

**Curs 13**

# Wireless



# Objective

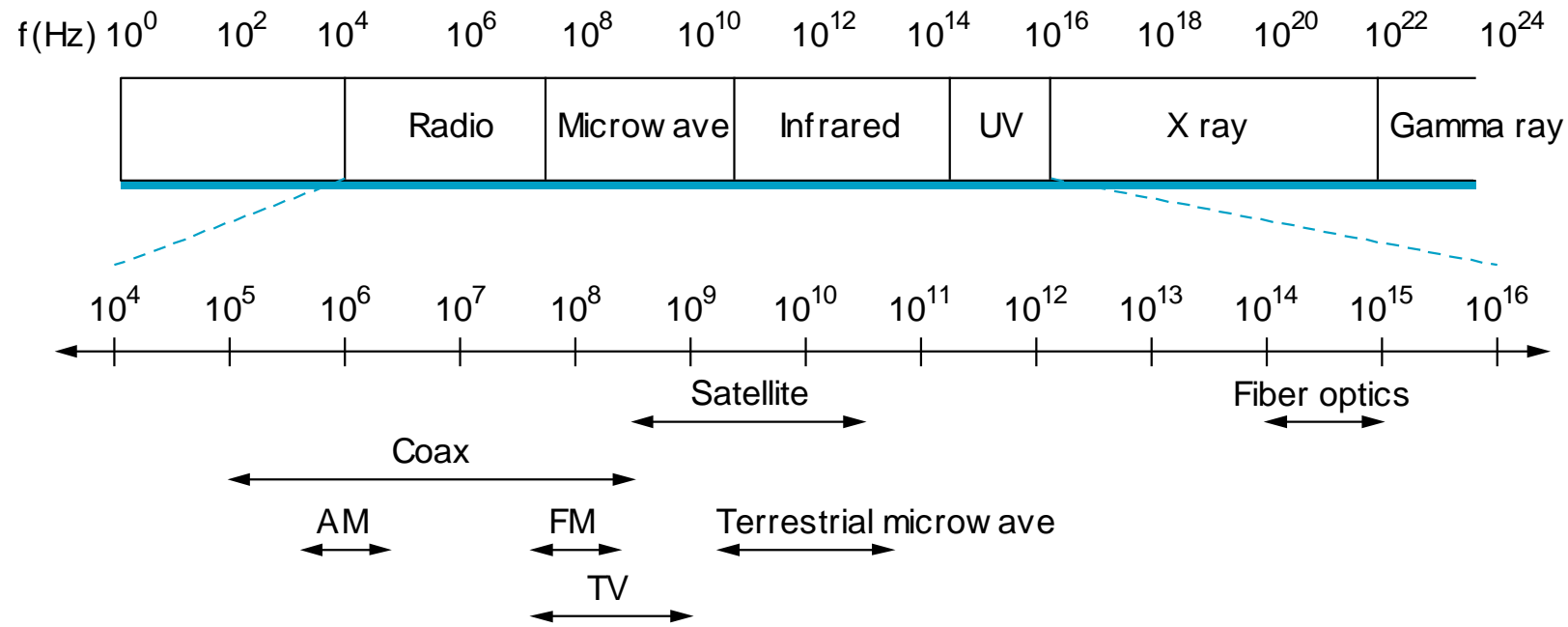
- Introducere tehnologii Wireless
- Standarde wireless
- Moduri de folosire a wireless

# Transmissie in wireless



# Spectrul electromagnetic (curs 2)

- Unde radio – comunicații multicast: radio și televiziune
- Microunde – comunicații unicast: telefoane mobile, rețele de sateliți, Wireless LAN
- Infraroșii – transmisii pe distanță scurtă



# Proprietățile undele electromagnetice

Frecvența	Frecvențe mici	Frecvențe mari
Distanța de propagare	Mare	Mică
Interferențe	Mari	Mici
Costuri echipamente	Mici	Mari
Influența asupra organismelor	Mici	Mari

- Absorbția în atmosferă crește cu frecvența
- Capacitatea de penetrare scade cu frecvența
- Undele înalte sunt mai costisitoare
- Undele înalte sunt mai nocive

.... Undele joase sunt deci “mai bune”

# Exemple folosire frecvențe

- **AM (Amplitude Modulation)**
  - Frecvență: 540 - 1600 kHz
  - Aplicații: Transmisiuni radio pe unde lungi și medii
- **FM (Frequency Modulation)**
  - Frecvență: 88 - 108 MHz
    - **Rock FM** în Ilfov Bucuresti: 100.6 MHz
  - Aplicații: Radio comercial pe unde scurte
- **Bluetooth**
  - Frecvență: 2.4000 GHz - 2.4835 GHz
  - Aplicații: Comunicare wireless pentru dispozitive pe distanțe scurte
- **LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)**
  - Frecvență: 433 MHz, 868 MHz (EU), 915 MHz (USA)
  - Aplicații: Rețele IoT (Internet of Things) pentru comunicații de lungă distanță și consum redus.
- **Zigbee**
  - Frecvență: 2.4000 GHz - 2.4835 GHz; și 868 MHz (EU), 915 MHz (USA)
  - Aplicații: Automatizări pentru locuințe, senzori IoT și comunicații pe distanțe scurte.

# Exemple folosire frecvențe

- **Wireless (Wi-Fi)**

- Frecvență: 2400.0-2483.5 MHz și 5725-5875 MHz
- Aplicații: Rețele fără fir pentru dispozitive

- Benzi ISM - Industrial, Scientific and Medical Band - libere la utilizare sau alocare restrictiva, si fara taxare

- Tabelul Național de Atribuire a Benzilor de Frecvențe Radio (TNABF) reglementat de **ANCOM**

# Undele electromagnetice

Rețelele wireless folosesc  
microunde...

