

# Reti wireless: LAN Wireless

Gaia Maselli

maselli@di.uniroma1.it

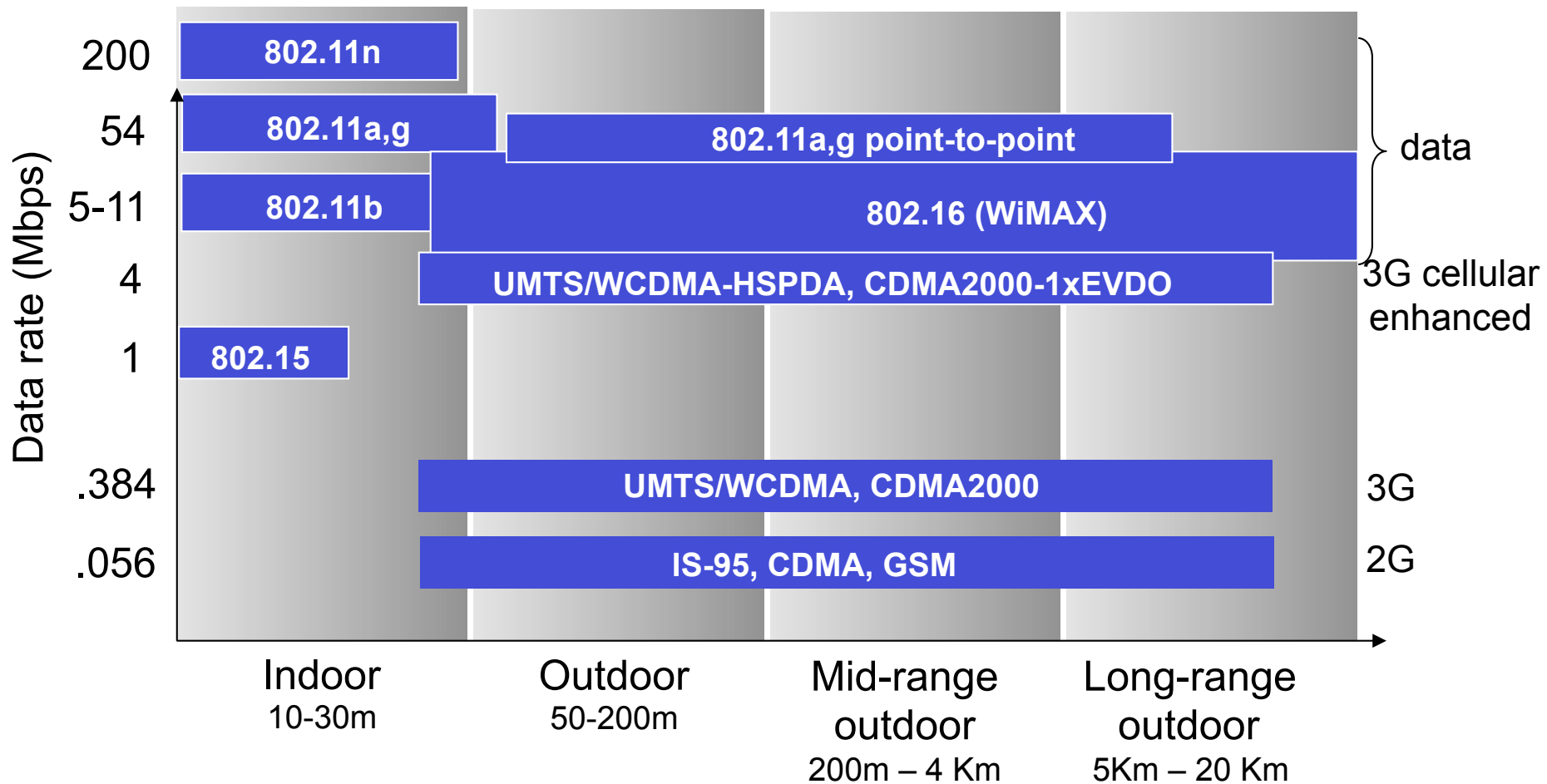
Parte di queste slide sono state prese dal materiale associato ai libri:

- 1) B.A. Forouzan, F. Mosharraf – Reti di calcolatori. Un approccio top-down. Copyright © 2013 McGraw-Hill Education Italy srl. Edizione italiana delle slide a cura di Gabriele D'Angelo e Gaia Maselli
- 2) Computer Networking: A Top Down Approach , 6th edition. All material copyright 1996-2009 J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

# Reti wireless

- ❑ LAN wireless
  - ❑ Disponibili in campus universitari, uffici, bar, aree pubbliche
- ❑ Reti cellulari
  - ❑ Il numero di abbonati alla telefonia mobile supera quello della telefonia fissa
- ❑ Bluetooth
- ❑ Reti di sensori, RFID, smart objects

