

Vezeték nélküli LAN-ok – IEEE 802.11

WLAN –Wireless Local Area Network
Wi-Fi – Wireless Fidelity



A wireless LAN-ok jellemzői

- WLAN jellemzők:
 - pár száz méter
 - 1-2 Mbit/s-től a 100 Mbit/s-ig
 - ISM sávban (engedélymenetes)
- Jellegzetes alkalmazások:
 - Épületen belüli LAN-ok részeként, különösen: kórházak, áruházak, hotelek, egyetemi campus, műemlék-épületek
 - Közeli épületek közötti kapcsolat, pl. utca felett
 - Otthoni iroda, kisvállalati iroda (SOHO – small office – home office)
 - Nyilvános Internet-elérési pont
 - Ideiglenes hálózat Internet-elérésre kiállításokon, konferenciákon

WLAN-eszközök

WLAN-kártya



asztali számítógépekbe (PCI, ISA)



hordozható eszközökbe (PCMCIA)

AccessPoint (AP)



802.11-es szabványok

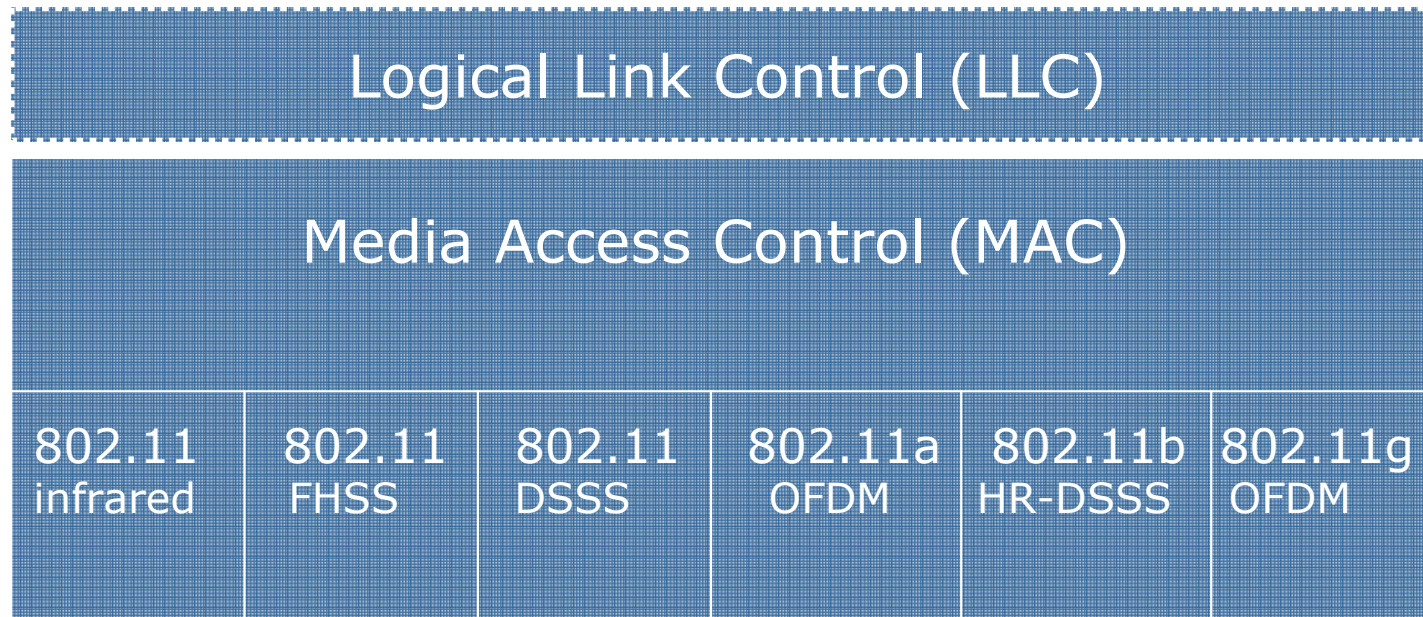
□ **Különböző alszabványok**

- 802.11 – 1-2 Mbit/s, 2,4 GHz, FHSS
- 802.11a – 54 Mbit/s, 5 GHz, OFDM
- 802.11b – 11 Mbit/s, 2,4 GHz, DSSS, 11-13 csatorna
- 802.11g – 54 Mbps, 2,4 GHz, OFDM / DSSS, 13 csatorna
- 802.11n – akár 600 Mbit/s, 2,4 GHz, OFDM MIMO

□ **További alszabványok fontos kiegészítő funkciókra**

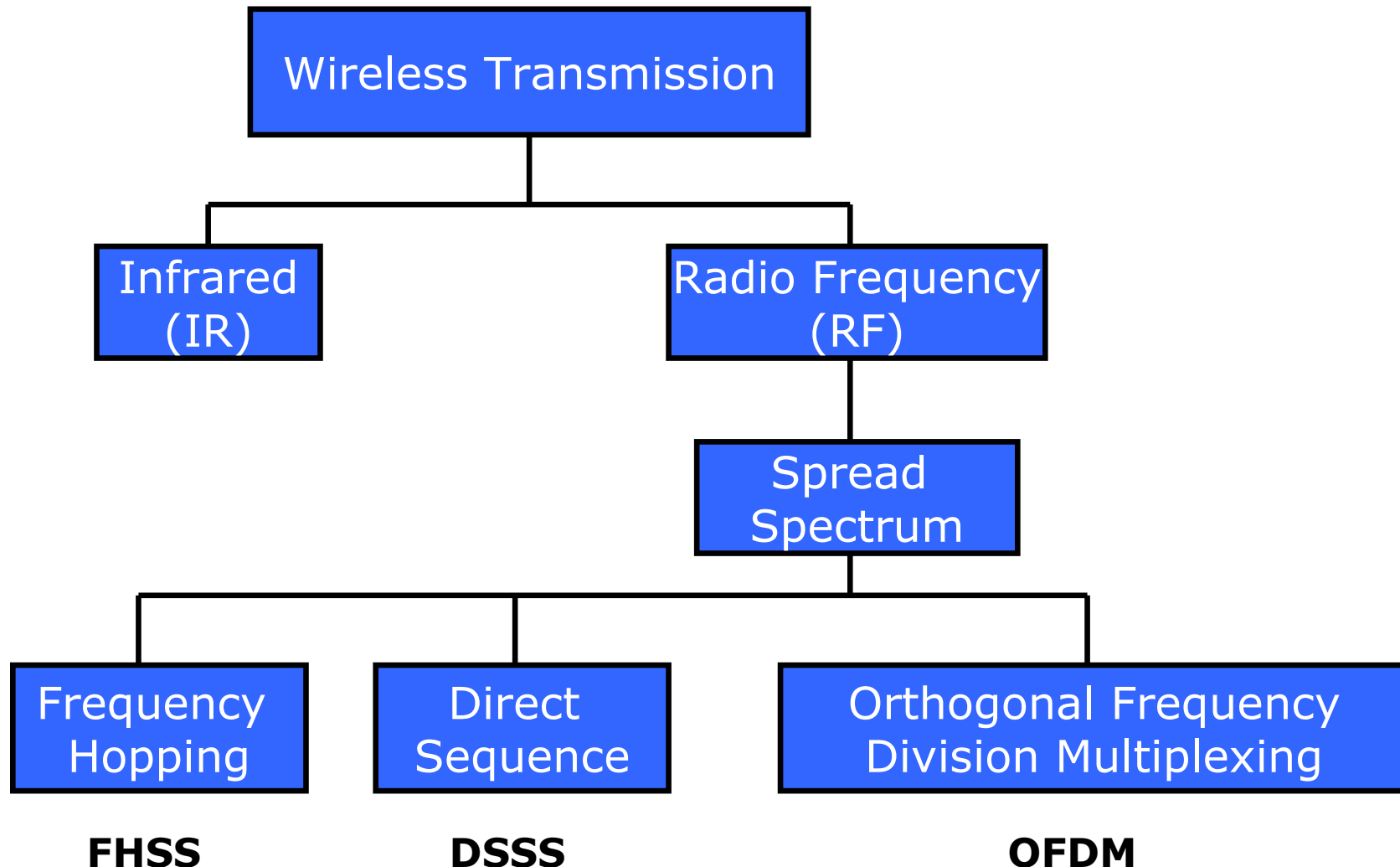
- 802.11e – QoS-támogatás
- 802.11h – automatikus teljesítményszabályozás (ATPC) és dinamikus csatornaválasztás (DFS)
- 802.11i – adatbiztonság, titkosítás (pl: AES titkosítás)
- 802.11j – 802.11a - HiperLAN2 együttélés
- 802.11s – mesh-üzemmódú működés

802.11 szabványok



Szabványváltozatok a különböző rétegeknek megfelelően

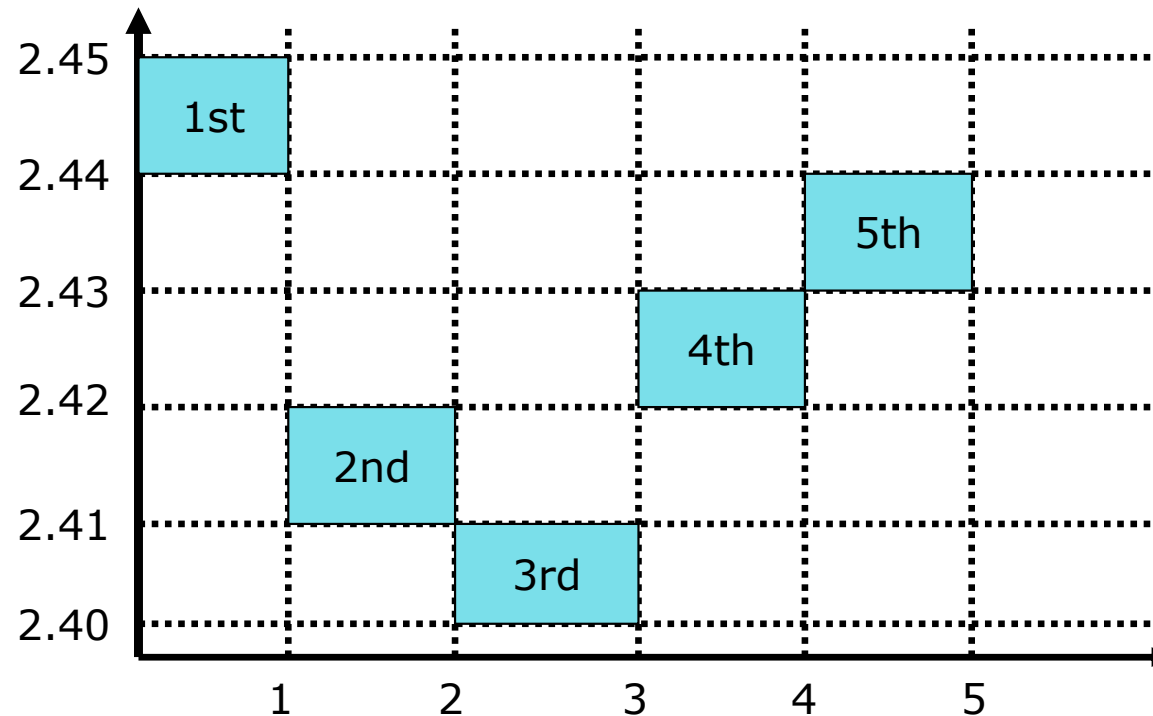
A vezeték nélküli kommunikáció fizikai formái



