

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Mobiltelefon-hálózatok

Németh Krisztián

BME TMIT

2017. ápr. 10-11.

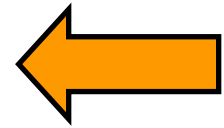


A tárgy felépítése

- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő, kábel-TV és optikai hálózatokon
- 3. IPTV, Internet TV
- 4. VoIP, beszédkódolók
- **5. Mobiltelefon-hálózatok** 
- 6. Gerinchálózati technikák

Mobil távközlő hálózatok

- Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



- Első generációs mobiltelefon-hálózatok



- GSM (2G)

- UMTS (3G)

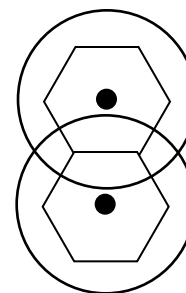
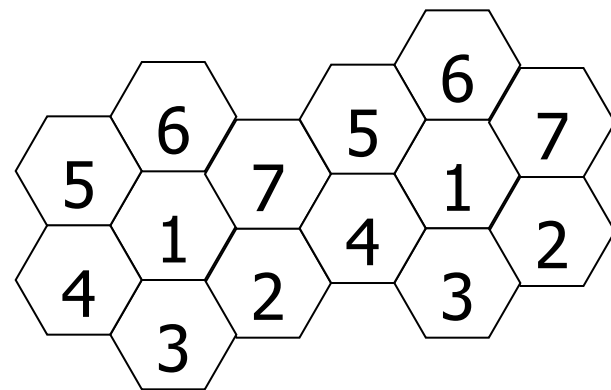
- LTE (4G)

- 5G előretekintés

Földfelszíni mobil TH-k



- Cellás elv:
 - frekvenciatartomány felosztva pl. hét részre
 - cellás lefedés az ábra szerint
 - azonos frekv.: két cella távolság, így nincs interferencia
 - ez csak az elv, a gyakorlatban a cellák nem pont ilyenek! (pl. bázisállomás sokszor a cella „sarkában” van)
- Cellaméret?
- Kisebb cellák előnye:
 - kis adóteljesítmény elég
 - kisebb élettani kockázat
 - kisebb fogyasztás
 - nagyobb forgalom bonyolítható adott területen (nagyobb forgalomsűrűség)
- Kisebb cellák hátrányai:
 - sok bázisállomás kell
 - költséges
 - csúnya



● : bázisállomás

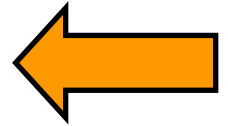
← lefedett terület

Mobil távközlő hálózatok

- Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



- Első generációs mobiltelefon-hálózatok



- GSM (2G) 

- UMTS (3G) 

- LTE (4G) 

- 5G előretekintés

1G rendszerek

- 1G: első generációs mobil távbeszélő rendszerek
 - 1970-es évek vége, 1980-as évek eleje
 - Analóg rendszerek
 - Sok, egymással nem kompatibilis hálózat
 - Pl.: NMT (Nordic Mobile Telephone System, északi mobil távbeszélő rendszer)
 - Skandináviában 1981-től
 - Hazánkban 1990-től 2003. június 30-ig (Westel 0660)
 - Jellemzően 450 MHz körüli frekvenciasáv
 - Viszonylag nagy, 30-50 km átmérőjű cellák
 - Gyenge beszédátviteli minőség, kevés szolgáltatásfajta
 - További példák 1G rendszerekre:
 - USA: Advanced Mobile Phone Service (AMPS),
 - GB: Total Access Communication System (TACS)
 - Németo: B-Network (C450)



Mobil távközlő hálózatok

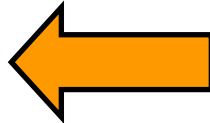
- Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



- Első generációs mobiltelefon-hálózatok



- GSM (2G)



- UMTS (3G)



- LTE (4G)



- 5G előretekintés

2G rendszerek

Nem kell a számokat
megtanulni e diáról



- 2G: második generációs mobil távbeszélő rendszerek
 - 1990-es évek elejétől
 - Digitális rendszerek
 - Legelterjedtebb az európai tervezésű GSM
 - Vannak/voltak más 2G rendszerek is (pl.: USA D-AMPS: Digital AMPS)
- GSM (eredetileg: Groupe Spéciale Mobile, később: Global System for Mobile Telecommunication, világméretű mobil távközlő rendszer)
 - 214 országban/területen van GSM szolgáltatás, 920 GSM hálózattal (2008. jan.)
 - (kb. 190-200 ország van a Földön)
 - A Földön kb. 4 milliárd mobil előfizető, ebből kb. 80% GSM előfizető (!) (2009)
 - Első milliárd: 2004, kb 12 év alatt
 - Második milliárd: 2006, 2 év alatt
 - Negyedik milliárd: 2009, 3 év alatt

□ Elterjedt, mert:

- a kutatás-fejlesztés kellő időben, gyorsan (4 év) történt
- nyílt, továbbfejleszthető szabvány (ETSI)
 - kezdettől közös rendszer Európában (az USA-beli 2G rendszerekre ez nem volt jellemző)
- egységes, átjárható rendszer (roaming)
- A SIM kártya koncepció vonzó (előfizető adatai készülékfüggetlenek)
- hívó fél fizet csak (USA-ban ez nem így volt)
- előre fizetés (pre-paid) lehetősége nagyon népszerűvé tette
- 900 MHz: országos lefedést is lehetővé tesz



□ Inkrementális fejlesztés:

■ első fázis (1991)

- beszédátvitel, SIM koncepció, SMS, nemzetközi barangolás (roaming), beszéd titkosítása, 9,6 kbps adatátvitel

■ második fázis (1995)

- visszafelé kompatibilitás elve, hívószámkielzés, hívástartás, hívásvárakoztatás, konferenciabeszélgetés, félsebességű kodek, stb.

■ 2+ fázis (1998)

- főleg az adatátvitel továbbfejlesztése (HSCSD, EDGE, GPRS), push-to-talk, virtuális magánhálózatok, SIM továbbfejlesztése, javított teljes sebességű kodek, stb.

■ UMTS felé biztosított az átjárás

□ Mindez lehetővé tette a mindig korszerű szolgáltatásokat

■ ráadásul visszafele kompatibilis módon:

- régi szolgáltatások a régi végberendezésekkel is elérhetőek az új hálózatokon



- Digitális átvitel:
 - beszédkodek a végberendezésben
 - adatátvitel, beszédátvitel egyaránt lehetséges
- Sugárzási teljesítmény: max 2 W, adaptív: a minimális szükségessel ad a végberendezés
 - telep kímélése
 - élettani kockázat minimalizálása
 - ne zavarjon más cellákat
- Cella átmérője: 0,5 – 35 km
 - tervezői döntés az adott tartományon belül
 - függ a frekvenciától, forgalomsűrűségtől, terjedési viszonyoktól



- Rádiós közeghozzáférés: FDMA+TDMA (Frequency/Time Division Multiple Access, frekvencia-/időosztásos többszörös hozzáférés)
- GSM 900 (Primary-GSM, P-GSM)
 - mobil adó: 890-915 MHz, bázisállomás 935-960 MHz
 - e tartományban kisebb frekvencia kisebb csillapítást szenved, így kisebb teljesítményt igényel, ezért a mobil adóé az alsó sáv
 - 25 MHz-es sáv, egy vivő 200 kHz: 124 vivő (FDMA)
 - ezen az összes helyi szolgáltató osztozik
 - hazánkban kb. 40 vivő (frekvenciasáv)/szolgáltató e sávban
 - vivőnként 8 db időrés (TDMA)
 - $40 \cdot 8 / 10 \approx 32$ csatorna / cella
 - 10: ennyi féle frekvenciakiosztású cella van (a bevezető fólián (méhkaptáros ábra) mutatott 7-nél realisabb) -- sőt több is...

GSM900 közeghozzáférés



	Időres 1	Időres 2	Időres 3	Időres 4	Időres 5	Időres 6	Időres 7	Időres 8
Vivő 1								
Vivő 2								
...								
Vivő 124								

A black arrow originates from the bottom left of the table grid and points diagonally upwards to the cell at the intersection of 'Vivő 2' and 'Időres 3', which is highlighted in dark blue.

- Egy beszéd- vagy adatátviteli csatorna.
- A konkrét csatorna kiosztását a hálózat (BSC, ld. nemsokára) végzi.
 - Beérkező hívás esetén egy közös jelzéscsatornán értesíti erről a végberendezést
 - Kimenő hívás esetén egy másik közös jelzéscsatornán kezdeményez a mobil



□ GSM900

- Kb. 32 egyidejű beszélgetés/cella: elég kevés!
 - annyira nem is kevés: sok-sok emberből beszélgetnek egyszerre ennyien (ld. később, forgalomelmélet)
 - van 3 szolgáltató, egy helyen mindháromnak van cellája
 - a cellák egymással átfednek, így egy nagy, de kis helyen lévő forgalom több cella közt oszolhat meg
 - Half Rate kódolás: kétszer annyi csatorna (de rosszabb minőség, így ezt nem minden esetben használják)
 - ez így együtt már jobban hangzik, de még mindig kevés. Ld. nemsokára: GSM1800
- max. 35 km cellaátmérő: a 900 MHz körüli hullámok valamelyest követik a földfelszínt
- emiatt országos lefedésre alkalmas a technológia



□ GSM 1800

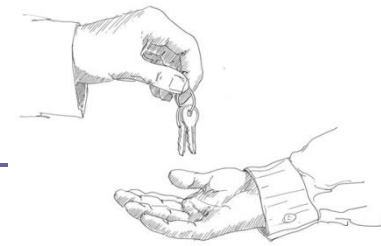
- mobil adó: 1710-1785 MHz, bázisállomás: 1805-1880 MHz
- 75 MHz-es sáv (plusz háromszoros kapacitás!)
- de: rosszabb a hullámterjedése
 - egyenesen terjed
 - gyorsan csillapodik
- **emiat országos lefedésre nem, csak nagy forgalmú kis területek ellátására alkalmas**