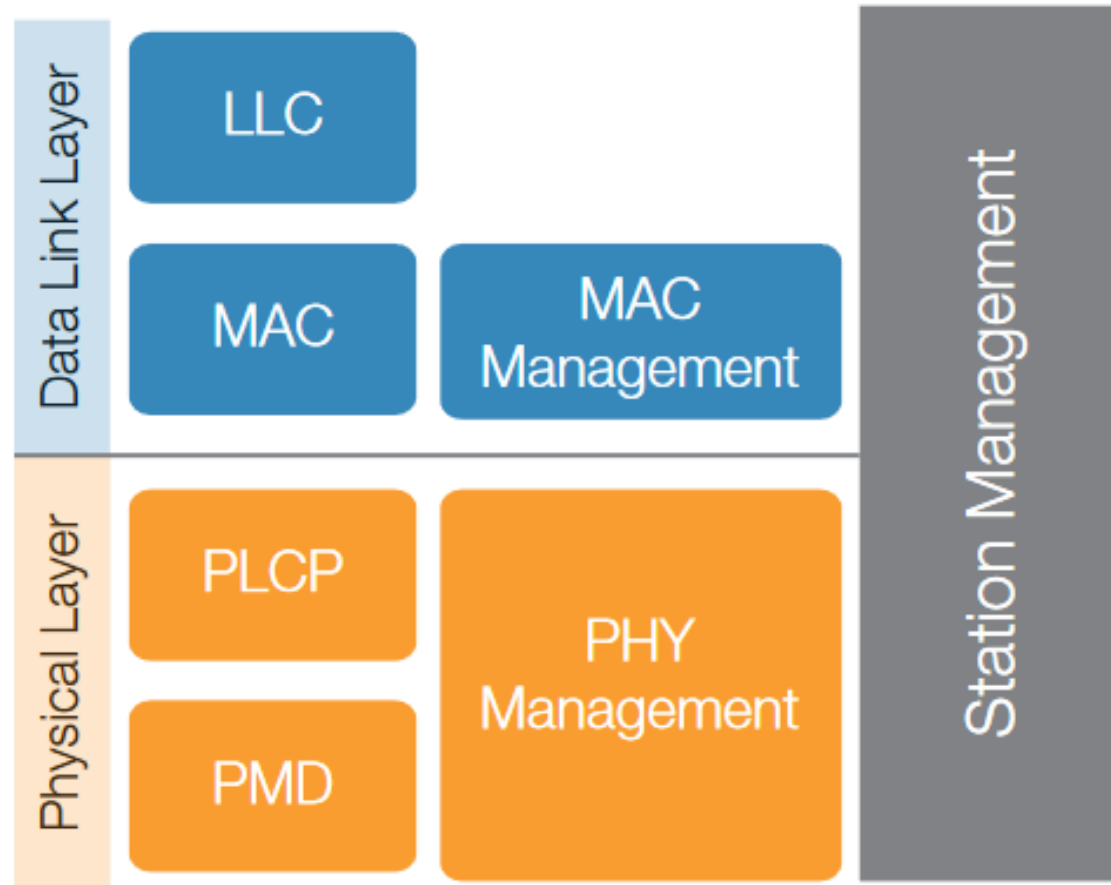




# Nivelul fizic



# Stiva OSI - Wireless



# Wireless – standarde

Generatie	Standard	Spectrum	Viteza	Spreading	An
Wi-Fi 0	802.11	2.4 GHz	2 Mbps	FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum) / DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	1997
Wi-Fi 2	802.11a	5 GHz	54 Mbps	OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)	1999
Wi-Fi 1	802.11b	2.4 GHz	11 Mbps	DSSS	1999
Wi-Fi 3	802.11g	2.4 GHz	54 Mbps	OFDM/DSSS	2003
Wi-Fi 4	802.11n	2.4 GHz / 5 GHz	600 Mbps	OFDM	2009
Wi-Fi 5	802.11ac	5 GHz	6.93 Gbps	OFDM	2014
Wi-Fi 6	802.11ax	2.4 GHz / 5 GHz	9.6 Gbps	OFDMA	2019
Wi-Fi 7	802.11be	2.4 GHz / 5 GHz / 6 GHz	30 Gbps	OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)	2024

# Wireless evoluție standarde

Generatie	Modulare
Wi-Fi 0	Folosirea DSSS
Wi-Fi 2	Optimizarea DSSS prin rate de codare mai mari
Wi-Fi 1	Introducerea OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
Wi-Fi 3	Integrarea OFDM în banda de 2.4 GHz, combinând avantajele 802.11b (compatibilitate) și 802.11a (viteze mari).
Wi-Fi 4	Introducerea MIMO (Multiple Input Multiple Output) transmiterea pe mai multe antene. Agregarea canalelor (Channel Bonding) pentru a utiliza lățimi de bandă de 40 MHz
Wi-Fi 5	Utilizarea unui număr mai mare de fluxuri MIMO (până la 8).
Wi-Fi 6	Introducerea OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) Îmbunătățiri în utilizarea benzii de 2.4 GHz și introducerea benzii de 6 GHz.
Wi-Fi 7	Introducerea modulației 4096-QAM pentru creșterea densității de date Extinderea lățimii de bandă până la 320 MHz și îmbunătățirea MIMO pentru mai multe fluxuri simultane.

# Factori evoluție standarde

- **Introducerea MIMO**

- Folosirea simultană a mai multor antene

- **Tehnologii avansate de modulație**

- De la BPSK/QPSK la 256-QAM (802.11ac) și 4096-QAM (802.11be)
- Codificarea mai multor biți pe symbol (**curs 01**).

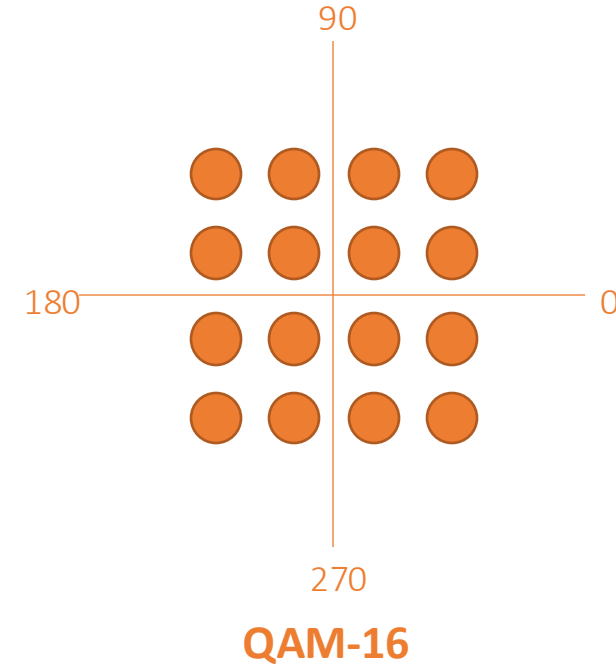
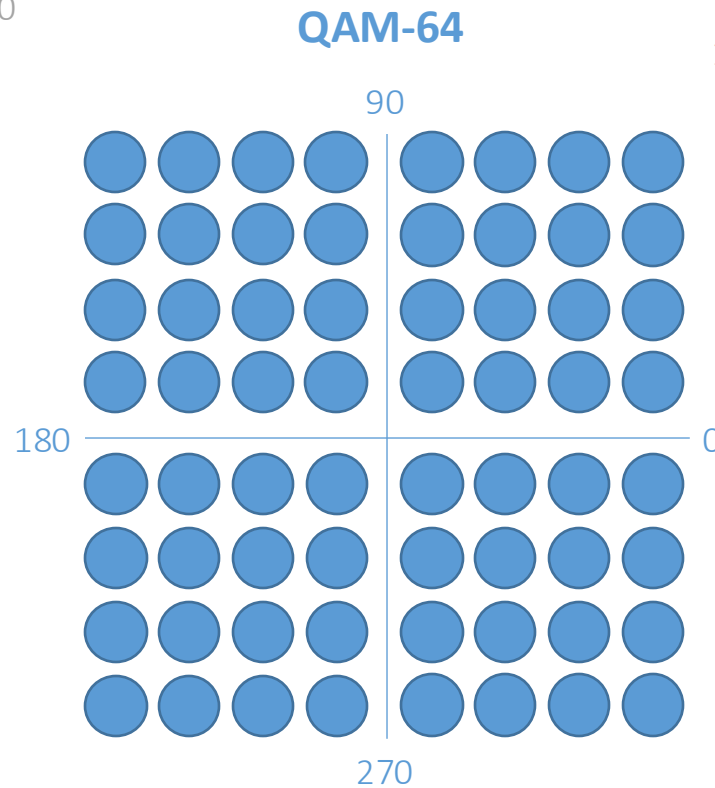
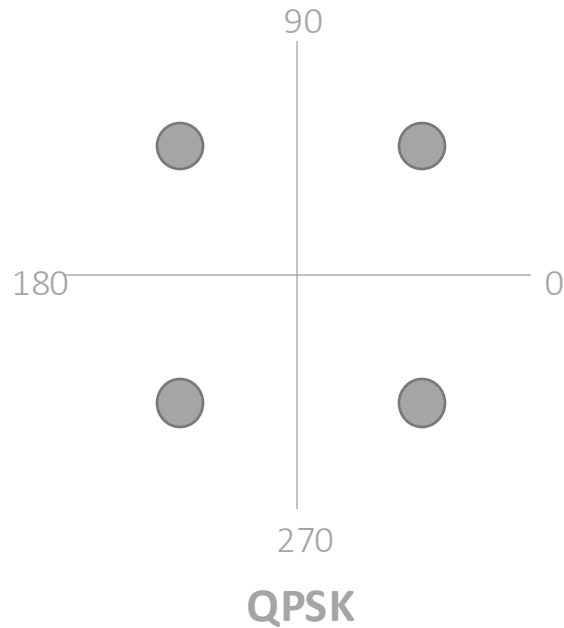
- **Metode mai bune de spreading**

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

- **Lățimea de bandă mai mare**

- 20 MHz, 40 MHz (802.11n), 160 MHz (802.11ac) și 320 MHz (802.11be).

