

7. 3G CELULARNI MOBILNI RADIO SISTEMI

Sledeći korak u razvoju mobilnih komunikacionih sistema i njihovom prilagođavanju zahtjevima korisnika predstavljaju standardi treće generacije (3G), od kojih se očekivalo da obezbijede punu integraciju u prenosu govornog signala i signala podataka uz globalno pokrivanje. Generalno se može reći da su 3G sistemi trebali da omoguće pristup, korišćenjem jednog ili više radio linkova, velikom broju telekomunikacionih servisa koje podržavaju fiksne telekomunikacione mreže (npr. PSTN/ISDN/IP), i drugim servisima koji su bili karakteristični za mobilne korisnike. Takvi celularni sistemi su imali sledeće ključne karakteristike:

- visok stepen usaglašenosti dizajna na globalnom nivou,
- kompatibilnost servisa u okviru 3G standarda i fiksnih mreža,
- visok kvalitet,
- mali terminal za mogućnost korišćenja na globalnom nivou,
- globalna mogućnost *roaming*-a,
- mogućnosti za multimedijalne aplikacije, i veliki broj servisa i terminala,
- podrška ograničenom broju različitih tehnologija radio interfejsa u okviru 3G familije.

Uzimajući u obzir različite servise i potrebe aplikacija, glavne razlike između 2G i 3G mobilnih celularnih standarda su prikazane u Tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Upoređenje 2G i 3G standarda

Aspekti sistema	2G mobilni sistemi	3G mobilni sistemi
Korišćenje digitalne tehnologije	Koristi se za modulaciju, kodiranje govora i kanala, kao i implementaciju i kontrolu kanala podataka	Povećano korišćenje digitalnih tehnologija
Identičnost u različitim funkcionalnim okruženjima	Svaki sistem je primarno optimizovan za specifično funkcionalno okruženje	Optimizacija radio interfejsa za višestruka funkcionalna okruženja kao što je <i>vehicular</i> , <i>pedestrian</i> , <i>intro office</i> , fiksni bežični pristup i satelitski, preko jedinstvenog fleksibilnog ili skalabilnog radio interfejsa
Frekvencijski opsezi	Funkcioniše na frekvencijskim opsezima od 800MHz do 1.9GHz, zavisno od zemlje	Koristi zajednički globalni frekvencijski opseg

Servisi prenosa podataka	Ograničena na brzine prenosa do max 384 kb/s (GPRS, EDGE)	Digitalni protoci do 14Mb/s
Roaming	Generalno ograničeni na specifične regione, terminali nekompatibilni između različitih sistema	Globalna koordinacija frekvencija i ITU standardi omogućili su stvaran globalni roaming i kompatibilnost opreme
Tehnologija	Efikasnost korišćenja spektra, troškovi i efikasnost su ograničeni tehnologijom koja se koristi	Efikasnost korišćenja spektra, ukupni troškovi i efikasnost su poboljšani
Radio interfejsi	TDMA, CDMA	WCDMA, TD-SCDMA....
Digitalni protoci	9.6kb/s do 171.2 kb/s (ili 384 kb/s kod EDGE-a)	144kb/s – 14Mb/s

Fleksibilnost predviđena za 3G sisteme podrazumijeva ponudu telekomunikacionih servisa u različitim okruženjima, što uključuje:

- integraciju satelitskih i zemaljskih mreža,
- funkcionisanje u oblasti aeronautičkih i pomorskih komunikacija,
- pružanje servisa, kako mobilnim tako i stacionarnim korisnicima,
- podršku funkcionisanju u gusto i rijetko naseljenim oblastima.

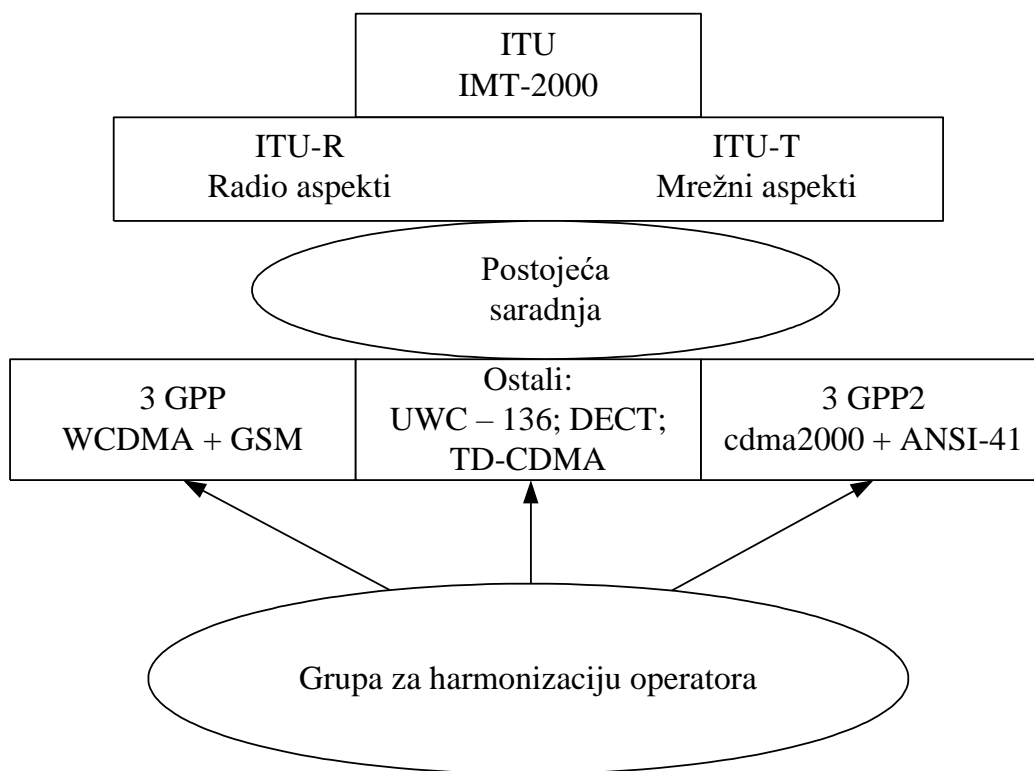
Pri tome, 3G sistemi su trebali da omoguće mobilne multimedijalne, personalne servise, konvergenciju uz pomoć digitalizacije, mobilnost, Internet i nove tehnologije bazirane na globalnim standardima.

7.1. 3G standardi

Međunarodne standardizacione aktivnosti za 3G su uglavnom bile koncentrisane unutar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute* u Evropi), RITT (*Research Institute of Telecommunication Transmission* u Kini), ARIB (*Association of Radio Industry and Business and TTC – Telecommunication Technology Committee* u Japanu), TTA (*Telecommunications Technologies Association* u Koreji) i T1P1 (u SAD-u). Međunarodni konsenzus izgradnje i harmonizacione aktivnosti među pomenutim tijelima i regionima su bili usmjereni na definisanje globalnog 3G standarda. Iz tog razloga su ustanovljena i dodatna dva međunarodna tijela:

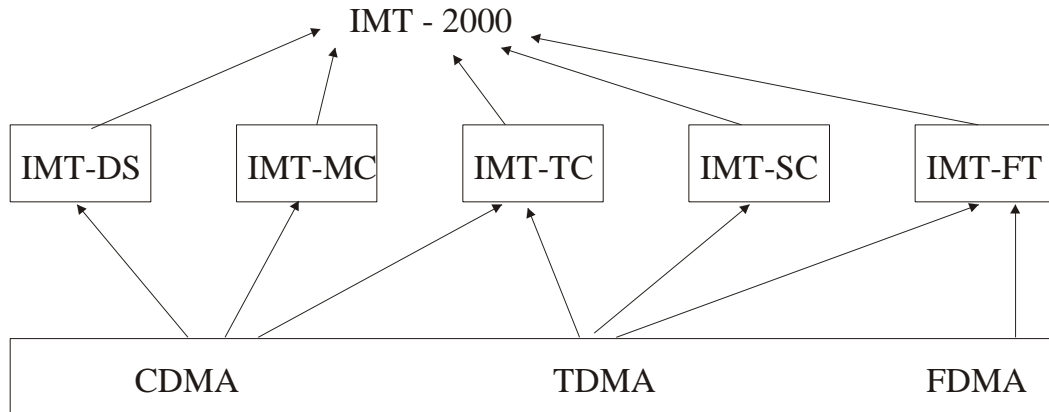
- 3GPP (*The Third Generation Partnership Project*) radi harmonizacije i standardizacije veoma sličnih ETSI, ARIB, TTC, TTA, T1 WCDMA i drugih odgovarajućih predloga,
- 3GPP2 (*The Third Generation Partnership Project 2*) za cdma2000 bazirane predloge od strane TIA i TTA.

Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU - *International Telecommunications Union*) i njen IMT-2000 (*International Mobile Telephony*) standard za 3G mreže je postigao najveći mogući nivo harmonizovanosti između različitih predloga. Mjesto i uloga ITU-a u ovom procesu je ilustrovana na slici 7.1 koja daje veze između različitih standardizacionih inicijativa.



Slika 7.1 Učesnici u procesu standardizacije IMT-2000

Dakle, uprkos naporima da se definiše jedinstven globalni 3G standard, proces standardizacije je doveo do ITU-T koncepta kojim je definisana “IMT-2000 familija sistema”, odnosno IMT-2000 sistema sa različitim tehnologijama radio pristupa, koje su precizno opisane preporukom ITU-R M.1457: “Detaljne specifikacije radio interfejsa za internacionalne mobilne komunikacije 2000 (IMT-2000)” iz 2000. godine (slika 7.2).



IMT-DS (*Direct Spread*)=W-CDMA (FDD)
 IMT-MC (*Multi Carrier*)=cdma 2000
 IMT-TC (*Time-Code*)=UMTS TDD, TD-SCDMA
 IMT-SC (*Single Carrier*)=UWC-136
 IMT-FT (*Frequency Time*)=DECT

Slika 7.2 IMT-2000 set standarda radio interfejsa

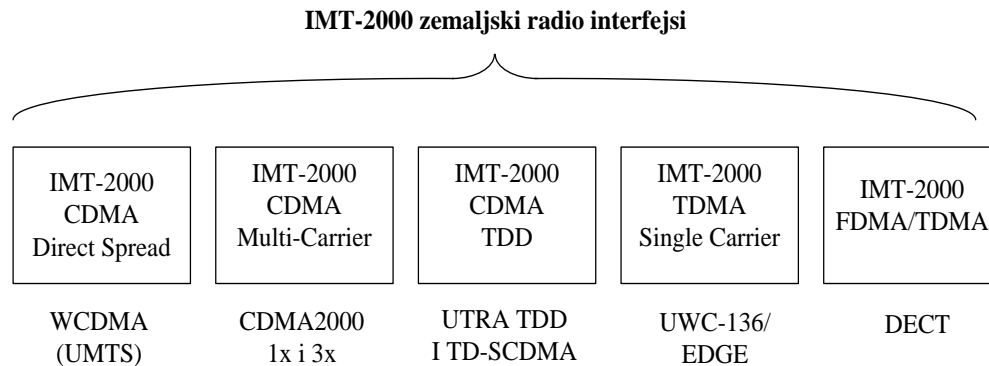
Takođe, unutar prikazanog seta 3G standarda postignut je maksimalni nivo interoperabilnosti između mreža različitih tipova u cilju obezbeđivanja boljeg pokrivanja, nesmetanog *roaming*-a i konzistentnosti servisa. Upotrebom adaptivnih terminala koji imaju mogućnost nadogradnje svog softvera ostvaruje se podrška servisima korišćenjem različitih opsega (*multiband*) u različitim okruženjima (*multi-environment*).

7.2 IMT-2000 standard

IMT-2000 standard je dao specifikacije kako za radio pristupni dio celularne mreže, tako i za jezgro (*core*) mrežu.

Kad je u pitanju radio pristup, IMT-2000 set standarda predviđa 5 mogućih radio interfejsa zasnovanih na 3 različite tehnike višestrukog pristupa (FDMA, TDMA i CDMA), kao što to prikazuje slika 7.3. Uobičajeni nazivi za ove standarde su dati u Tabeli 7.2. Konkretno, u pitanju su različite kombinacije tehnika pristupa i tehnika prenosa: CDMA (*Code Division Multiple Access*), TDMA (*Time Division Multiple Access*), TD-SCDMA (*Time Division Synchronous Code Division Multiple Access*), SC (*Single Carrier*), MCM (*Multi Carrier Modulation*), FDD

(*Frequency Division Duplexing*), i TDD (*Time Division Duplexing*). Pri tome, nijedan od IMT-2000 standarda ne predviđa korišćenje tradicionalnog FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), tj. korišćenje jednog radio kanala od strane samo jednog korisnika.



Slika 7.3. IMT-2000 radio interfejsi

Pristupna radio mreža (*Radio Access Network – RAN*) se sastoji od jednog ili više radio mrežnih sistema (*Radio Network System – RNS*). RNS je podsistem bazne stanice (primo-predajnici, kontroleri, itd.) kog mobilni komutacioni centar (*Mobile Switching Center – MSC*) smatra entitetom odgovornim za komunikaciju mobilnih stanica u određenoj oblasti. U slučajevima UTRA FDD i UTRA TDD oba radio interfejsa mogu biti podržana unutar jedne pristupne radio mreže.

ITU preporuke za IMT-2000 su razvijene uzimajući u obzir rezultate rada organizacija koje se bave tehnologijama radio interfejsa, projekata globalnog partnerstva, kao i nacionalnih i regionalnih organizacija za razvoj standarda. Radio interfejsi definisani od strane drugih (van ITU) organizacija dati su u Tabeli 7.3.

Tabela 7.2. IMT-2000 radio interfejsi

Puni naziv	Uobičajeni nazivi
IMT-2000 CDMA <i>Direct Spread</i>	UMTS (<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>) UTRA (UMTS <i>Terrestrial Radio Access</i>) FDD WCDMA (<i>Wideband CDMA</i>)
IMT-2000 CDMA <i>Multi-Carrier</i>	CDMA2000 1x i 3x

	CDMA2000 1xEV-DO CDMA2000 1xEV-DV
IMT-2000 CDMA TDD	UTRA TDD 3.84 mcps high chip rate UTRA TDD 1.28 mcps low chip rate (TD-SCDMA) UMTS
IMT-2000 TDMA <i>Single-Carrier</i>	UWC-136 EDGE GERAN (<i>GSM EDGE Radio Access Network</i>)
IMT-2000 FDMA/TDMA	DECT (<i>Digitally Enhanced Cordless Telecommunications</i>)

Tabela 7.4. IMT-2000 radio interfejsi definisani od drugih organizacija

Puni naziv	Spoljnja organizacija
IMT-2000 CDMA Direct Spread	3 GPP
IMT-2000 CDMA Multi-Carrier	3 GPP2
IMT-2000 CDMA TDD (kodiranje u vremenu)	3 GPP
IMT-2000 TDMA Single Carrier	ATIS WTSC i TIA
IMT-2000 FDMA/TDMA (frekvencija-vrijeme)	ETSI

HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) sistem je poboljšani IMT-2000 CDMA *Direct Spread*, koji omogućava maksimalnu brzinu prenosa podataka do 10 Mb/s. HSDPA je potpuno kompatibilan sa IMT-2000 CDMA *Direct Spread* sistemom i svaka aplikacija razvijena za IMT-2000 *Direct Spread* sistem funkcioniše i kod HSDPA sistema.

HSDPA ostvaruje tako velike brzine prenosa primjenom višenivooskih modulacija (kao što je 16-QAM), promjenljivim kodiranjem za detekciju greške, i brzim prilagođavanjem linka na trenutne radio propagacione uslove (prilagođavanjem kodiranja i modulacije ako je neophodno). Osim toga, HSDPA koristi efikasan mehanizam za određivanje kojem korisniku će biti stavljeni na raspolaganje odgovarajući resursi. HSDPA svoje kanale za prenos podataka velikim brzinama dijeli između korisnika u vremenskom domenu.

