

# Távközlő hálózatok és szolgáltatások

## Mobiltelefon-hálózatok

*Németh Krisztián*

*BME TMIT*

*2010. okt. 25.*



# A tárgy felépítése

---



- ⌘ 1. Bevezetés
- ⌘ 2. PSTN, ISDN hálózatok áttekintése
- ⌘ 3. Kapcsolástechnika
- ⌘ 4. IP hálózatok elérése távközlő és kábel-TV hálózatokon
- ⌘ 5. Mobiltelefon-hálózatok ←
- ⌘ 6. VoIP, új generációs hálózatok
- ⌘ 7. Jelátviteli követelmények, kodekek
- ⌘ 8. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- ⌘ 9. Jelzésátvitel
- ⌘ 10. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
- ⌘ 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)
- ⌘ 12. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)

# Mobil távközlő hálózatok

---

p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



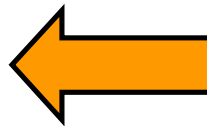
p Első generációs mobiltelefon-hálózatok



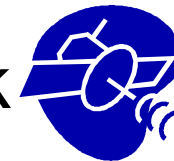
p GSM (2G)



p UMTS (3G)



p Műholdas mobil információközlő hálózatok



p Mobil, zárt célú hálózatok



# Keverő kódolás

---

- p Csak kvázi ortogonálisak egymásra, ugyanakkor önmaguk időbeli eltolására is kvázi ortogonálisak
- p Fajtájuk ún. pseudo-noise, „ál-zaj” kódok, nevük Gold kód
- p Célja az adóberendezések megkülönböztetése. Adónként van egy ilyen kód
  - n lefele irány: cellák (azaz Node B-k) elkülönítése
  - n felfele irány: végberendezések elkülönítése
- p Nem igényelnek szinkronizációt a források között
- p „Cserébe” nem teljes az ortogonalitás: a vevő az egyik forrás jelének dekódolásakor a többi forrás jelét enyhe zajnak érzékeli
- p A cella kapacitását itt az szabja meg, hogy meddig nem zavaró még ez a zaj a dekódolásban
  - n Ez nem egy fix korlát!
  - n A GSM FDMA/TDMA rendszerében a vivők/időrészek száma fix korlátot adott

# Keverő kódolás

---

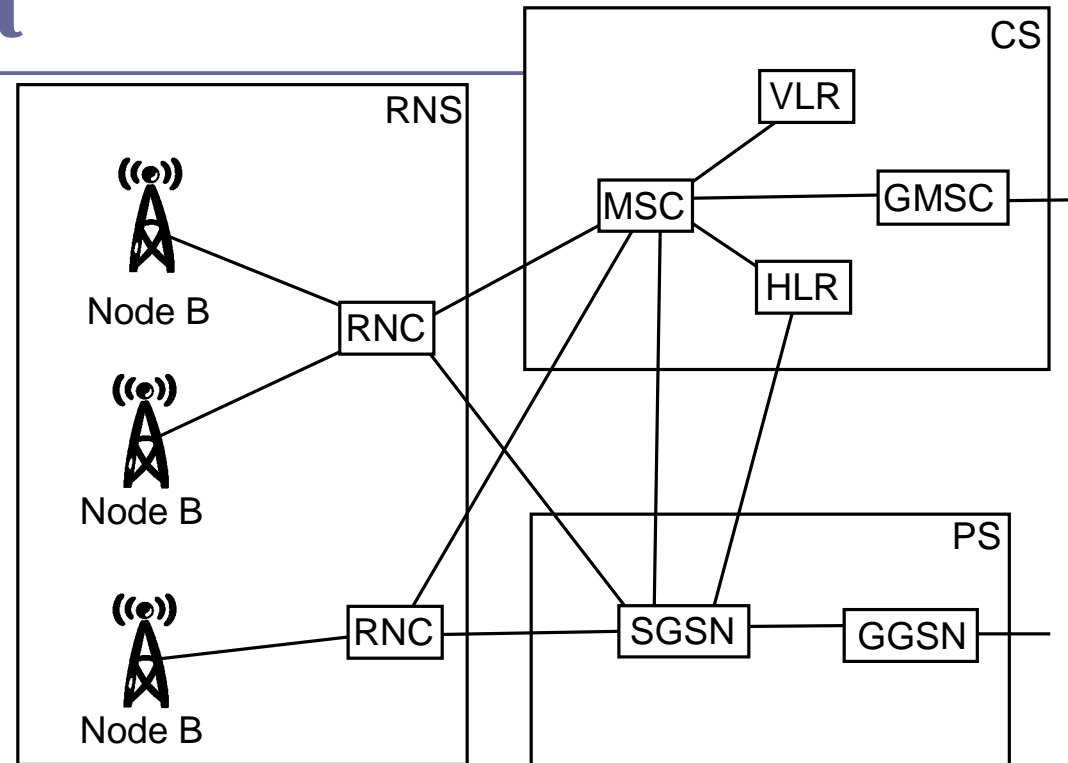
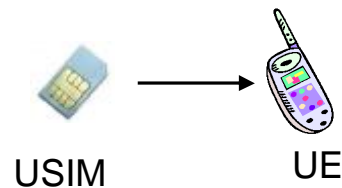
- p Az NOT(XOR(a,b)) szorzás itt bitenként történik: egy bit a kódolandó jelfolyamból, egy bit a kódból
  - n azaz nem történik sávkiterjesztés, a bemenet és a kimenet ugyanannyi bitből (amit itt már chipnek nevezünk) áll
- p A kódszavak hossza:
- p Lefele: 38 400 bit (10 msec-enként ismétlődik)
- p Felfele: 38 400 bit, vagy 256 bit. Ez utóbbi, ha a Node B speciális vevővel rendelkezik (ún. rake vevő)

# Összefoglalás

---

	csatornázási kód	keverőkód
cél	forráson belüli adatfolyamok elkülönítése	források elkülönítése
kódhossz	4..256 chip (feléle), 4..512 chip (lefele)	38400 vagy 256 chip (fel), 38400 chip (le)
kiterjesztés	van, növeli az adási sávszélességet	nincs
ortogonalitás	tökéletes	nem tökéletes
szinkronizáció	szükséges	nem szükséges

