

# Hogyan vezessünk be wireless LAN-t?

## 1. rész

Jákó András

[jako.andras@eik.bme.hu](mailto:jako.andras@eik.bme.hu)

BME

# Agenda

Bevezető

Fizikai réteg

Közeghozzáférés

Biztonság

Eduroam

# Mi is az a wireless LAN?

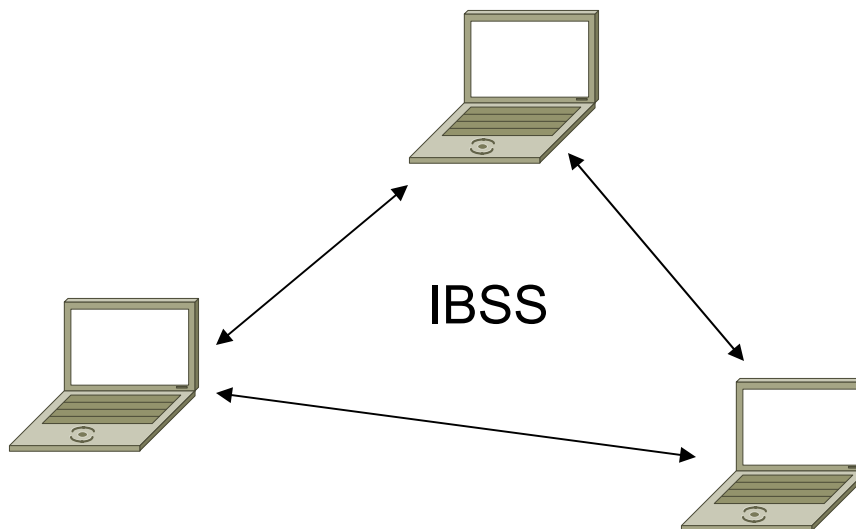
- vezeték nélküli helyi hálózat
- IEEE 802.11 szabvány (most csak erről lesz szó)
  - PHY: rádiófrekvenciás átvitel
    - az átviteli közegnek rendszerint nincsenek jól definiált határai
  - MAC: CSMA/CA protokoll
  - biztonság: autentikáció, titkosítás
  - QoS
- jelenleg 1-54 Mb/s névleges átviteli sebesség
- **nem** Ethernet
  - legalábbis nem sokkal jobban, mint pl. a Token Ring
  - annak ellenére, hogy itt tényleg az „éter” az átviteli közeg

# Architektúra

- állomások
  - mobilitás lehetséges
    - működés közben is mozoghat
- BSS – Basic Service Set
  - állomások egy csoportja
  - időben egymás közt osztják meg a vezeték nélküli médiumot
    - a CSMA/CA protokoll segítségével
- működési módok:
  - ad-hoc mód
  - infrastruktúra mód

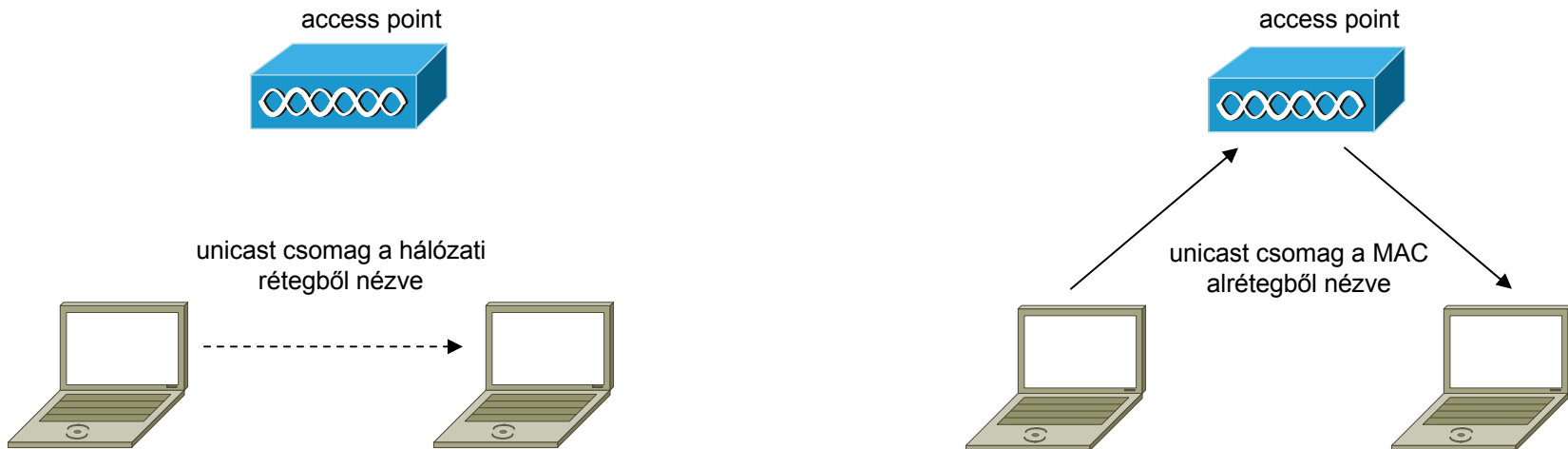
# Ad-hoc mód

- IBSS – Independent BSS
- az állomások közvetlenül egymással kommunikálnak
- elosztott rendszer
  - nincs központi állomás



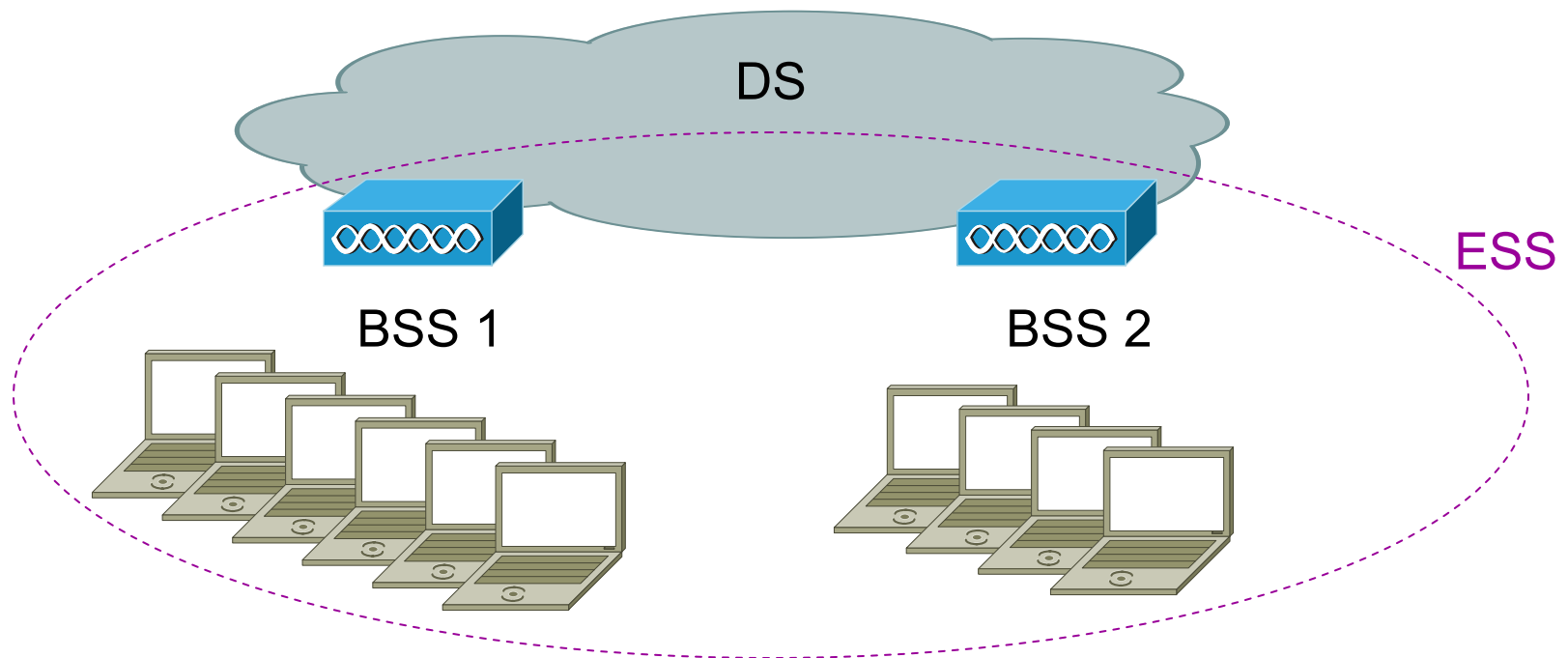
# Infrastruktúra mód

- access point: kitüntetett központi állomás
  - minden BSS-ben pontosan egy AP
- az AP-tal minden állomásnak tudnia kell kommunikálni
  - pl. csak így tudnak csatlakozni az infrastruktúra módú BSS-hez
- a többi állomással nem kritérium a közvetlen kapcsolat
  - de úgy az optimális, ha mindenki hall mindenkit
  - a BSS többi tagja egymással az AP-on keresztül kommunikál