Pored pristupne radio mreže, druga suštinska komponenta IMT-2000 standarda je jezgro (*core*) mreže. Konkretno, od strane ITU-a definisane su sledeće dvije preporuke za dvije različite tehnologije na nivou jezgra IMT-2000 mreže:

- Q.1741 za GSM koji evoluiru u UMTS jezgro mreže i
- Q.1742 za ANSI-41 jezgro mreže sa CDMA2000 pristupnom mrežom.

Odgovarajuće preporuke ITU koje se odnose na ova dva tipa jezgra mreže za IMT-2000 su sistematizovane u Tabeli 7.5.

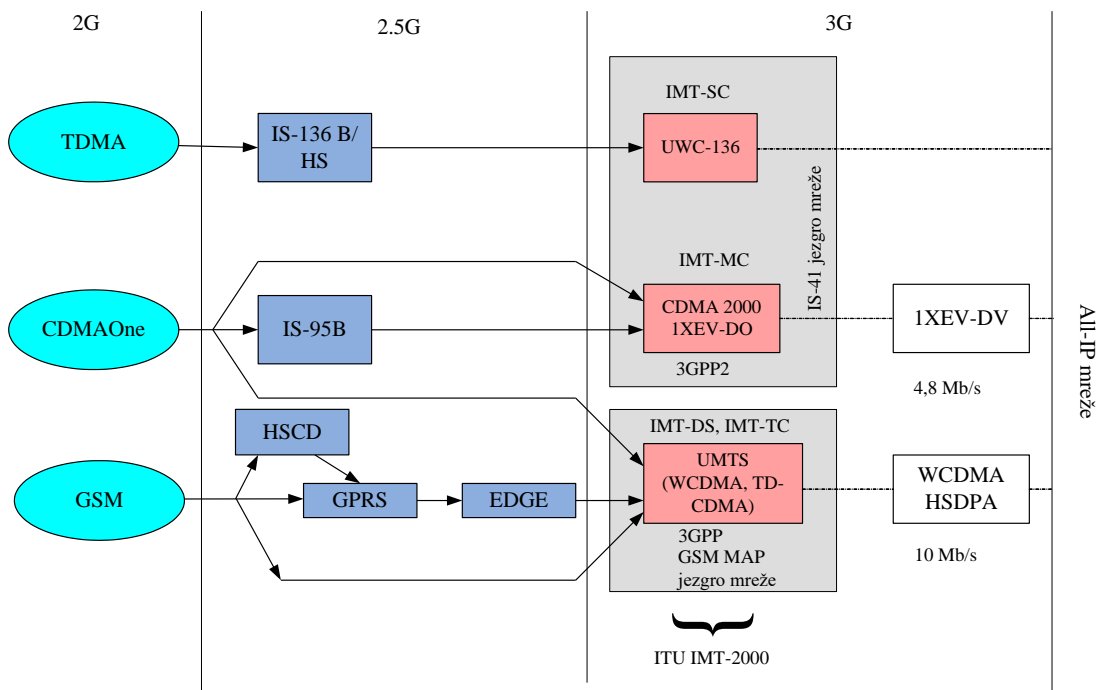
Tabela 7.5. Preporuke za IMT-2000 jezgro mreže

Puni naziv	ITU-T preporuke koje se odnose na jezgro mreže	IMT-2000 radio tehnologije koje su podržane od strane jezgra mreže
Evolucija mrežnog podsistema GSM-a u jezgro UMTS mreže	Q.1741.1 (odnosi se na 3GPP <i>release</i> 99) Q.1741.2 (3GPP <i>release</i> 4) Q.1741.3 (3GPP <i>release</i> 5) Q.1741.m (m označava buduće verzije)	IMT-2000 CDMA <i>Direct Spread</i> IMT-2000 CDMA TDD IMT-2000 TDMA <i>Single-Carrier</i>
Evolucija mrežnog podsistema ANSI-41 u jezgro sa CDMA2000 pristupnom mrežom	Q.1742.1 (3GPP2 specifikacije od 17. jula 2001.) Q.1742.2 (3GPP2 specifikacije od 11. jula 2002.) Q.1742.3 (3GPP2 specifikacije od 30. juna 2003.) Q.1742.n (n označava buduća rješenja)	IMT-2000 CDMA <i>Multi-Carrier</i>

Navedene različitosti u okviru IMT-2000 standarda, kako na nivou radio pristupnih mreža, tako i na nivou jezgra mreže, posledica su standardizacionih aktivnosti koje su bile bazirane na već postojećim 2G standardima. Naime, očigledno je da su i 3GPP i 3GPP2 bili orijentisani na nalaženje rješenja koje će omogućiti što efikasniju tranziciju sa odgovarajućih 2G, odnosno 2.5G, na 3G sisteme. Identifikacija tih tranzicionih puteva prema IMT-2000 je bila direktno uslovljena već opisanim 3G mogućnostima, kao i statusom u razvoju i implementaciji 2G i 2.5G standarda. Pored toga, tranzicija je bila uslovljena i činjenicom da je većina *core* mreža već ostvarila migraciju na IP u najkraćem mogućem vremenu i da je saobraćaj u takvim mrežama značajno veći

u jednom smjeru tokom većeg dijela vremena, što je slučaj i sa bežičnim mrežnim radio interfejsima. Suštinski cilje je i bio da se ostvari efikasan prenos govornih servisa i servisa prenosa podataka preko 3G bežičnih celularnih sistema i njihova puna konvergencija sa drugim mrežama baziranim na IP.

Slika 7.4 ilustruje različite tranzicione puteve za 2G celularne sisteme prema IMT-2000 mrežama. Očigledno je da je, zavisno od uloge koju su 2.5G standardi imali u čitavom procesu, postojao veliki broj mogućnosti.



Slika 7.4. Tranzicija 2G mobilnih komunikacionih mreža ka IMT-2000 standardima

Kada je u pitanju 3GPP, očigledno je da je migracija prema IMT-2000 bila bazirana na GPRS standardu koji je omogućio efikasniji prenos podataka. To znači da se, UMTS 3G standard iz IMT-2000 familije, može smatrati evolucijom 2G/2.5G GSM bazirane mreže.

Djelokrug 3GPP2 je tranzicija Cdma2000 prema IMT-2000. Očigledno je da su 3X širokopojasni standardi za prenos velikim brzinama potisnuti strategijom sa dvije faze koja je poznata pod imenom Cdma2000 1xEV, gdje je 1xEV oznaka za 1X evoluciju. Dvije 1xEV faze se označavaju 1xEV-DO i 1xEV-DV. DO se odnosi samo na podatke, dok se DV odnosi i na podatke i na govor.

Cdma2000 1xEV-DO je standardizovan od strane TIA u Oktobru 2000 i prepoznat je od strane ITU-R WP8F kao IMT-2000 standard.

7.3 UMTS

Polazeći od slike 7.4, na kojoj su ilustrovane mogućnosti tranzicije 2G sistema u pravcu implementacije 3G tehnologija, servisa i aplikacija, u ovom paragrafu je detaljnije opisan model mobilnog komunikacionog sistema treće generacije poznat kao *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS). S obzirom da se (Tabela 7.3) UMTS naziv pojavljuje za dva različita tipa radio interfejsa zasnovanih na CDMA: IMT-2000 CDMA *Direct Spread* (UMTS FDD) i IMT-2000 CDMA TDD (UMTS TDD), ovdje će biti riječi o tzv. UMTS/WCDMA sistemima koji su na nivou radio interfejsa i na nivou jezgra mreže standardizovani tako da predstavljaju evoluciju GSM mreža.