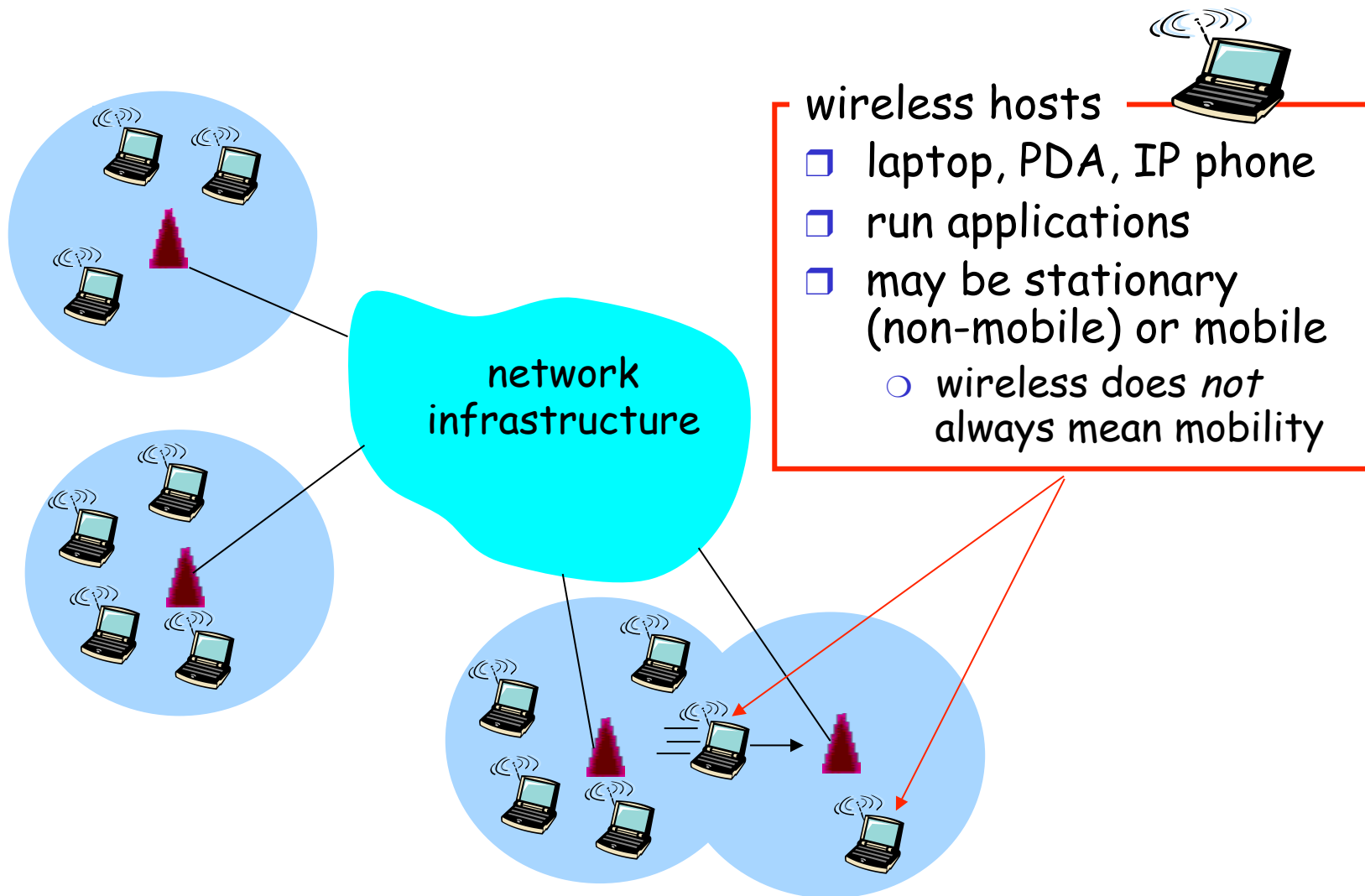
# Alcuni standard



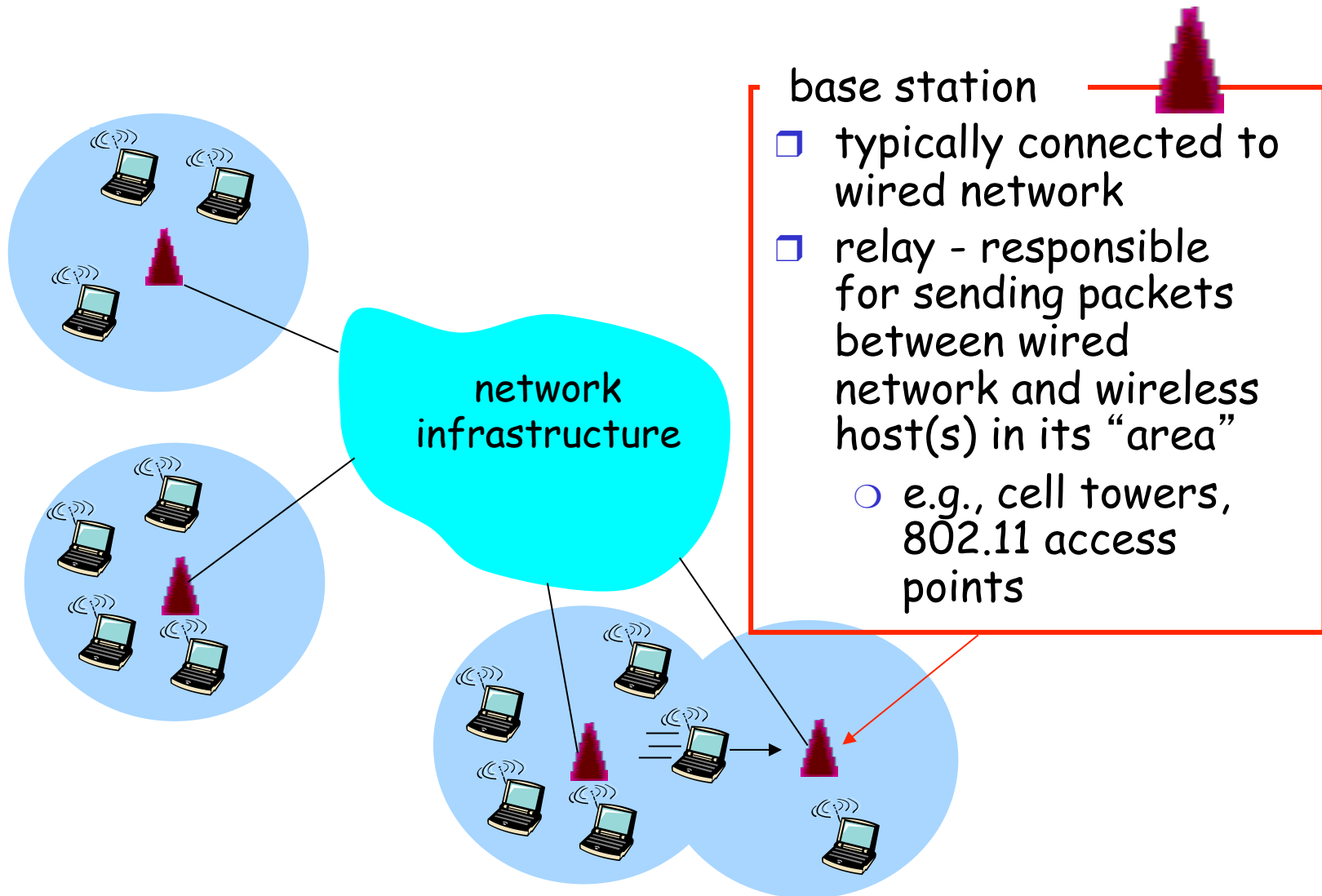
# Standard IEEE

Protocol	Release Data	Freq.	Rate (typical)	Rate (max)	Range (indoor)
Legacy	1997	2.4 GHz	1 Mbps	2Mbps	?
802.11a	1999	5 GHz	25 Mbps	54 Mbps	~30 m
802.11b	1999	2.4 GHz	6.5 Mbps	11 Mbps	~30 m
802.11g	2003	2.4 GHz	25 Mbps	54 Mbps	~30 m
802.11n	2008	2.4/5 GHz	200 Mbps	540 Mbps	~50 m

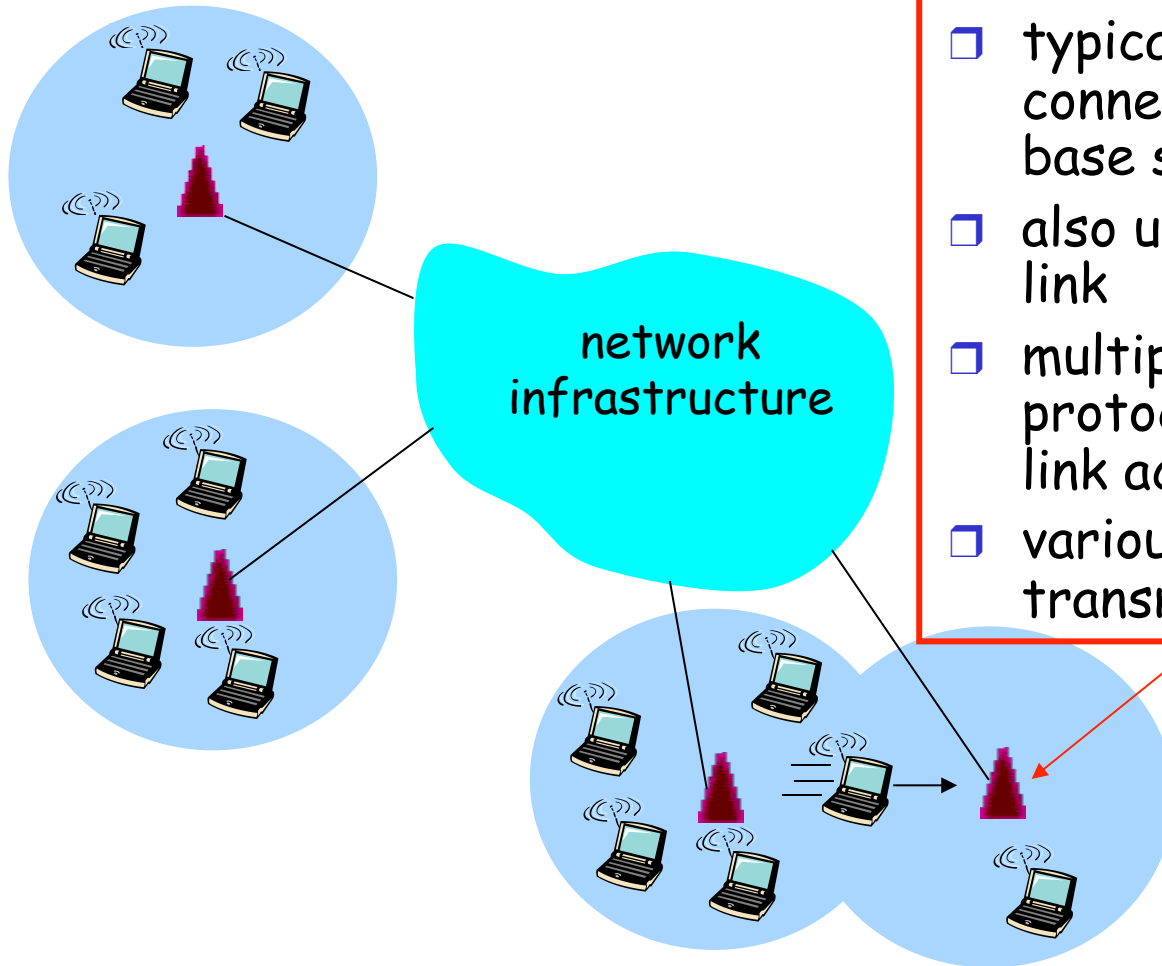
# LAN Wireless: elementi



# LAN Wireless: elementi



# LAN Wireless: elementi

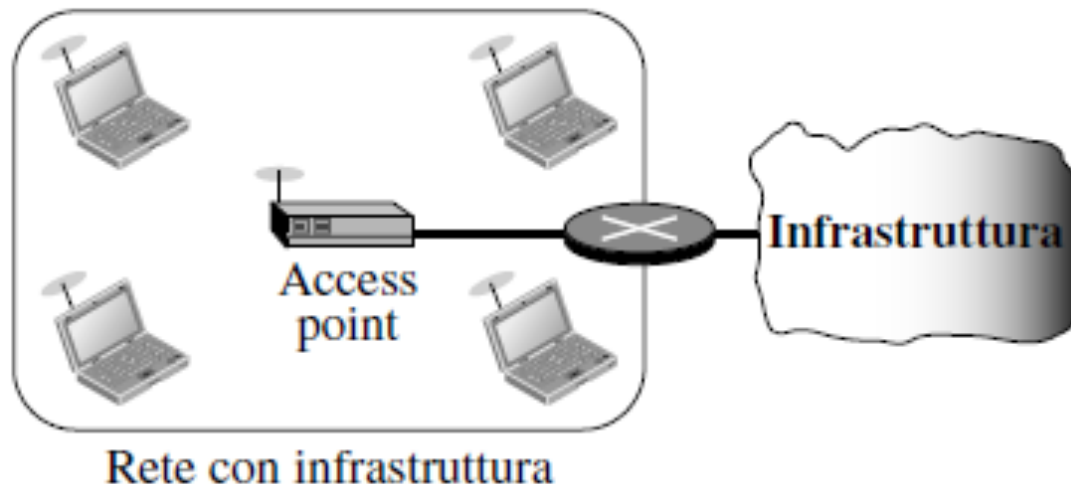


wireless link 

- typically used to connect mobile(s) to base station
- also used as backbone link
- multiple access protocol coordinates link access
- various data rates, transmission distance

# Caratteristiche LAN wireless

- ❑ Mezzo trasmissivo: aria, segnale broadcast, mezzo condiviso dagli host della rete
- ❑ Host wireless: non è fisicamente connesso alla rete e può muoversi liberamente
- ❑ Connessione ad altre reti: mediante una stazione base detta Access Point (AP) che unisce l'ambiente wireless all'ambiente cablato



