



*Corso di Laurea Triennale in Informatica
Università degli Studi della Basilicata*

Reti di Calcolatori

Docente: Ugo Erra

ugo.erra+reti@unibas.it

15° Lezione – Reti wireless

Sommario



- **Collegamenti wireless**
- Caratteristiche reti wireless
- Wi-Fi 802.11 wireless LAN
- Struttura frame IEEE 802.11

Introduzione



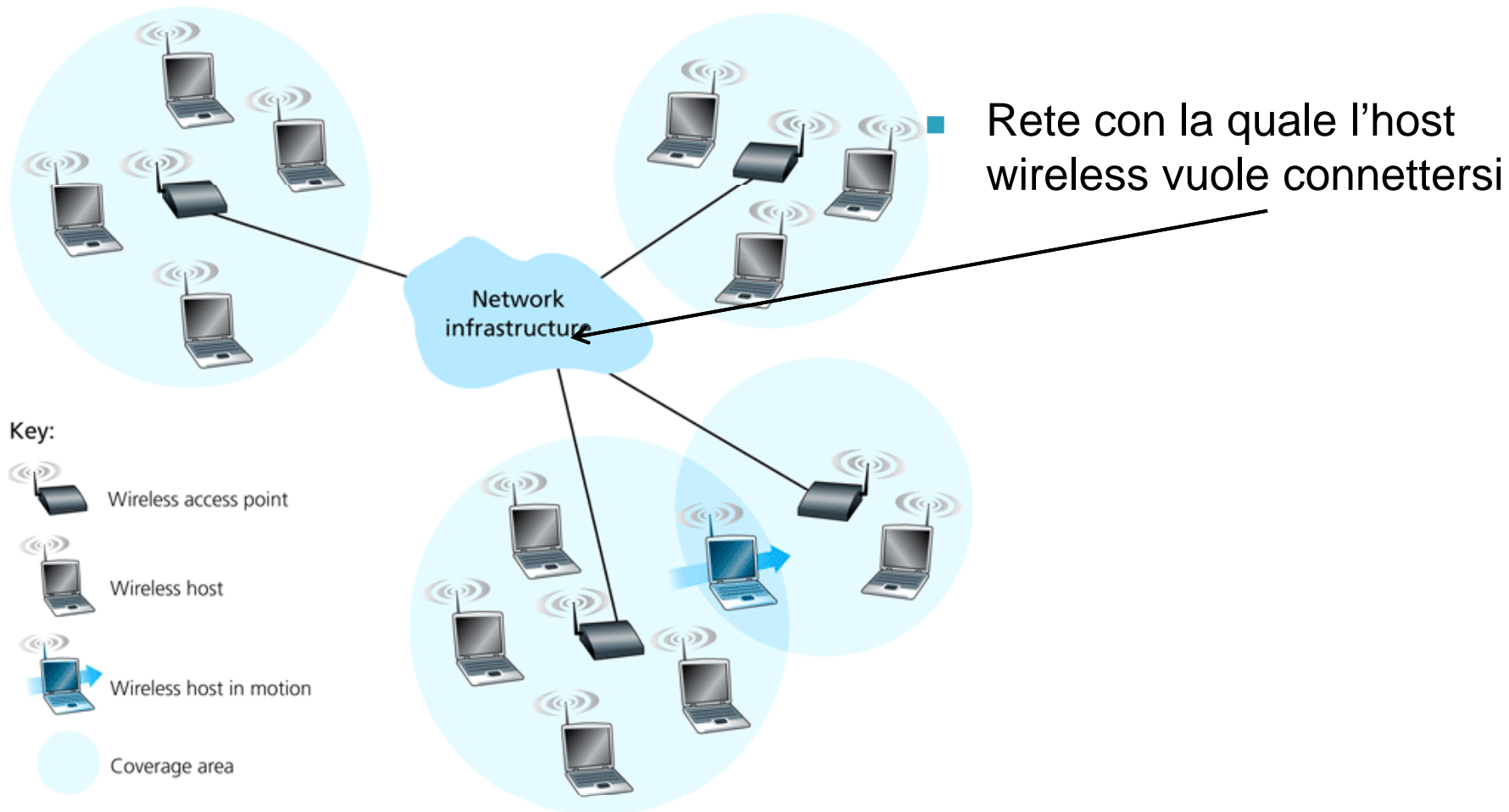
- Nell'ultimo decennio il numero degli abbonati ai servizi di telefonia mobile ha superato il numero degli abbonati alle linee fisse
- L'avvento dei laptop e dei palmari, con le loro promesse di accesso a Internet in ogni momento e in ogni luogo, potrebbe generare un'identica esplosione anche dell'uso dei dispositivi wireless per Internet?
- Due sfide importanti (ma differenti)
 - Comunicazioni su collegamenti wireless
 - Gestione degli utenti mobili che cambiano il punto di collegamento alla rete

