



Preddiplomski studij

Javna pokretna mreža

1.

Uvod u javnu pokretnu mrežu
Arhitektura GSM mreže

Ak.g. 2013./2014.

Zaštićeno licencom <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/hr/>



4.3.2014.



■ slobodno smijete:

- **dijeliti** — umnožavati, distribuirati i javnosti priopćavati djelo
- **remiksirati** — prerađivati djelo

■ pod sljedećim uvjetima:

- **imenovanje.** Morate priznati i označiti autorstvo djela na način kako je specificirao autor ili davatelj licence (ali ne način koji bi sugerirao da Vi ili Vaše korištenje njegova djela imate njegovu izravnu podršku).
- **nekomercijalno.** Ovo djelo ne smijete koristiti u komercijalne svrhe.
- **dijeli pod istim uvjetima.** Ako ovo djelo izmijenite, preoblikujete ili stvarate koristeći ga, prerađu možete distribuirati samo pod licencem koja je ista ili slična ovoj.

U slučaju daljnog korištenja ili distribuiranja morate drugima jasno dati do znanja licencne uvjete ovog djela. Najbolji način da to učinite je linkom na ovu internetsku stranicu.

Od svakog od gornjih uvjeta moguće je odstupiti, ako dobijete dopuštenje nositelja autorskog prava.

Ništa u ovoj licenci ne narušava ili ograničava autorova moralna prava.

Tekst licencije preuzet je s <http://creativecommons.org/>.

Sadržaj predavanja

- ◆ Model mreže
- ◆ Pokretljivost
- ◆ Evolucija pokretne mreže
- ◆ Standardizacija
- ◆ GSM – Globalni sustav pokretnih komunikacija

Javna pokretna mreža

- ◆ Javna pokretna mreža naziva se mreža u kojoj se pristup zasniva na radijskoj komunikaciji koja omogućuje pokretljivost korisničke opreme – terminala na području pokrivanja radijskim signalom
- ◆ Osnovna arhitektura mreže sadrži jezgrenu i pristupnu mrežu
- ◆ Jezgrena mreža
 - Izvodi se kao fiksna mreža
- ◆ Pristupna mreža
 - Radijska pristupna mreža temeljena na sustavu ćelija

Cilj

- ◆ komunikacija govorom, podacima i s više medija za stacionarne i pokretnе korisnike bez vremenskih i prostornih ograničenja uporabom jedne adrese - pozivnog broja

Prepostavke

- ◆ pokretljivost terminala, osoba i usluga

Pokretljivost terminala (*Terminal Mobility*)

- ◆ Bežični pristup - prijenosni terminal
- ◆ Inteligencija mreže: određivanje lokacije terminala i praćenje kretanja

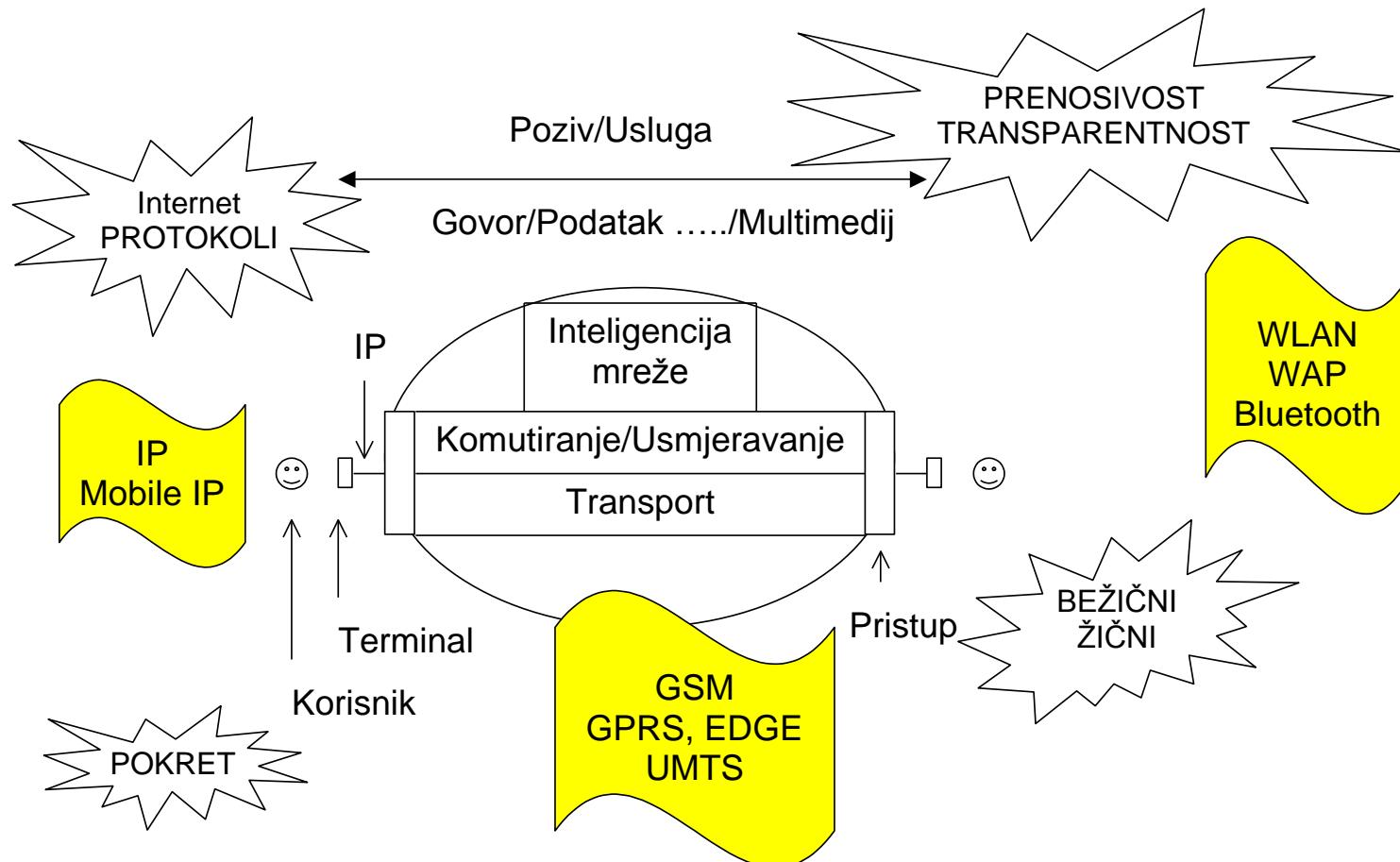
Pokretljivost osoba (*Personal Mobility*)

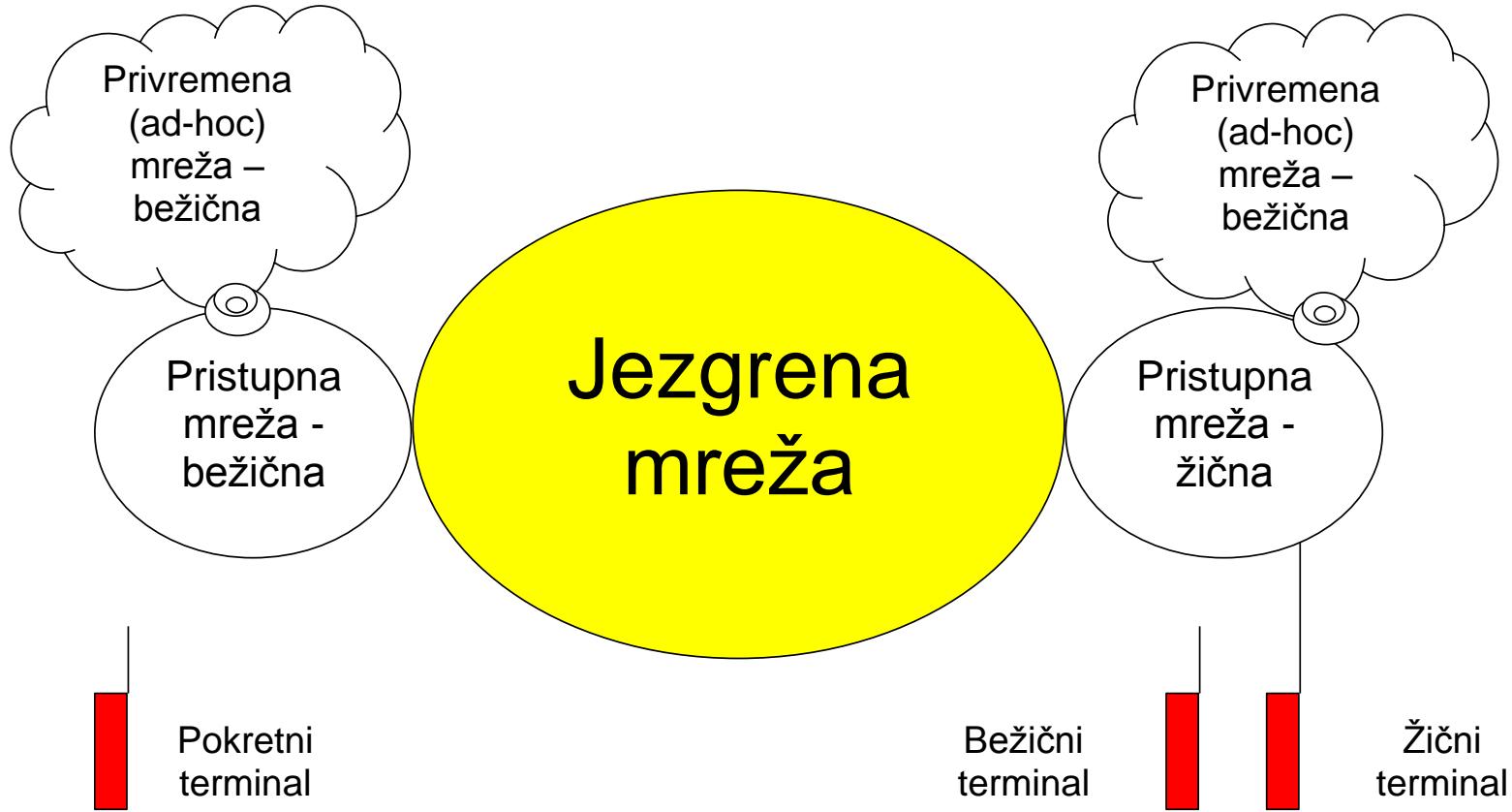
- ◆ Žični ili bežični pristup
- ◆ Inteligencija mreže: identifikacija osobe i dostup osobi

Pokretljivost usluga (*Service Mobility*)

- ◆ Usluga se ostvaruje u kretanju te pri prijelazu između mreža
- ◆ Inteligencija mreže: odabir najpovoljnijeg pristupa

Model mreže

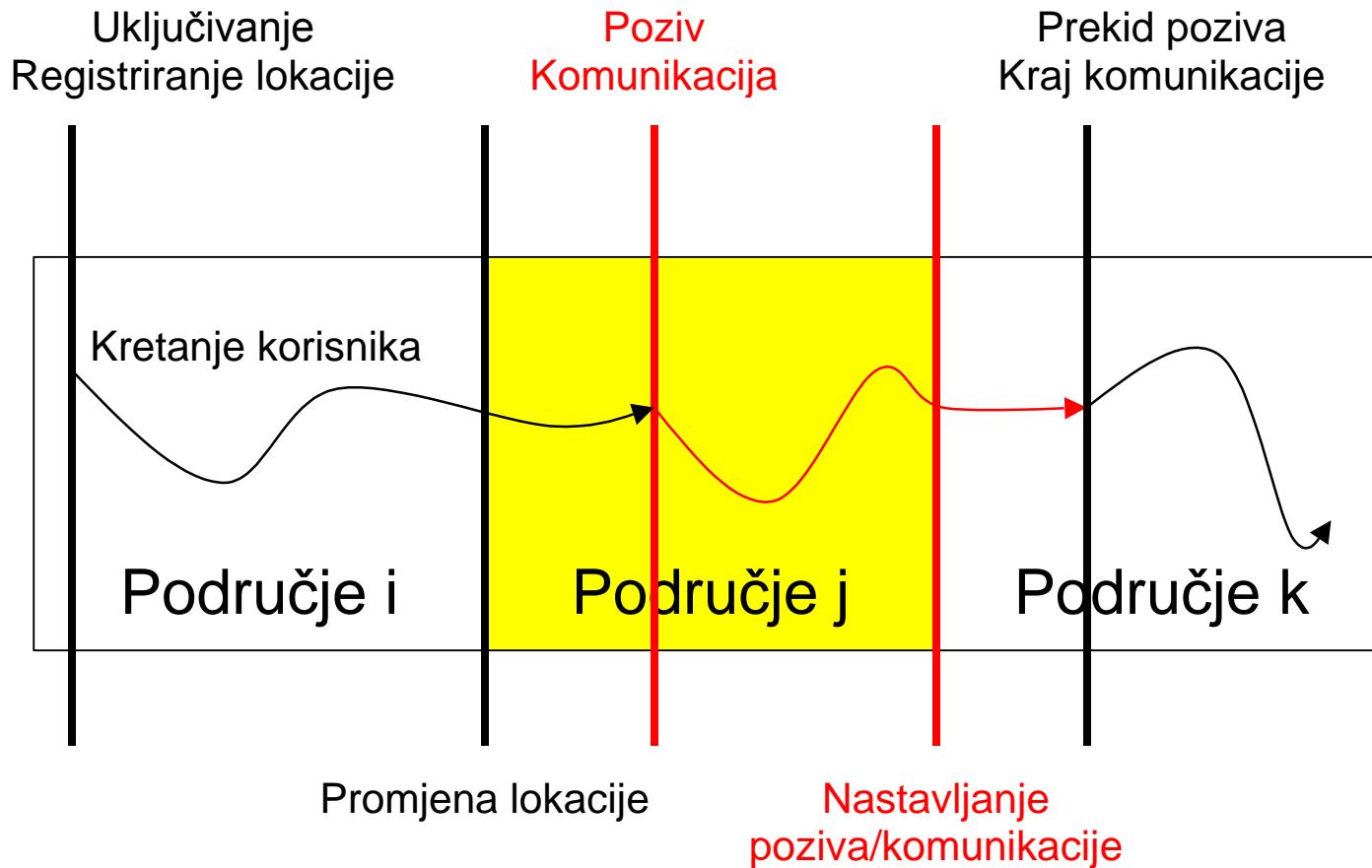




Arhitektura pokretnе mreže

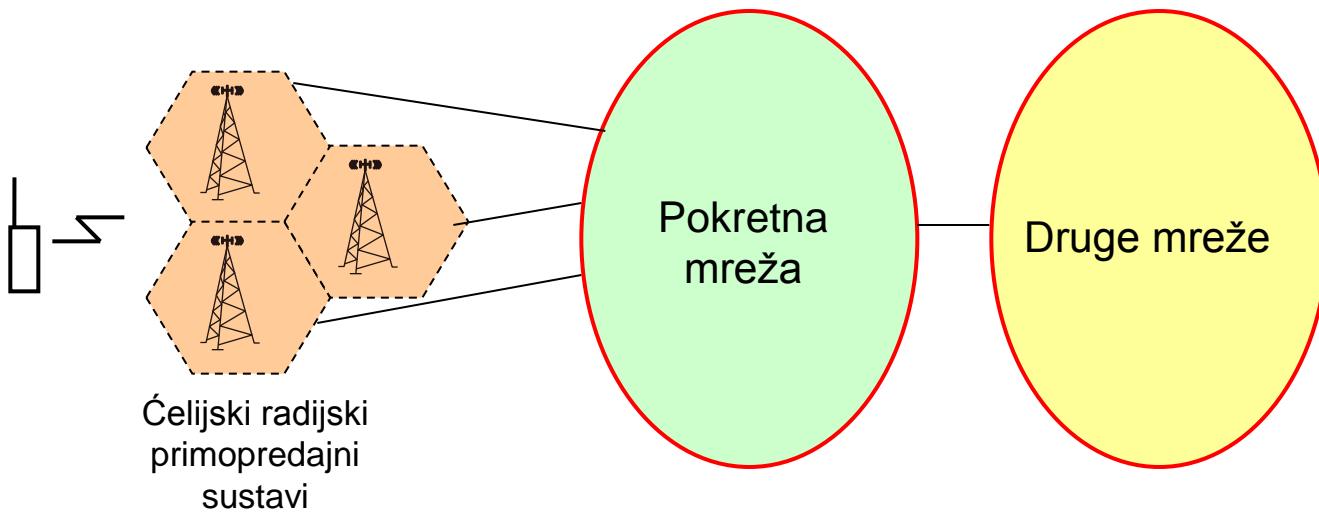


Model pokretljivosti



Arhitektura javne pokretnе mreže

- ◆ Čelijski radijski primopredajni sustav
 - Čelijom (engl. cell) se naziva područje pokriveno jednim radijskim primopredajnim sustavom
- ◆ Čvorovi za povezivanje unutar pokretnе mreže i s drugim mrežama



Prva generacija - NMT

- ◆ Generacije sustava
 - U svim generacijama **višestruki pristup** – više korisnika pristupa skupini komunikacijskih kanala
- ◆ Prva generacija 1G
 - Analogni sustavi
 - Višestruki pristup u **frekvencijskoj podjeli** (*Frequency Division Multiple Access, FDMA*)
 - posebne frekvencije svakom komunikacijskom kanalu
 - različiti frekvencijski pojasevi dodjeljuju za komunikaciju od mreže prema terminalu (*down link*) i komunikaciju od terminala prema mreži (*up link*).
 - Sustav NMT (*Nordic Mobile Telephony*)
 - RH: Mobitel 099 (1987.g.) – 98,000 pretplatnika 1998.g., nije više u uporabi

Druga generacija - GSM

- ◆ Druga generacija 2G
 - Digitalni sustavi
 - Višestruki pristup u **vremenskoj** podjeli (*Time Division Multiple Access, TDMA*), $124 \text{ frekvencije} \times 8 \text{ kanala} = 992 \text{ kanala}$
 - GSM (*Global System for Mobile communications*), GSM-900/DCS-1800 (*Digital Communication System*)
 - Prijenos govora dominantan
 - Komutacija kanala
 - 2,5G – GPRS, EDGE
 - **podaci**
 - **GPRS:** $14,4 \times 8 = 115,2 \text{ kbit/s}$
 - **EDGE:** $48 \times 8 = 384 \text{ kbit/s}$

◆ Treća generacija 3G

- Međunarodne pokretne telekomunikacije 2000 (*International Mobile Telecommunications 2000, IMT-2000*)
- Europa: Opći pokretni telekomunikacijski sustav (*Universal Mobile Telecommunications System, UMTS*)
- Širokopojasni višestruki pristup u kodnoj podjeli (*Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA*)
- Brzi paketski pristup (High Speed Packet Access, HSPA)

Frekvenčijski spektar

0 500 1000 1500 2000 2500



NMT

GSM

DCS

UMTS

DECT

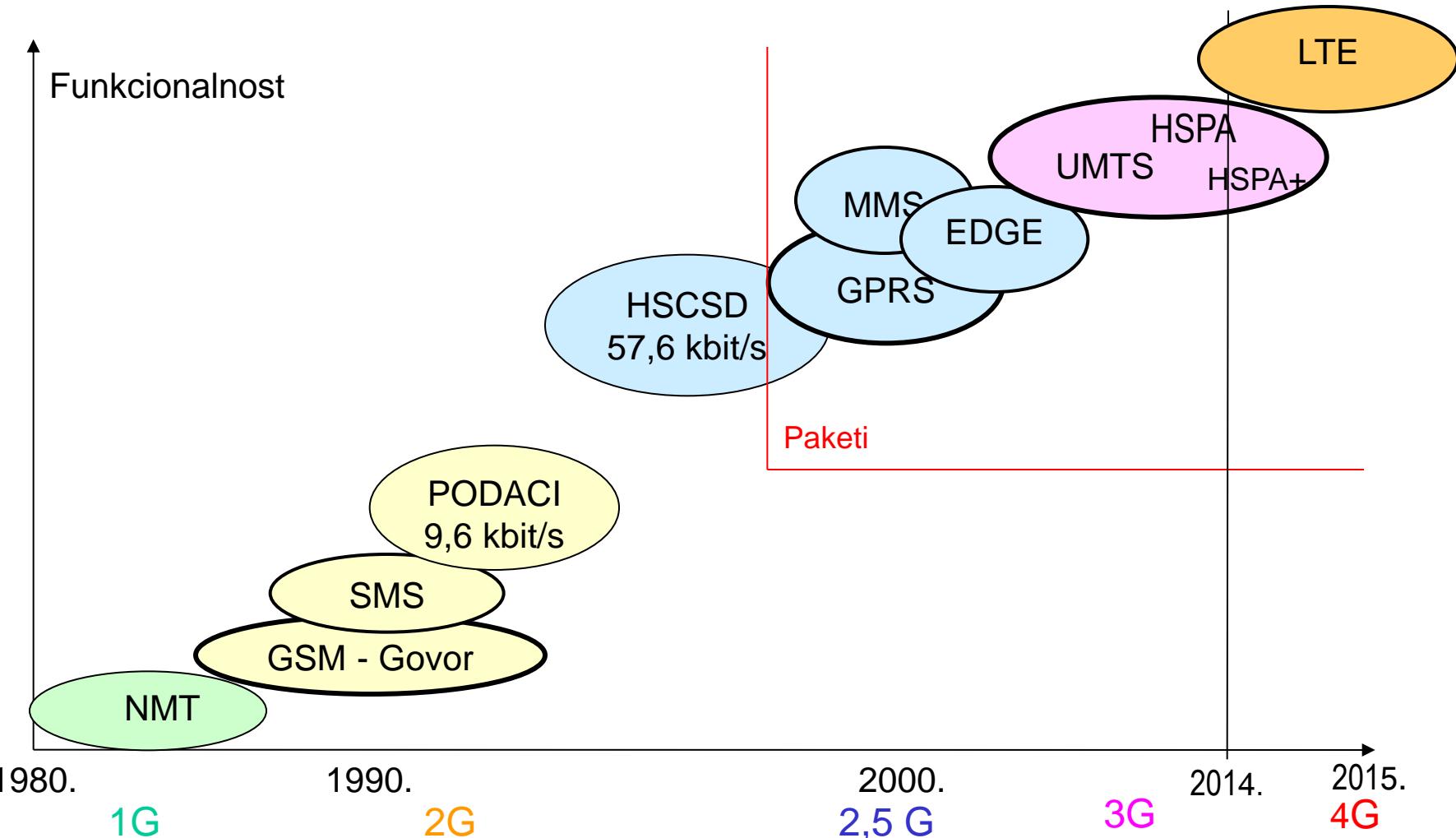
ISM

- ◆ Ograničeni resurs – ograničeni broj mreža!
- ◆ Kontrolirana dodjela i naplata (licence, koncesije)
- ◆ Slobodna uporaba:

1880-1900 MHz: bežični telefon (*DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications*)

2400-2500 MHz: ad-hoc komunikacija, WLAN (*Industrial Scientific Medical*)

Evolucija mreže



International Telecommunication Union

ITU (www.itu.int)

European Telecommunications Standard Institute ETSI

(www.etsi.org)

GSM Association

(<http://www.gsmworld.com>)

UMTS Forum

(www.umts-forum.org)

3. Generation Partnership Project

3GPP (www.3gpp.org)

Globalni sustav pokretnih komunikacija (*Global System for Mobile communication*)

Ćelijska struktura (*Cellular*)

- ◆ optimum: pokrivenost/iskoristivost frekvencija

Višestruki pristup u vremenskoj podjeli

- ◆ TDMA (*Time Division Multiple Access*)
- ◆ 124 frekvencije x 8 kanala = 992 kanala

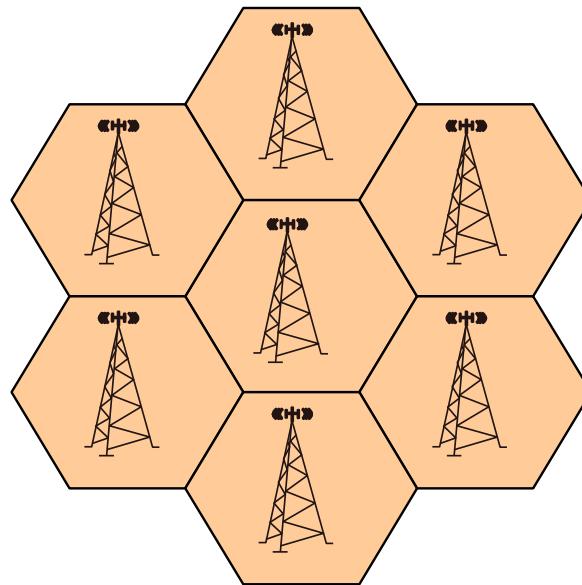
Prometni i kontrolni kanali

- ◆ odvajanje korisničke i upravljačke informacije (signalizacije)

Radijska pristupna mreža

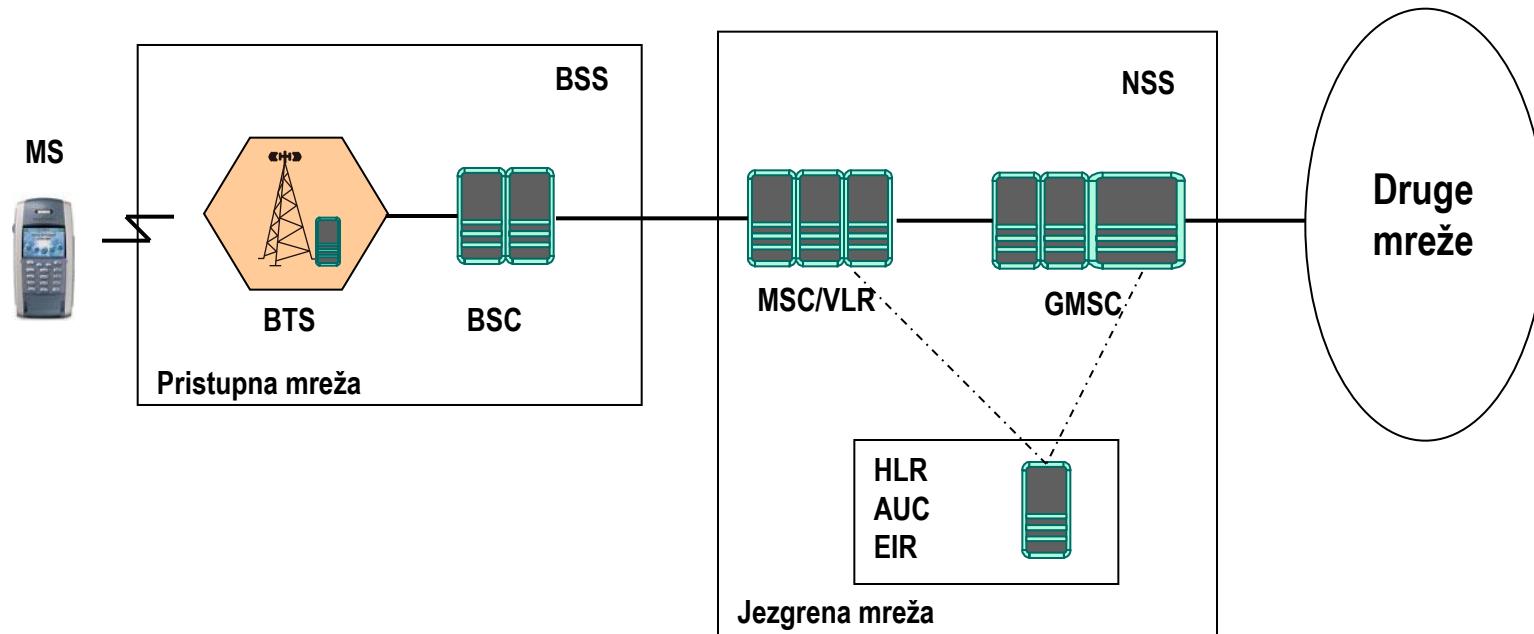
Radio Access Network, RAN

- ◆ Temelji se na sustavu **ćelija** (cell)
- ◆ Ćelijom se naziva područje pokriveno jednim radijskim primopredajnim sustavom

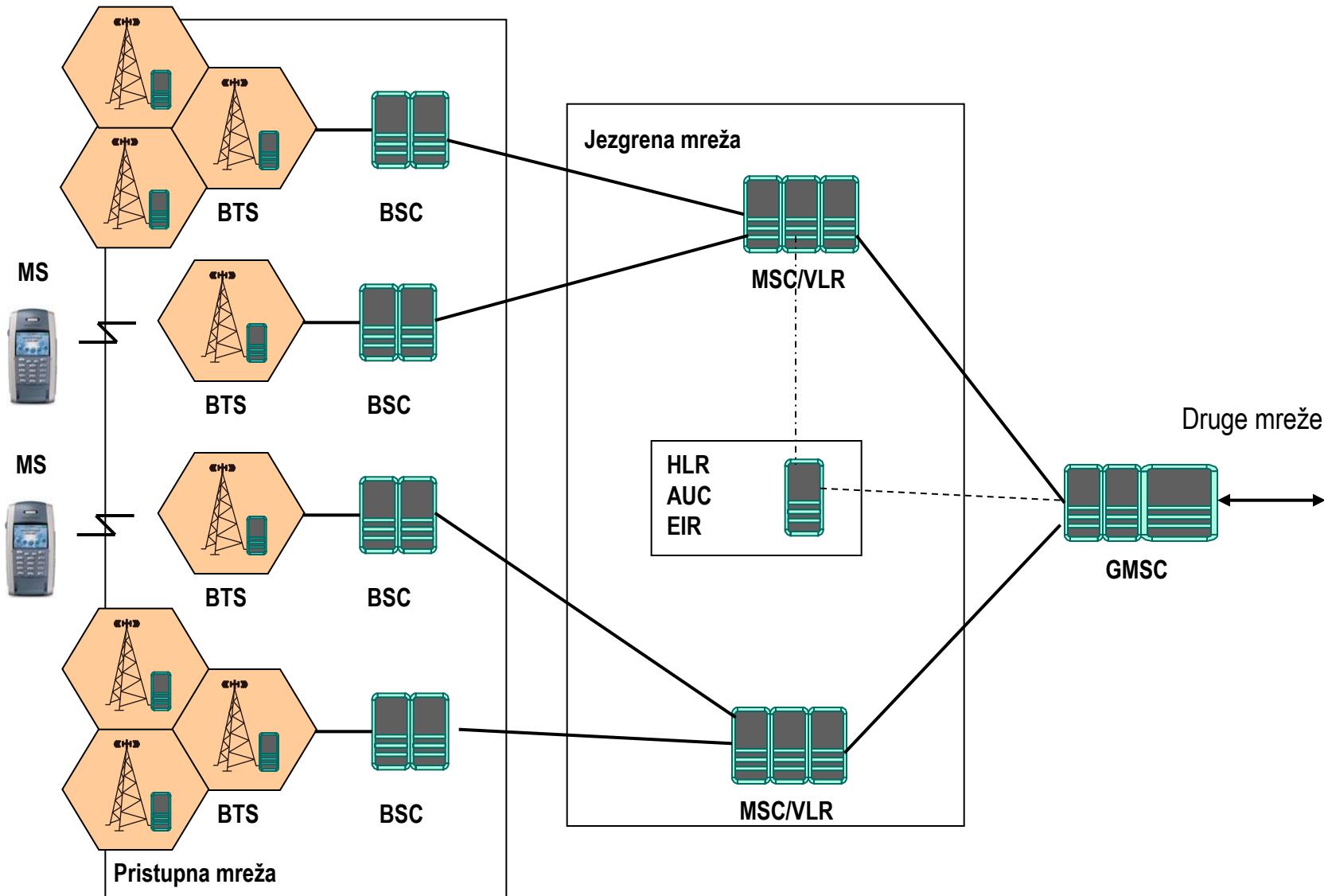


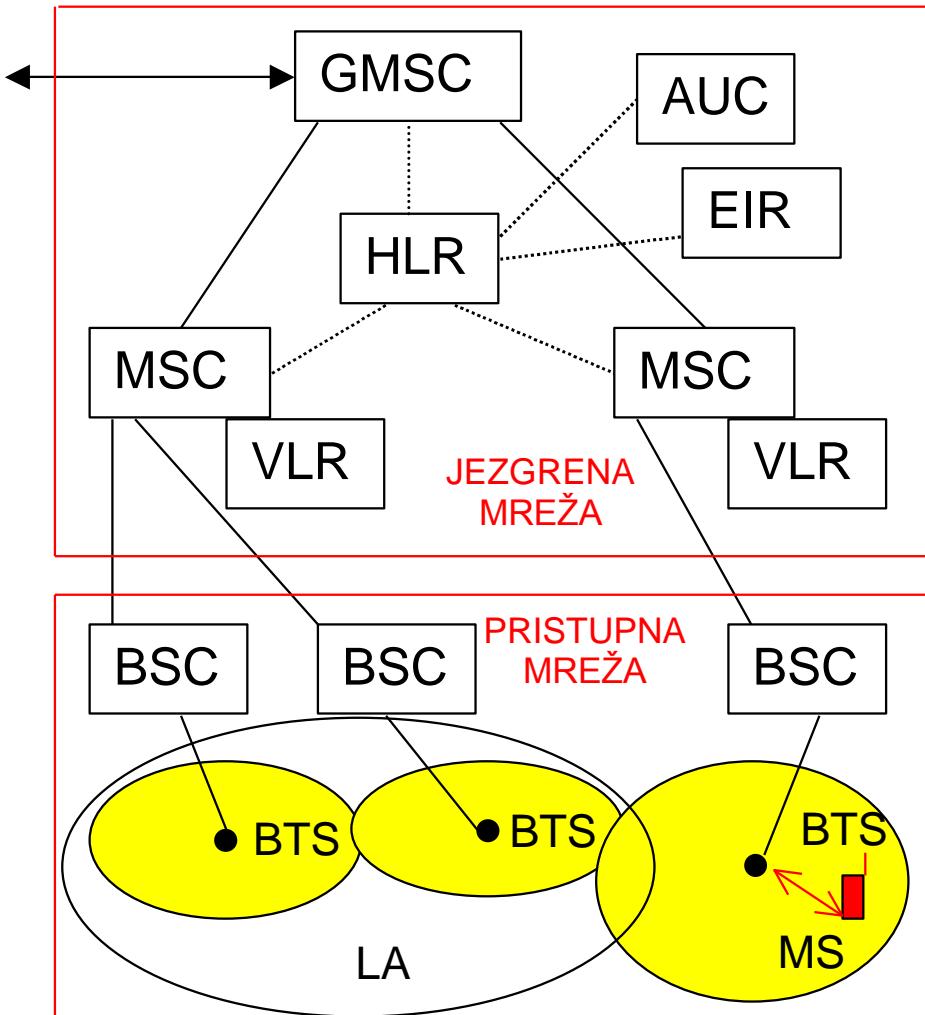
- ◆ **Mrežni sustav** (*Network System, NSS*)
 - Prilazni pokretni komutacijski centar (*Gateway Mobile Switching Centre, GMSC*)
 - Pokretni komutacijski centar (*Mobile Switching Centre, MSC*)
- ◆ **Sustav baznih postaja** (*Base Station System, BSS*)
 - Upravljač bazne postaje (*Base Station Controller, BSC*)
 - Primopredajna bazna postaja (*Base Transciever Station, BTS*)
- ◆ **Pokretna postaja** (*Mobile Station, MS*)
 - Korisnički terminal (pokretni telefon)

- ◆ Domaći lokacijski registar (*Home Location Register, HLR*)
 - Podaci o vlastitim (domaćim) pretplatnicima
- ◆ Gostujući lokacijski registar (*Visitor Location Register, VLR*)
 - Uz svaki MSC,
 - Podaci o vlastitim pretplatnicima i pretplatnicima drugih mreža
- ◆ Centar za provjeru autentičnosti (*Authentication Centre, AUC*)
 - Provjera autentičnosti pretplatnika
- ◆ Registar identifikacije opreme (*Equipment Identification Register, EIR*)
 - Provjera vlasnika pokretne postaje



Struktura mreže GSM





MSC (*Mobile Switching Centre*)

GMSC (*Gateway MSC*)

HLR (*Home Location Register*)

VLR (*Visitor Location Register*)

AUC (*Authentication Centre*)

EIR (*Equipment Identification Register*)

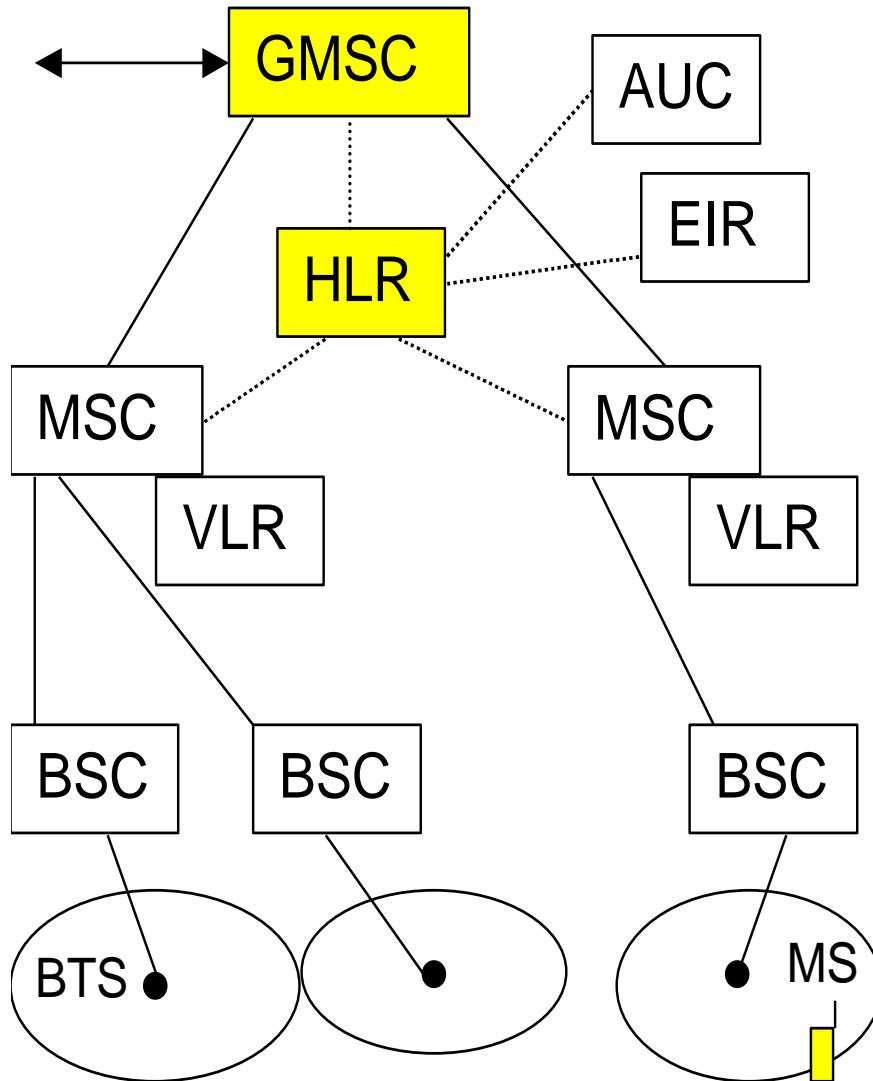
BSS (*Base Station System*)

BSC (*Base Station Controller*)

BTS (*Base Transceiver Station*)

MS (*Mobile Station*)

LA (*Location Area*)



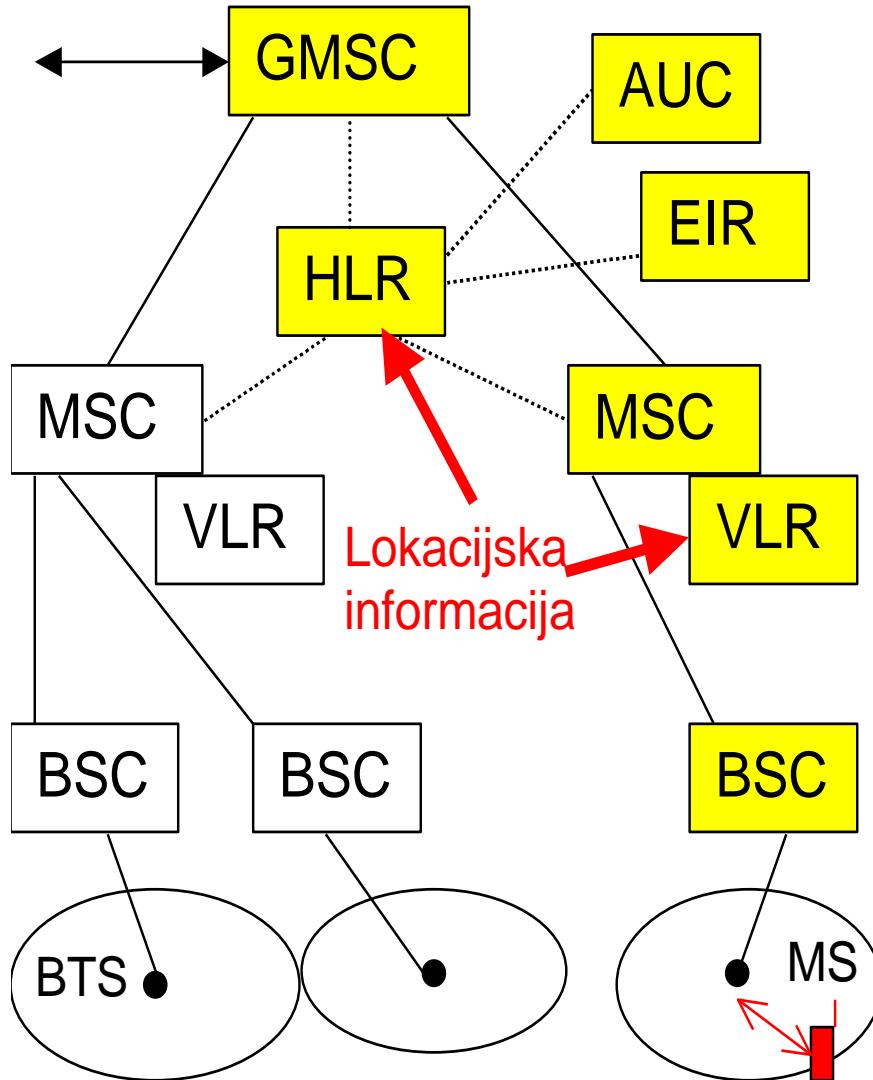
U HLR:

- ◆ MSISDN (*Mobile Station ISDN*) - pozivni broj
- ◆ IMSI (*International Mobile Subscriber Identification*)
- ◆ Ki (*Authentication Key*) - autentifikacijski ključ
- ◆ popis dopuštenih usluga

U MS:

- ◆ SIM (*Subscriber Identity Module*) s IMSI i Ki
- ◆ zaštita s PIN (*Personal Identification Number*)

Uključivanje, registracija i pozivanje



Uključivanje/isključivanje (Attachment/ Deattachment)

- ◆ prati se stanje MS

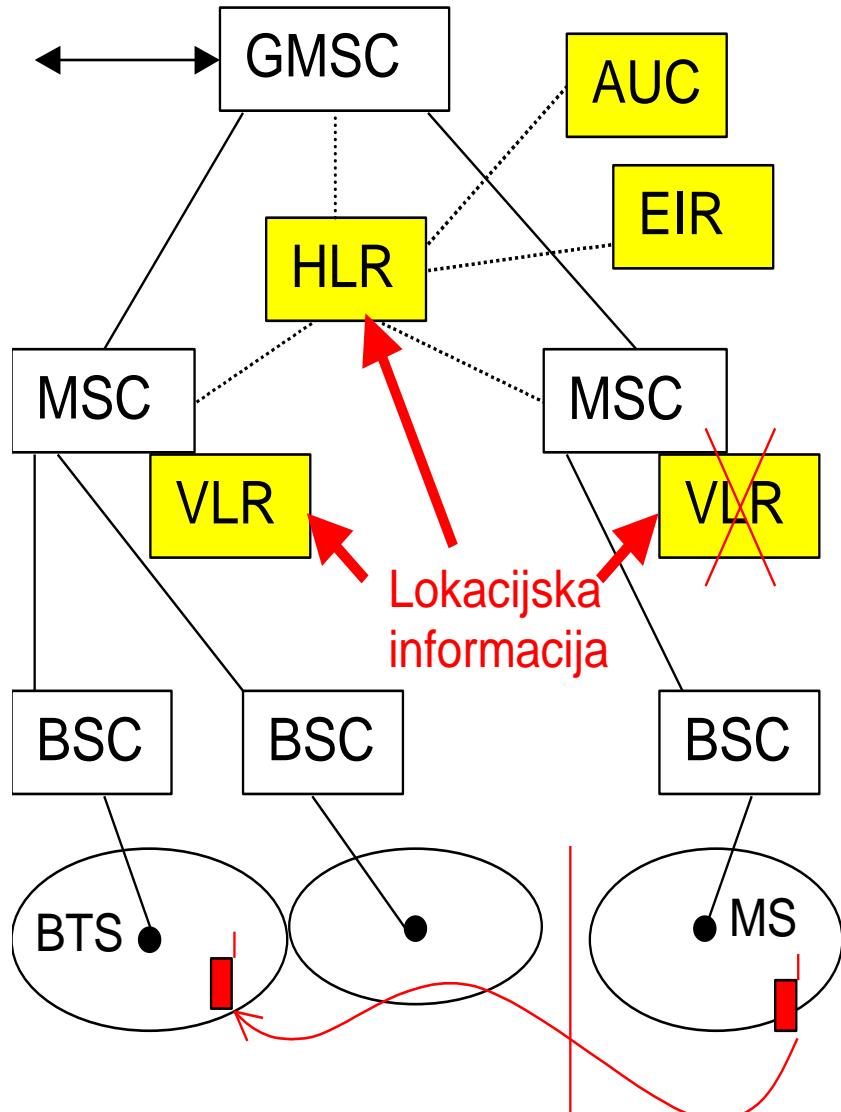
Registracija (Registration)

- ◆ nakon uključivanja MS, periodički, kod promjene lokacije
- ◆ provjera autentičnosti (AUC) i identiteta opreme (EIR)
- ◆ lokacijska informacija u VLR i HLR

Pozivanje (Paging)

- ◆ traženje MS

Lociranje, prebacivanje poziva i prelaženje



Lociranje

- ◆ utvrđivanje potrebe za prebacivanjem uključene MS u drugu ćeliju (signal/šum)
- ◆ promjena lokacijske informacije kad se mijenja LA

Prebacivanje poziva (*Handover*)

- ◆ nastavljanje poziva pri promjeni kanala/ćelije

Prelaženje (*Roaming*)

- ◆ komunikacija u drugim mrežama (ne samo vlastitoj)

Domaći lokacijski registar

(HLR - *Home Location Register*)

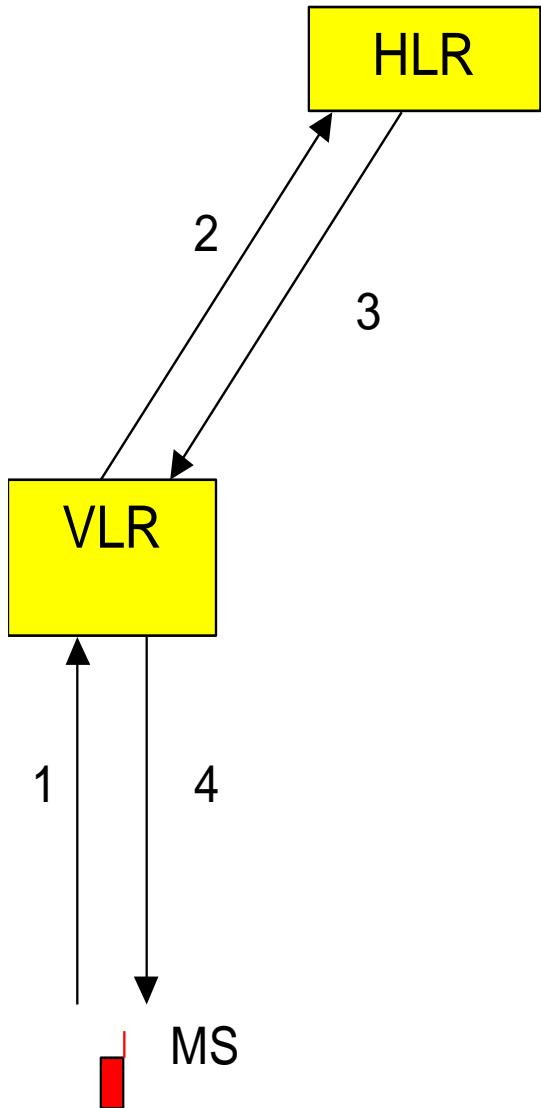
- ◆ Trajni zapis pretplatničkih podataka vlastitih pretplatnika
- ◆ Trenutna lokacija vlastitih pretplatnika

Posjetiteljski lokacijski registar

(VLR - *Visitor Location Register*)

- ◆ Privremeni zapis dijela pretplatničkih podataka vlastitih i tuđih pretplatnika koji su trenutno u lokacijskom području
- ◆ Tuđi pretplatnici se poslužuju temeljem ugovora o prelaženju između mreža

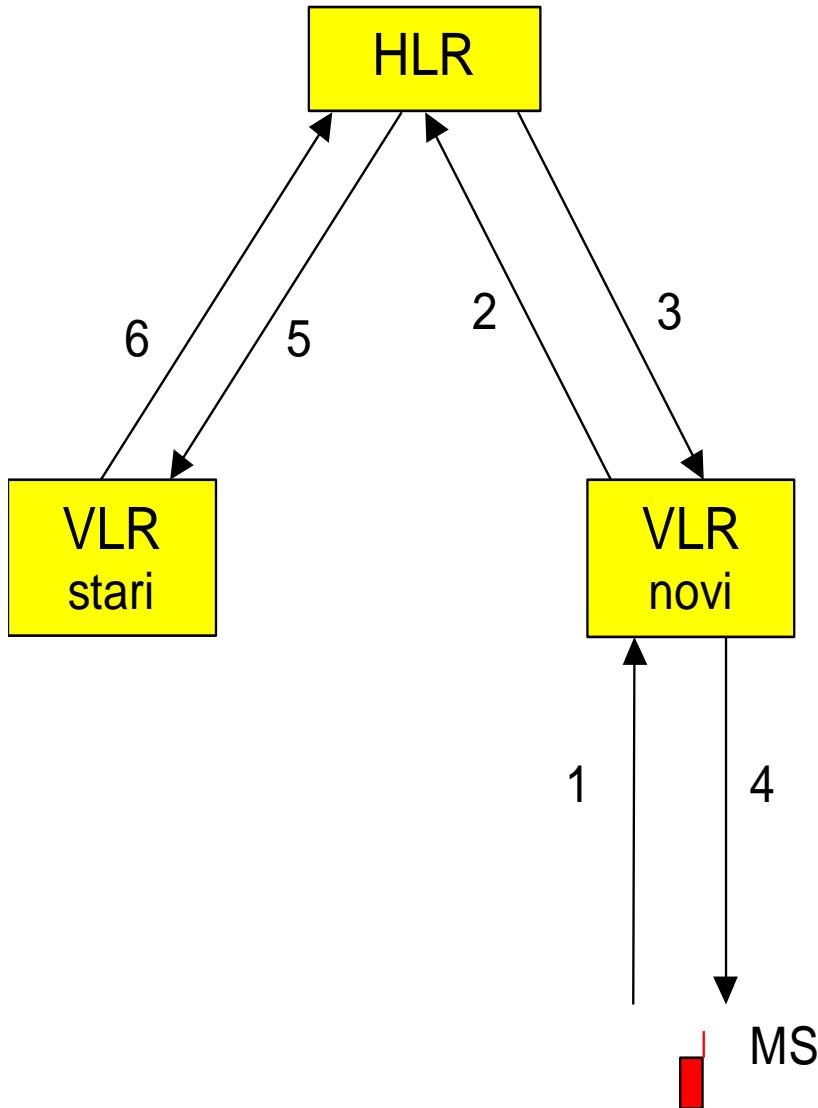
Registracija u vlastitoj mreži



Signalizacija:

- 1 - zahtjev za registracijom
- 2 - registracijska poruka
- 3 - pretplatnički podaci
- 4 - uspješna registracija

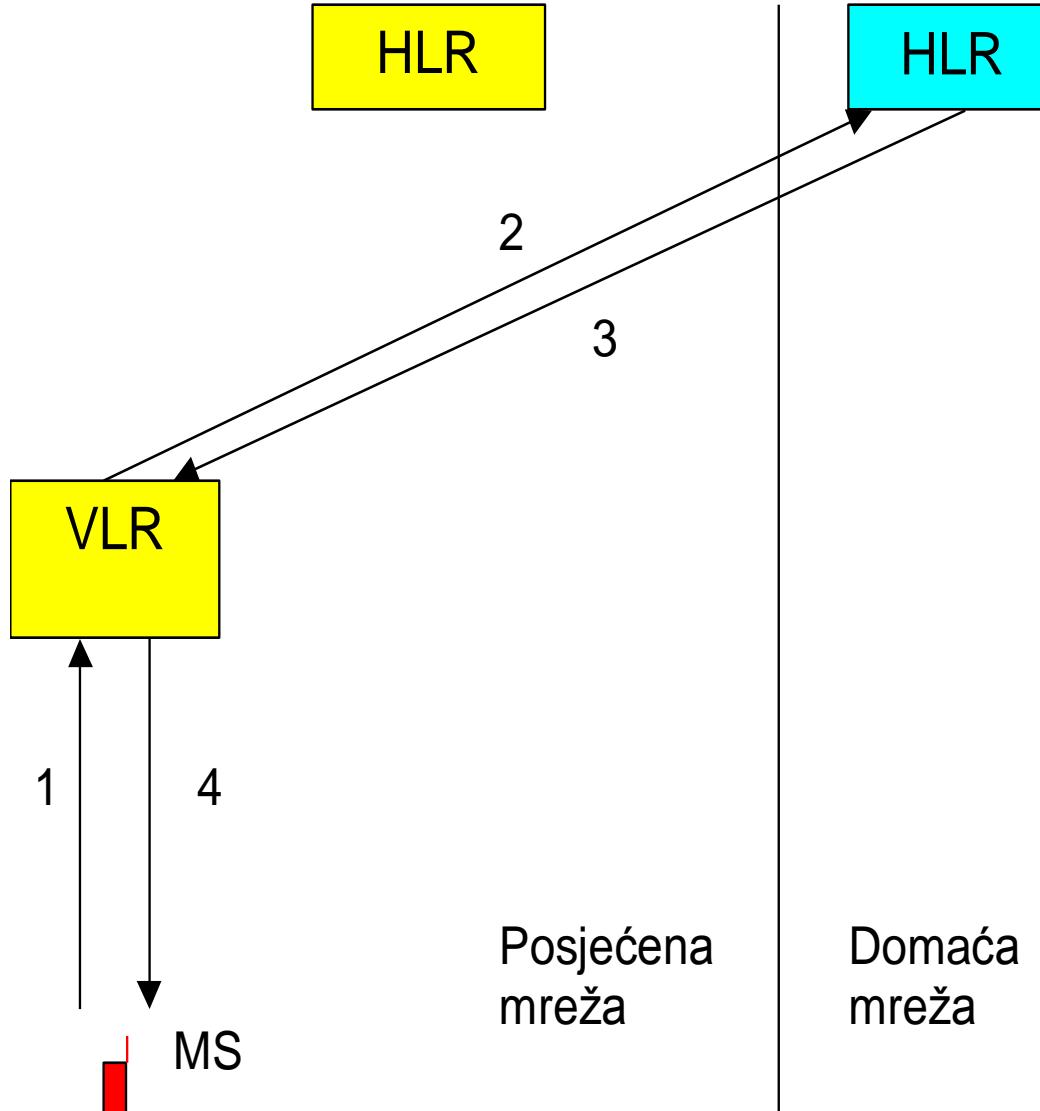
Promjena lokacije u vlastitoj mreži

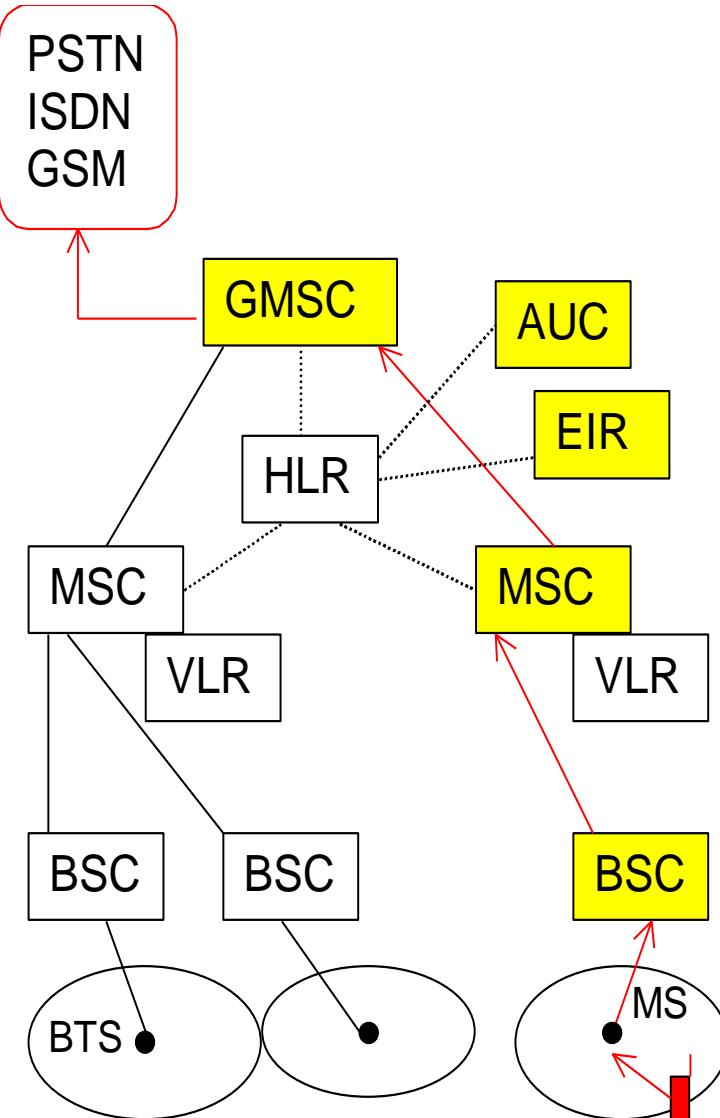


Signalizacija
(nepoznat stari VLR):

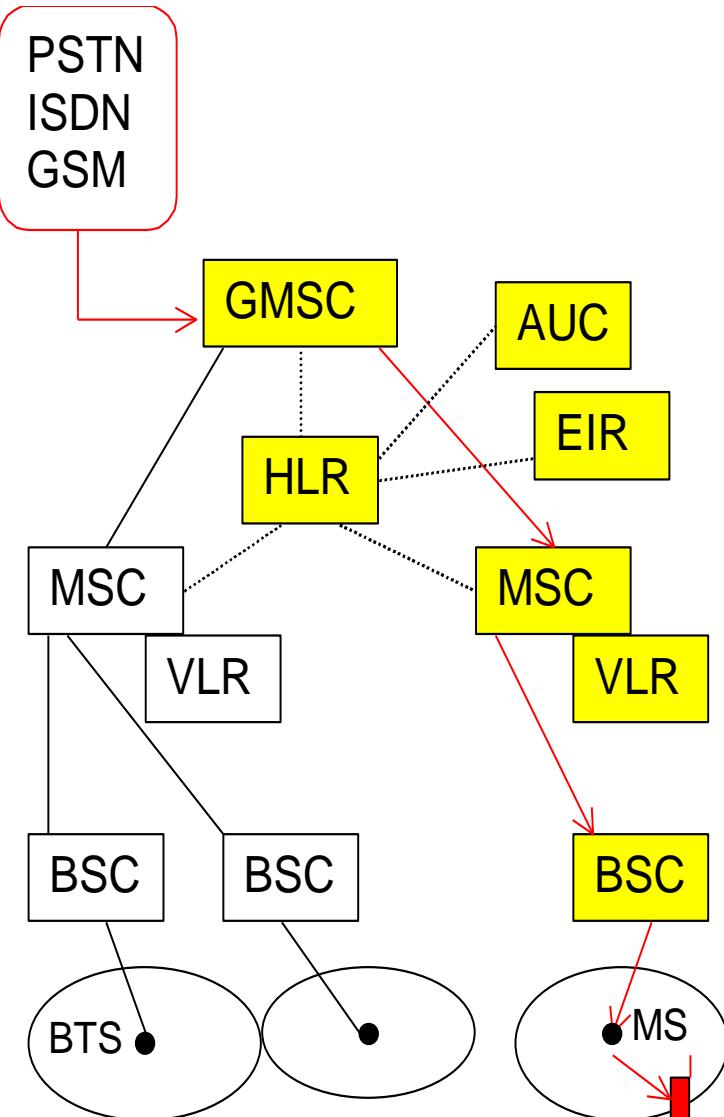
- 1 - zahtjev za registracijom
- 2 - registracijska poruka
- 3 - pretplatnički podaci
- 4 - uspješna registracija
- 5 - deregistracijska poruka
- 6 - potvrda deregistracije