# Az UMTS hálózat



**UE: User Equipment**

**USIM: UMTS SIM**

**Node B: mint a bázisállomás GSM-ben**

**RNC: Radio Network Controller, Rádiós hálózati vezérlő (mint a bázisállomás-vezérlő GSM-ben)**

**RNS: Radio Network Subsystem, Rádiós hálózati alrendszer**

**MSC, HLR, VLR: mint GSM-ben**

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

**CS: Circuit Switched, áramkörkapcsolt alrendszer**

**SGSN: Serving GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez**

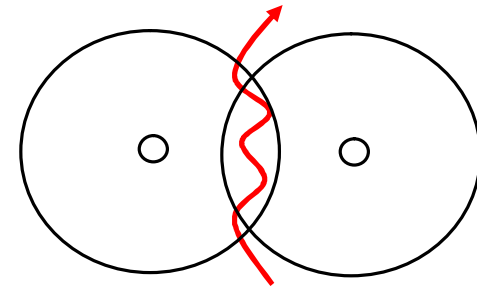
**GGSN: Gateway GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez és egyben átjáró más hálózatok felé (pl. Internet)**

**PS: Packet Switched, csomagkapcsolt alrendszer**

# Hívásátadás áramkörkapcsolt esetben



- p GSM: „kemény hívásátadás” (hard handover)
  - n egyik pillanatban egyik bázisállomással kommunikál a mobil állomás, kisvártatva a másikkal
  - n az átadás olyan gyors, amilyen gyors csak lehet
  - n cellaváltás hiszterézissel: egy cellahatáron kószáló mobil esetében se legyen sok felesleges átadás



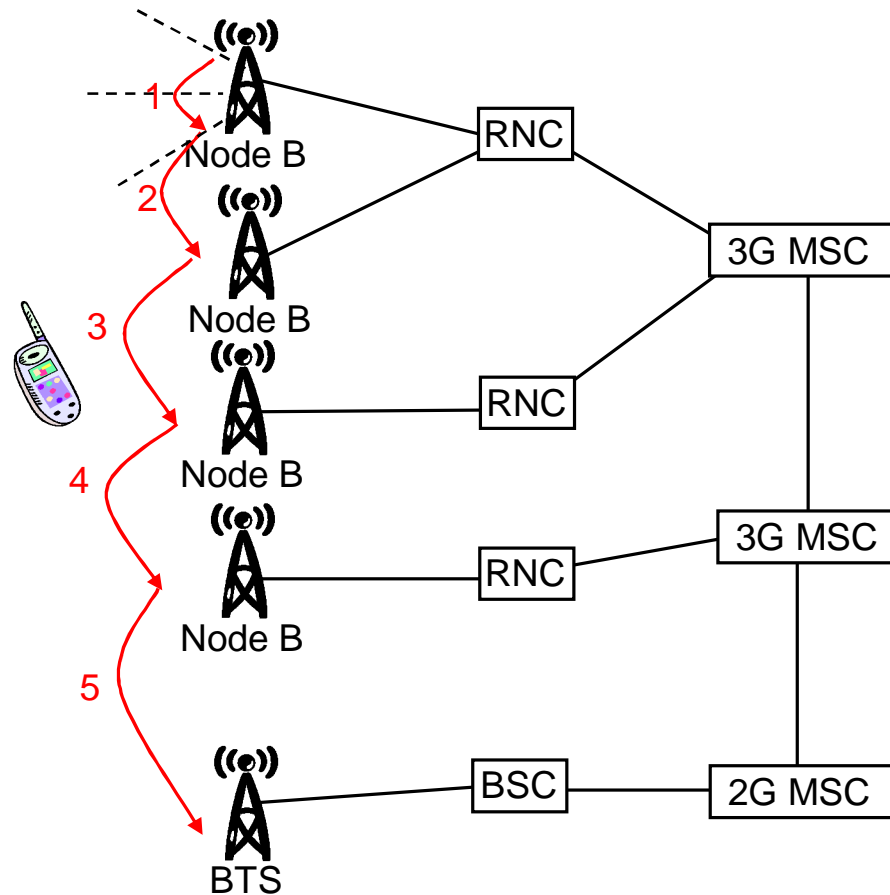


# UMTS puha átadás



- p** UMTS: puha átadás (soft handover)
  - n** egyszerre több bázisállomással tart fenn kapcsolatot
  - n** max. 3-mal egy időben
  - n** a le irányú adatot minden bázisállomás sugározza (ugyanazt), a mobil így többször is megkapja
    - p** az egyik adótól érkezett és esetlegesen elveszett információ így más forrásból pótolható
  - n** a fel irányú adatot minden bázisállomás veszi (ugyanazt)
    - p** a hálózat összerakja a különböző bázisok által vett adatot, így egy esetleges adatvesztés az egyik cellában könnyen korrigálható a többiben vett adatokkal
  - n** ez az állapot viszonylag sokáig is tarthat
- p** Azért is fontos a redundancia, mert épp a cella legszélén vagyunk, ilyenkor a legrosszabb a vétel
  - n** igaz, ez némi sáv szélesség-pazarlással jár (redundáns adás lefele irányba)
- p** Mindezt a kódosztás teszi lehetővé:
  - n** azonos a frekvencia a szomszédos cellákban

# UMTS átadási típusok



1. Node B-n belül, szektorok (cellák) között (intra-Node B)
  2. Inter-Node B, Intra-RNC
  3. Inter-RNC, Intra-3G MSC
  4. Inter-3G MSC
  5. 3G→2G  
(2G→3G nem olyan kritikus)
- puha vagy kemény
- csak kemény

# UMTS teljesítményszabályozás



- p Nem tökéletes az alkalmazott keverő kód ortogonalitása
- p Emiatt más egy adott mobil eszköz jelét figyelve a bázisállomáson a többi mobil jele zajként jelentkezik
- p Ezért az kell, hogy minden mobil jele kb. egyforma teljesítménnyel érkezzon a Node B-hez
  - n különben az erősebb jel elnyomja az összes gyengébbet
- p Megoldás: Node B felszólítja a mobil eszközt a teljesítmény növelésére/csökkentésére
- p 1500/sec gyakorisággal(!)
  - n Különben pl. egy épület mögül előbukkanó, eddig erősen adó eszköz tönkretenné az egész cella kommunikációját
- p GSM-ben is van ilyen:
  - n telep kímélésére, élettani kockázat csökkentésére
  - n más, távoli de azonos frekin üzemelő cellákkal való interferencia elkerülésére
  - n 2/sec gyakorisággal (!)