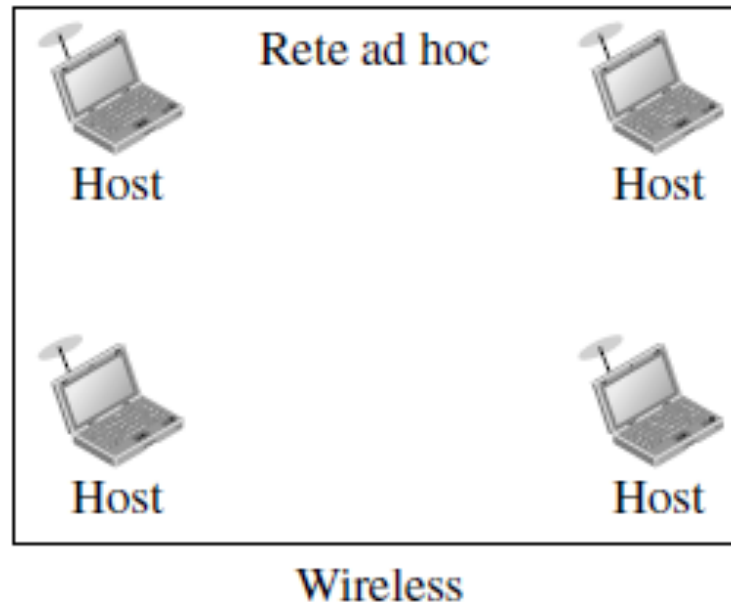


# Migrazione dall'ambiente cablato al wireless

- Il funzionamento di una rete cablata o wireless dipende dai due sottolivelli inferiori dello stack protocollare (collegamento e fisico)
- Per migrare dalla rete cablata a quella wireless è sufficiente cambiare le schede di rete e sostituire lo switch di collegamento con un AP.
  - Gli indirizzi MAC cambiano mentre gli IP rimangono gli stessi

# Reti ad hoc (senza infrastruttura)

- Insieme di host che si auto-organizzano per formare una rete e comunicano liberamente tra di loro
  - Ogni host deve eseguire le funzionalità di rete quali network setup, routing, forwarding, etc.

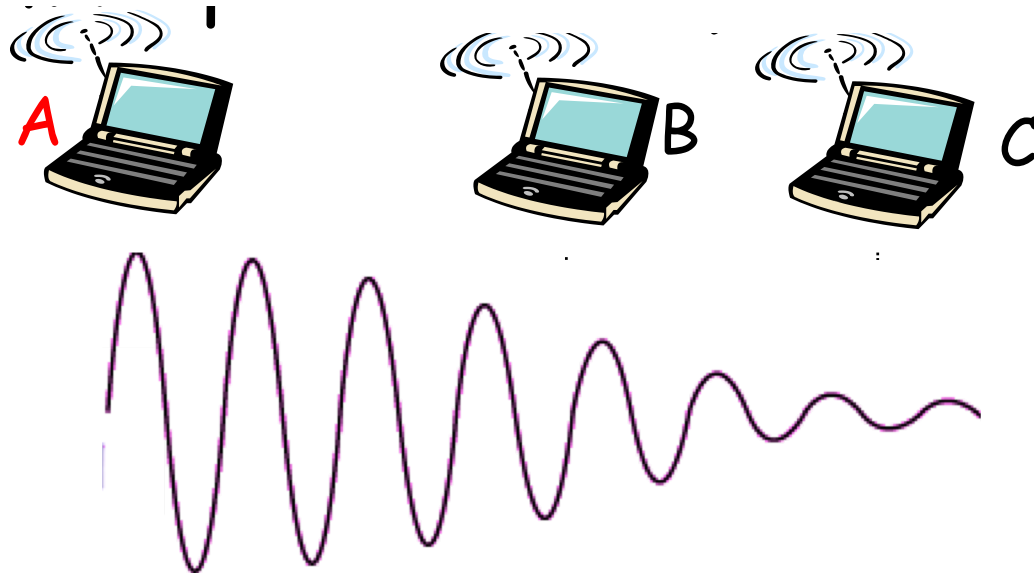


# Caratteristiche del link

## wireless

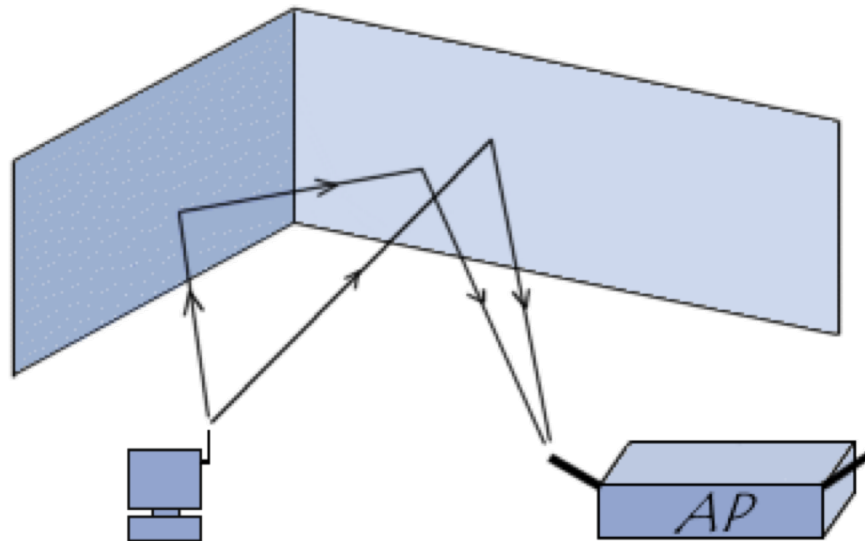
### □ Attenuazione del segnale

- La forza dei segnali elettromagnetici diminuisce rapidamente all'aumentare della distanza dal trasmettitore in quanto il segnale si disperde in tutte le direzioni



# Caratteristiche del link wireless

- Propagazione multi-path
  - Quando un'onda radio trova un ostacolo, tutta o una parte dell'onda è riflessa, con una perdita di potenza
  - Un segnale sorgente può arrivare, tramite riflessi successivi (su muri, terreno, oggetti), a raggiungere una stazione o un punto di accesso attraverso percorsi multipli

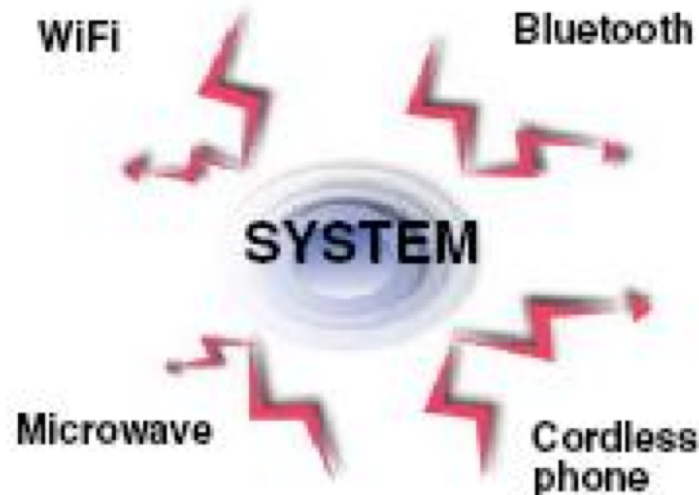


# Caratteristiche del link

## wireless

### □ Interferenze

- Dalla stessa sorgente: Un destinatario può ricevere più segnali dal mittente desiderato a causa del multipath
- Da altre sorgenti: altri trasmettitori stanno usando la stessa banda di frequenza per comunicare con altri destinatari



# Errori

- ❑ Le caratteristiche dei link wireless causano errori
- ❑ **Signal to Noise Ratio (SNR)** o rapporto segnale-rumore misura il rapporto tra il segnale buono e quello cattivo (segnale contro rumore)
  - Alto: il segnale è più forte del rumore , quindi può essere convertito in dati reali
  - Basso: il segnale è stato danneggiato dal rumore e i dati non possono essere recuperati

# Controllo dell'accesso al mezzo

- Mezzo condiviso
- Necessità di controllare l'accesso al mezzo per evitare le collisioni (trasmissioni che si sovrappongono)
- In Ethernet si usa CSMA/CD

**D:** Possiamo utilizzare CSMA/CD nel wireless?

**R:** No

Vediamo perché..

# No collision detection

- ❑ Per rilevare una collisione un host deve poter trasmettere (il proprio frame) e ricevere (ascoltare il canale) contemporaneamente
- ❑ Poiché la potenza del segnale ricevuto è molto inferiore a quella del segnale trasmesso, sarebbe troppo costoso usare un adattatore di rete in grado di rilevare le collisioni (i dispositivi wireless hanno un'energia limitata fornita dalla batteria che non gli consente di usare un tale dispositivi)
- ❑ Inoltre...

