

# 3G, 3.5G, 3.75G sistemi mobilne telefonije

# Sadržaj

- 3G
- 3Gpp, 3Gpp2
- 3G standardi
- UMTS
- Arhitektura UMTS-a
- WCDMA
- High Speed Packet Access (HSPA)
- Evolved High Speed Packet Access, HSPA+

## 3G

- 3G telekomunikacione mreže podržavaju usluge koje obezbeđuju brzinu prenosa informacija od najmanje 144 kbit/s.
- Kasnija 3G izdanja, koja se često označavaju kao 3.5G i 3.75G, takođe pružaju mobilni širokopojasni pristup od nekoliko Mbit/s do nekoliko desetina Mbit/s.
- 3G mreža je zasnovana na skupu standarda koji su usklađeni sa specifikacijama International Mobile Telecommunications - 2000 (IMT-2000) definisanog od strane International Telecommunication Union (ITU) (Međunarodna unije za telekomunikacije)
- 3G mreže koristi različite frekvencijske opsege

## 3G

- 3G je bazirana na **skupu standarda IMT-2000** (*International Mobile Telecommunication-2000*) koje je usvojila ITU
- 3G podražava
  - telefoniju
  - pristup Internetu
    - mobilni
    - fiksni
  - video pozive
  - mobilnu TV
- 3G podržava servise brzine **najmanje 200 kbit/s** (IMT-2000)
  - 3,5G i 3,75G podržavaju *broadband* brzine (npr. 1-2 Mbit/s)
  - brzine prenosa zavise od brzine kretanja korisnika

## 3G

- Sredinom 1980-tih osmišljen koncept za budući IMT-2000
  - 2000. doneta istorijska odluka o usvajanju specifikacija
  - predviđene frekvencije od 400 MHz do 3 GHz
  
- IMT-2000 je rezultat kolaboracije
  - grupa unutar ITU – ITU-R, ITU-T
  - grupa van ITU – 3GPP, 3GPP2, UWCC
  
- IMT-2000 karakteristike
  - podržava širok opseg servisa i aplikacija
  - TDMA, FDMA i CDMA pristupi
  - dostupna tehnologija krajnjim korisnicima
  - ostvarena kompatibilnost sa prethodnim sistemima
  - obezbeđena modularnost, laka proširivost

## 3GPP, 3GPP2

- U cilju nadogradnje različitih postojećih sistema 1998. formiraju se dve grupe
  - **3GPP** (*3rd Generation Partnership Project*) – razvija sisteme bazirane na GSM-u
    - GPRS
    - EDGE
    - W-CDMA (UMTS)
    - HSDPA
    - kasnije i 4G (E-UTRA – *LTE Evolved UMTS Terrestrial Radio Access*)
  - **3GPP2** (*3rd Generation Partnership Project 2*) – formira se da pomogne razvoj sistema koji koriste CDMA tehniku
    - 1xRTT (*One Times Radio Transmission Technology*) – brzine do 144 kbit/s
    - EV-DO (*Evolution Data Optimized*) – downlink brzine do 2,4 Mbit/s
    - EV-DO Rev. A – downlink brzine do 3,1 Mbit/s
    - EV-DO Rev. B – downlink brzine do 4,9 Mbit/s
    - 4G – UMB (*Ultra Mobile Broadband*) – downlink brzine do 288 Mbit/s

## 3G standardi

- Postoje mnogi standardi koji se „reklamiraju“ kao 3G
 
  - **UMTS** (*Universal Mobile Telecommunications System*)
    - početak 2001.
    - koristi se u Evropi, Japanu, Kini (ali različiti interfejsi) i drugim zemaljama gde se koristi GSM
    - *uplink* 1885-2025 MHz, *downlink* 2110-2200 MHz
    - postoji više vrsta interfejsa
      - W-CDMA (najčešće)
      - TD-SCDMA – komercijalizovan 2009. u Kini
      - HSPA, HSPA+ (*Evolved High-Speed Packet Access*)
  - **CDMA2000** – početak 2002.
    - EV-DO, Rev A, Rev B
- Postoje i standardi koji formalno zadovoljavaju IMT-2000 specifikacije i odobreni od ITU kao 3G standardi, ali se obično ne deklarišu kao 3G, već kao posebne tehnologije
 
  - **DECT**
  - **Mobile WiMAX**

## UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

- Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) (Univerzalni mobilni telekomunikacioni sistem) je treća generacija mobilnih sistema za mreže zasnovane na GSM standardu.
- Razvijen i održavan od strane 3GPP (3rd Generation Partnership Project), UMTS je deo skupa standarda IMT-2000.
- UMTS koristi wideband code-division multiple access - W-CDMA (širokopojasnu tehnologiju višestrukog pristupa sa kodnom podelom) radi pružanja veće spektralne efikasnosti i propusnog opsega.
- UMTS specifikacija obuhvata kompletan mrežni sistem, koji uključuje:
  - radio mrežu (UMTS Terrestrial Radio Access Network, ili UTRAN),
  - osnovnu mrežu (Mobile Application Part, ili MAP),
  - konekciju ka spoljnim servisima i
  - autentifikaciju korisnika preko SIM (modul pretplatničkog identiteta) kartica.
- Za razliku od EDGE i CDMA2000 (IMT Multi-Carrier), UMTS zahteva nove bazne stanice i nove alokacije frekvencija.