# Tehnologii de modulație (curs 01)

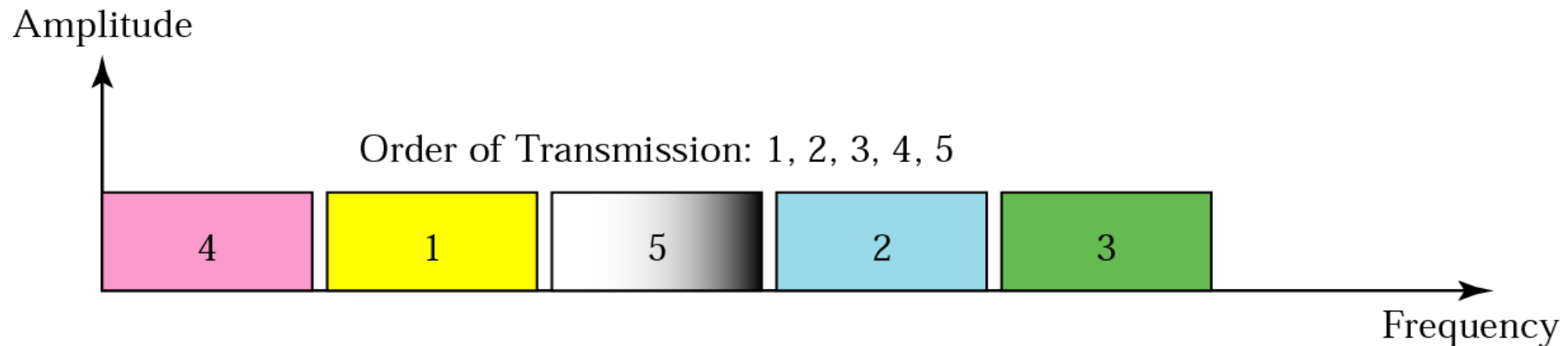


# Metode mai bune de spreading

- **Spreading** (sau „răspândirea spectrului”) este o tehnică utilizată pentru a distribui energia semnalului pe o bandă de frecvențe mai largă decât ar fi necesar pentru transmisia datelor brute.
  - **Rezistență la interferențe:** Dacă există zgomot pe anumite frecvențe, semnalul poate fi recuperat deoarece este distribuit.
  - **Securitate:** Un semnal „răspândit” este mai greu de interceptat și de decodat.

# Spreading - exemplu

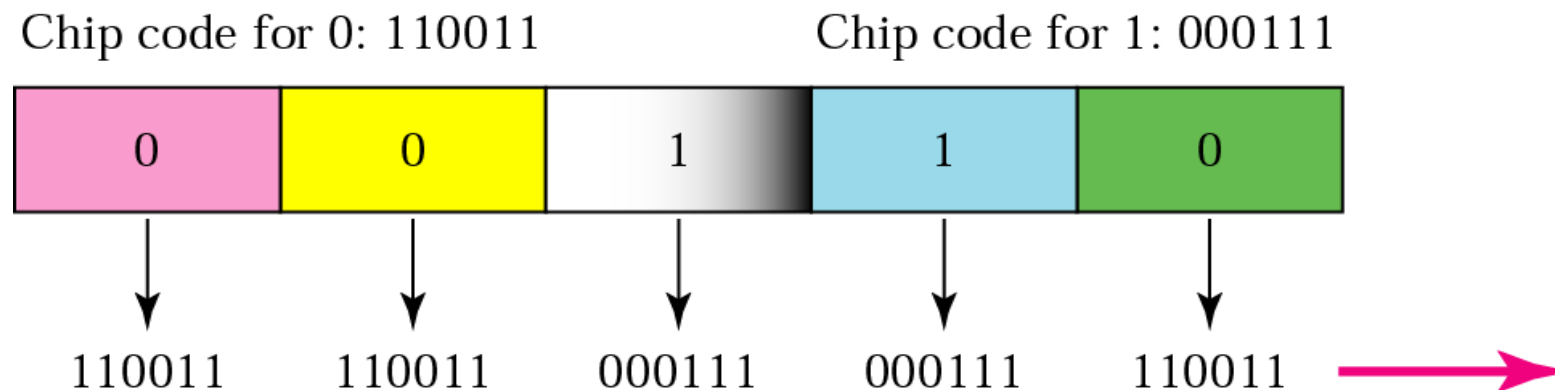
- FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum
- Pentru un canal de 1 MHz, daca folosim o subbanda de 50kHz, avem 20 posibile zone in care „sărim”
  - Restul benzilor rămân nefolosite





# Spreading - exemplu

- DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum
- Reprezentarea fiecărui bit se face printr-o secvență fixa (chip code), iar transmiterea va ocupa întregul canal (ex. 1 MHz, 20MHz, etc.).
- Semnalul poate fi reconstituit chiar dacă o parte din “chip code” este perturbat



# Lățimea de bandă mai mare

- Ce bandă utilizează o rețea wireless?
- Paaai...., în funcție de banda digitală, de metoda de transmisie în spectru împrăștiat și bine-nțeles, de modulare.
- Bine, atunci cât utilizează o rețea standard, să spunem 802.11g?
- **Cam 22 MHz.**
- Și 802.11g utilizează banda de 2.4 GHz, nu?
- Da...

Wireless,  
dragă!



# Lățimea de bandă mai mare

- Păi lățimea benzii este de  $2.485 - 2.400 = 85$  MHz !
- Văd unde bați, păi înseamnă că ar fi loc de  $85/22 = 3$  rețele.
- Exact!
- Nu am putea pune atunci 3 rețele în același spațiu, fără să ne mai punem problema coliziunilor ?
- Așa e.

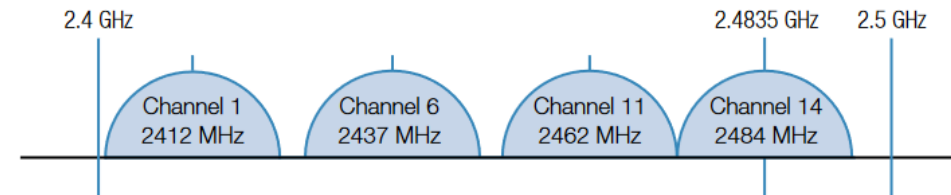


# Lățimea de bandă mai mare

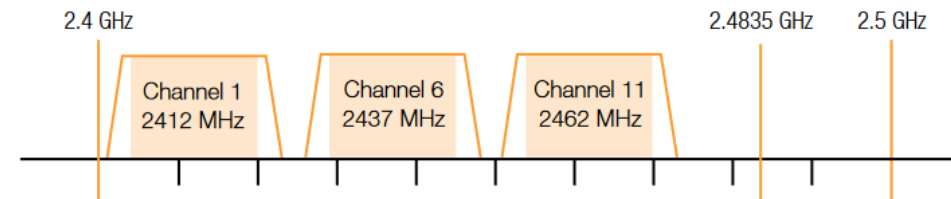
- Lățime de bandă mai mare = viteză de transmisie mai mare
- Greu de găsit 40MHz fără interferențe
- Ce facem cu compatibilitatea cu tehnologiile anterioare?

