bitova.

Sva mjerenja vremena koja se odnose na signalizacijsku proceduru, mjere se od kraja određenoga okvira što se definira kao odašiljanje (prijem) zadnjega bita u odlaznom (dolazećem) okviru u modemu.

Na Slici 5. prikazana je struktura signalizacijskoga okvira. Ukupna duljina okvira je uvijek ista i iznosi 166 bitova. Za vrijeme prijema, prvih 15 bitova koristi se za sinkronizaciju bitova. To znači da se pulsevi sata u prijemniku modema vremenski prilagođavaju tako da se svaki bit očitava u sredini perioda svoga trajanja (trajanje jednoga bita je 0,83 ms). Uzorak koji se koristi za sinkronizaciju bitova su naizmjenice "nule" i "jedinice"

(101010101010101). Uz dovoljnu jačinu signala, jedna sinkronizacijska sekvenca je dovoljna za postizanje sinkronizacije bitova.

Nakon toga slijedi sekvenca za sinkronizaciju okvira. Ona se koristi da bi se odredilo gdje počinje okvir s informacijama. To je uzorak od 11 bitova: 11100010010. Ostatak sadrži informaciju okvira. Taj dio je kodiran tako da je originalna informacija od 64 bita proširena na 140 bitova.

### 3. GSM (2. generacija) - korak u digitalni svijet

Globalni sustav mobilnih komunikacija (GSM) je prvi od svih standarda druge generacije stupio u komercijalnu uporabu (1992.). Razvio ga je ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*). GSM standard je otvoreni standard koji se sastoji od 150 preporuka koje su podijeljene na 12 serija. Okosnica u razvoju GSM standarda bila je potreba za poboljšanjem kvalitete prijenosa informacija u sustavu te povećanja kapaciteta i pokrivanja samog sustava.

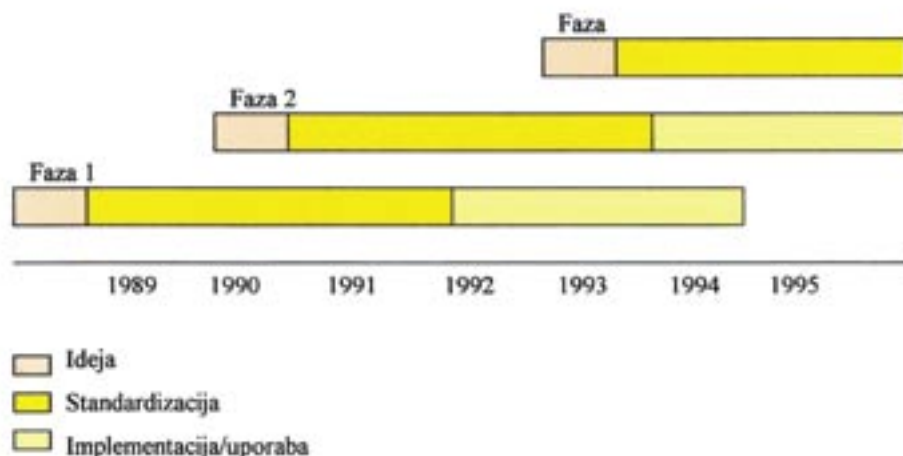
U drugoj generaciji prijenos govora i dalje ostaje dominantan, ali po prvi put se javlja prijenos faksa, poruka i podataka. U odnosu na prvu generaciju napravljen je veliki pomak – povećan je kapacitet mreže, poboljšana je kvaliteta prijenosa, omogućen je internacionalni *roaming* te korištenje nekih dodatnih usluga, osigurana je zaštita od zlouporabe i omogućeno je šifriranje korisničkih podataka, mobilna oprema je manja, lakša i jeftinija u usporedbi sa sustavom prve generacije.

#### 3.1. Evolucija GSM-a

Početni cilj je bio uključiti sve specifikacije GSM standarda u izvedbu. Međutim, 1988. bilo je očito da se



Slika 5. Struktura signalnoga okvira



Slika 6. Faze u razvoju GSM tehnologije

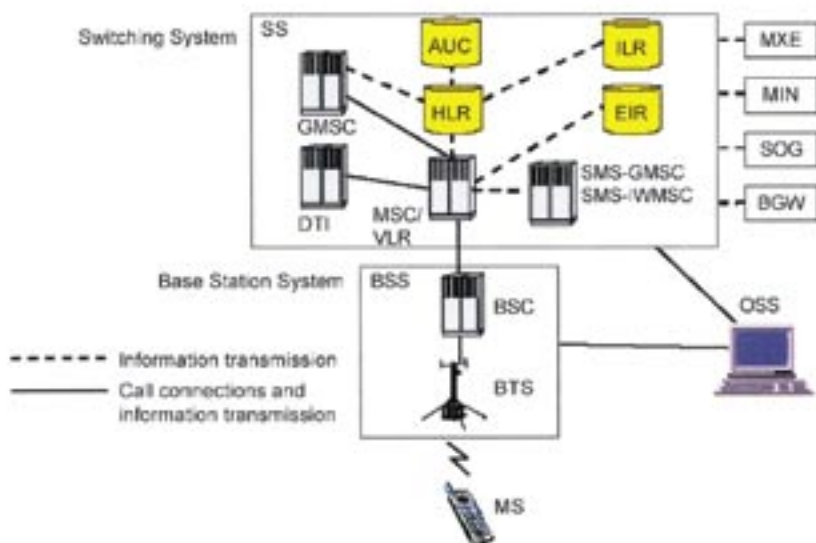
u zadanom vremenu neće završiti sve planirane GSM usluge. Tada je odlučeno da će se GSM uvoditi u fazama (Slika 6.). Godine 1990. je završen ograničeni skup usluga i nazvan GSM Faza1. Svaka sljedeća faza donosit će nova poboljšanja, a sadržavat će i sve usluge iz prethodne faze. Takav koncept omogućava uključenje novih tehničkih dostignuća u GSM standard te mogućnost reakcije na zahtjeve tržišta.

Godine 1990. je završena standardizacija GSM900, a 1991. DCS1800. Ta dva standarda spadaju u Fazu1. Faza1 obuhvaća sve glavne odlike celularnih mreža: kodiranje govora, internacionalni *roaming*, prijenos podataka brzinama od 0.3 do 9.6 kbps, preusmjerenje i *barring* usluge te SMS. Standardizacija Faze2 završena je 1995. godine. Najvažnije je bilo osigurati kompatibilnost s prethodnom fazom. Cilj je bio ostvariti dodatne usluge slične onima u ISDN-u. Definirana

su još neka tehnička poboljšanja, npr. *Half Rate Speech* te dopunske usluge poput čekanja poziva (*call waiting*), zadržavanja poziva (*call hold*), konferencijski poziv (*conference calling*). Faza2+ je već definirana i uključuje nove dodatne usluge, prijenos podataka jako velikim brzinama (do 384kbps), inteligentne aplikacije te razne poslovno orijentirane usluge čiji razvoj će ovisiti jedino o interesu kompanija i proizvođača i, naravno, o tehničkom razvoju. Faza2++ uključuje finija poboljšanja radio sučelja (EDGE, CAMEL, HSCSD...)

