

# Távközlő hálózatok és szolgáltatások

## Mobiltelefon-hálózatok: UMTS

*Németh Krisztián*

*BME TMIT*

*2010. okt. 20.*



# 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

---

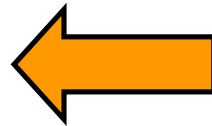
p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



p Első generációs mobiltelefon-hálózatok



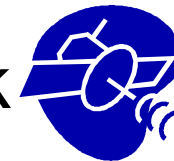
p GSM (2G)



p UMTS (3G)



p Műholdas mobil információközlő hálózatok



p Mobil, zárt célú hálózatok



# Azonosítók GSM-ben



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

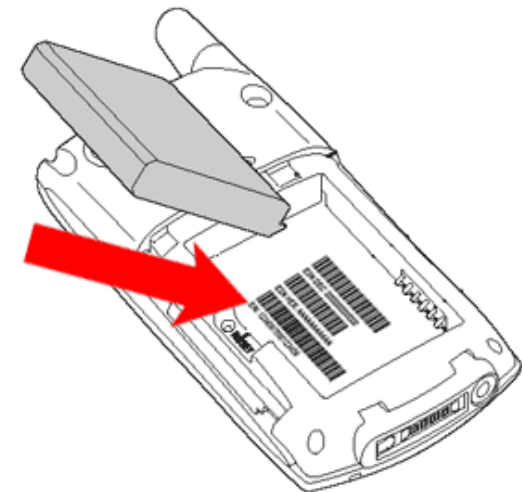
- n a jól ismert mobil telefonszám
- n egyedi a világon
- n MSISDN = országcód (Mo.: 36) + hálózatkijelölő szám (Mo:20/30/70) + előfizetői szám

**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

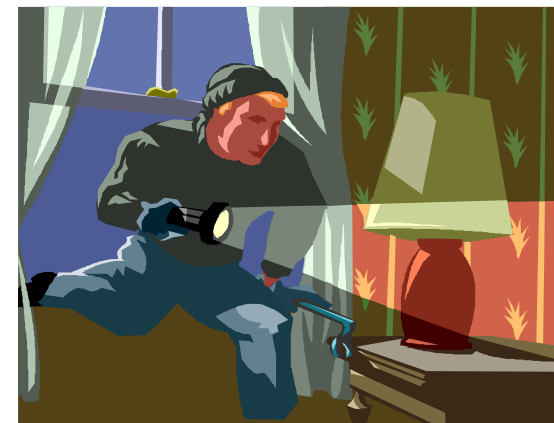
- n egy VLR-hez tartozó helyi címtartományba tartozó telefonszám, amit az arra járó GSM készülék ideiglenesen használ
- n a felhasználó számára transzparens, nem látszik
- n ez teszi lehetővé, hogy a szám utaljon a földrajzi helyre: ebből a számból már tudni, hogy merre kell keresni az adott készüléket, ha felhívja valaki



# Készülékazonosító regiszter (EIR)

---

- p EIR: Equipment Identity Register, készülékazonosító regiszter
- p 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



# Mobil távközlő hálózatok

---

p Mobiltelefon-hálózatok áttekintése



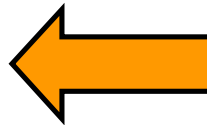
p Első generációs mobiltelefon-hálózatok



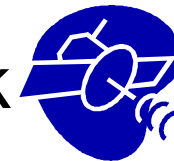
p GSM (2G)



p UMTS (3G)



p Műholdas mobil információközlő hálózatok



p Mobil, zárt célú hálózatok





# UMTS

---



- p UMTS: Universal Mobile Telecommunications System, Egyetemes mobil távközlési rendszer
- p Cél egy valóban univerzális 3G rendszer volt
  - n 1G rendszerek: azonos típusú hálózatok között sincs barangolás
  - 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](http://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: monopól vagy oligopól.
  - p cserébe: kötelezettségek, járadék

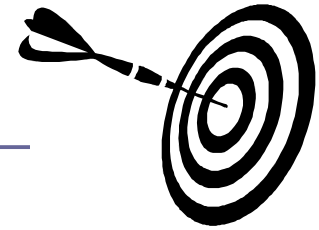
Németország	49,7 milliárd euró***	2.5% éves GDP
Nagy-Britannia	38,2 milliárd euró	2.5% éves GDP
Olaszország	12,5 milliárd euró	1.1% éves GDP

