

Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni



Corso di Reti di Calcolatori

Docente: Simon Pietro Romano
spromano@unina.it

Lo strato di collegamento:

Ethernet – Hub – Bridge – Switch



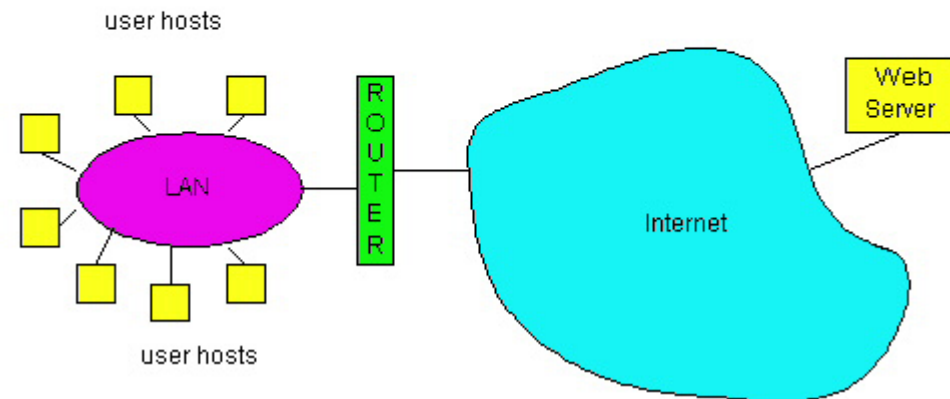
Tecnologie per le LAN

Riepilogo dei compiti del livello Data link:

- servizi, rilevamento/correzione degli errori, accesso al canale

Agenda: tecnologie per le LAN

- Indirizzamento
- Ethernet
- Hub, bridge, switch





Indirizzi IP ed indirizzi LAN

Indirizzi IP a 32-bit:

- Indirizzi di *livello rete*
- Usati per permettere la corretta consegna del pacchetto ad un destinatario collegato alla rete

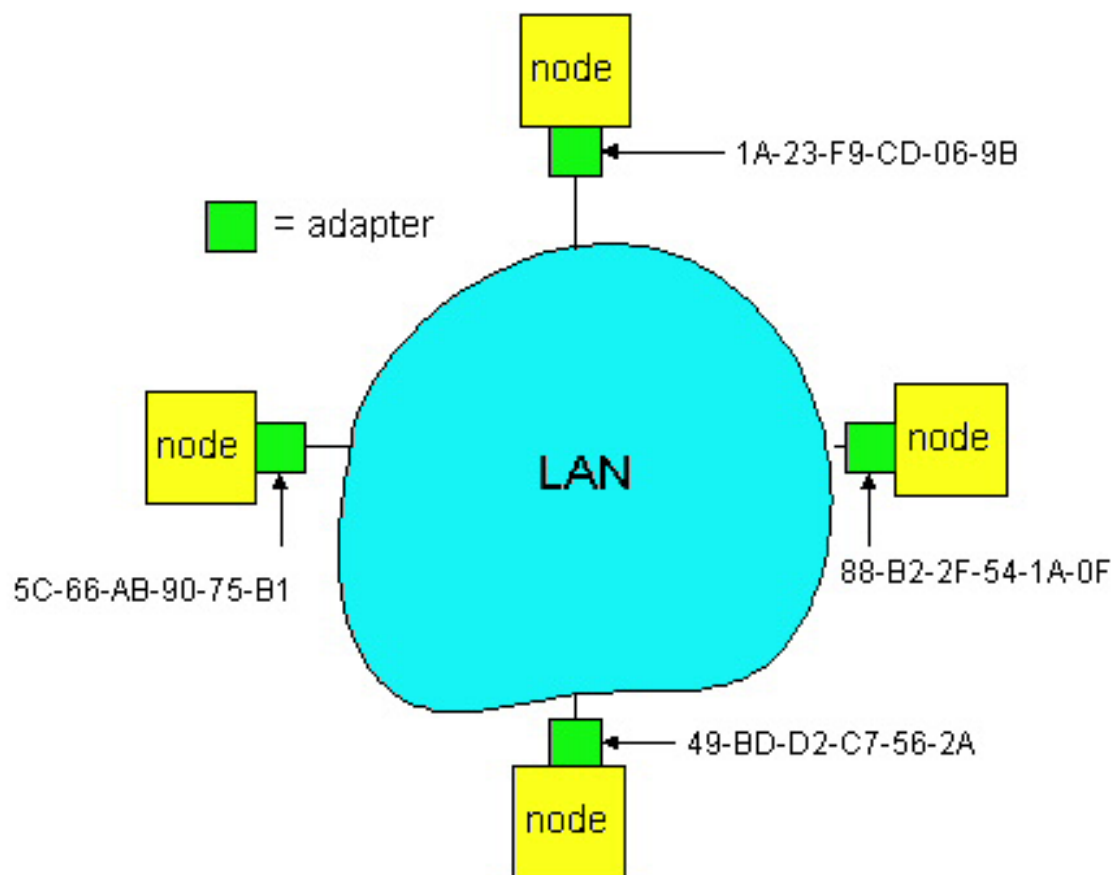
Indirizzi LAN (o MAC o fisici):

- usati per permettere la trasmissione di una frame da una scheda di rete ad un'altra scheda con cui sussiste un collegamento diretto (stessa rete fisica)
- indirizzi MAC di 48 bit (per la maggior parte delle LAN) cablati nelle ROM delle schede di rete