Componenti di una rete wireless

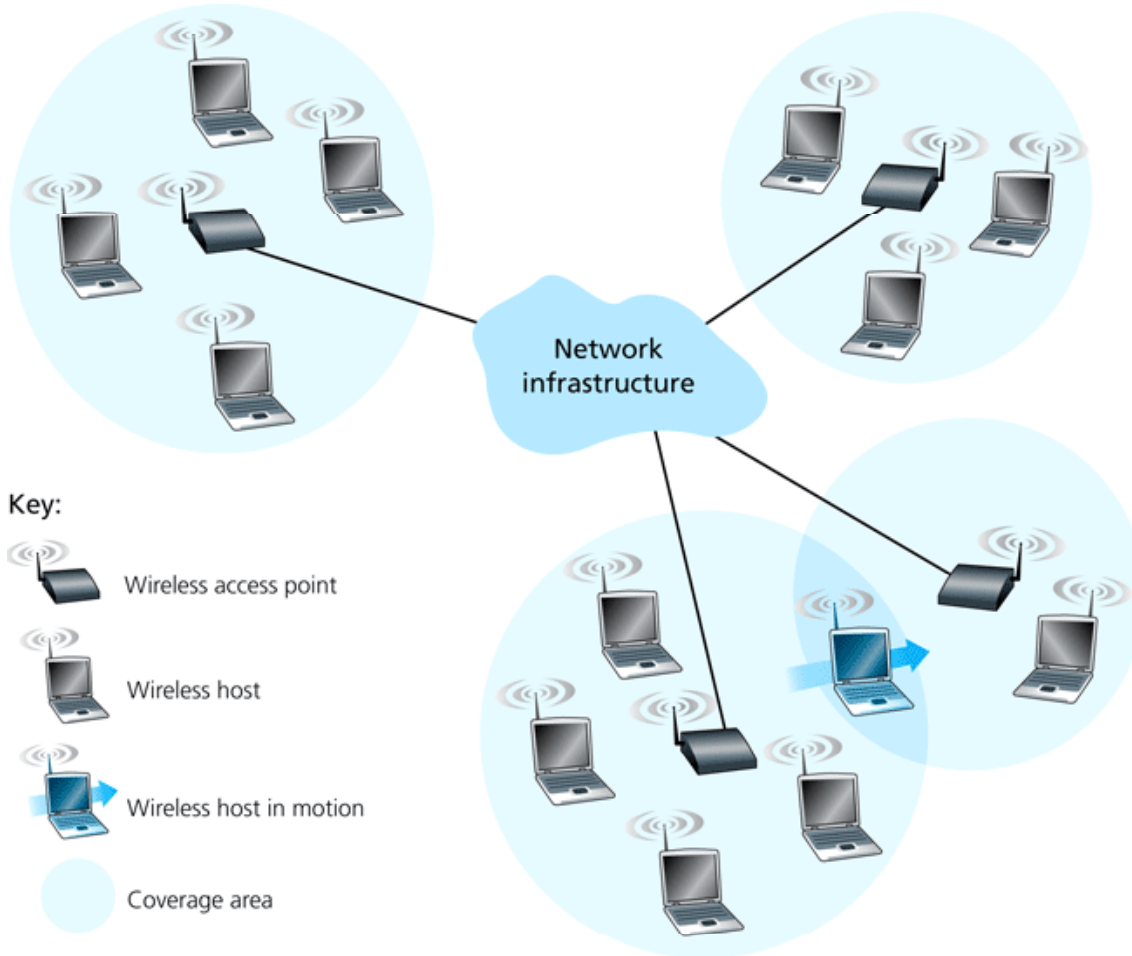


- Infrastruttura di rete
- Host wireless
- Collegamenti wireless
- Stazione base

Infrastruttura di rete

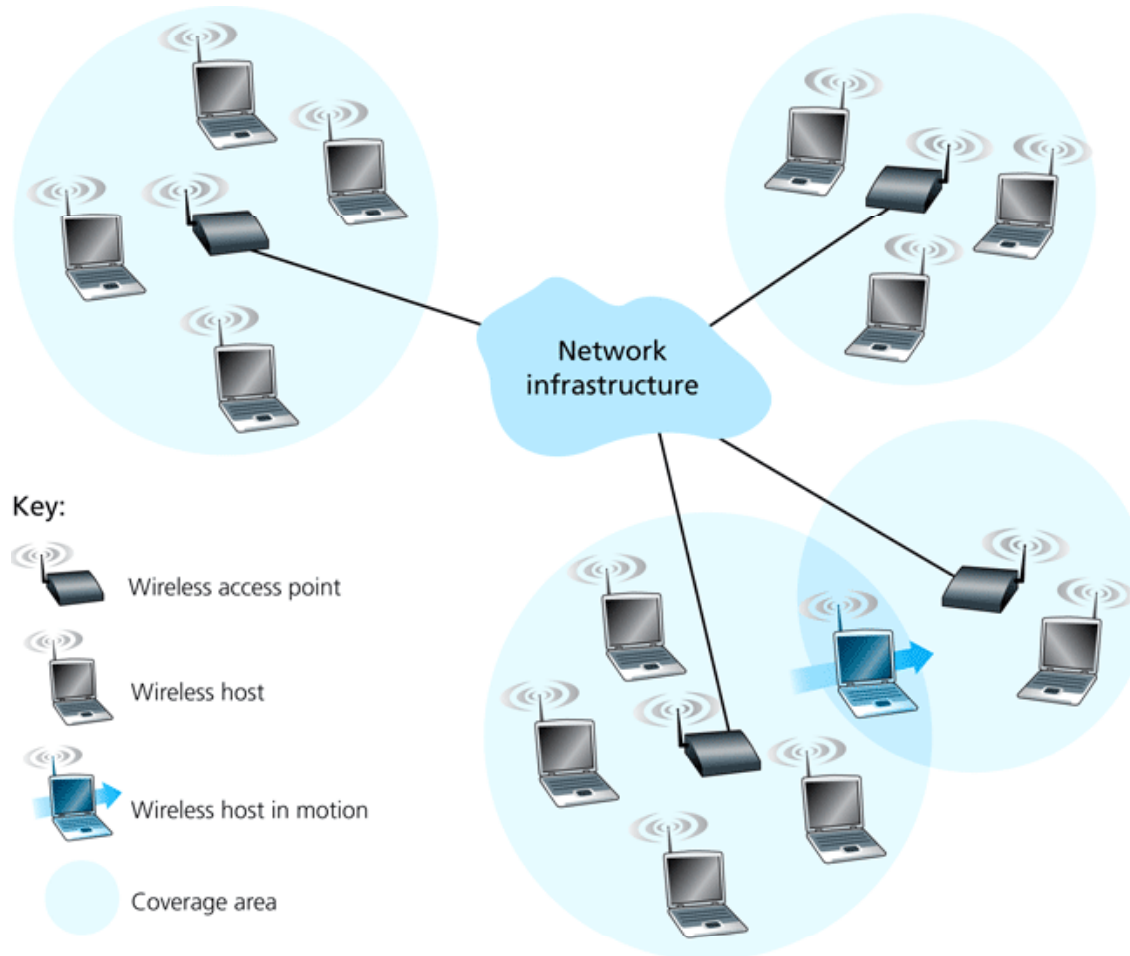


Host wireless



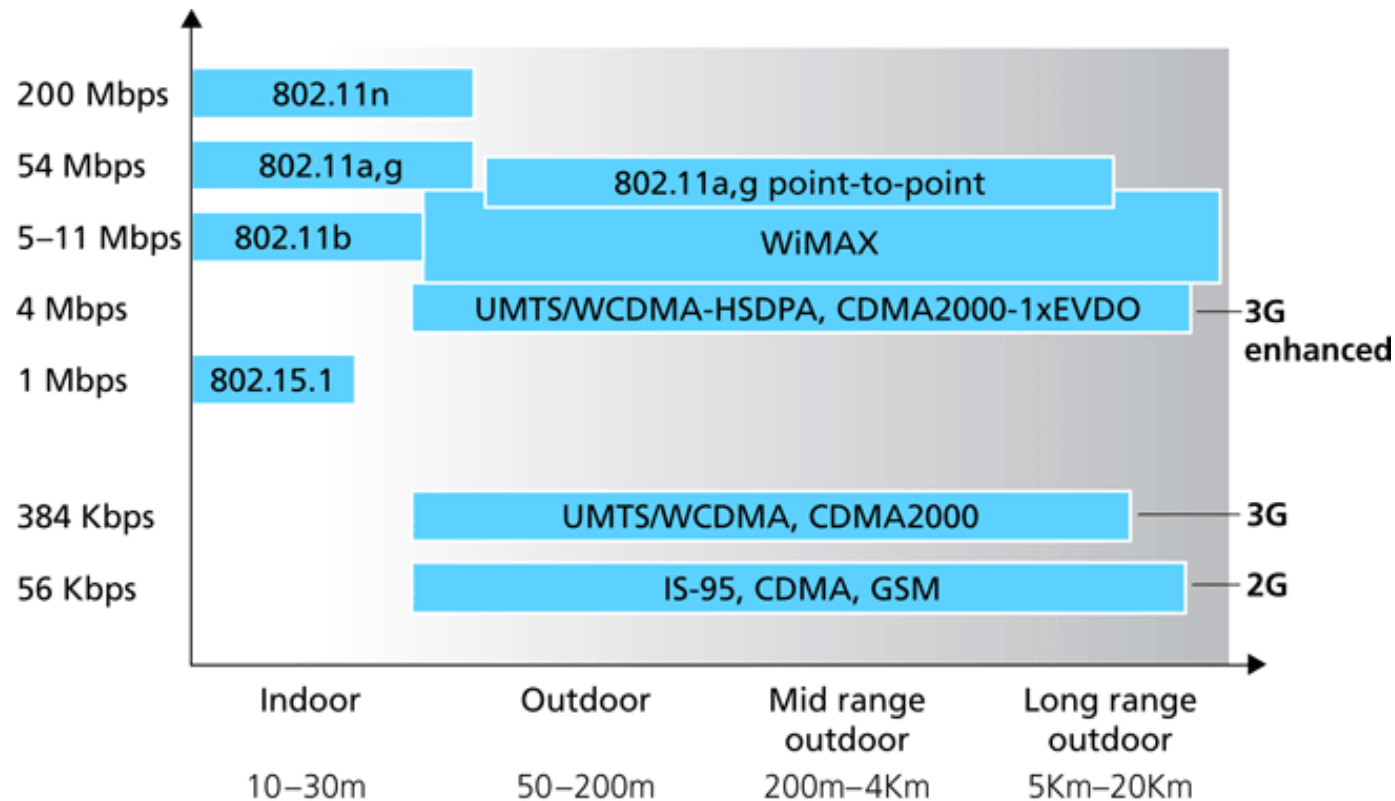
- Possono essere Laptop, PDA, telefoni IP
- Eseguono applicazioni TCP/IP
- Possono essere fissi o mobili
 - ▣ Wireless non significa necessariamente mobilità

