

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Mobiltelefon-hálózatok

Németh Krisztián

BME TMIT

2014. nov. 3.



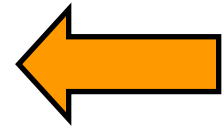
A tárgy felépítése



- 1. Bevezetés
- 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- 3. VoIP, beszédkódolók
- 4. Kapcsolástechnika
- **5. Mobiltelefon-hálózatok** ←
- 6. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- 7. Jelzésátvitel
- 8. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)

Mobil távközlő hálózatok

□ Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



□ Első generációs mobiltelefon-hálózatok



□ GSM (2G)



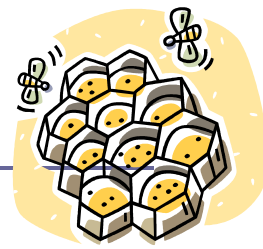
□ UMTS (3G)



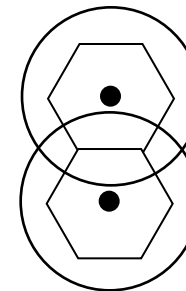
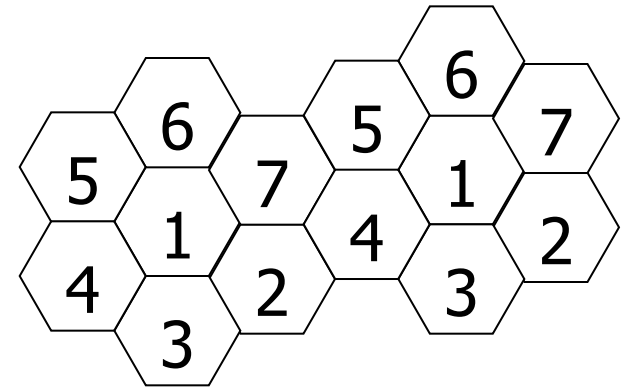
□ LTE (4G)



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



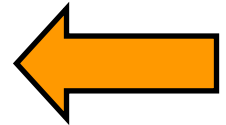
● : bázisállomás
← lefedett terület


Mobil távközlő hálózatok


- Mobiltelefon-hálózatok áttekintése




- **Első generációs mobiltelefon-hálózatok**



- GSM (2G) 

- UMTS (3G) 




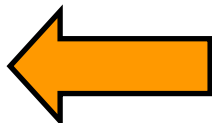


- LTE (4G) 

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) 

2G rendszerek



- 2G: második generációs mobil távbeszélő rendszerek
 - 1990-es évek elejétől
 - Digitális rendszerek
 - Legelterjedtebb az európai tervezésű GSM
 - Persze vannak 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

GSM lefedettség a Földön, 2009



- barna: GSM
- sárga: 3G GSM (UMTS)
- http://www.gsmworld.com/roaming/GSM_WorldPoster2009A.pdf

□ 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 visszafelé kompatibilis módon:
 - régi szolgáltatások a régi végberendezésekkel is elérhetőek az új hálózatokon