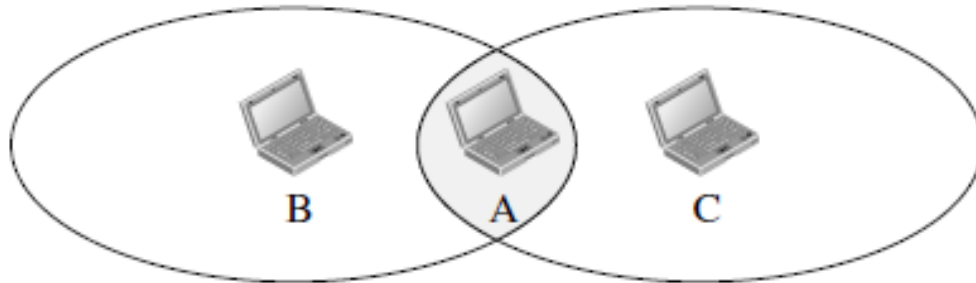


# Hidden terminal problem

- Un host potrebbe non accorgersi che un altro host sta trasmettendo e quindi non sarebbe in grado di rilevare la collisione (ascoltando il canale)

Raggio  
trasmissivo di B

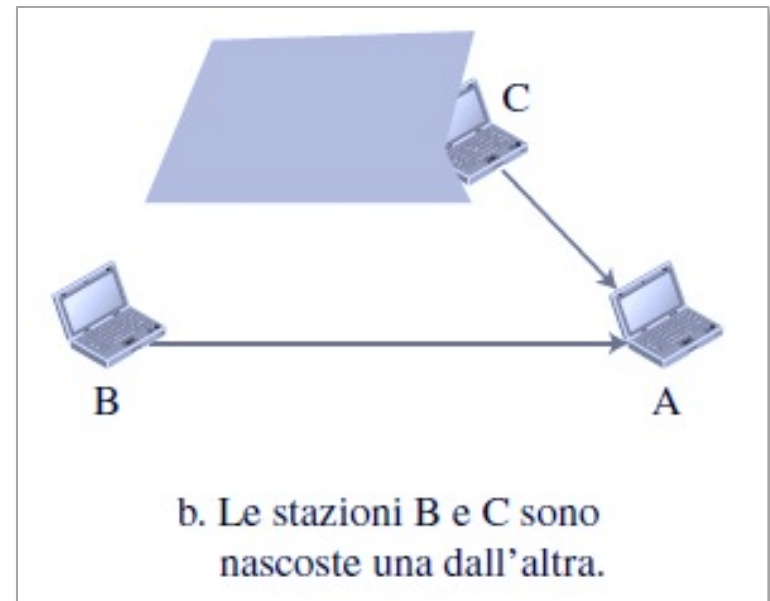
Raggio  
trasmissivo di C



a. Le stazioni B e C non sono nel raggio trasmissivo una dell'altra.

Problema di attenuazione del segnale

Problema di ostacoli



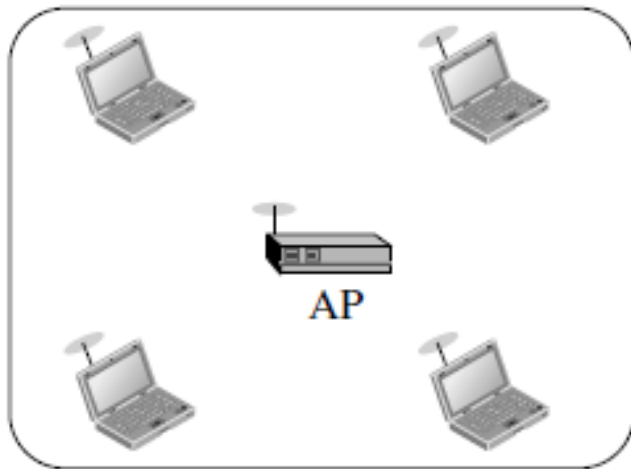
b. Le stazioni B e C sono nascoste una dall'altra.

# IEEE 802.11

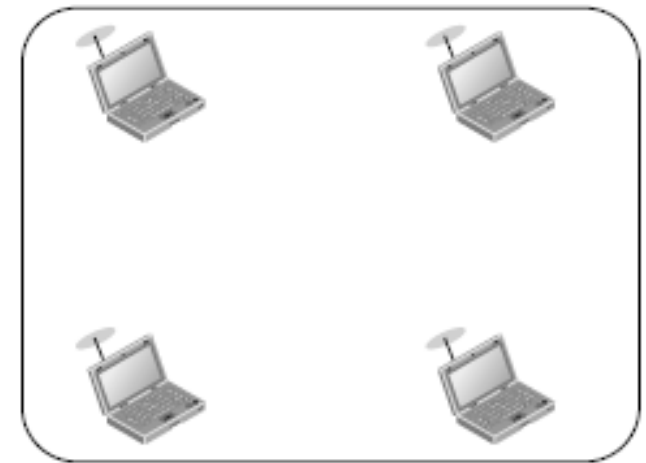
- ❑ IEEE ha definito le specifiche per le LAN wireless, chiamate 802.11, che coprono i livelli fisico e collegamento
- ❑ 802.11b
  - 11 Mbps
  - 2,4-2,5 GHz
- ❑ Wi-Fi (wireless fidelity) usato negli States
- ❑ Wi-Fi è una LAN wireless certificata dalla Wi-Fi Alliance, associazione (300 aziende) no profit che si occupa di promuovere la crescita delle LAN wireless

# Architettura: BSS

- Basic service set (BSS) è costituita da uno o più host wireless e da un access point



