

Távközlő hálózatok és szolgáltatások

Mobiltelefon-hálózatok

Németh Krisztián

BME TMIT

2009. okt. 28.



Németh Eszter :)

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. Forgalmi követelmények, hálózatméretezés
- p 7. Jelátviteli követelmények, kodekek
- p 8. Jelzésátvitel
- p 9. Hálózati szolgáltatások (Henk Tamás)
- p 10. Gerinchálózati technikák (Cinkler Tibor)
- p 11. Távközlő rendszerek telepítése és üzemeltetése (Cinkler Tibor)

Mobil távközlő hálózatok

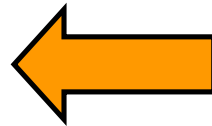
p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



p Első generációs mobiltelefon-hálózatok



p **GSM (2G)**



p UMTS (3G)



p Műholdas mobil információközlő hálózatok



p Mobil, zárt célú hálózatok



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



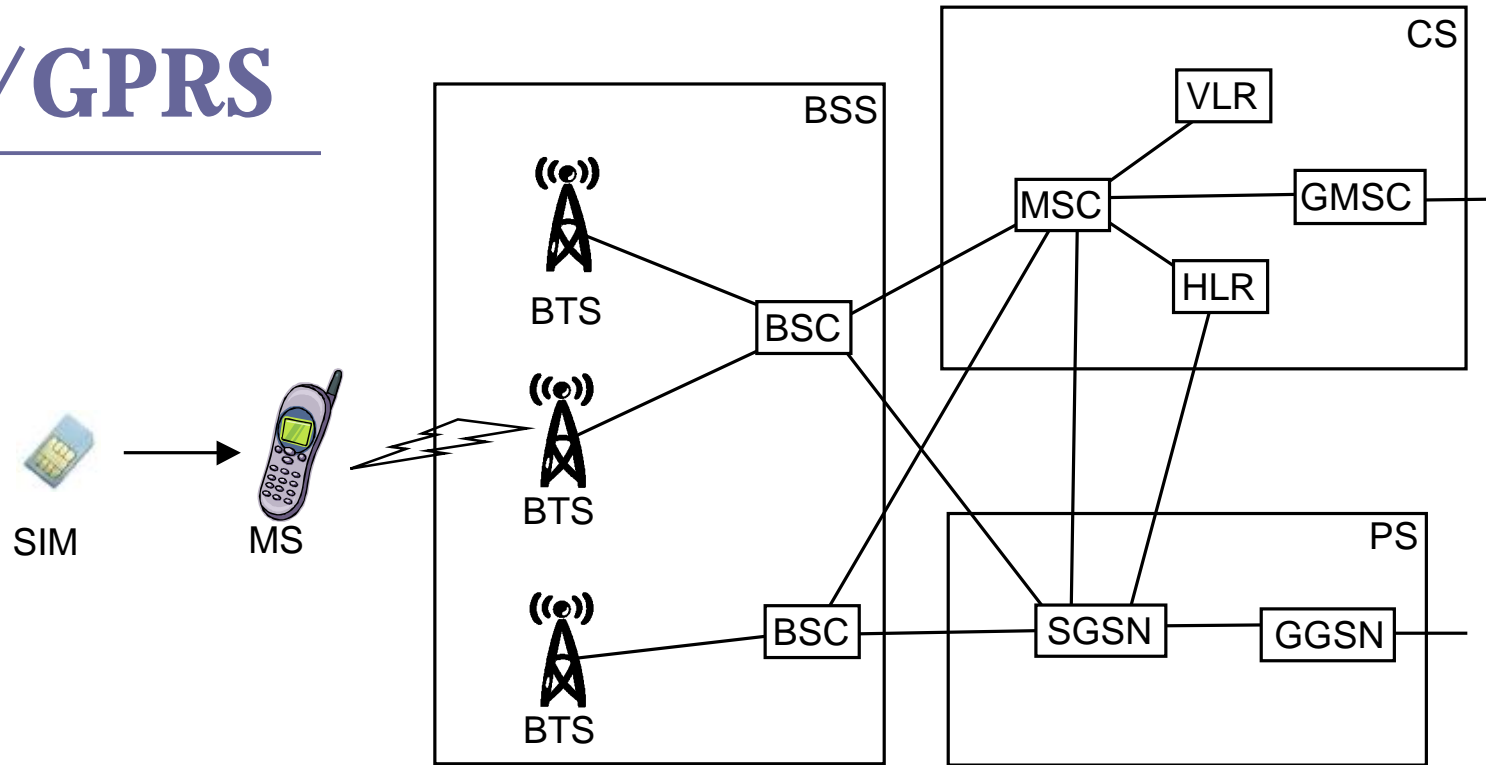
- p** EMS (Enhanced Messaging Service, kibővített üzenetküldő szolgáltatás)
 - n** egyszerűbb képzüzenetek is
- p** MMS (Multimedia Messaging Service, multimédia üzenetküldő szolgáltatás)
 - n** multimédia üzenet: kép, írott szöveg, hang együtt
 - n** 2002-től elérhető szolgáltatás
- p** WAP (Wireless Application Protocol, vezeték nélküli alkalmazás protokoll)
 - n** leegyszerűsített Web-szerű alkalmazás
- p** Helymeghatározás
 - n** viszonylag pontatlan, de pl. meg lehet segítségével mondani, hogy hol van a felhasználóhoz közel egy bankautomata

