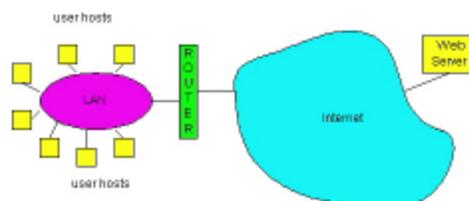


## Tecnologie LAN

- Indirizzamento
- Ethernet
- Hub, bridge, switch
- wireless Ethernet 802.11
- PPP
- ATM



II Livello DataLink 5a-1

## Indirizzi LAN e ARP

### Indirizzi IP a 32-bit:

- *Indirizzi del livello network*
- Usati per portare un datagram alla rete di destinazione

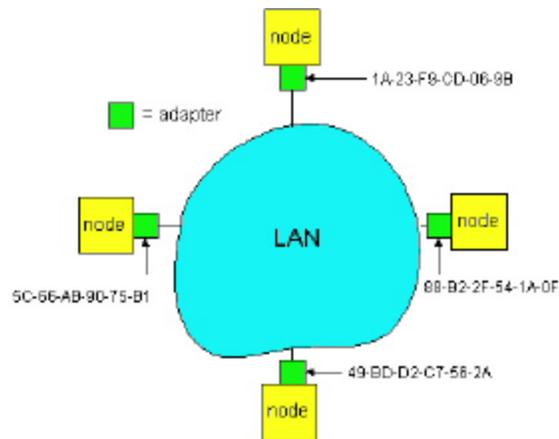
### Indirizzi LAN (o MAC o fisici) :

- Usati per portare un datagram da una interfaccia ad un'altra interfaccia fisicamente connessa (stessa rete)
- Indirizzo MAC a 48 bit (per le LAN 802) cablato nella ROM dell'adattatore

II Livello DataLink 5a-2

## Indirizzi LAN e ARP (2)

Ogni adattatore di una LAN ha un indirizzo LAN unico



II Livello DataLink 5a-3

## Indirizzo LAN

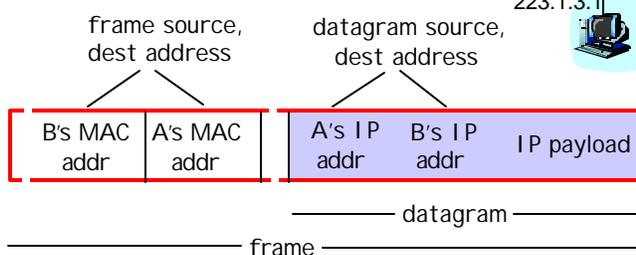
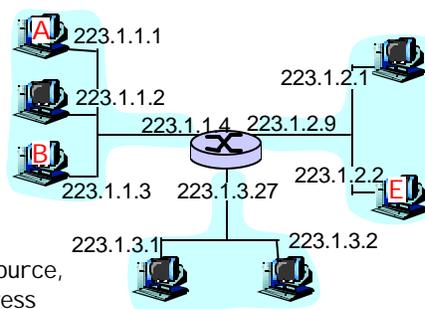
- o Allocazione indirizzi MAC gestita dall' IEEE
- o I produttori acquistano porzioni dello spazio di indirizzamento MAC (per assicurare l'unicità)
- o Analogia:
  - (a) indirizzo MAC: come un Codice Fiscale
  - (b) indirizzo IP: come un indirizzo postale
- o indirizzo MAC "flat" => portabilità
  - Si può spostare una scheda LAN da una LAN all'altra
- o Indirizzo IP gerarchico NON portabile
  - dipende dalla rete a cui si è collegati

II Livello DataLink 5a-4

## Ricordiamo il routing

Voglio inviare un certo pacchetto IP da A a B:

- o Guardo l'indirizzo network di B, trovo B sulla stessa rete di A
- o **Il livello link invia il datagram a B in un frame**

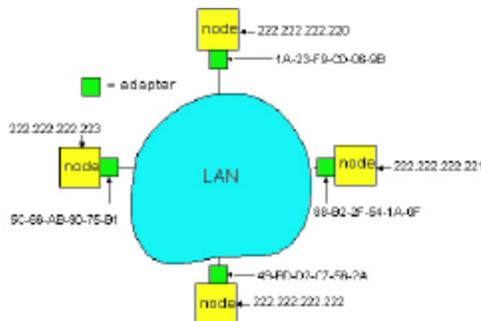


Il Livello DataLink 5a-5

## ARP: Address Resolution Protocol

Domanda: come individuare l'indirizzo MAC di B dato l'indirizzo IP di B?

