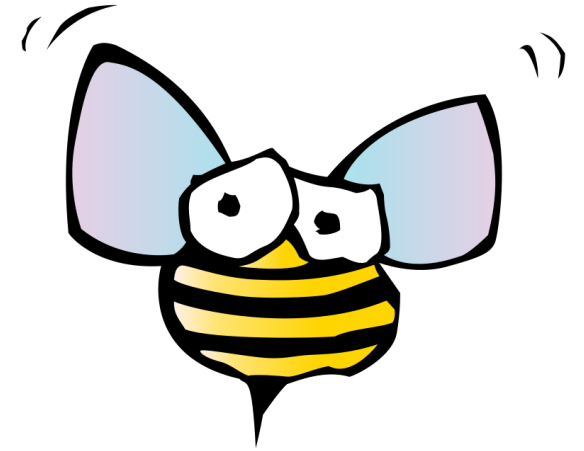
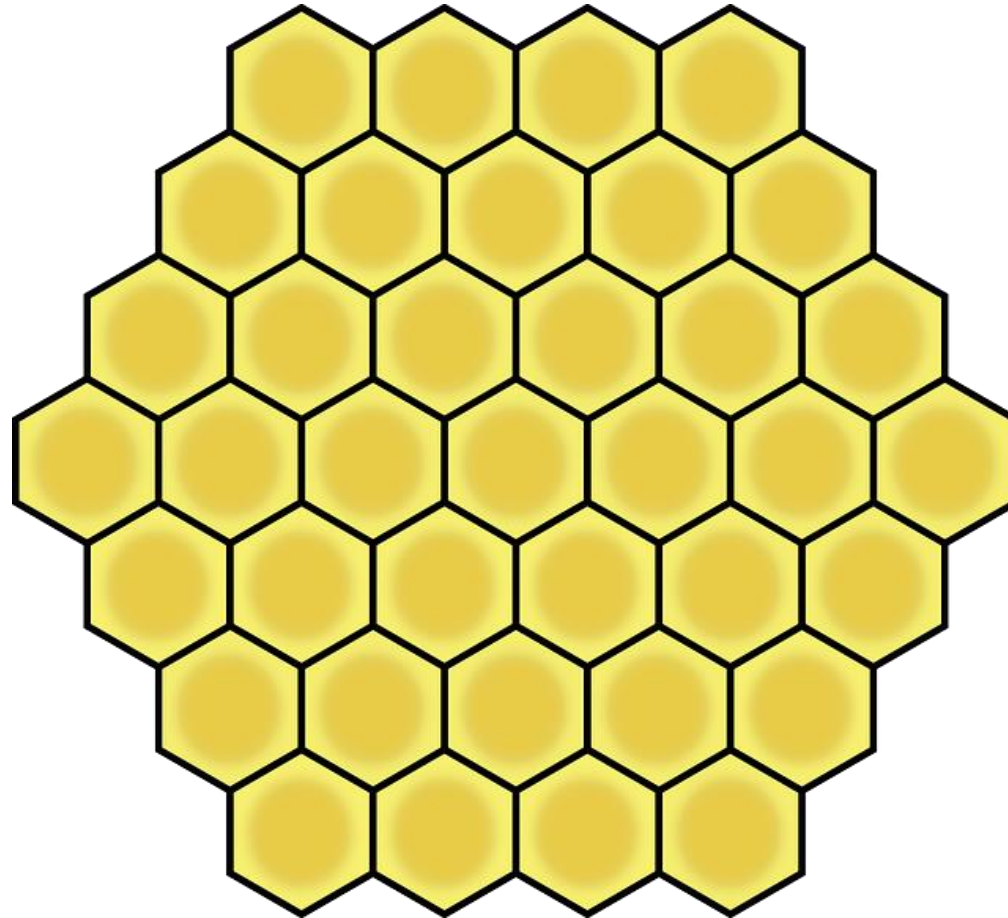