DSSS: detekció, zavarvédetség

- Detekció: korrelációs vevő, a kódolásnál alkalmazott álvéletlen jelsorozattal, szinkronban
 - A korrelációs detektor maximumot ad az adott chip-időn belül és alacsony értékeket más helyeken
 - A zajjal, zavarokkal nincs korreláció
 - Többutas terjedés esetén az interferáló jelekkel kicsi a korreláció
- A chip-frekvencia („processing gain”) megválasztása
 - Hosszú kód: jó zavarvédetség
 - Rövid kód: kisebb sáv szélességigény
- IEEE 802.11 WLAN: 11 bites szórás
 - FCC: min. 10 az ISM sávban
 - 11-es érték nem túl nagy: mérsékelt zavarvédetség, de jó sáv szélesség-gazdálkodás
- DSSS ⇔ CDMA
 - Közös illetve egyedi álvéletlen jelsorozatok
 - A WLAN-okban nem használatos a CDMA-lehetőség

Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) *

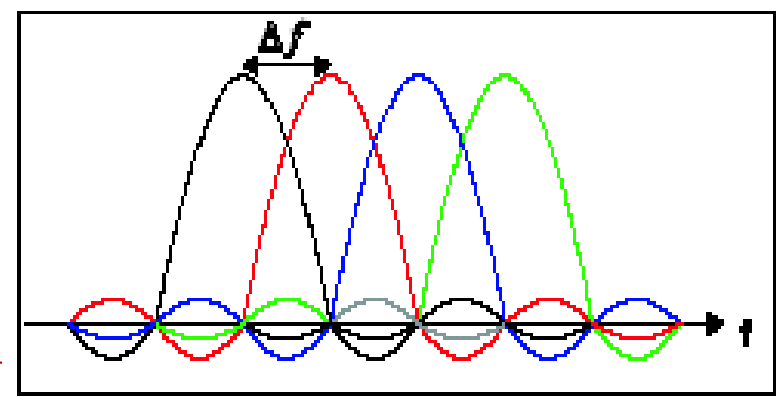


- Több frekvenciát használ
- Példa:
 - 10 MHz helyett 50 MHz használ
 - Az első bit (vagy bitek egy csoportja) 2,44 GHz-en, a második bit 2,41 GHz-en, míg a harmadik bit 2,30 GHz-en kerül kiküldésre

FHSS: fő paraméterek *

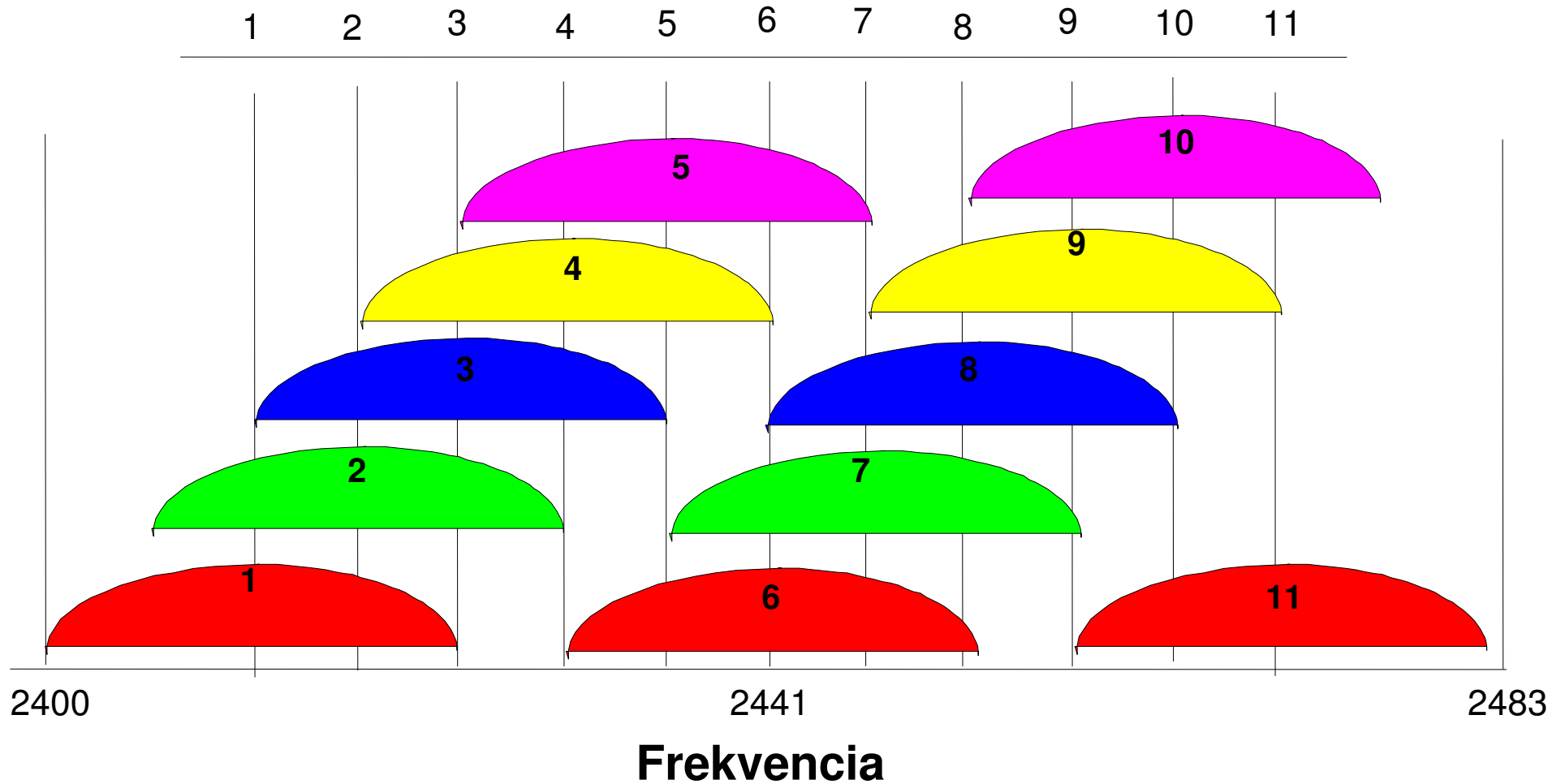
- Lassú és gyors frekvenciaugratás
 - Bitsebesség > vagy < a hopping-sebességnél
- A 2.4 GHz ISM sávban:
 - Min. 75 frekvencia használata
 - Max. 400 ms egy frekvencián, ha 400, akkor 2,5 ugrás/s; sok bit ezalatt (Ethernet keret ~1500 byte -> 12 kbit, 1 Mbit/s-nél 12 ms)
- FHSS ↔ DSSS
 - Különböző sáv szélességigény és adatsebességek
 - FHSS védettebb a keskenysávú zavarokkal szemben, mivel az egész ISM sávra kiterjed, a DS csak egy részére

OFDM



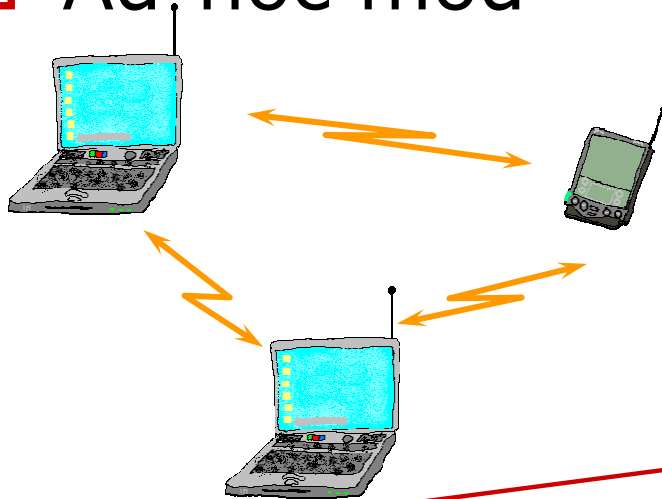
- Orthogonal Frequency Division Multiplexing
- A sáv felosztása sok részsávra, ezekben továbbítjuk a párhuzamosított jelfolyamot
- A spektrum hatékony kihasználása:
„ortogonális” vivőkkel
 - a sávok nem diszjunktak, a spektrumok „össze vannak tolva”, egymásba átlógnak, viszont szétválaszthatók, mert eleget tesznek az időtartományban megismert Nyquist-elv frekvenciatartománybeli megfelelőjének

