

Petrijeve mreže

- **Konačni automat** je osnovni model koji se primjenjuje u analizi i sintezi telekomunikacijskih procesa, i to za opis i istraživanje komunikacije i koordinacije procesa.
- Pojam **Petrijeve mreže** odnosi se na mrežu mesta i prijelaza u kojoj mesta imaju značenje uvjeta, a prijelazi događaja u smislu definicije sustava uvjeta i događaja. Za razliku od modela automata izravno se upotrebljava pojam uvjeta, a pojam stanja definira se kao skup istodobno ispunjenih uvjeta što omogućuje detaljniji opis pojedinog procesa i dopušta njihovo međusobno povezivanje.
- **Ograničenost** - Odnosi se na pojam maksimalnog broja oznaka u mjestu mreže.
- **Sigurnost** - Određuje da broj oznaka u svakome mjestu ne smije biti veći od jedan, odnosno da svaki uvjet može biti samo ispunjen ili neispunjen.
- **Aktivnost** - Odnosi se na mogućnost izvedbe prijelaza. Aktivna mreža isključuje mogućnost blokiranja ili potpunog zastoja u modeliranom sustavu koji se manifestira postojanjem prijelaza koji se nikad ne izvodi ili stanja u kojemu se ne može izvesti nijedan prijelaz.
- **Reverzibilnost** - Petrijeva mreža je reverzibilna ako se iz svakog stanja može vratiti u početno stanje μ , odnosno ako je početno stanje dostupno iz svakog stanja.
- **Konzervacija** oznaka - Odnosi se na zadržavanje jednakoga, početnog, broja oznaka u svim stanjima mreže.
- **Konfliktност i simultanost** prijelaza - Dva osnovna odnosa prijelaza u nekom stanju mreže opisana su konfliktnom i simultanom izvedbom. Prijelazi ti i tj su konfliktni ako i samo ako postoji stanje μ u kojemu se oba prijelaza mogu izvesti. Prijelazi ti i tj su simultani ako postoji stanje μ u kojemu se oni mogu izvesti, a izvedba jednoga ne utječe na izvedbu drugoga.
- **Perzistentnost** - Petrijeva mreža se naziva perzistentnom ako prijelaz koji se može izvesti gubi uvjete samo vlastitom izvedbom. Perzistentnost ima značenje odsutnosti konflikta u procesu izvedbe mreže.

5. predavanje - mrežni protokol IPv6

IPv4

- Glavne odlike:

- neovisan o nižim protokolima

- Mogući problemi:

- datagramski način rada
 - nespojna usluga bez potvrde
 - nema mehanizama kontrole toka
 - nema jamstva za očuvanje
- gubitak paketa zbog greške na poveznici ili zagušenja u čvoru
- poremećen redoslijed paketa
- veće kašnjenje u slučaju retransmisije s kraja na kraj
- pošiljatelj nema povratnu informaciju

- Uloge u protokolnom složaju TCP/IP:

- Omatanje - IP prihvata podatke od višeg sloja (transportni sloj), stavlja ih u podatkovno polje IP datagrama, te ih isporučuje protokolu nižeg sloja (sloj podatkovne poveznice).

- Funkcionalnost:

- 1) definira shemu adresiranja u internetu
- 2) definira provedbu fragmentacije

- IP-adresiranje:

- **IP adresa 32 bita (IPv4)** - identifikator koji globalno i jednoznačno određuje mrežno sučelje

- dva dijela:

- 1) identifikator mreže - NetID
- 2) identifikator krajnjeg računala - HostID

- Rezervirane i zauzete adrese:

- a) Povratna adresa (loopback)

- koristi se za testiranje izvedbe TCP/IP

- 127.0.0.0 do 127.255.255.255 (127.0.0.0/8), najčešće 127.0.0.1

- datagram se ne predaje dalje, sloju podatkovne poveznice, već se vraća unatrag u mrežnom sloju.

- b) Razašiljanje svima (broadcast)

- 255.255.255.255

- sva računala u lokalnoj mreži primaju

- c) Identifikacija vlastite mreže

- 0.0.0.0/8

- Prefiksni prikaz - besklasno adresiranje:

- ne uzima u obzir klase adresa, već putevi usmjeravanja idu prema mrežnom prefiksu iza adrese (označava koliko bitova zauzima mrežni dio adrese)

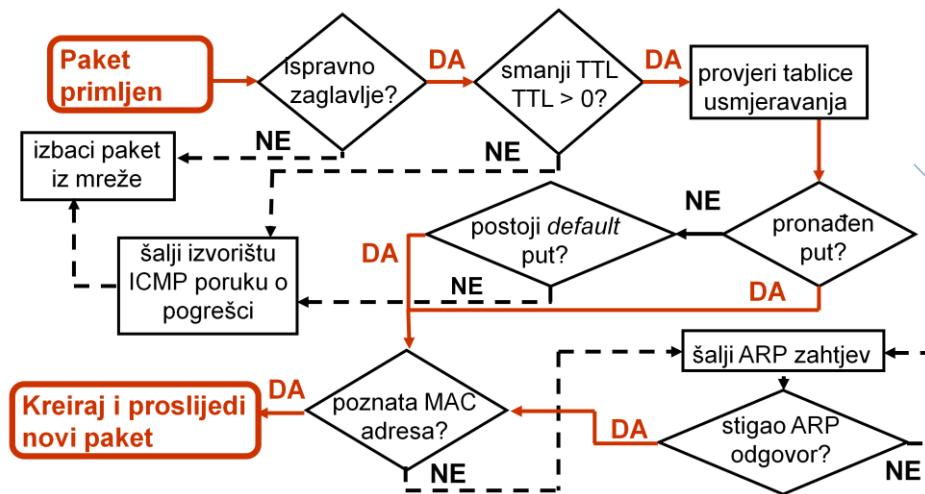
- granica mrežnog i računalnog dijela može biti na bilo kojem dijelu adrese (ne samo na granici okteta kao kod klasa)

- Fragmentacija:

- datagram mora stati u podatkovno polje okvira sloja podatkovne poveznice (MTU)
- ako ne stane, fragmentira se
- fragmentaciju provodi usmjeritelj na izvorištu, a datagram se sastavlja tek na odredištu
- mane fragmentacije:
 - ako se izgubi jedan fragment, propada cijeli datagram
 - više kontrolnih podataka za istu korisnu informaciju
- zastavice:
 - R - rezervirano
 - DF - don't fragment
 - MF - more fragments

- Usmjeravanje:

- ako su čvorovi u istoj (pod)mreži, onda komuniciraju direktno, a u suprotnom preko usmjeritelja



- ICMP protokol:

- služi za dijagnostiku za IP protokol
- definira mehanizam kojim se prenose dvije vrste kontrolnih poruka:
 - 1) dojave o grešci
 - 2) zahtjevi za informacijom

- Ograničenja IPv4:

- broj raspoloživih adresa je postao premalen (32-bitne adrese)
- prevelike tablice usmjeravanja
- problemi upravljanja mrežom
- nedovoljni sigurnosni mehanizmi na mrežnom sloju
- nedovoljni mehanizmi pokretljivosti na mrežnom sloju
- slaba potpora za prijenos podataka u stvarnom vremenu.

IPv6

- Novosti i poboljšanja:

- veći adresni prostor (128-bitne adrese)
- jednostavnije zaglavljve
- unaprijeđeno usmjeravanje
- označavanje tokova
- bolja podrška za prijenos podataka u stvarnom vremenu
- provjera autentičnosti, zaštita privatnosti, integritet podataka, povjerljivost
- bolja potpora za pokretljivost

- **Zaglavljva u IPv6:**

1. zaglavje IPv6 → obvezno!!!
 2. zaglavje skok po skok
 3. zaglavje namijenjeno odredištu (1)
 4. zaglavje usmjeravanja
 5. zaglavje fragmenta
 6. zaglavje za provjeru autentičnosti
 7. zaglavje za sigurnosno ovijanje podataka
 8. zaglavje namijenjeno odredištu (2)
- zaglavje transportnog sloja

- *2. zaglavje skok po skok:*

- zaglavje varijabilne duljine, koje sadrži informaciju namijenjenu svakom čvoru na putu dostave datagrama
- sadrži informacije o duljini zaglavja, koje je sljedeće zaglavje, te akciju koju treba poduzeti čvor

- *3. i 8. zaglavje namijenjeno odredištu:*

- (1) → za prvi sljedeći čvor i za sve ostale čvorove koje sadrži zaglavje usmjeravanja, a koji se smatraju odredištim
- (2) → samo za krajnje odredište
- definicija ista kao i za skok po skok

- *4. zaglavje usmjeravanja:*

- sadrži podatke o veličini zaglavja, sljedećem zaglavju, vrsti usmjeravanja, te popis čvorova koje datagram treba proći na putu do odredišta

- *5. zaglavje fragmenta:*

- fiksna duljina
- sadrži:
 - podatke o sljedećem zaglavju
 - polje koje pokazuje kojem dijelu originalnog paketa pripada taj fragment
 - bit MF koji prikazuje da li ima još fragmenata ili je to zadnji (0 - zadnji, 1 - ima ih još)
 - identifikacijski dio koji sadrži adrese izvorišta i odredišta

- *6. zaglavje za provjeru autentičnosti (AH):*

- jamči identitet pošiljatelja, te da poruka nije mijenjana u prijenosu

- *7. zaglavje za sigurnosno ovijanje podataka (ESP):*

- osigurava privatnost podataka i integritet datagrama

- mehanizmi zaštite (šifriranje i dešifriranje):
 - a) transport-mode - nad podacima transportnog sloja
 - b) tunel-mode - nad cijelim paketom
- privatnost osigurava: na odredištu se provodi dešifriranje na temelju ESP zaglavija, pa samo legitimni pošiljatelj može pročitati
- ako se radi tunel-mode, mora se dodati dodatno IP zaglavje, kako bi usmjeritelj mogao procesirati paket

- Zapis adresa IPv4 - IPv6

- IPv4 - 4 grupe po 8 binarnih znamenaka zapisanih dekadski (161.53.19.201)
- IPv6 - 8 grupa po 4 hex znamenke, odvojeno dvotočkama
- IPv4 → IPv6 - **samo 1 niz nula** zamijenimo s dvije dvotočke (::), eventualno dekadski promijenimo u hex.
(::A135:13C9 ili ::161.53.19.201)