# Teljesítményszabályozás puha átadásnál



- p A mobil eszköz a puha átadásban lévő Node B-ktől különböző parancsokat kaphat: teljesítmény csökkentése / szinten tartása / növelése
- p Mit tegyünk??
- p Az alkalmazott szabály:
  - n Ha bárki csökkentésre utasítja, csökkent
  - n Amúgy, ha bárki szinten tartásra utasítja, szinten tart
  - n Amúgy növel
- p Az ötlet: minimális teljesítménnyel adni, hogy ne tegyük egy cellában sem tönkre a kommunikációt.
  - n Viszont a fenti algoritmusból következik, hogy legalább egy cellában a teljesítmény elégséges lesz.

# UMTS cellalégzés

---



- p Több felhasználó egy cellában
- p → nagyobb „háttérzaj”
  - n hisz nem tökéletesen ortogonálisak a keverő kódok
- p → kisebb cella használható csak effektíven
  - n a távol lévő állomások kirekesztődnek
- p ⇒ a cella mérete változik a forgalomtól függően
  - n a cella „lélegzik”
- p megnehezíti a cellatervezést

# HSPA



- p HSPA (High-Speed Packet Access, nagy sebességű csomagkapcsolt hozzáférés)
- p UMTS továbbfejlesztése nagyobb adatsebességek felé
- p 2 protokoll közös neve:
  - n HSDPA (High Speed Downlink Packet Access, nagy sebességű csomagkapcsolt letöltési hozzáférés)
    - p akár 14 Mb/s
  - n HSUPA (High Speed Uplink Packet Access, nagy sebességű csomagkapcsolt feltöltési hozzáférés)
    - p akár 5,76 Mb/s
- p Az UMTS része, annak részben továbbfejlesztése
  - n 3,5G néven is emlegetik
  - n Nem minden 3G képes mobil végberendezés tudja