### 3.2. Mrežne komponente GSM-a

GSM mreža je podijeljena na dva osnovna podsustava (Slika 7.): komutacijski sustav (SS - *Switching System*) i sustav baznih postaja (BSS - *Base Station System*). SS podsustav je odgovoran za obradu poziva i



Slika 7. GSM Mrežne komponente

obavljanje svih funkcija koje se odnose na pretplatnike. Njemu pripadaju čvorovi: prospojni centar pokretnih usluga (MSC - *Mobile-service Switching Centre*), registar gostujućih pretplatnika (VLR - *Visitor Location Register*), registar vlastitih pretplatnika (HLR - *Home Location Register*), usmjernik pokretnoga prospojnog centra (G-MSC - *Gateway Mobile Switching Centre*), centar za provjeru vjerodostojnosti (AuC - *Authentication Centre*), registar identifikacije pokretne opreme (EIR - *Equipment Identity Register*), itd. BSS podsustav obavlja sve funkcije koje se odnose na radijski dio mreže. Čine ga upravljački dio bazne postaje (BSC - *Base Station Controller*) i osnovna primopredajna postaja (BTS - *Base Transceiver Station*). Uz njih postoji i sustav za upravljanje i podršku (OSS - *Operation and Support System*), podsustav koji ne sudjeluje u upravljanju prometom, ali služi za nadgledanje rada GSM mrežnih komponenata, kao i za nadgledanje rada cijele mreže te administraciju.

U SS podsustavu svaki čvor ima svoju određenu zadaću. MSC uspostavlja, usmjerava, komutira i nadgleda pozive prema mobilnim pretplatnicima ili od mobilnih pretplatnika. U njemu je implementirana funkcija autentifikacije korisnika. GMSC je MSC s dodanom pristupničkom (*gateway*) funkcionalnošću za HLR upit koji je potrebno napraviti pri pozivima iz vanjskih mreža. U HLR-u je implementirana centralizirana mrežna baza podataka o svim korisnicima koji pripadaju odgovarajućem operatoru. U njoj su pohranjeni podaci poput identiteta i autentifikacijske informacije korisnika, usluga na koje je odgovarajući korisnik pretplaćen, položaj korisnika, i sl. U VLR-u se nalaze isti podaci kao u HLR čvoru, samo za korisnike koji se trenutno nalaze unutar područja MSC-a. VLR će podatke tražiti od odgovarajućega HLR-a za pojedinoga korisnika koji uđe u njegovo područje. AuC je baza podataka povezana s HLR čvorom i ima ulogu

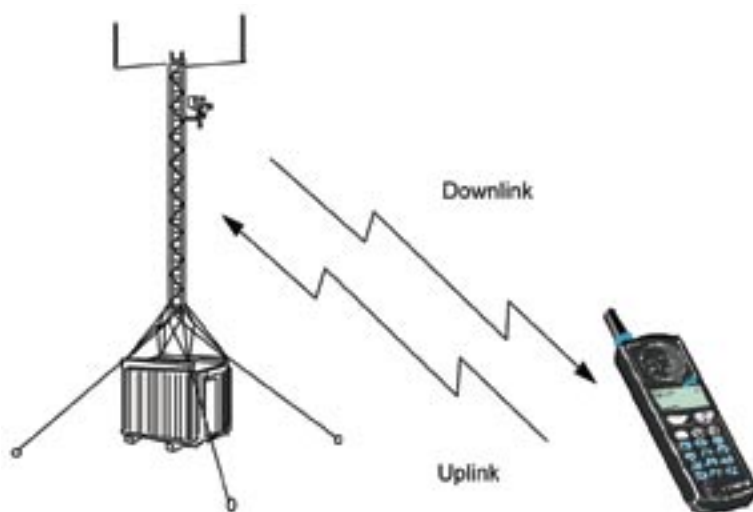
autentifikacije korisnika koji pokušavaju koristiti mrežu. EIR je baza podataka s identifikacijskom informacijom za mobilnu opremu radi onemogućavanja korištenja ukradene robe. To je izborni čvor koji ne mora imati svaka mreža. Registar međumrežne povezanosti (ILR - *Interworking Location Register*) je čvor koji za sad postoji samo u GSM1900 mreži, a omogućava *roaming* među mrežama s različitim standardima. *Short Message Service - Gateway MSC* (SMS-GMSC) i *Short Message Service - InterWorking MSC* (SMSIWMSC) omogućavaju primanje i slanje SMS poruka u mreži. Sučelje za prijenos podataka (DTI - *Data Transmission Interface*) je sučelje prema raznim podatkovnim mrežama. Prije je bio implementiran kao GSM *InterWorking Unit* (GIWU).

Čvorovi unutar BSS sustava također imaju određene funkcije. Upravljački dio bazne postaje (BSC) je središnja jedinica u BSS podsustavu koja upravlja cijelim radio sučeljem, dakle u njejoj nadležnosti je *handover*, povezivanje mobilne stanice, upravljanje radio mrežom, dodjela radio kanala, prikupljanje konfiguracijskih podataka za određenu ćeliju, transkodiranje podataka i prilagodbu brzine, koncentriranje prometa, kontrola baznih stanica, itd. Svaki MSC kontrolira više BSC čvorova. BTS obuhvaća svu opremu potrebnu u jednoj ćeliji. Ericssonovo ime za BTS je radio bazna stanica (RBS - *Radio Base Station*), a uključuje opremu za jednu lokaciju. Pod pojmom »oprema« podrazumijevaju se primopredajnici i antene. Svaki BSC kontrolira više RBS čvorova.

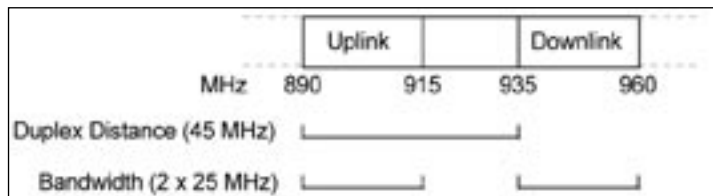
I na kraju, potreban je i uređaj za povezivanje korisnika na mrežu – mobilna stanica (MS - *Mobile Station*).

### 3.3. GSM tehnologija

Cijela GSM mreža je podijeljena na ćelije. Ćelija je

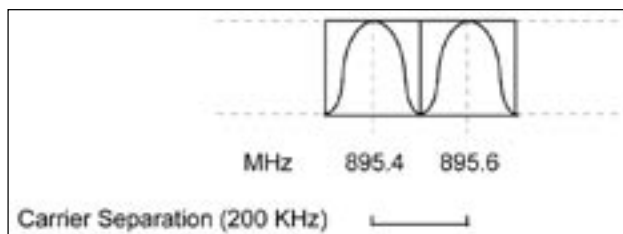


Slika 8. Uplink i downlink na radio kanalu



Slika 9. Duplex distanca

Slika 10. Separacija kanala



osnovna jedinica celularnog sustava i definira se kao prostor koji pokriva jedna BS antena. MS komunicira s BTS odašiljanjem i primanjem radio valova na određenoj frekvenciji. Koristi se *full duplex* transmisija za vezu prema nadređenom čvoru (*uplink*) i silaznu vezu (*downlink*), Slika 8. *Uplink* i *downlink* su odvojeni *duplex* distancom (45 MHz) radi izbjegavanja interferencije među njima (Slika 9.), a uz to uvedena je i separacija kanala (200kHz) kao što pokazuje Slika 10. To je razmak na frekvencijskom pojasu za odvajanje kanala koji se prenose u istom smjeru, dakle, ili na vezi prema nadređenom čvoru ili na silaznoj vezi.