## Non-Overlapping Channels for 2.4 GHz WLAN

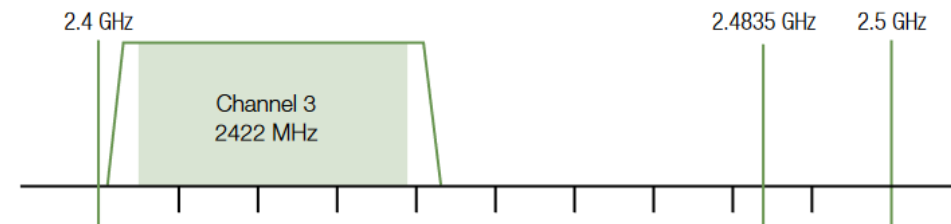
802.11b (DSSS) channel width 22 MHz



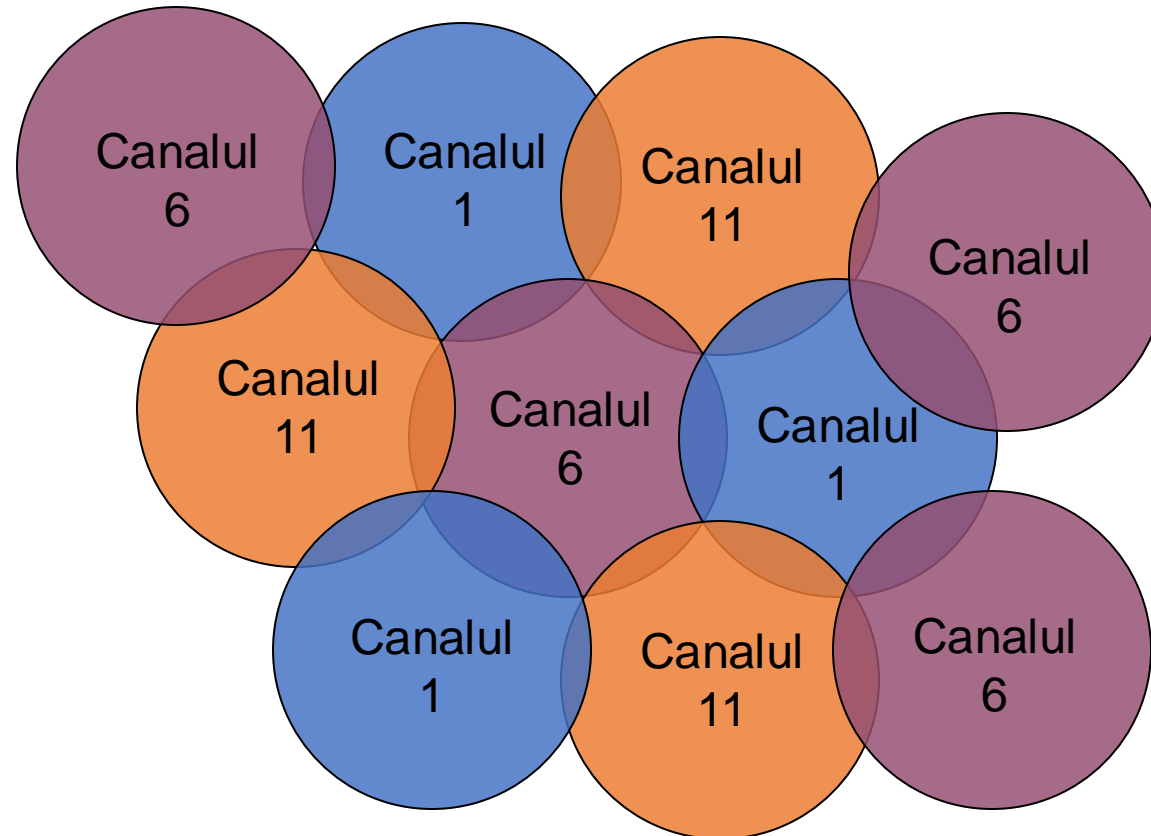
802.11g/n (OFDM) 20 MHz channel width - 16.25 MHz used by subcarriers



802.11n (OFDM) 40 MHz channel width - 33.75 MHz used by subcarriers



# Canale multiple



Acoperirea unei suprafețe mari folosind doar 3 canale

# Echipamente

- Adaptoare wireless
- Access Point-uri
- Bridge-uri
- Range expander
- Antene
- Wireless Lan Controller
- Lightweight Access Point



# Media access control



# Funcții principale ale nivelului MAC

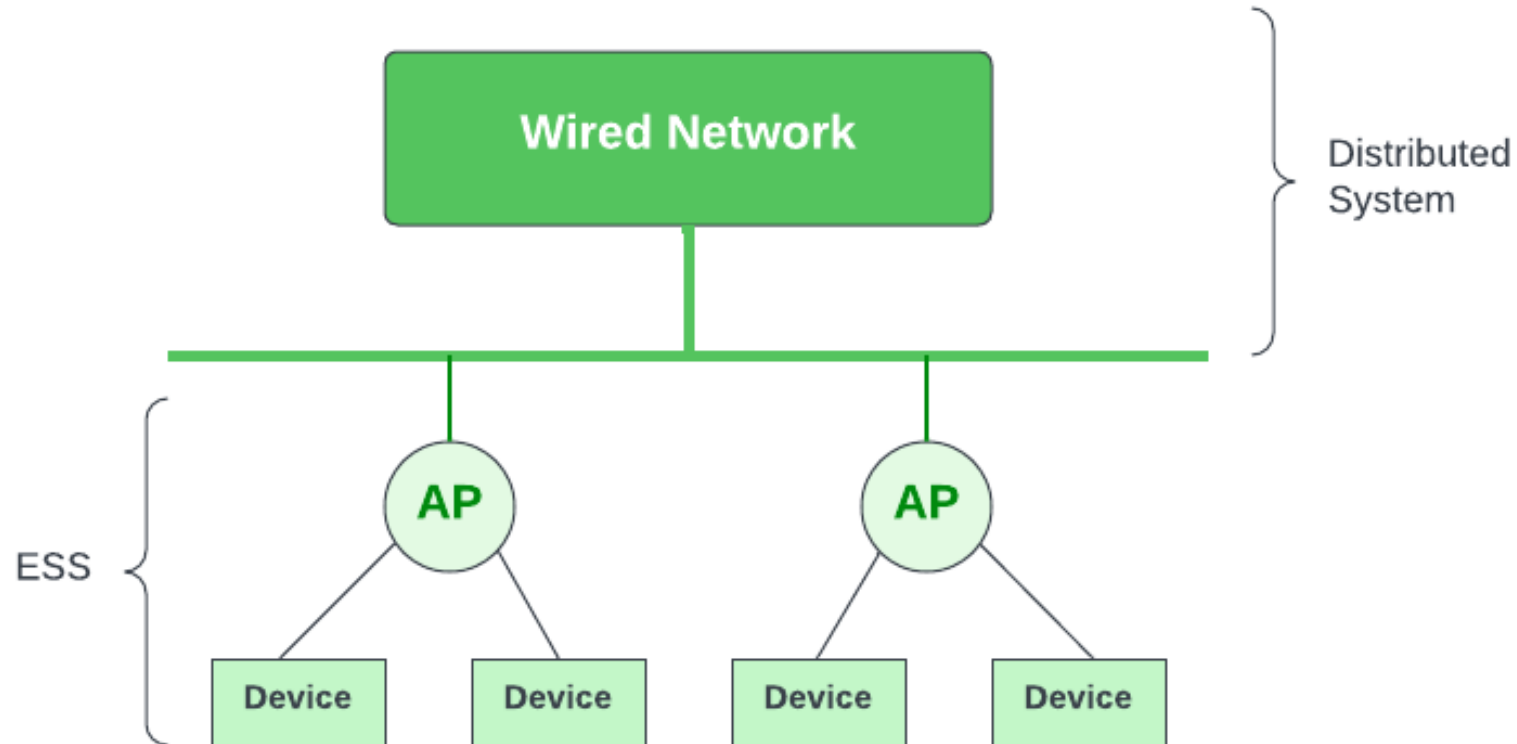
- Transmiterea datelor într-un mod fiabil (reliable).
- Controlul accesului la canal folosind mecanisme precum CSMA/CA.
- Implementarea mecanismelor de securitate.