# Infrastruktúra mód – ESS

- ESS – Extended Service Set
  - egymással összekapcsolt BSS-ek
- DS – Distribution System köti össze őket
- ajánlások:
  - IEEE 802.11f nem kifejezetten sikeres
  - IETF CAPWAP talán eredményesebb lesz



# Agenda

Bevezető

Fizikai réteg

Közeghozzáférés

Biztonság

Eduroam



# IEEE 802.11 fizikai rétegek

IEEE ajánlás	megjelenés ideje	sebesség	frekvencia
802.11	1997	2 Mb/s	2.4 GHz, 330 THz
<b>802.11a</b>	1999	54 Mb/s	5 GHz
<b>802.11b</b>	1999	11 Mb/s	2.4 GHz
<b>802.11g</b>	2003	54 Mb/s	2.4 GHz
802.11n	? 2009	? 540 Mb/s	2.4 GHz, 5 GHz

# Frekvenciasávok

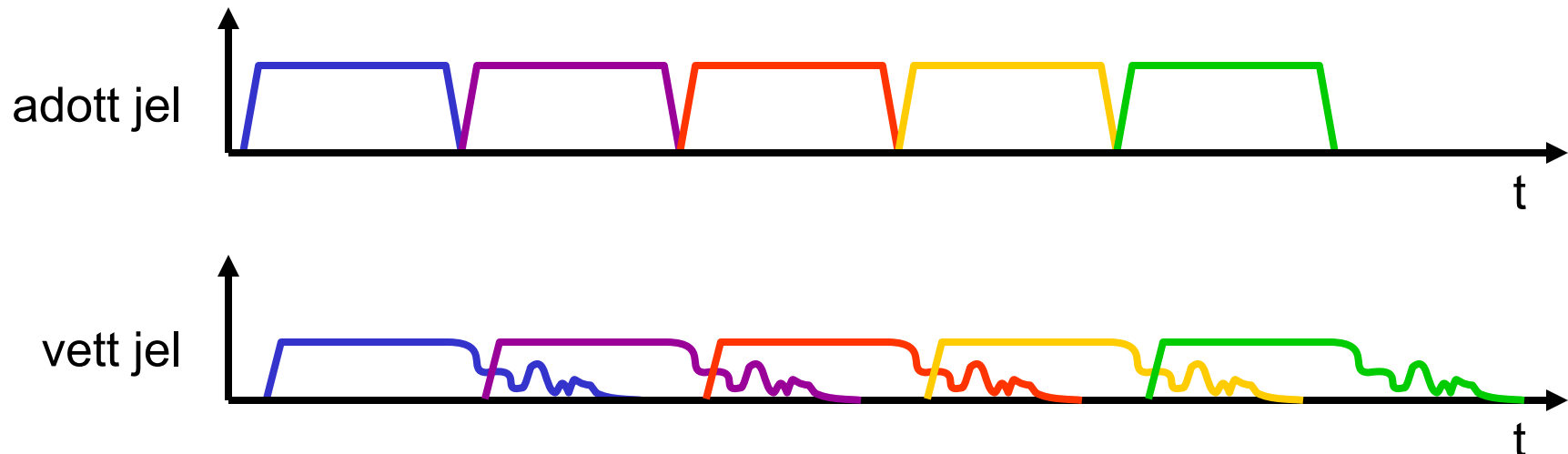
- rendszerint állami és nemzetközi szabályozás
- mikrohullám
- 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical)
  - $\lambda \approx 12$  cm
  - engedély általában nem szükséges
  - sok zavaró jel
    - Bluetooth, DECT, mikrohullámú sütő, stb.
    - szomszéd WLAN
- 5 GHz
  - $\lambda \approx 6$  cm
  - viszonylag kevés zavaró jel
- frekvencia++ → távolság--, adatsebesség++

# Rádióhullám terjedés

- a mikrohullámú sugarak levegőben kb. egyenesen haladnak
- a pontszerű sugárzó jele fokozatosan gyengül az adótól távolodva, a távolsággal négyzetes arányban
- iránya megváltozik különböző tereptárgyak miatt
  - visszaverődés (reflexió):  $\lambda$ -nál jóval nagyobb felület visszaverheti a hullámot
  - elhajlás (diffrakció):  $\lambda$ -hoz hasonló nagyságú élek mögé „bekanyarodik” a hullám
  - törés (refrakció): közeghatárokon a terjedés iránya megváltozik, ha a két közegben más a terjedési sebesség
- elnyelődés (abszorpció)
- néhány km adó-vevő távolság felett a Föld görbülete is jelentős

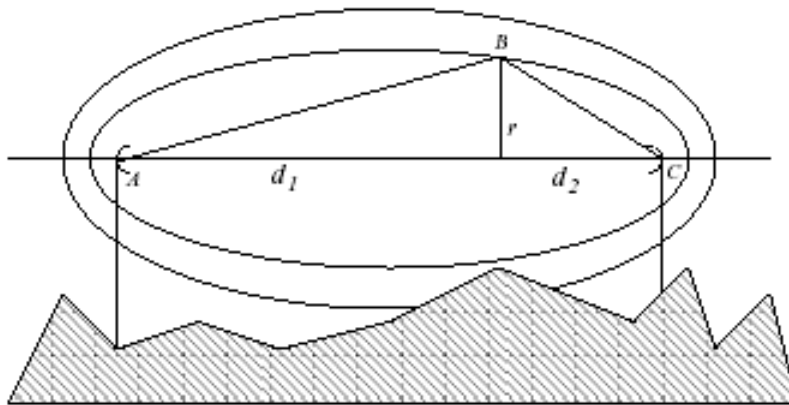
# Többutas terjedés

- a reflexiók, diffrakciók, refrakciók következtében a jel több úton jut el az adótól a vevőig
- az útvonalak hossza különböző
- a vett jel időben „szétkenődik” (delay spread)
  - a beltéri differencia tipikusan  $< 100$  ns



# Fresnel zóna

- ellipszoid, fókuszai az antennák
  - k-adik Fresnel zóna:  $AB + BC = AC + k * \lambda/2$
  - első Fresnel zóna:  $r_{\max} \approx 0.5 * \sqrt{\lambda * AC}$
- $0.6 * r_{\max}$  maximális sugarú üres ellipszoid szükséges a jó mikrohullámú átvitelhez



2.4 GHz,  $\lambda = 12.5$  cm

AC	$0.6 * r_{\max}$
100 m	1 m
350 m	2 m
800 m	3 m
4 km	7 m
10 km	11 m
20 km	15 m
40 km	21 m

# dB, dBm

- dB:  $10 * \log ( A / B )$ 
  - A és B arányát fejezi ki
  - könnyebb vele számolni, szorzás és osztás helyett összeadni és kivonni kell
- dBm:  $10 * \log ( P / 1 \text{ mW} )$ 
  - adó teljesítménye, vevő érzékenysége

dB	arány
30	$A = 1000 * B$
10	$A = 10 * B$
6	$A = 4 * B$
3	$A = 2 * B$
0	$A = B$
-10	$A = B / 10$
-30	$A = B / 1000$

dBm	teljesítmény
30	1 W
20	100 mW
7	5 mW
0	1 mW
-83	5 pW (0.000 000 005 mW)