□ van még: (nem kell tudni ZH-ra/vizsgára, de érdekes)

- Extended-GSM 900, E-GSM: +10 MHz irányonként: +50 vivő
- R-GSM: Railways GSM: 876-880/921-925 MHz
- GSM 1900: 1850-1910/1930-1990 MHz (USA)
- GSM 850: 824-849/869-894 MHz (USA)

□ megjelentek a kétnormás készülékek, automatikusan váltanak frekvenciatartományt

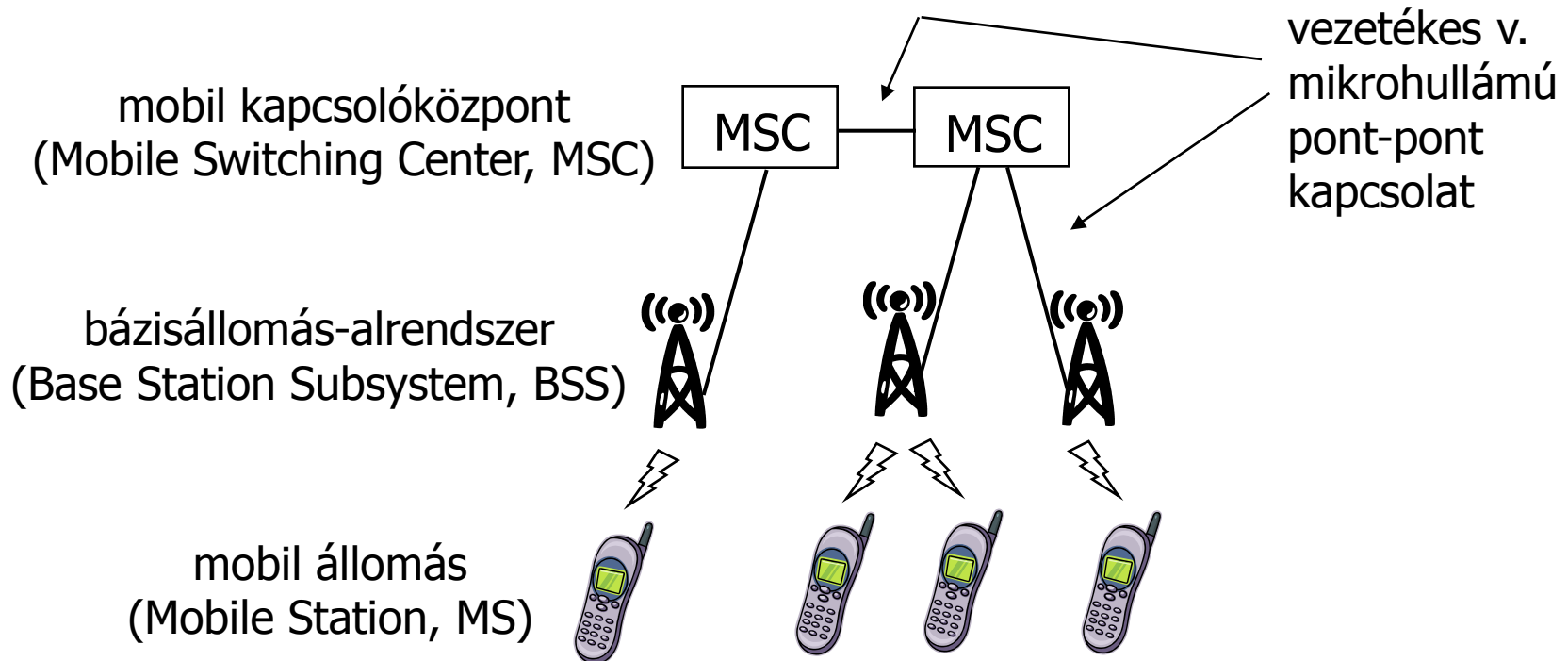
- később három- (900/1800/1900) és négynormás (850/900/1800/1900) készülékek, ill. a 3G, majd 4G képesek



- GSM: valós áramkörkapcsolás
- Ha a mobil végberendezés átmegy egy másik cellába: átadás (handover v. handoff) történik
 - közben nem szakad meg a kapcsolat
 - ez elvileg történhet:
 - a mobil végberendezés irányításával: méri, mikor erősebb egy másik cella jele
 - a hálózat irányításával: az dönt a jelerősség és esetleg más információk (pl. cella terheltsége) alapján
 - a hálózat irányításával, a mobil készülék segítségével: a hálózat megkéri a végberendezést, hogy küldjön jelerősségi információt, de a döntést a hálózat hozza – ez van a GSM-ben
 - így pl. egy leterhelt cellába csak később lépteti be a hálózat az oda közeledő végberendezést