BSS con infrastruttura



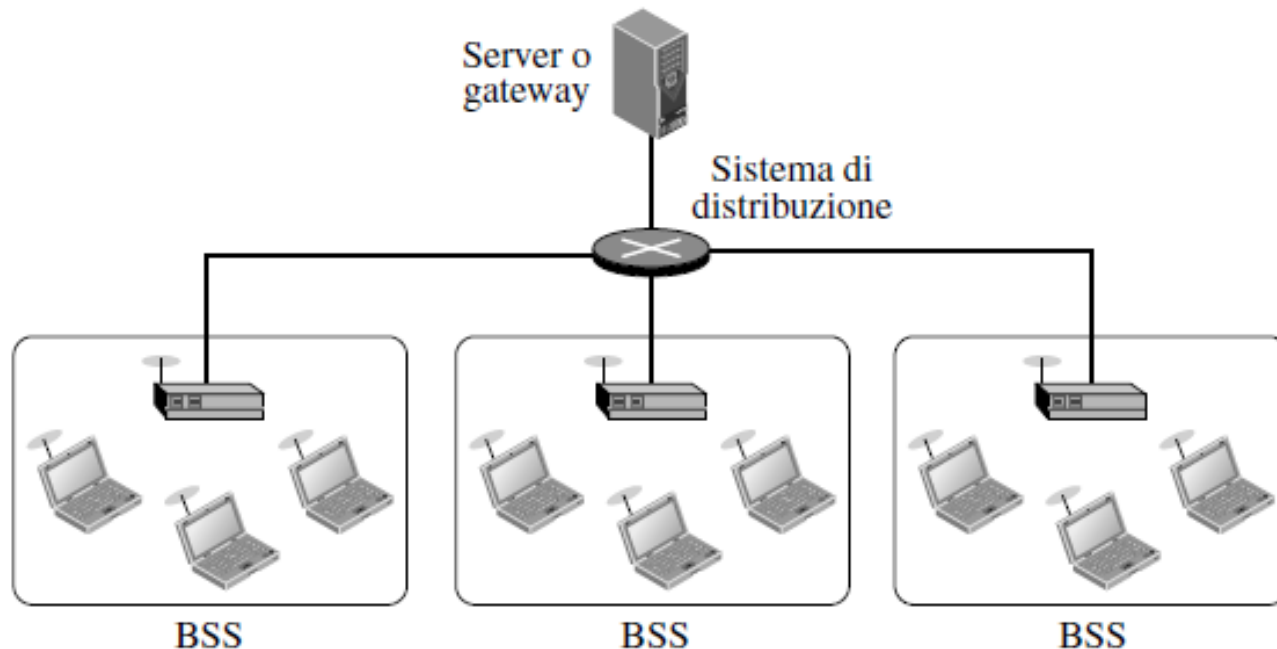
BSS ad hoc

- L'AP è collegato a un router
- Architettura più diffusa

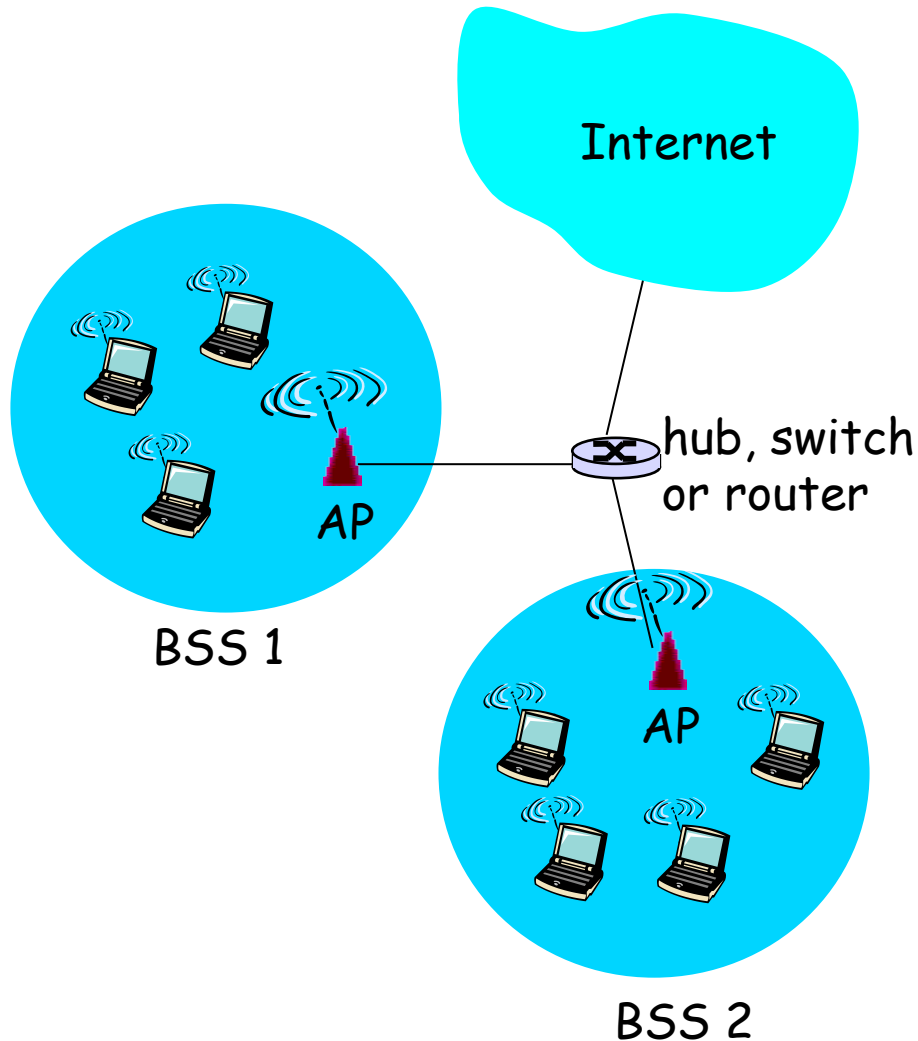
- Rete *standalone*

# Architettura: ESS

- ❑ Extended service set (ESS) è costituito da due o più BSS con infrastruttura
- ❑ I BSS sono collegati tramite un sistema di distribuzione che è una rete cablata (Ethernet) o wireless
- ❑ Quando i BSS sono collegati, le stazioni in visibilità comunicano direttamente mentre le altre comunicano tramite l'AP



# Architettura generale

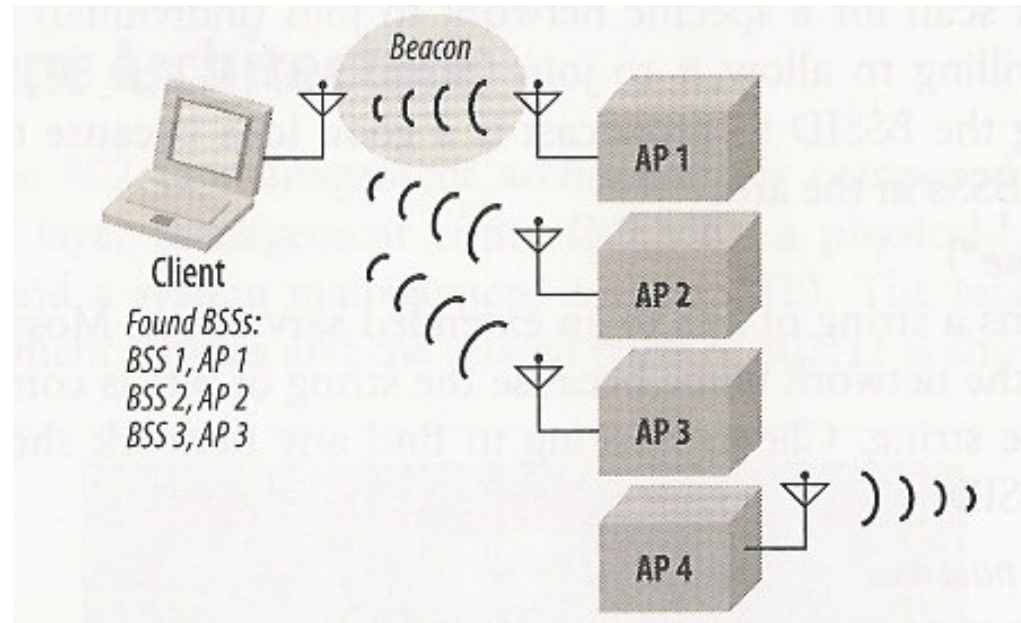


- BSS corrispondono alle **celle** delle reti cellulari

# Canali e Associazione

- Lo spettro 2.4GHz-2.485GHz è diviso in 11 canali parzialmente sovrapposti
  - L'amministratore dell'AP sceglie una frequenza
  - Sono possibili interferenze (stesso canale per AP vicini)
  - Il numero massimo di frequenza utilizzabili da diversi AP per evitare interferenze è 3 (usando i canali 1,6,11). I canali non interferiscono se separati da 4 o più canali

- L'architettura IEEE 802.11 prevede che una stazione wireless si associ a un AP per accedere a Internet



# Canali e Associazione

## Associazione di una stazione a un AP

- ❑ E' necessario conoscere gli AP disponibili in un BSS
- ❑ E' necessario un protocollo di associazione
  - AP invia segnali periodici (beacon) che includono l'identificatore dell'AP (Service Set Identifier - SSID) e il suo indirizzo MAC
  - La stazione wireless che vuole entrare in un BSS scandisce gli 11 canali trasmissivi alla ricerca di frame beacon (passive scanning)
  - Alla fine della scansione la stazione sceglie l'AP da cui ha ricevuto il beacon con la maggiore potenza di segnale e gli invia un frame con la richiesta di associazione
  - L'AP accetta la richiesta con un frame di risposta associazione che permetterà all'host entrante di inviare una richiesta DHCP per ottenere un indirizzo IP
  - Può essere prevista un'autenticazione per eseguire l'associazione

# Protocollo MAC 802.11

- ❑ Più stazioni possono voler comunicare nello stesso momento
- ❑ 2 tecniche di accesso al mezzo:
  - **Distributed Coordination Function (DCF)** in cui i nodi si contendono l'accesso al canale
  - **Point coordination function (PCF)** in cui non c'è contesa e l'AP coordina l'accesso dei nodi al canale
- ❑ Vediamo DCF!

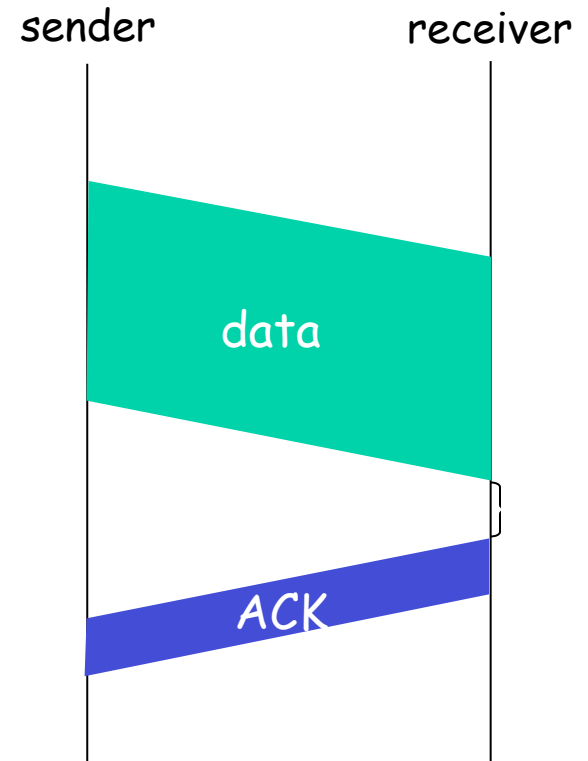


# CSMA/CA

- ❑ Evitare le collisioni: due o più nodi che trasmettono simultaneamente
- ❑ Carrier sense: ascoltare il canale prima di trasmettere
- ❑ No collision detection per 3 motivi:
  - Impossibilità di trasmettere e ricevere contemporaneamente
  - Hidden terminal problem
  - Raggio di trasmissione limitato (difficile "sentire" tutte le trasmissioni)
- ❑ **CSMA/Collision(C) Avoidance (A)**

# CSMA/CA: Ack

- ❑ No collision detection
- ❑ Necessità di riscontro per capire se una trasmissione è andata a buon fine (no collisione)
- ❑ Ack
- ❑ Doppio carrier sense
  - Dati
  - Ack
- ❑ Possibilità di collisione anche su ack



# CSMA/CA: spazio interframe

- IFS (spazio interframe): Rilevata la portante, se il canale risulta libero, si rimanda la trasmissione per evitare che stazioni che hanno già iniziato a trasmettere collidano con la stazione che vuole trasmettere
  - SIFS: Short IFS realizza alta priorità
  - DIFS: Distributed IFS realizza bassa priorità