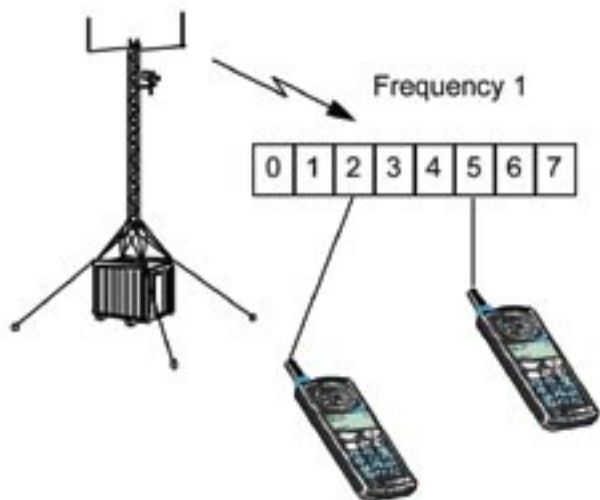
Kapacitet je određen brojem frekvencija u ćeliji. Međutim, postoji ograničen broj raspoloživih frekvencija, stoga se iste frekvencije moraju koristiti u više ćelija, ali je bitno prostorno ih udaljiti kako bi se smanjila interferencija. Cilj je što više puta ponoviti raspoložive frekvencije radi povećanja kapaciteta mreže, ali uz što

manju interferenciju radi bolje kvalitete prijenosa. Postoje posebni predlošci za raspoređivanje frekvencija po mreži.

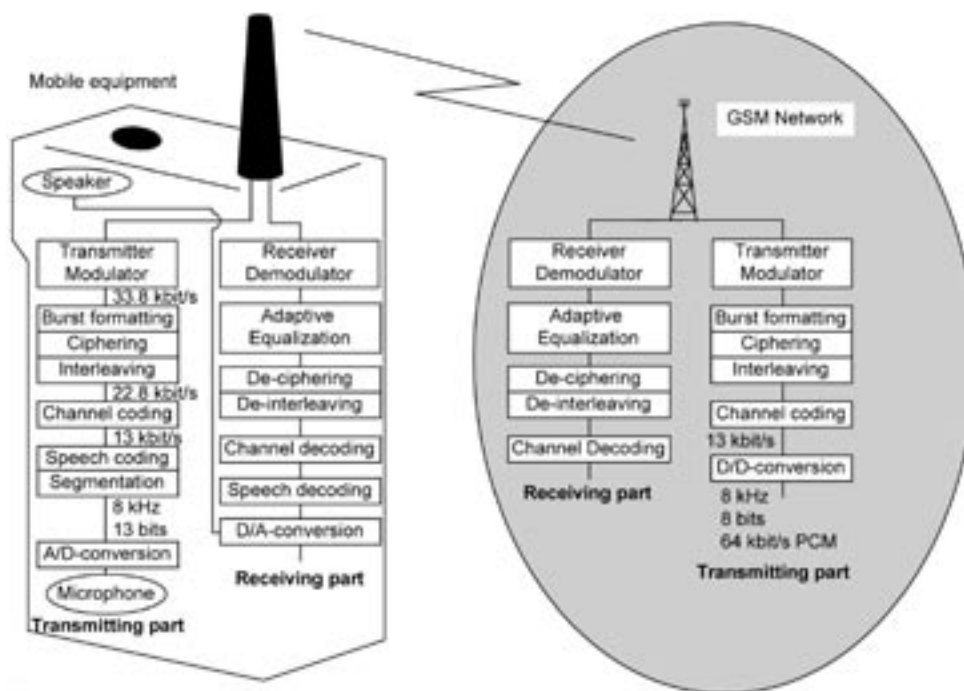
Svaka od tih frekvencija raspoređenih po mreži nosit će najviše 8 poziva. To je moguće jer će svakom pozivu biti dodijeljen određeni vremenski period (TS - *Time Slot*) na *uplink* i *downlink* frekvencijama, unutar kojeg će smjeti slati odnosno primiti signal. Takva pristupna metoda, prikazana na Slici 11., zove se višestruki pristup s vremenskom podjelom (TDMA - *Time Division Multiple Access*). U GSM mrežama jedan TS traje 0,577ms i unutar njega se uspije poslati 156,25 bitova.

Prije prijenosa zrakom, glas se pretvara iz analognoga u digitalni oblik i tako se prenosi zrakom. Digitalni signal je povoljniji za prijenos iako se dio informacije gubi već pri samoj A/D pretvorbi. Iz njega je na određitu moguću potpuno ukloniti šum. Proces pretvaranja analognoga signala u digitalni u GSM sustavu se radi pulsno kodnom modulacijom (PCM - *Pulse Code Modulation*). PCM se sastoji od tri koraka: uzorkovanje, kvantizacija i kodiranje. Pri uzorkovanju je važno što češće uzimati uzorke da se sačuva što više informacija. Minimalna frekvencija uzorkovanja mora biti dvostruko veća od najveće frekvencije u analognom signalu. U ljudskom govoru su sve frekvencije ispod 3400 Hz, a za uzorkovanje se u telekomunikacijama koristi 8 kHz, što je prihvatljivo s obzirom na zahtjev za minimalnu frekvenciju uzorkovanja. Dio informacije gubi se kod kvantizacije jer se izmjerena snaga signala aproksimira s najbližom ponuđenom razinom kvantizacije. U GSM mrežama ima 8192 razina kvantizacije. Svaka razina ima svoj određeni kôd, tijekom kodiranja kvantizacijske vrijednosti samo pretvaramo u kodove. Govor se kodira u setovima od po 20 ms i svaki set se kodira s 260 bita. Nakon toga radi se još kodiranje kanala, čime se dobije 456 bitova. Na taj set bitova primjenjuje se postupak umetanja (*interleaving*) radi povećanja mogućnosti ispravljanja pogrešaka u dekodneru

Slika 11. TDMA pristupna metoda







Slika 12. Proces transmisije

u slučaju gubitka bitova. Podaci se na kraju šifriraju i šalju u snopovima (*burst*) na dodijeljenoj frekvenciji i vremenskom odsječku. GSM koristi GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) tehniku za modulaciju signala. Količina bitova prenesenih radio kanalom zove se brzina prijenosa, a u GSM-u ona iznosi 270 kbit/s.

