



Vezeték nélküli helyi hálózatok

Számítógép-hálózatok

Dr. Lencse Gábor
egyetemi tanár

Széchenyi István Egyetem, Távközlési Tanszék
lencse@sze.hu

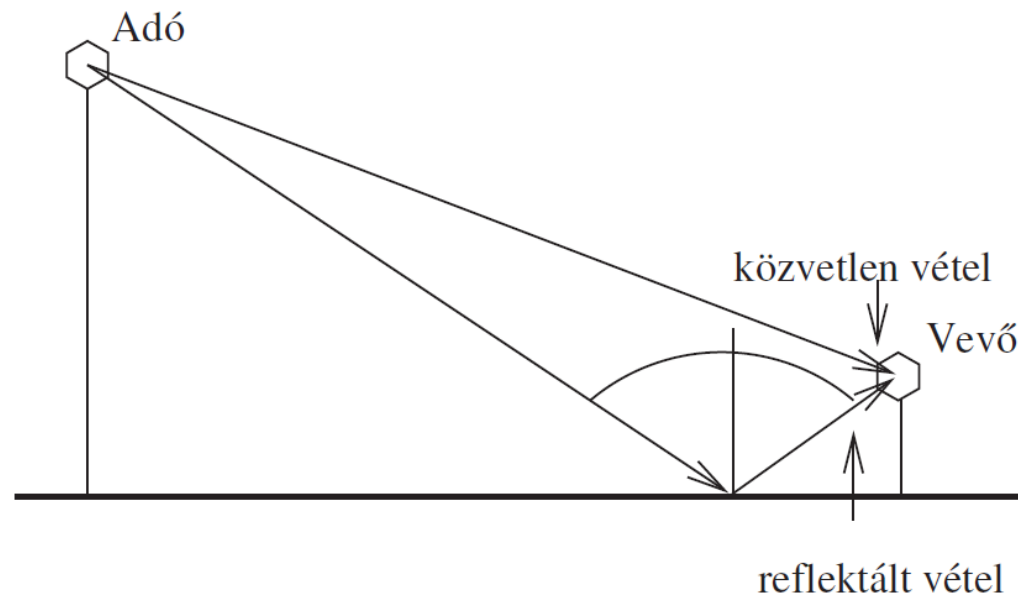


ELMÉLETI ALAPOK

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

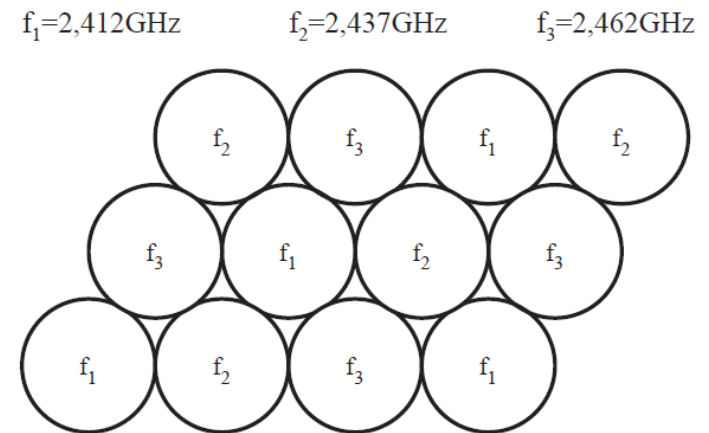
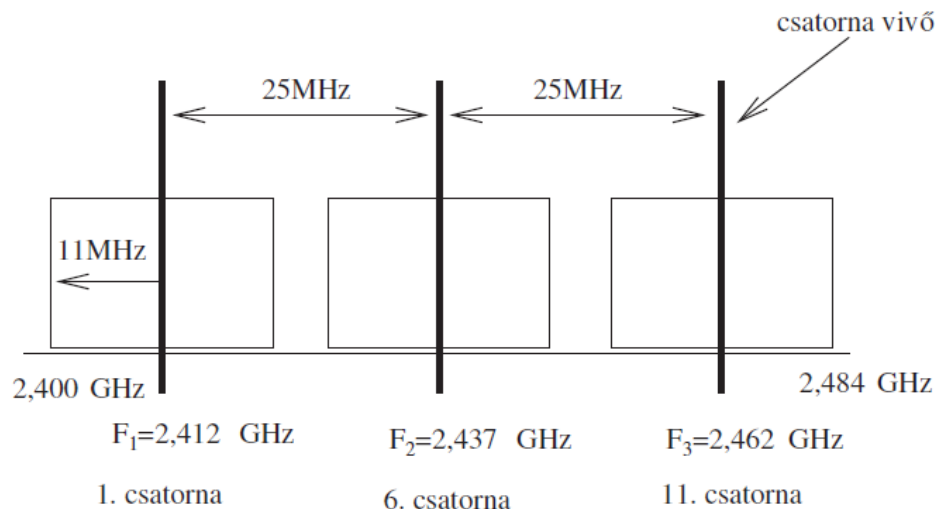
- Zaj
 - Nem a rendszerből származó (véletlenszerű) villamos jel.
 - Védekezés: hibajavító kódolással.
- Interferencia
 - (vagy ütközés) más állomás adásával
 - Védekezés: szórt spektrumú megoldásokkal
- Rálátás hiánya
 - Az adó és a vevő között a Fresnel-zóna nem üres
 - [https://wiki.ham.hu/index.php?title=Fresnel 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 átvíendő jel spektrumát valamilyen transzformációval az eredetinek több tízszeresére kiszélesítik, és kisebb teljesítménysűrűséggel viszik át. Ennek egyik haszna a szándékos vagy véletlen zavarás elleni védelem.