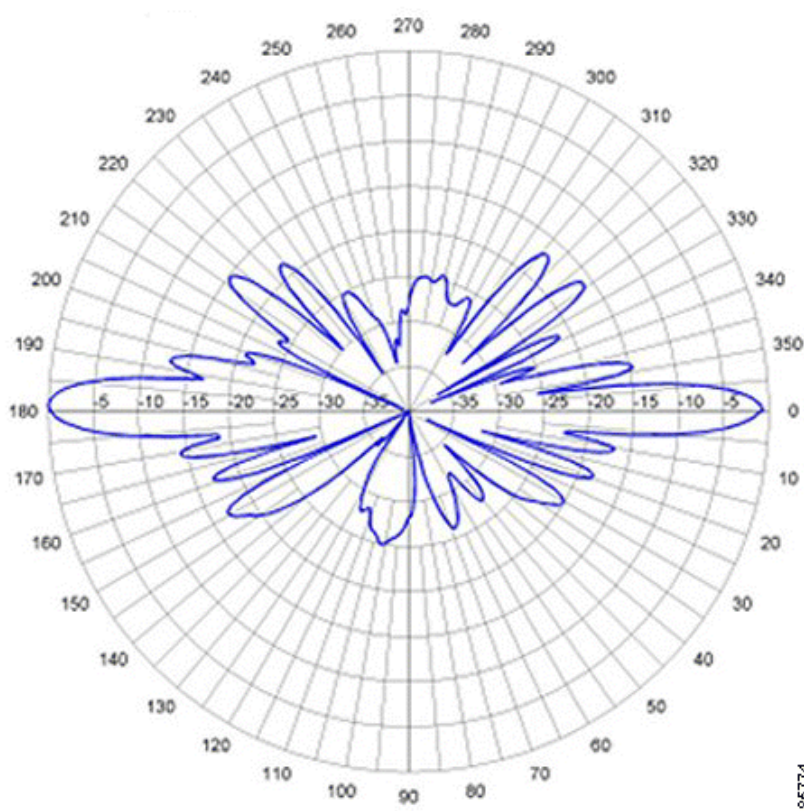
# Antennák

- izotropikus antenna: hipotetikus ideális gömbsugárzó
- karakterisztika: sugárzás, érzékenység irányonként más
  - irányított vagy omni
- nyereség: adott irányba sugárzott teljesítmény (vagy vételi érzékenység) aránya az izotropikus antennához képest
  - dBi: nyereség dB-ben az izotropikus antennához képest
  - dBd: nyereség dB-ben a dipólus antennához képest ( $0 \text{ dBd} = 2.14 \text{ dBi}$ )
  - adási nyereség = vételi nyereség
- polarizáció: az elektromos tér rezgésének módja
  - lineáris
    - függőleges vagy vízszintes síkban
  - elliptikus, cirkuláris
  - az adó és a vevő polarizációjának egyeznie kell

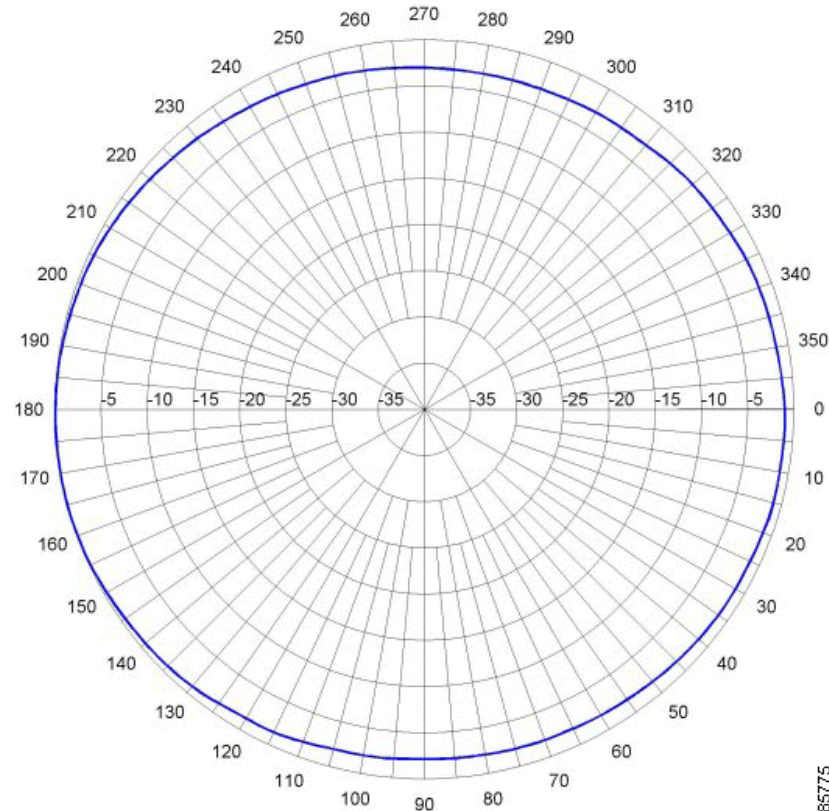
# Antenna karakterisztika

- a valós antennák sugárzása/érzékenysége irányonként változik, ezt írja le az antenna karakterisztika

oldalnézet / függőleges minta / elevation-plane



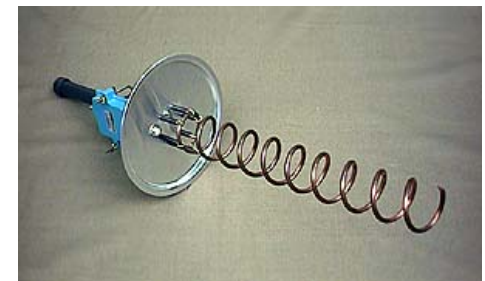
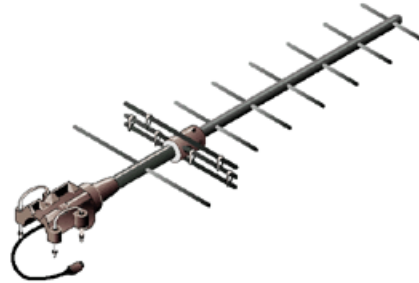
felülnézet / vízszintes minta / azimuth-plane





# Antenna típusok

- omni
  - dipólus
  - co-linear
- irányított
  - panel, patch
  - helix
  - Yagi
  - parabola
- diversity: két antenna
  - egyszerre csak az egyik vesz
  - zeg-zugos terekben jó



# Link power budget

- adó teljesítmény: 1-30 dBm (1-100 mW)
- csatlakozó veszteség: 0.01-0.2 dB
  - TNC, SMA, N, BNC
- antenna kábel veszteség: 0.1-1 dB méterenként
- antenna nyereség: 2-25 dBi
- veszteség szabadtéri terjedés közben: 40-130 dB
  - Friis formula:  $92.46 + 20 * \log f_{\text{GHz}} + 20 * \log d_{\text{km}}$
  - eső, hó nem probléma
- veszteség tereptárgyakon:
  - fal, ajtó, ablak: 2-30 dB
  - erdő: 0.3-0.4 dB méterenként
- vevő érzékenység: (-95)-(-65) dBm
- általában min. 10 dB részt szokás hagyni

# Spektrum etikett – 2.4 GHz

- EIRP – Equivalent Isotropically Radiated Power
  - ekkora teljesítményű izotropikus antennának felel meg a sugárzás az adott irányban
- ETSI: Európa nagy részén (Magyarországon is)
  - 100 mW (20 dBm) EIRP
- FCC, IC: USA, Kanada
  - Point-to-Multipoint: max. 1 W adóteljesítmény és max. 36 dBm EIRP
  - Point-to-Point: max. 30-k dBm adótelj. és max 36+3k dBm EIRP ( $k \geq 0$ )
- MPHPT: Japán
  - 2.4-2.497 GHz: 10 mW/MHz