Glavni cilj UMTS-a je pružanje paketa usluga velikog kapaciteta, kako u varijanti fiksno-celularnog pristupa, tako i u mobilnoj mreži, jednakog kvaliteta. UMTS omogućava direktnu povezanost fiksne i mobilne mreže, a komunikacija se odvija preko tri vrste kanala. Mobilni prenosni režim se ostvaruje brzinom od 144 kb/s, portabl prenosni režim brzinom od 384 kb/s i režim prenosa u zgradama i zatvorenim objektima brzinom od 2 Mb/s. Mreže zasnovane na UMTS standardu:

- nude efikasno WAN (*Wide Area Network*) pokrivanje,
- su univerzalno standardizovane od strane 3GPP, koriste licencirani radio opseg, globalno harmonizovan u zajedničkim opsezima (uparenim i neuparenim),
- nude digitalne protoke do 384 kb/s u uslovima velike mobilnosti, 2 Mb/s u uslovima stacionarnosti, sa ciljem dostizanja protoka većih od 14 Mb/s za uslove male mobilnosti i *indoor* okruženja,
- podržavaju veliki izbor servisa i aplikacija, koje su optimizovane za uslove pune mobilnosti,
- podržavaju međunarodni *roaming*, uz mogućnost korišćenja velikog broja prenosivih terminala po pristupačnoj cijeni,
- nude integrisane funkcije tarifiranje i naplate,
- nude integralnu sigurnost.

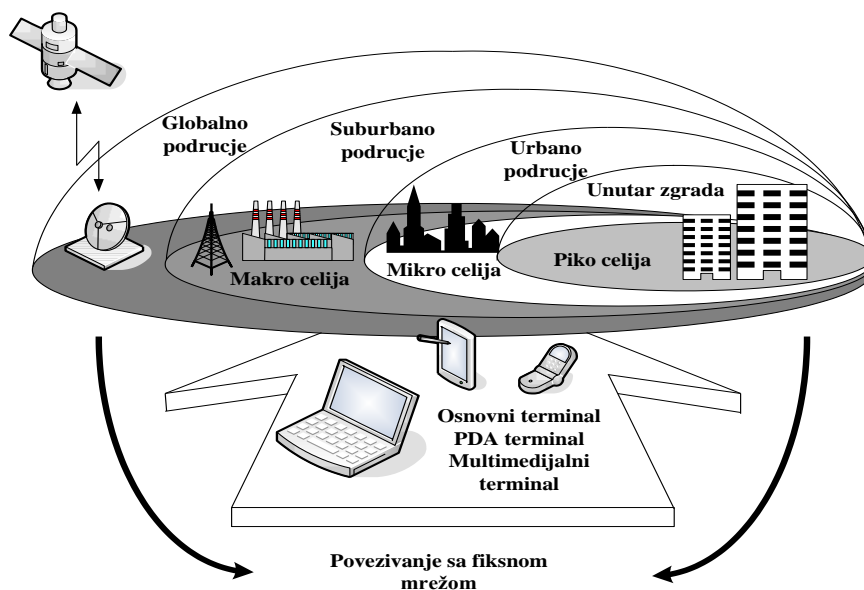
U suštini, osnovni cilj UMTS-a je da nadogradi i poboljša mobilne bežične zemaljske i satelitske sisteme povećanjem kapaciteta i proširivanjem dijapazona novih servisa. Svaki od njih ima različite zahtjeve kada je u pitanju dozvoljeno vremensko kašnjenje, koje je posljedica prostiranja po više različitih putanja (*multipath-a*), i vjerovatnoća greške po bitu (*Bit Error Rate*). Zahtjevi UMTS servisa su dati u Tabeli 7.6.

Tabela 7.6. Osnovni zahtjevi UMTS servisa

Aplikacija/servis	Zahtijevana brzina prenosa	Zahtijevani kvalitet servisa	Da li je kritično vrijeme prenosa
Poruke (e-mail i sl.)	Niska (1-10 kb/s)	Visok	Ne
Govor	Niska (4-20 kb/s)	Nizak ($BER < 10^{-3}$)	Da
Video-konferencije	Visoka (100 kb/s-1Mb/s)	Srednji	Da
Video nadzor	Srednja (50-300 kb/s)	Srednji	Ne
Visokokvalitetan audio	Visoka (100-300 kb/s)	Srednji	Da
Pristup bazama podataka	Visoka (>30 kb/s)	Veoma visok	Ne

UMTS podržava tradicionalne govorne servise sa komutacijom kola i usluge prenosa podataka sa komutacijom paketa na istoj frekvenciji nosioca i unutar istih 10 MHz spektra. Štaviše, istovremene usluge govora i podataka su takođe podržane, tako da korisnik može da pošalje sliku, video ili e-poštu dok razgovara. Veće brzine prenosa podataka i spektralna efikasnost omogućavaju UMTS-u da pruži multimedijalne usluge.

UMTS je od početka dizajniran kao dio globalnog sistema, kao što je to prikazano na slici 7.5. Višemodni terminali koji su funkcionisali u sistemima druge generacije (na primjer GSM) su se i dalje mogli koristiti za mnoge UMTS servise. Cilj je bio da se ostvare personalne komunikacije u pravom smislu riječi, sa terminalima sposobnim da se prebacuju iz jedne u drugu mrežu. Ovo znači da je korisnik u mogućnosti da se prebacuje iz privatne mreže u pikoćelijsku ili mikroćelijsku javnu mrežu, zatim u široko područje makroćelijske mreže, i na kraju u satelitsku mobilnu mrežu sa globalnim pokrivanjem i minimalnim kašnjenjem u komunikaciji.



Slika 7.5. Oblasti pokrivanja UMTS sistema

7.3.1 UMTS mrežna arhitektura

UMTS mrežna arhitektura je izvedena evolucijom GSM/GPRS mreže čime je ostvarena kompatibilnost sa GSM/GPRS mrežama u pogledu mrežnih protokola i interfejsa, tako da *core* mreža podržava i GSM i UMTS/IMT-2000 servise, uključujući i *handover* i roaming između njih.

UMTS, kao i GSM i ostale fiksne i bežične komunikacione sisteme, karakterišu dva tipa protoka podataka. Kod UMTS-a, govori se o dvije različite ravni: korisnička ravan i kontrolna ravan. Podaci u korisničkoj ravni su podaci koji se direktno i transparentno razmjenjuju između korisnika u komunikacijama tipa prenosa govornih podataka ili IP paketa. Kontrolna ravan je odgovorna za sve podatke signalizacije koji se razmjenjuju između korisnika i mreže, tipa onih vezanih za uspostavljanje veze ili ažuriranje lokacije.

Podaci karakteristični i za jednu i za drugu ravan se prenose UMTS radio interfejsom preko odgovarajućih kanala. Pri tome, UMTS standard uvodi tri različite vrste kanala:

- Namjenski kanali: Ovi kanali prenose podatke za jednog korisnika. Namjenski kanal se koristi , na primjer, za govornu vezu, za prenos IP paketa između korisnika i mreže ili za poruku o ažuriranju lokacije.
- Zajednički kanali: Podaci koji se prenose zajedničkim kanalima su namijenjeni svim korisnicima u okviru ćelije. Primjer za ovu vrstu kanal je *broadcast* kanal, koji prenosi opšte informacije o mreži svim korisnicima ćelije kako bi ih obavijestili, na primjer, o mreži kojoj ćelija pripada, trenutno stanje mreže i tako dalje. Zajedničke kanale također može koristiti i nekoliko uređaja za prenos korisničkih podataka. U tom slučaju, svaki uređaj filtrira sopstvene pakete iz *stream*-a koji se emituje preko zajedničkog kanala, kako bi ih proslijedio višim slojevima mrežnog protokola.
- Dijeljeni kanali: Dijeljeni kanali su veoma slični zajedničkim kanalima. Ove kanale ne nadgledaju svi uređaji, već samo oni kojima je mreža to naložila.