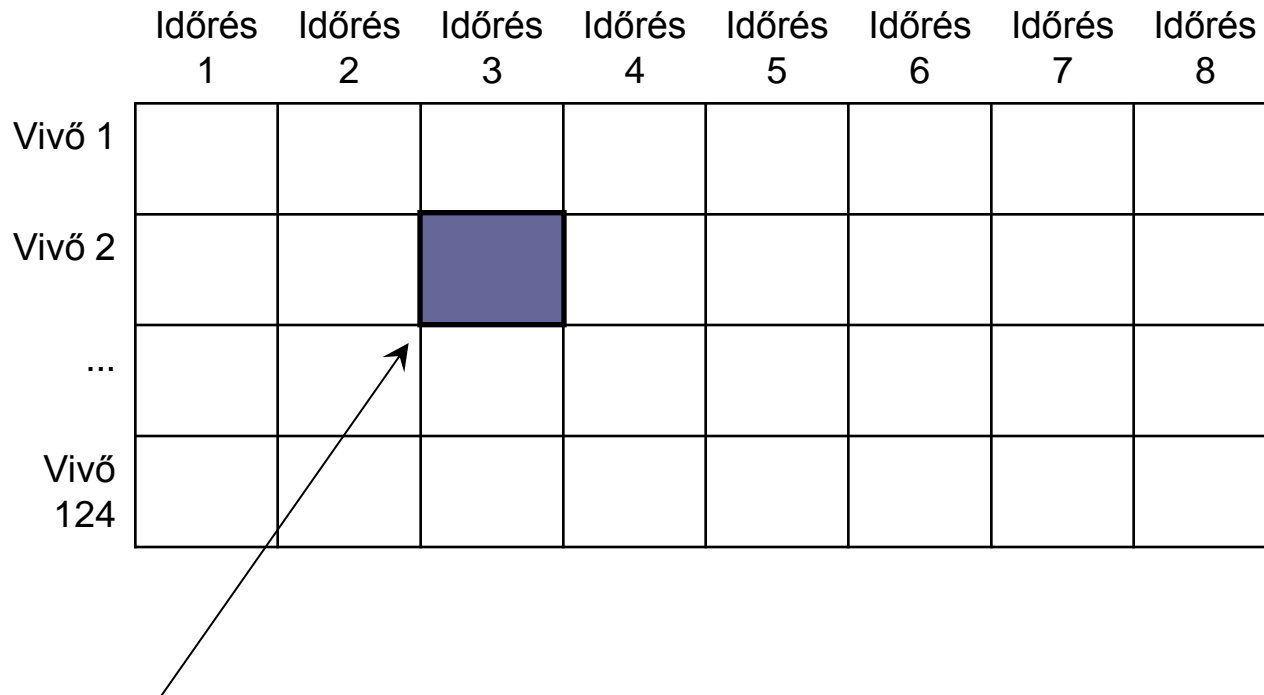
- Digitális átvitel:
 - beszédkodek a végberendezésben
 - integrált szolgáltatású hálózat: adatátvitel, beszédátvitel egyaránt lehetséges
- Sugárzási teljesítmény: max 2 W, adaptív: a minimális szükségessel ad a végberendezés
 - telep kímélése
 - élettani kockázat minimalizálása
 - ne zavarjon más cellákat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

GSM



- 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 (méhkaptár...) mutatott 7-nél reálisabb) -- sőt több is...

GSM900 közeghozzáférés



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



□ GSM900

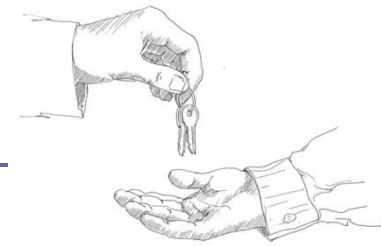
- Kb. 32 egyidejű beszélgetés/cella: elég kevés!
 - annyira nem is kevés: sok-sok emberből beszélgetnek egyszerre ennyien (ld. később, forgalomelmélet)
 - van 3 szolgáltató, egy helyen mindháromnak van cellája
 - a cellák egymással átfednek, így egy nagy, de kis helyen lévő forgalom több cella közt oszolhat 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



- 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
 - emiatt 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)
- kétnormás készülékek, automatikusan váltanak frekvenciatartományt
 - újabban elterjedtek a háromnormás (900/1800/1900) és négynormás (850/900/1800/1900) készülékek is