Collegamenti

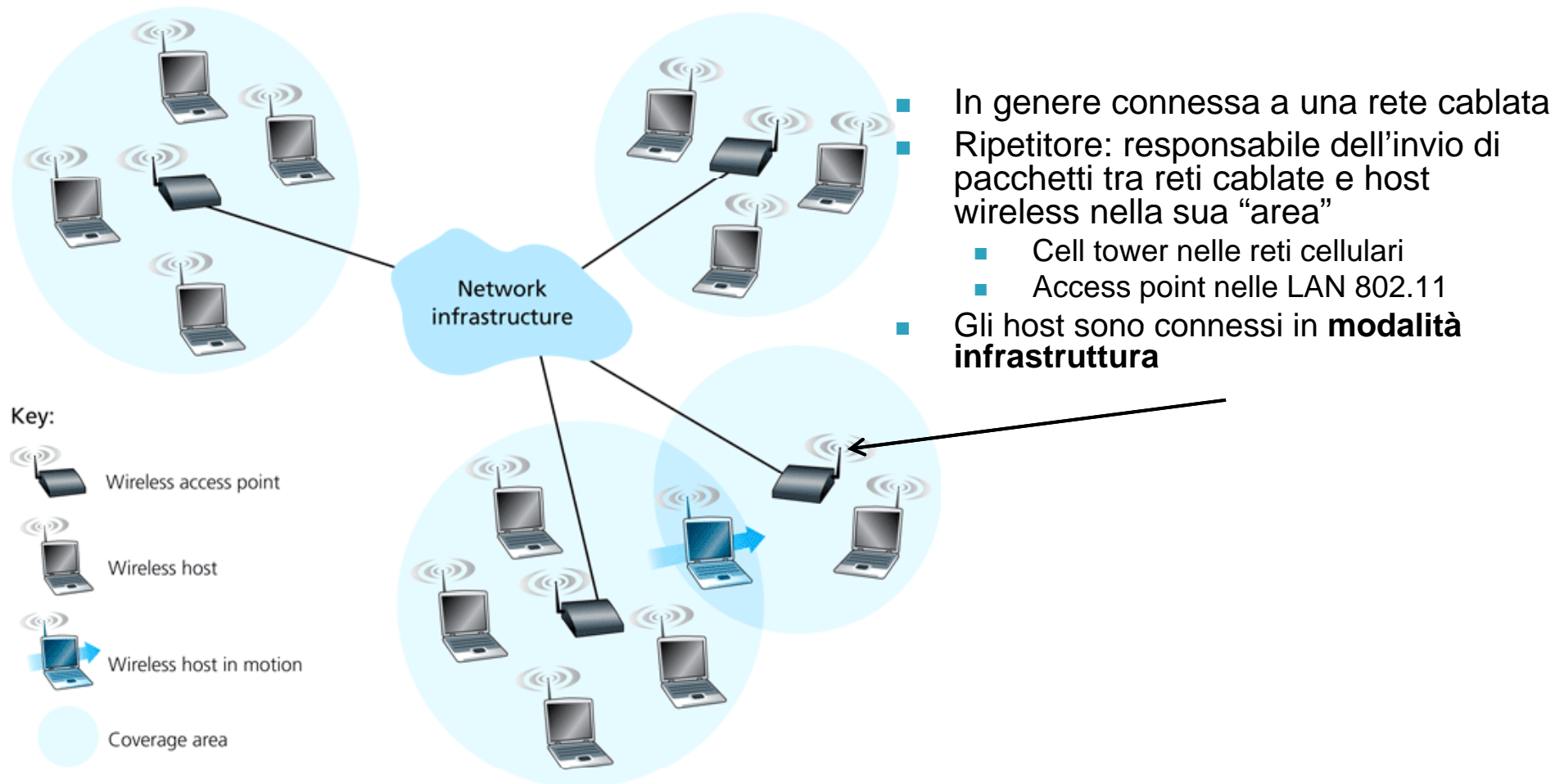


- Usato in genere per
 - ▣ Collegare dispositivi mobili alla stazione base
 - ▣ Come dorsale
- Un protocollo ad accesso multiplo regola l'accesso al collegamento
- Diversi tassi trasmissivi e massime distanze utili
- La stazione base connette i dispositivi mobili a una rete cablata
- Handoff: quando l'host si sposta dall'area di copertura di una stazione base a un'altra cambia il suo punto di collegamento con la rete globale

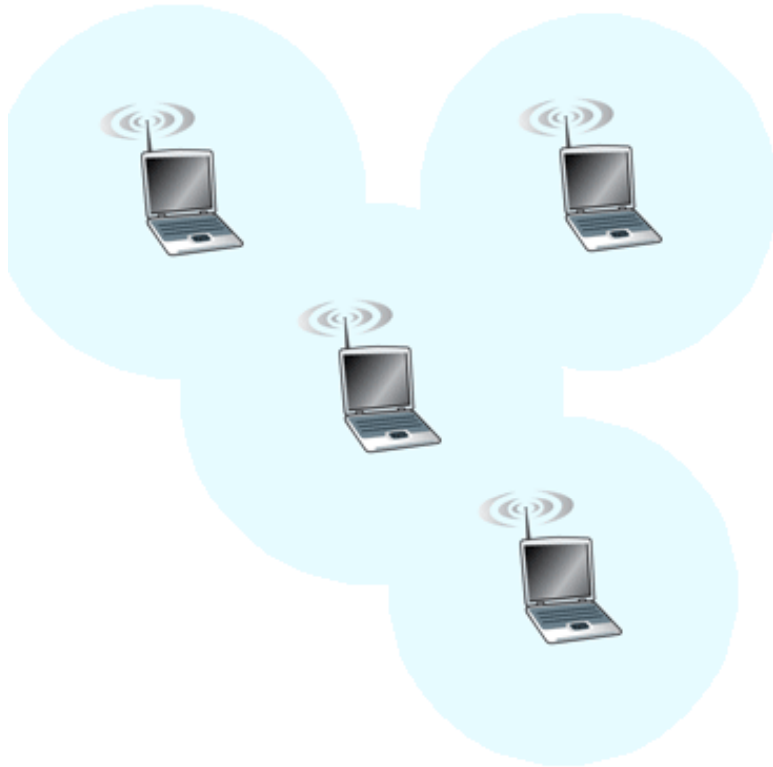
Standard a livello di link per reti wireless



Stazione base



Reti ad-hoc



- Non ci sono stazioni base
- Gli host wireless non hanno alcuna infrastruttura cui connettersi
- Gli host stessi provvedono ai servizi d'instradamento, di assegnazione degli indirizzi, di DNS.

Tassonomia reti wireless

- **Hop singolo, con infrastruttura**
 - Singola stazione base collegata alla rete cablata
 - Collegamenti con un singolo hop tra host e stazione
 - Esempio: Rete 802.11 (casa, biblioteche, etc...)
- **Hop singolo, senza infrastruttura**
 - Nessuna stazione base
 - Un singolo nodo può coordinare la trasmissione
 - Esempio: Bluetooth
- **Hop multipli, con infrastruttura**
 - Stazione base collegata alla infrastruttura
 - Possibile presenza di nodi wireless per collegarsi alla stazione base
 - Esempio: reti di sensori wireless, reti mesh wireless
- **Hop multipli, senza infrastruttura**
 - Nessuna stazione base
 - Possibile presenza di nodi intermedi per raggiungere la destinazione
 - I nodi possono essere mobili
 - Esempio: rete mobile ad-hoc, rete veicolare ad-hoc

Sommario



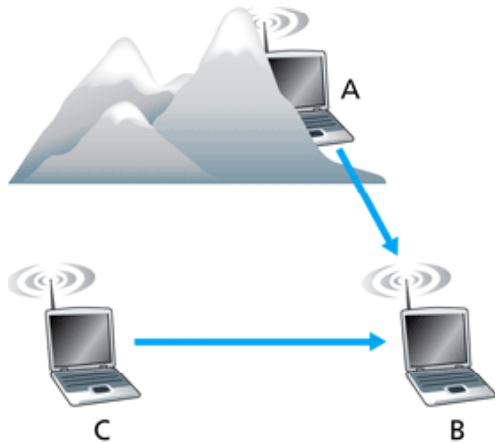
- Collegamenti wireless
- **Caratteristiche reti wireless**
- Wi-Fi 802.11 wireless LAN
- Struttura frame IEEE 802.11

Collegamenti wireless e caratteristiche di rete

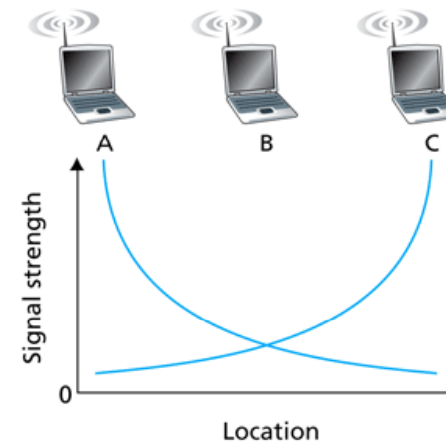
- Le differenze rispetto a un collegamento cablato:
 - ▣ **Attenuazione del segnale:** le radiazioni elettromagnetiche si attenuano quando attraversano determinati ostacoli; nello spazio libero l'intensità del segnale si attenua al crescere della distanza percorsa (*path loss*)
 - ▣ **Interferenze da parte di altre sorgenti:** frequenze wireless standard (es. 2,4 GHz) condivise da altri dispositivi (es. telefonini); anche rumori ambientali (es. motori) causano interferenza
 - ▣ **Propagazione su più cammini:** una parte delle onde elettromagnetiche si riflette su oggetti e sul terreno, compiendo cammini di diversa distanza tra trasmittente e ricevente
- La comunicazione attraverso un collegamento wireless (persino un punto-punto) è molto più “complessa”

Collegamenti wireless e caratteristiche di rete

- Più mittenti e riceventi wireless creano problemi aggiuntivi (oltre a quelli legati all'accesso multiplo):



- Problema del terminale nascosto
 - B, A possono comunicare
 - B, C possono comunicare
 - A, C non possono sentirsi ma possono causare interferenza presso la destinazione B