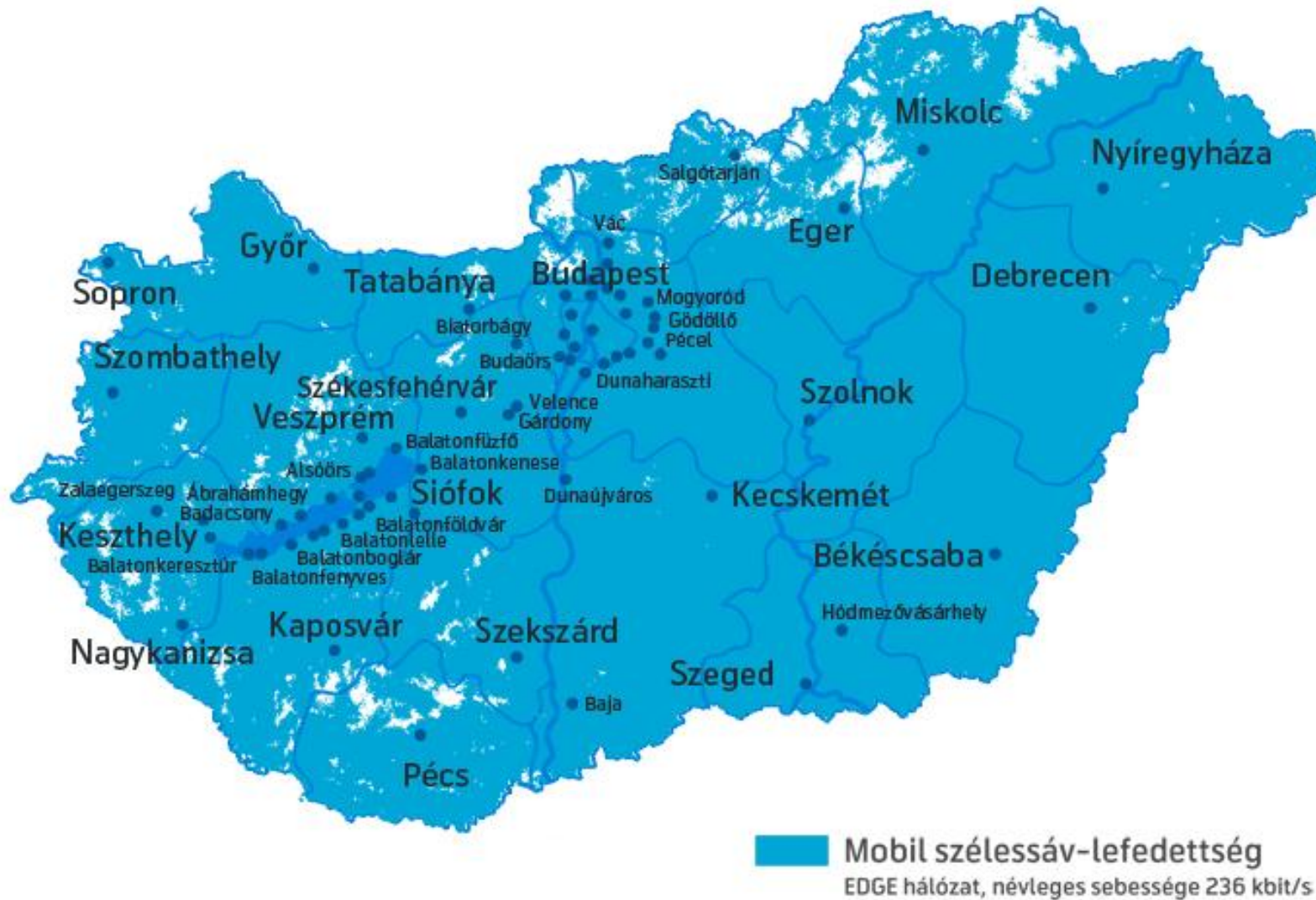


# HSPA



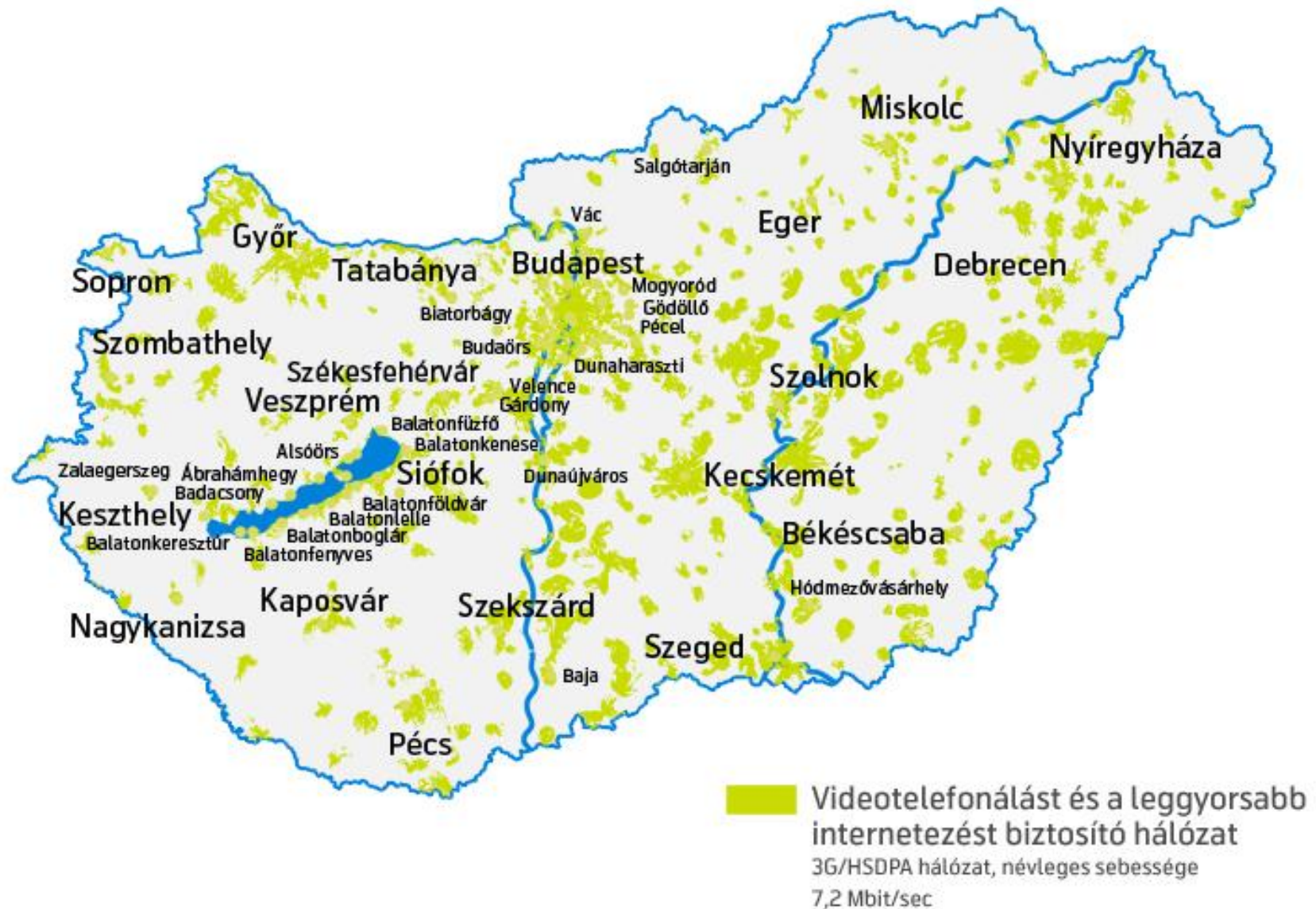
- p A következő lépés: HSPA+
  - n elvi max 42 Mb/s le, 22 Mb/s fel
  - n Ezt követi majd az LTE (Long Term Evolution)
  
- p Ma Magyarországon nagy területen elérhető:
  - n letöltés max. 14 Mb/s
  - n feltöltés max. kb 2 Mb/s
  - n 14 Mb/s csak kevés helyen (a végberendezésnek is tudnia kell)
  - n amúgy 7,2 Mb/s vagy alacsonyabb (3,6) a max. sebesség
  - n a gyakorlatban tipikus a max. 1-6 Mb/s letöltési sebesség
  - n mindez nem túl drágán, ráadásul mobil
- p ajánlott olvasmány: <http://index.hu/tech/3gtura3/>
  - n T-Mobile: HSPA+ néhány helyen
    - p friss hír: 2010. szept. 28.
    - p pár kerület, pár kisebb település
    - p elvi max: 21 Mb/s le
    - p gyakorlatban: 10-13 Mb/s le, 2,5-3 Mb/s fel
    - p Elsősorban teszt célra, de ügyfelek számára is elérhető
  - n Vodafone HSPA+ teszt:
    - p 2010 február óta
    - p csak a belváros egy kis részén