Prilikom prijenosa signala zrakom (Slika 12.), javljaju se određene smetnje. Neke od njih su: gubitci u samom prijenosu, zaklonjenost drugim objektima, iščezavanje signala, vremenska disperzija... Postoji niz metoda koje umanjuju učinak navedenih smetnji, recimo, kodiranje kanala koje smanjuje učestalost pogrešnih bitova (BER - *Bit Error Rate*), zatim postavljane AMR (*Adaptive Multi Rate*) jedinice u mrežu koja će prilagođavati vrstu kodeka u ovisnosti o situaciji u mreži, postupku umetanja, raznolikosti antena, poskakivanju frekvencije (*frequency hopping*), vremenskom vođenju (*timing advance*)...

Svaka ćelija u mreži imaće jedan kontrolni kanal. Kontrolni kanal zauzima jedan TS na jednoj frekvenciji, a šalje se periodički i uvijek maksimalnom snagom. Ona nosi informaciju o odgovarajućoj ćeliji: lokaciju, sinkronizacijsku informaciju, identitet mreže, maksimalnu dozvoljenu snagu u ćeliji, informaciju o kontrolnim kanalima susjednih ćelija... Kad se MS želi spojiti na mrežu, ona skenira cijeli frekvencijski spektar i nađe najjači kontrolni kanal iz kojega očita informaciju o mreži i poveže se na mrežu. Ostali kontrolni kanali služe za uspostavljanje i prekid poziva, prilagodbu snage, dok se za prekapćanje (*handover*) koriste ostali kontrolni kanali, a za prijenos informacija koristi se

prometni kanal.

Mrežni identitet je određen brojevima uz pomoć kojih mreža locira MS prilikom uspostavljanja poziva. Budući da ispravno funkcioniranje mreže ovisi o tim brojevima, jako je važno da svaki od tih brojeva bude jedinstven i ispravan.

Svi čvorovi u Ericssonovim GSM mrežama izgrađeni su na AXE platformi. AXE sustav je dizajniran da prati stalne promjene. Pratio je sve promjene kabineta (BYB202, BYB501) i magazina, promjene na hardveru i softveru svih jedinica sve do zadnje verzije - AXE810.

### 3.4. GSM usluge

U prvoj generaciji mobilnih mreža usluge su bile ograničene samo na govor. Druga generacija orijentirana je i na prijenos govora i podataka, iako govor i dalje zadržava najveću važnost. Od samoga početka rada GSM mreža (1992.) svi operatori su mogli pružiti govorne usluge, dok su podatkovne usluge mogle biti implementirane tek kasnije (1994. – faks, 1996. – SMS, i dr.). Odluka o uvođenju svih ostalih usluga ostavljena je operatorima.

Zahtjevi tržišta su veliki: poboljšanje kvalitete govora, prilagodba terminala korisnicima, globalni pristup, prijenos usluga iz domaće u stranu mrežu, brz prijenos podataka, kao i niže cijene. Dosadašnja rješenja zadovoljavaju većinu današnjih zahtjeva tržišta. Kvaliteta govora je poboljšana uvođenjem novih kodeka: EFR (*Enhanced Full Rate*), AMR (*Adaptive Multi Rate*), TFO (*Transcoder Free Operation*), čime se izbjegava

transkodiranje i pripadajući gubici na kvaliteti pri pozivima s jednoga mobilnoga uređaja na drugi (MMC - *Mobile-to-mobile Call*). Razvijaju se terminali prilagođeni korisnicima (veći ekran, određene funkcije...). *Infra Red* ili *Blue Tooth* (2.45 MHz) tehnologije zamijenit će kablove. *Dual-* i *Triple-band* mobilne stanice (GSM900/1800/1900), multi-modalna oprema (npr., GSM-DECT), *roaming* preko satelita (MSS - *Mobile Satellite Systems*) omogućit će mobilnoj komunikaciji istinski globalni pristup. Uvođenjem inteligentnih mreža (IN) ostvarit će se globalne usluge usporedive s onima koje korisnici imaju u domaćim mrežama (CAMEL - *Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic*). Prilagodba dodatnih usluga korisnicima, odnosno, određenim grupama korisnika (USSD - *Unstructured Supplementary Services Data*). Brzi prijenos podataka realiziran je implementacijom novih podatkovnih usluga (HSCSD - *High Speed Circuit Switched Data*, GPRS - *General Packet Radio Services*, EDGE - *Enhanced Data rates for the GSM Evolution*).

### 3.4.1 Brzi prijenos podataka komutacijom kanala

Brzi prijenos podataka komutacijom kanala (HSCSD - *High Speed Circuit Switched Data*) je usluga za prijenos podataka. Visoka brzina prijenosa osigurana je kombiniranjem do 8 kanala iste frekvencije. Maksimalna brzina na jednom fizičkom kanalu porasla je s 9,6 kbit/s na 14,4 kbit/s. Kombiniranjem 4 fizička kanala (57,6 kbit/s) postižu se brzine usporedive s ISDN. Za implementaciju te usluge u GSM mrežu potrebna je samo softverska nadogradnja. HSCSD je pogodan za stvarno-vremenske potrebe, ali problem nastaje jer usluga s komutacijom kanala ima prevelik zahtjev na spektru, a nedovoljno iskorištava zauzete resurse.

### 3.4.2 Opće paketne radijske usluge

Opće paketne radijske usluge (GPRS - *General Packet Radio Services*) također omogućavaju korištenje do 8 kanala na jednom nositelju za jednoga korisnika, međutim, za razliku od HSCSD, to je paketno orijentirana usluga te omogućava efikasno korištenje spektra. Definirane su 4 kodne sheme s brzinama prijenosa od 9,05, 13,4, 15,6 i 21,4 kbit/s. Postižu se velike brzine prijenosa, čak i do 150 kbit/s. Uslugu je moguće naplatiti i u ovisnosti o količini prometa. GPRS omogućava *Point-to-Multipoint* usluge, SMS neograničene duljine. Za uvođenje GPRS usluge u mrežu potreban je novi hardver i softver u GSM mreži. Od hardvera su uvedena dva nova čvora (SGSN - *Serving GPRS Support Node* i GGSN - *Gateway GPRS Support Node*) te PCU (*Packet Control Unit*) jedinica u BSC čvoru.

### 3.4.3 Poboljšane brzine prijenosa podataka

EDGE (*Enhanced Data rates for the GSM Evolution*) je poboljšanje GSM mreže za zahtjeve nove generacije. Radi se samo o promjeni modulacijske tehnike u GSM mreži. Dakle, ako se umjesto GMSK modulacijske tehnike primijeni 8PSK (*8 Phase Shift Keying*) tehnika dobije se brzina od 48 kbit/s na jednom kanalu. Kombiniranjem 8 takvih kanala na istom nosiocu moguće su brzine do 384 kbit/s.

