

# Távközlő hálózatok és szolgáltatások

## Mobiltelefon-hálózatok

*Németh Krisztián*

*BME TMIT*

*2011. okt. 24.*



*Németh Eszter  
2009 október :)*

# A tárgy felépítése

---

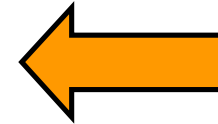


- p 1. Bevezetés
- p 2. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- p 3. VoIP
- p 4. Kapcsolástechnika
- p 5. **Mobiltelefon-hálózatok** ←
- p 6. Jelátviteli követelmények, kodekek
- p 7. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- p 8. Jelzésátvitel
- p 9. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
- p 10. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)

# Mobil távközlő hálózatok

---

p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



p Első generációs mobiltelefon-hálózatok



p GSM (2G)



p UMTS (3G)



p Műholdas mobil információközlő hálózatok



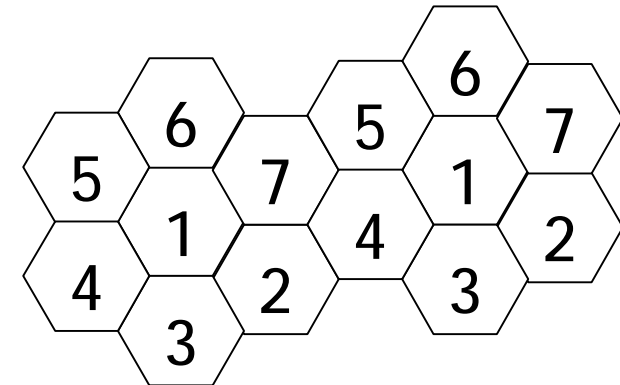
p Mobil, zárt célú hálózatok



# Földfelszíni mobil TH-k



- p Cellás elv:
  - n frekvenciatartomány felosztva pl. hét részre
  - n cellás lefedés az ábra szerint
  - n azonos frekv.: két cella távolság, így nincs interferencia
  - n ez csak az elv, a gyakorlatban a cellák nem pont ilyenek! (pl. bázisállomás sokszor a cella „sarkában” van)



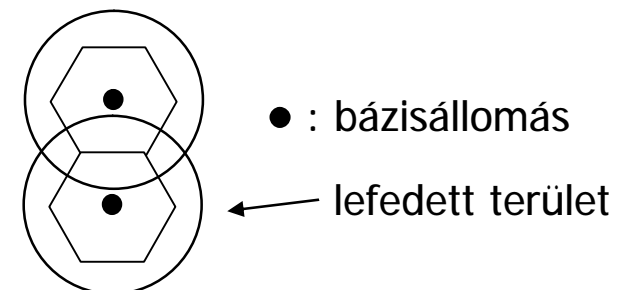
## p Cellaméret?

### p Kisebb cellák előnye:

- n kis adóteljesítmény elég
  - p kisebb élettani kockázat
  - p kisebb fogyasztás
- n nagyobb forgalom bonyolítható adott területen (nagyobb forgalomsűrűség)

### p Kisebb cellák hátrányai:

- n sok bázisállomás kell
  - p költséges
  - p csúnya



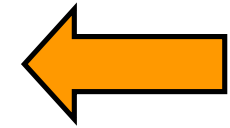
# Mobil távközlő hálózatok

---

p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



p **Első generációs mobiltelefon-hálózatok**



p GSM (2G)



p UMTS (3G)



p Műholdas mobil információközlő hálózatok



p Mobil, zárt célú hálózatok



# 1G rendszerek

---

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



# Mobil távközlő hálózatok

---

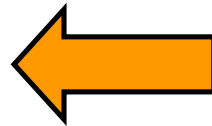
p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



p Első generációs mobiltelefon-hálózatok



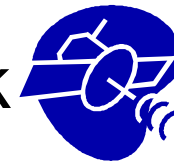
p GSM (2G)



p UMTS (3G)



p Műholdas mobil információközlő hálózatok



p Mobil, zárt célú hálózatok



# 2G rendszerek



- p 2G: második generációs mobil távbeszélő rendszerek
  - n 1990-es évek elejétől
  - n Digitális rendszerek
  - n Legelterjedtebb az európai tervezésű GSM
  - n Persze vannak más 2G rendszerek is (pl.: USA D-AMPS: Digital AMPS)
  
