



SmartComLab



# WiFi hálózatok üzemeltetése

Információs rendszerek üzemeltetése  
(VITMAC02)

Orosz Péter

2020. május 14.

# Áttekintés

## **I. rész:** Small Office/Home Office és enterprise WiFi hálózatok üzemeltetése

1. Beltéri és kültéri infrastruktúra
2. Lefedettség, rádiós paraméterek, felhasználók száma
3. Interferencia és csillapítás hatása az átviteli teljesítményre

## **II. rész:** Központosított WiFi infrastruktúra

1. Hitelesítés és hozzáférés-szabályozás: WPA2-PSK és WPA2 Enterprise
2. Roaming konfiguráció és QoS hatások

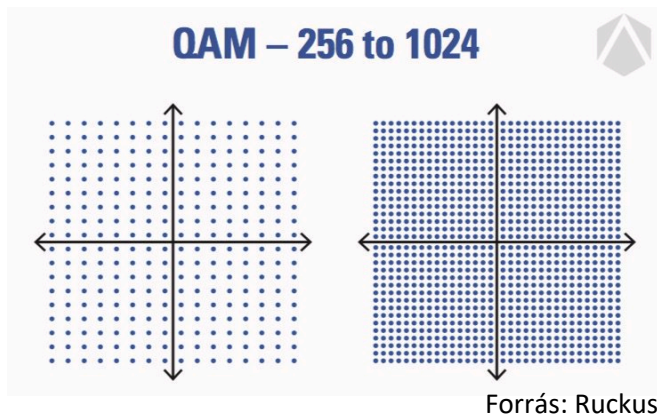
# WiFi szabványok

A *Wi-Fi* marketing név az IEEE 802.11 vezeték nélküli helyi hálózati (WLAN) szabványokat foglalja magába.

802.11 szabvány	Kiadás dátuma	Frekvencia-sáv [GHz]	Sáv szélesség [MHz]	Bitsebesség [Mbit/s]	Moduláció	MIMO stream [db]	Beltéri hatótáv [m]
802.11-1997	1997 június	2,4	20	1, 2	DSSS, FHSS	-	20
802.11a	1999 szeptember	5	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	OFDM	-	35
802.11b	1999 szeptember	2,4	22	1, 2, 5.5, 11	DSSS	-	35
802.11g	2003 június	2,4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	OFDM	-	38
802.11n	2009 október	2,4 / 5	20 / 40	288,8 / 600	MIMO OFDM	4	70
802.11ac	2013 december	5	20 / 40 / 80 / 160	346,8 / 800 / 1733,2 / 3466,8	256QAM+ OFDM	8	35
802.11ax	2020 Q2	2,4/5	20 / 40 / 80 / 160	11000	1024QAM +OFDMA	8	

# Wi-Fi 6 (802.11ax) újdonságok

- Mindkét ISM sáv (2,4 és 5 GHz) használata
- 3D erőforrás menedzsment (OFDM segédvívó allokáció)
- MU-MIMO le- és feltöltési irányban is
- 1024-QAM + OFDMA
- Energiatudatosság: Target Wake Time
- WPA3 támogatása



PHY	Bandwidth (as number of data subcarriers)	Data bits per subcarrier	Time per OFDM symbol (800ns GI)	1 SS	3 SS	4 SS	8 SS
802.11ac	234 (80 MHz)	X $5/6 \times \log_2(256) \approx 6.67$	4 $\mu$ s	390 Mbps	1.17 Gbps	1.56 Gbps	-
	2 x 234 (160 MHz)	/	=	780 Mbps	-	3.12 Gbps	-
802.11ax	980 (80 MHz)	$5/6 \times \log_2(1024) \approx 8.33$	13.6 $\mu$ s	600 Mbps	1.8 Gbps	2.4 Gbps	4.8 Gbps
	2 x 980 (160 MHz)			1.2 Gbps	3.6 Gbps	4.8 Gbps	-

Forrás: cisco.com

# Logikai hálózatok

Logikai hálózatok azonosítása:

## **Service Set Identifier (SSID)**

Több Wi-Fi hálózat is oszthat egy rádiós csatornán.

Service Set: Egy adott rádiós hálózat kommunikációs végpontjait foglalja magába.

Hálózati üzemmódok

- Infrastruktúra mód
- Ad-hoc mód

## Small Office – Home Office eszközök

- Teljesítmény, felhasználók száma
  - Biztonsági kérdések: hitelesítés, hozzáférés-szabályozás
  - Hatótávolság: néhányszor 10 méter
- 
- Broadband útválasztóba integrált 802.11g/n/ac bázisállomások
  - WiFi Extenderek
  - Munkaállomások
  - Mobil eszközök
  - IoT eszközök

# Otthoni és SOHO WiFi rádiós kihívások

## 802.11 forrású interferencia:

- sűrűn telepített otthoni vagy irodai közegben kell üzemeltetni a bázisállomást és a kapcsolódó eszközöket: magas csatornakihasználtság
- szomszédos bázisállomás(-ok) fizikai közelsége

