

# GSM RÁDIÓS INTERFÉSZ

- Közeghozzáférés: TDMA/FDMA/FDD
- Frekvenciaosztás: 200 kHz -es sávok
- Időosztás: egy-egy vivőn nyolc időrés
- Duplexitás: uplink és downlink kommunikációs irány frekvenciában elválasztva

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

GSM frequency bands						
GSM band	$f$ (MHz)	Uplink (MHz) (mobile to base)	Downlink (MHz) (base to mobile)	Channel numbers	Equivalent <a href="#">LTE band</a>	Regional deployments
<b>T-GSM-380</b> <sup>[a]</sup>	380	380.2 – 389.8	390.2 – 399.8	dynamic	?	None
<b>T-GSM-410</b> <sup>[a]</sup>	410	410.2 – 419.8	420.2 – 429.8	dynamic	?	None
<b>GSM-450</b>	450	450.6 – 457.6	460.6 – 467.6	259–293	31	None
<b>GSM-480</b>	480	479.0 – 486.0	489.0 – 496.0	306–340	?	None
<b>GSM-710</b>	710	698.2 – 716.2	728.2 – 746.2	dynamic	12	None
<b>GSM-750</b>	750	777.2 – 792.2	747.2 – 762.2	438–511	?	None
<b>T-GSM-810</b> <sup>[a]</sup>	810	806.2 – 821.2	851.2 – 866.2	dynamic	27	None
<b>GSM-850</b>	850	824.2 – 848.8	869.2 – 893.8	128–251	5	CALA, <sup>[b]</sup> NAR <sup>[c]</sup>
<b>P-GSM-900</b> <sup>[d]</sup>	900	890.0 – 915.0	935.0 – 960.0	1–124	?	None
<b>E-GSM-900</b> <sup>[e]</sup>	900	880.0 – 915.0	925.0 – 960.0	0–124, 975–1023	8	APAC, <sup>[f]</sup> E MEA <sup>[g]</sup>
<b>R-GSM-900</b> <sup>[h]</sup>	900	876.0 – 915.0	921.0 – 960.0	0–124, 955–1023	?	None
<b>T-GSM-900</b> <sup>[a]</sup>	900	870.4 – 876.0	915.4 – 921.0	dynamic	?	None
<b>DCS-1800</b> <sup>[i]</sup>	1800	1710.2 – 1784.8	1805.2 – 1879.8	512–885	3	APAC, <sup>[f]</sup> E MEA <sup>[g]</sup>
<b>PCS-1900</b> <sup>[i]</sup>	1900	1850.2 – 1909.8	1930.2 – 1989.8	512–810	2	CALA, <sup>[b]</sup> NAR <sup>[c]</sup>

- Korábban csak 7 sáv: P-, E-, R-GSM, DCS-1800, PCS-1900, GSM-850, GSM-450
- GSM-450 a gyakorlatban nem használt, különlegessége, hogy NMT hálózatokkal együtt is működhet

A számonkéréseken ezt a táblázatot nem kérdezzük

- Keret felépítés:
  - 1 keret = 8 kb. 577  $\mu$ s-os (v. 16 fele hosszúságú) időrés/normál börszt, kb. 4,615 ms
  - 1 multikeret:
    - TCH/F: 26 keret      120 ms
    - BCCH: 51 keret      235.36 ms
  - 1 szuperkeret:                      6.12 s
    - TCH/F: 51 multikeret
    - BCCH: 26 multikeret
      - a szuperkeretek már egyenlő időtartamúak
  - 1 hiperkeret:
    - 2048 szuperkeret, ami kb. 2,7 millió TDMA keret, ismétlődési periódusideje mintegy 3,5 óra!



# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

---

- FRAME NUMBER, KERET SORSZÁM: A SZINKRON MŰKÖDÉSHEZ SZÜKSÉG VAN RÁ (PL. TITKOSÍTÁS)
- LOGIKAI CSATORNATÍPUSOK:
  - a forgalmi csatornák (Traffic Channels - TCH) felhasználói adatokat visznek át
  - a vezérlőcsatornák (Control Channels - \*CCH) vezérlési, jelzésátviteli információkat továbbítanak

- Más csoportosítás:
  - dedikált csatornák: a mobil állomáshoz rendeltek annak aktív üzemmódjában - forgalmi és vezérlő csatornák
  - közös csatornák: a mobil készenléti (idle) üzemmódjában is használtak - vezérlő csatornák
- **FORGALMI CSATORNÁK:**
  - Feladatuk beszéd és adatforgalom továbbítása 26 keretes multikeret használatával, vagyis 26 TDMA keret szervezésben. Ebből 24 forgalmi, 1 az u.n. lassú dedikált vezérlőcsatorna (SACCH, lásd később), 1 használaton kívüli.

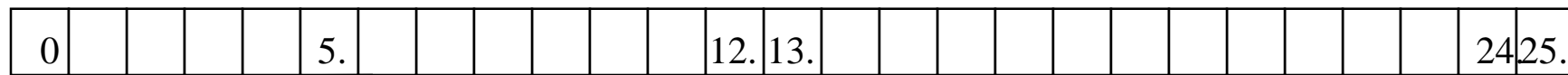
- Más csoportosítás:
  - Dedikált csatornák: a **mobil állomáshoz** rendelvek annak aktív üzemmódjában - forgalmi és vezérlő csatornák
  - Közös csatornák: a mobil készenléti (idle) üzemmódjában is használtak - vezérlő csatornák
- **FORGALMI CSATORNÁK:**
  - Feladatuk beszéd és adatforgalom továbbítása 26 keretes multikeret használatával, vagyis 26 TDMA keret szervezésben. Ebből 24 forgalmi, 1 az ú.n. lassú dedikált vezérlőcsatorna (SACCH, lásd később), 1 használaton kívüli.

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

## MULTIKERET IDŐTARTAMA 120 ms

0...11 keret: TCH

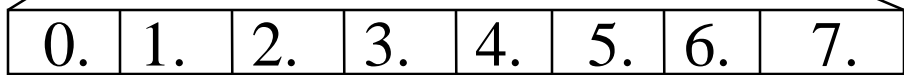
13...24. keret: TCH



SACCH

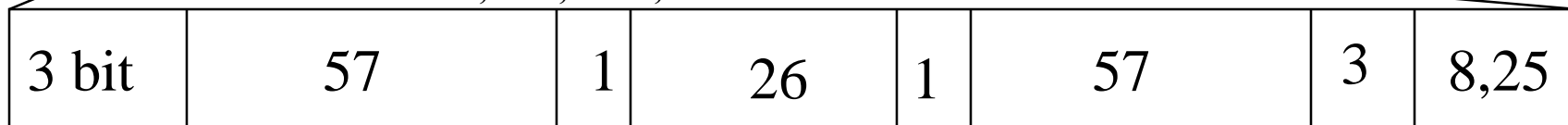
Nem használt

TDMA keret 60/13 ms



BÖRSZTÖK (időrészek)

Normál börszt, 156,25bit, 16/26 ms



Farok

Adat

Lopás  
flagbit

Lopás  
flagbit

Adat

Farok

Védő

A számonkéréseken nem kérdezzük





# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

---

- **BEÁLLÍTÓSOROZAT (26 bit)**
  - nyolc szabványos sorozat közül egy
  - bitszinkronizálás, de mivel a börszt közepén van, el kell tárolni a teljes börsztöt döntés előtt
  - erre annál is inkább szükség van, mert a többutas terjedés miatt kiegyenlítés is kell, ezt a beállító sorozat támogatásával végzik el
- **BELÉPŐ ÉS KIFUTÓ BITEK (3-3): állapotbeállítás**

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- Az egy mobilhoz tartozó uplink és downlink irányú forgalmi csatornák normál borsztjei között 3 bortsznyi szünet van, így az MS-nek nem kell egyszerre adnia és vennie (egyszerűbb elektronika, van idő az adás-vétel közötti átkapcsolásra)
- A teljes sebességű (FR, Full Rate) csatornák mellett szabványosítottak a félsebességűek (HR, Half Rate) is, ahol 16 borszt van a 8 helyett. A beszédkodek kész, de sehol nem vezették be.