16. Mobiilside

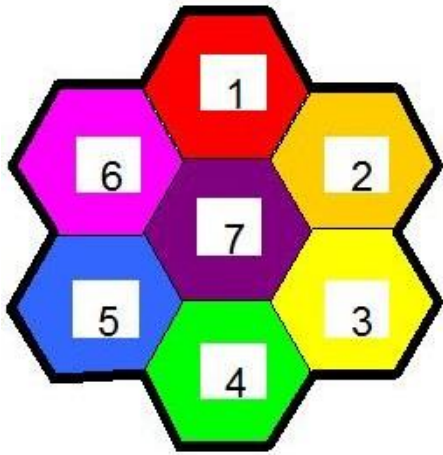
Arvutivõrgud IEE1100

Ivo Mürsepp

Kärgvõrgud



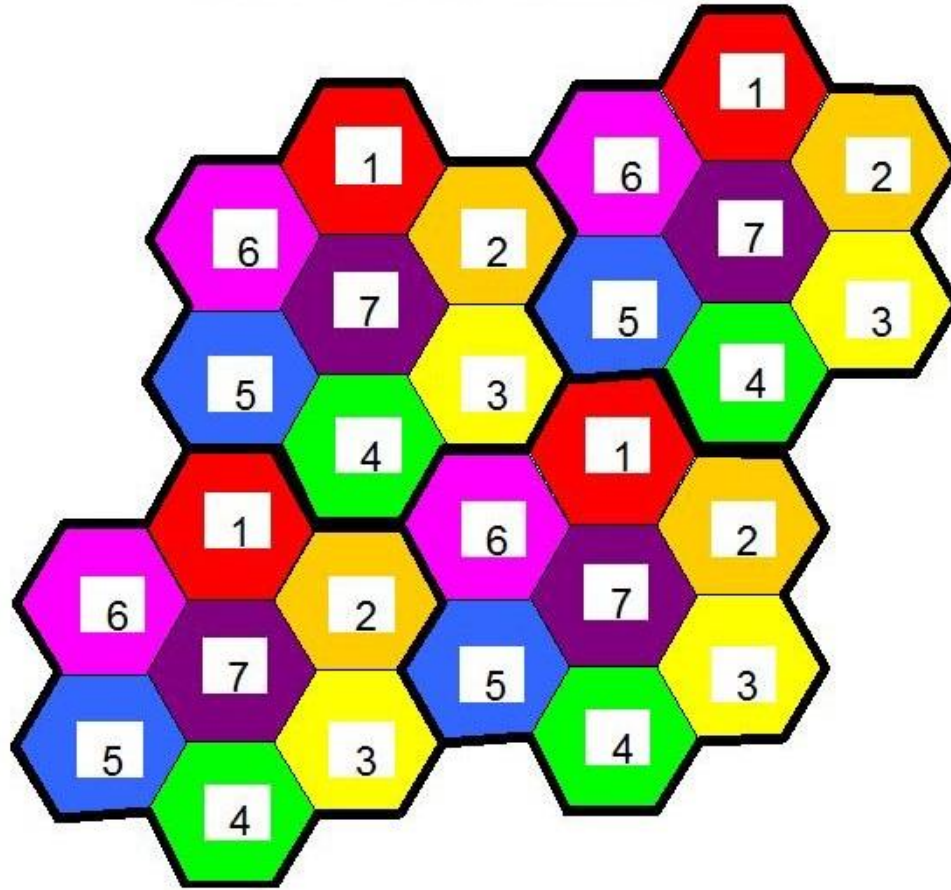
Sageduste taaskasutus



$$N = I^2 + J^2 + IJ$$

$$I, J = 0, 1, 2, 3..$$

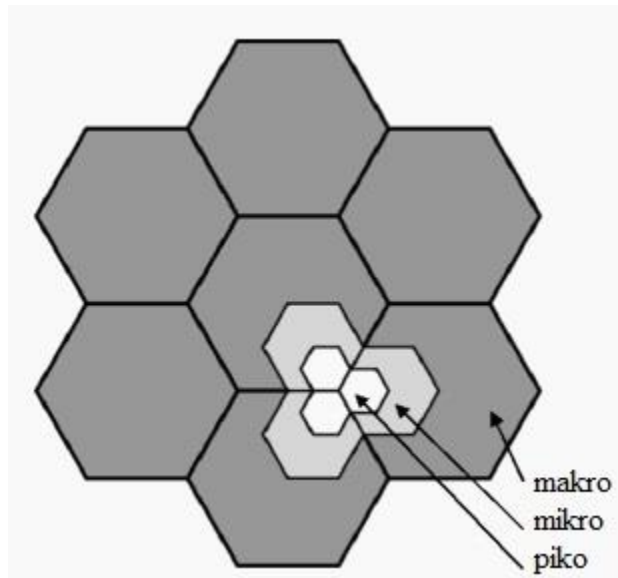
$$N = 1, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19, 21, \dots$$



Tugijaam



Kärgede jaotamine



1G - NMT

- *Nordisk MobilTelefoni*
- Esimene täisautomaatne analoogmobiilside
- Alates 1.10.1981. Eestis suleti võrk 31. detsember 2000
- Töösagedused 450 ja 900 MHz
 - Allalink: 463-467,5 MHz
 - Üleslink: 453-457,5 MHz
- Kanali ribalaius 25 kHz
- Täisdupleks edastus FDD
- Kärje raadius 2..30 km
- Terminali kiirgusvõimsus 1 W, autotelefonid kuni 15 W
- Modulatsioon: FM, FFSK (1,2 ja 1,8 kHz) kuni 1200 bit/s

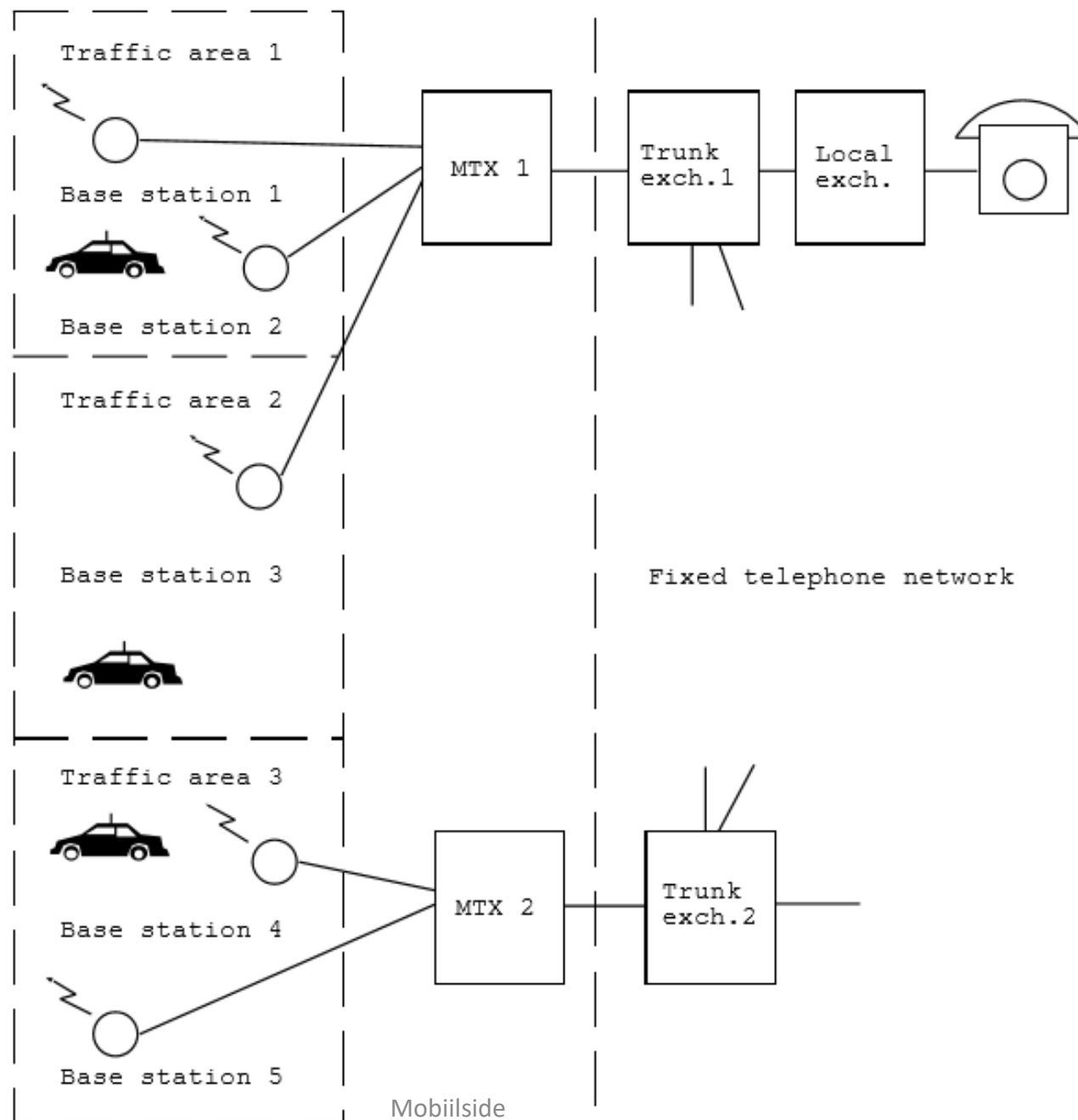


NMT

- Kärje vahetus (*handover*)
 - „Kõva“ (*hard*)
 - 4 kHz testsignaal BS->MS->BS
- Side koduvõrgust (MTXH) väljaspool (MTXV) ehk *roaming*
- Kõne lahtise tekstina (krüpteerimata)
 - Hiljem lisandus võimalus analoogskrämbleri kasutamiseks
- Sõnumiedastus NMT-Text
 - DMS – *Data and Messaging Service*)
- NMT Mobidigi – 380 bit/s
 - Vajalik eraldi väline riistvara



NMT võrk



2G - GSM

- *Global System for Mobile communications (Groupe Spécial Mobile)*
- Täisdigitaalne mobiilside
- Alates juulist 1991 Soomes
- Ressursijaotus FDMA/TDMA
- Töösagedused (FDMA) 900 ja 1800 MHz
 - Üleslink 890-915 MHz (1710-1785 MHz)
 - Allalink 935-960 MHz (1805-1880 MHz)
- Kanali ribalaius 200 kHz
- Kanali number ARFCN
 - GSM450: $f_{UL} = 450,6 + 0,2 \cdot (ARFCN - 259)$; ARFCN = 259-293.