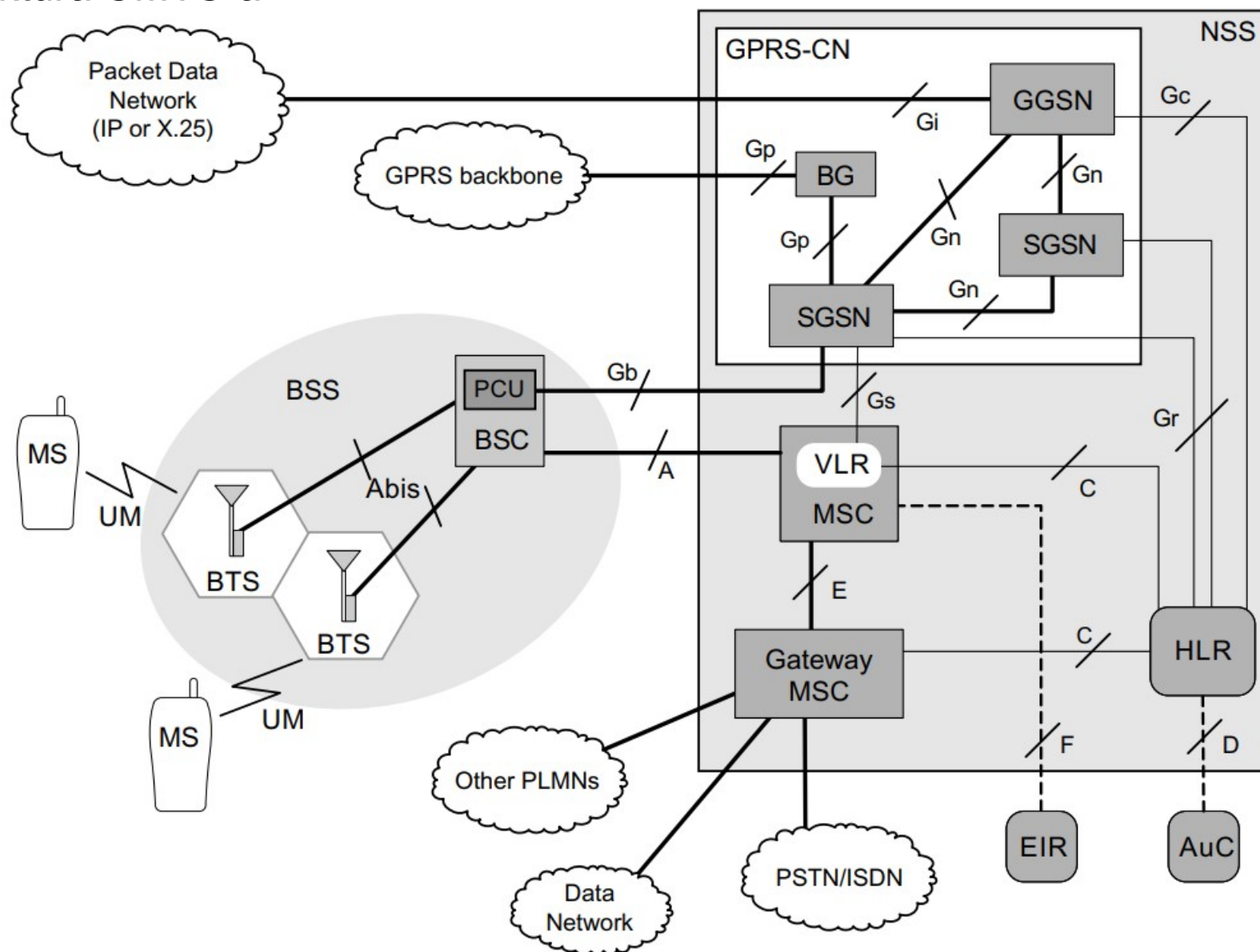
## UMTS

- Frekventni opsezi koji su prvobitno definisani UMTS standardom su:
- 1885–2025 MHz za uplink i 2110–2200 MHz za downlink.
- U SAD se umesto toga koriste 1710–1755 MHz i 2110–2155 MHz, pošto je opseg od 1900 MHz već iskorišćen.
- Dok je UMTS2100 najrasprostranjeniji UMTS opseg, UMTS operateri nekih zemalja koriste opsege:
  - od 850 MHz (900 MHz u Evropi) i/ili
  - 1900 MHz (nezavisno, što znači da su uplink i downlink unutar istog opsega) (SAD, Novi Zeland, Australija).
- Neki operateri kao što je T-Mobile su označili frekvente opsege brojevima da identifikuju UMTS frekvencije. Na primer, opseg I (2100 MHz), opseg IV (1700/2100 MHz) i opseg V (850 MHz).