# Spektrum etikett – 5 GHz

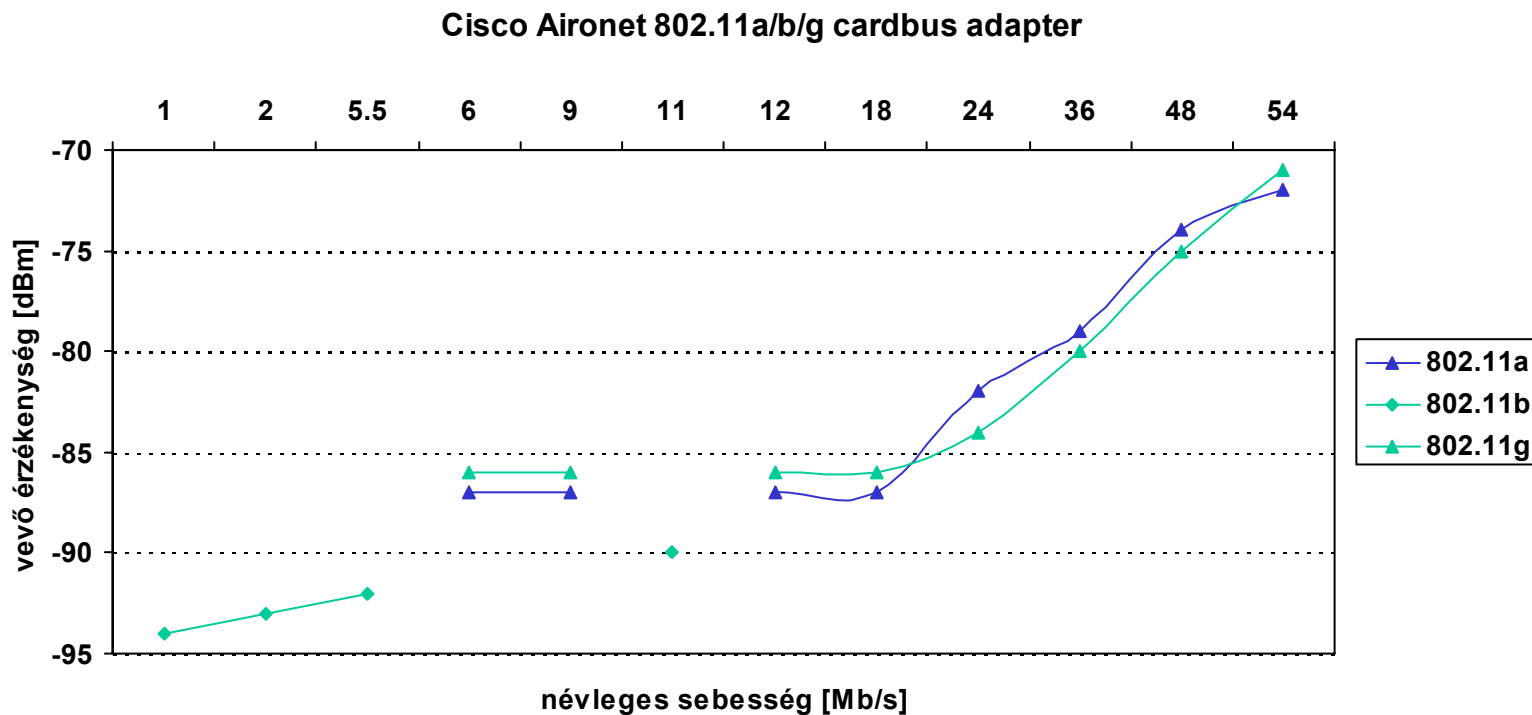
- ETSI: Európa
  - 802.11h: kiegészítések, hogy Európában is használható legyen
    - Transmit Power Control
    - Dynamic Frequency Selection: Európában kötelező
  - 5.2 GHz: 5.15-5.35, csak beltéri
    - 200 mW (23 dBm) EIRP
    - 5.25-5.35 GHz: TPC nélkül csak 100 mW (20 dBm) EIRP
  - 5.6 GHz: 5.470-5.725
    - 1 W (30 dBm) EIRP
    - TPC nélkül csak 500 mW (27 dBm) EIRP
- FCC: USA
  - U-NII 1: 5.15-5.25 GHz, csak beltéri
    - max. 40 mW adóteljesítmény és max. 22 dBm EIRP
  - U-NII 2: 5.25-5.35 GHz
    - max. 200 mW adóteljesítmény és max. 29 dBm EIRP
  - U-NII 3: 5.725-5,825 GHz, csak kültéri
    - max. 800 mW adóteljesítmény és max. 35 dBm EIRP

# Adatátviteli sebesség

- névleges átviteli sebesség
  - 802.11: 1, 2 Mb/s
  - 802.11b: 5.5, 11 Mb/s
  - 802.11a, 802.11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mb/s
  - ez a MAC adatkeret átviteli sebessége
- a „hasznos” sávszélesség jóval kisebb
  - a protocol overheadek miatt
  - a felhasználó a névlegesek tipikusan 50-60%-át tapasztalja
  - osztott közeg: az állomások osztoznak ezen a sávszélességen

# Adatátviteli sebesség (folyt.)

- nagyobb sebességhez szükséges:
  - jobb jel
    - kisebb távolság
    - jobb jel/zaj viszony
  - bonyolultabb adó/vevő



# Link power budget: Kültér, 1 km

- 10 mW adóteljesítmény: 10 dBm
- 0.2 dB csatlakozó: -0.2 dB
- 12 m kábel, 0.3 dB/m: -3.6 dB
- 13 dBi Yagi antenna: +13 dB
  - EIRP:  $P = 10 \text{ dBm} - 0.2 \text{ dB} - 3.6 \text{ dB} + 13 \text{ dB} = 19.2 \text{ dBm}$  ✓ (<20 dBm)
- 1 km távolság, 2.4 GHz, levegő: -100.3 dB
- 13 dBi Yagi antenna: +13 dB
- 6 m kábel, 0.3 dB/m: -1.8 dB
- 0.2 dB csatlakozó: -0.2 dB
  - vett jel:  $P = 19.2 \text{ dBm} - 100.3 \text{ dB} + 13 \text{ dB} - 1.8 \text{ dB} - 0.2 \text{ dB} = -70.1 \text{ dBm}$
- -85 dBm érzékenységű vevő
- rés:  $-70.1 \text{ dBm} + 85 \text{ dBm} = 14.9 \text{ dB}$  ✓ (>10 dB)

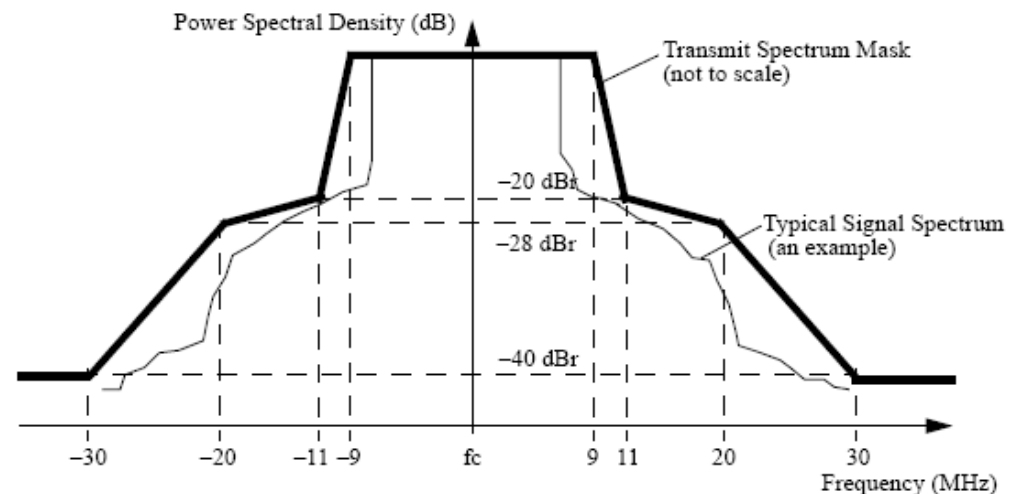
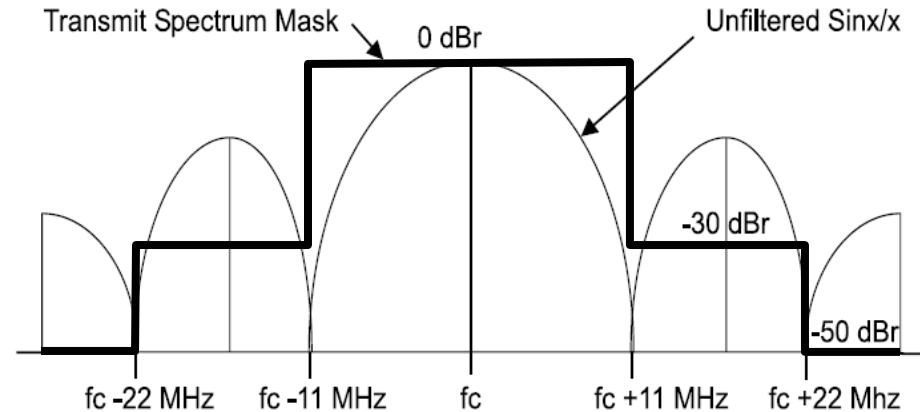
# Link power budget: Beltér, 30 m