\*\*\*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 Multimédia 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 (60-160 Ft/perc)
  - n TV nézés
    - p T-Mobile: kb. 400 Ft/nap (5 óra), 2000 Ft/hó (40 óra), díjmenetes próba!
      - § ATV, Duna Tv, Eurosport, Eurosport 2, Hír TV, Life Network, Magyar Televízió 1-2 , Ozone Network, RTL Klub, Stroytv, TV6, VIVA
    - p Vodafone: előre rögzített tartalmak csak (0,400,1000 Ft/24 h)
    - p Telenor: már nem nyújt ilyen szolgáltatást
  - n Több korábbi szolgáltatás már megszűnt
    - p Rádió hallgatás
    - p Forgalomfigyelő kamerák
    - p Hungarorama (kamerák több városban)
    - p Videók, zenék letöltése (részben van még)
- p Kell egy „killer application”!!
  - n Mára kiderült: ez az Internet-elérés



# Duplexitás kezelés UMTS-ben

---



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

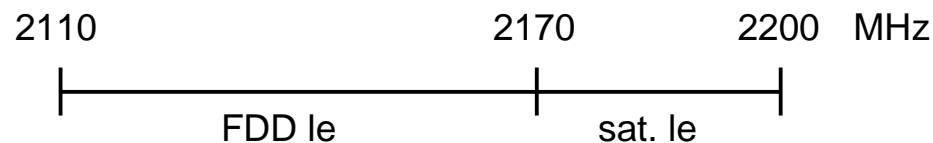
p FDD: 1920-1980 (fel) és 2110-2170 (le)