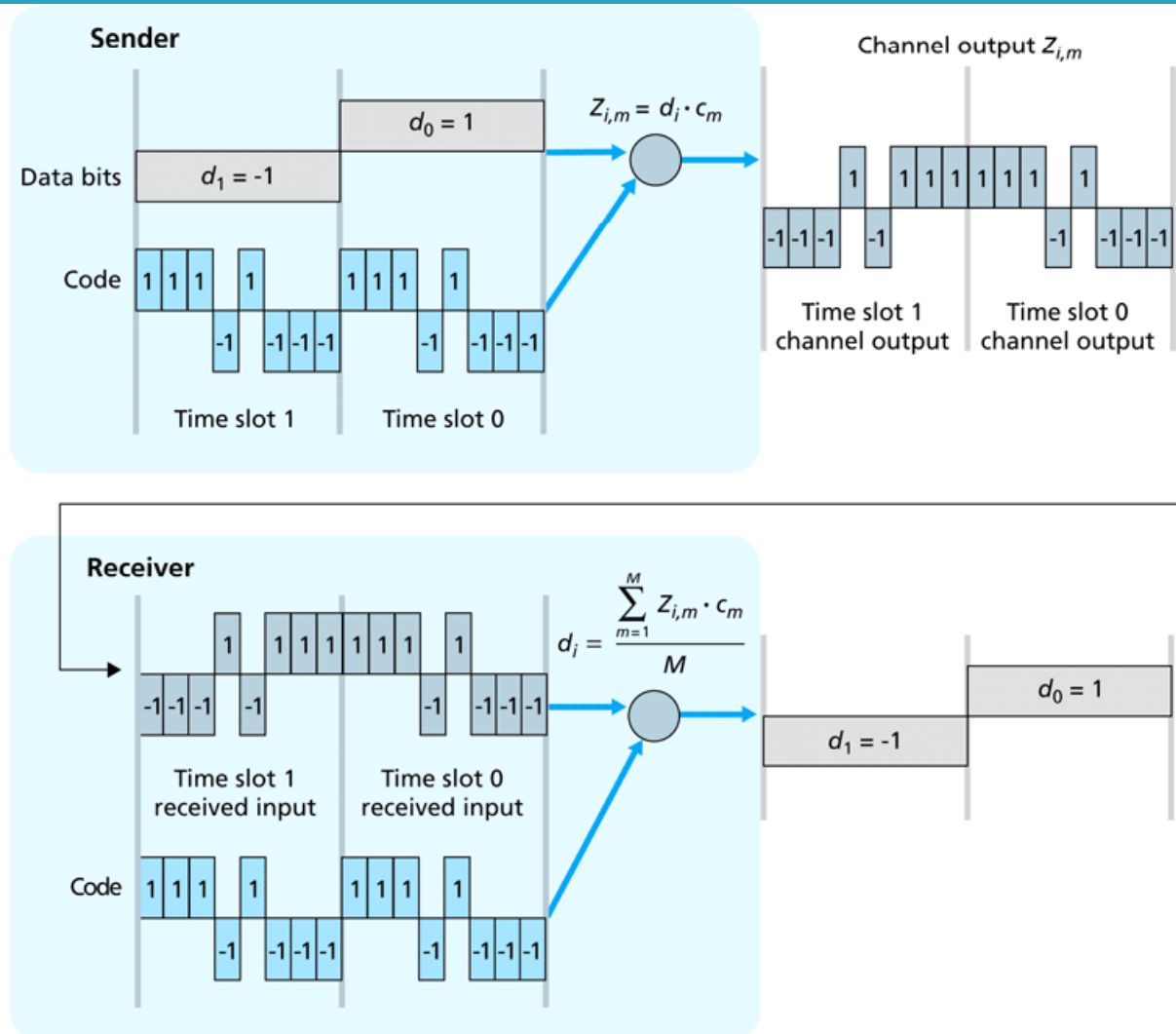


- Fading:
 - B, A possono comunicare
 - B, C possono comunicare
 - A, C non possono comunicare ma causano interferenza presso B

Code Division Multiple Access (CDMA)

- È il protocollo di accesso al canale condiviso più diffuso nelle reti wireless e nelle tecnologie cellulari
- Un “codice” unico viene assegnato a ciascun utente (code set partitioning)
- Tutti gli utenti condividono la stessa frequenza, ma ciascun utente ha una propria sequenza “chipping” per codificare i dati
- **Segnale codificato** = (dati originari) X (sequenza chipping).
- **Decodifica**: prodotto interno del segnale codificato e sequenza chipping
- Consente a più utenti di “coesistere” e trasmette simultaneamente con una interferenza minima (se i codici sono “ortogonali”)

CDMA Codifica/Decodifica



CDMA nella realtà

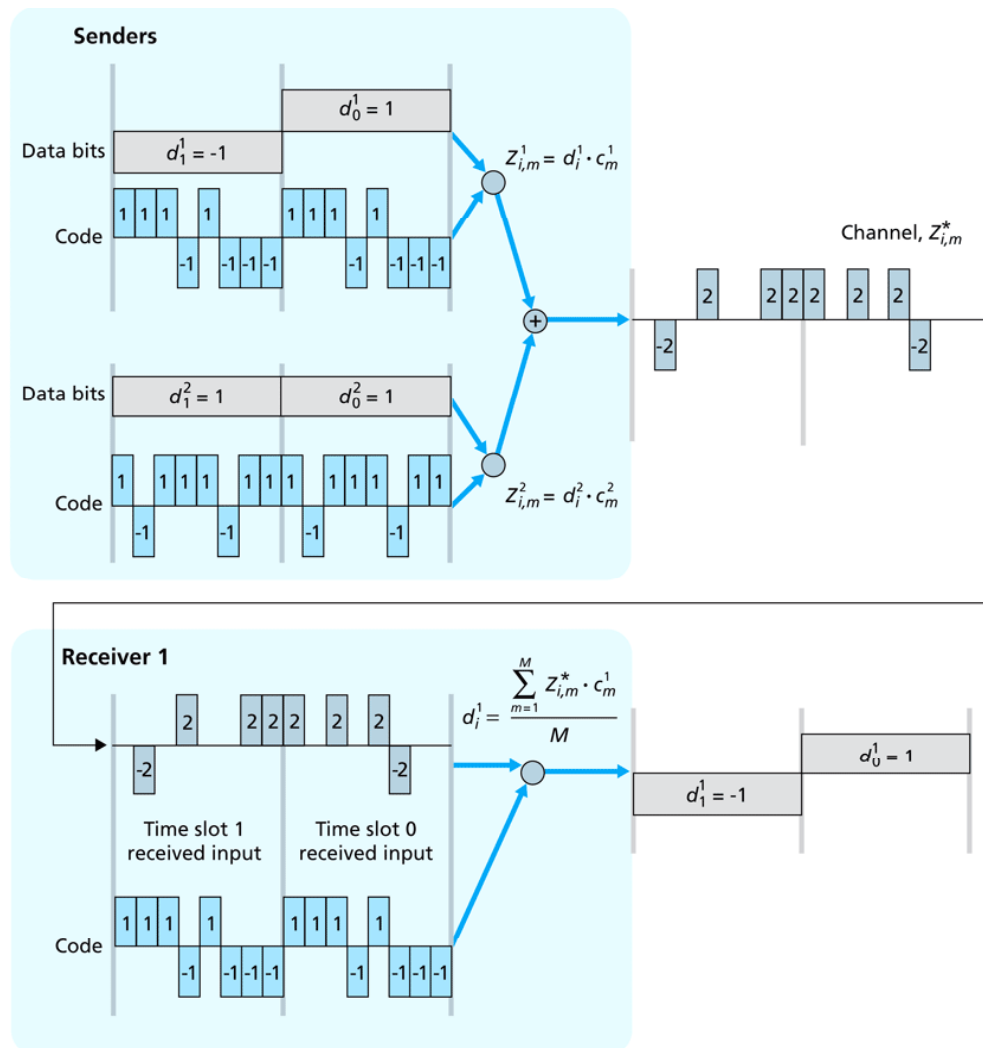
- CDMA deve lavorare in presenza di interferenze dovute ad altri mittenti che codificano e trasmettono
- Nell'ipotesi che i segnali trasmessi siano cumulativi, in presenza di trasmissioni multiple avremo che

$$Z_{i,m}^* = \sum_{s=1}^N Z_{i,m}^s$$

- Scegliendo opportunamente i codici dei trasmittenti ogni destinatario può ricostruire i dati inviati

$$d_i = \frac{1}{M} \sum_{s=1}^N Z_{i,m}^* \cdot c_m$$

CDMA: due trasmittenti



Sommario



- Collegamenti wireless
- Caratteristiche reti wireless
- **Wi-Fi 802.11 wireless LAN**
- Struttura frame IEEE 802.11

Wi-Fi 802.11 wireless LAN

- Lo standard Wi-Fi 802.11 wireless LAN risulta lo standard più diffuso per la trasmissione dati senza fili
- Esistono diverse versioni e molti dispositivi possono implementare diverse modalità

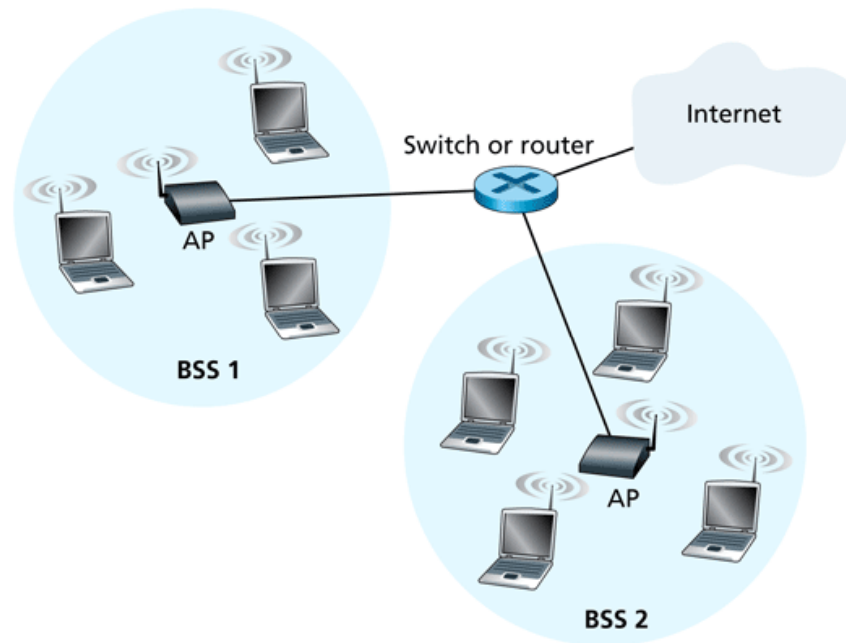
Standard	Frequenze	Velocità
802.11b	Da 2,4 a 2,485 Ghz	Fino a 11 Mbps
802.11a	Da 5,1 a 5,8 GHz	Fino a 54 Mbps
802.11g	Da 2,4 a 2,485 GHz	Fino a 54 Mbps