GSM hálózatok felépítése

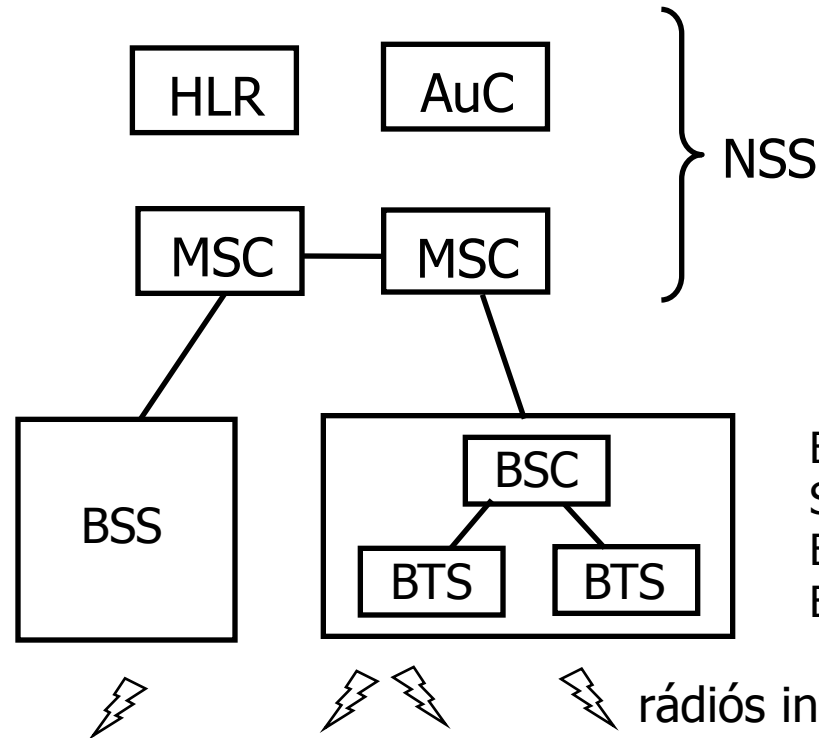
□ (Túl)egyszerűsített ábra:



GSM hálózatok felépítése



□ Részletesebben:



NSS: hálózati (kapcsoló) alrendszer (Network (Switching) Subsystem)

MSC: mobil kapcsolóközpont (Mobile Switching Center)

HLR: honos helyregiszter (Home Location Register)

AuC: hitelesítő központ (Authentication Center)

BSS: bázisállomás-alrendszer (Base Station Subsystem)

BSC: bázisállomás-vezérlő (Base Station Controller)

BTS: bázisállomás (Base Transceiver Station)

rádiós interfész

mobil berendezés

(Mobile Equipment, ME)

előfizetői azonosító modul

(Subscr. Identity Module, SIM)

Bázisállomás-alrendszer



□ Bázisállomás (BTS)

- egy vagy több elemi adó/vevő (elementary transmitter/receiver)
- Átkódoló és sebességillesztő egység (Transcode/Rate adapter Unit, TRAU)
 - 13 (5,6) kb/s FR, HR, EFR kodek $\Leftrightarrow$ 64 kb/s PCM
 - Full Rate (teljes sebességű), Half Rate (fél seb.), Enhanced Full Rate (javított teljes seb.)
 - Adatátvitelnél is sebességillesztés: kisebb sebességek (pl. 14,4 kb/s) $\Leftrightarrow$ 64 kb/s (a felesleges bitek beékelése/kiiktatása)

□ Bázisállomás-vezérlő (BSC)

- egy vagy több bázisállomást vezérel
- kapcsolás
- rádiócsatorna-hozzárendelés
- hívásátadás-vezérlés

Hálózati alrendszer

- Mobil kapcsolóközpont (MSC)
 - egy „hagyományos” kapcsolóközpont
 - mobil-specifikus bővítésekkel
 - autentikáció
 - helyzetnyilvántartás
 - hívásátadás BSC-k között
 - barangolás
 - stb.
 - MSC tartalmazza a látogatói helyregisztert (VLR)
 - A HLR információinak egy részét tárolja ideiglenesen (ami a hívásfelépítéshez szükséges) az ott tartózkodó mobil állomásokról
- Honos helyregiszter (HLR)
 - előfizetőre vonatkozó adatok, szolgáltatási jogosultságok, aktuális tartózkodási hely
 - egy HLR hálózatonként
- AuC: hitelesítő központ (Authentication Center)