# Lefedettség: Telenor: EDGE



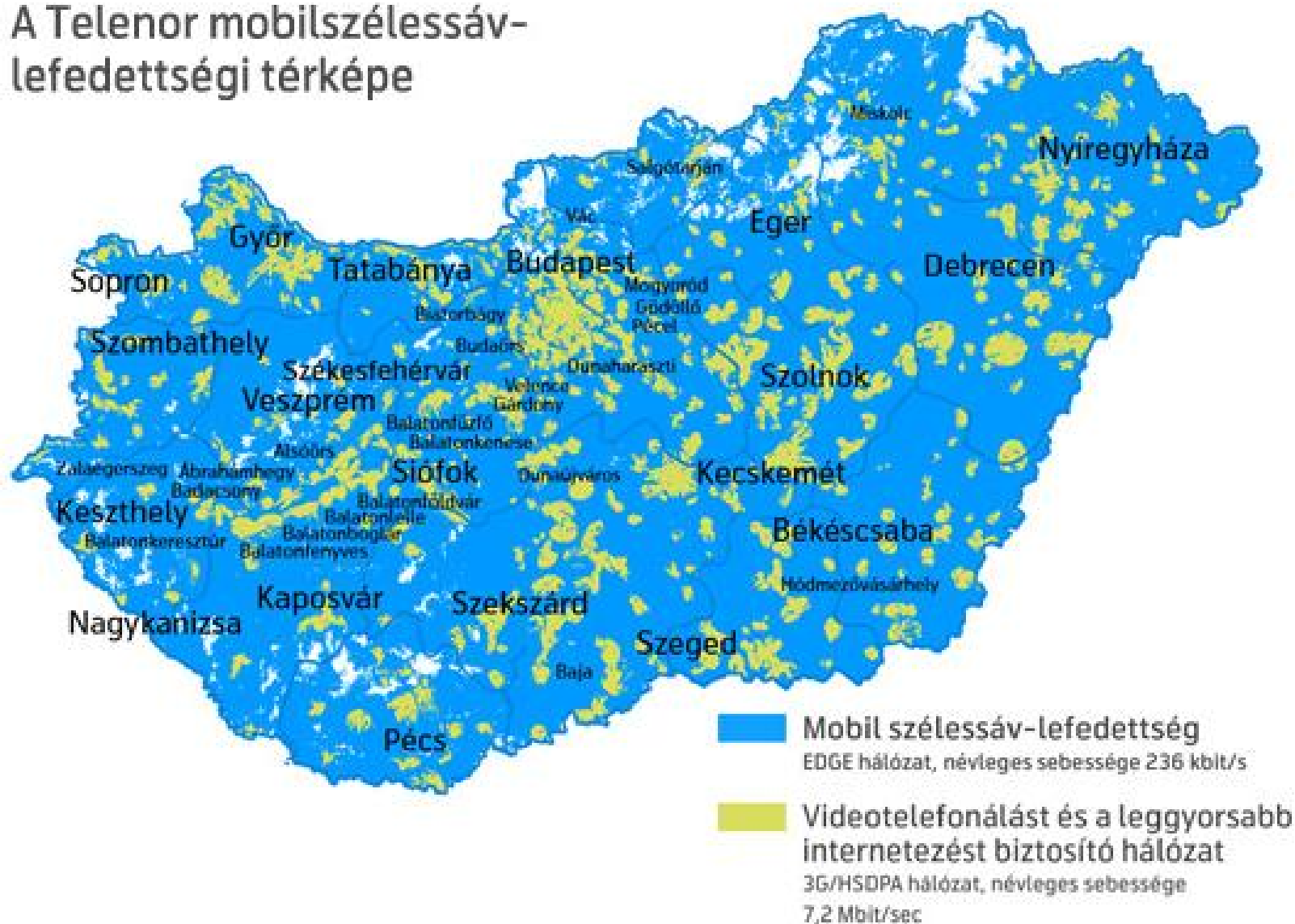


# Lefedettség: Telenor: UMTS/HSDPA



# Lefedettség: Telenor: EDGE, UMTS/HSDPA

A Telenor mobilszélessáv-lefedettségi térképe



# Lefedettség: Telenor: UMTS/HSDPA



# Lefedettség: T-Mobile, GSM



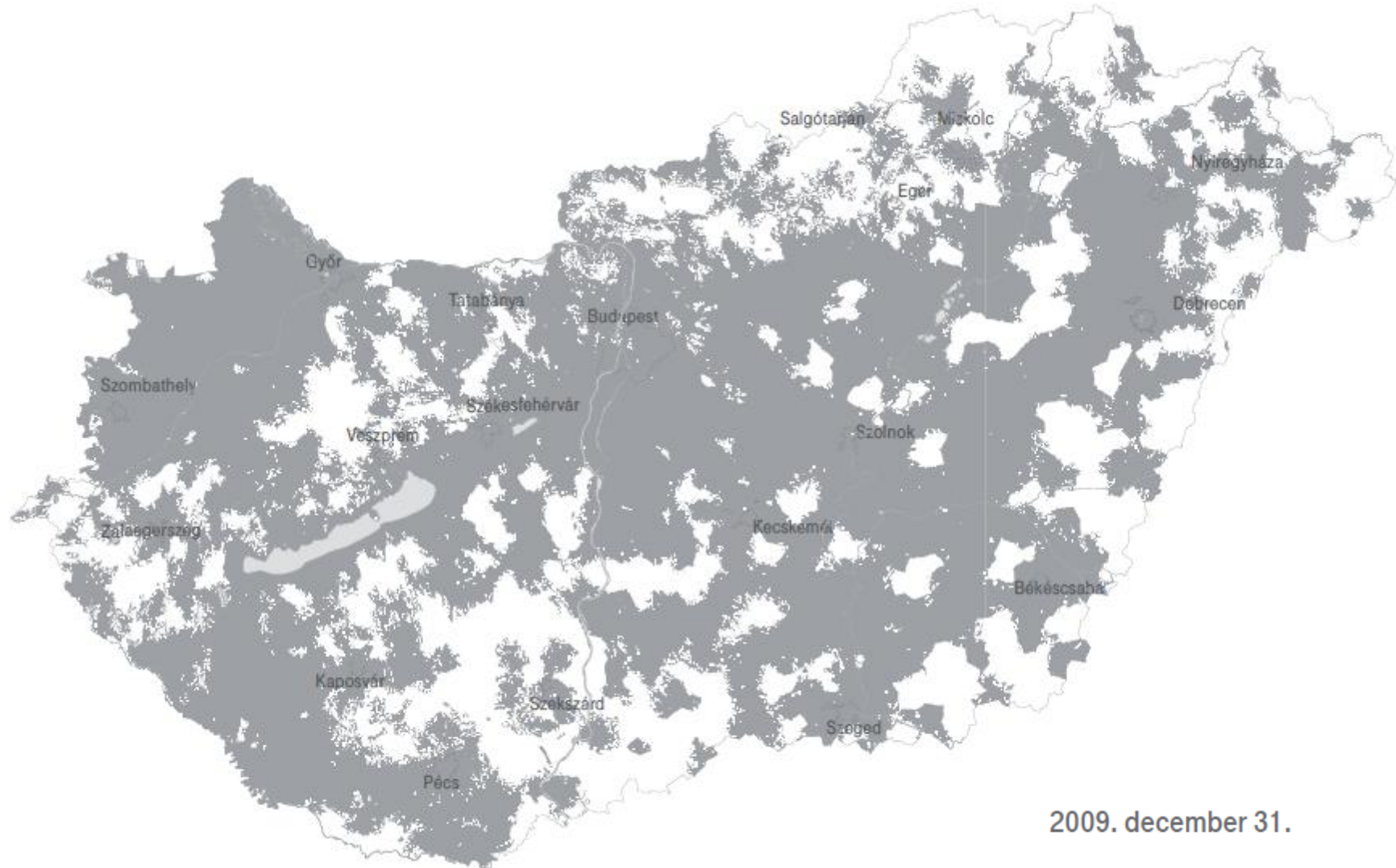
2008. július 30.

sötét: beltéri lefedettség, világos: kültéri lefedettség, fehér: nincs lefedettség