- p GSM (eredetileg: Groupe Spéciale Mobile, később: Global System for Mobile Telecommunication, világméretű mobil távközlő rendszer)
  - n 214 országban/területen van GSM szolgáltatás, 920 GSM hálózattal (2008. jan.)
    - p (kb. 190-200 ország van a Földön)
  - n A Földön kb. 4 milliárd mobil előfizető, ebből kb. 80% GSM előfizető (!) (2009)
    - p Első milliárd: 2004, kb 12 év alatt
    - p Második milliárd: 2006, 2 év alatt
    - p 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](http://www.gsmworld.com/roaming/GSM_WorldPoster2009A.pdf)

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

# GSM



- p Inkrementális fejlesztés:
  - n első fázis (1991)
    - p beszédátvitel, SIM koncepció, SMS, nemzetközi barangolás (roaming), beszéd titkosítása, 9,6 kbps adatátvitel
  - n második fázis (1995)
    - p visszafelé kompatibilitás elve, hívószámkielzés, hívástartás, hívásvárakoztatás, konferenciabeszélgetés, félsebességű kodek, stb.
  - n 2+ fázis (1998)
    - p főleg az adatátvitel továbbfejlesztése (HSCSD, EDGE, GPRS), push-to-talk, virtuális magánhálózatok, SIM továbbfejlesztése, javított teljes sebességű kodek, stb.
  - n UMTS felé biztosított az átjárás
- p Mindez lehetővé tette a mindig korszerű szolgáltatásokat
  - n ráadásul visszafelé kompatibilis módon:
    - p régi szolgáltatások a régi végberendezésekkel is elérhetőek az új hálózatokon

# GSM

---



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

# GSM



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

# GSM900 közeghozzáférés



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

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

# GSM



## p GSM900

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

# GSM

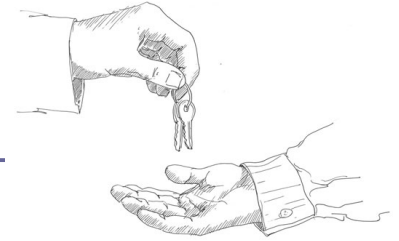


- p GSM 1800
  - n mobil adó: 1710-1785 MHz, bázisállomás: 1805-1880 MHz
  - n 75 MHz-es sáv (plusz háromszoros kapacitás!)
  - n de: rosszabb a hullámterjedése
    - p egyenesen terjed
    - p gyorsan csillapodik
  - n emiatt országos lefedésre nem, csak nagy forgalmú kis területek ellátására alkalmas
- p van még: (nem kell tudni ZH-ra/vizsgára, de érdekes)
  - n Extended-GSM 900, E-GSM: +10 MHz irányonként: +50 vivő
  - n R-GSM: Railways GSM: 876-880/921-925 MHz
  - n GSM 1900: 1850-1910/1930-1990 MHz (USA)
  - n GSM 850: 824-849/869-894 MHz (USA)
- p kétnormás készülékek, automatikusan váltanak frekvenciatartományt
  - n újabban elterjedtek a háromnormás (900/1800/1900) és négynormás (850/900/1800/1900) készülékek is



