



# Vezeték nélküli helyi hálózatok

## Számítógép-hálózatok

Dr. Lencse Gábor  
egyetemi tanár

Széchenyi István Egyetem, Távközlési Tanszék

[lencse@sze.hu](mailto:lencse@sze.hu)

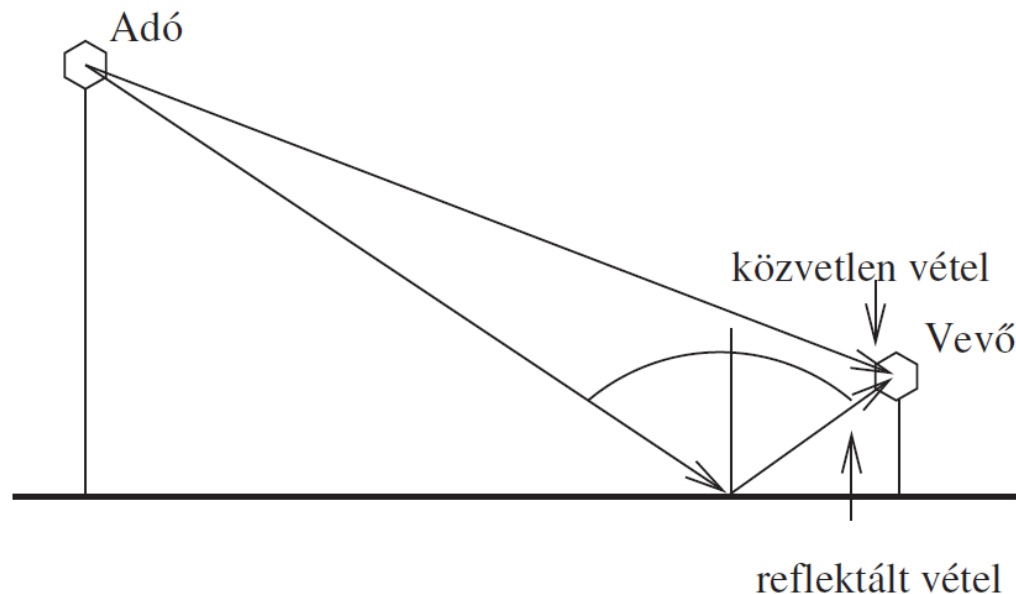


# ÉLMÉLETI ALAPOK

# A rádiós átvitel problémái – 1

- Fading

- *Több utas terjedés* --> útkülönbség --> fáziskülönbség
  - Ha ellentétes *fázisban* érkezik meg a *direkt* és a *visszavert* hullám, azok igen erősen gyengítik egymást.
- Védekezés: térbeli *diverziti* (diversity) vétel.



# A rádiós átvitel problémái – 2

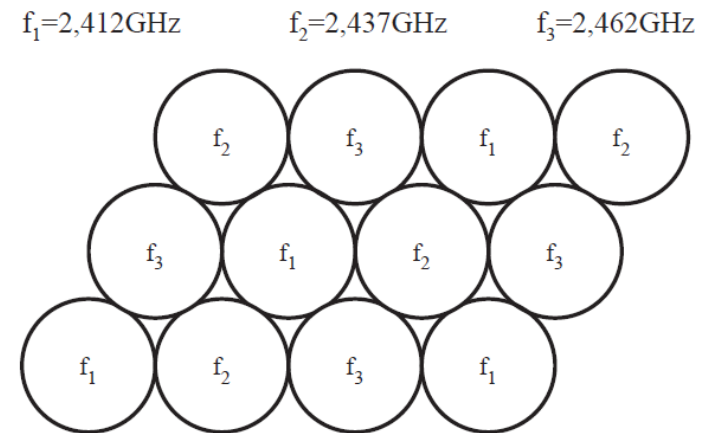
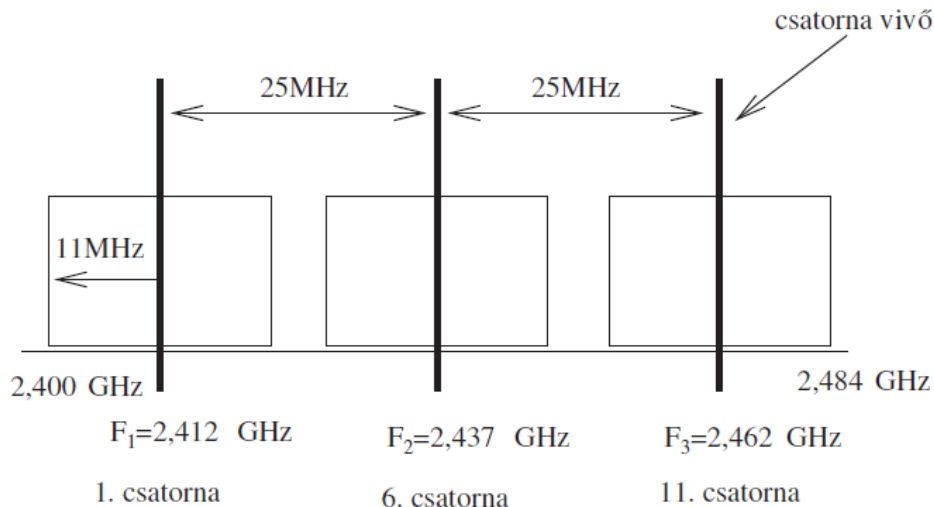
- Zaj
  - Nem a rendszerből származó (véletlenszerű) villamos jel.
  - Védekezés: hibajavító kódolással.
- Interferencia
  - (vagy ütközés) más állomás adásával
  - Védekezés: szórt spektrumú megoldásokkal
- Rálátás hiánya
  - Az adó és a vevő között a Fresnel-zóna nem üres
    - [https://wiki.ham.hu/index.php?title=Fresnel\\_z%C3%B3na](https://wiki.ham.hu/index.php?title=Fresnel_z%C3%B3na)
  - Védekezés: visszavert jel használata "feljavítással": szórt spektrum