## Arhitektura UMTS-a

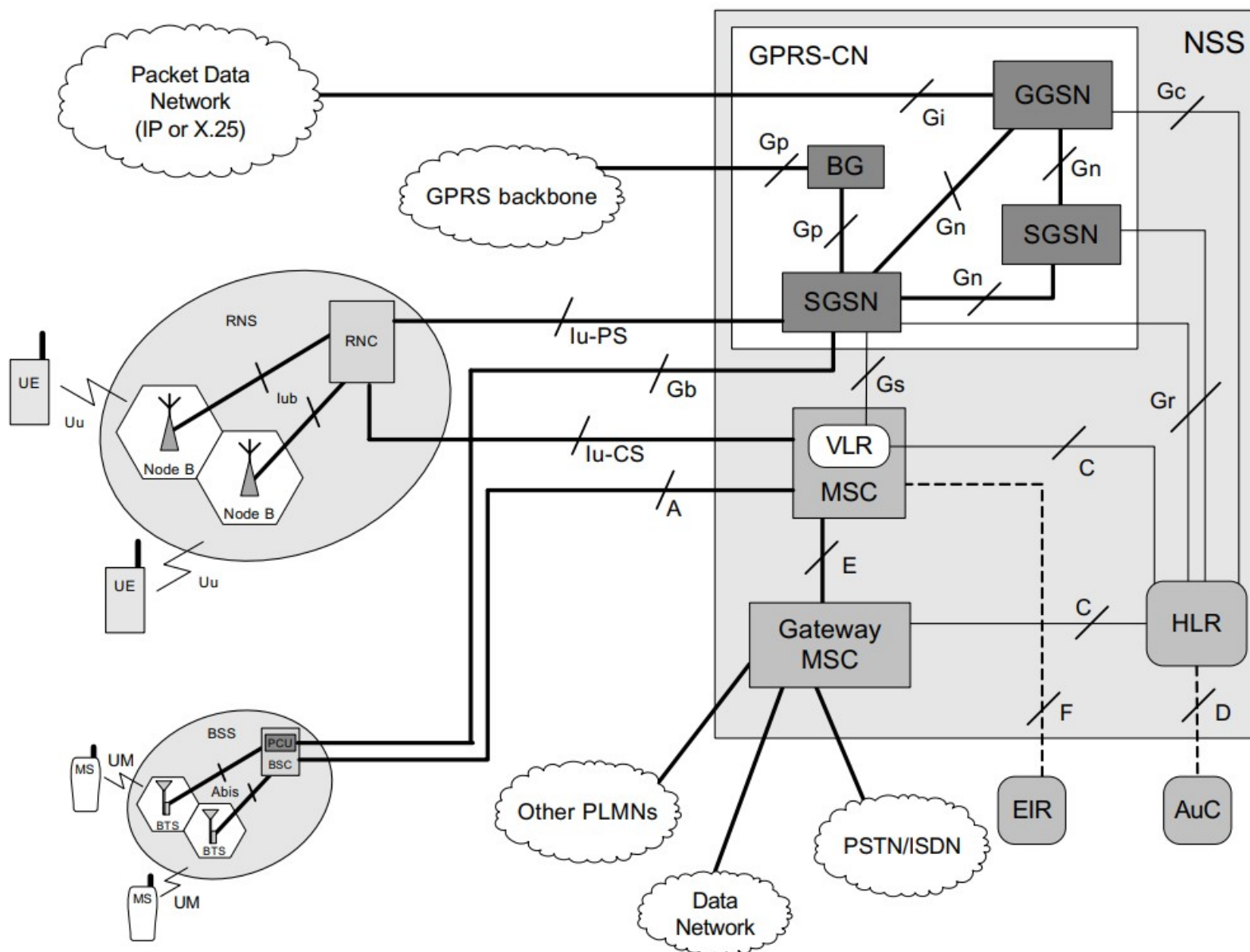
- UMTS zahteva nove bazne stanice i nove alokacije frekvencija
- Za migraciju na 3G UMTS , GSM radio mreže su morale da budu nadograđene na WCDMA tehnologiju.
- Arhitektura osnovne mreže se nije promenila jer su ranija poboljšanja GSM-a, GPRS i EDGE, već uvela nove mrežne čvorove, SGSN i GGSN, za mogućnost komutacije paketa.
- Ovo je takodje omogućilo povezivanje postojećih 2G baznih podсистema na upravljački deo UMTS mreze tj. takozvanu “backward” kompatibilnost.
- UMTS mreže su takodje “backward” kompatibilne što se tice mobilnih uređaja, što znači da se svaki 3G mobilni telefon i dalje može povezati na 2G GSM mreže.