# GSM átadás

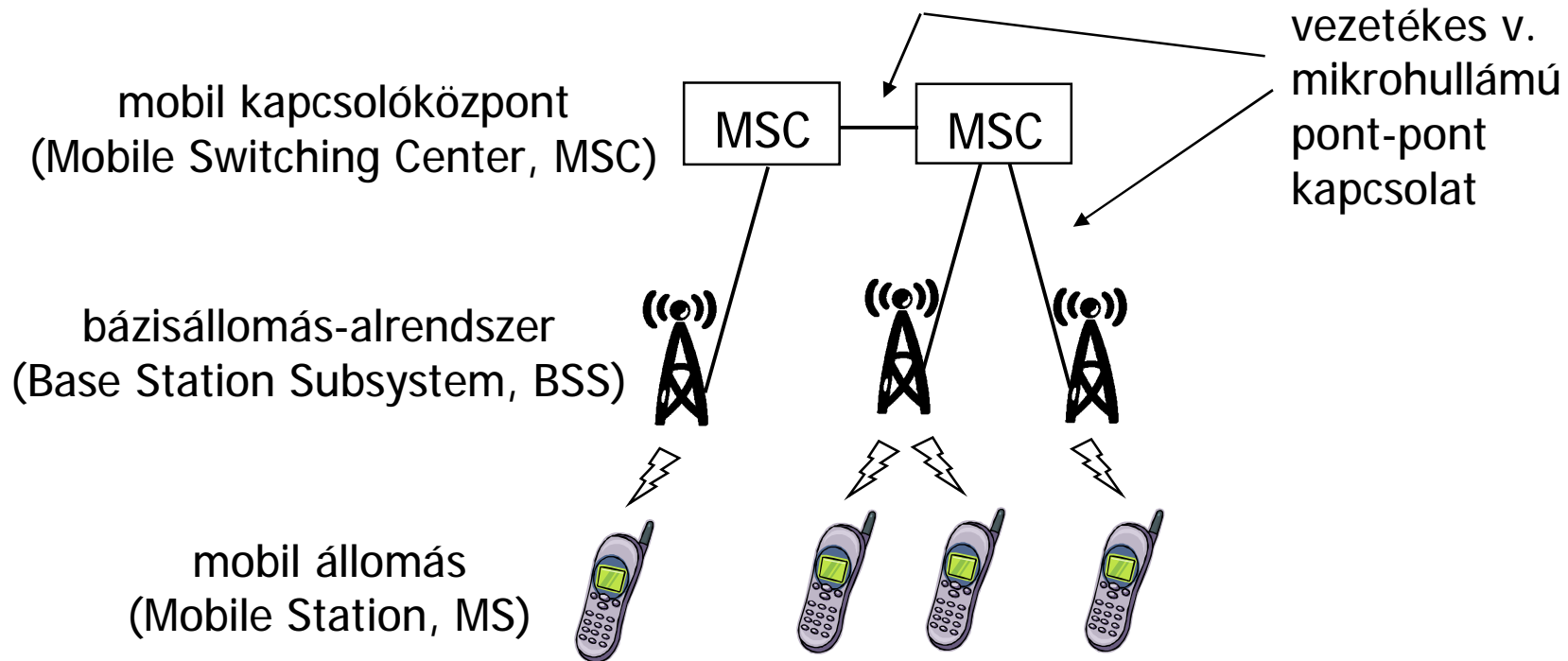
---



- p GSM: valós áramkörkapcsolás
- p Ha a mobil végberendezés átmegy egy másik cellába: átadás (handover v. handoff) történik
  - n eközben nem szakad meg a kapcsolat
  - n ez elvileg történhet:
    - p a mobil végberendezés irányításával: méri, mikor erősebb egy másik cella jele
    - p a hálózat irányításával: az dönt a jelerősség és esetleg más információk (pl. cella terheltsége) alapján
    - p 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

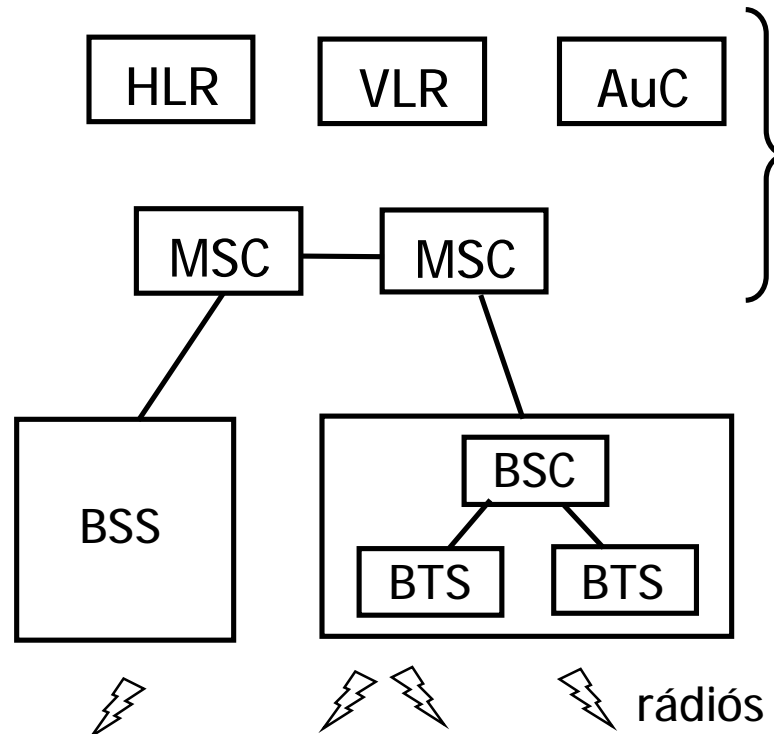
p (Túl)egyszerűsített ábra:



# GSM hálózatok felépítése



p 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)

rádiós interfész

mobil berendezés  
(Mobile Equipment, ME)  
előfizetői azonosító modul  
(Subscr. Identity Module, SIM)

# Bázisállomás-alrendszer



## p Bázisállomás (BTS)

- n egy vagy több elemi adó/vevő (elementary transmitter/receiver)
- n Átkódoló és sebességillesztő egység (Transcode/Rate adapter Unit, TRAU)
  - p 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.)
  - p Adatátvitelnél is sebességillesztés: kisebb sebességek (pl. 14.4 kb/s)  $\Leftrightarrow$  64 kb/s (a felesleges bitek beékelése/kiiktatása)

## p Bázisállomás-vezérlő (BSC)

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

# Hálózati alrendszer

- p Mobil kapcsolóközpont (MSC)
  - n egy „hagyományos” kapcsolóközpont
  - n mobil-specifikus bővítésekkel
    - p autentikáció
    - p helyzetnyilvántartás
    - p hívásátadás BSC-k között
    - p barangolás
    - p stb.
- p Honos helyregiszter (HLR)
  - n előfizetőre vonatkozó adatok, szolgáltatási jogosultságok, aktuális tartózkodási hely
  - n egy HLR hálózatonként
- p Látogatói helyregiszter (VLR)
  - n Elvileg földrajzi területenként (location area) egy-egy
  - n Gyakorlatilag az MSC-vel egybeépítve: egy MSC körzete egy földrajzi terület
  - n A HLR információinak egy részét tárolja ideiglenesen (ami a hívásfelépítéshez szükséges) az ott tartózkodó mobil állomásokról
- p AuC: hitelesítő központ (Authentication Center)



# Azonosítók GSM-ben



**p MSISDN:** Mobile Station ISDN Number, mobil állomás ISDN szám

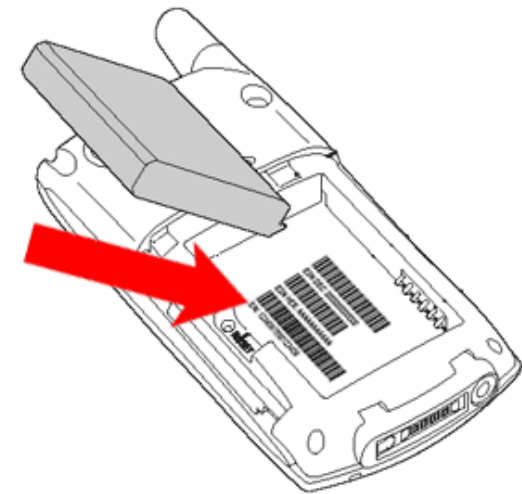
- n a jól ismert mobil telefonszám
- n egyedi a világon
- n MSISDN = országcód (Mo.: 36) + hálózatkijelölő szám (Mo:20/30/70) + előfizetői szám

**p IMSI:** International Mobile Subscriber Identity, nemzetközi mobil előfizető azonosító

- n a GSM hálózatokban elsősorban ez azonosítja az előfizetőt: az adatbázisok ezzel vannak indexelve
- n a SIM kártyához van rendelve
- n egyedi a világon
- n IMSI = mobil országcód (Mo: 216) + mobil hálózati kód (Mo.:01/30/70) + 10 jegyű mobil előfizető azonosító szám
- n 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
  - n a végberendezést azonosítja
  - n egyedi a világon
  - n IMEI = <készülékazonosító> (8 jegyű) + <gyári szám> (6 jegyű) + <ellenőrző számjegy> (1 jegyű) (+<szoftver verzió>)
  - n 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

