

Reti di Calcolatori:
Internet, Intranet e Mobile Computing
a.a. 2007/2008

<http://www.di.uniba.it/~lisi/courses/reti/reti0708.htm>

dott.ssa Francesca A. Lisi
lisi@di.uniba.it

Orario di ricevimento: mercoledì ore 10-12

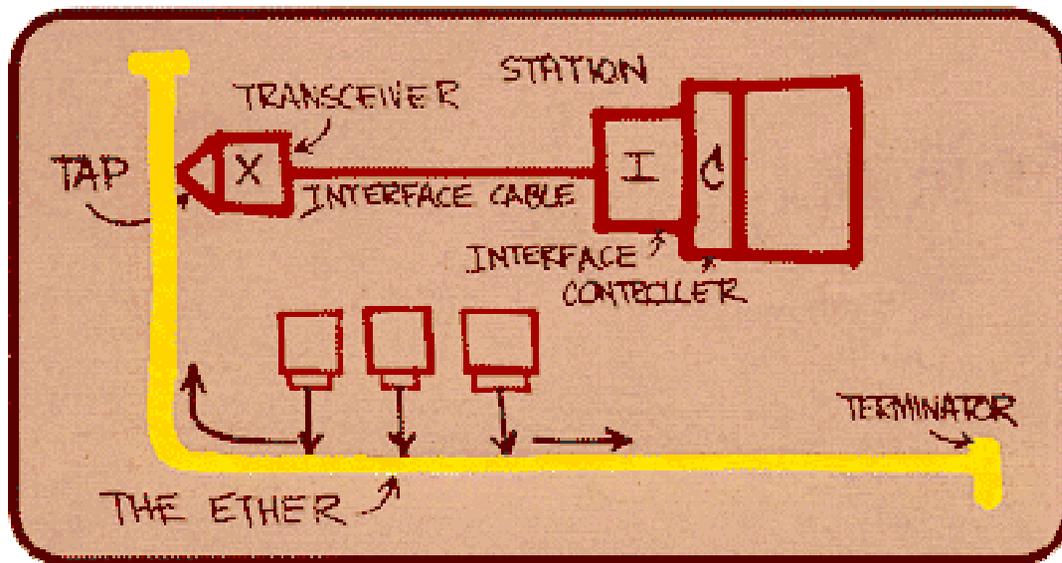
Sommario della lezione di oggi: Lo strato di collegamento (3/3)

- ❑ Servizi dello strato di collegamento
- ❑ Protocolli di accesso multiplo
- ❑ Reti locali (LAN)
- ❑ Reti locali cablate: Ethernet LAN
- ❑ Reti locali non cablate: Wireless LAN

Ethernet LAN (IEEE 802.3)

Detiene una posizione dominante nel mercato delle LAN cablate.

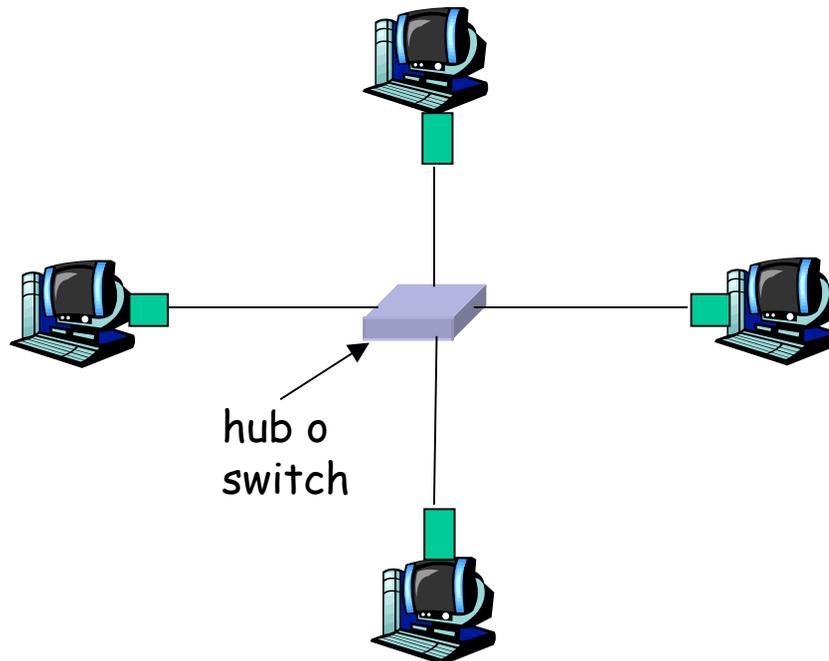
- ❑ È stata la prima LAN ad alta velocità con vasta diffusione.
- ❑ Più semplice e meno costosa di token ring, FDDI e ATM.
- ❑ Sempre al passo dei tempi con il tasso trasmissivo.



Il progetto originale di Bob Metcalfe che portò allo standard Ethernet.

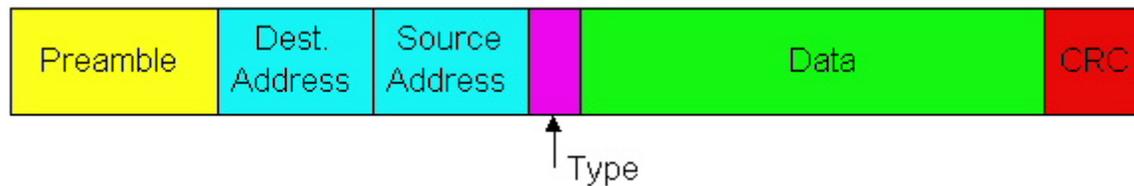
Ethernet LAN: Topologia a stella

- ❑ La topologia a bus era diffusa fino alla metà degli anni 90.
- ❑ Quasi tutte le odierne reti Ethernet sono progettate con topologia a stella.
- ❑ Al centro della stella è collocato un *hub* o uno *switch*.



Ethernet LAN: Struttura dei pacchetti

L'adattatore trasmittente incapsula i datagrammi IP in un **pacchetto Ethernet**.



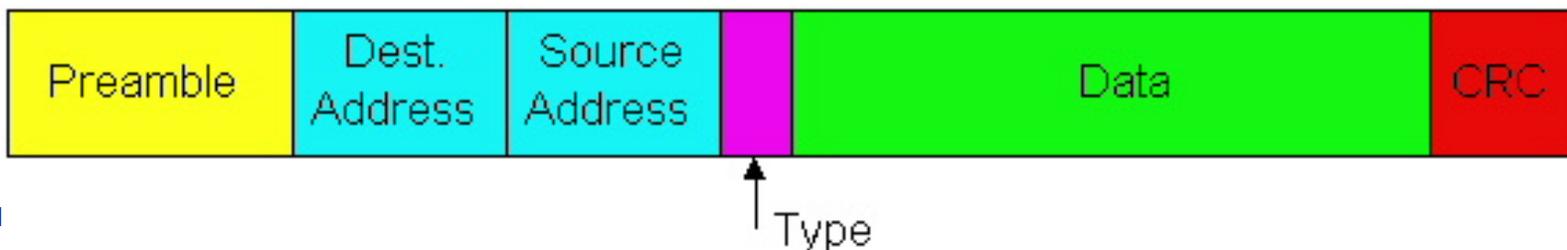
Preambolo:

- ❑ I pacchetti Ethernet iniziano con un campo di otto byte: sette hanno i bit 10101010 e l'ultimo è 10101011.
- ❑ Servono per "attivare" gli adattatori dei riceventi e sincronizzare i loro orologi con quello del trasmittente.

Ethernet LAN:

Struttura dei pacchetti (cont.)