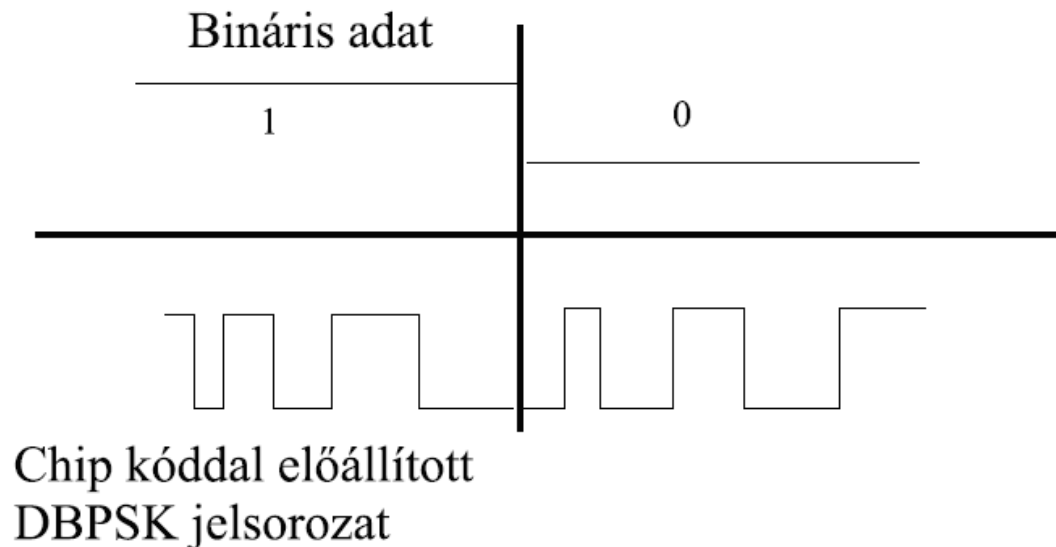
Direct Sequence Spread Spectrum

- *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:

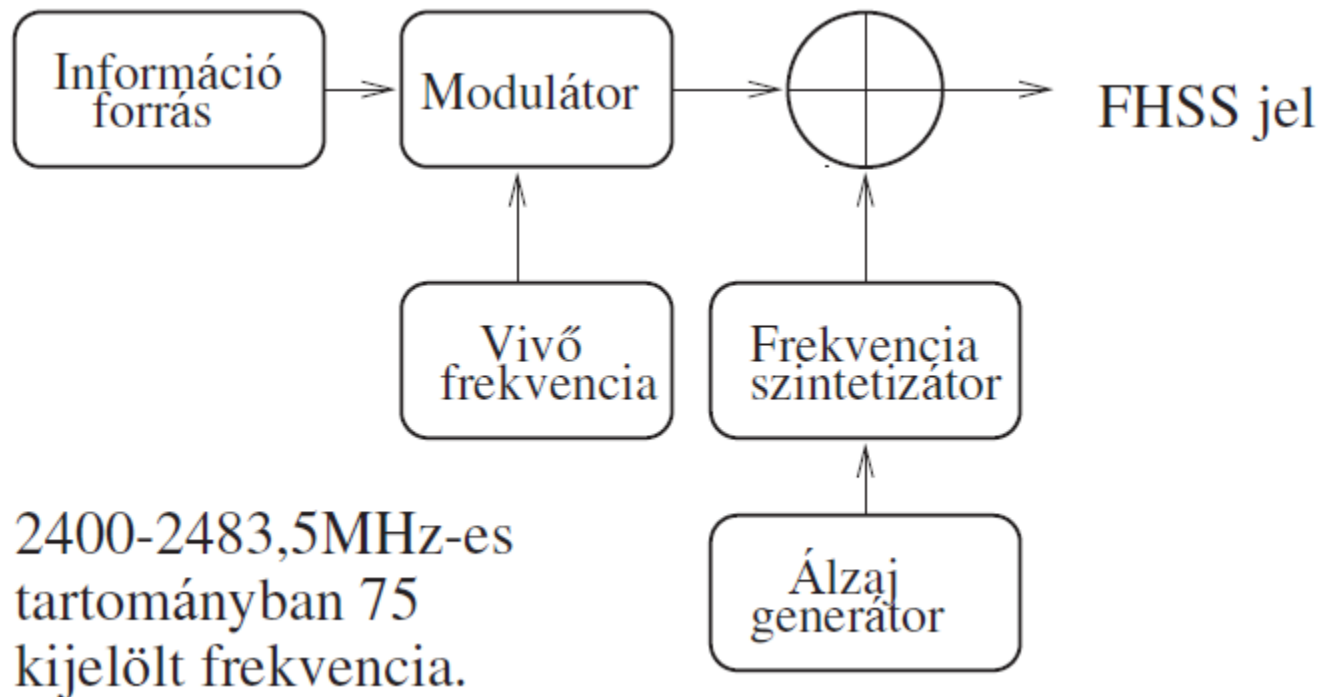
+1 -1 +1 +1 -1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1

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. Természetesen a vevő ugyanazt az álvéletlen generátort használja, és azonos értékről indulnak.



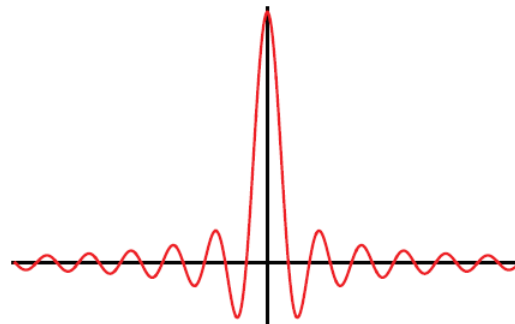
CDMA helyett OFDM

- 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: $F_n = F_0 + n/T$

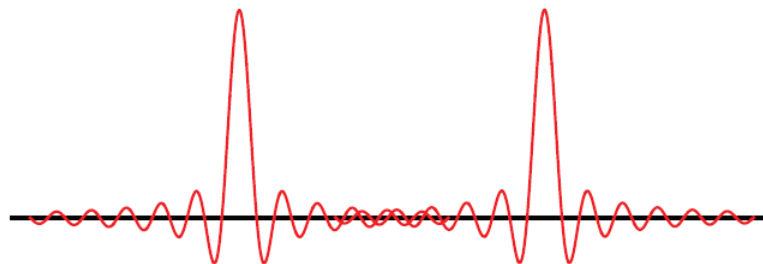
Az OFDM elméleti alapja

Egy időtartománybeli

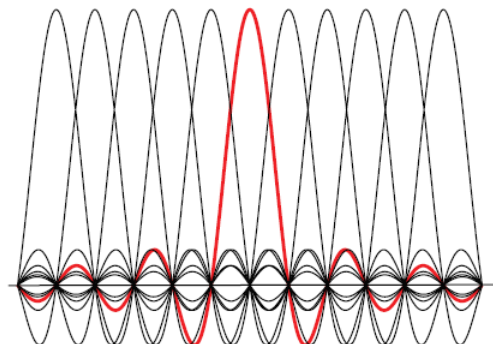
 jel spektruma.



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

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

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 paraméterei

- Modulation and Coding Scheme (MCS)
 - Frekvenciasáv: 2.4GHz, 5GHz
 - Modulációk: DSSS, FHSS, OFDM
 - Sáv szélesség (MHz): 22, 20, 40, 80, 160
 - MIMO paraméterei: $a \times b : c$
 - a: adóantennák száma
 - b: vevőantennák 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, WPA3
 - Legalább WPA2-t kell használni, a WPA3 még jobb. 😊
 - <https://nordvpn.com/blog/wep-vs-wpa-vs-wpa2-vs-wpa3/>
- 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