Wi-Fi 802.11 wireless LAN

- ❑ 802.11b
 - ❑ Da 2,4 a 2,485 GHz, una banda di frequenze (utilizzata anche dai telefoni e dai forni a microonde)
 - ❑ Fino a 11 Mbps
 - ❑ DSSS (direct sequence spread spectrum) a livello fisico
 - ❑ Tutti gli host usano lo stesso codice chipping
 - ❑ Ampiamente utilizzato, con le stazioni base
- ❑ 802.11a
 - ❑ Da 5,1 a 5,8 GHz
 - ❑ Fino a 54 Mbps
- ❑ 802.11g
 - ❑ Da 2.4 a 2,485 GHz
 - ❑ Fino a 54 Mbps
 - ❑ Tutte utilizzano lo stesso protocollo di accesso al mezzo, CSMA/CA
 - ❑ Tutte utilizzano la stessa struttura di pacchetto a livello di link

Architettura 802.11

- Il **set di servizio base** rappresenta l'insieme dei componenti basilari di 802.11, è composto da
 - ▣ Una o più stazioni wireless
 - ▣ **Punto di accesso** (AP, *access point*)
- Prima di inviare dati una stazione deve associarsi da un AP

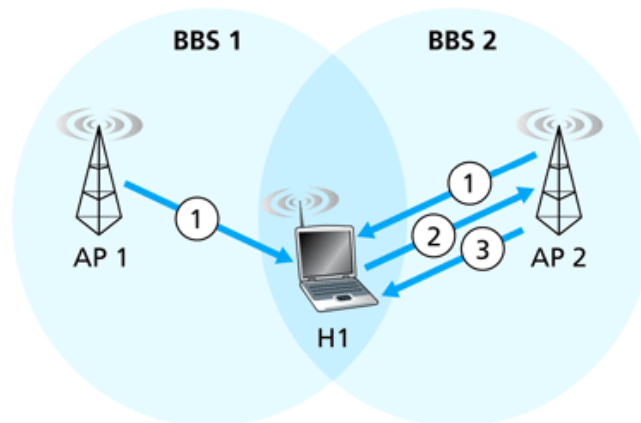


Canali

- L'amministratore per installare un AP deve
 - Associare un identificatore chiamato SSID (*service set identifier*)
 - Assegnare un canale al punto di accesso
- IEEE 802.11b utilizza 85 MHz di banda compresa da 2,4GHz a 2,485GHz
- In questa banda sono definiti 11 canali parzialmente sovrapposti
 - Due canali non si sovrappongono solo se sono separati da quattro o più canali
 - I canali 1, 6 e 11 costituiscono l'unica terna senza sovrapposizioni
 - Il canale può essere lo stesso scelto dall'AP vicino
- Poiché ogni canale ha una capacità di 11Mbps un amministratore potrebbe creare una LAN da 33 Mbps con i canali 1,6 e 11

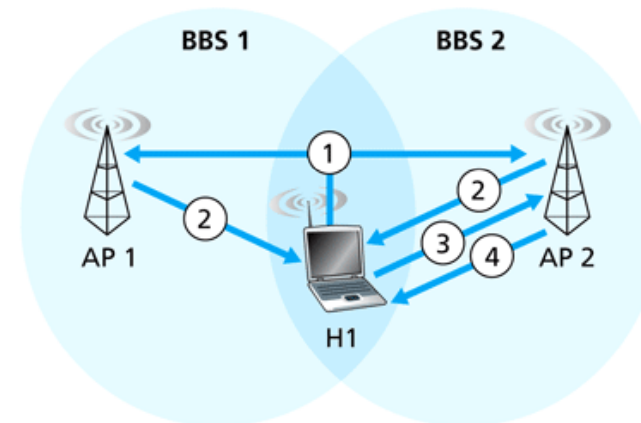
Associazioni

- Due modalità di associazione con un AP
 - ▣ **Scansione passiva**
 - L'AP invia periodicamente frame **beacon** che contengono il proprio codice SSID e il proprio indirizzo MAC
 - ▣ **Scansione attiva**
 - La stazione invia un frame sonda alla ricerca di un AP



a. Passive scanning

1. Beacon frames sent from APs
2. Association Request frame sent: H1 to selected AP
3. Association Response frame sent: Selected AP to H1



a. Active scanning

1. Probe Request frame broadcast from H1
2. Probes Response frame sent from APs
3. Association Request frame sent: H1 to selected AP
4. Association Response frame sent: Selected AP to H1

Autenticazione



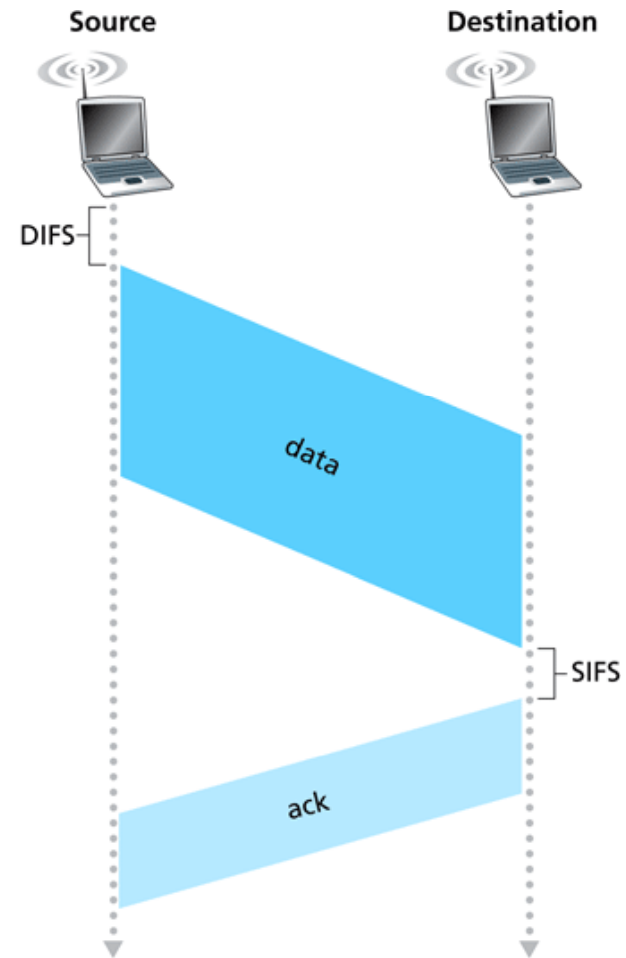
- Per associarsi ad un particolare AP potrebbe essere necessario autenticarsi
 - ▣ Indirizzo MAC della stazione
 - ▣ Utente e password
- Il punto di accesso comunica con un server di autenticazione utilizzando un protocollo RADIUS e DIAMETER

IEEE 802.11: accesso multiplo

- IEEE 802.11 è come Ethernet, utilizza CSMA:
 - Accesso casuale
 - Rilevazione della portante: non si verifica collisione con la trasmissione in corso
- Diversamente da Ethernet:
 - Non rileva le collisioni – trasmette tutti i pacchetti fino alla fine
 - Acknowledgment – perché senza rilevamento di collisioni non è possibile sapere se si sono verificate o no collisioni
- Perché non c'è rilevamento delle collisioni?
 - Difficoltà in ricezione (**sense collision**) durante la trasmissione, a causa della debolezza del segnale ricevuto (fading)
 - In ogni caso, non potrebbe rilevare tutte le collisioni: terminale nascosto, fading
- L'obiettivo è di evitare le collisioni attraverso un protocollo CSMA/C(ollision)A(voidance)

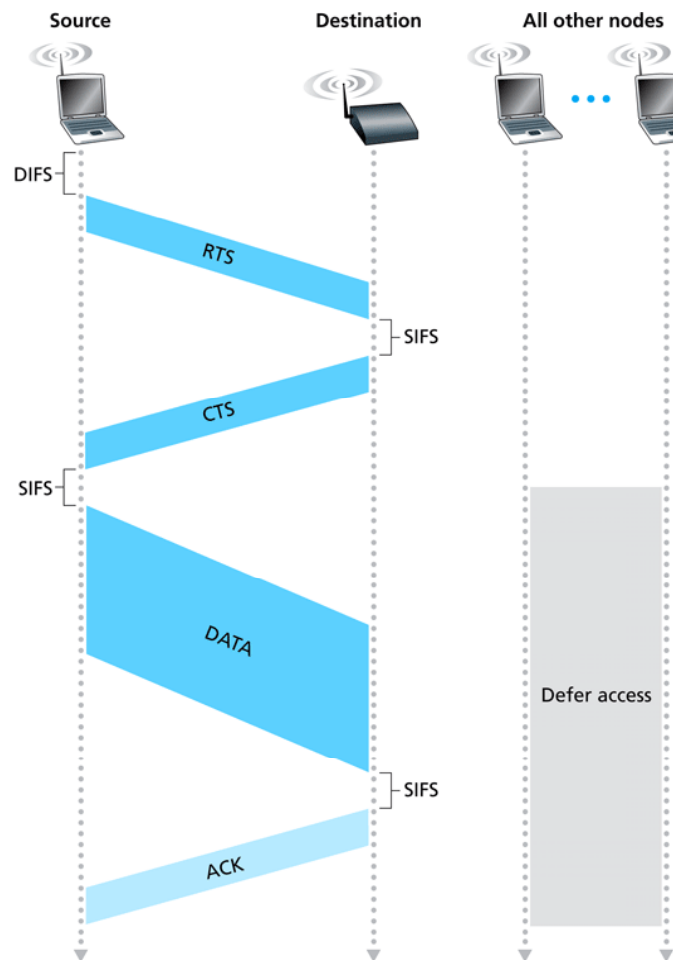
IEEE 802.11 Protocollo MAC : CSMA/CA

- **Sorgente 802.11**
 1. Se percepisce il canale inattivo, allora:
 - Trasmette l'intero pacchetto (no CD)
 2. Se percepisce il canale occupato, allora:
 - Sceglie un valore di ritardo casuale
 - Decrementa questo valore quando il canale sarà percepito come inattivo
 - Quando il contatore arriva a zero, trasmette l'intero pacchetto
 - Se non riceve ACK, sceglie un nuovo valore di ritardo casuale, superiore a quello scelto in precedenza e riprova
- **Destinazione 802.11**
 - Se il pacchetto ricevuto è OK
 - Invia un ACK (necessario a causa del problema del terminale nascosto)