- 20 mW adóteljesítmény: 13 dBm
- 0.2 dB csatlakozó: -0.2 dB
- 1 m kábel, 0.3 dB/m: -0.3 dB
- 6.5 dBi diversity patch antenna: +6.5 dB
  - EIRP:  $P = 13 \text{ dBm} - 0.2 \text{ dB} - 0.3 \text{ dB} + 6.5 \text{ dB} = 19 \text{ dBm}$  ✓ (<20 dBm)
- 30 m távolság, 2.4 GHz, levegő: -70 dB
- 2 fal: -15 dB
- 2 dBi PCMCIA kártyába épített dipólus antenna: +2 dB
  - vett jel:  $P = 19 \text{ dBm} - 70 \text{ dB} - 15 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = -64 \text{ dBm}$
- -82 dBm érzékenységű vevő
- rés:  $-64 \text{ dBm} + 82 \text{ dBm} = 18 \text{ dB}$  ✓ (>10 dB)



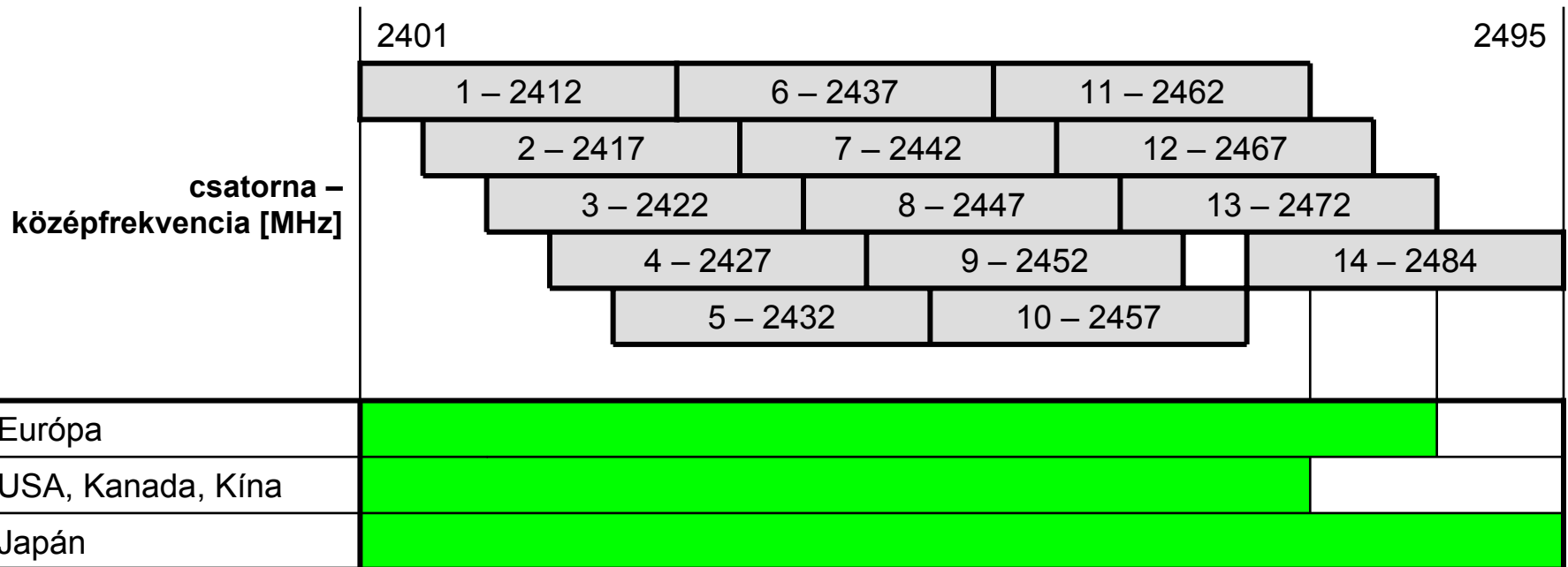
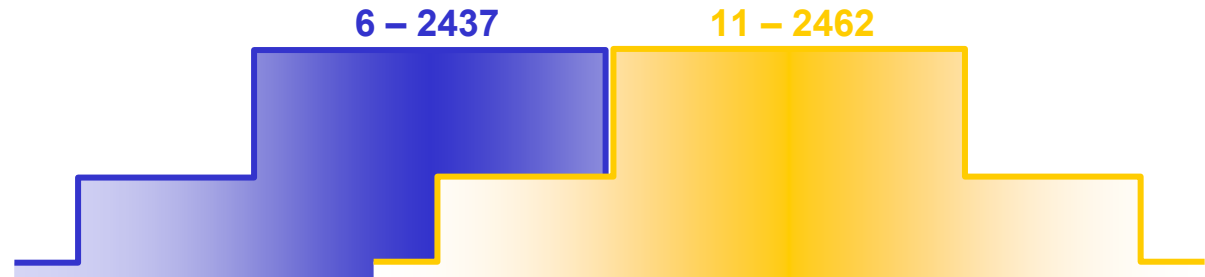
# Adó frekvencia-karakterisztika

- 22 MHz szélesnek szokás mondani
  - ez csak a jéghegy csúcsa
- 802.11b
  - 22 MHz-nél -30 dB
  - 44 MHz-nél -50 dB
- 802.11a, 802.11g
  - 22 MHz-nél -20 dB
  - 40 MHz-nél -28 dB
  - 60 MHz-nél -40 dB



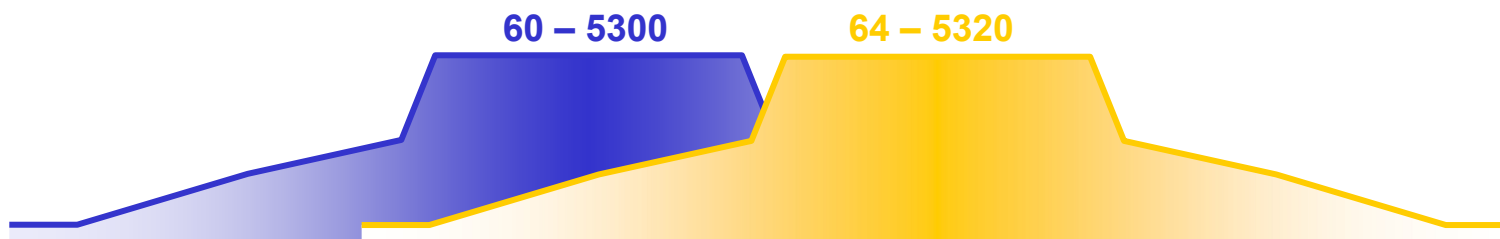
# 802.11b/g csatornák

- középfrekvenciák 5 MHz-enként
  - a csatornák nagyon átfedik egymást



# 802.11a csatornák

- középfrekvencia =  $5 \text{ GHz} + n * 5 \text{ MHz}$
- középfrekvenciák 20 MHz-enként ( $n, n+4, n+8, \text{ stb.}$ )
  - a csatornák kicsit fedik át egymást



- Magyarországon 2005. óta használható

	8 csatorna	11 csatorna	4 csatorna
	36, 40, ... 60, 64	100, 104, ... 136, 140	149, ... 161
Európa	■	■	■
USA, Kanada	■	■	■