Csatornakiosztás



Működési módok

□ Ad-hoc mód



□ Részei: csak kliensek

□ Kommunikáció: peer-to-peer

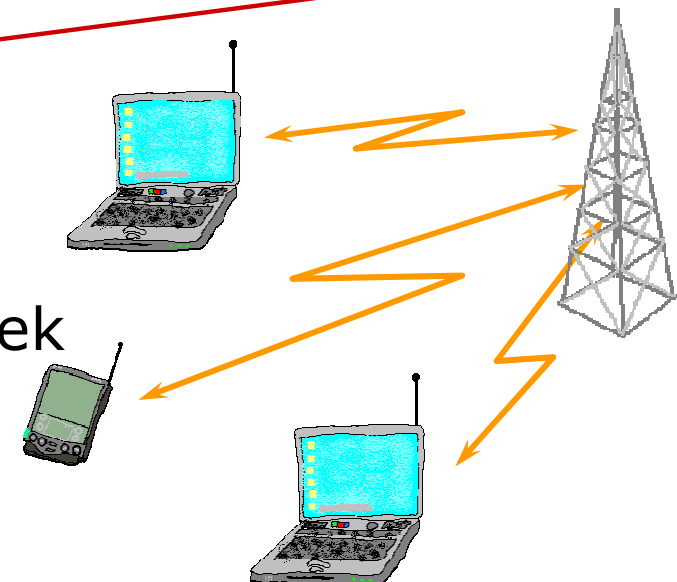
□ Eseti hálózatok esetén

□ Infrastruktúra mód

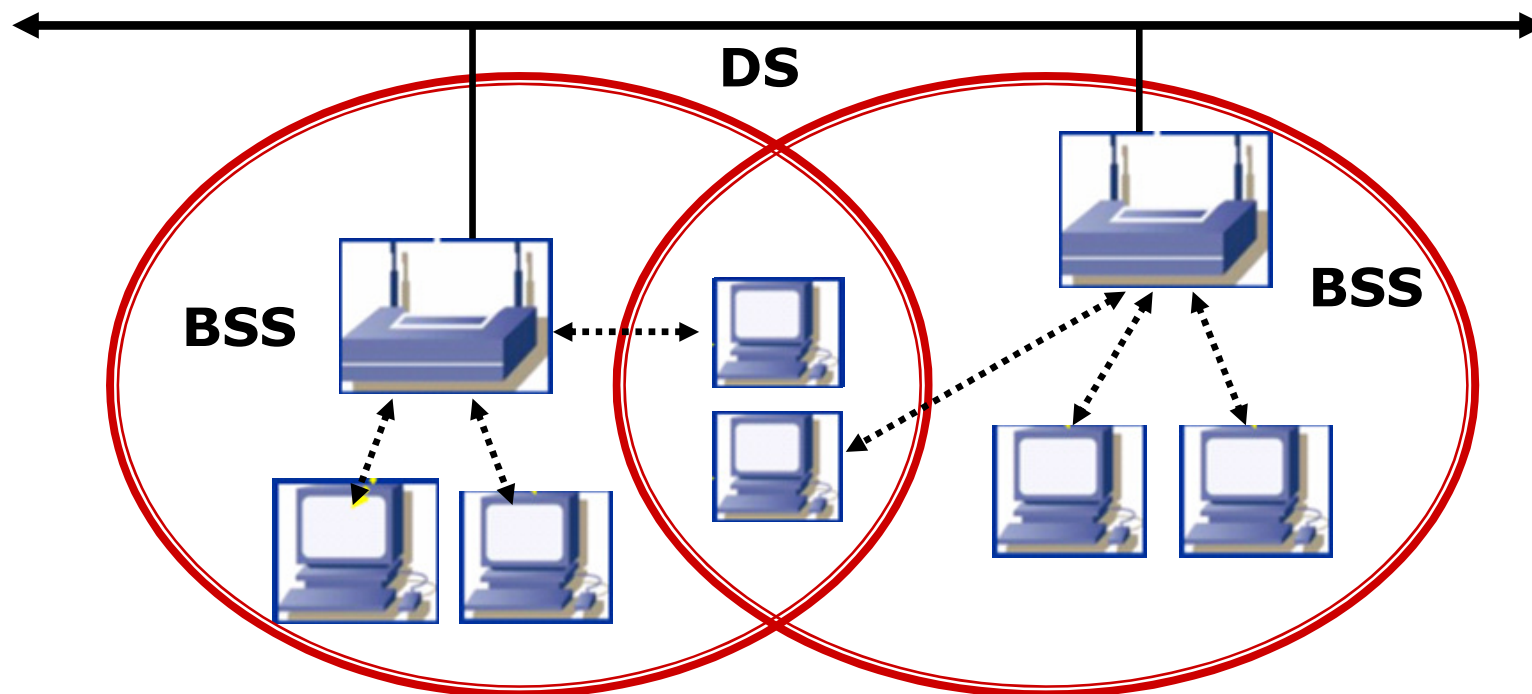
□ Részei: Access Point (AP) + kliensek

□ Kommunikáció: csak AP-kliens

□ AP: kapcsolat a vezetékes és a vezeték nélküli hálózat között



WLAN-ok topológiája (BSS és ESS)

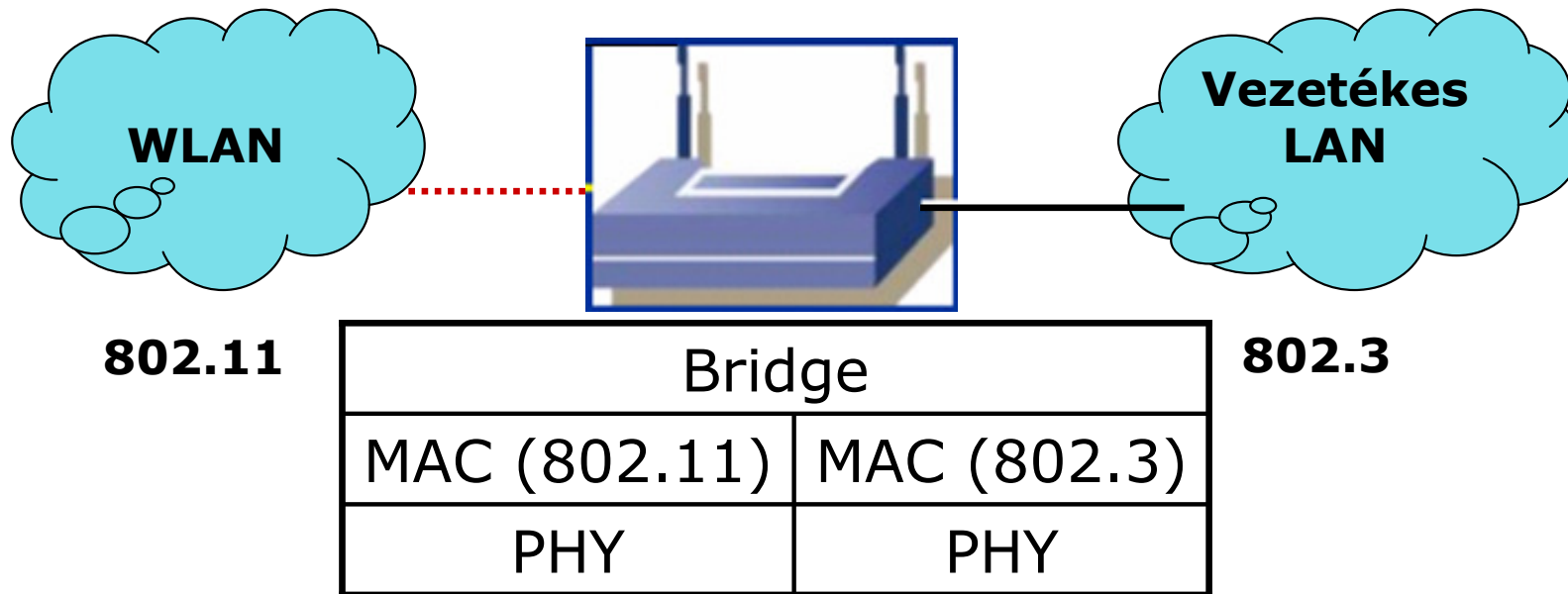


Basic Service Set (BSS) – egy cella

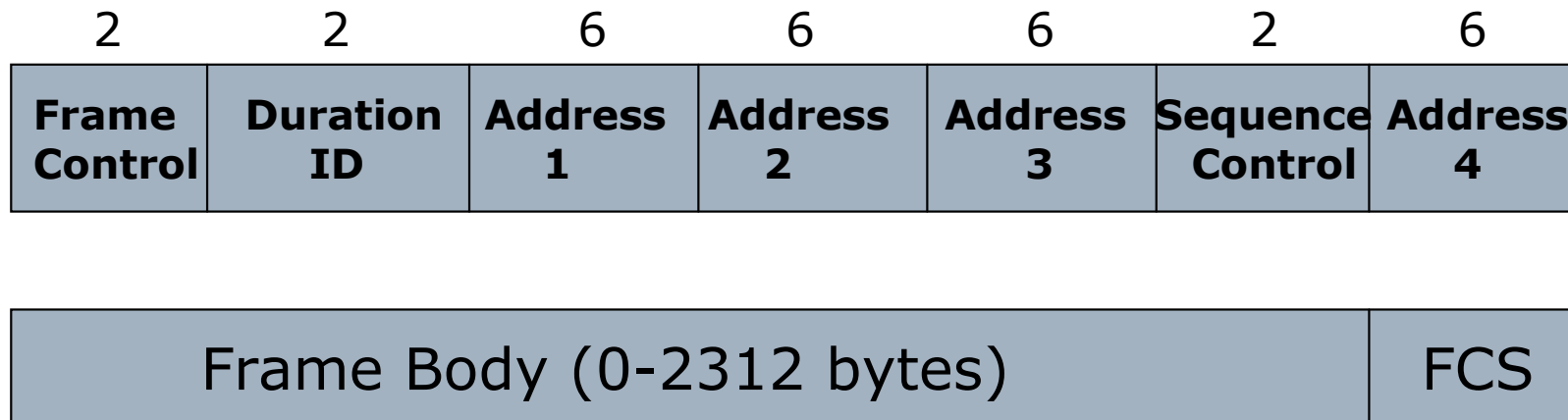
Extended Service Set (ESS) – több cella

Distribution System (DS) – elosztóhálózat (gerinc)

Wireless Access Point (WAP) – Bridge



802.11 keretformátum



Miért kell négy címmező?

802.11 címek

To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	DA	SA	BSSID	N/A
0	1	DA	Sending AP	SA	N/A
1	0	Receiving AP	SA	DA	N/A
1	1	Receiving AP	Sending AP	DA	SA

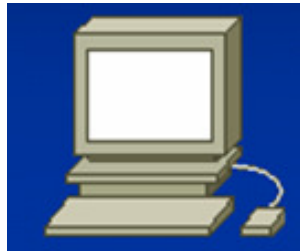
DS: Distribution System

BSSID: Basic Service Set ID

DA: Destination Address (Célcím)

SA: Source Address (Forráscím)

„00“-eset



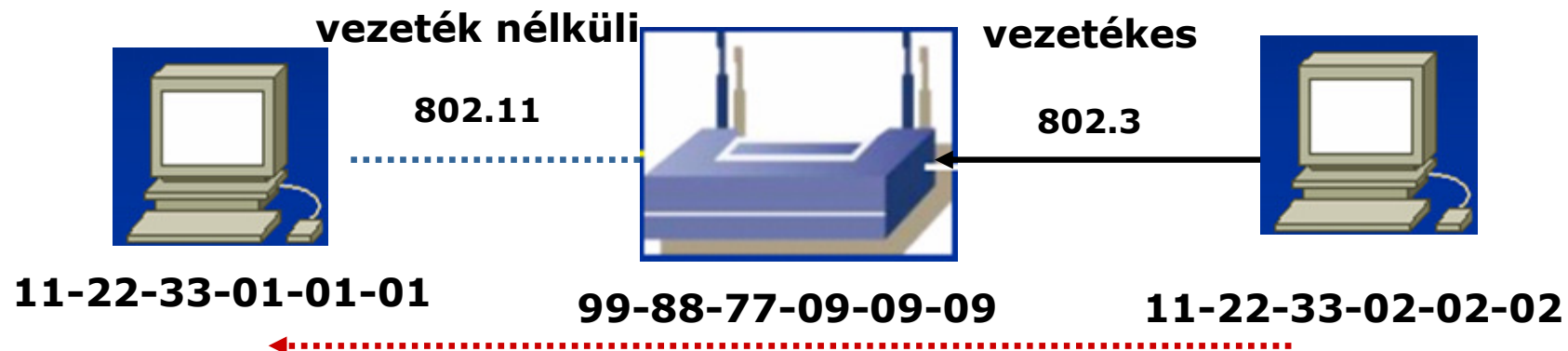
11-22-33-01-01-01



11-22-33-02-02-02

A1: 11-22-33-01-01-01	DA
A2: 11-22-33-02-02-02	SA
A3: BSS ID	
A4: nem használt	

„01”-eset (vezetékesből vezeték nélkülibe)



