

8. predavanje - BGP protokol

Hijerarhija interneta

ISP = Internet Service Provider

- Dvije vrste povezivanja:
 - a) peering - uzajamno povezivanje na istoj razini
 - b) transit - slanje prometa na višu ili nižu razinu
- Tri razine:
 - 1) Tier 1 - najviša, ISP-ovi ne plaćaju međusobnu razmjenu prometa i ne rade tranzit prometa trećih strana
 - 2) Tier 2 - tranzit i peering
 - 3) Tier 3 - isključivo plaćaju tranzit drugim ISP-ovima

BGP

- Protokol usmjeravanja (jedini EGP u internetu)
- Koristi TCP, port 179
- Komunikacija usmjeritelja između AS-ova
- Razmjena usmjerivačkih informacija između ISP-ova, te ISP-ova i većih korisnika
- Temelji se na algoritmu vektora puta
- Ne ovisi o korištenom ISP-u
- Dva moda rada:
 - a) unutarnji BGP (iBGP) → između usmjeritelja, unutar AS-a
 - b) vanjski BGP (eBGP) → između usmjeritelja različitih AS-ova

BGP operacije

- Dvije kategorije prometa:
 - a) lokalni - izvor i odredište nalaze se unutar istog AS-a
 - b) tranzitni - izvor i odredište nisu unutar istog AS-a

⇒ Tranzitni usmjeritelji - imaju potpune tablice usmjeravanja, koje se mogu smanjiti CIDR-om i združivanjem

AS

⇒ Skup mreža i usmjeritelja temeljenih na istim načelima i pod zajedničkom upravom i politikom usmjeravanja prema van (prema ostalim AS-ovima)

- Koristi jedinstveni IGP protokol usmjeravanja
- Usmjeritelj na rubu AS-a (koristi eBGP) - peer → izmjenjuje informacije o putevima s drugim AS-ovima (NLRI)
- Jedinstveni broj AS-a dodjeljuje IANA
- Jeden AS se najčešće nalazi pod administracijom i u vlasništvu jednog operatera

Vrste AS-ova:

- a) Stub AS - povezan samo s jednim AS-om, prenosi samo lokalni promet
- b) Multihomed AS - povezan s više AS-ova, prenosi samo lokalni promet
- c) Transit AS - povezan s više AS-ova, prenosi lokalni i tranzitni promet

Principi BGP-a

- Pronalazak susjednih usmjeritelja vrši se ručno (administrator mreže)
- Kada usmjeritelji uspostave TCP vezu, razmijene cijele tablice usmjeravanja
- Tablica usmjeravanja sadrži informaciju o putu do AS-a u kojem je odredišna mreža

BGP put

⇒ Slijed AS-ova koje treba proći do odredišta

- Mogući različiti putevi, različite politike usmjeravanja
- Svaki put obilježava skup atributa (parametara) koji definiraju politiku usmjeravanja
- Put se odabire u ovisnosti o:
 - parametrima puta
 - dostupnosti puta
 - dodatnim pravilima o prihvaćanju paketa (političkim, sigurnosnim)
 - pravilima o propuštanju paketa
 - ugovoru između usmjeritelja
 - atributima
- Objavljuju se porukom UPDATE

BGP RIB

⇒ Baza puteva, sadrži ju svaki usmjeritelj

- Sadrži tri vrste popisa:
 - 1) Adj-RIBs-In - popis nedorađenih puteva, koji su dobiveni od susjednih usmjeritelja
 - 2) Loc-RIB - popis puteva s lokalnim informacijama o usmjeravanju, koje su dobivene primjenom vlastitih pravila usmjeravanja i procesa odluke nad ADJ-RIBs-In
 - 3) Adj-RIBs-Out - popis puteva koji se šalje susjednim usmjeriteljima porukom UPDATE

BGP poruke

- Veličina je od 19 (samo zaglavlje), pa do 4096 okteta
- Polja: marker, length, type
- Vrste:
 - 1) OPEN - uspostava sjednice između susjednih usmjeritelja i izmjena početnih postavki
 - 2) UPDATE - razmjena informacija o putevima
 - 3) KEEPALIVE - održavanje sjednice, potvrda nakon OPEN
 - 4) NOTIFICATION - poruka o pogrešci, zatvaranje sjednice

BGP atributi puta

- Unutar poruke UPDATE
- Omogućavaju usmjeriteljima primjenu vlastite politike usmjeravanja
- Mogu biti:
 - a) Dobro poznati obvezni (ORIGIN, AS path, Next hop)
 - b) Dobro poznati neobvezni (local preference, Atomic Aggregate)
 - c) Izborni lokalni (Multi-Exit Discriminator (MED))
 - d) Izborni tranzitni (Aggregator)
- Svaki put uz dobro poznate atrubute može imati i izborne

Atribut ORIGIN

- Definira porijeklo puta
- Generira ga usmjeritelj od kojeg put potječe.
 - IGP-0 = put potječe iz istog AS u kojem je usmjeritelj
 - EGP-1 = put potječe iz drugog AS-a
 - Incomplete-2 = put je dobiven na nepoznat način

Atribut AS path

- Definira put - listu AS-ova koje treba proći na putu do odredišta
- Dobro za višestruke puteve (različiti atributi za isto odredište)
- Filtriranje (zabранa prolaska kroz neki AS)
- Izbjegavanje petlji
- Preferiranje puta

Atribut Next Hop

- Definira IP adresu usmjeritelja na koji prvo treba usmjeriti paket
- Pri ažuriranju puta, atribut se modificira samo ako dolazi od peer-a eBGP vezom.

Atribut Local Preference

- Određuje politiku usmjeravanja odlaznog prometa
- Atribut se izmjenjuje između lokalnih usmjeritelja unutar istog AS-a
- Veća vrijednost atributa ⇒ veći prioritet puta

Atribut Atomic Aggregate

- Združeni put do odredišta, u svrhu reduciranja broja puteva
- Vrijednost atributa je lista AS-ova
- Združeni put mora sadržavati prvu adresu koja mu pripada

Atribut MED

- Za odabir jednog od više puteva prema nekom AS-u
- Manja vrijednost atributa MED ⇒ veći prioritet puta
- Usmjeritelji daju savjete svojim susjedima kojim putem poslati pakete prema njima

Atribut Aggregator

- Usmjeritelj daje do znanja da je združio puteve i zapisuje svoj AS broj i IP adresu
- Združiti se mogu putevi koji imaju iste attribute
- * Agregator je uključen u poruke nastale združivanjem puta

Slajdovi 31-33.

Algoritam usmjeravanja

- Odlučuje o najboljem putu do odredišta na temelju procesa odluke
- Nema definiranog pravila, primjenjuje se politika lokalnog administratora sadržana u PIB-u (Policy Information Base)
- Promatraju se neobrađeni putevi iz RIB-a
- Odabrani put se zatim zapisuje u tablicu usmjeravanja polazišnog usmjeritelja i izmjenjuje se s ostalim usmjeriteljima porukom update

Ažuriranje tablice usmjeravanja

- Razmjenom BGP updates poruka između BGP usmjeritelja.
- Ovlašavaju se novi putevi, razmjenjuju se informacije o putevima (NLRI)
- Uz oznaku puta navodi se sljedeći skok
- Ako dođe do prekida u mreži, put se briše

Slajdovi 40, 41, 42.

9. predavanje - Signalizacijski protokoli u Internetu

Signalizacija u mreži

- Za potrebe veze korisničkog informacijskog toka potreban je upravljački informacijski tok
- Pravila izmjene upravljačke informacije su opisana signalizacijskim protokolima:
 - a) *s komutacijom kanala*
 - sustav signalizacije zajedničkim kanalom SS7 (javna fiksna nepokretna mreža - **PSTN**, javna pokretna mreža - **GSM**) → uglavnom za prijenos govora
 - b) *s komutacijom paketa*
 - Internetska mreža **IP**
 - b1) primjenom signalizacijskog protokola u Internetu (npr. **SIP**)
 - b2) primjenom postojećeg signalizacijskog protokola internetom (npr. **SIGTRAN**)

b1) SIP

SIP = Session Initiation Protocol

⇒ Protokol aplikacijskog sloja koji služi za uspostavu, promjenu i raskid sjednice s jednim ili više sudionika

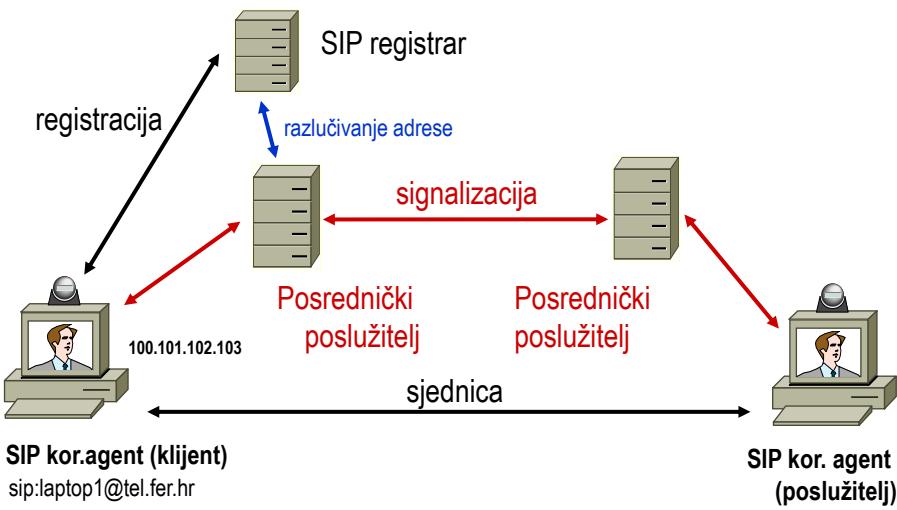
- Ideja: pozvati korisnika u sjednicu putem jedinstvene adrese (neovisno o trenutnom položaju)
- Primjeri sjednica:
 - pozivi u internetskoj telefoniji
 - distribucija višemedijskog sadržaja
 - višemedijska konferencija

SIP arhitektura

- SIP koristi posredničke poslužitelje (proxy) za usmjeravanje prema trenutnom položaju pozvane osobe

Entiteti:

- 1) Korisnički agent - **UA**
- 2) Posrednički poslužitelj:
 - prima poruke od UA ili drugog posredničkog poslužitelja i prosljeđuje ih na odredište
- 3) Poslužitelj za preusmjeravanje:
 - prihvata zahtjeve za uspostavom sjednice
 - vraća adresu odgovarajućeg poslužitelja
- 4) Poslužitelj za registraciju (register):
 - prihvata zahtjeve za registraciju
 - registrira korisnike unutar domene
 - održava podatke o korisnicima i njihovim trenutnim lokacijama unutar domene
- 5) Lokacijski poslužitelj



SIP operacije

1. Adresiranje

- koristi URL
- podržava internetske i PSTN adrese
- format: ime@domena

2. Lociranje poslužitelja

- klijent šalje zahtjev na:
 - a) lokalni posrednički poslužitelj
 - b) poslužitelj s odgovarajućom IP adresom
- klijent određuje IP adresu (preko DNS poslužitelja), port (ako ne piše, onda je 5060) i korišteni protokol (UDP ili TCP)
- rezultat može biti privremeno pohranjen