- Vrste adresa - IPv6:

- 1) Unicast - jednoodredišna
 - adresira jedno sučelje računala / čvora
 - a) globalne → u javnom internetu
 - b) lokalne → na razini organizacije → za organizacije koje nisu fizički spojene na internet, a koriste TCP/IP
 - c) lokalne na razini podatkovne poveznice → izvode se iz MAC adrese, dodavanjem prefiksa FE80::
 - d) posebne (nespecificirane, loopback, kompatibilne)
- 2) Multicast - višeodredišna adresa (slanje na više odredišta, ne na sva)
- 3) Anycast - adresa više sučelja, dostava jednom sučelju

- Dodjela IPv6 adrese:

- autokonfiguracija - stvaranje lokalne adrese na razini poveznice i provjera njene jedinstvenosti
- utvrđivanje informacija treba samostalno konfigurirati
- ako se konfiguriraju adrese:
 - a) autokonfiguracija bez poslužitelja:
 - na temelju MAC adrese
 - b) autokonfiguracija sa poslužiteljem:
 - DHCPv6 poslužitelj

- Kontrolni protokoli za IPv6:

- ICMPv6 (NDP, MLD), DHCPv6

- ICMPv6:

- proširuje funkcionalnost ICMPv4 (pogreške i dijagnostika), sa kontrolnim funkcijama za višeodredišno slanje (sad su u MLD)
- vrste poruka:
 - o pogrešci
 - IPv6 ping
 - pripadnost grupi
 - za samokonfiguraciju i otkrivanje susjeda (NDP)

- NDP:

- a) otkrivanje između računala i usmjeritelja:

- otkrivanje usmjeritelja

- otkrivanje prefiksa

- otkrivanje parametara

- autokonfiguracija adrese

- b) komunikacija između računala

- razlučivanje adrese (MAC)

- određivanje sljedećeg skoka

- provjera dostupnosti susjednog uređaja

- provjera dvostrukе adrese

- c) funkcija redirect → usmjeritelj informira računalo o boljem putu do nekog odredišta

- DHCPv6:

- omogućuje klijentu dobivanje parametara od poslužitelja

- transport poruka se vrši preko UDP protokola

- zasniva se na dvije mogućnosti IPv6:

- lokalna adresa na razini poveznice, koju formira samo računalo

- višeodredišno adresiranje DHCPv6 poslužitelja i njihovih posrednika

6. predavanje - Pokretljivost u IP mreži, Uvođenje IPv6 u mrežu

Pokretni IPv4 (Mobile IPv4)

- u klasičnom internetu je promjena priključne točke moguća samo ako računalo promijeni i IP adresu.

• Adrese:

a) domaća adresa

- ne mijenja se za čvor, vrijedi i u domaćoj i u posjećenoj točki priključka
- izvorišna adresa datagrama koje šalje pokretni čvor

b) trenutna adresa (care-of)

- ne mijenja se za priključnicu
- odredišna adresa za datagrame koje prima pokretni čvor
- trenutna adresa posredstvom stranog agenta
 - IP adresa stranog agenta
 - njen mrežni prefiks mora odgovarati mrežnom prefiksu stranog linka
 - nju može koristiti više pokretnih čvorova istovremeno
- mjesna trenutna adresa
 - IP adresa privremeno pridružena sučelju pokretnog čvora na stranom linku
 - mrežni prefiks mora odgovarati mrežnom prefiksu stranog linka
 - samo jedan MN istovremeno

• Funkcijski entiteti:

1) MN - pokretni čvor

- čvor koji mijenja točku priključka s jednog linka na drugi i pritom koristi svoju domaću adresu

2) HA - domaći agent

- usmjeritelj sa sučeljem na domaćem linku MN-a
- MN ga obavještava o svojoj trenutnoj točki priključka / IP adresi
- omogućuje usmjeravanje prema domaćoj adresi MN-a
- preusmjerava datagrame poslane na domaću adresu MN-a prema njegovoj trenutnoj adresi

3) FA - strani agent

- usmjeritelj na linku gdje je MN povezan na trenutnu točku priključka
- javlja HA-u trenutnu adresu MN-a
- usmjerava datagrame ka/od MN-a

4) CN - čvor sugovornik (Corresponding Node)

• Procedure MN-a:

1) otkrivanje agenta

- utvrđuje je li spojen na domaći ili strani link
- je li promijenio link
- dobiva trenutnu adresu
- poruke (ICMP):

→ AA (Agent Advertisement) - usmjeritelj redovito šalje na linkove gdje može služiti kao HA ili FA

→ AS (Agent Solicitation) - čvor želi potaknuti usmjeritelja na AA

- Utvrđivanje promjene poveznice:
- MN može prepostaviti da je promijenio poveznicu (link) ako:
 - u vremenu određenom lifetime poljem ne dobije AA od agenta koji ga je dotad posluživao
 - usporedbom mrežnog prefiksa (iz Router Address i Prefix) drugog AA sa svojim, shvati da je promijenio link
- dva slučaja pri promjeni agenta:
 - 1) novi agent ima isti mrežni prefiks / na istom je linku kao i stari → ne treba ponovna registracija
 - 2) novi agent ima drugi mrežni prefiks → drugi link → ponovna registracija

2) registracija - UDP

- REQ - MN šalje registracijski zahtjev s trenutnom adresom preko FA do HA
- REP - HA prima/odbija registraciju i šalje registracijski odgovor MN-u preko FA
 - registracija moguća i bez FA, pomoću DHCP-a
 - deregistracija:
 - REQ - MN se prijavljuje HA pri povratku u domaću mrežu i time odregistriira trenutnu adresu
 - REP - HA potvrđuje deregistraciju
 - registracijske poruke se štite sa postupkom mobile-home authentication (jamči se autentičnost i integritet)

• Slanje datagrama s/na MN

a) slanje na MN:

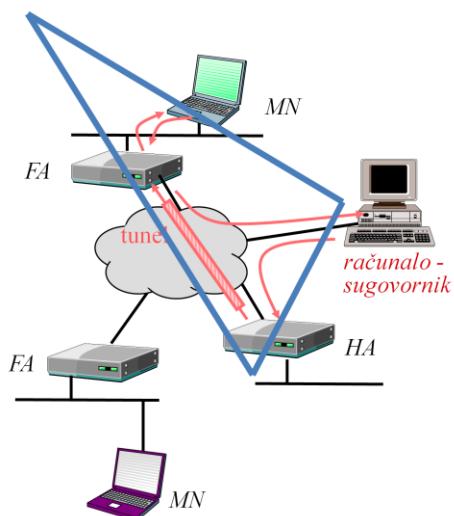
- HA presreće datagrame upućene na domaću adresu MN-a i tunelira ih do FA
- FA zatim vadi izvorne datagrame iz tuneliranih i daje ih MN-u

b) slanje s MN:

- preko FA direktno na CN

→ problem trokutastog usmjeravanja:

- najviše dolazi do izražaja kada su MN i CN blizu, a daleko od HA
- bolje rješenje bi bilo direktno tuneliranje MN-CN, ali bi to jako povećalo složenost, pa se ne primjenjuje u IPv4
- u IPv6 je riješeno.



Pokretni IPv6 (Mobile IPv6)

- Razlike u odnosu na Mobile IPv4:

- adresiranje
- nema FA → umjesto njega je IPv6 usmjeritelj
- anycast adresiranje olakšano je komunikacijom s točno jednim HA
- optimizacija puta (rješenje za trokutasto usmjeravanje)
- zaštita podataka u IPv6 (IPsec)

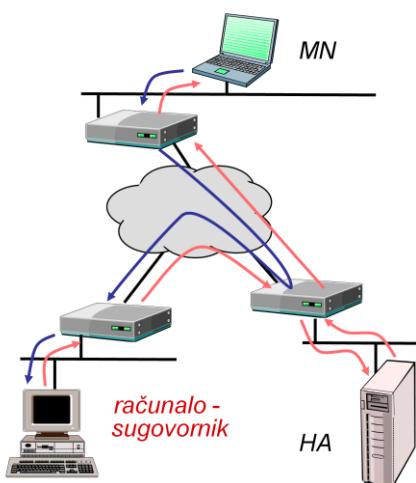
- Način rada:

- 1) MN registrira promjenu priključka
- 2) MN autokonfigurira trenutnu adresu i registrira je kod HA
- 3) HA preusmjerava pakete adresirane na domaću adresu MN-a na njegovu trenutnu adresu (od MN-a)
- 4) ako CN nema podršku za mobilni IPv6, onda se uspostavlja dvosmjerni tunel između MN i CN; u suprotnom se pokreće optimizacija usmjeravanja
- 5) paketi između HA i MN su zaštićeni sa IPsec

→ usmjeritelj se otkriva pomoću NDP

*2) nakon što utvrdi promjenu poveznice, prelazi na autokonfiguraciju i registraciju

- Autokonfiguracija - rješava se dobivanje trenutne adrese
- Registracija - kao kod MIPv4, samo se preko zaglavljiva pokretljivosti prenose Binding poruke (Binding Update, Binding Acknowledgement, Binding Refresh Request - CN zahtijeva Binding Update od MN-a, Home Address - MN šalje poruku o domaćoj adresi)



- *4) Optimizacija usmjeravanja:

- MN šalje CN-u Binding Update sa trenutnom adresom
- paketi se prema MN sad mogu usmjeravati izravno, koristeći zaglavljiva pokretljivosti (novo u IPv6)

- *5) Zaštita

- IPsec: AH i ESP zaglavlja: autentičnost, integritet i tajnost

Uvođenje IPv6

- Postizanje kompatibilnosti sa IPv4:

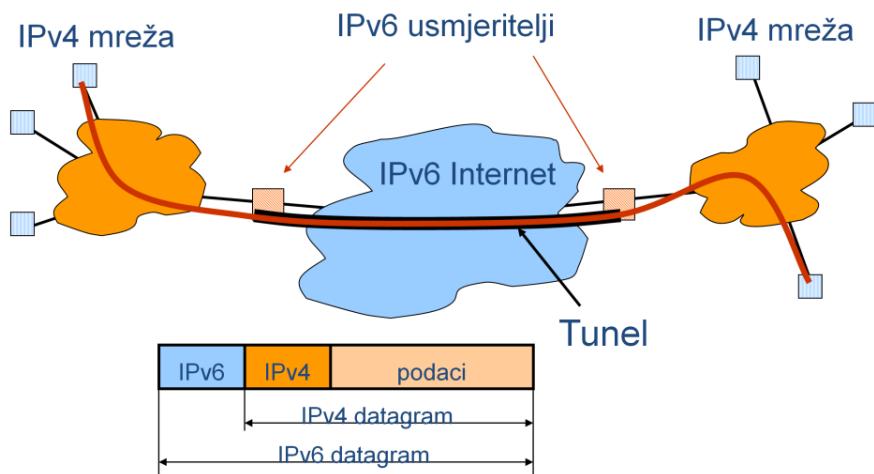
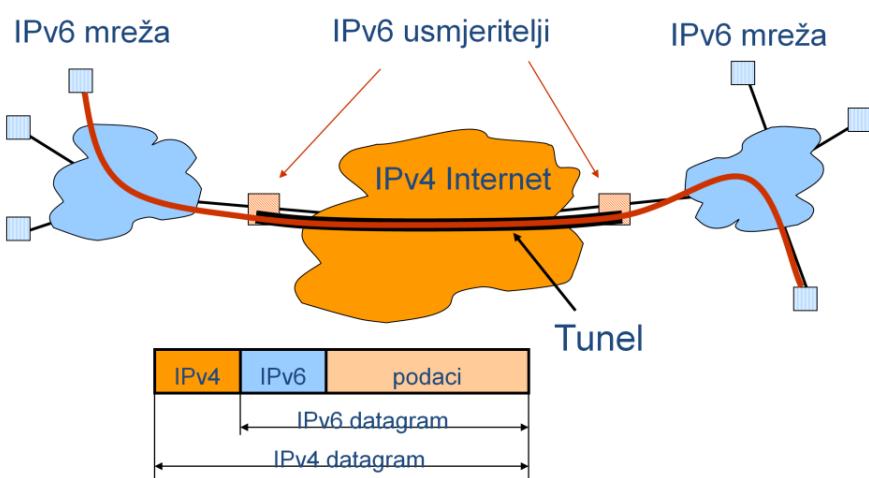
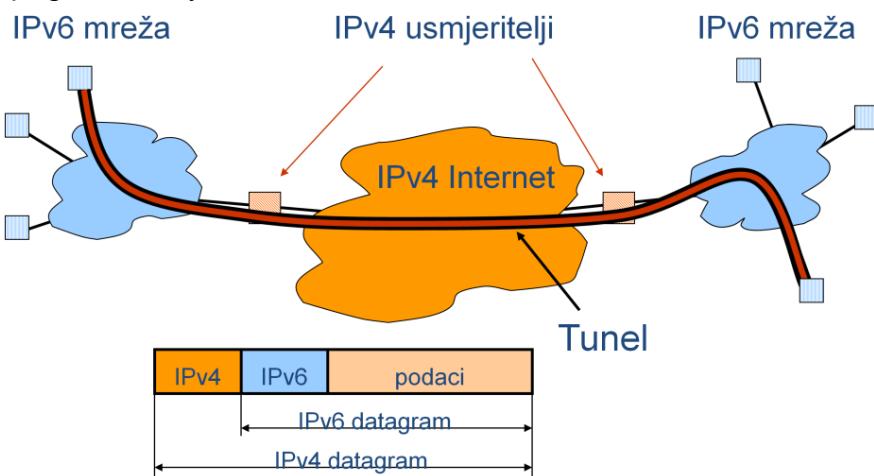
- a) dvostruki IP sloj (IPv6/IPv4 čvor = IPv6 čvor koji sadrži i izvedbu IPv4 protokola za kompatibilnost unatrag)

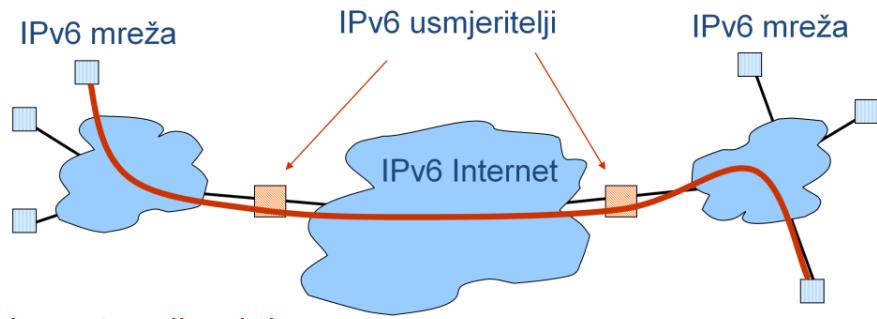
b) tuneliranje

- router to router
- host to router
- router to host
- host to host

c) prevođenje protokola

- pogledati slajdove 49-54





Nema tuneliranja!



7. predavanje - Protokoli usmjeravanja u Internetu

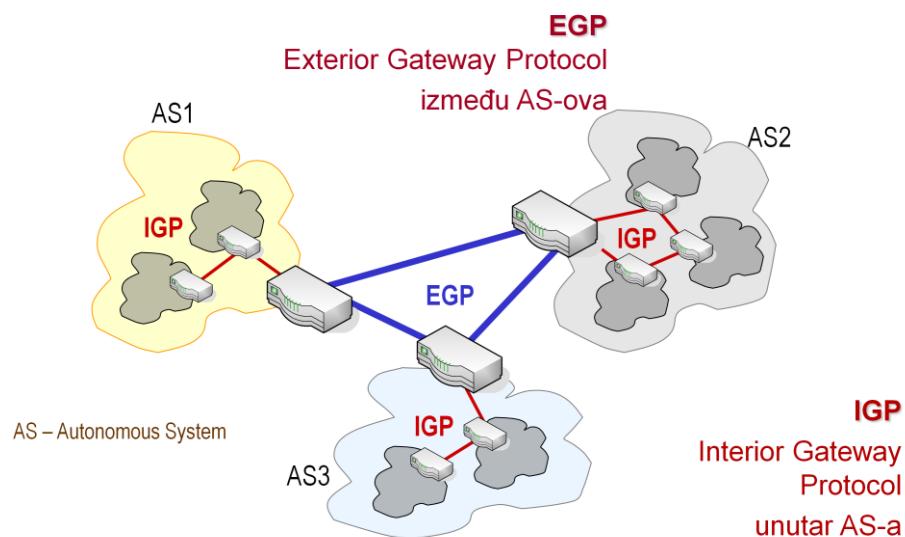
Protokoli usmjeravanja

• Usmjeravanje:

- postupak pronalaženja puta i prosljeđivanja paketa od izvorišta do odredišta
- datagrami mogu putovati različitim putevima
- usmjeritelj = sustav s minimalno dva različita sučelja u dvije različite mreže, sadrži tablicu usmjeravanja

• Podjela protokola usmjeravanja:

- s obzirom na područje djelovanja:
 - a) unutar autonomnog sustava - IGP → RIP, OSPF
 - b) između autonomnih sustava - EGP → BGP
- autonomni sustav - skup usmjeravajućih entiteta koji pripadaju npr. jednom mrežnom operatoru



• Osnovne upravljačke informacije:

- izvorišna adresa
- odredišna adresa
- TTL

• CIDR - routing bez klasa

- + efikasnije iskorištavanje IP prostora
- + manje routing tablice
- veća složenost

• Podjela algoritama usmjeravanja:

- 1) statički (neadaptivan)
- 2) dinamički (adaptivan) - RIP, OSPF

RIP

- Glavne odlike:

- besklasno usmjeravanje
- ruta sljedećeg skoka
- autentifikacija
- multicast usmjeravanje
- koristi UDP
- distance-vektor

- Timing:

- prilikom pokretanja šalje poruku svim susjedima tražeći njihove tablice
- svoju tabicu šalje svakih 30s
- svaku promjenu broadcasta
- ako u 6x30s ne dobije tablicu, postavlja metriku na 16, a nakon još 2x 30s briše rutu

- Ograničenja:

- ne uzima u obzir stanje linka, samo broj hopova
- metrika je ograničena na 16 → neprikladno za veće mreže
- spora konvergencija protokola
- brojanje u beskonačnost

- Rješenja za brojanje u beskonačnost:

- split horizon - nikad ne oglašavati rutu na interface s kojeg je dobivena
- split horizon with poisoned reverse - javiti da je zanemario tu rutu (metrika 16)
- postaviti hold-down timer 60-12s - u tom vremenu zanemariti bilo kakve nove informacije o ruti

- Rješenje za sporu konvergenciju:

- triggered update - slati update čim se detektira promjena

OSPF

- Glavne odlike:

- brza konvergencija
- CIDR
- manji promet između routera
- složeniji od RIPv2

- Osnovne operacije:

- otkrivanje susjeda
- izbor nadležnog usmjeritelja (DR) i pomoćnog nadležnog (backup)
- sinkronizacija tablice usmjeravanja
- kreiranje/održavanje tablica
- oglašavanje stanja poveznica (LSA - link state advertisement)

- Hjernarhijsko usmjeravanje - grupiranje u područja (areas), gdje svako područje ima svoj DR i backup DR. Kategorizira se: internal, border, backbone
- Multipath routing - više linkova s istim cost-load balancing
- Identične informacije u svim routerima:

- router posjeduje potpunu sliku mreže - svaki router šalje informacije o stanju poveznica DR-u i backup DR-u
- DR i backup DR primljene informacije šalju svim ostalim routerima s kojima nisu direktno vezani
 - Uzima u obzir stanje linka pri računanju costa
 - Šalju se samo promjene u tablici, ne cijele tablice
 - Podržava autentifikaciju
 - Svaki usmjeritelj održava LSDB (link-state database) - informacije o svim routerima s kojima nisu direktno vezani

- Tipovi poruka:

- Hello - otkrivanje i održavanje susjednih odnosa kod usmjeritelja - šalje se svakih 10s, nakon 40s bez Hello paketa zaključuje prekid veze
- Database Description - opisuje bazu podataka, poruke se razmjenjuju tijekom inicijalne sinkronizacije
- Link State Request - poruka kojom se zahtjeva stanje linka
- Link State Update - poruke kojima se opisuju ili osvježavaju stanja linkova
- Link State Acknowledgement - poruke kojima se potvrđuje osvježeno stanje linka

- Inicijalna sinkronizacija → razmjena baza podataka:

- šalju se zaglavlja svih LSA-ova (serijom paketa database description)
- šalju se zahtjevi svih LSA-ova kojih nema (Link State Request) i odgovori (Link State Update)

- Kontinuirana sinkronizacija:

- pojavom novih LSA-ova
- preplavljanjem
- počinje kada usmjeritelj želi osvježiti neki od svojih LSA-ova

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

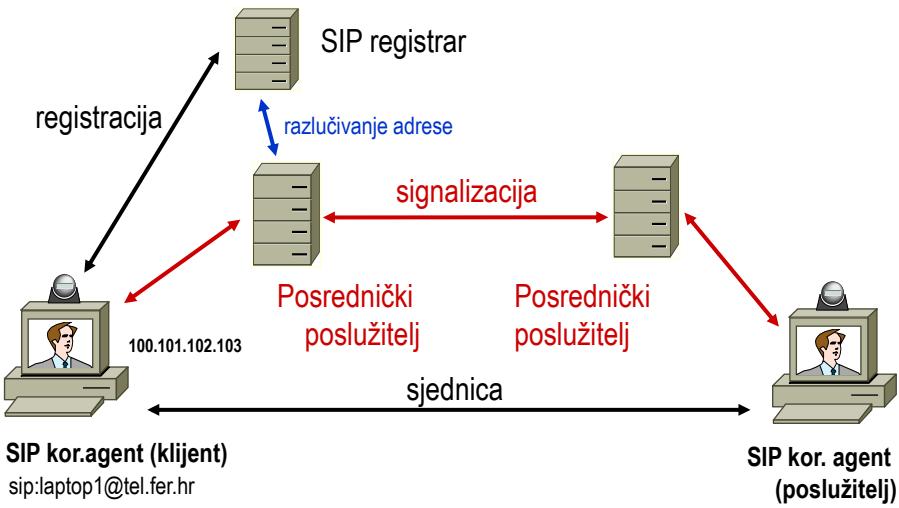
- Ideja: pozvati korisnika u sjednicu putem jedinstvene adrese (neovisno o trenutnom položaju)
- Primjeri sjednica:
 - pozivi u internetskoj telefoniji
 - distribucija višemedijskog sadržaja
 - višemedijska konferencija

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

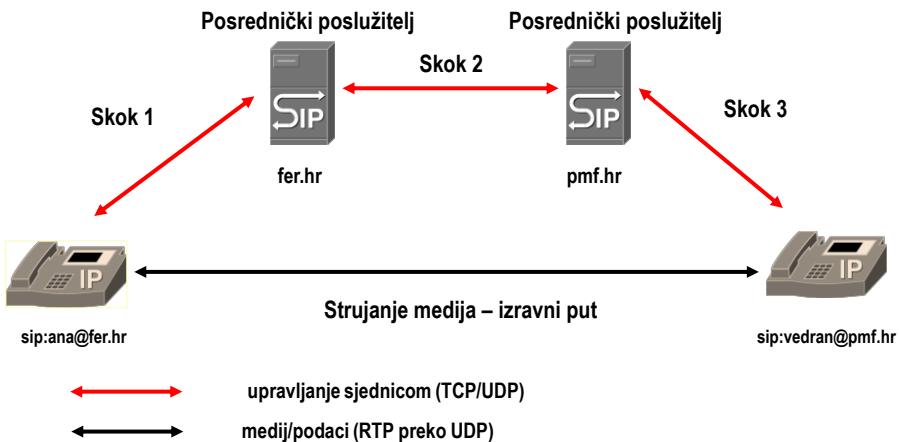
3. Slanje zahtjeva

- 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

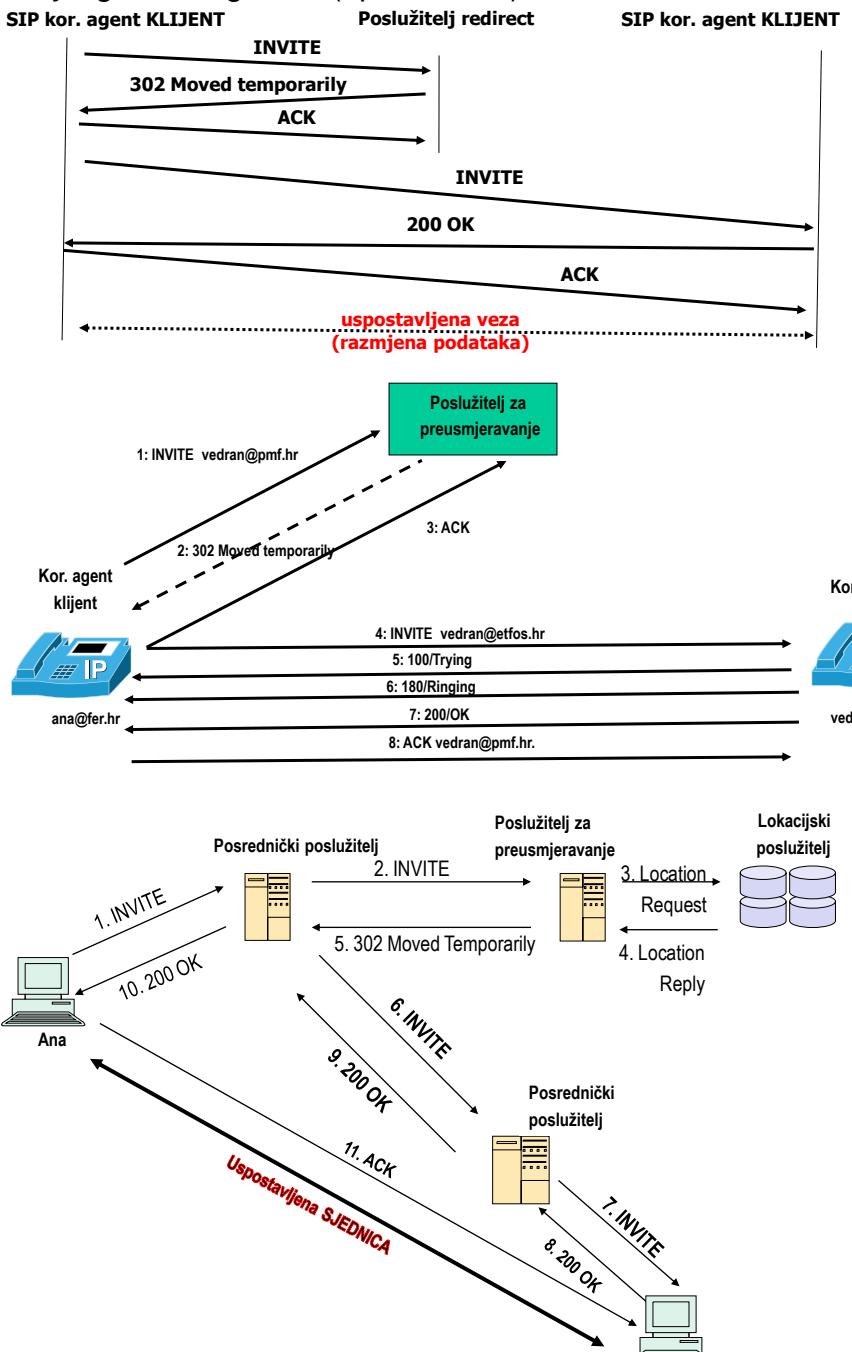
Polja u zaglavljima SIP:

- 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 kraju

- 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

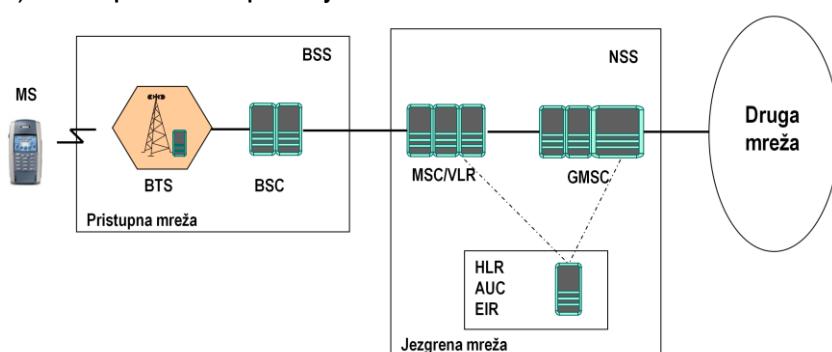
1) *NSS* jezgrena - sastoji se od:

- *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 pokretnivošću, služi za vezu između MS i MSC
 - *CM* - podsloj za upravljanje vezom, služi za SMS i dodatne usluge između MS i MSC

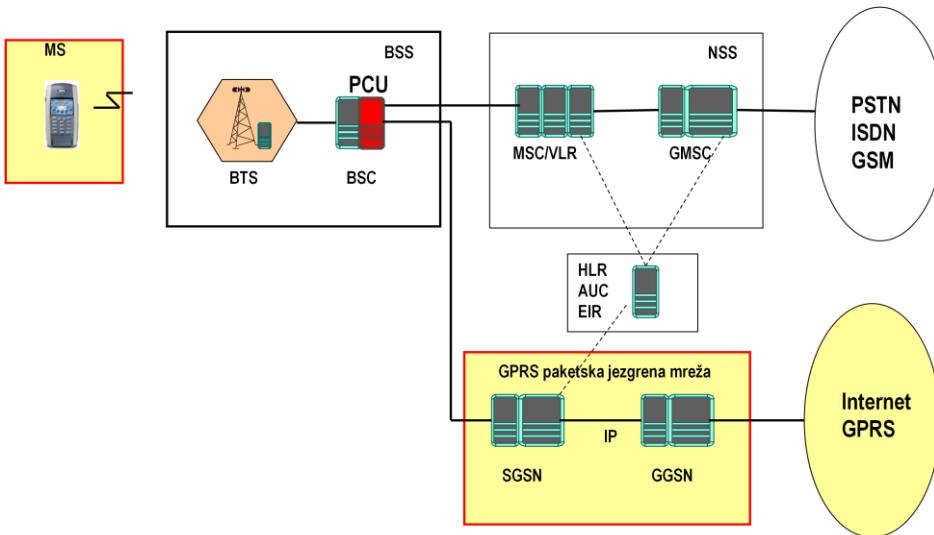
- Dijelovi:
 - *BSS AP* - aplikacijski dio u SS7 za GSM
 - *SCCP* - kontrolni dio za signalizaciju
 - *MTP* - dio za prijenos poruka
 - BSS procesi:
 - *BSS MAP* - procedure između BSS i MSC, koje zahtijevaju obradu informacija vezanih uz poziv i upravljanje radijskim resursima
 - *DTAP* - transparentan 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