A1: 11-22-33-01-01-01

A2: 99-88-77-09-09-09

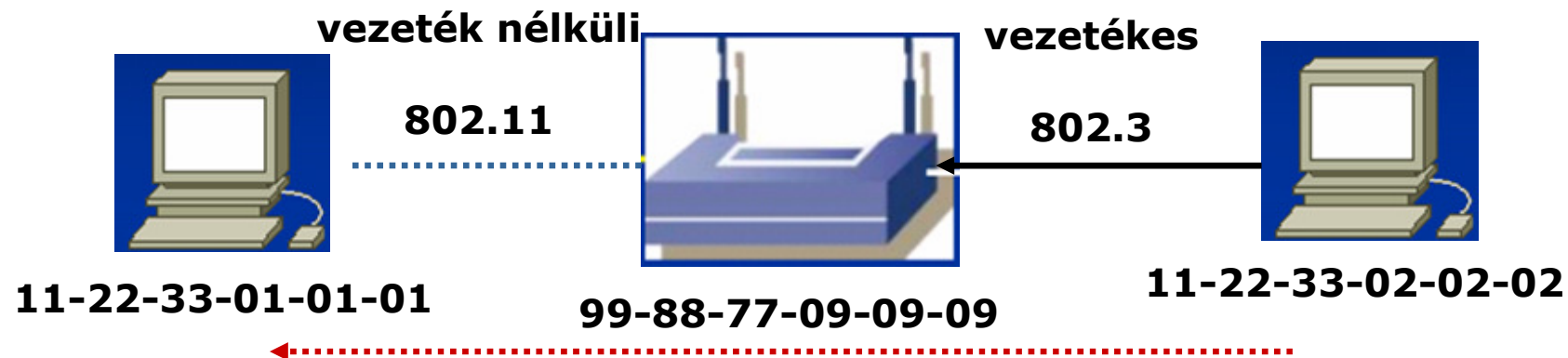
A3: 11-22-33-02-02-02

A4: nem használt

DA: 11-22-33-01-01-01

SA: 11-22-33-02-02-02

„10”-eset (vezetéknélküliből vezetékesbe)



A1: 99-88-77-09-09-09

A2: 11-22-33-01-01-01

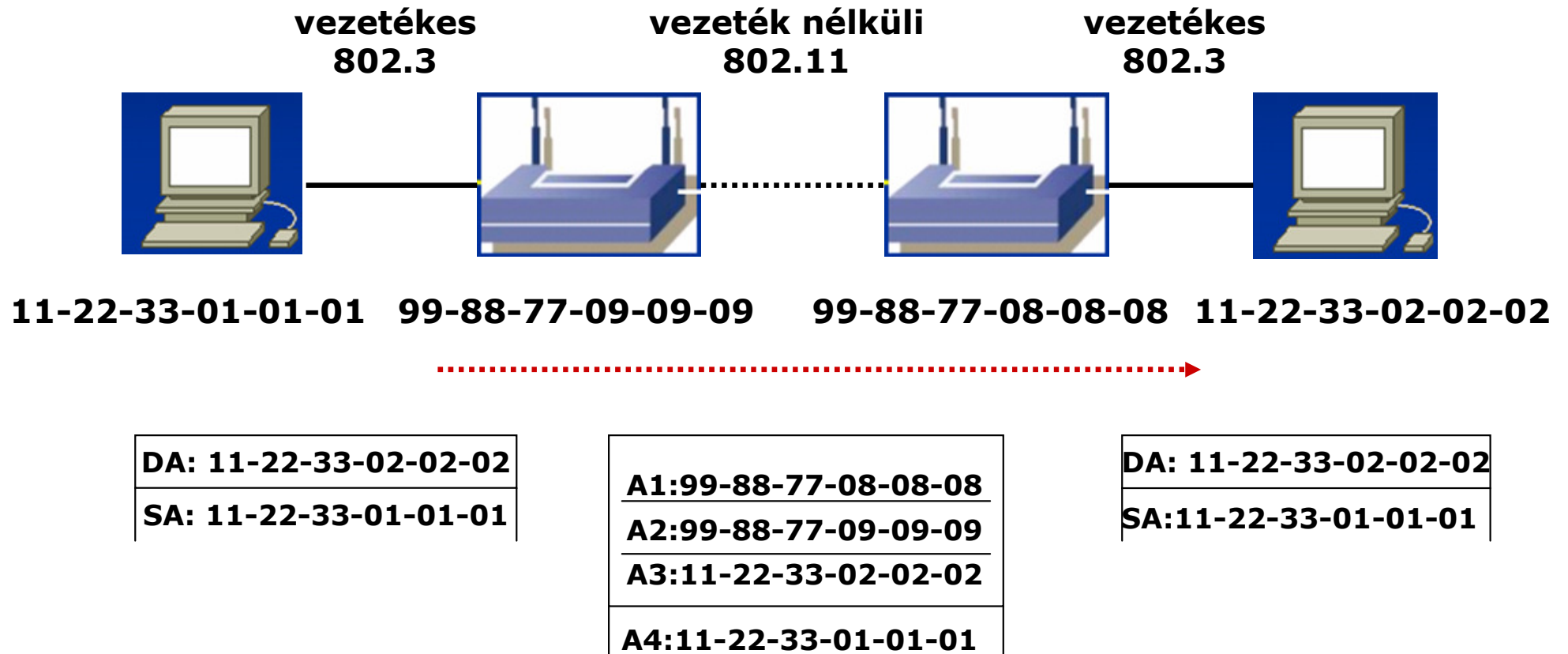
A3: 11-22-33-02-02-02

A4: nem használt

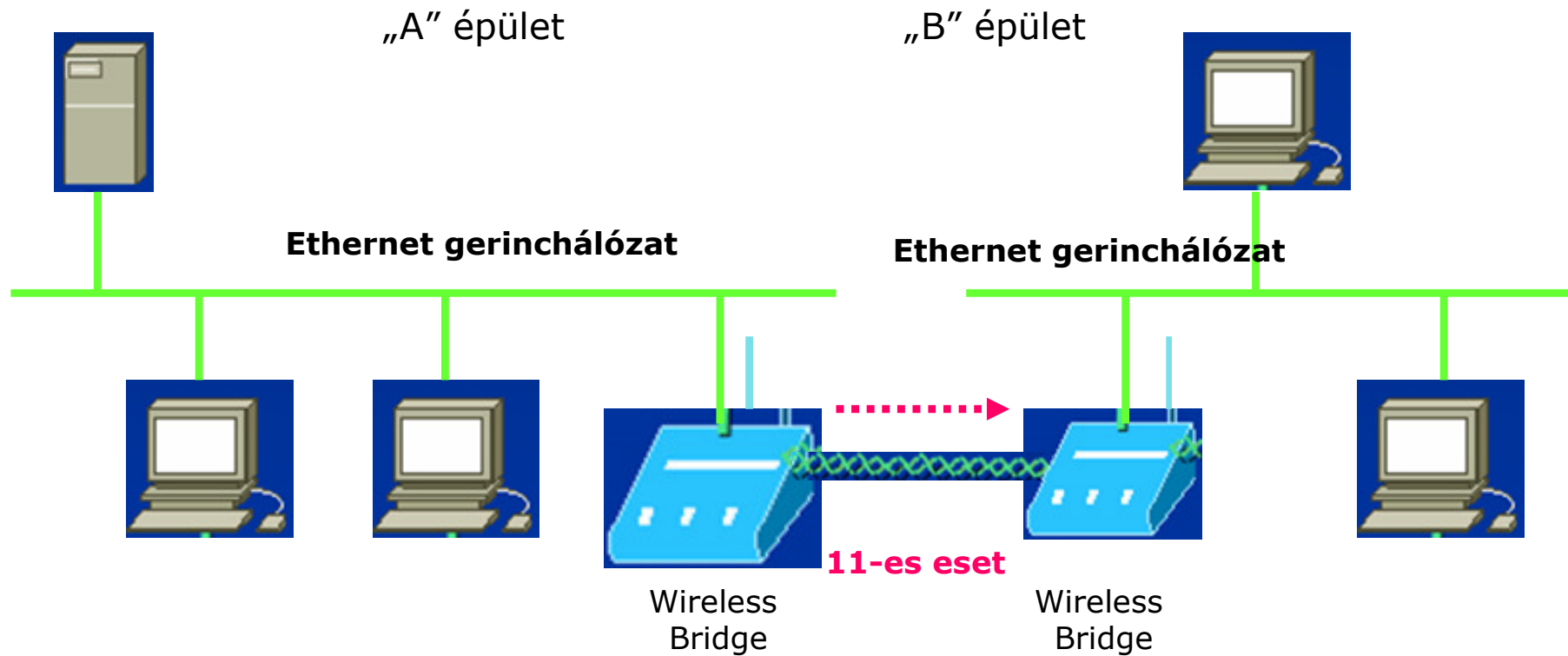
DA: 11-22-33-02-02-02

SA: 11-22-33-01-01-01

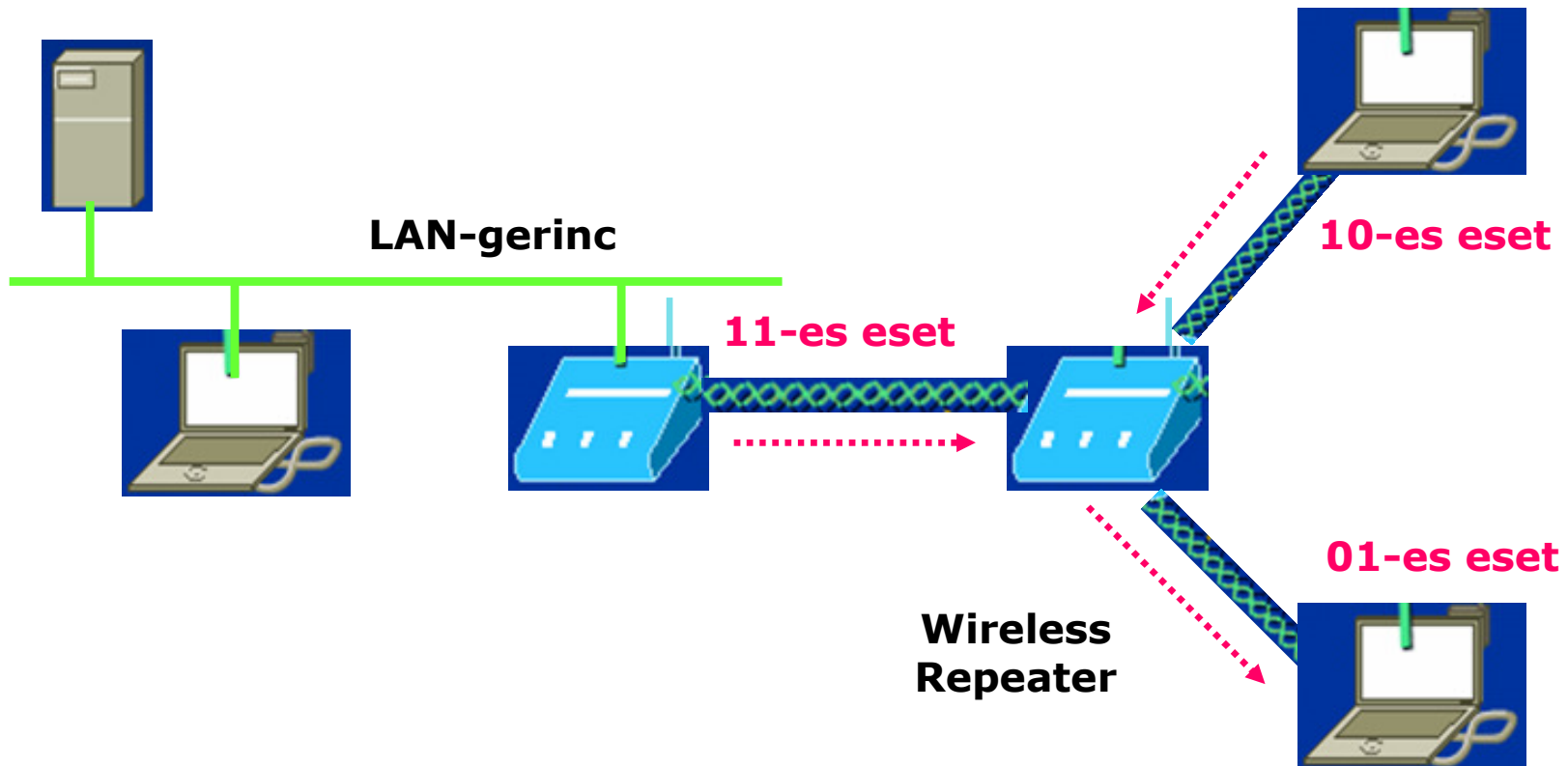
„11”-eset (vezeték nélküli összekapcsolás)