Indirizzi LAN

Ogni scheda di rete su una LAN ha un indirizzo LAN univoco





Indirizzi LAN

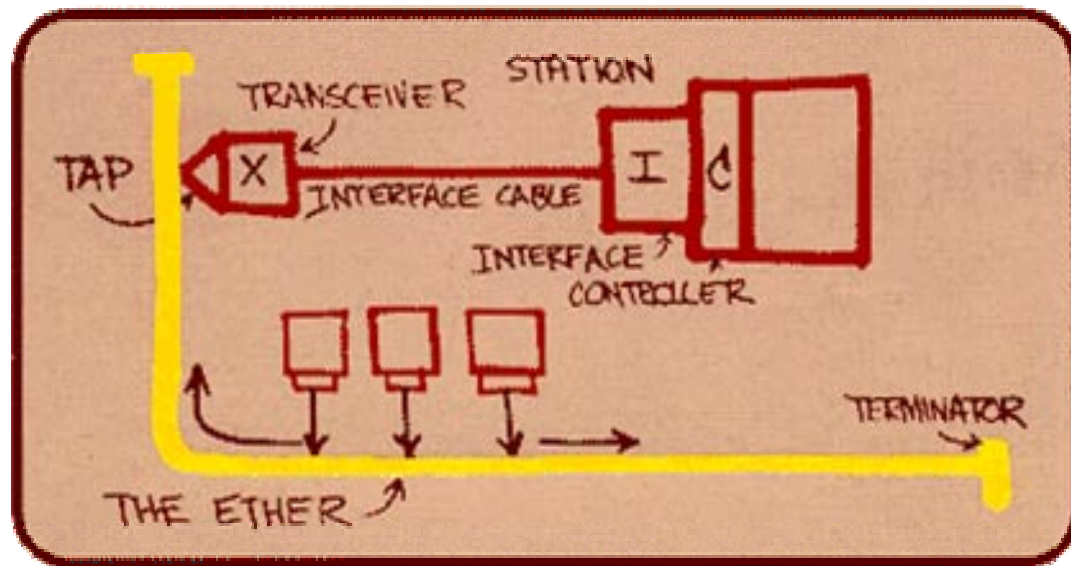
- Distribuzione degli indirizzi MAC gestita da IEEE
- I produttori di schede di rete detengono una porzione degli indirizzi MAC (per garantire l'univocità)
- Analogie:
 - (a) MAC address: come il Codice Fiscale
 - (b) IP address: come l'Indirizzo di Posta
- MAC "flat" address → portabilità
 - è possibile spostare una scheda di rete da una LAN ad un'altra
- Classi gerarchiche di indirizzi IP:
 - NON SONO portabili
 - dipendono dalla rete alla quale si è collegati



Ethernet

Tecnologia “dominante” per le LAN:

- Economica: 20€ per 100Mbs!
- La prima tecnologia LAN ampiamente diffusa
- Più semplice ed economica rispetto alle LAN “a token” e ad ATM
- Aggiornata nel corso degli anni: 10, 100, 1000 Mbps

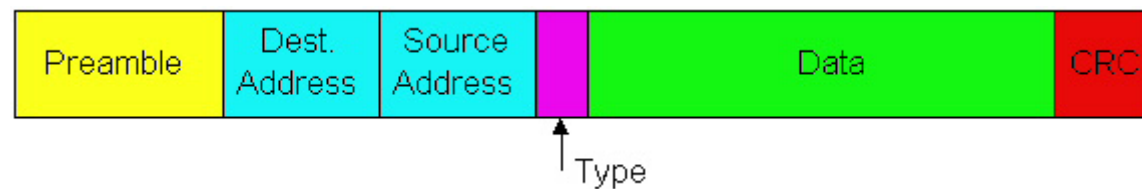


Uno schizzo del progetto di Metcalfe per la rete Ethernet



Struttura della Frame Ethernet 1/2

L'interfaccia di rete del mittente incapsula i datagrammi IP (o altri pacchetti di livello rete) in **frame Ethernet**



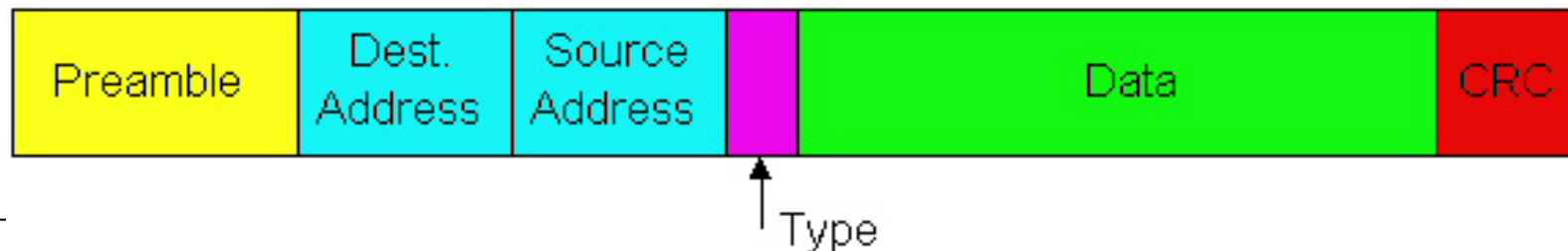
Preambolo:

- 7 byte con una sequenza 10101010 seguiti da un byte con la sequenza 10101011
- utilizzato per sincronizzare i clock del mittente e del destinatario