## 3.5. Budućnost GSM-a

Budući da jedino Internet tržište ima veći porast od mobilnog tržišta, trenutačno se ulažu značajni napor u nastojanja da se nadvladaju tehnička ograničenja druge generacije, kako bi se slijedio taj trend. U mobilnim mrežama još je dominantan prijenos govora, iako su brzine prijenosa podataka puno veće. Unatoč očekivanoj stagnaciji ukupnoga broja pretplatnika, postojat će daljnji kvalitativni i kvantitativni porast. U razvijanim zemljama povećat će se govorni promet zbog sve duljih razgovora, a što je još važnije, brzi prijenos velike količine podataka postaje sve značajniji. Fokus operatora će se lagano premješati s prijenosa govora na prijenos podataka, stoga je razvoj tehnologije prijenosa podataka u mobilnim mrežama od velike važnosti. Uspjeh GSM standarda bazira se na njegovoj fleksibilnosti, razvoju u fazama u kojima je jako brzo uspijevao reagirati na zahtjeve tržišta i tehnički razvoj. Usluge HSCSD, GPRS i EDGE za sada su zadovoljile važan zahtjev tržišta za brzim prijenosom velikih količina podataka. Uvođenje GPRS mrežnih elemenata priprema GSM mreže za uvođenje treće generacije mobilnih mreža. No, ipak će GSM biti dominirajući standard sve dok većina korisnika ne bude koristila sustave treće generacije koji su još u povojima.

## 4. UMTS (3. generacija) – budućnost je počela

Sve veća potreba za podatkovnim uslugama, bilo kada i bilo gdje, glavni je poticaj razvoju UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) sustava. Dosad, kako bismo bili umreženi, morali smo se spojiti preko fiksne linije pa je našu mobilnost ograničavala duljina kabela preko kojeg smo bili spojeni. GPRS je to popravio, ali tek dolaskom UMTS-a krajnjim korisnicima omogućene su brzine usluga na koje je bio naviknut u fiksnoj mreži. Da bi se osigurale te potrebne visoke brzine prijenosa u UMTS-u se koristi nova radio tehnologija: *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA).

Počeci uvođenja UMTS tehnologije bili su poprilično burni. Prisjetimo se samo ogromnih svota koje su operatori u zapadnoeuropskim zemljama izdvojili samo za licence. To je odgodilo sam početak ulaganja u novu infrastrukturu, ali ipak uskoro je "stvar" krenula. U svim zapadnoeuropskim zemljama danas postoji nova UMTS mreža.

#### 4.1. Standardizacija

UMTS se počeo razvijati kao član obitelji IMT-2000. IMT (*International Mobile Telecommunication*) je koncept stvoren od strane Internacionalne Telekomunikacijske Unije (ITU) s ciljem da standardi za treću generaciju mobilnih komunikacija, koji bi se trebali koristiti u cijelom svijetu, budu kompatibilni. Kao zajednički frekventijski spektar za 3G u cijelom svijetu odabrani su frekventijski pojasevi 1885 – 2025 i 2110 – 2200 MHz (Slika 13.).

Kako bi se ubrzale IMT-2000 standardizacijske aktivnosti oformljeno je novo standardizacijsko tijelo za 3G – 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). U njemu se osim ITU nalazi još nekoliko regionalnih standardizacijskih organizacija: T1P1 američka grupa povezana s ANSI (*American National Standards Institute*) organizacijom, ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) organizacijom, koja je kreirala GSM standard, japanskim nacionalnim standardizacijskim organizacijama ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*) i TTC (*Telecommunications Technology Committee*) te organizacijom

TTA (*Telecommunications Technology Association*) iz Koreje. Uloga 3GPP-a je dati tehničke specifikacije za mobilne sustave treće generacije bazirane na evoluciji postojećih GSM jezgrenih mreža i novoga pristupa na radio strani (WCDMA).

Zahtjevi koje UMTS mora omogućiti su velike brzine prijenosa, visoka fleksibilnost usluga (s podrškom više paralelnih usluga varijabilne brzine u istoj vezi), poboljšani kapacitet/pokrivanje u odnosu na GSM, jednostavna implementacija, koegzistencija s GSM-om (dualni terminali, *handover* između UMTS-a i GSM-a).

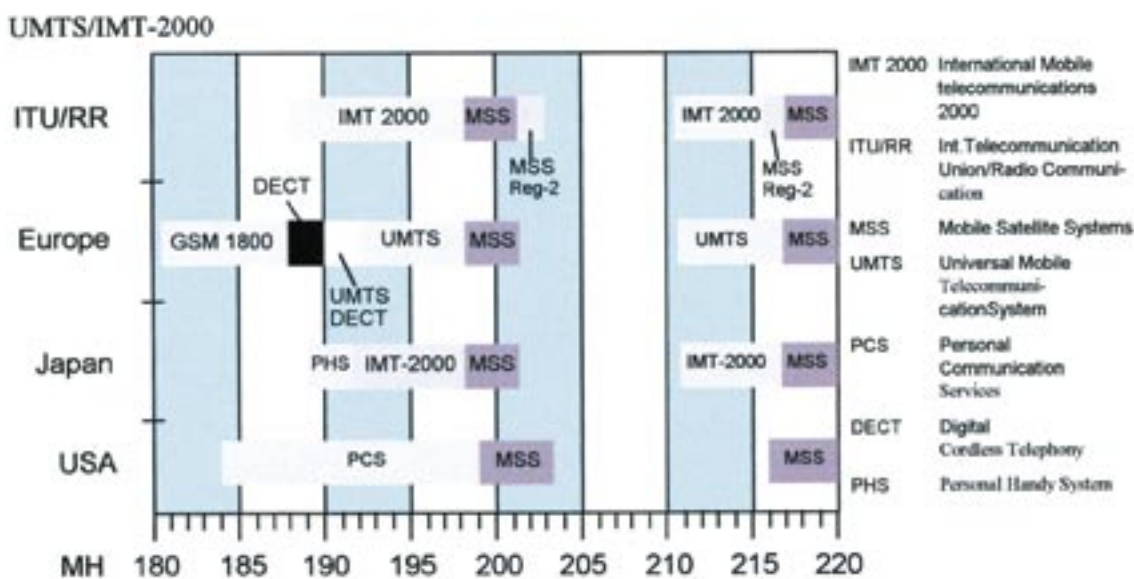
#### 4.2. Arhitektura Ericssonove UMTS mreže

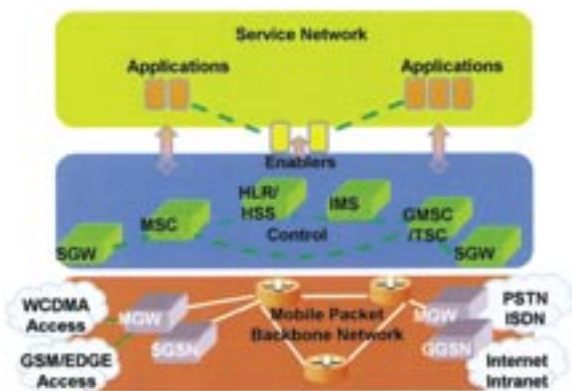
##### 4.2.1 UMTS jezgrena mreža

Možemo reći da se u radio dijelu UMTS mreže dogodila revolucija, a što se tiče jezgrene mreže, ona je evoluirala iz postojeće GSM jezgrene mreže. Stoga je i većina čvorova u UMTS jezgrenoj mreži ostala ista, eventualno s nekim dodanim funkcionalnostima.