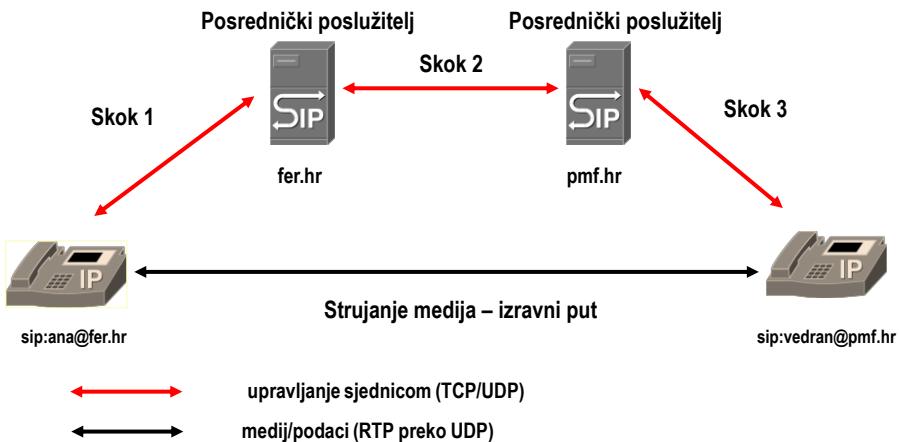
3. Slanje zahtjeva

- kad klijent razluči adresu SIP poslužitelja, šalje jedan ili više zahtjeva njemu, te dobiva odgovore

→ SIP zahtjev - primjer oblika:

INVITE sip:ana@tel.fer.hr SIP/2.0

- Format poruke SIP
 - Tekstualni
 - Osnovna podjela:
 - a) zahtjevi (metode)
 - b) odgovori (statusni kod)
 - SIP je neovisan o transportnom protokolu i vrsti sjednice
 - Za pozivanje korisnika u sjednicu, SIP koristi SDP protokol koji sadrži propisani skup parametara za opis sjednice (SDP opis se umeće u SIP poruku)
- Slijed operacija prilikom uspostave sjednice:
 - 1) klijent šalje inicijalni INVITE zahtjev
 - 2) poslužitelj vraća odgovor
 - 3) klijent prima odgovor na inicijalni zahtjev
 - 4) klijent ili poslužitelj generiraju daljnje zahtjeve
 - 5) primanje dalnjih zahtjeva
 - 6) BYE - kraj sjednice
 - X) CANCEL - može se dogoditi bilo kada tijekom sjednice



4. SIP zahtjevi

• INVITE:

- poziv na sjednicu
- opis sjednice je uključen
- važna polja:
 - 1) Call-ID = jedinstveni broj sjednice
 - 2) Cseq = brojač - smanjuje se slanjem svakog zahtjeva sa istim Call-ID
 - 3) To i From = zajedno sa Call-ID definiraju jedinstvenu sjednicu

• REGISTER:

- UA obavještava mrežu o svojoj lokaciji, tj. trenutnoj IP adresi
- registracija je obvezna za dolazne pozive, za odlazne ne
- Cseq se smanjuje svakim slanjem REGISTER-a
- zahtjev se proslijeđuje do nadležnog poslužitelja za registraciju u domeni

• BYE:

- raskid može inicirati neki od UA koji sudjeluje u sjednici (ne netko treći, sa strane)
- zahtjev s kraja na kraj (posrednici nemaju utjecaja)

• ACK:

- potvrda, konačni odgovor na INVITE
- zahtjev od točke do točke
- slanjem ACK Cseq se ne smanjuje
- poslužitelj uspoređuje Cseq u ACK s Cseq u odgovarajućem INVITE

• CANCEL:

- zahtjev od točke do točke (prekid može biti iniciran od strane nekog UA ili posredničkog poslužitelja)

- proslijeđuje se istim putem kao i INVITE

• OPTIONS:

- provjera mogućnosti primatelja

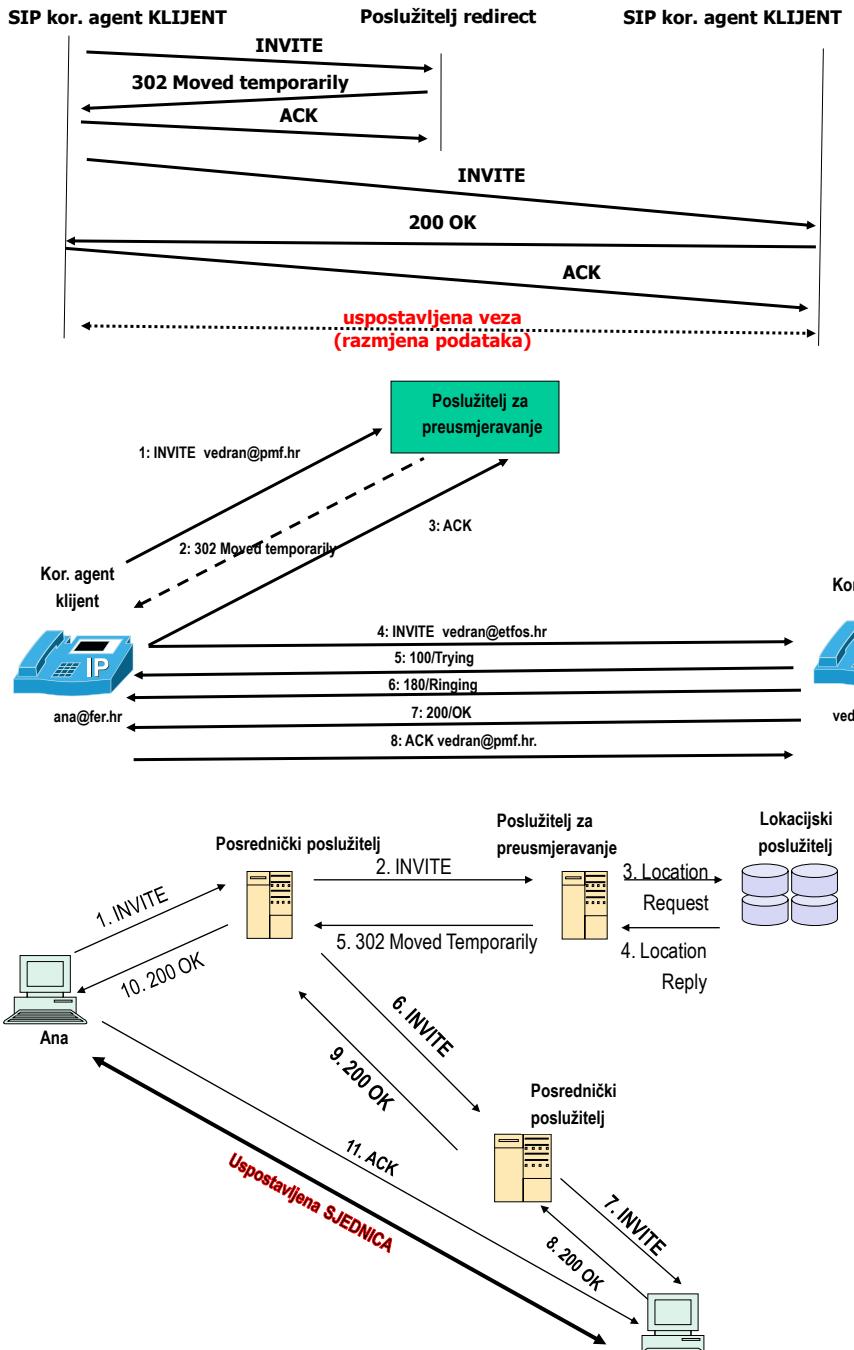
Polja u zaglavljima SIP:

- 1) općenita
 - 2) vezana uz poruku zahtjeva
 - 3) vezana uz poruku odgovora
 - 4) vezana uz entitet u mreži
- Svaki posrednički poslužitelj (proxy) dodaje VIA zaglavje sa svojom adresom, kako bi osigurao da će odgovor ići istim putem

5. SIP odgovori

- 1xy - informativni, o statusu poziva
- s kraja na kraj, osim 100 trying (nema tijelo i ne proslijeđuje se)

- 180 ringing - odgovor da je INVITE primljen, ne šalje se ako pozvani odmah odgovori
- 2xy - uspješno izvršenje zahtjeva
- 200 OK:
 - a) odgovor na poziv u sjednicu → u tijelu poruke šalje parametre pozvanog korisnika
 - b) odgovor na zahtjev (na INVITE, REGISTER, OPTIONS)
- 3xy - šalje ih posrednički usmjeritelj, ili usmjeritelj za preusmjeravanje, kao odgovor na zahtjev za uspostavom sjednice (npr. 301 Moved Permanently)
- 4xy - pogreška na klijentu (npr. 404 Not Found)
- 5xy - greška na poslužitelju (npr. 500 Internal Server Error)
- 6xy - globalna greška (npr. Decline)



Mehanizmi sigurnosti

a) Šifriranje s kraja na kraj

- posrednički poslužitelj može na INVITE odgovoriti sa 407 Proxy Authentication Required
⇒ klijent odgovara sa re-INVITE, sa Proxy-Authorization zaglavljem

b) Šifriranje od skoka do skoka

- SIP korisnik može na INVITE odgovoriti sa *401 Unauthorized* ⇒ klijent odgovara sa re-INVITE sa Authorization zaglavljem

b2) Prijenos signalizacije mrežom IP

Protokoli:

SIGTRAN

- Skup protokola koji omogućava prijenos signalizacije SS7 preko IP mreže
- Tri komponente:
 - 1) Protokol za adaptaciju - podržava specifične SS7 protokole
 - 2) *SCTP* - podržava pouzdane prijenosne funkcije za prijenos signalizacije
 - 3) Internetski protokol IP
- *SCTP*:
 - spojno orientirani pouzdani protokol
 - prednosti nad TCP-om:
 - a) brzo otkrivanje grešaka uz kontrolu zagušenja
 - b) podržava veliki broj sjednica
- SIGTRAN protokolni složaj:

Protokolni složaj

Protokoli višeg sloja	Aplikacijski sloj
Adaptacijski protokol (xUA, xPA)	
Stream Control Transmission Protocol (SCTP)	Transportni sloj
Protokol IP	Mrežni sloj

SGW

- Vrši konverziju protokola na transportnom sloju za prijenos signalizacije između SS7 i mreže IP
- Izvedbeno rješenje - *SOFTSWITCH* - djelotvoran prijenos govora preko IP
- Razdvaja upravljanje pozivom (upravljački sloj - SIP, SIGTRAN) od funkcije prijenosa podataka (sloj poveznice - MGW)

MGCP

- Signalizacijski protokoli za upravljanje čvorovima za prijenos podataka u paketskim mrežama (IP) i mrežama s komutacijom kanala (PSTN)
- Prijenos PSTN poziva preko IP mreže
- RTP/RTCP protokol, UDP na transportnom sloju
- 3 standarda:
 - 1) MGCP
 - 2) Megaco
 - 3) H.248

BICC

- Proširenje signalizacije SS7 ISUP za uspostavu poziva u paketskim mrežama

IAX

- Za višemedijske sjednice i strujanje medija putem IP mreže
 - VOIP, UDP

TRIP

- Za usmjeravanje telefonskih poziva IP mrežom
 - BGPv4, TCP

10. predavanje - Podatkovna komunikacija i protokoli u pokretnoj mreži

Pokretna mreža

- Javna mreža u kojoj se pristup zasniva na radijskoj komunikaciji koja omogućava pokretljivost
- Dva dijela:
 - 1) Jezgrena mreža
 - 2) Pristupna mreža

GSM mreža

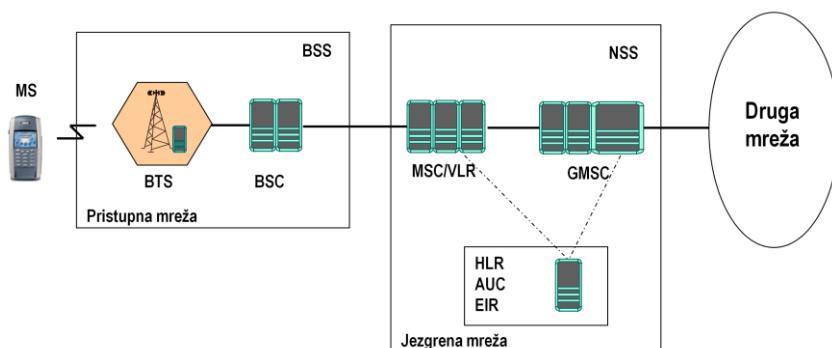
1) NSS jezgrena - sastoji se od:

- MSC pokretni dio + VLR koji sadrži podatke o domaćim preplatnicima i stranim preplatnicima koji su u LA (lokacijsko područje = skup ćelija koje pripadaju jednom MSC)
- GMSC - prilazni dio
- HLR - podaci o domaćim preplatnicima, gdje god oni bili
- AUC - provjera autentičnosti preplatnika
- EIR - provjera vlasnika MS-a (pokretnе postaje)

2) BSS pristupna - sastoji se od:

- BTS - primopredajni dio
- BSC - upravljački dio

3) MS - pokretna postaja



GSM protokoli po slojevima

1) Fizički sloj

- 992 fizička kanala raspoređena na 124 frekvencije po 8 vremenskih odsječaka
- MS prihvata najjači kontrolni kanal nakon što skenira sve frekvencije

2) Sloj veze

- protokol LAPDm → rješenje za radio kanal, fiksne je duljine

3) Sloj poruka - protokoli:

- Podslojevi:
 - RR - podsloj za upravljanje radijskim resursima, služi za prijenos signalizacije između MS i BSS
 - MM - podsloj za upravljanje pokretnjivošću, služi za vezu između MS i MSC
 - CM - podsloj za upravljanje vezom, služi za SMS i dodatne usluge između MS i MSC

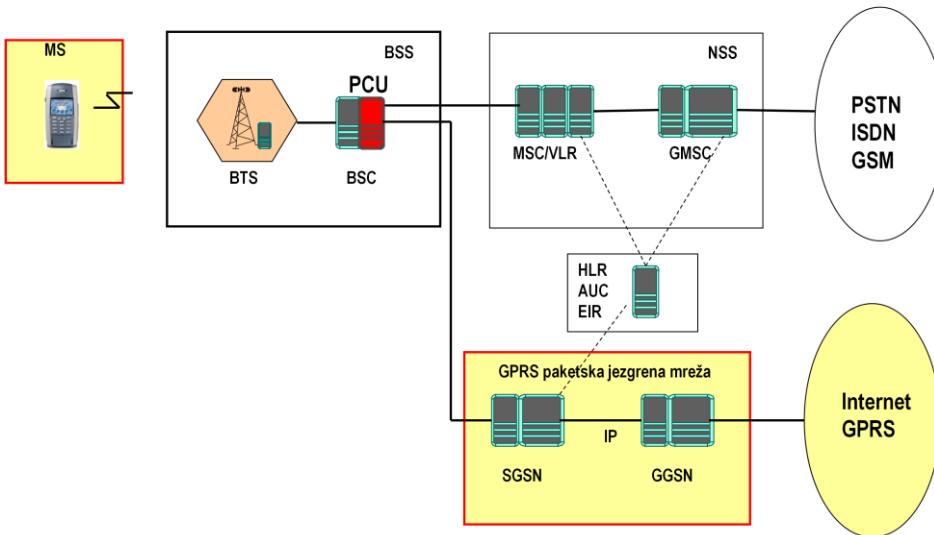
- Dijelovi:
 - *BSS AP* - aplikacijski dio u SS7 za GSM
 - *SCCP* - kontrolni dio za signalizaciju
 - *MTP* - dio za prijenos poruka
 - BSS procesi:
 - *BSS MAP* - procedure između BSS i MSC, koje zahtijevaju obradu informacija vezanih uz poziv i upravljanje radijskim resursima
 - *DTAP* - transparentan prijenos informacija između MS i MSC za upravljanje pokretljivošću i vezom
- Kod GSM-a se razdvajaju korisnička komunikacija (ide fizičkim kanalima) i upravljačka komunikacija (logičkim kanalima)
- GSM brzina - 14.4 kbit/s**

GPRS mreža

- Proširenje GSM mreže ostvareno dodavanjem čvorova

Promjene:

- uvedena komutacija paketa
- 8 kanala iste frekvencije po jednom korisniku
- uveden *PCU* (paketska kontrolna jedinica)
- veća **brzina - GPRS - 115.2 kbit/s**
- naplata po prometu



Potporni čvorovi:

1) SGSN - uslužni

- Funkcije:
 - usmjeravanje paketa *RA* (područje usmjeravanja) ↔ MS
 - kriptografska zaštita i provjera autentičnosti

2) GGSN - prilazni

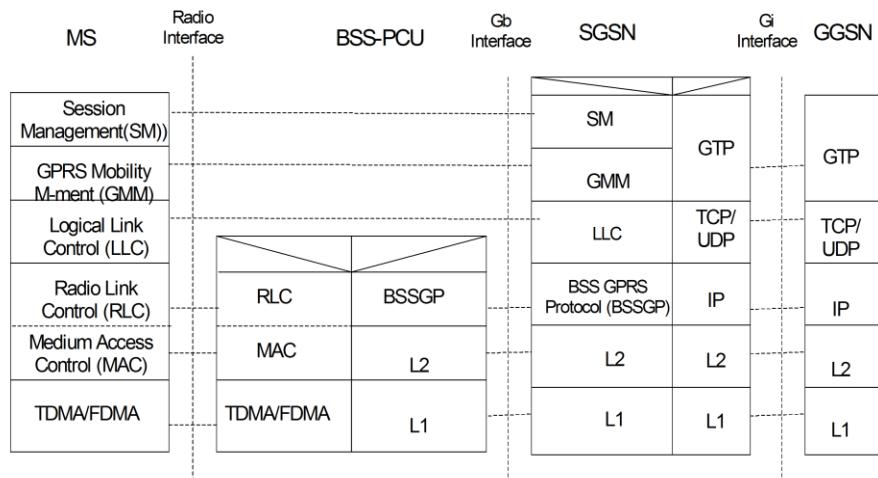
- Funkcije:
 - pridruživanje korisnika pravom SGSN-u
 - uspostavljanje komunikacije prema vanjskim mrežama

Zajedničke funkcije:

- upravljanje sjednicom, pokretljivošću i logičkom vezom sa MS
- prikupljanje podataka za naplatu

Kontrolna/signalizacijska ravnina

- Prenosi kontrolnu/upravljačku informaciju kojom se omogućuje paketska komunikacija

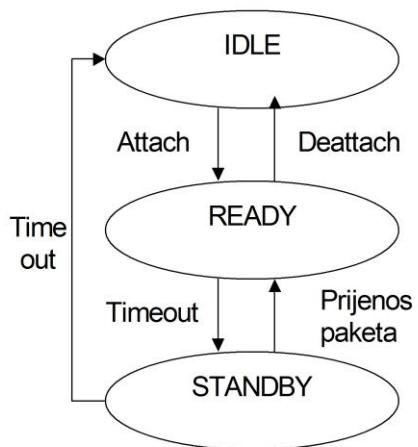


- MAC - kontrola pristupa korisnika
- LLC - teku paketi
- BSSGP - razmjenjuju se informacije o usmjerenju i kvaliteti usluge (QoS)

Paketska komunikacija u pokretu

- Različita od kanalske, jer treba upravljati sjednicom, tj. sudionicima, a ne samo vezom
⇒ *To je ključna razlika u odnosu na GSM mrežu!*
- To omogućuju:
 - zapis o kretanju, kojim se MS pridružuje SGSN-u, u čijem je području → *MM context*
 - zapis o paketskom protokolu, koji opisuje karakteristike veze → *PDP context*
 - podatak o fizikalnom kanalu kojim se prenose paketi na radijskom sučelju → *TBS*

Stanja MS-a



- IDLE - MS je uključen, ali nije u GPRS -u
- READY- omogućena razmjena paketa; ažuriranje ćelije pri kretanju
- STANDBY - u GPRS-u je MS, ali ne izmjenjuje pakete; ažurira se samo RA pri kretanju

Upravljanje pokretljivošću - MM

- Dijelovi:
 - 1) Uključivanje - pridruživanje sustavu
 - 2) Isključivanje - izlazak iz sustava

3) Ažuriranje lokacije - ažuriranje promjene RA ili ćelije

- RA ima jednu ili više ćelija, a obuhvaća cijeli LA ili jedan njegov dio

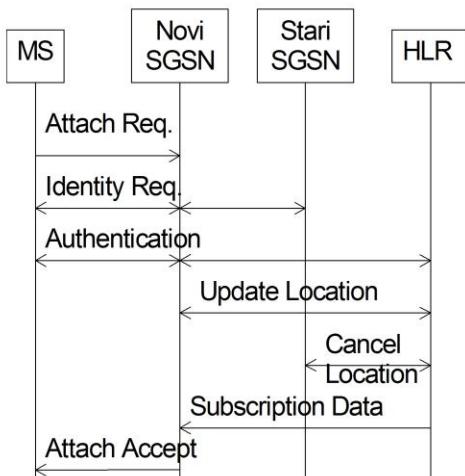
- Postupak uključivanja MS-a:

- 1) Informiranje mreže o zahtjevu uključivanja MS-a
- 2) Provjera identiteta MS-a (EIR) i iniciranje rada za prijenos podataka
- 3) Ako SGSN nema podatke o pretplatniku, učitavanje istih iz HLR
- 4) Ažuriranje MSC/VLR
- 5) Uspostava signala MS ↔ SGSN

- Protokoli koji sudjeluju: SM, MM, LLC, RLC, MAC
- *MM context* - zapis o kretanju MS-a, sadrži informacije o lokaciji MS-a

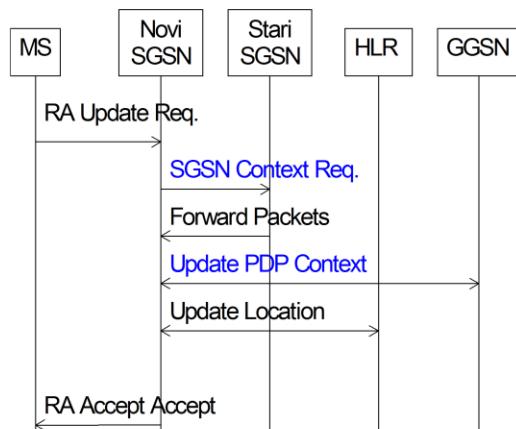
1) a) Uključivanje MS-a u području novog SGSN-a:

- MS šalje zahtjev za uključivanjem novom SGSN-u, koji ga proslijedi starom
- provjerava se identitet i autentičnost, te se zapisuje nova lokacija u HLR
- briše se stara lokacija, podaci o korisniku se šalju novom SGSN-u
- novi SGSN javlja MS-u da je prihvatio zahtjev



3) a) Ažuriranje lokacije kod promjene SGSN-a (ako se mijenja samo RA, a ne i SGSN, onda ide samo prvi i zadnji korak)

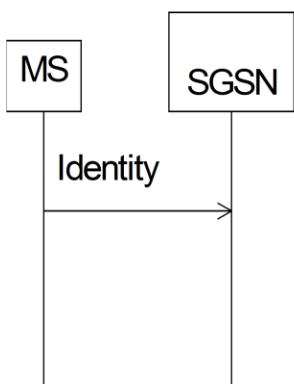
- MS šalje zahtjev novom SGSN-u za ažuriranje lokacije
- novi SGSN zahtijeva od starog SGSN context
- stari SGSN mora proslijediti novom neisporučene podatke
- podaci o pretplatniku se prebacuju u novi SGSN, GGSN se obavještava
- ažurira se lokacija u HLR-u
- MS dobiva potvrdu o prihvaćanju nove lokacije



- SGSN context = MM context + PDP context (zapis o karakteristikama veze)

→ Ako se mijenja samo ćelije:

Slika



Komunikacija u GPSRS-u (MS ↔ SGSN)