# CSMA/CA: spazio interframe

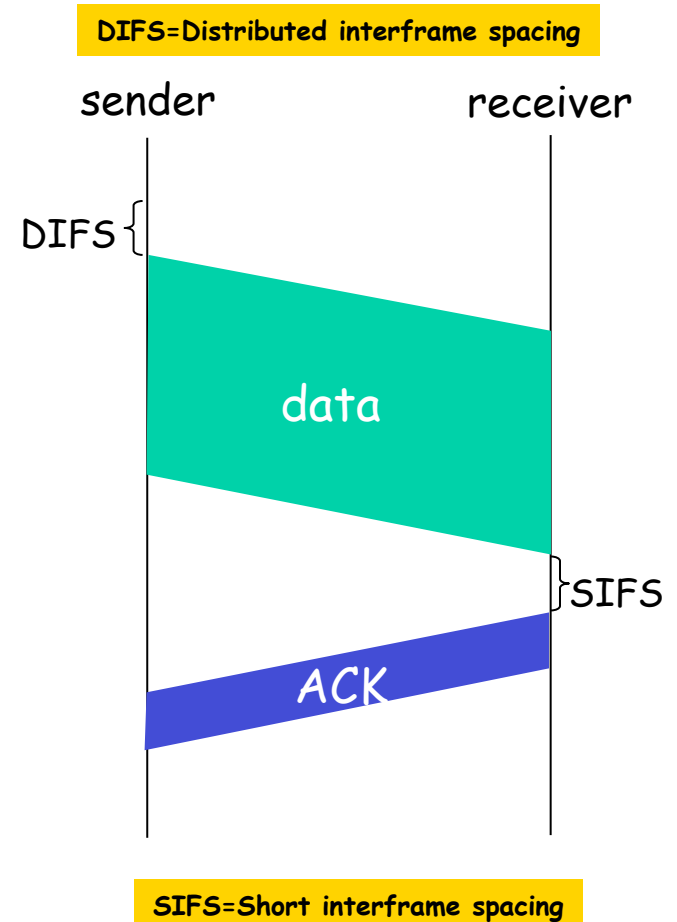
Mittente: ascolta il canale

- Se libero per DIFS tempo allora trasmette
- DIFS: DCF Interframe Space

Ricevente

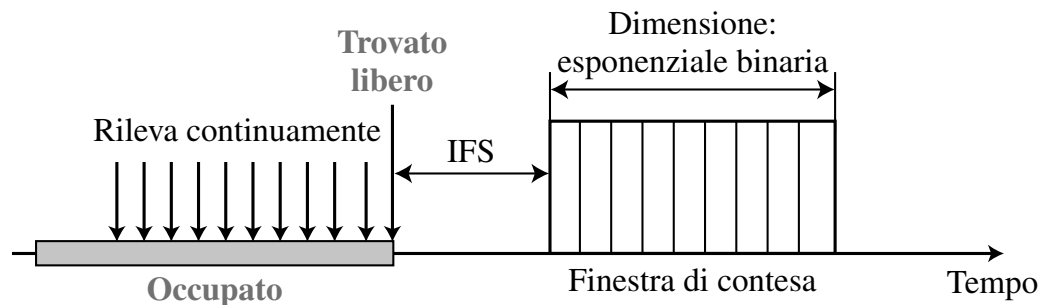
- Se frame ricevuto correttamente allora invia ACK dopo SIFS tempo
- SIFS: Short Interframe Space  
= sense + inizio trasmissione

- $DIFS > SIFS$  per dare priorità alle comunicazioni già iniziate (priorità ad ack)



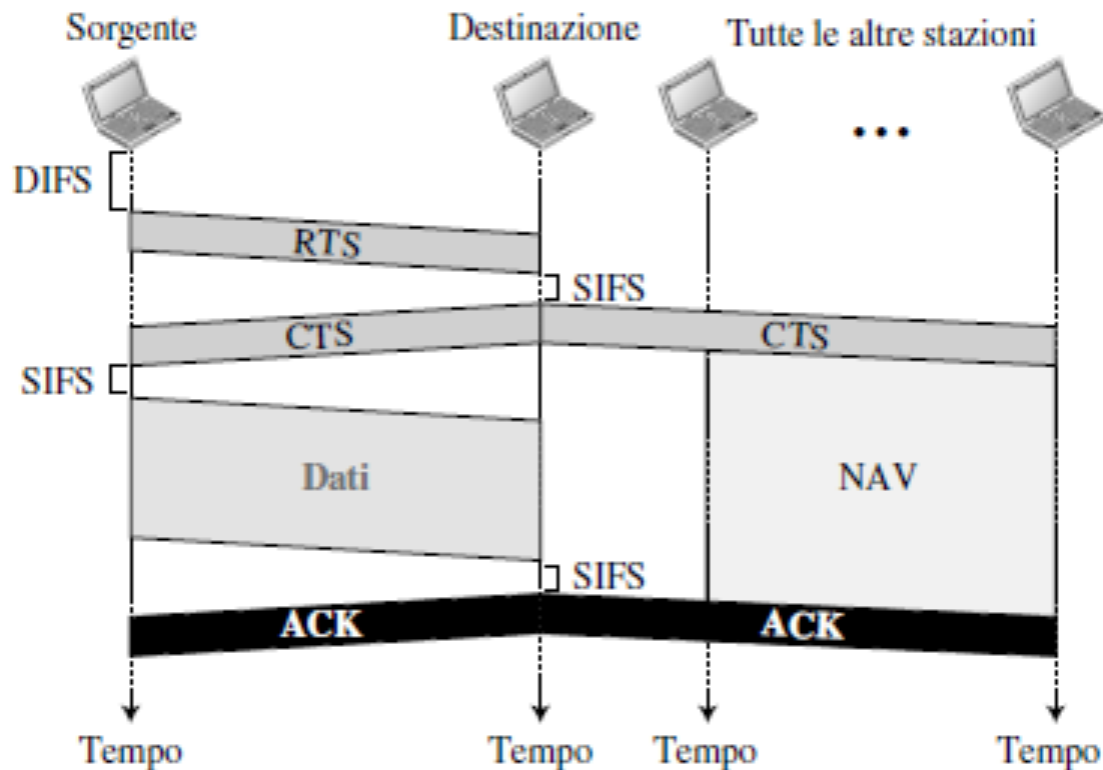
# CSMA/CA: finestra di contesa

- Dopo aver atteso un tempo IFS, se il canale è ancora inattivo, la stazione attende un tempo di contesa
- Finestra di contesa (Contention window): lasso di tempo (backoff) per cui deve sentire il canale libero prima di trasmettere (il tempo è suddiviso in slot e ad ogni slot si esegue il sensing del canale)
  - Sceglie  $R$  random in  $[0, CW]$ .
  - While  $R > 0$ 
    - ascolta il canale per uno slot
    - Se il canale è libero per la durata dello slot  $\rightarrow R := R - 1$ , altrimenti attende interrompe il timer e aspetta che il canale si liberi (e riavvia il timer)



# CSMA/CA: RTS/CTS

- Il problema dell'hidden terminal non viene risolto con IFS e finestra di contesa
- E' necessario un meccanismo di prenotazione del canale: Request-to-send (RTS) Clear-to-send (CTS)



## CSMA/CA: Ack

- E' necessario utilizzare riscontri positivi (ACK) e timer per capire se la trasmissione è andata a buon fine

# Evitare collisioni sul destinatario

- Come fanno le stazioni che non sono coinvolte nella comunicazione (sono nel raggio di trasmissione della destinazione) a sapere per quanto tempo devono astenersi dal trasmettere?

(ascoltando il canale non sono in grado di rilevare la trasmissione)



# Network Allocation Vector (NAV)

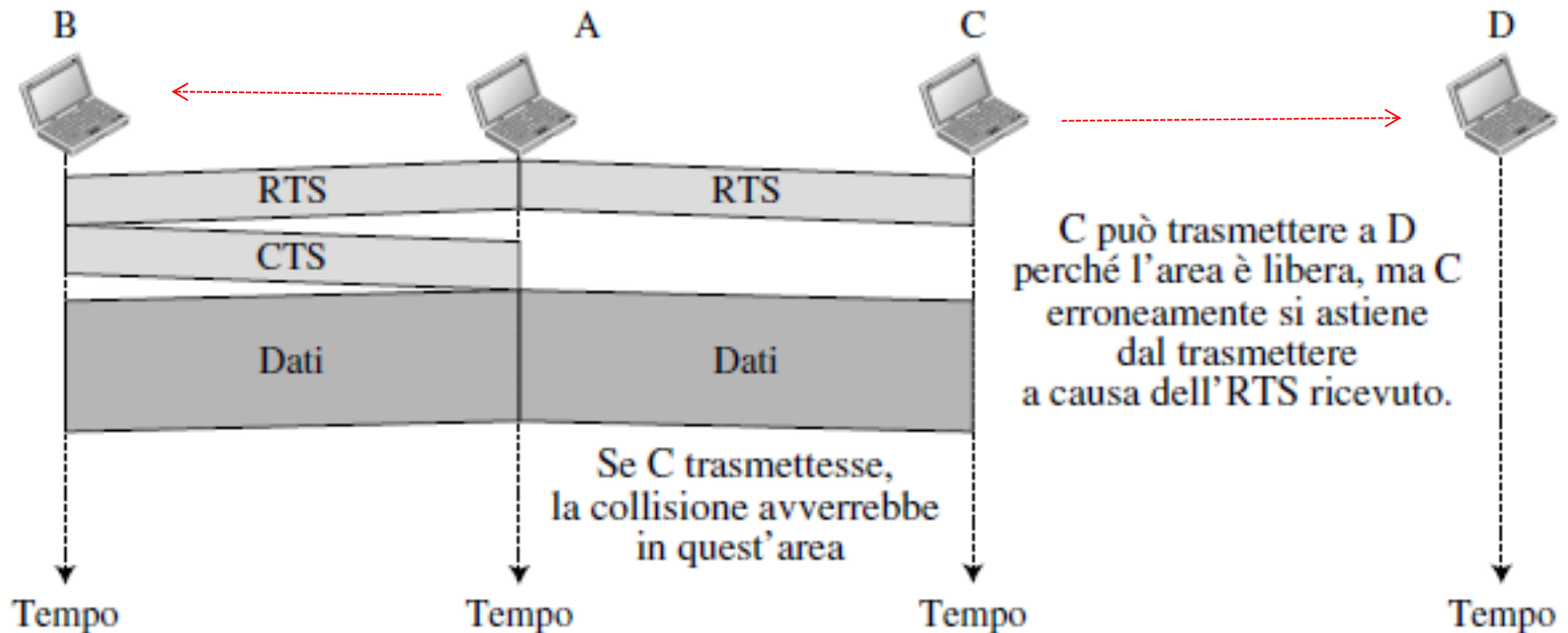
- ❑ Quando una stazione invia un frame RTS include la durata di tempo in cui occuperà il canale per trasmettere il frame e ricevere l'ack
- ❑ Questo tempo viene incluso anche nel CTS
- ❑ Le stazioni che sono influenzate da tale trasmissione avviano un timer chiamato NAV che indica quanto tempo devono attendere prima di eseguire il sensing del canale
- ❑ Ogni stazione prima di ascoltare il canale verifica il NAV