Registracija u posjećenoj mreži



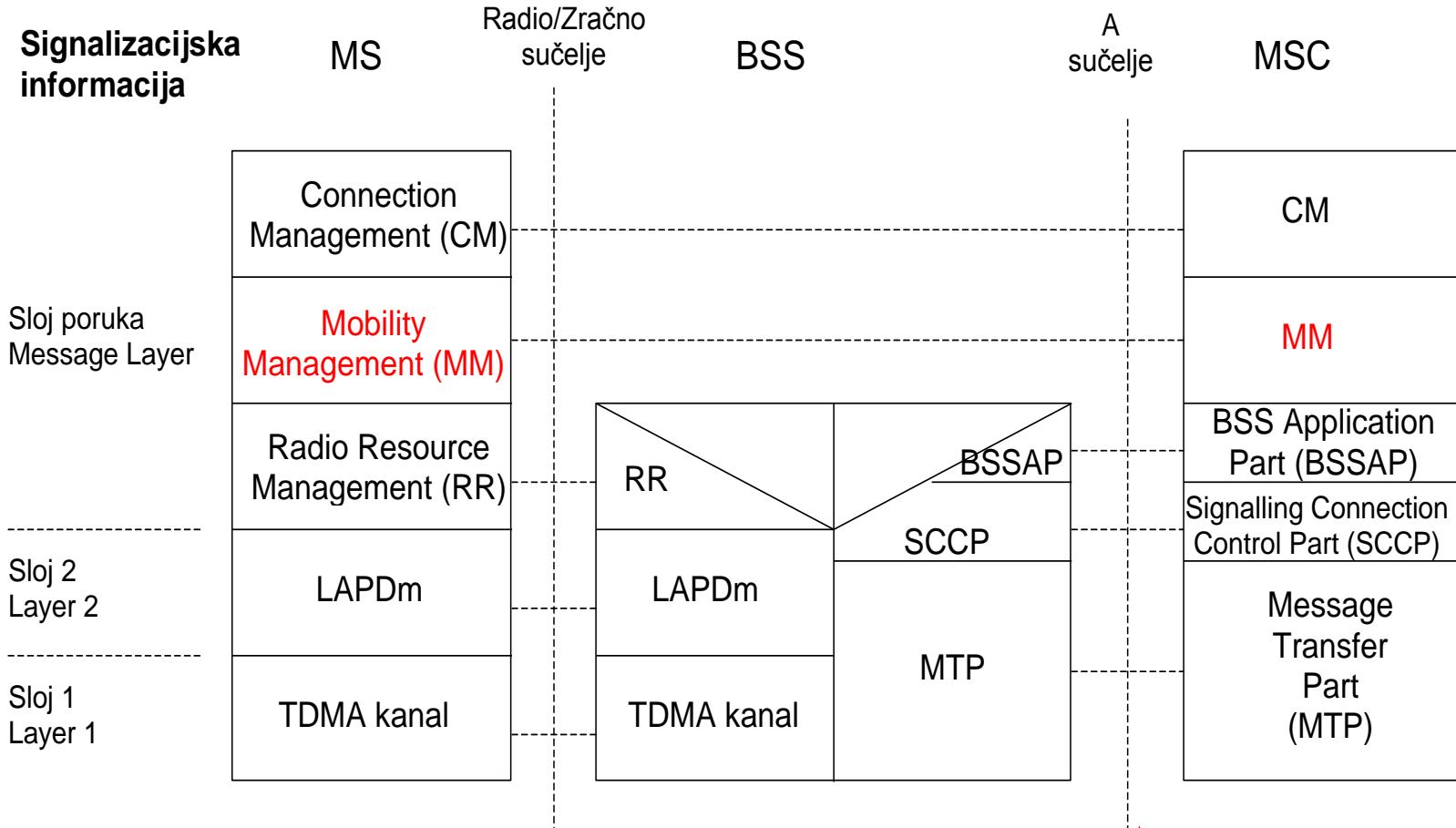


- ◆ MS traži kanal
- ◆ provjera autentičnosti (AUC) i identiteta opreme (EIR)
- ◆ prospajanje poziva BTS - BSC - MSC - GMSC - druga mreža
- ◆ kriptografska zaštita tijekom prijenosa

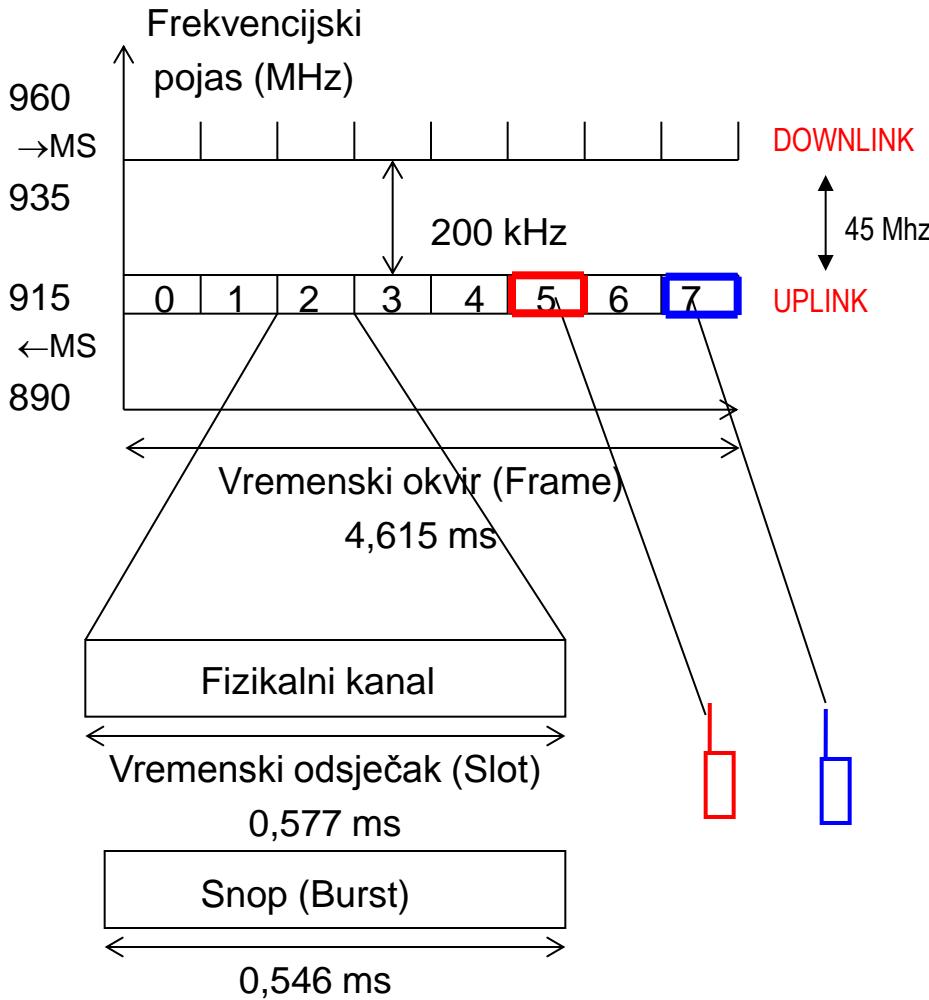


- ◆ GMSC od HLR traži lokacijsku informaciju (LA) za MS
- ◆ HLR - VLR izmjenjuju podatke o pozvanom MS
- ◆ MSC prenosi svim BSC (BTS) u LA zahtjev za pozivanjem MS
- ◆ provjera autentičnosti (AUC) i identiteta opreme (EIR)
- ◆ prospajanje, kriptografska zaštita tijekom prijenosa

GSM – komunikacijski protokoli



GSM - fizikalni kanal



Fizikalni kanali:

$$124 \text{ frekvencijskih} \times 8 \text{ vremenskih} = 992$$

Kapacitet

broj frekvencija u ćeliji, ograničeni broj
izbjegavanje interferencije

uplink-downlink odvojeni 45Mhz (890-935Mhz)

kanali razmaknuti 200kHz u istom smjeru

susjedne ćelije – različite frekvencije
udaljene ćelije – iste frekvencije

Širina pojasa (bandwith)

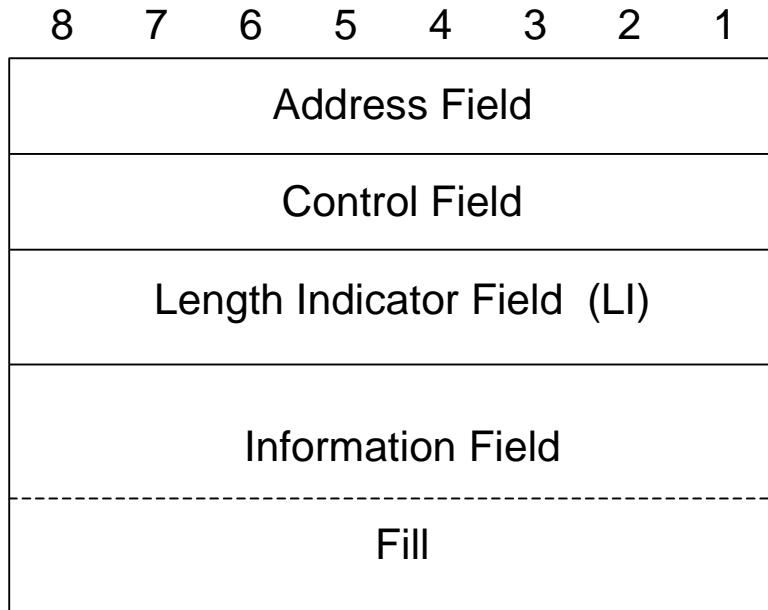
2x25 MHz

Modulacija

GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying Modulation)

Prometni i kontrolni kanali

spajanje MS - skenira cijeli frekv. spektar i prihvata najjači kontr. kanal



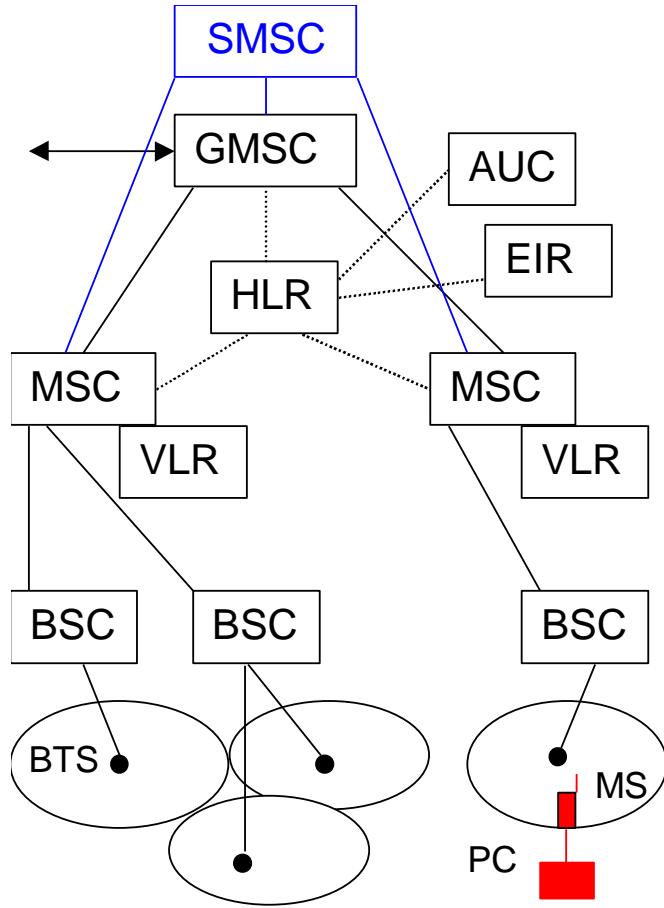
LI - označava duljinu Information Field
Fill - punjenje do 23 okteta

LAPDm (*Link Access Protocol D mobile*)

- ◆ izведен iz ISDN LAPD

Rješenje za radio kanal

- ◆ Fiksna duljina - razgraničavanje okvirom
- ◆ Bez zastavica (*flag*) na početku/kraju
- ◆ Informacijsko polje od 184 bita se kriptografski kodira u 456 bita, koji stanu u 4 snopa (4 x 114 bita)



Govor

- ◆ 13 kbit/s (kodiranje govornih blokova)

Podaci (u govornom kanalu)

- ◆ do 9,6 (14,4) kbit/s

SMS (Short Message Service)

- ◆ SMSC (SMS Centre)
- ◆ do 160 znakova

Pokretni Internet (Mobile Internet)

- ◆ pristup i rad u Internetu preko pokretnog telefona i drugih pokretnih terminala
- ◆ komunikacija podacima preko bežičnog pristupa
- ◆ e-poslovanje (e-business)
- ◆ m-poslovanje (m-business)

Pristup Internetu:

- ◆ Kanalski u GSM-u



Preddiplomski studij

Javna pokretna mreža

2.

Opće paketske radijske usluge - GPRS

Sustav poboljšanih brzina prijenosa podataka -
EDGE

Ak.g. 2013./2014.

11.3.2014.

- ◆ Opće paketske radijske usluge – GPRS
 - GPRS čvorovi
 - GPRS protokoli
 - Upravljanje pokretljivošću
- ◆ Sustav poboljšanih brzina prijenosa podataka – EDGE
- ◆ Adresiranje pokretne mreže
- ◆ Pristup Internetu
- ◆ Prelaženje

Usporedba

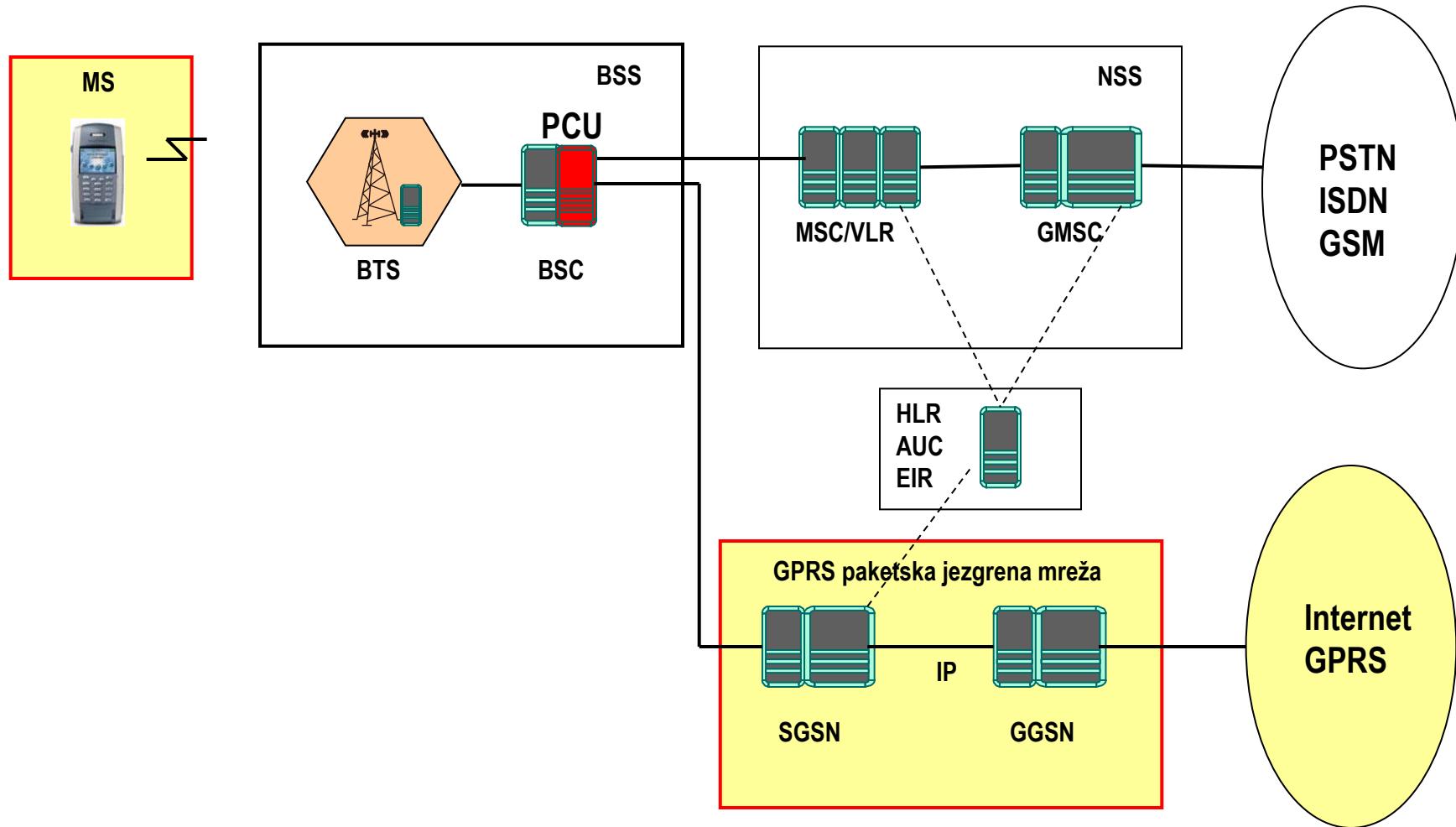
- ◆ GSM 900
 - 890-915 MHz i 935-960 MHz
 - Razmak kanala 200 kHz, broj kanala 992
- ◆ DCS 1800
 - 1710-1785 MHz i 1805-1880 MHz
 - Razmak kanala 200 kHz, broj kanala 2992
- ◆ 1G : NMT 450
 - 453-475,5 MHz i 463-467,5 MHz
 - Razmak kanala 25 kHz, broj kanala 180
- ◆ GSM podaci – 9,6 kbit/s
 - Uz učinkovitije kodiranje 14,4 kbit/s
 - Brzi prijenos podataka komutacijom kanala (*High Speed Circuit Switched Data, HSCSD*)
- ◆ Zauzimanjem 4 fizikalna kanala – **57,6 kbit/s**
- ◆ Samo softverska nadogradnja
- ◆ Nedostatak
 - Preveliko zauzeće spektra

General Packet Radio Service, GPRS

- ◆ Proširenje GSM-a s **komutacijom paketa**
- ◆ Korištenje do 8 kanala iste frekvencije po jednom korisniku
- ◆ Male promjene u pristupnoj mreži
 - BSC se proširuje s **paketskom kontrolnom jedinicom** (*Packet Control Unit, PCU*)
 - PCU se povezuje s paketskim dijelom mreže protokolom IP
- ◆ Brzina prijenosa podataka do 115,2 kbit/s
- ◆ Naplata po količini prometa

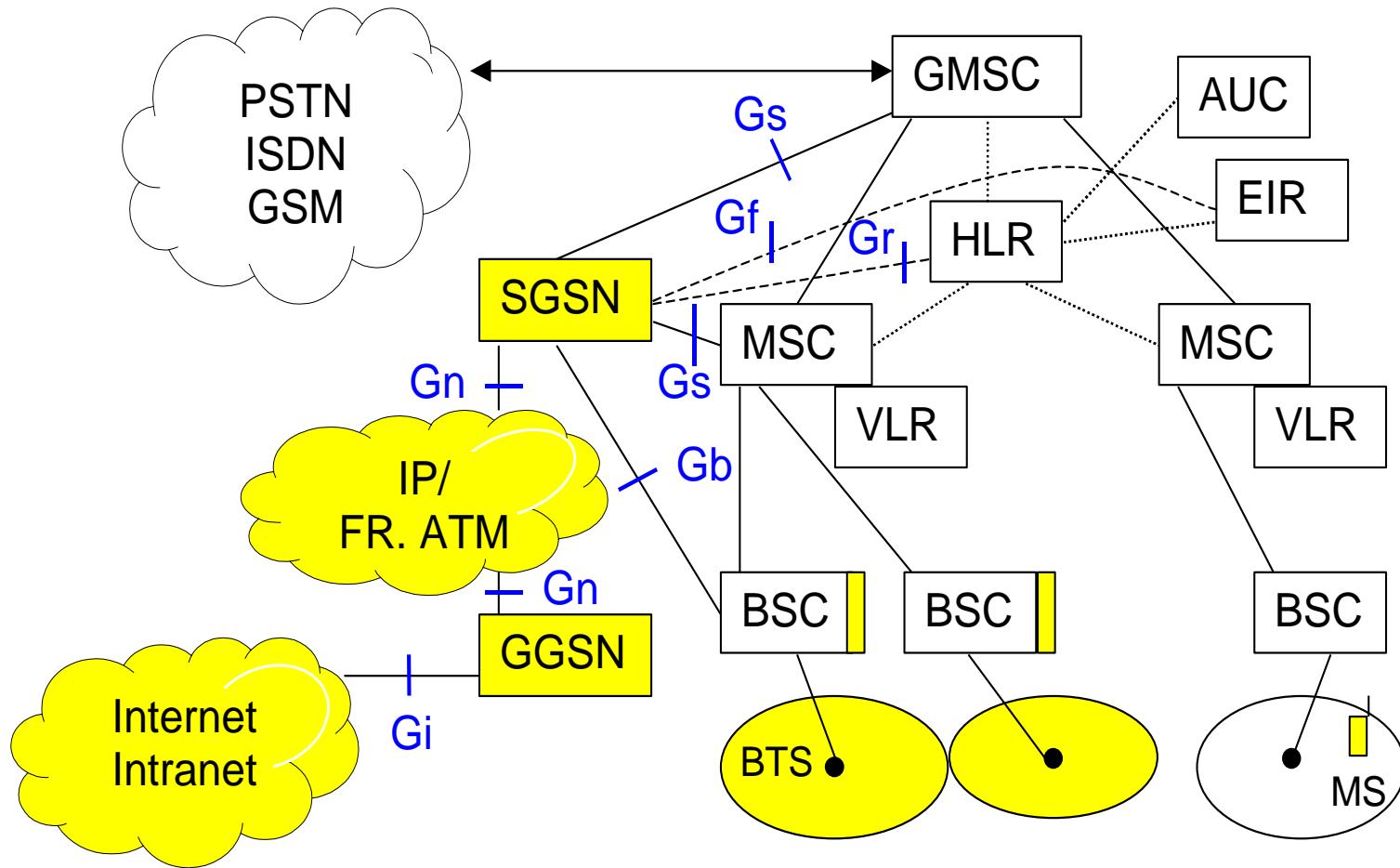
- ◆ Uslužni GPRS potponi čvor (Serving GPRS Support Node, SGSN)
 - Poslužuje korisnika
- ◆ Prilazni GPRS potporni čvor (Gateway GPRS Support Node, GGSN)
 - Povezuje korisnika s drugim podatkovnim mrežama

Arhitektura GPRS mreže



- ◆ Paketizirani podaci u GSM mreži
- ◆ Do 115,2 kbit/s
- ◆ Pristup IP zasnovanim mrežama
- ◆ Naplata prema primljenom/poslanom volumenu podataka, a ne prema trajanju komunikacije
- ◆ Bolja iskoristivost kanala u odnosu na prijenos podataka komutacijom kanala
- ◆ Brzo i jednostavno dodavanje čvorova koji omogućavaju komutaciju paketa u postojeću GSM infrastrukturu
- ◆ Korak bliže trećoj generaciji usluga

GPRS - GSM



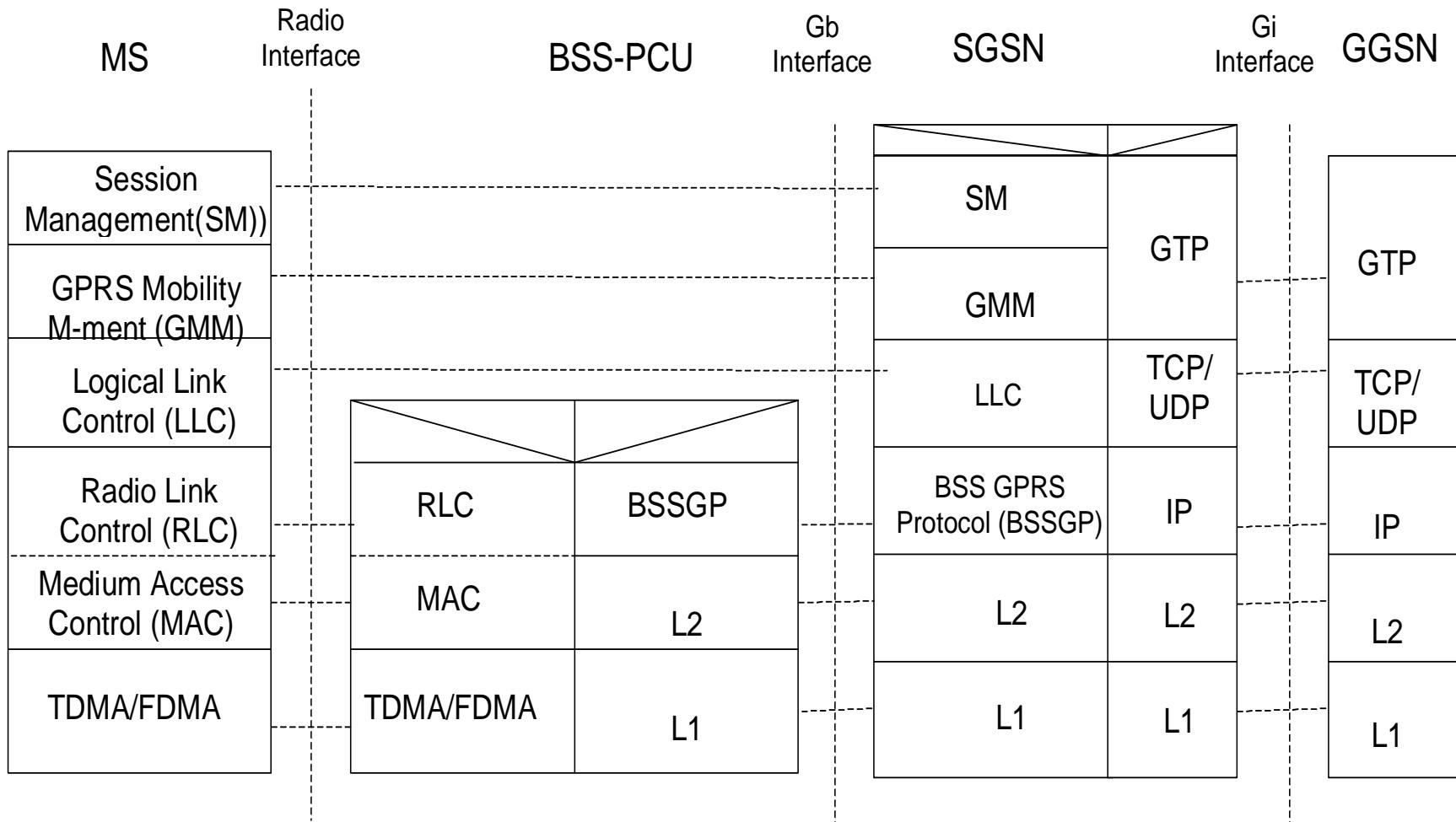
Uslužni GPRS potporni čvor

- ◆ Usmjeravanje paketa iz/u RA od/prema MS
- ◆ Kriptografska zaštita i provjera autentičnosti
- ◆ Upravljanje sesijom
- ◆ Upravljanje pokretljivošću
- ◆ Upravljanje logičkom vezom prema MS
- ◆ Prikupljanje podataka za naplatu
- ◆ Suradnja s HLR, MSC, BSC, GMSC i GGSN

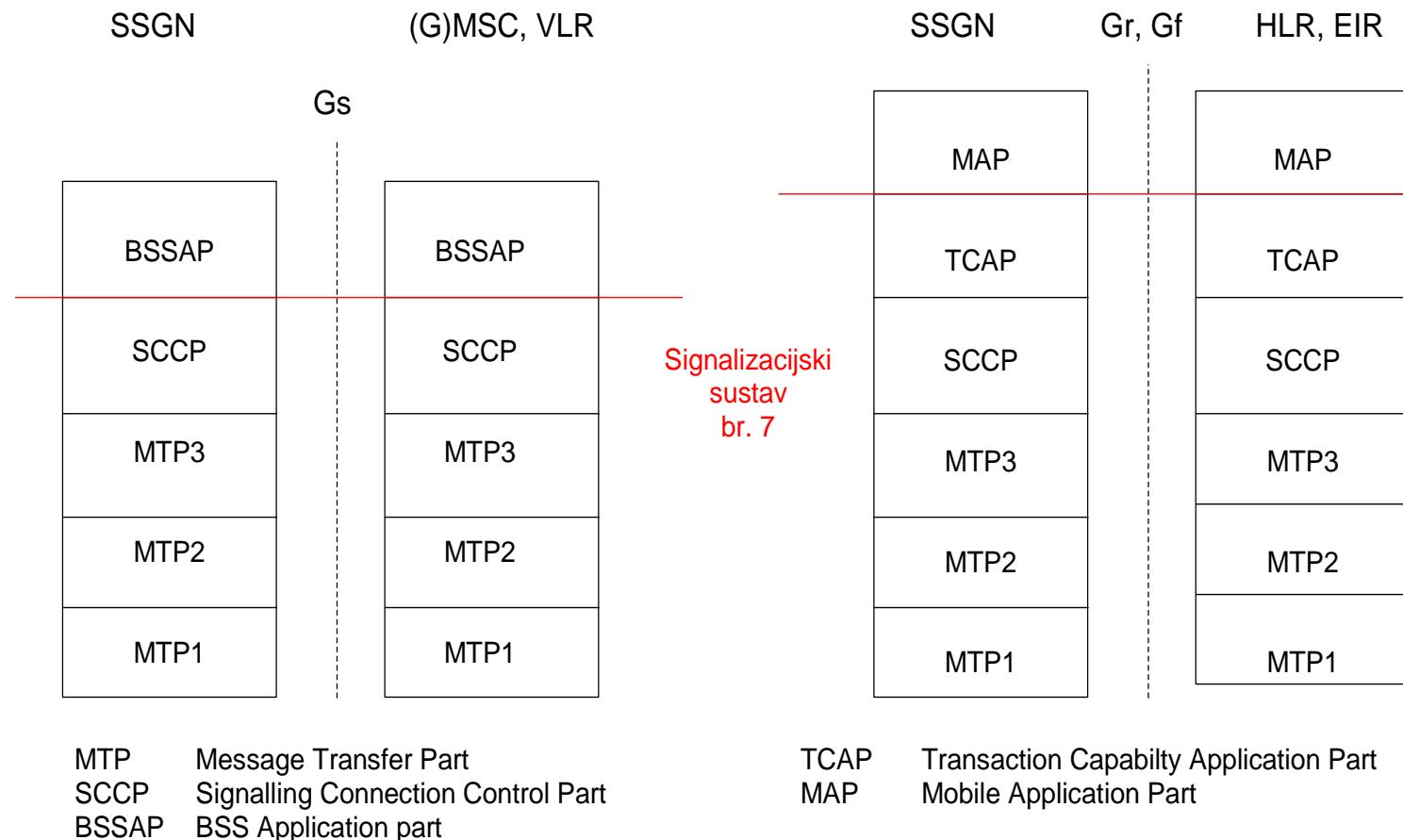
Prilazni GPRS potporni čvor

- ◆ Sučelje prema vanjskim IP mrežama
- ◆ Upravljanje GPRS sesijom i uspostavljanje komunikacije prema vanjskim mrežama
- ◆ Pridruživanje korisnika pravom SGSN
- ◆ Upravljanje pokretljivošću
- ◆ Upravljanje logičkom vezom prema MS
- ◆ Prikupljanje podataka za naplatu
- ◆ Suradnja s SGSN

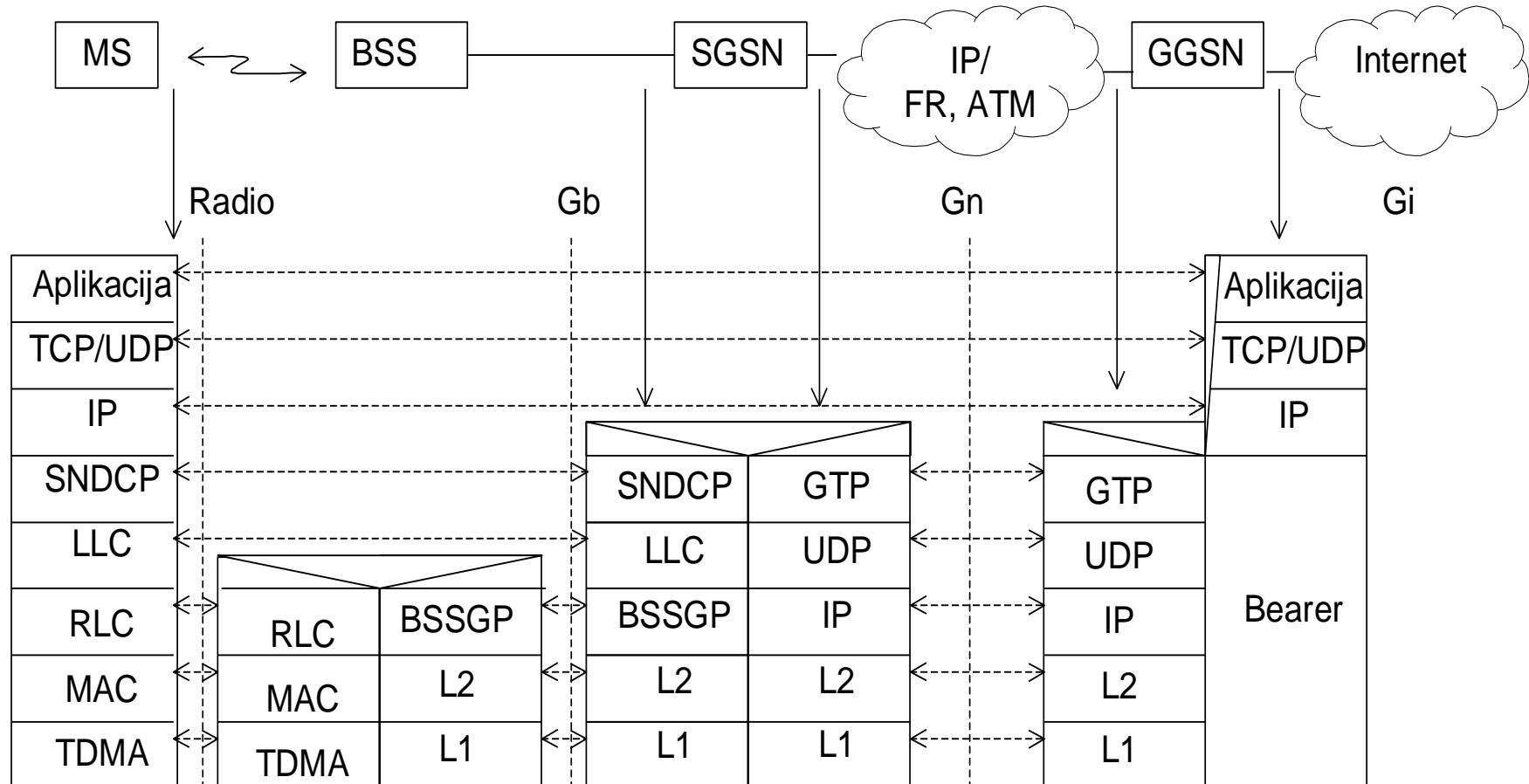
GPRS protokoli: kontrolna/signalizacijska ravnina (1)



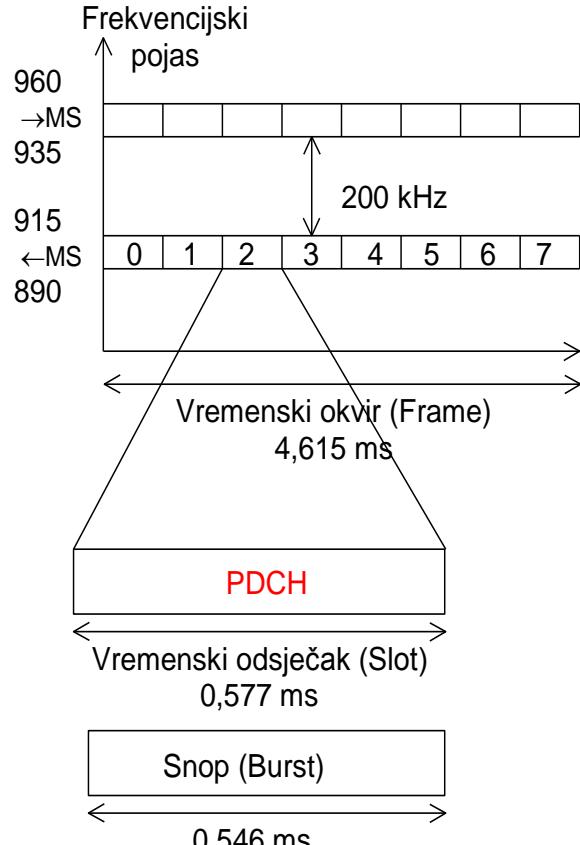
GPRS protokoli: kontrolna/signalizacijska ravnina (2)



GPRS protokoli: korisnička/transmisijska ravnina



GPRS - fizikalni kanal (sloj 1)



Fizikalni kanali:
 $124 \text{ frekvencijskih} \times 8 \text{ vremenskih} = 992$

PDCH (Packet Data CHannel)

- ◆ jedan vremenski odsječak (kao GSM kanal)
- ◆ svaki PDCH mogu rabiti svi korisnici u ćeliji/više PDCH jedan korisnik
- ◆ broj PDCH u ćeliji: fiksan ili se mijenja dinamički (do 4, 8)

Logički kanali

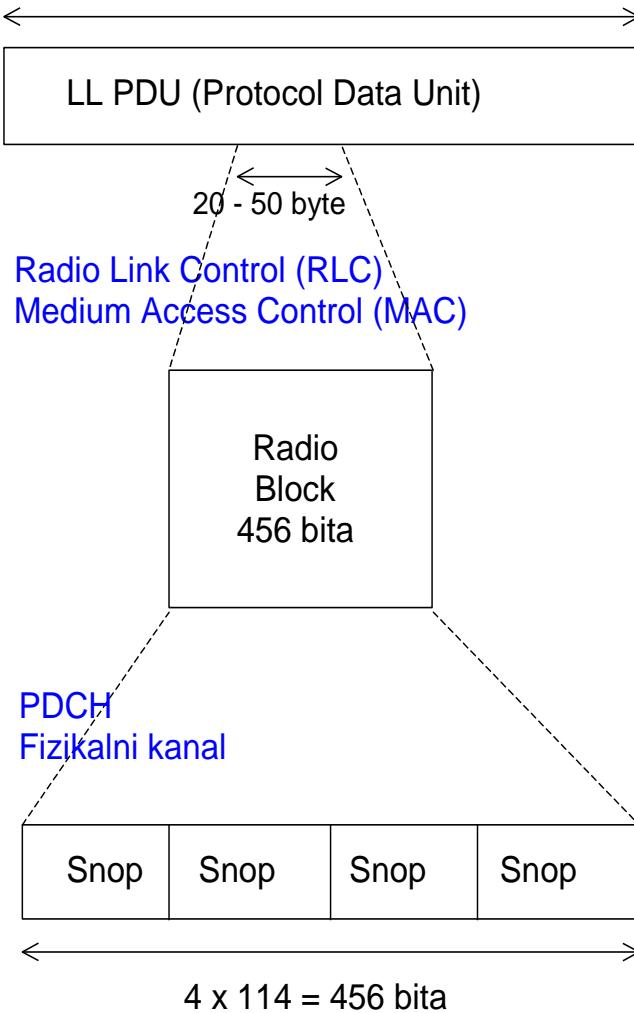
Multiokvir (Multiframe)

$$52 \times \text{okvir} = 240 \text{ ms}$$

GPRS - kontrola i pristup mediju (sloj 2)

Logical Link Control (LLC)

do 1500 byte



Logical Link Control (LLC)

- ◆ prijenos LL PDU između MS i SGSN

Radio Link Control (RLC)

- ◆ kontrola pristupa kanalu

Medium Access Control (MAC)

- ◆ raspoređivanje zahtjeva za kanal

Paketi u pokretnoj mreži

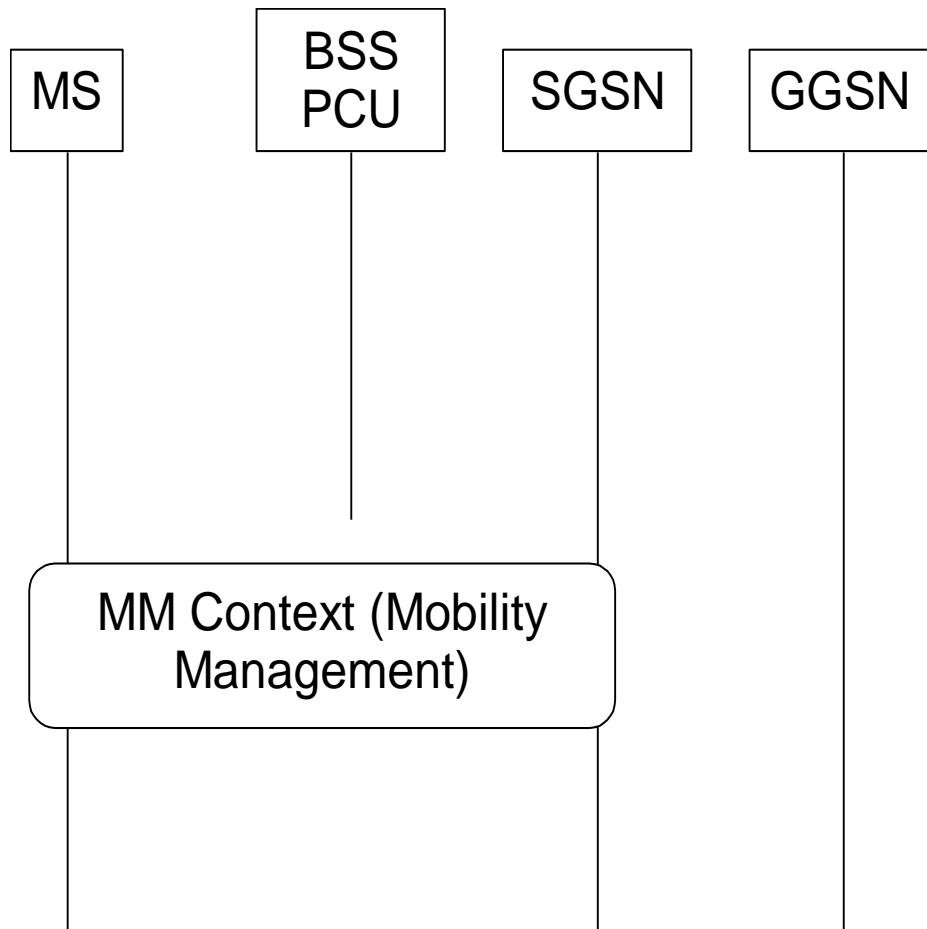
- ◆ Kanal: upravljanje vezom
GSM: Connection Management
- ◆ Paket: upravljanje sesijom
GPRS: Session Management
- ◆ Pokretljivost: zapis o kretanju
GPRS: Mobility Management Context
- ◆ Protokoli: zapis o paketskom protokolu
GPRS: Packet Data Protocol Context
- ◆ Radio kanal: fizikalni kanal dodijeljen paketima
GPRS: Temporary Block File

Mobility Management (MM)

Zapis o kretanju MS: MM Context

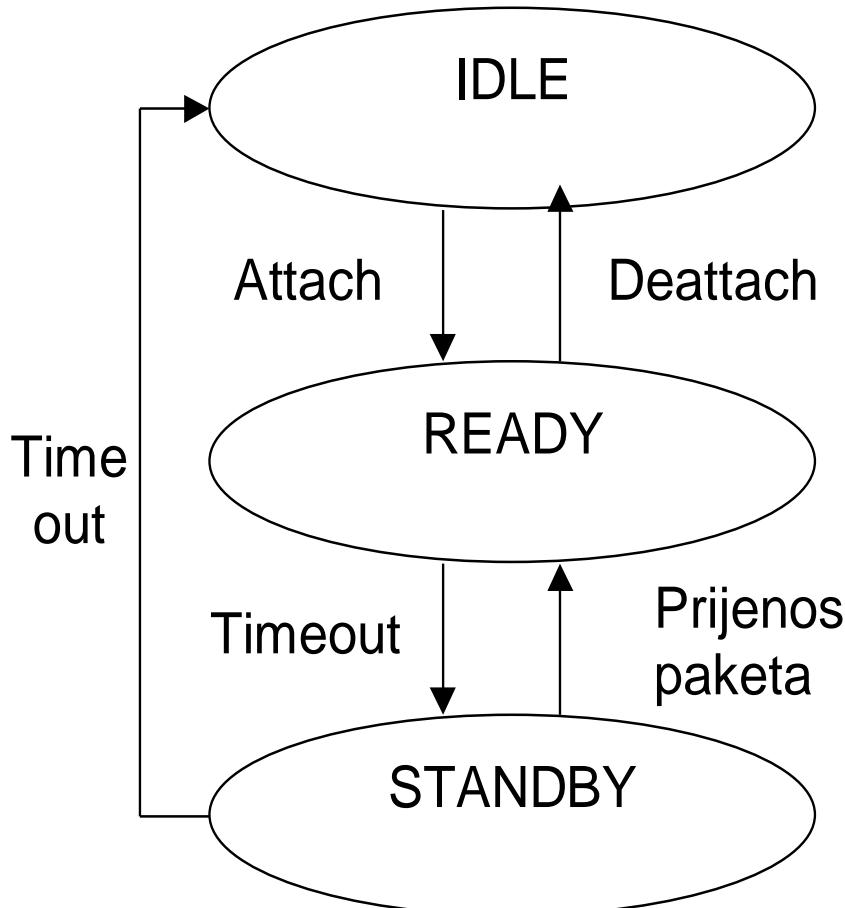
Stanje MS: Idle, Standby, Ready

- ◆ lociranje i praćenje kretanja MS
- ◆ ažuriranje područja usmjeravanja (RA - Routing Area) u Standby stanju
- ◆ ažuriranje ćelije u Ready stanju



MM Context

- ◆ zapis o kretanju MS
(MS, SGSN)



Idle

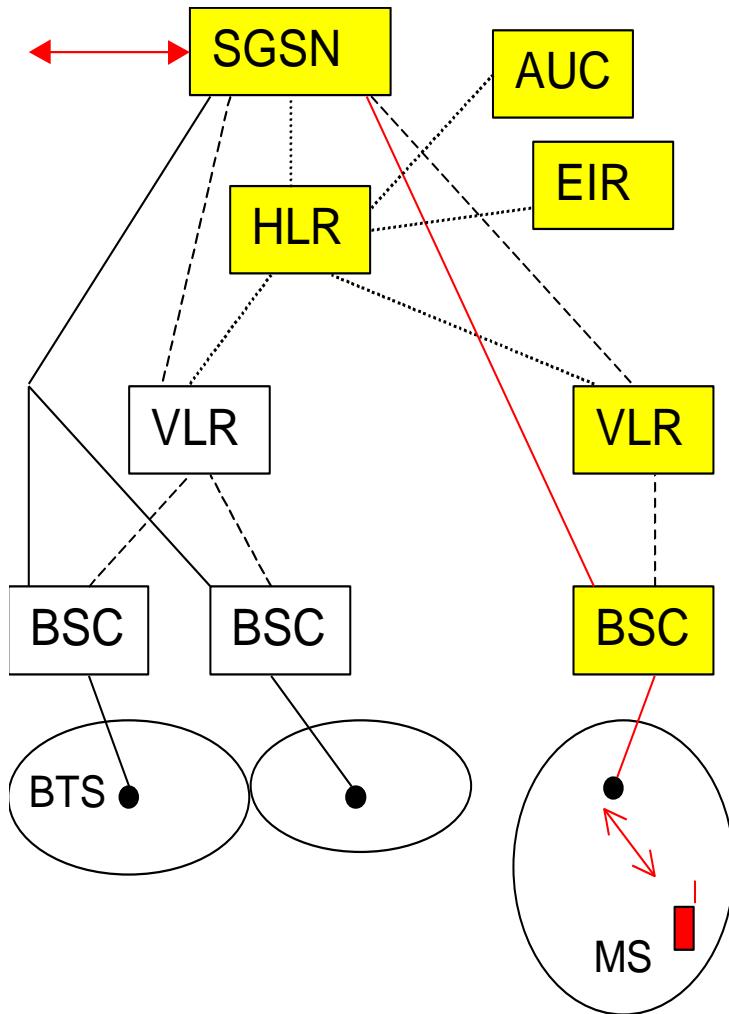
- ◆ MS “ON”, ali nije uključen u mrežu

Ready

- ◆ omogućen prijenos paketa
- ◆ ažuriranje ćelije pri kretanju

Standby

- ◆ MS uključen u GPRS
- ◆ ažuriranje lokacije pri kretanju (RA)



Uključivanje (Attachment)

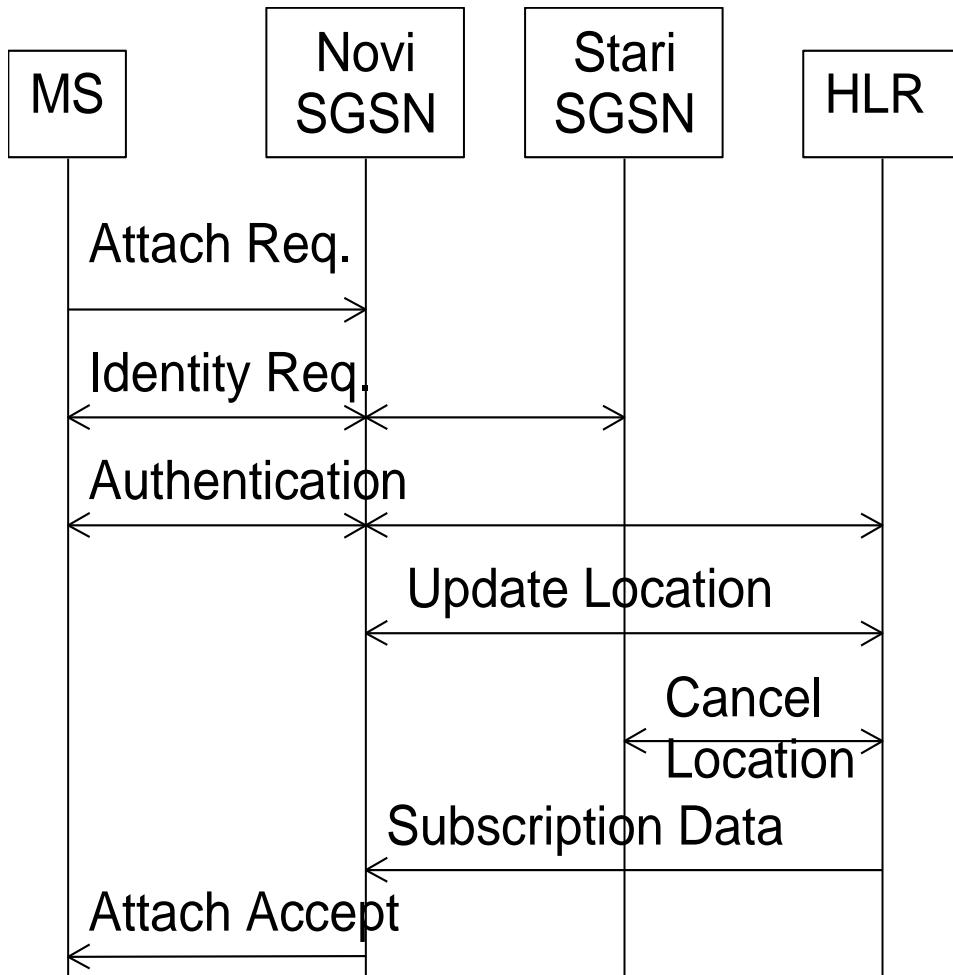
MS šalje zahtjev SGSN

- ◆ provjera autentičnosti (AUC) i identiteta opreme (EIR)
- ◆ nova lokacijska informacija u VLR-u i HLR-u
- ◆ SGSN vraća potvrdu

Rezultat

- ◆ RA u kojem je MS je poznat
- ◆ pokrenuto upravljanje pokretljivošću

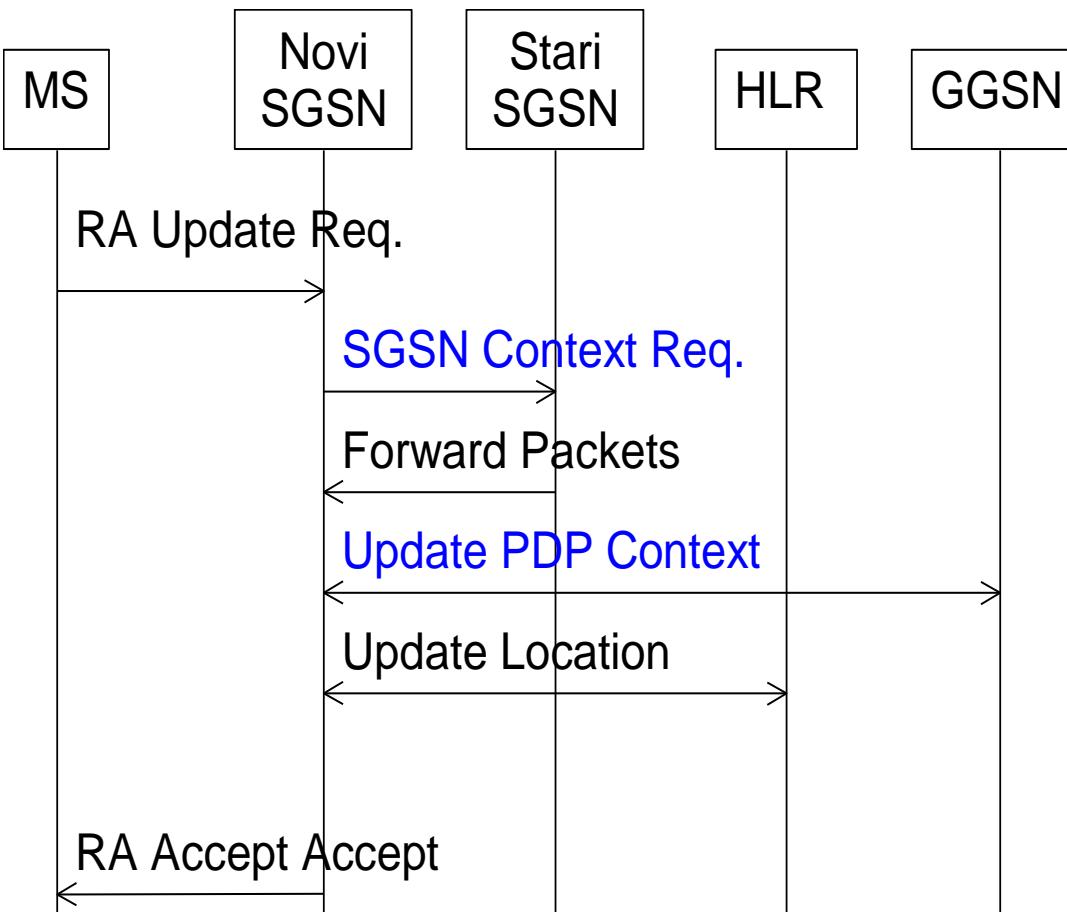
GPRS Attach



MS OFF -> ON
MS stanje Idle -> Ready

Stvara se MM Context u
MS i SGSN (zapis o
kretanju)

GPRS Routing Area Update



SGSN Context sadrži:

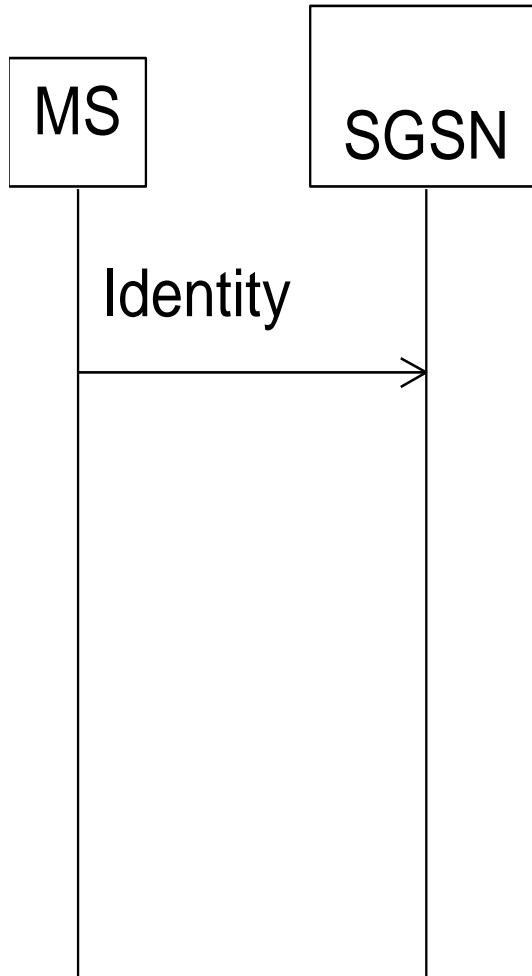
MM Context

PDP Context

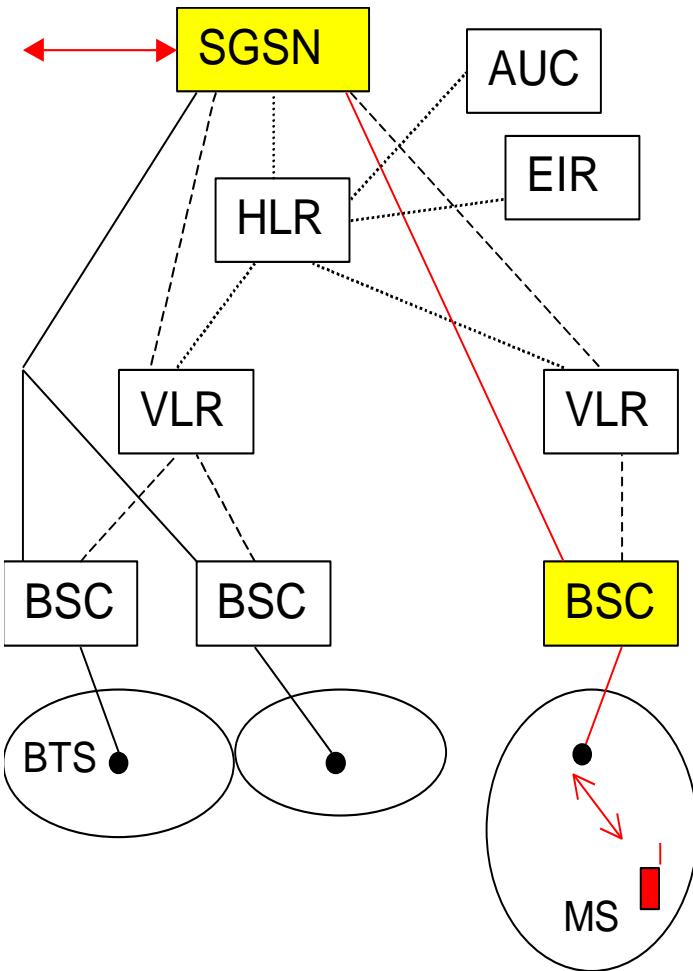
PDP Packet Data
Protocol

Zapis karakteristika veze

GPRS Cell Update



- ◆ Promjena lokacije unutar RA

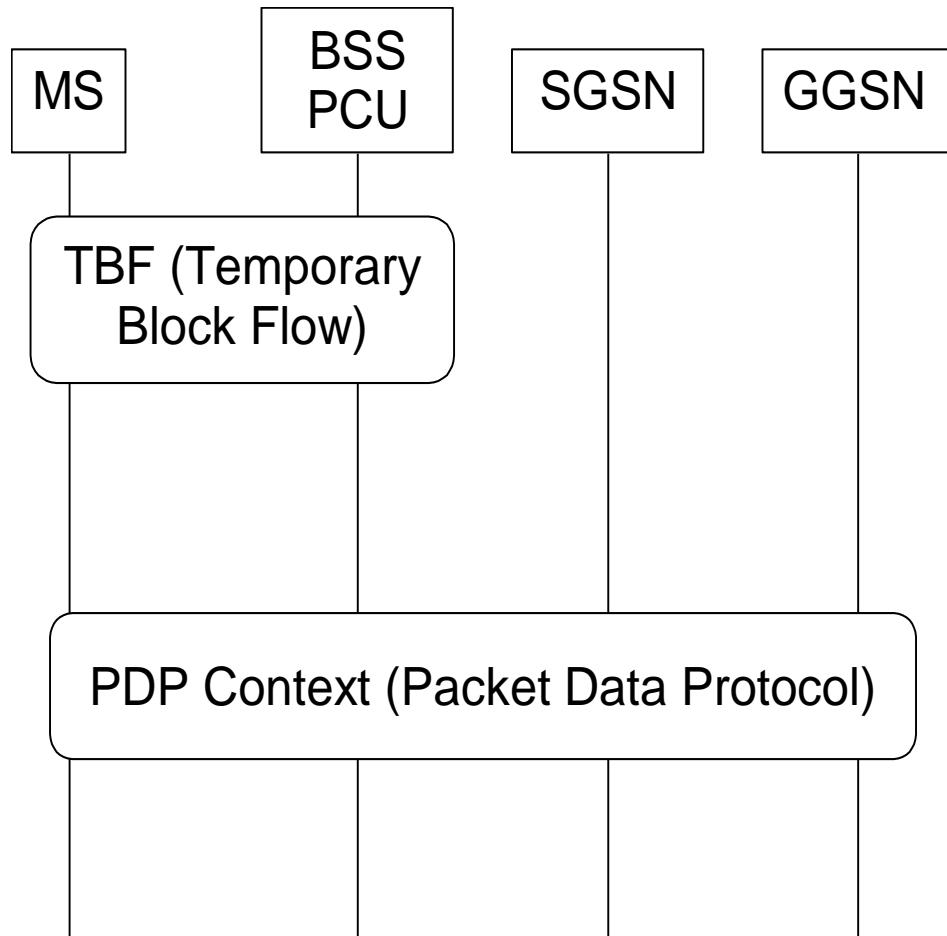


MS odašilje pakete prema mreži

- ◆ MS zahtijeva kanal BTS - BSC
- ◆ MS dobiva kanal
- ◆ MS odašilje pakete prema SGSN