---

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

- n egy VLR-hez tartozó helyi címtartományba tartozó telefonszám, amit az arra járó GSM készülék ideiglenesen használ
- n a felhasználó számára transzparens, nem látszik
- n 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

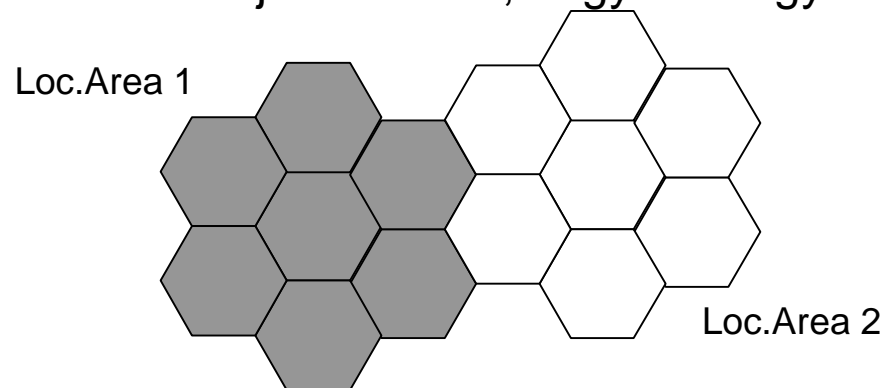
---

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



# Végberendezés helyének nyilvántartása

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



# GSM szolgáltatások – 1

---



- p Beszédátvitel
  - n kodek sebessége 13 kb/s (később: 5,6 kb/s)
  - n kompromisszum: viszonylag gyenge hangminőség, jobb frekvenciakihasználtság
- p SMS (Short Message Service, rövid szöveges üzenet szolgáltatás)
  - n 160 karakter max.
- p Adatátvitel
  - n alapesetben 9,6 kb/s, később 14,4 kb/s
- p HSCSD (High Speed Circuit Switched Data, nagy sebességű áramkörkapcsolt adatátvitel)
  - n adatátvitel továbbfejlesztése: több 14,4 kb/s csatorna összefogása
  - n elvileg max 8
  - n gyakorlatilag max 4, hogy beférjen egy 64 kb/s csatornába (PDH)
    - p 43,2, 57,6 kb/s a tipikus sebességértékek
  - n áramkörkapcsolt, 4 csatorna egyszerre: drága!

# GSM szolgáltatások – 2



- p** EMS (Enhanced Messaging Service, kibővített üzenetküldő szolgáltatás)

  - n** egyszerűbb képzüzenetek is, hamar kihalt
- p** MMS (Multimedia Messaging Service, multimédia üzenetküldő szolgáltatás)

  - n** multimédia üzenet: kép, írott szöveg, hang együtt
  - n** 2002-től elérhető szolgáltatás, mai napig használatos
- p** WAP (Wireless Application Protocol, vezeték nélküli alkalmazás protokoll)

  - n** leegyszerűsített Web-szerű alkalmazás, mára nagyjából kihalt
- p** (Helymeghatározás)

  - n** viszonylag pontatlan
  - n** nem nagyon nyújtanak ilyen szolgáltatást a szolgáltatók