Struttura della Frame Ethernet 2/2

- **Indirizzi** di 6 byte. La frame è ricevuta da tutti gli adattatori di rete presenti sulla LAN, e scartata se l'indirizzo destinazione non coincide con quello della scheda stessa — (indirizzo broadcast: `ff:ff:ff:ff:ff:ff`)
- **Type**: indica il protocollo di livello rete sovrastante, principalmente IP, ma altri protocolli (ad esempio Novell IPX e AppleTalk) sono supportati
- **CRC**: controllo effettuato alla destinazione:
 - se l'errore è rilevato, la frame viene scartata





Ethernet: impiego del CSMA/CD

```
A: ascolta il canale, if idle
  then {
    transmit and monitor the channel;
    If detect another transmission
      then {
        abort and send jam signal;
        update # collisions;
        delay as required by exponential backoff algorithm;
        goto A
      }
      else {done with the frame; set collisions to zero}
  }
else {wait until ongoing transmission is over and
  goto A}
```



CSMA/CD

Jam Signal: consente alle altre stazioni di accorgersi dell'avvenuta collisione (48 bit)

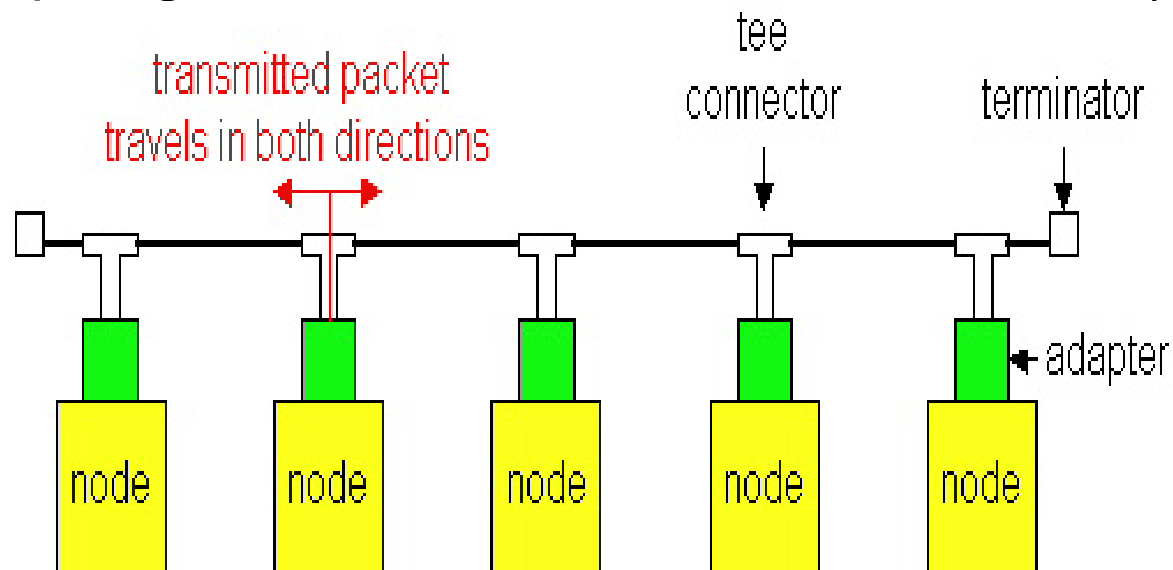
Exponential Backoff:

- **Obiettivo:** algoritmo per adattare i successivi tentativi di ri-trasmissione al carico corrente della rete
 - in presenza di sovraccarico il tempo d'attesa casuale sarà maggiore:
 - prima collisione: scegli K tra {0,1}; il ritardo di trasmissione è pari ad un intervallo $K \times 512$ bit (pari a 51.2 usec)
 - dopo la seconda collisione: scegli K tra {0,1,2,3}...
 - dopo 10 o più collisioni, scegli K tra {0,1,2,3,4,...,1023}
- **Segnale:** in banda base, codifica Manchester



Ethernet Technologies: 10Base2

- **10**: 10Mbps; **2**: massima lunghezza del cavo: 200 metri
- Topologia a bus su cavo coassiale sottile (thin)

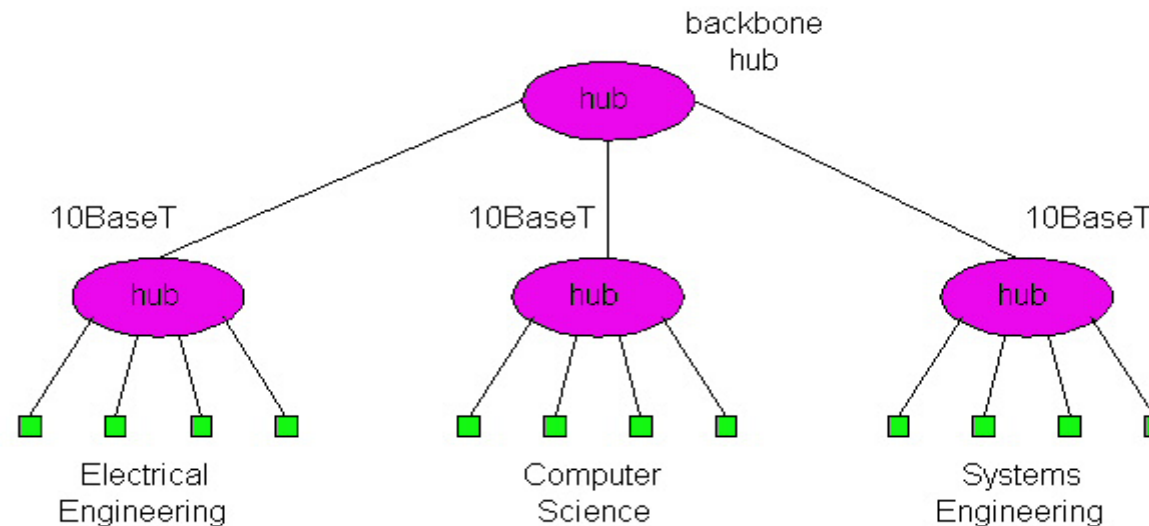


- Impiego di ripetitori per collegare più segmenti
- I ripetitori ritrasmettono i bit in entrata da un'interfaccia verso le altre interfacce:
 - entità di livello fisico