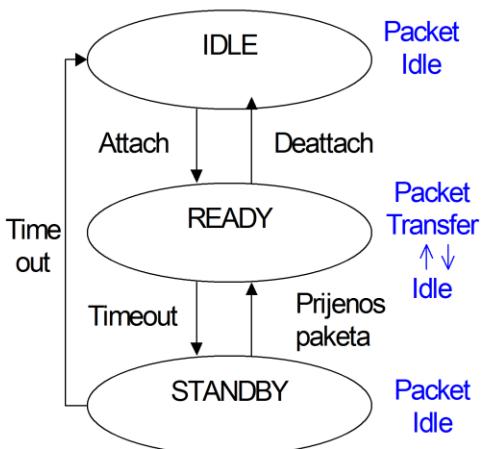
- MS mora biti u READY stanju (ako je u STANDBY, SGSN mu može slati *paging* signal kako bi prešao u READY)
 - a) MS šalje pakete u mrežu:
 - MS zahtijeva kanal BTS-BSC
 - MS dobiva kanal
 - MS šalje pakete prema SGSN
 - b) MS prima pakete iz mreže:
 - SGSN šalje zahtjev do BSC
 - MS dobiva kanal
 - SGSN šalje pakete prema MS

Zapis o paketskom protokolu (PDP Context)

- Da bi se ostvarila komunikacija, kreira se PDP context na relaciji MS-GGSN (sadrže ga MS, BSS-PCU, HLR, SGSN, GGSN)
- Definira komunikaciju MS sa GGSN i vanjskim mrežama
⇒ Zapis o karakteristikama veze: vrsta mreže, adresa pristupne točke, protokol, QoS, ...
- Aktivira se uključenjem MS-a ili komandom prije početka komunikacije

Podatak o fizičkom kanalu - TBF

- Prijenos na radijskom sučelju



- IDLE - Packet Idle - nema TBF-a
- READY - Packet Idle ⇔ Packet Transfer - TBF sa 1 ili više PDCH

- STANDBY - Packet Idle

- Dodjeljuje PCU za prijenos paketa od/prema MS
- MS pri dodjeli TBF dobiva informacije o PDCH, koje koristi i TFI (jedinstveni broj TBF-a)
- MS može imati TBF u jednom ili oba smjera

Prijenos paketa na radijskom sučelju (MS ↔ BSS PCU)

a) MS → BSS PCU

- MS u stanju READY inicira prijenos, šalje zahtjev za dodjelom paketskog kanala prema BSS PCU u dodijeljenom fizičkom kanalu
- PCU odgovara porukom o dodjeli UZLAZNE paketske veze do MS, koja sadrži popis fizičkih kanala i TFI (tako je dodijeljen TBF)

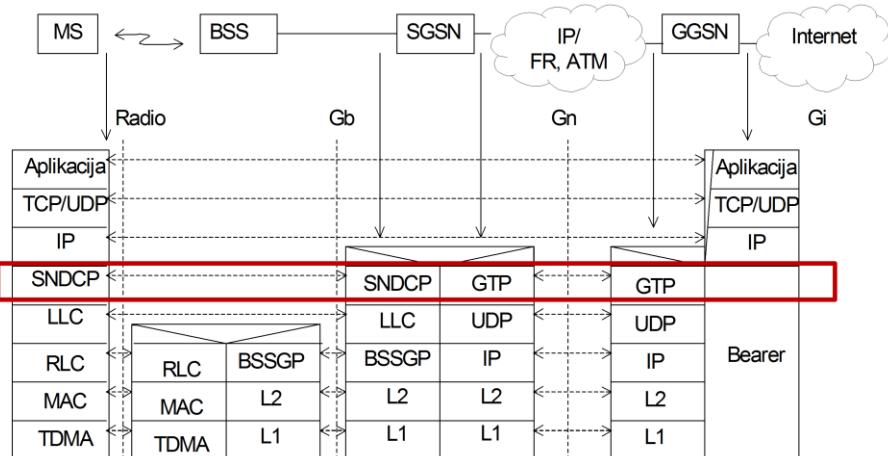
b) BSS PCU → MS

- SGSN šalje pozivni zahtjev do PCU, koji poziva MS u fizičkom kanalu koji MS osluškuje u stanju STANDBY
- MS odgovara pozitivnim odgovorom, prelazi u READY, a ta poruka prelazi preko BSS do SGSN
- PCU odgovara porukom dodjele SILAZNOG paketskog kanala, koja sadrži popis fizičkih kanala (PDCH) i TFI (tako MS-u dodjeljuje TBF)

Korisnička/transmisijska ravnina

- Prenose se podaci između MS i Interneta

Slika



Fizički kanal (sloj 1)

- **PDCH** - jedan vremenski odsječak fizičkog kanala
- više PDCH može koristiti jedan korisnik - jedan PDCH na više korisnika
- broj PDCH u ćeliji je fiksni, ili se mijenja dinamički
- Uz fizičke kanale postoje i logički kanali za kontrolne funkcije, koji se temelje na multiokviru od 52 okvira

Protokoli za kontrolu i pristup mediju (sloj 2)

- **MAC** - raspoređivanje zahtjeva za kanal
- **RLC** - kontrola pristupa kanalu
- **LLC** - logička veza MS ↔ SGSN

Operacije kad MS šalje podatke:

- 1) Protokolska jedinica podataka logičke veze (LLPDU) veličine je 1500 okteta
- 2) LLPDU dolazi do RLC u segmentima veličine 20-50 okteta

3) MAC formira radio blokove veličine 456 bita (u četiri snopa)

Protokol SNDCP (sloj 3)

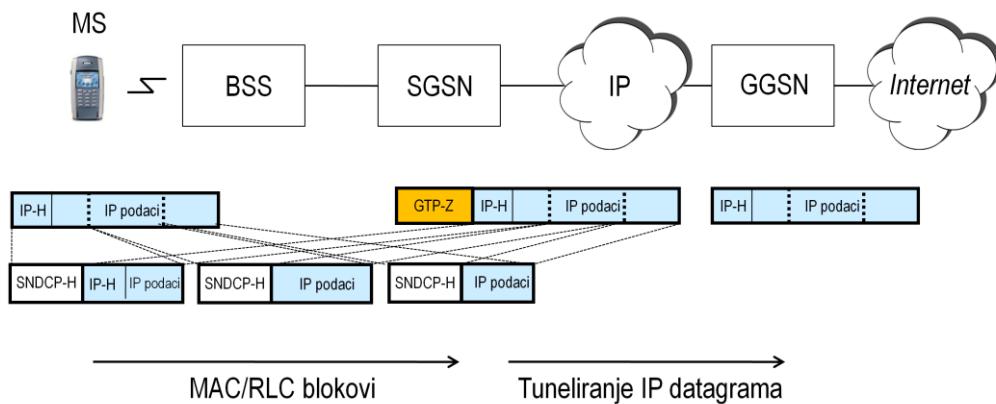
- Prilagođava protokol IP radu u GPRS-u
- Prenosi podatke MS ↔ SGSN
- Multipleksira više konekcija mrežnog sloja u jednu logičku vezu LLC-a
- Komprimira i dekomprimira podatke i zaglavlja višeg sloja
- Fragmentira IP pakete koji se prenose LLC okvirima, sastavlja ih opet u IP pakete na drugoj strani

Prijenos podataka MS ↔ SGSN - SAŽETAK

- IP paketi se komprimiraju i fragmentiraju u LLC okvire na izvorišnoj strani, dijele u MAC/RLC blokove, šalju preko BSS do SGSN (i obratno), na odredištu se opet sastavljaju u IP pakete

Protokol GTP

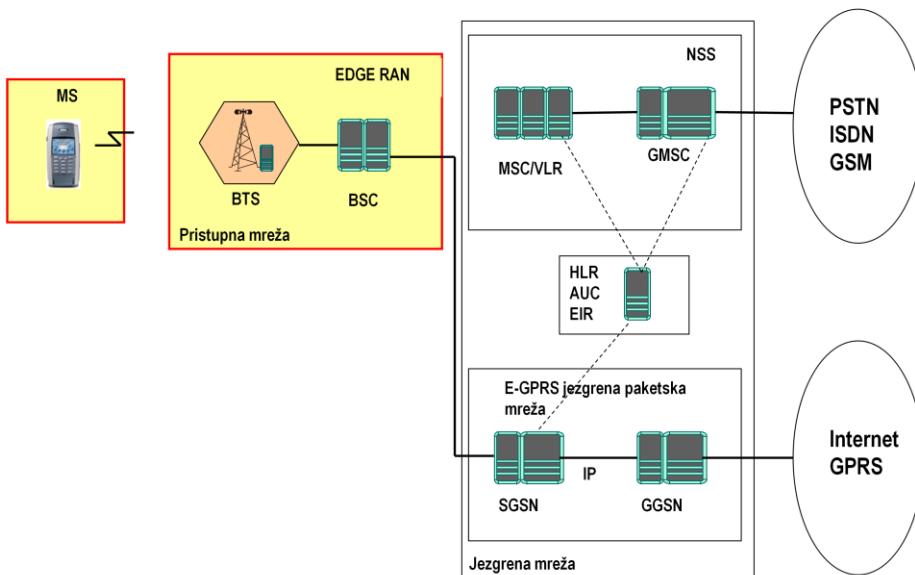
- Kreira, modificira i briše tunel za korisničke podatke i signalizacijske informacije između SGSN i GGSN
- IP paketima dodaje GTP zaglavlje
- Rabi UDP



Postupak pristupa Internetu:

- 1) MS zahtijeva aktiviranje PDP konteksta
- 2) SGSN provjerava zahtjev na temelju informacija u HLR-u
- 3) SGSN traži od DNS-a IP adresu GGSN-a
- 4) Uspostavlja se logička veza (tunel) SGSN ↔ GGSN
- 5) GGSN dodjeljuje MS-u dinamički javnu IP adresu

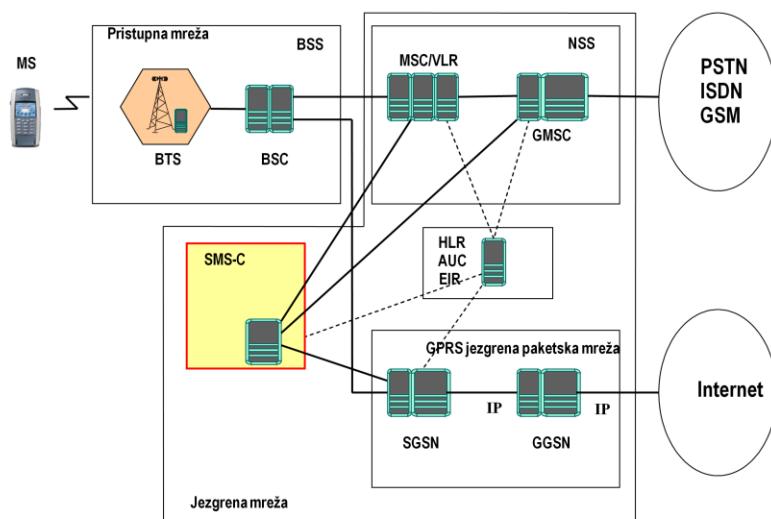
EDGE mreža



Karakteristike:

- Zahtijeva veću promjenu radijskog dijela pristupne veze (sustav baznih postaja *EDGE-RAN*)
- Promjena modulacije: GMSK → 8PSK
- 8 kanala x 48 kbit/s =
- **Brzina = 384 kbit/s**
- Nedostatak je što se ova brzina ne može postići u cijelom području pokrivanja ćelije

Komunikacija porukama



SMS

- SMS-C - centar za uslugu kratkih poruka
- Slanje/primanje poruka prema/od MS
- Zadržava poruku dok ne dobije potvrdu o primitku ili dok ne istekne vrijeme valjanosti poruke
- 160 znakova, moguće ulančavanje

- *EMS* ih proširuje sa tekstrom, kratkim melodijama i točkastim slikama

MMS

- Prijenos se temelji na *WAP* protokolima
- Zahtijeva veće brzine prijenosa
- Formatirani tekst, crteži, animacija, slika u boji, audio i video sadržaji

11. predavanje - UMTS mreža

- **Brzina:**

- do 144 kbit/s svagdje
- do 384 kbit/s na otvorenom
- do 2 Mbit/s u zatvorenom

- Uz pokretljivost terminala, riješena je i osobna pokretljivost, te pokretljivost, prenosivost i transparentnost usluga

