

# Evoluzione delle LAN

**Silvano GAI**

Silvano.Gai@polito.it

<http://www.polito.it/~silvano>

**Pier Luca Montessoro**

Montessoro@uniud.it

<http://www.uniud.it/~montessoro>

**Pietro Nicoletti**

Pietro.Nicoletti@torino.alpcom.it

# Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.
- L'informazione contenuta in queste slides è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slides (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

# Scegliere la tecnologia corretta

Ethernet

100baseT

Switched

FDDI

CDDI

FDDI

Ethernet

Switched

full-duplex

Token-Ring

ATM

100baseVG

Token

Gigabit Ethernet

Fast

Ring

Ethernet

Switched

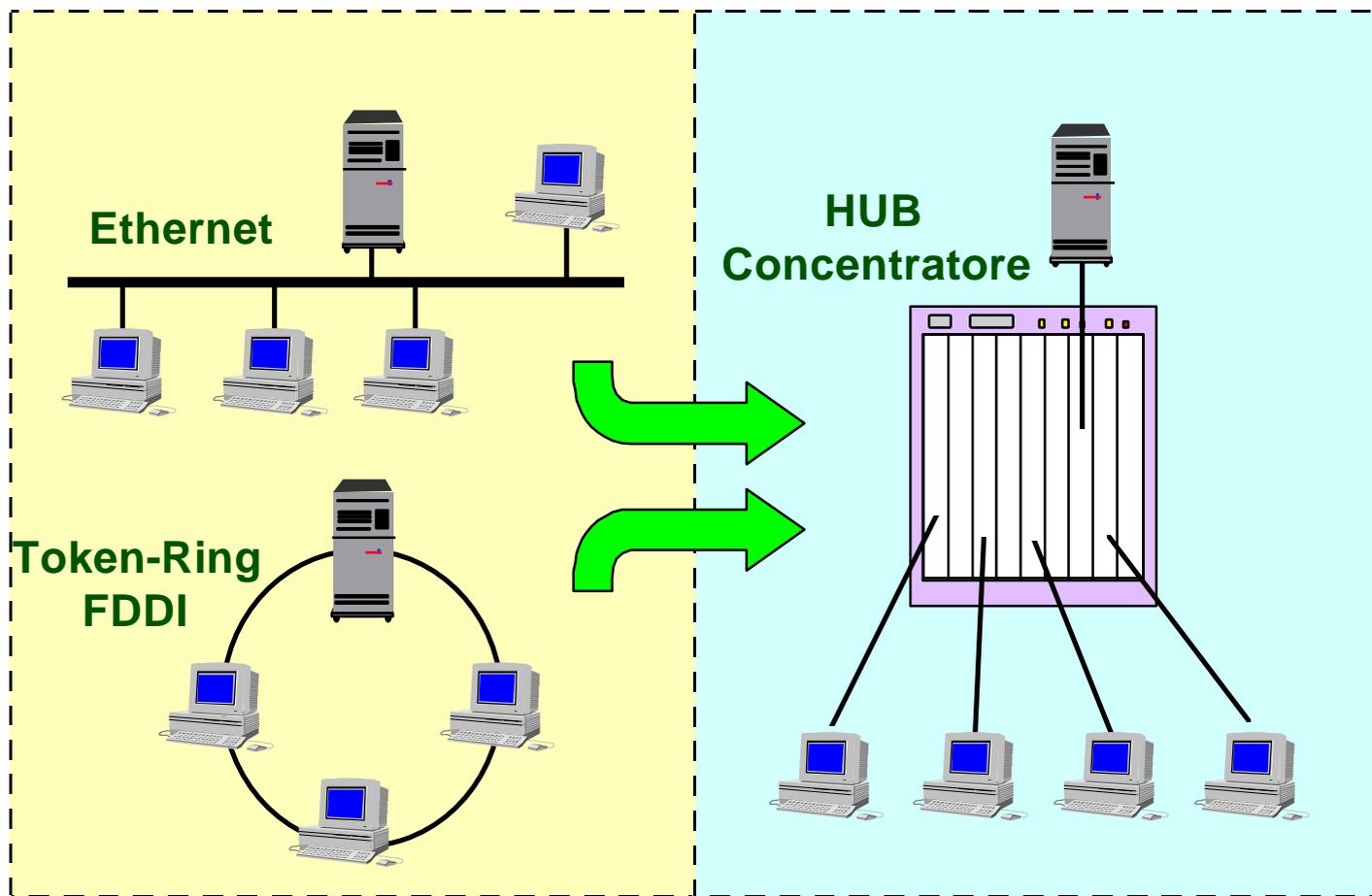
AnyLAN

Ethernet

# Evoluzione delle LAN

- L'evoluzione dei prodotti per le LAN è dovuta a:
  - necessità maggiore di banda
  - diminuzione dei costi
- I prodotti di nuova generazione disponibili sono:
  - Switched LAN
  - Ethernet a 100Mb/s
  - ATM per uso privato
- Quelli annunciati:
  - Gigabit Ethernet