- ❑ **Indirizzo di destinazione: 6 byte**
 - Quando un adattatore riceve un pacchetto contenente l'indirizzo di destinazione o con l'indirizzo broadcast (es.: un pacchetto ARP), trasferisce il contenuto del campo dati del pacchetto al livello di rete.
 - I pacchetti con altri indirizzi MAC vengono ignorati.
- ❑ **Campo tipo:** consente a Ethernet di supportare vari protocolli di rete (in gergo questa è la funzione di "multiplexare" i protocolli).
- ❑ **Campo CRC (Controllo a Ridondanza Ciclica):** consente all'adattatore ricevente di rilevare la presenza di un errore nei bit del pacchetto.



Ethernet LAN: caratteristiche del servizio offerto

- ❑ **Senza connessione:** non è prevista nessuna forma di handshake preventiva con il destinatario prima di inviare un pacchetto.
- ❑ **Non affidabile:** l'adattatore ricevente non invia un riscontro né se un pacchetto supera il controllo CRC né in caso contrario.
 - Il flusso dei datagrammi che attraversano il livello di rete può presentare delle lacune.
 - L'applicazione può rilevare le lacune se viene impiegato TCP.
 - Altrimenti, potrebbe accusare problemi a causa dell'incompletezza dei dati.

Ethernet LAN: accesso casuale con CSMA/CD

- ❑ Variante del CSMA che prevede, oltre alla rilevazione della portante, anche la **rilevazione di collisione**
- ❑ Annulla la propria trasmissione non appena rileva che un altro adattatore sta trasmettendo
- ❑ Prima di ritrasmettere, l'adattatore resta in attesa per un lasso di tempo stabilito arbitrariamente.
- ❑ Analogia: un interlocutore educato.

Ethernet LAN: accesso casuale con CSMA/CD (cont.)

1. L'adattatore riceve un datagramma di rete dal nodo cui è collegato e prepara un pacchetto Ethernet.
2. Se il canale è inattivo, inizia la trasmissione. Se il canale risulta occupato, resta in attesa fino a quando non rileva più il segnale.
3. Verifica, durante la trasmissione, la presenza di eventuali segnali provenienti da altri adattatori. Se non ne rileva, considera il pacchetto spedito.
4. Se rileva segnali da altri adattatori, interrompe immediatamente la trasmissione del pacchetto e invia un segnale di disturbo (*jam*).
5. L'adattatore rimane in attesa. Quando riscontra l' n -esima collisione consecutiva, stabilisce un valore k tra $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$. L'adattatore aspetta un tempo pari a K volte 512 bit e ritorna al Passo 2.

Ethernet LAN:

accesso casuale con CSMA/CD (cont.)

Segnale di disturbo (*jam*): la finalità è di avvisare della collisione tutti gli altri adattatori che sono in fase trasmissiva; 48 bit.

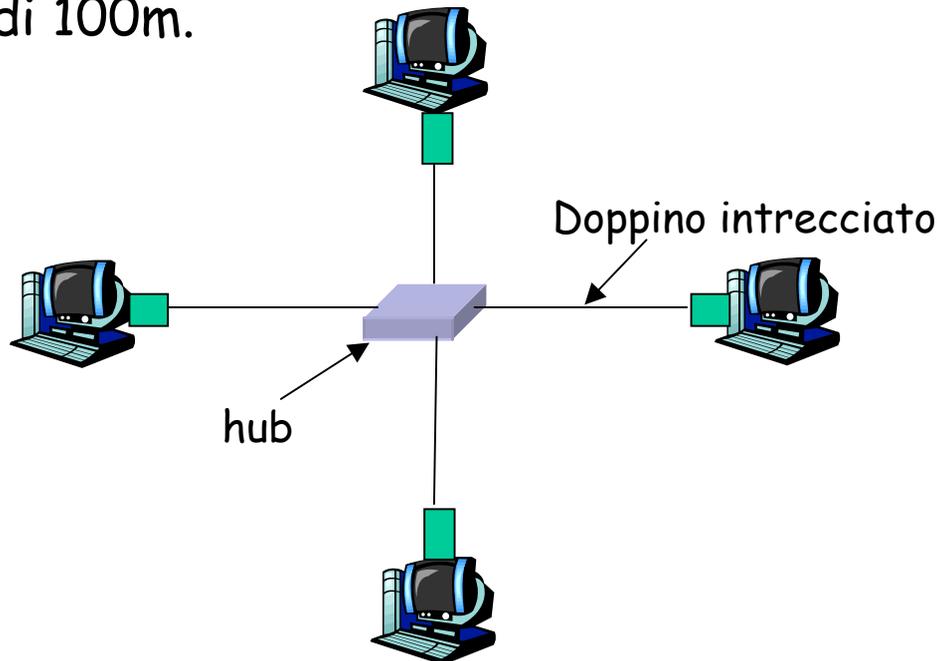
Bit di tempo: corrisponde a 0,1 microsec per Ethernet a 10 Mbps; per $K=1023$, il tempo di attesa è di circa 50 msec.

Attesa esponenziale:

- **Obiettivo:** l'adattatore prova a stimare quanti siano gli adattatori coinvolti.
 - Se sono numerosi il tempo di attesa potrebbe essere lungo.
- **Prima collisione:** sceglie K tra $\{0,1\}$; il tempo di attesa è pari a K volte 512 bit.
- **Dopo la seconda collisione:** sceglie K tra $\{0,1,2,3\}$...
- **Dopo dieci collisioni,** sceglie K tra $\{0,1,2,3,4,\dots,1023\}$.

Ethernet LAN: Tecnologie 10BaseT e 100BaseT

- ❑ Attualmente, molti adattatori Ethernet sono a 10/100 Mbps; possono quindi utilizzare sia 10BaseT sia 100BaseT
- ❑ La lettera **T** è l'iniziale di **Twisted Pair** (doppino intrecciato).
- ❑ Ogni nodo ha una diretta connessione con l'hub (topologia a stella); la massima distanza tra un adattatore e il centro stella è di 100m.



Ethernet LAN:

Gigabit Ethernet e Ethernet a 10 Gbps

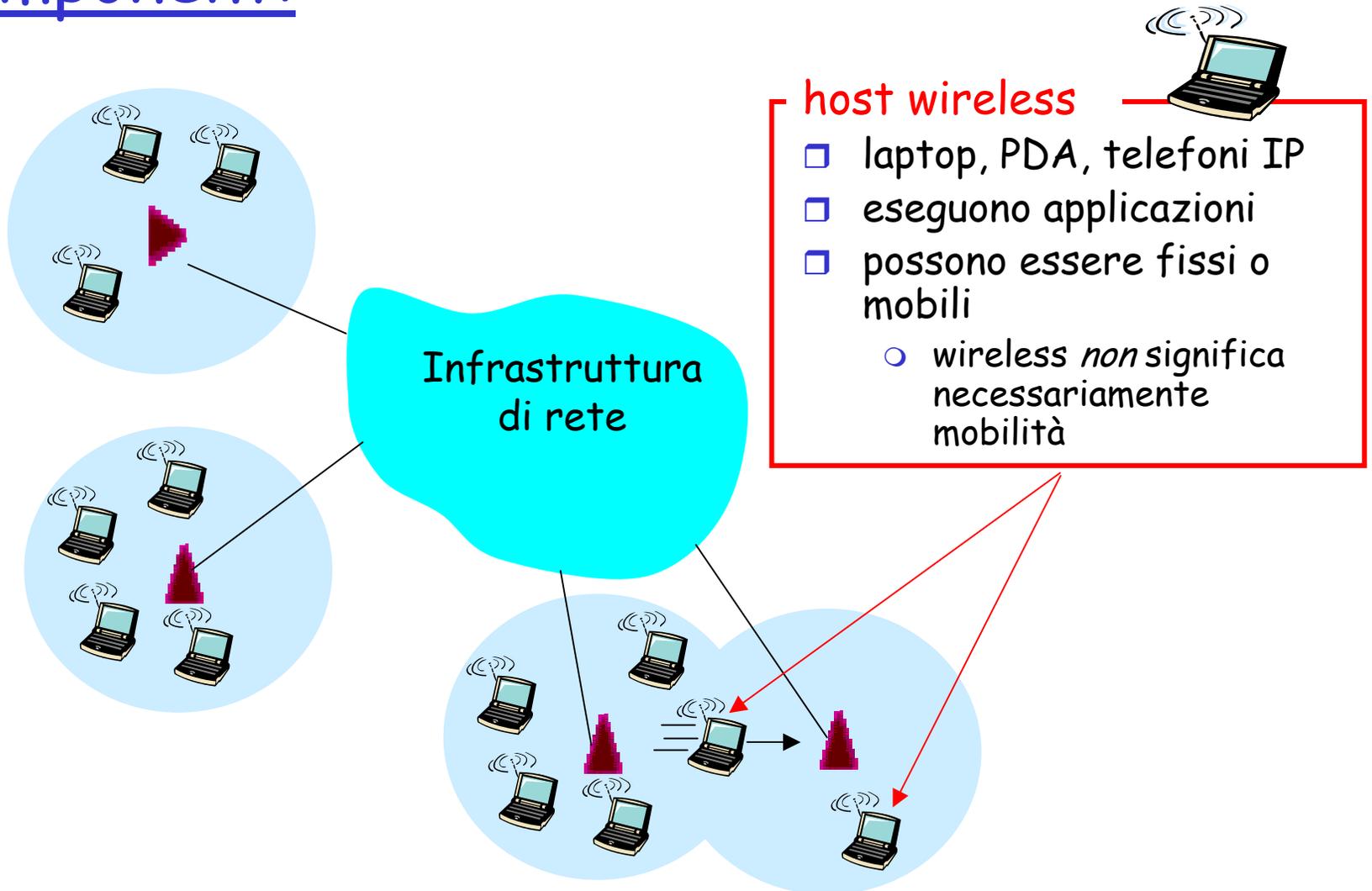
- ❑ Utilizza il formato del pacchetto standard di Ethernet.
- ❑ I canali punto-punto utilizzano commutatori, mentre i canali broadcast utilizzano hub.
- ❑ Utilizza CSMA/CD per i canali broadcast condivisi; è necessario limitare la distanza tra i nodi per ottenere un livello accettabile di efficienza.
- ❑ Gli hub sono definiti "distributori bufferizzati".
- ❑ Impiegando i canali punto-punto si può operare in full-duplex a 1000 mbps.
- ❑ Attualmente 10 Gbps!

Wireless LAN

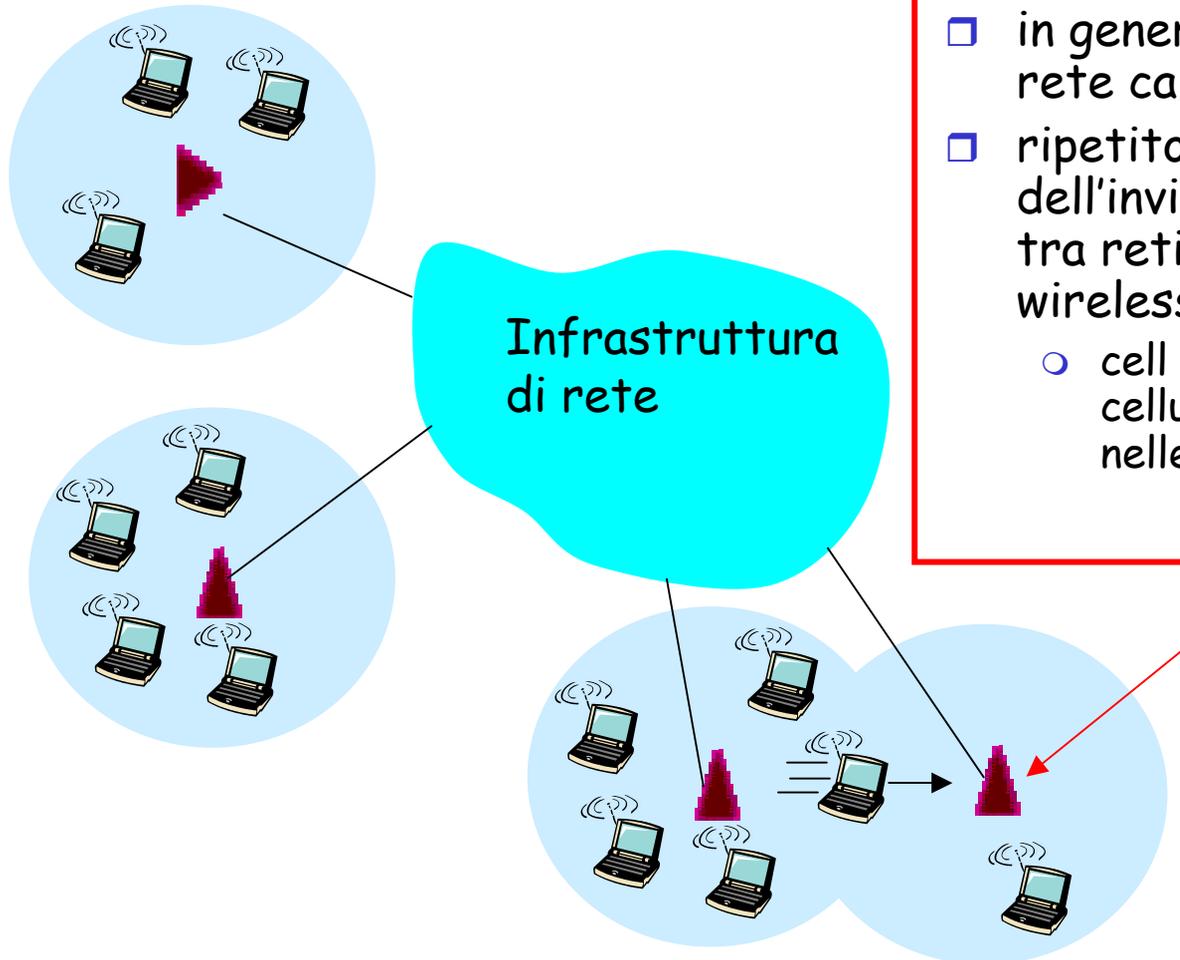
Background:

- ❑ 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)
 - Comunicazione su collegamento wireless
 - Gestione degli utenti mobili che cambiano il punto di collegamento alla rete