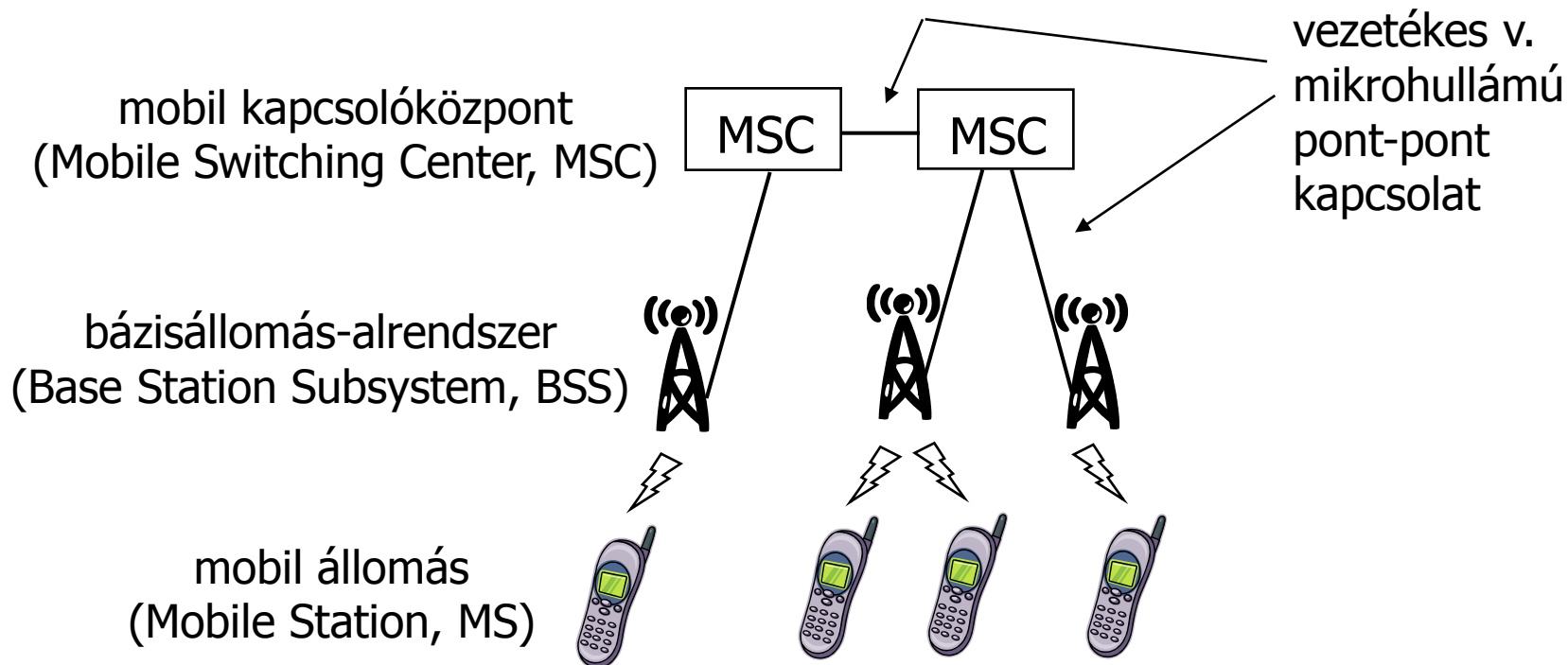
GSM átadás



- 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

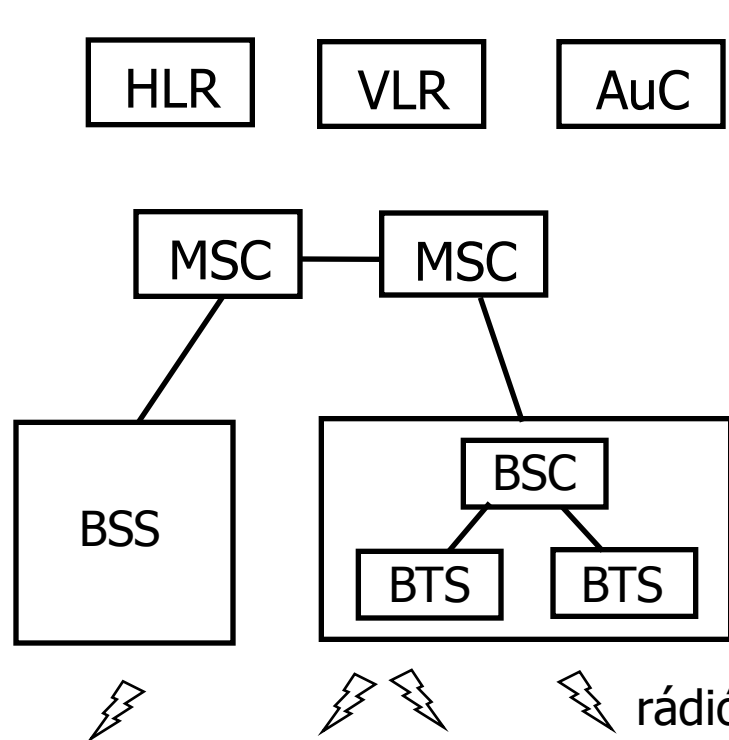
- (Túl)egyszerűsített ábra:



GSM hálózatok felépítése



□ Részletesebben:



- NSS: hálózati (kapcsoló) alrendszer (Network (Switching) Subsystem)
MSC: mobil kapcsolóközpont (Mobile Switching Center)
HLR: honos helyregiszter (Home Location Register)
VLR: látogatói helyregiszter (Visitor Location Register)
AuC: hitelesítő központ (Authentication Center)
BSS: bázisállomás-alrendszer (Base Station Subsystem)
BSC: bázisállomás-vezérlő (Base Station Controller)
BTS: bázisállomás (Base Transceiver Station)

radiós 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.
- Honos helyregiszter (HLR)
 - előfizetőre vonatkozó adatok, szolgáltatási jogosultságok, aktuális tartózkodási hely
 - egy HLR hálózatonként
- Látogatói helyregiszter (VLR)
 - Elvileg földrajzi területenként (location area) egy-egy
 - Gyakorlatilag az MSC-vel egybeépítve: egy MSC körzete egy földrajzi terület
 - A HLR információinak egy részét tárolja ideiglenesen (ami a hívásfelépítéshez szükséges) az ott tartózkodó mobil állomásokról
- AuC: hitelesítő központ (Authentication Center)

Azonosítók GSM-ben



- **MSISDN**: Mobile Station ISDN Number, mobil állomás ISDN szám
 - a jól ismert mobil telefonszám
 - egyedi a világon
 - MSISDN = országcód (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 országcód (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

□ **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



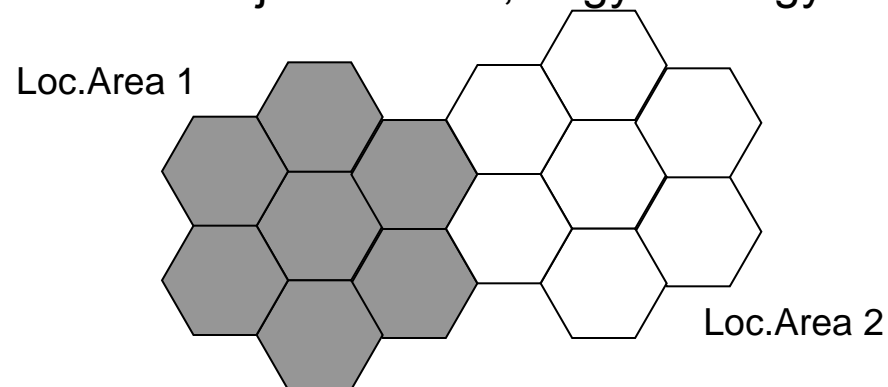
Azonosítók GSM-ben

- **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 – 1



- Beszédátvitel
 - kodek sebessége 13 kb/s (később: 5,6 kb/s)
 - kompromisszum: viszonylag gyenge hangminőség, jobb frekvenciakihasználtság
- SMS (Short Message Service, rövid szöveges üzenet szolgáltatás)
 - 160 karakter max.
- Adatátvitel
 - alapesetben 9,6 kb/s, később 14,4 kb/s
- 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 (PDH)
 - 43,2, 57,6 kb/s a tipikus sebességértékek
 - áramkörkapcsolt, 4 csatorna egyszerre: drága!