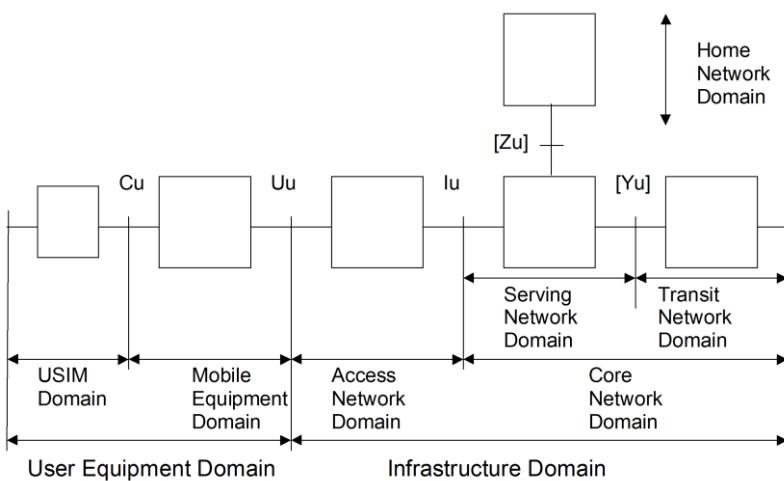
UMTS usluge - zahtjevi

- Fleksibilnost - kretanje iz jedne mreže u drugu
- Pristup uslugama bez obzira na pristupnu mrežu u kojoj se korisnik nalazi
- Prilagođavanje usluge s obzirom na korišteni terminal
- Dostupnost usluge s obzirom na lokaciju
- Upravljanje profilom usluge bez obzira na pristupnu mrežu i lokaciju

Elementi UMTS arhitekture

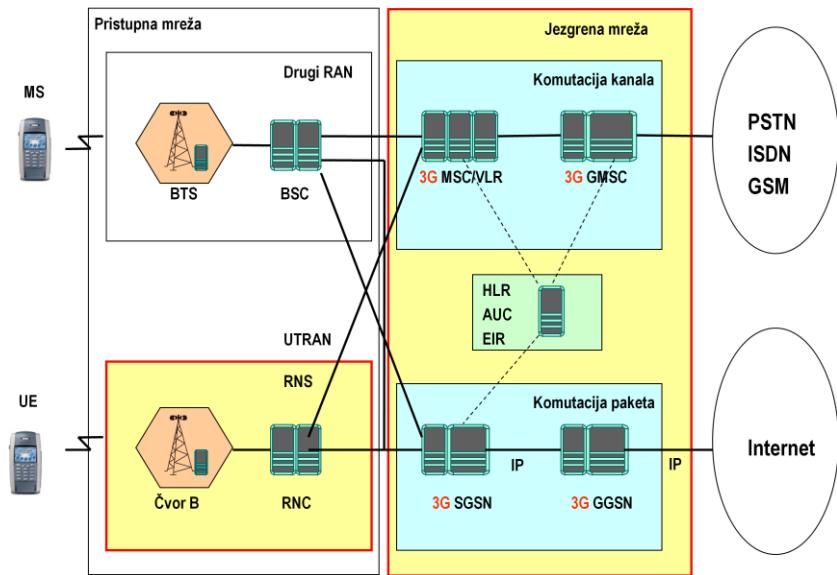
- 1) Domena - skup funkcija, međusobno odvojene referentnim točkama
- 2) Stratum - funkcionalna komunikacija između domena

1) Domene:



- **USIM** - modul za identifikaciju korisnika
 - izведен pametnom karticom
 - rabi se za sigurnost usluga koje su na raspolaganju korisniku i za osobno profiliranje
- **Access Network Domain** - pristupna mreža - zemaljski UMTS radio pristup (UTRA)
 - zasnovan na W-CDMA
- **Serving Network Domain** - za posluživanje korisnika na korisničkoj pristupnoj točki
 - mijenja lokacijsku informaciju kako se korisnik kreće, usmjerava poziv/informaciju prema korisniku
- **Home Network Domain** - funkcionalnost povezana sa stalnom lokacijom korisnika neovisno o korisničkoj pristupnoj točki
- **Transit Network Domain** - ostvaruje komunikacijski put između Serving Network Domain i udaljenog korisnika kada je on u drugoj mreži

Arhitektura UMTS



UMTS radijska pristupna mreža

UMTS zemaljski radijski pristup - *UTRA*

- Zasnovan na W-CDMA (širokopojasni višestruki pristup s kodnom podjelom)
- Veći kapacitet i bolja pokrivenost
- Mogućnost varijabilne brzine prijenosa
- Prikladan i za paketski i kanalni prijenos
- Višestruke istodobne usluge u jednom terminalu
- Hjerarhijska struktura ćelija
- Uvođenje IP u radijsku pristupnu mrežu

UTRAN - zemaljska radijska pristupna mreža

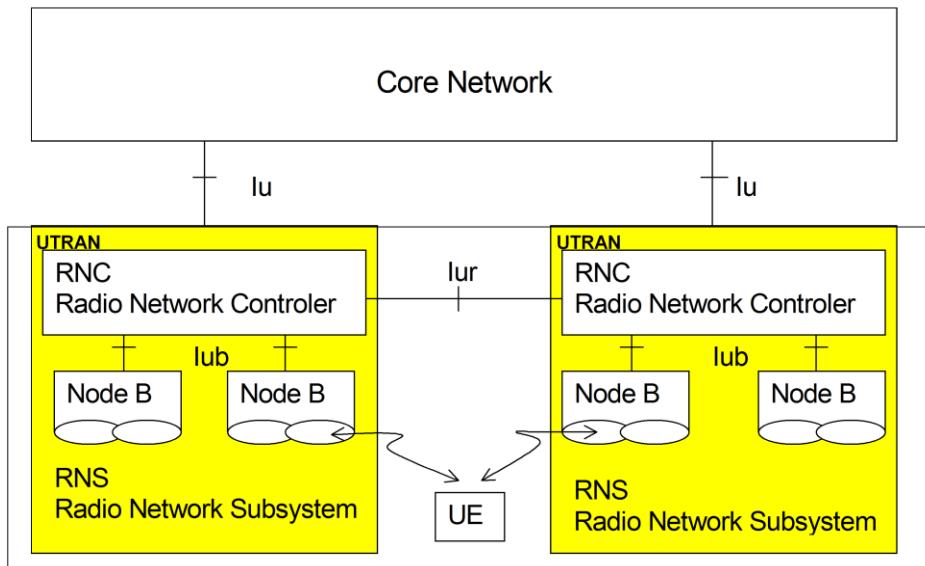
- Funkcije:
 - sustavna kontrola pristupa
 - sigurnost i privatnost
 - upravljanje i kontrola radijskih resursa
 - kontrola radijskog prijenosa i veze između korisničke opreme i mreže (protokoli kontrolne ravnine)
 - prijenos korisničkih podataka između korisničke opreme i mreže (protokoli korisničke ravnine)

Radijski mrežni podsustav - *RNS*

- Osnovni dio UTRAN-a
- Dijelovi:
 - 1) Upravljač radijske mreže RNC
 - uslužni, kontrolni i prihvativni
 - preuzima dio funkcija upravljanja pokretljivošću od jezgrene mreže
 - 2) Čvor B sa radijskim primopredajnim dijelom
 - pokriva 3-6 ćelija
- Svaki RNS poslužuje svoj skup ćelija

2) Čvor B

- Pretvorba podatkovnog toka između Uu i lub sučelja
- Upravljanje radijskim resursima
- Modulacija (podržava FDD, TDD, CDMA)
- Fizikalni i transportni kanali
- Korekcija grešaka
- Povezivanje poziva s UE
- Sakupljanje prometnih podataka

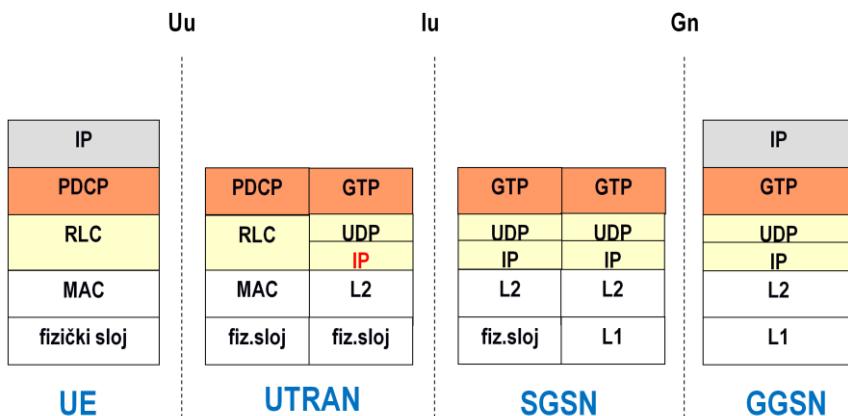


Razlozi za W-CDMA

- Prednosti:
 - sve osim zadnje značajke od UTRA
 - širina frekvencijskog pojasa = 5 MHz
 - prošireni frekvencijski spektar - raspršeni spektar
 - manja osjetljivost na uskopojasne interferencije i prigušenja
 - nema fiksnog ograničenja kapaciteta (broja istovremenih korisnika)
- Nedostaci:
 - povećanje interferencije od drugih korisnika

Sučelja i protokoli jezgrene mreže UMTS

Protokoli korisničke ravnine UMTS



Protokol PDCP

- Funkcionalnost slična SNDCP i LLC protokolima iz GPRS-a
- Prijenos podataka (IP paketa) između korisničkog terminala i radijske pristupne mreže
- Komprimira i dekomprimira korisničke podatke i zaglavlja višeg sloja
- Segmentira IP pakete u MAC/RLC blokove prikladne za radijski prijenos preko zračnog sučelja

Gn i Gp sučelja

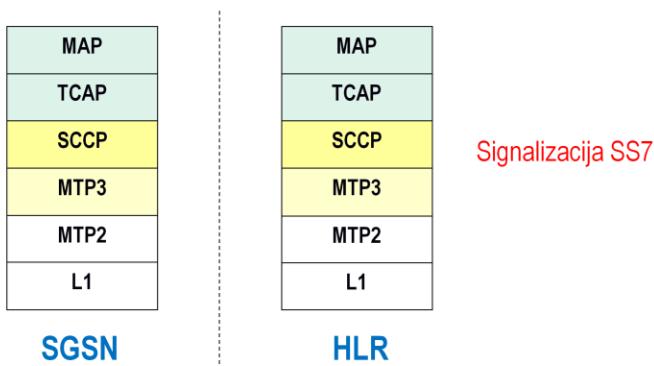
- *Gn* - između SGSN-a i GGSN-a, te SGSN-ova iste zemaljske javne pokretne mreže (PLMN)
- *Gp* - između SGSN-ova različitih PLMN-ova

MAP sučelja

- *Gc* - GGSN-HLR (Tuneliranje preko SGSN)
 - informacije o usmjeravanju za komutaciju paketa
- *Gr* - SGSN-HLR
 - lokacija korisnika
- *Gd* - SGSN-SMS prilaz
- *Gf* - SGSN-EIR

Protokoli paketskog dijela MAP sučelja

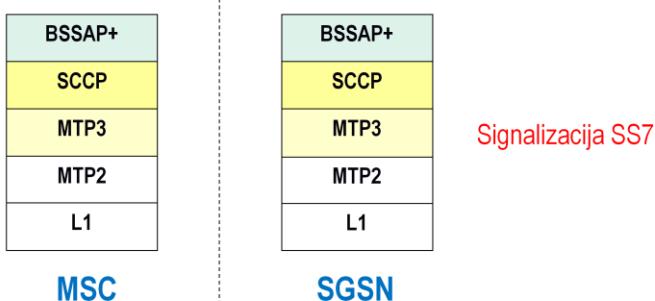
Gc, Gr, Gd, Gf



- MAP - Message Application Part
- TCAP - SS7 Transaction Capabilities Application Part
- SCCP - Signaling Connection Control Part
- MTP3 i MTP2 - Message Transfer Part