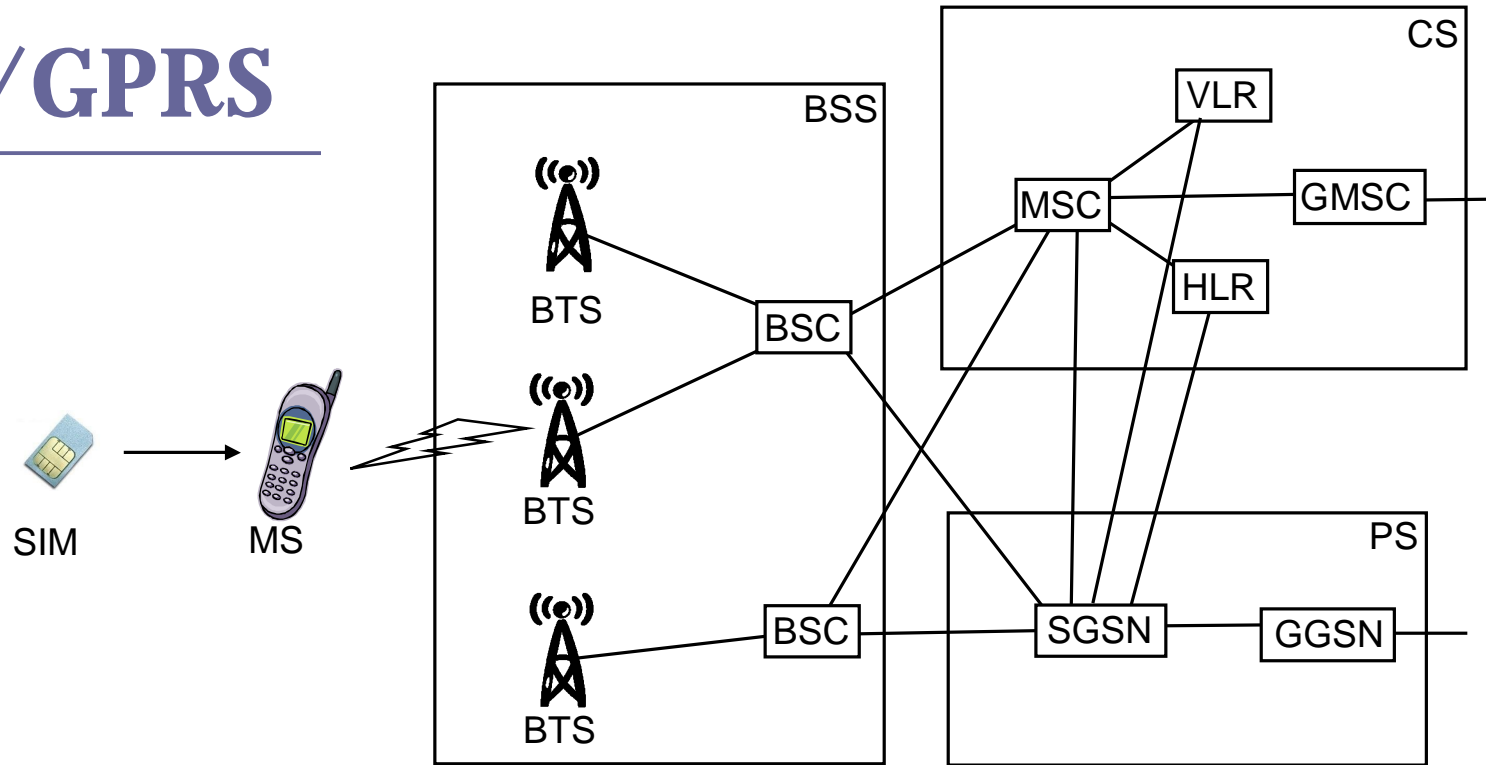
# GSM/GPRS

---



- p GPRS (General Packet Radio Service, általános csomag alapú rádiós szolgáltatás)
  - n 2001. óta elérhető szolgáltatás
  - n csomagkapcsolt adatátvitel, a GSM kiegészítése
  - n előny:
    - p jobb kihasználtság
    - p fizetés kilobájt alapon, nem perc szerint
  - n sebesség
    - p kezdetben max. 56 kb/s
    - p elvi max:  $8 \times 20 = 160$  kb/s
    - p tipikusan 60-80 kb/s lefele, 20-40 kb/s felfele
      - § felfele kevesebb csatornát használnak
  - n felhasználási lehetőség ma:
    - p (WAP elérés)
    - p Internet elérés
  - n 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