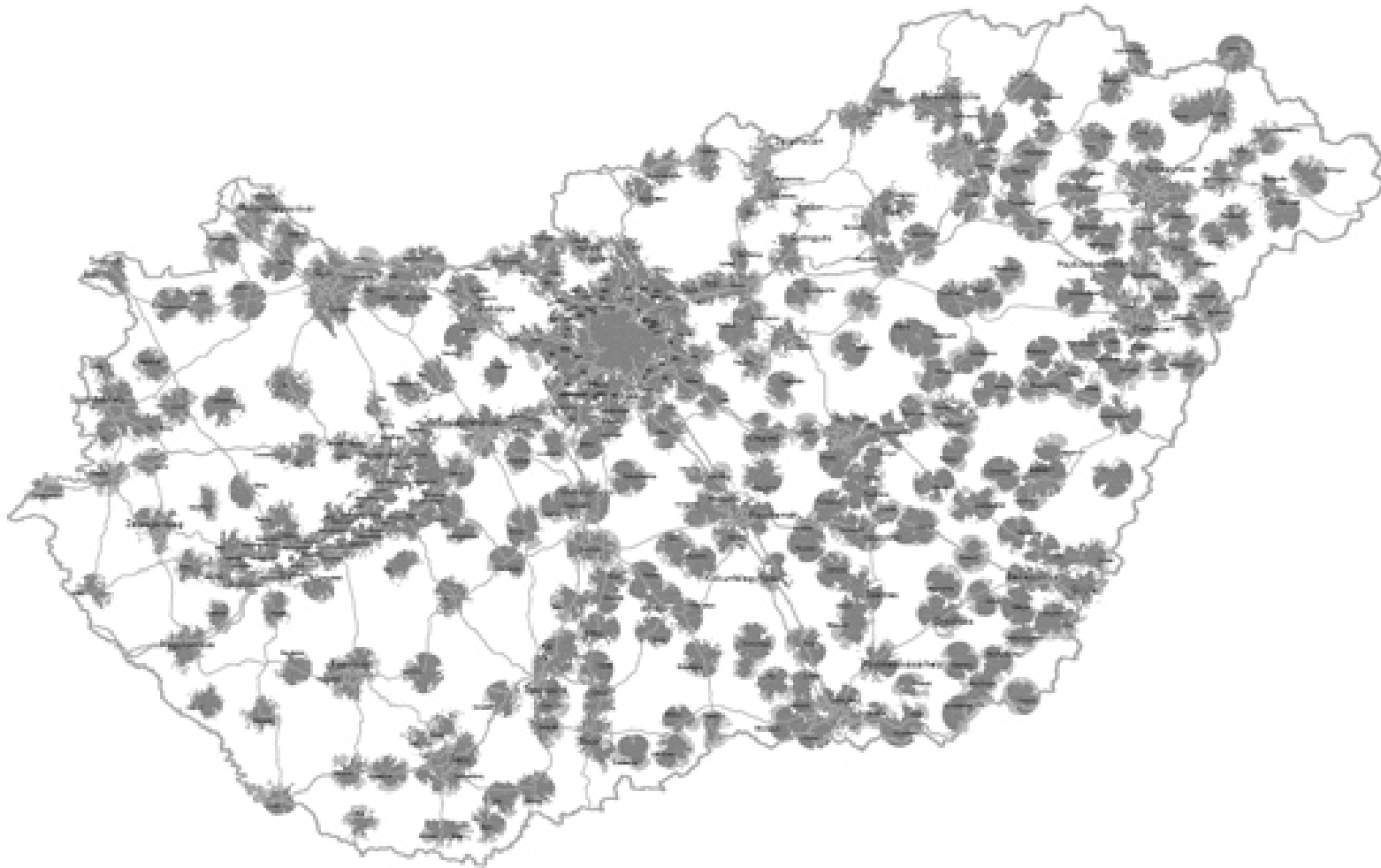
# Lefedettség: T-Mobile, EDGE

---



# Lefedettség: T-Mobile, UMTS/HSPA

2009. december 31.





# Lefedettség: Vodafone, GSM





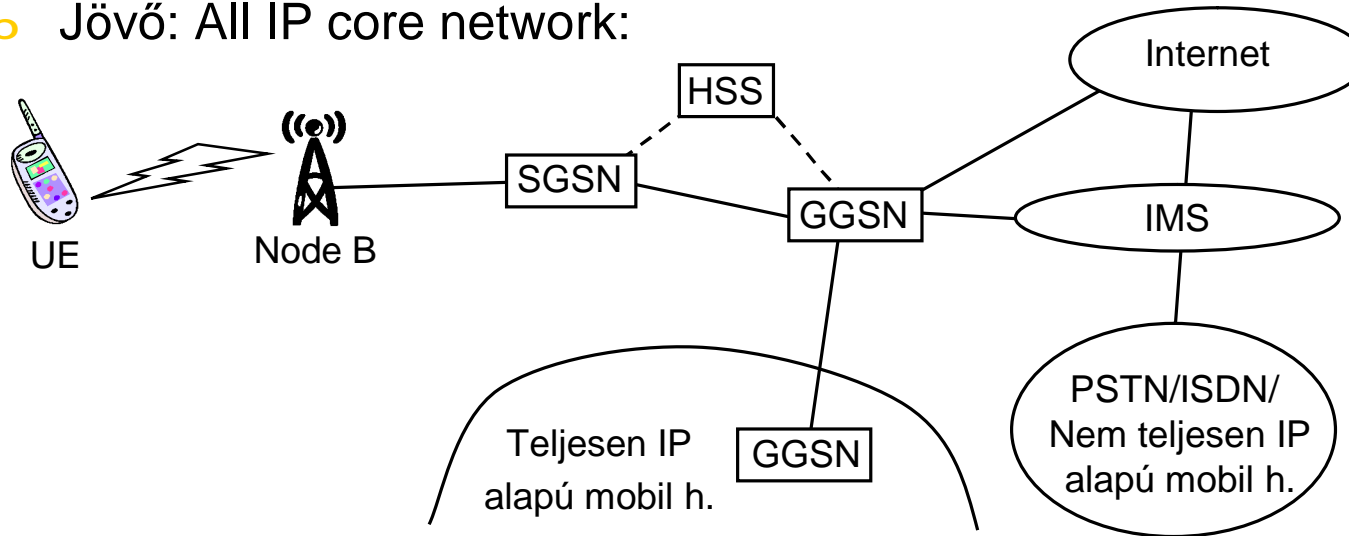
# Lefedettség: Vodafone, UMTS





# A közeljövő: teljesen IP alapú UMTS gerinch.

- p Jelenlegi UMTS gerinc: ATM
- p Jövő: All IP core network:



- p HSS: Home Subscriber Server (honos előfizetői szerver):
  - n HLR, VLR, stb. együtt
- p IMS: IP Multimedia Subsystem (IP multimédia alrendszer)
  - n alkalmazásszerverek
    - p pl. MMS, video on demand, konferenciabeszélgetés, stb.
    - p átjáró más hálózatok felé
      - § adatformátum konverziók
      - § jelzések konverziója

# LTE



- p A következő lépés: LTE (Long Term Evolution, „hosszú távú fejlődés”)
  - n Ez lesz a 4G
  - n Friss szabvány
  - n Letöltés akár 100 Mb/s, feltöltés akár 50 Mb/s
    - p (szabvány szerinti max: 326/86 Mb/s, 20 MHz-es tartományt használva)
  - n Késleltetés 5 ms alatt
  - n Teljesen átdolgozott rádiós hálózati rész
    - p OFDM moduláció, több antenna egy eszközben (MIMO)
  - n Teljesen IP alapú gerinchálózat
    - p kicsit más építőelemekből, mint az előző dián
  - n Jelenleg az első berendezések tesztjei zajlanak
  - n Nyilvános szolgáltatás 2010-2013 körül várható több szolgáltatónál

# Mobil távközlő hálózatok



p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



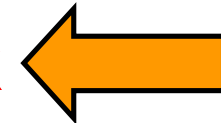
p Első generációs mobiltelefon-hálózatok



p GSM (2G) 

p UMTS (3G) 

p **Műholdas mobil információközlő hálózatok**



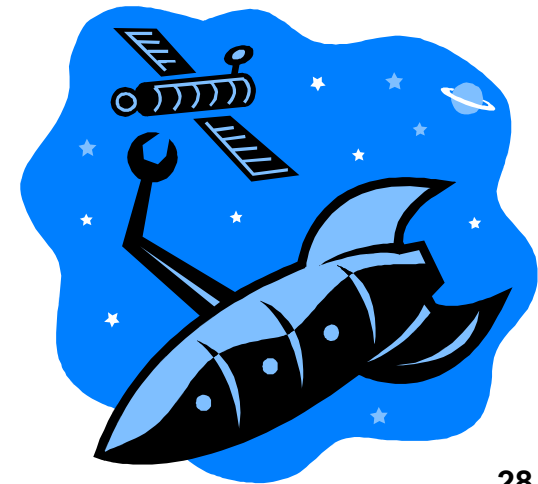
p Mobil, zárt célú hálózatok



# Műholdas mobil információközlő hálózatok

---

- p „Bázisállomás” a műholdon
- p Előny:
  - n nagy földfelszíni lefedettség
- p Hátrány:
  - n drága
  - n nagyobb késleltetés
  - n nagyobb teljesítmény



# Műholdas mobil inf.közlő hálózatok

---

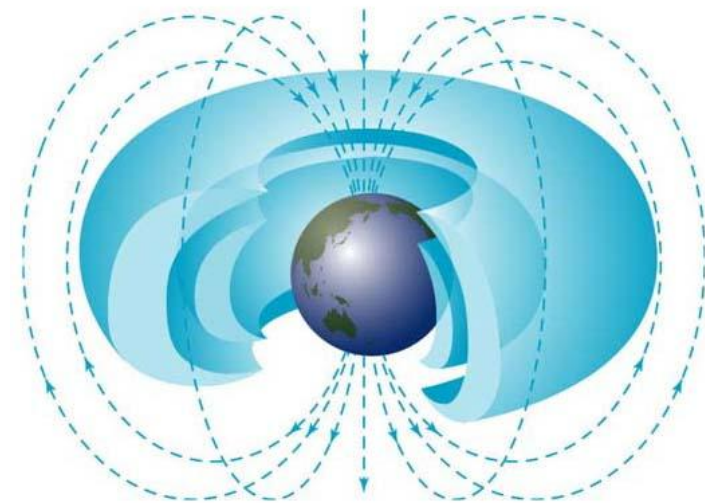


- p Hálózattípusok:
  - n SzhH és TH is
- p Hálózatrészek
  - n Gerinchálózat
    - p rögzített állomások, nagy sebesség
  - n Hozzáférési hálózat
    - p mozgó állomások, kisebb sebesség
    - p ezt nézzük most

# Műholdpályák



- p Pálya alakja:
  - n kör
  - n ellipszis (egyik gyújtópontban a Föld)
- p Pályamagasság
  - n „elvileg” „bármilyen”
  - n azonban:
    - p légkörön kívül kell: az fékezne
      - § nem hirtelen ér véget, nehéz meghatározni a tetejét (pedig ez jogilag is érdekes lehet)
      - § kb 100 - 1000 km
    - p van Allen sugárzási övek
      - § elektromosan töltött részecskékből
      - § belső: 3200 km körül (proton)
      - § külső: 15.000-19.000 km körül (elektron)
    - p túl nagy magasság felesleges



# Műholdpályák

---



p 3 főbb műholdmagasság:

p LEO:

n Low Earth Orbit, alacsony magasságú pálya

n 400 - 1500 km (a Földfelszínhez képest)

p MEO:

n Medium Earth Orbit, közepes magasságú pálya

n 5000 - 13.000 km

p GEO:

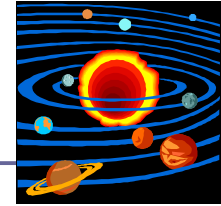
n Geostationary Earth Orbit,  
geostacionárius pálya

n egyenlítő felett, csak egy ilyen pálya!

n a műhold szögsebessége egyezik a Föld forgási sebességével:  
mindig az egyenlítő ugyanazon pontja felett látszik

n 35.785 km (kb.= 36.000 km)