Protokoli između kanalskog i paketskog dijela

Gs



- BSSAP - BSS Application Part
- Gs - MSC-SGSN sučelje
 - proširenje BSSAP
 - reduciranje upravljačke informacije o lokaciji korisnika i HLR signalizacije

Pristup internetu iz UMTS mreže

- U mreži UMTS IP protokol se uvodi u pristupnu mrežu, dakle dolazi još bliže korisniku

IP adresiranje

- Treba podijeliti jedinstvene IP adrese GPRS mrežnoj infrastrukturi radi spajanja na internet *u roamingu*
- U roamingu treba povezati SGSN posjećene mreže sa GGSN domaće mreže
- Vrste adresiranja:
 - a) Adresiranje mrežne infrastrukture
 - b) Adresiranje pokretnih terminala
- Vrste adresa:
 - a) Privatne
 - ograničeni broj adresa
 - nemogućnost adresiranja preko Interneta
 - nemogućnost dobivanja jedinstvene adrese
 - b) Javne
 - moguće adresiranje preko Interneta
 - moguća jedinstvena adresa
- MS ima privatnu adresu, a entiteti mrežne infrastrukture javnu
- NAT - mehanizam prevođenja adresa (privatna-javna)
 - MS-u se dodjeljuje javna adresa koja je raspoloživa tijekom trajanja veze s vanjskom mrežom

Roaming (prelaženje)

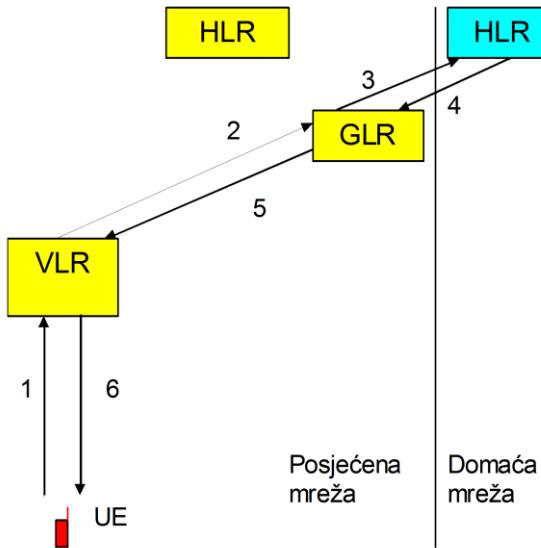
- SGSN iz jedne mreže se povezuje sa GGSN iz druge preko *inter-PLMN mrežne okosnice*
- Aktivnosti prilikom odlaska korisnika u posjećenu mrežu:
 - 1) Uključivanje MS/UE
 - 2) Aktiviranje PDP zapisa
 - 3) razmjena DNS podataka
 - 4) uključivanje graničnog prilaza (BG) radi sigurnosti
- GPRS operateri mogu biti povezani:
 - a) Direktnom vezom
 - tuneliranjem kroz javnu IP mrežu ili
 - iznajmljenim vodom
 - b) GRX (GPRS Roaming eXchange) čvorovima

Sporazum o prelaženju:

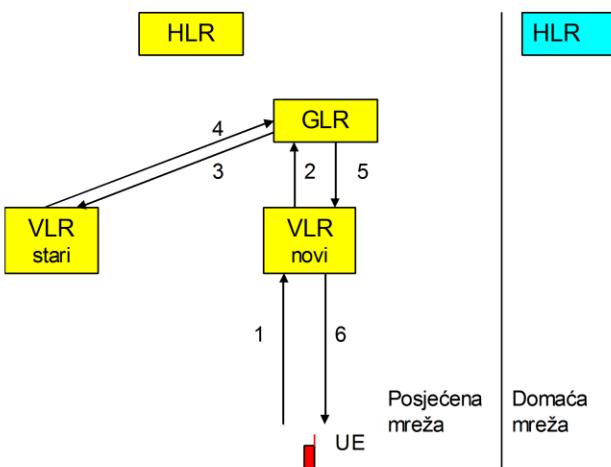
- Svrha:
 - da preplatnicima nekog operatora omogući korištenje usluga u svojoj i u drugim mrežama
 - naplata usluga domaćim i stranim korisnicima
- Ako je zadovoljen sporazum, strani korisnik može koristiti:
 - 1) Radio resurse u VPLMN (Visitor PLMN)
 - 2) GGSN u HPLMN (Home PLMN)

Registracija s GLR u posjećenoj mreži

- GLR - lokacijska baza podataka koja sadrži privremeni zapis podataka o korisniku i njegovu trenutnu lokaciju
- radi izbjegavanja previše signalizacije, posebno u međunarodnom prometu



- Prva registracija - 1-2-3-4-5-6
- kao trenutna lokacija u HLR se zapisuje lokacija GLR, a u GLR lokacija VLR



- Promjena lokacije - 1-2-3-4-5-6
- u GLR-u se registrira adresa novog VLR, a deregistrira adresa starog VLR

HSS - Poslužitelj pretplatničkih podataka

- Glavna baza podataka o korisnicima
- Identifikacija korisnika, numeracija, adresiranje
- Kontrola pristupa mreži
- Informacije o autentifikaciji, autorizaciji i lokaciji korisnika
- Repozitorij korisničkih profila
- Upravljanje pokretljivošću
- Podrška sigurnosti, za uspostavu poziva i sjednice, te pružanja usluge

12. predavanje - Razvoj pristupne mreže UMTS

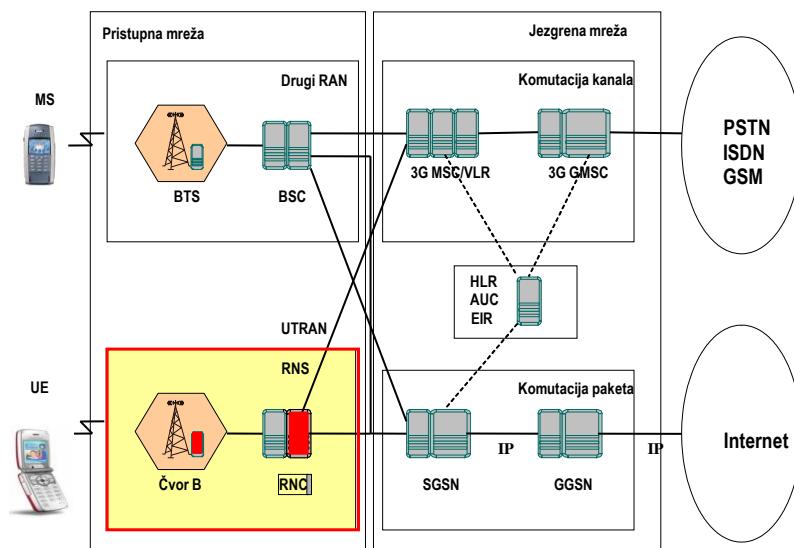
3.5G

HSPA - Tehnologija brzog paketskog pristupa

- Povećanje brzine prijenosa
- Unapređuje radijsku pristupnu mrežu
 - a) **HSDPA** - downlink, u dolaznom smjeru; **brzina do 14.4 Mbit/s, u praksi do 7.2 Mbit/s**
 - b) **HSUPA** - uplink, u odlaznom smjeru

a) HSDPA

- nadogradnja WCDMA tehnologije
- ne uvode se novi čvorovi u mrežu, već se RNS softverski i hardverski nadograđuje (RNC i čvor B), te veći broj fizičkih kanala



- uvodi se adaptivna modulacija i kodiranje (**AMC**) → koristi se povratna informacija od korisničkog terminala kako bi se utvrdila najbolja modulacijska tehnika i kodirajuća shema za zadane uvjete u kanalu

- bazna stanica dinamički mijenja kapacitete dodijeljene korisnicima - korisnici u područjima s boljim uvjetima dobivaju veći kapacitet prijenosne mreže i veće brzine prijenosa (tako se postiže efikasnije zauzeće kanala)
 - čvor B preuzima neke funkcije RNC-a
 - uvode se novi kanali (zauzeće kanala ovisi o duljini intervala TTI, koji je drugačiji za svakog korisnika)
 - uvođenje u urbanim i zatvorenim prostorima

• HSPA+

- nadogradnja HSPA
- poboljšanje radijskih performansi HSPA
- povećanje kapaciteta i smanjenje kašnjenja
- bolje iskorištenje mogućnosti WCDMA
- omogućen paketski prijenos
- **brzina: DL - 21 Mbit/s; UP - 5 Mbit/s**

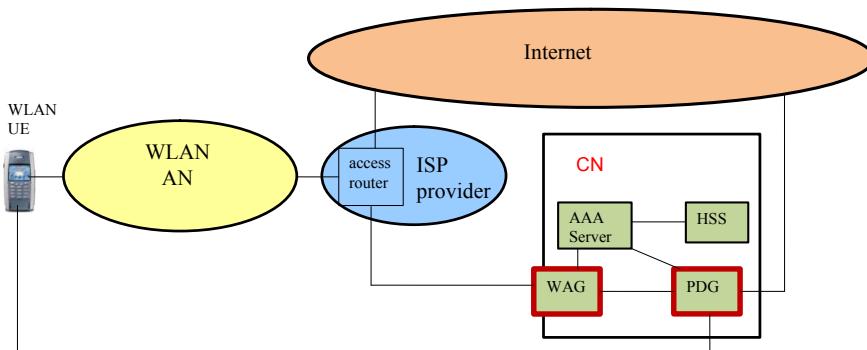
4G: LTE - Dugoročna evolucija radijske pristupne mreže

- Poboljšanje performansi i kapaciteta
- **Brzina: DL - 326 Mbit/s; UP - 86 Mbit/s**
- Zahtjevi:
 - potpuna IP mreža (samo komutacija paketa)
 - više usluga, niže cijene, otvorena sučelja, pojednostavljenje arhitekture
 - pokretljivost između različitih pristupnih mreža
 - fleksibilnije korištenje postojećeg frekvencijskog pojasa (5-20 MHz)
- Tehnologije:
 - *OFDMA* (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) - za DL
 - *SC-FDMA* (Single Carrier FDMA) - za UL
 - *MIMO* (Multiple Input Multiple Output) - višestruke antene, više paralelnih strujanja podataka prema korisniku

Povezivanje s WLAN mrežama

- Integracija WLAN pristupnih točaka s UMTS pristupnom mrežom

I-WLAN



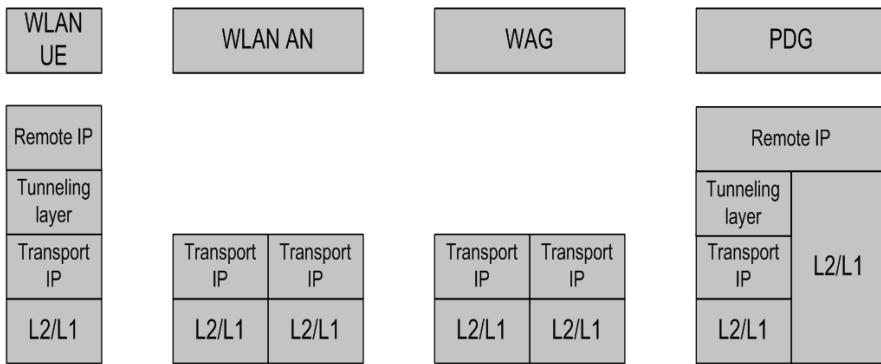
PDG

- Packet Data Gateway
- Registrira korisnike spojene na WLAN
- Pridjeljuje im javnu IP adresu na temelju lokalne, s javnom se spajaju na internet
- Omogućava pristup paketskim uslugama
- Sadrži informacije o usmjeravanju