- o Ogni nodo IP (Host, Router) sulla LAN ha un modulo e una tabella **ARP**
- o Tabella ARP: corrispondenze IP/MAC per alcuni nodi LAN  
< IP address; MAC address; TTL >  
< ..... >
  - TTL (Time To Live): tempo dopo il quale il mapping degli indirizzi verrà dimenticato (tipicamente 20 min)



Il Livello DataLink 5a-6

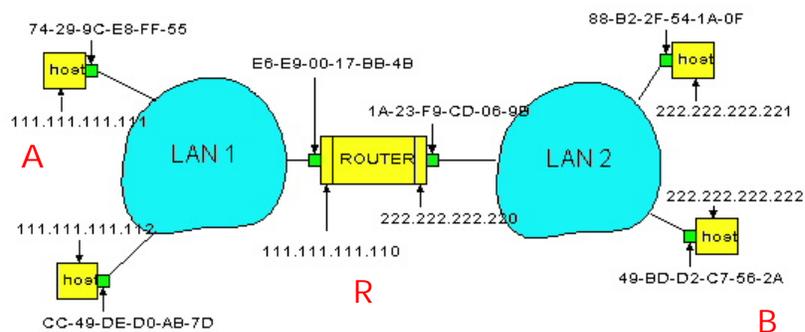
## Protocollo ARP

- o A conosce l'indirizzo IP di B, vuole scoprire l'indirizzo fisico di B
- o A invia in **broadcast** un pkt di query ARP che contiene l'indirizzo IP di B
  - Tutte le macchine sulla LAN ricevono la query
- o B riceve il pacchetto ARP, risponde ad A con il suo indirizzo fisico
- o A salva in cache la coppia di indirizzi IP-fisico finché l'informazione diviene obsoleta (time out)
  - soft state: informazione che scade (viene persa) a meno di un refresh

II Livello DataLink 5a-7

## Routing verso un'altra LAN

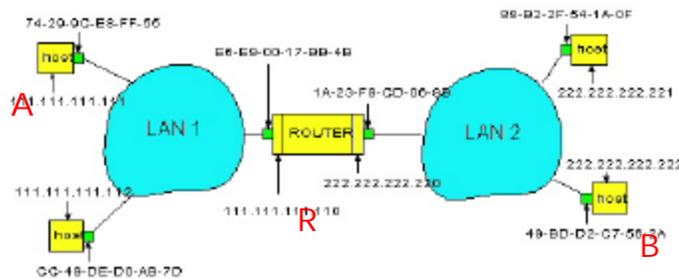
walkthrough: routing da A a B via R



- o In routing table at source Host, find router 111.111.111.110
- o In ARP table at source, find MAC address E6-E9-00-17-BB-4B, etc

II Livello DataLink 5a-8

- o A crea un pkt IP con mittente A, destinazione B
- o A usa ARP per ottenere l'indirizzo fisico di R (111.111.111.110)
- o A crea una frame Ethernet con l'indirizzo fisico di R come destinazione che contiene il datagram IP da A-a-B
- o Il datalink di A invia la frame Ethernet
- o Il datalink di R riceve la frame
- o R toglie il datagram IP dalla frame Ethernet, valuta dest. B
- o R usa ARP per ottenere l'indirizzo fisico di B
- o R crea un frame che contiene il datagram IP da A-a-B e lo invia a B

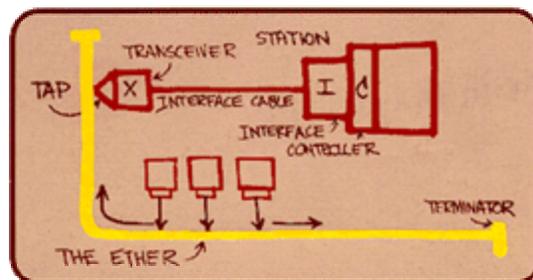


II Livello DataLink 5a-9

## Ethernet

tecnologia LAN "dominante"

- o €20 per 100Mbps!
- o Prima tecnologia LAN largamente usata
- o Più semplice ed economica delle LAN a token e ATM
- o Evoluzione: 10, 100, 1000 Mbps

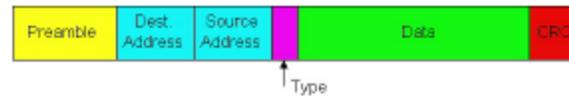


Lo sketch di Metcalfe della Ethernet

II Livello DataLink 5a-10

## Struttura del Frame Ethernet

La scheda mittente incapsula il datagram IP (oppure il pkt di un altro protocollo di livello network) in un **Ethernet frame**



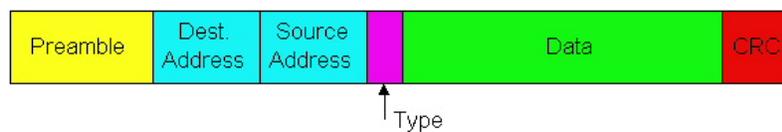
### Preambolo:

- o 7 byte con pattern 10101010 seguiti da un byte con pattern 10101011
- o usato per sincronizzare le velocità di clock di mittente e destinatario