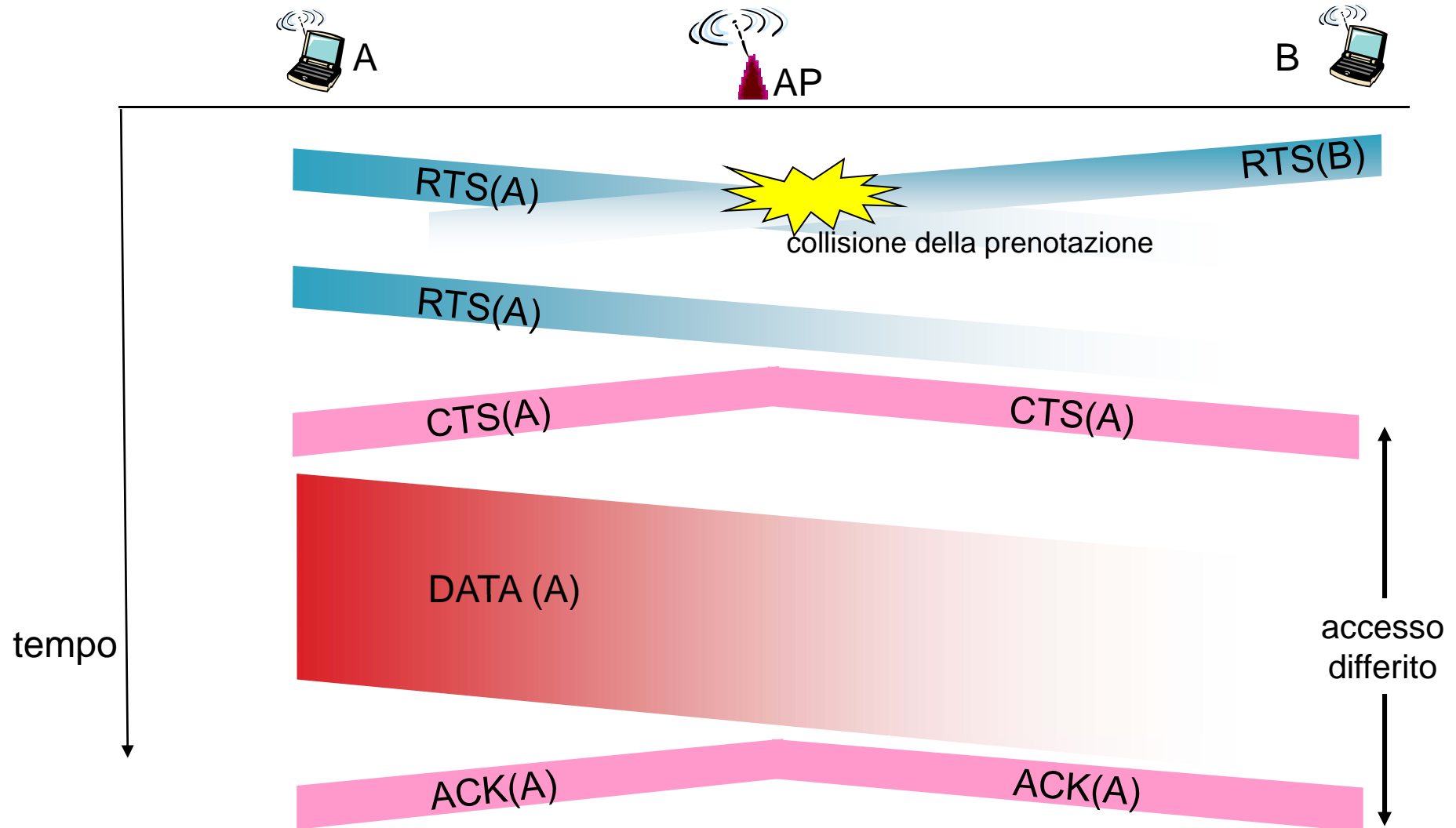


RTS/CTS

- Per evitare collisioni durante la trasmissione è possibile per il mittente “prenotare” il canale: si evitano così le collisioni anche durante l’invio di lunghi pacchetti di dati
 - ▣ Opzionale, non viene sempre usato
- Il mittente inizia a trasmettere un piccolo pacchetto RTS (*request-to-send*) all’AP usando CSMA
 - ▣ Possono verificarsi collisioni tra i pacchetti RTS (ma sono comunque molto piccoli)
- AP risponde diffondendo in broadcast il pacchetto CTS (*clear-to-send*) in risposta al pacchetto RTS ricevuto
- Il pacchetto CTS è ricevuto da tutti i nodi
 - ▣ Il mittente invierà il pacchetto
 - ▣ Le altre stazioni rimanderanno eventuali trasmissioni



Evitare le collisioni: scambio di pacchetti RTS-CTS

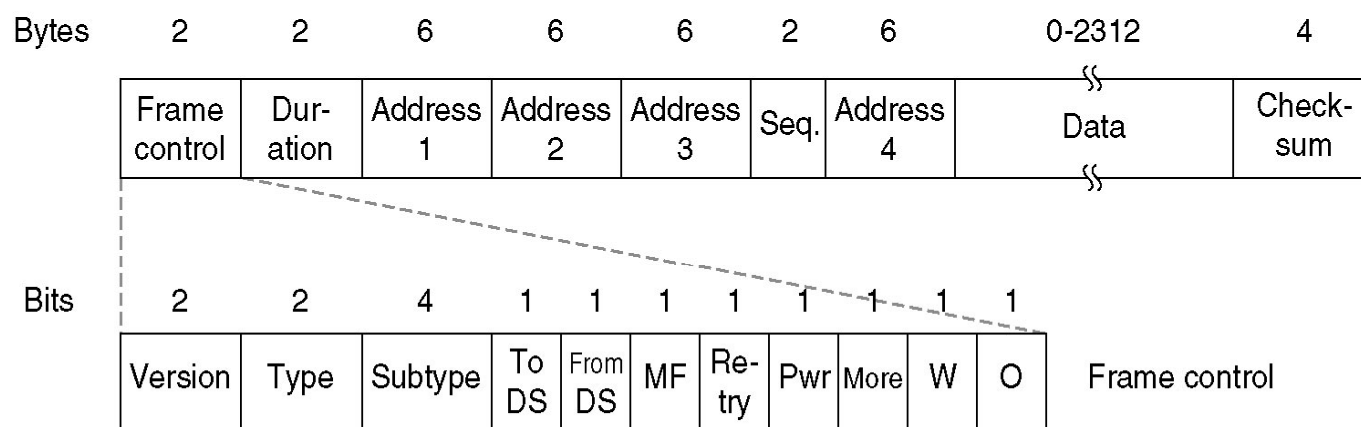


Sommario



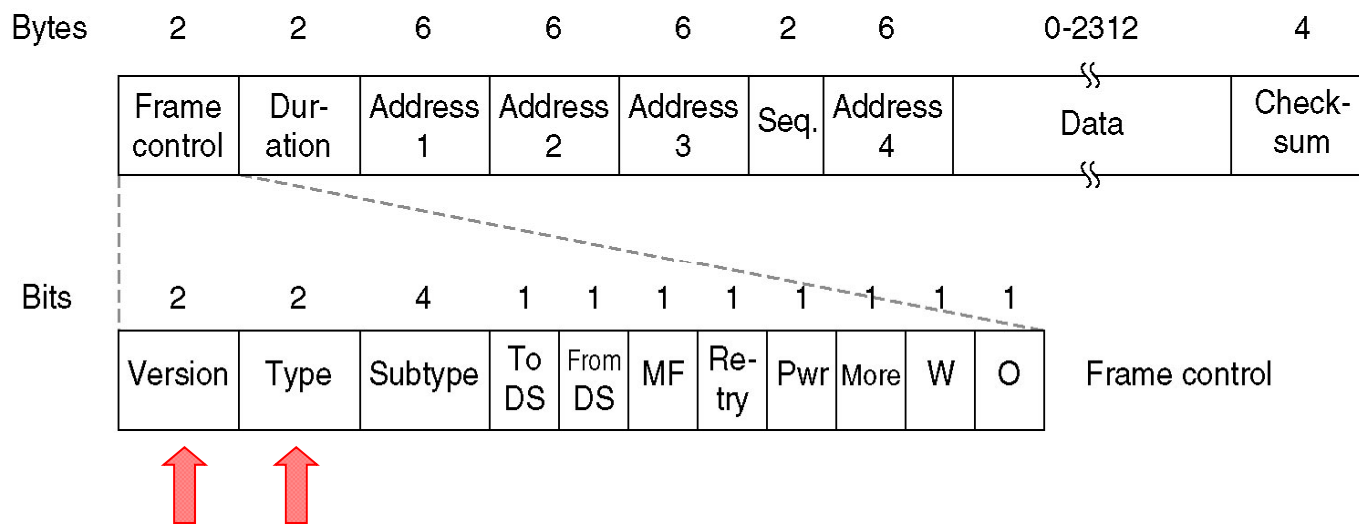
- Collegamenti wireless
- Caratteristiche reti wireless
- Wi-Fi 802.11 wireless LAN
- **Struttura frame IEEE 802.11**