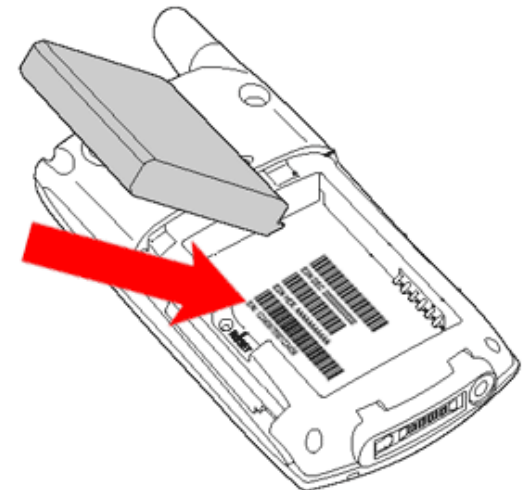




- **MSISDN**: Mobile Station ISDN Number, mobil állomás ISDN szám
 - a jól ismert mobil telefonszám
 - egyedi a világon
 - MSISDN = országh kód (Mo.: 36) + hálózatkijelölő szám (Mo:20/30/70) + előfizetői szám
- **IMSI**: International Mobile Subscriber Identity, nemzetközi mobil előfizető azonosító
 - a GSM hálózatokban elsősorban ez azonosítja az előfizetőt: az adatbázisok ezzel vannak indexelve
 - a SIM kártyához van rendelve
 - egyedi a világon
 - IMSI = mobil országh kód (Mo: 216) + mobil hálózati kód (Mo.:01/30/70) + 10 jegyű mobil előfizető azonosító szám
 - szolgáltatóváltásnál az MSISDN maradhat, de a SIM kártyát és ezzel együtt az IMSI-t cserélni kell

Azonosítók GSM-ben

- **IMEI**: International Mobile Equipment Identity, nemzetközi mobilkészülék-azonosító
 - a végberendezést azonosítja
 - egyedi a világon
 - IMEI = <készülékazonosító> (8 jegyű) + <gyári szám> (6 jegyű) + <ellenőrző számjegy> (1 jegyű) (+<szoftver verzió>)
 - Lekérdezése: *#06#
 - minden GSM telefonon működik ez
 - rá van nyomtatva az akkumulátor alá is
 - ha a kettő nem azonos (vagy az utóbbi ki van vakarva): a telefon valószínű lopott!
 - kivétel: a *#06# az IMEI végére néha odatesz egy plusz verziószámot, ez nem gond



Azonosítók GSM-ben

□ **MSRN**: Mobile Station Roaming Number, barangoló szám

- egy VLR-hez tartozó helyi címtartományba tartozó telefonszám, amit az arra járó GSM készülék ideiglenesen használ
- a felhasználó számára transzparens, nem látszik
- ez teszi lehetővé, hogy a szám utaljon a földrajzi helyre: ebből a számból már tudni, hogy merre kell keresni az adott készüléket, ha felhívja valaki



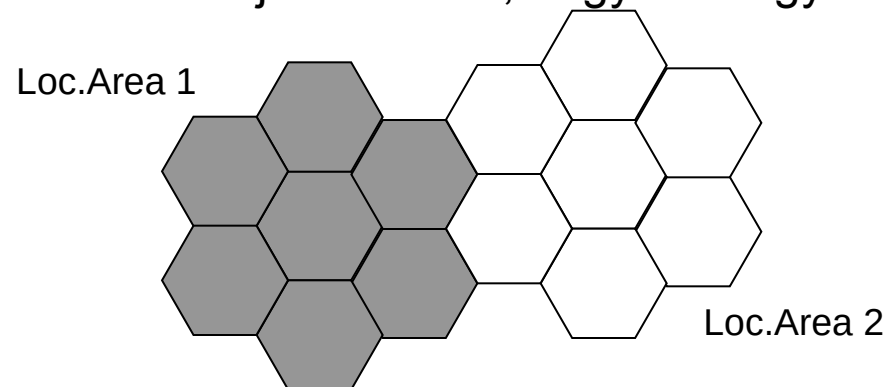
Azonosítók GSM-ben

- **EIR:** Equipment Identity Register, készülékazonosító regiszter
- Adatbázis az IMEI-kből
 - fehér lista: a készülék használható, nem lopott
 - fekete lista: a készülék letiltva, nem használható
 - szürke lista: a készülék használható, de valamilyen okból megfigyelés alatt áll



Végberendezés helyének nyilvántartása

- Cella szinten?
 - túl gyakori adatbázis frissítés, nagy hálózati forgalom!
- Országos szinten?
 - túl nagy területen kéne keresni pl.beérkező híváskor
 - szintén nagy hálózati forgalom
- Kompromisszum: „Location Area”
 - néhány (tipikusan 20-30) cella együttese
 - köztük való cellaváltáskor nincs helyzetfrissítés (Location update)
 - Location Area váltáskor helyzetfrissítés
 - bejövő híváskor/SMS-kor broadcast keresési üzenet (paging) a Location Area-ban
 - Alapból ennél pontosabban nem tárolja a hálózat, hogy hol vagyunk!



GSM szolgáltatások

A sebességértékeket
csak nagyságrendileg
kell tudni.