GSM szolgáltatások – 2



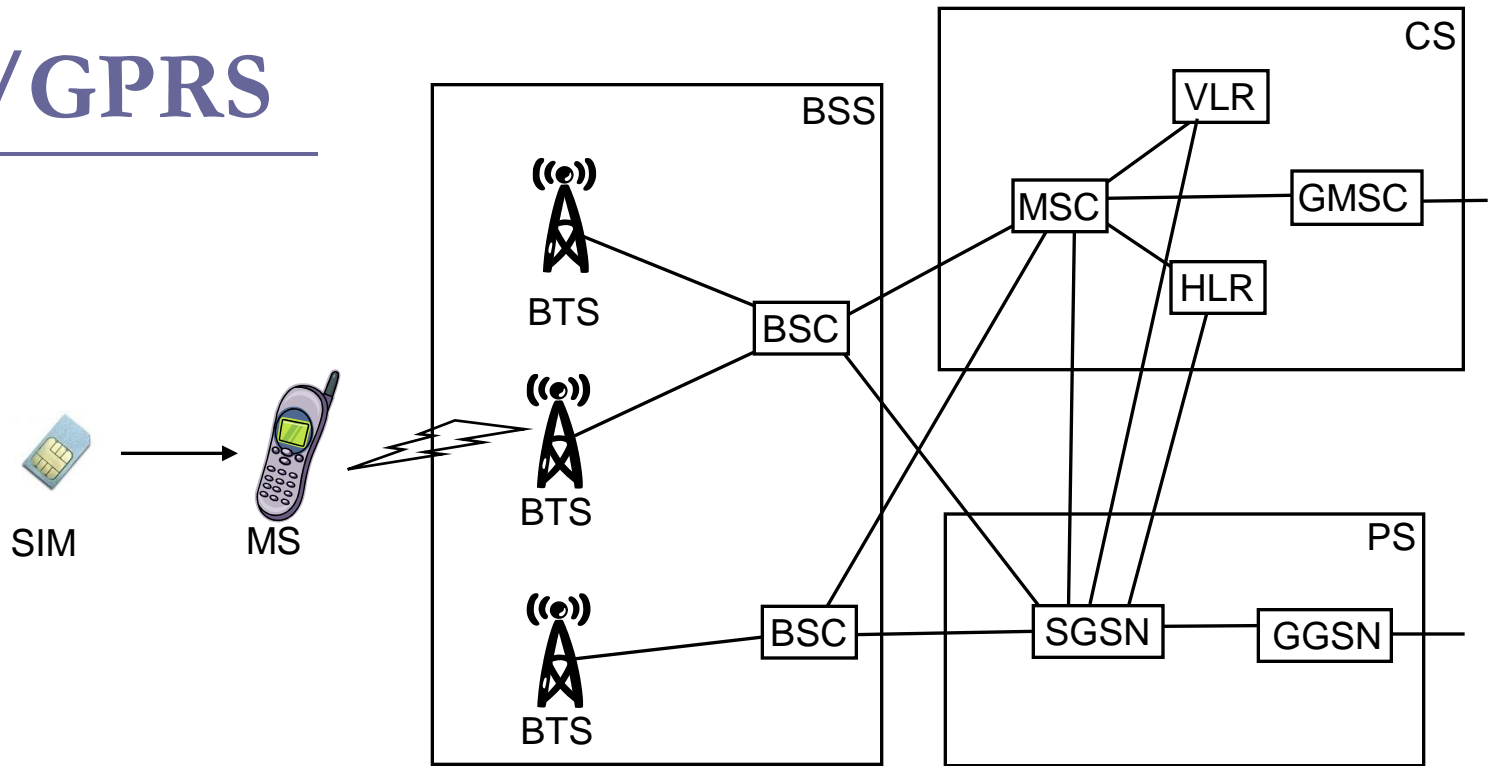
- EMS (Enhanced Messaging Service, kibővített üzenetküldő szolgáltatás)
 - egyszerűbb képzüzenetek is, hamar kihalt
- MMS (Multimedia Messaging Service, multimédia üzenetküldő szolgáltatás)
 - multimédia üzenet: kép, írott szöveg, hang együtt
 - 2002-től elérhető szolgáltatás, mai napig használatos
- WAP (Wireless Application Protocol, vezeték nélküli alkalmazás protokoll)
 - leegyszerűsített Web-szerű alkalmazás, mára nagyjából kihalt
- (Helymeghatározás)
 - viszonylag pontatlan
 - nem nagyon nyújtanak ilyen szolgáltatást a szolgáltatók

GSM/GPRS



- GPRS (General Packet Radio Service, általános csomag alapú rádiós szolgáltatás)
 - 2001. óta elérhető 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
 - felhasználási lehetőség ma:
 - (WAP elérés)
 - Internet elérés
 - 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