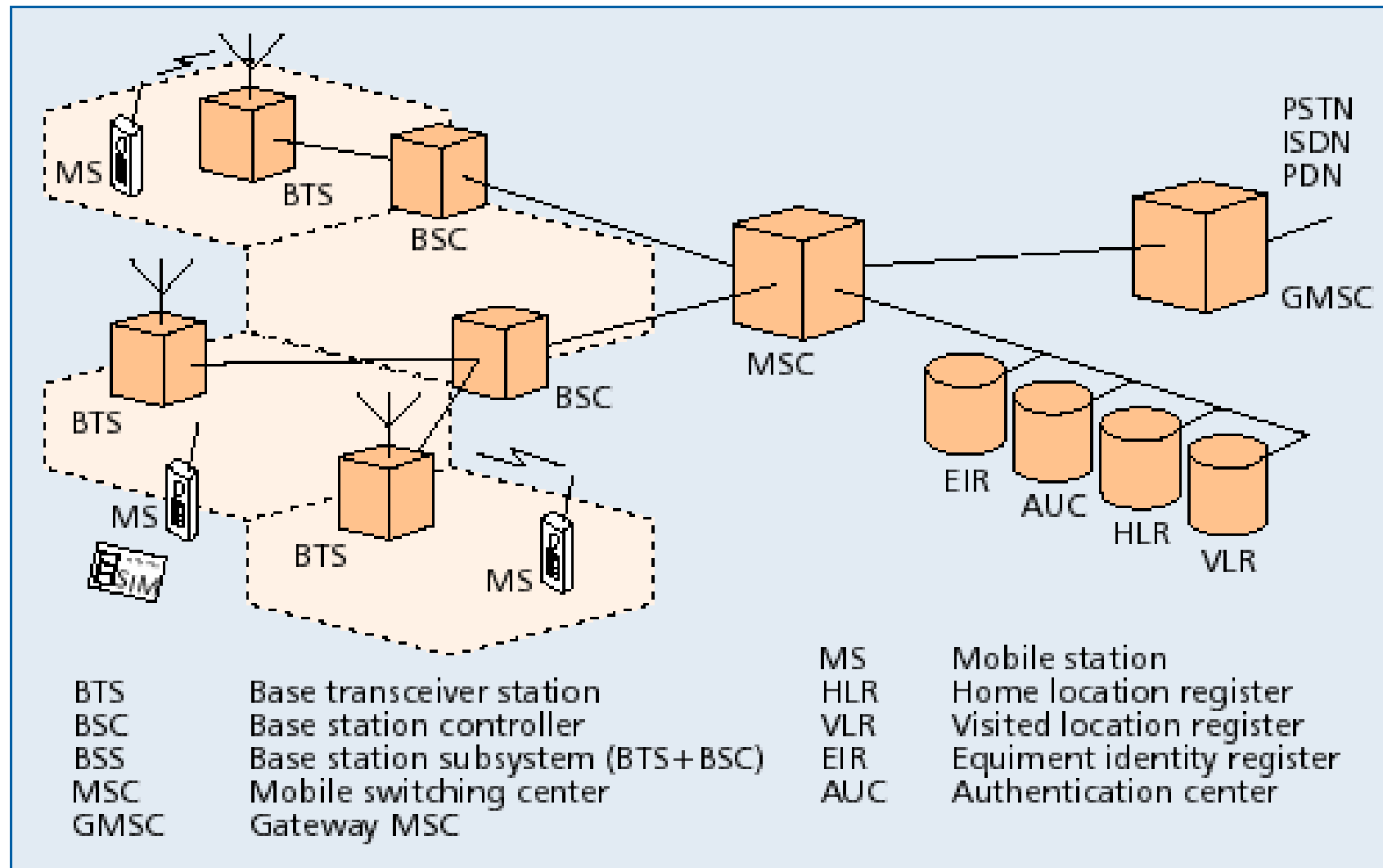


GSM

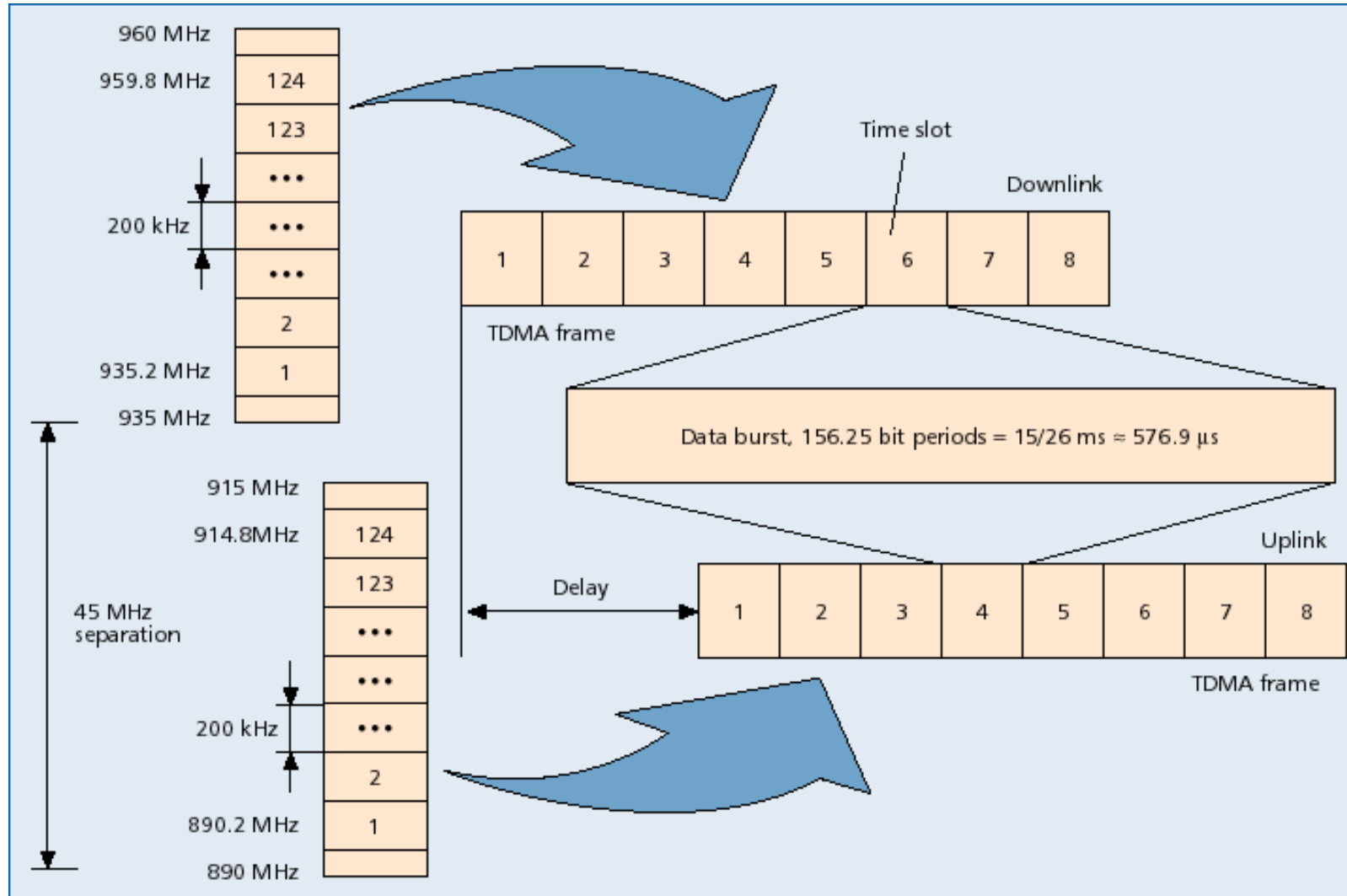
- Modulatsioon: GMSK
- Bitikiirus 270,833 kbit/s
- Kaheksa ajapilu, kestusega 0,577 ms
 - kokku 4,615 ms
- Raadiokanal krüpteeritud A5/1



GSM võrk