## Rádióhullámok beltéri terjedése:

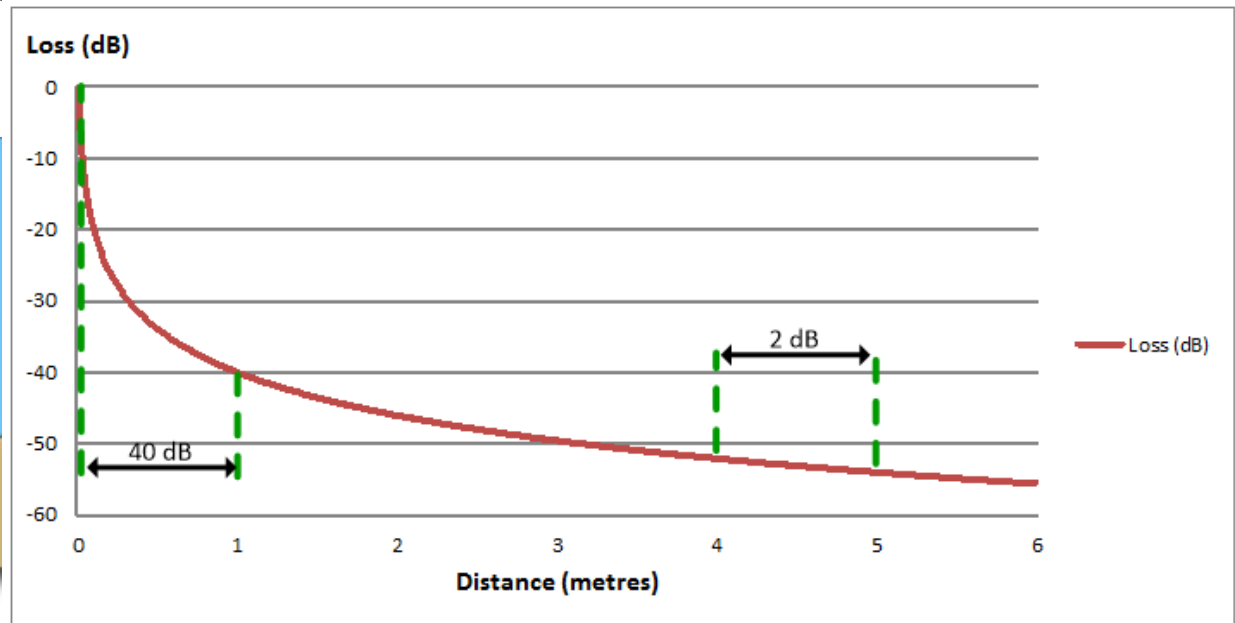
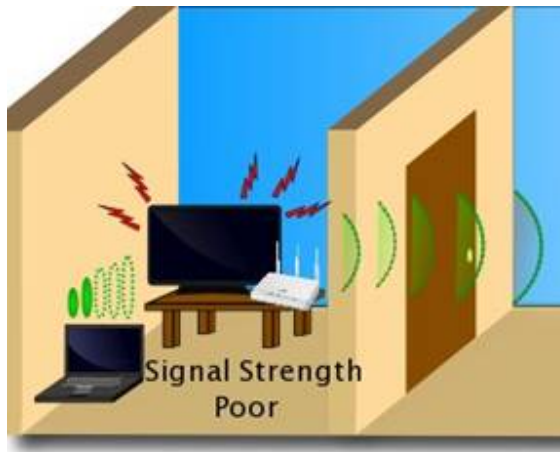
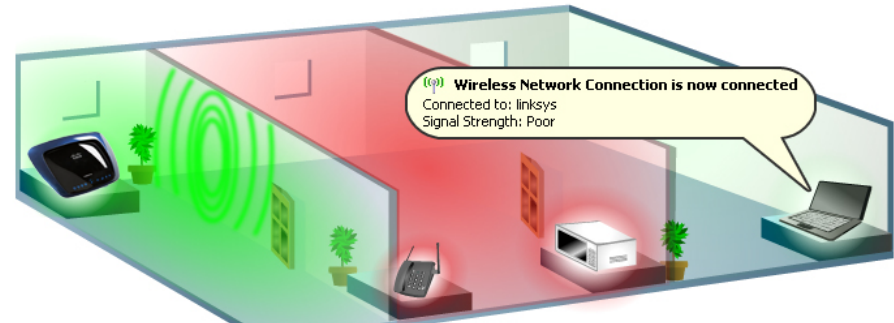
- szakaszcsillapítás
- építőanyagok csillapító hatása
- esetenként, időszakonként magas nem 802.11 forrású interferencia

# Otthoni, SOHO WiFi: rádiós kihívások

- Szakaszc sillapítás

$$a_{sz}^{[dB]} = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_T}{P_R}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right) - G_T^{dB} - G_R^{dB}$$

- Építőanyagok csillapítása
- Interferencia





# 802.11 antennák

- Körsugárzók (nyereség 3-5 dBi)
- Irányított antennák (nyereség 5-27 dBi)



omni



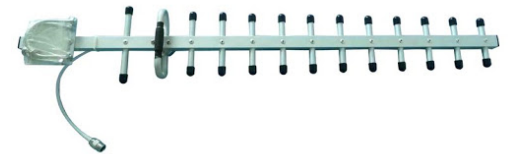
parabola



grid



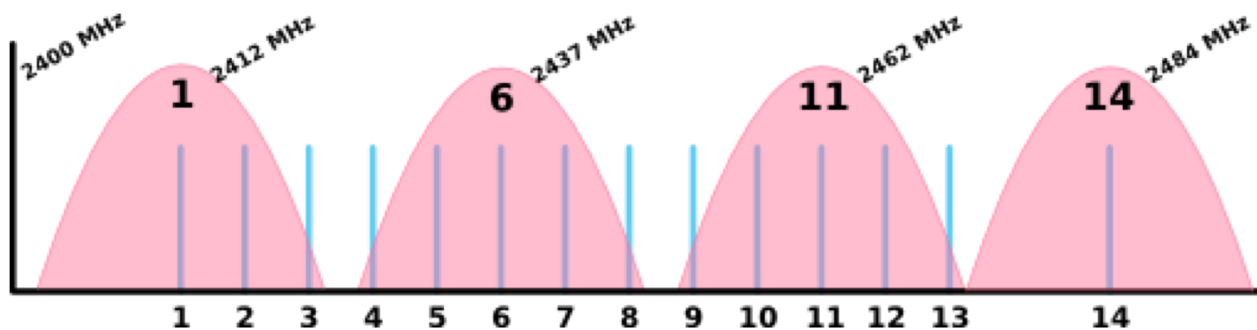
szektor



yagi

# WiFi rádiós sávok

- 2,4 GHz: 14 átfedő csatorna -> egy időben nem használható az összes
  - Szomszédos csatornák távolsága: 5 MHz
  - WiFi átvitel sáv szélessége: 20 MHz (40 MHz)



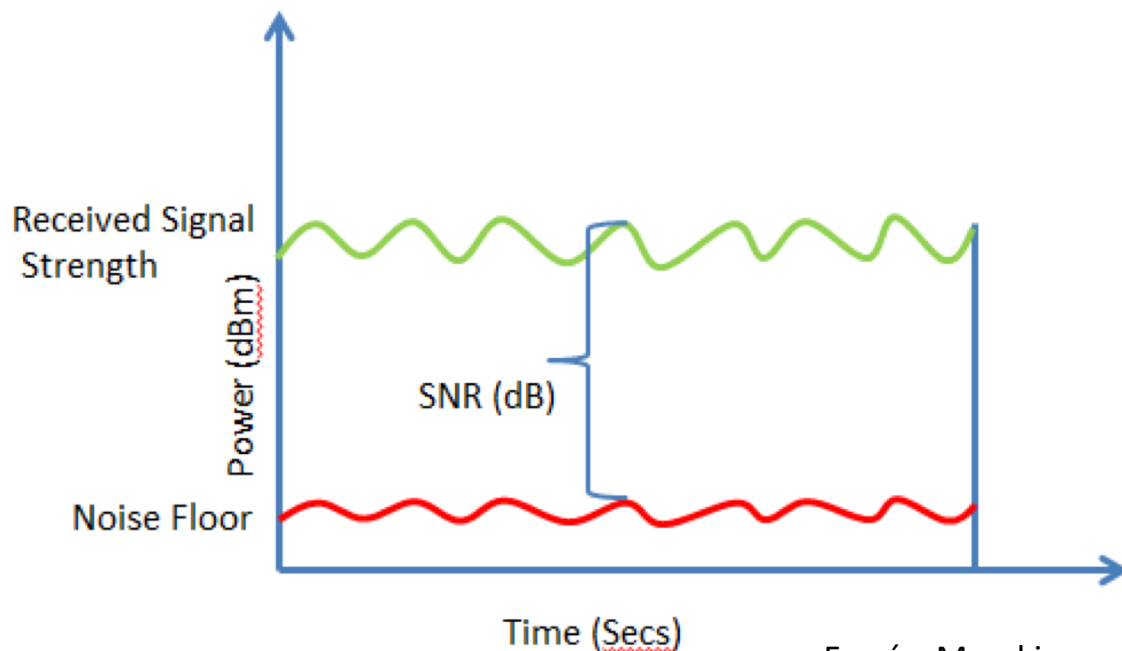
EU: 13 csatorna  
USA: 11 csatorna

1, 6, 11 csatornák  
használat: interferencia  
minimalizálása

Forrás: <https://commotionwireless.net/docs/cck/networking/learn-wireless-basics/>