10BaseT e 100BaseT (1/2)

- 10/100 Mbps
- La versione a 100Mbps è nota come “fast ethernet”
- **T** sta per Twisted Pair (doppino intrecciato)
- Topologia “a stella”, mediante un concentratore (hub) al quale gli host sono collegati con i doppini intrecciati
- CSMA/CD implementato negli HUB





10BaseT e 100BaseT (2/2)

- Massima distanza tra nodo e hub pari a 100 metri
- Gli hub possono disconnettere le schede malfunzionanti:
 - “jabbering”
- Gli hub possono:
 - fornire informazioni utili al monitoraggio
 - collezionare statistiche per effettuare previsioni, agevolando il compito degli amministratori della LAN



Gbit Ethernet

- Usa il formato delle frame di Ethernet standard
- Funziona in modalità collegamento point-to-point ed a canale broadcast condiviso
- In modalità condivisa, è utilizzato il protocollo CSMA/CD
 - le distanze tra i nodi sono ridotte al minimo per aumentare l'efficienza
- Usa gli hub, che in questa tecnologia prendono il nome di “Buffered Distributors”
- Full-Duplex a 1 Gbps nel caso di collegamento di tipo point-to-point



Token Passing: standard IEEE 802.5

- 4 Mbps
- max token holding time: 10 ms (limita la massima lunghezza del frame)



- **SD, ED** rappresentano inizio e fine del frame
- **AC**: access control byte:
 - **token bit**: valore 0 significa che il token può essere preso, valore 1 indica che dei dati seguono il FC
 - **priority bits**: priorità della frame
 - **reservation bits**: una stazione può configurare questi bit per evitare che le stazioni con una priorità più bassa possano impossessarsi del token quando quest'ultimo diventa libero



Token Passing: standard IEEE 802.5



- **FC**: frame control utilizzato per effettuare monitoraggio e gestione della rete
- **source, destination address**: 48 bit per gli indirizzi fisici, così come in Ethernet
- **data**: pacchetto proveniente dal livello rete
- **checksum**: CRC
- **FS**: frame status: impostato dal **receiver** e letto dal **sender**
 - set per indicare che il ricevente è attivo, e che il frame è stato prelevato dall'anello
 - ACK di livello DLC



Interconnettere più LAN

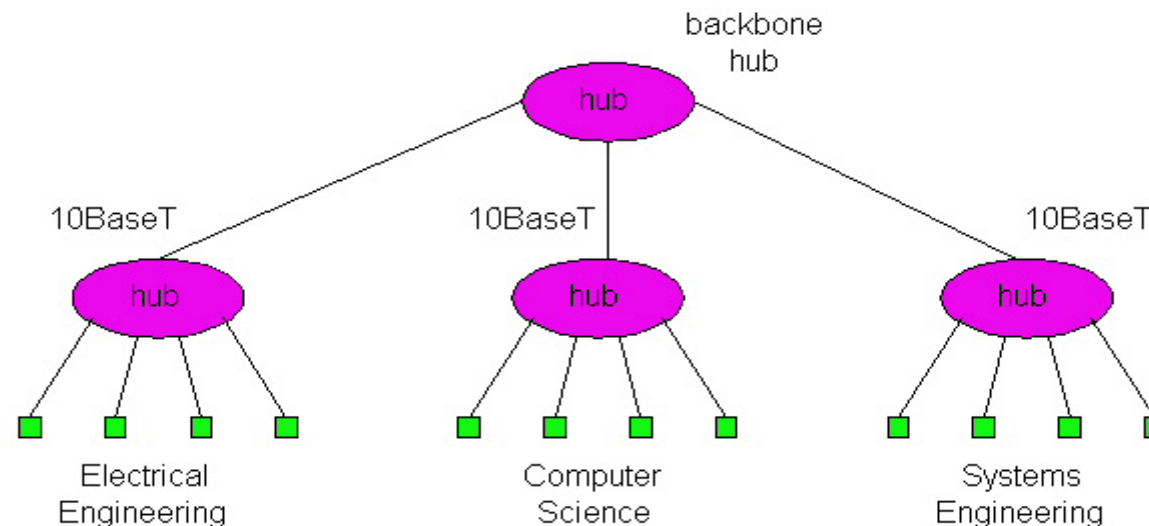
D: Perché non creare un'unica grande LAN?