UMTS mrežnu arhitekturu čine tri podmreže:

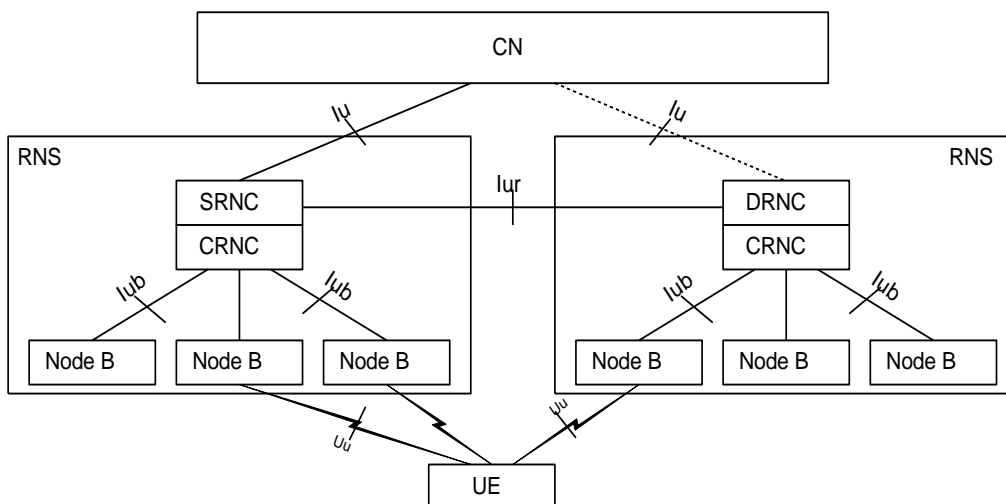
- UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*),
- CS (*Circuit Switched*) domen i
- PS (*Packet Switched*) domen.

Za cjelokupni dizajn UTRAN-a, usvojen je GSM koncept baznih stanica i kontrolera. Dok se ovi elementi mreže nazivaju bazna primopredajna stanica (BTS) i kontroler bazne stanice (BSC) u GSM mreži, odgovarajući elementi UTRAN mreže se nazivaju Node-B i Radio Network Controller (RNC). Dodatno, i mobilna stanica (MS) je također dobila novi naziv : User Equipment (UE).

Slika 7.6 prikazuje UTRAN koji se sastoji od skupa radio mrežnih podsistema (*Radio Network Subsystems* - RNS) povezanih na jezgro mreže (*Core Network* - CN) preko I_u interfejsa. RNS je odgovoran za kontrolu radio resursa i predaju/prijem u grupi ćelija. Sastoji se od kontrolera radio mreže (*Radio Network Controller* - RNC) i jednog ili više *Node B*-ova. Kontrolni dio svakog RNC (CRNC) je odgovoran za kontrolu resursa koji su dodijeljeni unutar *Node B*-ova povezanih na posmatrani RNC. Za svaku konekciju između korisničke opreme (*User Equipment* -UE) i UTRAN, jedan RNC je *Serving* RNC. Kada je potrebno, *Drift* RNC-ovi podržavaju *Serving* RNC

obezbjeđivanjem radio resursa, unutar radio ćelija vezanih na *Drift* RNC. Bilo koji RNC može preuzeti ulogu *Serving* RNC-a ili *Drift* RNC-a.

Bazna stanica, nazvana *Node B* u 3GPP standardima, odgovorna je za sve potrebne funkcije za slanje i prijem podataka ka/od UE preko radio interfejsa. Ovo uključuje kodiranje kanala, širenje i smanjivanje odlaznih i dolaznih okvira podataka, kao i modulaciju. *Node B* je takođe odgovoran i za kontrolu snage svih veza, s tim što dobija ciljani indikator kvaliteta prenosa od RNC-a za svaku vezu i zatim samostalno odlučuje da li je potrebno povećati ili smanjiti prenosnu snagu kako na UL, tako i na DL. Veličina i kapacitet *Node B* su promjenljivi. Tipično, *Node B* se koristi u sektorskim konfiguracijama, što znači da se njegova zona pokrivanja od 360 stepeni dijeli na nekoliko nezavisnih ćelija, od kojih svaka pokriva određeni sector. Svaka tako formirana ćelija ima svoj ID, koristi sopstvene usmjerene antene, koje pokrivaju bilo 180 stepeni (konfiguracija od 2 sektora) ili 120 stepeni (konfiguracija od 3 sektora). Pri tome, kapacitet Iub interfejsa, koji povezuje *Node B* sa RNC, uglavnom zavisi od broja sektora.

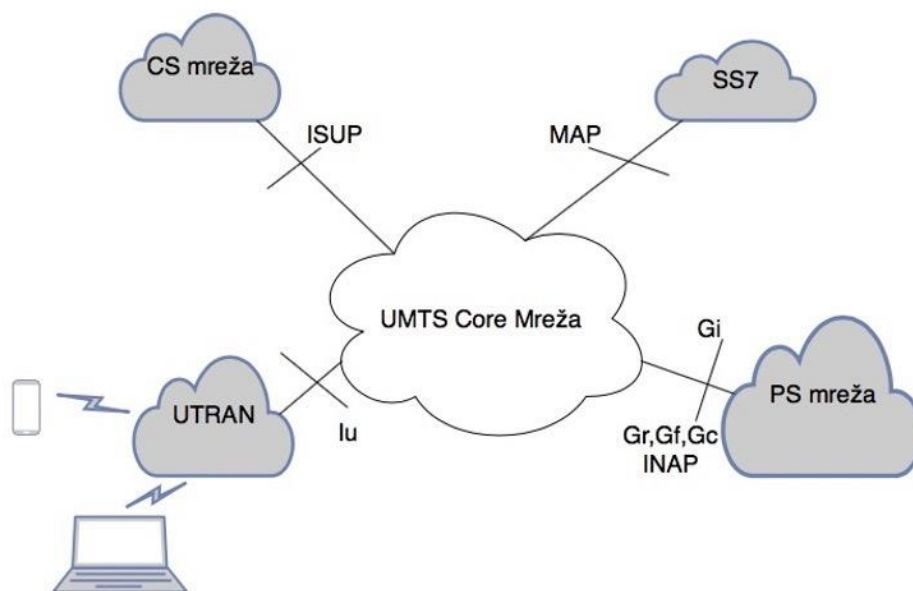


Slika 7.6. UTRAN arhitektura

Kad su u pitanju prikazani interfejsi, Iu interfejs je otvoreni logički interfejs između UTRAN-a i UMTS core mreže (CN), povezujući pri tome RNC sa MSC. Konekcija između dva RNC-a (SRNC i DRNC) ostvaruje se preko I_{ur} interfejsa. Takođe, komunikacija između jednog RNC-a i *Node B* povezanog na dva različita RNC ostvaruje se preko ovog interfejsa, koji je inicijalno bio uveden za podršku *soft handover*-u između RNC-ova.

Konekcija između RNC-a i *Node B* ostvaruje se preko I_{ub} interfejsa. Za svaki *Node B* postoji po jedan interfejs ovog tipa, kojim se ostvaruje komunikacija između *Node B* i RNC-a istog RNS-a. U_{u} interfejs je radio interfejs između *Node B* i UE. Faktički to je interfejs preko koga se ostvaruje pristup korisnika (UE) fiksnom dijelu sistema. Pri tome, UMTS radio interfejs omogućava dva režima dupleksiranja, FDD i dupleks sa vremenskom raspodjelom (TDD). FDD režim zahtijeva ukupno 10 MHz spektra, sa po 5MHz na DL i UL. TDD režim omogućava da se istih 5 MHz spektra dijeli u vremenskim slotovima između DL i UL. FDD režim je mnogo rasprostranjeniji od TDD režima u komercijalnim primjenama, prvenstveno zbog pojednostavljenog dizajna i mogućnosti optimizacije.

Slika 7.7 prikazuje UMTS *core* mrežu (UCN) u relaciji sa ostalim entitetima u okviru UMTS mreže, kao i sa odgovarajućim interfejsima prema ostalim mrežama.