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

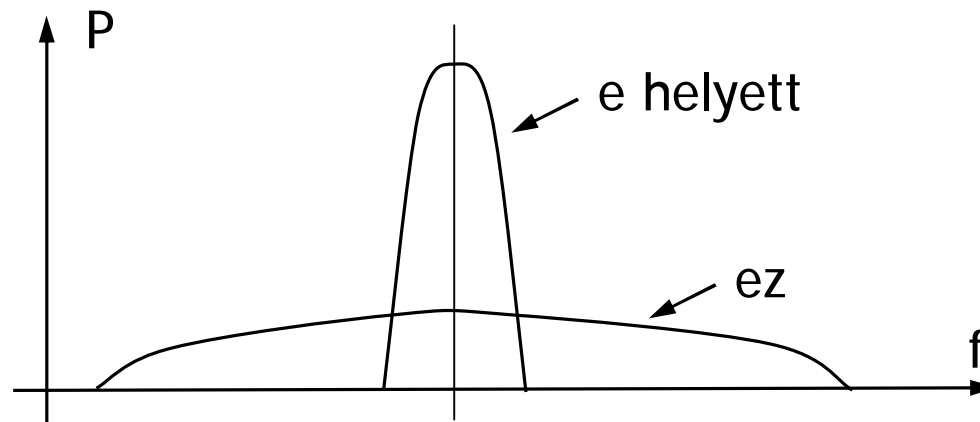


# Rádiós közeg



**p** Közeghozzáférés:

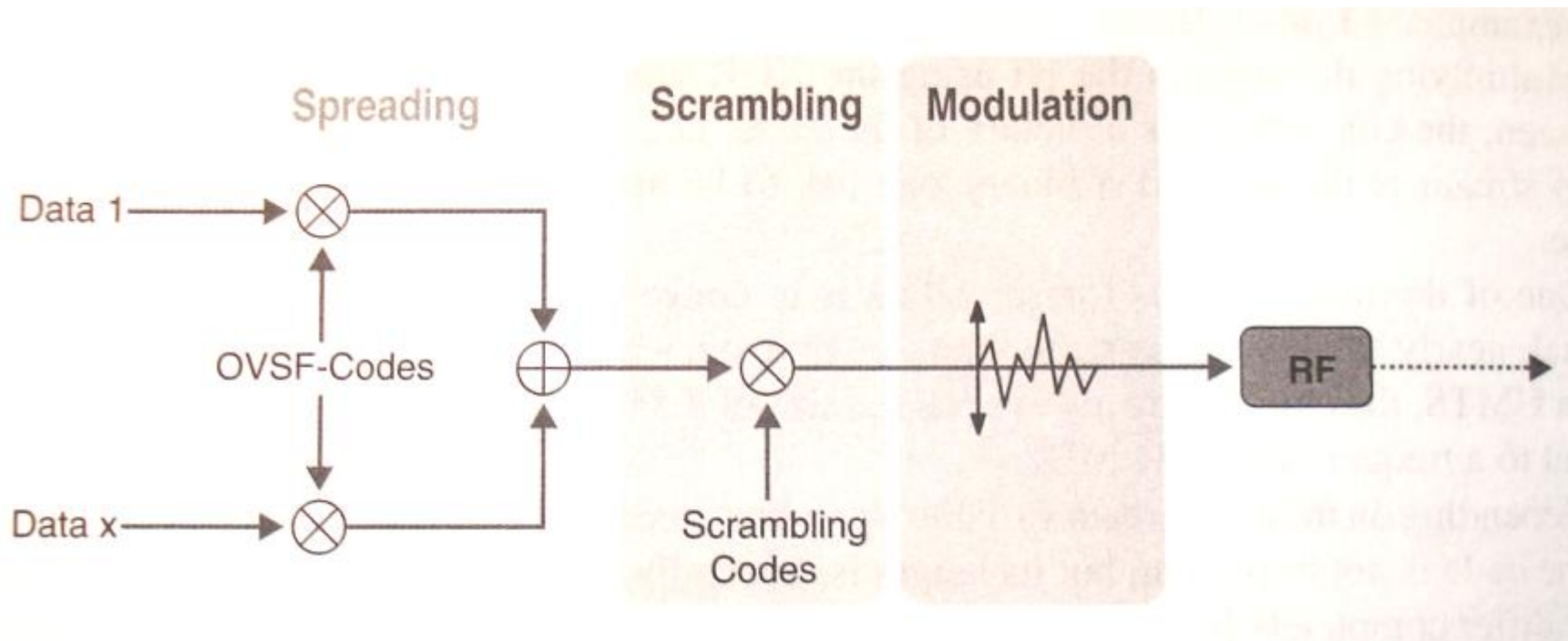
- n** *CDMA*, Code Division Multiple Access, kódosztásos többszörös hozzáférés (SzgH. tárgy már érintette)
  - p** pontosabban: DS-CDMA (ld. hamarosan)
- n** Ugyanaz a frekvencia, ugyanaz az idő, más kód
  - p** példa: soknyelvű reptéri váró
- n** Minden jel „szétkenve” a teljes spektrumra, de kis teljesítménnyel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