Vezeték nélküli híd (bridge)



Vezeték nélküli ismétlő (repeater)



802.11 MAC-réteg

Hozzáférési módszerek

- Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance – CSMA/CA
 - Nem CSMA/CD (802.3), CS, de nem CD
 - Vezeték nélküli LAN-okban nem lehet ütközést detektálni
- Két hozzáférési módszer:
 - Distributed Coordination Function (DCF)
 - Point Coordination Function (PCF)

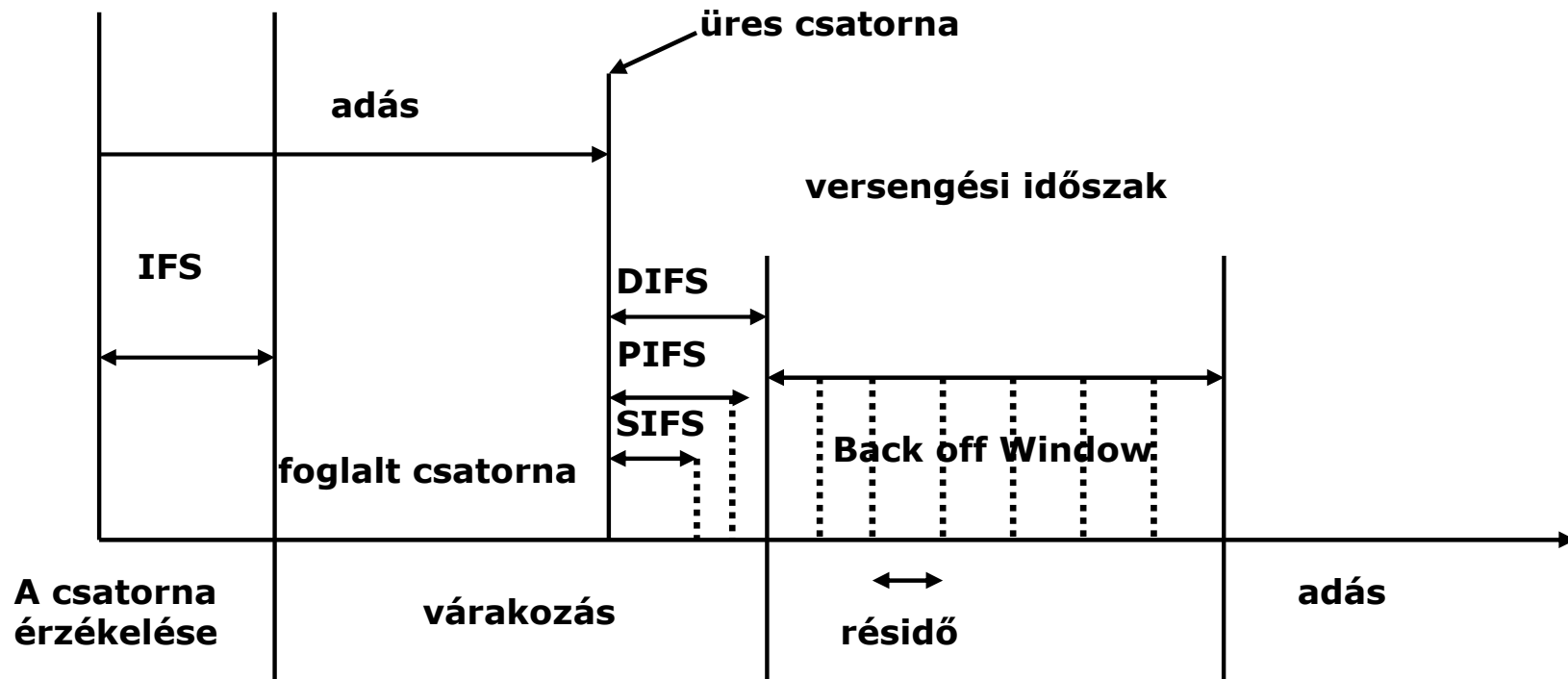
Distributed Coordination Function (DCF)

- A MAC alsó alrétege
- CSMA/CA
 - Collision Avoidance – Ütközés-elkerülés
- Nincs ütközésdetekció (az állomások nem képesek észlelni a máshonnan érkező jelek által létrehozott ütközést).
- Különböző értékű IFS-ek (InterFrame Space)
 - Short IFS – rövid IFS vezérlőüzenetek számára
 - PCF IFS (PIFS)
 - DCF IFS (DIFS) – adatkeretek számára

DCF algoritmus

- Ha a csatorna szabad, az állomás vár, hogy szabad marad-e IFS ideig. Ha igen, ad.
- Ha a csatorna foglalt (vagy már az elején, vagy azzá válik az IFS alatt), az állomás tovább figyel.
- Amikor a csatorna szabaddá válik, az állomás vár IFS ideig, majd egy véletlen késleltetést választ. Amikor az letelik, megkezdí az adását.

CSMA/CA (DCF)



DIFS: DCF IFS

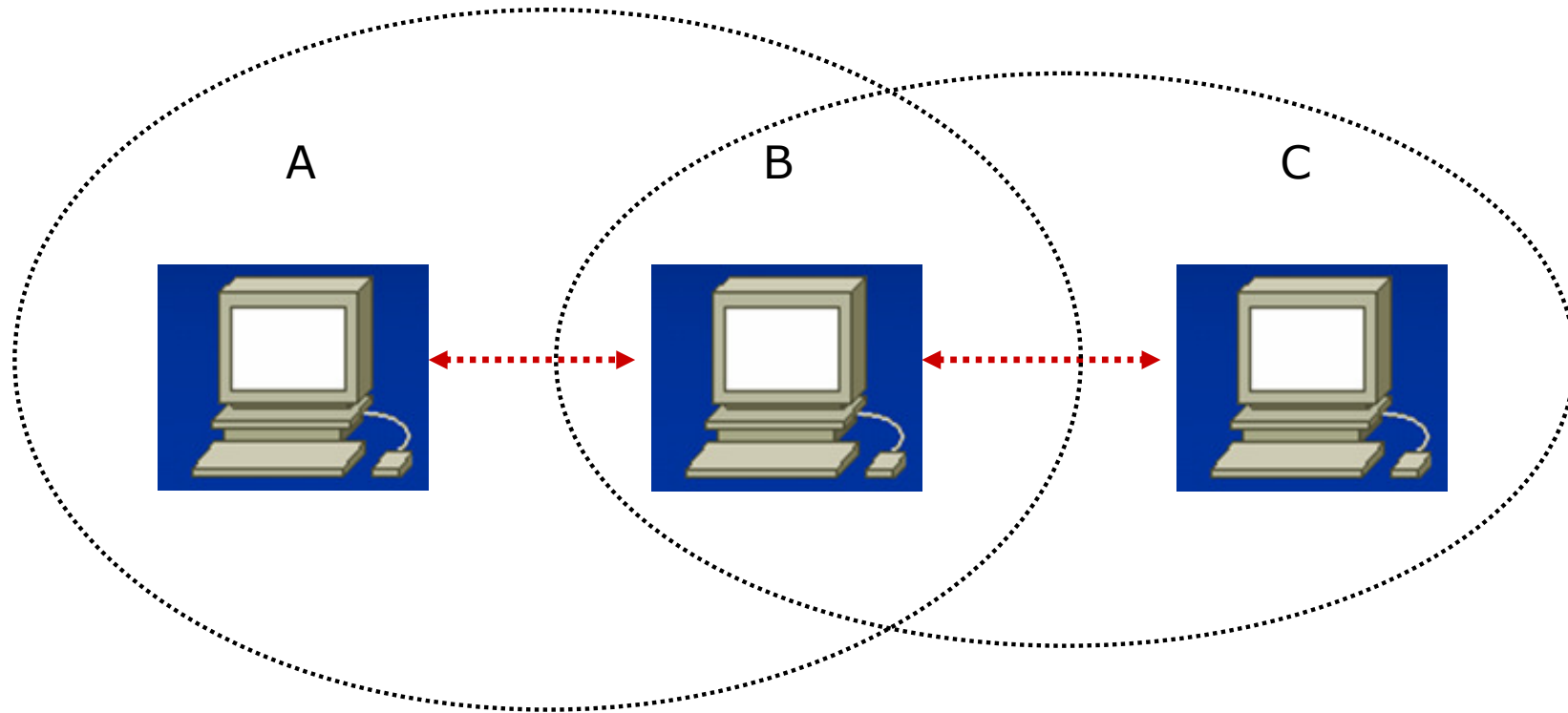
PIFS: PCF IFS

SIFS: Short IFS

Az exponenciális backoff algoritmus

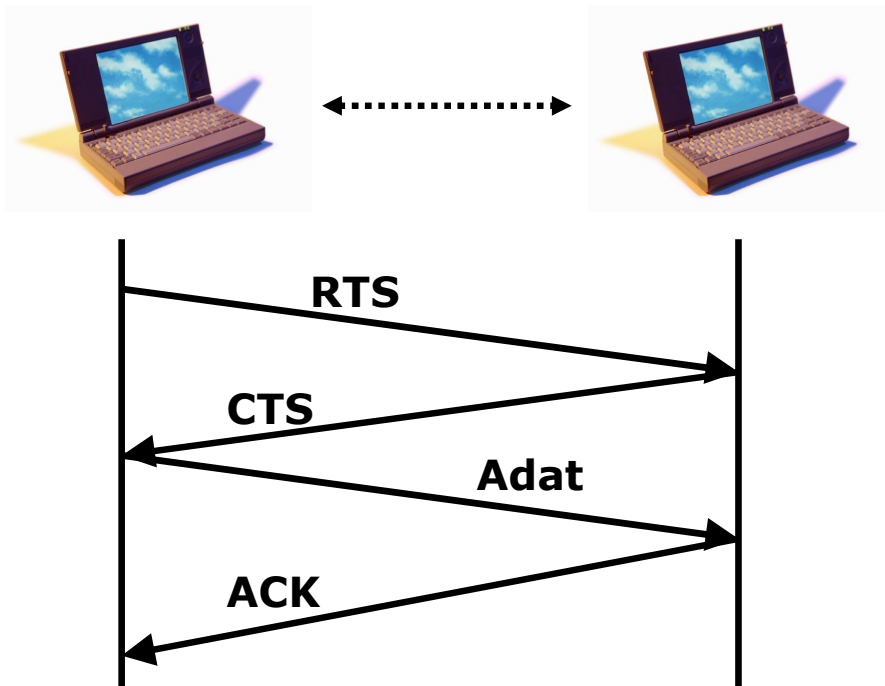
- $\text{Backoff_Time} = \text{INT}(\text{CW} * \text{RND}()) * \text{Slot_Time}$
 - CW – Contention Window
 - Kezdetben 31, majd 63, 127 stb. A késleltetést itt résidőben (Slot_Time) mérjük
 - Résidő
 - Úgy kerül megválasztásra, hogy azalatt az állomás biztosan érzékelhesse a csatorna foglaltságát; 20 μs (DSSS), 50 μs (FHSS)
 - RND()
 - Véletlen számot generáló függvény 0 és 1 között

A rejtett állomás problémája



A kommunikál B-vel. C nem tud erről, ezért ő is elkezd B-nek üzeneteket továbbítani. Ez B-nél ütközéshez vezet.