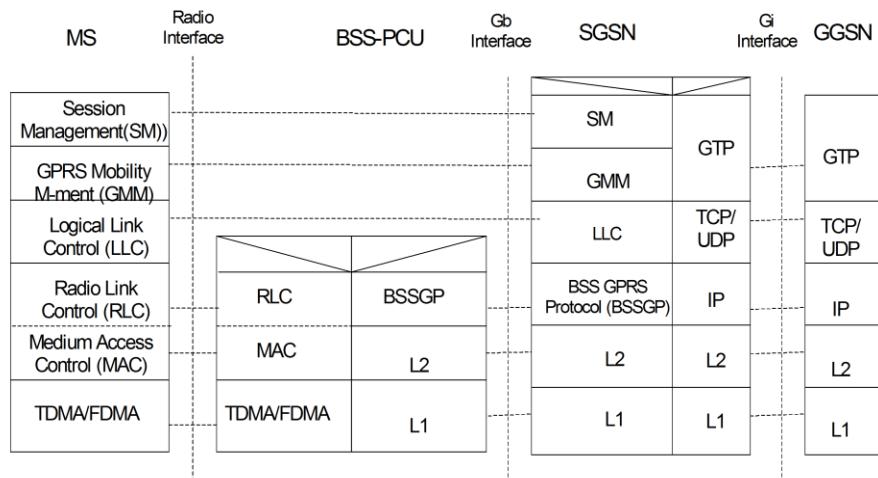
- Funkcije:
 - pridruživanje korisnika pravom SGSN-u
 - uspostavljanje komunikacije prema vanjskim mrežama

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

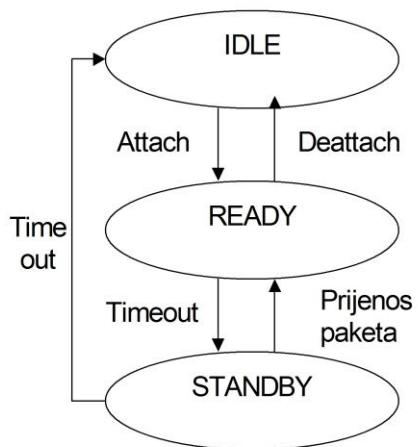


- MAC - kontrola pristupa korisnika
- LLC - teku paketi
- BSSGP - razmjenjuju se informacije o usmjerenju i kvaliteti usluge (QoS)

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

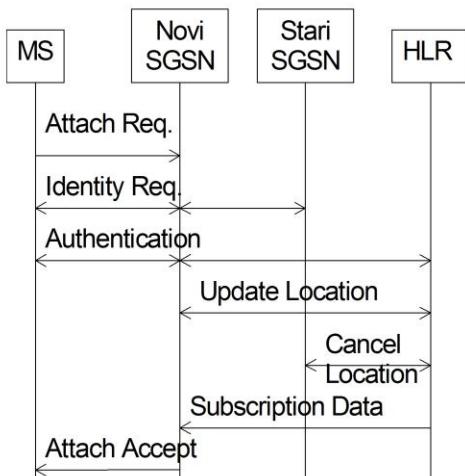
- Postupak uključivanja MS-a:

- 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

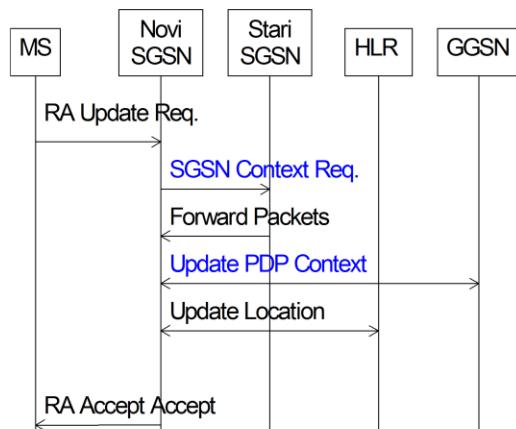
1) a) Uključivanje MS-a u području novog SGSN-a:

- 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)

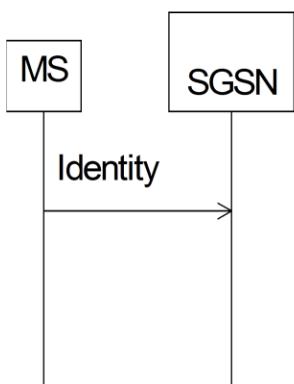
- MS šalje zahtjev novom SGSN-u za ažuriranje lokacije
- novi SGSN zahtijeva od starog SGSN context
- stari SGSN mora proslijediti novom neisporučene podatke
- podaci o pretplatniku se prebacuju u novi SGSN, GGSN se obavještava
- ažurira se lokacija u HLR-u
- MS dobiva potvrdu o prihvaćanju nove lokacije



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

→ Ako se mijenja samo ćelije:

Slika



Komunikacija u GPSRS-u (MS ↔ SGSN)

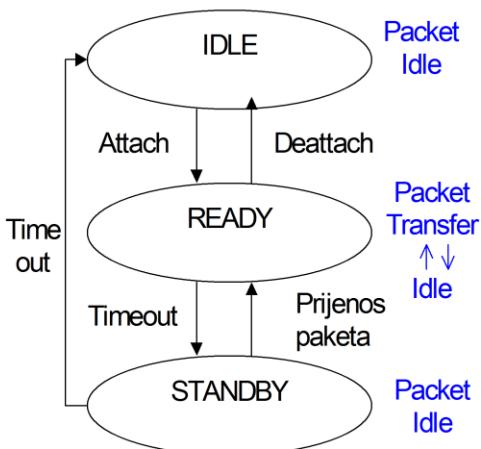
- MS mora biti u READY stanju (ako je u STANDBY, SGSN mu može slati *paging* signal kako bi prešao u READY)
 - a) MS šalje pakete u mrežu:
 - MS zahtijeva kanal BTS-BSC
 - MS dobiva kanal
 - MS šalje pakete prema SGSN
 - b) MS prima pakete iz mreže:
 - SGSN šalje zahtjev do BSC
 - MS dobiva kanal
 -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

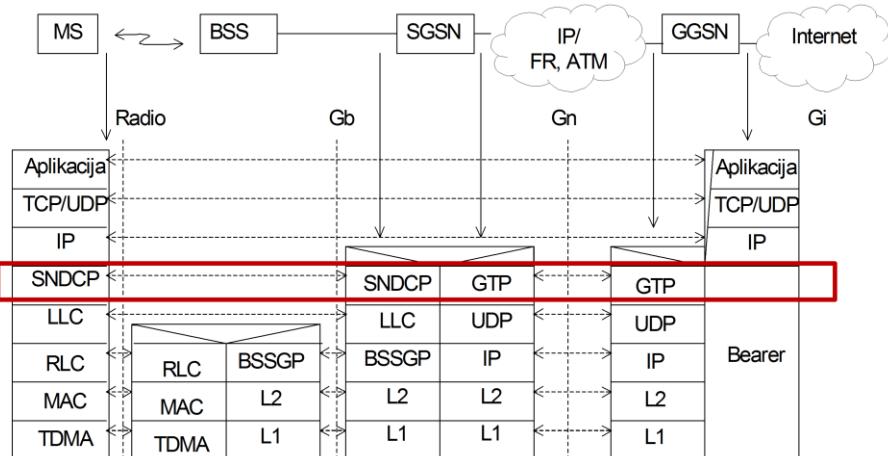
b) BSS PCU → MS

- 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)

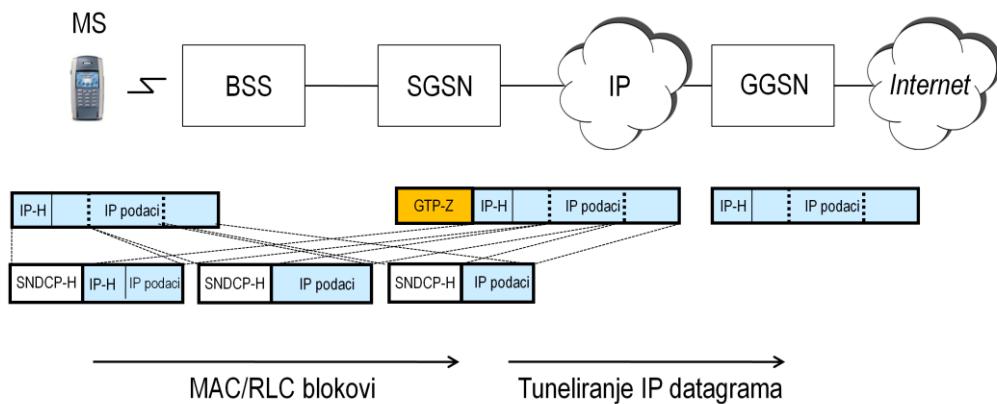
- Prilagođava protokol IP radu u GPRS-u
- Prenosi podatke MS ↔ SGSN
- Multipleksira više konekcija mrežnog sloja u jednu logičku vezu LLC-a
- Komprimira i dekomprimira podatke i zaglavlja višeg sloja
- Fragmentira IP pakete koji se prenose LLC okvirima, sastavlja ih opet u IP pakete na drugoj strani