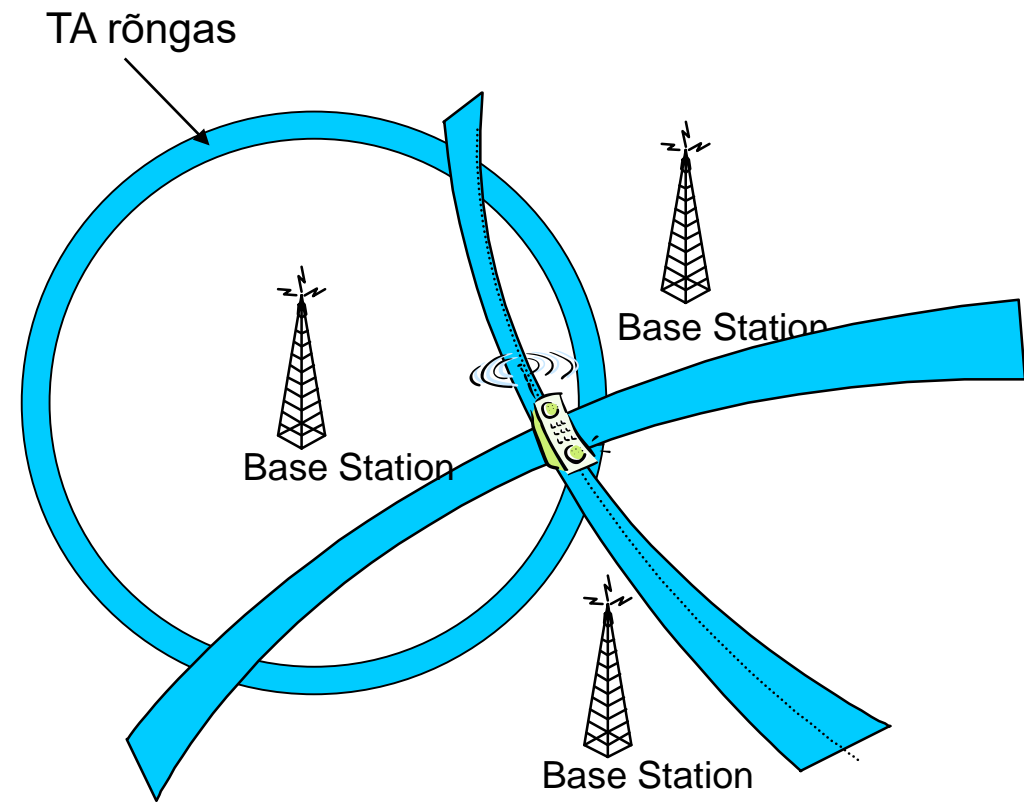
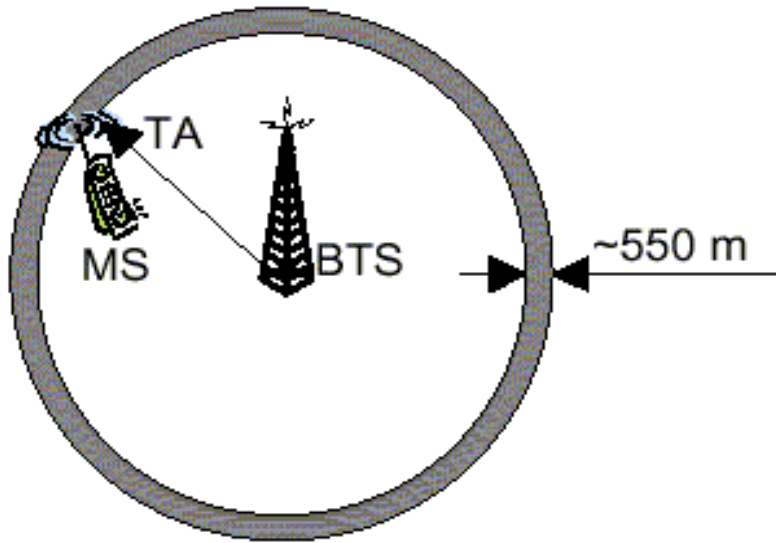


GSM ressursijaotus



GSM mobiilpositsioneerimine

- Kaugus tugijaamast- *TA Timing Advance*
- 550m lõigud (1 bit 3,69 μ s)
- Väärtus 0-63
- Kärje tunnus *CI*