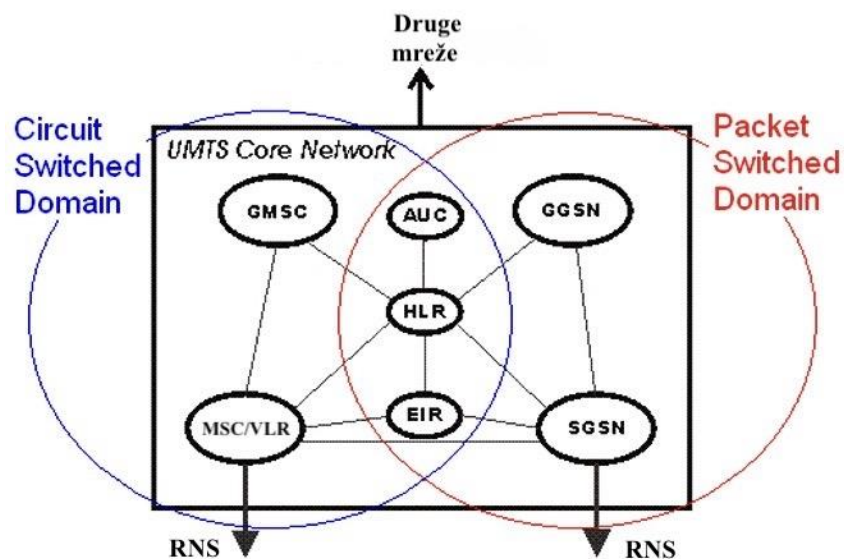


Slika 7.7 Pozicioniranje UMTS jezgra mreže

Arhitektura UCN, prikazana na slici 7.8, se sastoji od CS (Circuit Switched) domena za podršku govornim servisima i CS servisima prenosa podataka, kao i PS (Packet Switched) domena za omogućavanje servisa zasnovanih na komutaciji paketa. Logička arhitektura nudi jasno razdvajanje između CS domena i PS domena. CS domen sadrži sledeće funkcionalne elemente: mobilni komutacioni centar (MSC), koji pruža informacije o UE u pristupnoj mreži koju poslužuje

i gateway MSC (GMSC) za povezivanje sa *core* mrežom UMTS. PS domen obuhvata: serving GPRS čvor za podršku (SGSN)- ruter paketa u jezgru mreže, gateway čvor za podršku GPRS (GGSN)-ruter paketa za povezivanje sa UMTS *core* mrežom, domain name server (DNS), dynamic host configuration protocol (DHCP) server, gateway za naplatu paketa i firewall. Elementi AUC, HLR, EIR i VLR obavljaju slične funkcije kao i u GSM/GPRS mreži:

- AUC (Authentication Center) je zaštićena baza podataka, koja se pridružuje svakom HLR-u, i koja sadrži kopije tajnih ključeva za autorizaciju svih postojećih SIM kartica, koji se koriste za provjeru autentičnosti i kodovanje radio kanala. On takođe sadrži algoritme za autorizaciju i kriptovanje.
- HLR (Home Location Register) je baza podataka u kojoj se čuvaju podaci o korisnicima kao što su adresa, tip usluge, trenutna lokacija, stanje na računu i dr.
- EIR (Equipment Identity Register) sadrži bazu podataka sa listom svih validnih mobilnih terminala u mreži, gdje je svaka mobilna stanica identifikovana svojim IMEI brojem.
- VLR (Visitor Location Register) je dinamička baza podataka koja se pridružuje svakom od MSC-a. U njemu se smeštaju informacije vezane za UE koji se trenutno nalaze u geografskoj oblasti koju kontroliše taj MSC.



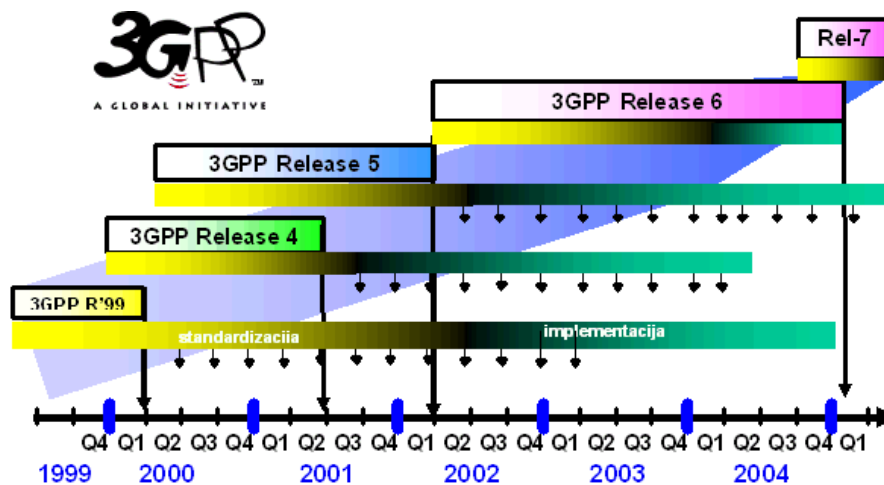
Slika 7.8 Arhitektura UMTS *core* mreže

Ostali elementi koji se mogu smatrati dijelom *core* mreže uključuju:

- Sisteme za upravljanje mrežom (fakturisanje i podrška, upravljanje uslugama, upravljanje elementima, itd.)
- IN sistem (service control point (SCP), service signalling point(SSP) itd.)
- ATM/SDH/IP komutator/transportna infrastruktura

7.3.2 Razvoj UMTS standarda

UMTS kao rješenje 3GPP-a za pružanje IMT-2000 mogućnosti, se razvijao u više faza, koje su ilustrovane na slici 7.9.



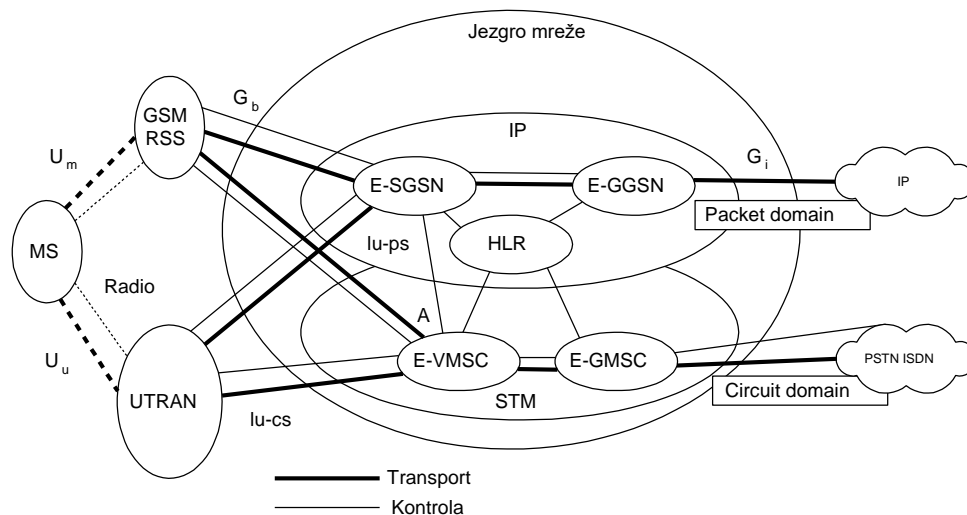
Slika 7.9. Evolucija 3GPP sistema

U pitanju su sledeća konkretna rješenja:

- *Release 99 (Release 3 – R3, Slika 7.10)* definiše kompletan skup WCDMA tehnologija od GSM-a do podrške novom RAN-u i evoluciju jezgra mreže prema ATM tehnologiji. To je logički nastavak arhitekture sistema druge generacije GSM odnosno njegovog proširenja za paketske mreže GPRS. Njegova standardizacija je trajala oko godinu dana i završena je u decembru 1999. godine, mada su neke specifikacije završene kasnije (u martu 2001. god.). Najznačajnija funkcionalnost koju donosi *Release 99* je WCDMA radio pristup. Osim toga, značajan je i Iu interfejs koji povezuje pristupnu radio mrežu i jezgro mreže.

Ovaj interfejs omogućava da govor bude kodiran u jezgru, a ne u baznoj stanici kao što je bio slučaj u GSM-u. Mobilnošću GPRS servisa između ćelija upravlja se iz same radio mreže, a ne iz jezgra mreže kao u GSM-u. 3GPP R3 mreže se sastoje od UTRAN-a povezanog na dva odvojena domena UMTS *core* mreže:

- Domen komutacije kola (*Circuit switched domain*), baziran na unaprijeđenim GSM MSC-ovima koji se sastoje od 2G/3G MSC koji uključuje VLR (*Visitor Location Register*) funkcionalnosti i HLR sa AC funkcionalnostima
- Domen komutacije paketa (*Packet switched domain*) napravljen na unaprijeđenim GPRS čvorištima koji se sastoji od 2G/3G SSGSN-a sa SGR funkcionalšću, GGSN-a i *Border gateway*-a.