U mrežama treće generacije koristi se tzv. slojevita arhitektura (Slika 14.). U tom pristupu odvojene su usluge, kontrola i veze u pojedine slojeve, a ti dijelovi su međusobno povezani signalizacijskim vezama. Time se postiže neovisnost pojedinoga sloja o ostalima. Svaki se može razvijati, proširivati i mijenjati, a to minimalno utječe ili uopće ne utječe na ostatak mreže. Takva otvorena arhitektura osigurava jednostavnu migraciju iz postojećih 2G sustava prema tehnologijama budućnosti.

Slika 13. Dodijeljeni frekventijski spektri





Slika 14. Slojevita arhitektura jezgrene mreže

U veznom sloju nalaze se čvorovi odgovorni za povezivanje i prijenos fizičkih podataka. Na njih se vežu pristupna mreža i vanjske mreže (PSTN, ISDN, Internet...), a oni se sastoje od MGW-a (*Media Gateway*), SGSN-a (*Serving GPRS Support Node*), GGSN-a (*Gateway GPRS Support Node*) i paketne temeljne mreže (*backbone*).

Kontrolni sloj sastoji se od poslužitelja koji kontroliraju uspostavu i raskidanje veza, odgovorni su za "menadžment" korisnika i veza su prema sloju usluga. U ovom sloju nalaze se MSC i GMSC poslužitelji.

U sloju usluga nalaze se razne aplikacije koje su na raspolaganju krajnjim korisnicima.

UMTS jezgrena mreža podijeljena je u dvije domene: komutacija kanala (CS - *Circuit Switched*) i komutacija paketa (PS - *Packet Switched*), Slika 14. CS domena je

odgovorna za konverzijske usluge u UMTS mreži, a PS za paketno bazirane usluge. U PS domeni nema velikih promjena, tj. ostaju GSN (*GPRS Support Node*) čvorovi koje smo već imali u GPRS mrežama. Primjetne promjene imamo u CS domeni gdje dobivamo novi čvor, C-MGW (*Connectivity Packet Platform Media Gateway*). On preuzima dio funkcija koje je imao MSC i to one vezane uz upravljanje samim fizičkim vezama (u njemu se sad nalaze potiskivači odjeka – echo cancellers, AMR koder za govor, terminacije fizičkih veza i sl.) te još dodatno dobiva funkciju komutacije paketa. MGW je baziran na Ericssonovoj novoj CPP (*Connectivity Packet Platform*) platformi koja se prije nazivala i *Cello*. MGW nije jedini čvor u UMTS mreži izgrađen na toj platformi. Svi novi čvorovi u pristupnoj mreži temelje se na CPP platformi.

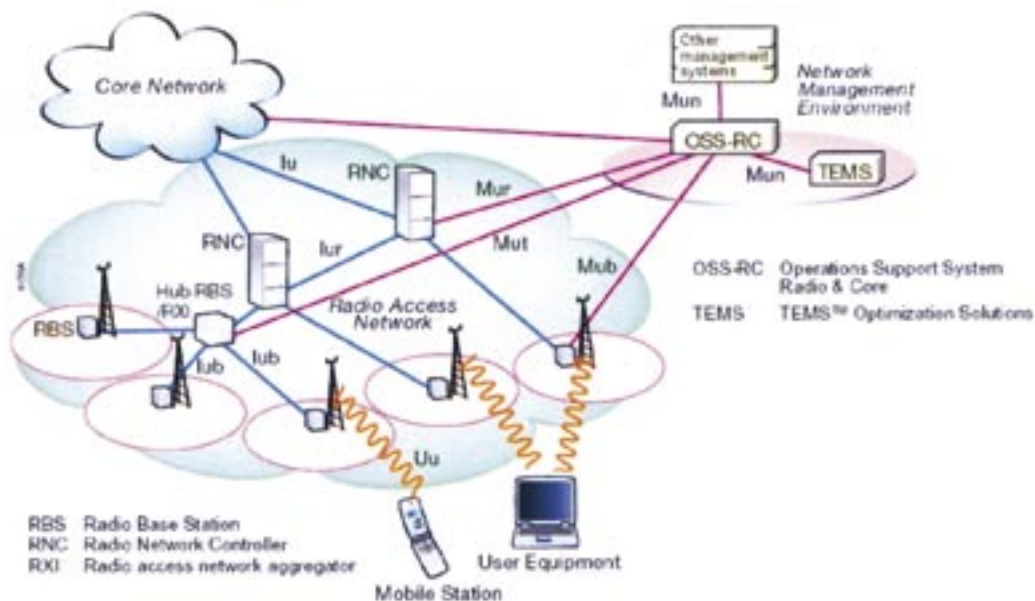
#### 4.2.2 WCDMA pristupna mreža

Pristupna radio mreža sadrži fizičke entitete za upravljanje pristupnom mrežom i korisnicima osigurava sredstva za pristup jezgrenoj mreži.

Glavni čvorovi u WCDMA pristupnoj radio mreži (*RAN - Radio Access Network*) su radio bazne stanice (*RBS - Radio Base Station*), koje su u 3GPP terminologiji nazvane Node B, i kontrolori baznih stanica (*RNC - Radio Network Controller*). Obje vrste čvorova izgrađene su na CPP platformi koja je razvijena baš za podršku WCDMA tehnologije. Slika 15. prikazuje WCDMA pristupnu mrežu, čvorove i sučelja među njima.

Inicijalno dostupne funkcionalnosti fokusiraju se na izgradnju mreže i pokrivanje, dok se nove i naprednije

WCDMA Radio Access Network



Slika 15. WCDMA pristupna mreža

funkcionalnosti kasnije lako mogu dodati na tu bazu. Te inicijalne funkcionalnosti su:

- RAB (*Radio Access Bearer*) funkcionalnost koja osigurava nosioce za govor, CS i PS podatke te procesiranje korisničkih podataka i signalizaciju;
- Funkcije kontrole veze kao što su paging, upravljanje signalizacijskim kanalima, RAB uslugama, alokacijom i kontrolom radio i ostalih resursa koje koriste RAB-ovi;
- Funkcije mobilnosti (prekapčanje, reselekcija ćelije, ažuriranje (*update*) lokacije, itd.);
- Funkcije upravljanja kapacitetom.

CPP platforma se koristi u svim čvorovima WCDMA pristupne mreže (RNC, RBS i RXI) te u MGW iz jezgrene mreže. Sadrži sve potrebne funkcije za komutaciju AAL2, ATM PVC/PVP-ova i za kasnije povezivanje na IP mreže. CPP također omogućava uštedu u obuci, održavanju i rukovanju rezervnim dijelovima.