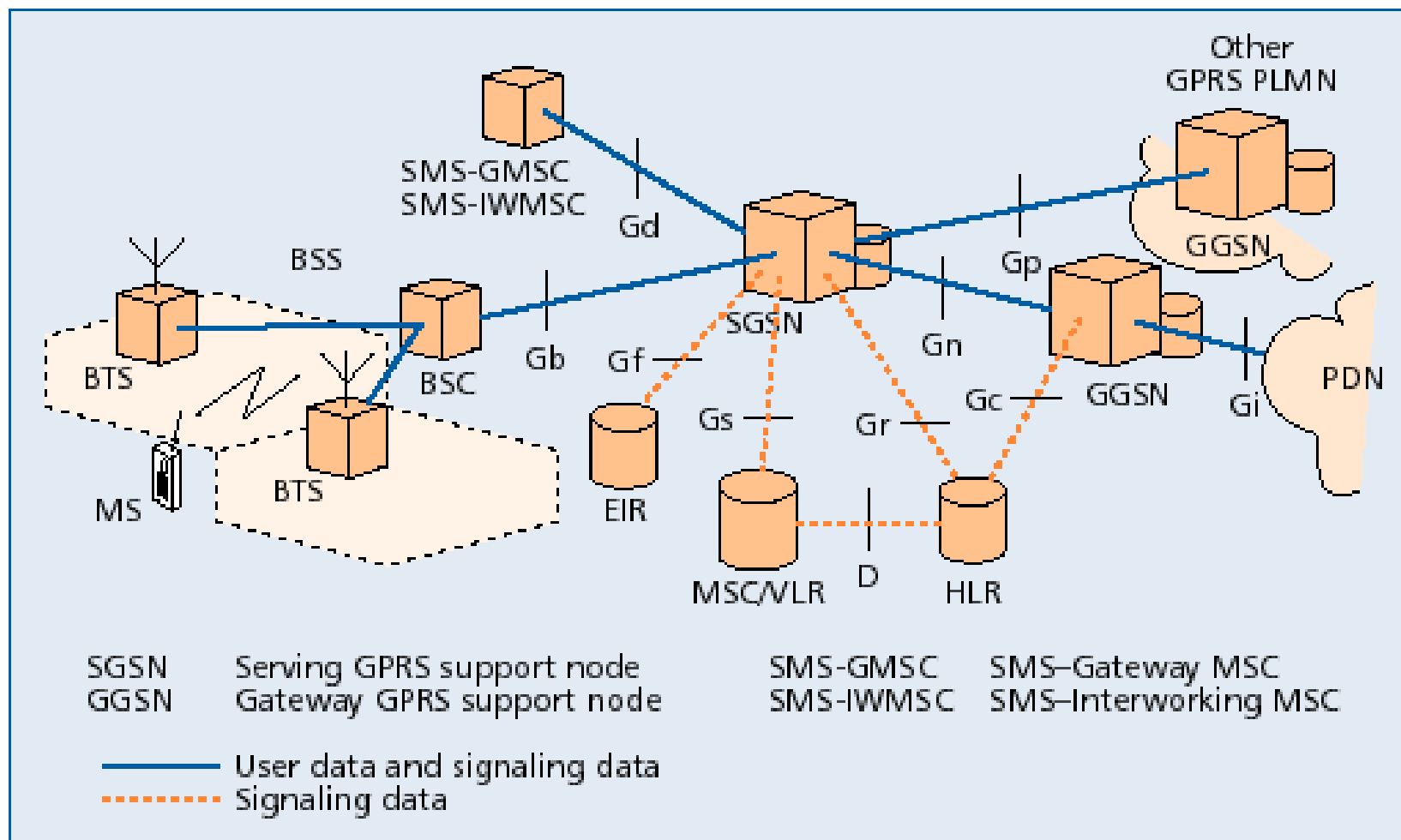


2,5G - GPRS

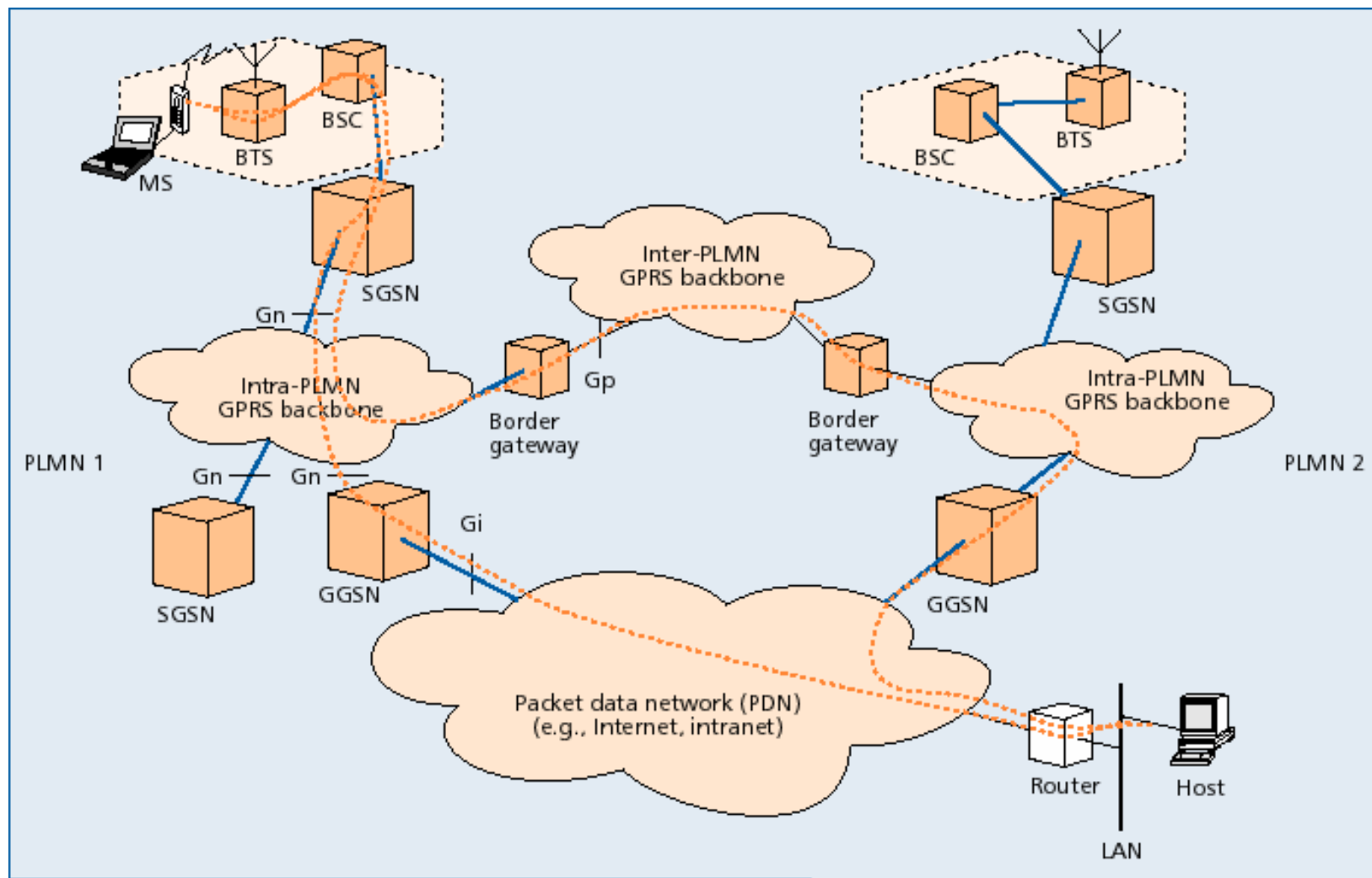
- *General Packet Radio Service*
- Pakettside
- Maksimaalne teoreetiline andmeedastuskiirus kuni 170 kbit/s
- Praktikas 56-114kbit/s
- Kasutatakse mitut ajapilu (teor. Max 7)
- Kasutatakse erinevaid veaparandusmooduseid (4 taset)