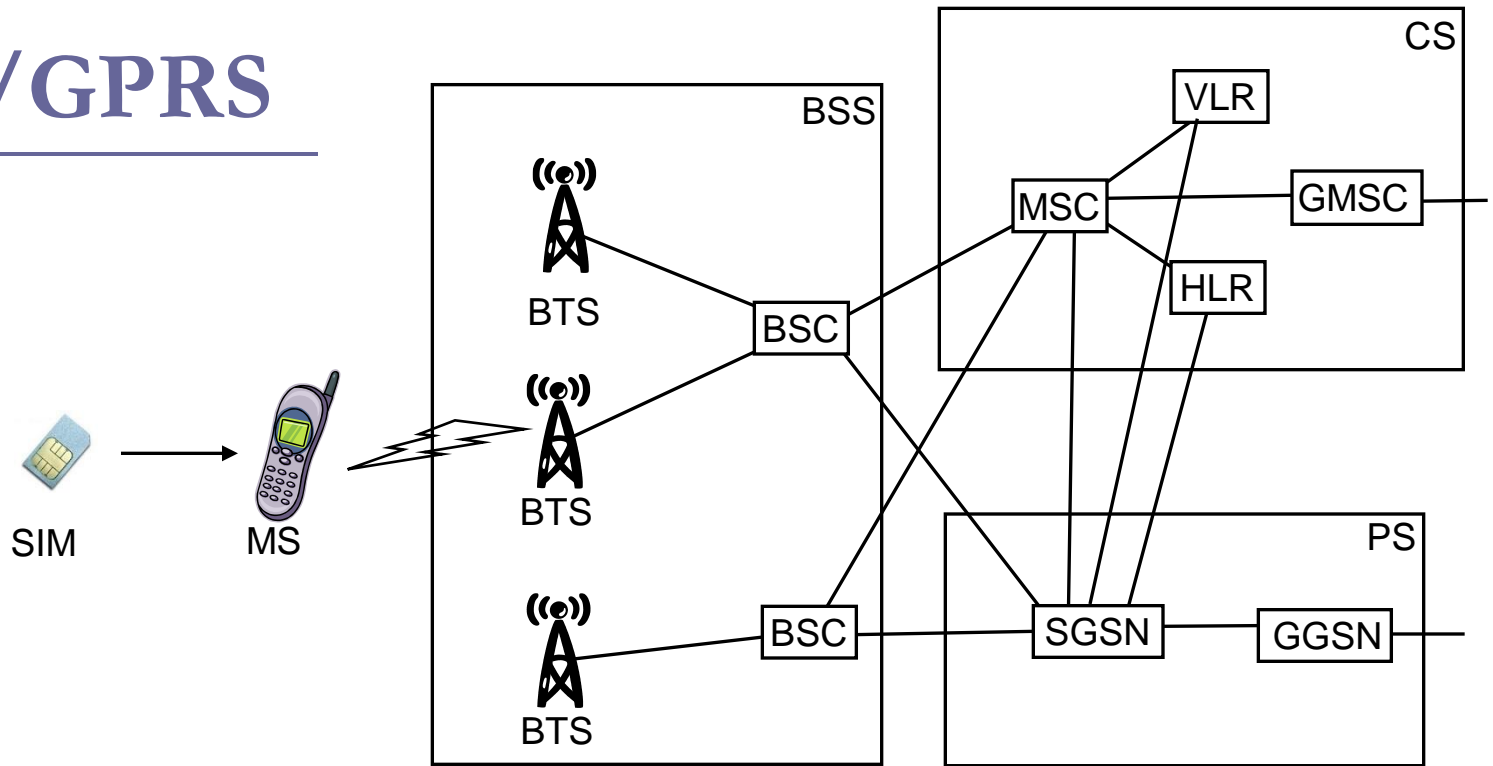
MSC: Mobile Switching Center, mobil kapcsolóközpont

HLR: Home Location Register, honos helyregiszter

VLR: Visitor Location Register, látogatói 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