II Livello DataLink 5a-11

## Struttura Frame Ethernet (2)

- o **Indirizzi:** 6 byte, il frame è ricevuto da tutte le schede di una LAN e scartato se l'indirizzo non corrisponde
- o **Tipo:** indica il protocollo di livello superiore (IP, Novell IPX, AppleTalk)
- o **CRC:** controllato al destinatario



II Livello DataLink 5a-12

## Ethernet: usa CSMA/CD

**A:** ascolto il canale, se libero

```
then {
    trasmetti e ascolta il canale;
    I f rilevi altra trasmissione
        then {
            interrompi ed invia un segnale di "jam";
            Incrementa # collisioni;
            Attendi come specificato dall'algorithmo di
            exponential backoff;
            goto A
        }
    else {frame OK; poni a zero le collisioni}
}
```

```
else {aspetta che si liberi il canale goto A}
```

II Livello DataLink 5a-13

## Ethernet: CSMA/CD (2)

**Jam Signal:** per assicurarsi che tutti abbiano rilevato la collisione; 48 bit;

**Exponential Backoff:**

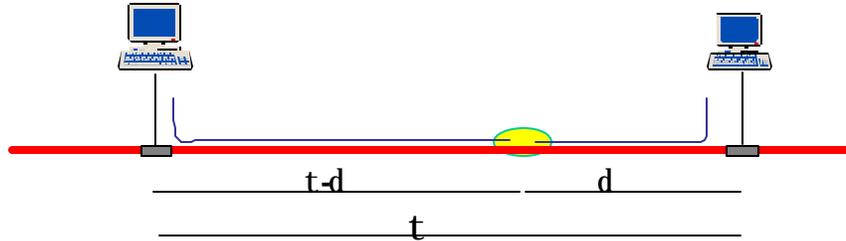
- o *obiettivo:* adattare i tentativi di ritrasmissione al carico corrente
  - alto livello di carico: l'attesa casuale sarà maggiore
- o prima collisione: scegli K tra {0,1}; ritardo = K x tempo di trasmissione di 512
- o dopo la seconda collisione: scegli K tra {0,1,2,3}...
- o dopo 10 o più collisioni, scegli K da {0,1,2,3,...,1023}

II Livello DataLink 5a-14

## Regolazione dell'accesso: CSMA/CD

- Quello che nella realtà accade è che due stazioni distanti tra loro nella rete tentano di trasmettere entrambe convinte di poterlo fare in quanto a causa della distanza non rilevano sulla rete la presenza della portante.

### **Tempo massimo per rilevare una collisione round trip collision delay**



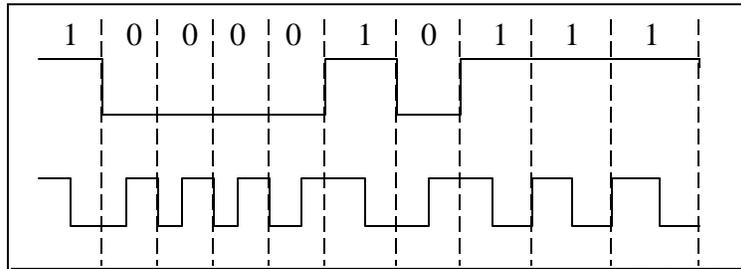
### **Tempo massimo = $2t$**

**Nel caso peggiore Eth su coassiale di 2,5 Km  $t = 25$  microsec.**

II Livello DataLink 5a-15

## Codifica MANCHESTER

- Una possibilità è quella di far viaggiare sul cavo da una estremità ad un'altra dei segnali elettrici rappresentati da onde quadre.
- In ciascuna onda quadra il livello alto di tensione indica la codifica di un bit 1 quella bassa di un bit 0.
- Ethernet usa la codifica MANCHESTER.
- In questo tipo di codifica la trasmissione di un bit 1 corrisponde alla trasmissione nello stesso slot di tempo di un valore alto di tensione seguito da un valore basso, mentre la trasmissione di un bit 0 corrisponde alla trasmissione di un valore basso di tensione seguito da uno alto. (Inversione di polarità)

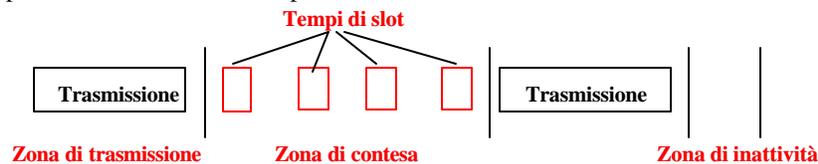


II Livello DataLink 5a-16

## Regolazione dell'accesso: CSMA/CD

In caso di collisione, vediamo come avviene la ritrasmissione:

- Il protocollo CSMA divide il tempo in intervalli discreti, in ciascun intervallo si può risiedere in uno tra tre possibili stati: in contesa, in trasmissione, in inattività.