Kodeerimis- skeem	Kiirus ajapilu kohta	veakindlus
CS-1	9,05 kbit/s	Kõrge
CS-2	13,4 kbit/s	Keskmine
CS-3	15,6 kbit/s	Madal
CS-4	21,4 kbit/s	Puudub

GPRS võrk



GPRS võrk



2,75G - EDGE



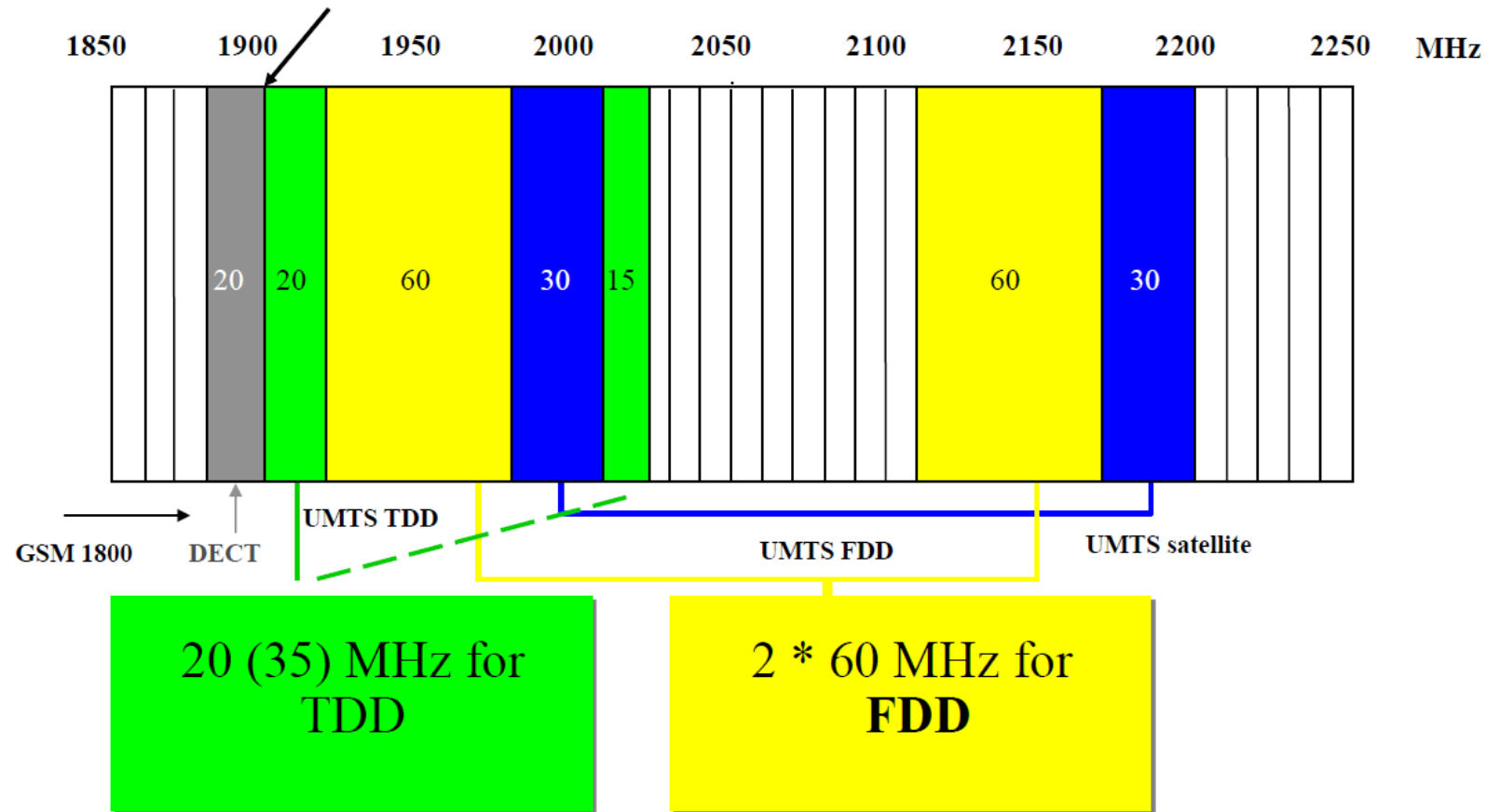
- *Enhanced Data rates for GSM Evolution*
 - *(Enhanced GPRS)*
- Muudatused ainult raadiovõrgus
 - Kaasaarvatud terminalis
- Kuni 473,6kbit/s
- 8-PSK modulatsioon

MCS	Kiirus (kbit/s)	Modulatsioon
MSC-1	8,80	GMSK
MSC-2	11,2	GMSK
MSC-3	14,8	GMSK
MSC-4	17,6	GMSK
MSC-5	22,4	8-PSK
MSC-6	29,6	8-PSK
MSC-7	44,8	8-PSK
MSC-8	54,4	8-PSK
MSC-9	59,2	8-PSK