# Felhasználható frekvenciasávok

- Két gyakran alkalmazott frekvenciasáv:
  - ISM (Industrial, Scientific and Medical)
    - 2,4-2,4835 GHz/14 előre kijelölt frekvencia
    - Földrajzi régiók szerint különbözhet.  
(Európa, USA, Japán, ...)
  - UNII (Unlicensed National Information Infrastructure)
    - Kb, 5,170-5,835 GHz
    - Földrajzi régiók szerint erősen eltérő szabályok!
    - Érdeklődőknek: <https://en.wikipedia.org/wiki/U-NII>

# A 2.4GHz tartomány felosztása

- A 2.4GHz-es tartományt 13 (vagy 14) db csatornára osztották.
- Ezek 22MHz szélesek, és átlapolódnak
- 1-től 13-ig 5MHz a köztük levő távolság
- A 14. távolabb van, de az nem mindenhol engedélyezett
- 1, 6, és 11: át nem lapolódó csatornák, velük a sík lefedhető



# Szórt spektrumú modulációs eljárások

- Három szórt spektrumú megoldás létezik:
  - DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
  - FHSS ( Frequency Hopping Spread Spectrum)
  - CDMA (Code Division Multiple Access)
- A lényegük:
  - Az átviendő jel spektrumát valamilyen transzformációval az eredetinek több tízszeresére kiszélesítik, és kisebb teljesítménysűrűséggel viszik át. Ennek egyik haszna a szándékos vagy véletlen zavarás elleni védelem.