- Dopo una collisione l'intervallo di tempo viene suddiviso in slot discreti la cui durata è pari al tempo di propagazione, andata e ritorno, di un segnale elettrico sull'intera rete pari cioè a  $2\tau$  ( $\sim 51.2 \mu\text{sec}$ ).
- L'algoritmo di attesa (**backoff binario esponenziale**) prevede che al tentativo  $i$  ciascuna stazione deve ritrasmettere dopo  $N$  tempi di slot, ove  $N$  viene scelto in modo casuale nell'insieme  $[0, 2^i - 1]$ .
- ATTENZIONE: Per  $i > 10$  l'intervallo di scelta casuale è congelato al valore massimo di 1023 tempi di slot, per  $i > 16$  si desiste.

II Livello DataLink 5a-17

## Regolazione dell'accesso: CSMA/CD

- L'algoritmo tende a far crescere esponenzialmente l'intervallo di scelta dei tempi di slot al crescere delle collisioni.
- Se l'intervallo di scelta fosse fissato in  $[0,1]$  slot .....
- Se l'intervallo di scelta fosse fissato in  $[0,1023]$  slot .....
- Dopo aver rilevato la collisione, una stazione non smette immediatamente la trasmissione ma continua fino al raggiungimento di un pacchetto di dimensione minima 64 byte, inserendo sul canale del rumore (jamming)
- La quantità di Byte da trasmettere è legata al tempo che il segnale elettrico impiega per completare un viaggio di andata e ritorno (round trip) sull'intera rete. Per l'Ethernet a 10 Mbps le specifiche dicono che, qualunque sia il tipo di cavo utilizzato, un singolo bit non deve impiegare più di 50 microsecondi per coprire l'intera lunghezza della rete nei due sensi, il che equivale a trasmettere 500 bit, cioè 62,5 Byte, arrotondati a 64.
- Da questi parametri di partenza derivano una serie di vincoli di lunghezza del cavo, di numero massimo delle stazioni per tratta di cavo e di numero massimo di ripetitori.

II Livello DataLink 5a-18

## Lunghezza minima di una trama

- Nell'Ethernet ogni pacchetto deve avere una lunghezza minima pari a 64 byte.
- All'inizio del processo di trasmissione vengono trasmessi 1 bit per ogni singolo time slot, una volta accertato che non vi è stata alcuna collisione la stazione trasmette con frequenza maggiore.
- Ogni time slot è pari a 100 ns, per cui viene trasmesso 1 bit ogni 0,1 microsec.
- Ora supponiamo un Eth a 10Mbps, ed una lunghezza di cavo tra due stazioni pari a 2,5 Km. Abbiamo detto che  $2\tau=51.2 \mu s$  e tenendo presente che 1 bit viene trasmesso in un time slot pari a 0,1 microsec., in 51,2 microsec. ci sono 512 time slot, ovvero si possono trasmettere 512 bit pari a 64 byte.

II Livello DataLink 5a-19

## II MAC-PDU

- Il sottolivello MAC si deve occupare di tre problematiche distinte:
  1. la contesa del canale trasmissivo e il rilevamento delle collisioni
  2. determinare a quali stazioni è diretto il messaggio che si sta processando e quale stazione lo ha generato.
- Il primo problema viene risolto attraverso il CSMA/CD, il secondo si risolve attraverso l'elaborazione di informazioni di tipo indirizzo a livello MAC per il mittente ed il destinatario.
- ATTENZIONE : Il LLC non si occupa di processare indirizzi, ma si occupa di correggere eventuali errori nei pacchetti e di ...

Il pacchetto MAC presenta **sempre** questi 4 campi

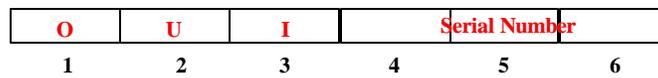
6 byte	6 byte	variabile	4 byte	
Indirizzo destinatario	Indirizzo mittente	DATI	FCS	<b>Frame Control Sequence</b>
DSAP	SSAP	LLC-PDU	CRC	

Destination/Source Service Access Point

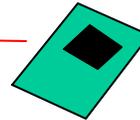
II Livello DataLink 5a-20

## Gli indirizzi MAC

- Gli indirizzi MAC sono **univoci** a livello mondiale per convenzione si esprimono in esadecimale.
- Sia SSAP che DSAP occupano 6 byte: i 3 byte più significativi identificano il costruttore, i 3 byte meno significativi identificano univocamente la scheda.
- I primi 3 byte sono assegnati ad ogni costruttore di schede da un organismo internazionale l'OUI (Organization Unique Identifier) che identifica in modo univoco il lotto di indirizzi acquistati dal costruttore.
- I secondi 3 byte rappresentano il Serial Number della scheda e vengono assegnati dal costruttore stesso secondo una numerazione interna.