# UMTS kódosztás

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

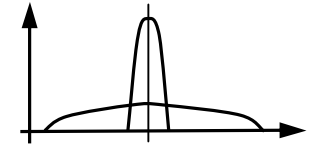


# UMTS kódosztás

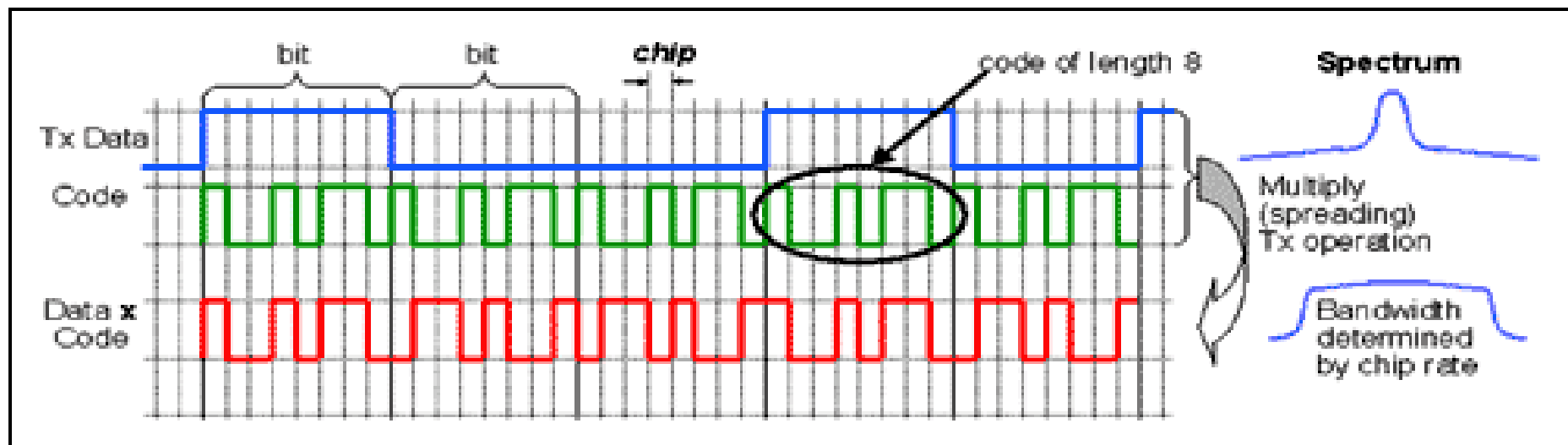
---

- 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

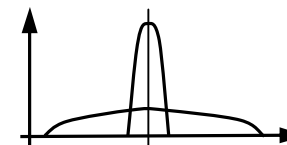
# Csatornázási kód



- Működés: DS-CDMA (Direct Sequence CDMA, közvetlen sorozatú CDMA)
  - a digitális jelet összeszorozzuk egy ún. szóró kóddal (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 szórókód szorzatát nullát kapunk



# Kódosztás



p Kicsit részletesebben:

p Kódolás

n STEP 1. A szóró kódot 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 szóró kód összeszorozását a küldendő adattal

p a szóró kód 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

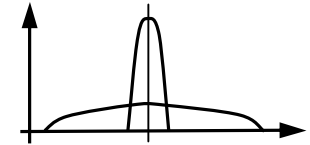
n STEP 1. A vett jelet (a kódolás STEP 3 összege) szorozzuk meg az adó szóró kódjának a bitjeivel sorban. Ahány bitet kívánunk venni, annyiszor ismételjük ezt meg

n STEP 2. Az így kapott értékeket átlagoljuk bitidőkre

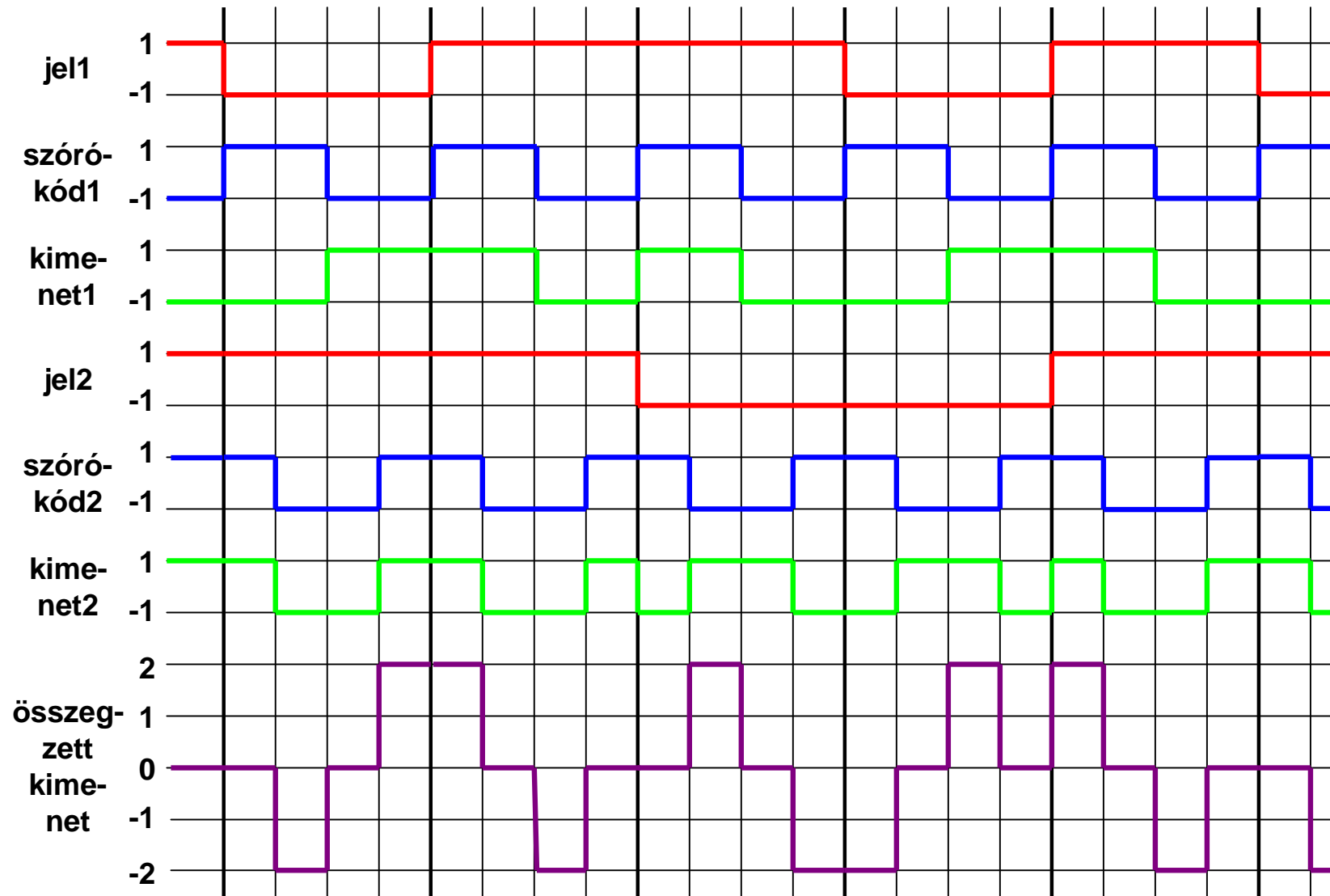
n STEP 3. Ha az átlag 1: a küldött bit 1. Ha az átlag -1: a küldött bit 0