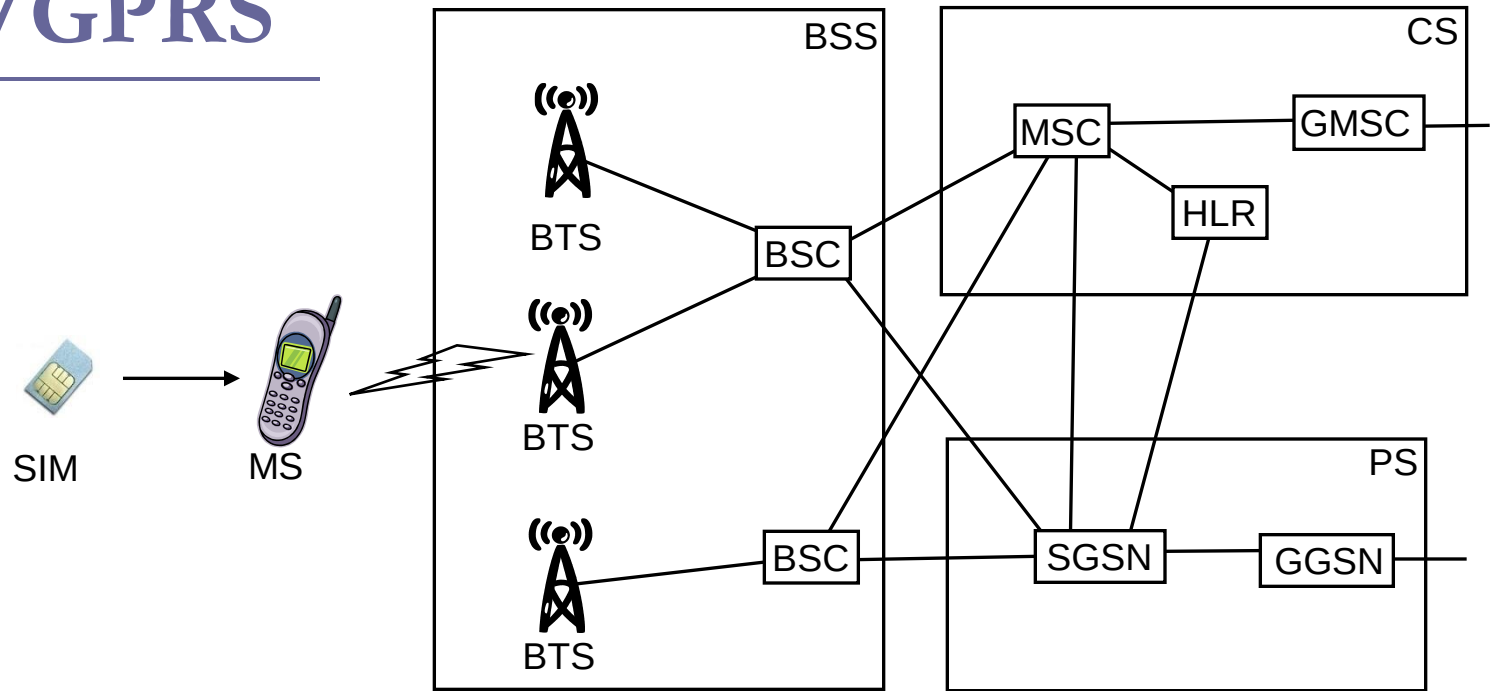


- Beszédátvitel
 - kodek sebessége 13 kb/s (később: 5,6 kb/s is)
 - kompromisszum: viszonylag gyenge hangminőség, jobb frekvenciakihasználtság
- SMS (Short Message Service, rövid szöveges üzenet szolgáltatás)
 - 160 karakter max.
- Adatátvitel
 - kezdetben 9,6 kb/s, később 14,4 kb/s, majd ez folyamatosan nőtt....
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data, nagy sebességű áramkörkapcsolt adatátvitel)
 - adatátvitel továbbfejlesztése: több 14,4 kb/s csatorna összefogása
 - elvileg max 8, gyakorlatilag max 4, hogy beférjen egy 64 kb/s csatornába
 - 43,2, 57,6 kb/s a tipikus sebességértékek
 - áramkörkapcsolt, 4 csatorna egyszerre: drága!
- MMS (Multimedia Messaging Service, multimédia üzenetküldő szolg.)
 - multimédia üzenet: kép, írott szöveg, hang együtt
 - 2002-től elérhető szolgáltatás, néha ma is használják



- GPRS (General Packet Radio Service, általános csomag alapú rádiós szolgáltatás)
 - csomagkapcsolt adatátvitel, a GSM kiegészítése
 - előny:
 - jobb kihasználtság
 - fizetés kilobájt alapon, nem perc szerint
 - sebesség
 - kezdetben max. 56 kb/s
 - elvi max: $8 \times 20 = 160$ kb/s
 - tipikusan 60-80 kb/s lefele, 20-40 kb/s felfele
 - felfele kevesebb csatornát használnak
 - komoly hálózatfejlesztést igényelt (ld. következő dia)