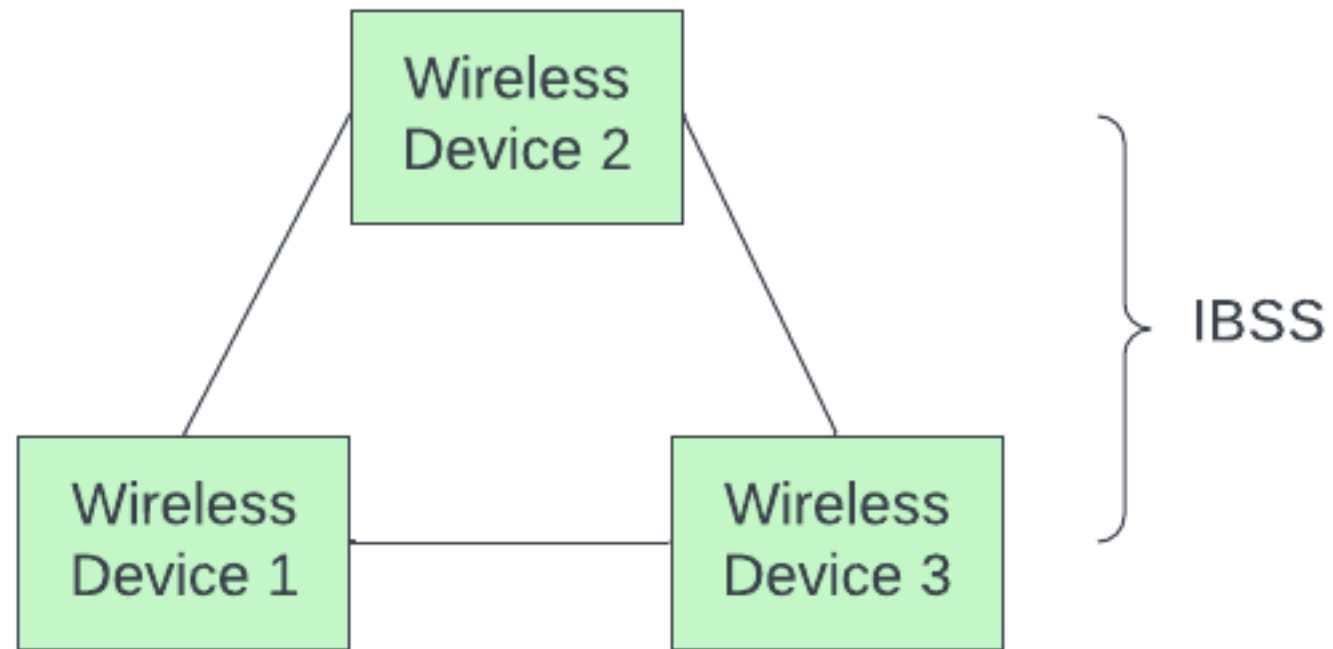
# BSS (Basic Service Set)

- Cea mai simplă unitate de organizare a unei rețele wireless
- Compus din:
  - 1 sau mai multe stații
  - 0 sau 1 access point (AP)
  - BSSID (Basic Service Set Identifier): 48 de biți utilizați pentru a identifica serviciul oferit
- Un BSS fără AP este denumit rețea ad-hoc
- Un BSS cu AP este denumit rețea de tip infrastructură (sau simplu doar rețea)
  - BSSID este derivate din adresa MAC a AP

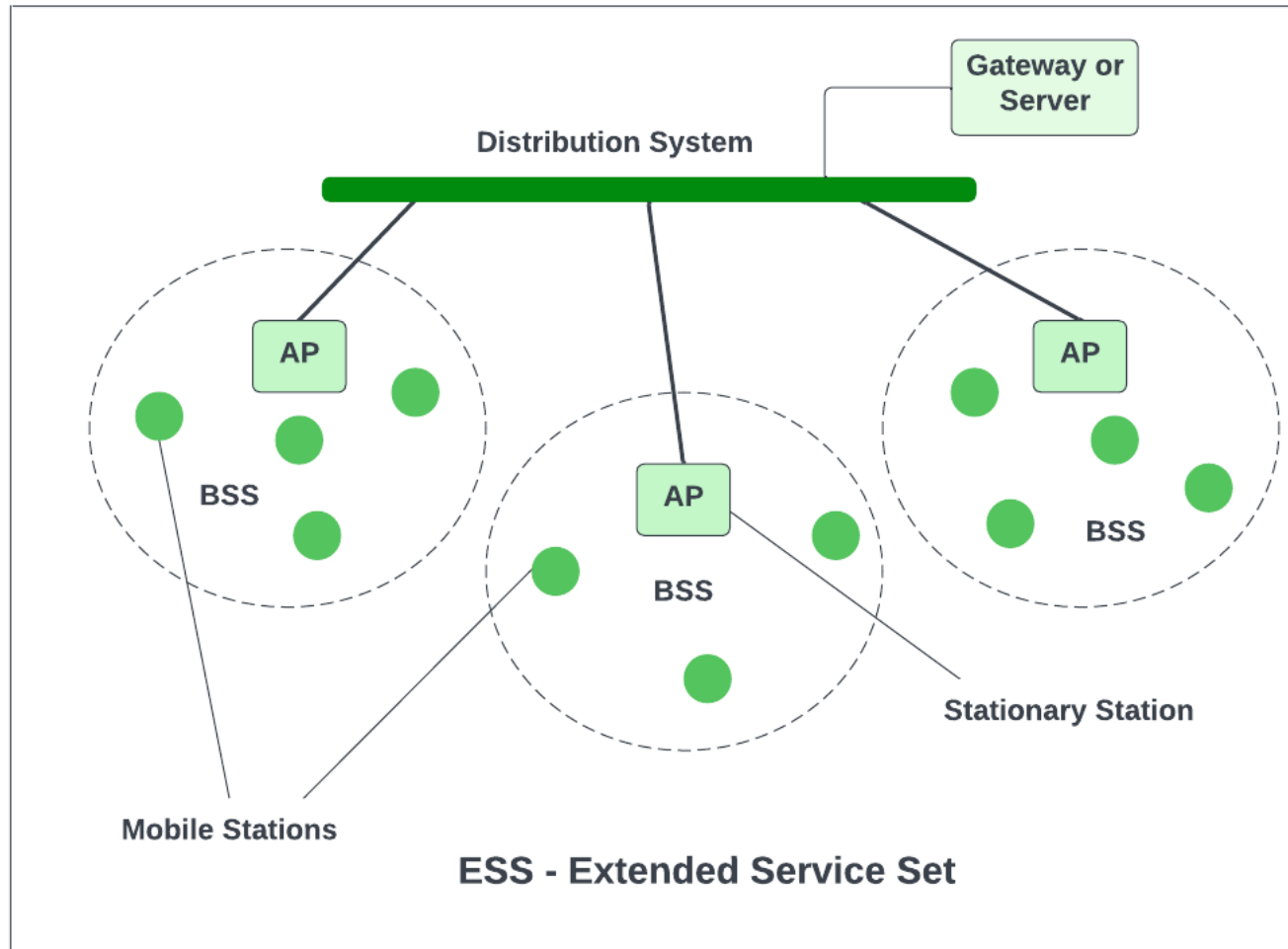
# Infrastructure BSS (BSS)