**ROM**  
sulla quale  
è memorizzato  
l'indirizzo



Il Livello DataLink 5a-21

## Gli indirizzi MAC

- Esistono tre tipi di indirizzi MAC:
  - **single** (un solo sistema)
  - **multicast** (un gruppo di sistemi)
  - **broadcast** (tutti i sistemi)
- Il sottolivello MAC analizza il tipo di indirizzo se:
  - è **broadcast** lo passa al livello LLC
  - è **single** lo passa al livello LLC solo se DSAP = Indirizzo scheda
  - è **multicast** lo passa solo se il software di livello superiore riconosce la stazione come appartenente al gruppo. (hash dei gruppi della scheda).
- Un indirizzo multicast può essere di due tipi:
  - **Solicitation** (richiesta di un servizio da parte di una stazione, risponde solo i sistemi che offrono il servizio)
  - **Advertisement** (i sistemi che offrono un servizio segnalano la loro presenza di pronto sulla rete)

Il Livello DataLink 5a-22

## Confronto tra MAC-PDU, LLC-PDU e Network-PDU

- Vediamo come viene costruita la trama negli ultimi tre livelli.



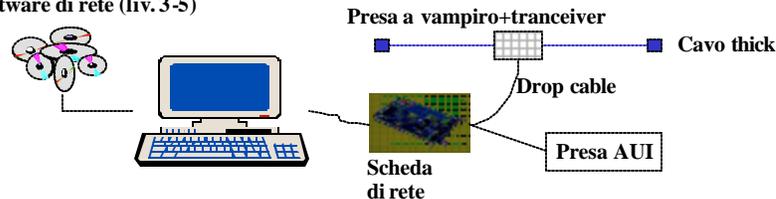
II Livello DataLink 5a-23

## Elementi fondamentali di un Ethernet

- Gli elementi fondamentali di un Eth sono:

### Tipica connessione di rete Ethernet in coassiale spesso

Software di rete (liv. 3-5)

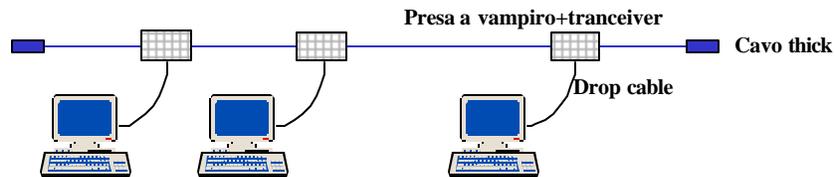


- Il tranceiver contiene l'elettronica che gestisce il rilevamento della portante e la rivelazione delle collisioni, inoltre quando si verifica una collisione si preoccupa di segnalarla a tutte le stazioni attraverso un segnale di inabilità.
- Il drop cable unisce la rete con la stazione per mezzo della scheda di rete. E' costituito da cinque coppie di fili in cui due servono per il send e receive dei dati, due per il send e receive dei segnali di controllo ed una per l'alimentazione del tranceiver (non più usata). Il cavo può avere una lunghezza di max 50 m.
- La scheda di rete gestisce la trasmissione e la ricezione dei pacchetti tramite un controller ed un buffer. Essa è univocamente individuata sulla rete da un indirizzo fisico unico al mondo.

II Livello DataLink 5a-24

## Ethernet 10Base5

- La ETH 10Base5 è la prima nata:

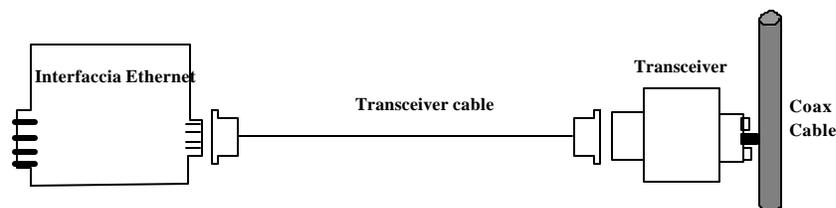


- Il cavo è ininterrotto tramite i terminatori (adattatori di impedenza a 50 Ohm).
- La presa a vampiro garantisce robustezza ma può causare corto circuiti. In alternativa ci sono tronconi di cavo con connettori serie N da usare in accoppiata ai barrel connector)
- La circuiteria elettronica è contenuta nel tranciver.
- Il Drop cable connette il tranciver alla scheda di rete e fornisce l'alimentazione al tranciver, è necessario perché il Thick è rigido e perché ogni tranciver deve risiedere a 2,5 m. di distanza (bande nere di segnalazione).
- Su ogni singolo segmento è possibile collegare fino ad un massimo di 100 stazioni.

II Livello DataLink 5a-25

## Transceiver

- Il transceiver è l'elemento che consente la trasmissione/ricezione dei pacchetti tra l'interfaccia Ethernet ed il cavo coassiale.