# Csatornák használata

- 2.4 GHz
  - általában csak az 1-11 csatornákat szokás használni
    - külföldi vendégek
    - idióta gyártók
  - mindössze 3 „független” csatorna: 1, 6, 11
    - ha valaki pl. a 4-esen működtet egy rádiót, akkor ennyi sem marad
      - az automatikus választás nem túl barátságos a környékbeli BSS-ekkel szemben
    - ha 2 csatorna is elég, akkor legyenek távolabb, pl. 1, 11
  - azonos csatornán és ugyanott működő BSS-ek megosztóznak egymással
    - egymásba lógó csatornák viszont zavarják egymást
    - ezért pl. az 1, 6, 11, 1 sokkal jobb kiosztás, mint az 1, 4, 7, 11
- 5 GHz
  - DFS miatt statikusan nem konfigurálható
    - tartományonként lehet szabályozni (ha lehet)
  - a viszonylag sok csatorna miatt kedvező a helyzet

# IEEE 802.11d – world mode

- az állomás a BSS-hez való csatlakozáskor megtanulja a helyi beállításokat
  - spektrum etikett
    - használható csatornák
    - max. adóteljesítmény
- a BSS-t indító állomáson konfigurálva vannak a helyi paraméterek
  - infrastruktúra módban ez az állomás az AP
- csak passzív keresés BSS-hez való csatlakozáskor
  - a spektrum etikett tökéletes betartása érdekében

# Agenda

Bevezető

Fizikai réteg

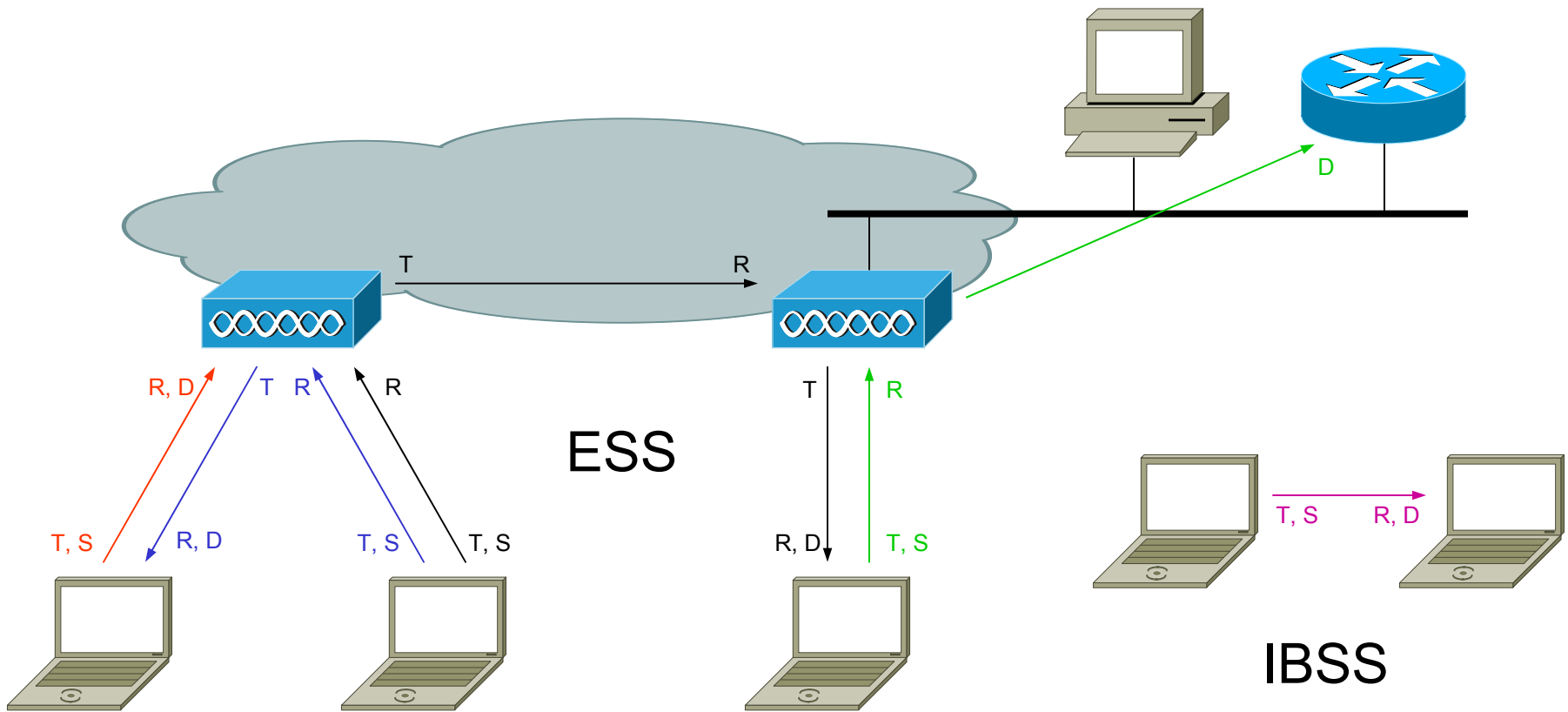
Közeghozzáférés

Biztonság

Eduroam

# Adó, vevő, forrás, cél

- **T**ransmitter (adó), **R**eceiver (vevő)
- **S**ource (forrás), **D**estination (cél)



# Címzés

- minden állomásnak 48 bites IEEE 802 címe van
- BSSID – Basic Service Set Identifier
  - a BSS-t azonosítja
  - 48 bit
  - infrastruktúra módban az AP wireless MAC címe
- SSID – Service Set Identifier
  - ESS-t vagy IBSS-t azonosít
  - max. 32 byte
  - access point konfigurációs paramétere
  - kliens állomás vagy megtanulja vagy konfigurálva van rajta



# MAC keretformátum

- Frame Control: keret típus és jelzőbitek
- Duration: keret hossza
- AID: Association ID
- Addr 1-4:
  - 1: Receiver Address (vevő)
  - 2: Transmitter Address (adó)
  - 3-4: Source Address (forrás), Destination Address (cél), vagy BSSID
- Sequence Control: sorszám a duplikáció detektálásához
- FCS: 32 bites CRC
- Addr 2-4, Seqence Control és Payload nincs minden típusú keretben

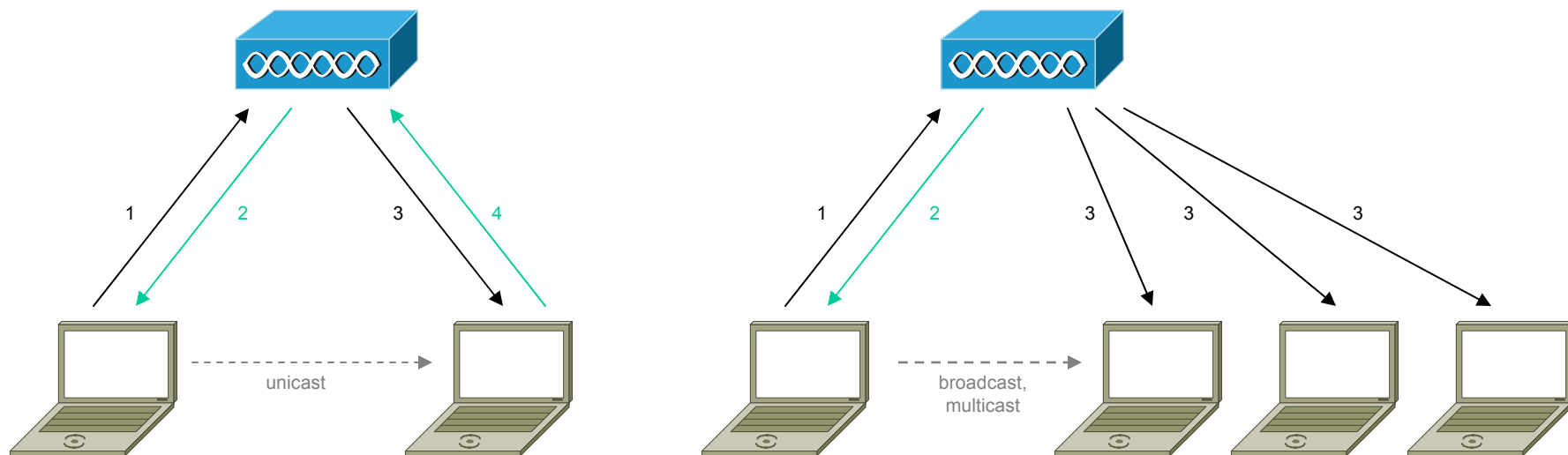


# CSMA/CA

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
  - hasonlít a CSMA/CD-re (Ethernet)
  - Collision Detection nem lehetséges WLAN-on
    - nem biztos, hogy minden állomás mindenkit hall
    - nem lehet egyszerre adni és venni
- CSMA/CA
  - több állomás használ közösen egy kommunikációs csatornát
  - csak akkor lehet sikeres az átvitel, ha egyszerre csak egy állomás beszél
- CSMA/CA
  - adás előtt az állomás belehallgat a csatornába
  - ha valaki éppen ad, akkor kivárja a keret végét, különben egyből ad
- CSMA/CA
  - amikor csend lett, véletlen késleltetés után kezd adni
    - ütközés lehet így is