- 5 GHz: több nem átfedő csatorna

# Rádiós jel/zaj viszony (SNR)



Forrás: Meraki.com

$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}},$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right).$$

# Adóteljesítmény (dBm - mW)

$$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

$$x = 10 \log_{10} \frac{P_{adó}}{1 \text{ mW}},$$

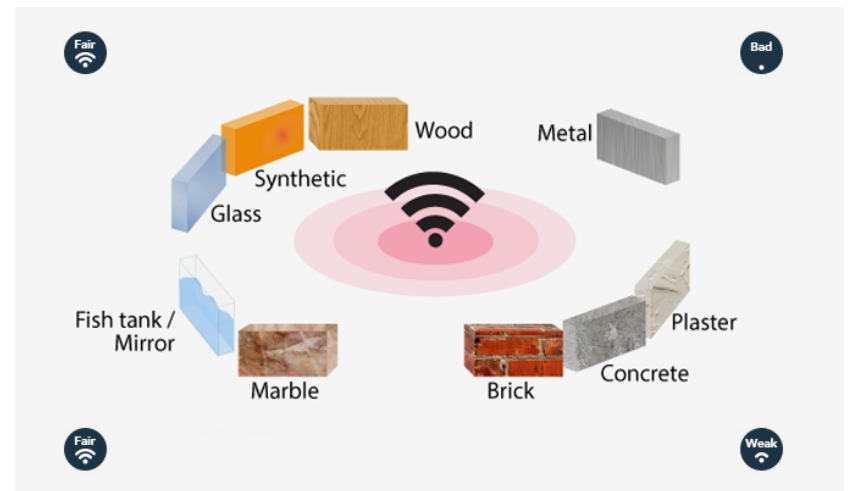
$$P_{adó} = 1 \text{ mW} \cdot 10^{\frac{x}{10}}$$

30 dBm	1 W
20 dBm	100 mW
10 dBm	10 mW
<b>0 dBm</b>	<b>1 mW</b>
-10 dBm	0,1 mW
-20 dBm	0,01 mW
-30 dBm	1 uW
-60 dBm	1 nW
-90 dBm	1 pW

10 dBm-es növekmény 10-szeres teljesítménynövekedés

# Építőanyagok csillapító hatása a 2,4 GHz-es ISM sávban

- Épületalap: 15 dB
- Égetett téglá, monolit beton, beton téglá: 4 - 12 dB
- Lift, fém szerkezetek: 10 dB
- Fém keret: 6 dB
- Gipszkarton, kőburkolat: 3 dB
- Üveg ablak: 2 - 3 dB
- Fa ajtó: 3 dB
- Térelnválasztó fal: 2 dB



<https://www.singtel.com/personal/i/internet/broadband-at-home/fibre-broadband-tips>



Signal Strength:  
**Excellent**  
> -50 dBm



Signal Strength:  
**Good**  
-50 to -60 dBm



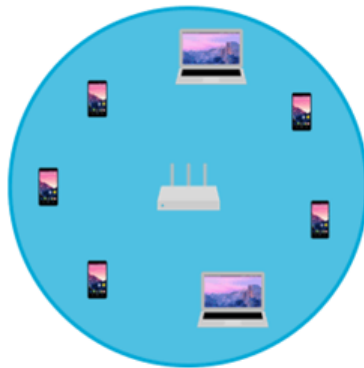
Signal Strength:  
**Fair**  
-60 to -70 dBm



Signal Strength:  
**Poor**  
< -70 dBm

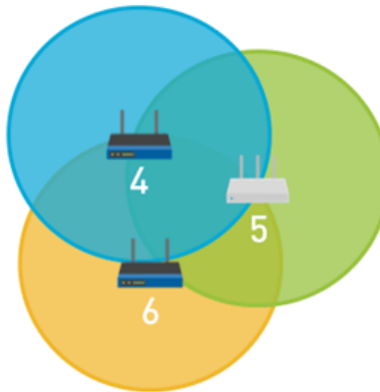
<http://www.hometoys.com/article/2015/10/installer-tips-understanding-wireless-ap-placement/32425/>

### Co-Channel



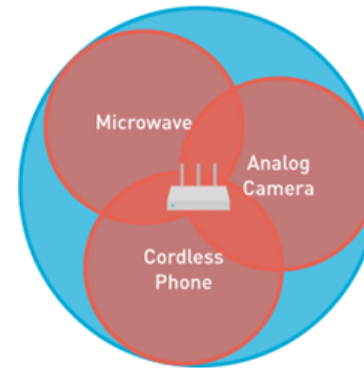
Every client and access point on the same channel competes for time to talk.

### Adjacent-Channel



Every client and access point on overlapping channels talk over each other.

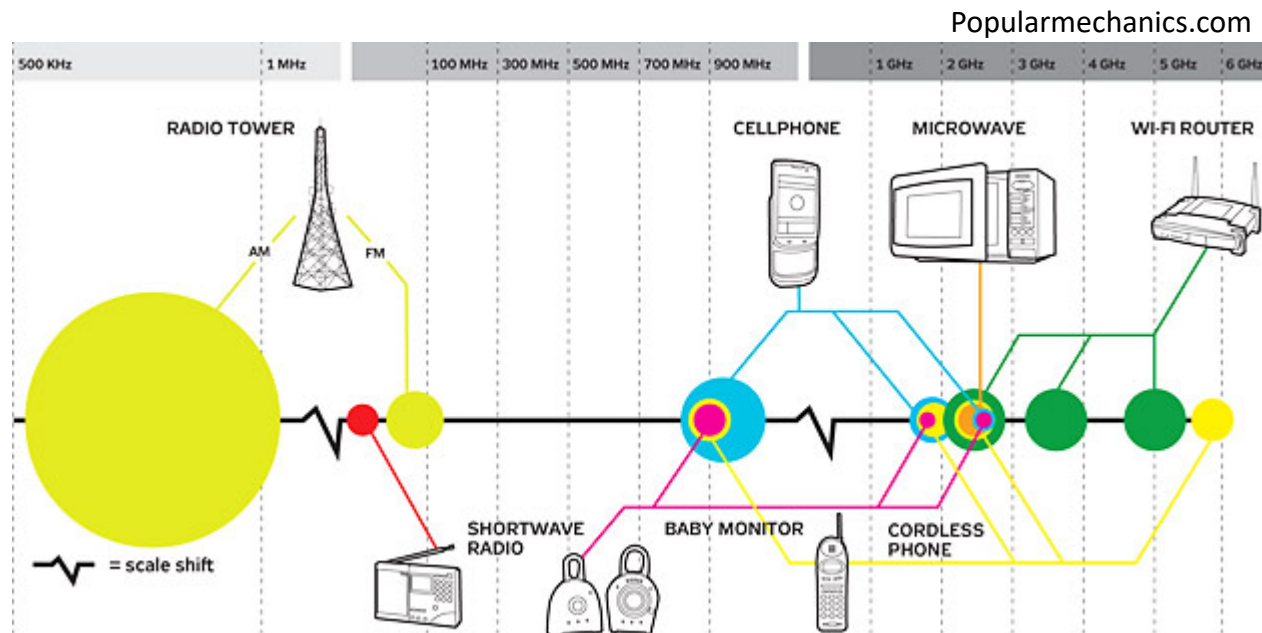
### Non-Wi-Fi



Non-802.11 devices compete for medium access.