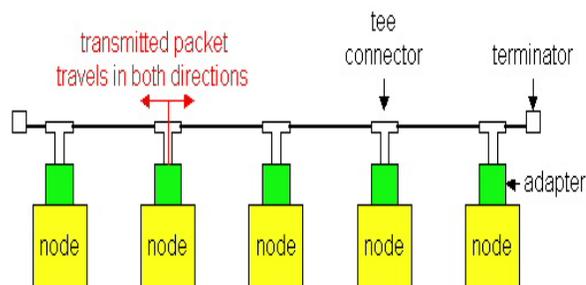


- Il transceiver esegue le seguenti funzioni:
- trasmette all'interfaccia Eth i dati prelevati dal cavo
- riceve i dati dall'interfaccia e li trasmette sul cavo sotto forma di segnali elettrici
- invia all'interfaccia il segnale di collisione
- invia all'interfaccia l'heartbeat (test circuito di collisione)
- riceve dall'interfaccia l'alimentazione per i suoi circuiti
- non si occupa né dell'im/depacchettamento dei dati, né della codifica Manchester, queste cose le fa l'interfaccia.

II Livello DataLink 5a-26

## Tecnologie Ethernet : 10Base2

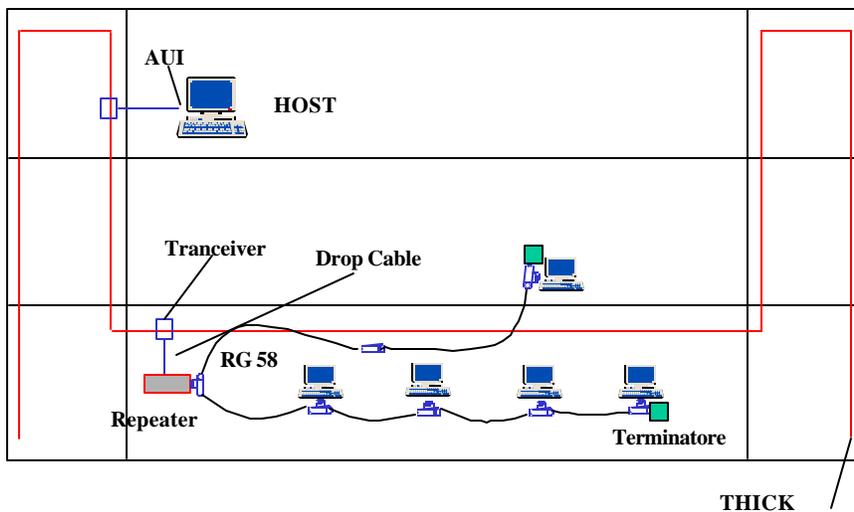
- o 10: 10Mbps; 2: limite dei 200 metri max lung. cavo
- o Cavo coassiale sottile (thin) in una topologia a bus



- o ripetitori usati per connettere segmenti multipli
- o un ripetitore ripete i bit che ascolta su una interfaccia all'altra (dispositivo di livello fisico!)

II Livello DataLink 5a-27

## Coesistenza Thick-Thin



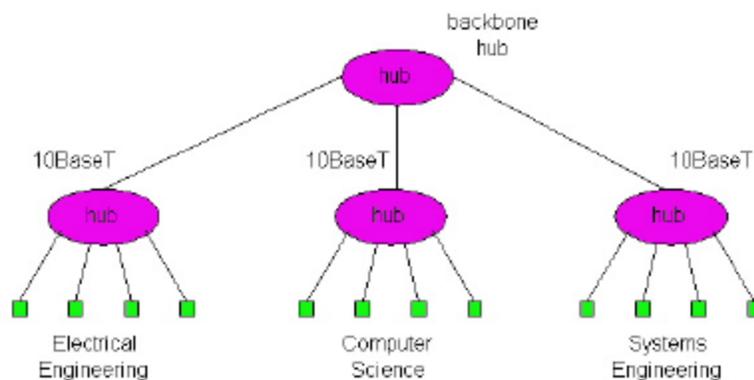
II Livello DataLink 5a-28

## 10BaseT e 100BaseT

- o Velocità 10/100 Mbps; la seconda detta "fast ethernet"
- o T sta per Twisted Pair
- o I nodi sono connessi tramite doppini a degli HUB, quindi la topologia è "stellare"
- o Il CSMA/CD è implementato nell'hub
- o Max distanza da un nodo all'Hub è 100 metri
- o L'Hub può scollegare un adattatore malfunzionante
- o L'Hub può raccogliere informazioni di monitoring per l'amministratore della LAN

II Livello DataLink 5a-29

## 10BaseT e 100BaseT: esempio



II Livello DataLink 5a-30

## Gbit Ethernet

- o Usa il formato standard della Ethernet frame
- o Consente collegamenti punto-punto e canali condivisi broadcast
- o in modalità condivisa si utilizza il I CSMA/CD; per garantire l'efficienza sono consentite distanze brevi
- o usa hub detti "Buffered Distributors"
- o Garantisce un canale Full-Duplex a 1 Gbps per i link punto-punto