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

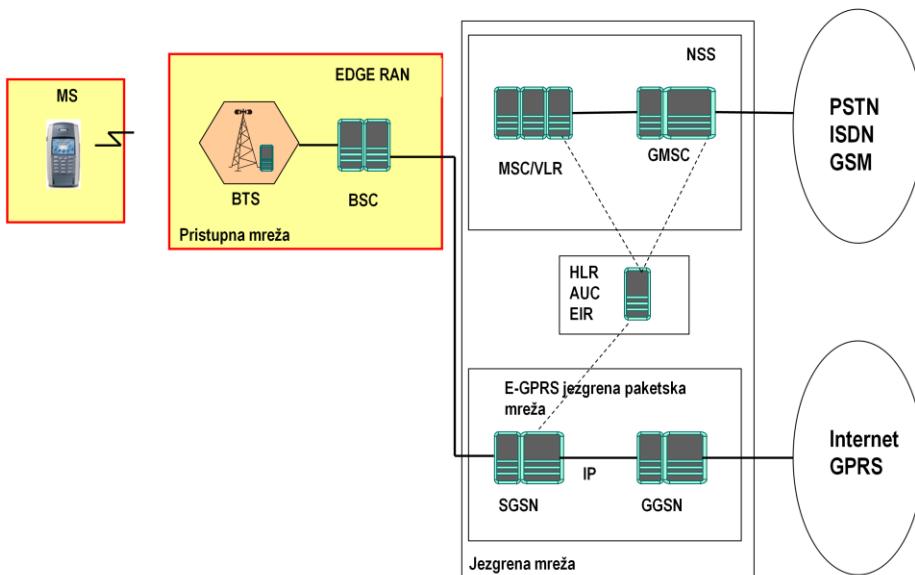
- Kreira, modificira i briše tunel za korisničke podatke i signalizacijske informacije između SGSN i GGSN
- IP paketima dodaje GTP zaglavlje
- Rabi UDP



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

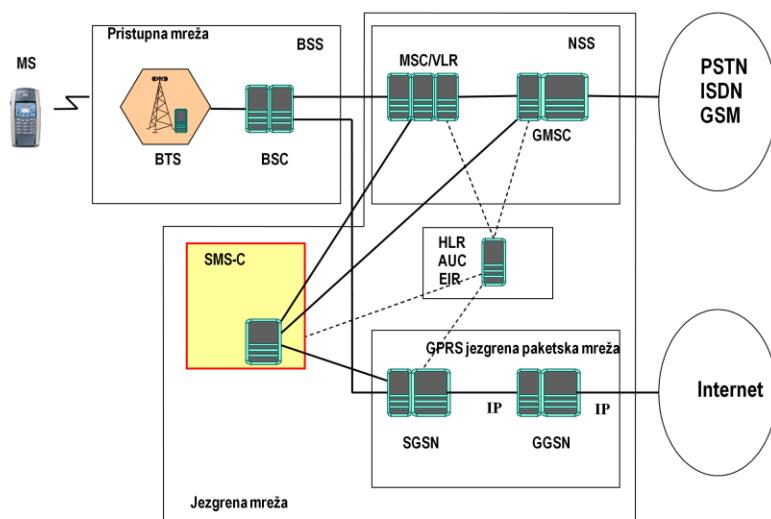
EDGE mreža



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

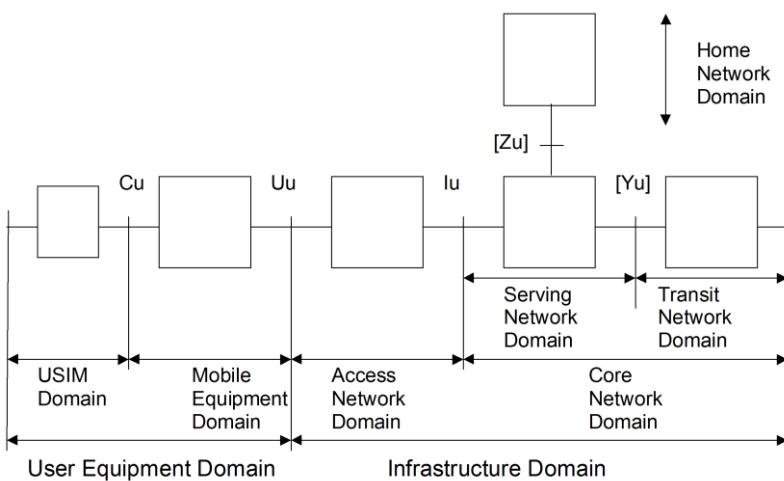
UMTS usluge - zahtjevi

- 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

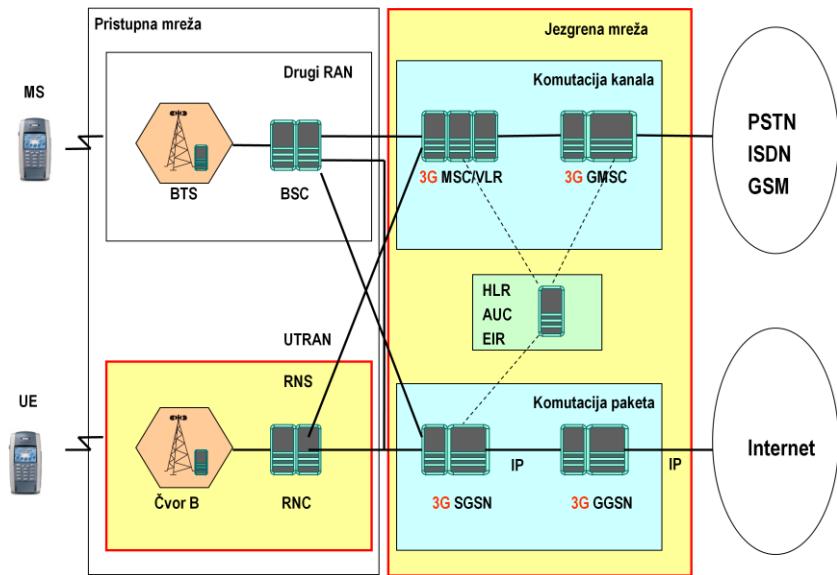
- 1) Domena - skup funkcija, međusobno odvojene referentnim točkama
- 2) Stratum - funkcionalna komunikacija između domena

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
- Hiperarhijska struktura ćelija
- Uvođenje IP u radijsku pristupnu mrežu

UTRAN - zemaljska radijska pristupna mreža

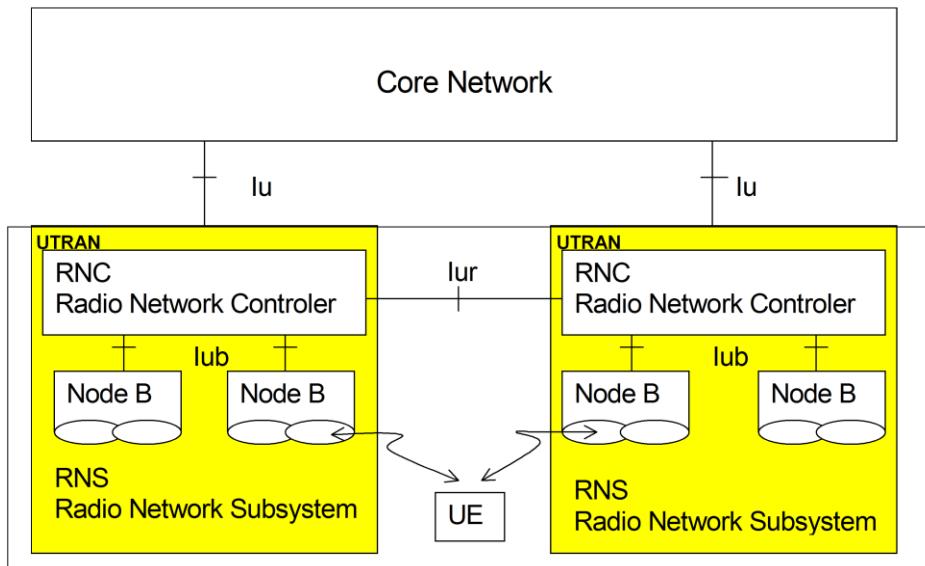
- Funkcije:
 - sustavna kontrola pristupa
 - sigurnost i privatnost
 - upravljanje i kontrola radijskih resursa
 - kontrola radijskog prijenosa i veze između korisničke opreme i mreže (protokoli kontrolne ravnine)
 - prijenos korisničkih podataka između korisničke opreme i mreže (protokoli korisničke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

Radijski mrežni podsustav - *RNS*

- Osnovni dio UTRAN-a
- Dijelovi:
 - 1) Upravljač radijske mreže RNC
 - uslužni, kontrolni i prihvativi
 - preuzima dio funkcija upravljanja pokretljivošću od jezgrene mreže
 - 2) Ćvor 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

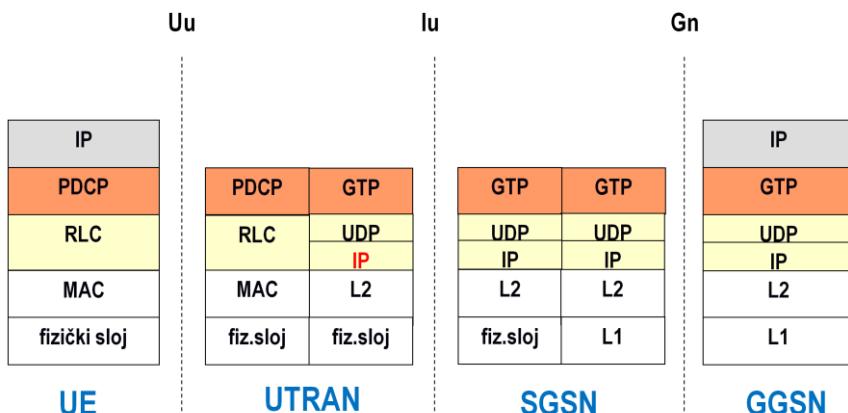


Razlozi za W-CDMA

- 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

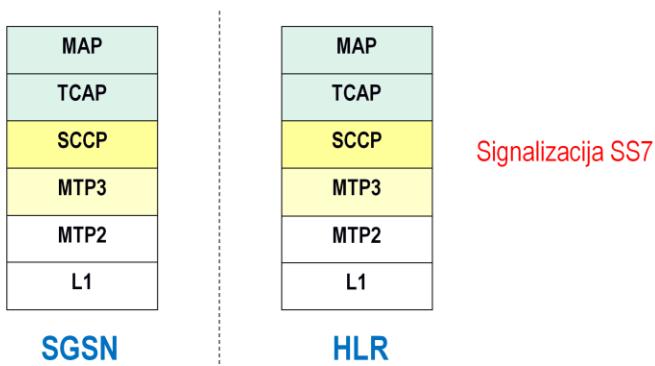
- *Gn* - između SGSN-a i GGSN-a, te SGSN-ova iste zemaljske javne pokretne mreže (PLMN)
- *Gp* - između SGSN-ova različitih PLMN-ova