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

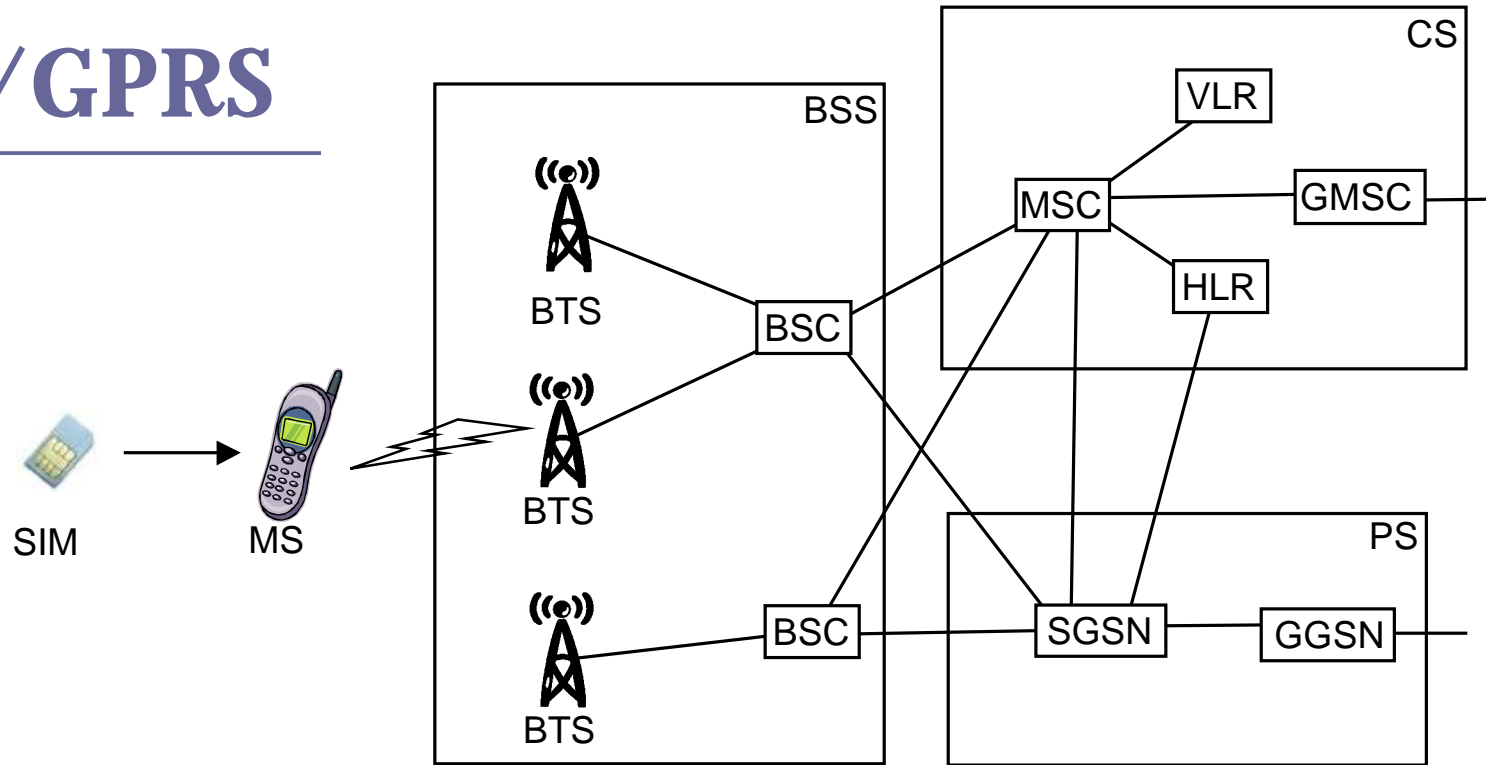
MSC: Mobile Switching Center, mobil kapcsolóközpont

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 ezért rosszabb jel/zaj viszony
 - p 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