Wireless LAN: Componenti



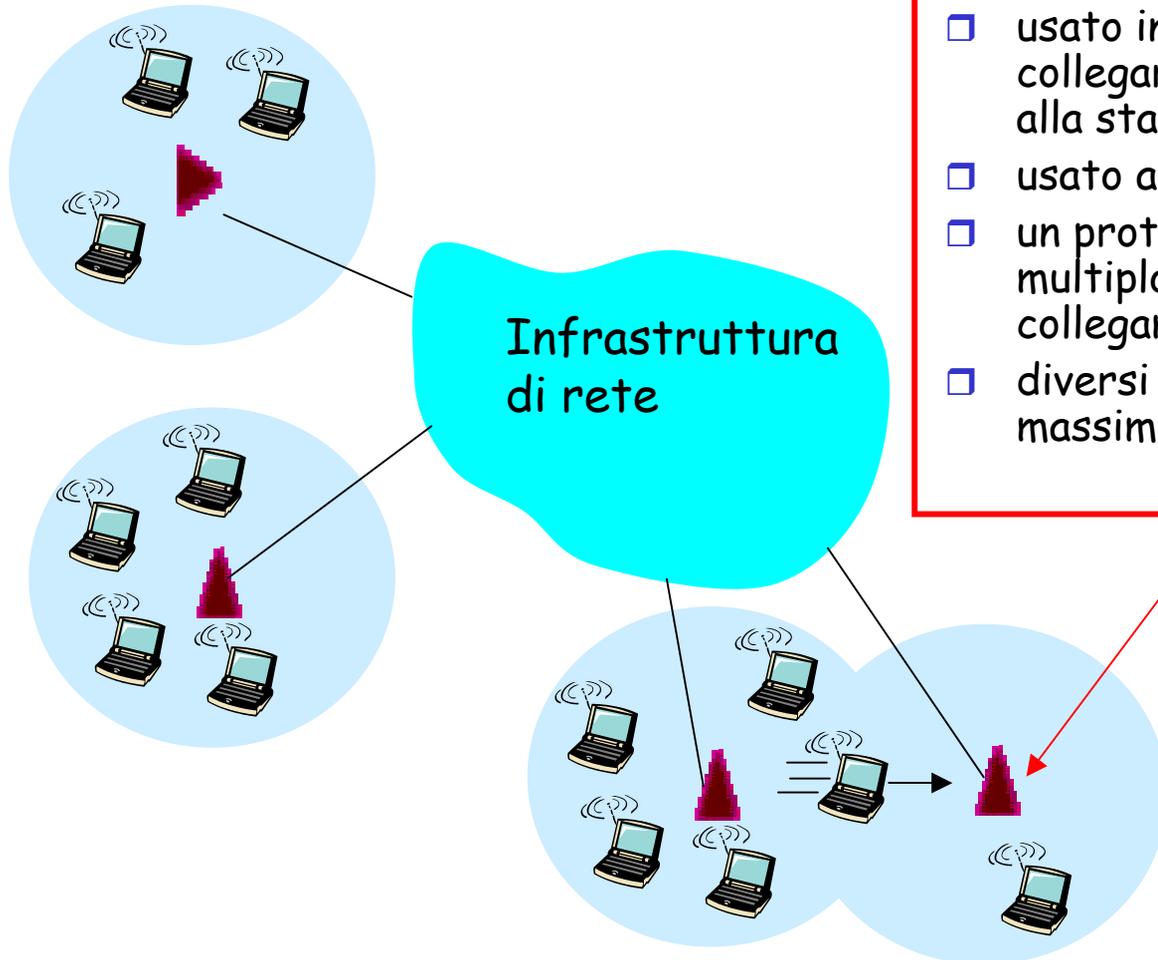
Wireless LAN: Componenti (cont.)



stazione base

- in genere connessa a una rete cablata
- ripetitore: responsabile dell'invio di pacchetti tra reti cablate e host wireless nella sua "area"
 - cell tower nelle reti cellulari e access point nelle LAN 802.11

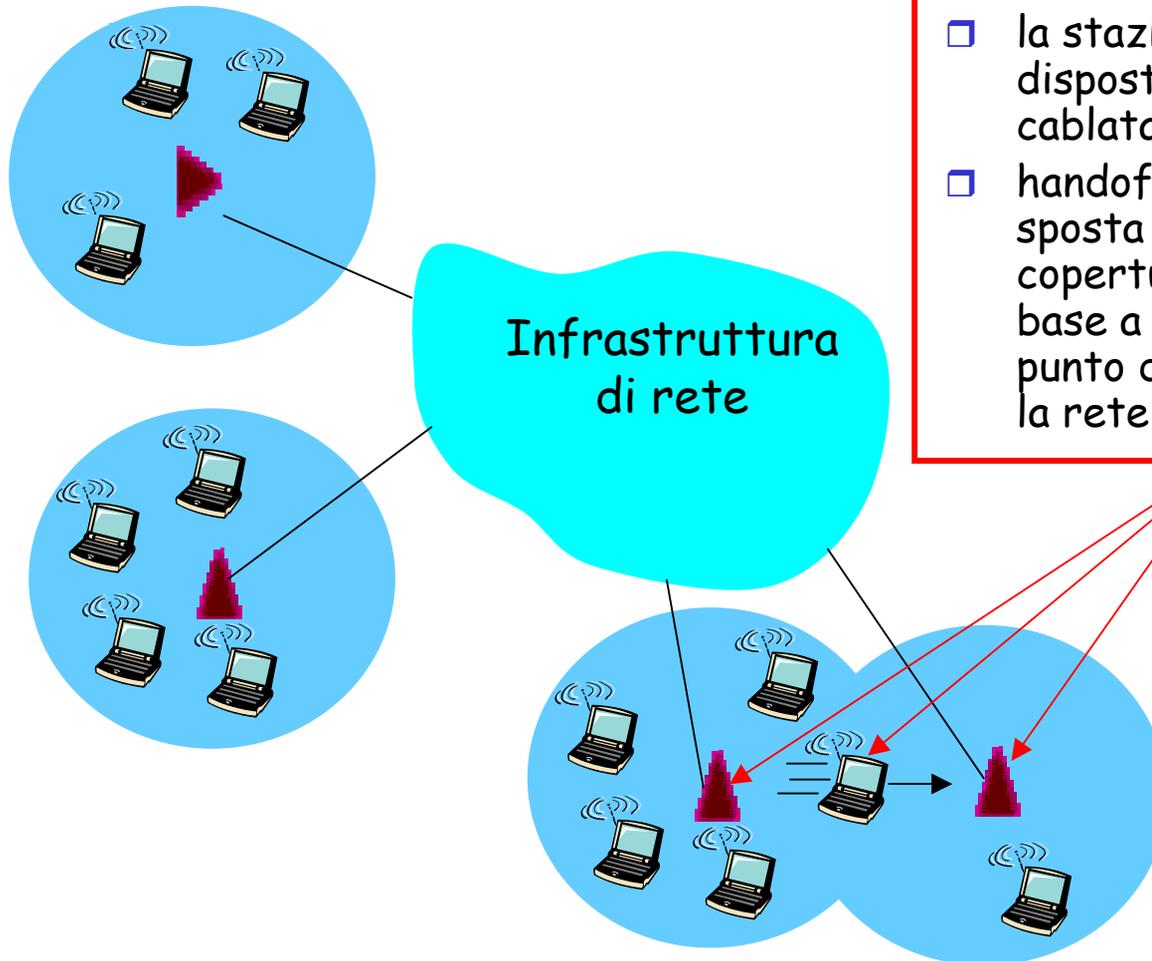
Wireless LAN: Componenti (cont.)



link wireless

- ❑ usato in genere per collegare dispositivi mobili alla stazione base
- ❑ usato anche come dorsale
- ❑ un protocollo ad accesso multiplo regola l'accesso al collegamento
- ❑ diversi tassi trasmissivi e massime distanze utili

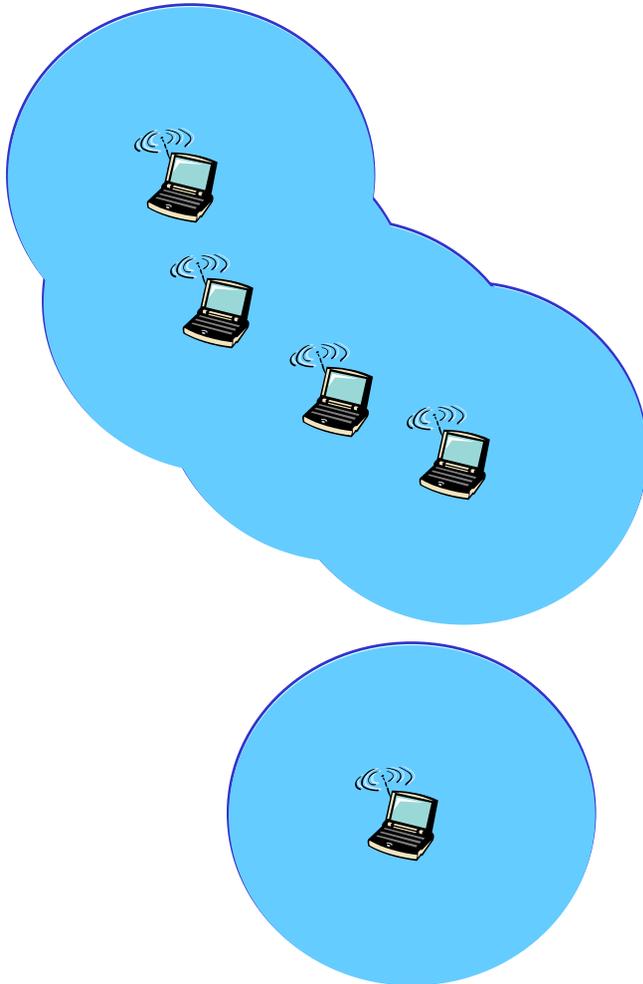
Wireless LAN: Componenti (cont.)