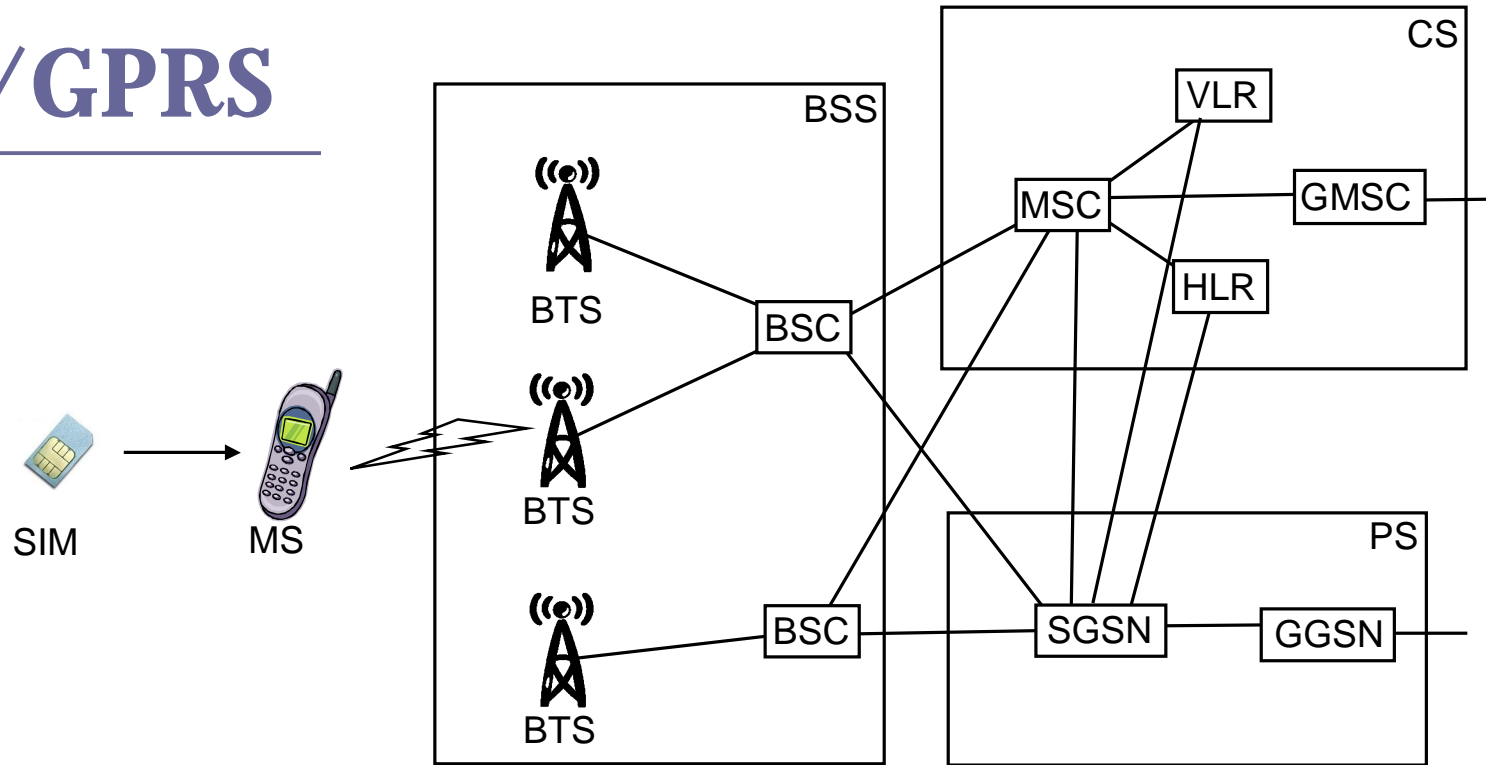
MSC: Mobile Switching Center, mobil kapcsolóközpont