Megoldás: RTS/CTS Handshaking



RTS – Request To Send
(küldés kérése)

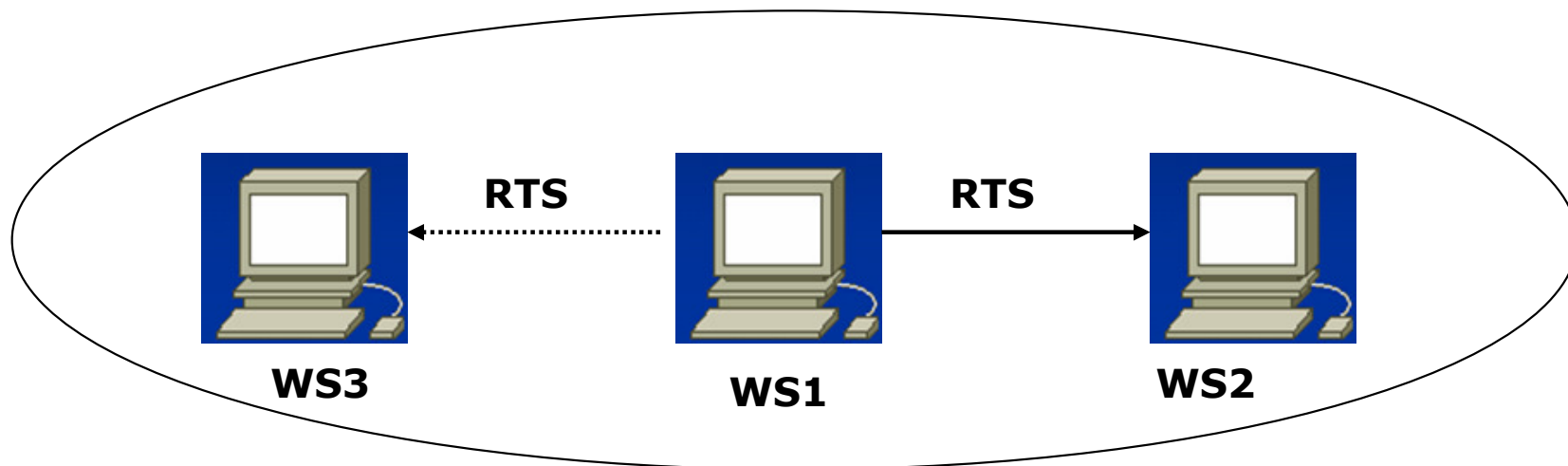
CTS – Clear To Send
(szabad küldeni)

ACK – ACKnowledgement
(nyugta)

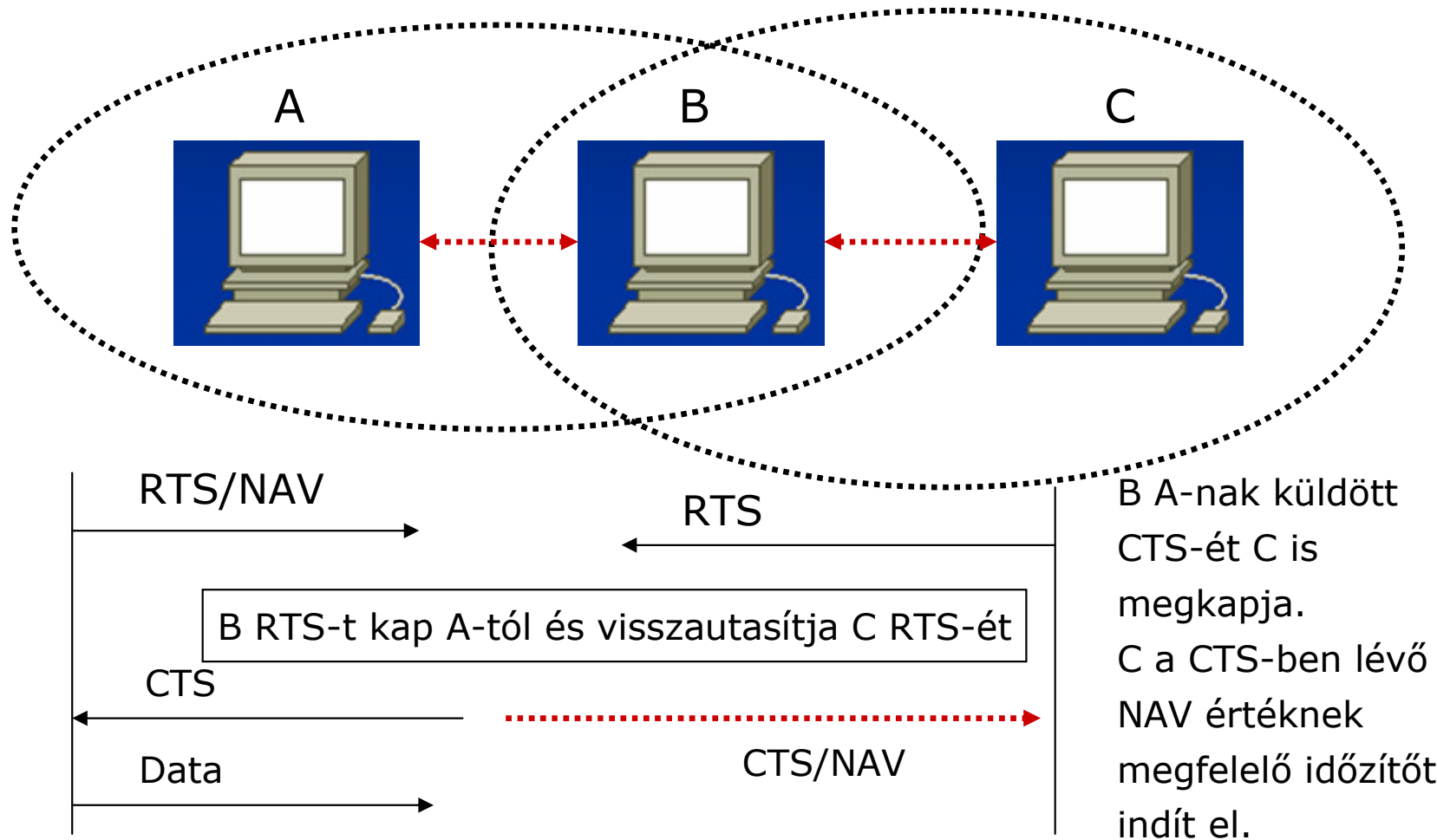
- A WLAN-oknál opcionális eljárás

Network Allocation Vector (NAV)

- Minden RTS keret tartalmazza azt az időt, ameddig az állomás el akarja foglalni a csatornát
- NAV: számláló a többi állomásnál, amelyeknek NAV ideig várniuk kell, mielőtt megnéznék, hogy a csatorna szabad-e
- Amikor az állomás (WS1) RTS-t (vagy CTS-t) küld, a többi (WS2 és WS3) elindítja a NAV-ot



RTS/CTS + NAV: Megoldás a rejtett állomás problémájára



Foglalt közeg

Fizikailag foglalt

- Az állomás foglaltnak érzékeli a rádiócsatornát

„Virtuálisan” foglalt

- Az állomás RTS-t vagy CTS-t vesz, amely jelzi hogy a csatorna foglalt lesz a NAV időtartamán

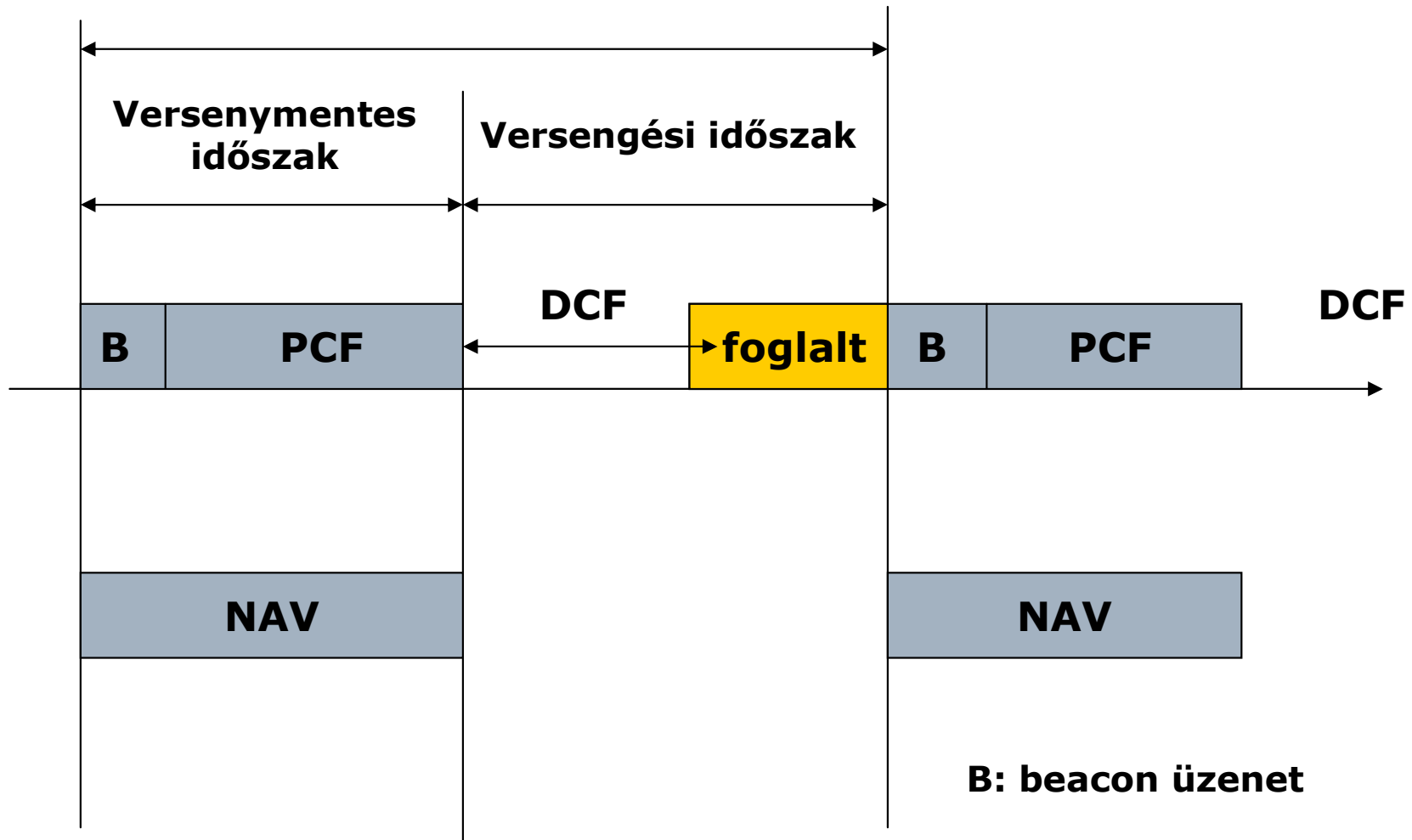
RTS/CTS értékelése

- A WLAN-oknál opcionális eljárás
- Két fő üzenet:
 - Request To Send (RTS)
 - Clear To Send (CTS)
- Előnyös használni, ha
 - A rejtett állomás probléma fennállhat
 - Nagyon nagy verseny van a vezeték nélküli hálózathoz való hozzáféréshez (sok nagy forgalmú állomás)
 - A rövidebb keretek (RTS/CTS) ütközik, nem a hosszabb adatokat tartalmazó keretek
- Hátrány
 - Kisebb az felhasználható adatsebesség (RTS/CTS-re fordított idő kiesik)
 - Jelentősen megnőhet a késleltetés