modalità infrastruttura

- ❑ 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

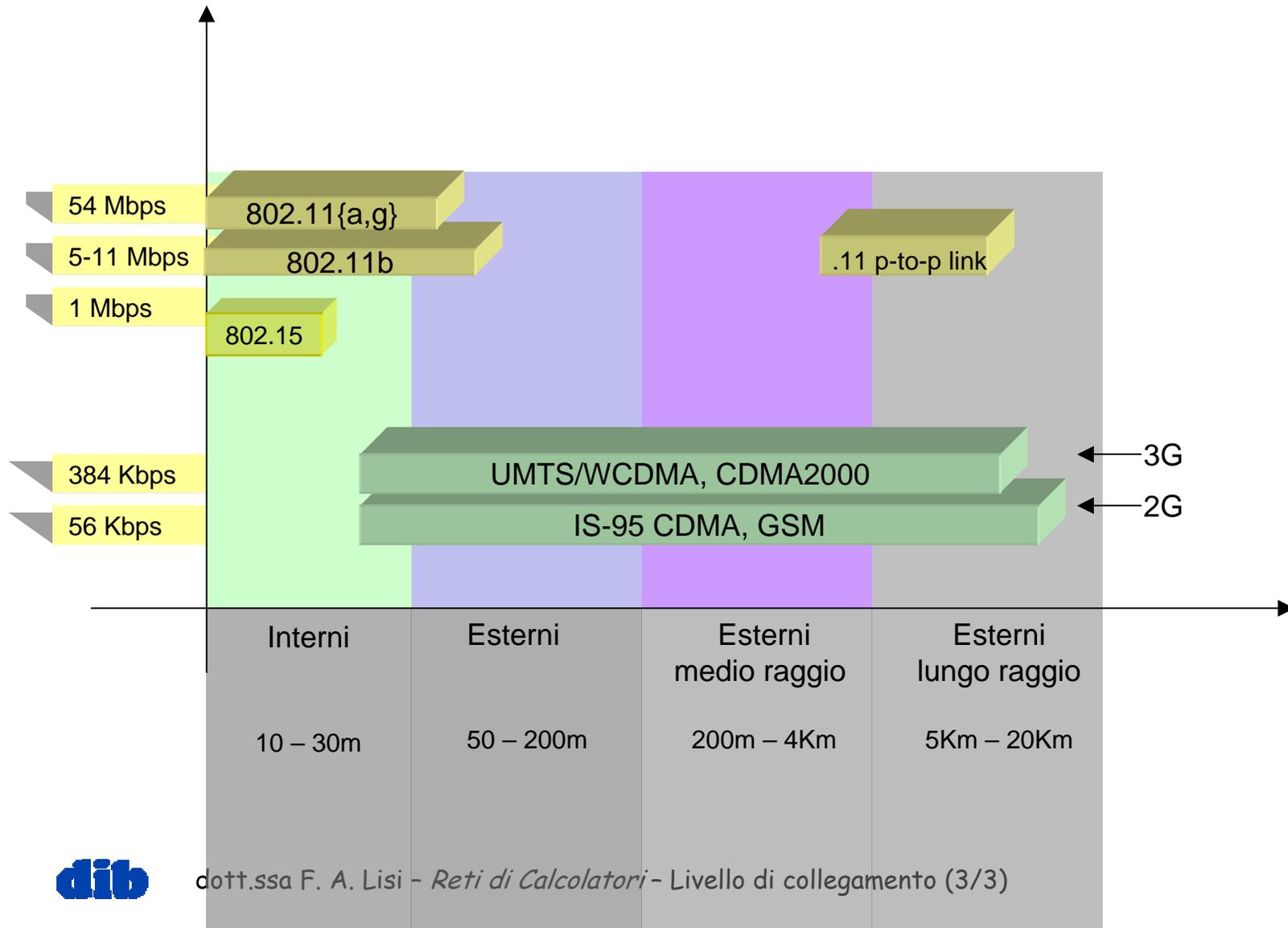
Wireless LAN: Componenti (cont.)



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.

Wireless LAN: Standard a livello di link



Collegamenti wireless e caratteristiche di rete

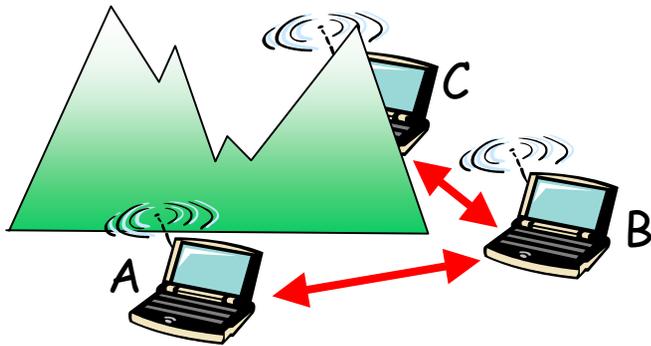
Le differenze rispetto a un collegamento cablato ...

- **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

... rendono la comunicazione attraverso un collegamento wireless (persino un punto-punto) molto più "complessa".

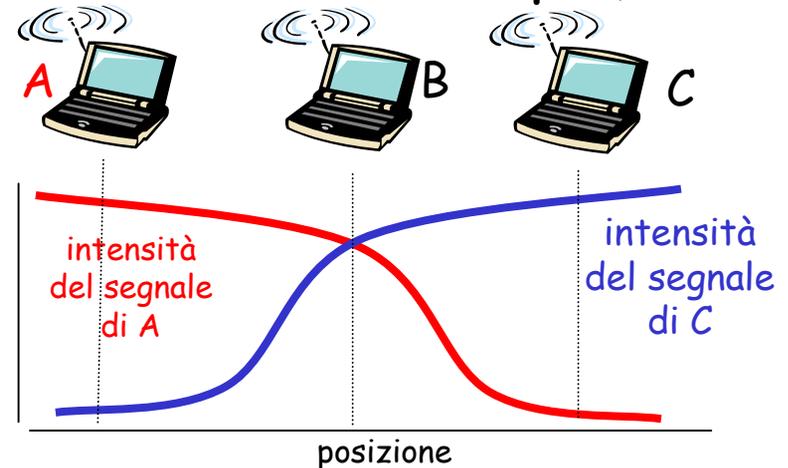
Collegamenti wireless e caratteristiche di rete

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 comunicare
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