# Independent BSS (IBSS)



# Extended Service Set (ESS)



# Service set identifier (SSID)

- Folosit la nivelul MAC pentru a simplifica accesul la rețea
  - Nivelul LLC folosește doar acest SSID pentru a identifica un BSS sau un ESS
- Este configurabil de către administrator
- Trebuie știu pentru a putea accesa un BSS/ESS
- Prin folosirea unui unic SSID într-o infrastructura de tip ESS, calculatorul nu “vede” trecerea de la un AP la altul
  - Această trecere este identificabilă de “rețea” prin BSSID (adresa MAC a AP-ului)

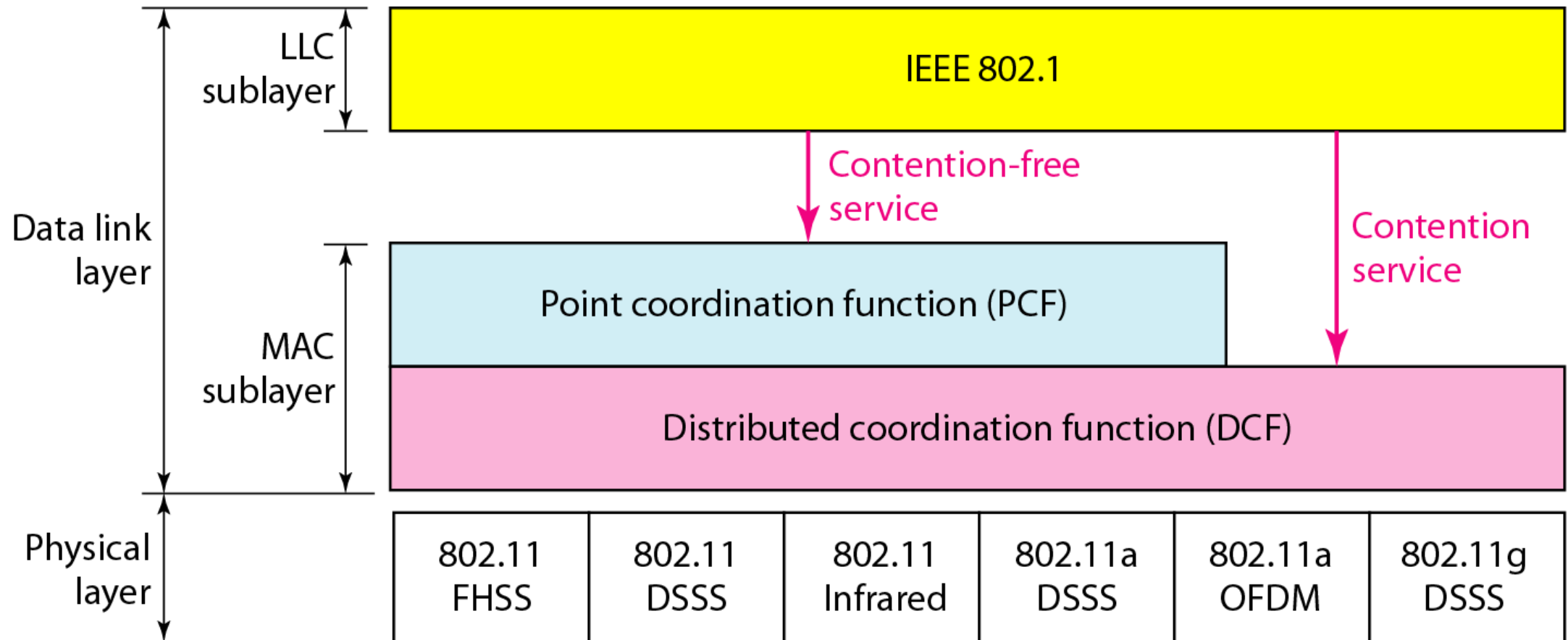
# Transmiterea datelor

- Doar după ce stațiile/AP-urile fac parte din același BSS/ESS
- Multiple tipuri de mesaje:
  - Request to Send (RTS)
  - Clear to Send (CTS)
  - Data
  - Acknowledgement (ACK)
  - Mesaje pentru gestiunea asocierii unei stații la AP

# Accesul la mediu

- Două soluții:
- Coordonare centralizată: Access Point-ul face jocul
- Coordonare distribuită: CSMA-CA (cel mai adesea)

# Arhitectura protocolului 802.11



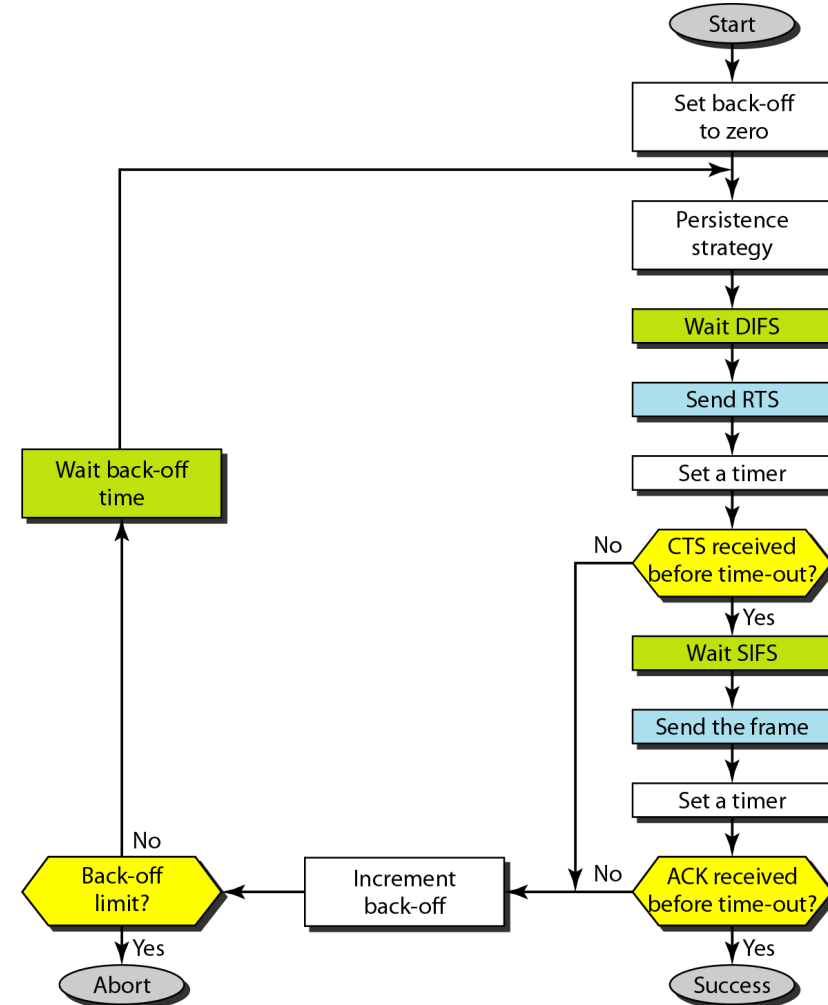


# Transmiterea fiabilă a datelor

- **Mediul wireless este partajat!!!**
- Pentru IBSS (nu avem AP) este folosit subnivelul DCF
- Pentru BSS/ESS este folosit subnivelul PCF
  - În acest caz AP-ul deține controlul complet al mediului
  - Este create o perioadă de acces fără coliziuni de durată fixă (Contention-Free Period - CFP).
  - AP-ul trimite un Poll Frame către o stație specifică, permițându-i să transmită.
  - După ce stația transmite datele, AP-ul trimite un alt Poll Frame către următoarea stație.
  - AP-ul continuă procesul de polling până când perioada CFP se termină sau toate stațiile au transmis datele.