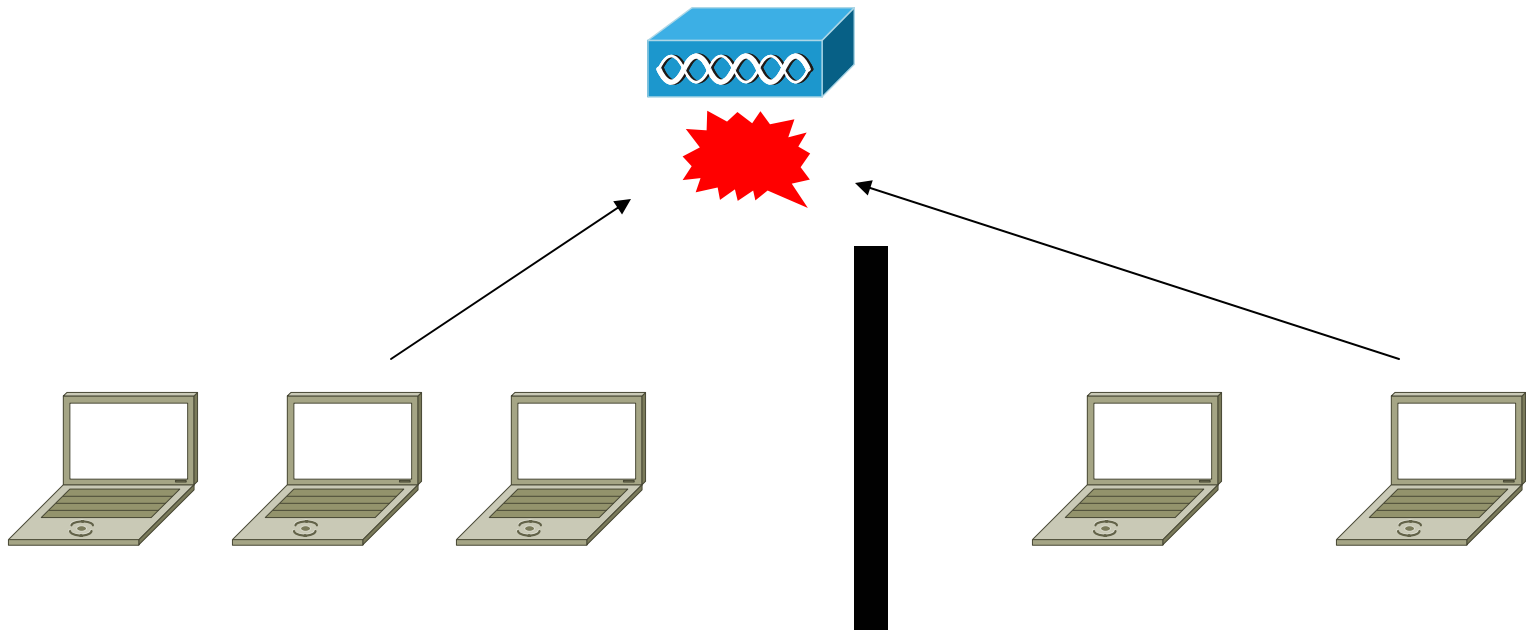
# Pozitív nyugtázás, újraküldés

- a sikeres vételről az adó semmit sem tud
  - még az ütközést sem tudja detektálni
- az irányított adat- vagy menedszment keret sikeres vételét **ACK** keret küldésével nyugtázza a vevő állomás
- a MAC alréteg szükség esetén újraküldi a keretet



# Rejtett állomások

- infrastruktúra módban nem biztos, hogy minden állomás mindenkit hall a BSS-ben
  - az access point mindenkit hall, őt is mindenki hallja
- nagyon könnyen adhat egyszerre két állomás
  - ha nem hallják egymást, és mindkettő csendesnek hiszi a csatornát

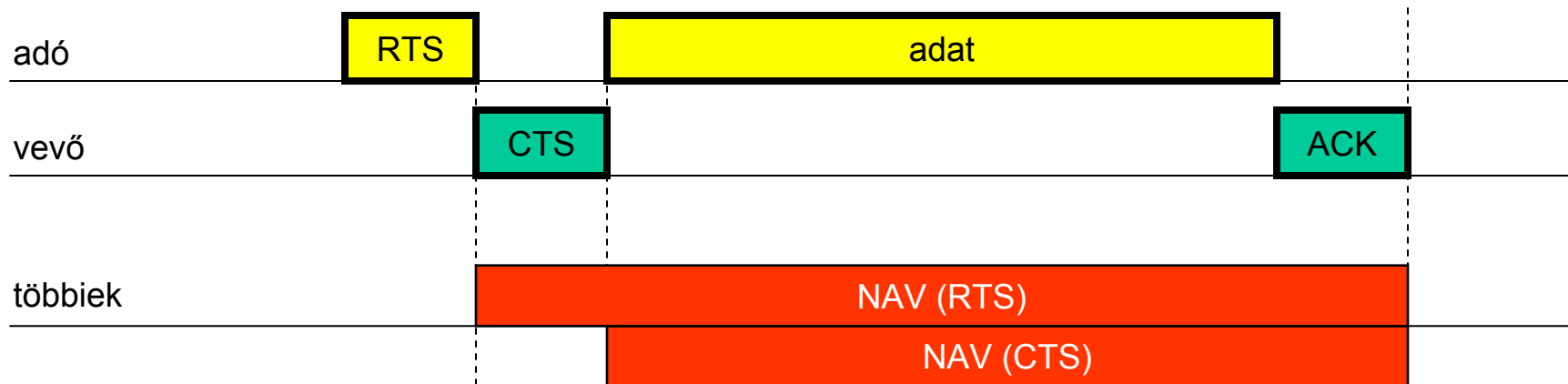


# Carrier Sense

- a rejtett állomások miatt a fizikai vivőérzékelés nem elegendő
  - fizikai és virtuális vivőérzékelés szükséges
- fizikai vivőérzékelés: CCA – Clear Channel Assessment
  - a fizikai rétegben
  - rádiófrekvenciás vivőjel vétele
  - energia detektálás
  - 802.11b kliens nem feltétlenül tud detektálni így 802.11g adást
- virtuális vivőérzékelés
  - a MAC alrétegben
  - RTS/CTS üzenetek segítségével

# RTS/CTS

- Request To Send, Clear To Send
  - rövid kontrollüzenetek
- az adó az adatkeret előtt RTS-t küld, a vevő CTS-szel válaszol
  - mindenki biztosan hallja legalább az egyiket az RTS és a CTS közül
    - vagy az adó vagy a vevő az access point (infrastruktúra mód)
  - NAV – Network Allocation Vector
    - mindkét üzenetben szerepel a küldendő adatkeret hossza (Duration)
    - ez alapján minden állomás foglaltnak tekinti a csatornát a jelzett ideig