GSM/GPRS



SIM: Subscriber Identity Module, előfizetői azonosító modul

MS: Mobile Station, mobil állomás

BTS: Base Transceiver Station, bázisállomás

BSC: Base Station Controller, bázisállomás-vezérlő

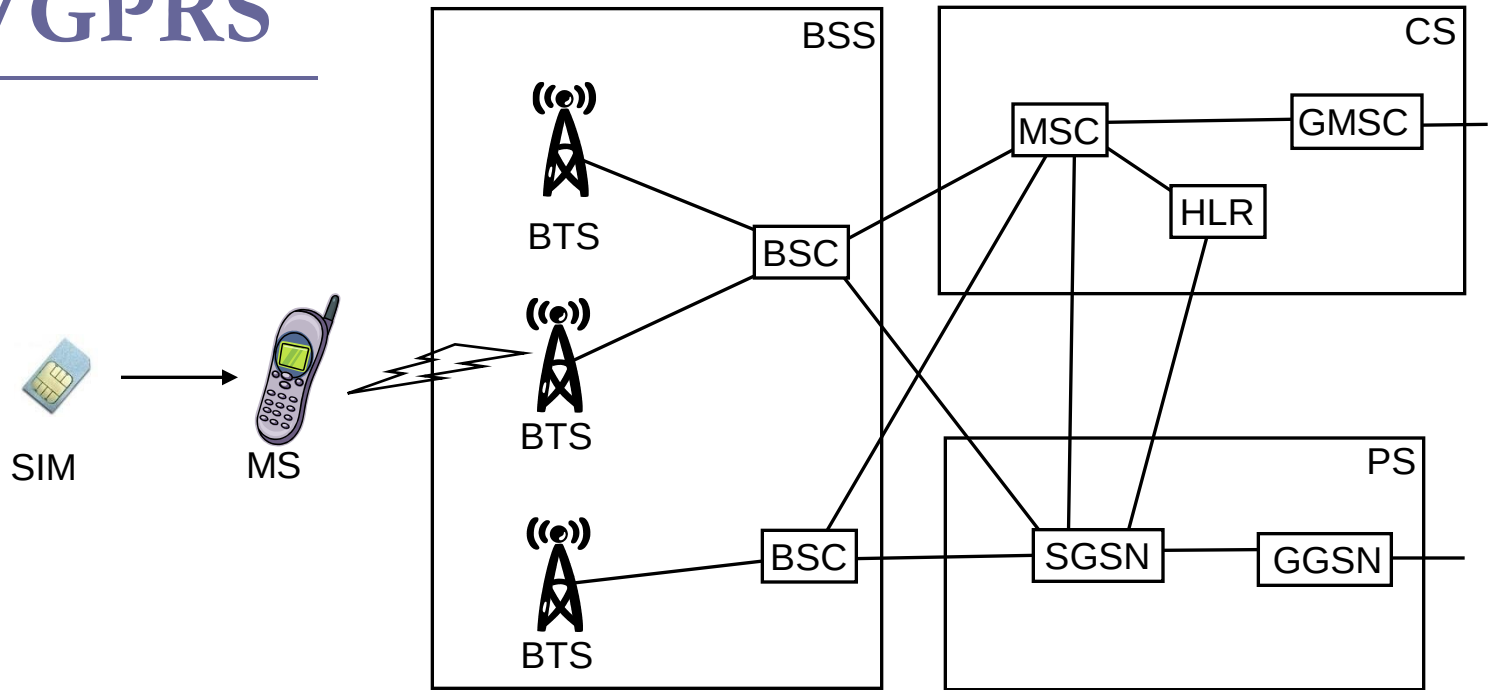
BSS: Base Station Subsystem, bázisállomás-alrendszer

MSC: Mobile Switching Center, mobil kapcsolóközpont

HLR: Home Location Register, honos helyregiszter

GMSC: Gateway MSC: MSC és egyben átjáró más hálózatok felé (pl. ISDN)

GSM/GPRS



CS: Circuit Switched, áramkörkapcsolt alrendszer

SGSN: Serving GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez (útválasztó)

GGSN: Gateway GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez és egyben átjáró más csomagkapcsolt hálózatok felé (pl. Internet)