Ericssonov RNC 3810 (Slika 16.) je dizajniran da zadovoljava sve korisnikove potrebe vezane uz veličinu, skalabilnost, *in-service performance*, funkcionalnosti,



Slika 16. RNC 3810

itd. Glavne funkcije RNC-a su:

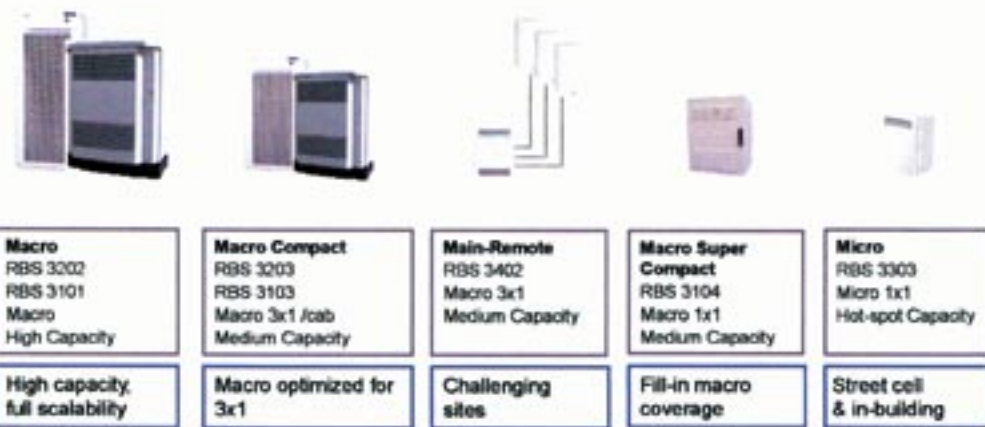
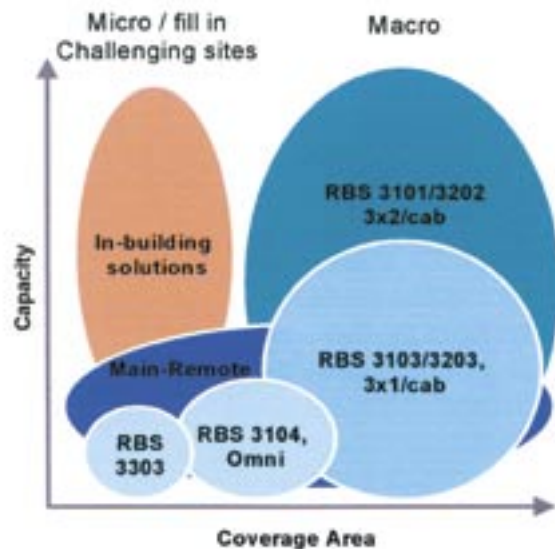
- Upravljanje i osiguranje optimalnoga korištenja radio resursa pristupne radio mreže;
- Kontrola mobilnosti i prekapčanja;
- Podržava sve RAB usluge;
- Osigurava kontrolu i nosioce za svu signalizaciju između korisnika i jezgrene mreže.

Zajednički naziv za Ericssonove WCDMA bazne stanice je RBS 3000 (Slika 17.). RBS 3000 obitelj sadrži širok raspon različitih proizvoda za područja pokrivanja od gusto naseljenih gradskih do slabije naseljenih seoskih naselja (Slika 18.).

Obitelj RBS 3000 sastoji se od:

- Macro RBS s velikim kapacitetom i pokrivanjem (RBS 3101 i RBS 3202);
- Kompaktni RBS s malim do srednjim kapacitetom i

Slika 18. Pokrivanje i kapacitet RBS 3000 baznih stanica



Slika 17. RBS 3000 bazne stanice

velikim pokrivanjem (RBS 3103 i RBS 3203);

- Super kompaktni RBS s malim kapacitetom i srednjim pokrivanjem (RBS 3104);
- "Main-remote" koncept za zahtjevne lokacije i rješenja gdje treba popuniti rupe u pokrivanju ili kapacitetu (RBS 3402 s RRU, *Radio Remote Units*);
- Micro RBS za "hot-spot" kapacitete i "indoor" rješenja.

### 4.3. WCDMA tehnologija

Tehnologija koja stoji iza treće generacije mobilnih mreža u Europi je WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*). Ključne funkcionalnosti koje mora osigurati WCDMA tehnologija kako bi zadovoljila zahtjeve za UMTS uslugama su:

- podrška velikih brzina prijenosa (do 384 kbit/s);
- podrška za više simultanih nosilaca i varijabilne brzine prijenosa u svakoj vezi;
- efikasna kontrola snage koja je u WCDMA sustavima važna radi smanjenja interferencije u cijeloj mreži (time i povećanja kapaciteta) i istovremeno smanjenja snage potrebne za prijenos signala (čime se produljuje trajanje baterije mobilnog telefona);
- podrška za paketni prijenos.

Koordinacija simultanoga pristupa više korisnika postiže se korištenjem CDMA tehnologije na radio strani. CDMA je digitalna tehnika u kojoj korisnici dijele isti frekventijski spektar u isto vrijeme, a korisnici se međusobno razlikuju po dodijeljenim kodovima. DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) tehnologija se koristi za širenje spektra, a u DS-CDMA (*Direct Sequence CDMA*) informacija za svakog korisnika širi se preko cijeloga frekventijskog pojasa, korištenjem jedinstvenoga koda tako da se informacija množi s kodom. Kada je riječ o WCDMA sustavima, širina frekventijskoga pojasa je 5 MHz. Tako velik broj korisnika može istovremeno koristiti isti 5 MHz-ni nositelj.

Prednosti proširenoga spektra su da je takva informacija manje osjetljiva na uskopojasne interferencije i prigušenje, gustoća snage spektra je smanjena nekoliko puta čime postizemo da se informacija može preneti, čak i ako je pozadinski šum snažniji, nema fiksnog ograničenja kapaciteta (broja istovremenih korisnika) nego je glavno ograničenje povećanje razine interferencije od drugih pretplatnika, itd.

WCDMA koristi FDD (*Frequency Division Duplex*), što znači da uplink i downlink koriste različite frekventijske pojaseve za prijenos podataka. Za WCDMA sustav odabrani su ovi pojasevi:

- 1920 – 1980 MHz *Uplink*
- 2110 – 2170 MHz *Downlink*.

WCDMA koristi različite tipove kodova koje možemo podijeliti u dvije glavne grupe:

- kanalizacijski (OVSF - *Orthogonal Variable Spre-*

*ading Factor*) kodovi koji se koriste za odvajanje transmisijska s jednoga predajnika;

- "scrambling" kodovi koji se koriste kako bi se razlikovali različiti predajnici.

Modulacijska tehnika koju koristi WCDMA je QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) i razlikuje se od modulacijske tehnike koju koristi GSM.

Postoji još nekoliko elemenata koje bi trebalo spomenuti da se dobije potpuni pregled nad WCDMA tehnologijom. Najvažniji je kontrola snage, i to posebno kada je riječ o *uplink* vezama, jer se mnogo korisnika istodobno priključuje na istu frekvenciju i frekventijski pojas pa postoji interferencija između njih. Da nema mehanizama u baznoj stanici koji bi kontrolirali snagu odašiljanja korisnikove opreme moglo bi se lako dogoditi da korisnik koji je bliže baznoj postaji zaguši signal od nekoga udaljenijeg korisnika jer odašilje prevelikom snagom. Novi koncept koji se koristi u WCDMA tehnologiji je "soft handover". Kada korisnik prelazi iz jedne ćelije u drugu, povezan je s obje bazne stanice, preko obje šalje podatke i obje kontroliraju snagu odašiljanja korisnikove opreme (može se raditi i o više baznih stanica ili o više sektora bazne stanice). Prednost "soft handovera" je u tome što se postiže da se korisniku ni u jednom trenutku ne prekida veza za razliku od "hard handovera" u GSM-u. Jedan od nedostataka WCDMA tehnologije je baš vezan uz "soft handover" s obzirom na to da korisnik koji se nalazi u njemu zahtjeva resurse više ćelija, čime se smanjuje kapacitet cijeloga sustava.