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

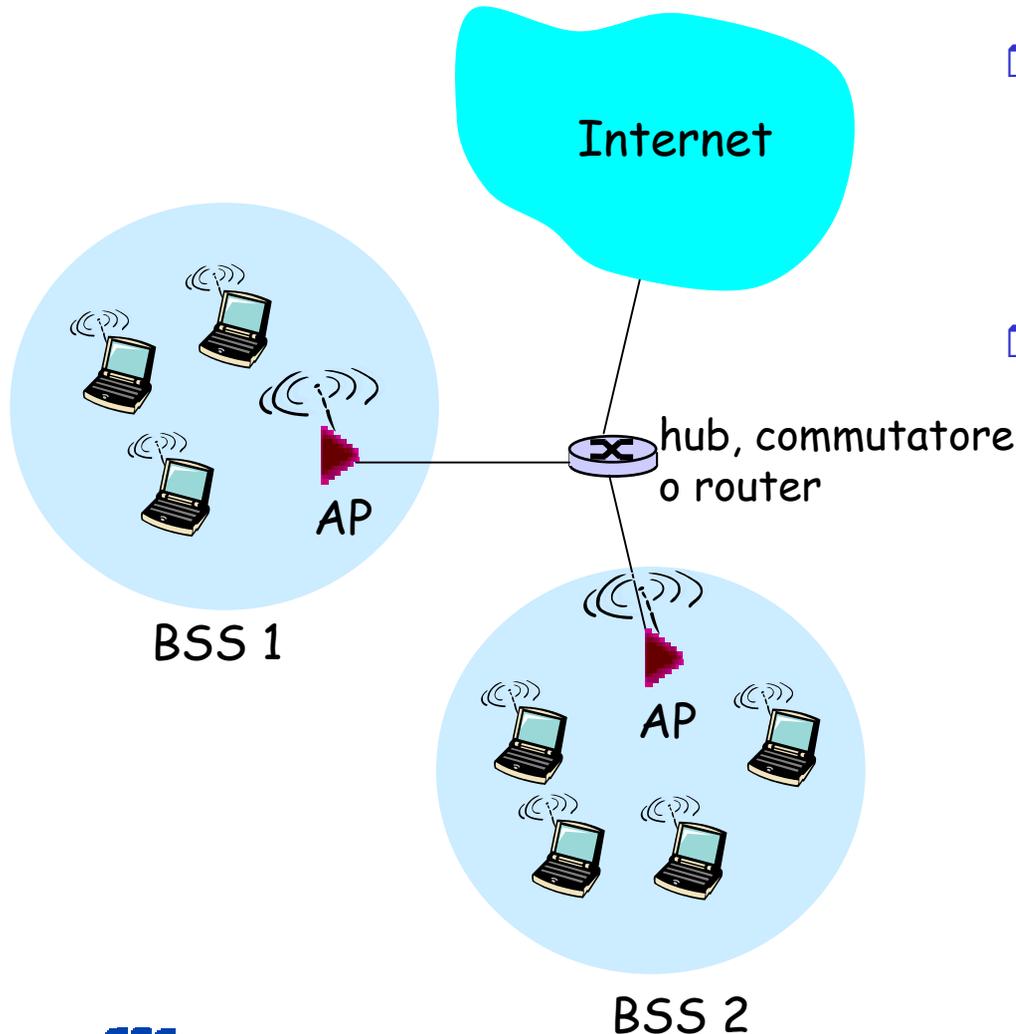
□ 802.11g

- 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.

Wi-Fi 802.11 wireless LAN: Architettura della rete



- gli host wireless comunicano con la stazione base
 - stazione base = punto di accesso (AP)
- Basic Service Set (BSS) (detto anche "cella") in modalità infrastruttura contiene:
 - host wireless
 - punto di accesso (AP): stazione base
 - modalità ad hoc: solo host

Wi-Fi 802.11 wireless LAN: canali e associazioni

- Ogni host deve essere *associato* con un AP
 - Ciascun AP deve inviare periodicamente *pacchetti beacon* che contengono il proprio codice SSID e il proprio indirizzo MAC
 - Ciascun host sceglie l'AP cui associarsi e instaura con esso un dialogo utilizzando il protocollo di associazione
 - Può eseguire autenticazione [Capitolo 8]
 - La stazione invierà un messaggio di ricerca DHCP nella sottorete attraverso l'AP associato per ottenere un indirizzo IP (nella sottorete)

- Es. 802.11b: da 2,4GHz a 2,485GHz. In questi 85 MHz di banda sono definiti 11 canali parzialmente sovrapposti (due canali non si sovrappongono solo se sono separati da quattro o più canali; in particolare i canali 1, 6 e 11 costituiscono l'unica terna p di sovrapposizione
 - AP admin sceglie le frequenze per il punto di accesso
 - Possibili interferenze: il canale può essere lo stesso scelto dall'AP vicino!

Wi-Fi 802.11 wireless LAN: accesso multiplo con CSMA/CA

- ❑ Come Ethernet, utilizza CSMA
- ❑ Ma 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
- ❑ Obiettivo:

***evitare le collisioni:* CSMA/C(ollision)A(voidance)**

Wi-Fi 802.11 wireless LAN: accesso multiplo con CSMA/CA (cont.)

Sorgente 802.11

1 se percepisce il canale inattivo, allora:

- trasmette l'intero pacchetto (no CD)

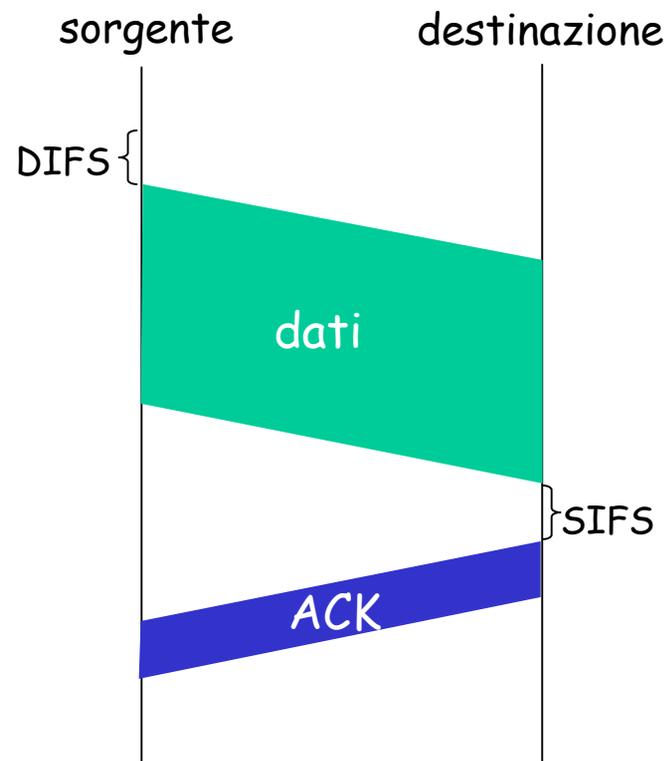
2 se percepisce il canale occupato, allora:

- 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

Destinazione 802.11

Se il pacchetto ricevuto è OK

- invia un ACK (necessario a causa del problema del terminale nascosto)