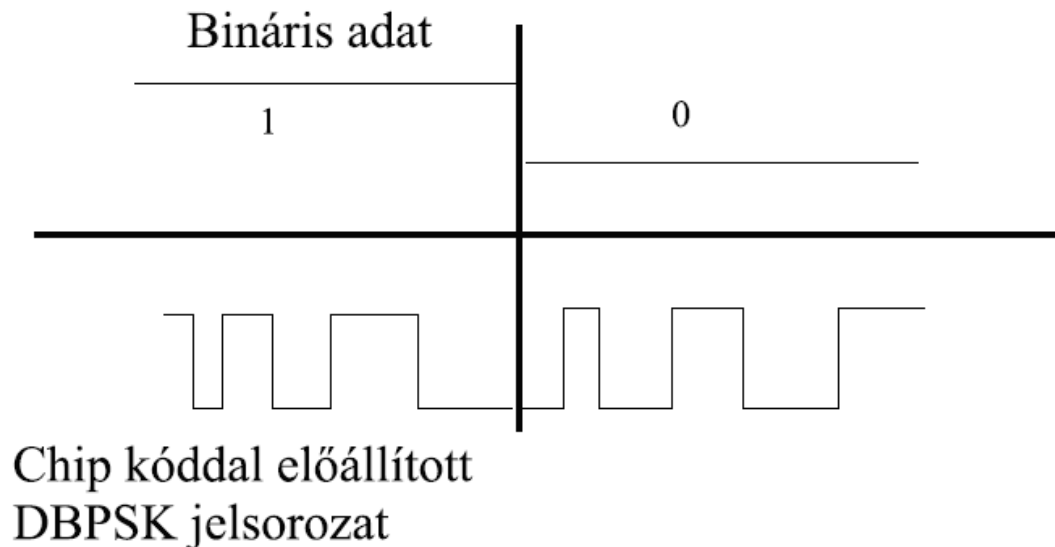
# Direct Sequence Spread Spectrum

- *Chipek* megfelelő sorozatával kódoljuk az egyest és a nullát. Ha néhány chip invertálódik is valamilyen zaj miatt, nagy valószínűséggel még felismerhető lesz a bit.

Az "1"-es kódolása:

+1 -1 +1 +1 -1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1

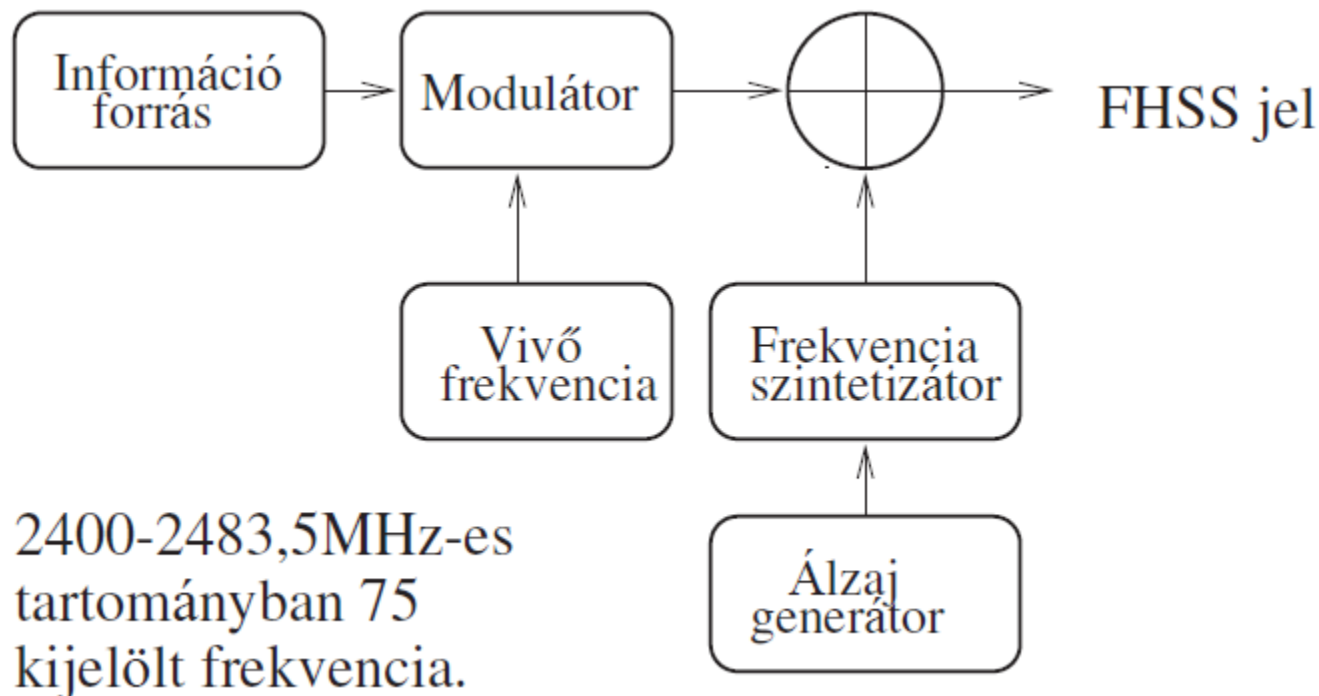
A "0" kódolása ennek az inverze.





# Frequency Hopping Spread Spectrum

- A frekvenciasávban 75db vivőfrekvenciát definiálunk. Az adó egy álvéletlen generátorral választja ki közülük, hogy melyiken adjon. (2.24. ábra). Természetesen a vevő ugyanazt az álvéletlen generátort használja, és azonos értékről indulnak.