WAG

- WLAN Access Gateway
- Usmjerava pakete od/prema WLAN pristupne mreže (AN) preko PDG do/od Interneta, radi pružanja usluge UE-ovima koji su spojeni na Internet preko WLAN-a
- Ima funkcionalnosti vatrozida
- Generira informacije o naplati prelaženja UE-ovima koji pristupaju Internetu preko WLAN-a

Protokolni složaj I-WLAN



Femtoćelije

- Bežične pristupne točke male snage
- Služe za spajanje pokretnih uređaja na mrežu pokretnog operatora preko DSL-a ili širokopojasnog kabelskog pristupa

Jezgrena mreža UMTS

EPC - Evolved Packet Core

SAE - System Architecture Evolution

- Podržava pristupnu mrežu E-UTRAN uz smanjenje broja mrežnih entiteta
- Pojednostavljenje funkcionalnosti
- Smanjenje kašnjenja
- LTE i SAE zajedno čine EPS - Evoluirani Paketski Sustav, koji je četvrta generacija pokretnih mreža (4G) i u potpunosti se temelji na IP protokolu

Entiteti jezgrene mreže:

1) Upravljački čvor MME

- entitet upravljanja pokretljivošću
- temeljni čvor jezgrene mreže
- nadležan za veliki broj čvorova eNodeB
- brine o signalizacijskim porukama od UE do čvorova jezgrene mreže
- funkcionalnosti: sigurnost, autentifikacija, dodjela mrežnih resursa, prekapčanje poziva, upravljanje pristupom, sjednicom i vezom, upravljanje lokacijom terminala u mirovanju

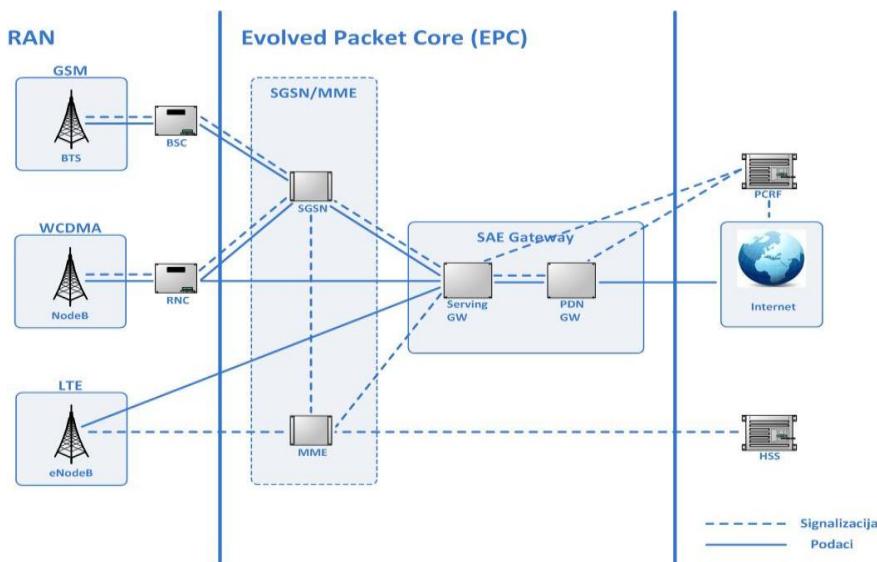
2) Čvorovi prilaza:

a) Uslužni S-GW

- tunelira podatke prema P-GW
- sadrži ostale funkcije za upravljanje pokretljivošću
- prati kretanje korisničkog terminala između čvorova eNodeB
- brine o uspostavi veze s korisnicima drugih mreža

b) Paketski mrežni P-GW (PDNGW)

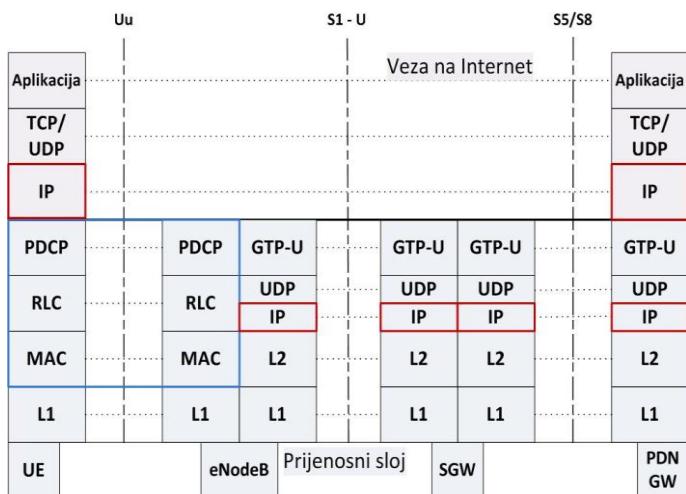
- usmjerava podatke od jezgrenog dijela mreže prema ostalim mrežama
- odgovoran za dodjelu IP adrese UE-ovima, naplatu i pružanje usluga određene kvalitete



3) Ostali čvorovi:

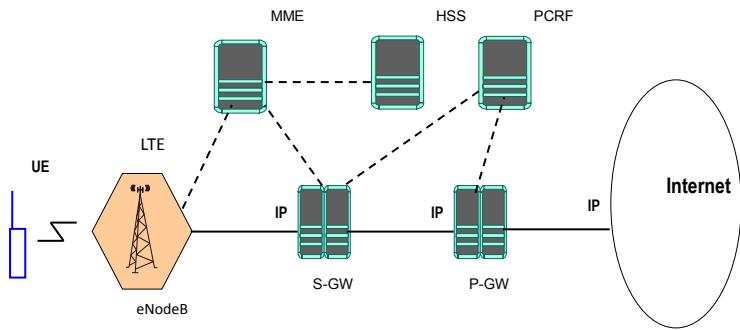
- a) *HSS* - poslužitelj domaćih pretplatnika
- b) *PCRF* - čvor za upravljanje resursima i terećenjem
 - terećenje, autorizacija, pružanje usluga s obzirom na pretplatnički profil, provođenje pravila operatora

Korisnički protokoli LTE



Pristup internetu putem LTE-SAE

- 1) Uključivanjem UE u mrežu, MME kreira UE kontekst koji sadrži karakteristike veze i mogućnosti korisničkog terminala dobivene iz HSS-a
- 2) Kreiranjem UE konteksta korisnički terminal dobiva IP adresu
- 3) Uspostavom veze UE ↔ P-GW omogućen je pristup internetu

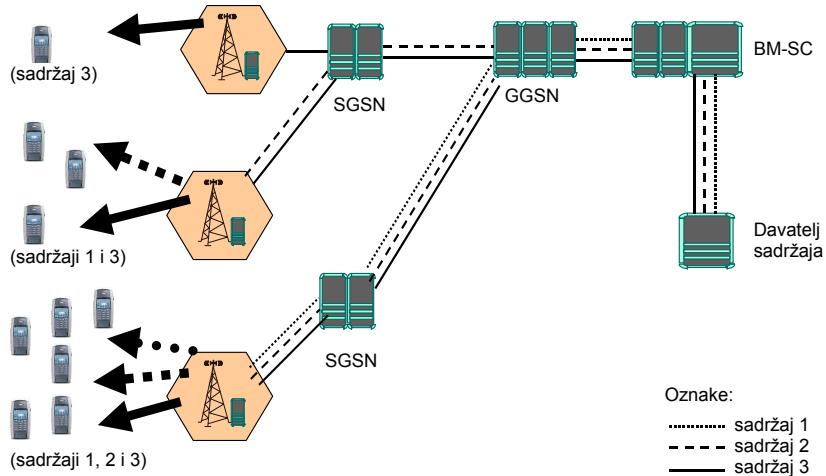


Usluga pokretne TV (Mobile TV)

- Koristi se višeodredišno razašiljanje tehnologijama:
 - MBMS* preko pokretne mreže
 - DVB-H* preko broadcast mreža

a) MBMS:

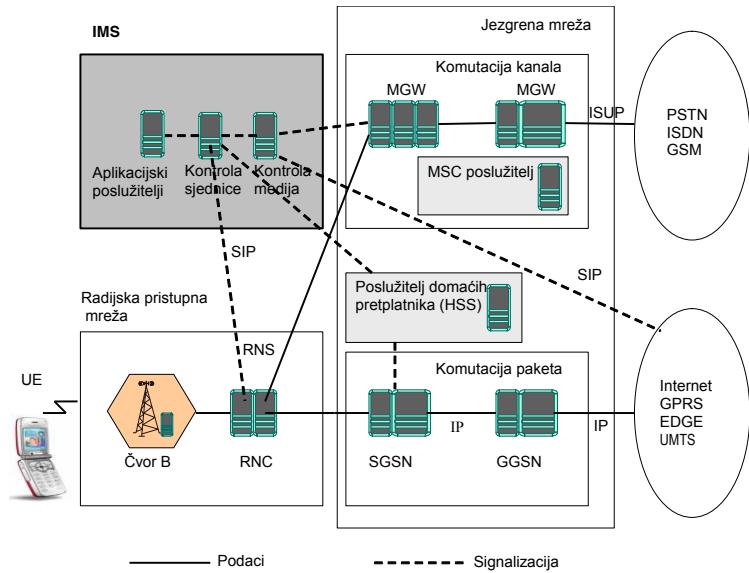
- Pristupna mreža - samo softverska nadogradnja kako bi razne stanice isporučivale podatke skupini korisnika
- Jezgrena mreža - uvođenje novog čvora *BM-SC* (centar za višeodredišno razašiljanje)
 - upravljanje višeodredišnom isporukom
 - usmjeravanje toka podataka kroz jezgrenu mrežu
 - sigurnost
 - naplata



IMS - IP višemedijski sustav

- Integracija Interneta i pokretnih mreža
- Omogućuje preusmjeravanje prometa
 - integracija pokretnih telekomunikacija s Internetom
 - pružanje usluga u stvarnom vremenu
- SIP upravlja višemedijskim pozivima

Arhitektura IMS-a u mreži UMTS



- *Aplikacijski sloj* - odvaja sadržaj i usluge od povezivanja i pristupa
- *Upravljački sloj* - zajednička IP temeljna struktura
- *Sloj povezanosti* - veze prema različitim pristupnim mrežama

Aplikacijski sloj

- Elementi IMS mreže i usluga
 - Aplikacijski poslužitelji AS (Application Server)
- Elementi usluga drugih mreža
 - Open Service Access - Service Capability Server (OS CS)
 - OSA AS - pruža uslugama pristup mrežnoj funkcionalnosti putem standardnog aplikacijskog programske sučelje
- IP Multimedia - Service Switching Function (IM SSF)
 - poslužitelj za povezivanje IMS-a s uslugama koje su bile razvijene za GSM mrežu

Upravljački sloj

- Element baze podataka - domaći pretplatnički poslužitelj HSS (Home Subscriber Server)
 - glavna baza s korisničkim podacima
- Elementi upravljanja - funkcija za upravljanje sjednicom poziva CSCF (Call Session Control Function)
 - P-CSCF (Proxy CSCF) - posrednički SIP poslužitelj
 - prva dodirna točka između terminala i IMS mreže
 - registracija i autentifikacija korisnika, uspostavlja sigurnu asocijaciju s UE, QoS, naplata
 - S-CSCF (Serving CSCF)
 - središnji upravljački čvor
 - obavlja funkcije za upravljanje sjednicom, osluškuje AS-ove koji sudjeluju u komunikaciji, usmjerava SIP poruke
 - I-CSCF (Interrogating CSCF) - upitni CSCF
 - prva točka u vlastitoj mreži, za kontakte iz gostujuće ili vanjske mreže
- Elementi sučelja s upravljačkom razinom
 - funkcija upravljanja medijskim pristupnikom MGCF (Media Gateway Control Function)
 - funkcija upravljanja pristupnikom za prebacivanje veze BGCF (Breakout Gateway Control Function)
 - signalizacijski pristupnik (SGW, Signaling Gateway)
 - IMS MGW

