Programmazione in Rete a.a. 2005/2006

http://www.di.uniba.it/~lisi/courses/prog-rete/prog-rete0506.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 (2/3)

- Servizi dello strato di collegamento
- Protocolli di accesso multiplo
- ☐ Reti locali (LAN)
 - Indirizzamento LAN
 - ☐ Interconnessione di LAN
- □ Reti locali cablate: Ethernet LAN
- Reti locali non cablate: Wireless LAN



Reti locali

- □ Una rete in area locale (o local area network, LAN) è una rete di calcolatori che si estende in un'area limitata, p.es. un edificio.
- ☐ Un utente accede ad Internet attraverso (nell'ordine) un host, la LAN ed un router
- □ LAN cablate:
 - ☐ Ethernet (o IEEE 802.3)
 - □ Token ring (o IEEE 802.5)
 - ☐ FDDI
 - \square ATM
- LAN ad onda libera:
 - Wi-Fi (o IEEE 802.11)

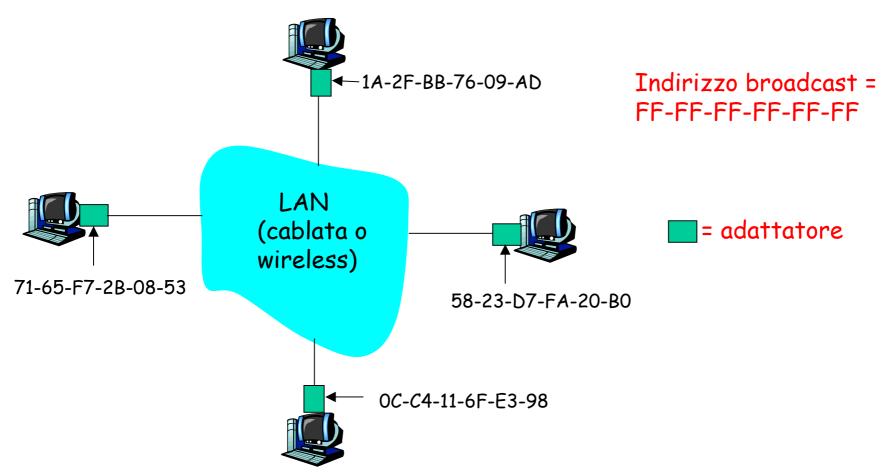
Indirizzamento LAN

- ☐ Indirizzo IP:
 - □Lungo 32 bit.
 - ☐ Fa riferimento al *livello di rete.*
 - Analogo all'indirizzo postale di una persona: hanno una struttura gerarchica e devono esser aggiornati quando una persona cambia residenza.
- □ Indirizzo MAC (o LAN o fisico o Ethernet):
 - Lungo 48 bit (per la maggior parte delle LAN).
 - ☐ Fa riferimento al livello di collegamento.
 - □ Analogo al numero di codice fiscale di una persona: ha una struttura orizzontale e non varia a seconda del luogo in cui la persona si trasferisce.



Indirizzamento LAN

Ciascun adattatore di una LAN ha un indirizzo LAN univoco.





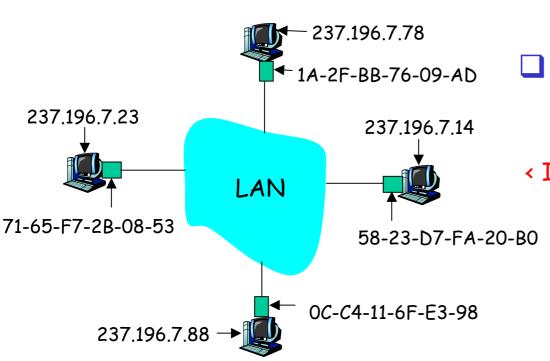
Indirizzamento LAN

- ☐ La IEEE sovrintende alla gestione degli indirizzi MAC.
- Quando una società vuole costruire adattatori, compra un blocco di spazio di indirizzi (unicità degli indirizzi).
- Analogia:
 - (a) Indirizzo MAC: analogo al codice fiscale di una persona.
 - (b) Indirizzo IP: analogo all'indirizzo postale di una persona.
- □ Indirizzo orizzontale MAC → portabilità
 - □ È possibile spostare una scheda LAN da una LAN a un'altra.
- ☐ Gli indirizzi IP hanno una struttura gerarchica e devono essere aggiornati se spostati.
 - dipendono dalla sottorete IP cui il nodo è collegato.