# RTS/CTS (folyt.)

- ezek is ütközhetnek, de rövidek, ezért
  - kisebb az ütközés esélye
  - nem probléma az ütközés, hiszen csak rövid idő válik haszontalanná
- az RTS állomásonként konfigurálható
  - konfigurálható minimális adatkeret méret: RTS csak nagy keretek előtt
    - rövid kereteknél túl nagy lenne az RTS/CTS overhead
- CTS-to-self (802.11g)
  - RTS nélküli CTS saját keret adásának megvédésére
  - enyhébb védelem, mert nem biztos, hogy mindenki hallja
  - régebbi állomások számára lehet segítség
    - új modulációt nem tudnák jól érzékelni
    - CTS régi modulációval megy, amit értenek a régi állomások is
- alkalmazása
  - nagy keretek adásakor rejtett állomások problémája ellen: RTS/CTS
  - 802.11g adó 802.11b kliensek jelenléte esetén: RTS/CTS vagy CTS-to-self

# Beacon (irányfény)

- periodikusan küldött menedzsment keret
  - TBTT – Target Beacon Transmission Time
    - fix periódus szerinti időpontok
    - ehhez képest a Beacon késhet, ha foglalt a csatorna
  - a periódus általában (néhány)száz ms
    - ha túl hosszú: nehezen találhatnak rá a BSS-re az új kliensek
    - ha túl rövid: feleslegesen foglalja a csatornát
- infrastruktúra módban az AP küldi
- tartalma (többek közt):
  - SSID
  - BSS paraméterek
    - pl. használt adatsebességek





# Csatlakozás BSS-hez

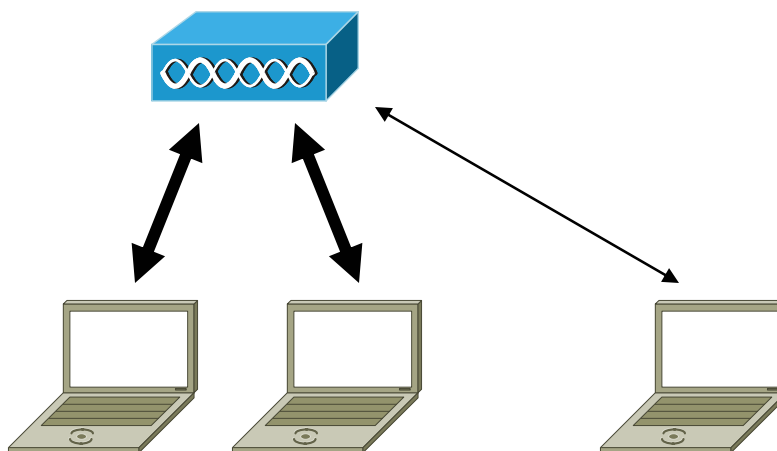
- passzív keresés:
  - a csatlakozni kívánó állomás Beacon keretet vár
- aktív keresés:
  - Probe Request/Response menedzsment keretek
    - Probe Requestre az AP válaszol
    - Probe Response hasonló tartalmú, mint a Beacon
- a PHY-től és a beállításoktól függően több csatornát végig kell próbálni

# Csatlakozás ESS-hez

- csatlakozás az egyik BSS-hez
- autentikáció
- association kialakítása az access pointtal
  - ESS-ben a keretek célbajuttatásához a Distribution Systemnek tudnia kell, hogy melyik állomás melyik AP-on keresztül érhető el
  - association: állomás → AP összerendelés
    - Association Request/Response ill. Reassociation Request/Response menedzsment keretek használatával jön létre
  - reassociation: roaming (ESS-en belül)
    - csatlakozás ugyanannak az ESS-nek egy másik access pointjához

# Multirate

- a BSS állomásai használhatnak eltérő adatsebességeket
- néhány menedzsment üzenetben szerepelnek a használt adatsebességek
  - pl. Beacon
- basic rate set:
  - a használható sebességek egy részhalmaza
  - a BSS minden tagjának támogatnia kell ezeket a sebességeket



# Multirate (folyt.)

- egy keret átvitele is történhet több különböző sebességgel
  - a PLCP header eleje kellően kis sebességen megy, hogy a minimálisan szükséges információkat minden állomás megértse
- 802.11b/g bátran keverhető, kompatibilisek egymással
  - a 802.11b kliensek nem lassítják le az egész BSS-t 11 Mb/s-ra
  - a 802.11g még a szomszédos BSS-ekre is figyelemmel van
    - hiszen ha ugyanazt a csatornát használják, akkor osztozniuk kell az éteren a MAC protokoll segítségével

# WLAN telepítése

- a tipikus felhasználóknak kell:
  - ülőhely, esetleg asztal is
  - 230 V táp!!!
- access point, antennák beltérben
  - általában valahova magasra
    - nehezebb ellopni, megrongálni
    - magasan kevesebb szokott lenni a jelek terjedést zavaró tereptárgy
    - soros konzolt érdemes (UTP-n) elvezetni valami könnyen elérhető helyre
  - el lehet takarni
    - de csak úgy érdemes, hogy az antennák jelét ez ne rontsa jelentősen

# WLAN telepítése (folyt.)

- access point, antennák kültéren
  - LAN felhasználásra kell egyáltalán???
  - a zöld fűben notebook előtt hasaló mosolygó egyetemisták fényképét ismerjük, de
    - ha hideg vagy csapadék van, akkor nem megy oda a felhasználó
    - ha süt a nap, akkor nem látja az LCD-t
    - nem nagyon talál magának 230 V tápot
  - persze elképzelhető notebookon és PDA-n kívül más felhasználás is
  - AP belül (vagy dobozban), antenna ablak mögött vagy kívül
    - kültéri kivitelű eszközök
    - villámvédelem
- Power over Ethernet kifejezetten hasznos
  - általában nincs 230 V ott, ahova az AP kerül
  - ott viszont van, ahova az AP Ethernet csatlakozása megy

# Sok jó felhasználó kis helyen...

- **elfér???**
  - ez egy komoly műszaki feladat
    - sok a „rémtörténet” rendezvényekről
- **egy csatorna kb. 30-40 felhasználót tud jól kiszolgálni**
  - a médium és a MAC tulajdonságai miatt
- **802.11a és 802.11b/g egymástól független**
  - gond nélkül használható egyszerre ugyanazon az AP-on
- **2.4 GHz-en max. 3 csatorna**
  - ennyi rádió lehetne elvileg egy helyen → kb. 100 felhasználó
    - sokszor nincsenek éles határok → egymást átfedő területű BSS-ekkel lehet jó lefedettséget biztosítani → nincs mód egy helyen több csatornát elhasználni
    - kliensek egyenletes elosztása a BSS-ek közt nincs megoldva (CAPWAP?)
  - kisebb adóteljesítménnyel lehet sűríteni az AP-ok elhelyezését
- **5 GHz-en jobb a helyzet (több csatorna)**
  - de ez itthon még új, nem terjedt el
    - a 802.11a kliensek aránya a Műegyetemen 2007. tavaszán kb. 10%

# Üzemeltetés, felügyelet

- fontos a rendfenntartás
  - kicsi a sávszélesség → a rosszalkodó (tipikusan fertőzött vagy feltört) gépek nagy problémát jelentenek
- rádiófrekvenciás zavarok ellen gyakran nehéz védekezni
  - Bluetooth, stb.
- jól működő rendszerhez egységes tervezés szükséges, hiszen a médiumnak általában nincsenek jól definiált határai
  - az idegen WLAN-ok tipikus problémát jelentenek
    - ad-hoc állomások/hálózatok
    - access pointok
      - rendszerint max. teljesítményen járatják
  - 2-5, 7-10, 12-14 csatornák használata fokozza a problémát
  - kültéri WLAN 2.4 GHz-en városi környezetben 2-3 éve már nagyon kérdéses, hogy egyáltalán használható-e
  - egy-egy csatornán osztozni sem túl jó
    - de még mindig jobb az átfedő csatornáknál



**Köszönöm a figyelmet!**

**2. rész: Mohácsi János, NIIFI**

Jákó András

[jako.andras@eik.bme.hu](mailto:jako.andras@eik.bme.hu)

BME

# Érdeklődőknek

- WLAN tutorial, Networkshop 2003., <http://splash.eik.bme.hu/>
- ezek a diák hamarosan ugyanott