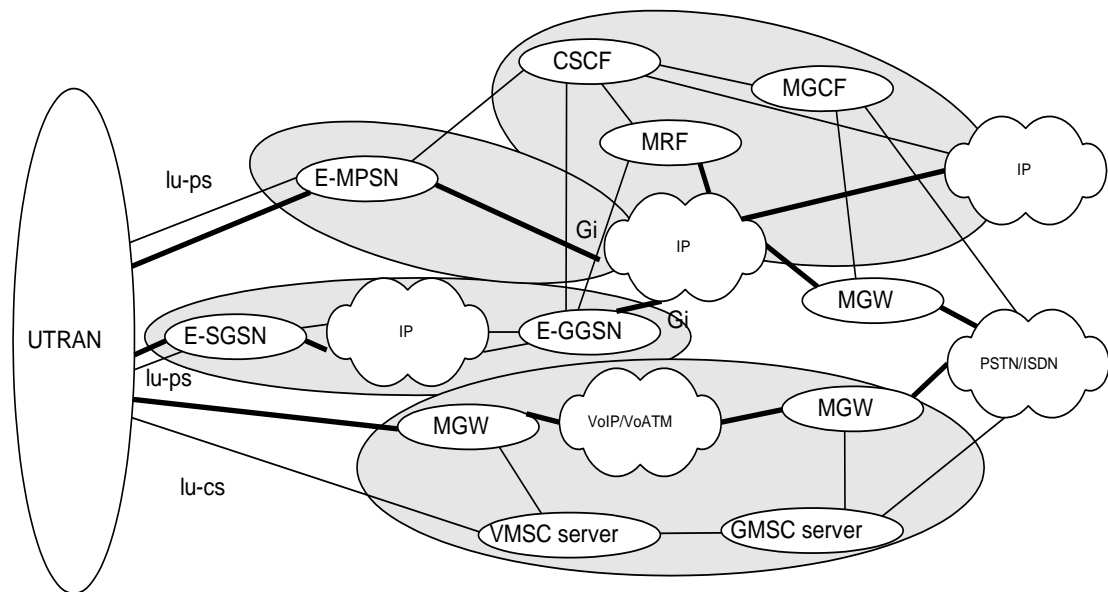
Slika 7.10. UMTS Release 99 (R3) arhitektura

- *Release 00* definiše dvije RAN tehnologije: GPRS/EDGE radio pristupnu mrežu (GERAN) i WCDMA RAN kao u R3. Oba tipa RAN-a se povezuju na jezgro mreže sa komutacijom paketa. Ovaj nivo UMTS tehnologije je podijeljen na:
 - *Release 4* (R4) koji specificira pouzdaniji prenos paketa na jezgru mreže i QoS na nivou *best effort* saobraćaja. Najznačajnije funkcionalnosti su: MSC Server/MGW koncept, IP prenos u jezgru mreže i IP prenos na G_b korisničkoj ravni. 3GPP *Release 4* standardizacija je završena u martu 2001. Glavni akcenti R4 UMTS arhitekture su:

- Hibridna arhitektura: ATM-bazirani UTRAN i IP/ATM-bazirani CN,
 - GERAN,
 - Unaprijeđeni servisi obezbijeđeni korišćenjem univerzalnih softverskih alata,
 - Kompatibilnost sa *Release 99* servisima,
 - Poboľšanja u QoS-u (servisi u realnom vremenu koji se baziraju na komutaciji paketa), sigurnost, autentikacija, privatnost,
 - Podrška inter-domenskom *roaming*-u i kontinualnost servisa.
- *Release 5* (R5 – slika 7.11), omogućava podršku aplikacijama za prenos u realnom vremenu koje se baziraju na Internet protokolu. Ova verzija je fokusirana na HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) sa ciljem ostvarivanja brzina prenosa podataka do 8-10 Mb/s i podrške multimedijalnim servisima zasnovanim na komutaciji paketa. Pri tome je HSDPA imao ulogu sličnu onoj koja je bila karakteristična za EDGE u evoluciji GSM, obezbjeđivši povećanje kapaciteta na radio interfejsu za dva puta, kao i pet puta veću brzinu prenosa na DL. Sve to je postignuto uvodjenjem IMS (IP Multimedia Subsystem) podsistema koji je postao najvažnija komponenta *All-IP* bežičnih mreža, ne samo u 3GPP standardu nego uopšte. Tada je zamišljeno da IMS bude standardizovan kao IP-bazirana arhitektura sa nezavisnim pristupom, koja ima mogućnost povezivanja sa postojećim fiksnim (npr., PSTN, ISDN, Internet) i mobilnim (npr., GSM, CDMA) mrežama za prenos govora i podataka. IMS arhitektura omogućava uspostavljanje *peer-to-peer* IP komunikacije sa svim tipovima klijenata i zahtijevanim kvalitetom servisa. Osim upravljanja sesijom, IMS uključuje i funkcionalnosti koje su neophodne za kompletan prenos servisa (npr., registracija, zaštita, tarifiranje, kontrola nosilaca, *roaming*). Prednosti koji nosi ovaj pristup uključuju mogućnost nuđenja servisa korišćenjem IP mreže bez obzira na način pristupa, simultanost multimedijalnih servisa, brzu implementaciju servisa i smanjenje troškova. Istovremeno, svi servisi i mogućnosti iz R3 i R4 moraju biti podržani, što drugim riječima znači da moraju biti obezbijeđeni putevi tranzicije uz sveobuhvatnu kompatibilnost. Za IMS se

može reći da je srce jezgra IP mreže. *Release 5* standardizacija je završena dosta brzo, u martu 2002.

- *Release 6* je završen početkom 2005. godine. On otklanja nedostatke koji su uočeni u *Release 5* IMS i uvodi nove mogućnosti. Najveći značaj ima integracija 3G i WLAN mreža čime se ostvaruje prvi korak u stvaranju mreže koja je nezavisna od tipa radio pristupa.
- *Release 7* (standardizacija je počela krajem 2004. godine, a završena 2009. godine) se odnosi na specifikaciju generalizovanog modela koji treba da zadovolji širok opseg različitih mrežnih i servisnih zahtjeva. Ova revizija daje osnovu za konvergenciju fiksnih i mobilnih mreža u jedinstven sistem mreža sledeće generacije NGN (*Next Generation Network*).



Slika 7.11. UMTS Release 5 (All-IP) arhitektura

7.4. Pitanja spektralne alokacije

IMT-2000 sistemi funkcionišu u harmonizovanim frekvencijskim opsezima specificiranim u radio regulacijama (*Radio Regulations – RR*) za globalnu primjenu. Harmonizacijom 3G opsega i korišćenjem otvorenih standarda telekomunikaciona industrija dobija:

- dovoljan broj raspoloživih frekvencija,
- ostvarljive biznis planove za proizvođače i operatore koji su posledica masovnosti i niskih cijena servisa,
- međunarodni *roaming* i terminalnu interoperabilnost,
- mogućnost realizacije mreža opremom različitih proizvođača.