<u>Indirizzamento LAN:</u> Protocollo per la risoluzione degli indirizzi

Domanda: come si determina l'indirizzo MAC di B se si conosce solo l'indirizzo IP di B?



- ARP (Address Resolution Protocol)
- Ogni nodo IP (host, router) nella LAN ha una tabella ARP.
- □ Tabella ARP: contiene la corrispondenza tra indirizzi IP e MAC.
- < Indirizzo IP; Indirizzo MAC; TTL>
 - □ TTL (tempo di vita): valore che indica quando bisognerà eliminare una data voce nella tabella (il tempo di vita tipico è di 20 min).



<u>Indirizzamento LAN:</u> invio verso nodi interni ad una rete IP

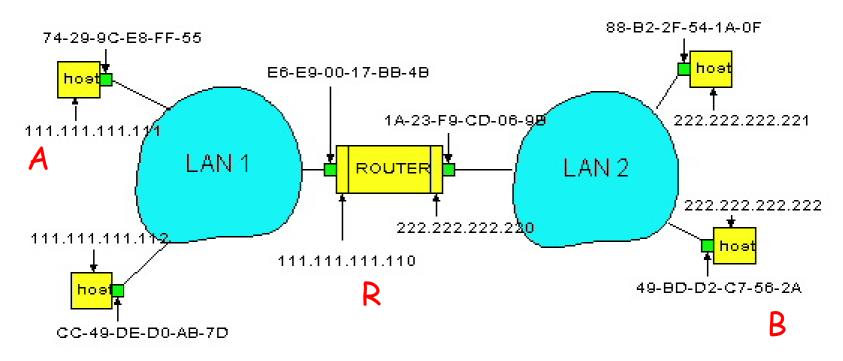
- ☐ A vuole inviare un datagramma a B, e l'indirizzo MAC di B non è nella tabella ARP di A.
- ☐ A trasmette in un pacchetto broadcast il messaggio di richiesta ARP, contenente l'indirizzo IP di B.
 - ☐ Indirizzo MAC del destinatario= FF-FF-FF-FF-FF
 - ☐ Tutte le macchine della LAN ricevono una richiesta ARP.
- B riceve il pacchetto ARP, e risponde ad A comunicandogli il proprio indirizzo MAC.
 - il frame viene inviato all'indirizzo MAC di A.

- □ Il messaggio di richiesta ARP è inviato in un pacchetto broadcast mentre il messaggio di risposta ARP è inviato in un pacchetto standard.
- □ ARP è "plug-and-play":
 - La tabella ARP di un nodo si costituisce automaticamente e non deve essere configurata dall'amministratore del sistema.



<u>Indirizzamento LAN:</u> invio verso nodi esterni ad una rete IP

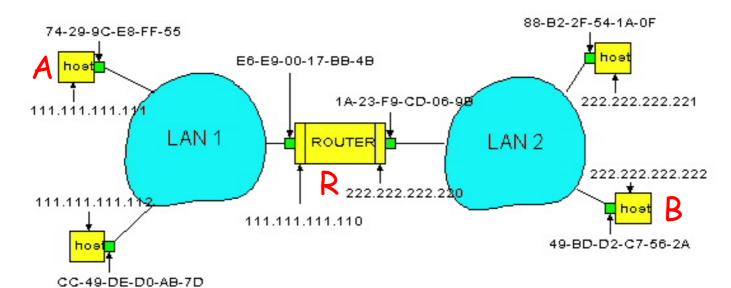
Invio di un datagramma da A a B attraverso R, ipotizzando che A conosca l'indirizzo IP di B.



□ Due tabelle ARP nel router R, una per ciascuna rete IP (LAN).