# A geostacionárius műholdpálya (kiegészítés)



$$G = m \cdot a \quad (\text{Newton II. törvénye})$$

$$a = a_{cp} = \frac{v^2}{r} \quad (\text{centripetális gyorsulás egyenletes körmozgásnál})$$

$$G = \frac{mM}{r^2} g \quad (\text{gravitációs erő})$$

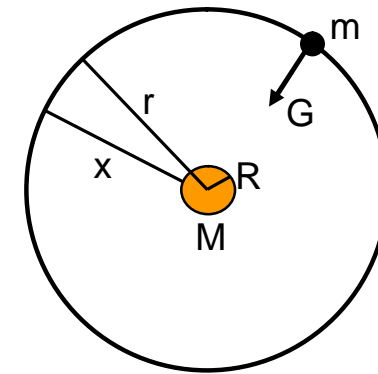
$$v = r \cdot \omega \quad (\text{sebesség, szögsebesség})$$

$$x = r - R \quad (x: \text{Föld feletti magasság, } R: \text{Föld sugara})$$

$$\Rightarrow x = \sqrt[3]{\frac{Mg}{\omega^2}} - R$$

$$M \approx 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}, \quad g \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}, \quad \omega \approx 2\pi / 24 \text{ óra} \approx 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ 1/s}, \quad R \approx 6378 \text{ km}$$

$$x \approx 35800 \text{ km}$$





# Műholdpályák

---



**p** Magasabb pályák előnyei:

**n** kevesebb műhold elég

**p** Magasabb pályák hátrányai:

**n** nagyobb késleltetés

**n** nagyobb csillapítás, nagyobb teljesítmény kell

**p** GEO ezeken felül:

**n** nem kell antenna követés

**n** nincs műholdváltás

**n** de: sarkok nem fedhetőek le

- p International Maritime Satellite  
Telecommunication, nemzetközi tengerészeti műholdas rendszer
  - n 1979 óta
  - n később szárazföldi is
- p 4 db GEO műhold, globális lefedés
- p Különbféle végberendezések, de általában nem kézben hordozhatóak
  - n Beszédátvitel
  - n Adatátvitel: max. 492 kb/s



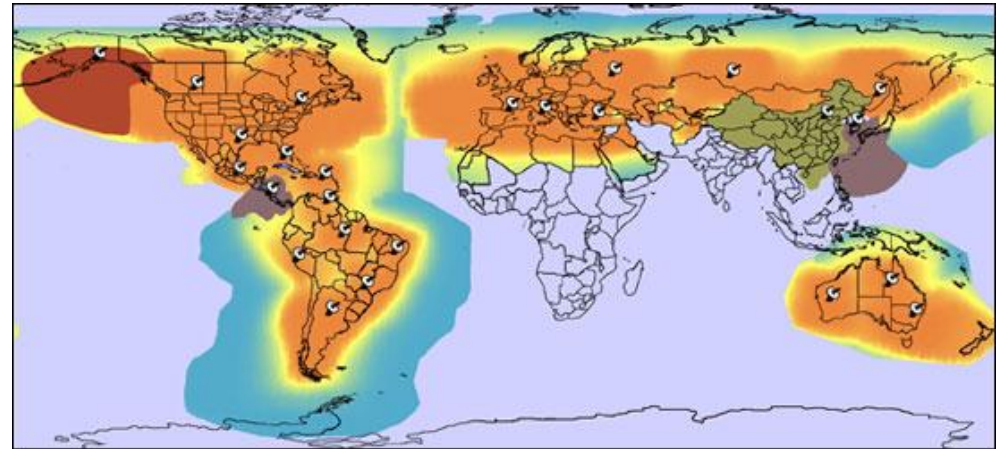
# Iridium



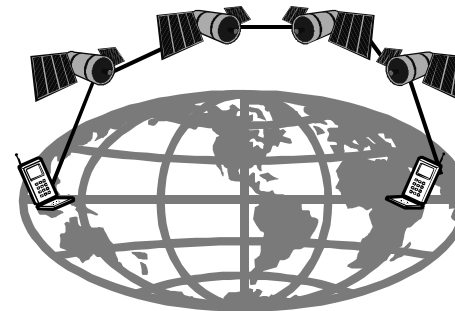
- p Kézi készülékek, elsősorban beszédátvitelre
  - n Adatátvitel: 2,4 kb/s
- p 66 db műhold
  - n eredetileg: 77 -- irídium, 66: diszprózium
  - n globális lefedettség
- p 780 km: LEO
- p 2000. március (másfél év után): csőd
  - n földi hálózatok túl gyorsan fejlődtek, rossz marketing
  - n egy év után, Pentagon segítségével újra üzemben
- p Rádiócsillagászatot zavarja
  - n OH molekulák emissziós frekvenciája melletti fr.



- p Kézi készülékek, elsősorban beszédátvitelre
  - n Adatátvitel: 9,6 kb/s
- p 48 műhold
- p 1414 km -- LEO
- p A kézi készülékek ha lehet, földi rendszert (pl. GSM) használnak
  - n ha nem, akkor a műholdast
- p Nincs műhold-műhold kapcsolat:



**Globalstar**



**Iridium**

- p Jelenleg gyengélkedik a műholdak egy része, újat várhatóan 2009. második felében lőnek fel (?)

# Thuraya



- p 2001-
- p GSM/műholdás átkapcsolás
- p Kézi készülékek, elsősorban beszédátvitelre
  - n Adatátvitel: 9,6 kb/s, max 144 kbps -- csomagkapcsolt
- p 1 db GEO műhold!!!
- p központ: Egyesült Arab Emirátusok
  - n 99 országot fed le



# Mobil távközlő hálózatok

---

p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



p Első generációs mobiltelefon-hálózatok



p GSM (2G)



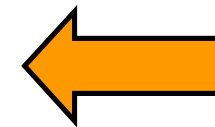
p UMTS (3G)



p Műholdas mobil információközlő hálózatok

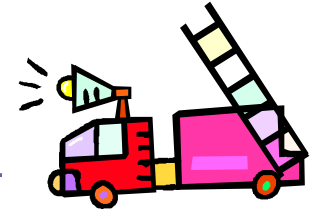


p Mobil, zárt célú hálózatok



# Mobil, zárt célú hálózatok

---



- p Készületi szolgálatok részére: tűzoltók, rendőrség, mentők, katasztrófavédelem, stb.
- p (Részben professzionális polgári alkalmazások, pl. szállítmányozás)
- p Megnövelt igények a GSM-mel szemben:
  - n kisebb hívásblokkolás
  - n híváspriorítások (fontos hívások megszakíthatják a kevésbé fontosakat)
  - n diszpécshívás
  - n csoporthívás (automatikus fogadás és kihangosítás)
  - n nagy megbízhatóság
  - n nagy adatbiztonság

# Mobil, zárt célú hálózatok

---



Hazánkban is alkalmazott megoldás:

- p TETRA (Terrestrial Enhanced Trunked Radio, földfelszíni emelt szintű trónkölt rádió):
  - n A Motorola és a Nokia megoldása. Ez bizonyult a legjobbnak.
  - n 380-400 MHz
  - n 2005. okt. 17. Az Egységes Digitális Rádiótávközlő Rendszer (EDR) tendert megnyeri a T-Com/T-Mobile (+EADS Secure Networks, Nokia Tetra jogutódja)
  - n 2006. december: működő országos hálózat