- Limitata quantità di banda disponibile, considerato che su una singola LAN tante stazioni dovrebbero condividere la banda
- Estensione limitata: ad esempio, 802.3 specifica la massima lunghezza del cavo
- “Dominio di collisione” troppo ampio (una trasmissione può collidere con molte altre)
- Numero limitato di stazioni: ad esempio, 802.5 introduce un ritardo in ogni stazione dovuto al passaggio del token

Hub



- Dispositivi di Livello Fisico:
 - sostanzialmente si tratta di ripetitori di bit
 - riproducono i bit in ingresso ad un'interfaccia su tutte le altre interfacce
- Gli hub possono essere organizzati in una gerarchia (o architettura multi-livello), con un backbone hub al livello più alto





Hub: caratteristiche

- Ogni LAN collegata è considerata come un **segmento di LAN**
- Gli hub **non isolano** i domini di collisione:
 - le stazioni possono subire una collisione per una trasmissione simultanea con qualunque stazione presente su qualunque segmento
- Vantaggi degli hub:
 - Sono dispositivi semplici e poco costosi
 - L'organizzazione Multi-livello garantisce una parziale tolleranza ai guasti: porzioni di LAN continuano a funzionare in caso di guasto ad uno o più hub
 - Estende la massima distanza esistente tra i nodi (100m per ogni Hub)



Limiti degli hub

- La creazione di un singolo dominio di collisione non comporta alcun aumento del throughput massimo
 - Il throughput complessivo in una rete multi-livello è lo stesso di una rete con un unico segmento
- La realizzazione di un'unica LAN impone un limite al numero massimo di stazioni che è possibile collegare, nonché all'estensione geografica che è possibile raggiungere
- Solo una tipologia di Ethernet (per esempio, 10BaseT e 100baseT)



Bridge (1/2)

- **Dispositivi di livello 2:** in grado di leggere le intestazioni di frame Ethernet, ne esaminano il contenuto, e selezionano il link d'uscita sulla base dell'indirizzo destinazione
- I bridge **isolano** i domini di collisione, grazie alla loro capacità di porre le frame in un buffer (dispositivi store & forward)
- Non appena una frame può essere inoltrata su un link d'uscita, un bridge usa il protocollo CSMA/CD sul segmento LAN d'uscita prima di trasmettere



Bridges (2/2)

- Vantaggi dei bridge:
 - Isolano i domini di collisione, determinando un aumento complessivo del throughput massimo
 - Non introducono limitazioni sul numero massimo delle stazioni, né sull'estensione geografica
 - Possono collegare differenti tecnologie, dal momento che sono dispositivi di tipo store & forward
 - Trasparenti: non richiedono alcuna modifica negli adattatori dei computer

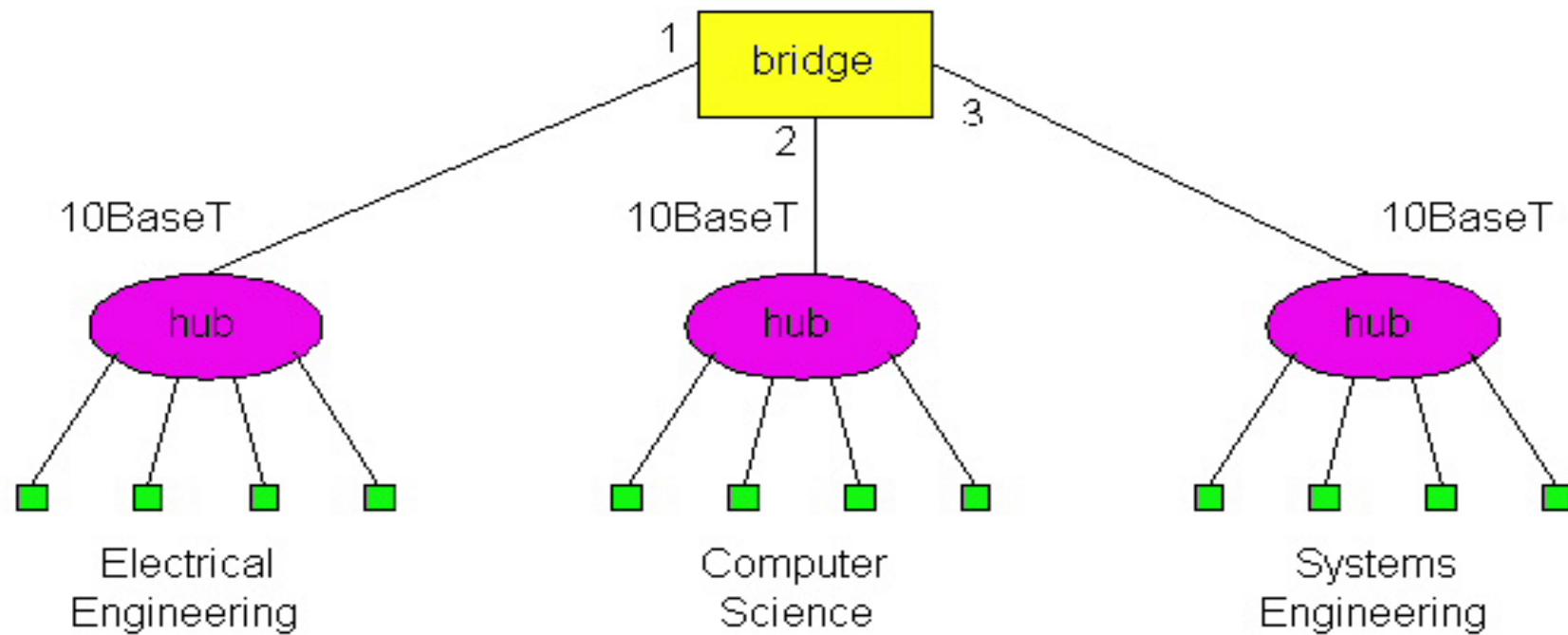


Bridge: frame filtering & forwarding

- Forwarding:
 - Come fare a sapere su quale segmento una frame deve essere inoltrata?
 - Analogia con i problemi di routing (anche se su scala meno ampia!)
- I bridge filtrano i pacchetti
 - Stesso segmento di LAN:
 - le frames non sono inoltrate su altri segmenti di LAN