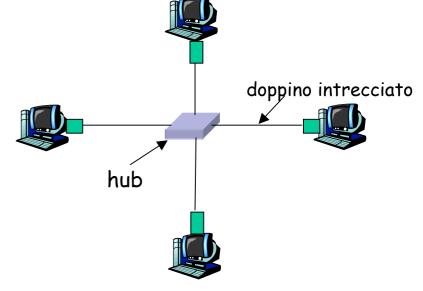
- ☐ A crea un datagramma con origine A, e destinazione B.
- ☐ A usa ARP per ottenere l'indirizzo MAC di R.
- ☐ A crea un collegamento a livello di rete con l'indirizzo MAC di destinazione di R, il frame contiene il datagramma IP da A a B.
- L'adattatore di A invia il datagramma.
- L'adattatore di R riceve il datagramma.
- R rimuove il datagramma IP dal frame Ethernet, e vede che la sua destinazione è B.
- R usa ARP per ottenere l'indirizzo MAC di B.
- □ R crea un frame contenente il datagramma IP da A a B IP e lo invia a B.





Interconnessione di LAN: Hub (o ripetitore)

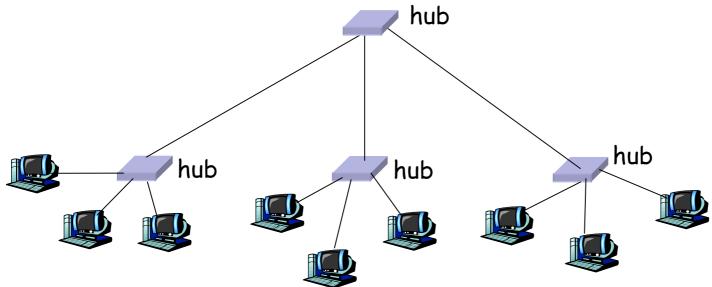
- L'hub (o ripetitore) è un dispositivo che opera sui singoli bit:
- all'arrivo di un bit, l'hub lo riproduce incrementandone l'energia e lo trasmette attraverso tutte le sue altre interfacce.
- non implementa la rilevazione della portante né CSMA/CD
- □ ripete il bit entrante su tutte le interfacce uscenti anche se su qualcuna di queste c'è un segnale
- □ trasmette in broadcast, e quindi ciascun adattatore può sondare il canale per verificare se è libero e rilevare una collisione mentre trasmette
- fornisce aspetti di gestione di rete.





Interconnessione di LAN con hub

- ☐ Utilizzare hub è il modo più semplice per interconnettere le LAN.
- Permette di incrementare la distanza tra i nodi.
- Quando un hub dipartimentale manifesta un funzionamento non conforme, l'hub della dorsale rileva il problema e lo disconnette dalla LAN.
- □ Impossibile interconnettere 10BaseT e 100BaseT.



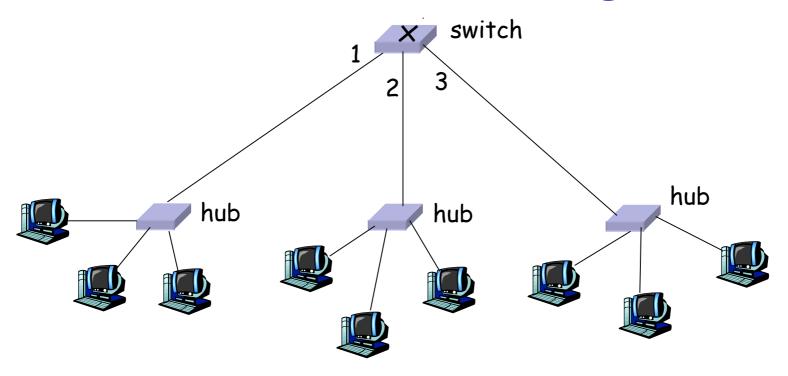


Interconnessione di LAN: switch (o commutatore)

- ☐ Uno switch è un dispositivo del livello di link:
 - ☐ Filtra e inoltra i pacchetti.
 - Esamina l'indirizzo di destinazione e lo invia all'interfaccia corrispondente alla sua destinazione.
 - ☐ Quando un pacchetto è stato inoltrato nel segmento, usa CSMA/CD per accedere al segmento.
- □ Trasparente
 - ☐ Gli host sono inconsapevoli della presenza di switch.
- □ Plug-and-play (autoapprendimento)
 - ☐ Gli switch non hanno bisogno di essere configurati.