## Arhitektura UMTS-a



**Figure 1.1** GSM reference network

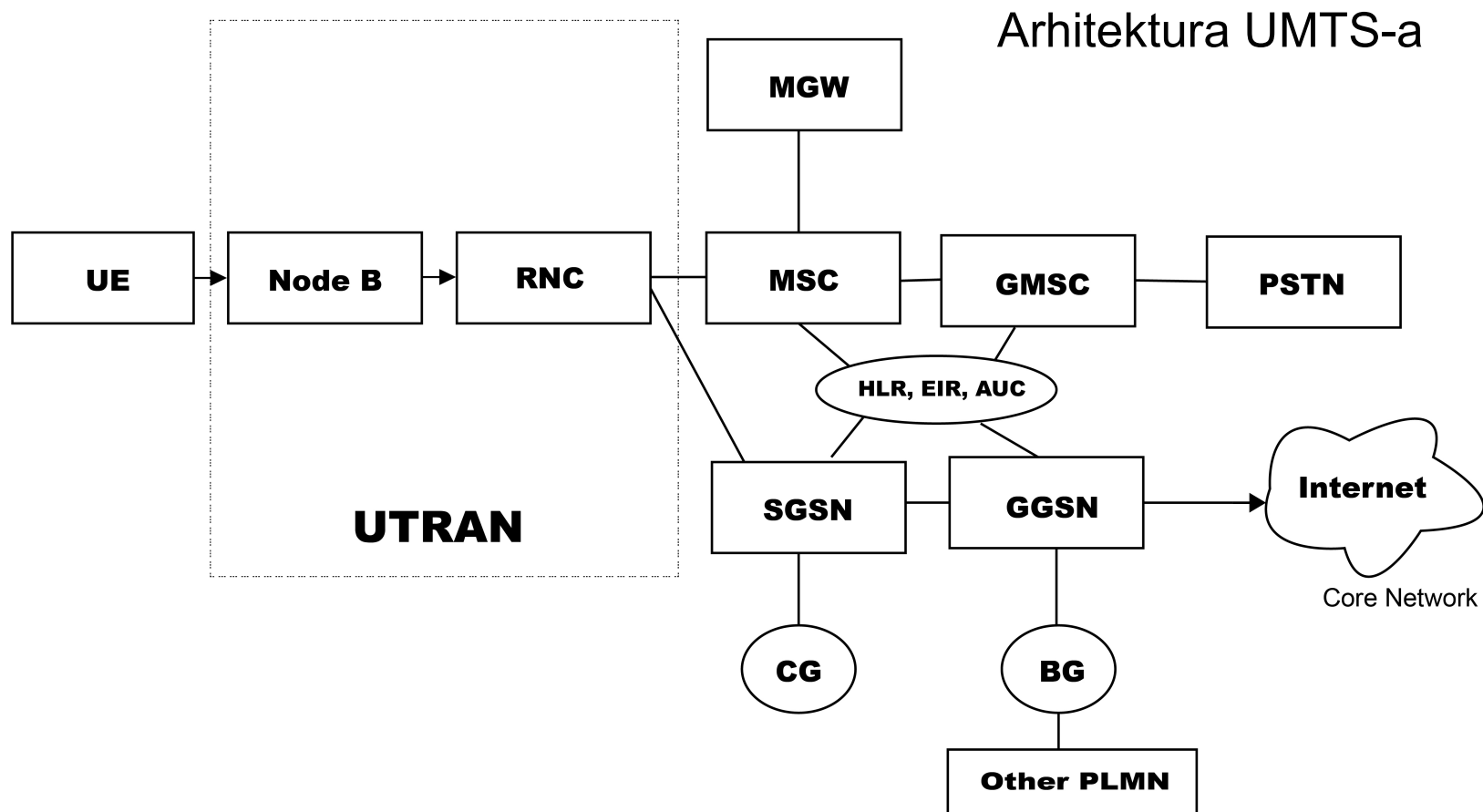
## Arhitektura UMTS-a



**Figure 1.2** UMTS reference network

## Arhitektura UMTS-a

- Postoje tri glavne komponente u arhitekturi UMTS mreže:
- Korisnička oprema (User Equipment) se sastoji od mobilne opreme (ME) i USIM-a.
- “Radio pristupna mreža” (Radio Access Network - RAN) se sastoji od NodeB i RNC (Radio Network Controller).
- Osnovna mreža se sastoji od funkcionalnih modula sa komutacijom kola i komutacijom paketa.
  - Za operacije sa komutacijom kola (CS) tu su MSC i GMSC zajedno sa modulima baze podataka kao što su VLR, HLR. GMSC je povezan sa PSTN/ISDN
  - Za operacije sa komutacijom paketa (PS) služe SGSN i GGSN. GMSC će biti povezan sa PSTN/ISDN u CS slučaju. GGSN je povezan sa spoljnom mrežom.



UE: User Equipment  
 RNC: Radio Network Controller  
 SGSN: Serving GPRS Support Node  
 GGSN: Gateway GPRS Support Node  
 CG: Charging Gateway  
 BG: Border Gateway

MSC: Mobile Switching Center  
 MGW:  
 GMSC: Gateway MSC  
 PSTN: Public Switched Telephone Network  
 HLR: Home Location Register  
 EIR: Equipment Identity Register  
 AUC: Authentication Center