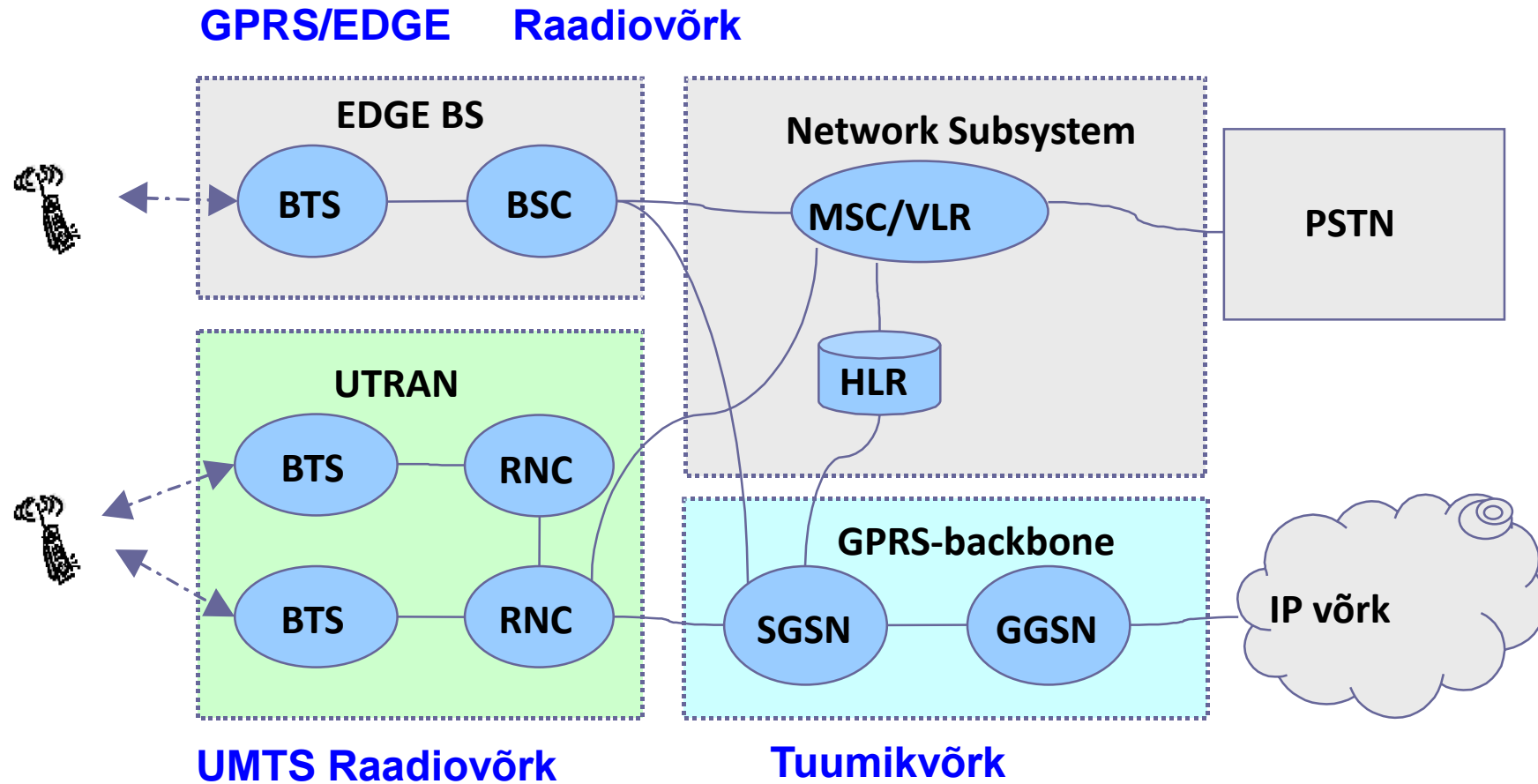
3G UMTS

- *Universal Mobile Telephone System*
- UTRAN raadiovõrk
- W-CDMA – hajasperktrimodulatsioon
 - OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) koodid
- Kanali laius 5MHz
 - FDMA üks ülesse- ja teine allalingi jaoks
 - TDMA
- Hajutava koodi kiirus 3,84 Mcp/s
- Allalingi kiirus kuni 384 kbit/s