Interconnessione di LAN con switch: problema dell'inoltro (*forwarding*)



- Come si individua l'interfaccia verso cui un pacchetto deve essere diretto?
- · Sembra proprio un problema d'instradamento...



Interconnessione di LAN con switch: Autoapprendimento

- ☐ Le operazioni sono eseguite mediante una tabella di commutazione.
- ☐ Lo switch archivia nelle proprie tabelle:
 - ☐ l'indirizzo MAC, l'interfaccia e il momento dell'arrivo.
 - □ Se lo switch non riceve pacchetti da un determinato indirizzo sorgente, lo cancella (tempo di invecchiamento, TTL = 60 min)
- □ Lo switch *apprende* quali nodi possono essere raggiunti attraverso determinate interfacce
 - quando riceve un pacchetto, lo switch "impara" l'indirizzo del mittente
 - registra la coppia mittente/indirizzo nella sua tabella di commutazione



<u>Interconnessione di LAN con switch:</u> <u>Filtraggio e inoltro</u>

Quando uno switch riceve un pacchetto:

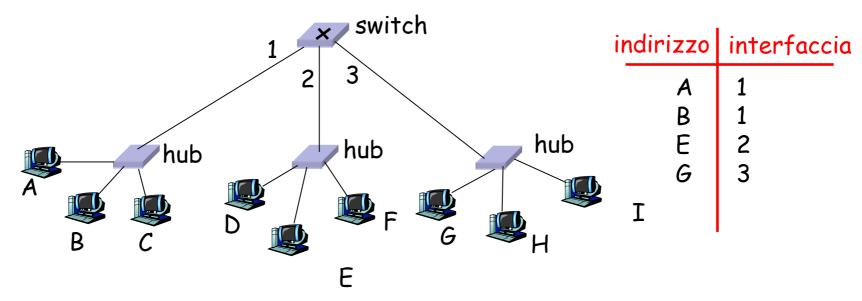
```
(gli switch utilizzano indirizzi MAC)
if entry found for destination
    then{
    if dest on segment from which frame arrived
        then drop the frame
        else forward the frame on interface indicated
    }
    else flood
        Lo inoltra a tutti tranne all'interfaccia
```

dalla quale è arrivato il pacchetto



Interconnessione di LAN con switch: esempio

Supponiamo che C invii un pacchetto a D

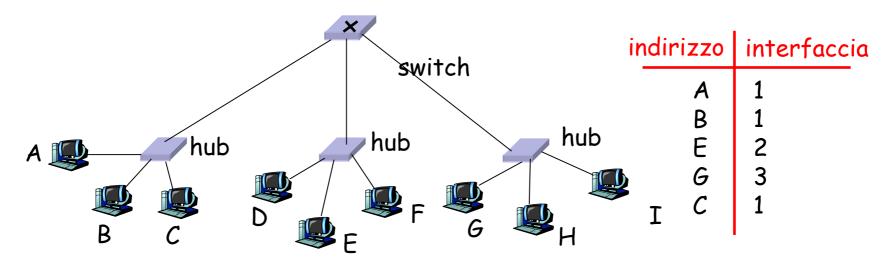


- ☐ Lo switch riceve il pacchetto da C:
 - annota nella tabella di commutazione che C si trova nell'interfaccia 1.
 - □ Poiché D non è presente nella tabella, lo switch inoltra il pacchetto alle interfacce 2 e 3.
- □ Il pacchetto viene ricevuto da D.



Interconnessione di LAN con switch: esempio (cont.)

Supponiamo che D risponda a C con l'invio di un pacchetto.