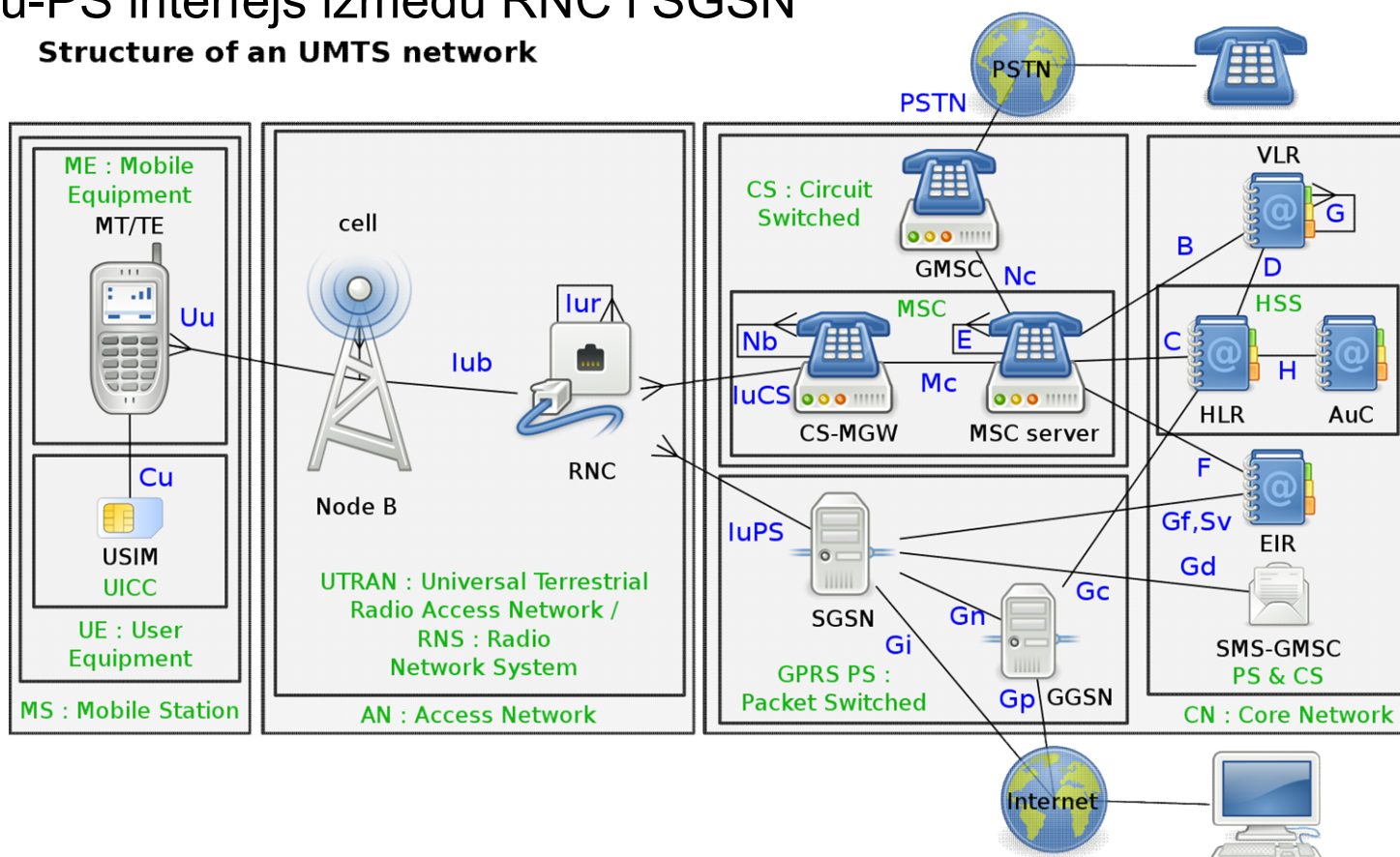
Emon Hossain

Fig: UMTS Architecture

## Arhitektura UMTS-a

- Interfejsi između ovih entiteta su:
  - Uu interfejs između UE i NodeB
  - Iub interfejs između NodeB-a i RNC-a
  - Iur je interfejs između RNC i RNC
  - Iu-CS interfejs između RNC i MSC
  - Iu-PS interfejs između RNC i SGSN

Structure of an UMTS network



## Arhitektura UMTS-a

- U poređenju sa GSM referentnom mrežom, jedina razlika je uvođenje Radio mrežnog kontrolera (Radio Network Controller - RNC) i NoBe B unutar novoformiranog Radio Network SubSystem -a (RNS).
- U suštini, ova dva čvora obavljaju zadatke ekvivalentne BSC-u i BTS-u, respektivno, u GSM arhitekturi.
- Glavna razlika je u tome što su interfejs za komutaciju paketa i interfejs za komutaciju kola sada u potpunosti integrisani u RNC.
- UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) je zbirni izraz za mrežu i opremu koja povezuje mobilne telefone sa jezgrom mreže.
- sastoji se od jednog ili više RNS-a (Radio Network Subsystem). Svaki RNS je odgovoran za resurse i prenos/prijem u grupi ćelija.

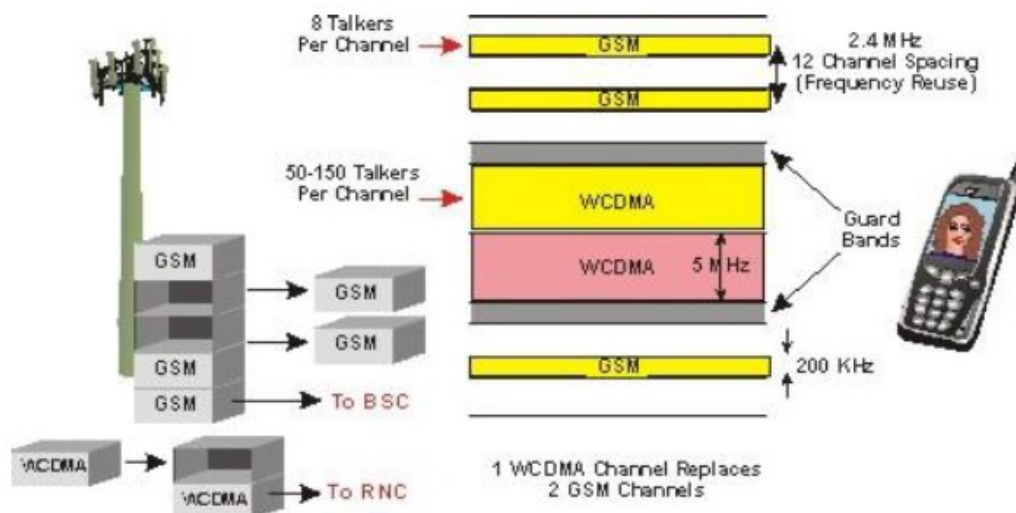
## Wideband Code-Division Multiple Access - WCDMA

WCDMA ima dva režima:

- Frequency Division Duplex - FDD (Dupleks sa podelom frekvencija): Odvaja korisnike korišćenjem kodova i frekvencija. Jedna frekvencija se koristi za uplink, dok se druga koristi za downlink.
- Time Division Duplex - TDD Dupleks sa vremenskom podelom: Odvaja korisnike korišćenjem kodova, frekvencija i vremena, pri čemu se ista frekvencija koristi i za uplink i downlink.

# W-CDMA

- **W-CDMA** (*Wideband – Code Division Multiple Access*)
  - spada (naziva se i) u UMTS tehniku **UTRA-FDD** (*UMTS Terrestrial Radio Access – Frequency-Division Duplexing*)
  - *uplink* 1920-1980 MHz, *downlink* 2110-2170 MHz
    - brzine – **384 kbit/s** (*wide area access*), do 2 Mbit/s (*local area access*)
    - koristi DS-CDMA (*Direct Sequence CDMA*)
    - u svakom smeru se koristi kanal širine 5 MHz
      - zbog ovoga W-CDMA je bio kritikovan da troši mnogo spektra



## High Speed Packet Access (HSPA)

- Prvobitni 3G sistemi su imali brzine prenosa podataka od 144kb/s
- U toku eksploatacije 3G tehnologije razvijeno je nekoliko tehnika koje su imale za cilj poboljšanje brzine prenosa podataka
- Prvo značajnije proširenje koje poboljšava performanse postojećih 3G mobilnih telekomunikacionih mreža baziranih na WCDMA protokolu (UMTS) bilo je High Speed Packet Access (HSPA).
- HSPA se u literaturi još referencira kao 3.5G, 3G+ ili turbo 3G
- HSPA je spoj dva mobilna protokola - High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) i High Speed Uplink Packet Access (HSUPA)
- Prva HSPA specifikacija podržavala je povećane vršne brzine prenosa podataka:
  - do 14 Mbit/s u downlink - u i
  - 5,76 Mbit/s u uplink - u.