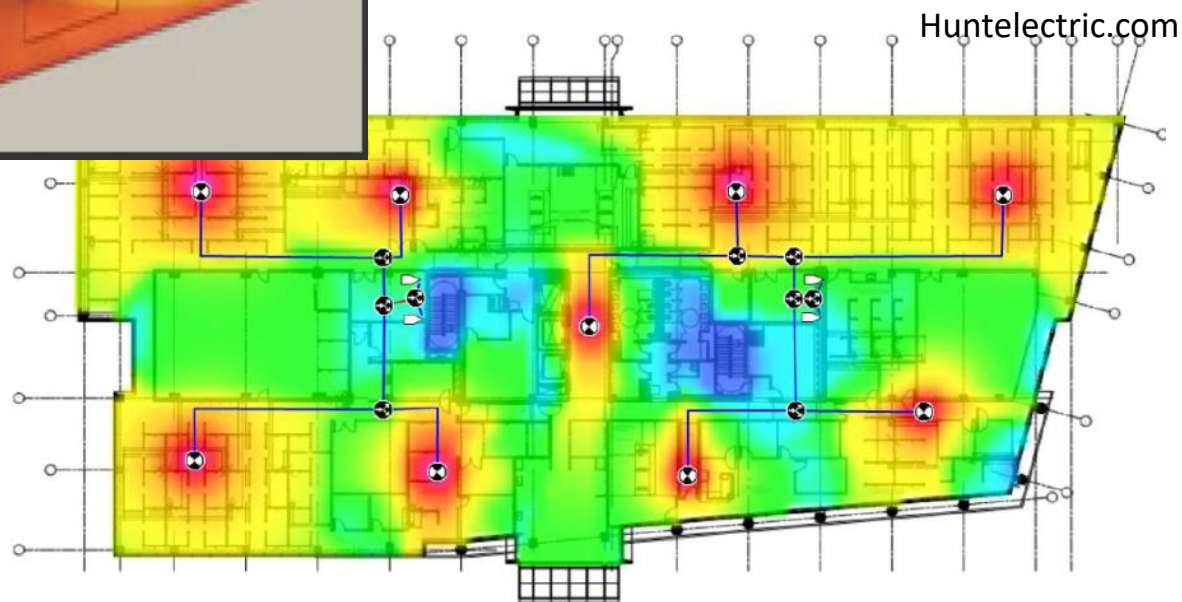
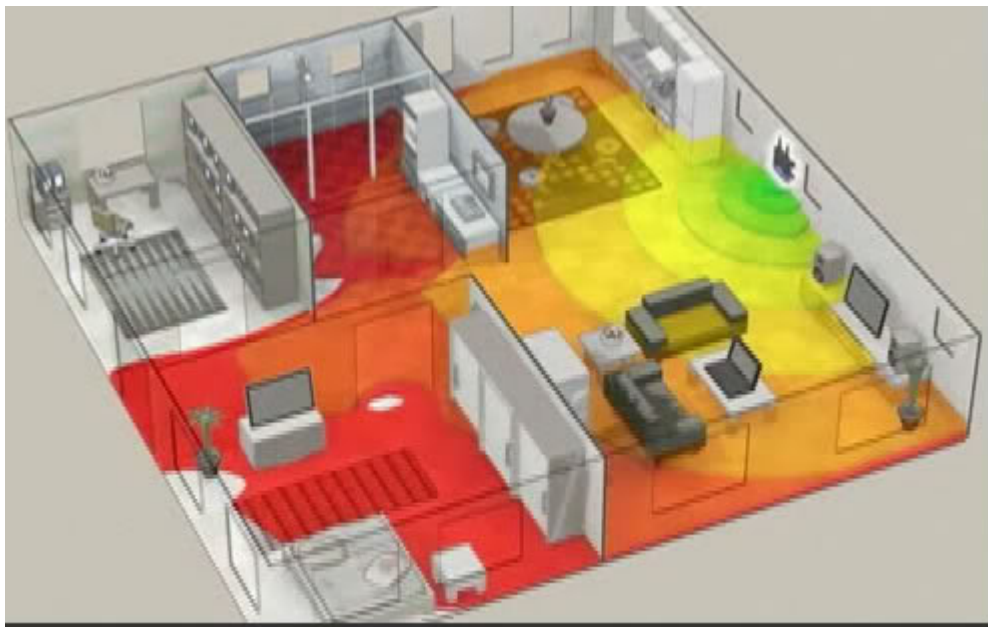
# Interferencia a 2,4 GHz-es ISM sávban

- Közelben működő WiFi Access Point-ok
- Mikrohullámú sütő
- Bluetooth eszközök
- Bébiőrök, egészségügyi eszközök
- Vezeték nélküli otthoni telefonok