UMTS sageduskasutus



GPRS/EDGE + WCDMA



Bitikiirus

Kasutaja bitikiirus
kbit/s

Hajutamistegur

Hajutava koodi kiirus
Mcp/s

15

256

3,84

30

128

3,84

60

64

3,84

120

32

3,84

240

16

3,84

480

8

3,84

960

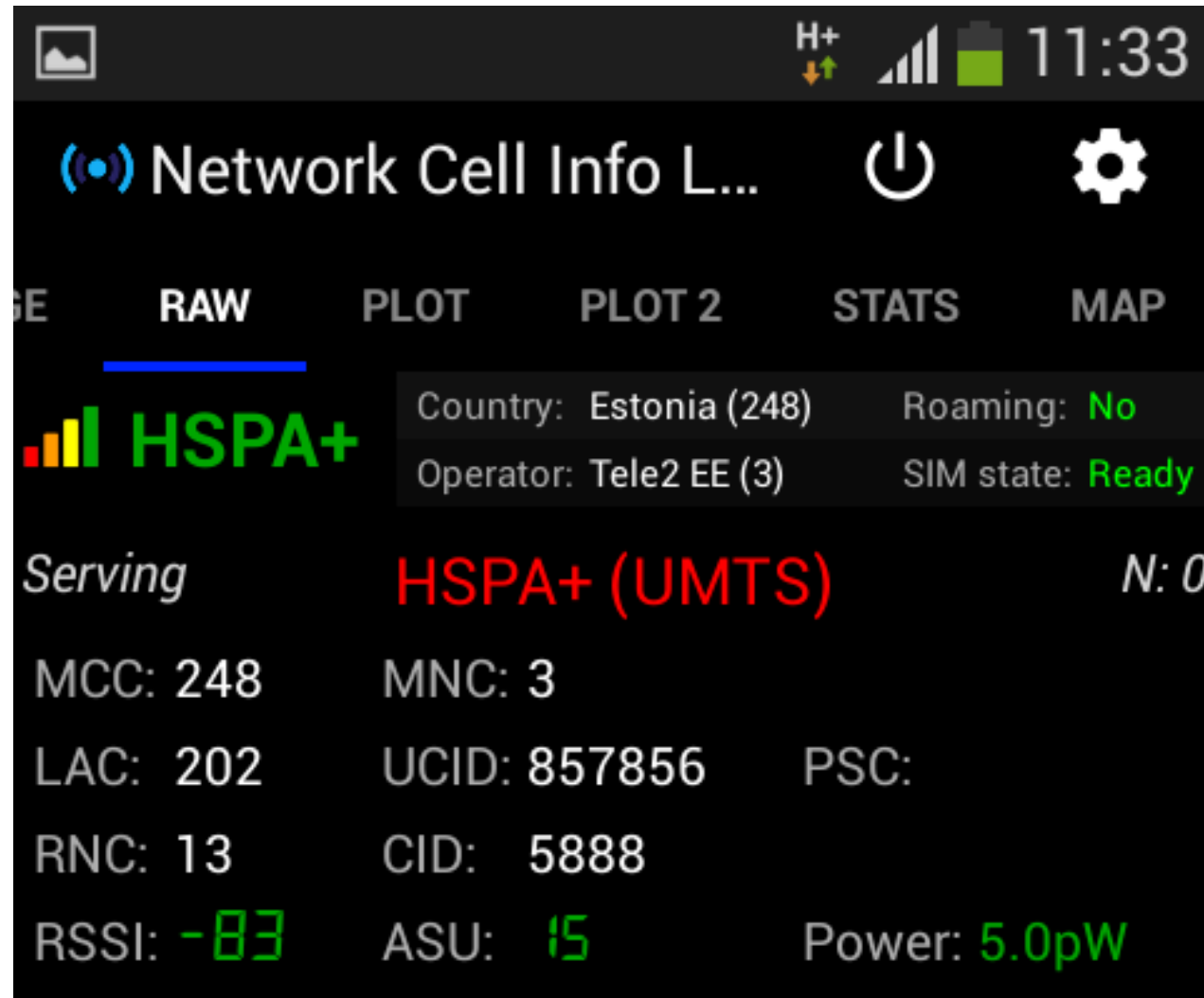
4

3,84

3G HSPA

- *High Speed Packet Access*
- Tehnoloogia andmeedastuskiiruse tõstmiseks 3G võrgus.
 - Kõrgemat järku modulatsioon (16 QAM)
 - Kanalite liitmine (2x5 MHz, 4x5 MHz, 8x5 MHz)
 - MIMO (2x2 / 4x4)
- Allalingi kiirus 14,4 – 672 Mbit/s
- Üleslingi kiirus 0,384 – 70 Mbit/s
- HSPA+
 - 43 Mbit/s allalink ja 11 Mbit/s üleslink (5 MHz kanal)

MCC ja MNC



4G nõuded

- IMT – Advanced
- Täielikult IP põhine
- Ühilduv eksisteerivate standarditega.
- Suurel kiirusel liikuva terminaliga edastuskiirus 100 Mbit/s
- Statsionaarse terminali puhul edastuskiirus 1 Gbit/s
- Spektraalefektiivsus kuni 15 bit/s/Hz
- Skaleeritav ribalaius 5 - 20 MHz (40 MHz)
- Kõrge kvaliteediga multimeediaedastus
- ...

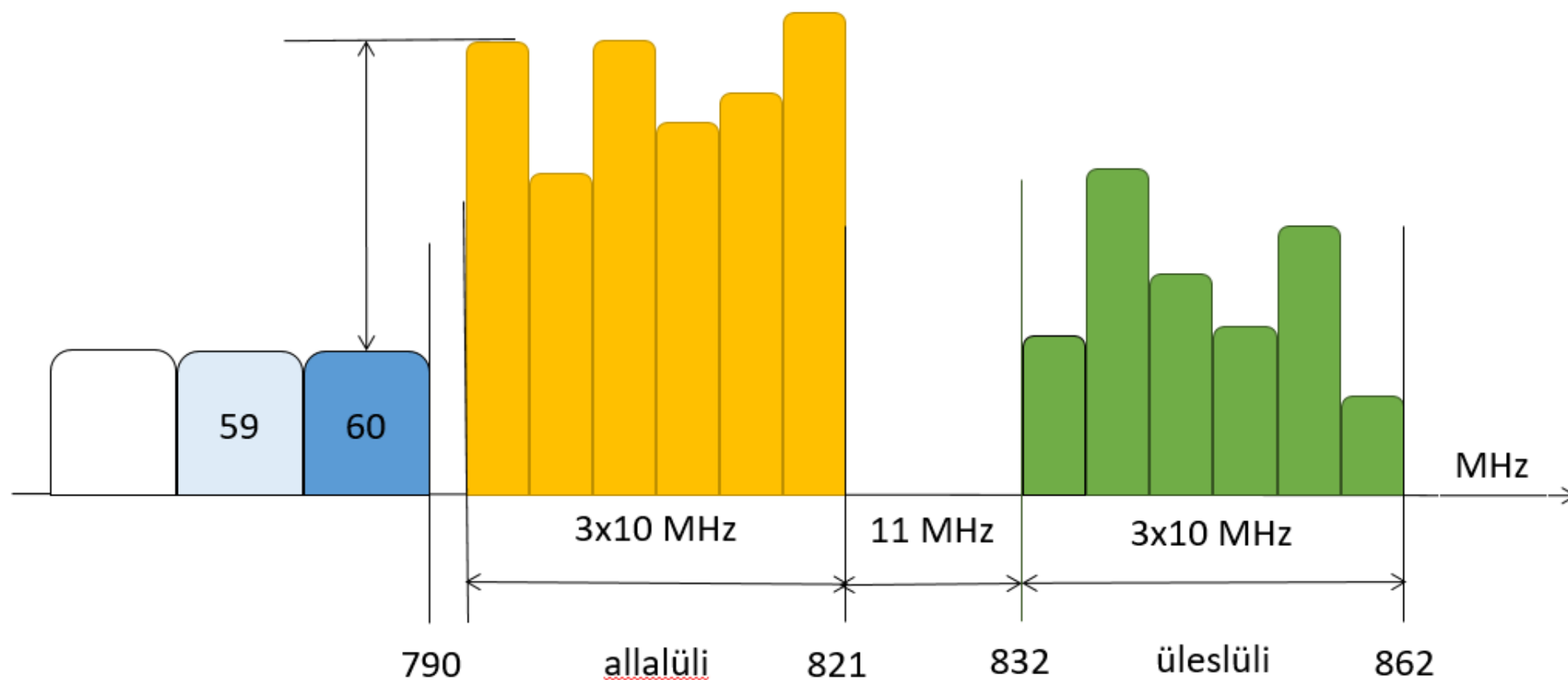


LTE ehk „4G“

- 4G nõuded on siamaani täies mahus saavutamata.
- 4G LTE (*Long Term Evolution*) 4G nõuded leevendatud kujul.
- 3G tehnika edasiarendus suuremate kiiruste ja väiksemate viidete suunas.
 - Allalink kuni 300 Mbit/s
 - Üleslink kuni 75 Mbit/s
 - Viide väiksem kui 5 ms
- Uus raadiovõrk, täiendused tuumikvõrgus.
- 4G on pigem turunduslik, mitte tehniline termin.



LTE sageduskasutus 800MHz alas Eestis



5G

- Kehtivat standardit pole
- Millimeetri laineala: 28, 38, 60, 72-73 GHz sagedused.
- Väike viide (*Low latency*)
- Parem spektraalefektiivsus
- SDMN (*Software Defined Mobile Network*)
- 3DBF (*3D BeamForming*)
- IoT tugi – suur hulk ühendatud seadmeid
- IPv6



Loe lisaks

- **NMT Doc 450-1: System Description** <http://download.eversberg.eu/mobilfunk/NMT-Dokus/NMT%20DOC%20450-1%20System%20Description%201997-08-08.pdf>, 02.12.2017
- **3G UMTS / WCDMA Basics Tutorial.** http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/umts/umts_wcdma_tutorial.php ,04.12.17
- William Stallings. **Data and Computer Communications.** Kaheksas trükk. Peatükk 14 – **Cellular Wireless Networks.**