## High Speed Packet Access (HSPA)

- Prva HSPA specifikacija je takođe smanjila kašnjenje i obezbedili do pet puta veći kapacitet sistema u downlink-u i do dva puta veći kapacitet u uplink - u u poređenju sa originalnim WCDMA protokolom.
- Latencija je vreme koje je potrebno uređaju da odgovori na informaciju ili radnju.
- Obično se definiše kao vreme potrebno da IP paket stigne do odredišta i meri se u milisekundama (ms).
- U modernim ćelijskim mrežama, kašnjenje je prvenstveno zbir tri komponente:
  - Udaljenost do Bazne stanice (tj. Node B),
  - Performanse samih krajnjih tačaka, i
  - Kapacitet bežične veze.

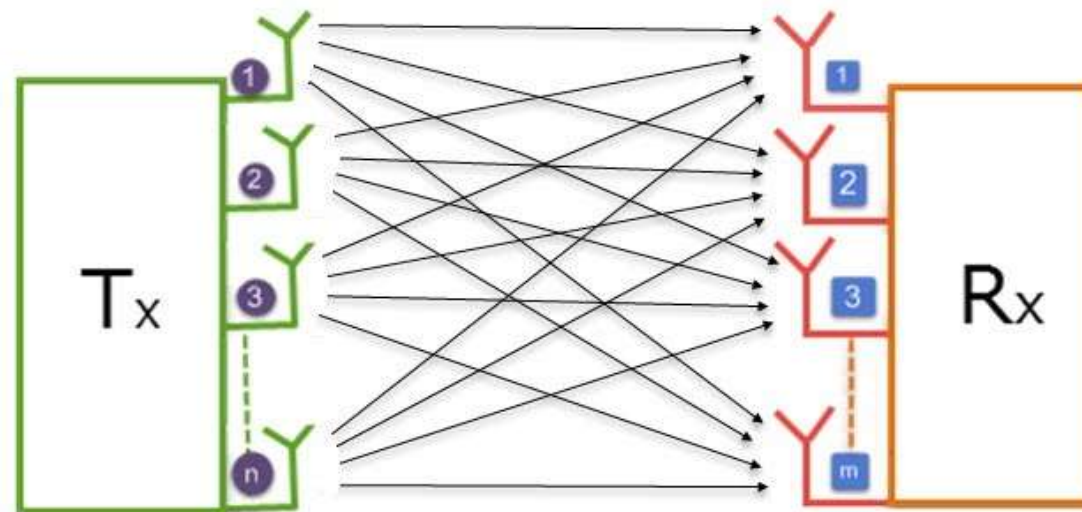
# HSPA

- **HSPA** (*High Speed Packet Access*)
  - poboljšava W-CDMA sisteme
    - predstavlja softversku nadogradnju na W-CDMA (2008. – 90% se *upgrade*-ovalo)
  - sastoji se od
    - **HSDPA** (*High Speed Downlink Packet Access*)
      - do 14 Mbit/s
      - bazira se na prenosu korišćenjem deljenog kanala i modulaciji višeg reda
    - **HSUPA** (*High Speed Uplink Packet Access*)
      - do 5,76 Mbit/s
      - dodaje novi transportni kanal

## HSPA+

- Evolved High Speed Packet Access, HSPA+, HSPA (Plus) or HSPAP je druga faza HSPA ekspanzije.
- HSPA+ se jos i naziva 3.75G
- Uvodi tehnologije poboljšanja prenosa koriscenjem antenskih polja kao sto su:
  - formiranje snopa (beam forming). Formiranje snopa fokusira emitovanu snagu antene u snop u pravcu korisnika.
  - multiple-input multiple-output (MIMO). MIMO koristi više antena na predajnoj i na prijemnoj strani koja šalje.
- Modulacije viseg reda su takodje jedna od tehnika koja je uvedena za poboljšanje brzine prenosa.
- Dalja izdanja standarda su uvela upotrebu dvostrukog nosioca (dual carrier), odnosno istovremenu upotrebu dva nosioca od 5 MHz.

## HSPA+



**Basic Structure of a MIMO System**

- Izvorni podaci (obično podaci koje zahteva korisnik) se dele na dva ili više nezavisnih tokova podataka koji se prenose preko više antena, koji se nazivaju prostorni tokovi podataka.
- Uobičajena konfiguracija je npr. 2x2 MIMO sistem. U ovom slučaju protok podataka (propustnost) se teoretski udvostručuje u poređenju sa konfiguracijom sa jednom antenom.

## HSPA+ Downlink

- Evolved HSDPA (HSPA+) mreža sa jednim nosiocem od 5 MHz teoretski može da na downlinku, podrži brzine prenosa (pri dobrim uslovima na kanalu sa niskom korelacijom između prenosnih antena):
  - do 28 Mbit/s (MIMO sa 16QAM) i
  - 42 Mbit/s (64QAM + MIMO).
- Dual-Carrier HSDPA, takodje poznata i kao Dual-Cell HSDPA:
  - radi tako što koristi dva kanala za primanje podataka. To znači da koristi dva kanala istovremeno, efektivno udvostručujući kapacitet mreže.
  - Ovim se i opseg udvostrucava sa 5MHz na 10MHz