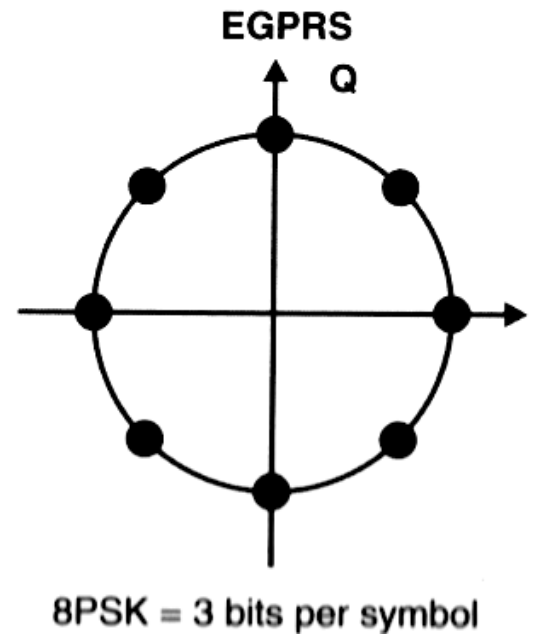
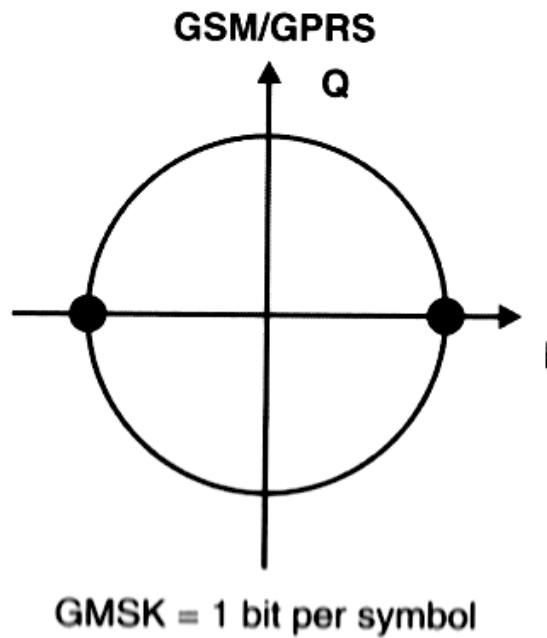


- *EDGE* (Enhanced Data Rate for Global/GSM Evolution, kb. továbbfejlesztett adatsebesség a globális/GSM fejlődésért – no comment...)
 - 2003-tól
 - használható:
 - az áramkörkapcsolt adatátvitel gyorsítására: Enhanced Circuit Switched Data (ECSD)
 - illetve a csomagkapcsolt adatátvitel gyorsítására: 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

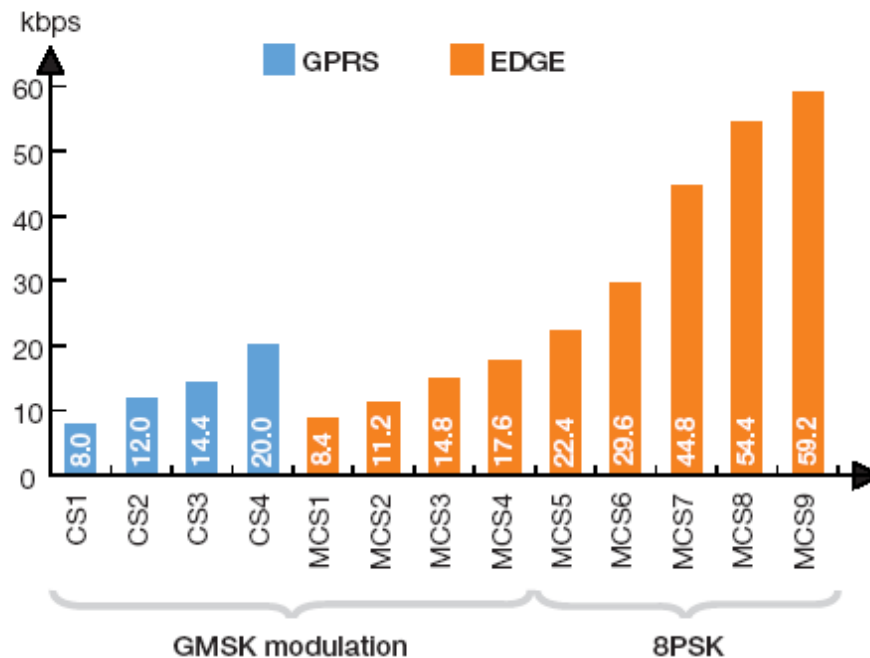


Figure 4. Coding schemes for GPRS and EGPRS (user data rate). (Key: 8PSK, 8-phase shift keying; CS, Coding scheme; EGPRS, Enhanced GPRS; GMSK, Gaussian minimum shift keying; MCS, Modulation coding scheme)

- (Az ábra lényegét kell megérteni, az ábrán bevezetett rövidítéseket nem kell tudni)
- Az ábra egyetlen időrésre vonatkozik
- Elvileg max. 8 időrés fogható össze
- Egy mai mobil végberendezés felfele irányban 1-4, lefele 1-5 időrészt tud összefogni (egy adott eszköz lefele tipikusan többet, mint felfele)