II Livello DataLink 5a-31

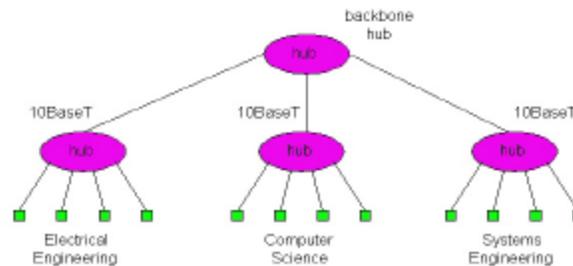
## Interconnessione di LAN

- D:** Se facessimo una sola LAN molto grande?
- o Ammontare di traffico supportabile limitato: su una singola LAN, tutte le stazioni dividono la banda
  - o Lunghezza limitata: 802.3 specifica una lunghezza massima del cavo
  - o "dominio di collisione" grande (possibilità di collisioni con molte stazioni)
  - o Numero di stazioni limitato : per es., I protocolli a token passing introducono un ritardo ad ogni stazione

II Livello DataLink 5a-32

## Gli Hub

- o Dispositivi di livello Fisico: sono essenzialmente repeater che operano al livello di bit: ripetono il bit ricevuti su una interfaccia a tutte le altre
- o Gli Hub possono essere connessi in architettura gerarchica (anche detta **multi-tier**), con un hub di backbone



II Livello DataLink 5a-33

## Gli Hub (2)

- o Ogni LAN connessa è denominata **segmento di LAN**
- o Gli Hub **non separano** i domini di collisione: un nodo può collidere con un qualsiasi nodo che risieda su un qualunque segmento nella LAN
- o Vantaggi degli Hub:
  - semplici, economici
  - Le architetture multi-tier sono robuste: porzioni della LAN continuano a funzionare anche se un hub si guasta
  - estendono la massima distanza tra nodi (100m per Hub)

II Livello DataLink 5a-34

## Limitazioni degli Hub

- Un singolo dominio di collisione non consente di incrementare il max throughput
  - il throughput multi-tier è lo stesso del throughput di un singolo segmento
- I vincoli delle singole LAN limitano il numero di nodi nello stesso dominio di collisione e l'estensione geografica
- Non possono connettere differenti tipi di Ethernet (per es., 10BaseT e 100baseT)

II Livello DataLink 5a-35

## I Bridge

- **Dispositivi di Livello Link:** operano sulle frame Ethernet, esaminano gli header e inoltrano selettivamente le frame sulla base della destinazione
- I Bridge **isolano** i domini di **collisione** perchè bufferizzano le frame
- Quando un frame deve essere inoltrato su un segmento il bridge usa il CSMA/CD per accedere al segmento e trasmettere

II Livello DataLink 5a-36

## I Bridge (2)

- o Vantaggi dei Bridge :
  - Isolano i domini di collisione ottenendo un max throughput totale più alto, non limitano il numero di nodi e l'estensione geografica
  - possono collegare diversi tipi di Ethernet perchè sono dispositivi store and forward
  - sono Trasparenti: non sono necessari cambiamenti agli adattatori LAN degli host

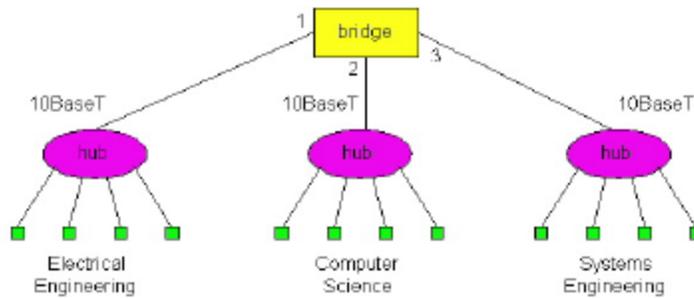
Il Livello DataLink 5a-37

## Bridge: frame filtering, forwarding

- o Un bridge filtra i pacchetti
  - I frame di uno stesso segmento non sono inoltrati agli altri segmenti LAN
- o forwarding:
  - come sapere quale è il segmento LAN cui inoltrare (forward) la frame?
  - sembra un problema di routing

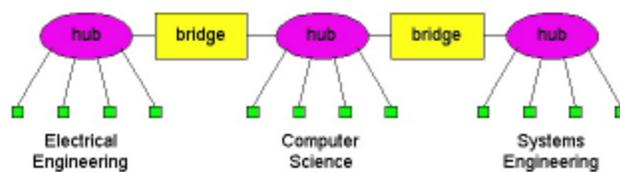
Il Livello DataLink 5a-38

## Backbone Bridge



II Livello DataLink 5a-39

## Interconnessione senza Backbone



- o Sconsigliata per due motivi:
  - Punto critico all'hub di Computer Science
  - Tutto il traffico tra EE e SE deve passare per il segmento CS