# Collisioni durante l'handshaking

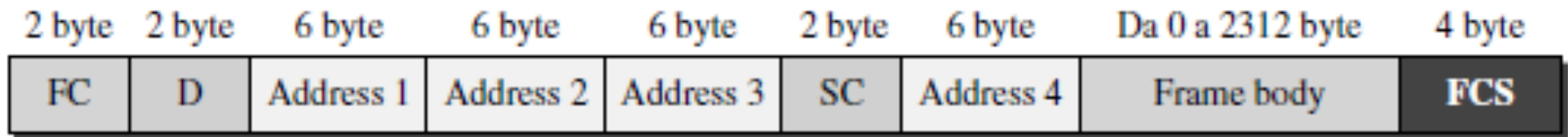
- ❑ Cosa succede se avviene una collisione durante la trasmissione di RTS o CTS?
- ❑ Se il mittente non riceve CTS allora assume che c'è stata collisione e riprova dopo un tempo di backoff

# Problema della stazione esposta

- Una stazione (nell'esempio C) si astiene dall'usare il canale anche se potrebbe trasmettere (C è la stazione esposta)

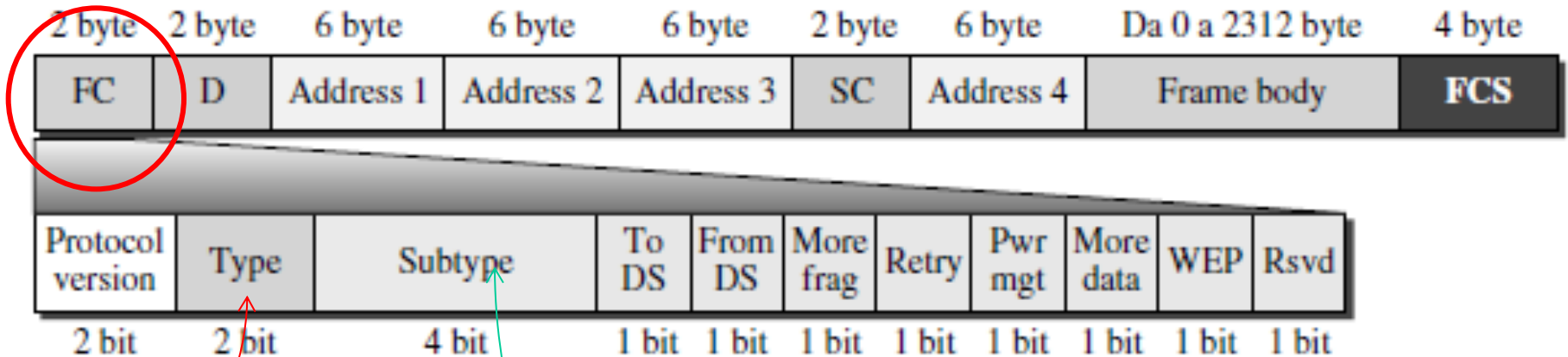


# Formato del frame



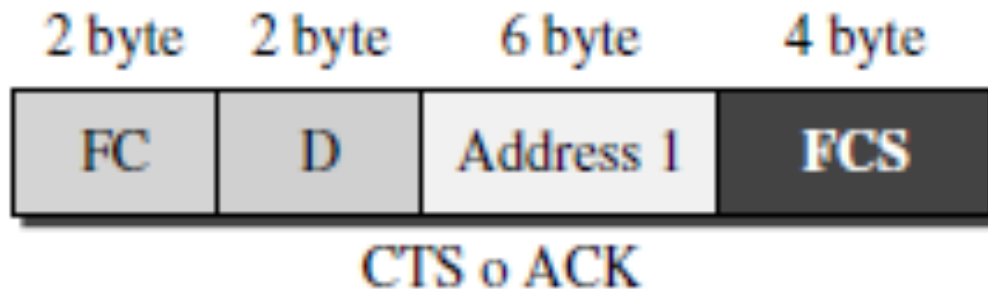
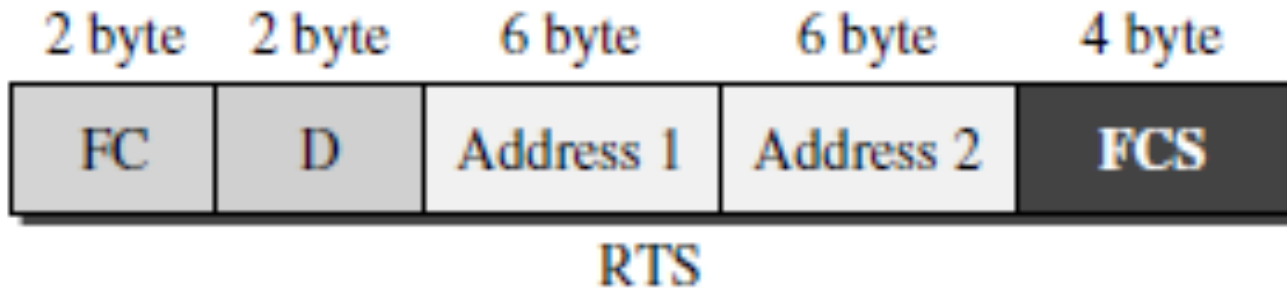
- ❑ **Frame Control** (FC) tipo di frame e alcune informazioni di controllo
- ❑ **D**: durata della trasmissione, usata per impostare il NAV (Impostata sia per DATA che per RTS, CTS frame)
- ❑ **Indirizzi**: indirizzi MAC (descritti in seguito)
- ❑ **SC**: informazioni sui frammenti (# frammento e # sequenza). Il numero di sequenza serve per distinguere frame ritrasmessi come nel livello trasporto (ACK possono andare perduti)
- ❑ **Frame Body**: payload
- ❑ **FCS**: codice CRC a 32 bit

# Formato del frame

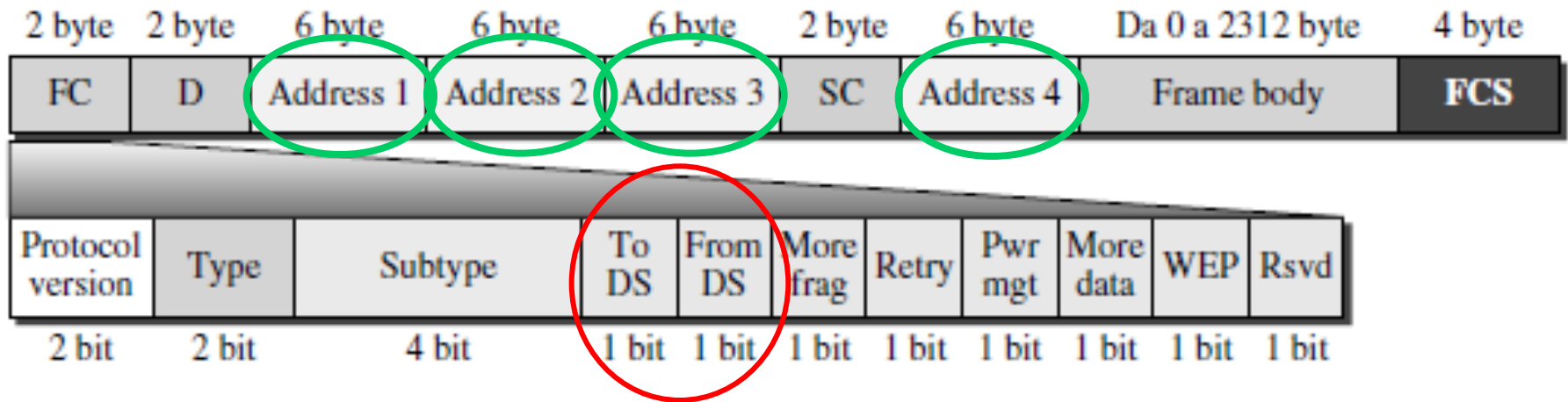


- ❑ Una LAN wireless ha 3 categorie di frame: gestione, controllo e dati
- ❑ **00: Frame di gestione**: usati per le comunicazioni iniziali tra stazioni e punti di accesso
- ❑ **01: Frame di controllo**: si usano per accedere al canale e dare riscontro (1011: RTS, 1100: CTS, 1101: ACK)
- ❑ **10: Frame di dati**: vengono usati per trasportare i dati