Információs rendszerek üzemeltetése (VITMAC02) 2020: WiFi hálózatok üzemeltetése

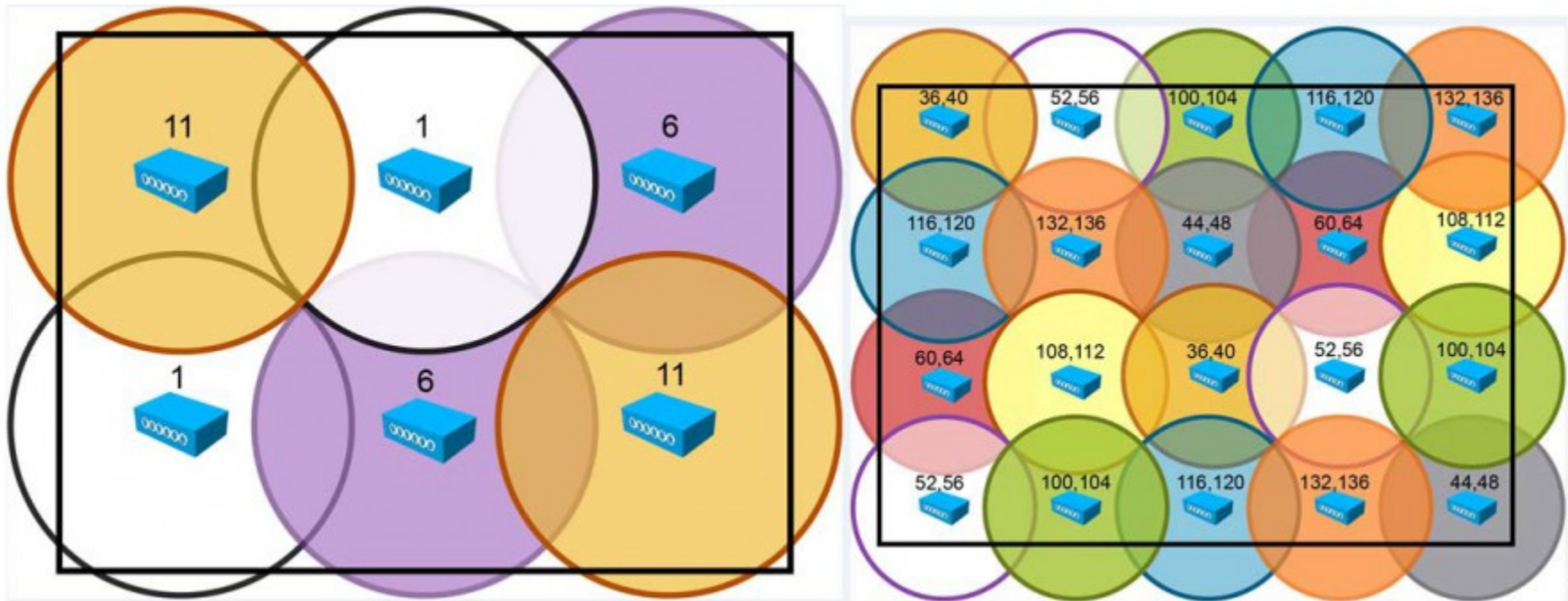
# Lefedettség: rádiós hőtérkép





# Szomszédos cellák csatornakiosztása

Szomszédos rádiós cellák közötti interferencia minimalizálása megfelelő csatornakiosztással (lásd a 7. diát)

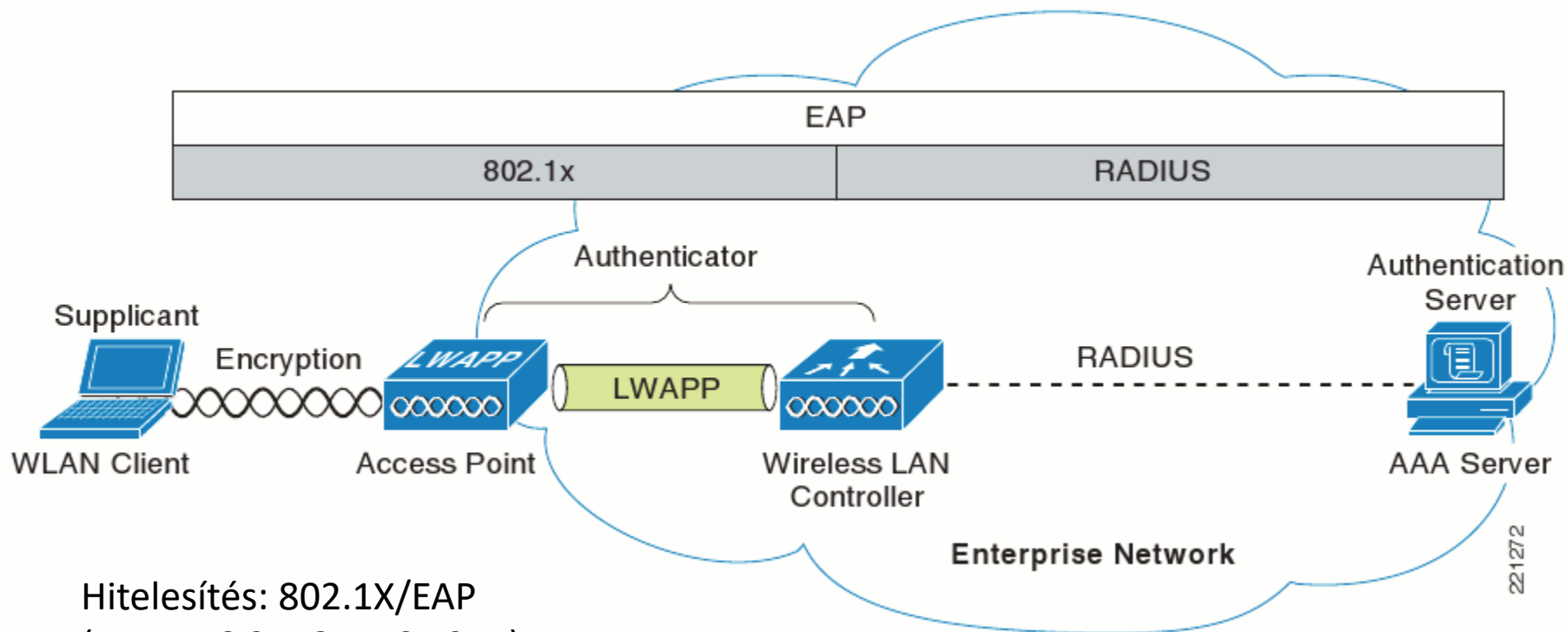


# Eszközgenerációk egy hálózaton

Lassú (elavult technológiájú) eszközök visszafogják az azonos bázisállomáshoz kapcsolódó nagyobb sebességű eszközök átviteli teljesítményét.

Megoldás: Egyenlő adatmennyiség helyett egyenlő időrés mindenkinek (Airtime Fairness)

# Hitelesítés és titkosítás: WPA2 PSK és Enterprise



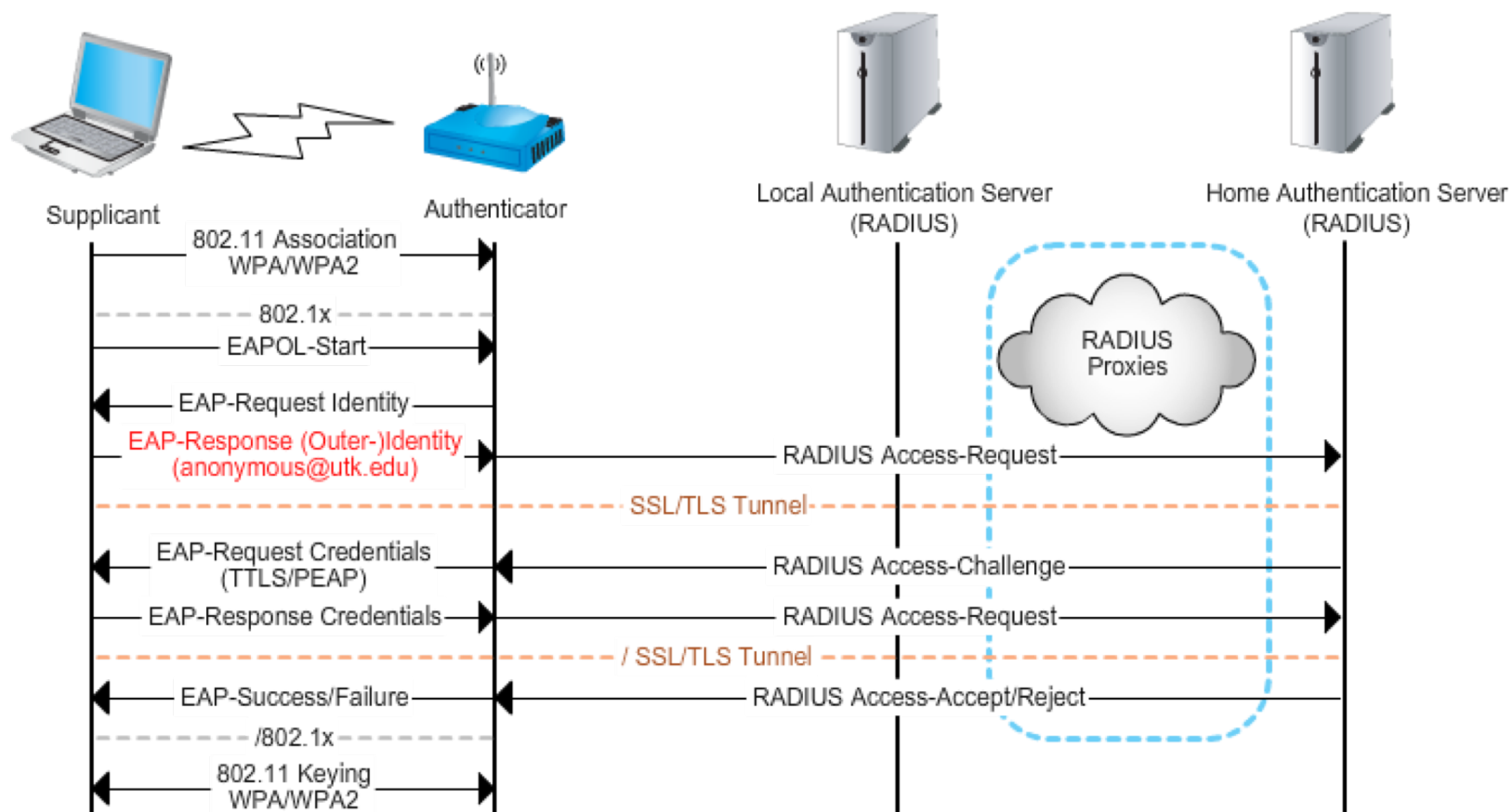
Hitelesítés: 802.1X/EAP  
(IETF RFC 3748, RFC 5247)