EDGE modulációk

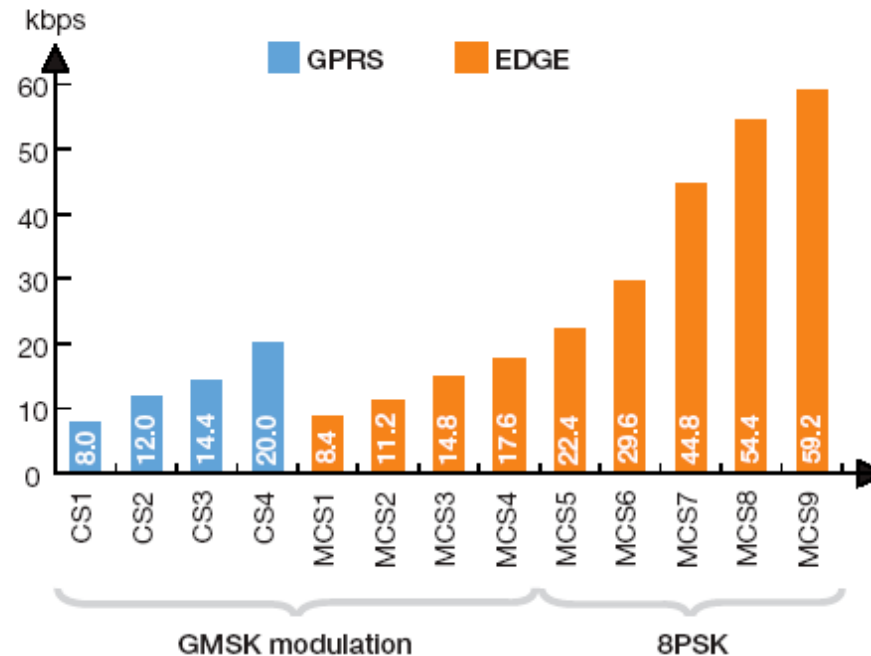


Figure 4. Coding schemes for GPRS and EGPRS (user data rate). (Key: 8PSK, 8-phase shift keying; CS, Coding scheme; EGPRS, Enhanced GPRS; GMSK, Gaussian minimum shift keying; MCS, Modulation coding scheme)

- p (Az ábra lényegét kell megérteni, az ábrán bevezetett rövidítéseket nem kell tudni)
- p Az ábra 1 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)

Mobil távközlő hálózatok

⌘ Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



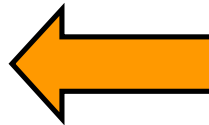
⌘ Első generációs mobiltelefon-hálózatok



⌘ GSM (2G)



⌘ UMTS (3G)



⌘ Műholdas mobil információközlő hálózatok



⌘ Mobil, zárt célú hálózatok



UMTS



- p UMTS: Universal Mobile Telecommunications System, Egyetemes mobil távközlési rendszer
- p Cél egy valóban univerzális 3G rendszer volt
 - n 1G rendszerek: „önmagukkal sem kompatibilisek”
 - n 2G: még mindig több, egymással inkompatibilis rendszer
 - n 3G: ez sem sikerült maradéktalanul...
- p ITU: IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) szabvány
 - n UMTS (Eu)
 - n FOMA: Freedom of Mobile Multimedia Access (Japán)
 - p UMTS kompatibilis
 - n CDMA2000: Code Division Multiple Access (US)
- p UMTS-nek is vannak alverziói: 3GPP szabványosítja
 - n 3GPP: 3rd Generation Partnership Project, 3G partnerségi projekt
 - p www.3gpp.org

Közgazdasági háttér



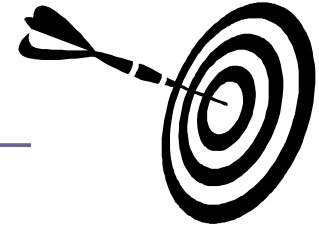
- p UMTS: 2000 körül a koncessziókat árverésre bocsátották
- n Koncesszió: piacra lépési engedély:
 - p az állami jogok, kötelezettségek → vállalkozás(ok)
 - p meghatározott piaci pozíció: monopol vagy oligopol.
 - p cserébe: kötelezettségek, járadék

Németország	49,7 milliárd euró***	2.5% éves GDP
Nagy-Britannia	38,2 milliárd euró	2.5% éves GDP
Olaszország	12,5 milliárd euró	1.1% éves GDP

***kb. Magyarország 2001-es GDP-jének 80%-a!

- n Ezt a távközlési szektorból vonták el
- n Emiatt sok országban elhalasztották az UMTS tendert
- n Pl. Magyarországon is éveket késett
 - p Végül: T-Mobile 17 milliárd Ft, Pannon 19 mrd. Ft, Vodafone 16,5 mrd Ft. Koncesszió 15 évre, ez alatt kell a díjat befizetni
 - p szolgáltatás 2005 vége óta

UMTS célok



p UMTS célok:

- n jobb beszédhangminőség (PSTN-t elérő)
- n jobb spektrumkihasználtság (földi és elvben műholdas is)
- n nagyobb adatátviteli sebesség
- n GSM kompatibilitás

UMTS szolgáltatások



- p Beszédátvitel:
 - n Adaptive MultiRate (AMR) kodek: ld. később
 - n 4,7 – 12,2 kb/s
- p Adatátvitel, Internet elérés
 - n városban tipikus max. 384 kb/s
 - n vidéken tipikus max. 144 kb/s
 - n helyi rendszerben max. 2 Mb/s
 - p (emlékezzünk:
 - § GSM: kb. 14 kb/s
 - § GSM/GPRS, HSCSD: kb. 50-80 kb/s
 - § EDGE+GSM/GPRS (E-GPRS): kb. 150-180 kb/s)
- p Multimedia szolgáltatások, ld. következő dia
- p Értéknövelt szolgáltatások (nem csak 3G)
 - n chat, játékok, zene letöltése, stb.
 - n helyhez kötött szolgáltatások:
 - p pl. hol a barátnőm?, hol vagyok én?!, térkép, bankautomata, kocsma, segélyhívás, helytől függő számlázás (!)