- Elementi resursa
 - Funkcija medijskih resursa MRF (Media Resources Function)
- Element sučelja na razini mreže - medijski pristupnik MGW (Media Gateway)

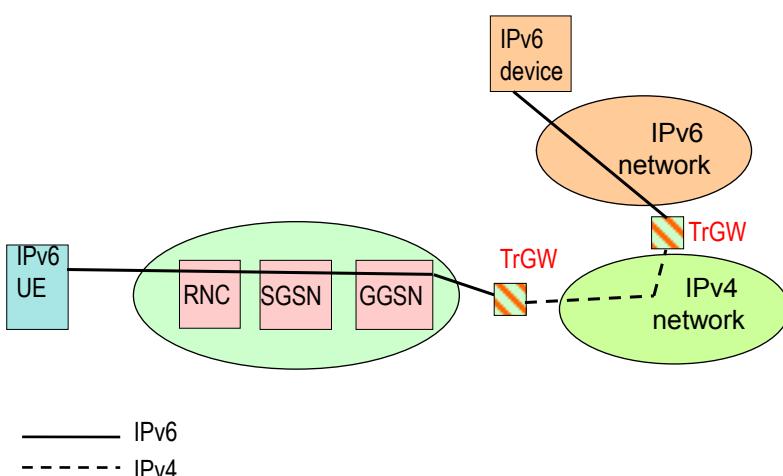
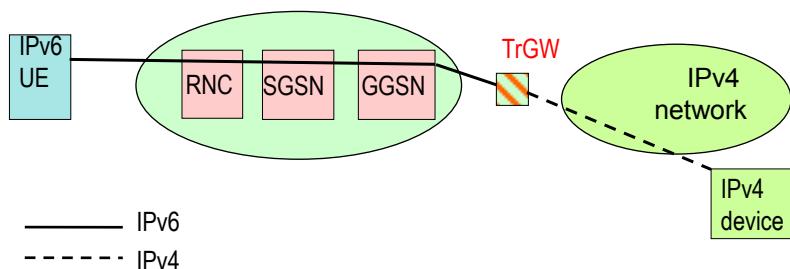
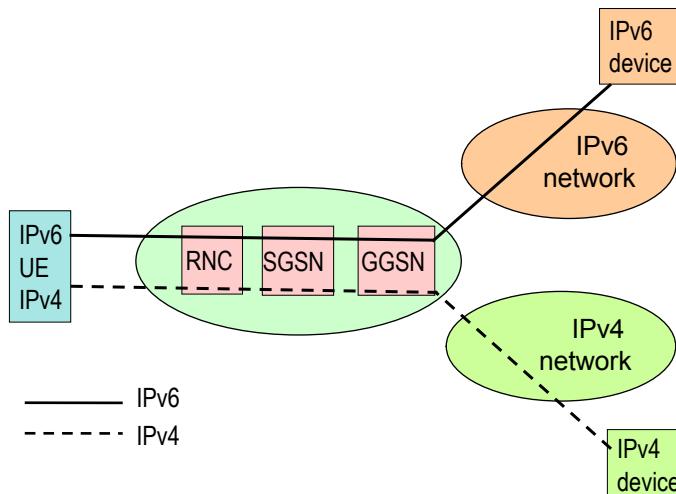
Sloj povezanosti

- UE se može povezati na IMS putem različitih pristupnih mreža temeljenih na IP protokolu

Prijelaz na IPv6 u pokretnoj mreži

- U početnoj fazi, uz IPv6 UE će podržavati i IPv4
- Transition Gateway (*TrGW*) - Vrši konverziju IPv6 paketa u IPv4 i obratno
 - Može biti implementiran u NAT-u

Međudjelovanje IPv4 i IPv6 mreža



Konvergencija mreža

All-IP koncept (R7)

- GERAN i UTRAN pristupne mreže u zajedništvu sa CS i PS domenama te IMS-om
- Veliki porast IP podatkovnog prometa
- Komutacija paketa u 3G mrežama zahtijeva daljnja proširenja

AIPN evolucija (R8)

- Uobičajena IP mreža koja osigurava upravljanje mrežom temeljeno na IP protokolu, te transport podataka temeljen na IP mreži putem različitih pristupnih mreža
 - proširenje upravljanja pokretljivosti
 - dodatne funkcionalnosti sigurnosti i privatnosti

FMC mreža

- Pristupni dio mreže
 - pokretni RAN, WiMAX/WiFi, Fixed-Line BAN
- Jezgreni dio mreže
 - različiti autentifikacijski mehanizmi
 - različiti zahtjevi QoS
 - nema definiranih standarda
 - cijena, složenost

13. predavanje - Pokretni virtualni mrežni operator, Tržišni aspekt pokretne mreže

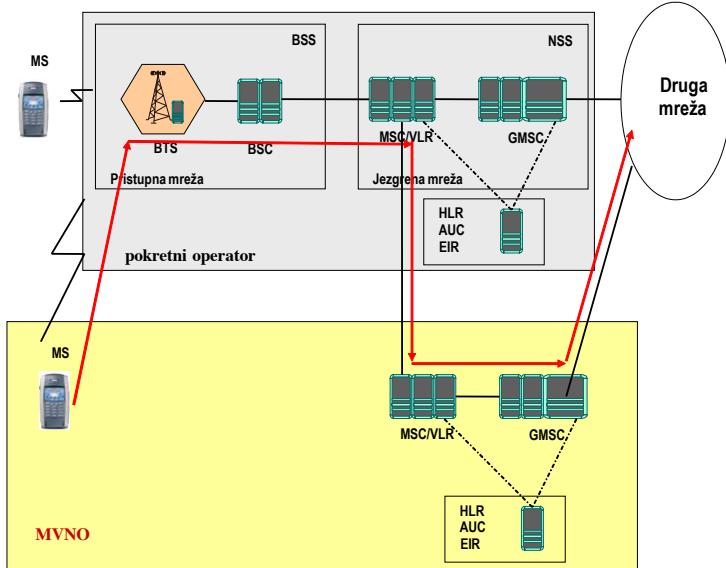
Pokretni virtualni mrežni operator - MVNO

- Nudi pokretne usluge korisnicima
 - ne posjeduje koncesiju frekvencijskog spektra
 - ne posjeduje vlastitu infrastrukturu
 - mrežnim operatorima plaća korištenje njihove pokretne mreže
- Prednosti:
 - minimalno ulaganje
 - konkurentnost
- Nedostaci:
 - nude osnovne usluge na teritorijalno ograničenom području
 - ne nude roaming i posebne ponude i pogodnosti

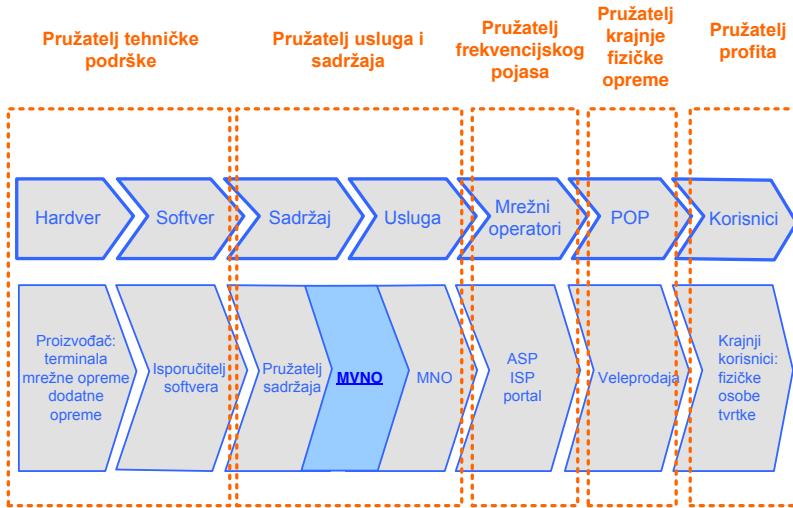
Četiri kategorije MVNO-a

- **MVNO tip 1**
 - u potpunosti preuzima mrežnu infrastrukturu od svog operadora
 - pruža osnovne usluge
 - nizak trošak ulaganja, mali rizik poslovanja
- **MVNO tip 2**
 - posjeduje određene čvorove pokretne mreže (HLR)
 - vlastite SIM kartice za korisnike
 - nudi neke dodatne usluge
- **MVNO tip 3**
 - posjeduje djelomično vlastitu infrastrukturu (HLR, MSC)
 - nudi niz dodatnih naprednih usluga
 - vlastita podrška za inteligentnu mrežu
 - vlastite usluge
- **MVNO tip 4**
 - posjeduje vlastitu infrastrukturu (HLR, MSC, GMSC)
 - podržava vlastito usmjeravanje prometa (vlastiti GMSC)

Prometni tokovi - pokretni operator i MVNO-a tip 4



Lanac vrijednosti u pokretnoj mreži



Pokretni virtualni mrežni omogućitelji - MVNE

- Nema izravan kontakt s korisnicima
- nudi tehničku infrastrukturu
- usluge naplate
- administracija
- podrška za bazne postaje
- niz pokretnih usluga

Primjeri MVNO-a

- Automobilska tvrtka
 - pokretni terminali u automobilima
 - nudi određene usluge zanimljive u automobilu tijekom vožnje
- Aviokompanija
 - u svojim prostorima povoljnije nudi svoje usluge

Tržišni aspekti pokretne mreže

Pokazatelji rasprostranjenosti mreža i usluga

- Telekomunikacijski pokazatelji (metodologija ITU-T)
 - broj preplatnika čelijske mreže
 - omjer na 100 stanovnika (gustoća)
 - postotak digitalnih korisnika
 - broj preplatnika s plaćanjem unaprijed (prepaid)
 - prekrivenost stanovništva signalom
 - postotak pokretnih u odnosu na ukupni broj telefonskih preplatnika
- Mreža 3G
 - najrasprostranjenija pokretna mreža
- Govorna usluga - dominantna
- Podatkovne usluge
 - SMS najveći udjel
- Postotak digitalnih korisnika - 100%
- Analiza preplatnika prema načinu plaćanja
 - prevladava pre-paid, ali opada
- Pokrivenost stanovništva signalom
 - razlikuje se za 2G, 3G i 4G mrežu

Broj preplatnika i penetracija

- Gustoća 124,2% (listopad 2010.)
- +2,3% u odnosu na prethodnu godinu
- Pokretne mreže pokrivaju 95% stanovništva u EU (2010.)

Broj preplatnika i penetracija (HR)

- Podaci za prosinac 2010.: 6362106 preplatnika pokretne mreže
- Gustoća korisnika: 143.45%

Broj operatora

- Operator pokretne mreže
 - ukupni broj 3G i 4G operatora veći od broja 2G operatora
- Davatelj pokretne usluge (mobile service provider)
 - tvrtke autorizirane za pružanje pokretnih usluga pod svojim vlastitim nazivom/brandom uz uporabu mreže nekog operatora pokretne mreže
 - stalni porast broja davalaca pokretnih usluga
- Većina koncesija za 2G i 3G
- Najčešće 2-4 operatora po državi

Pokazatelji prodornosti novih tehnologija

- 3G mreže i usluge
 - Svi 3G operatori podržavaju HSDPA tehnologiju
 - Uvođenje LTE

Košara pokretnih usluga - *Mobile Basket*

- Košara uključuje fiksne i varijabilne troškove po preplatniku u razdoblju od jedne godine, pri čemu se, na temelju prosječnih uzoraka uporabe, definiraju pojedini udjeli
- *OECD* (Organisation for Economic Co-operation and Development) propisuje tri košare:
 - 1) Košara malog korisnika (Low user basket)
 - 2) Košara srednjeg korisnika (Medium user basket)

3) Košara velikog korisnika (High user basket)

• Košare se razlikuju prema sljedećim parametrima:

- broj odlaznih poziva, SMS i MMS poruka (mjesečno)
- udio poziva prema vrsti odredišta
- postotku poziva prema tarifi vezanoj za vrijeme korištenja
- trajanje poziva u minutama