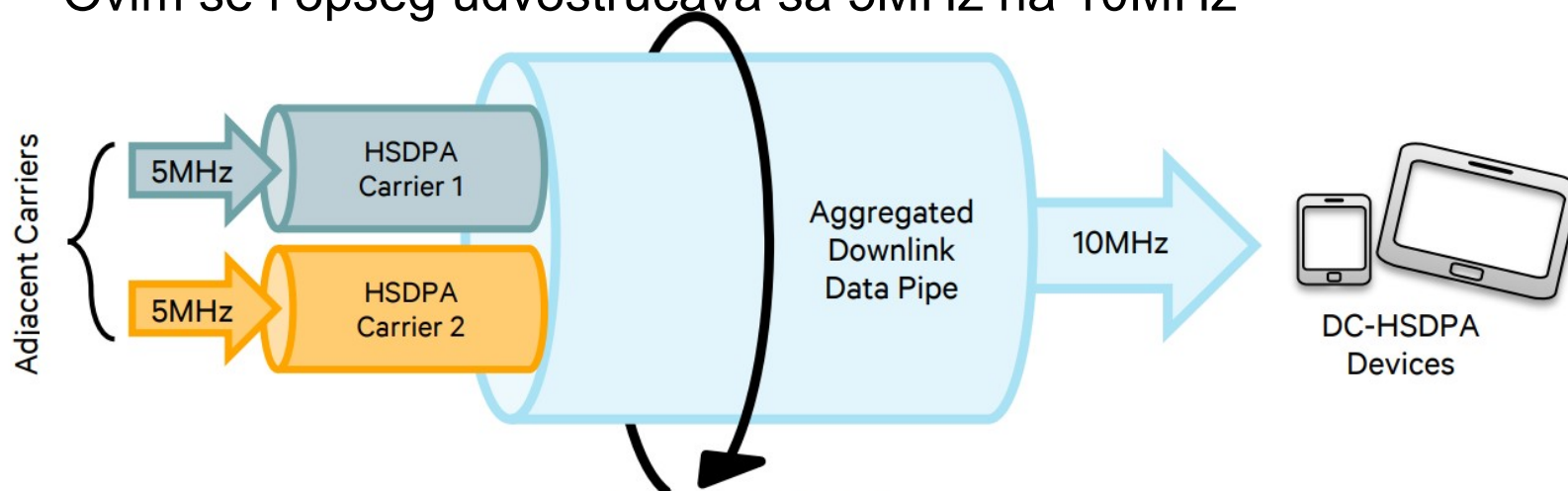


Figure 1 : DC-HSDPA concept

## HSPA+ Uplink

Dual-Carrier HSUPA, also known as Dual-Cell HSUPA:

- radi tako što koristi dva kanala za slanje podataka. To znači da koristi dva kanala istovremeno, efektivno udvostručujući kapacitet mreže.
- Ovim se i opseg udvostrucava sa 5MHz na 10MHz

- HSPA+ podržava brzine od 84 Mbps u downlink - u i oko 23 Mbps u uplink - u

Ako je ukupni spektar od 20 MHz dodeljen za dupleks bežičnu ćeliju sistem i svaki simpleks kanal ima 25 kHz RF propusni opseg, pronađi

a) Broj dupleks kanala

b) Ukupan broj kanala po ćelijskoj lokaciji ako se koristi ponovna upotreba  $N=4$  ćelije.

## GSM vs UMTS

| Features                | GSM              | UMTS                                             |
|-------------------------|------------------|--------------------------------------------------|
| Network Architecture    | Circuit-switched | Circuit-switched and packet-switched             |
| Radio Access Technology | FDMA and TDMA    | Wideband CDMA (W-CDMA)                           |
| Bandwidth               | 200 kHz          | 5 MHz                                            |
| Data Rate               | Up to 384 kbps   | Up to 2 Mbps for HSDPA; up to 7.2 Mbps for HSDPA |
| Applications            | Voice and SMS    | Multimedia applications                          |
| Roaming Support         | Limited          | Automatic international roaming                  |
| Video Quality           | Poor             | Improved compared to GSM                         |
| Cost                    | Affordable       | More expensive than GSM                          |
| Broadband               | Not broadband    | Offers broadband capabilities                    |

### Primer 1.

Ako je dupleks bežičnom ćelijskom sistemu dodeljen ukupni spektar od 20 MHz a svaki simpleks kanal ima 25 kHz RF propusni opseg, pronađi

a) Broj dupleks kanala

b) Ukupan broj kanala po ćelijskoj lokaciji ako se koristi ponovna upotreba frekvencija od  $N=4$  ćelije.

Za potrebe zadatka uzeti da se četiri dupleks para koristi za potrebe kontrolnih kanala.

### Primer 1.

Ako je dupleks bežičnom ćelijskom sistemu dodeljen ukupni spektar od 20 MHz a svaki simpleks kanal ima 25 kHz RF propusni opseg, pronađi

a) Broj dupleks kanala

b) Ukupan broj kanala po ćelijskoj lokaciji ako se koristi ponovna upotreba frekvencija od  $N=4$  ćelije.

Za potrebe zadatka uzeti da se četiri dupleks para koristi za potrebe kontrolnih kanala.

a) Ukupan broj simpleks kanala je:

$$20 \cdot 10^6 / 25 \cdot 10^3 = 800$$

Ukupan broj dupleks kanala je  $C = 800/2=400$

Od toga su 4 kanal kontrolni tako da je ukupan br korisničkih dupleks kanala:

$$400 - 4 = 396$$

Primer 1.