UMTS szolgáltatások

- p UMTS szolgáltatások ma Magyarországon:
 - n beszédátvitel
 - n adatátvitel
 - n videotelefon (60-150 Ft/perc)
 - n TV nézés (kb. 70 Ft/perc)
 - p pl. Magyar Televízió, Duna Tv, Echo Tv, Hír Tv, ATV
 - n Rádió hallgatás
 - p pl. Petőfi, Kossuth, Sláger, Danubius, Gazdasági Rádió, Klubrádió
 - n Forgalomfigyelő kamerák
 - p Astoria, Fővám tér, Podmaniczky utca, Gellért tér, Kosztolányi Dezső tér, Margit krt., Roosevelttér, Csepel
 - n Hungarorama (kamerák több városban)
 - p Budapest, Esztergom, Visegrád, Siófok, Győr, Sárospatak, Veszprém, Lillafüred, Balatonfüred
 - n Videók, zenék letöltése
 - p Talmácsi Moto GP, fesztiválok, mozielőzetesek, erotikus videók, Garfield és barátai, humoros videók, sportvideók, fesztiválok, video art
 - n Stb, stb.
- p Kell a „killer application”!!!



Duplexitás kezelés UMTS-ben



- ⌘ Feladat: fel- és lefele irányú adatok elkülönítése
- ⌘ Alkalmazott lehetséges megoldások:
 - n időben
 - n frekvenciában
- ⌘ Mindkettőt használják UMTS-ben (de nem egyszerre)
 - n FDD: Frequency Division Duplexing
 - ⌘ nagyobb frekvencia a lefele irányban (nagyobb csillapítás → nagyobb teljesítmény kell)
 - n TDD: Time Division Duplexing
 - ⌘ előnye: a fel/letöltés aránya dinamikusan változtatható az aktuális igények függvényében
 - ⌘ (ping-pong módszer, ld. korábban)

Rádiós közeg



p Frekvenciák:

n 1885-2025 és 2110-2200 MHz:

p TDD: 1885-(1900-)1920 Mhz (1900 alatt: DECT) és 2010-2025 MHz

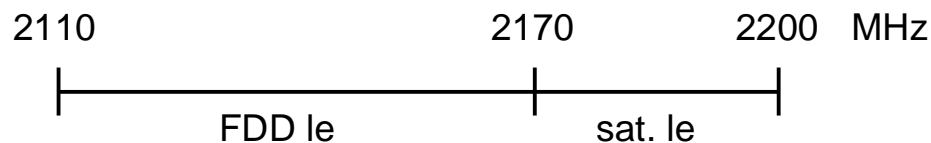
p FDD: 1920-1980 (fel) és 2110-2170 (le)

p műholdas (tervezett): 1980-2010 MHz (fel) és 2170-2200 MHz (le)