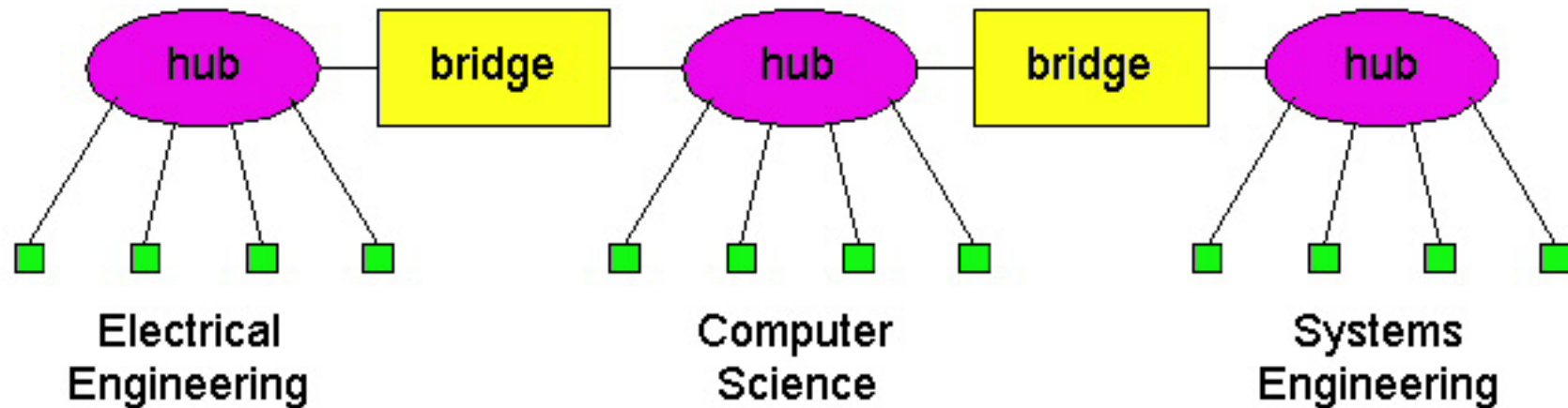


Backbone Bridge





Interconnessione senza backbone



- Soluzione non consigliata a causa di due motivi:
 - esiste un punto critico presso l'hub di Computer Science, in caso di rottura dello stesso
 - il traffico tra EE e SE deve necessariamente attraversare il segmento CS



Bridge Filtering

- I bridge eseguono un algoritmo di *auto apprendimento* per scoprire a quali interfacce sono collegati gli host:
 - Tali informazioni sono salvate in delle “filtering tables”
 - Quando una frame è ricevuta, il bridge “prende nota” del segmento di LAN di provenienza
 - L’interfaccia di provenienza è memorizzata in una filtering table
 - filtering table entry:
 - » (Node LAN Address, Bridge Interface, Time Stamp)
 - » dati della Filtering Table obsoleti vengono cancellati (TTL tipicamente pari a 60 minuti)



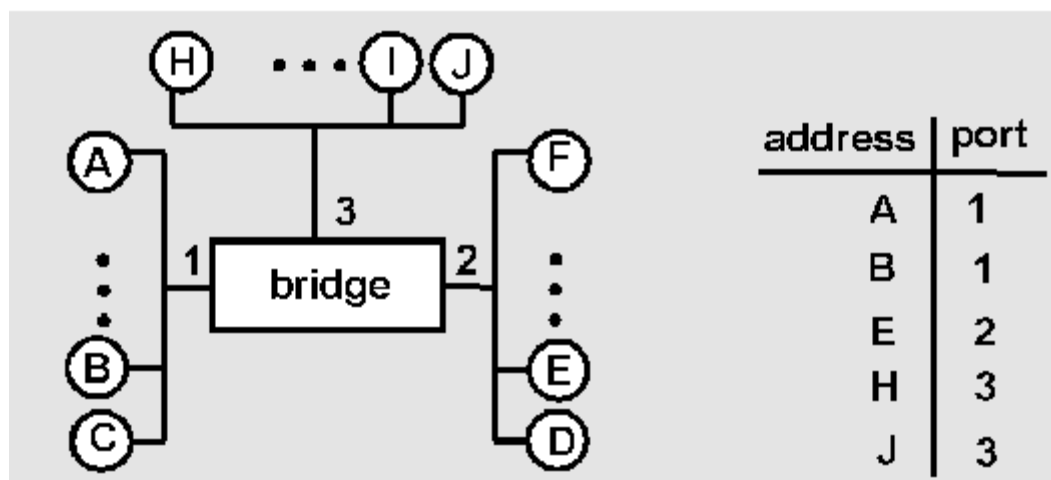
Bridge Filtering

- filtering procedure:
 - if** destination is on LAN on which frame was received
 - then** drop the frame
 - else** { lookup filtering table
 - if** entry found for destination
 - then** forward the frame on interface indicated;
 - else** flood; */* forward on all but the interface on which the frame arrived*/*
 - }



Bridge Learning: esempio (1/2)