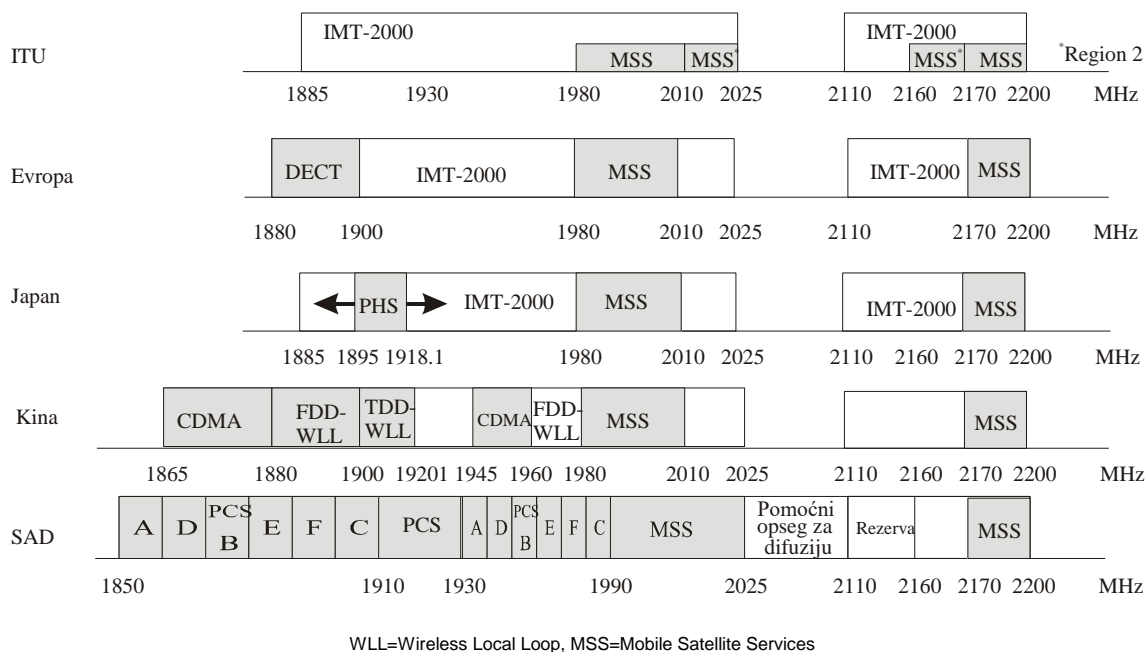
Globalizacija u ovoj oblasti omogućava:

- dovoljno frekvencijskih opsega za više od jednog operatora,
- ekonomičnu implementaciju opreme,
- globalni *roaming*,
- pogodnosti za krajnjeg korisnika u smislu servisa i tarifa,
- kontinuitet i interoperabilnost sa postojećim 2G i 3G sistemima.

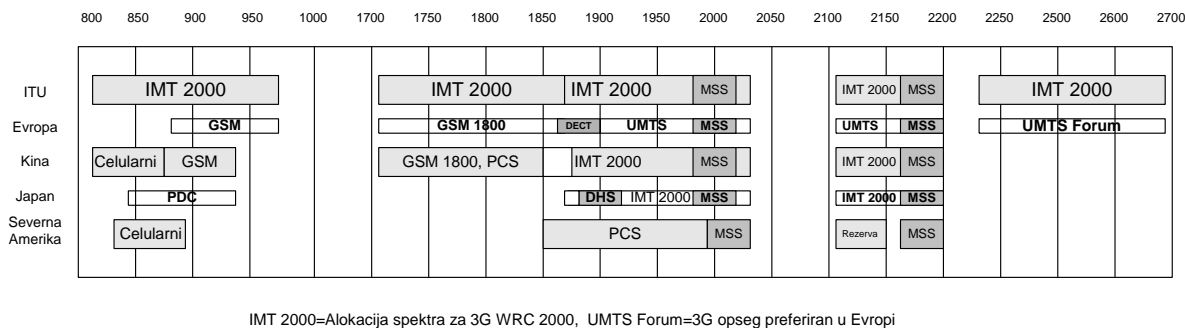
Na WARC-92 (*World Administrative Radio Conference*) konferenciji održanoj 1992. godine, frekvencijski opsezi (1885-2025) MHz i (2110-2200) MHz su specificirani za implementaciju IMT-2000 sistema na globalnom nivou. Naredni korak u harmonizaciji spektra za IMT-2000 sisteme je napravljen na konferenciji WRC-2000 (*The World Radiocommunication Conference - WRC*) održanoj u Istanbulu. Suština donijetih rezolucija je:

- identifikacija opsega 1710 - 1885 i 2500 - 2690 MHz za IMT-2000 (*Provision S5.AAA and Resolution [COM5/24]*),
- identifikacija onih dijelova opsega 806 - 960 MHz koji su dodijeljeni mobilnim servisima na primarnoj osnovi (*Provision S5.XXX and Resolution [COM5/25]*),
- dozvoljavanje da *High Altitude Platform Stations* (HAPS) može koristiti WARC-92 frekvencijske opsege za zemaljske IMT-2000 pod restriktivnim uslovima (*Provision S5.BBB and Resolution [COM5/13]*),
- odluka da frekvencijski opsezi 1525 - 1544, 1545 - 1559, 1610 - 1626.5, 1626.5 - 1645.5, 1646.5 - 1660.5 i 2483.5 - 2500 MHz mogu biti korišćeni za satelitsku komponentu IMT-2000, na isti način kao i opsezi 2500- 2520 MHz i 2670- 2690 MHz, zavisno od dešavanja na tržištu.

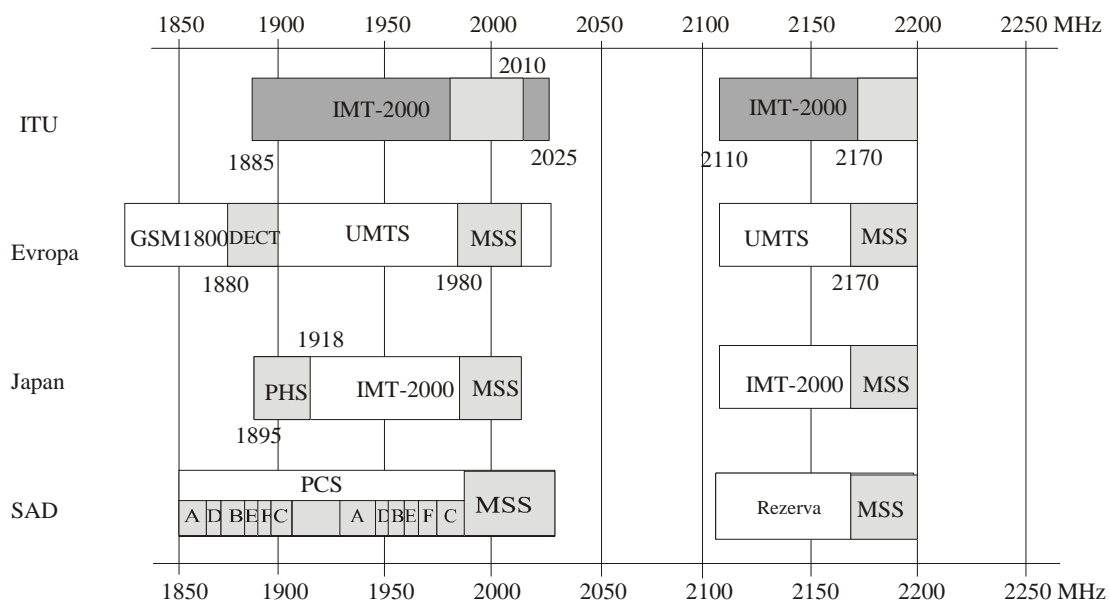
Pri tome se napominje (u skladu sa RR 5.388) da identifikacija ovih opsega ne ustanovljava prioritet u RR-u, i ne isključuje upotrebu ovih opsega za bilo koje druge servise kojima su ovi opsezi dodijeljeni. Takođe, pojedinim administracijama se ostavlja mogućnost primjene IMT-2000 sistema u opsezima za mobilne servise koji se razlikuju od onih identifikovanih u RR-u. Na slikama 7.12 – 7.14 date su alokacije spektra za 3G mobilne radio sisteme.



Slika 7.12. Alokacija frekvencijskog spektra za 3G mobilne radio sisteme



Slika 7.13. Harmonizovani frekvencijski opsezi



Slika 7.14. Frekvencijski plan za harmonizovane IMT-2000 opsege na 2GHz

Kad je u pitanju implementacija 3G mreža treba imati u vidu da iako su brzine prenosa podataka specificirane standardima bile realne u teoriji, sistemi kao što je UMTS nisu odmah ispunili zahtjeve IMT-2000 standarda u svojoj praktičnoj primjeni. Iz tog razloga je 3GPP nastavio rad na daljim poboljšanjima. Kombinacija High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) i naknadnog dodavanja poboljšanog namjenskog kanala, takođe poznatog kao High Speed Uplink Packet Access (HSUPA), dovela je do razvoja tehnologije koja se naziva High Speed Packet Access (HSPA) ili, neformalno, 3,5G, što je predstavljalo korak koji je vodio prema 4G.