n Nagy frekvencia: csupán pár (3-5) km átmérőjű cellák

n A frekvenciákat 5 MHz-es csatornákra osztják, melyekben CDMA-t használnak

p egy szolgáltató néhány csatornát, különböző szolgáltatók különböző csatornákat

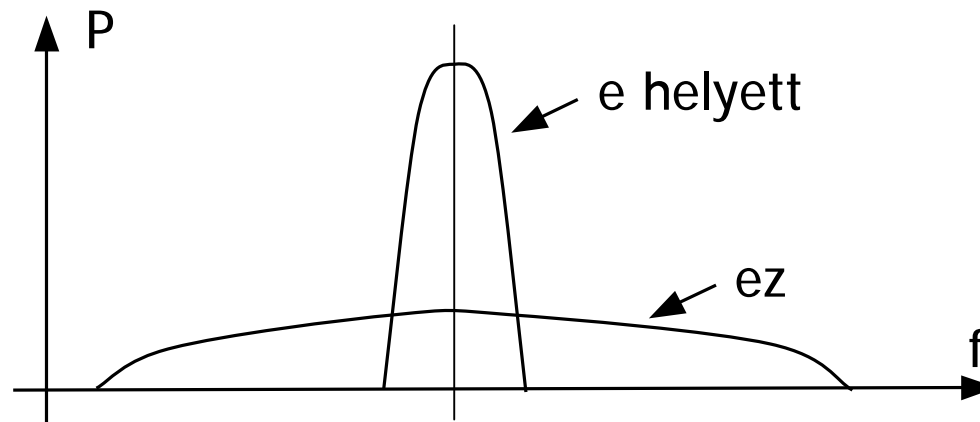


Rádiós közeg



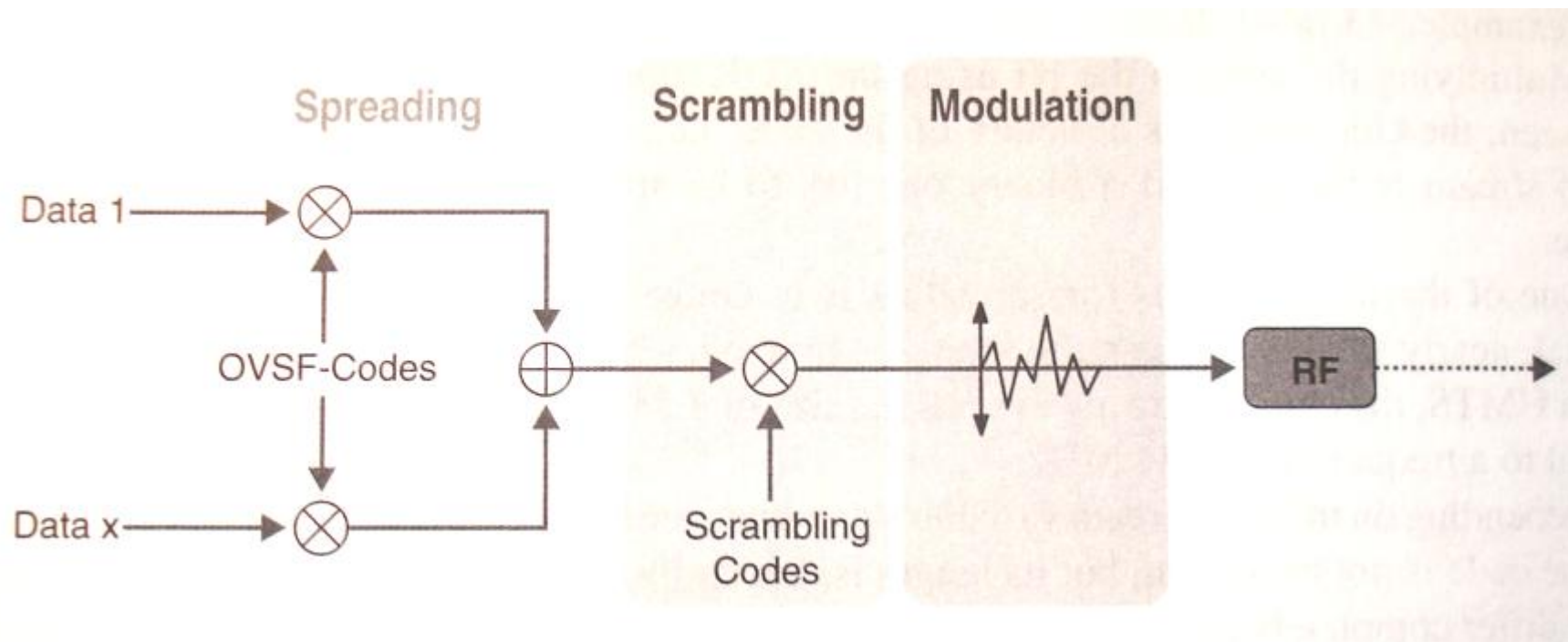
p Közeghozzáférés:

- n** *CDMA*, Code Division Multiple Access, kódosztásos többszörös hozzáférés (SzgH. tárgy már érintette)
 - p** pontosabban: DS-CDMA (ld. hamarosan)
- n** Ugyanaz a frekvencia, ugyanaz az idő, más kód
 - p** példa: soknyelvű reptéri váró
- n** Minden jel „szétkenve” a teljes spektrumra, de kis teljesítménnyel
- n** Cél: jobb spektrumkihasználtság



UMTS kódosztás

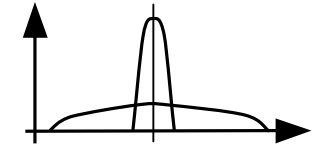
- A kódolás két menetben történik
 - csatornázási kód (channelisation code)
 - keverő kódolás (scrambling)
 - utána jön a modulálás, kisugárzás