n STEP 4. Ismételjük meg mindezt az összes vevőre

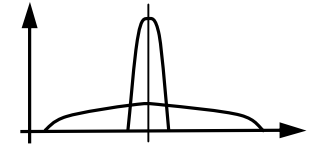
# Kódosztás



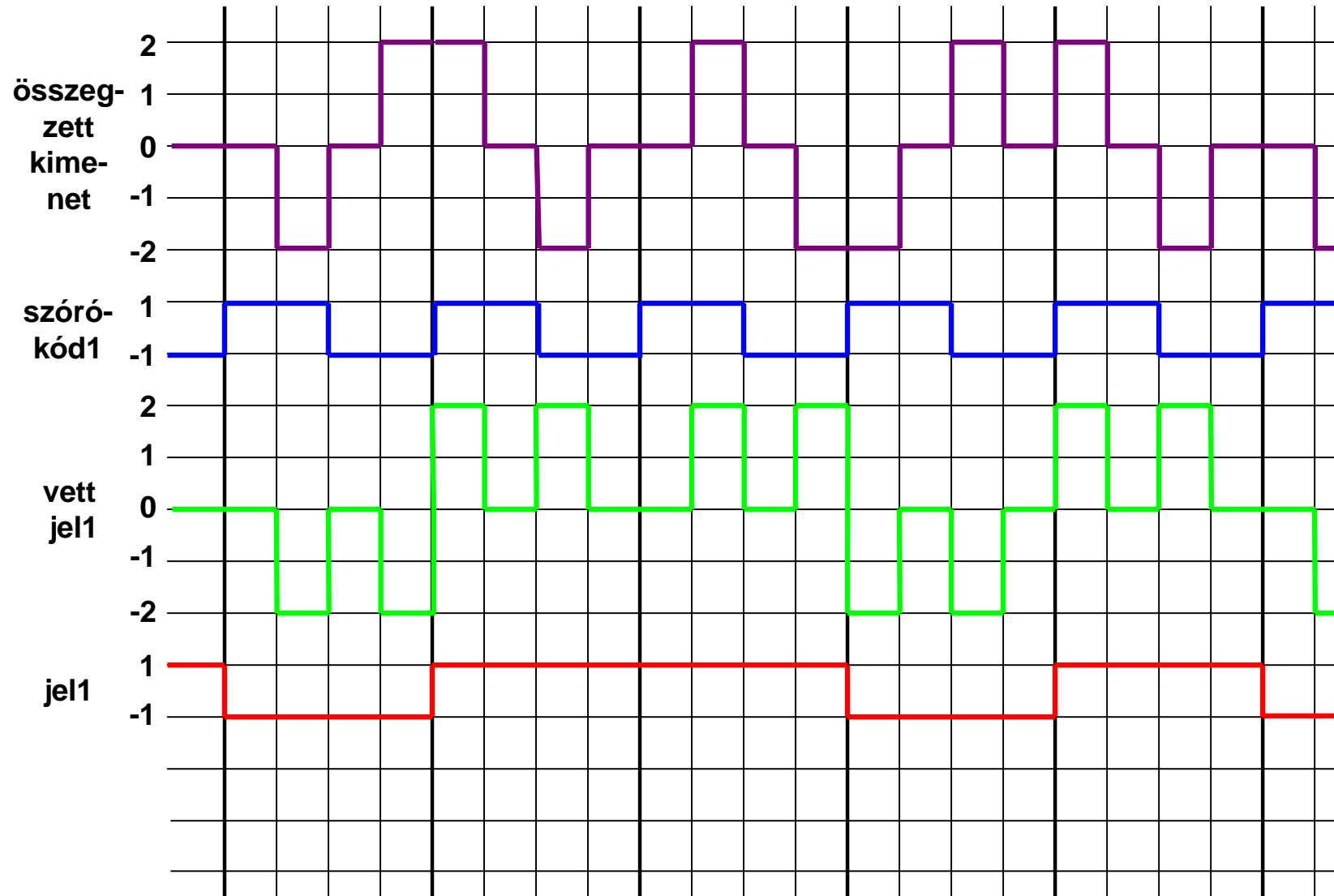
p A kódolás szemléltetése:



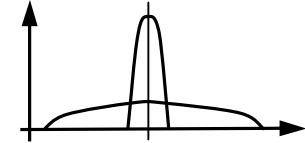
# Kódosztás



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.  $(1, 0, 0, 1)$  szóró kódokat használva

**p** Kódolás:

- n** STEP 1. Az átviendő jel legyen
  - p** A:  $(1, -1)$
  - p** B:  $(1, 1)$
- n** STEP 1. A két szóró kód 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**  $2, 0, -2, 0, 0, -2, 0, 2$

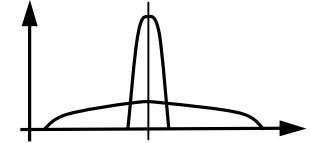
**p** Dekódolás

- 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 szóró kódok valóban ortogonálisak, azaz a kettő szorzatának az átlaga nulla:

- n** A szorzat:  $1, -1, 1, -1$
- n** Az átlag:  $0$
- n** Bővebb bizonyítás a 28. dián

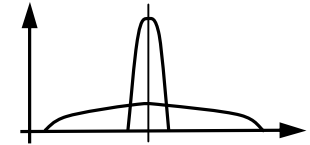
# Csatornázási kód



- p Tökéletesen ortogonális kódszavak
- p Nevük: Ortogonális, változtatható kiterjesztési faktorú (Orthogonal Variable Spreading Factor, OVSF) kódok, avagy Walsh kódok
- p Azonban az ortogonalitás 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 változik 4 és 512 között
  - n azt adja meg, hogy hányszorosa lesz a chipsebesség a bitsebességnek
  - n másképpen: hány chip hosszú egy szóró kód
  - n ismét másképp: hány db. szóró kód van (ld. 27. dia!)
- p A chipsebesség viszont mindig fix: 3 840 000 chip/sec
  - n azaz 3,84 MChip/s, 3,84 Mcps
- p Tehát kisebb adatsebességhez nagyobb kiterjesztési faktor tartozik, nagyobb adatsebességhez kisebb
  - n több hosszabb kód van, kevesebb rövidebb
  - n azaz kisebb adatsebességből többet tudunk küldeni egyszerre, nagyobb sebességből kevesebbet, a szorzat állandó
    - 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