MS prima pakete iz mreže

- ◆ SGSN šalje zahtjev do BSC
- ◆ MS dobiva kanal
- ◆ SGSN šalje podatke prema MS



TBF

- ◆ opis komunikacije na radio sučelju (PDCH kanali za MS)

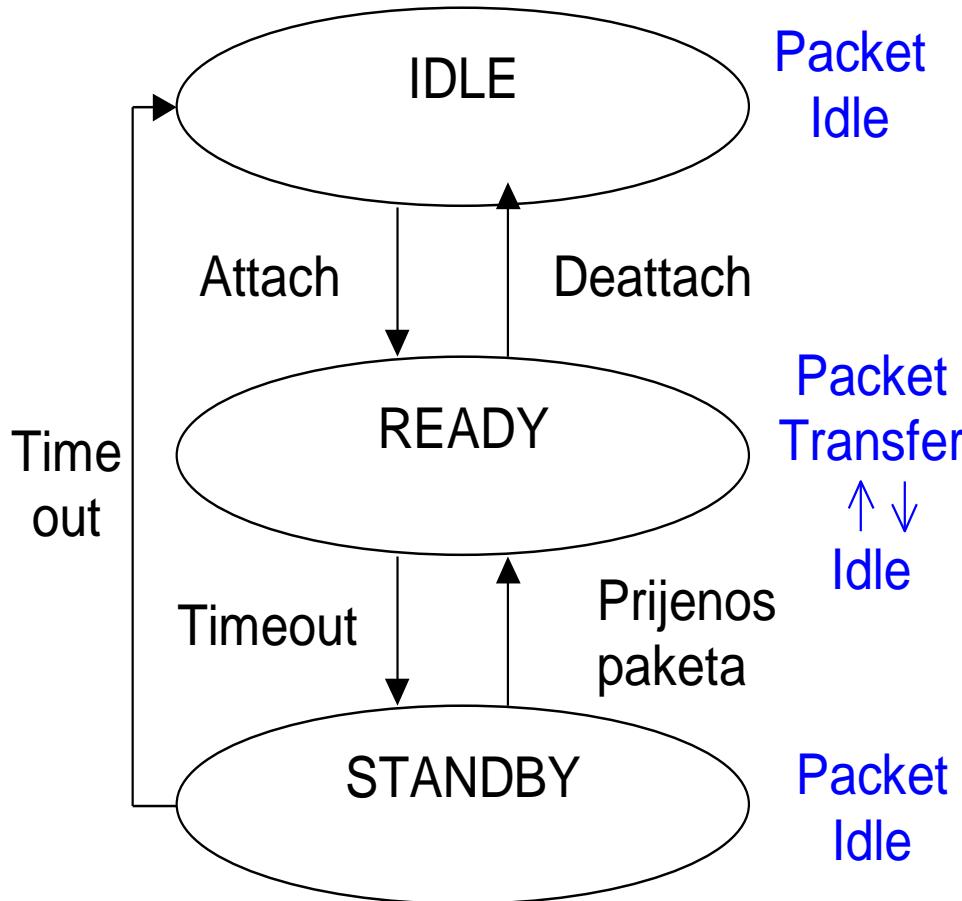
PDP Context

- ◆ zapis o karakteristikama veze: vrsta mreže, adresa pristupne točke, protokoli, QoS, ... (MS, BSS-PCU, SGSN, GGSN)

Packet Data Protocol Context

- ◆ zapis o karakteristikama veze pohranjen u MS, HLR, SSGN i GGSN
- ◆ određuje komunikaciju MS - GGSN
- ◆ koristi se za komunikaciju MS s vanjskom mrežom (Internet)
- ◆ aktivira se pri uključivanju MS ili komandom prije početka komunikacije

Stanja komunikacije



Packet Idle

- ne postoji TBF

Packet Transfer

- postoji TBF s jednim ili više PDCH

TBF (Temporary Block Flow)

- ◆ dodjeljuje PCU za prijenos paketa od/prema MS
- ◆ MS može imati TBF u jednom ili oba smjera

TFI (Temporary Flow Identity)

- ◆ označava pojedini TBF
- ◆ MS pri dodjeli TBF dobiva informaciju o PDCH koje koristi i TFI

Acknowledged/Unacknowledged Transfer

- ◆ retransmisijska/bez retransmisijska na radijskom sučelju

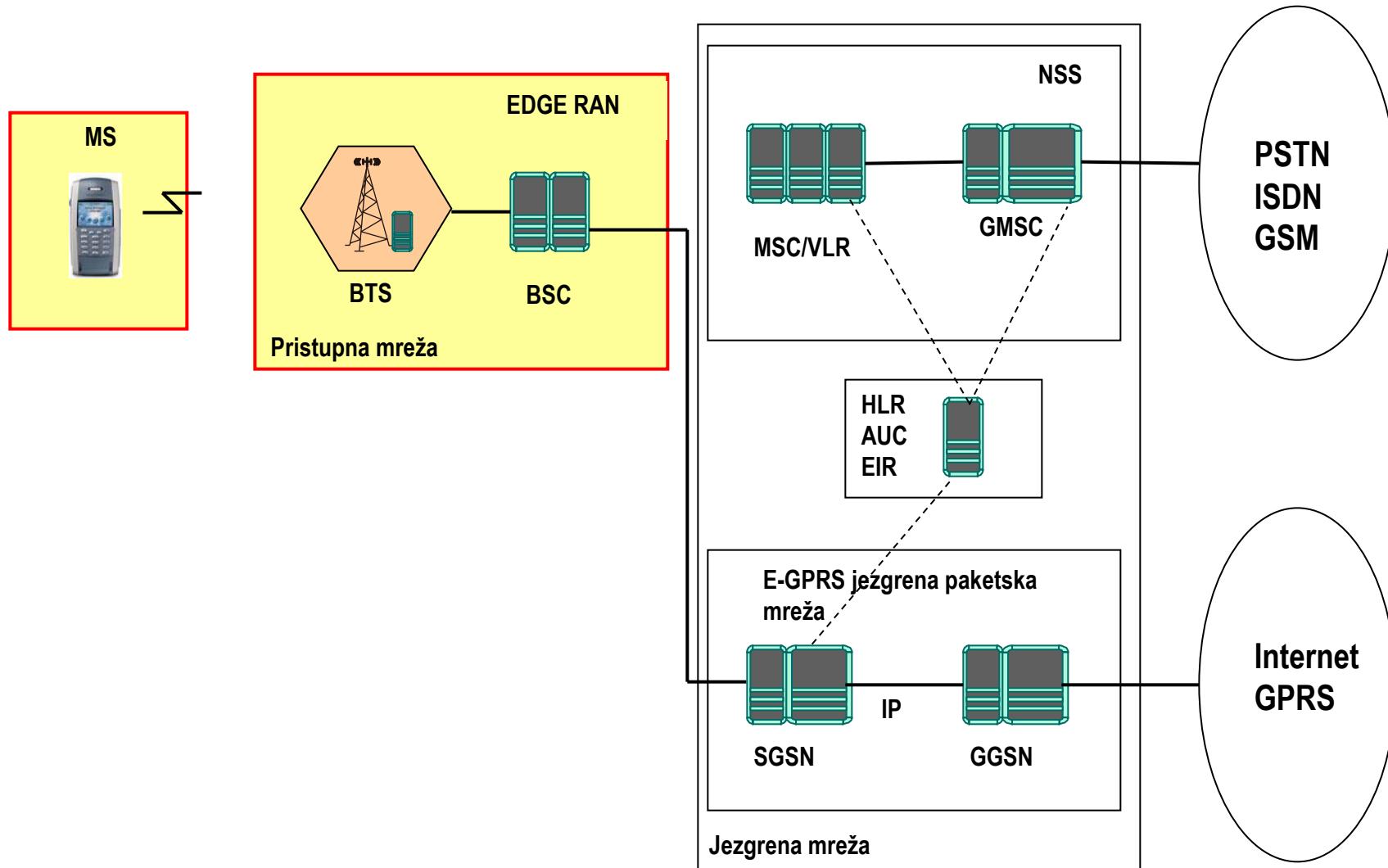
- ◆ MS u stanju **Standby**, MS inicira prijenos, šalje **Packet Channel Request** do BSS-PCU u dodijeljenom fizikalnom kanalu
- ◆ PCU odgovara s **Packet Uplink Assignment** poruku do MS (sadrži popis fizikalnih kanala i TFI) čime joj dodjeljuje TBF

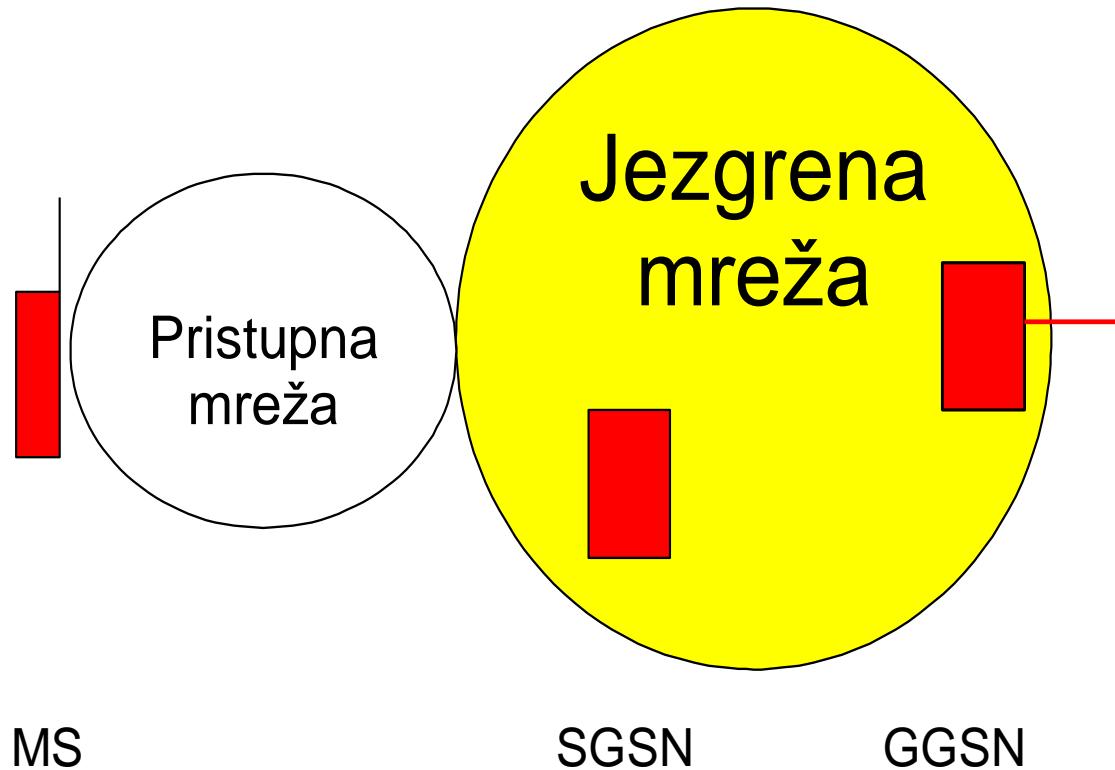
- ◆ MS u stanju **Standby**, PCU inicira prijenos pozivanjem MS (SSGN šalje **BSSGP Paging Request** do BSS-PCU koji poziva MS u fizikalnom kanalu koji osluškuje MS)
- ◆ MS odgovara s **Paging Response** (poruka transparentno prolazi kroz BSS do SSGN) i prelazi u stanje **Ready**
- ◆ PCU šalje **Packet Downlink Assignment** poruku do MS (sadrži popis PDCH i TFI) čime joj dodjeljuje TBF

Enhanced Data rates for Global Evolution, EDGE

- ◆ Zahtijeva **veću promjenu radijskog dijela** pristupne mreže
 - Sustav baznih postaja E-RAN (EDGE Radio Access Network)
- ◆ Uvodi **promjenu modulacijskog postupka** u GSM mreži
 - Umjesto GMSK primjenjuje se 8PSK (*8 Phase Shift Keying*)
 - Umjesto 14,4 kbit/s dobiva se 48 kbit/s po jednom kanalu
 - Zauzimanje 8 kanala na istoj frekvenciji, $48 \times 8 =$ **384 kbit/s**
- ◆ Nedostatak
 - Poboljšanu brzinu prijenosa podataka **nije moguće postići unutar cijelog područja pokrivanja ćelije**

Arhitektura mreže EDGE





- ◆ Adresiranje mrežne infrastrukture:
 - Serving GPRS Support Node (SGSN) -> radio
 - Gateway GPRS Support Node (GGSN) -> IP mreža
- ◆ Adresiranje pokretne postaje

Uslužni (SGSN)

- ◆ usmjeravanje paketa od/prema MS
- ◆ upravljanje pokretljivošću i upravljanje logičkom vezom prema MS

Prilazni (GGSN)

- ◆ sučelje prema vanjskim IP mrežama
- ◆ pridruživanje korisnika SGSN-u
- ◆ (DNS, DHCP, NAT)

Isto rješenje za paketsku komunikaciju kao GPRS imaju i EDGE i UMTS!

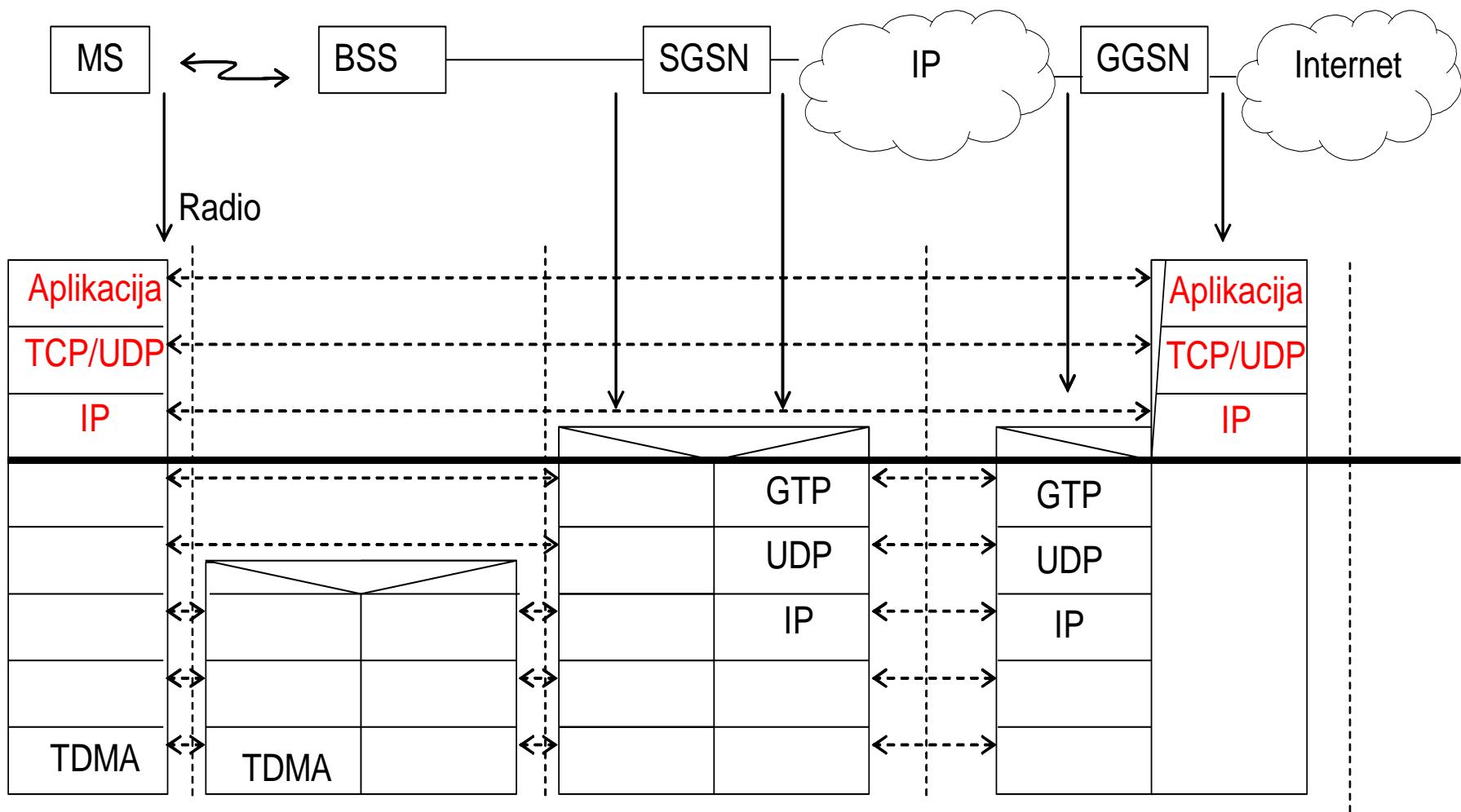
Dodjela IP adrese

- ◆ GGSN dodjeljuje IP adresu MS tijekom aktiviranja PDP Contexta
- ◆ Moguće su statičke i dinamičke adrese, ali zbog IPv4 ograničenja rabi se samo dinamičko adresiranje
- ◆ **Privatne adrese**
 - ograničeni broj adresa
 - nemogućnost adresiranja i usmjeravanja preko Interneta
 - nemogućnost dobivanja jedinstvene adrese
- ◆ **Javne adrese**
 - posjedovanje jedinstvene adrese, adresiranje preko Interneta

Korištenje adresa

- ◆ GPRS entiteti mrežne infrastrukture moraju imati jedinstvenu (javnu) adresu, na globalnoj osnovi
- ◆ Zbog ograničenog adresnog prostora IPv4, nije moguće ostvariti da svaki MS ima svoju registriranu javnu IP adresu – MS dobivaju privatnu adresu
- ◆ NAT (Network Address Translation)
 - mehanizam prevođenja adresa (privatna - javna)
 - GPRS pokretnoj stanici sa privatnom IP adresom dodjeljuje se javna adresa koja je raspoloživa za vrijeme trajanja veze s vanjskom IP mrežom

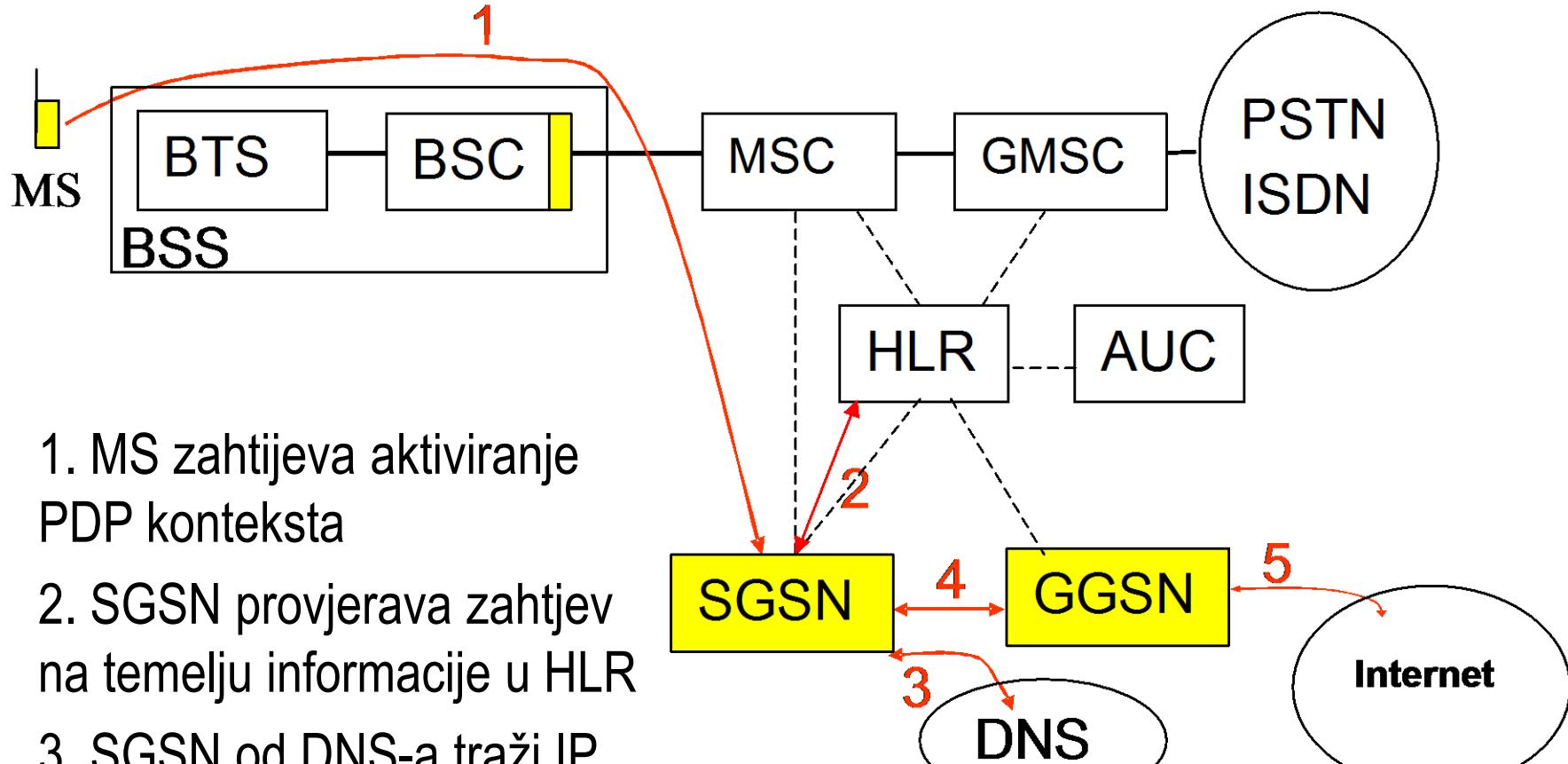
Pristup Internetu (1)



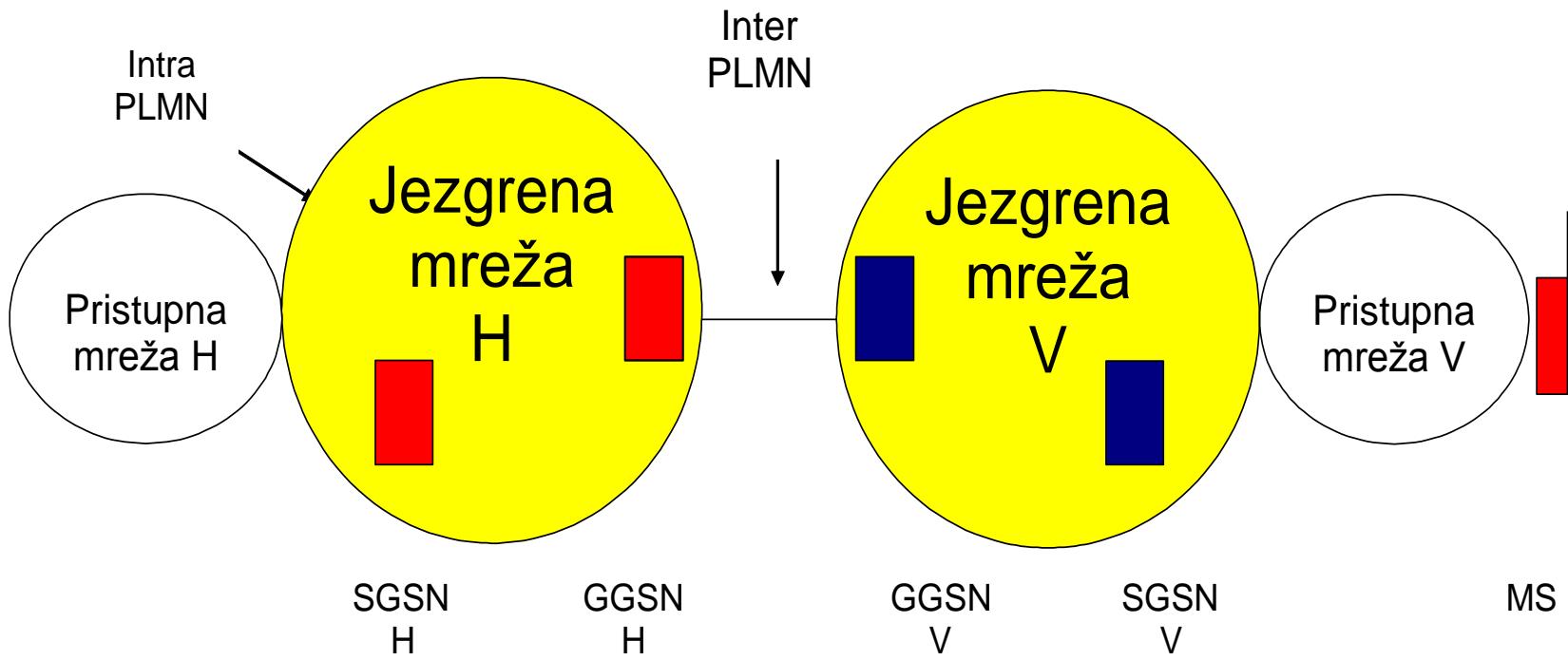
Komunikacija na relaciji korisnička oprema – GGSN:

- ◆ Parametri veze sadržani u PDP kontekstu (*Packet Data Protocol Context*) koji je pohranjen u korisničkoj opremi (GPRS: Mobile Station, MS), HLR-u, SGSN-u i GGSN-u
- ◆ PDP kontekst aktivira se pri uključivanju korisničke opreme ili komandom prije početka komunikacije
- ◆ GGSN dodjeljuje IP adresu korisničkoj opremi tijekom aktiviranja PDP konteksta:
 - privatna IP adresa se primjenjuje unutar vlastite mreže,
 - javna IP adresa se primjenjuje za vanjsku komunikaciju

Pristup Internetu (3)



GPRS prelaženje (roaming)



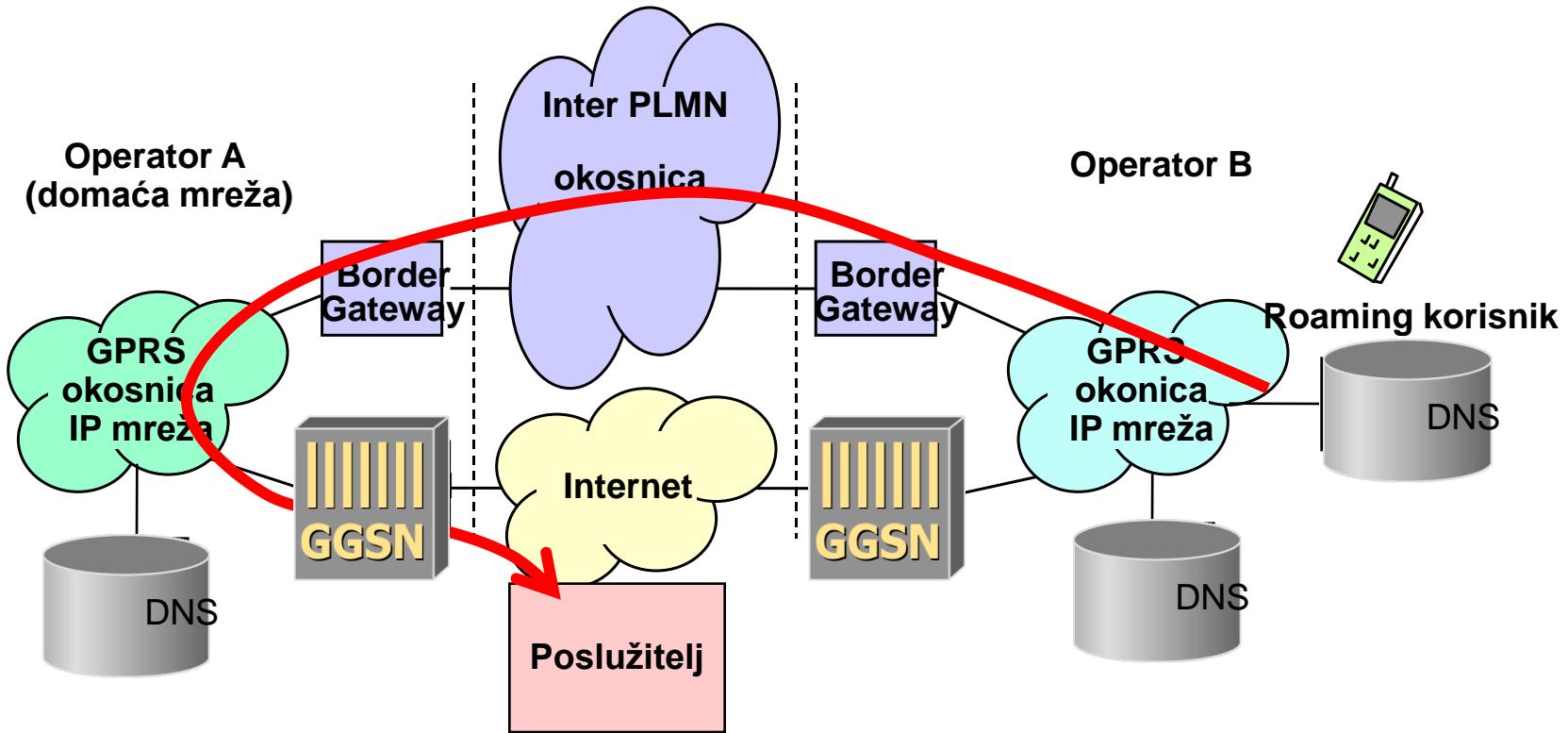
IP adresiranje GPRS mreže

- ◆ Prelaženje: SGSN iz jedne mreže povezuje se sa GGSN iz druge mreže
- ◆ Veza preko inter-PLMN mrežne okosnice

Postupak prelaženja

- ◆ Mobility Management - odgovoran za funkcionalnost prelaženja
- ◆ Standardizirane aktivnosti prilikom odlaska korisnika u posjećenu mrežu
 - uključivanje MS
 - aktivacija PDP konteksta
 - razmjena DNS podataka
 - uključivanje graničnog prilaza (BG - Border Gateway) radi sigurnosti

Usmjeravanje prometa

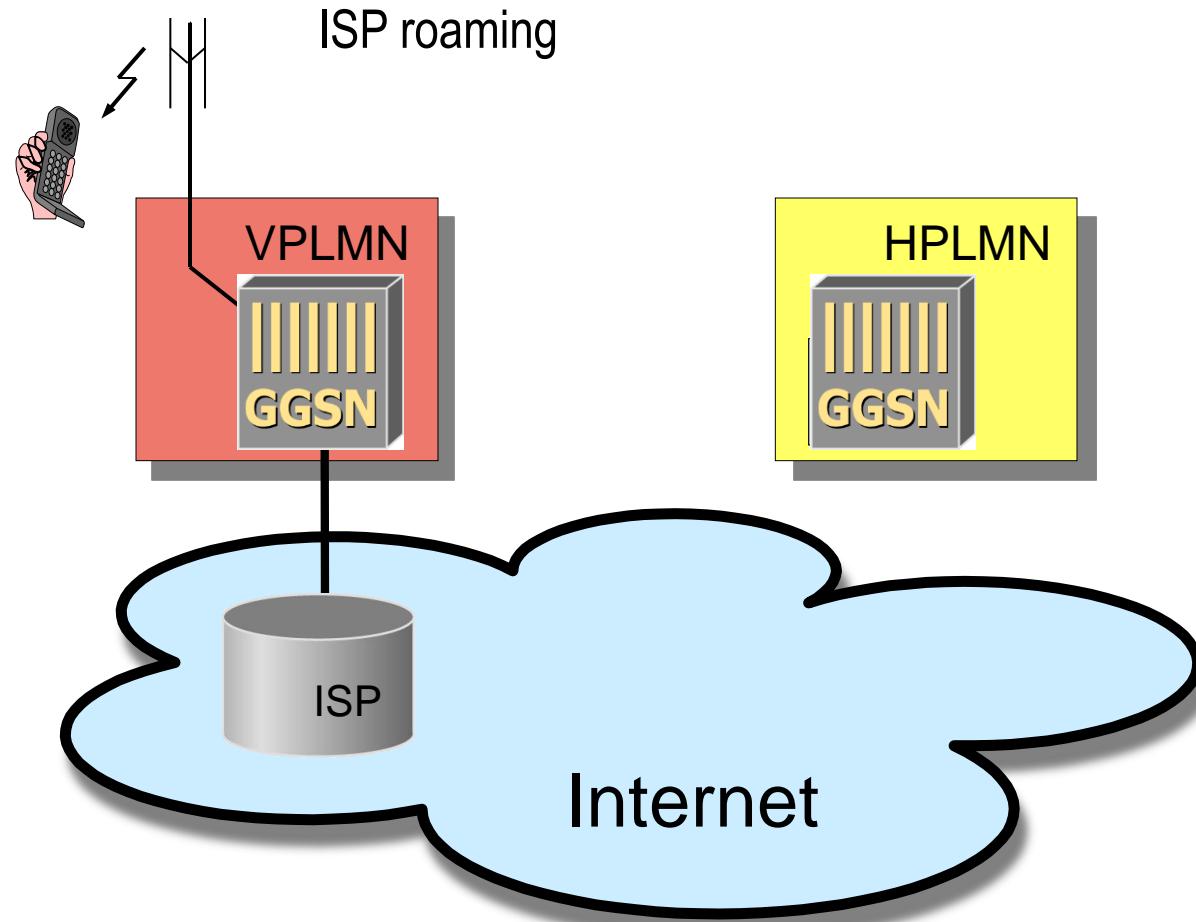


- ◆ Svrha sporazuma o prelaženju (*roaming agreement*) je:
 - da pretplatnicima operatora A omogući korištenje GPRS usluga u drugim mrežama kao i u svojoj mreži
 - da pretplatnicima drugih operatora omogući korištenje GPRS usluga u mreži operatora A kao i u njihovim domaćim mrežama
 - izvršiti naplatu korištenja GPRS usluga korisnicima drugih operatora kao i svojim domaćim korisnicima

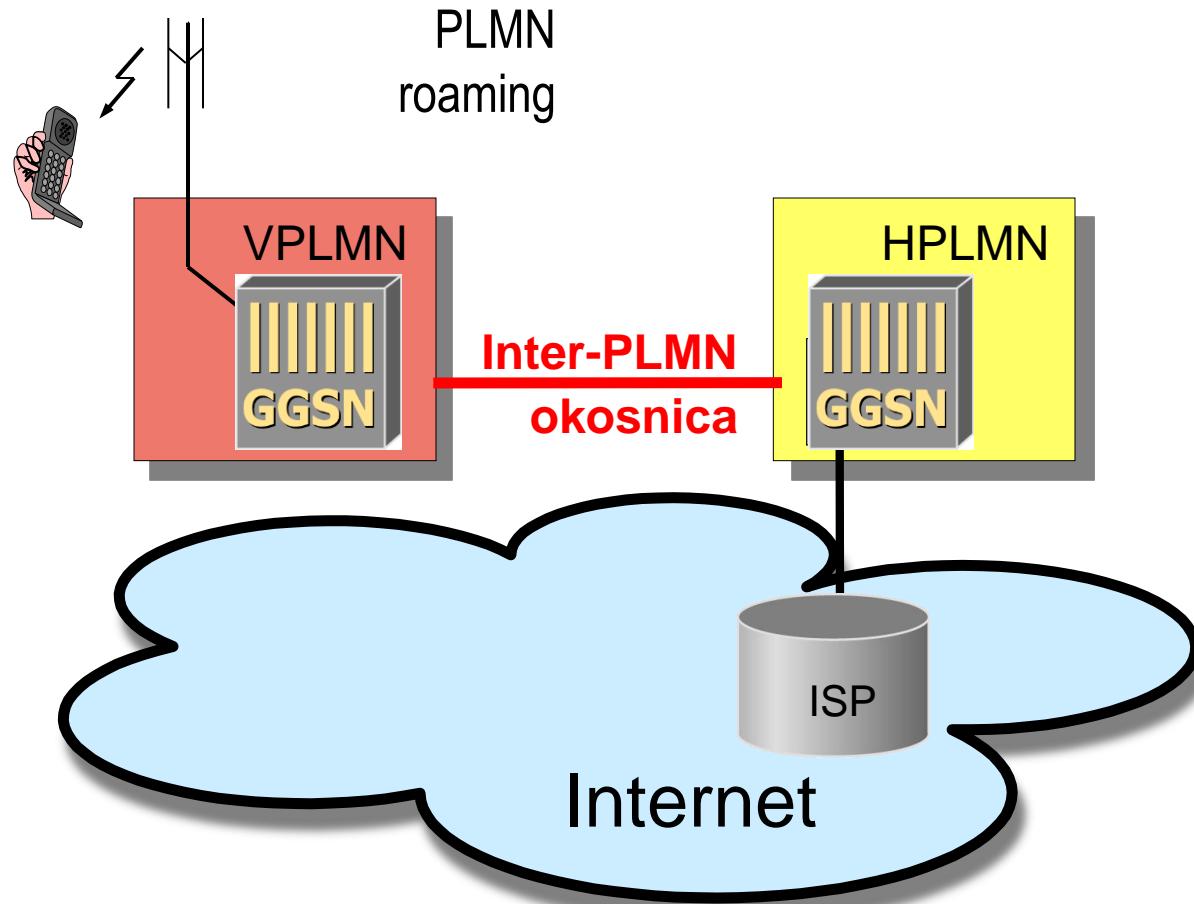
Gostujući korisnici

- ◆ Ako je sporazum o prelaženju zadovoljen gostujući (roaming) pretplatnik može koristiti:
 - radio resurse u VPLMN (Visitor Public Land Mobile Network)
 - GGSN u HPLMN (Home Public Land Mobile Network)
- ◆ Ovisno o korisničkoj informaciji u HLR
 - roaming korisnik može koristiti GGSN entitete u VPLMN

GPRS prelaženje (1)



GPRS prelaženje (2)





Preddiplomski studij

Javna pokretna mreža

3.

Ćelijski koncept i arhitektura GSM mreže

Ak.g. 2013./2014.

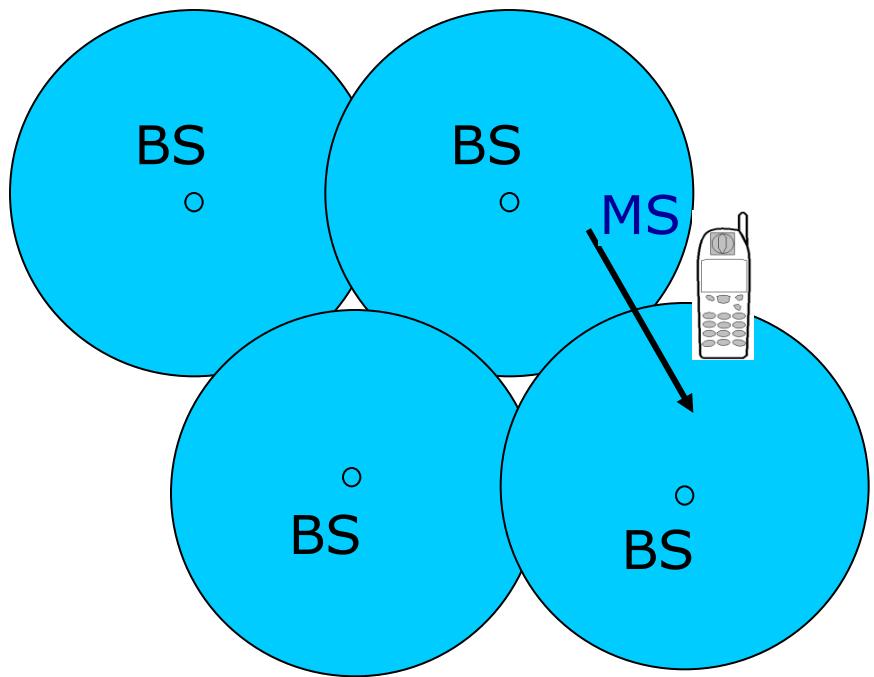
14.4.2014.

Teme predavanja

- Ćelijski koncept
 - lokacijsko područje
 - ponavljanje frekvencija
 - makro, mikro i pikoćelije
 - povećanje kapaciteta
 - prednosti i nedostatci
- Arhitektura GSM sustava
 - Korisnički terminal
 - Pristupna mreža
 - Jezgrena mreža
 - Sigurnost
 - Sučelja
 - Signalizacija

GSM mreža sastoji se od velikog broja ćelija s baznim postajama (BS - *Base Station*) u centru svake ćelije, na koje se povezuju mobilne postaje (MS) za vrijeme poziva.

Ćelija je područje pokriveno jednim radijskim primopredajnim sustavom.



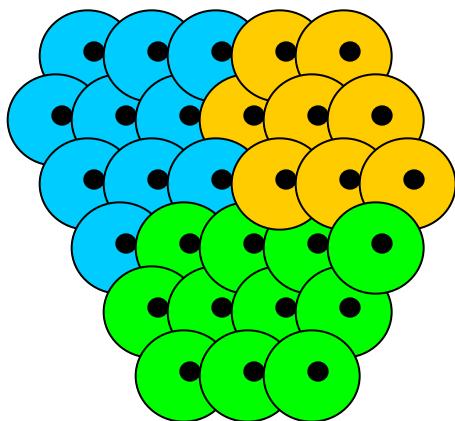
Dijagram zračenja antenskog sustava, izračena snaga bazne postaje, kao i konfiguracija terena određuju oblik i veličinu ćelije (100 m do 35 km).

Ako se MS u fazi poziva pomiče između dvije ćelije, poziv se ne prekida, jer mreža podržava pokretljivost i prekapčanje veze - *handover (hand-off)*.

GSM mreža podijeljena je na lokacijska područja (LA – *Location Area*), koja mogu sadržavati više ćelija.

Lokacijsko područje čini skup ćelija koje pripadaju jednom pokretnom komutacijskom centru (MSC - *Mobile Switching Center*) s više baznih postaja.

Lokacijsko
područje 1

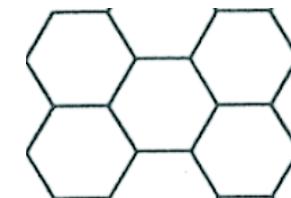
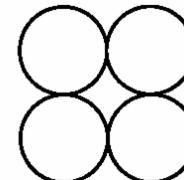
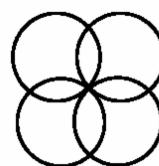


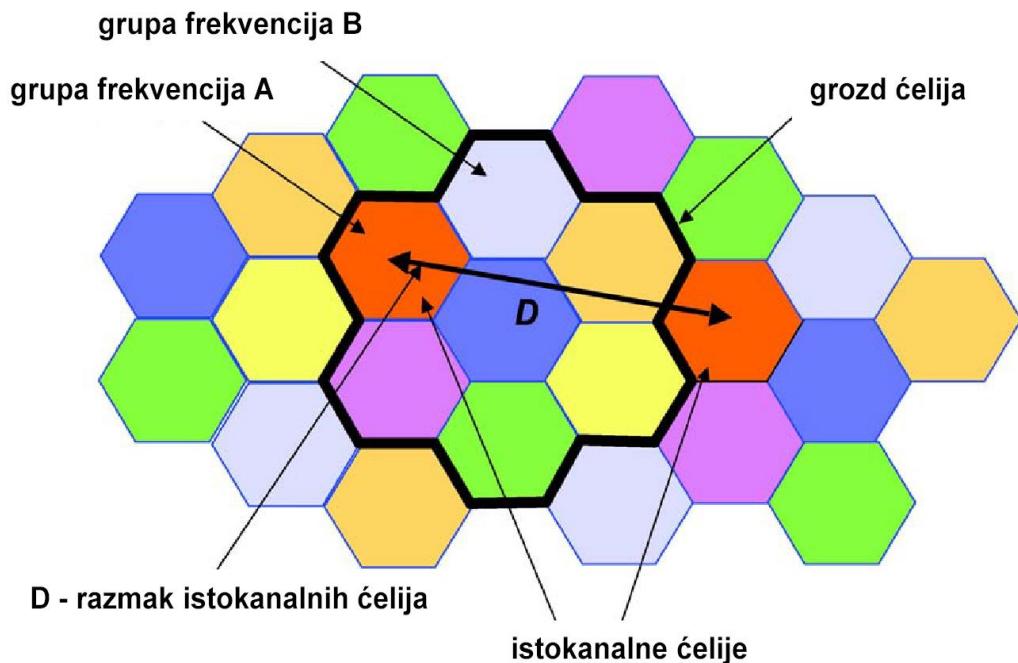
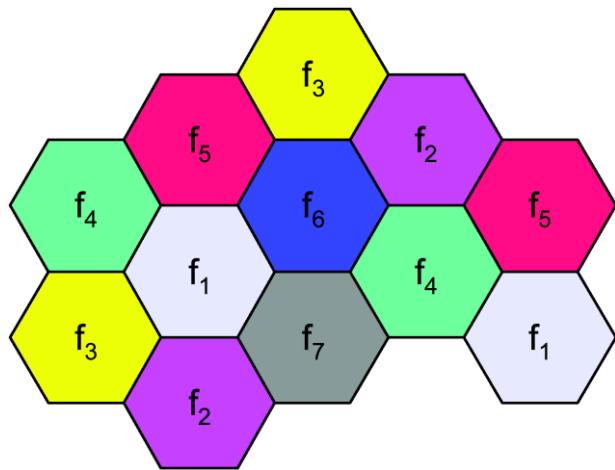
Lokacijsko
područje 2

Lokacijsko
područje 3

Da se izbjegnu smetnje zbog istokanalne interferencije, u susjednim ćelijama ne smiju se koristiti iste frekvencije.

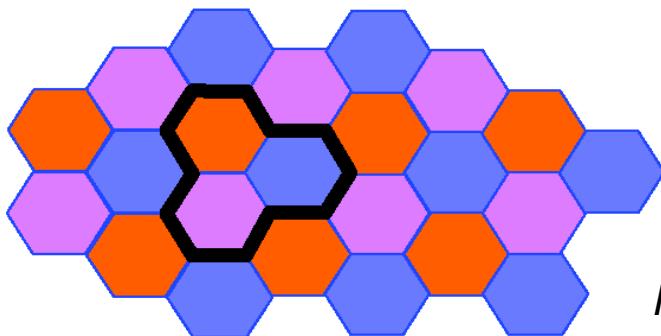
Kako uz kružni oblik ćelije postoji preklapanje ili nedostatno pokrivanje, oblik ćelije najčešće se idealizirano aproksimira pravilnim šesterokutom



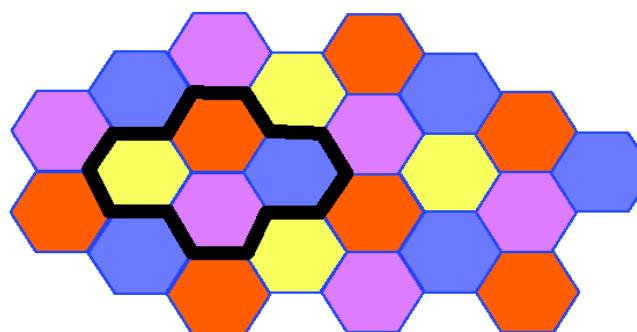


Ćelijski koncept s ponavljanjem frekvencija osigurava povećanje kapaciteta sustava.

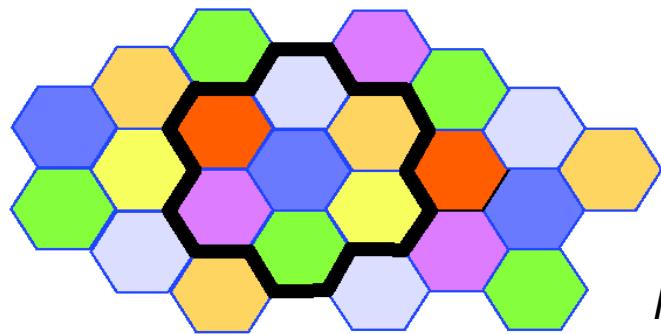
Grozd ćelija (*cell cluster*) je grupa ćelija kod kojih su iskorištene sve frekvencije iz korištenog frekvencijskog pojasa.



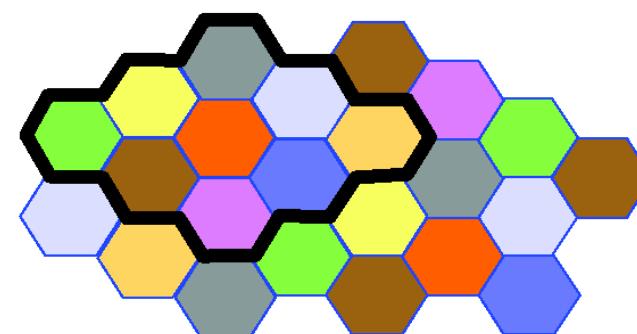
$N = 3$



$N = 4$



$N = 7$



$N = 9$

Unutar javne pokretne mreže može se koristiti različiti broj ćelija u grozdu N , kod kojih su jednom iskorištene sve frekvencije iz korištenog frekvencijskog pojasa.

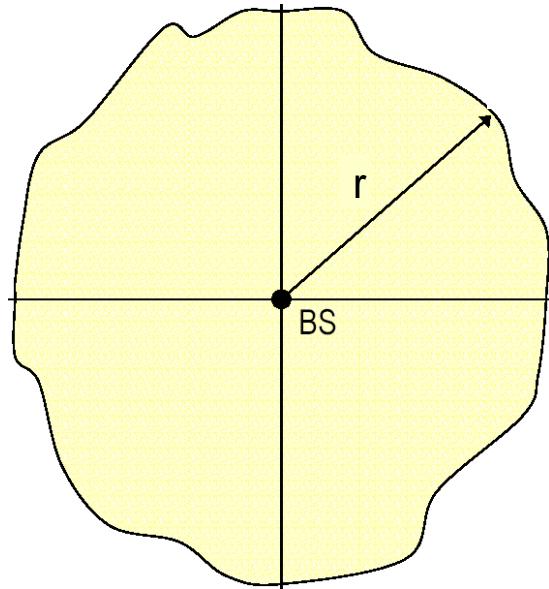
Svakoj baznoj postaji dodjeljuje se određeni broj raspoloživih prijenosnih frekvencija, a unutar grozda ćelija iskorištene su sve raspoložive frekvencije.

U GSM sustavu mogu se koristiti grupe od $N = 3, 7$ ili 12 ćelija

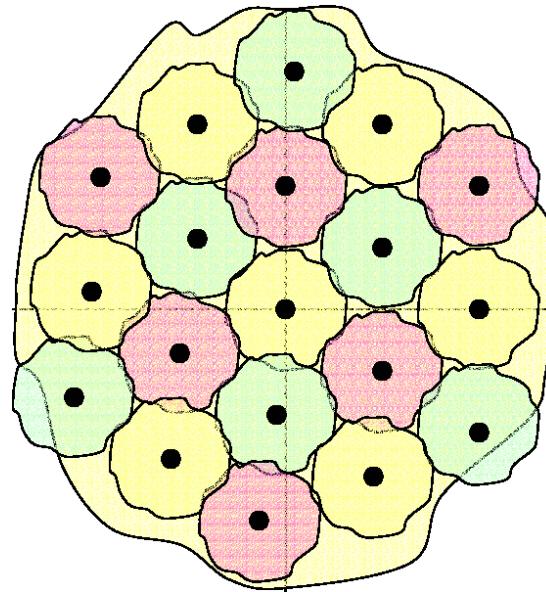
U pojasu 900 MHz raspoloživo je ukupno 124 prijenosne frekvencije:

- ◆ podjelom raspoloživih frekvencija u 12 ćelija, dobivamo 10 skupina
- ◆ tako bi svaka ćelija mogla koristiti 10 prijenosnih frekvencija
- ◆ na svakoj prijenosnoj frekvenciji možemo koristiti po 8 kanala u vremenskoj podjeli (TDMA) → dobivamo maksimalni kapacitet od 80 istovremenih poziva unutar ćelije
- ◆ s jednom velikom ćelijom, kapacitet sustava bi bio nedostatan
- ◆ za povećanje ukupnog kapaciteta sustava, ćelije bi trebale biti manjeg dometa i trebalo bi ih biti više, kako bi se iste frekvencije češće ponavljale
- ◆ uz isti maksimalni broj frekvencija po ćeliji, ukupni kapacitet sustava (na određenom području) s manjim ćelijama je veći

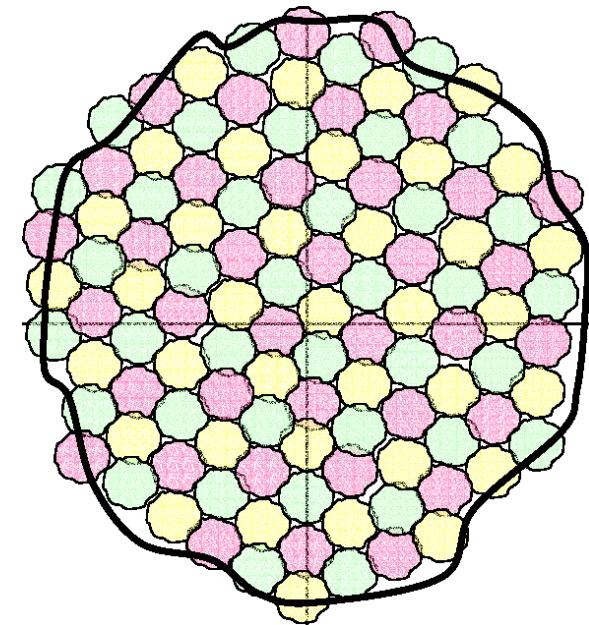
Makroćelija, mikroćelije i pikoćelije → cilj: pokrivanje istog prostora s više BS



1 ćelija, 10 frekvencija
80 istovremenih poziva



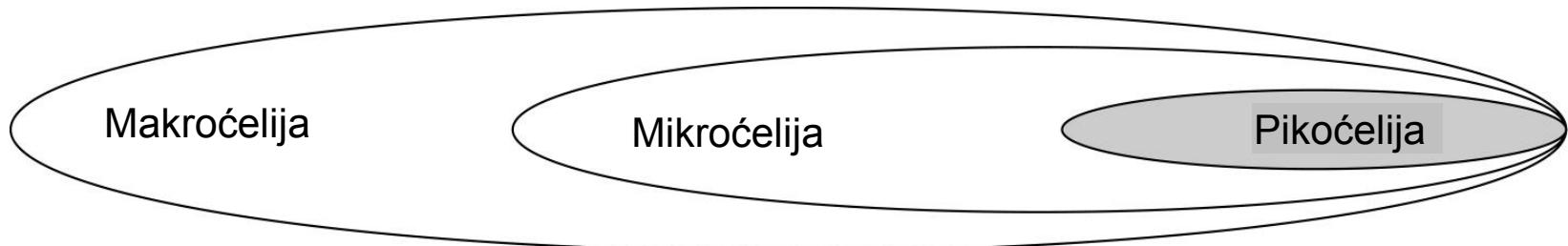
19 ćelija, ukupno 9 frekvencija,
svaka ćelija po 3 frekvencije
456 istovremenih poziva
- manja snaga emitiranja
- povećanje kapaciteta



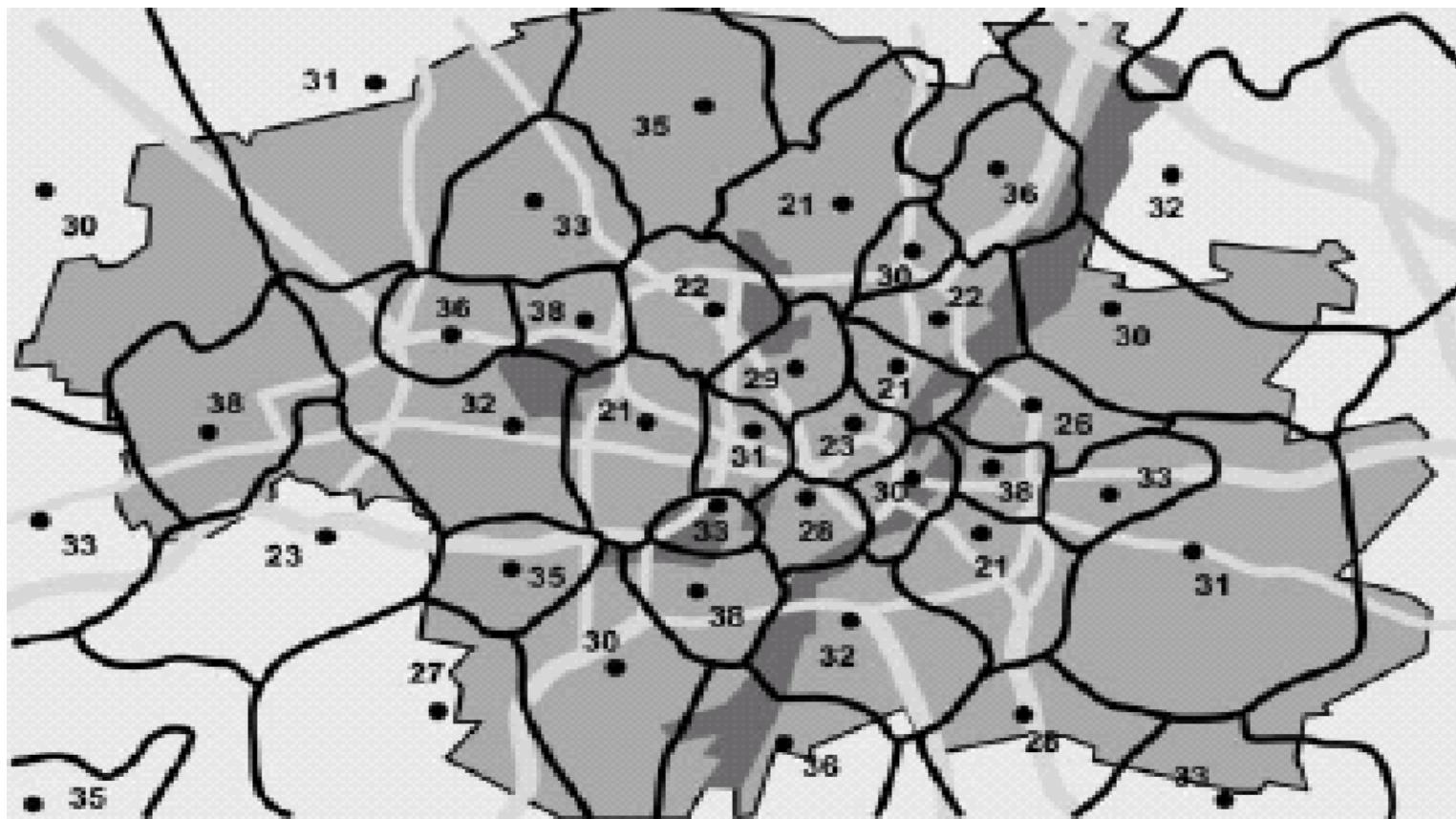
veliki broj ćelija po 3 frekvencije
- omogućava znatno više
istovremenih poziva
- vrlo mala snaga emitiranja
- znatno povećanje kapaciteta

Makroćelija, mikroćelije i pikoćelije → hijerarhijska struktura ćelija

- ◆ **Makroćelije**, za velika nenaseljena područja, domet i do 35 km, ovisno o konfiguraciji terena
- ◆ **Mikroćelije** su najčešće gradske ćelije, s malom snagom odašiljanja, za pokrivanje manjih područja. Gusto su raspoređene, a zbog malog dometa i ponovne moguće uporabe istih frekvencija (*re-use*) u udaljenim ćelijama, povećava se kapacitet mreže.
- ◆ **Pikoćelije**, za najmanje prostore, za zgradu, unutar zgrade, dio trga i slično.