Point Coordination Function (PCF)

- 1) Opcionális és ha van, a DCF „felett”, azzal együttesen valósítják meg
- 2) Egyetlen AP vezérli a hozzáférést
- 3) Az AP által küldött jelzőüzenet (beacon) hatására az állomások beszüntetik a DFC működést
- 4) Az AP lekérdezi sorban az állomásokat
⇒ Garantált a maximális késleltetés
- 5) Egy állomás csak akkor adhat, ha kérdezik
- 6) Prioritásokat is lehet az állomásokhoz rendelni, így időérzékeny alkalmazások is támogathatók

A PCF időbeli működése



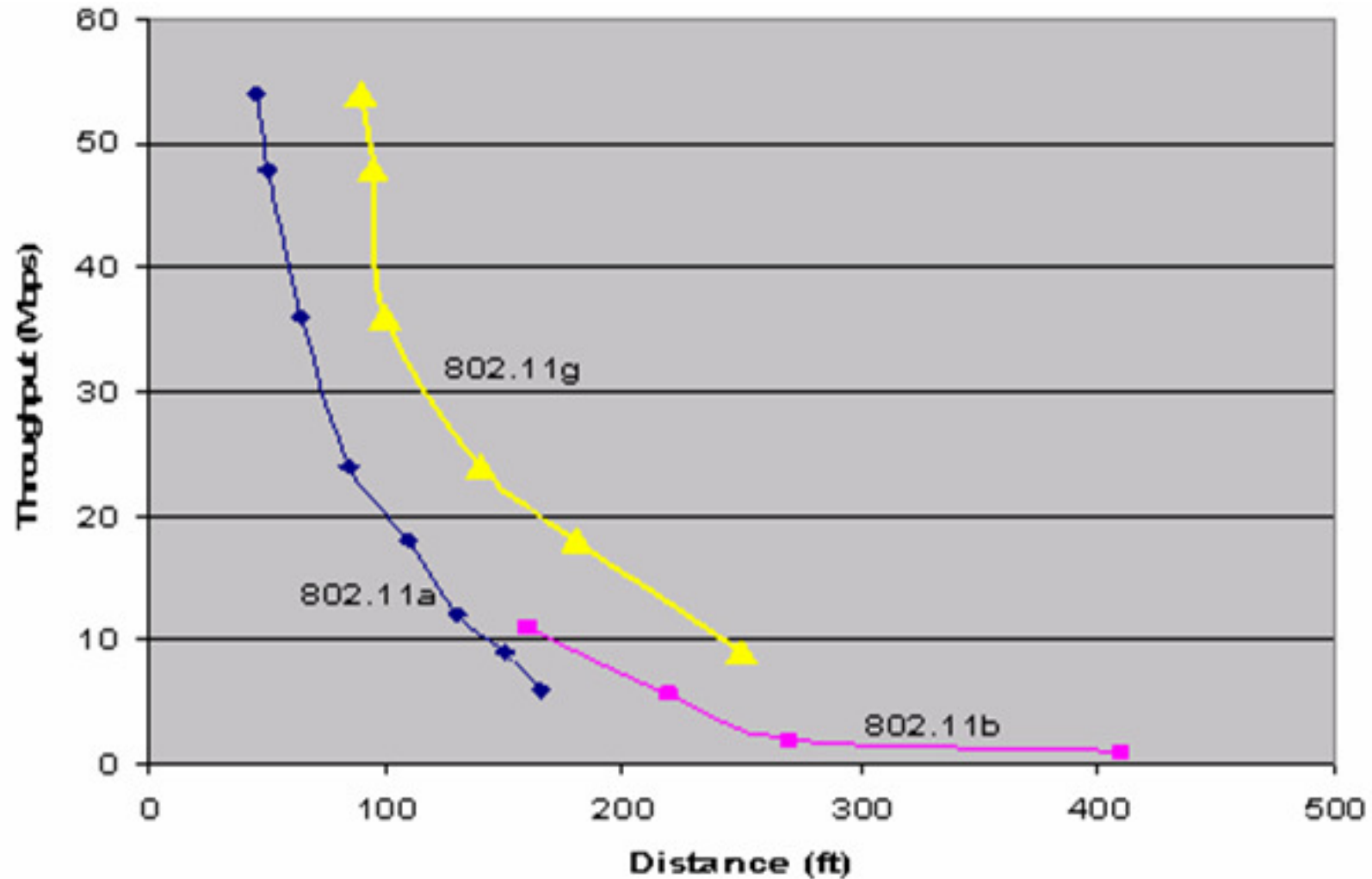
WLAN-ok teljesítőképessége

	802.11b	802.11a	802.11g
Elméleti maximális sebesség [Mbit/s]	11	54	54
UDP [Mbit/s]	7,1	30,5	30,5
TCP [Mbit/s]	5,9	24,4	24,4

A teszt laboratóriumi körülmények között zajlott 10 m-nél kisebb távolságból.

"WLAN Testing with IXIA IxChariot", IXIA White Paper

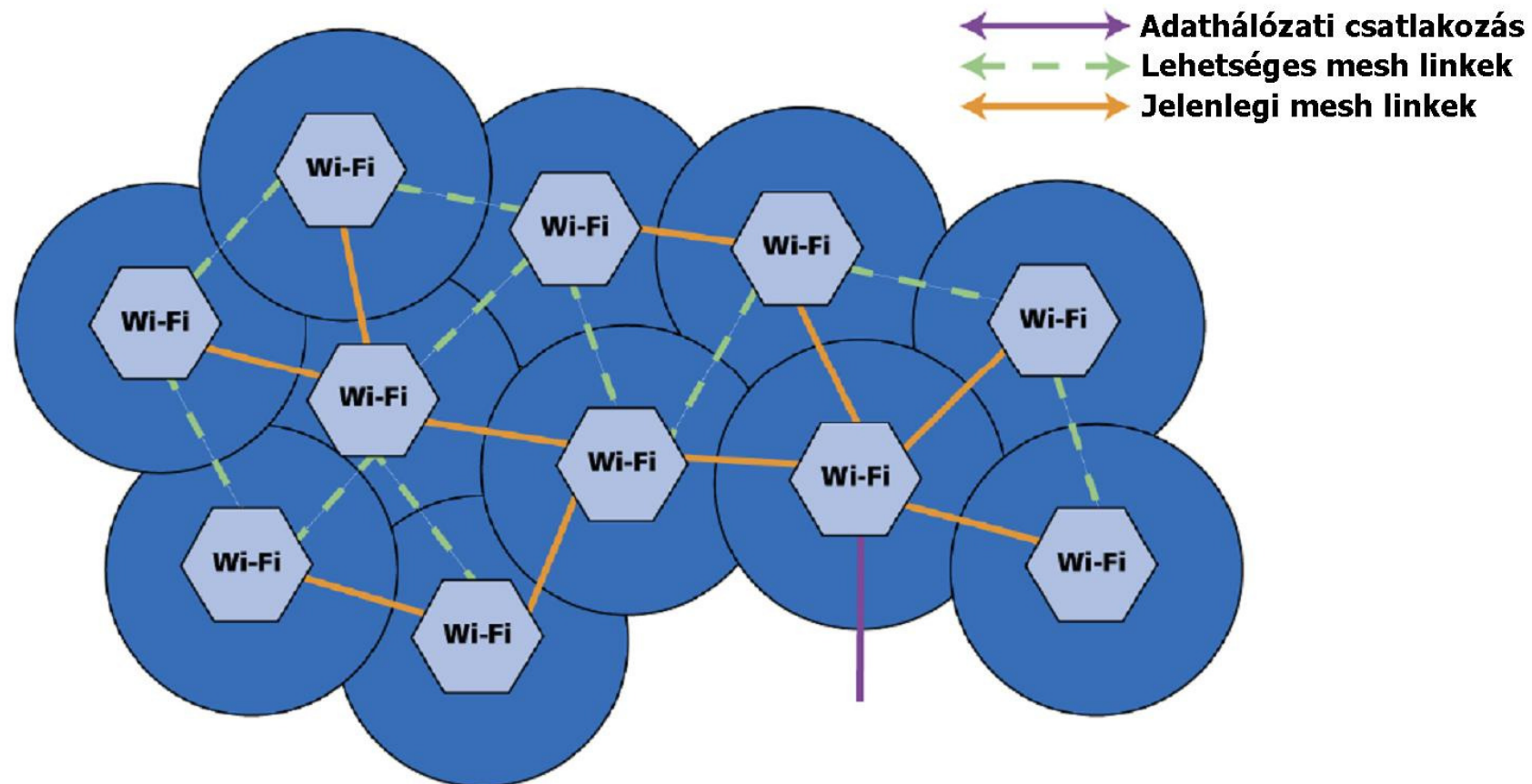
A WLAN teljesítőképessége (átvitel)