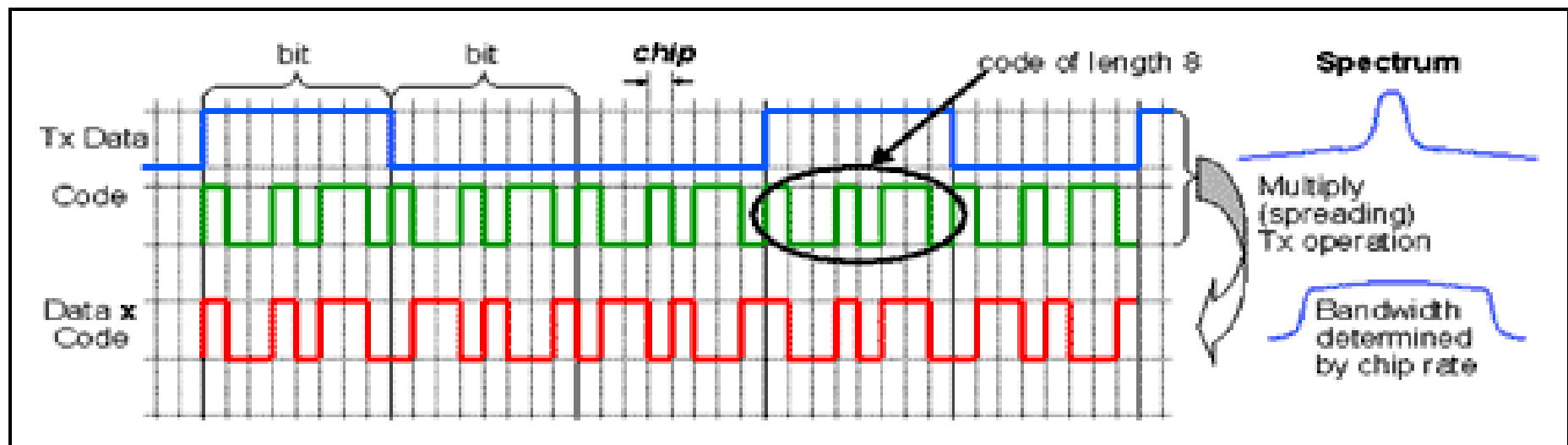
UMTS kódosztás

- p A kódolás két menetben történik
 - n csatornázási kód (channelisation code)
 - n keverő kódolás (scrambling)
- p Sőt, a nulladik lépés a csatornakódolás (channel coding)
 - n ez nem ugyanaz, mint a csatornázási kódolás
 - n ez hibajavító kódolás (avagy előremenő hibajavítás, forward error correction, FEC)
 - n továbbiakban erről nem lesz szó

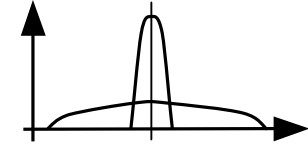
Csatornázási kód



- Működés: DS-CDMA (Direct Sequence CDMA, közvetlen sorozatú CDMA)
 - a digitális jelet összeszorozzuk egy ún. szórókéddel (spreading code), és ezt sugározzuk ki
 - a szorzás pontosabban: NOT(XOR(bit1,bit2))
 - a kisugárzott jel hozzáadódik a többi adó által kisugárzotthoz
- A szóró kód bitsebessége (chiprate) sokkal nagyobb (kb. 100x)
- A szóró kódok ortogonálisak, azaz egy bitidőre átlagolva két szóró kód szorzatát nullát kapunk



Kódosztás



p Kicsit részletesebben:

p Kódolás

n STEP 1. A szórókódot és az elkódolni kívánt adatot is reprezentáljuk a következőképp:

p $1 \rightarrow 1$

p $0 \rightarrow -1$

p Vegyük észre: ekkor $\text{NOT}(\text{XOR}(a,b))$ valójában $a*b$, azaz szorzás

§ $1*1=1, 1*-1=-1, -1*1=-1, -1*-1=1$

n STEP 2. Végezzük el a szórókód összeszorozását a küldendő adattal

p a szórókód összes bitjét szorozzuk az adat egy adott bitjével, így jelentősen megnő a jelsebesség

n STEP 3. Sugározzuk ki az így kapott jelet a közös frekvencián

p Modellünkben egyszerűen összeadjuk az összes így kapott jelet

p Dekódolás

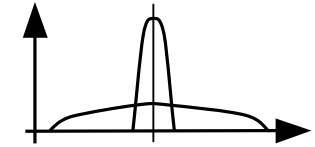
n STEP 1. A vett jelet (a kódolás STEP 3 összege) szorozzuk meg az adó szórókódjának a bitjeivel sorban. Ahány bitet kívánunk venni, annyiszor ismételjük ezt meg

n STEP 2. Az így kapott értékeket átlagoljuk bitidőkre

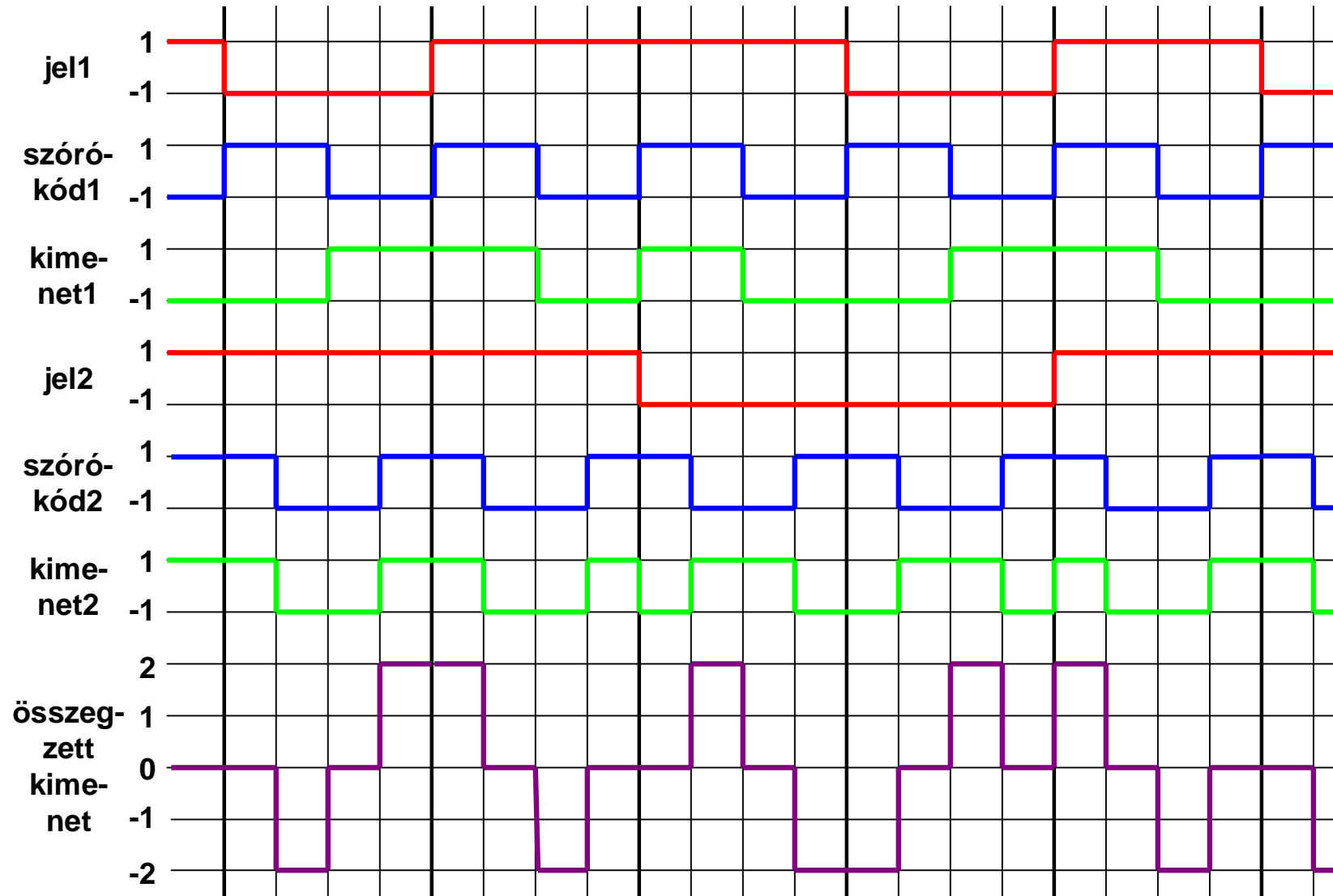
n STEP 3. Ha az átlag 1: a küldött bit 1. Ha az átlag -1: a küldött bit 0