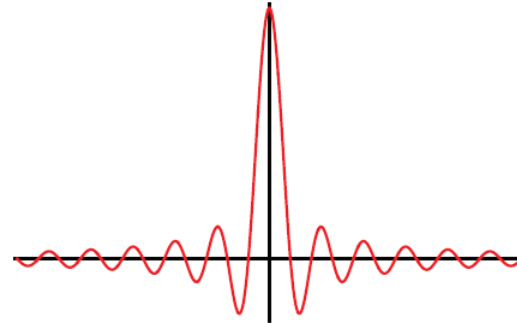
# CDMA helyett OFDM

- A CDMA lényege: az információ kódolására az egyes állomások különböző, a többi állomás kódszavaira ortogonális kódszavakat használnak. Így egyszerre is adhatnak, a vevő mégis dekódolni képes az általa venni kívánt adó adását.
- WLAN rendszerekben harmadik megoldásként nem CDMA-t, hanem OFDM-et alkalmaznak, ami NEM szórt spektrumú, hanem nagyon is gazdaságos.
- Ortogonális frekvenciák:  $F_n = F_0 + n/T$

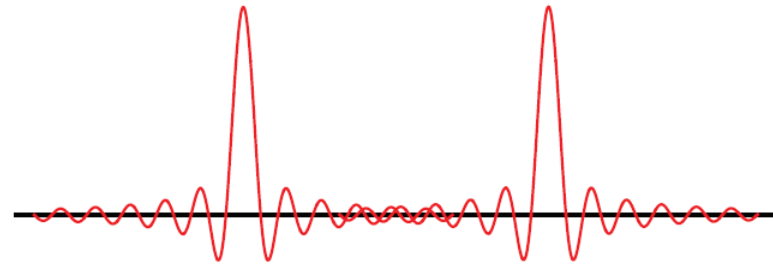
# Az OFDM elméleti alapja

Egy időtartománybeli

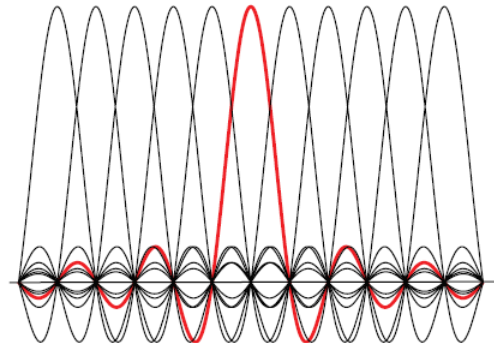
 jel spektruma.



Klasszikus frekvencia  
osztásos multiplex (FDM)  
jel spektruma.



Ortogonalis, frekvencia  
osztásos multiplex (OFDM)  
jel spektruma.



# Az OFDM előnyei

- jobb spektrum kihasználás
- külső zavarok elleni hatásosabb védelem
- közvetlen rálátást nem igénylő (non-line-of-sight) működés

# Az SDMA bevezetése – 1

- Hogyan tudunk egy csatornát megosztani?
  - TDMA (Time Division Multiple Access, időosztásos többszörös hozzáférés)
    - Időrészeket definiálunk, és eldöntjük melyikben ki adhat.
  - FDMA (Frequency Division Multiple Access, frekvenciaosztásos többszörös hozzáférés):
    - A teljes használható frekvenciatartományt több részsávra osztjuk, és eldöntjük, hogy melyik frekvencián melyik állomás adhat.
  - CDMA (Code Division Multiple Access, kódosztásos többszörös hozzáférés):
    - Az információ kódolására az egyes állomások különböző, a többi állomás kódszavaira ortogonális kódszavakat használnak.

# Az SDMA bevezetése – 2

- SDMA: Space-Division Multiple Access (térosztásos többszörös hozzáférés)
  - A módszer a térbeli multiplexálás (spatial multiplexing) elvén alapul, melynek lényege több adó- és vevőantenna, valamint több adatfolyam használata.
  - A vevőantennák jelében más-más súlytényezővel szerepelnek az egyes adóantennák jelei.
  - Az adás előtt megfelelő előkódolást és a vételkor megfelelő jelfeldolgozást alkalmazva így egyidejűleg több független adatfolyam is átvihető a csatornán.
  - Korlát:
    - adatfolyam szám  $\leq \min(\text{adóantenna szám}, \text{vevőantenna szám})$

Bővebb információ: [http://en.wikipedia.org/wiki/Spatial\\_multiplexing](http://en.wikipedia.org/wiki/Spatial_multiplexing)

# Az SDMA bevezetése – 3

- További fogalmak
  - A térbeli multiplexáláshoz tehát több adó- és vevőantennára van szükség. A rádiócsatorna szempontjából nézve így a több adóantenna miatt több input, a több vevőantenna miatt több output van: MIMO.
  - Hagyományos, egy adó egy vevő modell neve ebben a jelölésben: SISO, egy diverzity vétel megnevezése: SIMO.