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

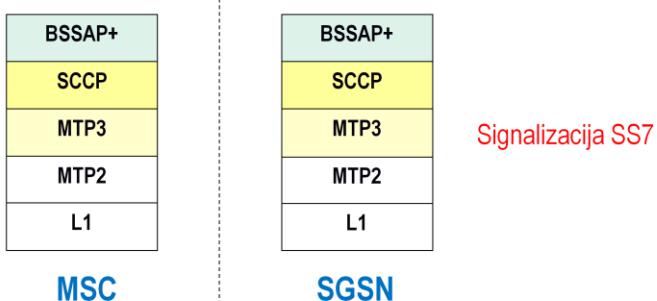
Gc, Gr, Gd, Gf



- 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)

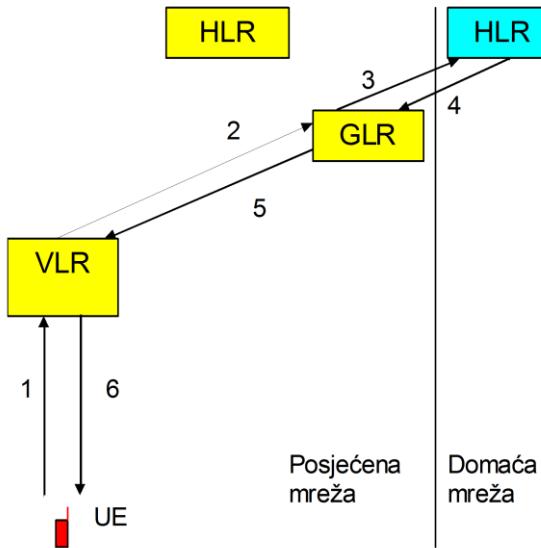
- SGSN iz jedne mreže se povezuje sa GGSN iz druge preko *inter-PLMN mrežne okosnice*
- Aktivnosti prilikom odlaska korisnika u posjećenu mrežu:
 - 1) Uključivanje MS/UE
 - 2) Aktiviranje PDP zapisa
 - 3) razmjena DNS podataka
 - 4) uključivanje graničnog prilaza (BG) radi sigurnosti
- GPRS operateri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

Sporazum o prelaženju:

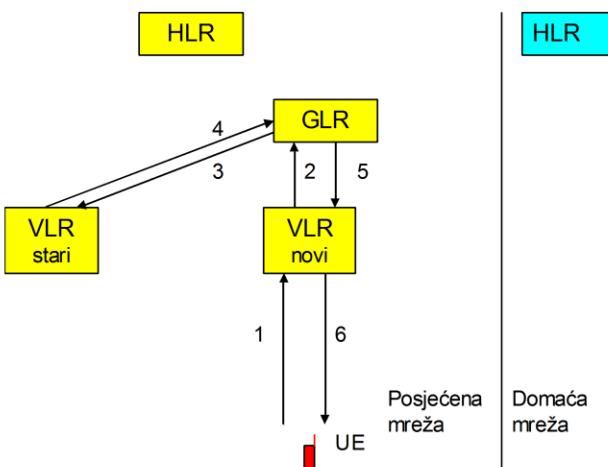
- Svrha:
 - da preplatnicima nekog operatora omogući korištenje usluga u svojoj i u drugim mrežama
 - naplata usluga domaćim i stranim korisnicima
- Ako je zadovoljen sporazum, strani korisnik može koristiti:
 - 1) Radio resurse u VPLMN (Visitor PLMN)
 - 2) GGSN u HPLMN (Home PLMN)

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 pružanje usluge

12. predavanje - Razvoj pristupne mreže UMTS

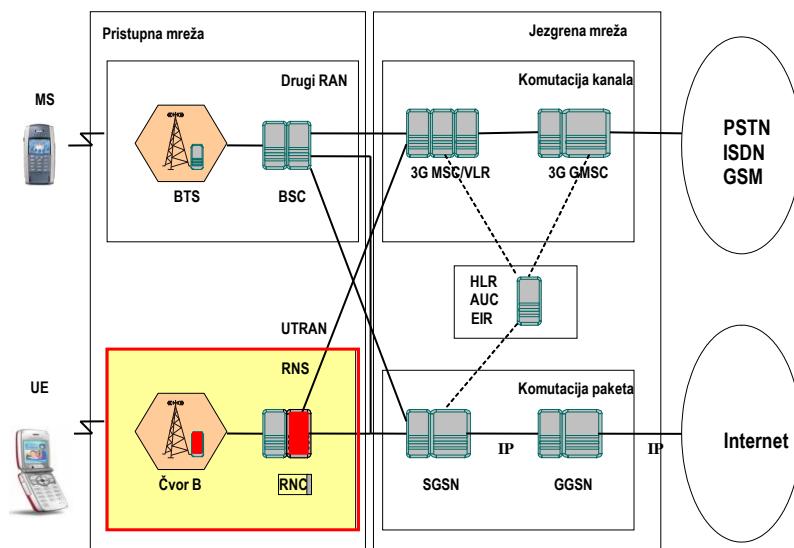
3.5G

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**

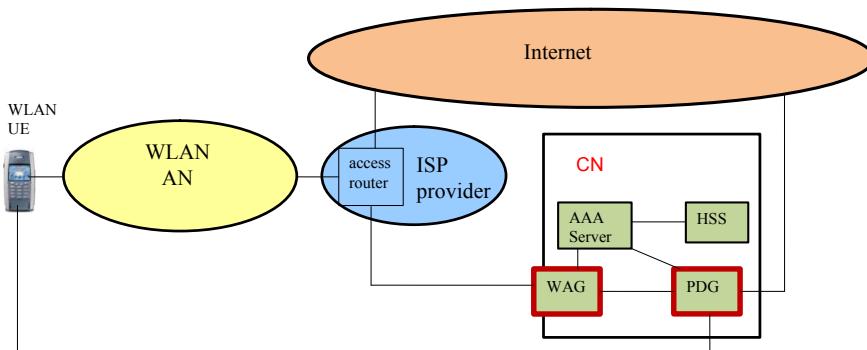
4G: LTE - Dugoročna evolucija radijske pristupne mreže

- 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



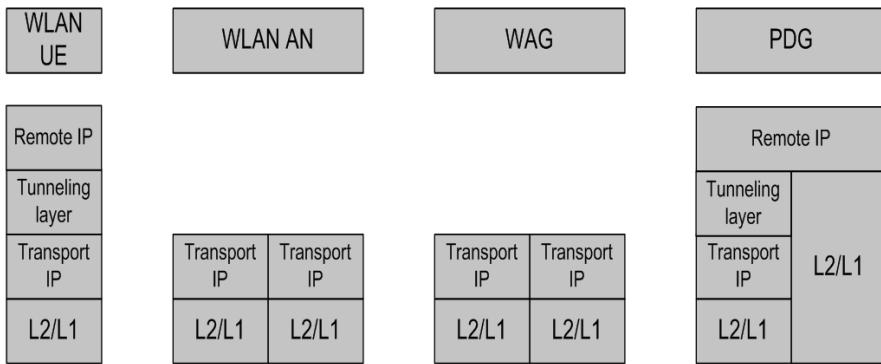
PDG

- 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
- Ime 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

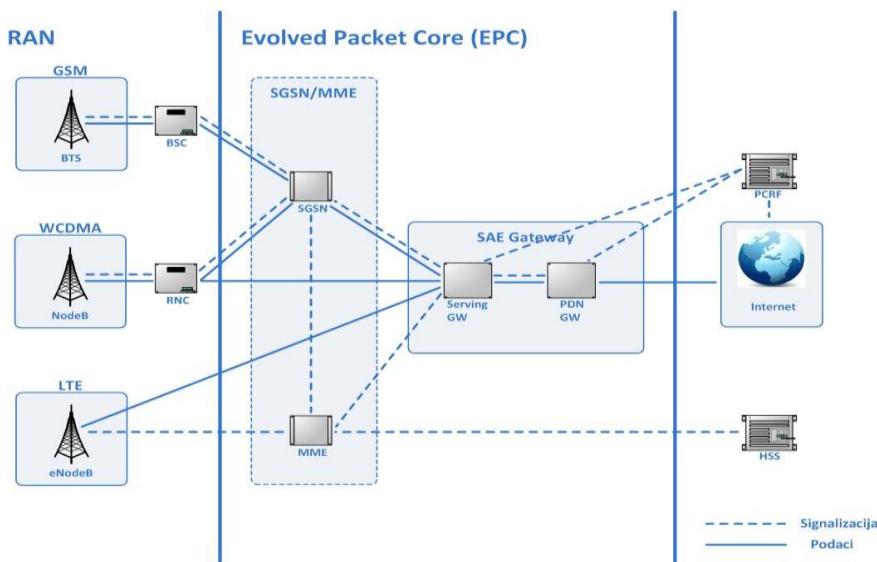
2) Čvorovi prilaza:

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)

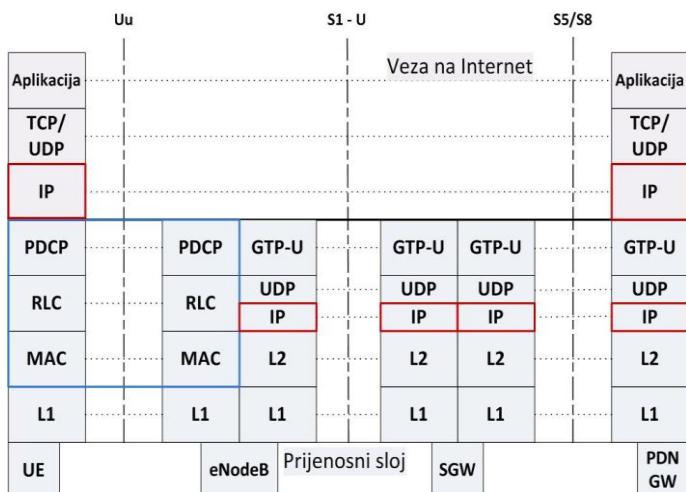
- usmjerava podatke od jezgrenog dijela mreže prema ostalim mrežama
- odgovoran za dodjelu IP adrese UE-ovima, naplatu i pružanje usluga određene kvalitete



3) Ostali čvorovi:

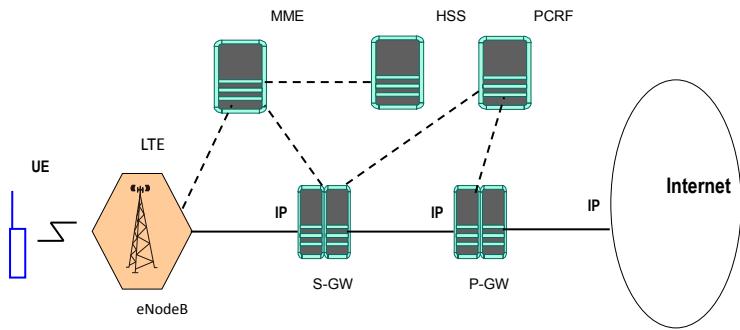
- a) *HSS* - poslužitelj domaćih pretplatnika
- b) *PCRF* - čvor za upravljanje resursima i terećenjem
 - terećenje, autorizacija, pružanje usluga s obzirom na pretplatnički profil, provođenje pravila operatora

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

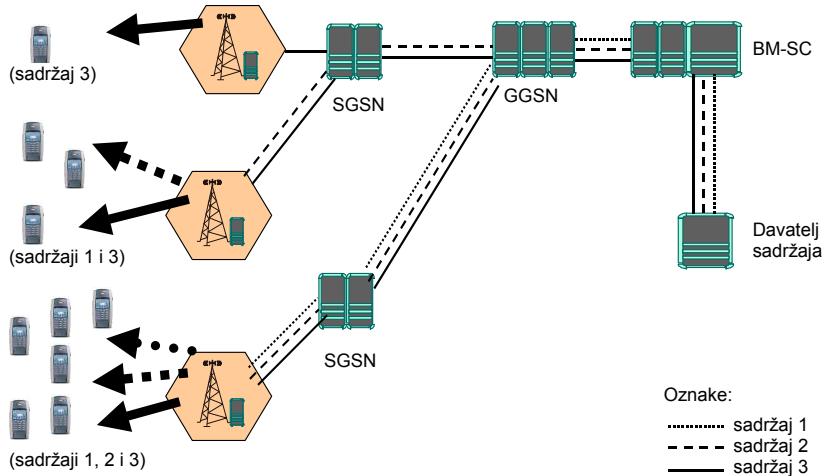


Usluga pokretne TV (Mobile TV)

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

a) MBMS:

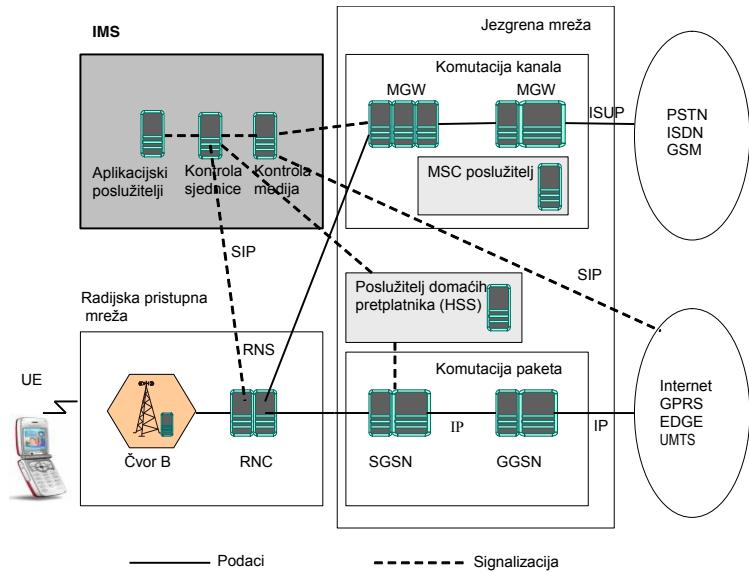
- Pristupna mreža - samo softverska nadogradnja kako bi razne stanice isporučivale podatke skupini korisnika
- Jezgrena mreža - uvođenje novog čvora *BM-SC* (centar za višeodredišno razašiljanje)
 - upravljanje višeodredišnom isporukom
 - usmjeravanje toka podataka kroz jezgrenu mrežu
 - sigurnost
 -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

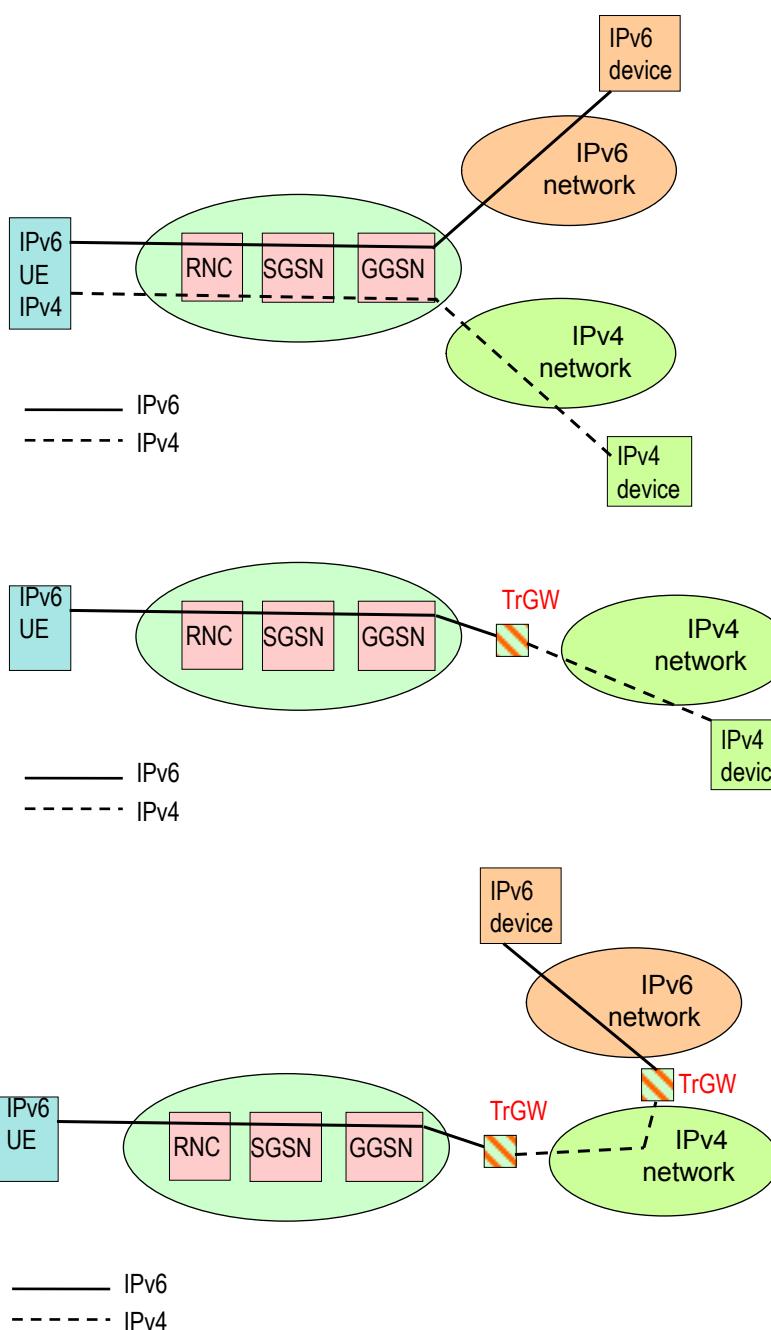
Sloj povezanosti

- 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

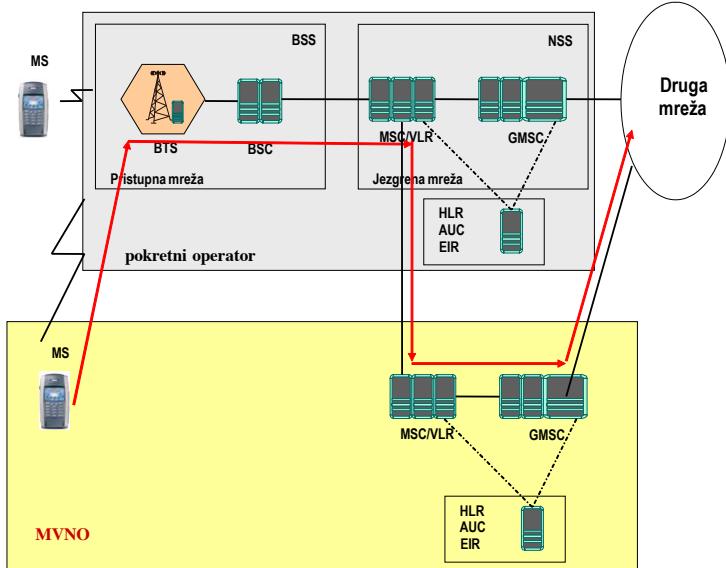
Pokretni virtualni mrežni operator - MVNO

- 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

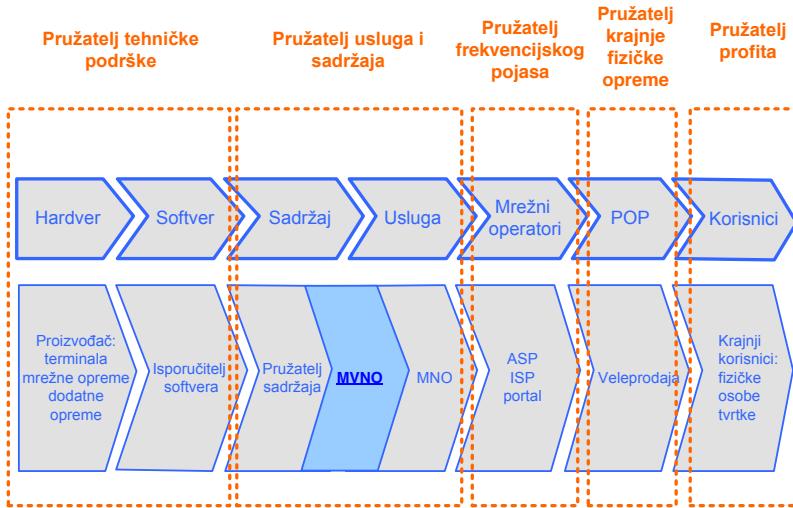
Četiri kategorije MVNO-a

- **MVNO tip 1**
 - u potpunosti preuzima mrežnu infrastrukturu od svog operatora
 - 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