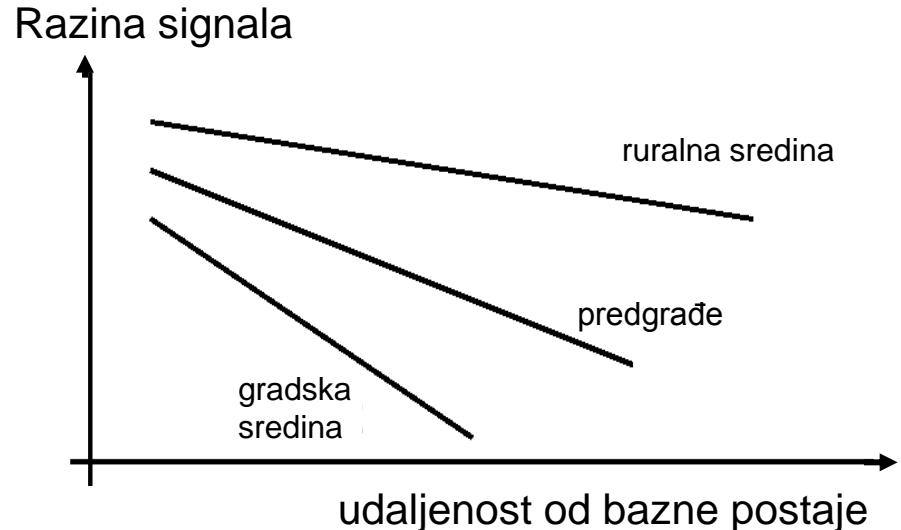
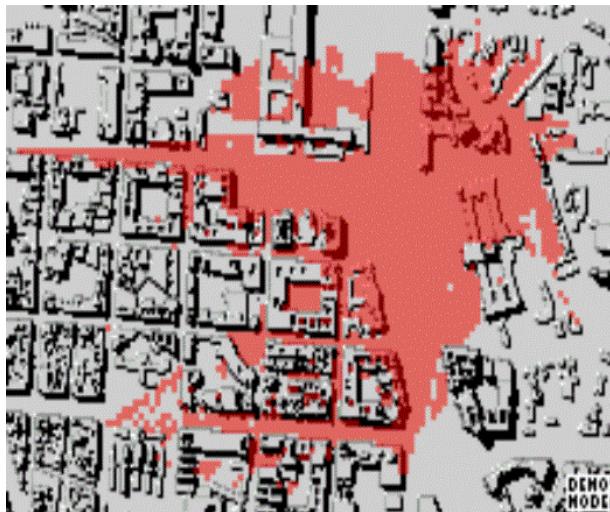


Stvarni oblik ćelija ovisi o konfiguraciji terena, → cilj je postići što bolje pokrivanje



- rubovi ćelija predstavljaju prag na kojem postaje jači prijam signala susjedne ćelije

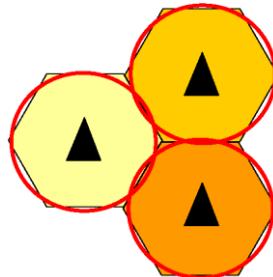
- Ograničenja:
- Ćelijski sustavi često imaju ograničenu pokrivenost signalom
 - na rubnim dijelovima postoji problem nedovoljnih razina signala (loš odnos S/Š)



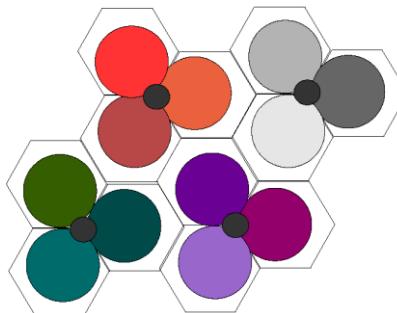
- Dodatno ograničenje nastaje kod povećanja prometa u ćelijama
 - pojavljuje se problem međusobne interferencije signala (loš odnos S/I)

Kako povećati kapacitet?

- Korištenjem sektoriziranih antena
- Dijeljenjem ćelija
- Koncepcijom nekontinuirane emisije (DTX)
- Kontrolom snage emisije
- Skakanjem frekvencije
- Dinamičkom dodjelom kanala

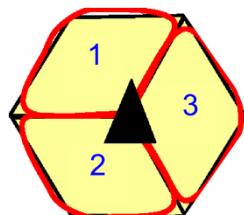


Najčešće je bazna postaja smještena u središtu šesterokuta ćelije, a antenski sustav ima kružni dijagram zračenja.



Ćelije mogu imati i kutnu pobudu – svaka bazna postaja ima tri antenska sustava i pokriva tri ćelije.

Svaki antenski sustav ima širinu snopa od 120° , i svaki snop emitira zasebnu grupu kanala – u ovom slučaju ima 12 grupa kanala



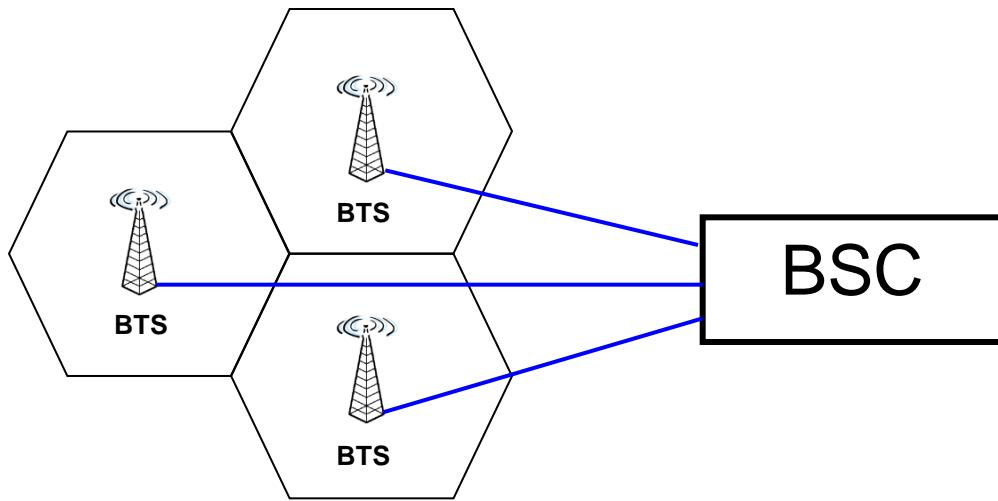
Sektorizacijom ćelija dijeli se dijagram zračenja antenskog sustava na segmente (najčešće 120° ili 60°), svaki sektor emitira različite frekvencije u cilju smanjivanja istokanalne interferencije i povećanja ukupnog kapaciteta, a kako su antene montirane na isti stup, troškovi postavljanja su manji.

Prednosti ćelijskog koncepta:

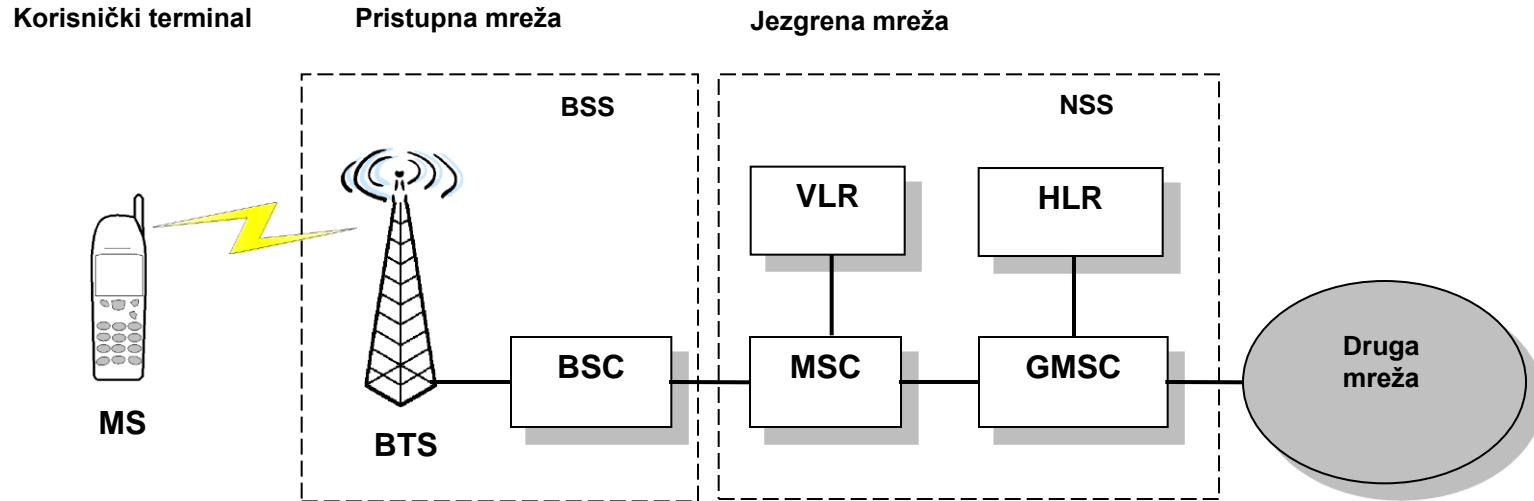
- Rješava problem zagušenja frekvencijskog spektra dobrom iskoristivošću raspoloživih frekvencija
- Iskorištava iste frekvencije u udaljenim ćelijama
- Veličina ćelije može se prilagoditi potrebama (makroćelije, mikroćelije...)
- Osigurava veći kapacitet i veći broj korisnika
- Uz manju snagu mobilne postaje – manja potencijalna opasnost za zdravlje

Problemi kod ćelijskog koncepta:

- Velika početna investicija za izgradnju i povezivanje mreže, povećani troškovi rada i održavanja velikog broja baznih postaja
- Nužno je osigurati pokretljivost korisnika prekapčanjem veze između baznih postaja (*handover*)
- Problem pronaći prikladne lokacije za postavljanje baznih postaja.



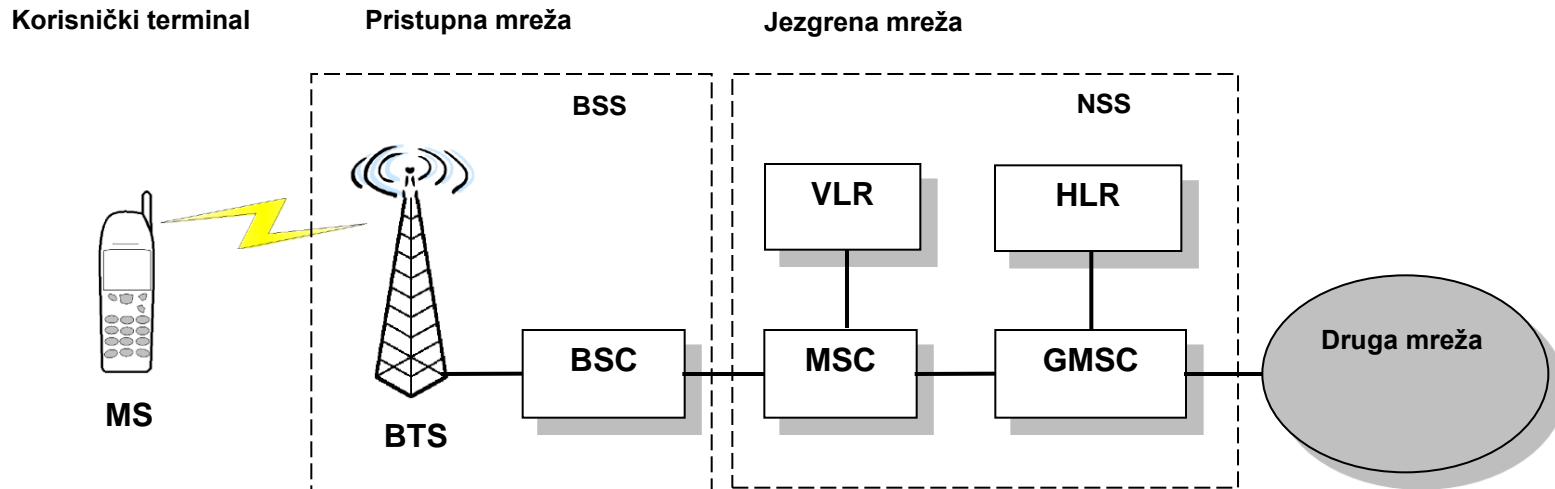
- Bazna postaja (BTS - *Base Transceiver Station*) pokriva područje ćelije radijskim signalom i predstavlja primopredajni dio sustava
- BSC - *Base Station Controller* može upravljati s više baznih postaja i predstavlja kontrolni dio sustava baznih postaja



Korisnički terminal naziva se pokretna postaja **MS** - *Mobile Station*

Pristupnu mrežu **BSS** - *Base Station Subsystem* čine bazne postaje.

Jezgrenu mrežu čini mrežni sustav **NSS** - *Network System*



BSS – podsustav baznih postaja:

BTS - *Base Transceiver Station* - primopredajni dio

BSC - *Base Station Controller* - kontrolni dio

NSS – mrežni sustav:

MSC - *Mobile Switching Centre* - pokretni komutacijski centar

GMSC - *Gateway MSC* - prilazni pokretni komutacijski centar

HLR - *Home Location Register* - domaći lokacijski registar

VLR - *Visitor Location Register* - lokacijski registar posjetitelja



MS – pokretna postaja predstavlja opremu koju korisnik koristi za pristup mreži
Funkcionalno uključuje:

- **MT** – *Mobile terminal* – obavlja funkcije potrebne za podržavanje fizičkog kanala između mobilne i bazne postaje (radijski prijenos, upravljanje radio kanalom, kanalno kodiranje/dekodiranje, kodiranje/dekodiranje govora) i **TE** – *Terminal Equipment* – mobitel, nudi usluge korisniku → zajedno čine **pokretni uređaj** koji se jednoznačno identificira preko IMEI - *International Mobile Equipment Identity*
- **SIM** – *Subscriber Identity Module* – modul pretplatničkog identiteta, ima pohranjene IMSI – *International Mobile Subscriber Identification* i autentifikacijski ključ **Ki**

SIM – čip kartica s procesorom

- ◆ PIN (*Personal Identification Number*, 4-8 znamenki)
- ◆ PUK (*PIN Unblocking Key*, 8 znamenki)

GSM specifične funkcije:

- pohranjivanje odnosno generiranje ključeva za šifriranje
- pohranjivanje IMSI identifikacije
- pohranjivanje privremenih informacija o mreži
- pohranjivanje prava pristupa (nacionalnih, internacionalnih)
- pohranjivanje informacija o povlaštenim i blokiranim mrežama



Identifikacija korisnika:

MSISDN : *Mobile station ISDN* (max. 15 znamenki):

Country code	National mobile number
--------------	------------------------

- Pozivni broj dodijeljen s preplatom (**npr. 385 9? xxx xxxx**)

Svi ostali brojevi su GSM specifični, nalaze se u bazama podataka sustava i nisu dostupni korisniku ili nekom izvan sustava.

Identifikacija mobilnog preplatnika:

IMSI : *International Mobile Subscriber Identity* (max. 15 znamenki)

MCC (3) Mobile Country Code	MNC (2) Mobile Network Code	Subscription Identification (10)
--------------------------------	--------------------------------	----------------------------------

(jedinstveni broj programiran na SIM kartici)

Identifikacija terminala:

IMEI : *International Mobile Equipment Identity*.

Ne koristi se u osnovnim postupcima (služi za identifikaciju ukradenih uređaja)

TAC Type Approval Code	FAC Final Assembly Code	Serial Number
---------------------------	----------------------------	---------------

Identifikacija korisnika:

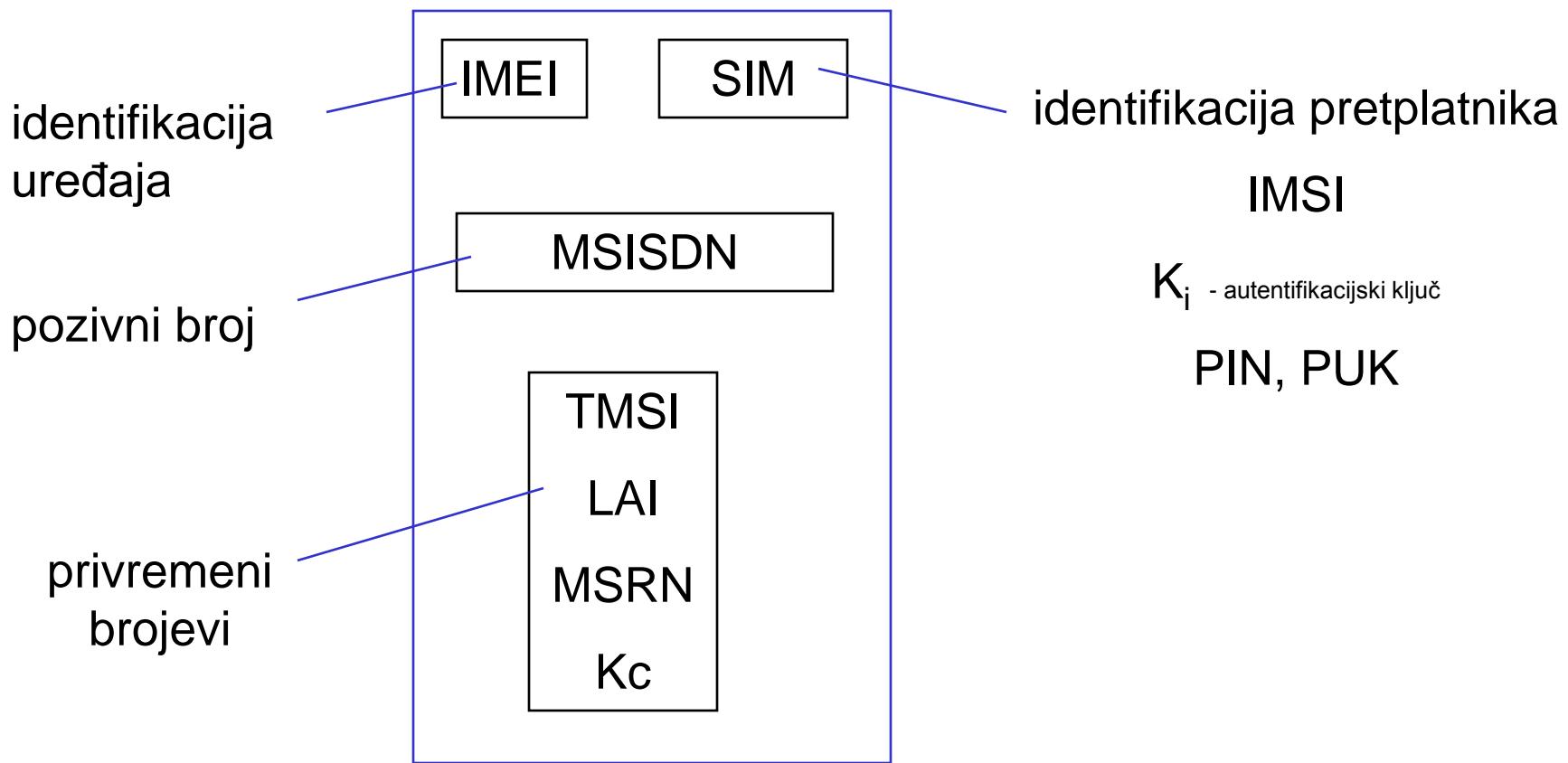
MSISDN : *Mobile station ISDN*

Identifikacija mobilnog pretplatnika:

IMSI : *International Mobile Subscriber Identity*

- GSM je prva mreža koja odvaja identitet mobilnog pretplatnika (IMSI) i broj za pozivanje (MSISDN)
- odvajanjem IMSI-MSISDN identifikacije ostvaruje se bolja sigurnost i tajnost identiteta korisnika (IMSI nije javno dostupan), jer onemogućava prijevaru s lažnim krivotvorenim identitetom
- omogućava i lakše modificiranje brojeva i ruta prespajanja

Prikaz brojeva pohranjenih u MS-u



Privremeni brojevi

TMSI
LAI
MSRN
Kc

TMSI - *Temporary Mobile Subscriber Identity*

- nadležni VLR može umjesto IMSI dodjeliti lokalno važeću identifikaciju
- MS se nakon toga može jednoznačno identificirati pomoću LAI i TMSI
- neovlašteno preslušavanje radijskih kanala ne omogućava identifikaciju korisnika

LAI - *Location Area Identity*

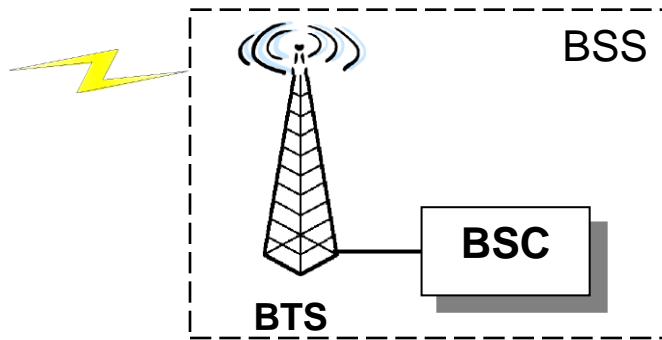
- svaki BTS emitira LAI periodički na *Broadcast Channel* (BCCH) kanalu
- omogućava MS-u utvrđivanje i po potrebi aktualiziranje lokacije (*Location Update*)

MSRN - *Mobile Station Roaming Number*

- privremeni jednoznačni ISDN broj ovisan o mreži i lokaciji gdje je trenutno korisnik registriran, a ne o mreži kojoj pripada; služi za *Routing*
- dodjeljuje se MS-u lokalno od nadležnog VLR-a

Kc – *Cipher key*

- ključ za šifriranje (*ciphering*)



BSS – bazna postaja sadrži opremu za upravljanje radijskim kanalom (dodjela kanala, nadzor kvalitete veze, prijenos informacija signaliziranja i poruka za prijenos, kontrolu razina odašiljane snage signala i skakanja frekvencija)
– dodatno uključuje funkcije korekcije pogrešaka, transkodiranje digitaliziranog govora ili adaptaciju brzina prijenosa, iniciranje unutarćelijskog prekapčanja veze prema "boljem" RF kanalu, kao i zaštitno kodiranje podataka i signalizacije

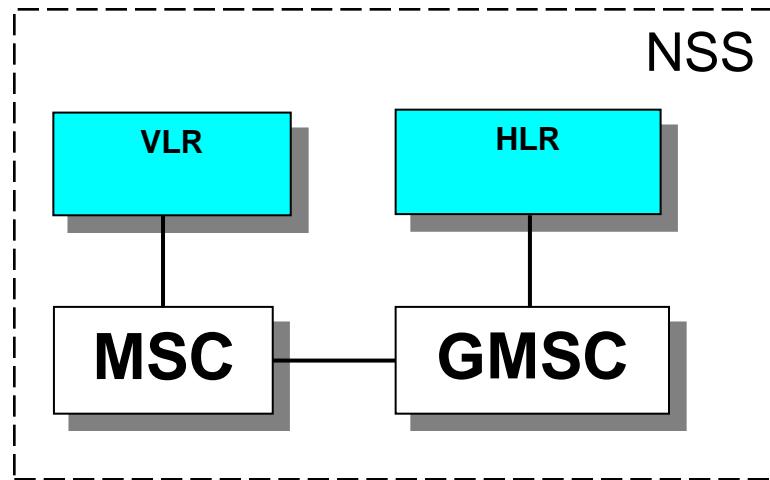
Funkcije BSS raspoređene su između BTS-a i BSC-a:

BTS – primopredajna bazna postaja sadrži opremu za radijski prijenos i antenski sustav koji omogućava radijsko pokrivanje unutar ćelije. Može koristiti od 1 do 16 frekvencija za prijam/predaju

BSC – oprema za kontrolu baznih postaja, obavlja sve kontrolne funkcije, može upravljati s više BTS-ova

Podjela funkcija između BTS i BSC

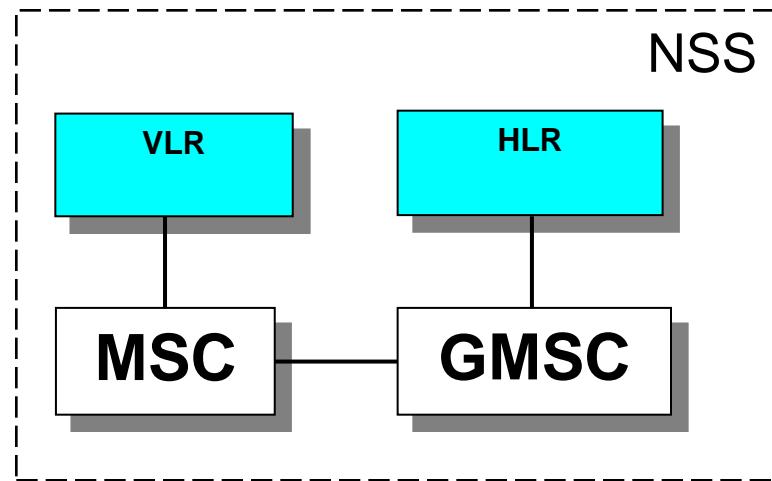
Funkcije	BTS	BSC
Upravljanje s radijskim kanalima		x
Skakanje frekvencije (FH - <i>Frequency hopping</i>)	x	x
Kanalno kodiranje i dekodiranje	x	
Adaptacija brzina prijenosa	x	
Šifriranje i dešifriranje	x	x
Pozivanje (<i>Paging</i>)	x	x
Mjerenja uzlaznog signala	x	
Mjerenja prometa		x
Autentifikacija		x
Registriranje lokacije, ažuriranje lokacije		x
Upravljanje prekapčanjem veze (<i>Handover</i>)		x



Mrežni sustav NSS:

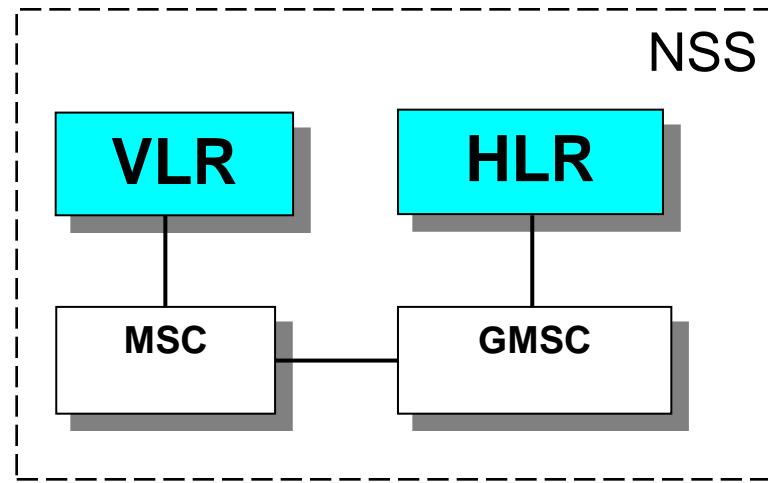
MSC - pokretni komutacijski centar, odgovoran za kontrolu poziva, usmjeravanje poziva, te prespajanje i kontrolu za vrijeme podržavanja prekapčanja veze (*handover*).
- Jednom MSC-u može pripadati više BSC-a

GMSC - prilazni pokretni komutacijski centar preko kojeg se GSM mreža povezuje s drugim vanjskim mrežama



Funcije MSC-a:

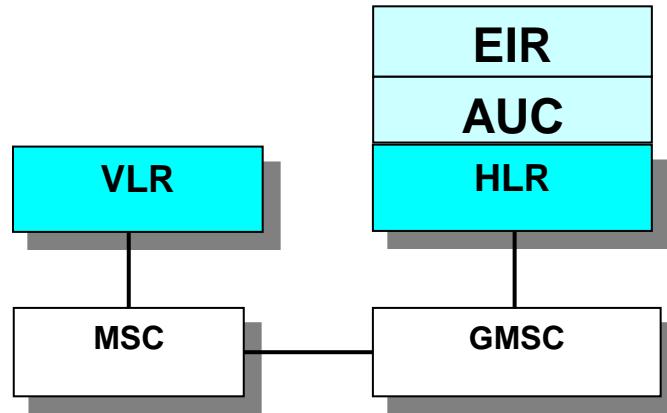
- ◆ specifične funkcije pozivanja (*paging*) i usmjeravanje poziva
- ◆ specifična signalizacija za pokretljivost
- ◆ registriranje lokacije i proslijđivanje lokacijske informacije
- ◆ omogućavanje novih usluga (telefax, razmjena podataka)
- ◆ podržavanje usluge SMS (*Short Message Service*)
- ◆ generiranje i proslijđivanje informacija tarifiranja i naplate



Lokacijske baze podataka:

HLR - domaći lokacijski registar sadrži sve podatke o vlastitim pretplatnicima i uslugama koje oni koriste, te o njihovoj trenutnoj lokaciji (ako je poznata)

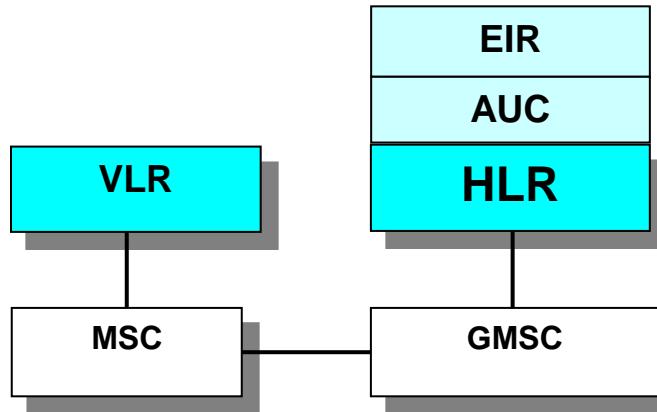
VLR - lokacijski registar posjetitelja (pridružen svakom MSC-u) sadrži podatke o pretplatnicima vlastite mreže i pretplatnicima drugih mreža koji uđu u lokacijsko područje dotičnog MSC-a. Zapis je privremen, traje samo za vrijeme boravka pretplatnika u lokacijskom području.



Osim lokacijskih baza podataka postoje i :

AUC - *Authentication Centre* - centar za provjeru autentičnosti - sadrži autentifikacijski ključ za provjeru autentičnosti pretplatnika pri svakom pozivu

EIR - *Equipment Identification Register* - registar za identifikaciju opreme sadrži serijske brojeve pokretnih postaja i može provjeriti da li je ista u vlasništvu pretplatnika. (ovu dodatnu mogućnost GSM-a nije nužno provoditi)



Pri zasnivanju pretplatničkog odnosa u HLR-u se pohranjuju:

- IMSI - *International Mobile Subscriber Identification* - međunarodna identifikacija pokretnog pretplatnika. Jednoznačno određuje GSM mrežu i pretplatnika. Koristi se za sistemske operacije u mreži i između različitih GSM mreža
- MSISDN - *Mobile Station ISDN* - pozivni broj pokretne postaje npr. 385 9? xxx xxxx
- Ki - *Authentication Key* - jedinstveni 128-bitni autentifikacijski ključ koji omogućuje provjeru pretplatnika. Ki svakog pretplatnika pohranjen je i u Authentication Centre (AuC) domaće mreže. Ki ima dvije uloge u GSM-u: **autentifikacija** se sastoji u provjeri da li MS posjeduje Ki, a za **postupak šifriranja** koristi se cipher ključ Kc dobiven iz Ki
- popis usluga i mogućnosti kojima pretplatnik raspolaže

- **Sigurnosne usluge:**

- Kontrola pristupa / autentifikacija**

- korisnik → SIM (*Subscriber Identity Module*): tajni PIN (*Personal Identification Number*)
 - SIM → mreža: sigurnosne provjere - autentifikacija

- Povjerljivost / postupak šifriranja**

- govor i signalizacija šifrirani na radijskom linku (nakon uspješne autentifikacije)

- Anonimnost**

- dodjeljivanje privremenog identiteta TMSI (*Temporary Mobile Subscriber Identity*) da se prikrije identitet preplatnika preko zračnog sučelja
 - iznova se dodjeljuje pri svakom ažuriranju lokacije
 - šifrirani prijenos

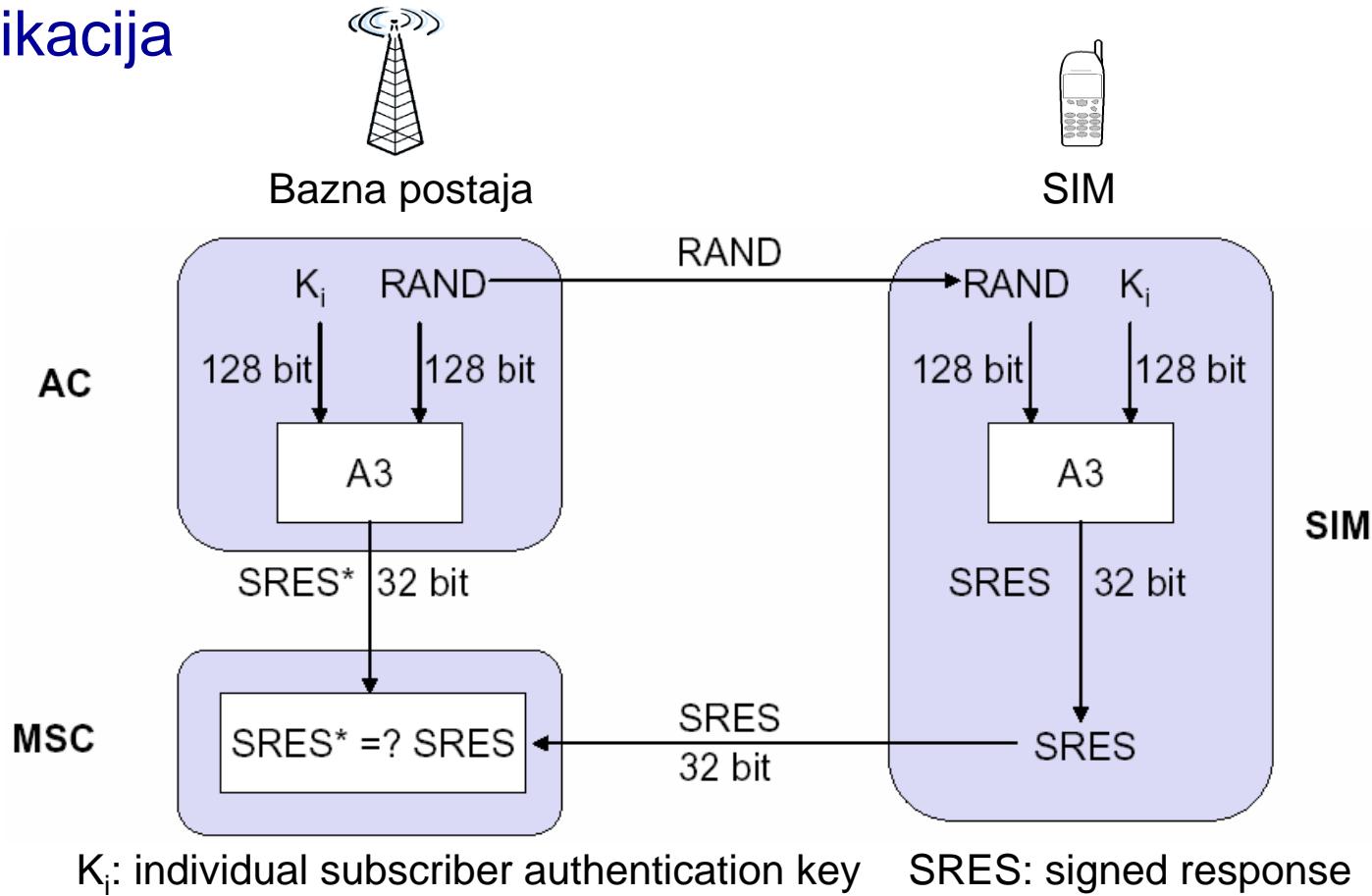
- **3 algoritma specificirana u GSM-u**

- A3 za autentifikaciju (“tajno”, otvoreno sučelje)
 - A5 za šifriranje (standardizirano)
 - A8 za generiranje ključa (“tajno”, otvoreno sučelje)

“tajno”:

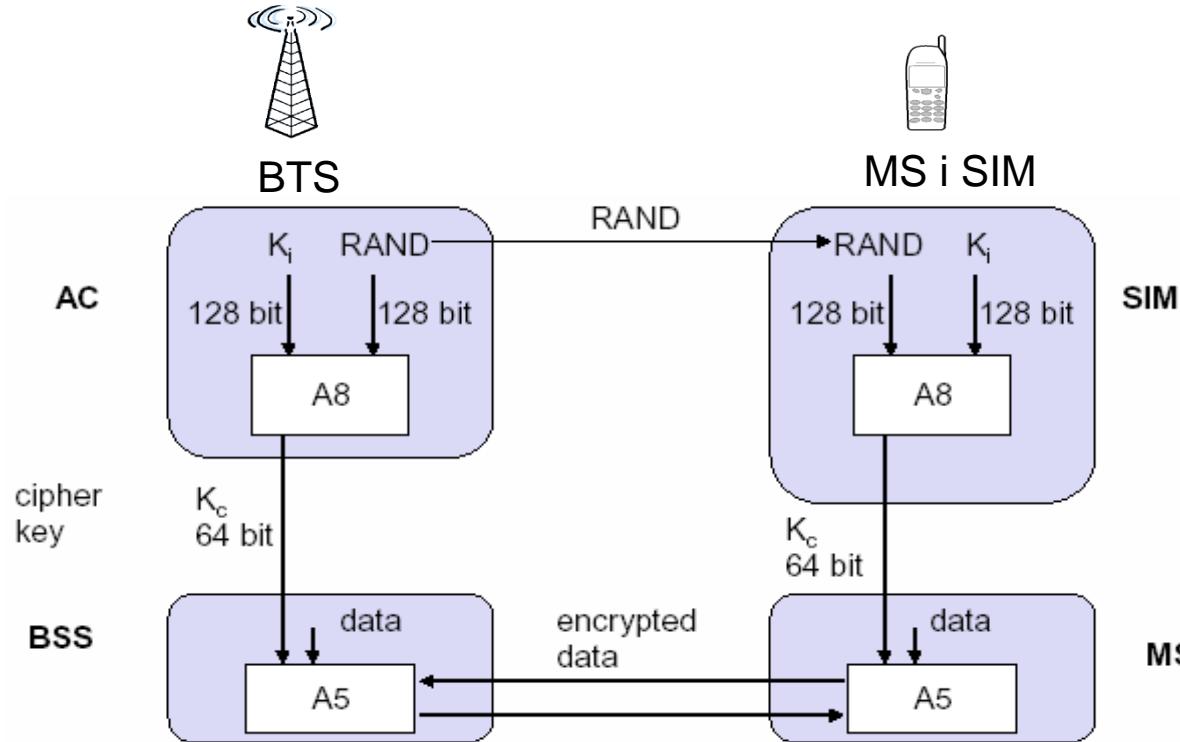
- A3 i A8 dostupni na Internetu
 - poslužitelji mogu koristiti jače mehanizme zaštite

Autentifikacija



Postupak odašiljanja slučajnog RAND broja i primanja izračunatog SRES

Generiranje ključa i šifriranje (*Ciphering*)

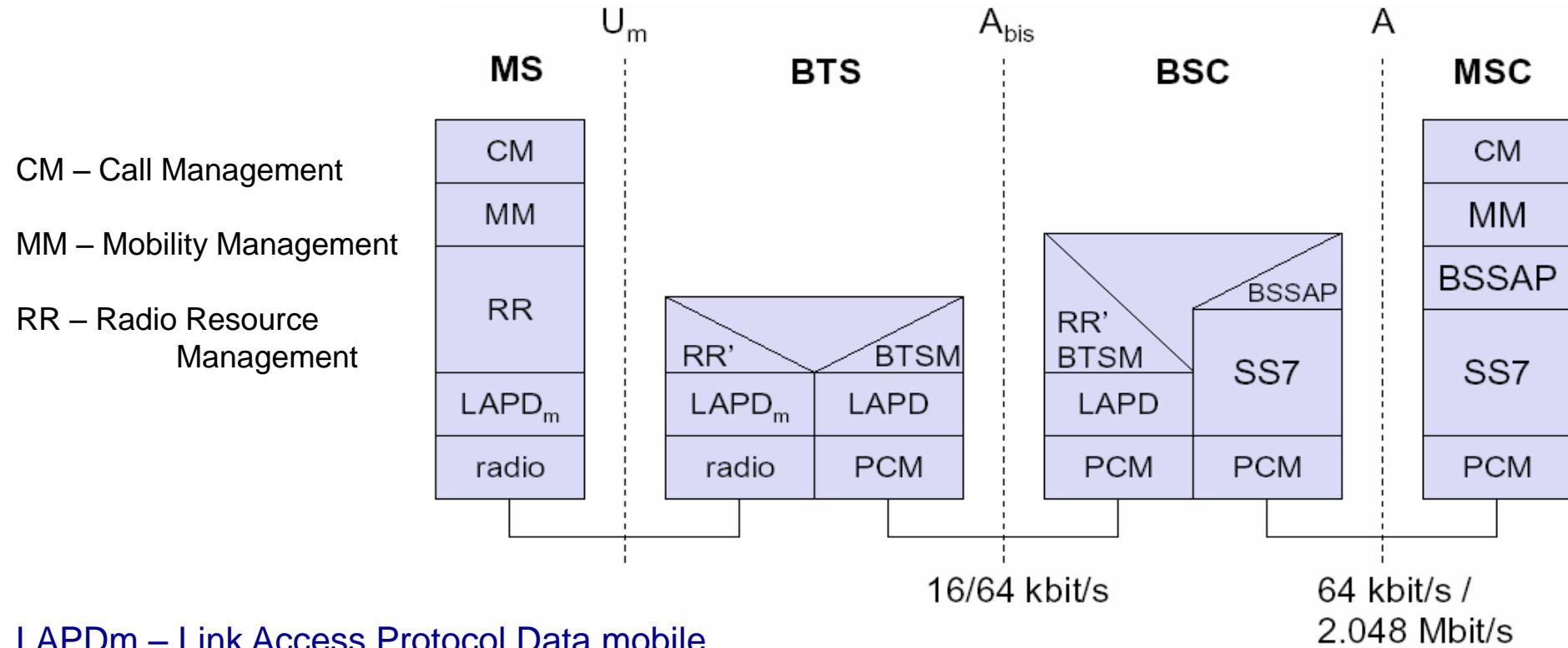


- Postupak zaštitnog šifriranja - svaka komunikacija između BTS i MS se šifrira, tako da ju može dešifrirati jedino MS pretplatnika

Sučelja između pojedinih dijelova mreže:

- U_m** - radijsko sučelje između MS i BTS
- A_{bis}** - između BTS i BSC, aktivacija i deaktivacija radijskih resursa
- A** - između BSC i MSC, uspostavljanje i prekid poziva, upravljanje prekapčanjem veze
- B** - između MSC i VLR, razmjena korisničkih informacija, ažuriranje lokacije
- C** - između MSC i HLR, ispitivanje HLR-a u cilju pristupanja mobilnom korisniku
- D** - između HLR i VLR, razmjena podataka o korisniku
- E** - između dva MSC-a, upravljanje prekapčanjem veze (*handover*)
- F** - između MSC i EIR, provjeravanje identiteta terminala
- G** - između VLR-ova, upravljanje s promjenom lokacijskog područja

Sučelja između pojedinih dijelova mreže:



Signalizacija



Signalizacija

CM - *Call Management*, između MS i MSC

Connection (Call) Management obuhvaća slijedeće funkcije:

- **Call Control:** posredovanje pri obradi poziva (uspostava poziva, podržavanje i prekidanje poziva)
 - kod dolaznog poziva (*Mobile terminated Call*), ovisno o biranom MSISDN broju, konzultira se pripadajući HLR. Tamo je registriran VLR područja, u kojem se trenutno nalazi MS. HLR pita VLR i dobiva privremeni broj MSRN. Uz pomoć ovog MSRN provodi se poziv na područje posjećenog MSC/VLR-a. Unutar aktualnog lokacijskog područja upućuje se radijski poziv MS-u (*paging*)
- **Supplementary Services Management:** obrada dodatnih usluga
- **Short Message Service (SMS) Management:** Sustav signalizacije koristi se i za proslijeđivanje kratkih poruka između MS i SMS centra (SMSC).
 - to je "store-and-forward" komunikacija, jer se poruka pohranjuje u SMSC sve dok se proslijeđivanje SMS-a ne provede

Signalizacija

MM - *Mobility Management*, između MS i MSC

Mobility Management obrađuje sve aspekte, koji su u vezi s mobilnošću pokretne stanice MS

- ***Location Update - aktualizacija pozicije***

- prilikom uljučenja MS-a, provodi se *Location Update*, pri čemu MS mreži javlja svoj IMSI (*IMSI Attach*). Pri tomu se MS-u dodjeljuje privremena identifikacija, TMSI
- kod ulaska u novo lokacijsko područje šalje se u nadležni MSC/VLR *Location Update* poruka, i ta se informacija proslijeđuje u nadležni HLR
- *Location Update* mora se periodički obnavljati. Time-out vodi do De-Registracije.
- kod isključenja MS-a provodi se *IMSI Detatch*

- ***Autentifikacija MS-a***

- *Challenge/Response*-algoritmi između SIM i AuC
- može se provoditi i provjera IMEI preko EIR

Signalizacija

RR - *Radio Resource Management*, između MS i BSC

RR je mjerodavan za signalizaciju i provedbu slijedećih funkcija:

- dodjela logičkih kanala
- prekapčanje veze (*Handover*)
- skakanje frekvencije (*Frequency Hopping*): signaliziranje aktiviranog algoritma
- kontrola snage emisije: BTS mjeri razinu primljenog signala od MS, koja se regulira tako da ima što konstantniju razinu
- diskontinuirani prijenos (*Discontinuous Transmission*): za vrijeme pauzi u govoru se potiskuje emisija
- diskontinuirani prijam (*Discontinuous Reception*): *Paging*-kanal za radijsko pozivanje podijeljen je u podkanale. MS u *stand-by* modu mora samo biti u prijemu kad je aktivan podkanal koji joj je dodijeljen. To štedi bateriju!
- *Timing Advance*: BTS procijenjuje odaljenost do MS-a i javlja joj postavku TA



Preddiplomski studij

Javna pokretna mreža

4.

Radijski pristup i tehnički parametri GSM sustava

Ak.g. 2013./2014.

14.4.2014.

Radijski pristup

- Dupleks veza
- Višestruki pristup
- Tehnike višestrukog pristupa

Tehnički parametri GSM sustava

Vrste kanala u GSM-u

Motivacija - istovremena dvosmjerna komunikacija

- odvojene uzlazna (*uplink*) i silazna (*downlink*) veza

Frekvencijski dupleks - FDD (*Frequency Division Duplexing*)

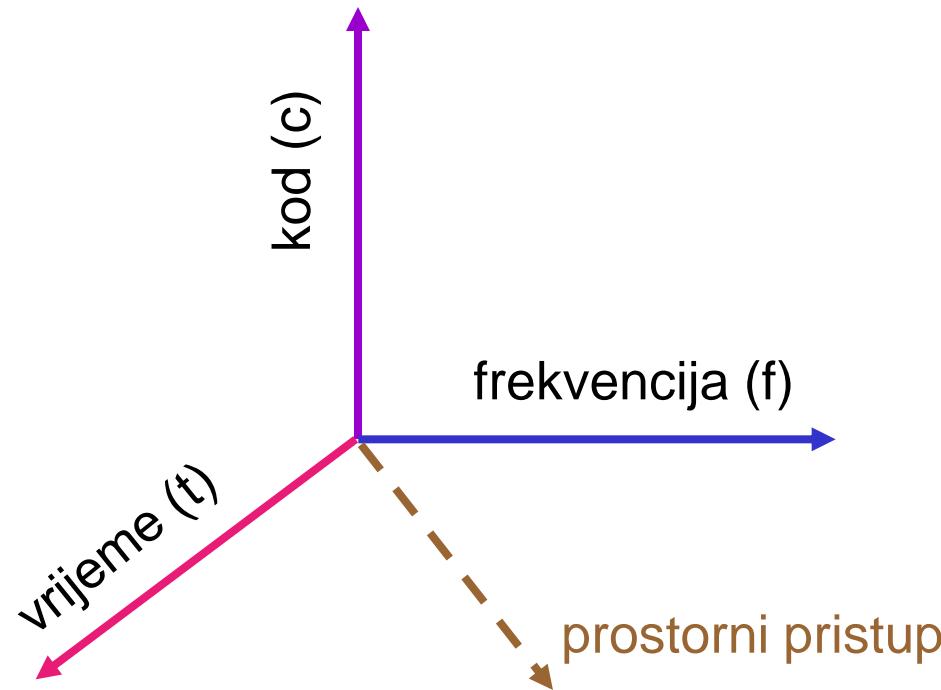
- za svaki smjer koristi se drugi frekvencijski pojas
- odašiljanje i prijam mogu se odvijati istovremeno

Vremenski dupleks - TDD (*Time Division Duplexing*)

- prekapčanje između uzlazne i silazne veze mora biti dovoljno brzo da korisnik ne primjeti prekapčanje
- prijam i predaja mogu biti u istom frekvencijskom pojasu

Višestruki pristup (različiti korisnici) u četiri dimenzije:

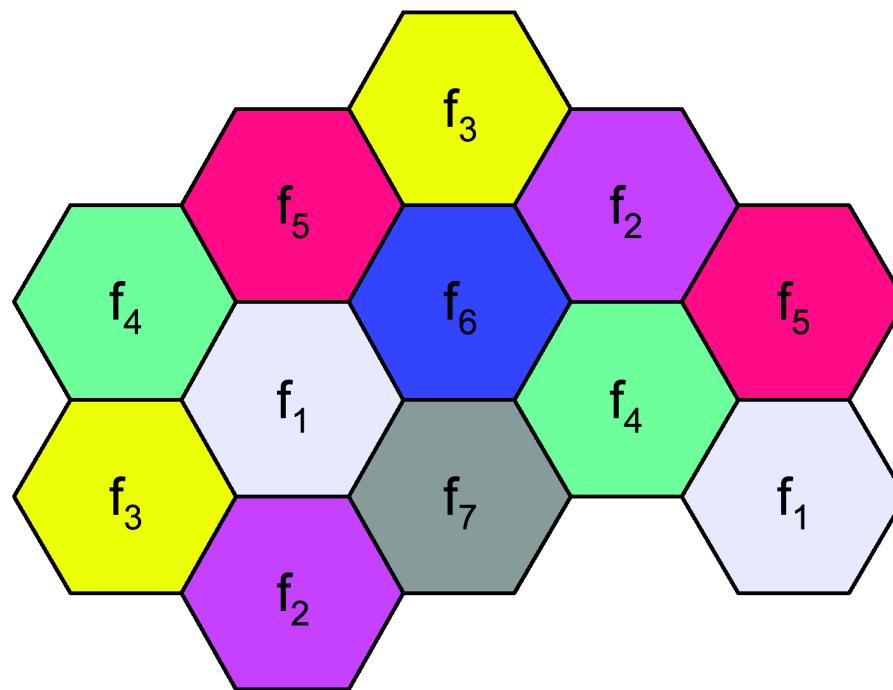
- prostorni
- vremenski
- frekvencijski
- kodni

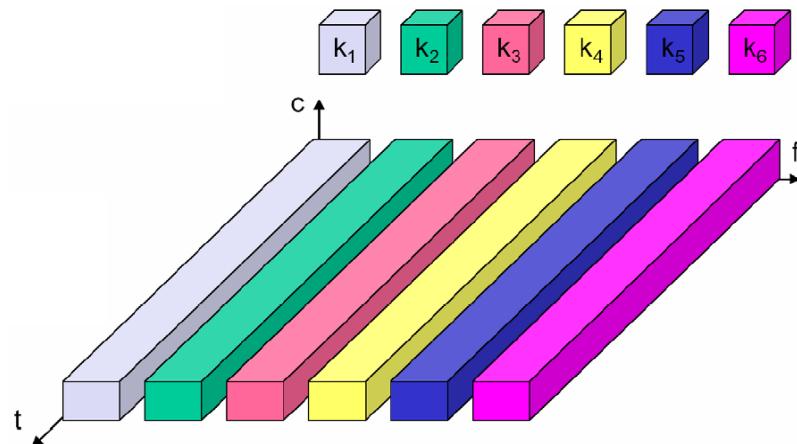


	uzlazna/silazna veza (D- Duplex)	različiti korisnici (MA- Multiple Access)
Frekvenčijska podjela (FD) <i>Frequency Division</i>	FDD	FDMA
Vremenska podjela (TD) <i>Time Division</i>	TDD	TDMA
Kodna podjela (CD) <i>Code Division</i>	-	CDMA
Prostorna podjela (SD) <i>Space Division</i>	-	SDMA

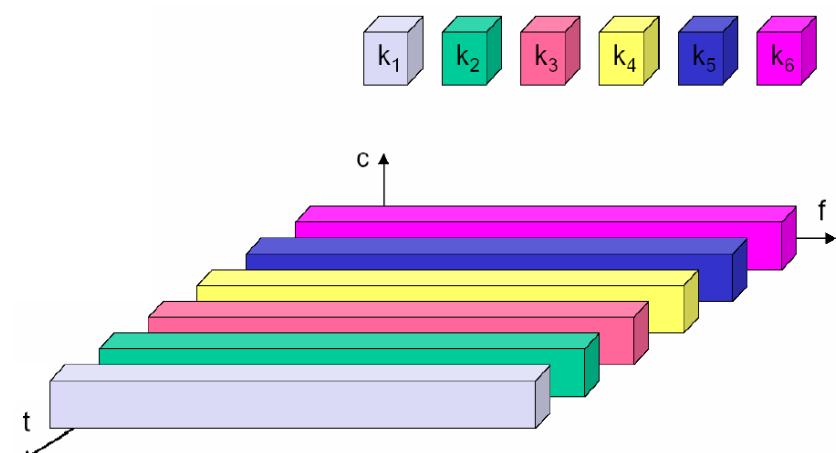
- mogu se koristiti različite tehnike za odvajanje uzlazne/silazne veze i odvajanje različitih korisnika
- GSM koristi FDD + FDMA + TDMA

Višestruki pristup u prostornoj podjeli - SDMA (*Space Division Multiple Access*)

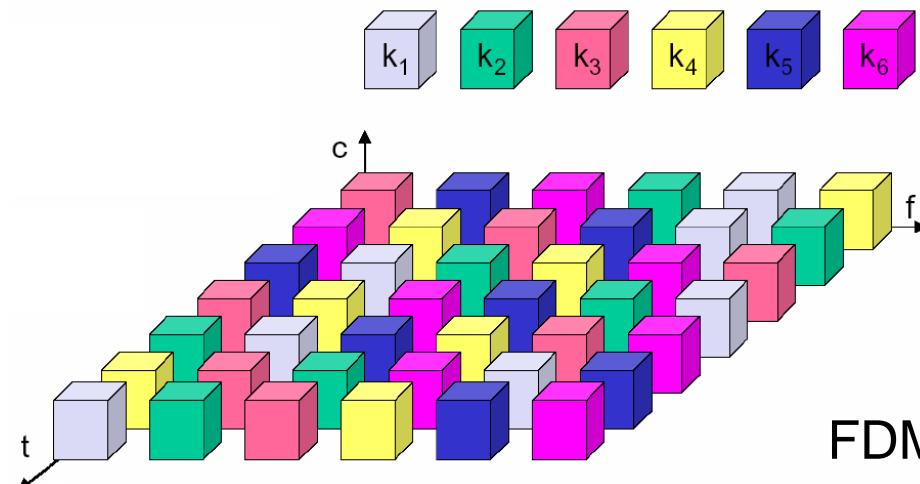




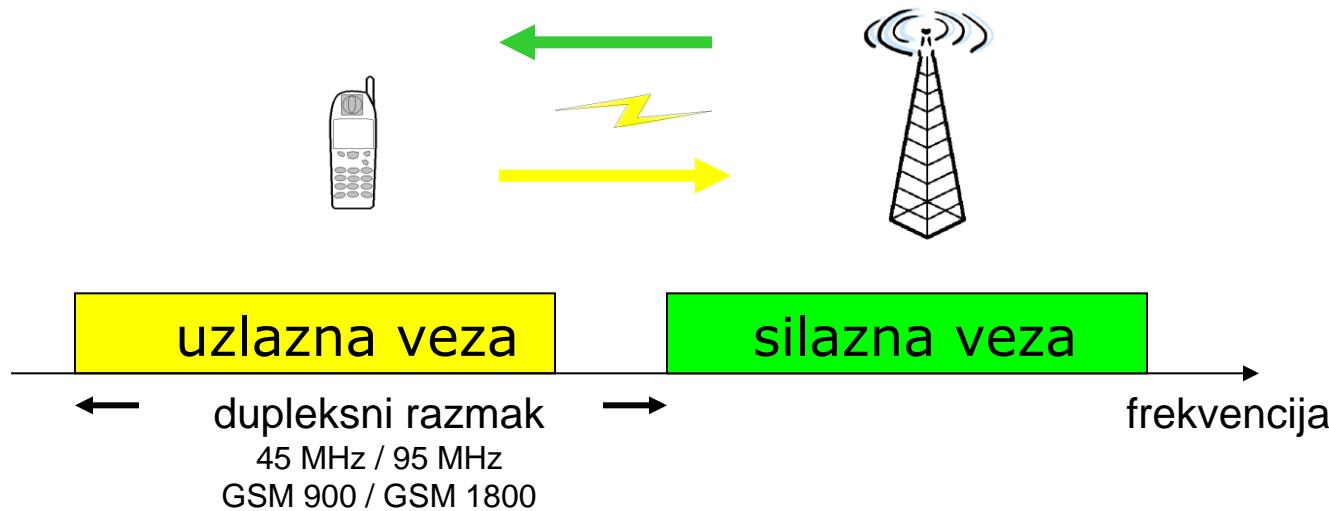
FDMA



TDMA



FDMA + TDMA



Frekvencijska područja:

GSM 900:

880 - 915 MHz: uzlazna veza (MS emitira) – širina pojasa 35 MHz
925 - 960 MHz: silazna veza (MS prima) – širina pojasa 35 MHz

maksimalni broj istovremenih korisnika 1392 (174 x 8)

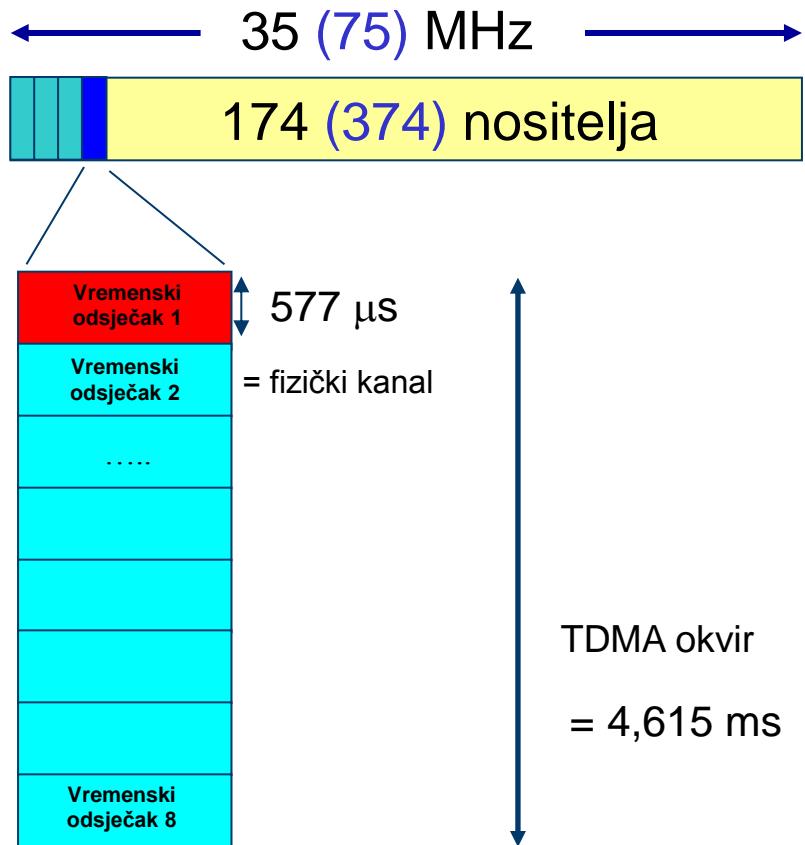
GSM 1800:

1710 - 1785 MHz: uzlazna veza
1805 - 1880 MHz: silazna veza

– širina pojasa 75 MHz
– širina pojasa 75 MHz

maksimalni broj istovremenih korisnika 2992 (374 x 8)

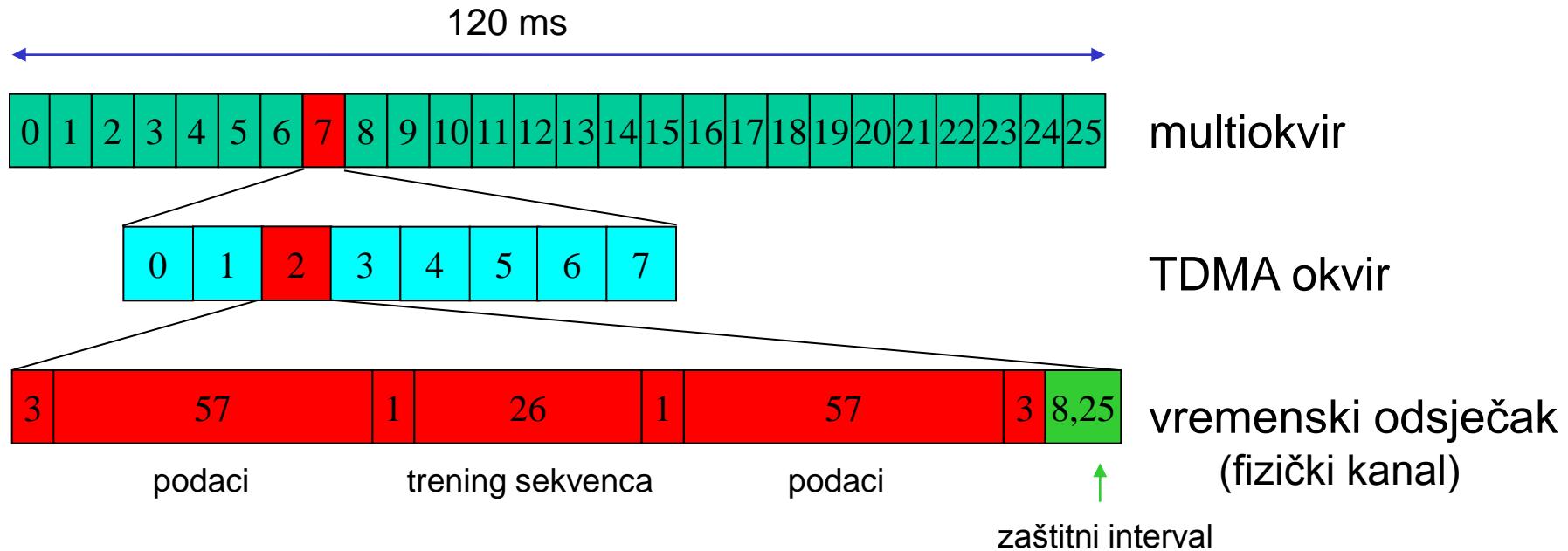
Višestruki pristup u frekvencijskoj (FDMA) i vremenskoj (TDMA) podjeli



GSM 900 (GSM 1800)

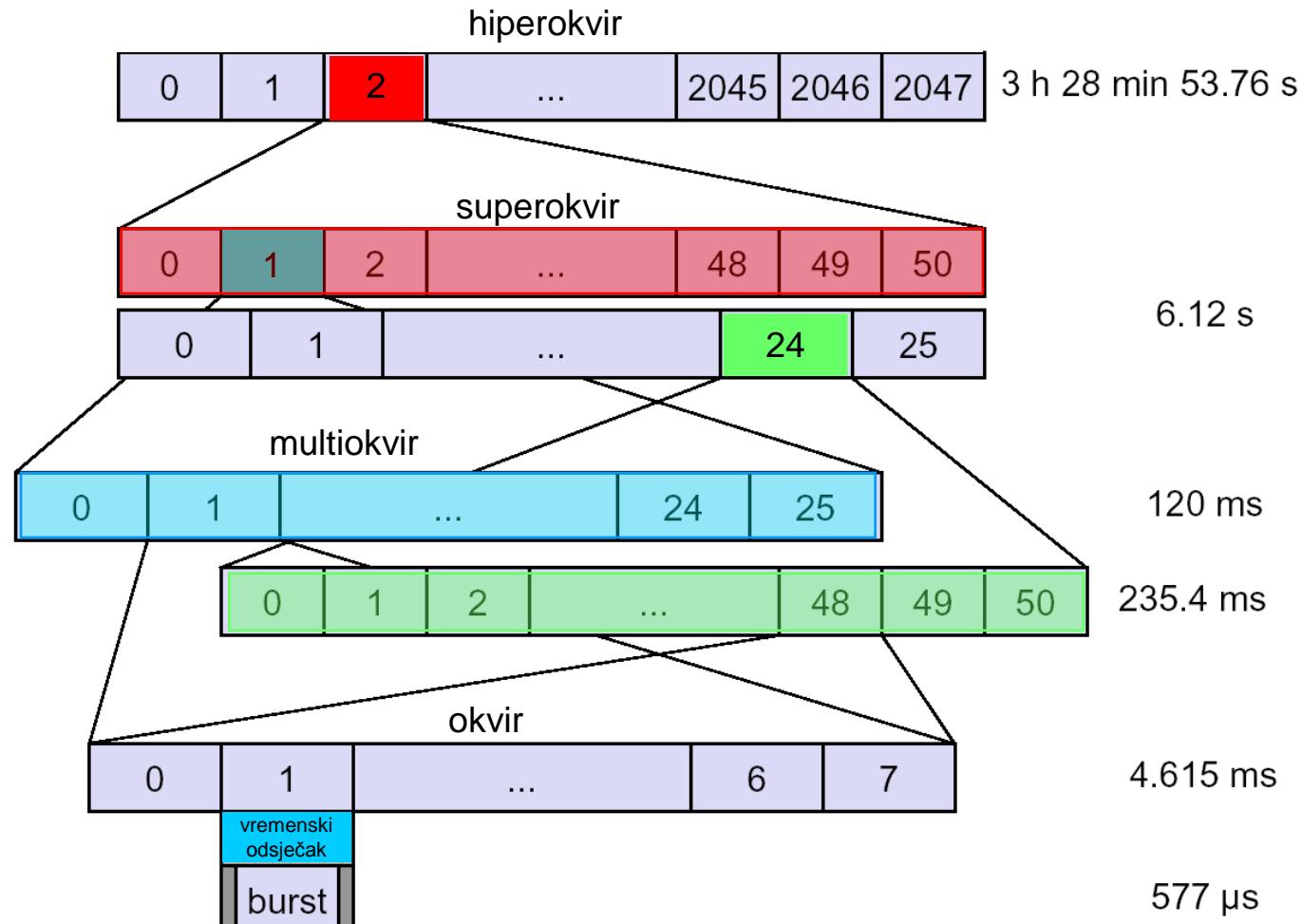
- razmak između nositelja je 200 kHz
- unutar okvira trajanja 4,615 ms imamo po 8 vremenskih odsječaka trajanja 577 μ s sa po 156,25 bita
- unutar svakog vremenskog odsječka trajanje grupe bitova (burst) je 546 μ s zbog zaštitnog intervala
- burst sadrži 114 šifriranih korisničkih bitova i 42,25 dodatnih bitova

Struktura okvira i vremenskog odsječka – logički kanal

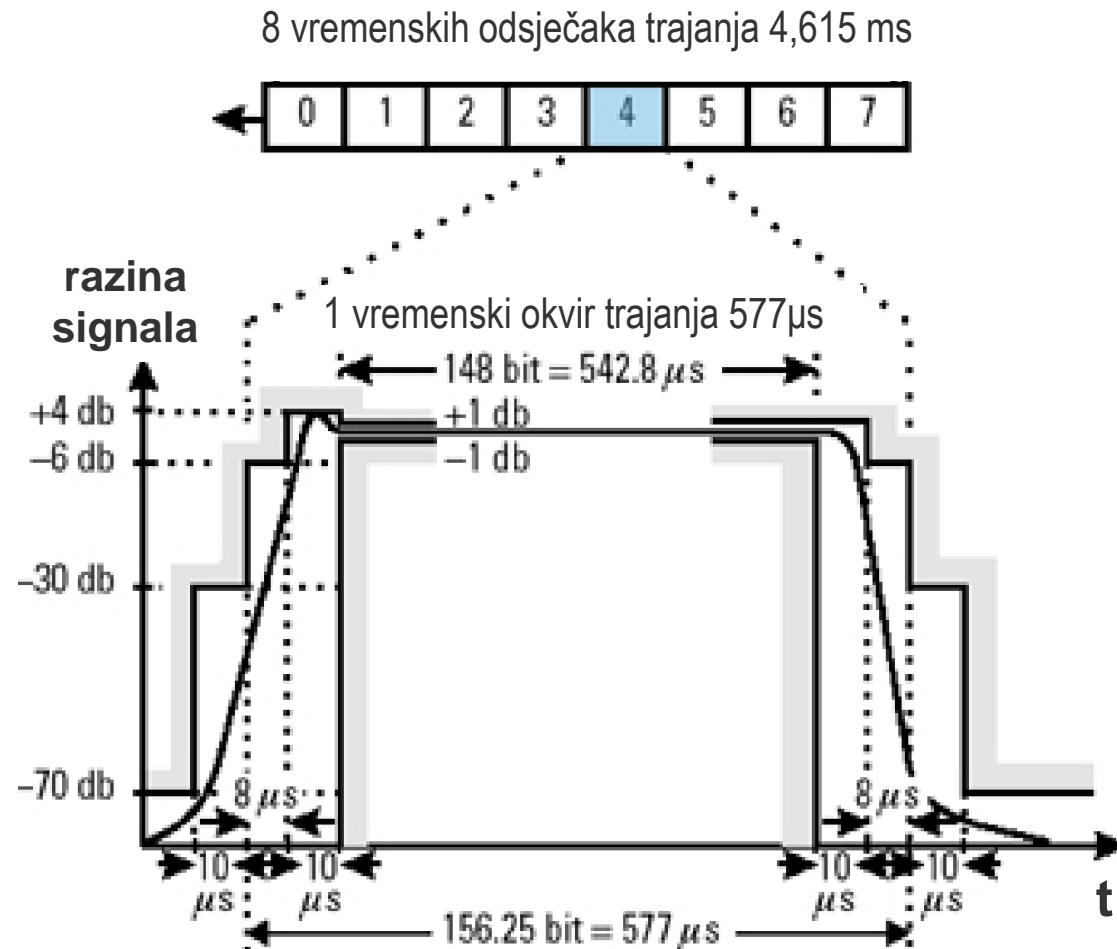


- uz fizičke kanale formiraju se i logički kanali, tako da se stvaraju multiokviri (*multiframe*) od 26 ili 51 okvira, trajanja 120 ili 236 ms
- logički kanali služe za prijenos kontrolne informacije i formiranje kontrolnih kanala

GSM: TDMA hijerarhija okvira

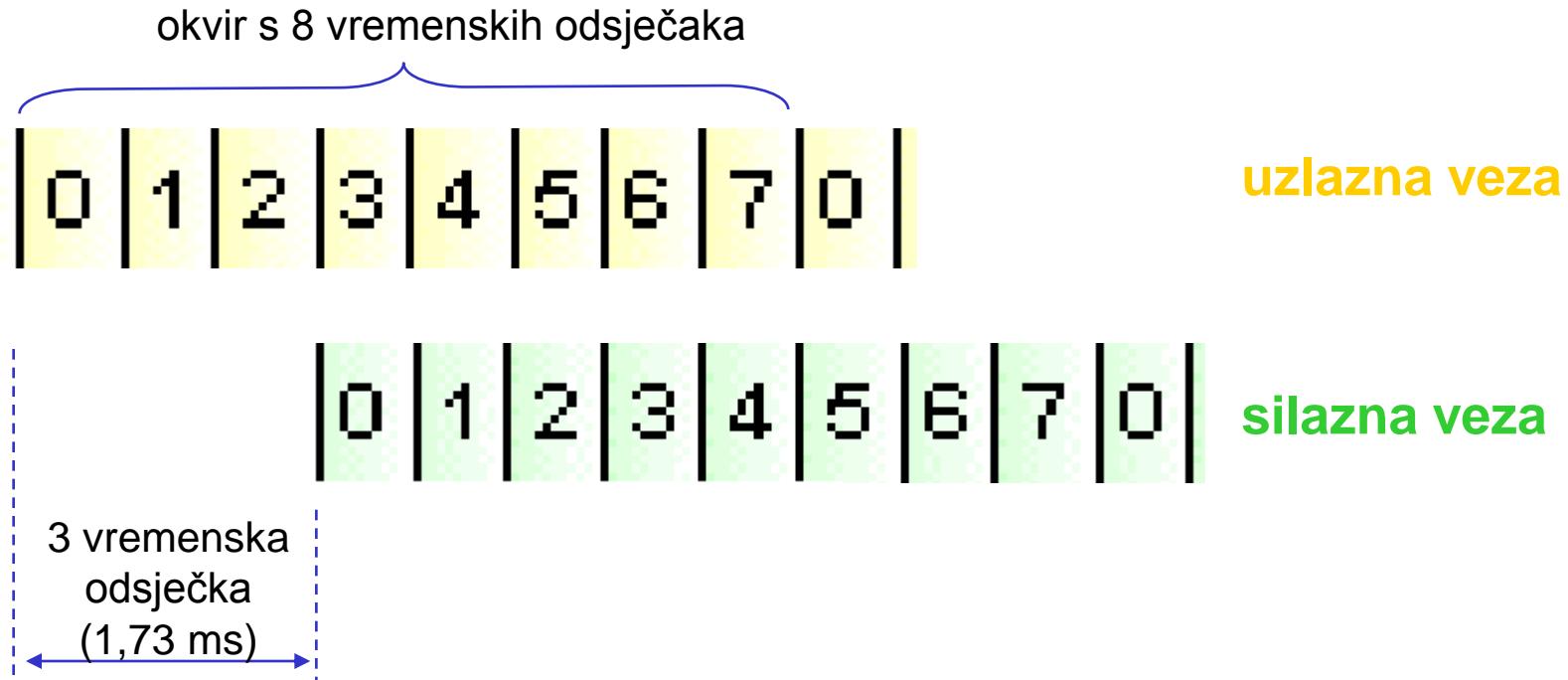


GSM: Oblik bursta unutar okvira

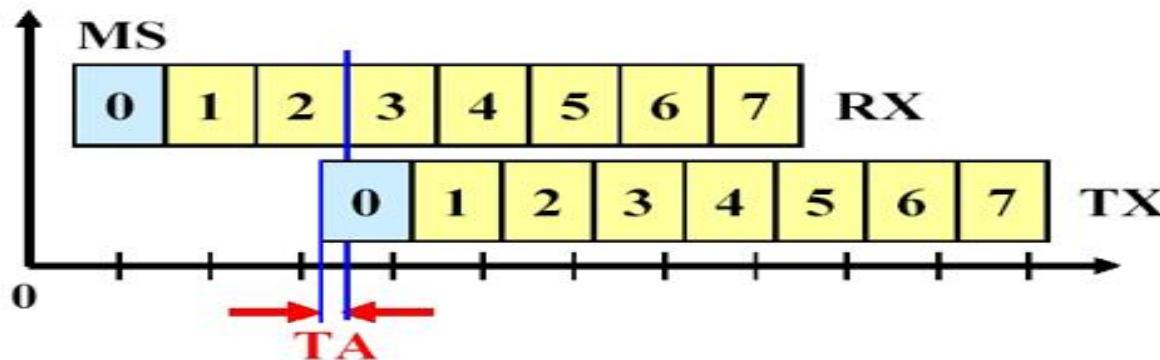


Vremenski pomak okvira uzlazne i silazne veze

- na taj se način omogućava korištenje istog vremenskog odsječka (0-7) za odašiljanje i prijam, bez vremenskog preklapanja



- Kako bi višestruki pristup u vremenskoj domeni mogao funkcionirati, vremenski okviri od svake MS moraju stići do BTS-a sinkronizirani
- Ovaj se sinkronizam postiže koristeći **TA (*Timing Advance*)** koncept
- Stupanj sinkronizacije mjeri se u BTS-u za dolaznu vezu, provjerom položaja trening sekvence
- Ova trening sekvenca obavezna je u svim okvirima koje šalje MS
- Iz tih mjerjenja BTS izračunava TA i šalje vrijednost natrag MS-u
- Iz vrijednosti TA MS zna kada treba slati okvir, kako bi u BTS stigao u sinkronizmu
- Vrijednost TA se kontinuirano izračunava i šalje za cijelo vrijeme veze



TA može imati vrijednosti od 0 do 233 μs .

Vrijednosti TA su kodirane sa 6 bita (0-63):

0 → nema TA 63 → najveći TA

Vremenske razlike u koracima od 233 : 63 = 3,7 μs

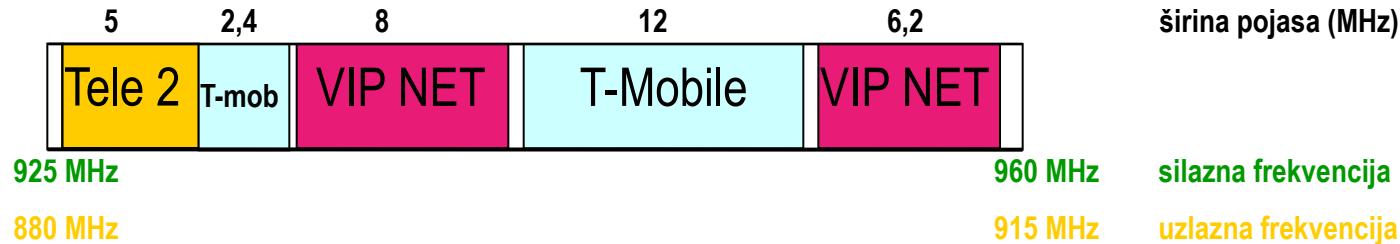
- Mogu se kompenzirati kašnjenja signala MS-a do udaljenosti od približno 35 km
- Zbog toga i ćelija ne smije biti u promjeru veća od približno 70 km

Vrijednosti TA i udaljenosti MS-a i BTS-a								
TA	0	1	2	3	4	5	63
TA [μs]	0	3,7	7,4	11,1	14,8	18,5	233
udaljenost [m]	< 550	550 - 1100	1100 - 1650	1650 - 2200	2200 - 2750	2750 - 3300	34650 - 35000

Tehnički parametri GSM sustava

Mobilni operatori u Hrvatskoj koriste slijedeće radijske frekvencije:

GSM 900



operator	uzlazna veza (MHz)	silazna veza (MHz)
Tele 2 d.o.o.	880,3 – 885,3	925,3 – 930,3
T-Mobile Hrvatska d.o.o.	885,3 – 887,7	930,3 – 932,7
VIP NET d.o.o.	887,8 – 895,8	932,8 – 940,8
T-Mobile Hrvatska d.o.o.	896,1 – 908,1	941,1 – 953,1
VIP NET d.o.o.	908,3 – 914,5	953,3 – 959,5

Mobilni operatori u Hrvatskoj koriste slijedeće radijske frekvencije:

GSM / DCS 1800

operator	uzlazna veza (MHz)	silazna veza (MHz)	širina pojasa (MHz)
Tele 2	1805 MHz	1880 MHz	silazna frekvencija
T-mob	1710 MHz	1785 MHz	uzlazna frekvencija

operator	uzlazna veza (MHz)	silazna veza (MHz)
Tele 2 d.o.o.	1710,1 – 1722,1	1805,1 – 1817,1
T-Mobile Hrvatska d.o.o.	1740,1 – 1748,5	1835,1 – 1843,5

Skakanje frekvencije (*frequency hopping*)

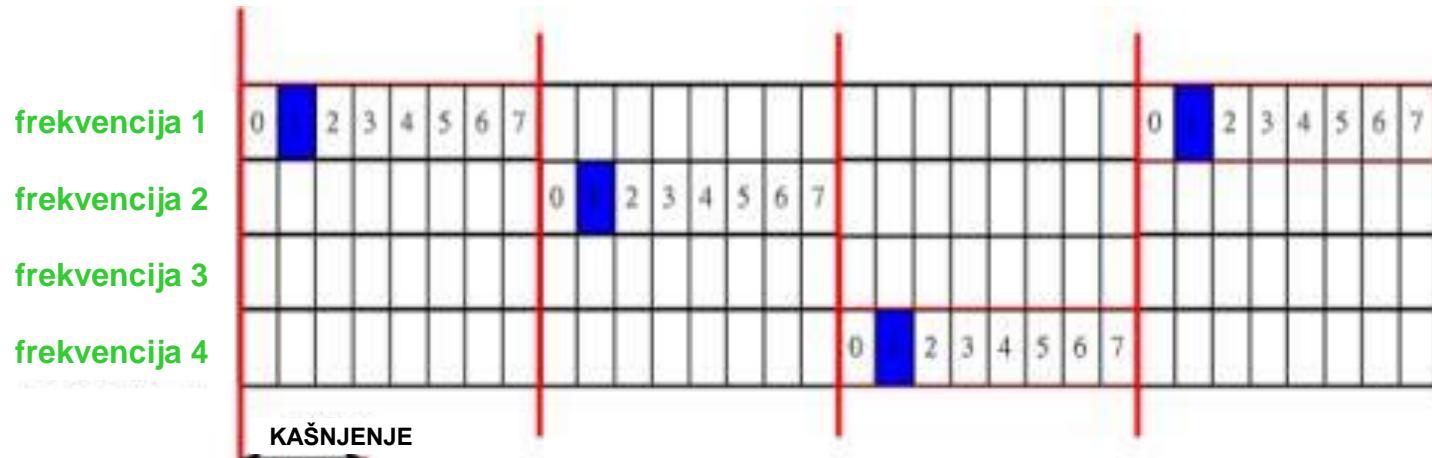
Sporo skakanje frekvencije izvodi se do 216 puta u sekundi (1 skok frekvencije po TDMA okviru trajanja 4,615 ms)

- TDMA burstovi prenose se u unaprijed određenom slijedu na različitim frekvencijama (algoritam programiran u mobilnoj stanici)
- algoritam skakanja prenosi se na BCCH kanalu
- pomaže za ublažavanje neželjenog fedinga signala
- istokanalna interferencija se učinkovito rasprši

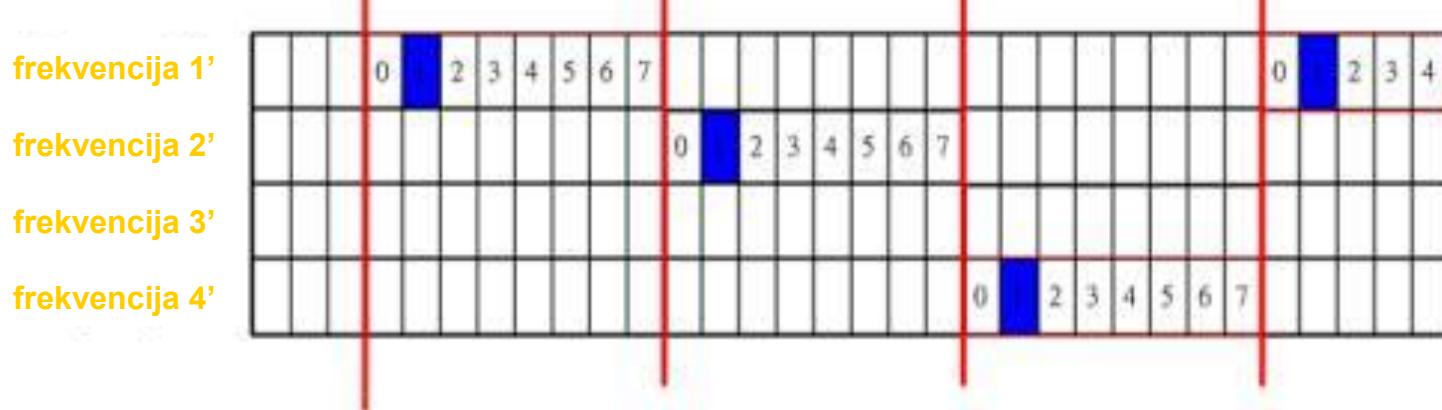
Napomena: BCCH i CCCH kanali ne podvrgavaju se skakanju frekvencije i uvijek se prenose na istoj frekvenciji

Skakanje frekvencije: 1 skok frekvencije po TDMA okviru

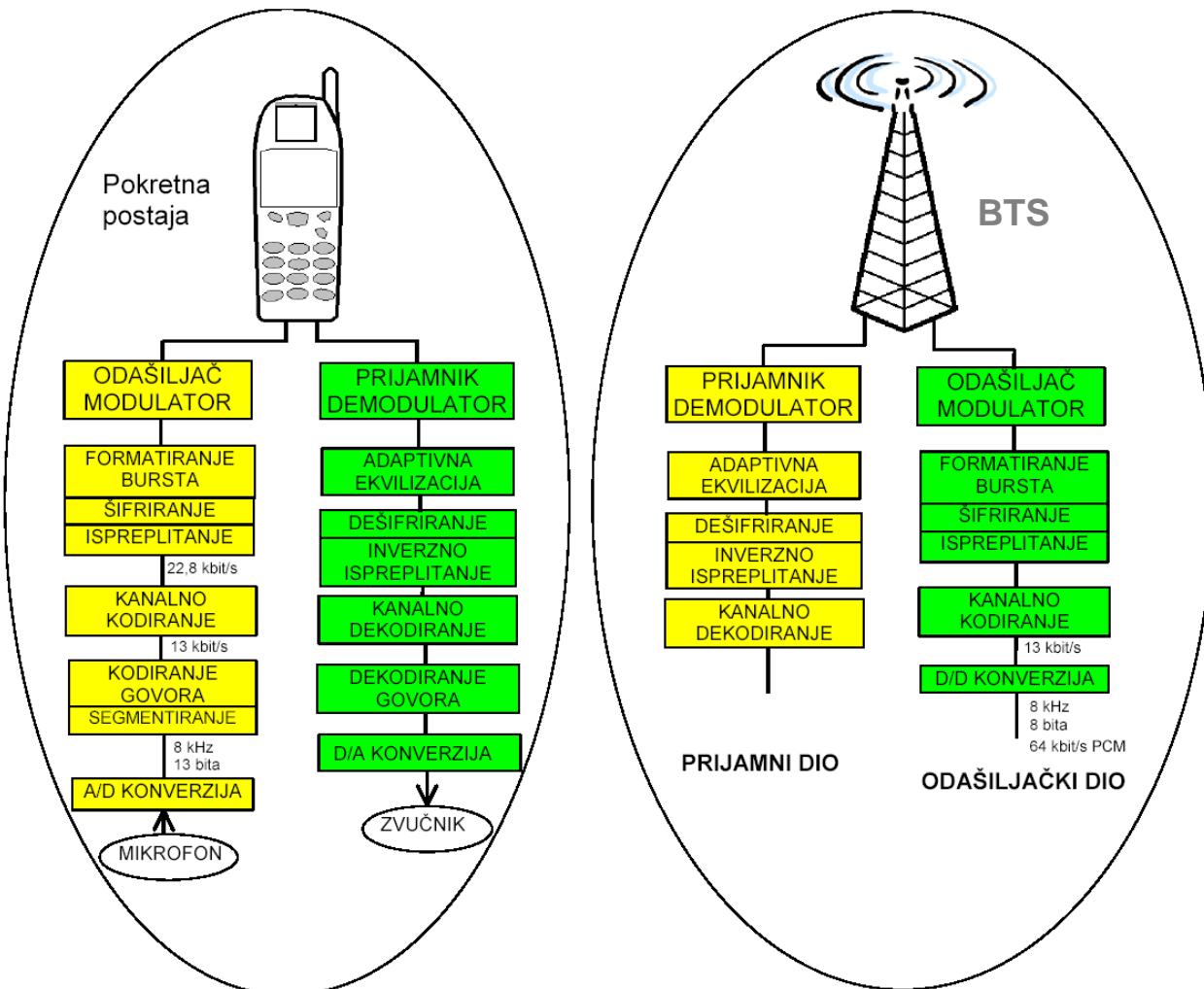
SILAZNA
VEZA



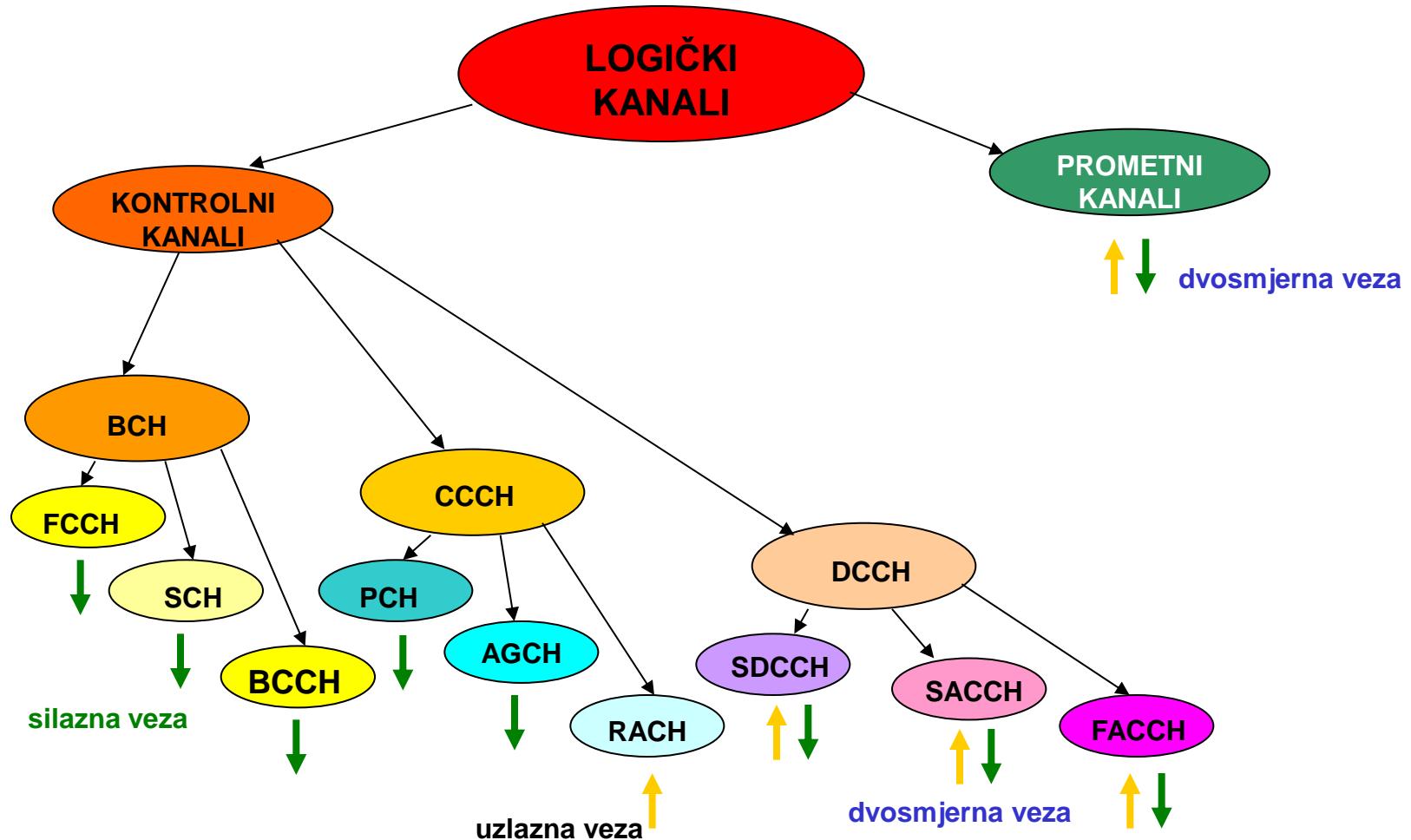
UZLAZNA
VEZA



Tehnički parametri GSM sustava



Odvajjanje korisničke i upravljačke informacije postignuto je korištenjem dvaju tipova logičkih kanala:



Prometni kanali – *Traffic Channels (TCH)*

- koriste se za prijenos korisničkih informacija (govora ili podataka)

Full rate za govor (TCH/FS) 13 kbit/s ili (TCH/F2,4 do F9,6) do 9,6 kbit/s za podatke

Half rate za govor (TCH/HS) 6,5 kbit/s ili (TCH/H4,8 i H2,4) 4,8/2,4 kbit/s za podatke

Kontrolni kanali – *Signaling Channels*

- za prijenos upravljačkih informacija
- postoje tri kategorije ovih kanala:

BCH (*Broadcast Channel*): SCH, FCCH, BCCH

CCCH (*Common Control Channels*): PCH, RACH, AGCH

DCCCH (*Dedicated Control Channels*): SDCCH, ACCH

GSM kontrolni kanali **BCH**:

- **BCCH** - *Broadcast Control Channel* – silazna veza
 - BTS prenosi kontinuirano svim MS-ovima informaciju o identitetu mreže i ćelije (LAI), informaciju za odabir ćelije i prekapčanje veze, parametre za konfiguriranje kontrolnih kanala, raspoloživim frekvencijama, parametre za namještanje snage emitiranja itd.
- **FCCH** - *Frequency Correction Channel* – silazna veza
 - BTS emitira prijenosnu frekvenciju - referenca za namještanje i sinkronizaciju frekvencije MS-a
- **SCH** - *Synchronisation Channel* – silazna veza
 - za vremensku sinkronizaciju MS-a na strukturu okvira. BTS emitira informaciju o strukturi TDMA okvira (broj okvira) i BSIC (*Base Station Identity Code*)

GSM kontrolni kanali **CCCH**:

- **RACH** - *Random Access Channel* - **uzlazna veza**
 - MS ih koristi za slanje zahtjeva za pristupanje na mrežu/ ažuriranje lokacije/ SMS. To je slotted Aloha kanal, pa postoji mogućnost kolizije više korisnika zbog istovremenog pristupa kanalu.
- **AGCH** - *Access Grant Channel* – **silazna veza**
 - daje MS-u informaciju o dodjeli prometnog kanala TCH ili SDCCH kanala
- **PCH** - *Paging Channel* – **silazna veza**
 - za obavještavanje korisnika o dolaznom pozivu ili SMS-u, te slanje paging poruka MS-ovima. Paging poruka sadrži identifikacijski broj mobilnog pretplatnika kojeg mreža želi kontaktirati. Ako MS identificira svoj vlastiti IMSI broj, javlja se

GSM kontrolni kanali **DCCH**:

Kao TCH, mogu biti dodijeljeni bilo kojem vremenskom odsječku

- ◆ **SDCCH - Stand-alone Dedicated Control Channel**
 - privremeni kanal za signalizaciju, prije dodjele TCH,
 - autentifikacijske poruke, registracija, dodjela resursa (frekvencija nositelja i vremenski odsječak), SMS
- ◆ **SACCH - Slow-Associated Control Channel**
 - egzistira zajedno sa TCH (isti fizički kanal)
 - prema **MS-u**: BTS šalje instrukcije za podešavanje dozvoljene snage odašiljača, parametre za TA (*timing advance*)
 - **Od MS-a**: izmjerena razina i kvaliteta Rx signala unutar ćelije, te razina signala iz susjednih ćelija (**kontinuirano za cijelo vrijeme poziva**)
- ◆ **FACCH - Fast-Associated Control Channel**
 - za hitne poruke (npr. zahtjev za prekapčanje veze - *handover*)
 - koristi vremenske odsječke od TCH



Preddiplomski studij

Javna pokretna mreža

5.

Vrste kanala GSM sustava

Ak.g. 2013./2014.

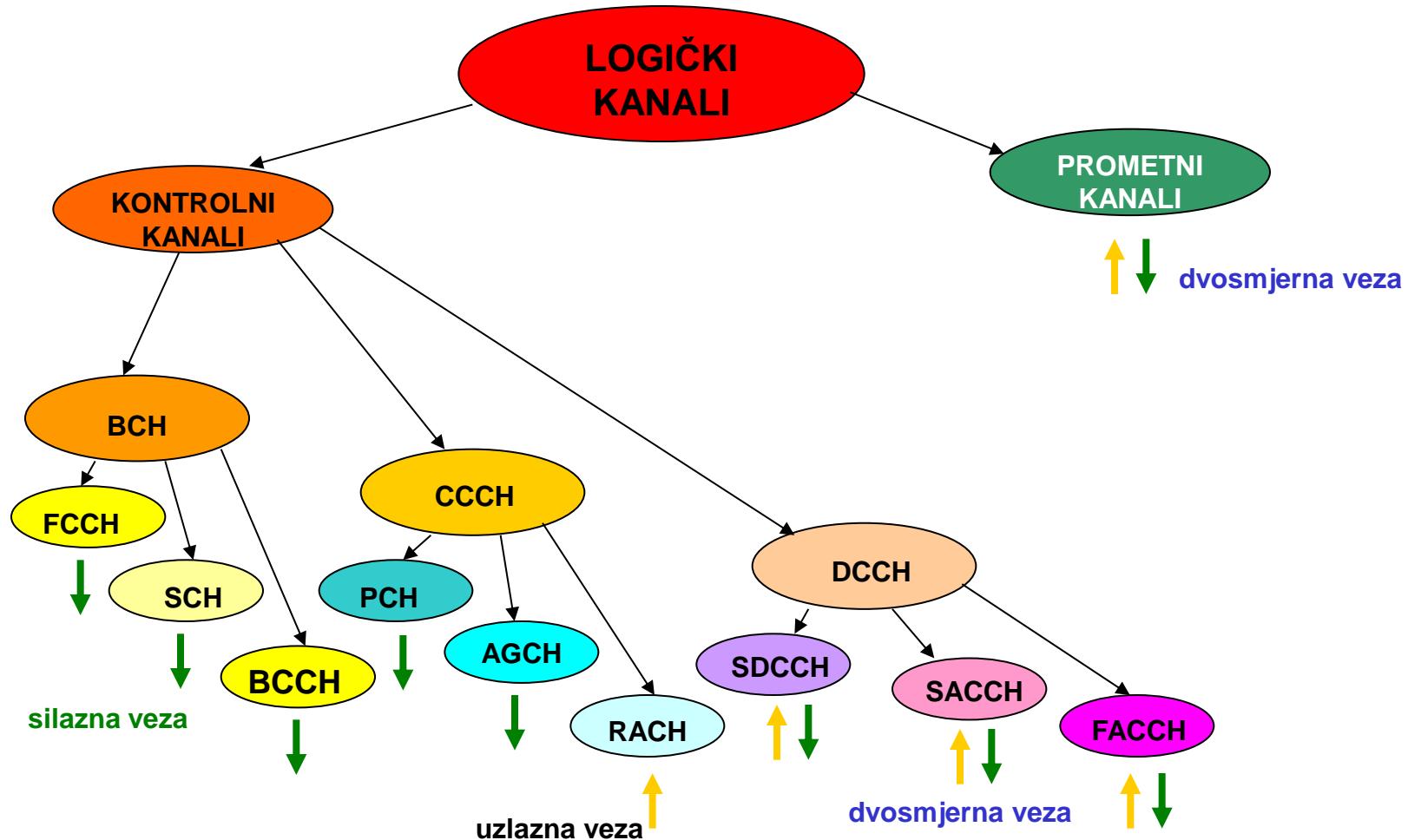
14.4.2014.

Vrste kanala u GSM-u

Logički kanali

- Vrste burstova
- Postupci pri uključivanju MS
- Multipleksiranje logičkih kanala
- Primjeri kombinacija kanala

Odvajjanje korisničke i upravljačke informacije postignuto je korištenjem dvaju tipova logičkih kanala:



Prometni kanali – *Traffic Channels (TCH)*

- koriste se za prijenos korisničkih informacija (govora ili podataka)

Full rate za govor (TCH/FS) 13 kbit/s ili (TCH/F2,4 do F9,6) do 9,6 kbit/s za podatke

Half rate za govor (TCH/HS) 6,5 kbit/s ili (TCH/H4,8 i H2,4) 4,8/2,4 kbit/s za podatke

Kontrolni kanali – *Signaling Channels*

- za prijenos upravljačkih informacija
- postoje tri kategorije ovih kanala:

BCH (*Broadcast Channel*): SCH, FCCH, BCCH

CCCH (*Common Control Channels*): PCH, RACH, AGCH

DCCH (*Dedicated Control Channels*): SDCCH, ACCH

GSM kontrolni kanali **BCH**:

- **BCCH** - *Broadcast Control Channel* – silazna veza
 - BTS prenosi kontinuirano svim MS-ovima informaciju o identitetu mreže i ćelije (LAI), informaciju za odabir ćelije i prekapčanje veze, parametre za konfiguriranje kontrolnih kanala, raspoloživim frekvencijama, parametre za namještanje snage emitiranja itd.
- **FCCH** - *Frequency Correction Channel* – silazna veza
 - BTS emitira prijenosnu frekvenciju - referenca za namještanje i sinkronizaciju frekvencije MS-a
- **SCH** - *Synchronisation Channel* – silazna veza
 - za vremensku sinkronizaciju MS-a na strukturu okvira. BTS emitira informaciju o strukturi TDMA okvira (broj okvira) i BSIC (*Base Station Identity Code*)

GSM kontrolni kanali **CCCH**:

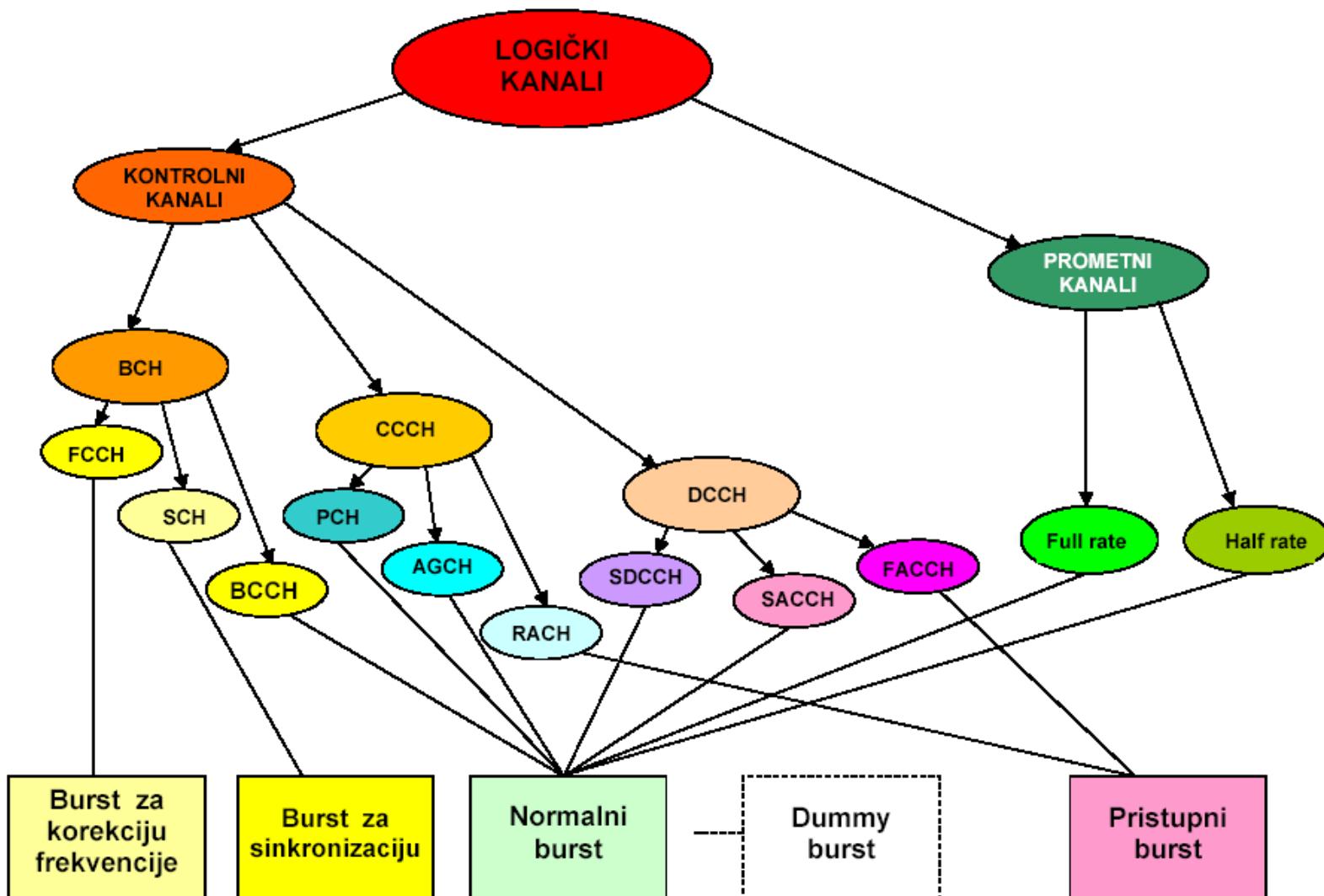
- **RACH** - *Random Access Channel* - **uzlazna veza**
 - MS ih koristi za slanje zahtjeva za pristupanje na mrežu/ ažuriranje lokacije/ SMS. To je slotted Aloha kanal, pa postoji mogućnost kolizije više korisnika zbog istovremenog pristupa kanalu.
- **AGCH** - *Access Grant Channel* – **silazna veza**
 - daje MS-u informaciju o dodjeli prometnog kanala TCH ili SDCCH kanala
- **PCH** - *Paging Channel* – **silazna veza**
 - za obavještavanje korisnika o dolaznom pozivu ili SMS-u, te slanje paging poruka MS-ovima. Paging poruka sadrži identifikacijski broj mobilnog pretplatnika kojeg mreža želi kontaktirati. Ako MS identificira svoj vlastiti IMSI broj, javlja se

GSM kontrolni kanali **DCCH**:

Kao TCH, mogu biti dodijeljeni bilo kojem vremenskom odsječku

- ◆ **SDCCH - Stand-alone Dedicated Control Channel**
 - privremeni kanal za signalizaciju, prije dodjele TCH,
 - autentifikacijske poruke, registracija, dodjela resursa (frekvencija nositelja i vremenski odsječak), SMS
- ◆ **SACCH - Slow-Associated Control Channel**
 - egzistira zajedno sa TCH (isti fizički kanal)
 - prema **MS-u**: BTS šalje instrukcije za podešavanje dozvoljene snage odašiljača, parametre za TA (*timing advance*)
 - **Od MS-a**: izmjerena razina i kvaliteta Rx signala unutar ćelije, te razina signala iz susjednih ćelija (**kontinuirano za cijelo vrijeme poziva**)
- ◆ **FACCH - Fast-Associated Control Channel**
 - za hitne poruke (npr. zahtjev za prekapčanje veze - *handover*)
 - koristi vremenske odsječke od TCH

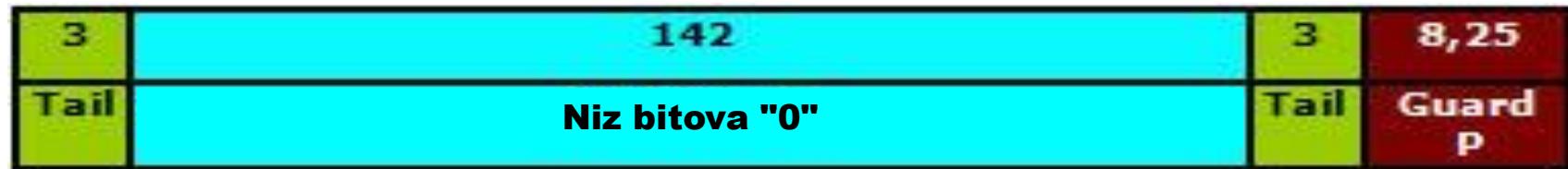
Logički kanali – Vrste burstova



Normalni burst - prenosi informacije na prometnim i kontrolnim kanalima



Burst za korekciju frekvencije – FCB (Frequency Correction Burst)



Burst za sinkronizaciju – SB (Synchronisation Burst)



Pristupni burst

8	41	36	3	68, 25
Tail	Trening sekvenca	Podaci	Tail	Guard P

Prazni burst - (Dummy Burst)

3	58	26	58	3	8, 25
Tail	Nespecificirani podaci	Trening sekvenca	Nespecificirani podaci	Tail	Guard P

Pronalaženje Broadcasting control kanala

- jedan nositelj u svakoj ćeliji mora prenositi BCH broadcast kanal (BCCH/SCH/FCCH).
- slobodni vremenski odsječci nositelja popunjavaju se praznim (*dummy*) burstovima - broadcast nositelj je uvijek među najjačim nositeljima.
- burst za korekciju frekvencije omogućava MS-u identifikaciju i ugađanje na frekvenciju nositelja.
- kad se pronađe sinkronizacijski burst identificiraju se BSIC i broj okvira.
- MS je spremna za slušanje BCCH.

Logički kanali – Primjeri kombinacija kanala:

B: BCH

C: CCCH

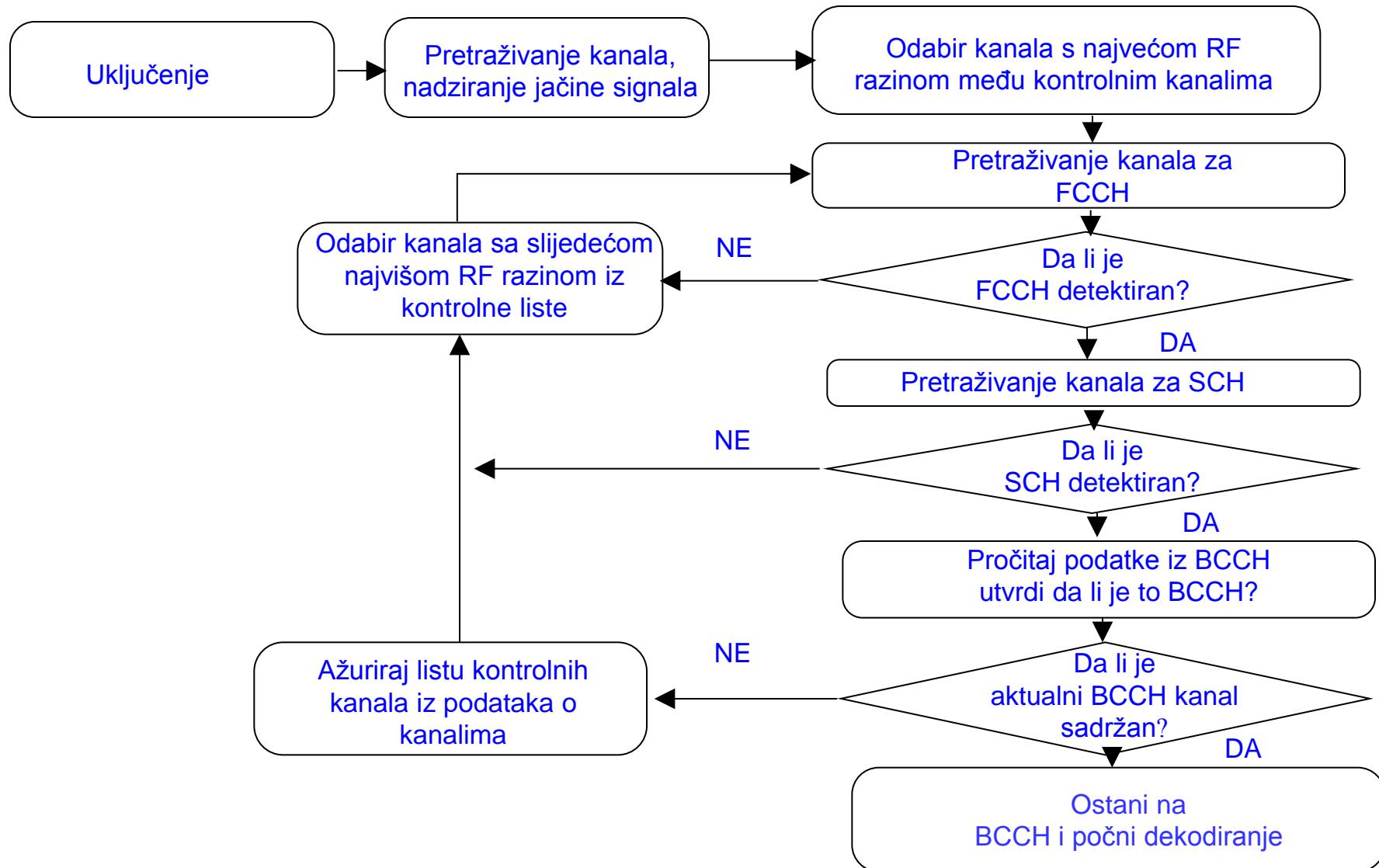
D: DCCH

T: TCH

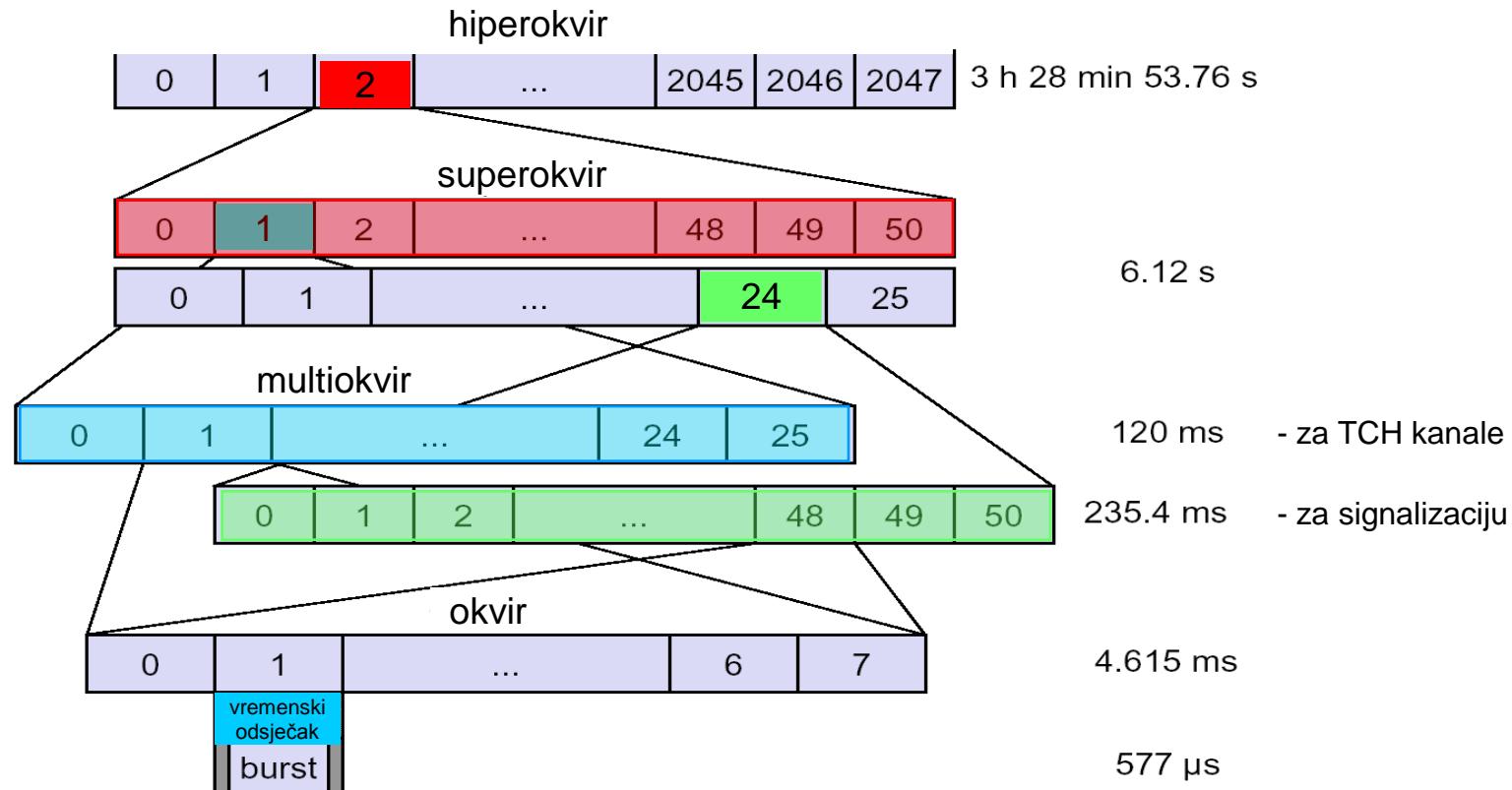
		Vremenski odsječci							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Nositelji		C0	B,C	D	T	T	T	T	T
B: BCH	C0								
C: CCCH	C1	D	T	T	T	T	T	T	T
D: DCCH	C2	T	T	T	T	T	T	T	T
T: TCH	C3	T	T	T	T	T	T	T	T

- upravljački logički kanali smješteni su na nositelju C0 u nulti i prvi vremenski odsječak
(tako MS uvijek zna gdje su smješteni BCCH, FCCH i SCH)
- C0 uvijek podrazumijeva prvu frekvenciju BTS-a
- žuto označeni DCCH kanal može biti i na nositelju C1 nultog vremenskog odsječka, ako je celija jako opterećena
- ostatak kapaciteta dodijeljen je TCH kanalu - govorne informacije

Logički kanali – GSM - Postupci pri uključenju MS



TDMA hijerarhija okvira

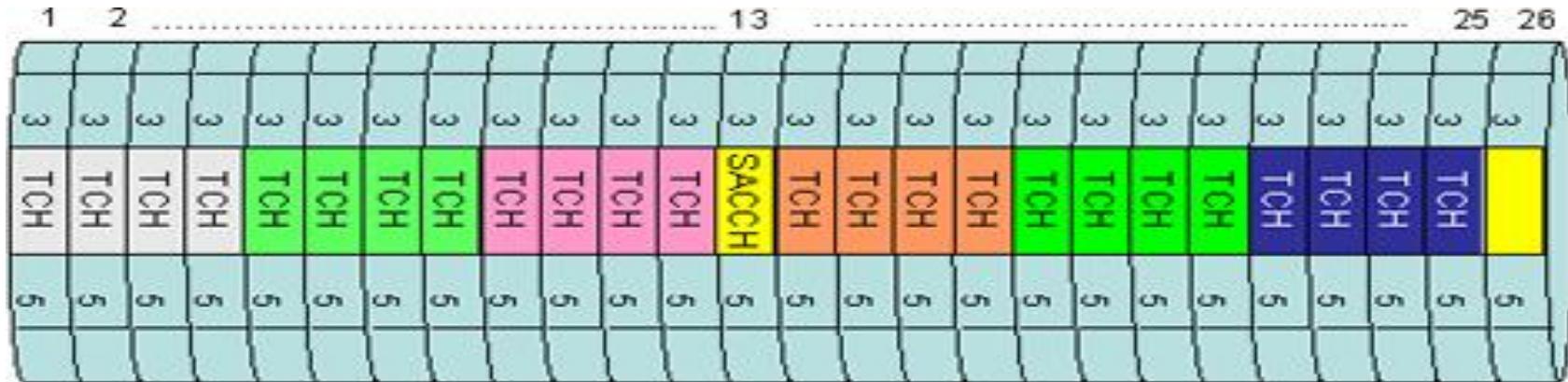


Multiokviri dugi 26 TDMA okvira se uvijek koriste uglavnom za slanje govornih podataka, uz dvije iznimke. To su logički kanali SACCH i FACCH

Logički kanali – Multipleksiranje logičkih kanala:

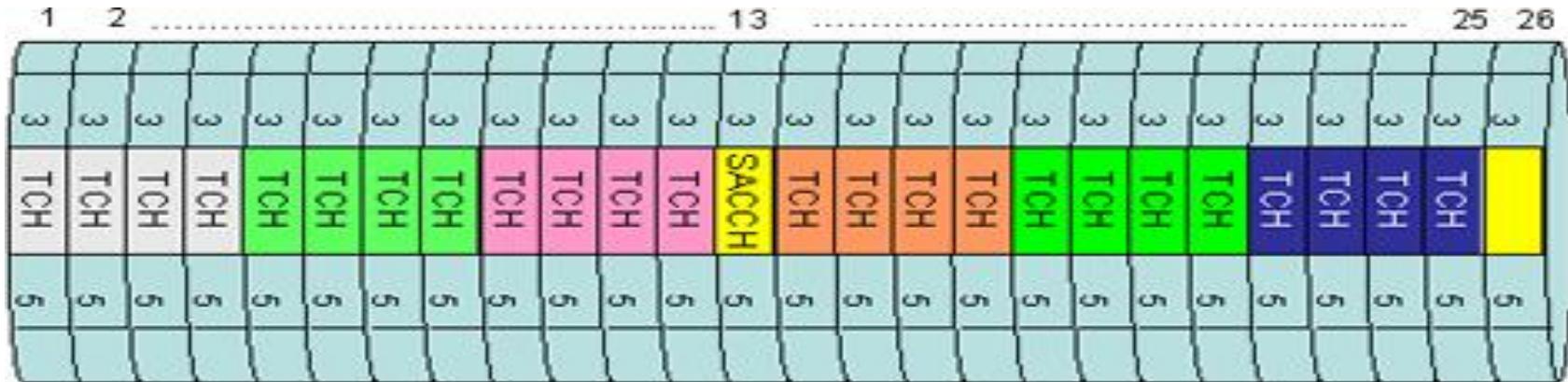
Multiokvir je prikazan u formi valjka

- BTS komunicira ciklički sa MS broj 0,1,2,3,4,5,6,7,0,1,2,3... unutar vremenskih odsječaka (burstova), na istoj frekvenciji nositelja
- Brojevi od 1-26 predstavljaju broj okvira (trajanje okvira 4,615 ms)



- Fizički kanal predstavlja dodijeljeni vremenski odsječak. Slijedeći taj vremenski odsječak u uzastopnim okvirima, dobivamo sekvence (slijed). Analiziramo li sekvencu od 26 okvira, TCH zauzima okvire 1-12 i 14-25. SACCH kontrolni kanal zauzima okvir 13, okvir 26 je slobodan.
- za FACH kontrolni kanal koriste se “stealing flags” u TCH kanalu.