Titkosítás: TKIP, AES

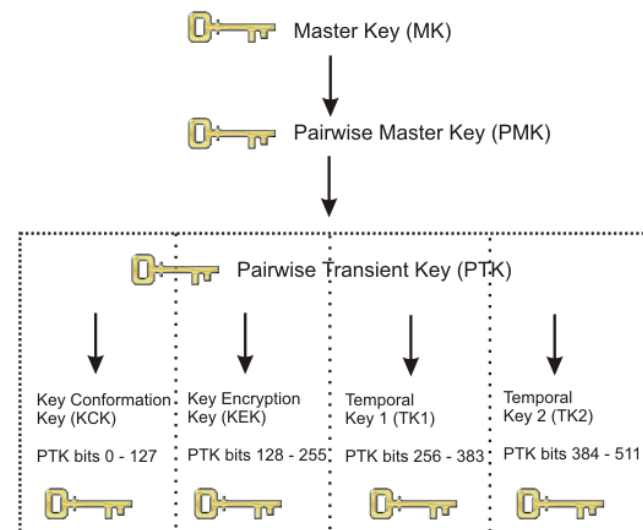
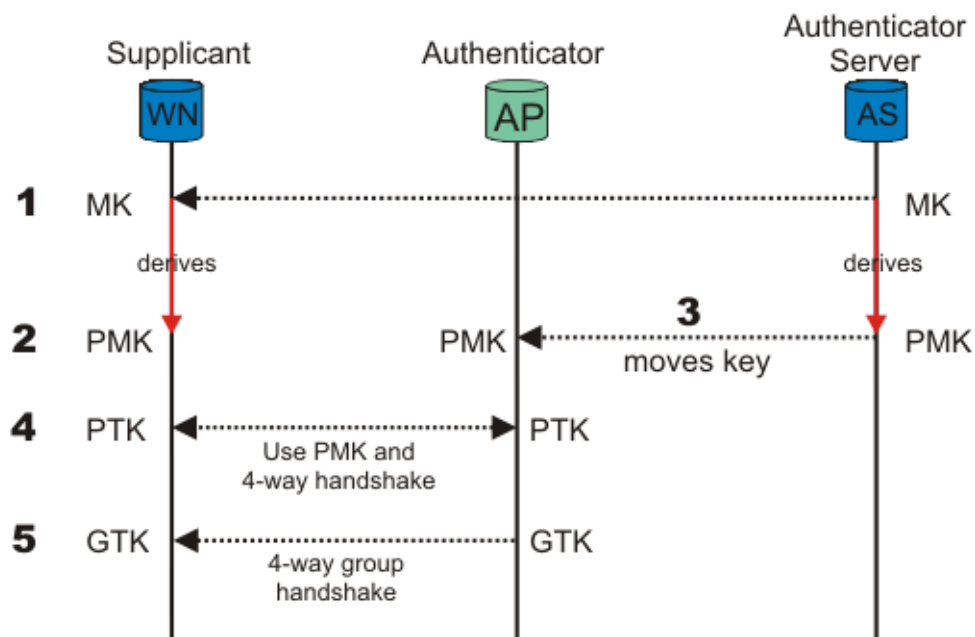
Központi hozzáférés-  
szabályozás: RADIUS, PKI

Forrás: cisco.com

# Hitelesítés



# Kulcsgenerálás



<http://www.tldp.org/HOWTO/8021X-HOWTO/intro.html>

# Multimédia WiFi hálózaton

## QoS megfontolások:

- A 802.11 oszott közeghozzáférésű hálózat
- A rádiós kapcsolat half-duplex!
- Valós idejű alkalmazások által támasztott követelmények
  - Alacsony késleltetés és késleltetés-ingadozás
  - Alacsony csomagvesztés
  - Megfelelő átviteli ráta

## QoS technológiák 802.11 hálózatokban

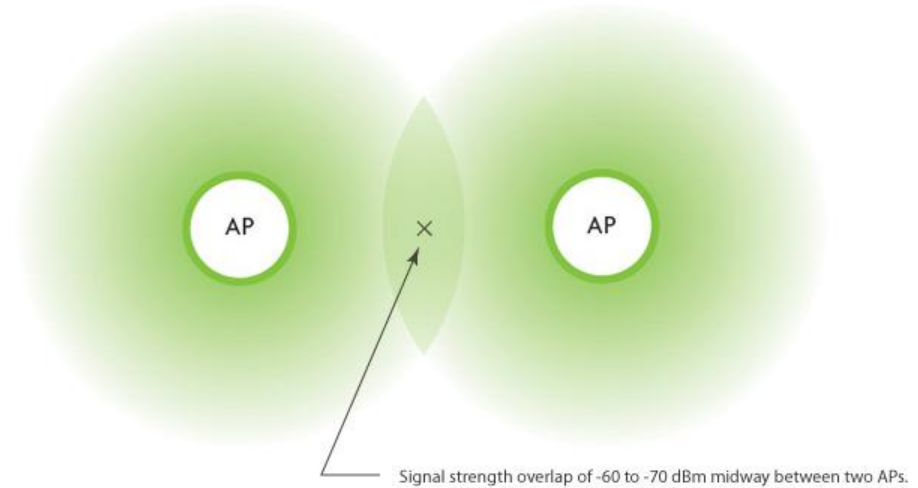
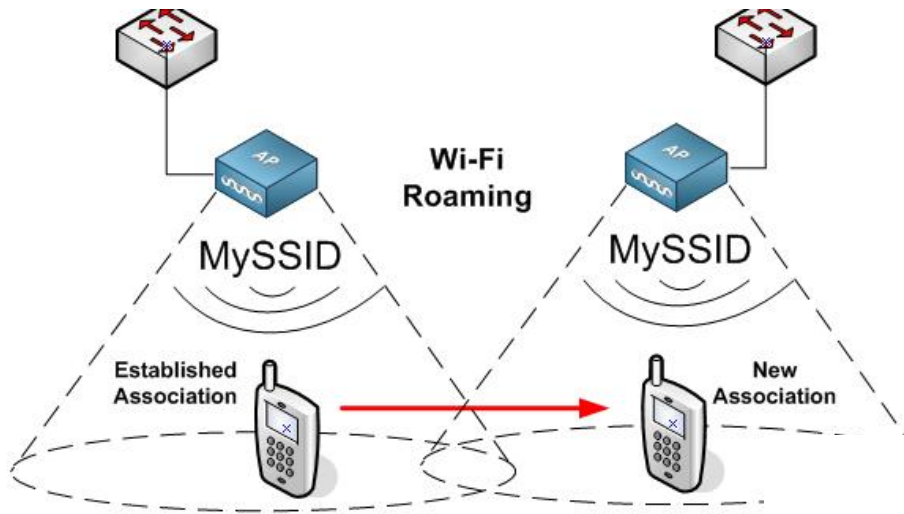
WMM (WME): Wireless Multimedia Extensions – 802.11e