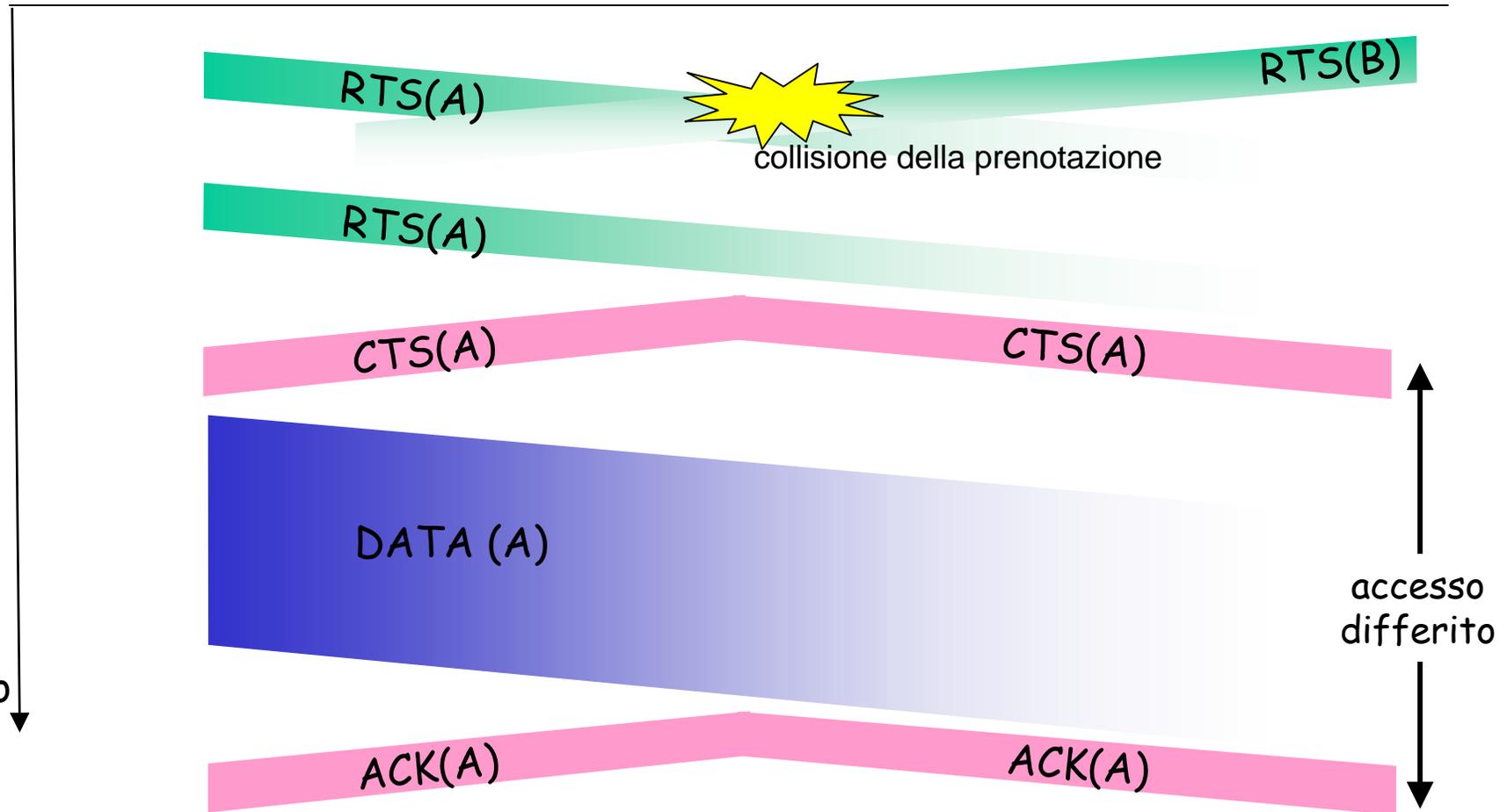
Wi-Fi 802.11 wireless LAN: RTS/CTS

idea: consentire al mittente di "prenotare" il canale: si evitano così le collisioni anche durante l'invio di lunghi pacchetti di dati.

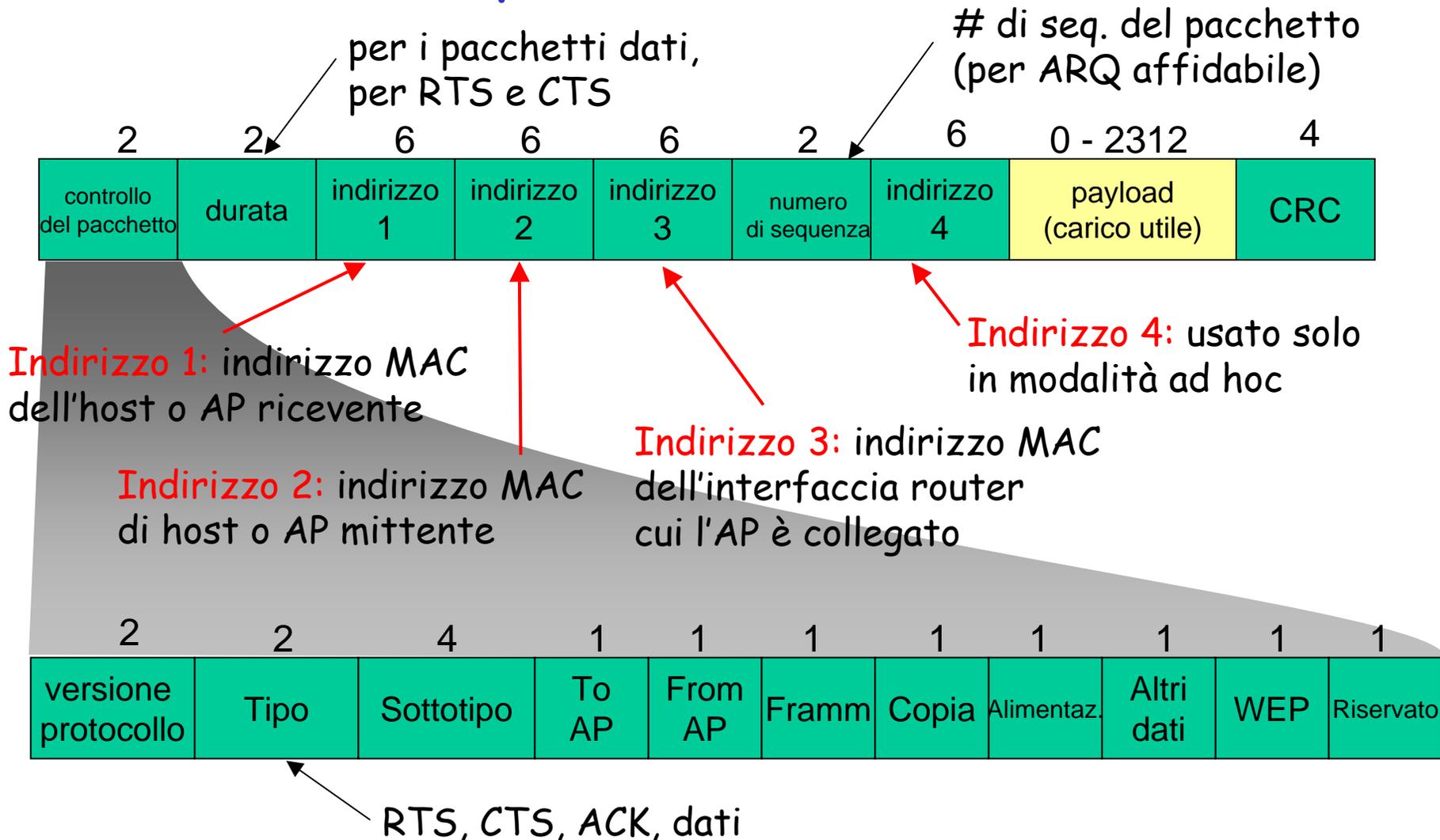
- ❑ opzionale; non viene sempre usato
- ❑ Il mittente inizia a trasmettere un *piccolo* pacchetto RTS (*request-to-send*) all'AP usando CSMA
 - possono verificarsi collisioni tra i pacchetti RTS (ma sono comunque molto piccoli)
- ❑ AP risponde diffondendo in broadcast il pacchetto CTS (*clear-to-send*) 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 completamente le collisioni
usando piccoli pacchetti di prenotazione!