Logički kanali – Multipleksiranje logičkih kanala:



- nakon što je 8 korisnika razmjenjilo 12 govornih TCH okvira, dolazi okvir 13 u kojem se prenose SACCH naredbe za korisnike 0-7
- nakon toga se prenosi opet 12 govornih okvira za svih osam korisnika
- okvir 26 je prazan (*idle*) ili sadrži dodatnih 8 SACCH naredbi ako se govor prenosio sa *half rate* kapacitetom, brzinom od 6,5 kbit/s, pa je umjesto 8 bilo 16 korisnika.

Logički kanali – Multipleksiranje logičkih kanala:

Preslikavanje logičkih kanala na fizičke kanale

Fizički kanali – određeni su prijenosnom frekvencijom i vremenskim odsječkom

- tipična ćelija srednjeg kapaciteta ima 4 primopredajnika (*Transceiver -TRX*) s nositeljima C0, C1, C2, C3 sa po 8 vremenskih odsječaka
 - $4 \times 8 = 32$ fizičkih kanala
- unutar jednog fizičkog kanala mogu biti multiokviri sa 26 ili 51 okvira

Logički kanali preslikavaju se prema određenom uzorku na multiokvire fizičkih kanala

- GSM norma 05.02 propisuje kako se formiraju pojedini multiokviri, te na taj način sistematizira kompleksnost sustava
- Postoji 7 kombinacija kanala (KK1 ... KK7):

- KK1: TCH/F+ FACCH/F + SACCH/F
 - KK2: TCH/H(0.1) + FACCH/H(0.1) + SACCH/H(0.1)
 - KK3: TCH/H(0) + FACCH/H(0) + SACCH/H(0) + TCH/H(1)
 - KK4: BCCH + CCCH + FCCH + SCH
 - KK5: FCCH + SCH + BCCH + CCCH + SDCCH/4 + SACCH/4
 - KK6: BCCH + CCCH
 - KK7: SDCCH/8 + SACCH/8
- 

Preslikavanje logičkih kanala na fizičke kanale

Prometni kanali

- prve tri kombinacije kanala prenose TCH kanale (govorne informacije)
- prve tri kombinacije su formirane s multiokvirima sa 26 okvira

Kontrolni kanali

- preostale četiri kombinacije formirane su s multiokvirima s 51 okvirom
- Ovako su formirani kontrolni kanali
- svaka ćelija mora emitirati na jednom nositelju BCH kanal

KK4: BCCH + CCCH + FCCH + SCH

Logički kanali – Multipleksiranje logičkih kanala:

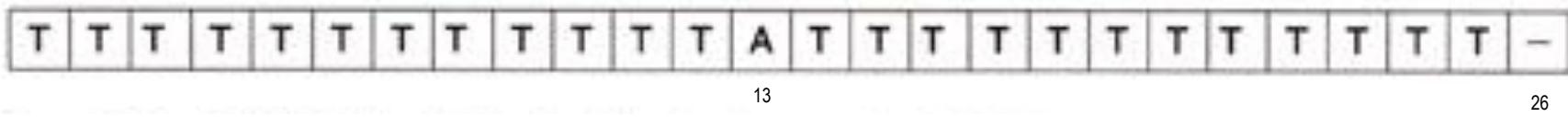
Preslikavanje logičkih kanala na fizičke kanale

- KK1, KK2 i KK3 kombinacije kanala prenose TCH kanal (govorne informacije)
- koriste multiokvire sa 26 okvira

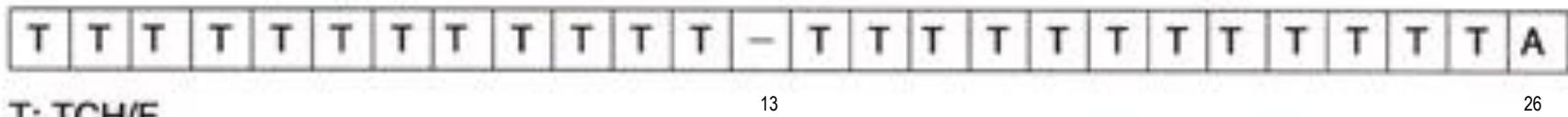
KK1: TCH/F+ FACCH/F + SACCH/F

- traži cijeli fizički kanal

Silazna i uzlazna veza (fizički kanal s parnim brojem vremenskog odsječka)



Silazna i uzlazna veza (fizički kanal s neparnim brojem vremenskog odsječka)



T: TCH/F

13

26

A: SACCH/TF

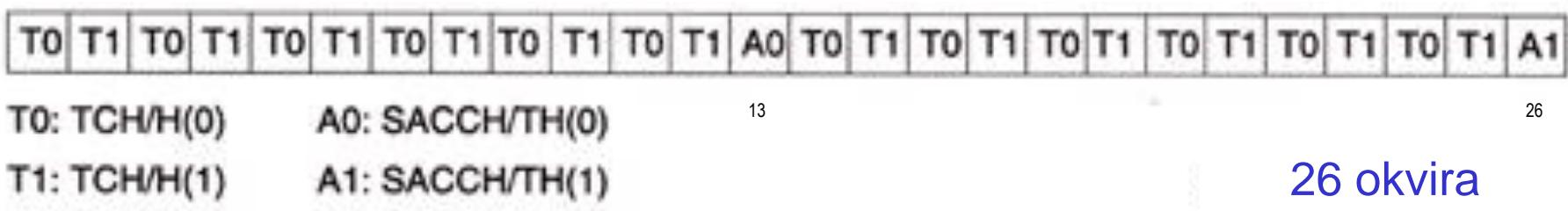
26 okvira

Logički kanali – Primjeri kombinacija kanala:

KK2: TCH/H(0.1) + FACCH/H(0.1) + SACCH/H(0.1)

– traži pola fizičkog kanala

Silazna i uzlazna veza



Dva korisnika naizmjenično pristupaju istom fizičkom kanalu koristeći svaki drugi burst u istom vremenskom odsječku T0/T1

Logički kanali – Primjeri kombinacija kanala:

KK3: TCH/H(0) + FACCH/H(0) + SACCH/H(0) + TCH/H(1)

Silazna i uzlazna veza (fizički kanal s parnim brojem vremenskog odsječka)

T0	T1	A0	T0	T1	–																				
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

Silazna i uzlazna veza (fizički kanal s neparnim brojem vremenskog odsječka)

T0	T1	–	T0	T1	A0																				
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

T0 : TCH/H(0)

T1 : TCH/H(1)

A0 : SACCH/H(0)

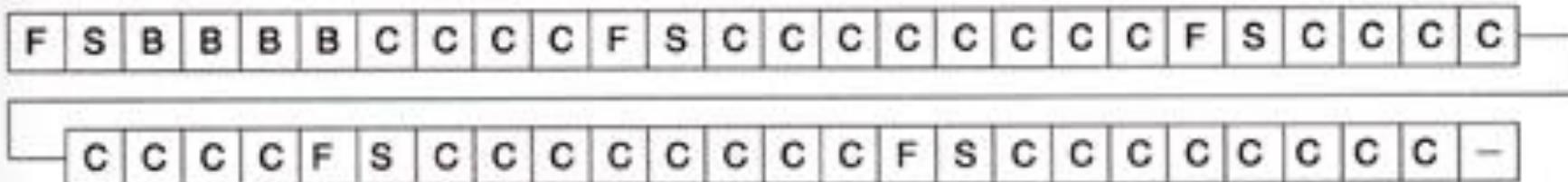
26 okvira

Logički kanali – Primjeri kombinacija kanala:

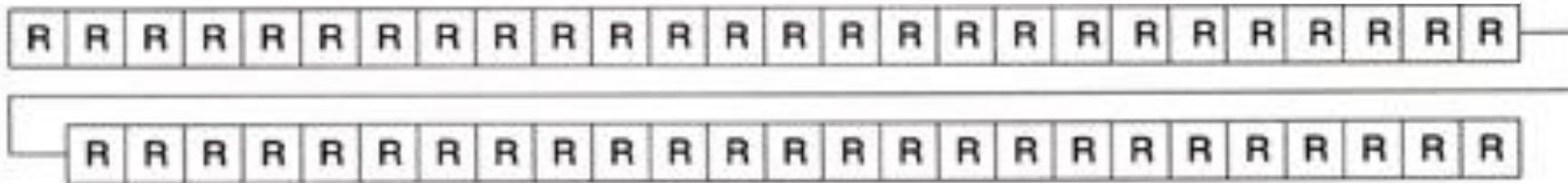
KK4: BCCH + CCCH + FCCH + SCH

- grupa BCH kanala sačinjena od FCCH/SCH/BCCH i CCCH u uzorku od 51-okvirnog multiokvira

Silazna veza



Uzlazna veza



F: FCCH

C: CCCH

R: RACH

s: SCH

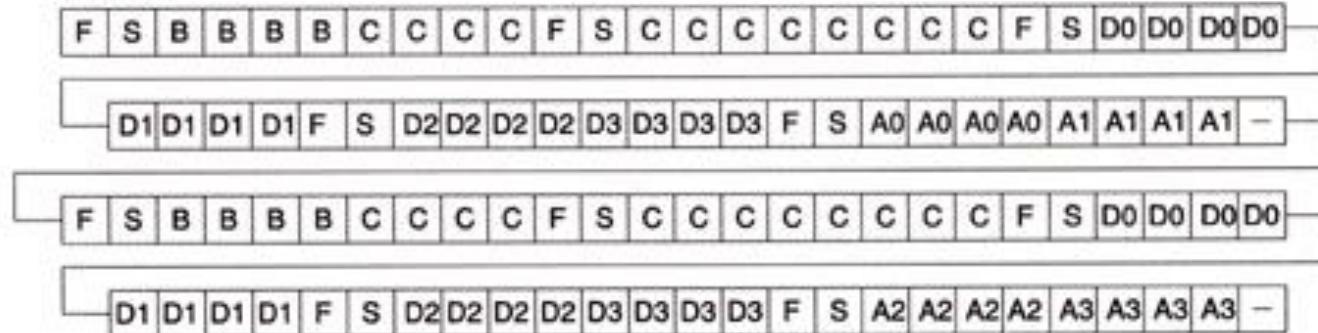
B: BCCH

po 51 okvir

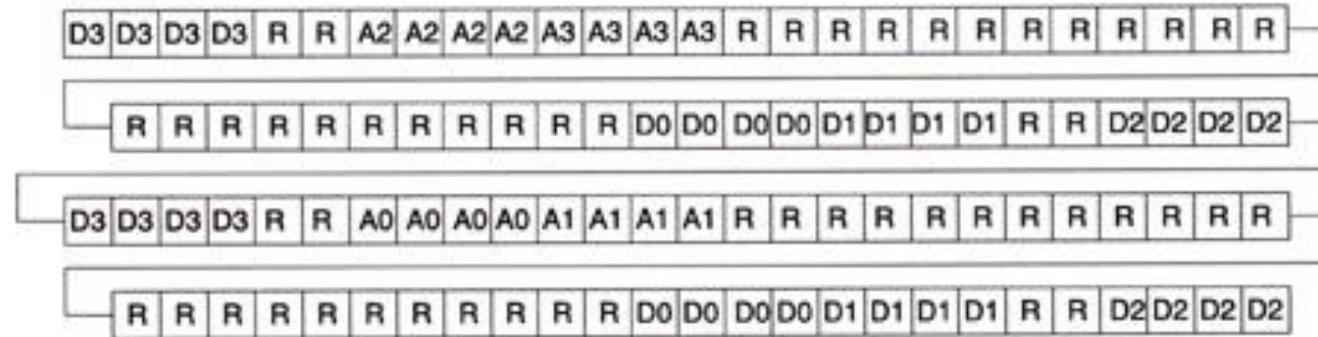
Logički kanali – Primjeri kombinacija kanala:

KK5: FCCH + SCH + BCCH + CCCH + SDCCH/4 + SACCH/4

Silazna veza



Uzlazna veza



F: FCCH

D0: SDCCH/4(0)

A0: SACCH/C4(0)

R: RACH

S: SCH

D1: SDCCH/4(1)

A1: SACCH/C4(1)

C: CCCH

D2: SDCCH/4(2)

A2: SACCH/C4(2)

B: BCCH

D3: SDCCH/4(3)

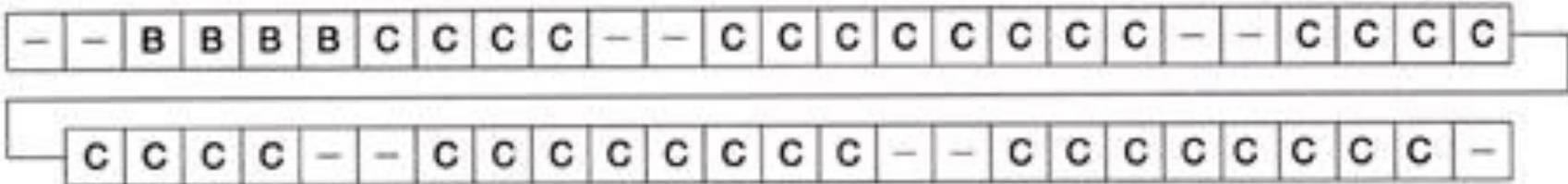
A3: SACCH/C4(3)

po 51 okvir

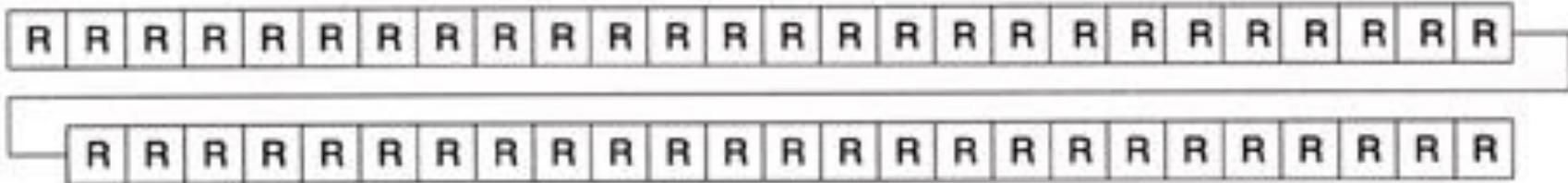
Logički kanali – Primjeri kombinacija kanala:

KK6: BCCH + CCCH – jedan fizički kanal, broadcast kanal

Silazna veza



Uzlazna veza



C: CCCH R: RACH

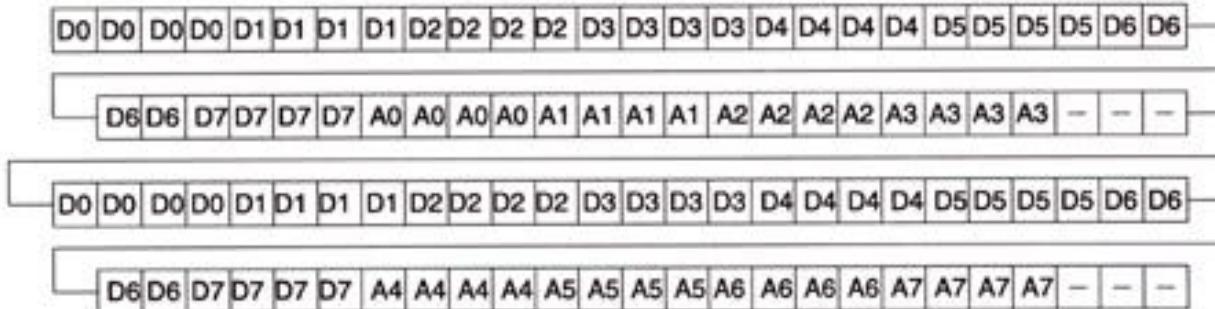
B: BCCH

po 51 okvir

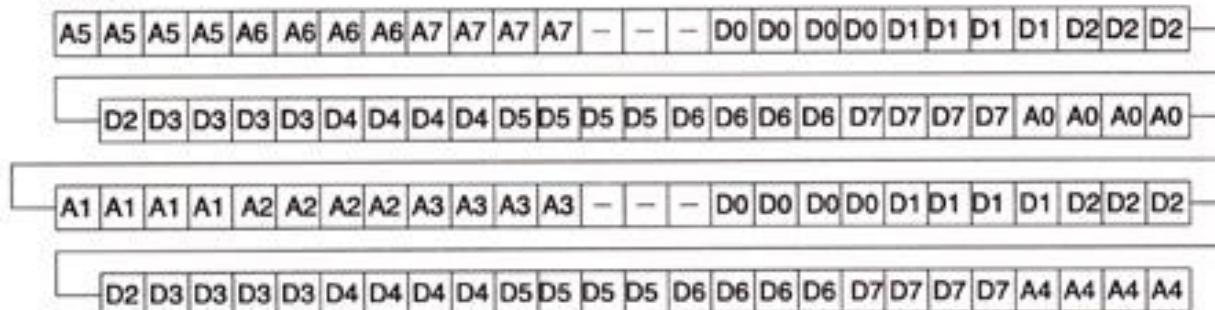
Logički kanali – Primjeri kombinacija kanala:

KK7: SDCCH/8 + SACCH/8 – osam kanala u jednom fizičkom

Silazna veza



Uzlazna veza



D0: SDCCH/8(0)

D4: SDCCH/8(4)

A0: SACCH/C8(0)

A4: SACCH/C8(4)

D1: SDCCH/8(1)

D5: SDCCH/8(5)

A1: SACCH/C8(1)

A5: SACCH/C8(5)

D2: SDCCH/8(2)

D6: SDCCH/8(6)

A2: SACCH/C8(2)

A6: SACCH/C8(6)

D3: SDCCH/8(3)

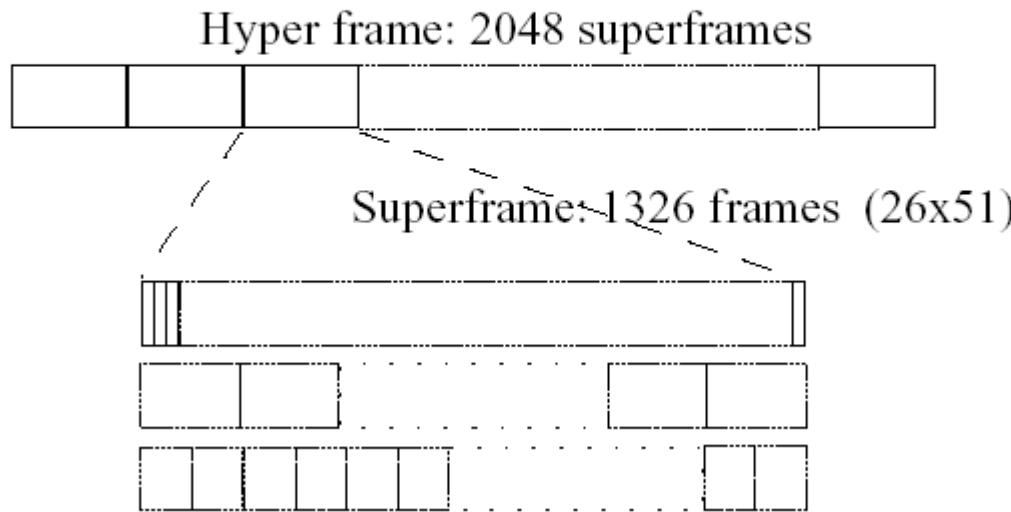
D7: SDCCH/8(7)

A3: SACCH/C8(3)

A7: SACCH/C8(7)

po 51 okvir

Označavanje okvira – Frame Numbering



T1 : superframe number [0 – 2047]

T2 : frame number mod 26

T3 : frame number mod 51

$$FN = T1 \times 26 \times 51 + ((T3 - T2) \bmod 26) \times 51 + T3$$

- Logički kanali
 - prometni kanali; kontrolni kanali
- Fizički kanal
 - broj vremenskog odsječka; TDMA okvir; frekvencija RF kanala
- Frekvencijska dodjela
 - 174 (374) kanala, razmak 200 kHz
- Vremenska dodjela
 - TDMA okvir, multiokvir, superokvir, kanal



Preddiplomski studij

Javna pokretna mreža

6.

Zaštitno kodiranje, kontrola radijske veze

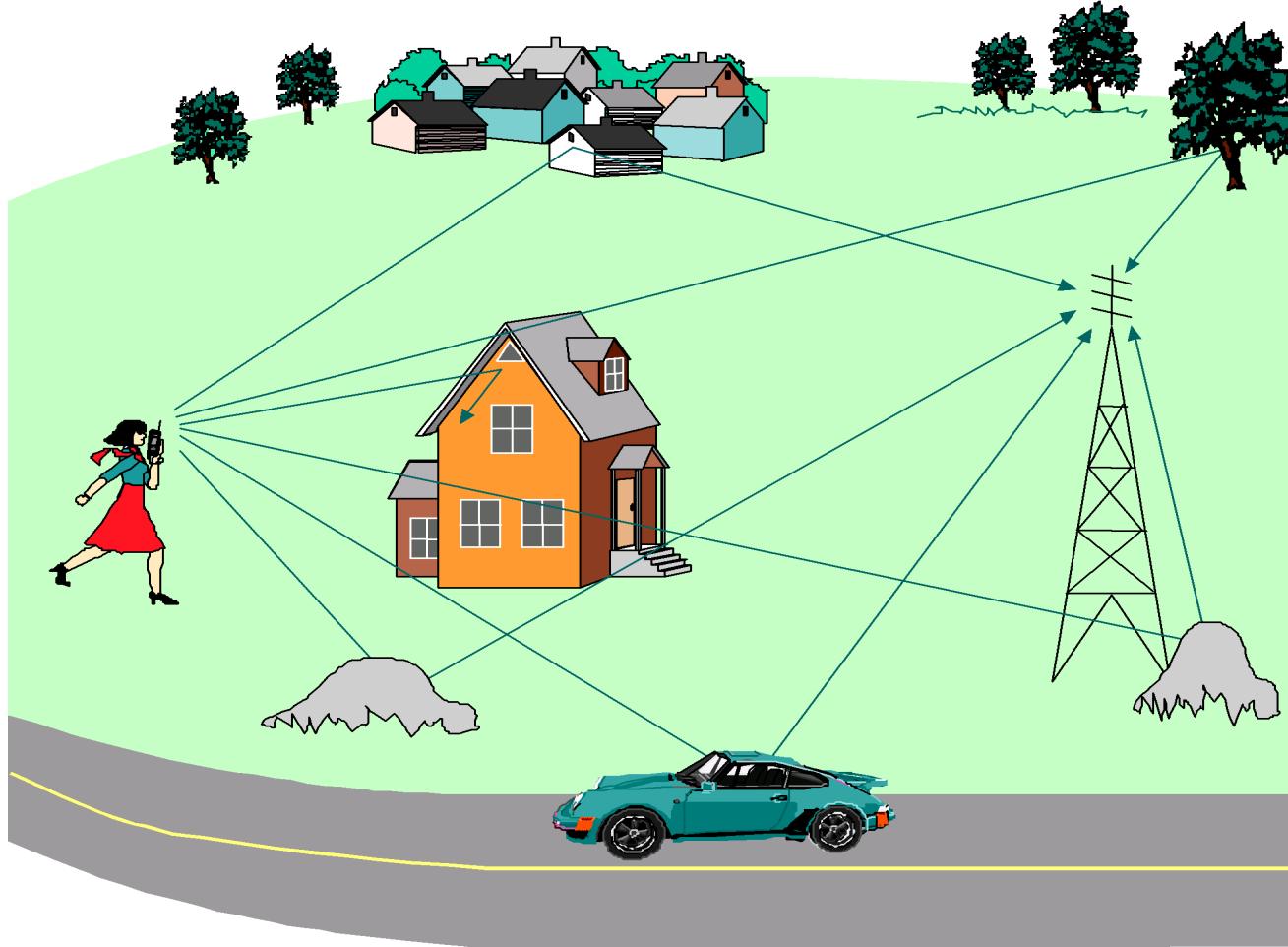
Ak.g. 2013./2014.

14.4.2014.

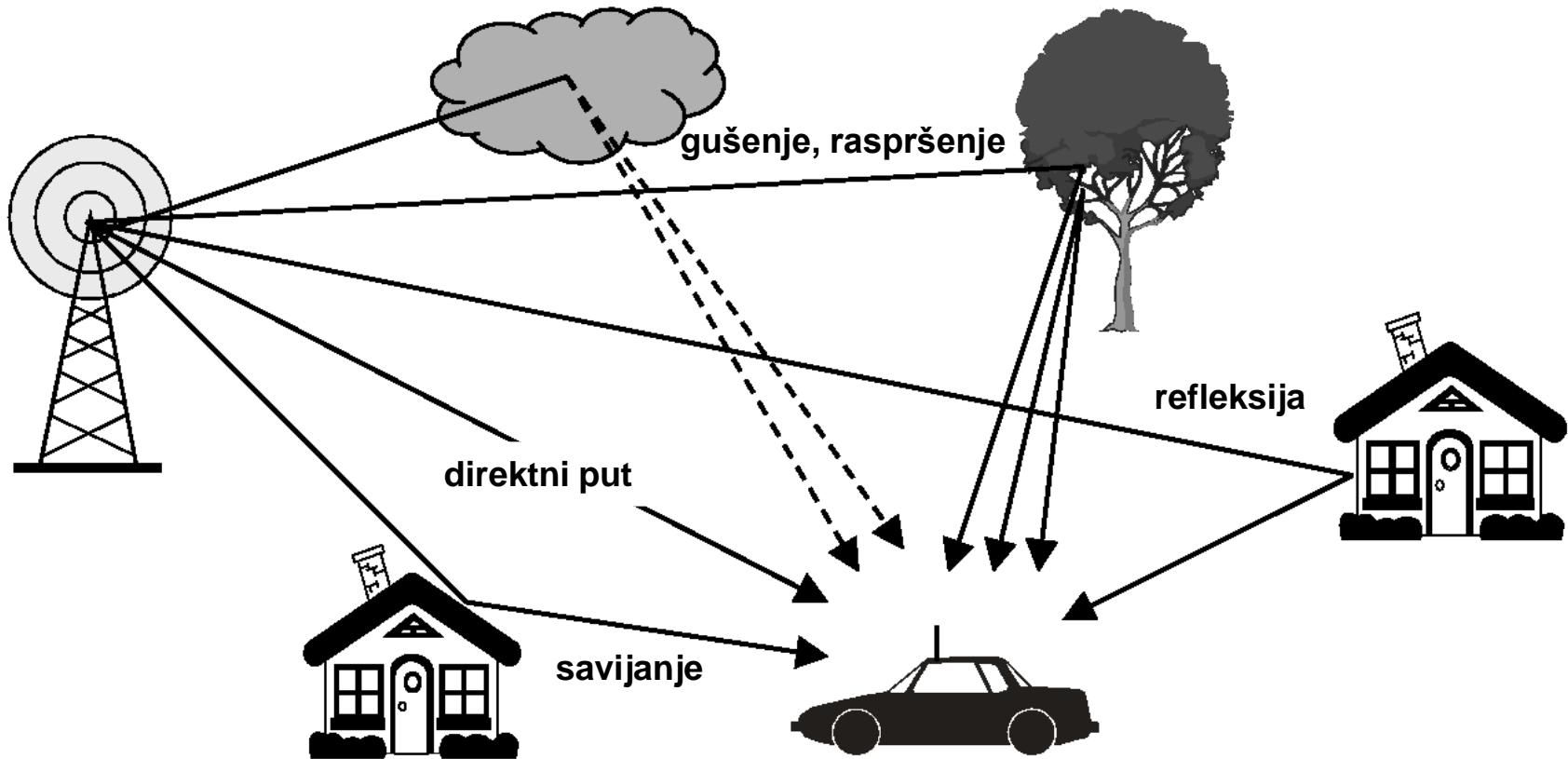
Teme predavanja

- Zaštitno kodiranje u GSM-u
 - blokovsko kodiranje
 - konvolucijsko kodiranje
 - ispreplitanje
- Kontrola radijske veze
 - Upravljanje snagom emisije
 - Prekapčanje veze (*handover*)
 - Prekapčanje veze - provedba prekapčanja

- Rasprostiranje elektromagnetskih valova podložno je mnogim neizbjježnim utjecajima okoline



- ♦ Utjecaji okoline na radijski signal

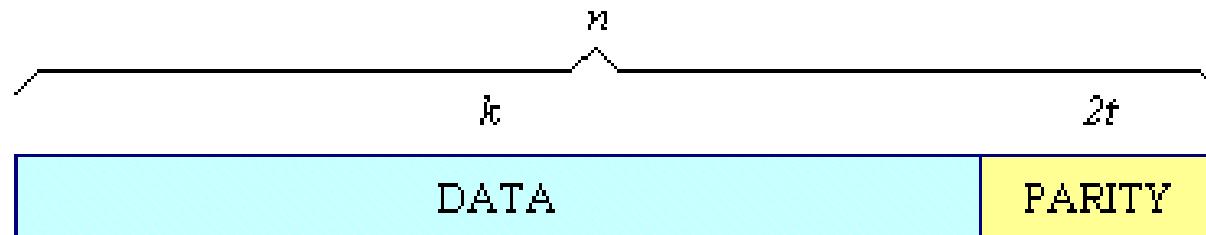


- ◆ s obzirom da smetnje u radijskoj vezi mogu izazvati pogreške u prijenosu, uvodi se dodatna zaštita pri kodiranju signala
- ◆ ta se zaštita postiže kanalnim kodiranjem, koje se temelji na dodavanju zalihosnih binarnih znakova skupini binarnih znakova informacije, koji omogućavaju detekciju pogreške i ispravljanje pogrešno primljenih bitova
- ◆ dodatni bitovi moraju biti u neposrednoj vezi s osnovnim informacijskim nizom preko određenog algoritma
- ◆ kanalno kodiranje temelji se na blokovskom kodiranju i konvolucijskom kodiranju, koji bloku podataka dodaju određeni broj paritetnih bitova

- ◆ Različite vrste kanala u GSM-u zahtijevaju različite stupnjeve zaštite, te se stoga koriste različite vrste FEC (*Forward Error Correction*)
- ◆ Često se kombiniraju tri tipa tehnike kodiranja:
 - Blokovsko kodiranje - prikladno za detekciju i korekciju pogrešaka za blokove (pakete) fiksnih duljina
 - Konvolucijsko kodiranje - daje dobre rezultate za tokove podataka proizvoljne duljine, ali nije optimalno za burstove pogrešaka
 - Ispreplitanje (*Interleaving*) - raspršivanje susjednih bitova, da se dekorelira njihova relativna pozicija

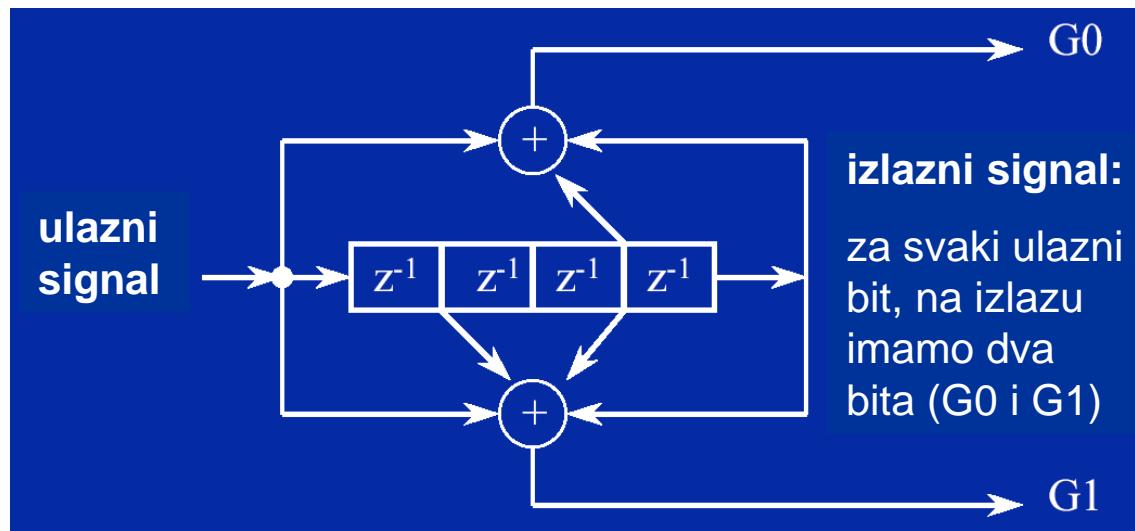
Blokovsko kodiranje

- ◆ GSM koristi dva tipa blok kodova:
 - Fire code 224 / 184 (samo kontrolni kanali)
 - $k = 184$
 - $t = 20$
 - Paritetni kodovi (samo error detection, npr. RACH kanal)
- ◆ Na podatkovnim kanalima ne koriste se blok kodovi



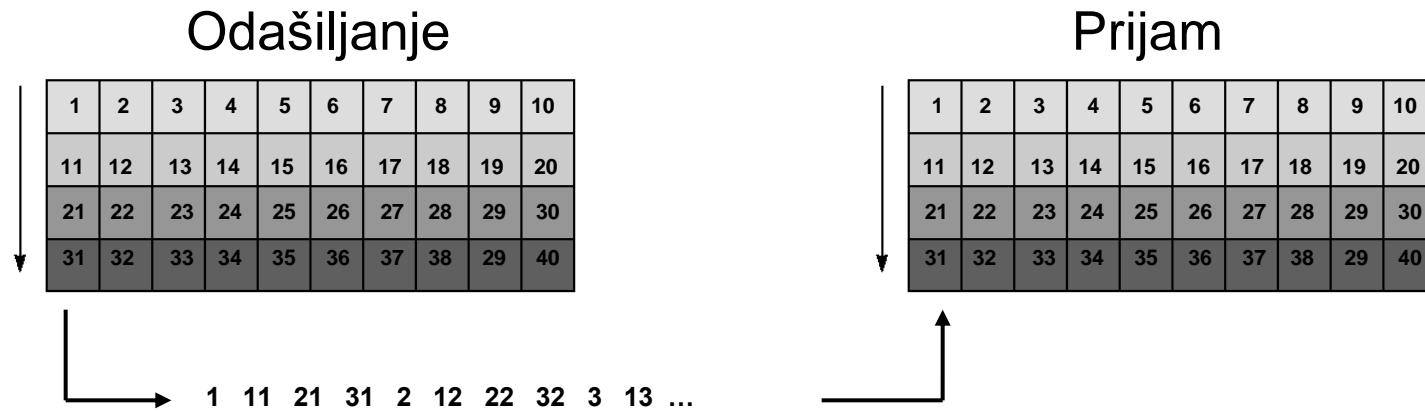
Konvolucijsko kodiranje

- ♦ kod odabira dubine (*register length*) u konvolucijskom kodu postoji kompromis između kompleksnosti i performansi
 - GSM koristi *register length 5*
- ♦ primjer GSM 1/2 konvolucijskog koda (koristi se na prometnim TCH kanalima)



Ispreplitanje (*interleaving*)

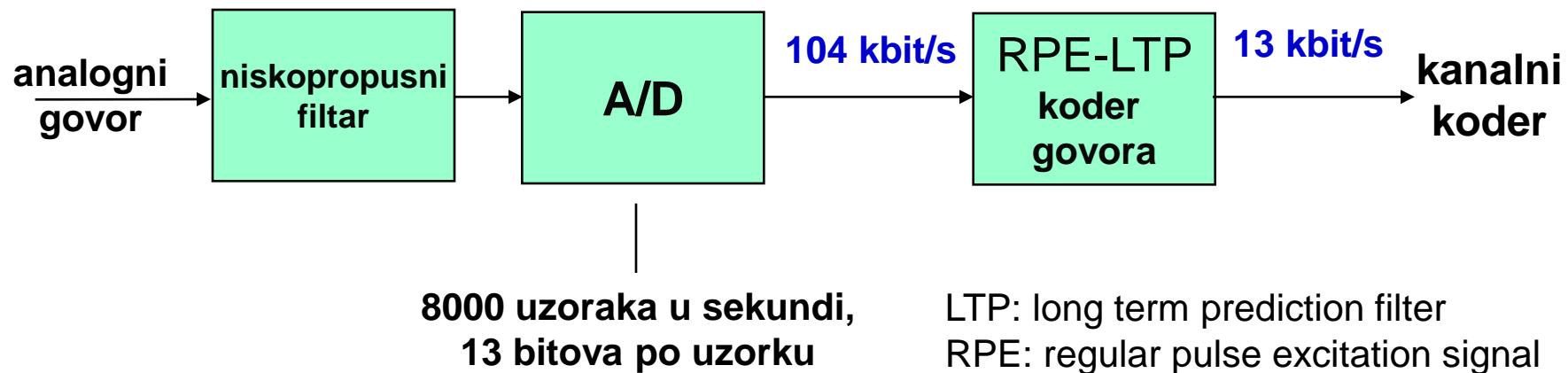
- ♦ u osnovi, ispreplitanjem se rasprše pogrešni bitovi
- ♦ dubina ispreplitanja popravlja performanse, ali i povećava kašnjenje
- ♦ GSM: dubina ispreplitanja 4 – 19
- ♦ slika pokazuje primjer s dubinom ispreplitanja 4
 - ispisivanje vertikalno, isčitavanje horizontalno
 - u prijemu, proces je obrnut



GSM kodiranje govora

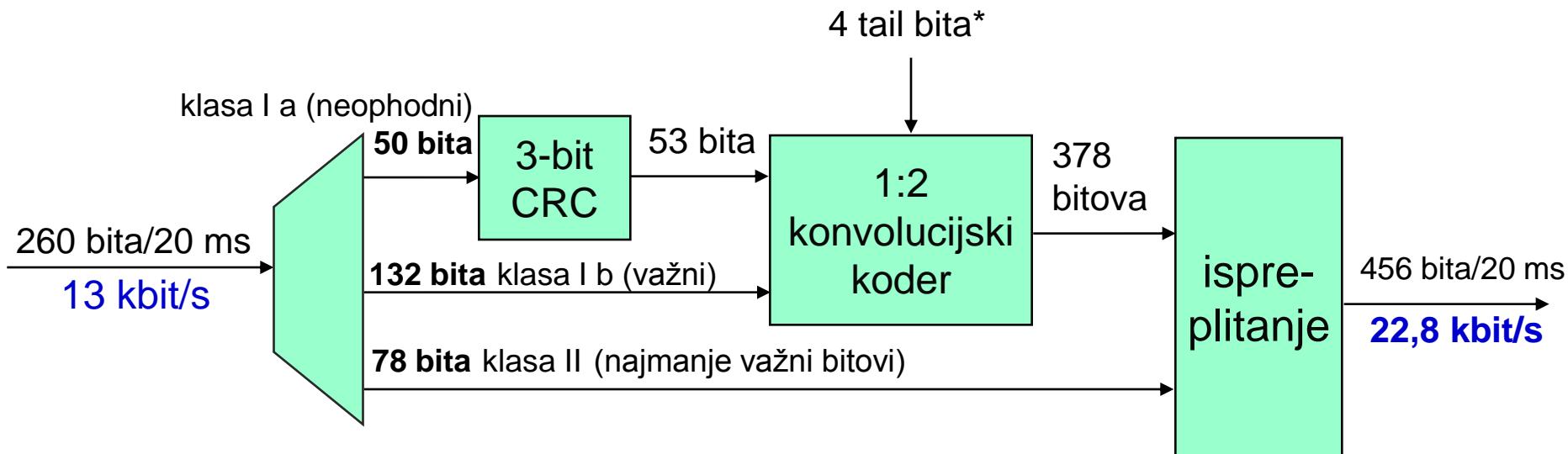
- Za prijenos govora moraju se zadovoljiti određeni parametri kvalitete (QOS):
 - zajamčena širina pojasa
 - imunost na treperenje signala (*jitter*)
 - prihvatljiva kvaliteta
- Prikladni postupak kodiranja mora osigurati zadovoljavanje ovih parametara na kanalu s maksimalnom fizičkom brzinom prijenosa od 14,4 kbit/s

GSM kodiranje govora



- Kodiranje govora u segmentima od 20 ms
 - blokovi od 260 bitova na izlazu kodera; efektivna brzina 13 kbit/s

Kanalno kodiranje



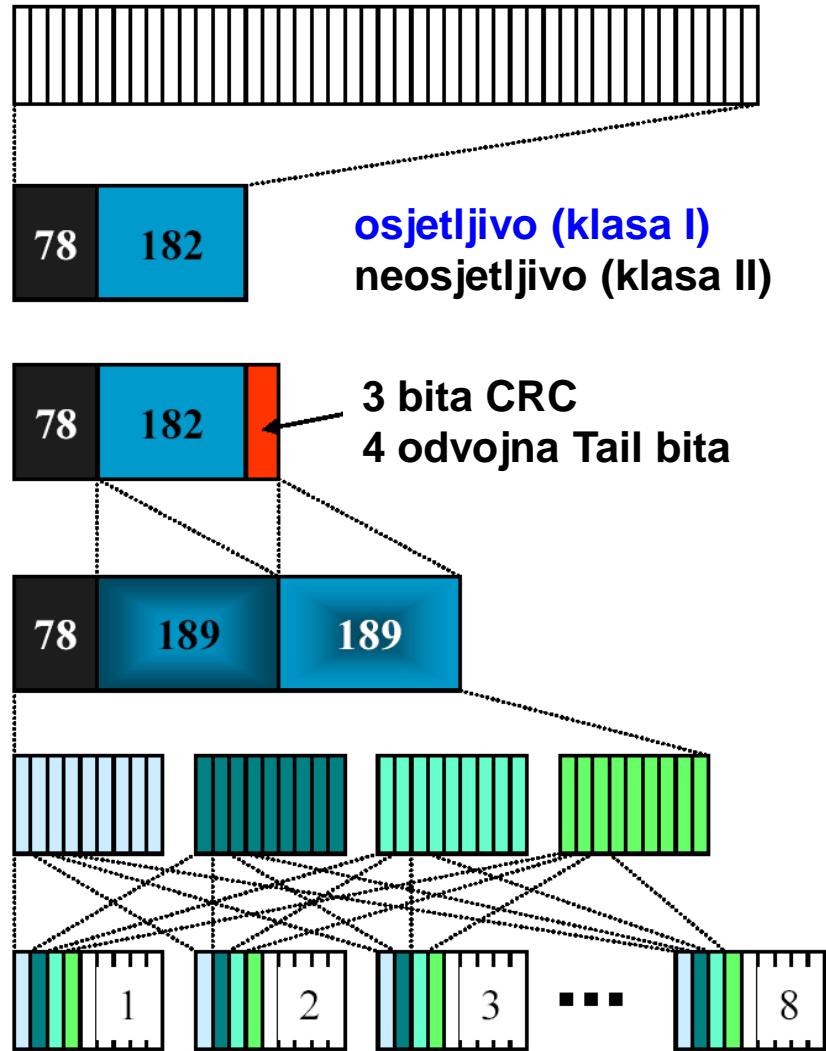
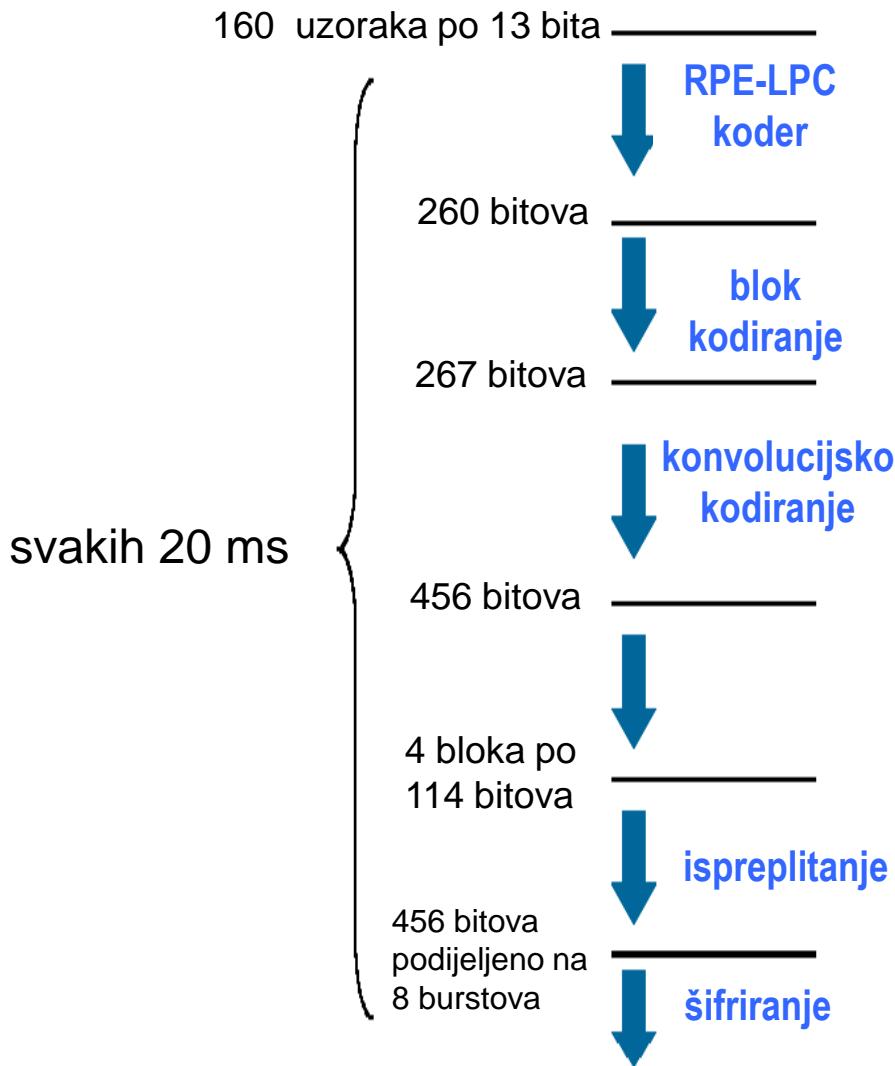
klasa I a: CRC (3-bit za detekciju pogrešaka) i konvolucijsko kodiranje (za korekciju pogrešaka)

klasa I b: konvolucijsko kodiranje

klasa II : bez zaštite od pogrešaka

*tail bitovi za periodičko resetiranje konvolucijskog kodera

Zaštitno kodiranje u GSM-u



- GSM koristi nekoliko postupaka za kontrolu i održavanje kvalitete veze, koje uključuju:
 1. Adaptivnu kontrolu snage emisije
 2. Prekapčanje veze (*handover*)
 3. Generiranje *radio link failure* u slučaju ispada veze

1. Adaptivna kontrola snage emisije:

- smanjuje interferenciju i smetnje u radijskoj vezi optimiziranjem snage emisije mobilne i bazne postaje

2. Prekapčanje veze (*handover*):

- razgovor u tijeku ne prekida se pri kretanju korisnika kod promjene ćelije ili kod degradacije kvalitete veze izazvane interferencijom

3. *Radio link failure* - ispad radijske veze:

- dešava se ako se pogoršana kvaliteta veze ne može popraviti kontrolom snage emisije ili prekapčanjem veze (u slučaju da nema pokrivenosti signalom ili su vrlo jake smetnje)

- Kontrola veze se bazira na mjernim parametrima:

RX LEV - razina prijamnog signala

- mjeri se razina prijamnog signala na BCCH kanalu za uslužnu baznu postaju, te od svih susjednih ćelija (baznih postaja)

RX QUAL - kvaliteta prijamnog signala

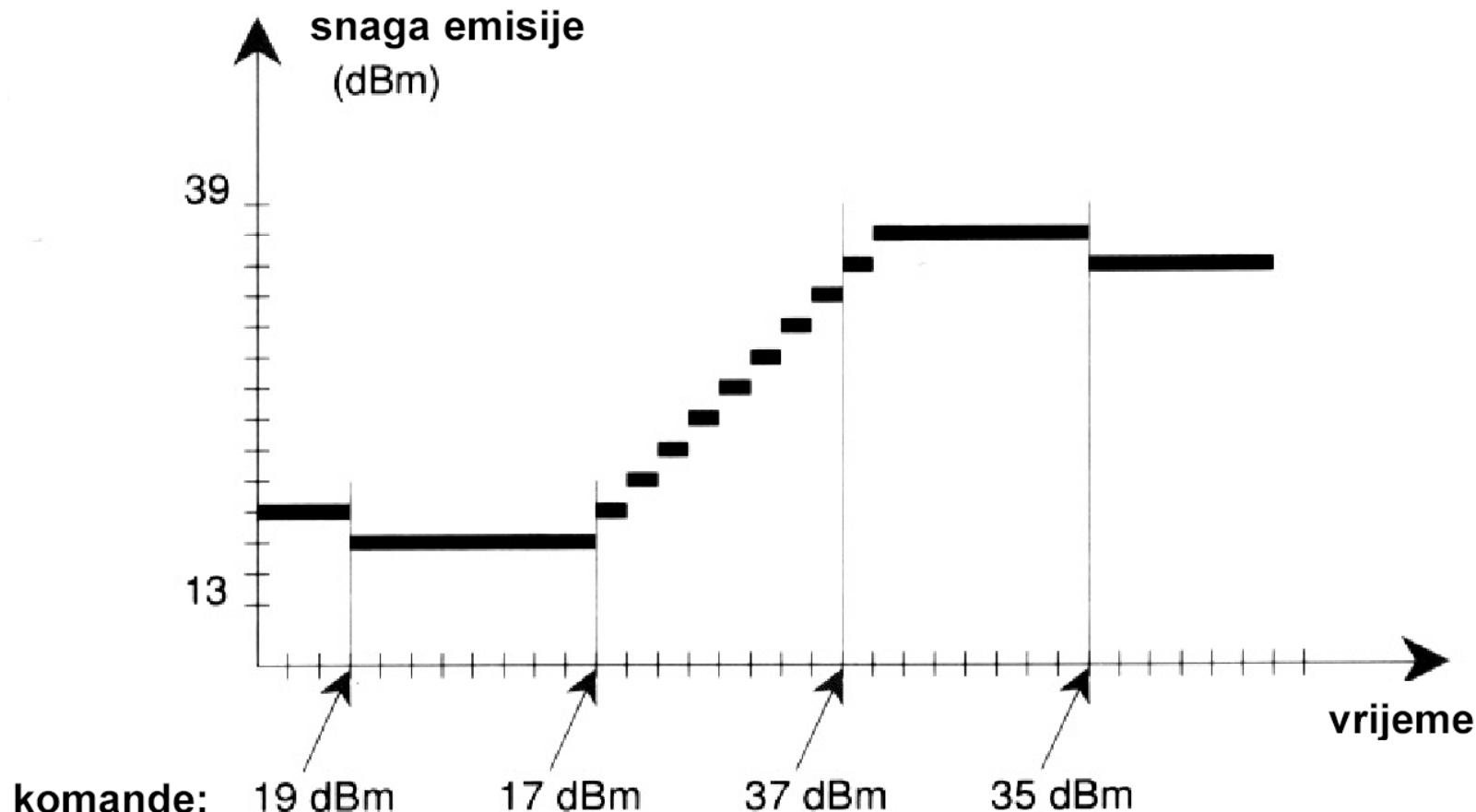
- utvrđuje se BER prije kanalnog kodiranja

DISTANCE - absolutna udaljenost između MS i BTS

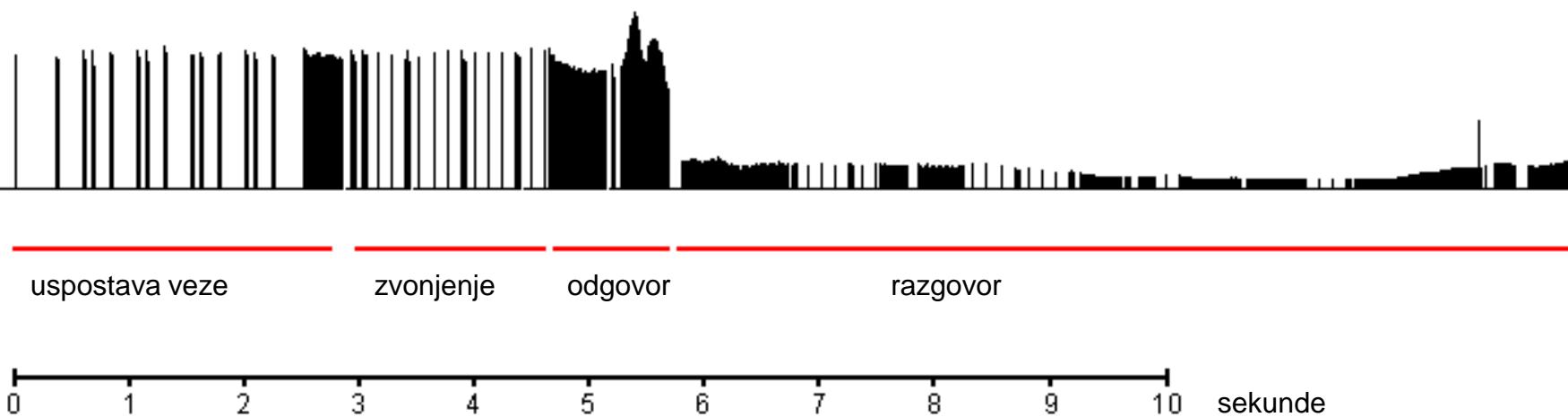
- korištenjem parametra TA (*Timing Advance*)

- GSM kontrolira snagu emisije, podešavajući snagu emisije u ovisnosti o prijenosnim gubicima na temelju podataka o kvaliteti veze
- Prednosti:
 - smanjena interferencija istokanalnih veza
 - povećana spektralna iskoristivost (gusti raspored iskorištavanja istih frekvencija)
 - smanjena potrošnja baterije
- Može se koristiti i na silaznoj vezi
- **Način rada u GSM-u:**
 - kontrolni kanal BCCH uvijek se emitira s maksimalnom snagom u svim vremenskim odsječcima
 - Sustav prilagodljivog upravljanja snagom APC – *Adaptive Power Control* mjeri bit error rate (BER) u prometnom TCH kanalu
 - Snaga emisije se korigira prema višoj ili nižoj razini, tako da se postigne ciljana vrijednost BER
 - Koraci su po 2 dB, sve do –30 dB u odnosu na nazivnu snagu

Kontrola radijske veze - Upravljanje snagom emisije



Snaga emisije MS-a



- za vrijeme uspostave veze MS radi s maksimalnom snagom, da bi kratko nakon toga snaga odašiljanja pala na potrebnu vrijednost

Razlozi za poticanje prekapčanja:

- ◆ Korisnik (MS) se kreće između ćelija za vrijeme komuniciranja
 - GSM ćelija može imati polumjer od 100 m do 35 km
- ◆ Trenutni radijski kanal ima loše karakteristike
- ◆ Ujednačavanje prometnog opterećenja između ćelija
- ◆ Minimiziranje potrošnje baterije MS-a i razine interferencije

Tipovi prekapčanja:

- ◆ **Mobilna postaja inicira prekapčanje**
 - MS odlučuje (u stanju mirovanja - *idle* mod)
- ◆ **Mreža inicira prekapčanje**
 - Mreža odlučuje o prekapčanju
- ◆ **Mobilna postaja asistira**
 - MS šalje informacije BTS-u
 - npr. o jačini signala bazne postaje
 - Mreža odlučuje o prekapčanju

Faze prekapčanja:

- ◆ Monitoriranje i mjerjenje parametara radijske veze
 - Provodi se kontinuirano
 - Mjerni parametri (za 6 najjačih susjednih baznih postaja):
 - Indikacija jačine prijamnog signala (RSSI) (srednja vrijednost)
 - Bit error ratio (BER)
 - Udaljenost od bazne postaje (iz TA)
 - BS identitet
- ◆ Utvrđivanje ciljne ćelije i iniciranje prekapčanja
 - Mobilna postaja i sustav podržavaju liste baznih postaja / kanala:
 - Aktivni set - trenutno korišten
 - Kandidatski set - dovoljno dobar za prekapčanje
 - Susjedni set - skoro dovoljno dobar
 - Preostali set - drugi kanali
- ◆ Provedba prekapčanja

Algoritmi za iniciranje prekapčanja:

Relativna jačina signala

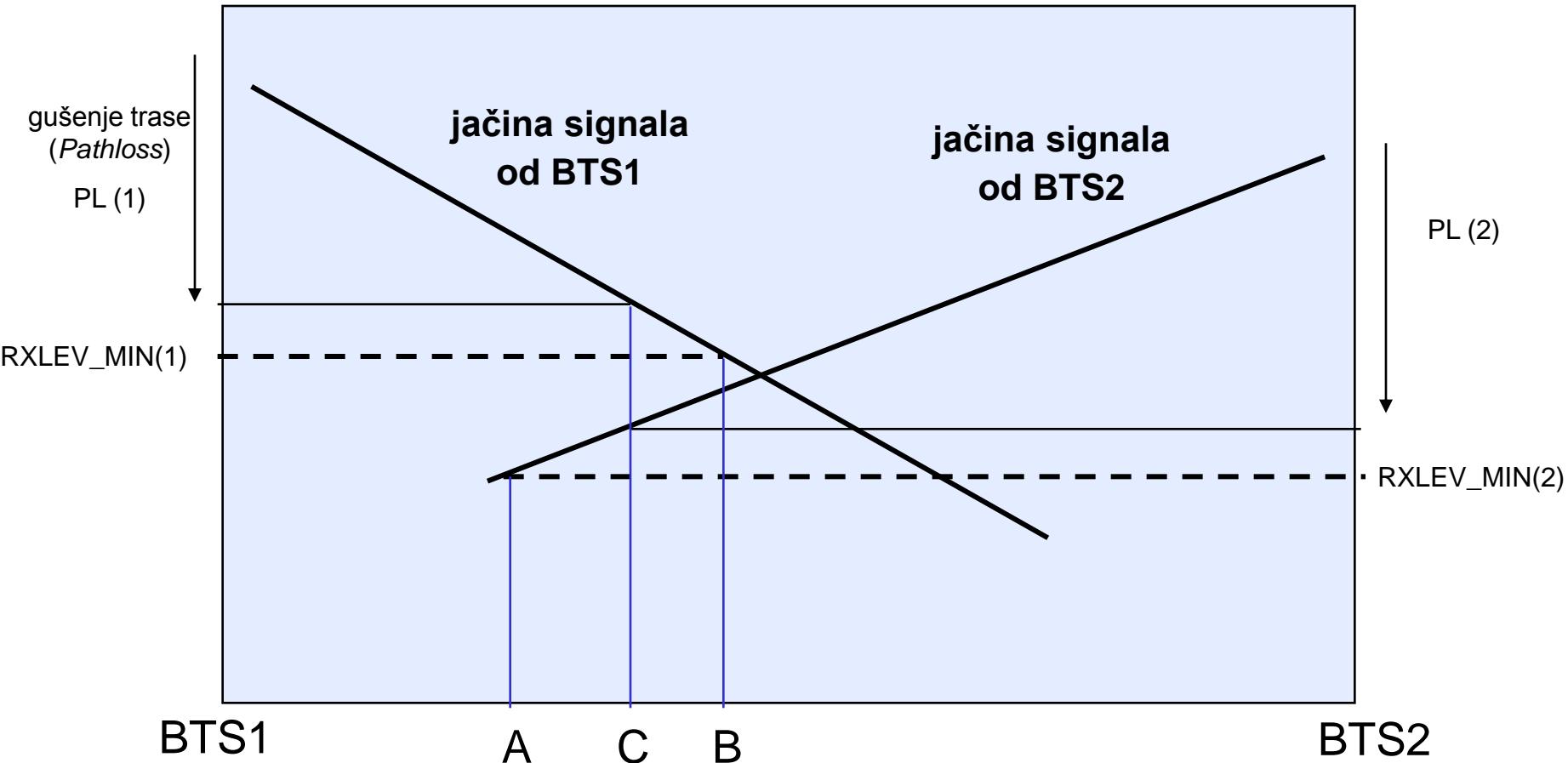
- odabir BTS-a s najjačim signalom
 - pozicija **C** (na slici)

Relativna jačina signala s graničnim pragom

MS putuje od ćelije BTS1 prema ćeliji BTS2

- ♦ minimalna razina signala ne smije pasti ispod RX LEV_MIN (1 ili 2)
 - ako razina signala prekoračuje ove pragove na pozicijama A i B, moguće je provesti prekapčanje
 - u točki **B** signal od BTS1 je na granici RX LEV_MIN (1), te bi trebalo provesti prekapčanje na BTS2, iako je razina signala $\bar{BTS}_2 < BTS_1$
 - ako gušenje trase PL(2) postane manje od PL(1), preporuča se prekapčanje
- povećavanjem praga RX LEV_MIN (2), smanjilo bi se područje za prekapčanje i kad bi se točka **A** pomakla blizu točke **B**, prekapčanje ne bi bilo moguće na poziciji **C** zbog premalog signala BTS2, iako bi bilo zadovoljeno $PL(2) < PL(1)$,
- povećavanjem praga RX LEV_MIN (1), točka **B** se kreće u lijevo, a kad prođe mimo točke **C** prekapčanje na BTS2 postaje nužno prije zadovoljavanja kriterija $PL(2) < PL(1)$

Kontrola radijske veze - Prekapčanje veze (*handover*)

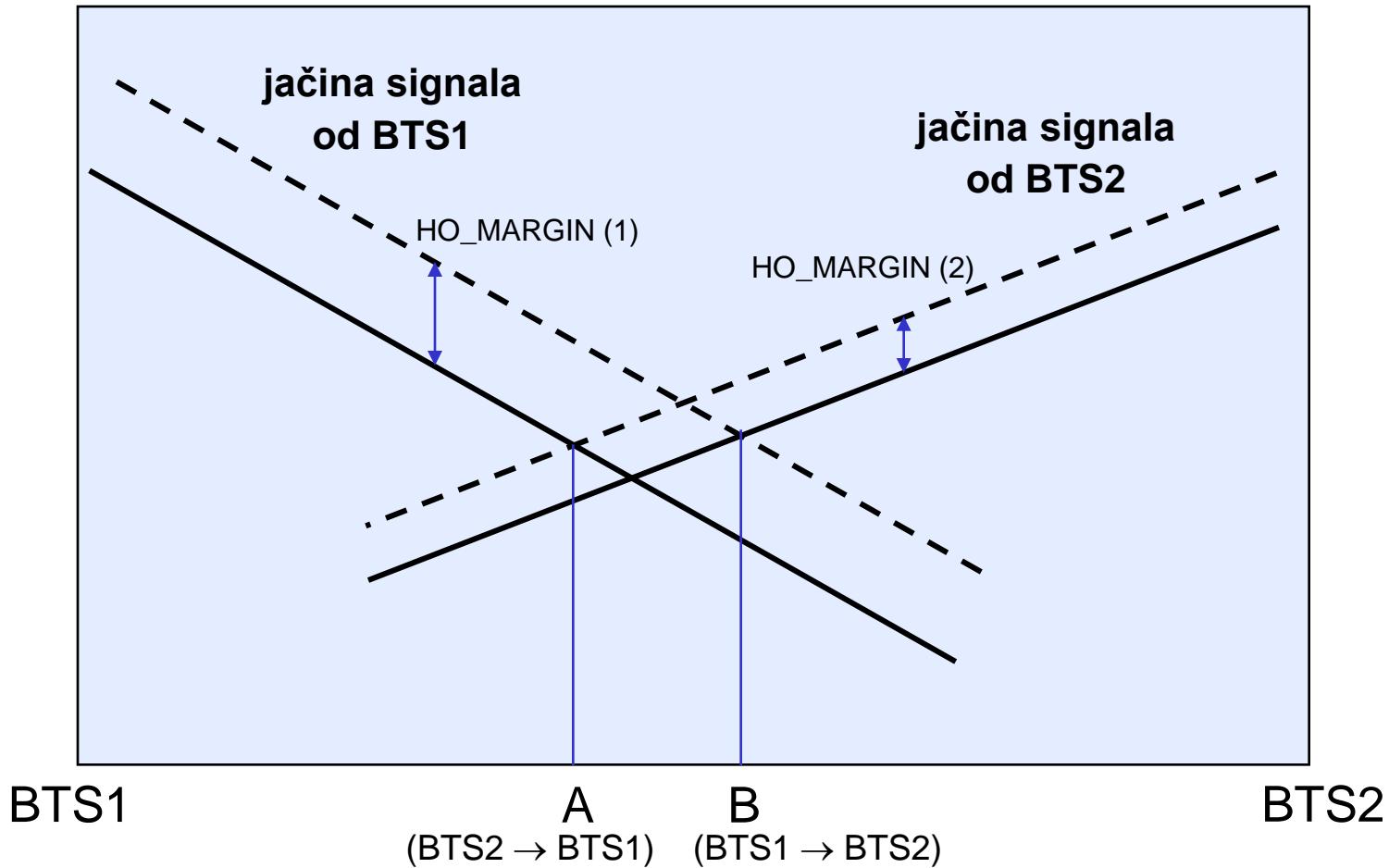


Algoritmi za iniciranje prekapčanja:

Relativna jačina signala s histerezom:

- prijamna razina signala od BTS1 mora znatnije pasti (za HO_MARGIN) ispod razine signala od BTS2, prije nego se inicira prekapčanje na ćeliju 2
- to treba osigurati da nakon prekapčanja veze prijamna razina signala bude za HO_MARGIN(1) viša nego je bila od prijašnje BTS1
- područje s histerezom podešava se odgovarajućim odabirom obju margini HO_MARGIN(1) i HO_MARGIN(2), pri čemu se prekapčanje od ćelije 1 na ćeliju 2 događa u točki **B**, a od ćelije 2 na ćeliju 1 u točki **A**

Kontrola radijske veze - Prekapčanje veze (*handover*)



Vrste prekapčanja:

1. Intra - BTS prekapčanje

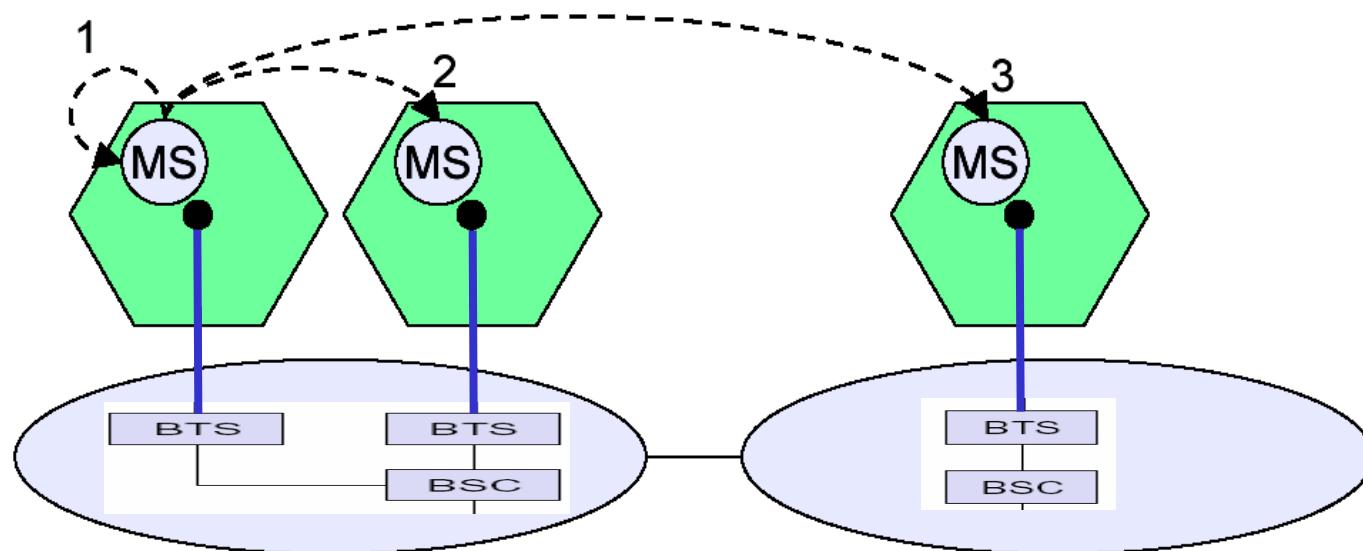
- unutar jedne ćelije - isti BTS, drugi kanal (radi izbjegavanja interferencije)

2. Intra - BSC prekapčanje

- između dvije ćelije, drugi BTS, ali isti BSC i MSC

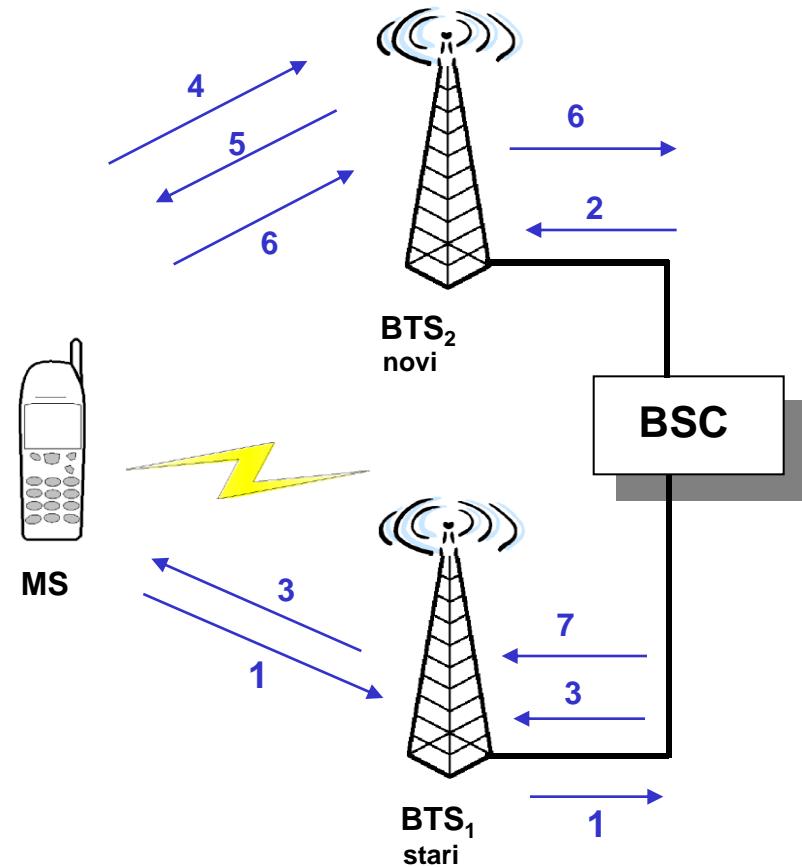
3. Intra - MSC / Inter - MSC prekapčanje

- između dvije ćelije, ne mijenja se MSC / mijenja se MSC



Intra - BSC prekapčanje

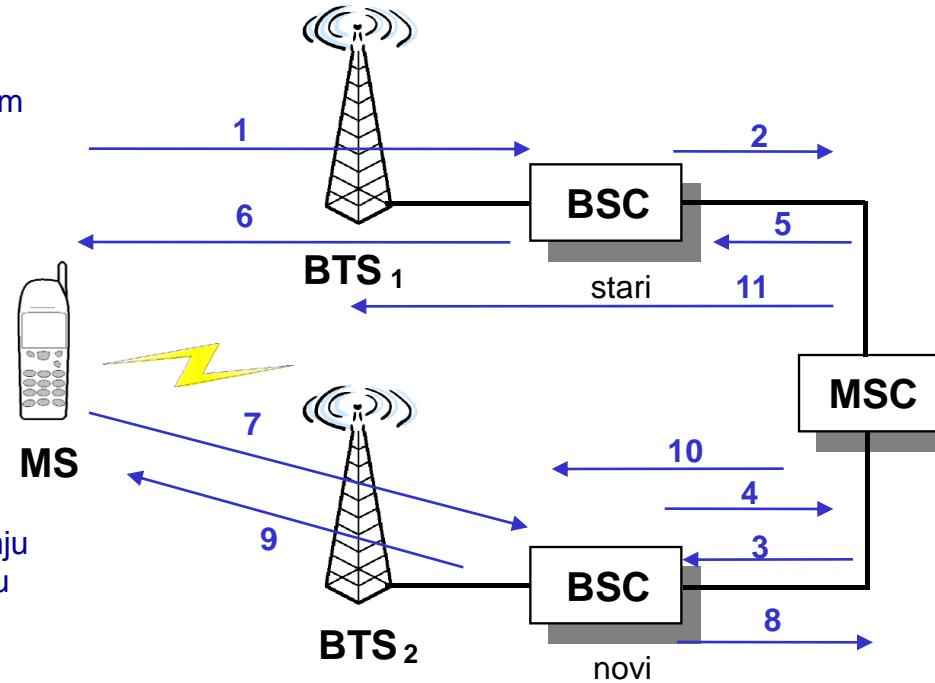
1. MS kontinuirano prati kvalitetu prijamnog signala i utvrđuje potrebu prekapčanja veze, šalje izmjerene parametre signala BSC-u, koji utvrđuje najbolji kandidatski BTS
2. BSC upućuje zahtjev novom BTS_2 da aktivira TCH kanal
3. BSC šalje MS-u po FACCH kanalu starog BTS_1 zahtjev da promjeni frekvenciju i vremenski okvir, te koju snagu odašiljanja da koristi (HND_CMD ili ASS_CMD)
4. MS se prebaci na novi radijski kanal i šalje *handover access burst*
5. Kad novi BTS_2 primi *handover burst*, šalje po FACCH kanalu informaciju o TA (*timing advance*)
6. MS odašilje preko BTS_2 područnom BSC-u *Handover Complete* poruku
7. BSC obavještava stari BTS_1 da oslobodi prijašnji govorni TCH kanal (CLEAR_CMD)



Kontrola radijske veze - Prekapčanje veze - provedba prekapčanja

Intra - MSC prekapčanje

1. MS prati kvalitetu prijamnog signala i utvrđuje potrebu prekapčanja, šalje izmjerene parametre signala BSC-u
2. BSC šalje zahtjev za prekapčanje MSC-u s rangiranom listom mogućih ciljnih BSC-ova
3. MSC utvrđuje da je najbolji kandidatski BSC u njegovoj nadležnosti i rezervira vezu prema ciljnem BSC
4. Novi ciljni BSC odabere i rezervira radijske kanale za novu vezu, šalje *Handover Ack* poruku prema MSC-u
5. MSC obavještava stari BSC da započne prekapčanje, uključujući novu dodjelu radijskih kanala
6. Stari BSC pošalje MS-u dodjelu novih radijskih kanala
7. MS se prebaci na novi radijski kanal, obavijesti o prekapčanju novi BSC slanjem *Handover access bursta* na novom kanalu
8. Novi BSC javlja MSC-u da je utvrđeno prekapčanje
9. Novi BSC i MS usklade TA (*timing advance*) u dodjenjenom vremenskom odsječku
10. MSC prespaja glasovnu komunikaciju prema novom BSC, koji javlja kad je prekapčanje provedeno (*Handover Complete*)
11. MSC javlja starom BSC i BTS₁ da oslobole stari radijski kanal (*CLEAR_CMD*)

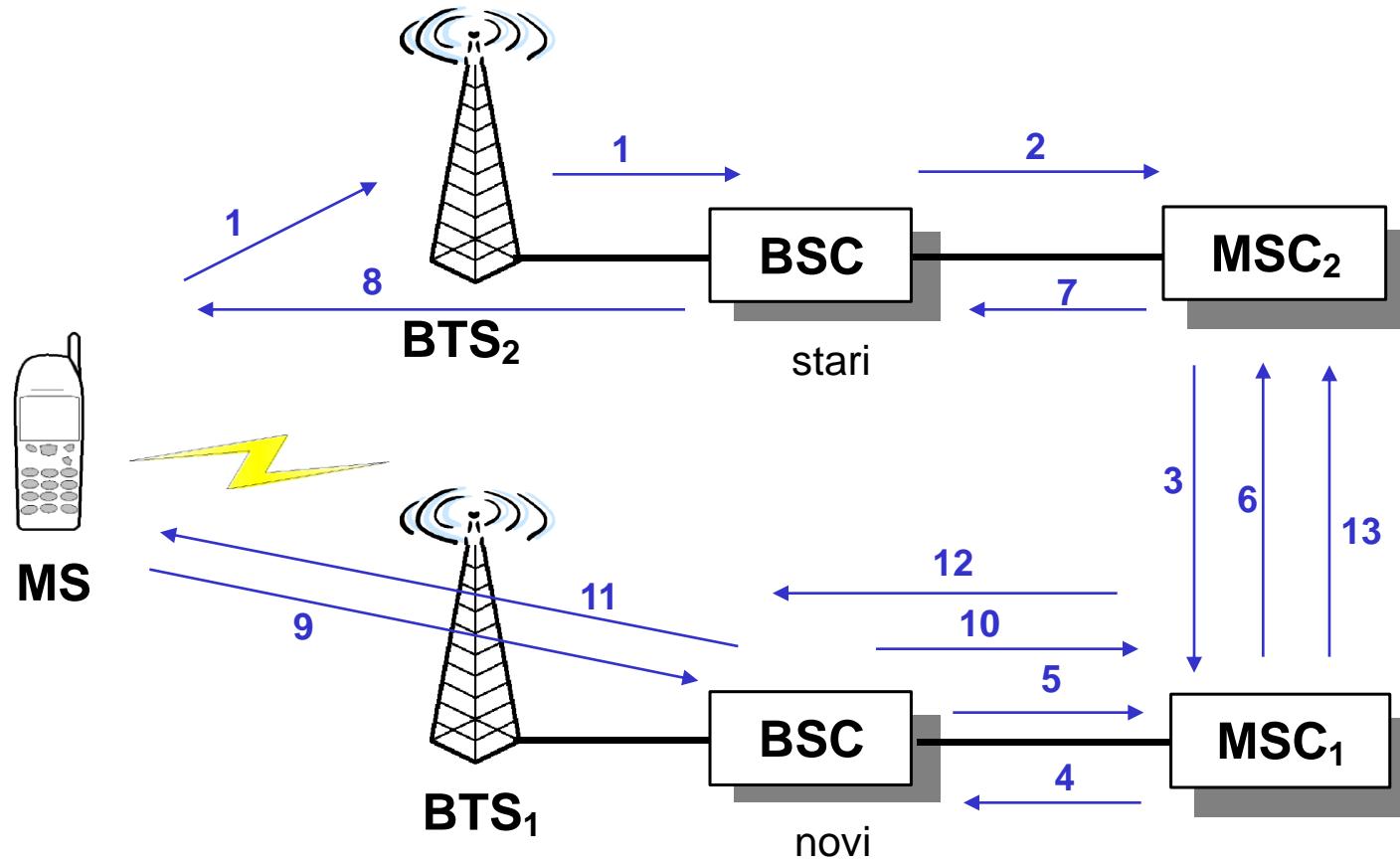


Inter - MSC prekapčanje

1. MS šalje rezultate mjerenja signala BSC-u
2. BSC šalje zahtjev za prekapčanje veze MSC-u
3. MSC utvrđuje da je najbolji kandidatski BSC pod kontrolom drugog MSC-a i kontaktira ciljni MSC
4. Ciljni MSC javlja svojem VLR-u da dodijeli TMSI broj, VLR šalje TMSI, ciljni MSC rezervira vezu prema novom BSC-u
5. Novi BSC odabere i rezervira radijske kanale za novu vezu, šalje *Handover Ack* cilnjom MSC₁
6. Ciljni MSC₁ javlja starom MSC-u da je spremam za provedbu prekapčanja
7. Stari MSC₂ javlja starom BSC-u da počne postupak prekapčanja, uključujući novu dodjelu radijskih kanala
8. Stari BSC proslijedi MS-u novu dodjelu radijskih kanala
9. MS se prebaci na novi radijski kanal, obavijesti o prekapčanju ciljni BSC₁ na novom kanalu
10. Novi BSC javlja cilnjom MSC₁ da je detektirano prekapčanje veze
11. Novi BSC i MS usklade TA (*timing advance*) u dodjeljenom vremenskom odsječku
12. Glasovna komunikacija se prebacuje prema novom BSC-u, koji javlja kad je prekapčanje provedeno (*Handover Complete*)
13. Novi MSC₁ javlja starom MSC-u da oslobodi stari radijski kanal (CLEAR_CMD)

Stari MSC₂ kontrolira poziv do završetka, jer zna podatke o korisniku, a time i informacije o naplati poziva.

Inter - MSC prekapčanje





Preddiplomski studij

Javna pokretna mreža

7.

Koncepcija nekontinuirane emisije,
modovi rada MS-a, upravljanje pokretljivošću,
odlazni poziv, dolazni poziv

Ak.g. 2013./2014.

14.4.2014.

Teme predavanja

- **Koncepcija nekontinuirane emisije (DTX)**
- **Modovi rada MS-a**
- **Odlazni poziv**
- **Dolazni poziv**
- **Upravljanje pokretljivošću**
 - Registracijska procedura
 - Ažuriranje lokacije korisnika

Koncepcija nekontinuirane emisije (DTX)

- DTX je postupak gašenja emisije odašiljača u trenucima pauza u govoru (koristi se VAD – *Voice Activity Detection*), što doprinosi smanjenju potrošnje baterija MS-a i smanjenju interferencijskih smetnji u radijskoj vezi
- pretpostavljajući prosječnu aktivnost govora od 50% omogućeno je značajno smanjenje smetnji
- osnovni problem je kako razlikovati između govora i šumova, uz što manje aktiviranja s pogrešnim šumom i izobličavanja naglih glasnih govornih impulsa
- dodatni problem je moguć uz bezšumne neaktivne intervale, jer sugovornik može pomisliti da je veza prekinuta (u prijamniku se stoga namjerno uvodi tzv. komforjni šum)

Dedicated Mod

- označava stanje u kojem mobilna postaja (telefon) ima aktivnu vezu s mrežom i zauzima fizički kanal, koji sadrži barem 2 logička kanala
- mreža daje sve važne parametre za podržavanje i kontrolu veze, kao i podatke o ćeliji u kojoj se veza ostvaruje

Idle Mod

- označava stanje u kojem je MS upaljena, ali u stanju mirovanja, kad nema ostvarenu aktivnu vezu s mrežom
- MS mora u određenom ritmu pratiti tzv. *paging* kanal, kako bi mogla primiti dolazni poziv
- MS i u *idle* stanju može promjeniti ćeliju. Tu promjenu moramo razlikovati od promjene za vrijeme razgovora koju zovemo prekapčanje (*handover*)
- u *idle* stanju mobilna stanica sama odlučuje o promjeni ćelije

Upravljanje pokretljivošću

- Temelji se na dvjema lokacijskim bazama podataka: HLR i VLR
 - **HLR** – mora imati zapisanu trenutnu lokaciju korisnika (adresu VLR-a u čijem se području korisnik trenutno nalazi)
 - **VLR** – mora imati podatke o pretplatniku prebačene iz njegovog HLR-a
- Mreža nadzire uključivanje (*Attachment*) i isključivanje (*Detachment*) MS-a
- Nakon uključivanja MS-a slijedi:
 - utvrđivanje u kojoj se čeliji trenutno nalazi
 - provjera autentičnosti i identitet opreme
 - registracija lokacijske informacije u VLR-u
- Registracija (*Registration*) se obnavlja periodički i kod promjene lokacije
- Kod promjene lokacijskog područja lokacijska informacija u dotadašnjem VLR-u se briše i upisuje u novi VLR

LAI (*Location Area Identity*)

- U GSM-u svako lokacijsko područje ima svoj hijerarhijski organizirani i međunarodno jedinstveni identifikacijski broj LAI ili LAC – *Location Area Code*.
- Da bi MS u području nekog BTS-a saznala gdje se nalazi, BTS šalje LAI u BCCH logičkom kanalu.
- Ako MS primi nepoznati LAI, znači da je promijenila lokacijsko područje, te traži obnovu podataka o svojoj lokaciji (*location update*). Podaci u HLR-u i VLR-u se tada mijenjaju.
- Ako se mora proslijediti poziv MS-u, može se na osnovu MSRN pronaći za MS zaduženi MSC, koji upitom kod područnog VLR-a dobije važeću LAI informaciju o lokaciji MS-a.
- Na osnovu skupnog poziva (*paging*) preko svih područnih BTS-ova poziv dođe do MS, koja potvrdi prijem poziva. Tako MSC saznaće točnu lokaciju MS i omogući prespajanje poziva u njenu trenutnu ćeliju.

Slučajni pristup u GSM mreži

Slučajni pristup se koristi pri aktivnostima

⇒ potaknutima od mreže

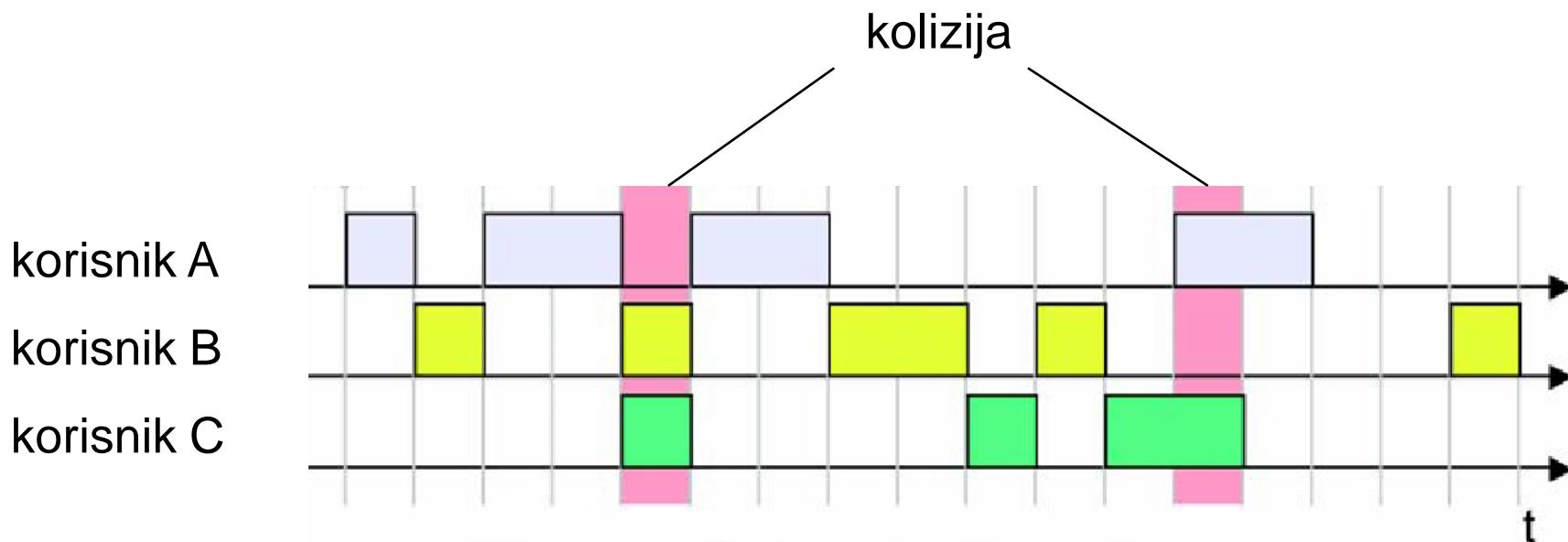
- pozivanje (*paging*), npr. za dolazni poziv u GSM mreži

⇒ aktivnostima potaknutim od MS-a

- IMSI attach, IMSI detach
- ažururanje lokacijske informacije u GSM ili GPRS
- odlazni poziv iz GSM mreže
- SMS (*Short Message Service*) prijenos poruke

Slučajni pristup u GSM mreži

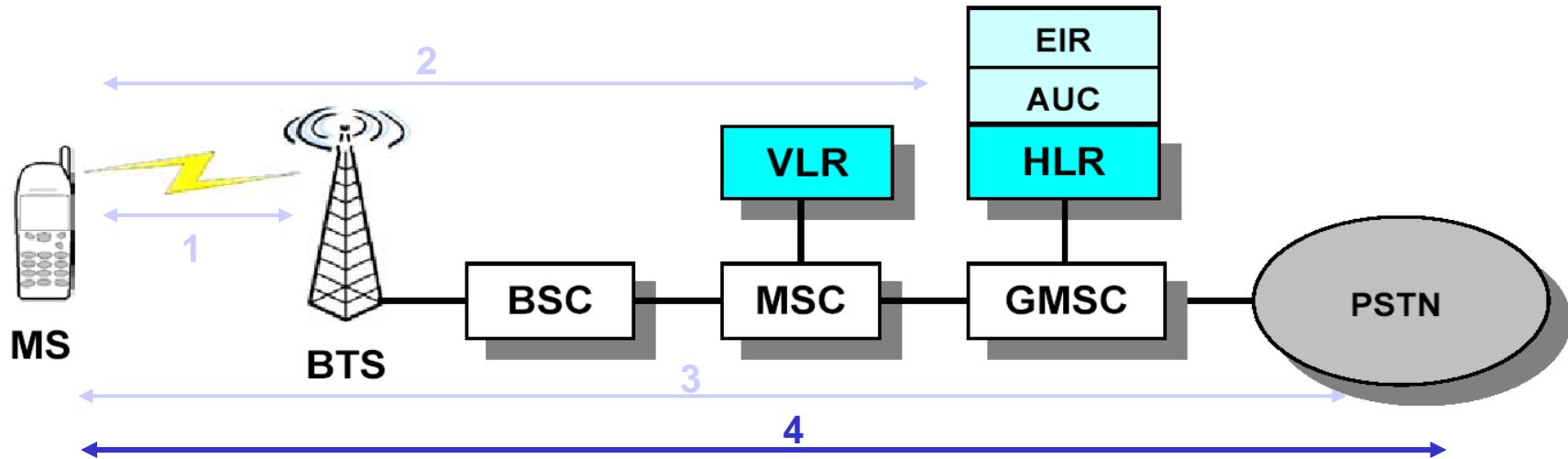
1. MS šalje kratki burst preko zajedničkog kontrolnog kanala RACH (*Random Access CHannel*) koristeći *Slotted Aloha* načelo (mogućnost kolizije \Leftrightarrow ponovljeni prijenos)



Slučajni pristup u GSM mreži

2. Nakon detekcije pristupnog bursta, mreža (BSC) vraća "*Immediate Assignment*" poruku koja uključuje slijedeće informacije:
 - parametri dodijeljenog fizičkog kanala (frekvencija nositelja, vremenski odsječak) u kojem je smješten pridruženi SDCCH (*Stand-alone Dedicated Control Channel*) kanal
 - parametar *Timing Advance* (za ispravno namještanje vremenskog odsječka)
3. MS nakon toga šalje poruku na dodijeljenom SDCCH kanalu, indicirajući razlog pristupanja mreži

Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)

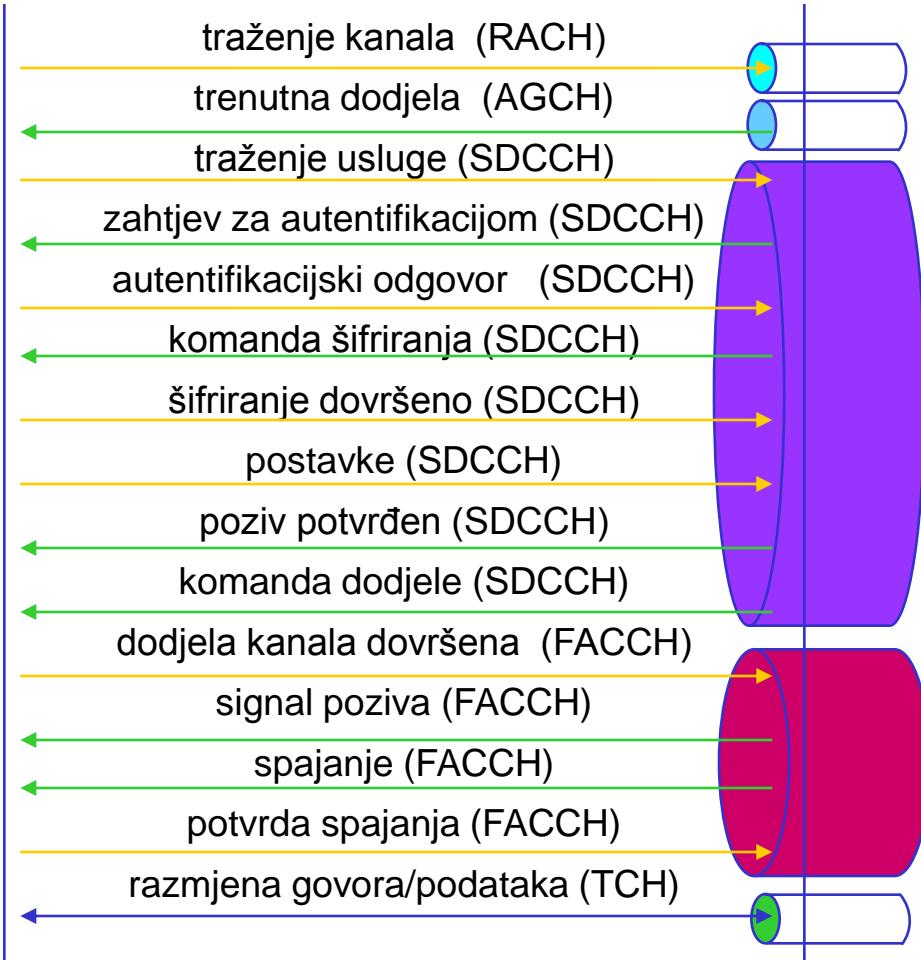


- 1 –** MS traži BTS s dovoljnom razinom signala BCCH nosioca, te nakon sinkronizacije s njim, traži kanal preko RACH → BTS šalje poruku o dodijeljenom kanalu (AGCH)
- 2 –** Kontrolnim kanalima MS se povezuje s AUC i EIR radi provjere autentičnosti i identiteta
- 3 –** Signalizacijom između MS – BTS – BSC – MSC – GMSC – druga mreža, pristupa se drugom korisniku koji se poziva
- 4 –** Nakon javljanja pozivanog korisnika uspostavlja se komunikacija dodijeljenim kanalom, uz kriptografsku zaštitu šifriranjem (*ciphering*)

Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)

MS

BTS



- KK1: TCH/F+ FACCH/F + SACCH/F
- KK2: TCH/H(0.1) + FACCH/H(0.1) + SACCH/H(0.1)
- KK3: TCH/H(0) + FACCH/H(0) + SACCH/H(0) + TCH/H(1)
- KK4: BCCH + CCCH + FCCH + SCH
- KK5: FCCH + SCH + BCCH + CCCH + SDCCH/4 + SACCH/4
- KK6: BCCH + CCCH
- KK7: SDCCH/8 + SACCH/8

GSM kontrolni kanali **CCCH**:

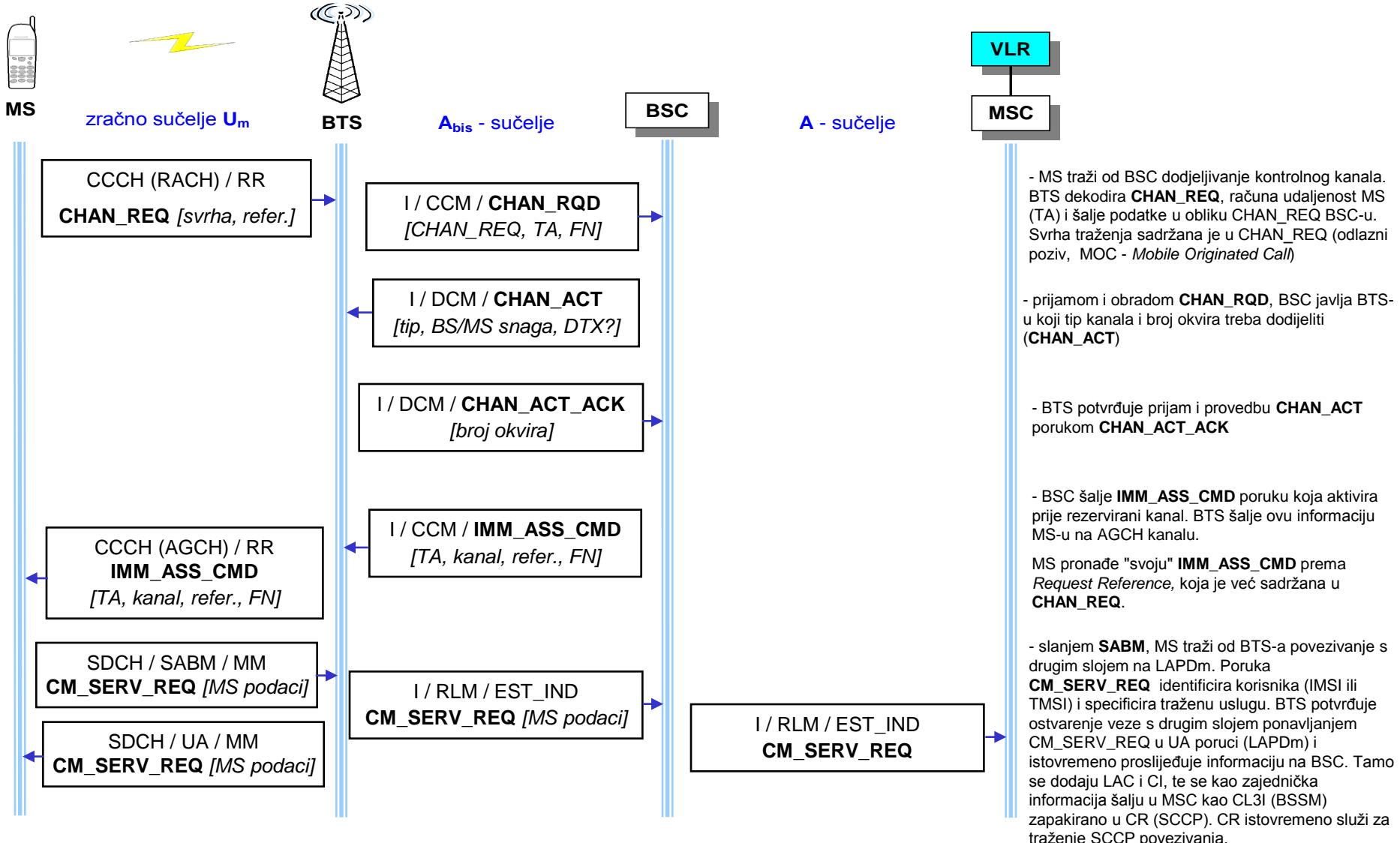
- **RACH - Random Access Channel** – **uzlazna veza**
– MS ih koristi za slanje zahtjeva za pristupanje na mrežu/ ažuriranje lokacije/ SMS. To je slotted Aloha kanal, pa postoji mogućnost kolizije više korisnika zbog istovremenog pristupa kanalu.
- **AGCH - Access Grant Channel** – **silazna veza**
– daje MS-u informaciju o dodjeli prometnog kanala TCH ili SDCCH kanala
- **PCH - Paging Channel** – **silazna veza**
– za obavještavanje korisnika o dolaznom pozivu ili SMS-u, te slanje paging poruka MS-ovima. Paging poruka sadrži identifikacijski broj mobilnog preplatnika kojeg mreža želi kontaktirati. Ako MS identificira svoj vlastiti IMSI broj, javlja se

GSM kontrolni kanali **DCCH**:

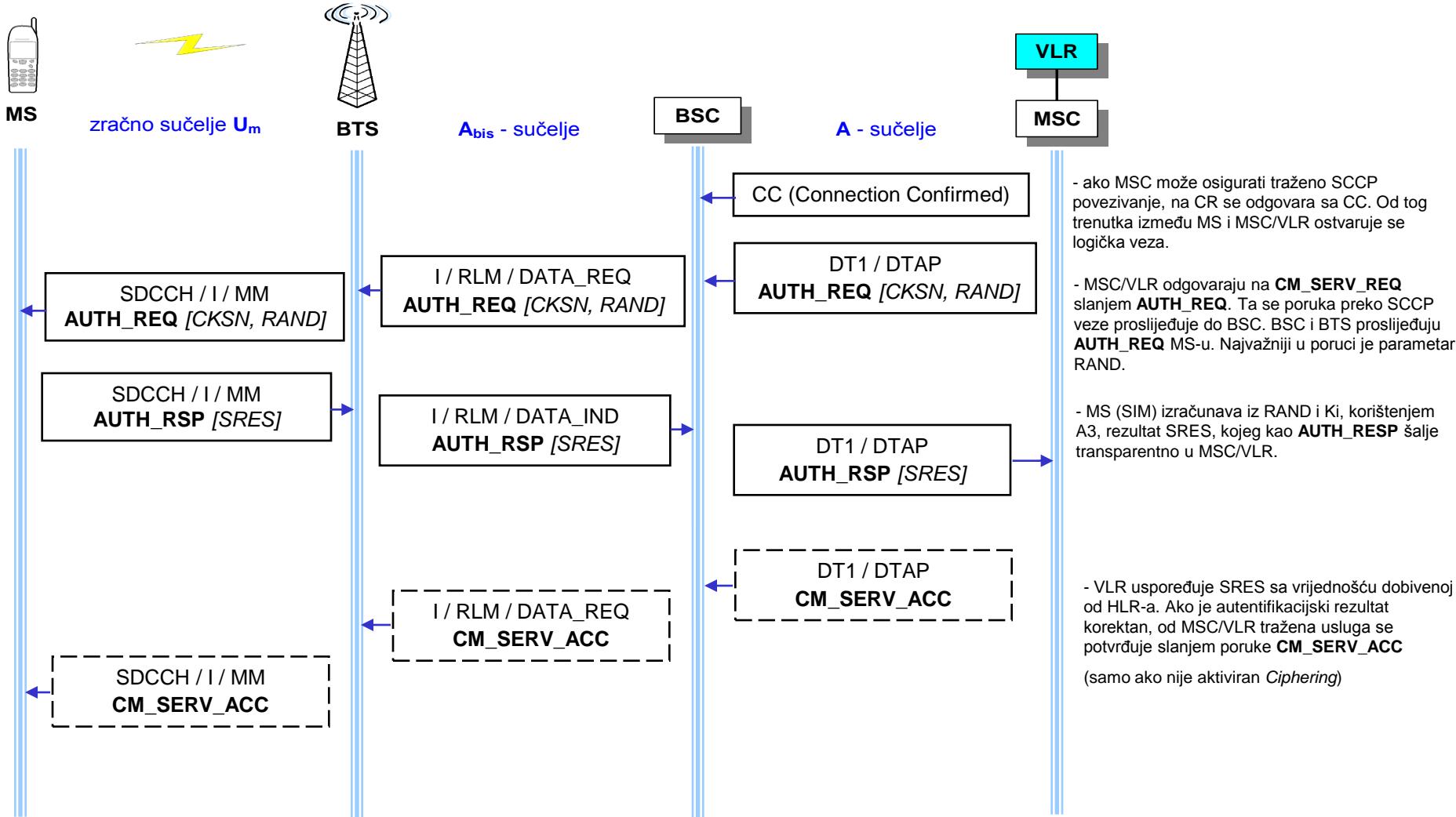
Kao TCH, mogu biti dodijeljeni bilo kojem vremenskom odsječku

- **SDCCH - Stand-alone Dedicated Control Channel**
 - privremeni kanal za signalizaciju, prije dodjele TCH,
 - autentifikacijske poruke, registracija, dodjela resursa (frekvencija nositelja i vremenski odsječak), SMS
- **SACCH - Slow-Associated Control Channel**
 - egzistira zajedno sa TCH (isti fizički kanal)
 - prema MS-u: BTS šalje instrukcije za podešavanje dozvoljene snage odašiljača, parametre za TA (*timing advance*)
 - **Od MS-a:** izmjerena razina i kvaliteta Rx signala unutar ćelije, te razina signala iz susjednih ćelija (**kontinuirano za cijelo vrijeme poziva**)
- **FACCH - Fast-Associated Control Channel**
 - za hitne poruke (npr. zahtjev za prekapčanje veze - *handover*)
 - koristi vremenske odsječke od TCH

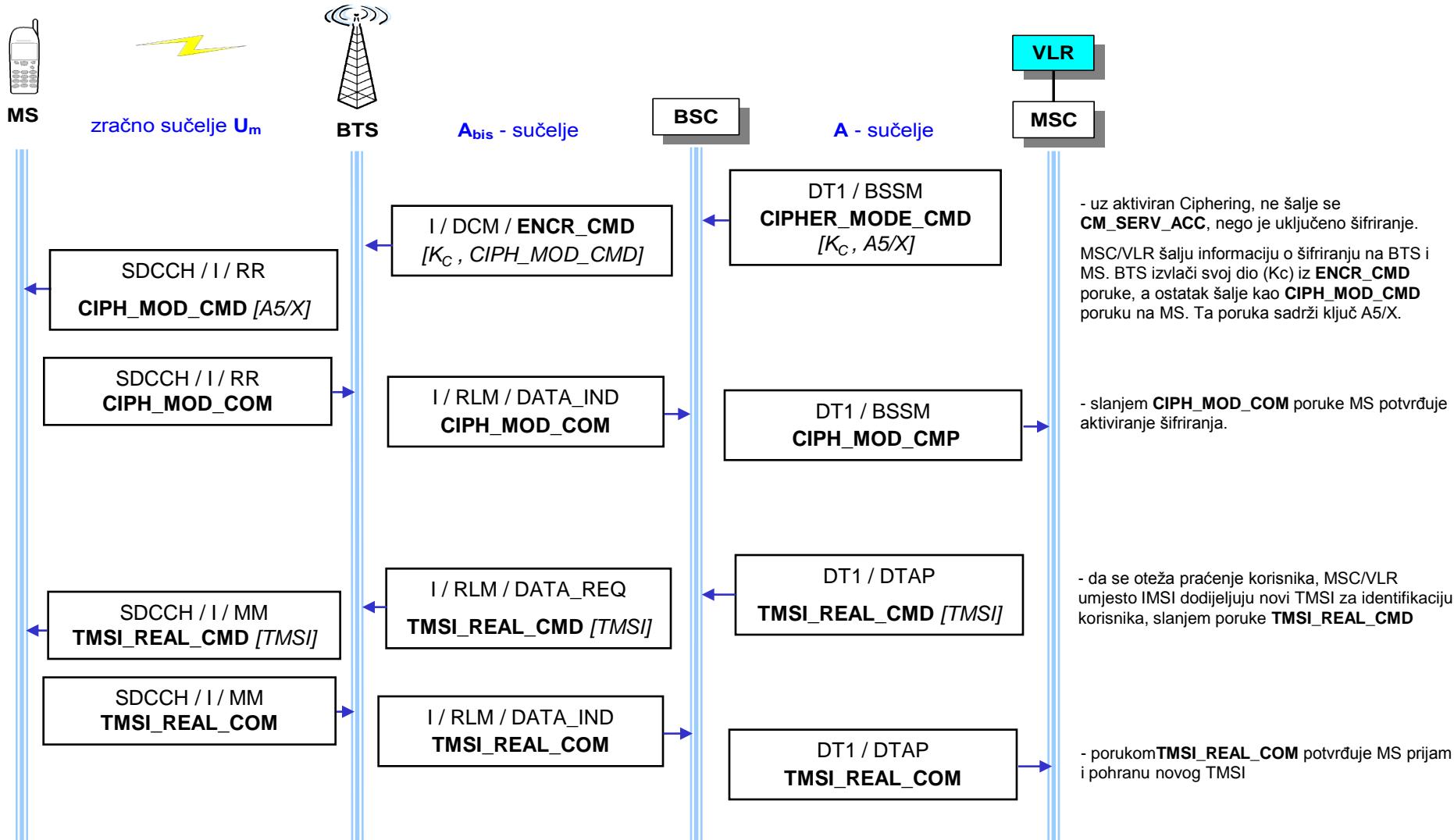
Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)



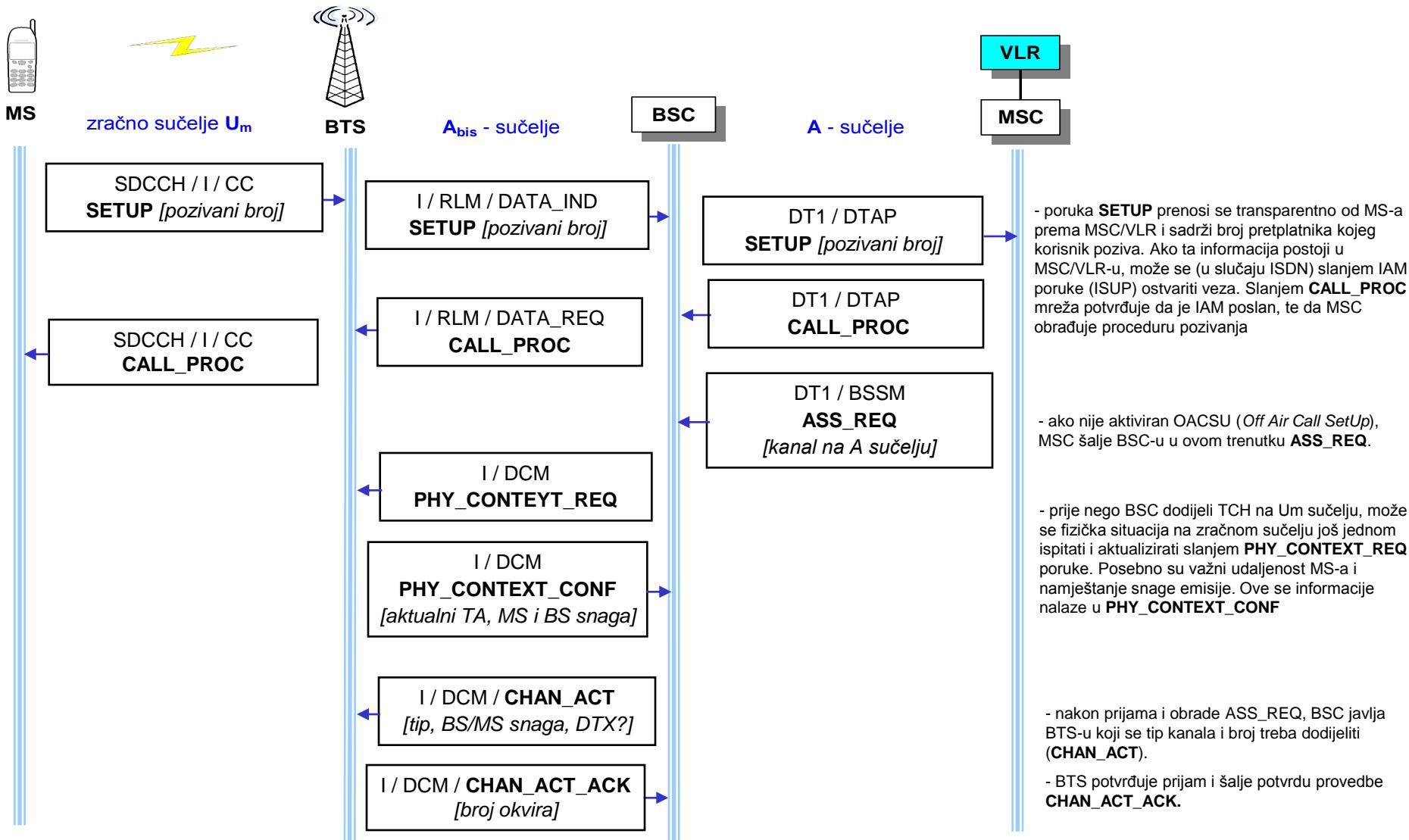
Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)



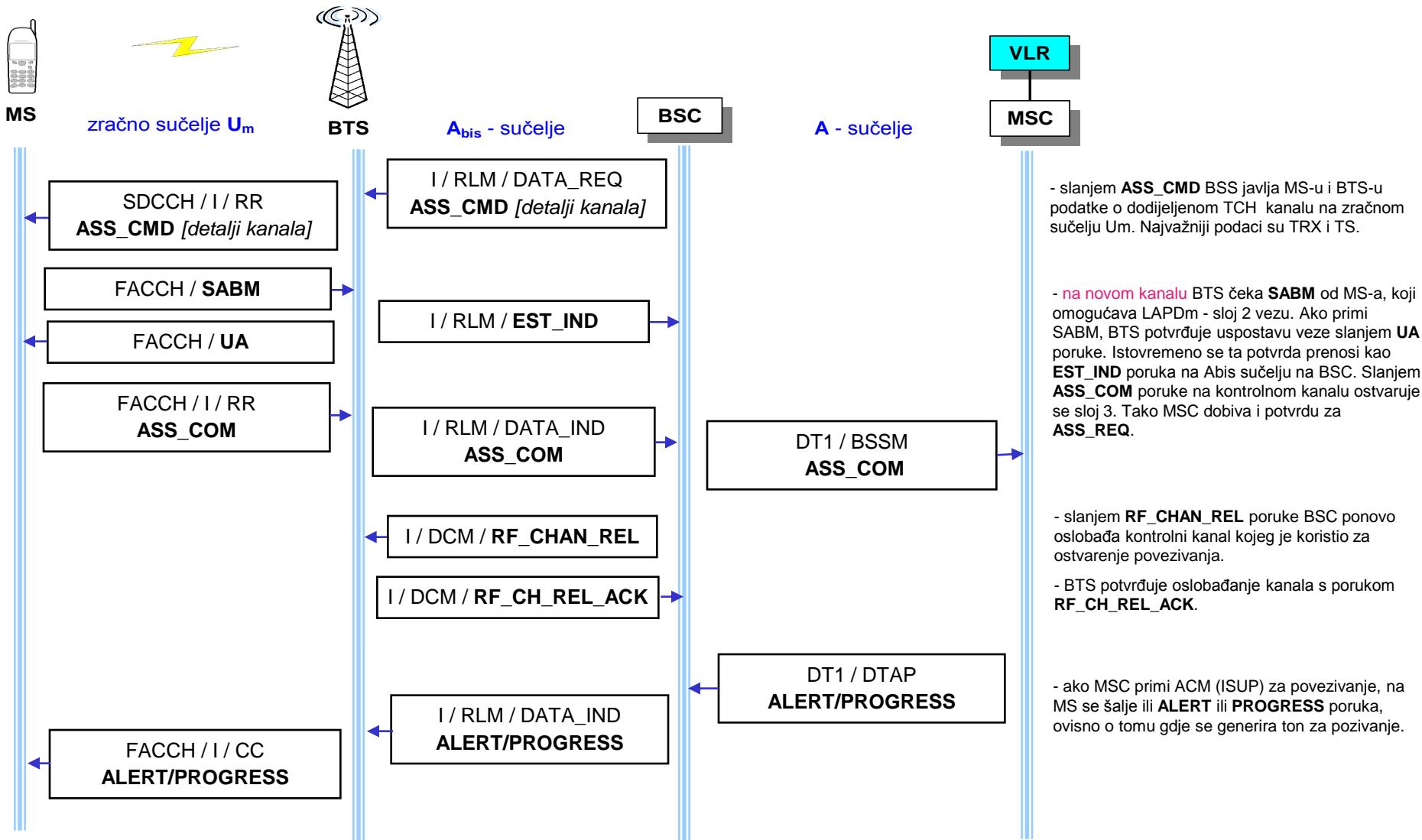
Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)