b) Ukupan broj dupleks kanala po celiji za  $N = 4$  je:

$$20 \cdot 10^6 / 25 \cdot 10^3 = 800$$

Ukupan broj dupleks kanala je  $800/2=400$

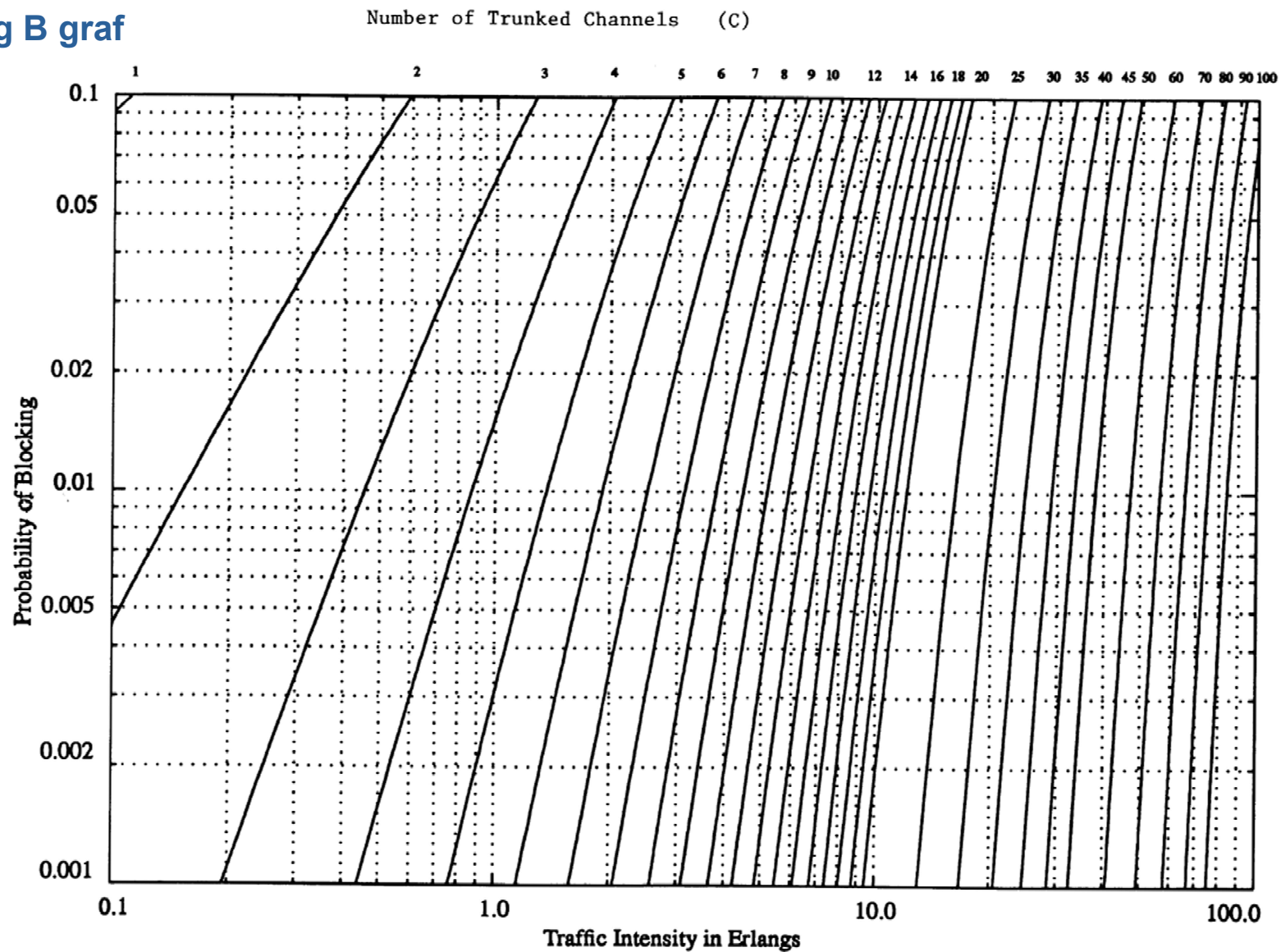
$$C_c = 396/4 = 99$$

## Primer 2.

FDD (Frequency Division Duplex ) sistem mobilne telefonije koristi dva simpleks kanala od 30 kHz da bi obezbedio puni dupleks. Glasovnim kanalima je dodeljeno ukupno 24 MHz propusnog opsega. Pretpostavimo da svaki korisnik mobilnog telefona generiše 0.1 Erlang saobraćaja u skladu sa Erlang B raspodelom.

- a) Za sistem sa ponovnom upotrebom frekvencije sa  $N = 4$  ćelije, pronađite broj kanala u svakoj ćeliji.
- b) Koliki je maksimalan broj korisnika po ćeliji koji mreza može podržati ako svaka ćelija treba da ponudi kapacitet koji je 90% od punog zauzeca kapaciteta ćelije? Pretpostavimo da se koriste omnidirekzione antene na svakoj baznoj stanici.
- c) Za sistem opisan pod b) odrediti koja je verovatnoca da dodje do blokiranja poziva ukoliko bi bio aktivan maksimalan broj korisnika.

## Erlang B graf



## Primer 2.

a) Ukupan broj dupleks kanala je:

$$C = 24 \text{ MHz} / (2 * 30 \text{ kHz}) = 400 \text{ channels,}$$

Broj kanala po celji je

$$C_c = 400 / 4 = 100$$

b) Ukupan kapacitet saobraćaja svih 100 kanala je 100 Erlang-a

90% od tog kapaciteta je 90 Erlang-a - tj. u ovoj situaciji sistem nudi ukupan kapacitet od 90 Erlang-a.

Za sistem koji sadrži  $U$  korisnika i neodređeni broj kanala, ukupan ponuđeni intenzitet saobraćaja  $A$  dat je kao:

$$A = U * A_u$$

Gde je  $U$  broj korisnika u sistemu, a  $A_u$  je saobraćaj koji generiše svaki korisnik.

Dakle:

$$U = A/A_u = 90 / 0.1 = 900$$

## Primer 2.

c) Opisani sistem ima ukupan intenzitet saobraćaja u celiji  $A = 90$  i ukupan broj kanala u celiji je 100. Iz Erlang B grafika nalazimo da je verovatnca blokiranja 3%.