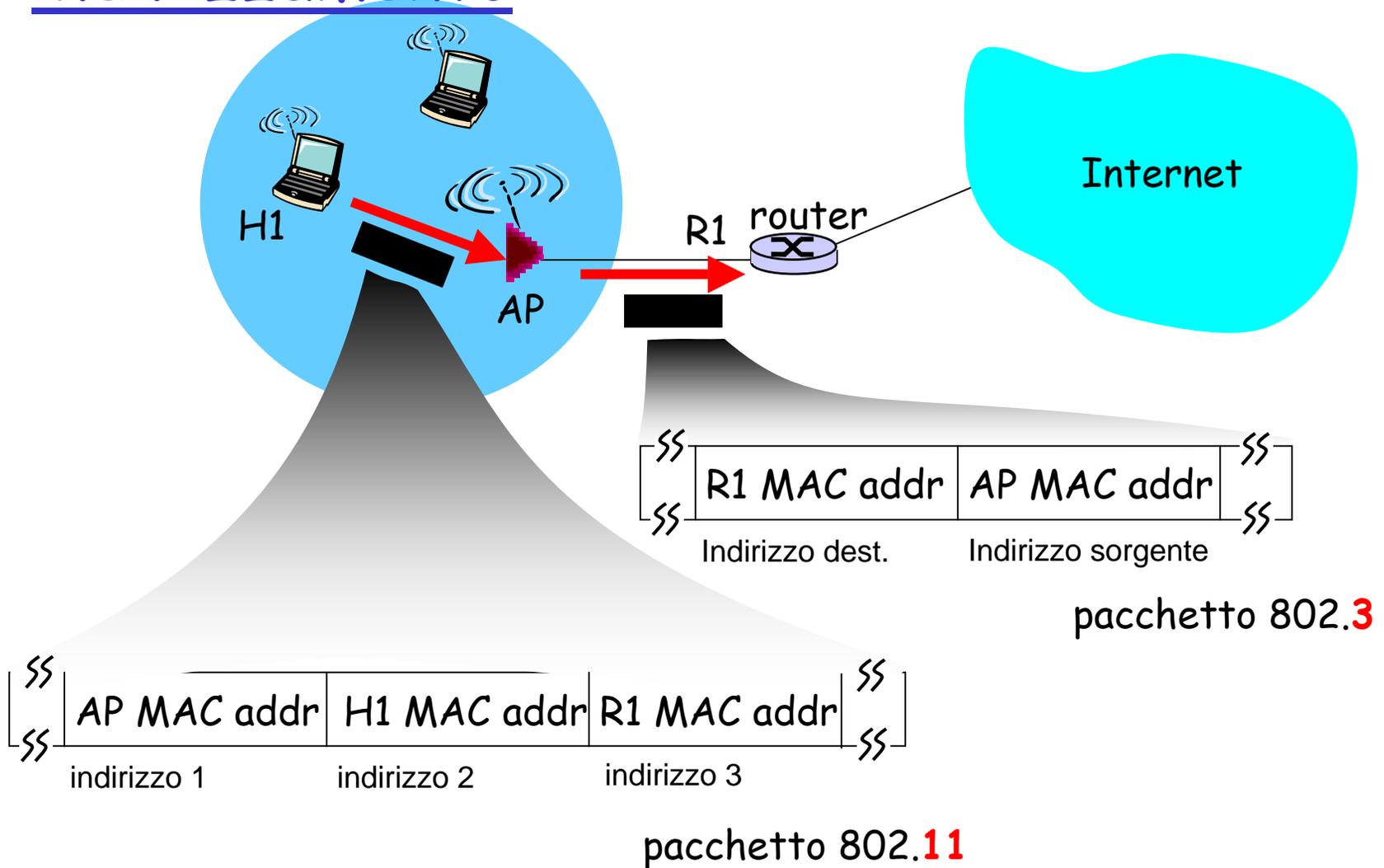
Wi-Fi 802.11 wireless LAN: RTS/CTS (cont.)



Wi-Fi 802.11 wireless LAN: struttura dei pacchetti

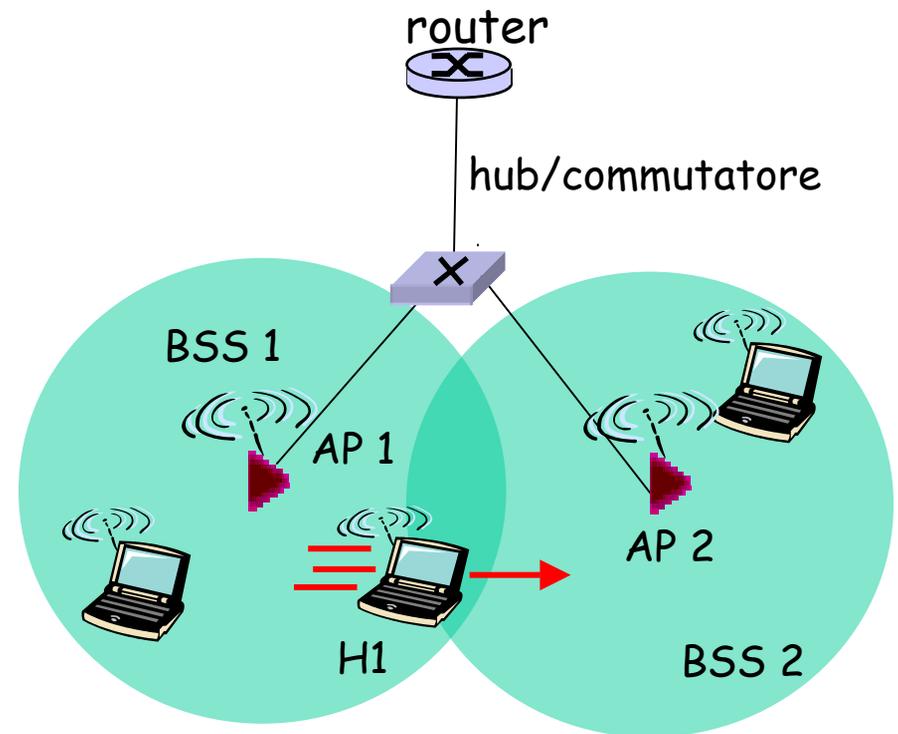


Wi-Fi 802.11 wireless LAN: indirizzamento



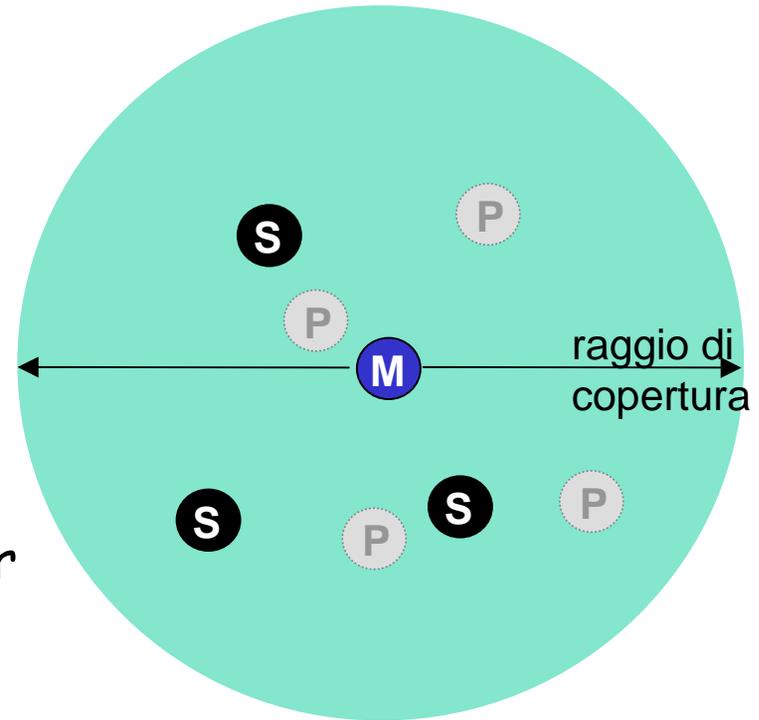
Wi-Fi 802.11 wireless LAN: mobilità sulle sottoreti

- H1 rimane nella stessa sottorete IP: l'indirizzo IP può rimanere invariato
- commutatore: quale AP è associato a H1?
 - I commutatori si auto-istruiscono (Cap. 5) e "ricordano" quale porta può essere usata per raggiungere H1



802.15 wireless PAN

- ❑ Copertura con raggio ≈ 10 mt
- ❑ Simula un cavo a bassa frequenza (per mouse, tastiera, altre periferiche)
- ❑ Modalità ad hoc con 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



- M** Master
- S** Slave
- P** In sosta (inattivo)