Forgalmi prioritási szintek: voice, video, best effort, background

# Mobilitás vezeték nélküli hálózatban

- Fizikai mozgás rádiós cellán belül
- Fizikai mozgás rádiós cellák (AP-k) között
  - Layer-2 roaming: bázisállomások azonos IP hálózatban
  - Layer-3 roaming: bázisállomások különböző hálózatban (mobil IP)

# 802.11 roaming



<http://www.hometoys.com/article/2015/10/installer-tips-understanding-wireless-ap-placement/32425/>



# Kérdések

- Milyen fázisai vannak a roaming folyamatnak?
- Mennyi ideig tart?
- Változik-e az IP címünk a cellaváltás hatására?
- Mi történik az alkalmazásokkal a cellaváltás folyamata során?
- Mit érzékel a folyamatból a felhasználó?

# Barangolási sémák

## **Nomadic roaming**

A rádiós cellaváltás ideje alatt a csomópont nem használja a vezeték nélküli hálózat erőforrásait.

Példa: vállalati környezetben működő WiFi hálózathoz kapcsolódó munkaállomásunkkal átmegyünk egy másik helyiségbe vagy épületbe

## **Seamless roaming**

A cellaváltás ideje alatt is használjuk a hálózati szolgáltatásokat.

Pl. Mobilhálózati cellaváltás beszélgetés közben

# WiFi roaming alapelvek

- Lekapcsolódás felkapcsolódás előtt: hurokmentes topológia, broadcast storm elkerülése
- Felkapcsolódás lekapcsolódás előtt: spanning tree alkalmazása a hurkok kezelésére, kettős üzemű kliens rádió (több csatorna elérése egyidőben – megnövekedett komplexitás)

# Roaming fázisok

1. Csatorna-szkennelés
2. 802.11 hitelesítés
3. 802.11 kapcsolódás
4. 802.1X hitelesítés

# Layer-2 roaming

- Mindig a kliens határoz a roaming végrehajtásáról
  - Miért jó ez?
- A kliens dönti el, hogy melyik szomszédos bázisállomáshoz kapcsolódik
  - Lehet-e támogatni a klienst a választásban?
- A kliens kezdeményezi a roaming folyamatot

Megjegyzés: a cellaváltási folyamatot bázisállomás oldalról lehet segíteni (erről később).

# Roaming algoritmusok

- A 802.11 nem specifikál roaming algoritmust: egyedi gyártói implementációk alapvető együttműködés biztosítása mellett
- Az egyedi roaming implementációk növelik a piaci versenyt a gyártók között: gyorsaság/stabilitás
- Mérhető paraméterek: jelerősség, újraküldések száma, kihagyott beacon üzenetek száma, stb.
- Roaming idő vs. hálózati elérés stabilitása

# Új bázisállomás keresése

**Passzív keresés:** A kliens minden érvényes csatornába belehallgat és várakozik az AP által küldött beacon keretekre.

(Beacon periódusidő alapesetben 100 ms!)

**Aktív keresés:** A kliens probe kérést küld és az AP-tól probe választ vár. Minden érvényes csatornán kb. 10-20 ms ideig várakozik a válaszra.

Keresési mód	Előnyök	Hátrányok
Passzív: beágyazott rendszerek	Energiatakarékos (nincs probe üzenet)	Hosszabb roaming idő, sikertelen roaming SSID-t nem tartalmazó beacon üzenet esetén
Aktív: PC kliensek, WiFi/VoIP telefonok	Rövidebb roaming idő, célzott kapcsolódás	A probe kérés kiküldésének energiaigénye jelentkezik a kliensen



# Mikor keressük az új AP-t?

- Már a normál forgalmi viszonyok között, periodikus feltérképezéssel: preemptive scanning
- A roaming folyamat alatt: on-the-fly scanning

# Preemptive scanning

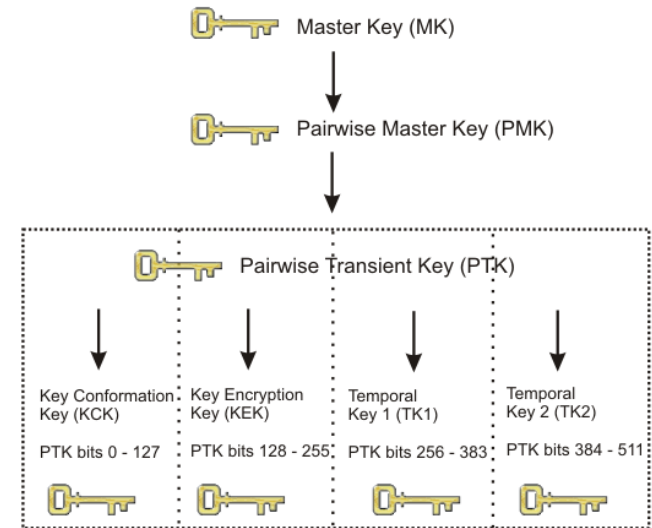
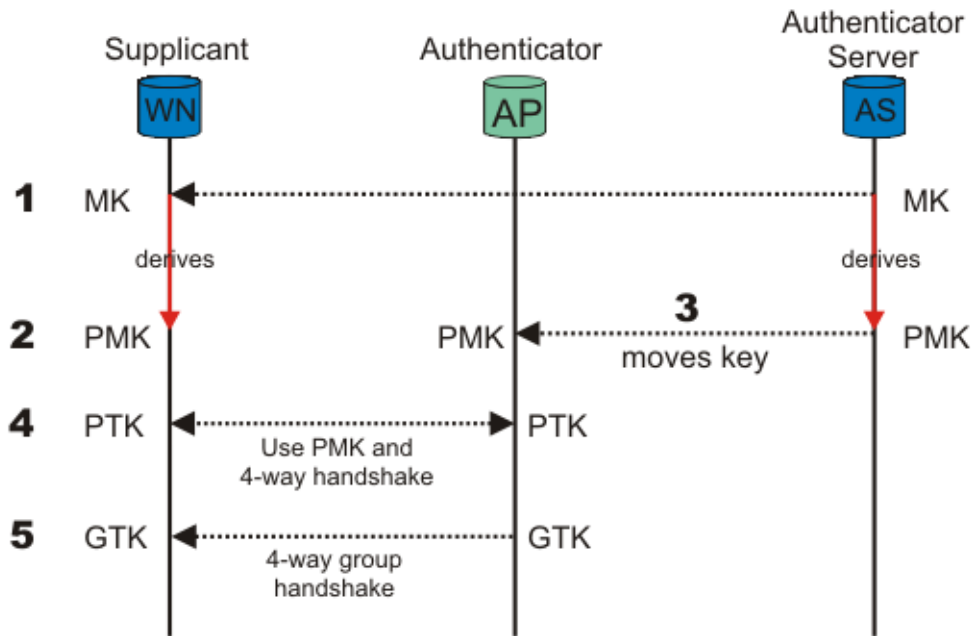
## Előny