# Distributed Coordination Function

- Folosește algoritmul CSMA/CA
- SIFS – Short Interframe Space
- DIFS – Distributed Interframe Space

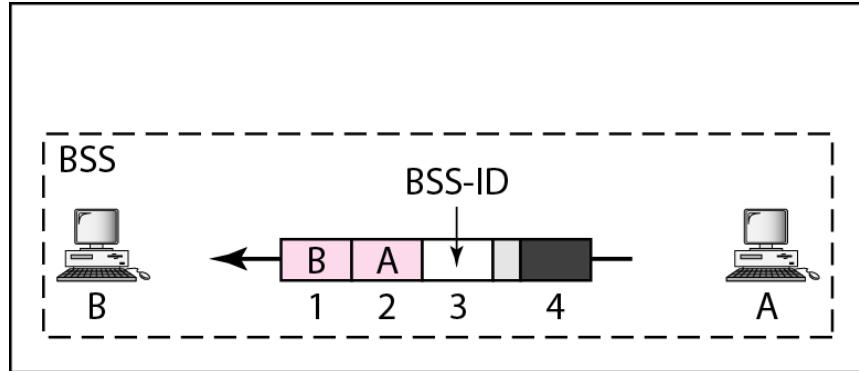


# Formatul cadrului 802.11

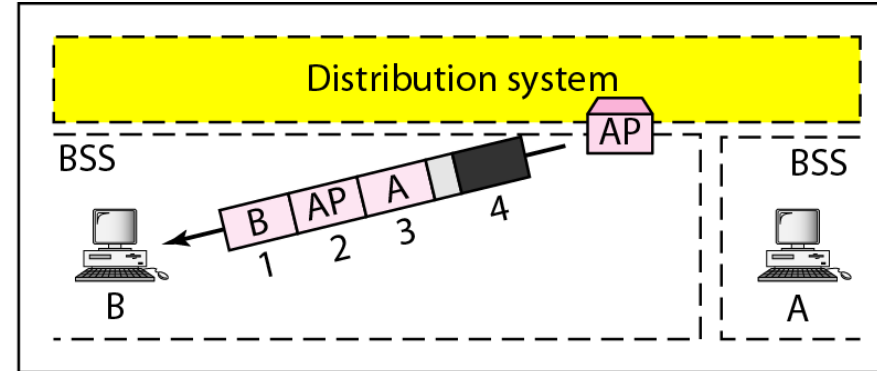
- Durată – timpul de transmisie fragment (ex. SIFS)
- Control secvență – numărul de secvență al fragmentului
- CRC – suma ciclică de control pe 32 de biți

2	2	6	6	6	2	6	0-2312	4
control cadru	durată	adresă 1	adresă 2	adresă 3	control secvență	adresă 4	date	CRC

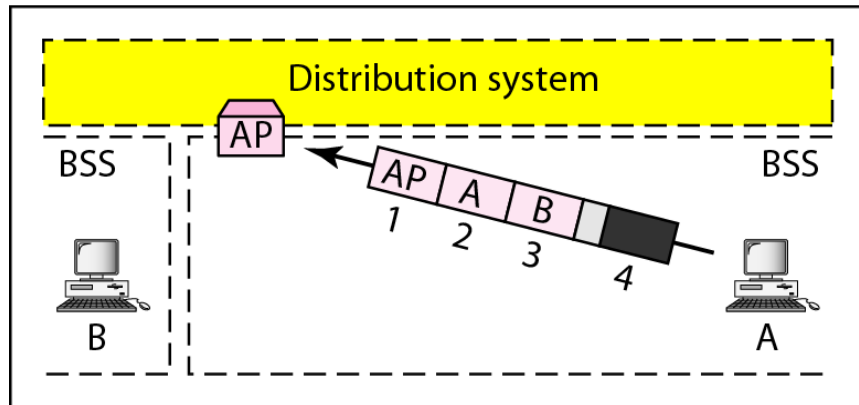
# De ce 4 adrese?