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



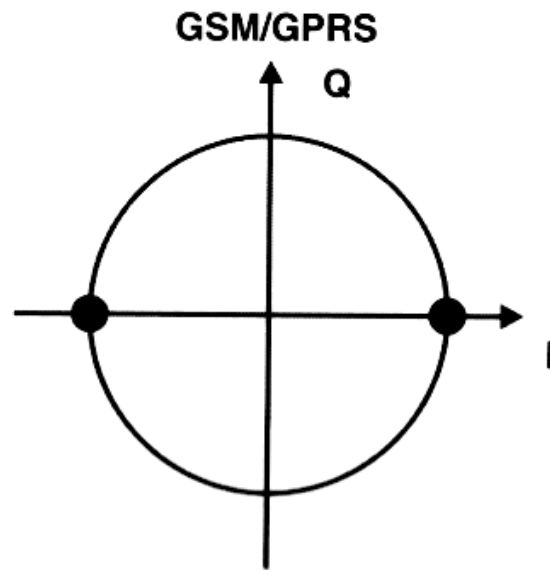
- p *EDGE* (Enhanced Data Rate for Global/GSM Evolution, kb. továbbfejlesztett adatsebesség a globális/GSM fejlődésért – no comment...)
  - n 2003-tól
  - n használható:
    - p az áramkörkapcsolt adatátvitel gyorsítására: Enhanced Circuit Switched Data (ECSD)
    - p illetve a csomagkapcsolt adatátvitel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



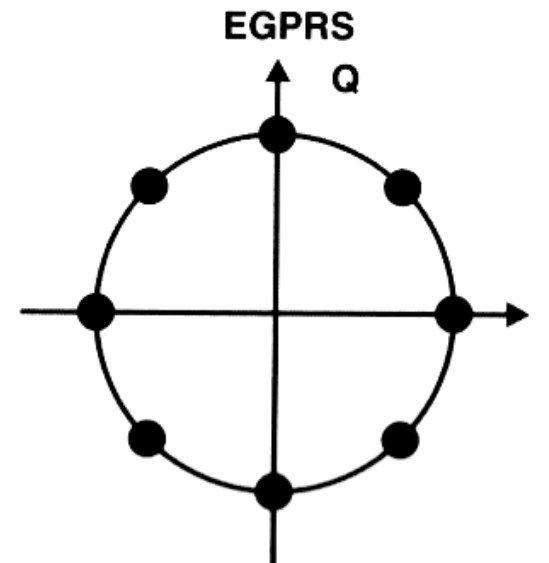
# GSM/EDGE



p Az EDGE moduláció szemléletesen:



GMSK = 1 bit per symbol



8PSK = 3 bits per symbol

# EDGE modulációk

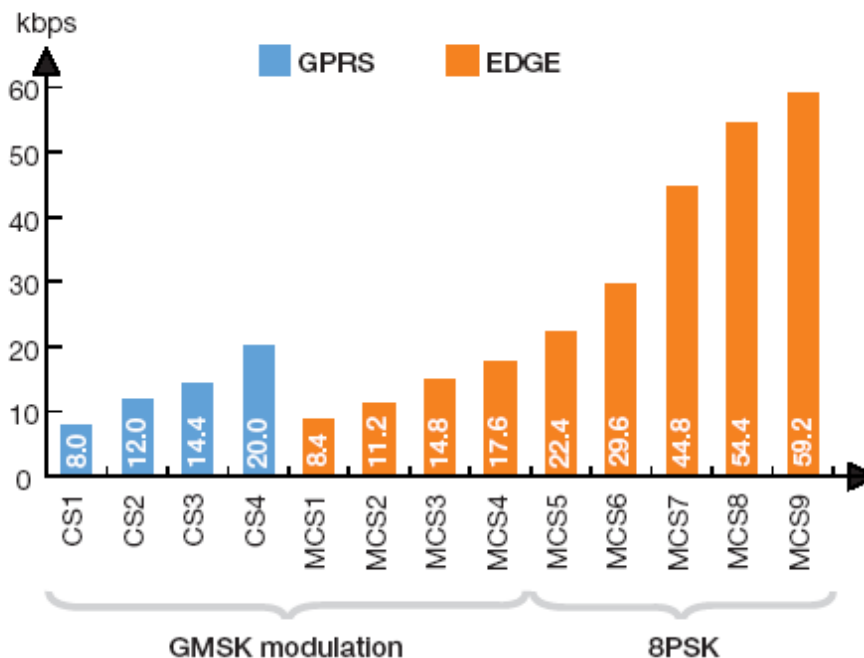


Figure 4. Coding schemes for GPRS and EGPRS (user data rate). (Key: 8PSK, 8-phase shift keying; CS, Coding scheme; EGPRS, Enhanced GPRS; GMSK, Gaussian minimum shift keying; MCS, Modulation coding scheme)

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