PS: Packet Switched, csomagkapcsolt alrendszer

GSM/EDGE

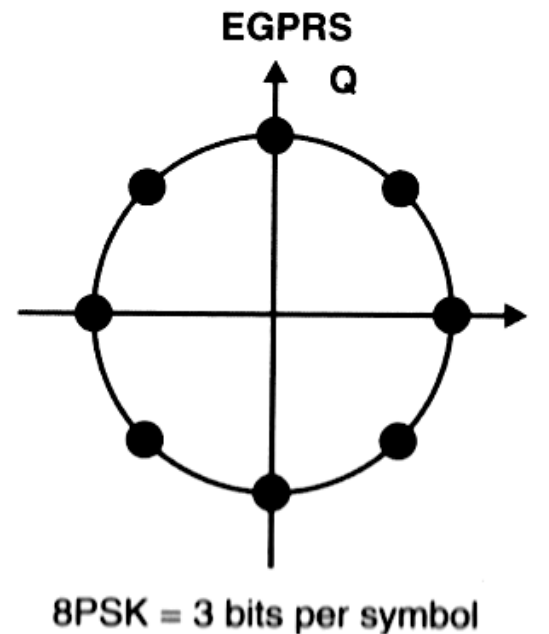
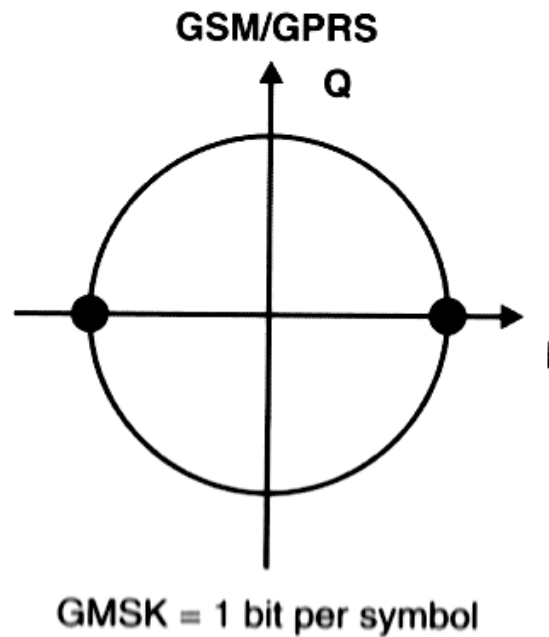


- *EDGE* (Enhanced Data Rate for Global/GSM Evolution, kb. továbbfejlesztett adatsebesség a globális/GSM fejlődésért – no comment...)
 - 2003-tól
 - használható:
 - az áramkörkapcsolt adatátvitel gyorsítására: Enhanced Circuit Switched Data (ECSD)
 - illetve a csomagkapcsolt adatátvitel gyorsítására: Enhanced GPRS (EGPRS)
 - javított modulációs eljárás
 - eredetileg 1 bit/szimbólum volt (Gaussian minimum shift keying, GMSK)
 - EDGE: 8PSK, 3 bit/szimbólum
 - háromszoros adatátviteli sebesség
 - de ez csak jobb jel/zaj viszony esetén működik (kevésbé zavartűrő)
 - csak a bázisállomás közelében használható, nem a teljes cellában
 - kisebb mértékű hálózatfejlesztést igényel: EDGE-képes kártya a bázisállomásra + BSC szoftverfrissítés
 - értelemszerűen csak akkor használható, ha a végberendezés is EDGE-kompatibilis

GSM/EDGE



- Az EDGE moduláció szemléletesen:



EDGE modulációk

Az ábra lényegét kell megérteni, az ábrán bevezetett rövidítéseket nem kell tudni.

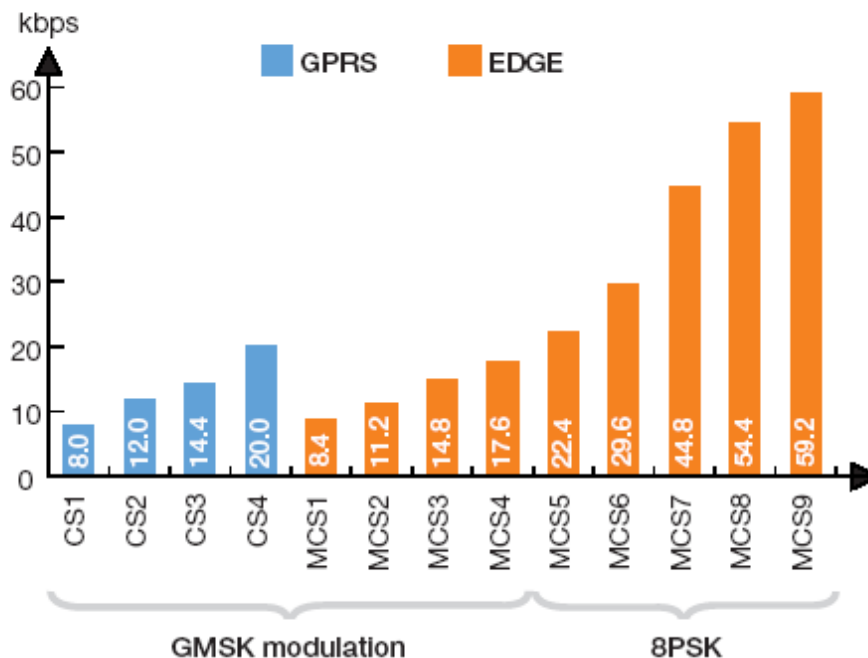


Figure 4. Coding schemes for GPRS and EGPRS (user data rate). (Key: 8PSK, 8-phase shift keying; CS, Coding scheme; EGPRS, Enhanced GPRS; GMSK, Gaussian minimum shift keying; MCS, Modulation coding scheme)

- Az ábra egyetlen időrésre vonatkozik
- Elvileg max. 8 időrés fogható össze
- Egy mobil végberendezés felfele irányban tipikusan 1-4, lefele 1-5 időrést tud összefogni (egy adott eszköz lefele tipikusan többet, mint felfele)