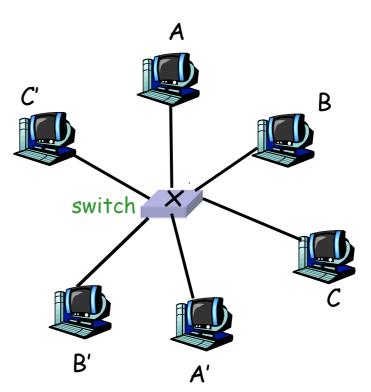
- ☐ Lo switch riceve il pacchetto da D:
 - annota nella tabella di commutazione che D si trova nell'interfaccia 2
 - poiché C si trova già nella tabella, lo switch inoltra il pacchetto solo all'interfaccia 1.
- □ Il pacchetto viene ricevuto da C.



Interconnessione di LAN con switch: accesso dedicato

- Switch con molte interfacce.
- Gli host hanno una connessione diretta con lo switch.
- Esclude qualsiasi possibilità di collisione; opera in modalità full duplex.

Commutazione: A-a-A' e B-a-B' simultaneamente, senza collisioni.



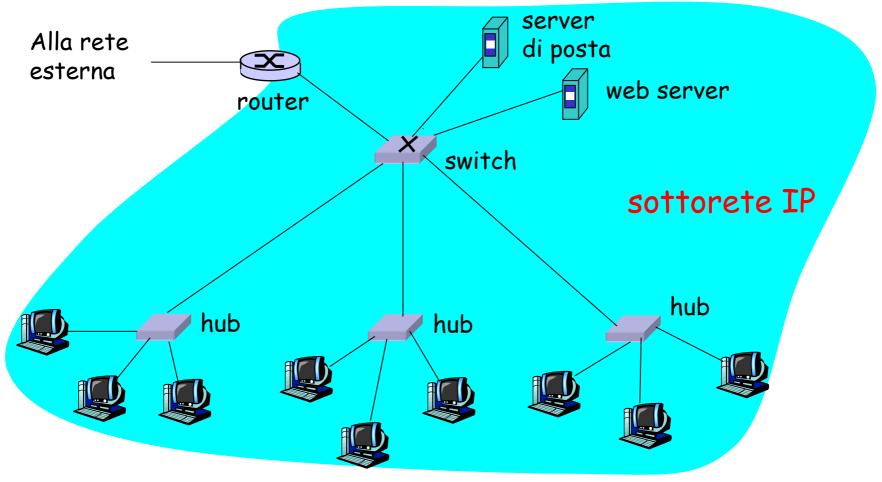


Interconnessione di LAN con switch: commutazione cut-through

- Lo switch cut-through inizia la trasmissione della parte iniziale del pacchetto anche se questo non è pervenuto integralmente.
- □ Lo switch cut-through riduce il ritardo solamente di un tempo compreso tra 0,12 e 1,2 ms, ed esclusivamente con carichi leggeri del collegamento in uscita. Un vantaggio piuttosto limitato...



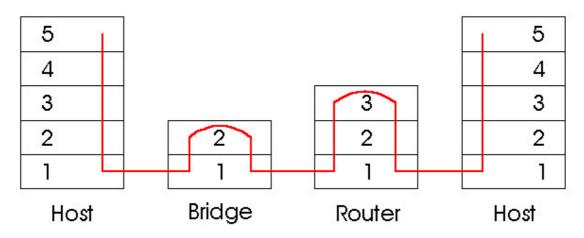
Interconnessione di LAN con switch: Esempio di rete di un'istituzione





Interconnessione di LAN con switch: Switch e router a confronto

- □ Entrambi sono dispositivi store-and-forward
 - □ router: dispositivi a livello di rete
 - □ switch: dispositivi a livello di link
- ☐ I router mantengono tabelle d'inoltro e implementano algoritmi d'instradamento
- Gli switch mantengono tabelle di commutazione e implementano il filtraggio e algoritmi di autoapprendimento





Interconnessione di LAN: Sintesi delle caratteristiche

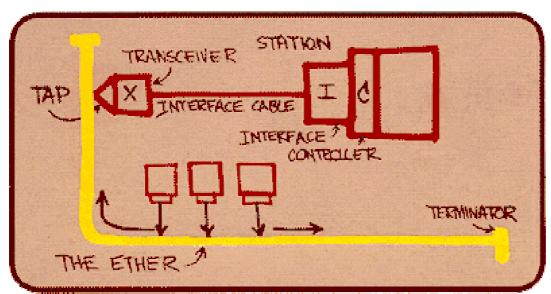
	<u>hub</u>	<u>router</u>	commutatore
Isolamento del traffico	no	Sì	Sì
Plug and play	Sì	no	Sì
Instradamento ottimale	no	Sì	no
Cut-through	sì	no	Sì



Ethernet

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.