n STEP 4. Ismételjük meg mindezt az összes vevőre

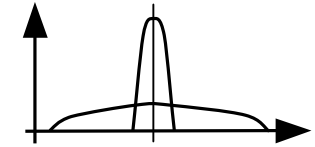
Kódosztás



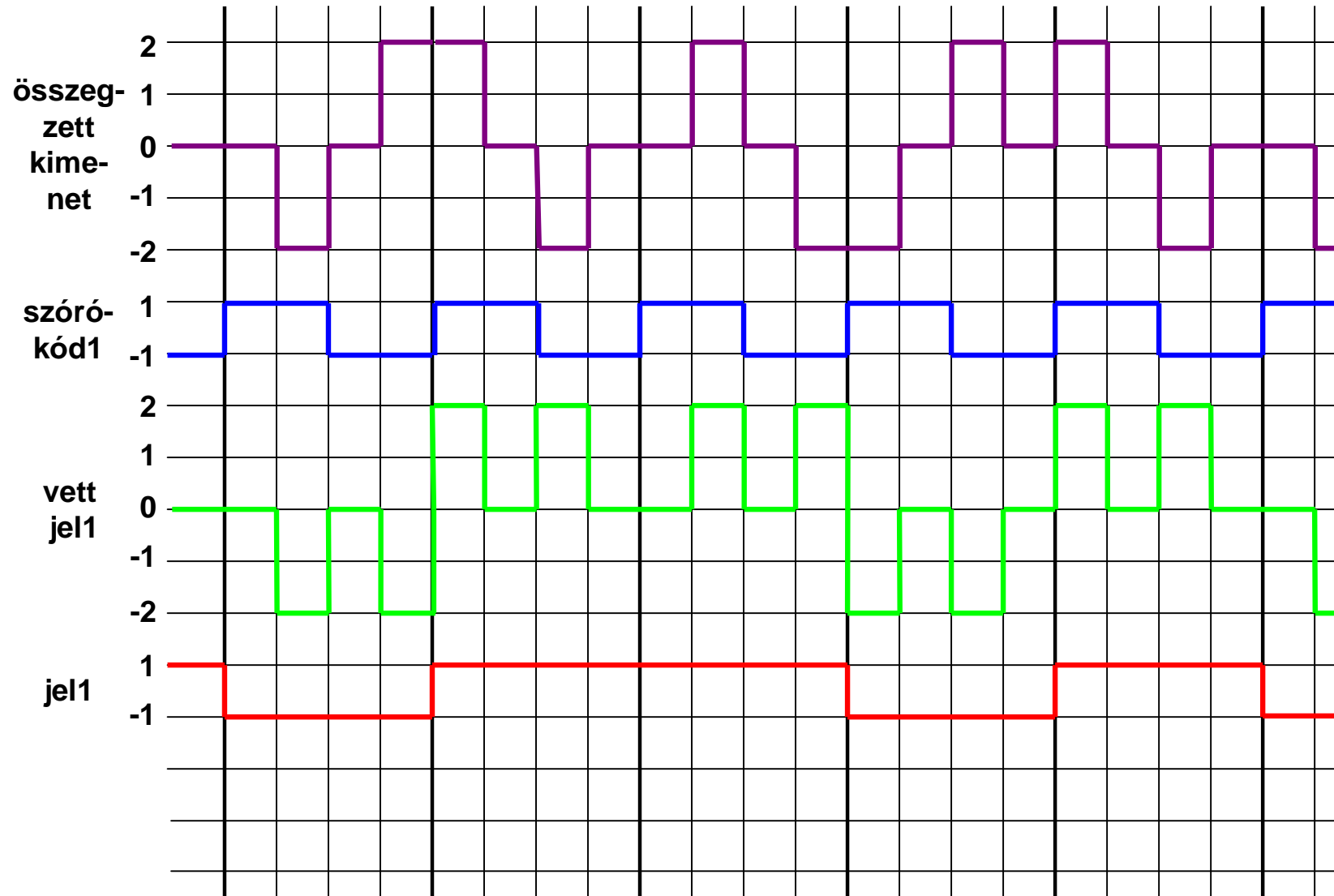
p A kódolás szemléltetése:



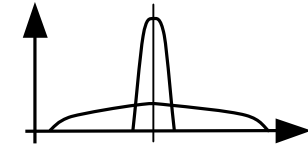
Kódosztás



p A dekódolás szemléltetése:



Kódosztás



p Nézzünk egy számpéldát!

- n** Vigyük át az $(1, 0)$ és az $(1, 1)$ jeleket az $(1, 1, 0, 0)$, ill. $(1, 0, 0, 1)$ szórókódokat használva

p Kódolás:

- n** STEP 1. Az átviendő jel legyen
 - p** A: $(1, -1)$
 - p** B: $(1, 1)$
- n** STEP 1. A két szórókód legyen
 - p** A: $(1, 1, -1, -1)$
 - p** B: $(1, -1, -1, 1)$
- n** STEP 2. Az elküldendő jelek:
 - p** A: $1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1$
 - p** B: $1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1$
- n** STEP 3. Ezek összege:
 - p** $2, 0, -2, 0, 0, -2, 0, 2$

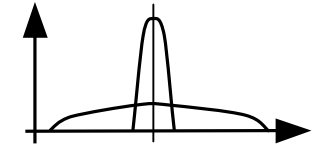
p Dekódolás

- n** STEP 1. A szorzat:
 - p** A: $2, 0, 2, 0, 0, -2, 0, -2$
 - p** B: $2, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 2$
- n** STEP 2. Az átlagok:
 - p** A: $1, -1$
 - p** B: $1, 1$
- n** STEP 3: A vett jel:
 - p** A: $1, 0$
 - p** B: $1, 1$

p Megj: mindez azért sikerülhetett, mert a szórókódok valóban ortogonálisak, azaz a kettő szorzatának az átlaga nulla:

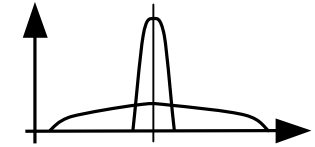
- n** A szorzat:
 - p** $1, -1, 1, -1$
- n** Az átlag:
 - p** 0

Csatornázási kód



- p Tökéletesen ortogonális kódszavak
- p Nevük: Ortogonális, változtatható kiterjesztési faktorú (Orthogonal Variable Spreading Factor, OVSF) kódok, avagy Walsh kódok
- p Azonban az ortogonitás csak akkor teljesül, ha pontosan egy fázisban vannak a kódok
 - n nem azonos kezdőfázis esetén sem magával, sem másik kóddal nem nulla a korrelációja
 - n azaz közös órajel kell
- p Gyakorlatban: azonos adó különböző csatornáinak elválasztására használják
- p Node B-ben: különböző végberendezéseknek szóló jelek elkülönítésére
- p Végberendezésben: jelzés és adatjelek elkülönítésére

Csatornázási kód



- p E kód a keskenysávú bemenő jelet szélessávúvá alakítja
- p A kiterjesztési faktor (azaz, hogy hányszorosa lesz a chipsebesség a bitsebességnek) változik 4 és 512 között
- p A chipsebesség viszont mindig fix: 3 840 000 chip/sec
 - n azaz 3,84 MChip/s, 3,84 Mcps
- p Tehát kisebb adatsebességhez hosszabb kód tartozik, nagyobb adatsebességhez rövidebb
 - n több hosszabb kód van, kevesebb rövidebb
 - n azaz kisebb adatsebességből többet tudunk küldeni egyszerre
 - p logikus, nem? :)

Csatornázási kód

- Példa: beszédátvitel esetén 128-szoros a kiterjesztési faktor (spreading factor, SF)

Data rate (After channel coding)	SF	Chip rate
960 kbit/s	4	3.84 Mcps
480 kbit/s	8	3.84 Mcps
240 kbit/s	16	3.84 Mcps
120 kbit/s	32	3.84 Mcps
60 kbit/s	64	3.84 Mcps
30 kbit/s	128	3.84 Mcps
15 kbit/s	256	3.84 Mcps
7.5 kbit/s	512	3.84 Mcps

FDD Example:

A Call requires a 12.2 kbit/s voice channel. With special channel coding it will increase up to 30 kbit/s.

Looking into the table will indicate to use SF=128 (C_{128}).

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 vagy 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