II Livello DataLink 5a-40

## Bridge Filtering

- o I bridge *imparano* quali host possono essere raggiunti da una interfaccia: hanno delle tabelle di filtering
  - quando riceve un frame, il bridge “impara” la posizione del mittente: segmento LAN entrante
  - Registra le posizioni nella filtering table
- o Linee della filtering table:
  - (Node LAN Address, Bridge Interface, Time Stamp)
  - le entry non rinfrescate scadono (TTL fino a 60 minuti)

II Livello DataLink 5a-41

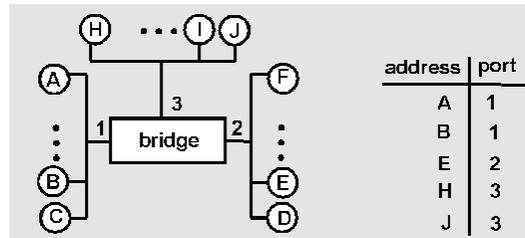
## Bridge Filtering

- o Procedura di filtering :
  - if** destinazione sulla LAN da cui il frame proviene
    - then** scarta la frame
    - else {** cerca nella filtering table
      - if** trovata entry per la destinazione
        - then** inoltra la frame sull'interfaccia indicata;
        - else** flood; /\* *inoltra dovunque tranne che sulla interfaccia di provenienza\*/*
  - }**

II Livello DataLink 5a-42

## Bridge Learning: esempio

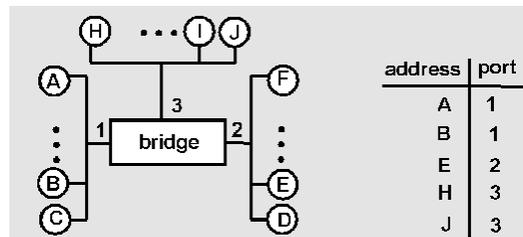
Supponiamo che C invia frame a D e D risponde con frame a C



- o C invia frame, il bridge non ha info su D, così fa flooding ad entrambe le LAN
  - bridge ricorda che C è sulla porta 1
  - frame ignorata sulla LAN superiore
  - frame ricevuta da D

II Livello DataLink 5a-43

## Bridge Learning: esempio

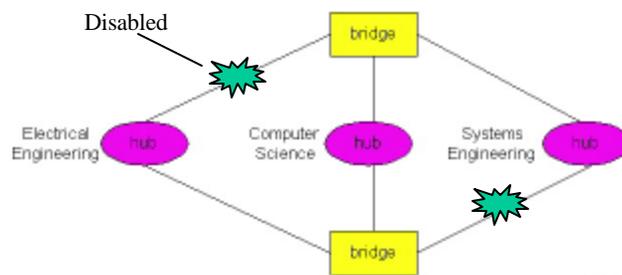


- o D genera una risposta per C, invia
  - Il bridge vede una frame da D
  - Il bridge rileva che D è sull'interfaccia 2
  - Il bridge sa che C è sulla interfaccia 1, quindi inoltra *selettivamente* la frame sulla interfaccia 1

II Livello DataLink 5a-44

## Bridge: Spanning Tree

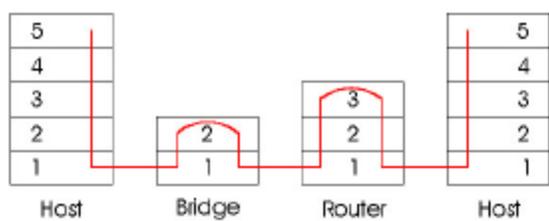
- o Per aumentare l'affidabilità è desiderabile che vi siano percorsi alternativi tra i nodi
- o Questo può produrre dei cicli infiniti
- o soluzione: organizzare i bridge in uno spanning tree disabilitando un subset di interfacce



11 Livello DataLink 5a-45

## Bridges vs. Routers

- o Entrambi dispositivi store-and-forward
  - router: dispositivi network layer (esaminano gli headers network layer)
  - i bridge sono dispositivi Link Layer
- o i router hanno tabelle di routing, usano algoritmi di routing
- o i bridges hanno tabelle di filtering, usano algoritmi di filtering, learning e spanning tree



11 Livello DataLink 5a-46

## Routers vs. Bridges

### Bridge: + e -

- + le operazioni di un Bridge sono più semplici e richiedono meno banda
- Con I bridge le Topologie sono limitate : occorre costruire uno spanning tree per evitare cicli
- I Bridge non offrono protezione da sovraccarichi broadcast (un broadcasting infinito da un host verrà comunque inoltrato)

II Livello DataLink 5a-47

## Routers vs. Bridges

### Router: + and -

- + possono supportare topologie arbitrarie, I cicli sono limitati dal TTL (e dai protocolli di routing)
  - + forniscono protezione di tipo firewall dai broadcast infiniti
  - Richiedono la configurazione degli indirizzi IP (no plug and play)
  - Richiedono maggiore banda
- o i bridges funzionano bene con reti piccole (poche centinaia di host) mentre i router sono usati nelle reti grandi (migliaia di host)

II Livello DataLink 5a-48