Struttura frame IEEE 802.11



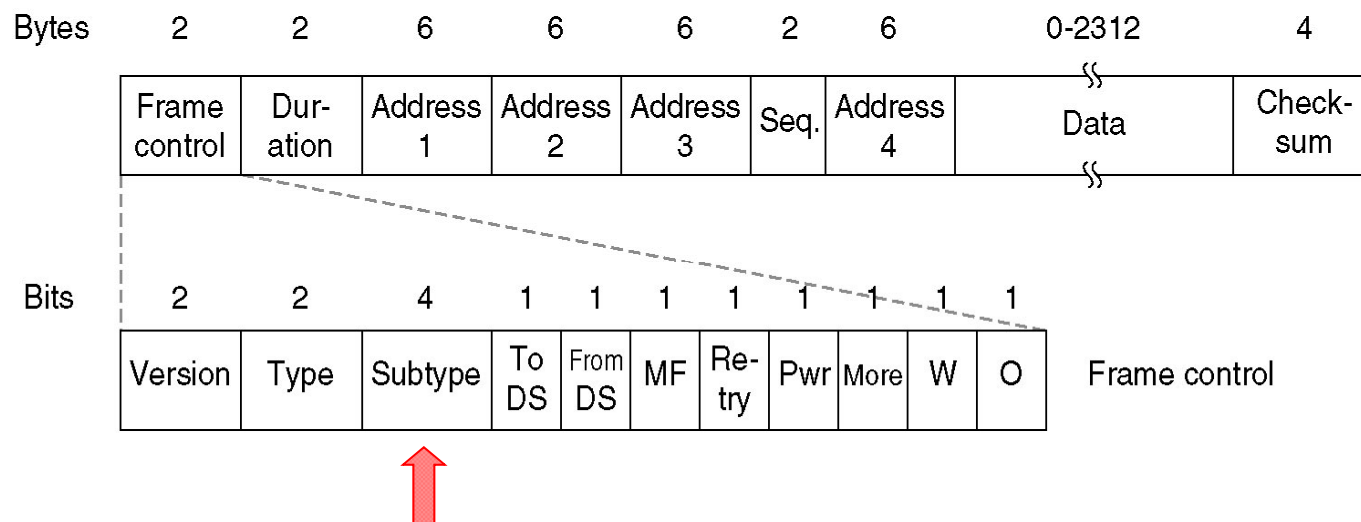
Struttura frame IEEE 802.11

- Il sottocampo *Version* indica la versione del protocollo e serve per permettere a frame che seguono versioni diverse di coesistere
- Il sottocampo *Type* può assumere tre valori:
 - ▣ Dati
 - ▣ Controllo
 - ▣ Gestione



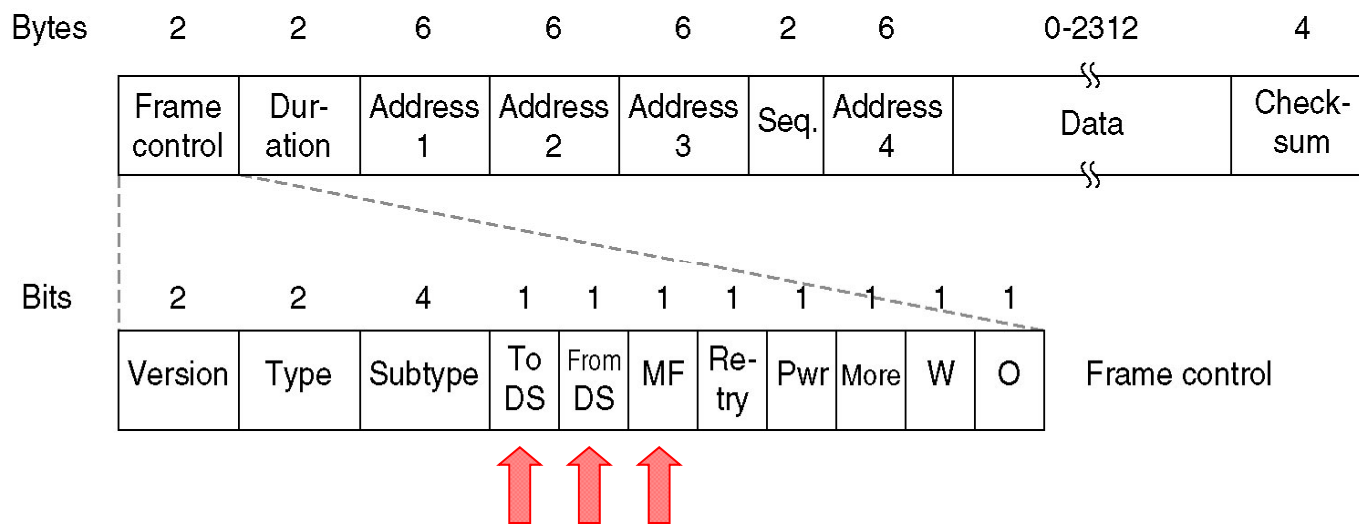
Struttura frame IEEE 802.11

- Il sottocampo *Subtype* specifica il frame di controllo
 - ▣ RTS
 - ▣ CTS
 - ▣ Ack o gestione (es. segnalazione)



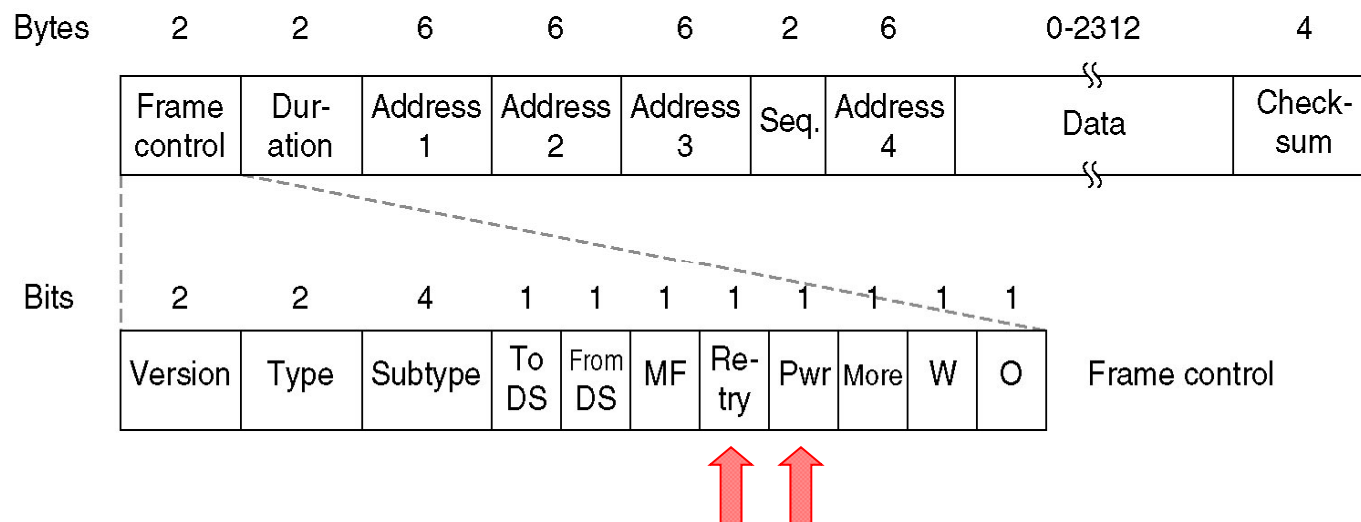
Struttura frame IEEE 802.11

- Il bit *To DS* (Distribution System), la rete a cui è connesso l'access point vale 1 se il frame è diretto al DS (ad esempio Ethernet)
- Il bit *From DS* vale 1 se il frame è arrivato dal DS (solo dati).
- Il bit *MF* (More Fragments) vale 1 se seguiranno altri frammenti (solo dati).