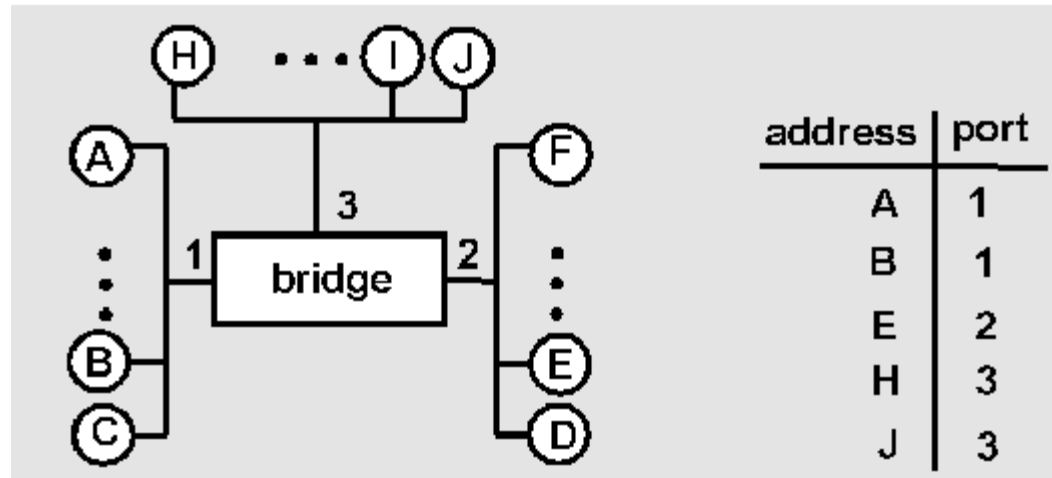
Supponendo che C invii una frame a D e che D risponda con una frame a C



- C invia la frame, il bridge non ha alcuna informazione circa D, pertanto invia in flooding
 - Il bridge annota C sul porto 1
 - La frame è ignorata nella LAN in alto
 - La frame viene ricevuta da D



Bridge Learning: esempio (2/2)

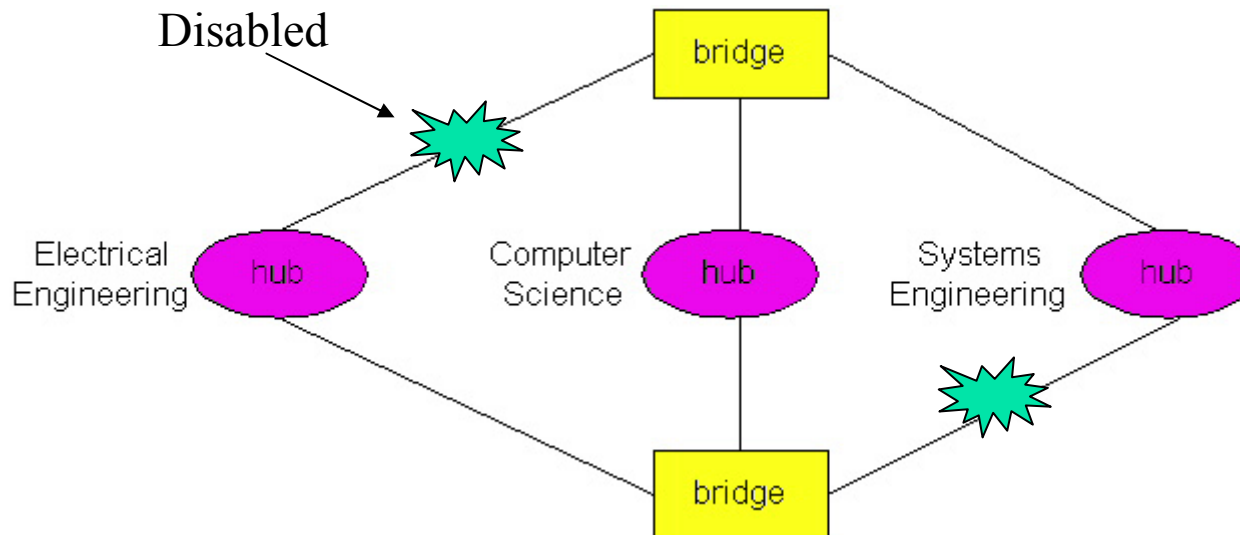


- D genera una risposta destinata a C e la invia
 - Il bridge vede la frame proveniente da D
 - Il bridge annota D sul porto 2
 - Il bridge sa che C è sul porto 1, quindi invia *esclusivamente* la frame sul porto 1



Bridge Spanning Tree

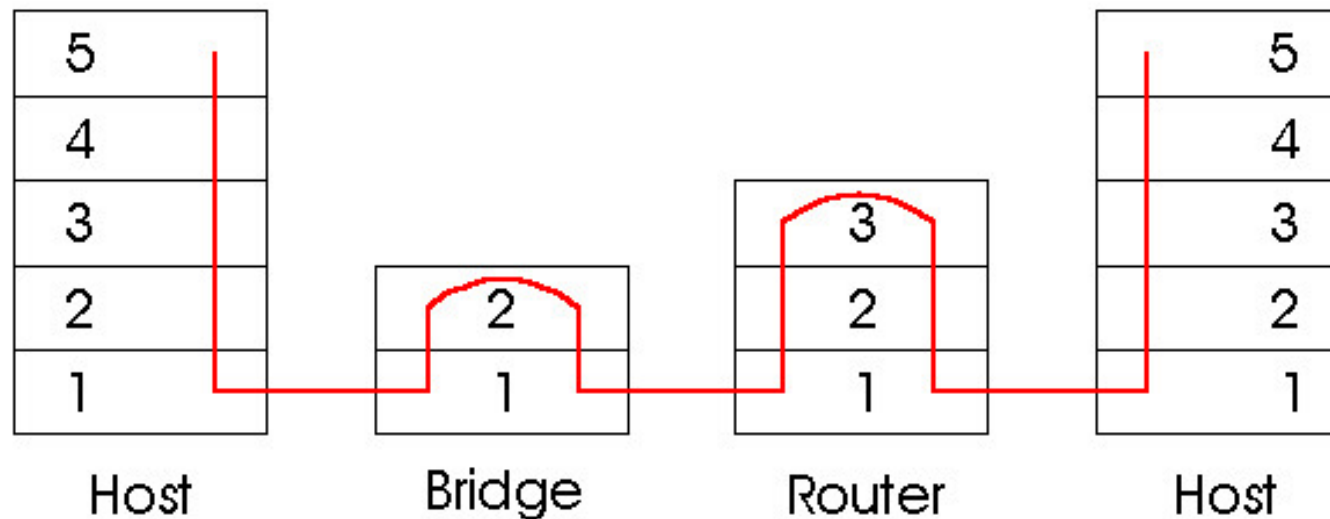
- Per incrementare l'affidabilità, può essere utile introdurre un certo grado di ridondanza:
 - percorsi alternativi
- In presenza di percorsi alternativi simultanei, vengono create copie molteplici delle frame (loop)
- **SOLUZIONE:** organizzare i bridge mediante uno spanning tree, disabilitando alcune interfacce