- LOGIKAI CSATORNÁK:

- FORGALMI CSATORNÁK:

- Bm, TCH/F teljes sebességű (br. 22,8 kb/s - lásd kodeknél)
- (Lm, TCH/H félsebességű forgalmi, bruttó 11,4 kb/s, nem valósult még meg)

A mindenkori nettó sebesség a redundancia mértékében kisebb a bruttónál (hibavédelem, csatornakódolás)

- Beszédcsatornák: TCH/FS (13 kb/s),  
(TCH/HS 6,5 kb/s)

# Csatorna típusok

- Mindenkinnek szóló vezérlő: broadcast control channels
  - FCCH, Frequency Correction Channel, frekvenciakorrekciós csatorna: a mobil vevőjét a vivőfrekvenciához hangolja, és
  - SCH, Synchronization Channel, szinkronizáló csatorna, a keretszerkezet szinkronizációjára, hálózat és BTS azonosító, mindkettő downlink és közös
  - BCCH, Broadcast Control Channel, üzenetszóró vezérlőcsatorna (downlink, közös): folyamatos, rendszerinformációk, frekvenciakiosztás és frekvenciaugratási szekvencia információ

# Csatorna típusok

- közös vezérlőcsatornák
  - RACH, Random Access Channel, véletlen hozzá-férő csatorna, uplink, réselt ALOHA, közös
  - PCH, Paging Channel, hívócsatorna, MS felé irányuló híváskor, közös, downlink
  - AGCH, Access Grant Channel, hozzáférést biztosító csatorna: SDCCH kijelölése jelzéshez (RACH után), közös, downlink

# Csatorna típusok

- dedikált vezérlőcsatornák
  - SDCCH, kijelölt vezérlő csatorna (duplex, dedikált): autentikáció, regisztráció, TCH foglalás
  - FACCH, gyors társult vezérlőcsatorna (ellopás bitekkel, sürgős esetben), gyors vezérlés/jelzés, duplex, dedikált
  - SACCH, lassú társult vezérlőcsatorna, multi-keret 12-es kerete (mindig rendelkezésre áll), duplex, dedikált, telj. szab, mérések eredményei



- Logikai és fizikai csatornák megfeleltetése:
  - logikai csatorna  $\leftrightarrow$  időrés
  - BCCH-TRX : egy vivő, ahol a vezérlő információk mennek
  - általában ezen vivő 0 (és 1) időrésében, 51 keretes multikeret struktúrában
  - pl. FCCH: 0, 10, 20, 30, 40 sorszámú keret 0. időrésében, SCH: 1, 11, 21, 31, 41 keret 0. időrésében, BCCH: 2, 3, 4, 5 keret 0. időrésében; 50 keret után újból
  - SACCH és FACCH kivételével minden vezérlő csatorna itt
  - a BCCH-TRX többi időrése forgalmat szállít, 26 keretes multikeret formátumban (itt is minden 12 sorszámú keret SACCH)

A számonkéréseken ezt nem kérdezzük

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- **Börsztök/jelcsomagok fajtái:**
  - **Normál börszt (NB)**, információt továbbítanak a forgalmi és vezérlő csatornákon. 116 titkosított bitet visznek át, és 8,25 bit hosszú a védőidő (korábbi ábrán).
  - **Frekvenciakorrekciós börszt (FB)**, a mobil készülék frekvenciájának szolgáló FCCH csatornán, 3 bit farok, 142 fix bit, 3 bit farok, 8.25 bit védőidő; a 142 bit csupa nulla: modulálatlan vivő



# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- **Szinkronizáló börszt (SB)**, a mobil állomás időbeli szinkronizálására. 3 bit farok, 39 bit info, 64 bit szinkronizációs sorozat, 39 bit info, 3 bit farok, 8.25 bit védőidő, hosszú beállítósorozat, a TDMA keretsorszámot és a bázisállomás azonosító kódot (BSIC) továbbítja.
- **Elérési/hozzáférési börszt (AB)**: a védőidő 68,25 bit, 252  $\mu$ s (TA még nem ismert, ez elég 35 km-es BTS-MS távolságig). Uplink véletlen hozzáférés.
- **Kitöltő börszt (DB)**: C0 vivőfrekvencia minden időrésben, az MS felhasználja, valamint downlink adás üres börsztjeinek kitöltőjeként, formátuma a normál börszttel egyezik meg.