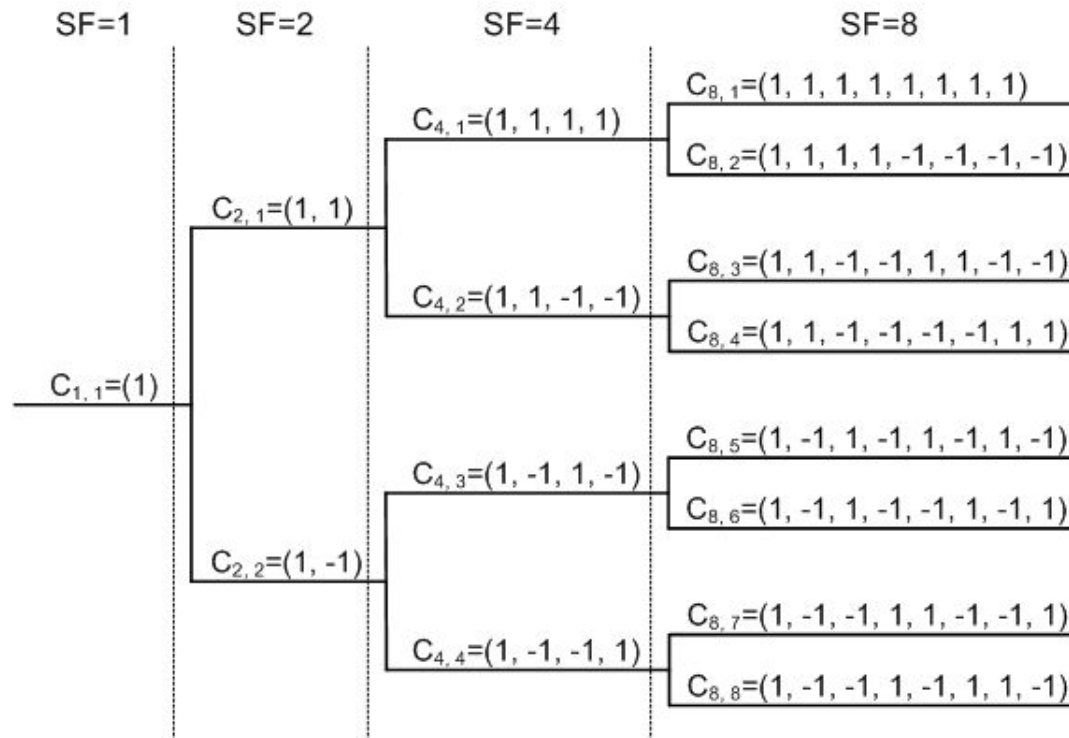
## FDD Example:

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 ( $C_{128}$ ).

# Csatornázási kód

p Kiegészítés: OVSF kód generálása



p Vagyis:

- n  $C_{2x,2y-1}=(C_{x,y}, C_{x,y})$  és  $C_{2x,2y}=(C_{x,y}, -C_{x,y})$
- n Látszik, hogy  $2^n$  hosszú kódból  $2^n$  darab van
- n Könnyen bizonyítható az ortogonalitás is (teljes indukció)

# Csatornázási kód

p Kiegészítés: miért működik mindez ortogonális kódok esetén (ld. 23. dia)?

p Legyenek:

n  $n$ : a kiterjesztési faktor

n a szóró kódok  $\underline{C}_1, \underline{C}_2, \dots, \underline{C}_n$

p ezek mindegyike egy  $n$  hosszú vektor

n az egy adott bitidőben elküldendő bitek az egyes csatornákról  $B_1, B_2, \dots, B_n$

p 1-gyel vagy -1-gyel kódolva

n  $\underline{a} \cdot \underline{b}$ : a vektorok skaláris szorzata ( $\underline{a} \cdot \underline{b} = a_1b_1 + a_2b_2 + \dots + a_nb_n$ )

n  $x\underline{y}$ : vektor skalárral beszorozva ( $x\underline{y} = xy_1 + xy_2 + \dots + xy_n$ )

p Ekkor a kiküldött jel egy bitidőben:

n  $\underline{J} = B_1\underline{C}_1 + B_2\underline{C}_2 + \dots + B_n\underline{C}_n$

p A dekódolt jel pl. az első vevőnél:

n  $D_1 = \underline{J} \cdot \underline{C}_1 = (B_1\underline{C}_1 + B_2\underline{C}_2 + \dots + B_n\underline{C}_n) \cdot \underline{C}_1 = B_1\underline{C}_1 \cdot \underline{C}_1 + B_2\underline{C}_2 \cdot \underline{C}_1 + \dots + B_n\underline{C}_n \cdot \underline{C}_1 = nB_1$

p Ennek bitidőre vett átlaga épp  $B_1$

p az utolsó lépésnél használtuk ki az ortogonalitást, ill., hogy az  $n$  hosszú 1 és -1-ekből álló  $\underline{C}_1$  vektor önmagával való skalár szorzata  $n$