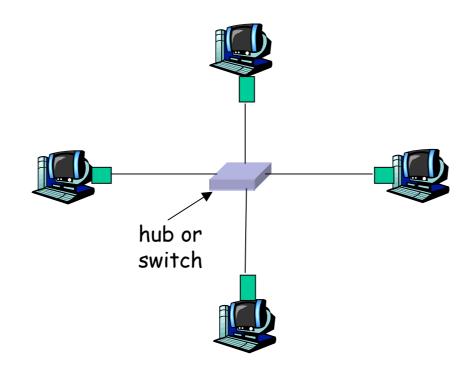


Il progetto originale di Bob Metcalfe che portò allo standard Ethernet.



Ethernet: Topologia a stella

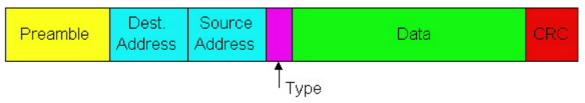
- La topologia a bus era diffusa fino alla metà degli anni 90.
- Quasi tutte le odierne reti Ethernet sono progettate con topologia a stella.
- ☐ Al centro della stella è collocato un hub o commutatore (switch).





Ethernet: Struttura dei pacchetti

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



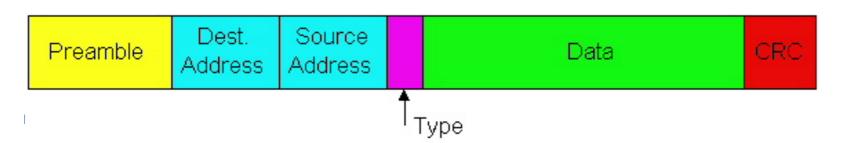
Preambolo:

- □ 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: 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).
- □ Controllo CRC: consente all'adattatore ricevente di rilevare la presenza di un errore nei bit del pacchetto.



27

Ethernet: 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: uso del protocollo CSMA/CD

- □ Non utilizza slot.
- Non può trasmettere un pacchetto quando rileva che altri adattatori stanno trasmettendo: rilevazione della portante.
- ☐ Annulla la propria trasmissione non appena rileva che un altro adattatore sta trasmettendo: rilevazione di collisione.
- □ Prima di ritrasmettere, l'adattatore resta in attesa per un lasso di tempo stabilito arbitrariamente.



Ethernet: uso del protocollo 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'adattore rimane in attesa.

 Quando riscontra l'*n*-esima
 collisione consecutiva, stabilisce
 un valore *k* tra {0,1,2,...,2^m-1}.
 L'adattatore aspetta un tempo
 pari a *K* volte 512 bit e ritorna
 al Passo 2.



Ethernet: uso del protocollo 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.

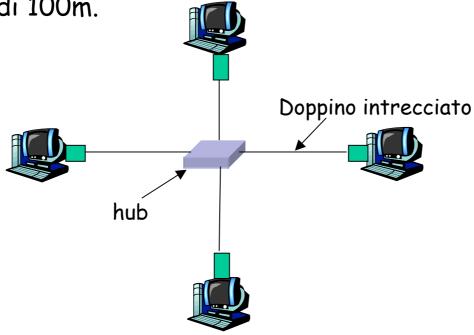
Attesa esponenziale:

- 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,...,1023}.



Ethernet: Tecnologie 10BaseT e 100BaseT

- ☐ Attualmente, molti adattatori Ethernet sono a 10/100 Mbps; possono quindi utilizzare sia 10BaseT sia 100BaseT
- □ La lettera Tè 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: 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!



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

- Servizi dello strato di collegamento
- Protocolli di accesso multiplo
- Reti locali (LAN)
 - Indirizzamento LAN
 - ☐ Interconnessione di LAN
- □ Reti locali cablate: Ethernet LAN
- Reti locali non cablate: Wireless LAN