# Frame di controllo



# Indirizzamento



DS: sistema di distribuzione

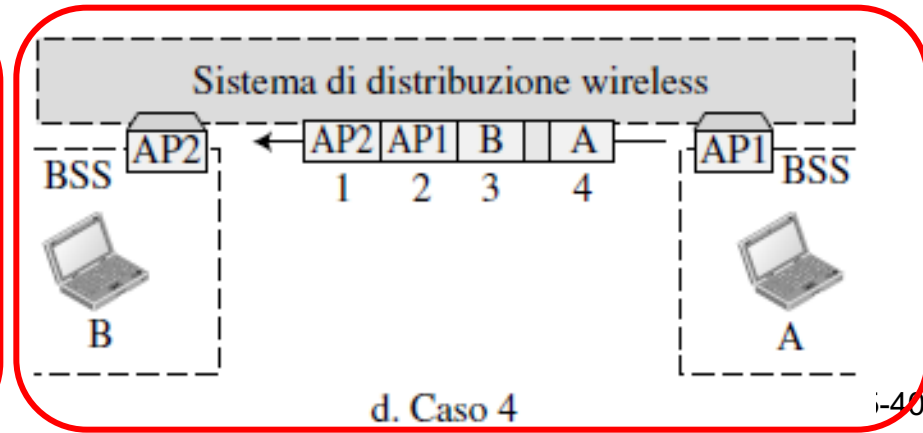
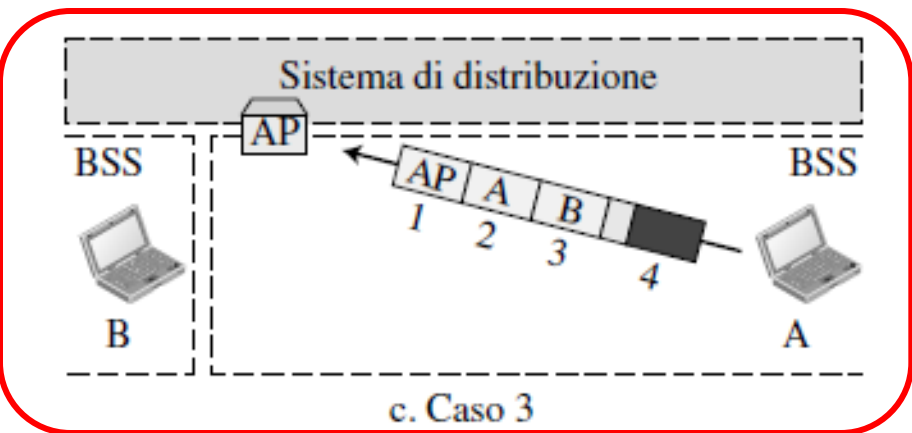
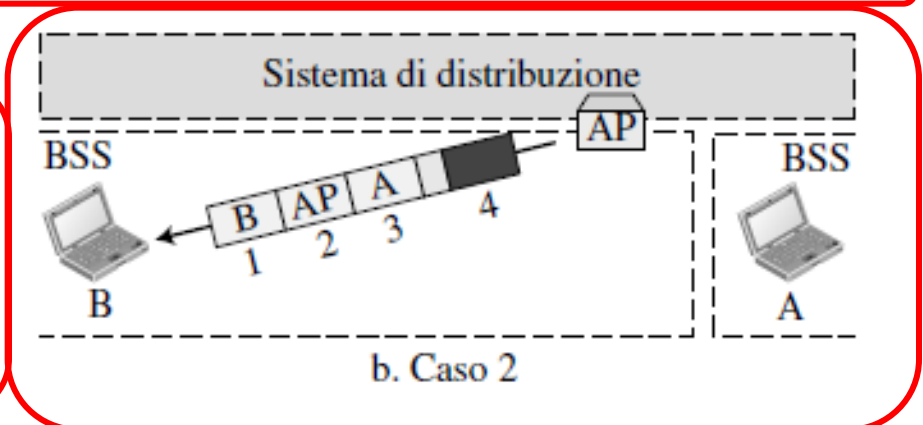
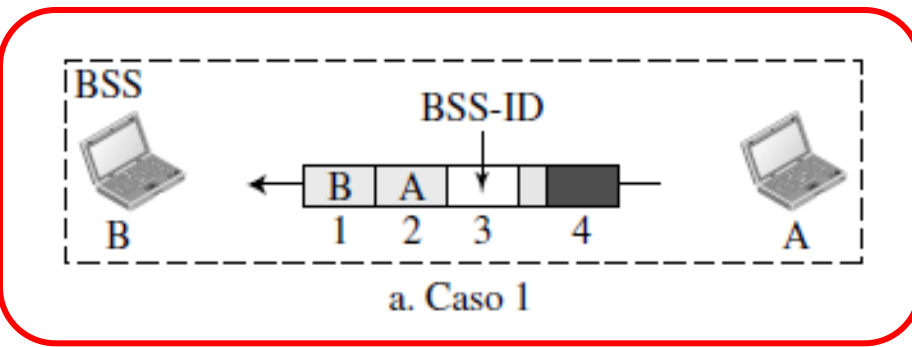
<i>To DS</i>	<i>From DS</i>	<i>Address 1</i>	<i>Address 2</i>	<i>Address 3</i>	<i>Address 4</i>
0	0	Destinazione	Sorgente	BSS ID	N/A
0	1	Destinazione	AP mittente	Sorgente	N/A
1	0	AP ricevente	Sorgente	Destinazione	N/A
1	1	AP ricevente	AP mittente	Destinazione	Sorgente

Indirizzo del dispositivo successivo a cui viene trasmesso il frame

Indirizzo del dispositivo che il frame ha lasciato

# DS: sistema di distribuzione

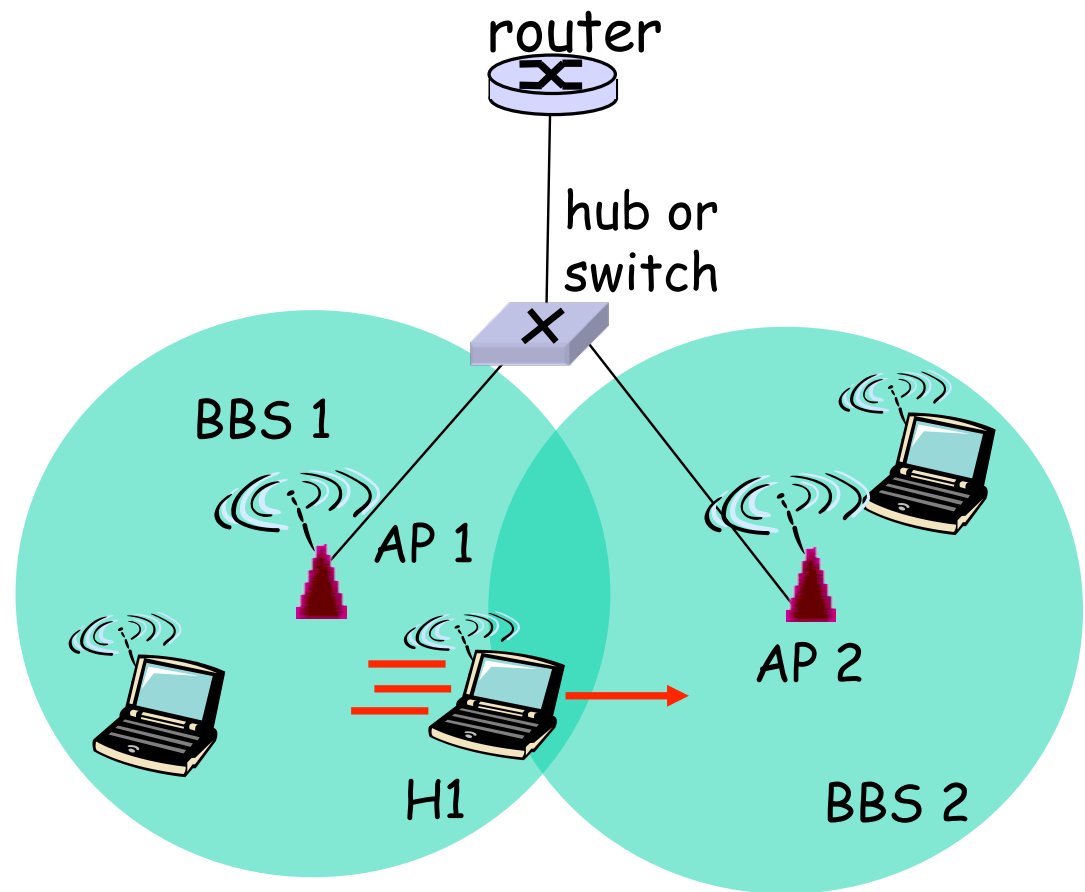
To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	Destinazione	Sorgente	BSS ID	N/A
0	1	Destinazione	AP mittente	Sorgente	N/A
1	0	AP ricevente	Sorgente	Destinazione	N/A
1	1	AP ricevente	AP mittente	Destinazione	Sorgente





# Mobilità all'interno della stessa sottorete IP

- Semplice all'interno della stessa rete
- L'indirizzo IP rimane lo stesso
- Come avviene il cambio di AP mantenendo attive tutte le connessioni TCP?



# Mobilità

- ❑ H1 sente che il segnale da AP1 si affievolisce e avvia una scansione per un segnale più forte
- ❑ H1 rileva AP2, si disassocia da AP1 e si associa a AP2, mantenendo lo stesso IP e sessioni TCP
- ❑ Come si comporta lo switch?
  - Autoimpara, ma non può supportare utenti con elevata mobilità
  - AP2 invia un frame broadcast allo switch con indirizzo mittente H1 e lo switch capisce che H1 è ora nel BSS2
  - Un protocollo inter-AP è in via di sviluppo

# Esercizio

- In una rete a bus CSMA/CD, con una velocità di trasmissione di 10Mbps, avviene una collisione  $20\mu\text{s}$  dopo che il primo bit del frame ha lasciato la stazione mittente. Quale dovrebbe essere la lunghezza del frame in modo che il mittente sia in grado di rilevare la collisione?

# Esercizio

- Qual è l'effetto massimo di un rumore di 2ms sui dati trasmessi alle seguenti velocità?
  - a) 1500 bps
  - b) 12 kbps