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

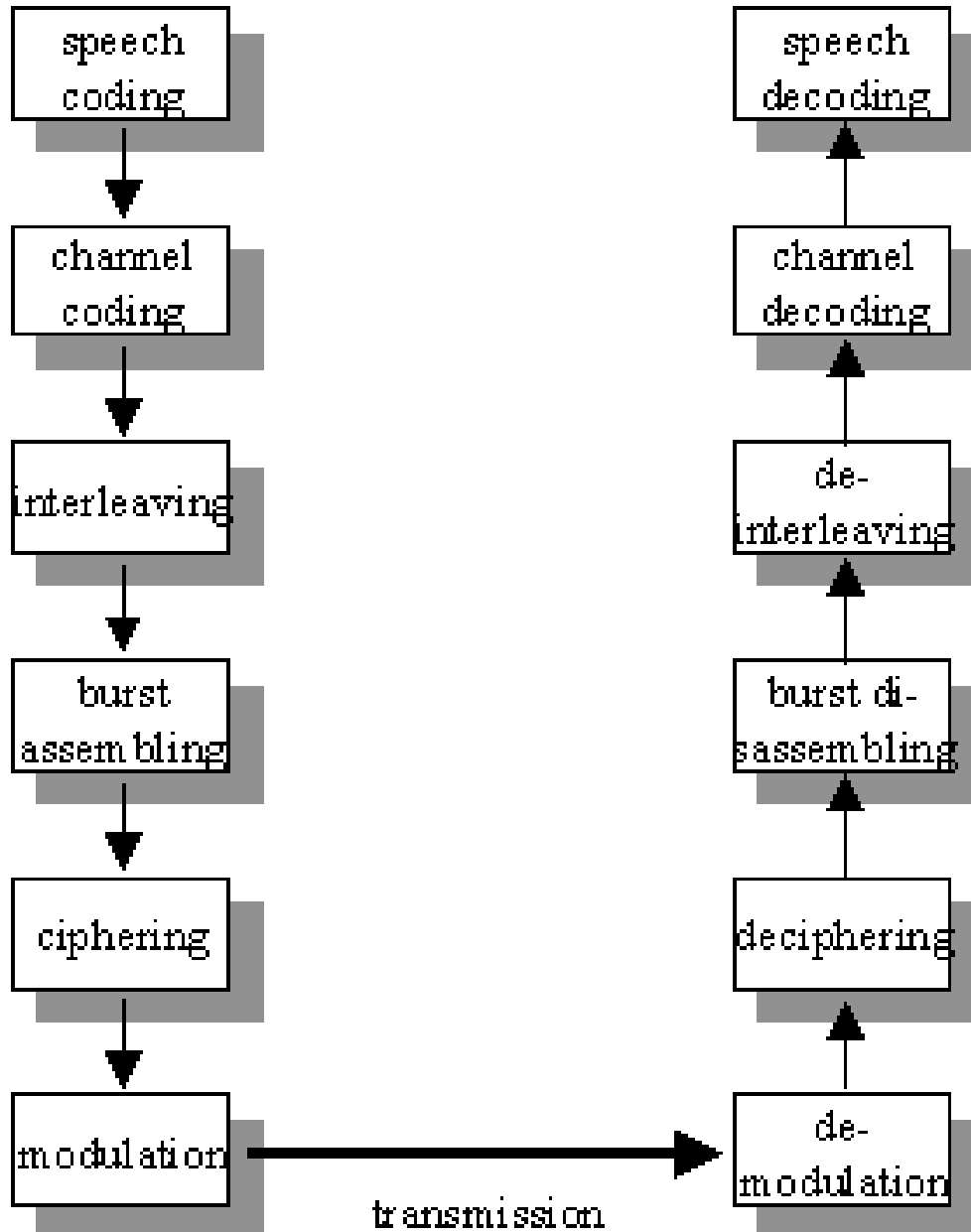
- IDŐZÍTÉS (ADÁSSIETTETÉS):
  - $TA = 2d/c$ , ahol  $d$  az MS-BTS távolság és  $c=300000\text{km/s}$
  - $TA/2$ -t érzékeli a BTS vevő, 480 ms-onként elküldi az MS-nek.
  - A nulla távolsághoz képest  $TA$ -val kell az MS-nek adnia a BTS vett időzítéséhez képest, hogy a borsztök helyes időben érkezzenek.
  - $d_{\max} = 35 \text{ km}$  mellett  $TA_{\max} = 233 \mu\text{s}$
  - A bitidő ( $3,69\mu\text{s}$ )  $0\dots 63$ -szorososa (6 bit), elvi pontossága  $\pm 0,5$  bitidő.



# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- **MODULÁCIÓ: GMSK BT=0.3**
  - CPFSK folytonos fázisú frekvenciakulcsolás, ahol  
„logikai nulla”  $\Leftrightarrow f_1$  frekvencia
  - „logikai egy”  $\Leftrightarrow f_2$  frekvencia
  - a nem létező vivő a kettő átlaga.
- MSK: a névleges vivőhöz képest egy bitidő alatt a fázistöbblet vagy fázishiány  $\pm\pi/2$  (negyed periódussal több, vagy kevesebb zajlik le, mint a vivővel lenne).

# A beszéd-től a rádióhullámig





# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- CSATORNAKÓDOLÁS BESZÉD
  - A beszédkódoló 20 ms-onként 260 bitet szolgáltat (13kb/s)
  - 50 bit „nagyon fontos” (type 1a) + 3 bit CRC
  - 132 bit „fontos” (type 1b) + 4 nulla (konv.kódoló)
  - 78 bit egyéb (type 2)
- 189 fontosból  $r=1/2$ ,  $k=5$  konv. kódoló  $\Rightarrow$  378 bit (+ a változatlan 78)  $\Rightarrow$  456 bit/20 ms = 22,8 kb/s
- $456 = 8 \times 57$ , ez nyolc félbörsztben megy át -> interleaving van, ezért nem kerül egy börsztbe
- Beszédkésleltetés =  $8 \times 4,615 \text{ ms} + 20 \text{ ms} = 57 \text{ ms}$

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- CSATORNAKÓDOLÁS KONTROLL
- 184 bites egységek + 40 bit CRC + 4 bit 0
- ez megy a konvolúciós kódolóba -> 456 bit
  
- adat TCH:
- 240 bites egység -> 240 bit blokk kódolás + 4 bit 0
- 244 -> 488 bit konvolúciós kódolás
- 32 bit törölve ( $C(11 + 15j)$  for  $j = 0, 1, \dots, 31$ ) -> 456 bit



# Interleaving

- **kontrol csatorna:** a 456 bitből 8 db 57 bites blokk: (0, 8, 16, ..., 448) bit, (1, 9, 17, ..., 449) bit, ... , (7, 15, 23, ..., 456) bit
- az első négy blokk bitjeit 4 börszt páros, a második négy blokk bitjeit ugyanazon 4 börsz páratlan pozíciójú bitjei viszik át
- **beszéd:** blokkok ugyanúgy, de az első 4 blokk bitjei 4 börsz páros pozícióira kerülnek, a következő 4 blokk bitjei a következő 4 börszt páratlan pozícióira
- **adat:** 16 db 24 bites, 2 -2 db 18, 12 és 6 bites blokk; ezek 22 ! börsztben szétosztva
- a két 6 bites ketrül az 1 és 22 börsztbe, a 12 esek a 2 és 21, a 18 asok a 3 és 20, börsztbe, a többi a többibe.  
Minden börszt 4 v. 5 adatblokkból visz adatot

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- A bejelentkezés folyamata (készzenléti állapotba jutás):
  - MS bekapcsolása(Hálózat keresése: saját, tárolt, engedélyezett)
  - Csatornák (vivőfrekvenciák) megmérése és jelszint szerinti rendezése
  - BCCH vivő-e?
  - Ha igen:
    - FCCH -t keres: beállítja a vevő oszcillátorát,
    - SCH-t keres, beállítja időalapját, időzítését, megvizsgálja a hálózatazonosítót, saját-e (ha nem, akkor a következő legnagyobb szintű BCCH-vivővel folytatja le a fenti folyamatot)



# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- A következő vizsgálat a helyzetre vonatkozik, azonos-e a legutóbbival (Location Area azonosító az SCH csatornán),
- ha igen: BCCH csatornán közöltek szerint egyéb paramétereket beállít (pl. frekvencia ugratási sorozat), innentől kezdeményezhet és fogadhat (készletlégi állapotba kerül) -> a PCH-t figyeli.
- Ha nem, akkor az MS forgalmaz a RACH-en: Location Update kérés
- BSC SDCCH-t jelöl ki
- MS átmegy az SDCCH-ra hitelesítésre és helyzetfrissítésre
- BS utasítja MS-t a SDCCH-n át a teljesítmény és időzítés beállítására, MS jelenti a BCCH-ek jelszintjét és jelminőségét és készletlégi állapotba megy át.

- A HÍVÁSFELÉPÜLÉS FOLYAMATA:
  - Mobil kezdeményez: RACH-en át
  - Mobil felé irányuló hívás esetén a LA-n belüli BS-ek en keresztül a rendszer értesíti az MS-t a BCCH vivőn levő PCH-en, amire az MS válaszol a RACH-en
  - Mindkét esetben a BS kijelöl egy SDCCH-t (ha van közben hitelesítés), vagy TCH-t (ha egyből mehet a hívás)
  - SDCCH esetén közbeiktatás: hitelesítés, hívásfelépítés és TCH kijelölés,
  - Menet közben: a BS utasítja SACCH-en az MS-t a teljesítmény és időzítés beállításra, MS jelenti a BCCH-ek szintjét és minőségét

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- Forgalmazás TCH-n át
- MS az SACCH-en jelenti a BCCH-ek szintjét és minőségét, BS utasítja MS-t a teljesítmény és időzítés (timing advance) beállítására
- A hívást az MS vagy a BS végezteti (bontja a kapcsolatot)
- AZ MS TELJESÍTMÉNYSZINT BEÁLLÍTÁSA
  - Ha a BS vett jelének szintje és minősége (BER) túl jó: szükségtelenül terheli az akkumulátort, szennyezi a teret (interferencia szint), ellenkező esetben túl rossz hibaarány. A szabályzás 2 dB-es lépcsőkben, a minimum 13 dBm (20 mW). (Downlink is lehetséges.).

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- DISZPERZIÓ KIEGYENLÍTÉSE
  - A többutas terjedés miatt a 26 bites börsztközepi beállítósorozat segítségével, az algoritmus nincs szabványosítva. A kívánt komponenst kell kinyerni a zavarók kivonásával. A csatorna szűrőmodelljének inverze elvileg.
- GYORS FREKVENCIAUGRATÁS (HOPPING)
  - Minden börszt számára más vivő, a szomszédos cellák működését is koordinálni kell (BSC koordinálja). Ha a távolság két időbeli szomszéd vivő között elég nagy ( $= n \times 200 \text{ kHz}$ ), akkor „frekvencia diverziti” hatás, azaz enyhe a frekvencia szelektív fading hatása.

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

- Rövid, véletlenszerű interferencia ütközés megengedhető a hibavédelem miatt, több frekvencia használható bázisállomásonként (a fűrtméret csökkenthető a frekvenciatervezéskor). Az ugratási algoritmust a BCCH-n át szórják
- SZAKASZOS ADÁS (DTX)
  - A beszélő fél az idő kb. 40%-ában beszél. Erre az időre van csak szüksége adásra,
    - de a süket háttér kérdése is megoldandó (emberi fül számára teljesen süket készülék a kapcsolat megszakadásának tűnik): kellemes háttérzajt (comfort noise) a névleges „vételi” oldalon kell a hangszóróba juttatni, paraméterei a SACCH-n át..
  - VAD, beszédaktivitás detekció: a beszéd és a háttérzaj is szétválasztandó! Beszédelvesztés v. kis hatékonyság.

# GSM RÁDIÓS JELLEMZŐK

---

- Eredmény: nagyfrekvenciás zavar szint és tápteljesítmény (akkumulátor!) csökken.
- SZAKASZOS VÉTEL
  - Az MS értesítésére használt PCH, hívócsatorna alcsatornákra osztható, a mobilnak csak a saját figyelésére kell bekapcsolnia (készenléti üzemmódban), különben gyakorlatilag nulla a tápfelvétele.