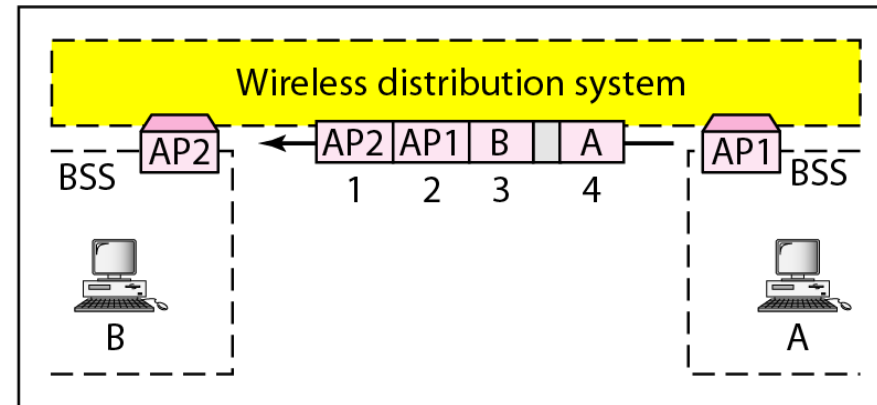
a. Case 1



b. Case 2



c. Case 3

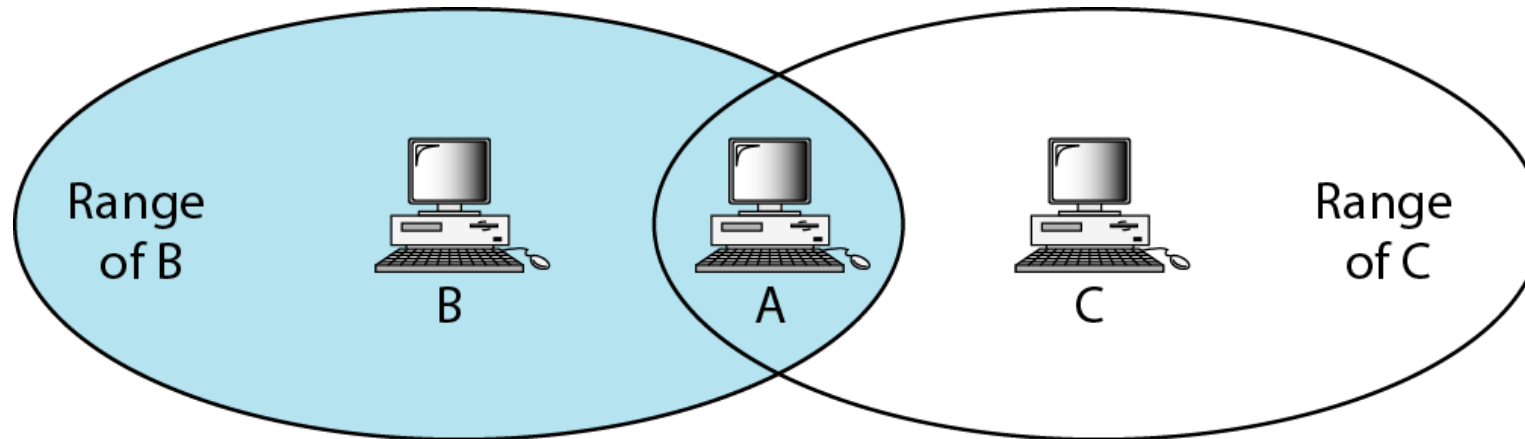


d. Case 4

# Probleme de acces la mediu

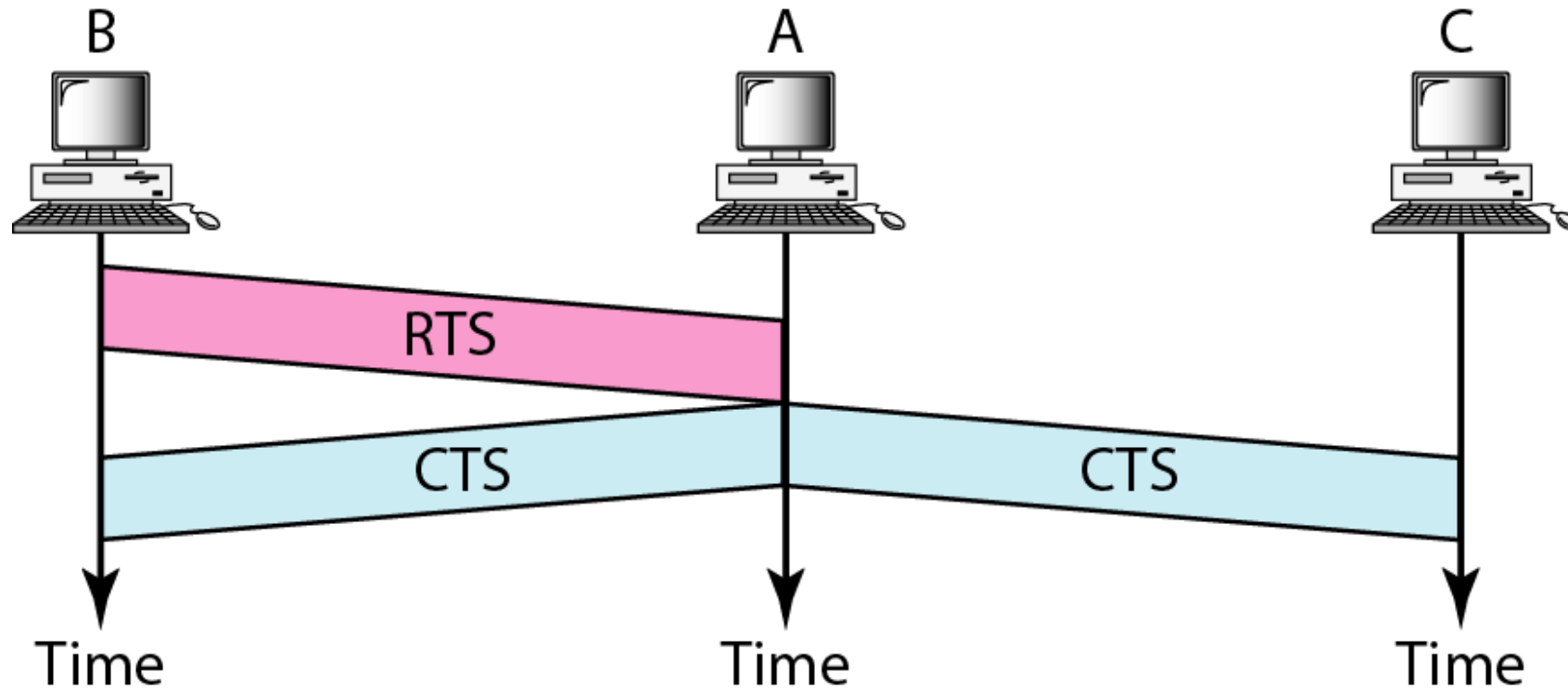


# Problema stației ascunse

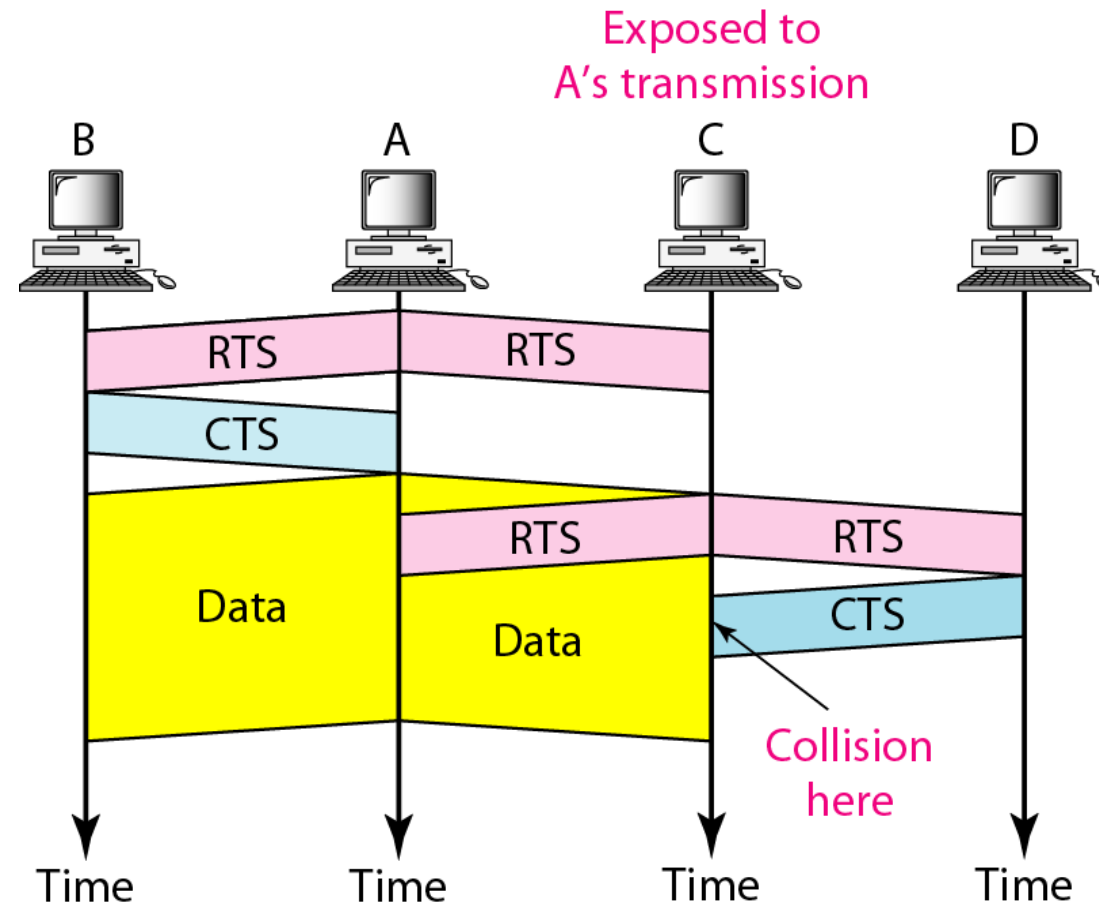


B and C are hidden from each other with respect to A.

# Soluție: CSMA/CA



# Problema stației expuse





# Soluție

- Folosirea de canale diferite
- Folosirea algoritmului PCF (cu AP)

# Mecanisme de securitate



# Mecanisme simple de securitate

- Manipularea semnalului
  - Diminuarea puterii de emisie
  - Folosirea de antene direcționale
- Eliminarea SSID broadcast
- MAC Filtering
- WEP (Wired Equivalent Privacy)
  - Autentificare și Criptare RC4
  - Cheia de criptare statică -> spart
- WPA (Wi-Fi Protected Access)
  - TKIP (Temporary Key Integrity Protocol)
  - WPA personal și WPA enterprise (server RADIUS)
- Din 06.2004 s-a standardizat WPA2
  - bazat AES

# Mecanisme de criptare

- Open (fără criptare)
- WEP
  - RC4 (algoritm de criptare învechit)
- WPA & WPA2
  - AES
- WPA3
  - Criptarea frame-urilor de management prin PMF (Protected Management Frames)
  - Oferă Perfect Forward Secrecy (schimba cheia la fiecare sesiune)

# Wi-Fi Authentication Methods

- WPA2
  - Autentificare pe bază de parolă
- WPA3
  - Simultaneous Authentication of Equals (SAE) în loc de PSK (Pre-Shared Key)
- WPA2/WPA3 integrare cu alte mecanisme de autentificare
  - RADIUS
  - EAP (802.1x)

# Sumar