Bővebben: <http://en.wikipedia.org/wiki/MIMO>

Egy jó ábra: [http://en.wikipedia.org/wiki/MIMO#Mathematical\\_description](http://en.wikipedia.org/wiki/MIMO#Mathematical_description)

# VEZETÉK NÉLKÜLI ÁTVITELI MEGOLDÁSOK



# Vezeték nélküli átviteli megoldások

- Helyi megoldások számítógép-hálózathoz
  - Optikai úton:
    - Infravörös átvitel
    - Lézer
  - Rádiócsatornán keresztül:
    - Bluetooth – jó, de túl kicsi az átviteli sebesség és távolság
    - (HiperLAN/2) – nem terjedt el
    - **IEEE 802.11 és változatai** <-- mi főleg ezzel foglalkozunk
    - IEEE 802.16 (hivatalosan Wireless MAN)
    - PAN megoldások, például: IEEE 802.15
    - (GSM adatcsatorna, GPRS, EDGE, HSxPA, LTE) – nem helyi

# Bluetooth

- Ez egy PAN megoldás
- Bluetooth Special Interest Group fejlesztette ki
- Alacsony fogyasztású eszközök
- 1 master eszközhöz max. 7 slave kapcsolódhat
- Rövid távolságokra (< 10 méter)
- Tipikusan számítógép és kézi eszközök között
- Alacsony sebességű (néhány Mbps)
- ISM frekvenciatartományban működik
- Pont-pont, pont-multipont összeköttetés

# Az IEEE 802.11 család

- Folytonosan bővülő IEEE szabvány számos kiegészítéssel (egy vagy két kisbetűvel jelölve)
- Különféle modulációkkal: DSSS, FHSS, OFDM
- Különféle maximális bruttó átviteli sebességgel
  - pl. a hibajavító kódolás miatt is lényegesen kisebb a gyakorlatban mérhető sebességük
- Biztonsági megoldásai is egyre fejlődtek (kellett is)
- Hálózati architektúra:
  - Access Point + kliensek, de lehet AP nélkül is
- Az újabb verziók egyre több hangolási paraméterrel rendelkeznek...

# Az IEEE 802.11 család paramétere

- Modulation and Coding Scheme (MCS)
  - Frekvenciasáv: 2.4GHz, 5GHz
  - Modulációk: DSSS, FHSS, OFDM
  - Sáv szélesség (MHz): 22, 20, 40, 80, 160
  - MIMO paramétere:  $a \times b : c$ 
    - a: adóantenna száma
    - b: vevőantenna száma
    - c: független jelfolyamok száma
  - modulációk: BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
  - Védőintervallum (Guard Interval): 800ns/400ns
  - Kódolási arány (hasznos információ/összes):  $1/2 - 5/6$

# Az IEEE 802.11 család jellemzői

Név	Frekvencia (GHz)	Moduláció	Max. bruttó adatsebesség (Mbps)	Megjegyzés
IEEE 802.11	2.4	DSSS, FHSS	2	már nem haszn.
IEEE 802.11a	5	OFDM	54	
IEEE 802.11b	2.4	DSSS	11	
IEEE 802.11g	2.4	OFDM	54	b-vel komp.

- n: 2.4/5GHz, OFDM + MIMO (max 4 bitfolyam),
  - 4 folyam, 40MHz sávszélesség, 64-QAM moduláció, 400ns GI, 5/6 hibajavító kódolás mellett akár bruttó 600Mbit/s
- ac: 5GHz, OFDM + MIMO (max 8 bitfolyam), (utólag: WiFi 5)
  - 20/40/80/160MHz, akár 256-QAM moduláció, ...
- ax: (WiFi 6, már 1024-QAM is); tovább: be: WiFi 7
- ad, ay: 60GHz (WiGig, 60GHz WiFi)

# IEEE 802.11 biztonsági kérdései

- Titkosítási megoldások:
  - WEP (Wired Equivalent Privacy)
    - Rossz megoldás, könnyen feltörhető
  - WPA (Wi-Fi Protected Access)
    - Jobb megoldás, de már elavulttá vált
  - WPA2
    - Ezt kell használni. 😊
- WPS: Wi-Fi Protected Setup
  - Otthoni biztonságos hálózat létrehozása automatikusan
  - HIBÁS! Ki kell kapcsolni!



# Kérdések?

## KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Lencse Gábor  
egyetemi tanár  
Széchenyi István Egyetem, Távközlési Tanszék  
lencse@sze.hu