- Jelentősen lerövidül a roaming idő: valós idejű alkalmazások QoE-szintje kevésbé csökken.

## Hátrányok

- A keresés miatt meg kell szakítani a normál forgalmazást.
- A keresést követően az AP-nak újra kell küldenie az elveszett üzeneteket.
- Ennek a fogalmi kiesésnek közvetlen hatása van az alkalmazás QoE szintjére: átviteli ráta csökkenése, többletkésleltetés
- Gyorsan mozgó kliens esetén a roaming megkezdésekor rendelkezésre álló AP lista nem tartalmazza az optimálist választást

# Kliens hitelesítése: 802.1X / 802.11i

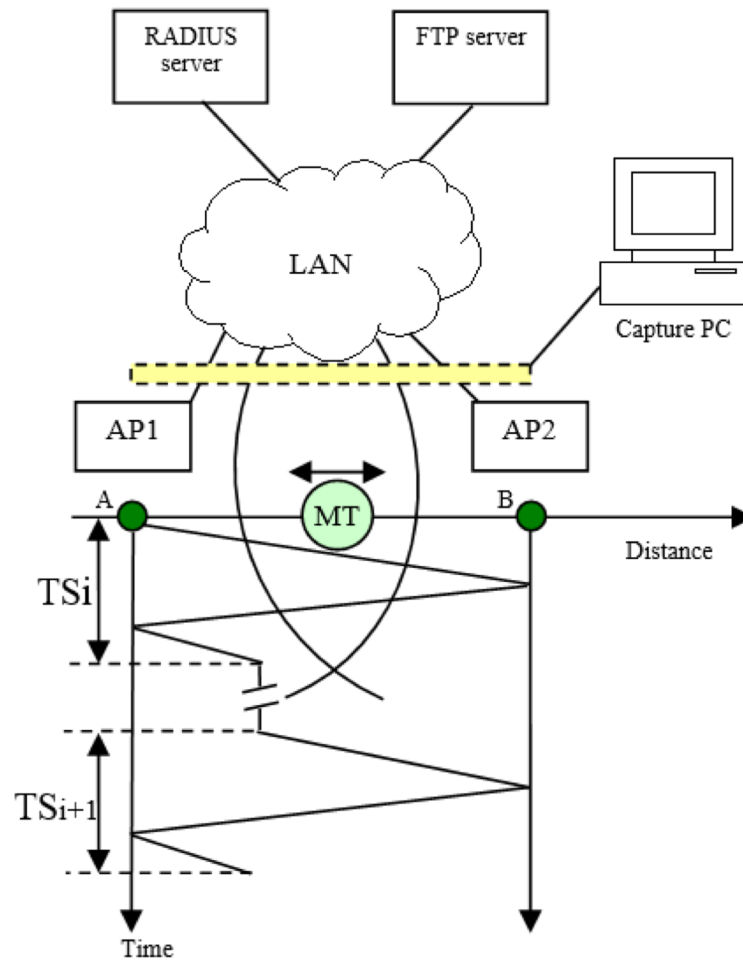


<http://www.tldp.org/HOWTO/8021X-HOWTO/intro.html>

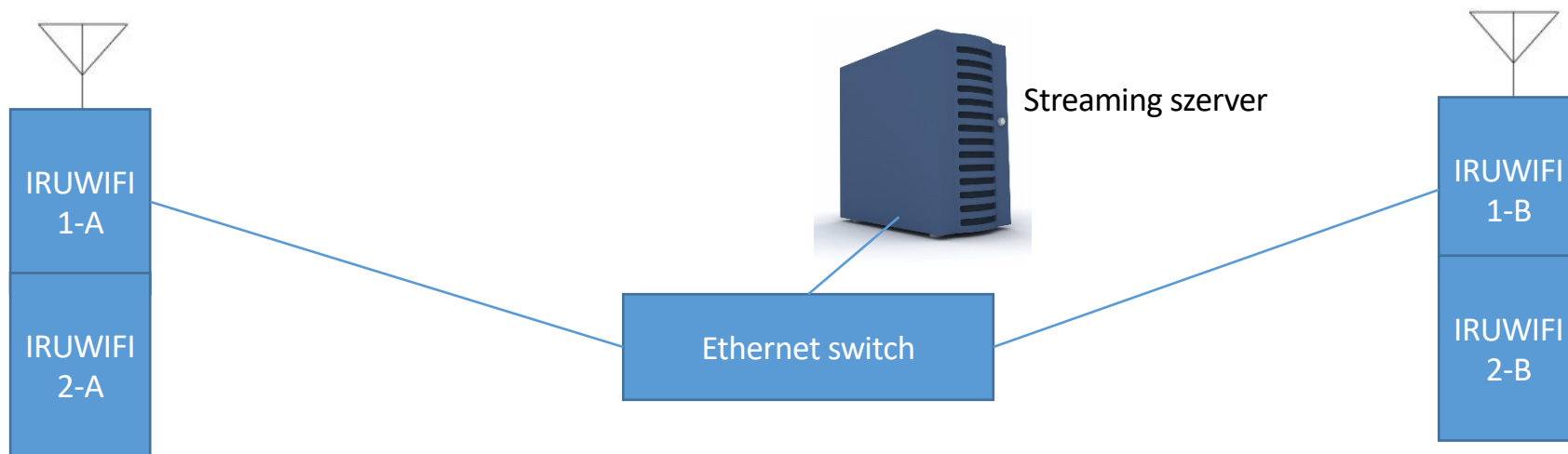
# Gyorsított roaming

- 802.11k/802.11r – load balancing, fast transition
  - AP terhelések kiegyenlítése
  - Előrehozott kezdeti kézfogás: PMK előzetes előállítása
- Opportunistic Key Caching: PMK cache-elése broadcast tartományon belül
- Gyártói megoldás: zero handoff (Ubiquiti)

# Roaming idő vizsgálata



# Élő bemutató - topológia



Nem gyorsított roaming  
SSID: IRUWIFI1  
Security: WPA-PSK  
(IRUWIFI1)



Gyorsított roaming  
SSID: IRUWIFI2  
Security: WPA-PSK  
(IRUWIFI2)