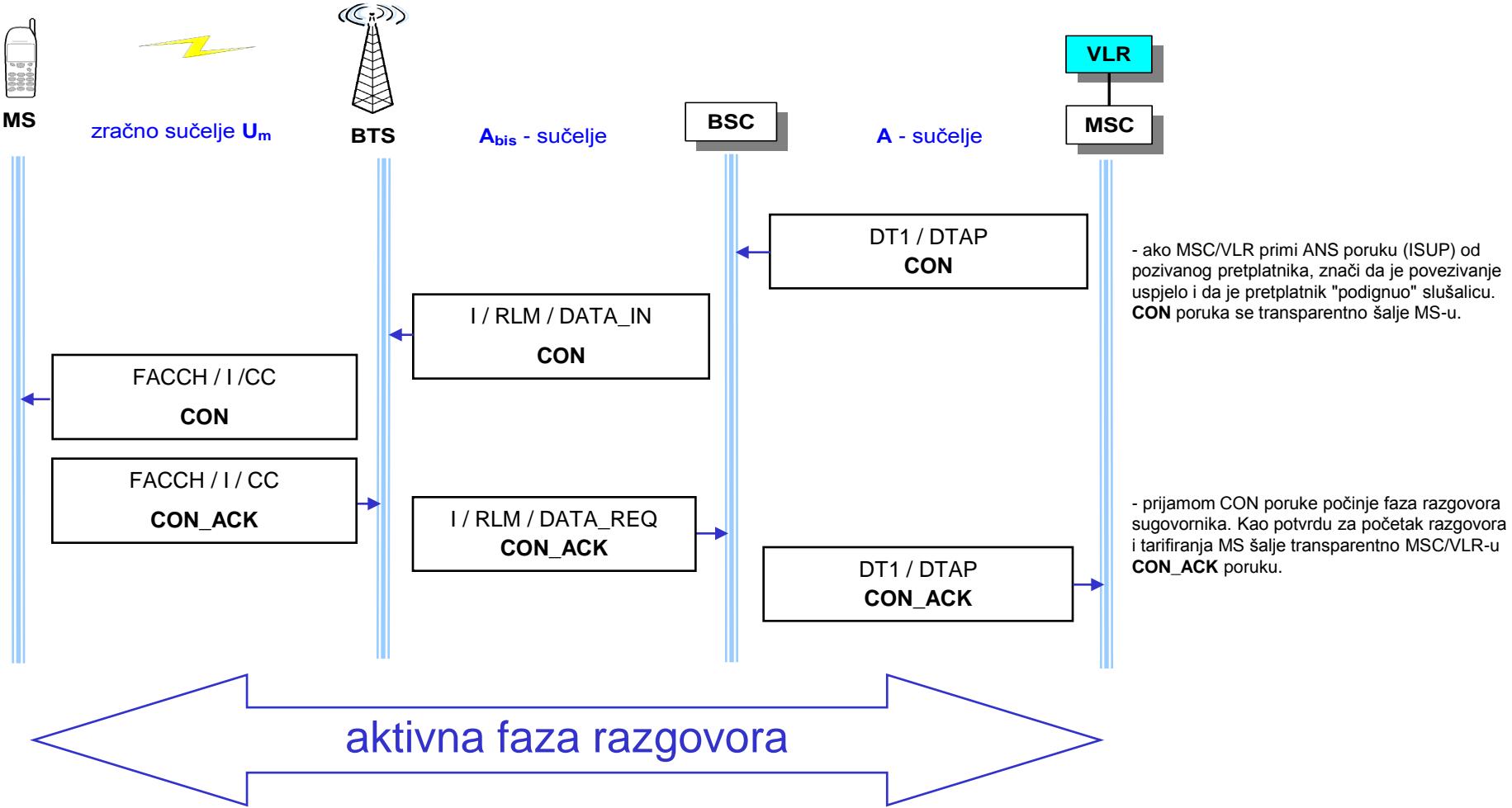
Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)



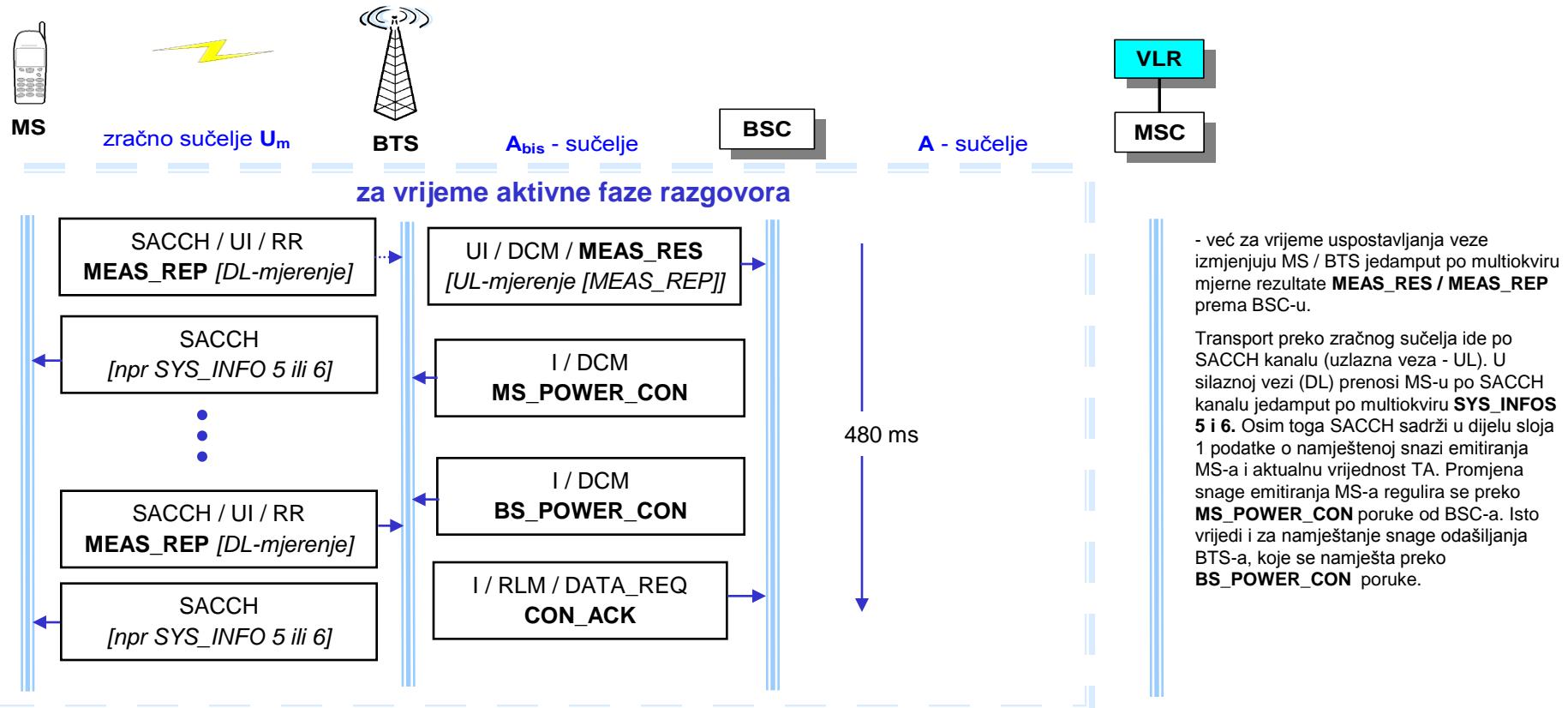
Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)



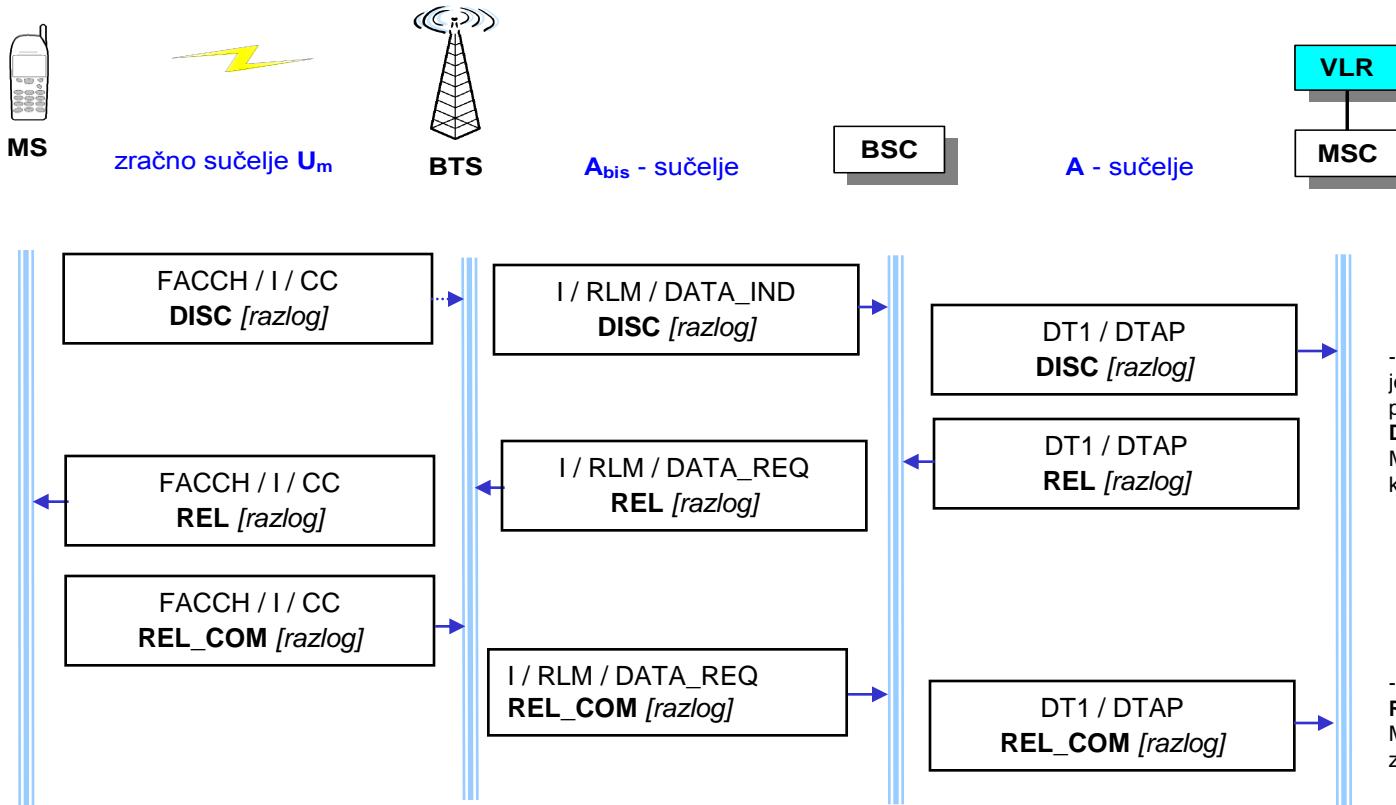
Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)



Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)



Odlazni poziv (prema drugoj pokretnoj ili fiksnoj mreži)

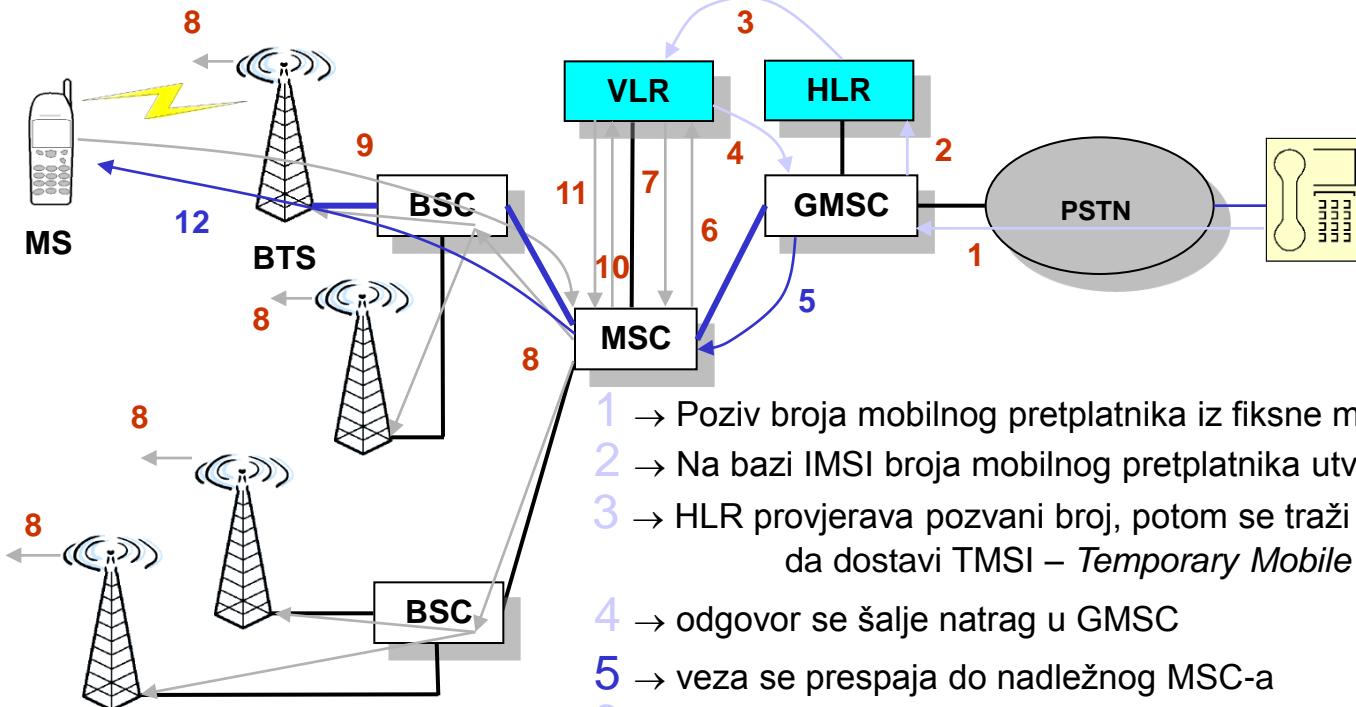


- ako se želi prekinuti uspostavljena veza, jedna strana (ovdje MS) prekida razgovor pritiskom tipke za prekid. Time se generira **DISC**-poruka koja se transparentno vodi do MSC/VLR. MSC odgovara s **REL**-porukom, koja se šalje prema MS

- primanjem **REL**-poruke, MS šalje **REL_COM**-poruku. Stizanjem poruke u MSC/VLR razgovor za *Call Control* je završen

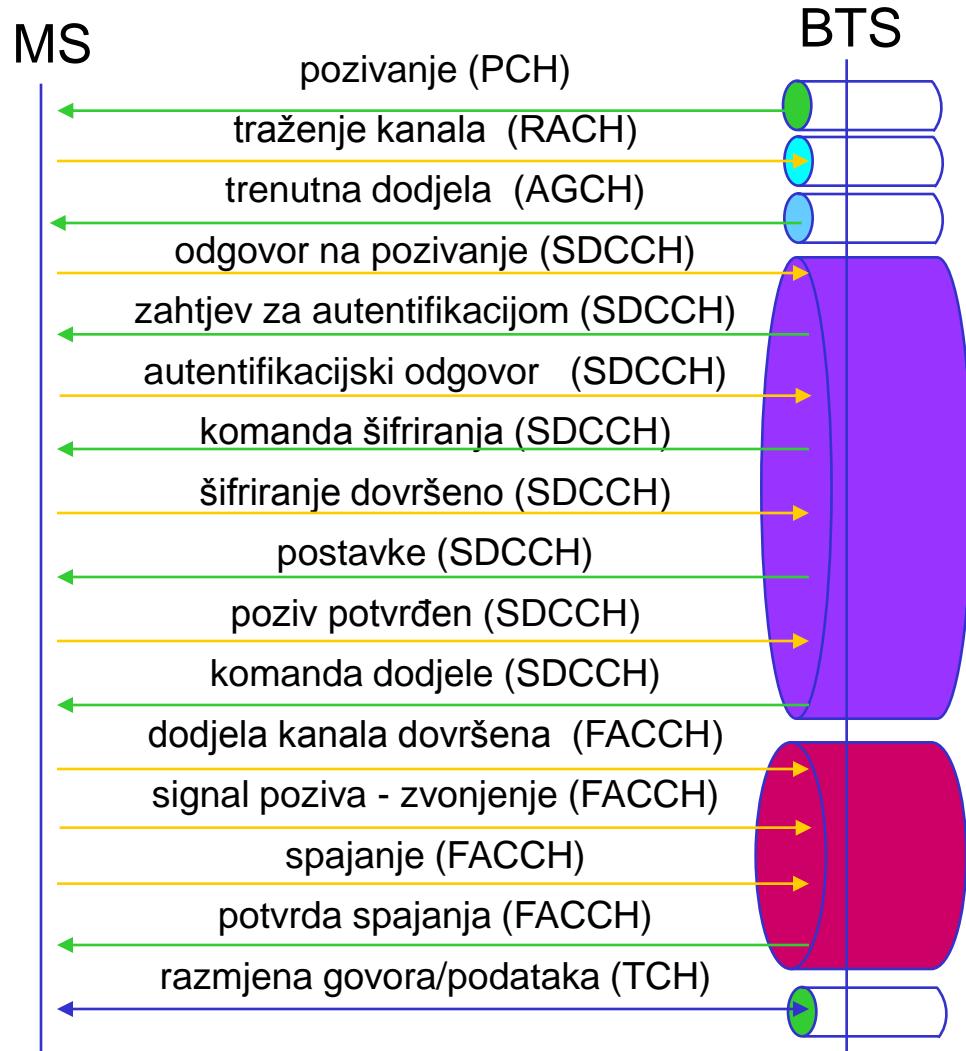
- nakon toga treba raskinuti vezu na zračnom sučelju i oslobođiti radijski kanal

Dolazni poziv



- 1 → Poziv broja mobilnog pretplatnika iz fiksne mreže dolazi do GMSC
- 2 → Na bazi IMSI broja mobilnog pretplatnika utvrđuje se HLR
- 3 → HLR provjerava pozvani broj, potom se traži od mjerodavnog VLR-a da dostavi TMSI – *Temporary Mobile Subscriber Identity*
- 4 → odgovor se šalje natrag u GMSC
- 5 → veza se prespaja do nadležnog MSC-a
- 6 → VLR se pita za lokaciju i dostupnost mobilnog pretplatnika
- 7 → ako je MS dostupna, omogućava se radijski poziv
- 8 → radijsko pozivanje (*paging*) se ostvaruje u svim baznim postajama lokacijskog područja MSC-a
- 9 → odgovor mobilne stanice MS iz radijske ćelije u kojoj se trenutno nalazi
- 10 → kad mobilna stanica odgovori na paging, provodi se cijekupna sigurnosna procedura
- 11 → ako je provjera uspješna, VLR javlja MSC-u da se poziv može prespojiti do preplatnika
- 12 → poziv je ostvaren

Dolazni poziv



GSM kontrolni kanali **CCCH**:

- **RACH - Random Access Channel** – **uzlazna veza**
– MS ih koristi za slanje zahtjeva za pristupanje na mrežu/ ažuriranje lokacije/ SMS. To je slotted Aloha kanal, pa postoji mogućnost kolizije više korisnika zbog istovremenog pristupa kanalu.
- **AGCH - Access Grant Channel** – **silazna veza**
– daje MS-u informaciju o dodjeli prometnog kanala TCH ili SDCCH kanala
- **PCH - Paging Channel** – **silazna veza**
– za obavještavanje korisnika o dolaznom pozivu ili SMS-u, te slanje paging poruka MS-ovima. Paging poruka sadrži identifikacijski broj mobilnog preplatnika kojeg mreža želi kontaktirati. Ako MS identificira svoj vlastiti IMSI broj, javlja se

GSM kontrolni kanali **DCCH**:

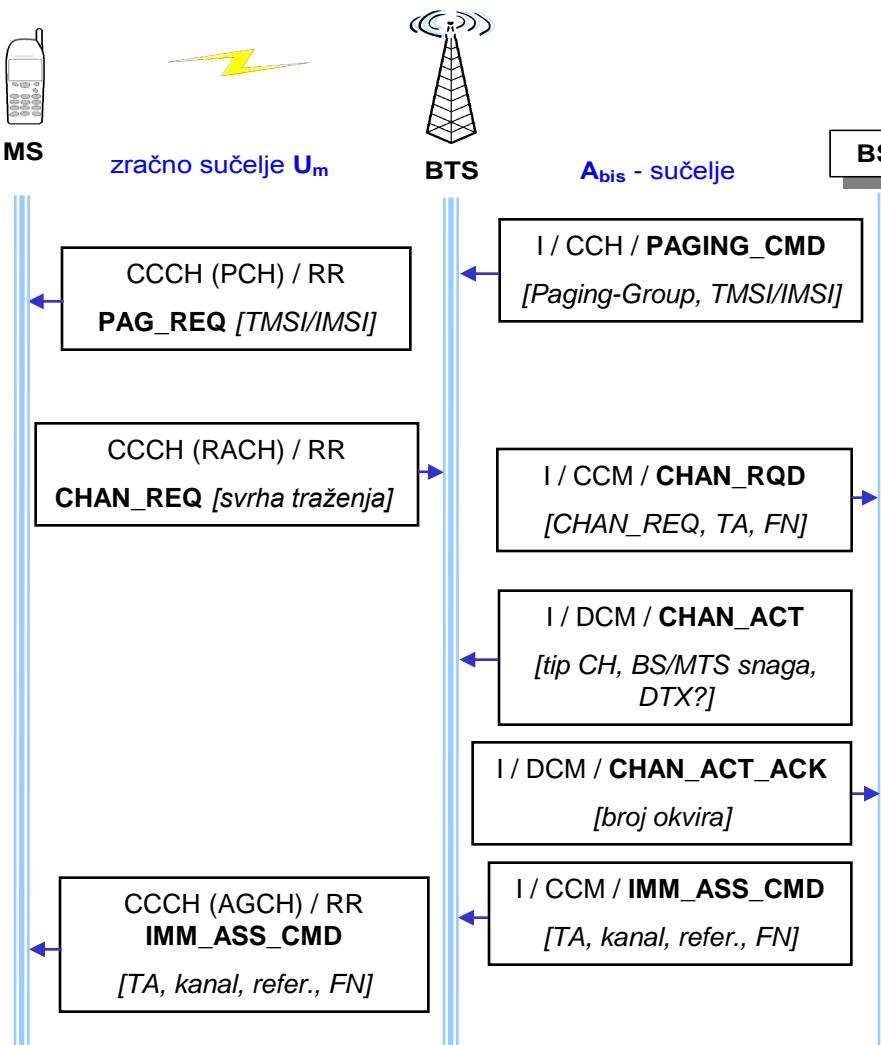
Kao TCH, mogu biti dodijeljeni bilo kojem vremenskom odsječku

- **SDCCH - Stand-alone Dedicated Control Channel**
 - privremeni kanal za signalizaciju, prije dodjele TCH,
 - autentifikacijske poruke, registracija, dodjela resursa (frekvencija nositelja i vremenski odsječak), SMS
- **SACCH - Slow-Associated Control Channel**
 - egzistira zajedno sa TCH (isti fizički kanal)
 - prema MS-u: BTS šalje instrukcije za podešavanje dozvoljene snage odašiljača, parametre za TA (*timing advance*)
 - **Od MS-a:** izmjerena razina i kvaliteta Rx signala unutar ćelije, te razina signala iz susjednih ćelija (**kontinuirano za cijelo vrijeme poziva**)
- **FACCH - Fast-Associated Control Channel**
 - za hitne poruke (npr. zahtjev za prekapčanje veze - *handover*)
 - koristi vremenske odsječke od TCH

Dolazni poziv



MS



- kod dolaznog poziva MSC/VLR traži slanje **PAGING** poruke u svim BTS-ovima koji pripadaju prijašnjim lokacijskim područjima pozivane MS. BSC generira pojedinačne **PAG_CMD** poruke, koje se šalju kao **PAG_REQ**. Ove poruke uvek sadrže IMSI oznaku i eventualno TMSI broj korisnika.

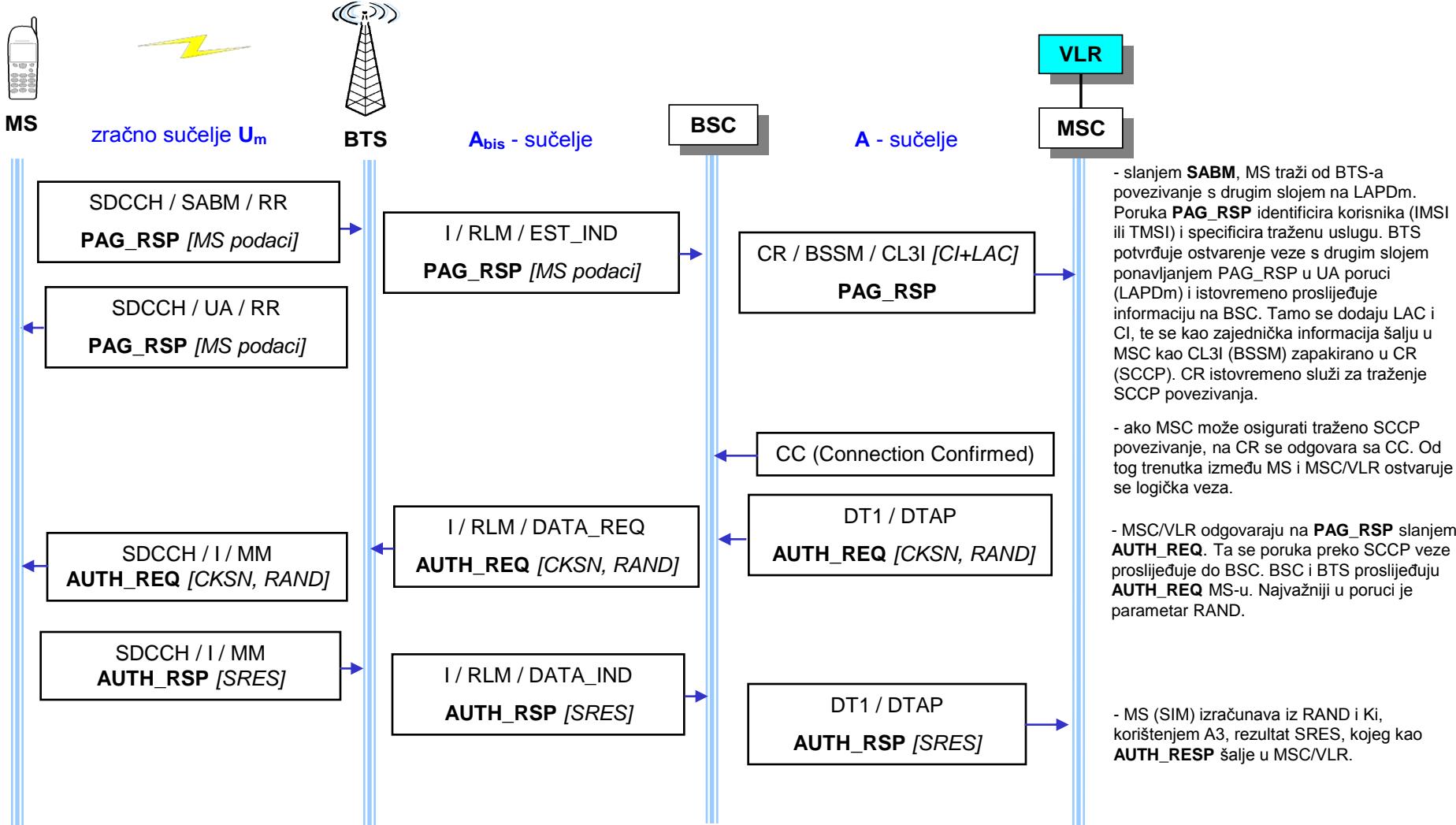
- ako je MS dostupan, traži od BSC dodjelu kontrolnog kanala. BTS dekodira **CHAN_REQ**, izračuna udaljenost MS→BTS (TA) i proslijeđuje informaciju kao **CHAN_RQD** prema BSC. Već je u **CHAN_REQ** bila svrha traženja - kanal za odgovor na **PAGING**.

- nakon prijema **CHAN_RQD**, BSC priopćuje BTS-u koji tip kanala i broj treba dodjeliti.

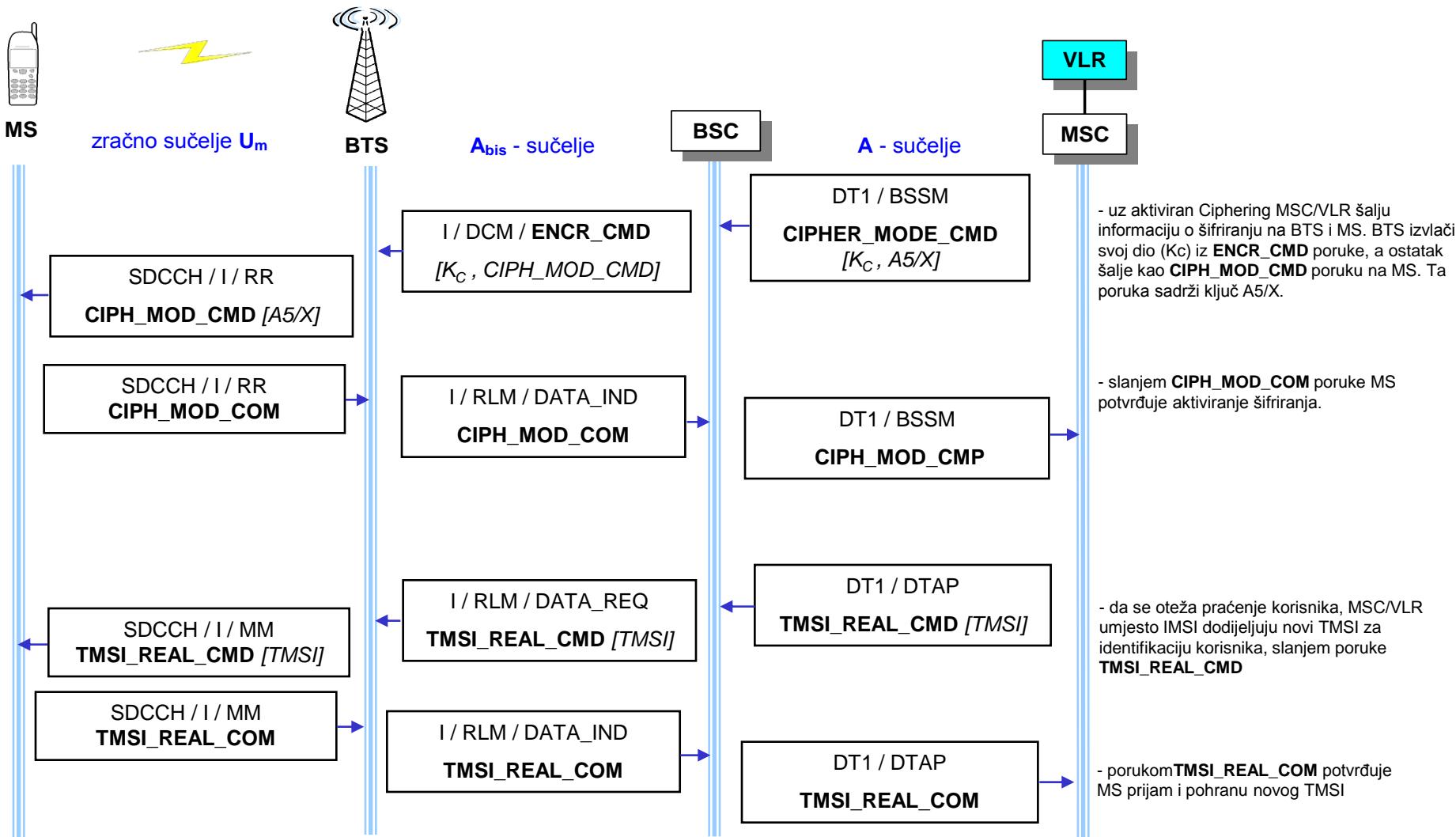
- BTS potvrđuje prijam i šalje **CHAN_ACT_ACK**.

- BSC šalje **IMM_ASS_CMD**, čime se aktivira prije rezervirani kanal. BTS šalje informaciju MS-u na AGCH kanalu. MS pronađe "svoju" **IMM_ASS_CMD** prema *Request Reference*, koja je već sadržana u **CHAN_REQ**.

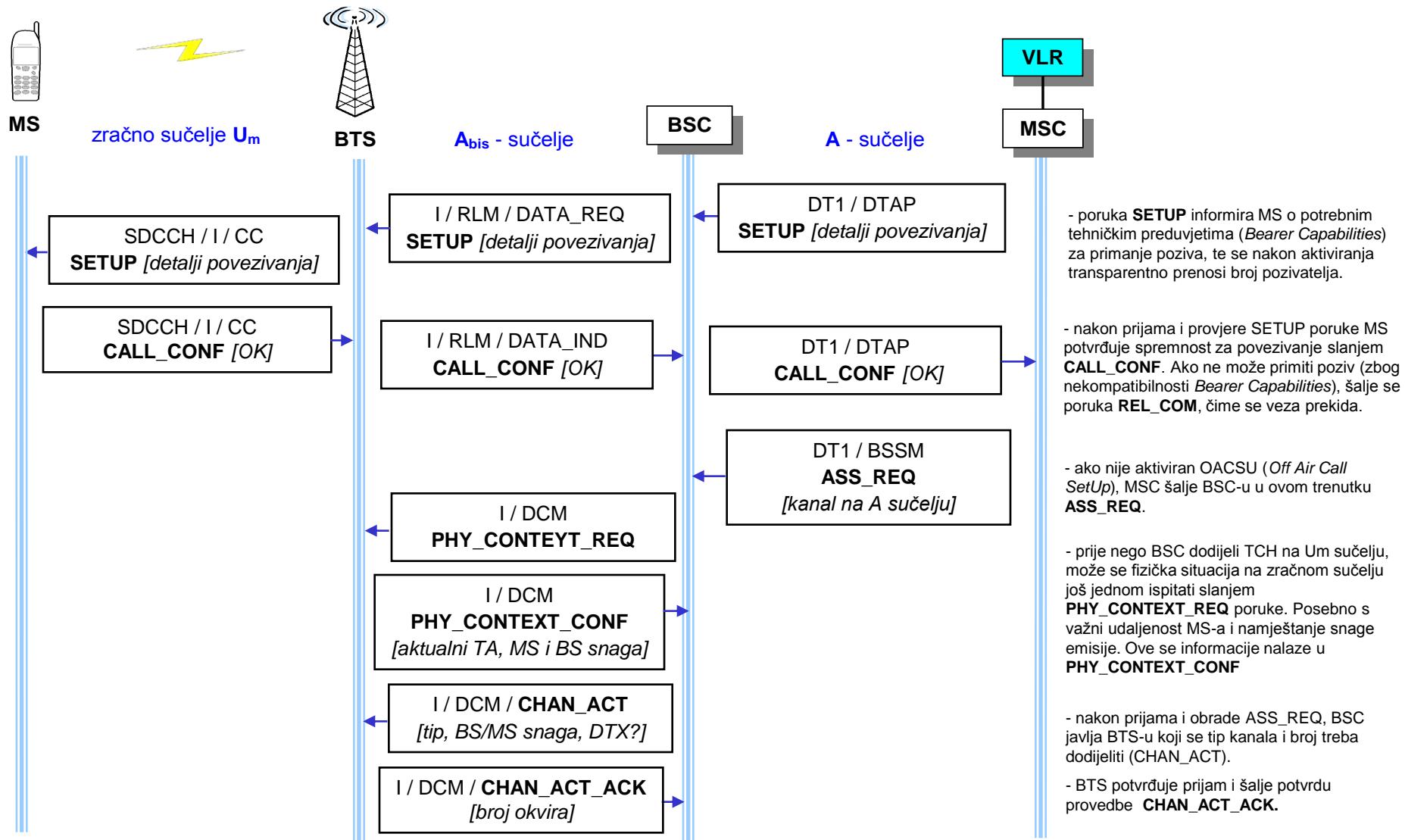
Dolazni poziv



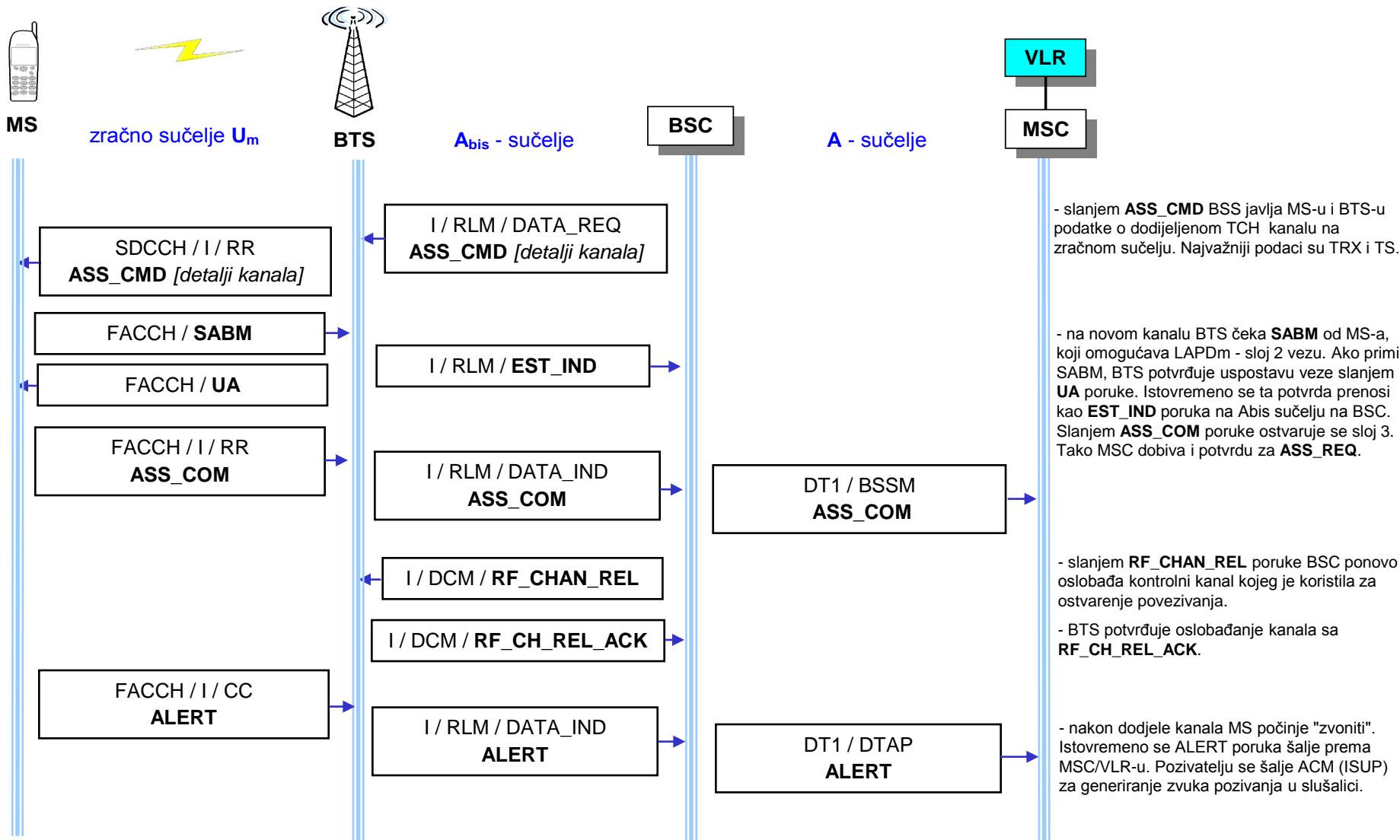
Dolazni poziv



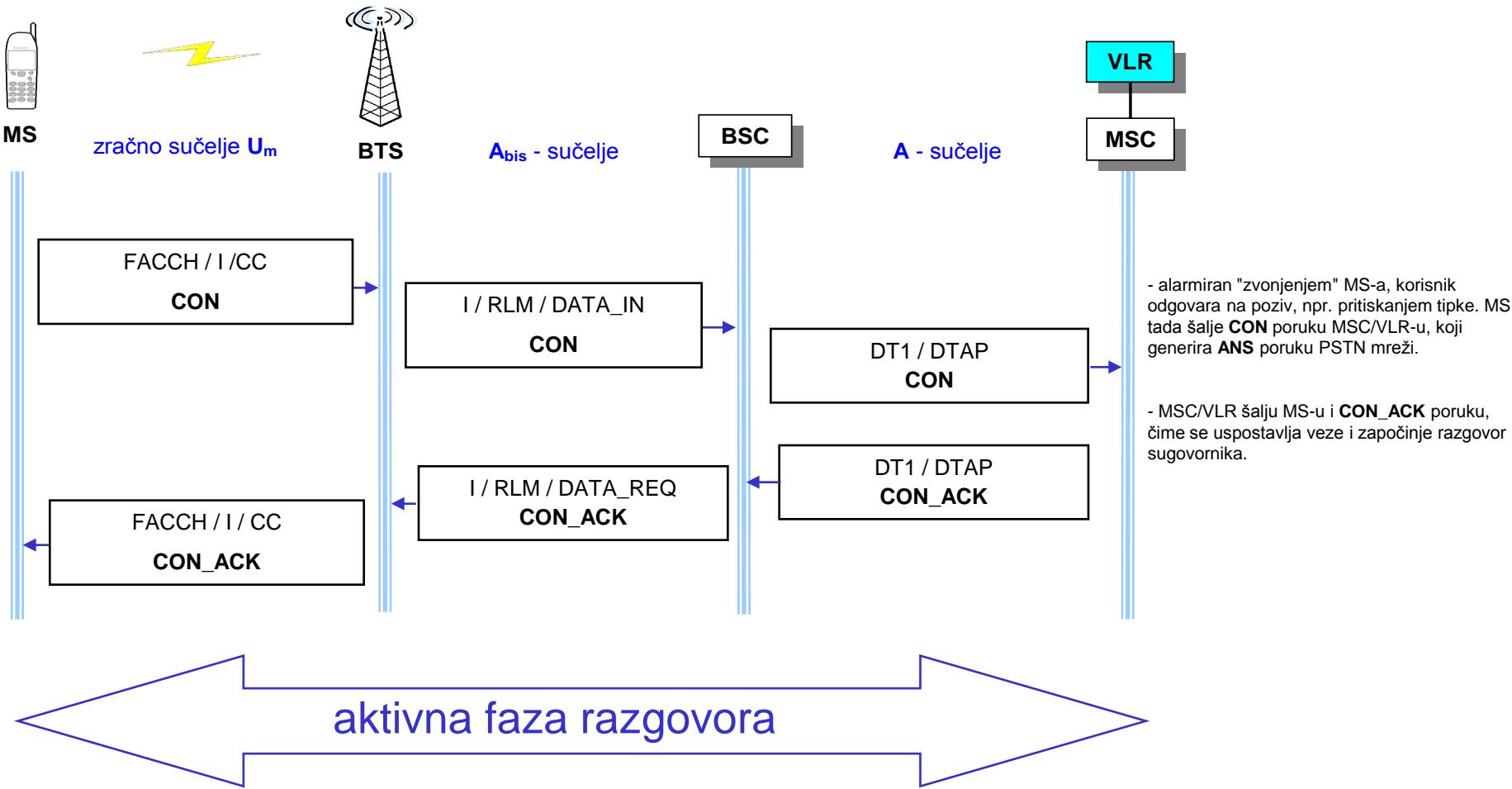
Dolazni poziv



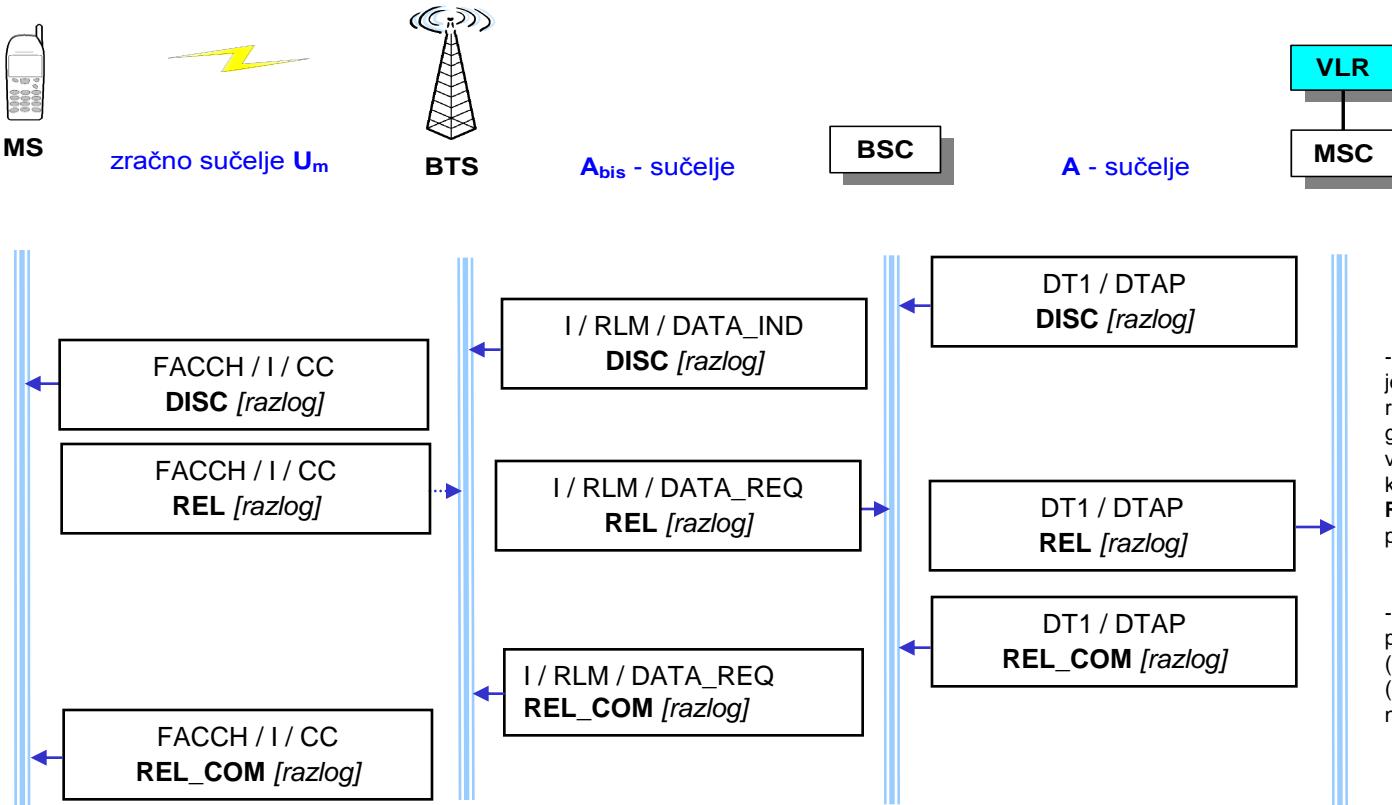
Dolazni poziv



Dolazni poziv



Dolazni poziv



- ako se želi prekinuti uspostavljena veza, jedna strana (ovdje pozivatelj) prekida razgovor pritiskom tipke za prekid. Time se generira **DISC**-poruka koja se transparentno vodi do MS-a. MS odgovara s **REL**-porukom, koja se šalje prema MSC/VLR. Prijamom **REL_COM** na strani MS-a za CALL Control prekida se veza.

- Poruke **DISC**, **REL** i **REL_COM** šalju se potpuno transparentno, tako da niti RR (Radio Resource Management), ni MM (Mobility Management) do ovog trenutka neznaju za prekid veze

- nakon toga treba raskinuti vezu zračnog sučelja i SCCP resurse

Upravljanje pokretljivošću - Ažuriranje lokacije korisnika



MS zračno sučelje U_m

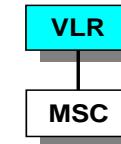


BTS

A_{bis} - sučelje

BSC

A - sučelje



CCCH (RACH) / RR
CHAN_REQ [svrha, refer.]

I / CCM / **CHAN_RQD**
[CHAN_REQ, TA, FN]

I / DCM / **CHAN_ACT**
[tip, BS/MS snaga, DTX?]

I / DCM / **CHAN_ACT_ACK**
[broj okvira]

CCCH (AGCH) / RR
IMM_ASS_CMD
[TA, kanal, refer., FN]

I / CCM / **IMM_ASS_CMD**
[TA, kanal, refer., FN]

SDCH / SABM / MM
LOC_UPD_REQ
[TMSI/IMSI, zadnji CI+LAC]

SDCH / UA / MM
LOC_UPD_REQ
[TMSI/IMSI, zadnji CI+LAC]

- MS traži od BSC dodjeljivanje kontrolnog kanala. BTS dekodira **CHAN_REQ**, računa udaljenost MS (TA) i šalje podatke u obliku CHAN_REQ BSC-u. Svrha traženja sadržana je u CHAN_REQ (ažuriranje lokacije, *Location Update*)

- prijamom i obradom **CHAN_RQD**, BSC javlja BTS-u koji tip kanala i broj treba dodijeliti (**CHAN_ACT**)

- BTS potvrđuje prijam i provedbu **CHAN_ACT** porukom **CHAN_ACT_ACK**

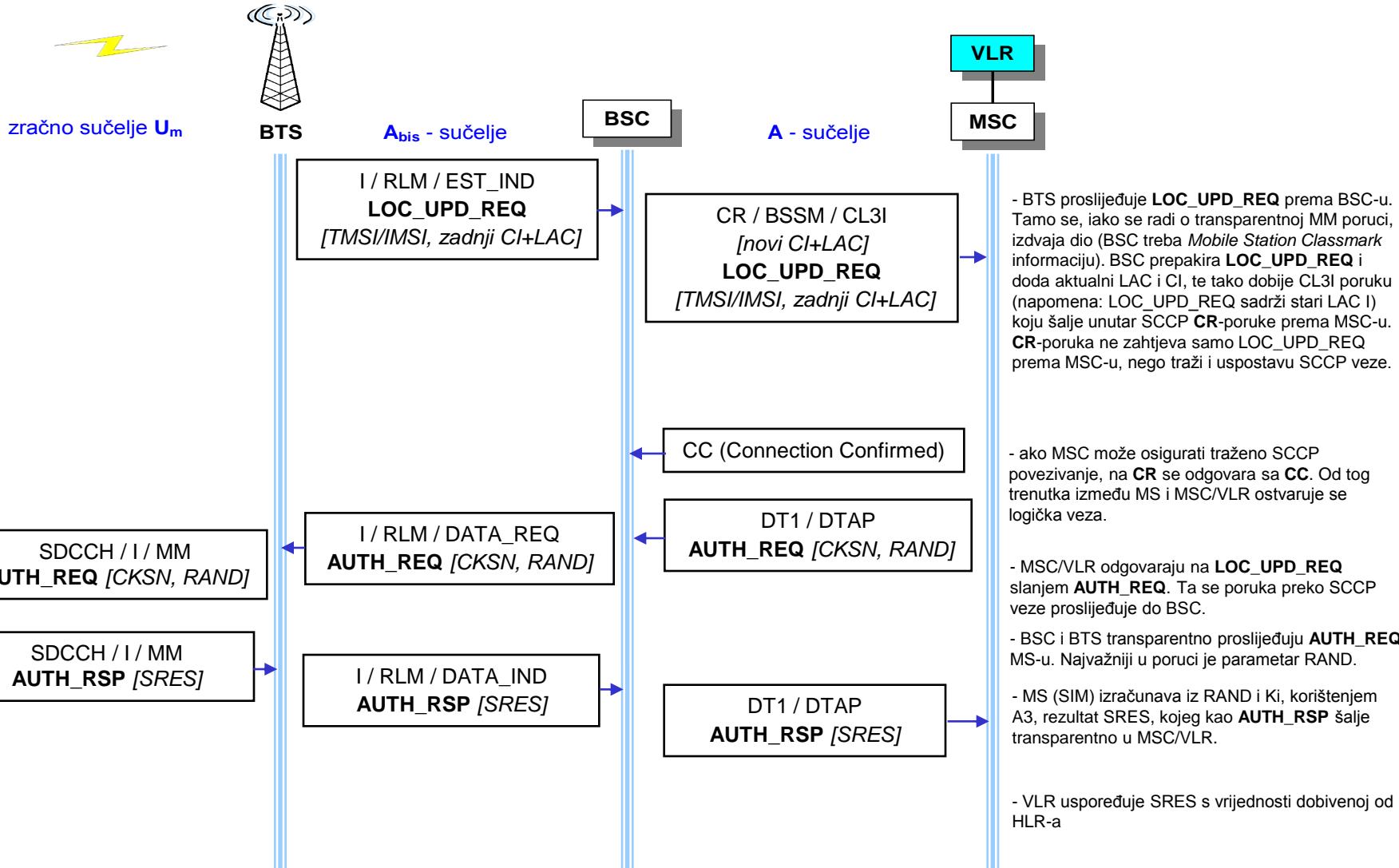
- BSC šalje **IMM_ASS_CMD** poruku koja aktivira prije rezervirani kanal. BTS šalje ovu informaciju MS-u na AGCH kanalu.

MS pronađe "svoju" **IMM_ASS_CMD** prema *Request Reference*, koja je već sadržana u **CHAN_REQ**.

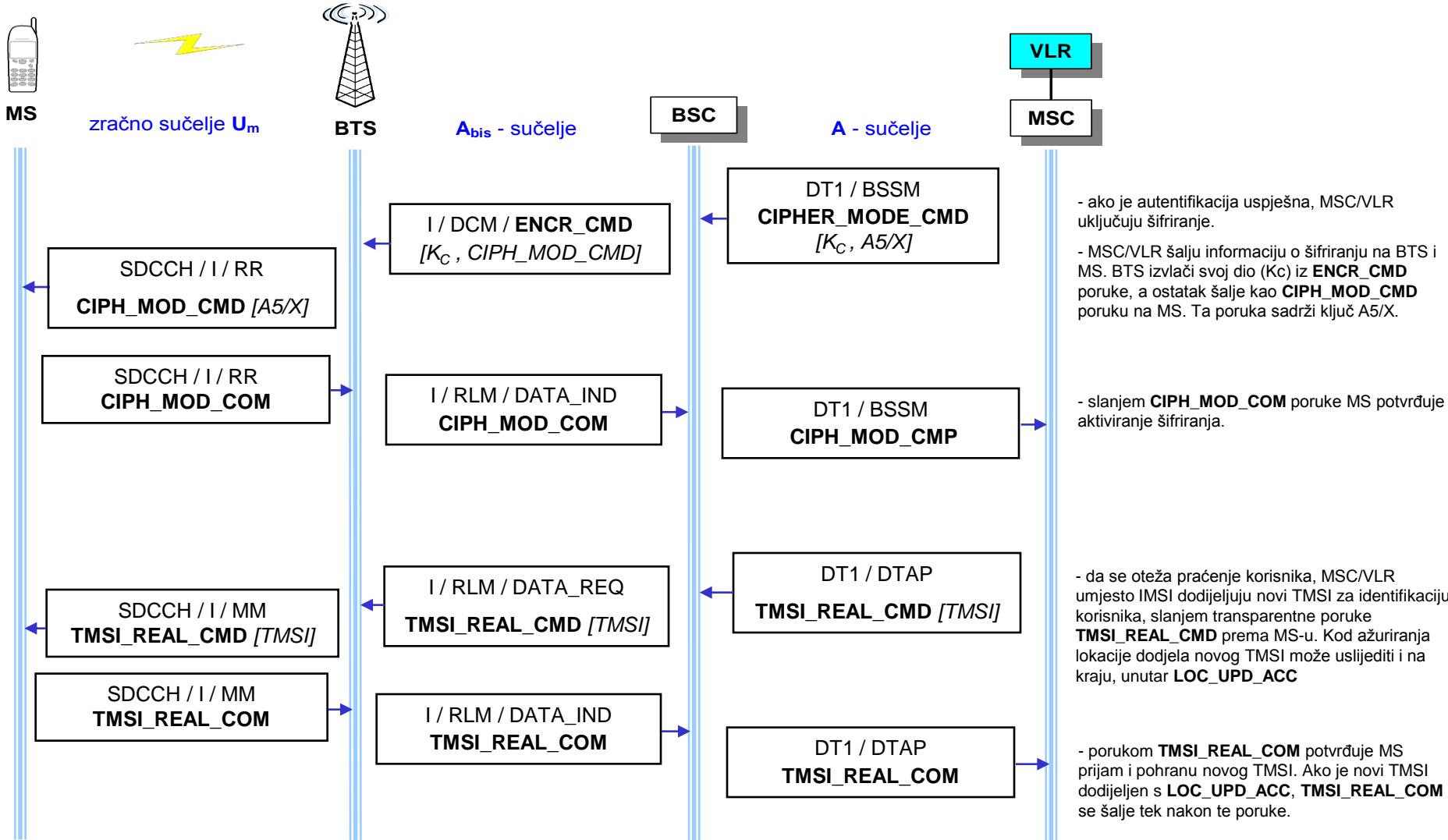
- tek sada se u sloju 2 aktivira LAPDm veza. MS šalje **SABM** na BTS, koji sadrži zadnje podatke (**LOC_UPD_REQ**)

- BTS potvrđuje aktivaciju LAPDm veze slanjem **UA** poruke koja ponavlja **LOC_UPD_REQ**

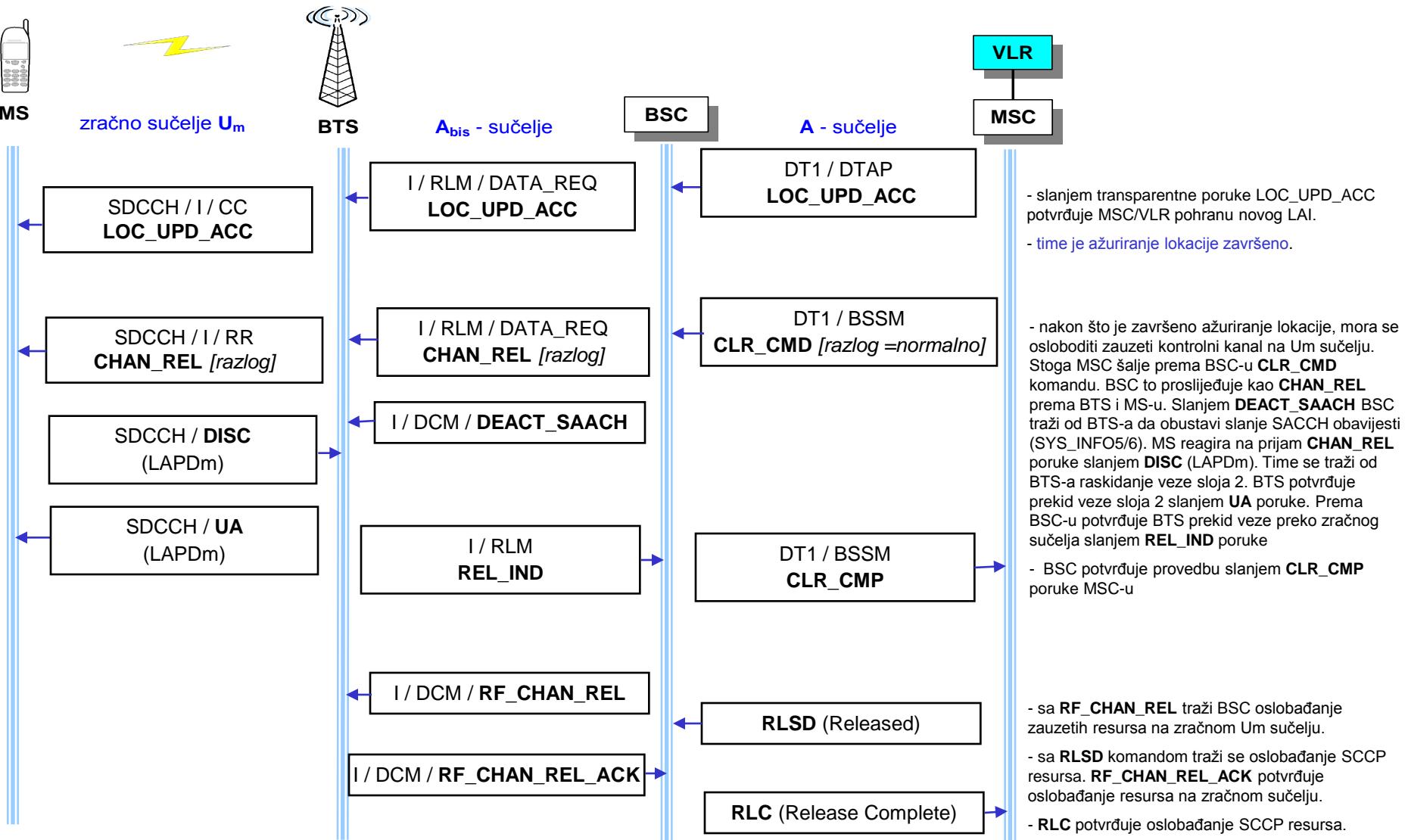
Upravljanje pokretljivošću - Ažuriranje lokacije korisnika



Upravljanje pokretljivošću - Ažuriranje lokacije korisnika



Upravljanje pokretljivošću - Ažuriranje lokacije korisnika



Upravljanje pokretljivošću - Ažuriranje lokacije korisnika