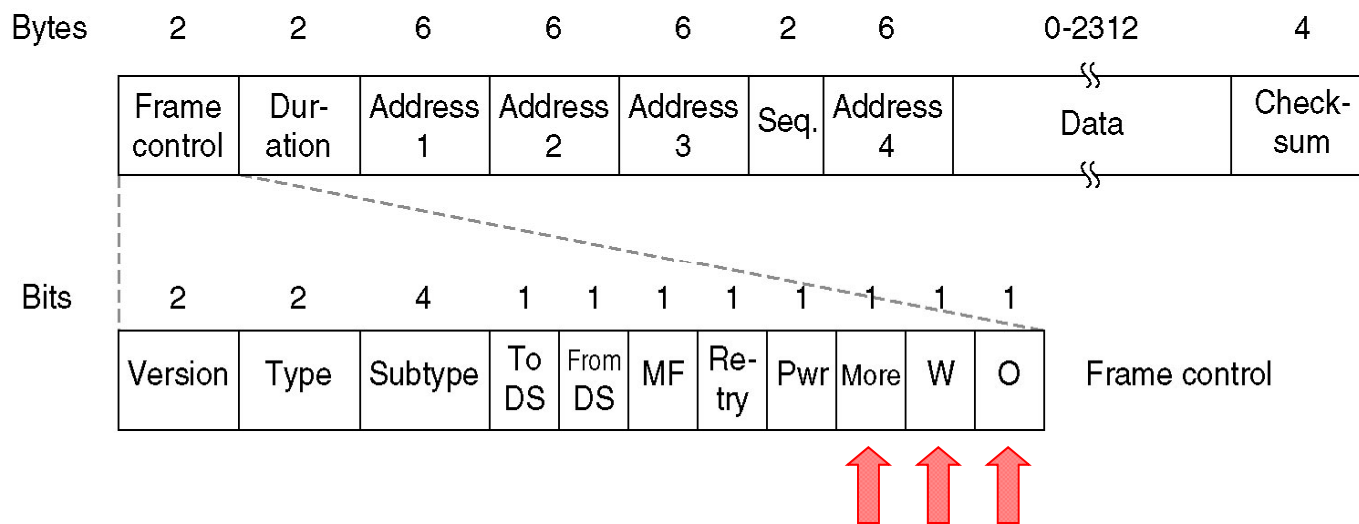
Struttura frame IEEE 802.11

- Il bit *R* (Retry) vale 1 per le ritrasmissioni
- Il bit *Pwr* (Power) lo usa l'access point per attivare/disattivare il power saving di una stazione



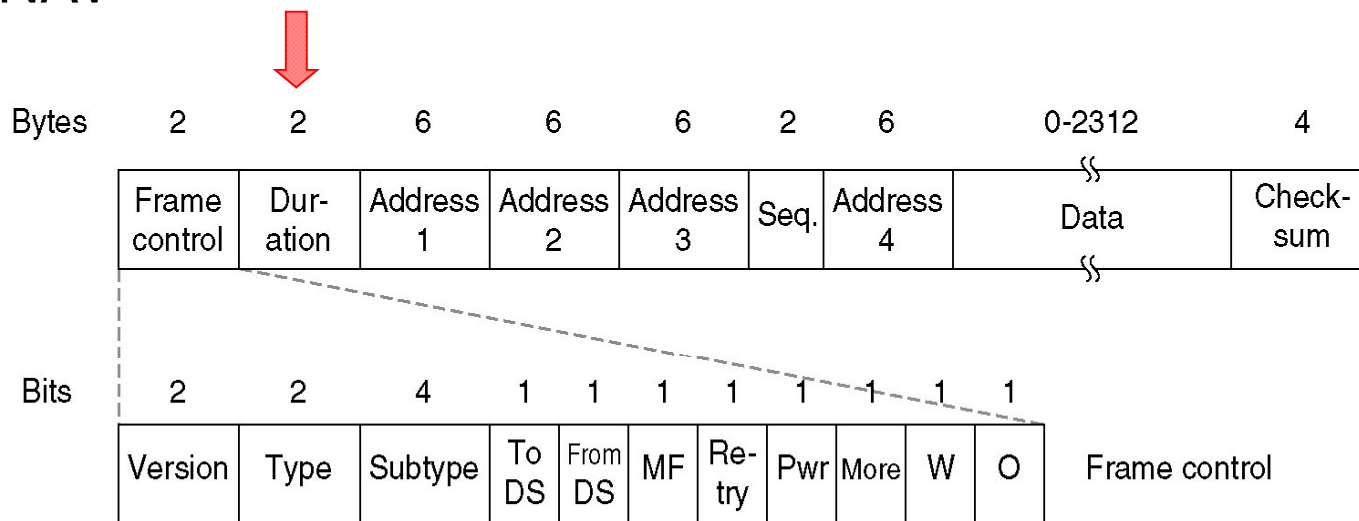
Struttura frame IEEE 802.11

- Il bit *More* vale 1 se il mittente ha altri frame per il destinatario e ne inibisce il power saving
- Il bit *W* vale 1 se il payload del frame è stato cifrato (algoritmo *WEP*)
- Il bit *O* vale 1 se il frame fa parte di una sequenza ordinata



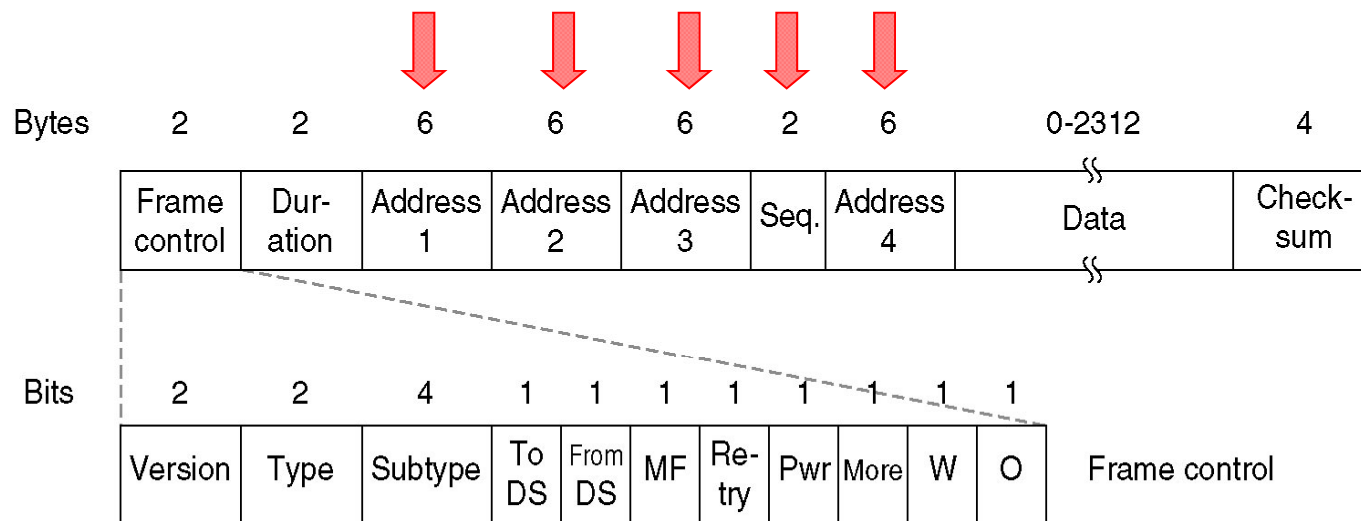
Struttura frame IEEE 802.11

- Il campo *Duration* indica il tempo in ms necessario a trasmettere il frame e a ricevere il relativo Ack
 - ▣ Questo campo è presente anche in RTS e CTS e serve alle stazioni non coinvolte nella comunicazione per gestire il NAV



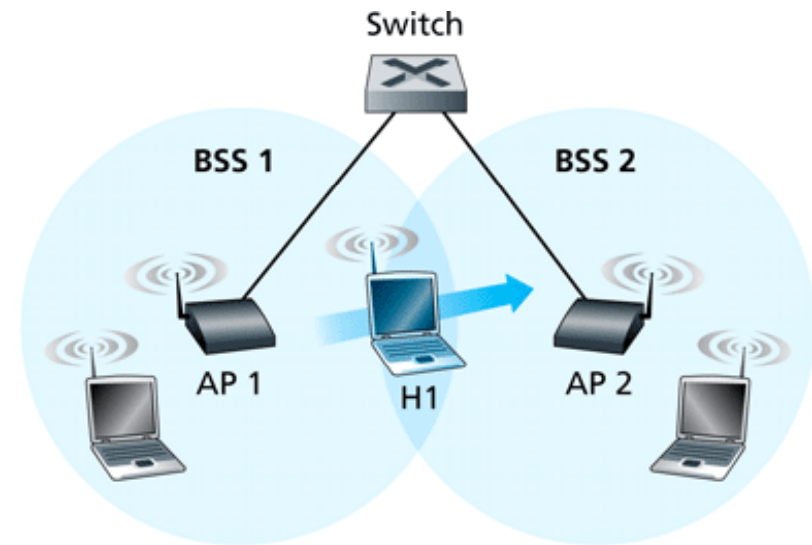
Struttura frame IEEE 802.11

- I campi *Address* indicano il mittente, il destinatario e, nel caso di attraversamento di celle, access point di partenza e destinazione
- Il campo *Seq* indica il numero di sequenza per il frame (12 bit) ed, eventualmente, il frammento (4 bit)



802.11: mobilità sulle sottoreti

- H1 rimane nella stessa sottorete IP: l'indirizzo IP può rimanere invariato
- Switch: quale AP è associato a H1?
 - ▣ I commutatori si auto-istruiscono e “ricordano” quale porta può essere usata per raggiungere H1



802.15: wireless personal area network

- ❑ Circa 10 m di raggio di copertura
- ❑ Simula un cavo a bassa frequenza (per mouse, tastiera, altre periferiche)
- ❑ ad hoc: nessuna infrastruttura
- ❑ Architettura Master/Slave:
 - ❑ Gli slave chiedono il permesso per inviare (al master)
 - ❑ Il master gestisce le richieste
- ❑ 802.15: evoluzione dalla specifica Bluetooth
 - ❑ Banda da 2,4-2,5 GHz
 - ❑ Fino a 721 kbps