Bridge vs Router

- Sono entrambi dispositivi di tipo store-and-forward
 - router: dispositivi di livello rete (esaminano il contenuto dell'header di livello 3)
 - Bridge: sono dispositivi di livello Data Link
- I router si basano sulle *routing table* ed implementano algoritmi di routing
- I bridge si basano sulle *filtering table* ed implementano algoritmi di filtering, learning e spanning tree





Router vs Bridge

Bridge: pro (+) e contro (-)

- + Le operazioni nei bridge sono più semplici
- + I bridge processano meno richieste
- Le topologie sono limitate: è necessario uno spanning tree per prevenire i cicli
- I bridge non offrono alcuna protezione contro le tempeste broadcast (il broadcast ininterrotto generato da un host e normalmente inoltrato da un bridge)



Router vs Bridge

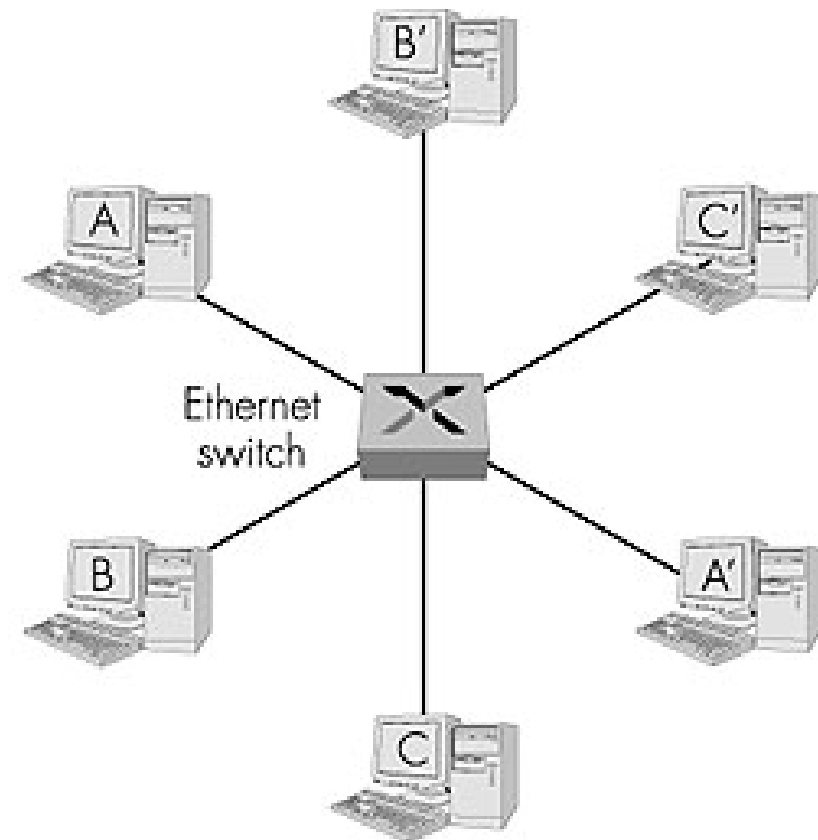
Router: pro (+) e contro (-)

- + possono essere realizzate differenti topologie, i loop sono limitati grazie al contatore TTL (ed all'impiego di buoni protocolli di routing)
- + forniscono una naturale protezione contro le tempeste broadcast
- richiedono configurazione al livello IP (non sono *plug and play*)
- richiedono capacità adeguata per processare una grande quantità di pacchetti
- I bridge sono maggiormente utili in caso di reti piccole (con poche centinaia di host) mentre i router sono usati nelle grandi reti (migliaia di hosts)



Switch Ethernet1/3

- Effettuano l'inoltro di frame a livello 2
 - filtraggio mediante l'uso di indirizzi LAN
- **Switching:** da A a B e da A' a B' simultaneamente:
 - non ci sono collisioni
- Alto numero di interfacce
- spesso: host singoli, topologia a stella con collegamento ad uno switch:
 - È ethernet, ma senza collisioni!





Switch Ethernet 2/3

- **Cut-through switching:** frame inoltrate dall'ingresso all'uscita senza attendere l'assemblamento dell'intera frame
- Leggera diminuzione della latenza
- Consentono la combinazione di interfacce condivise/dedicate, a 10/100/1000 Mbps



Switch Ethernet 3/3