Još jedan važan element je »disanje« ćelije. Kad se usporedi s tradicionalnim TDMA sustavom, pokrivanje u WCDMA-u ovisi o opterećenju ćelije. Što je više prometa, veća je i interferencija, a time i manja dozvoljena udaljenost između bazne postaje i korisničke opreme. U sustavu gdje se prometno opterećenje mijenja, to će izazvati rast, odnosno, smanjenje ćelije u nekom vremenskom periodu. Taj efekt se naziva »disanje« ćelije.

### 4.4. Evolucija WCDMA tehnologije

Poboljšana ili, možemo reći, evoluirana WCDMA tehnologija je HSDPA (*High-Speed Downlink Packet Access*). Uz pomoć HSDPA-a postići će se vršne brzine prijenosa podataka više od 14 Mbit/s i 3 puta veći kapacitet sustava. Uvođenje HSDPA tehnologije zahtijeva minimalne promjene u arhitekturi mreže.

Komercijalni Ericssonov WCDMA sustav je vrlo dobro pripremljen za uvođenje HSDPA s obzirom na to da je arhitektura pristupne mreže dizajnirana s budućim funkcionalnostima i poboljšanim kapacitetom na umu. Osnovna arhitektura podržava HSDPA i trenutna procjena je da će se trebati samo zamijeniti jedna

ili dvije pločice u baznim stanicama te da će trebati dodatni softver za sve čvorove u pristupnoj mreži.

## 5. Zaključak

Razvoj elektronike u 70-tim godinama 20. stoljeća omogućio je dizajn mobilnih komunikacijskih korisničkih uređaja, što je izazvalo nagli razvoj mobilne telefonije. Prvi sustavi koristili su jednostavne, analogne, FM tipove modulacije. Nakon toga sustavi migriraju prema digitalnim i naprednijim modulacijskim tehnikama koje, uz brojne nove usluge, dovode do pravoga buma pokretne telefonije. Mobilnost i mogućnost dostupa relevantnim informacijama s bilo kojega mjesta, u bilo koje vrijeme glavne su značajke suvremenih komunikacijskih usluga.

## Literatura

- [1] Ericssonovi interni materijali
- [2] NMT System Description, EN/LZT 120 213 R4, Ericsson Radio Systems AB, Stockholm, 1998.
- [3] RBS Systems Overview, 2/LZB 119 1118 R2, Ericsson Radio Access AB, Stockholm, 1996.
- [4] NMT DOC 450-1, System Description, NMT Group (TeleDanmark Mobil, Denmark; Telecom Finland, Finland; Telenor Mobil, Norway; Telia Mobile, Sweden), 1997.
- [5] NMT DOC 450/900-2, Technical Specification, NMT Group (TeleDanmark Mobil, Denmark; Telecom Finland, Finland; Telenor Mobil, Norway; Telia Mobile, Sweden), 1995.
- [6] NMT DOC 450-3, Technical Specification for the Mobile Station, NMT Group (TeleDanmark Mobil, Denmark; Telecom Finland, Finland; Telenor Mobil, Norway; Telia Mobile, Sweden), 1995
- [7] The evolution from 2G to 3G, EN/LZT 123 5215 R1A, Ericsson Radio Systems AB, 1999.
- [8] GSM System Survey, LZU 108 852 R5A, Ericsson AB, 2003.
- [9] Smjernice razvoja sustava GSM, ENT revija 1997. str.91-104, G. Ožbolt, H. Benčić, B Županić, 1997.
- [10] GSM Product Description, Ericsson Radio Systems AB, 2003.
- [11] BSS Description, LVX/R-00:0091, Ericsson Radio Systems AB, 2003.
- [12] Home Location Register server, EEM/TD/MX-02:044 Ericsson Radio Systems AB, 2002.
- [13] MSC Product Description, EED/X/X- 02:094, Ericsson Radio Systems AB 2002.
- [14] The Shosteck Group: "UMTS – When and why it will happen: Timetables and forecasts", 2003
- [15] Tim Kridel: "Next-Generation Wireless Infrastructure", Heavy Reading, May 2004

## Kratice

3G - Third Generation (of Mobile Telephony)  
3GPP - Third Generation Partnership Project  
ANSI - American National Standards Institute  
ARIB - Association of Radio Industries and  
Businesses  
CPP - Connectivity Packet Platform  
CS - Circuit Switched  
DS-CDMA - Direct Sequence CDMA  
DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum  
EDGE- Enhanced Data GSM Environment  
ETSI - European Telecommunication  
Standard Institute  
FDD - Frequency Division Duplex  
GGSN- Gateway GPRS Support Node  
GPRS - General Packet Radio Service  
GSM - Global System for Mobile Communications  
HSDPA- High-Speed Downlink Packet Access  
HTTP- HyperText Transfer Protocol  
IMT - International Mobile Telecommunication  
IP - Internet Protocol  
ITU - International Telecommunication Union  
LAN - Local Area Network  
MGW- Media Gateway  
MSC - Mobile Switching Center  
MTX - Mobile Telephone Exchange  
NMT - Nordic Mobile Telephone System  
OVSF - Orthogonal Variable Spreading Factor  
PAP - Push Access Protocol  
PS - Packet Switched  
QPSK- Quadrature Phase Shift Keying  
RAB - Radio Access Bearer  
RAN - Radio Access Network  
RBS - Radio Base Station  
RNC - Radio Network Controller  
SGSN - Serving GPRS Support Node  
SMS - Short Message Service  
SMS-C - Short Message Service Center  
SMPP- Short Message Peer to Peer  
SNMP- Simple Network Management Protocol  
TCP - Transport Control Protocol  
TTA - Telecommunications Technology  
Association  
TTC - Telecommunications Technology  
Committee  
UMTS- Universal Mobile Telecommunication  
System  
WAP - Wireless Application Protocol  
WCDMA- Wideband Code Division Multiple Access  
WWW-World Wide Web

### ADRESE AUTORA:

#### **Boris Županić**

e-mail: boris.zupanic@ericsson.com  
Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Krapinska 45  
p.p. 93  
HR-10 002 Zagreb  
Hrvatska

#### **Milenka Gadže**

e-mail: milenka.gadze@ericsson.com  
Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Krapinska 45  
p.p. 93  
HR-10 002 Zagreb  
Hrvatska

#### **Ana Janković**

e-mail: ana.jankovic@ericsson.com  
Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Krapinska 45  
p.p. 93  
HR-10 002 Zagreb  
Hrvatska

*Uredništvo je primilo rukopis 15. listopada 2004.*