Szolgáltatásminőség biztosítása (QoS) a WLAN-okban: a 802.11e szabvány

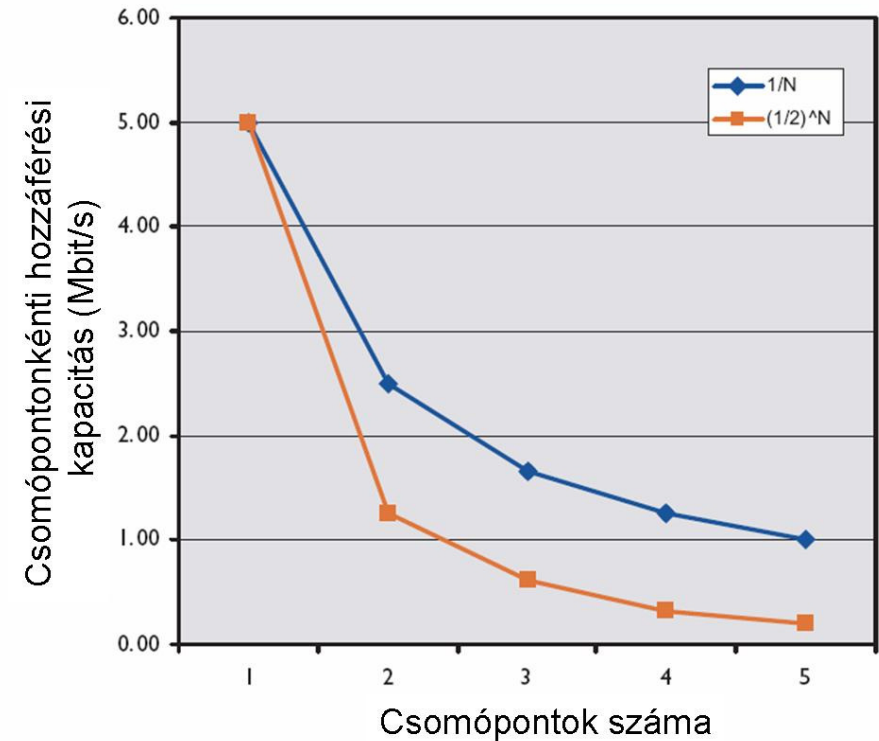
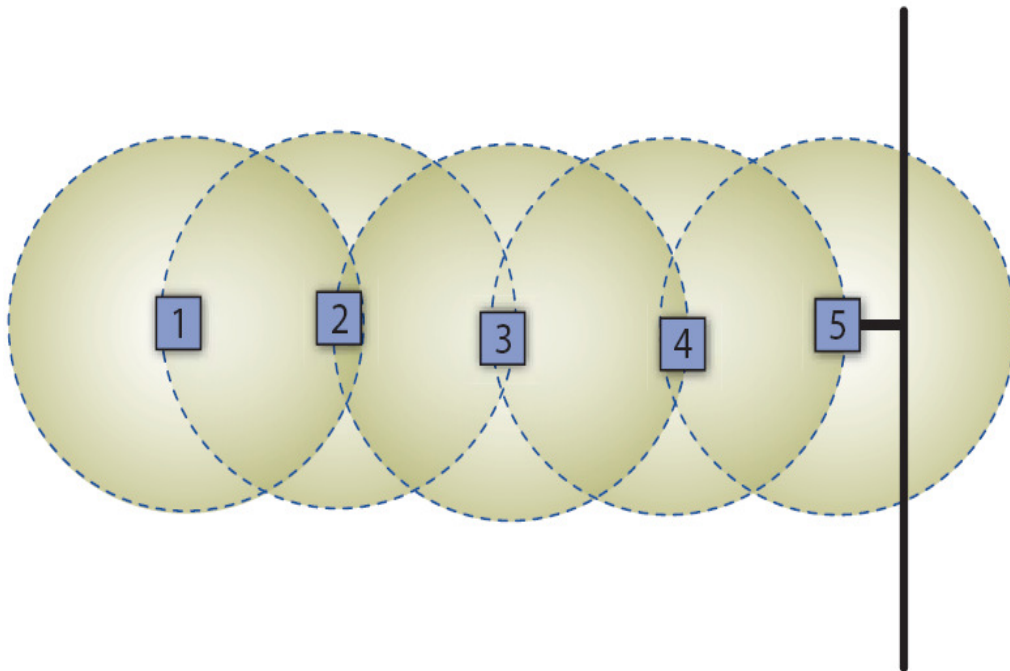
- HCF – Hybrid Coordination Function
- Kétféle MAC-módszer, az eredetihez hasonlóan
 - HCCA – HCF Controlled Channel Access
 - EDCA – Enhances Distributed Channel Access
- Mindkettőnél: forgalomosztályok, és a protokoll biztosítja, hogy a magasabb prioritású jobb kiszolgálást kapjon

Mesh-hálózatok kialakítása WLAN-eszközökből: a 802.11s szabvány



Az ad-hoc mód továbbfejlesztésének tekinthető.

Láncba kapcsolt mesh csomópontok: a hozzáférési kapacitás csökkenése



Megoldás: duális ill. többszörös rádiók

Igen nagy sebességű WLAN: a 802.11n szabvány

- Elméletileg akár 600 Mbit/s
- MIMO technikával
 - Több adó és több vevő antenna
- Nagyobb távolságot nem lehet vele áthidalni
- Zajosabb csatornán illetve nem közvetlen rálátás (NLOS) esetén jobb vétel



Az eddigi szabványok és az 'n'

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Standard approved by IEEE	January 2000	December 1999	June 2003	Expected in 2007
Maximum data rate	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps
Different data rate configurations	8	4	12	576
Typical range	75 feet	100 feet	150 feet	150 feet
Modulation technologies (1)	OFDM	DSSS, CCK	DSSS, CCK, OFDM	DSSS, CCK, OFDM+
RF band	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz and 5 GHz
Number of spatial streams and antennas	1	1	1	Up to 4
Channel width	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz or 40 MHz
Number of channels	23	3	3	26



WLAN biztonság

- Evolúció
 - WEP (Wired Equivalent Privacy) Kezdeti könnyen feltörhető titkosítás
 - WEP2: javított WEP, kicsit erősebb, de nem kell a WEP-hez képest hardverváltoztatás
 - WPA: erős titkosítás és hitelesítés új hardveren, 802.11i definiálja
- Jótanácsok
 - Használaton kívüli WLAN-eszközök kikapcsolása
 - SSID közzététel tiltása
 - MAC-cím alapú szűrés
 - WEP, WEP2, WPA engedélyezése
 - lehetőleg cserélődő kulccsal (nem PSK)

Összefoglalás a lokális hálózatokról

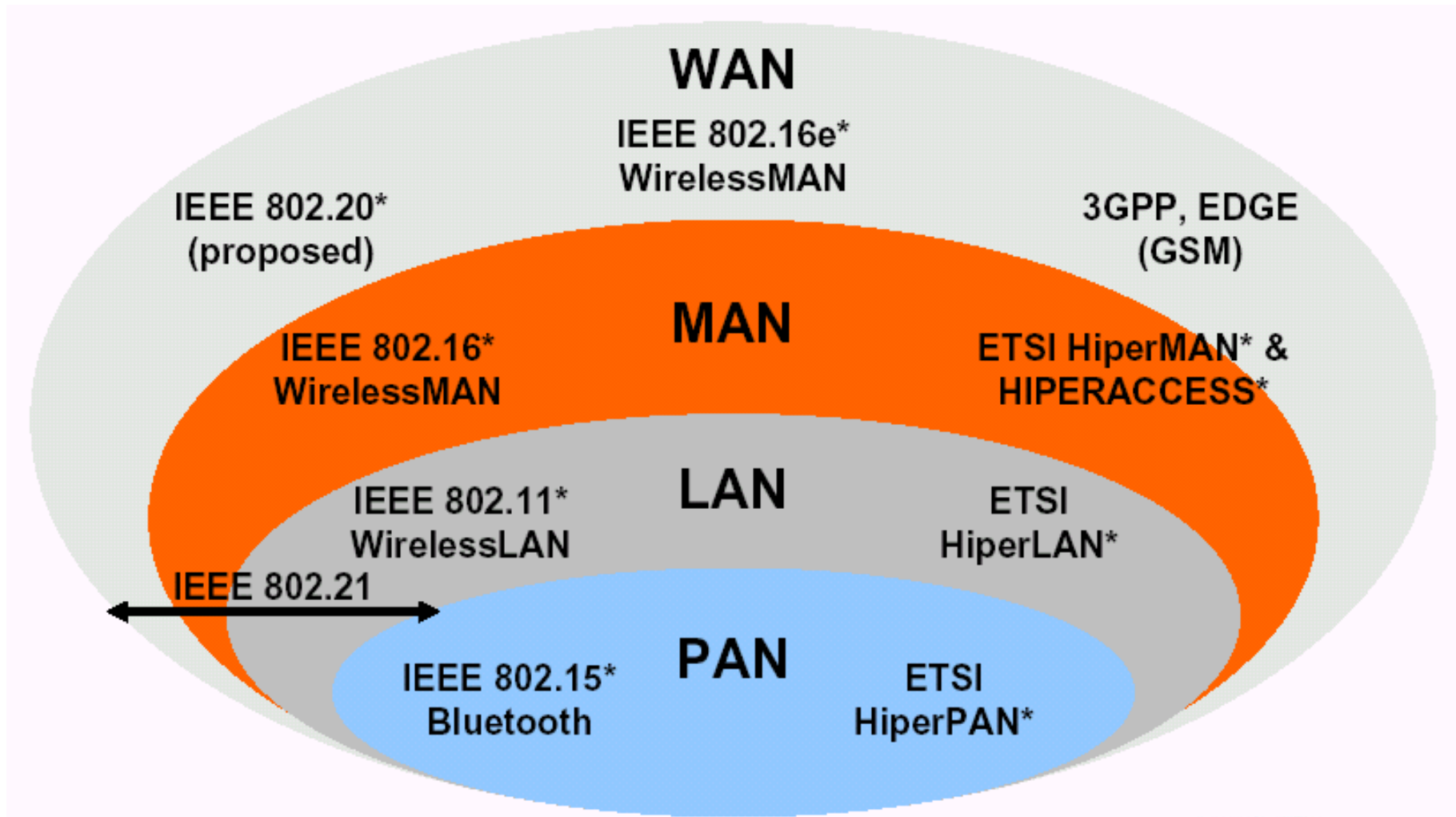
- I. Az „Ethernet”
 - IEEE 802.3 Ethernet (a „klasszikus” E.)
 - IEEE 802.3u Fast Ethernet
 - IEEE 802.3z Gbit/s Ethernet
 - IEEE 802.3ae 10 Gbit/s Ethernet
- II. Két további IEEE 802-es szabványú LAN és egy ANSI-szabványú, amely átmenet volt a MAN felé
 - „Token bus” – 802.4
 - „Token ring” – 802.5
 - FDDI (ANSI)
- III. LAN-ok összekapcsolása

- Vezeték nélküli LAN-ok
 - az IEEE 802.11-es család

A számítógép-hálózatok klasszikus osztályozása területi lefedés szerint

- WAN – *Wide Area Network* – nagy kiterjedésű hálózat
 - távolsági megkötés nélküli, tetszőleges kiterjedésű hálózat
 - akár **globális méretű** is lehet
- MAN – *Metropolitan Area Network* – városi/nagyvárosi hálózat
 - eredetileg: egy tipikus USA-beli metropolitan area, de nem feltétlenül város
 - **néhány tíz km**
- LAN – *Local Area Network* – helyi v. lokális hálózat
 - tipikusan vállalaton, intézményen belüli hálózat
 - max. **néhány km-es** távolságok
- PAN – *Personal Area Network* – személyi hálózat

Vezetéknélküli hálózatok osztályozása kiterjedésük szerint



A WLAN-okat követően

- Nézzük meg
 - a WPAN –vezeték nélküli személyi hálózatokat, és
 - WMAN – vezeték nélküli nagyvárosi hálózatokat!