# Il fattore cablaggio



# Collapsed backbone

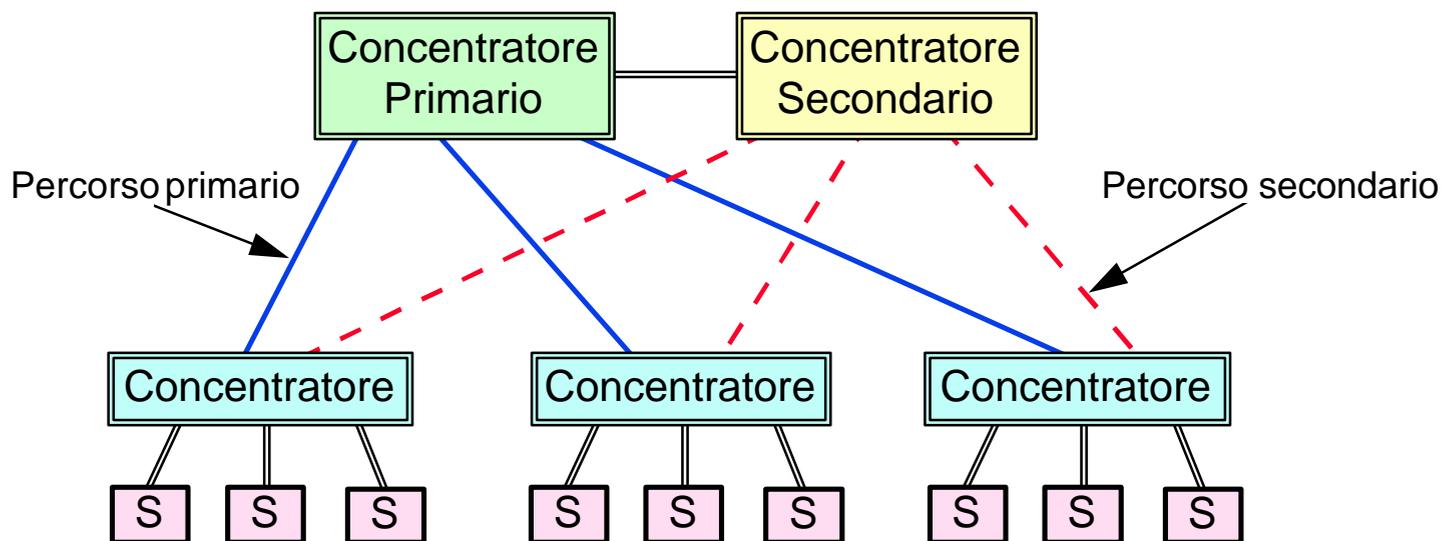
- Le LAN nascono con topologie a
  - bus o anello
- Con il cablaggio strutturato diventano
  - stelle o alberi
- Viene introdotto il concetto di Collapsed Backbone:
  - topologia stellare gerarchica
  - il backbone è collassato nel centro stella
- Vantaggi:
  - semplicità di gestione
  - applicabilità a tutte le LAN:
    - Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM

# Il collapsed backbone in pratica

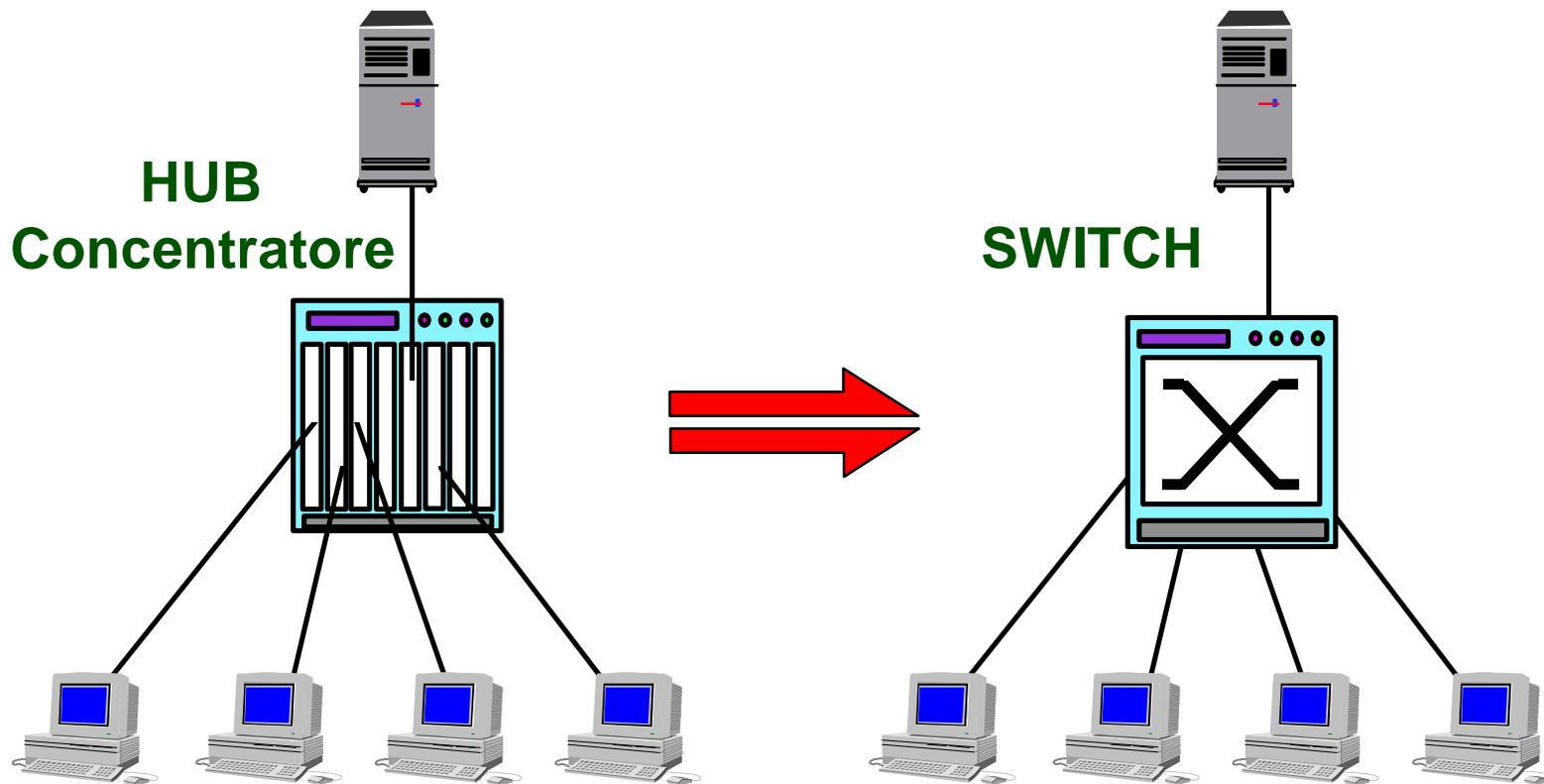
- **Cablaggio strutturato conforme alle normative EIA/TIA 568 o ISO/IEC 11801**
- **Concentratori (HUB) che trasformano:**
  - **i bus in stelle nel caso di ethernet**
  - **gli anelli in stelle nel caso di token ring e FDDI**
- **I concentratori permettono di avere:**
  - **banda condivisa se funzionano come ripetitori:**
    - **Ethernet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet**
  - **banda dedicata se utilizzano tecniche di switching:**
    - **Ethernet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, ATM**

# Fault-Tolerance

- Unico centro stella
  - un singolo guasto può bloccare la rete
- Fault-Tolerance su collapsed backbone:
  - centro stella ridondato



# Banda condivisa o dedicata?



# Gli switch

- Si sostituiscono ai repeater nei centri stella
- Hanno una banda aggregata molto superiore a quella della singola porta
  - Molte trasmissioni in contemporanea
- Derivati dalla tecnologia dei bridge:
  - Ethernet Switch
  - Token-Ring Switch
  - FDDI Switch
- Anche ATM ha il concetto di switch:
  - commutatore di celle
  - differenze sostanziali rispetto ai bridge

# Ethernet Switching

## ■ Introdotta da Kalpana

- per soddisfare la maggior necessità di banda trasmissiva rispetto al passato
- per superare la difficoltà di offrire la banda necessaria con una tecnologia di tipo shared

## ■ La tecnologia è detta Data Switch

- non viene fatto lo store and forward dell'intero pacchetto come nei bridge
- ricevuto l'indirizzo MAC di destinazione si decide se e dove ritrasmettere il pacchetto mentre la ricezione è ancora in corso

## ■ Lascia passare eventuali pacchetti corrotti poiché non può controllare la FCS

# Tecniche di Ethernet switching

## ■ Store-and-Forward

- utilizzata dai bridge (prevista da IEEE 802.1d)
- il pacchetto viene ricevuto interamente e poi ritrasmesso

## ■ Cut through o On-The-Fly Switching

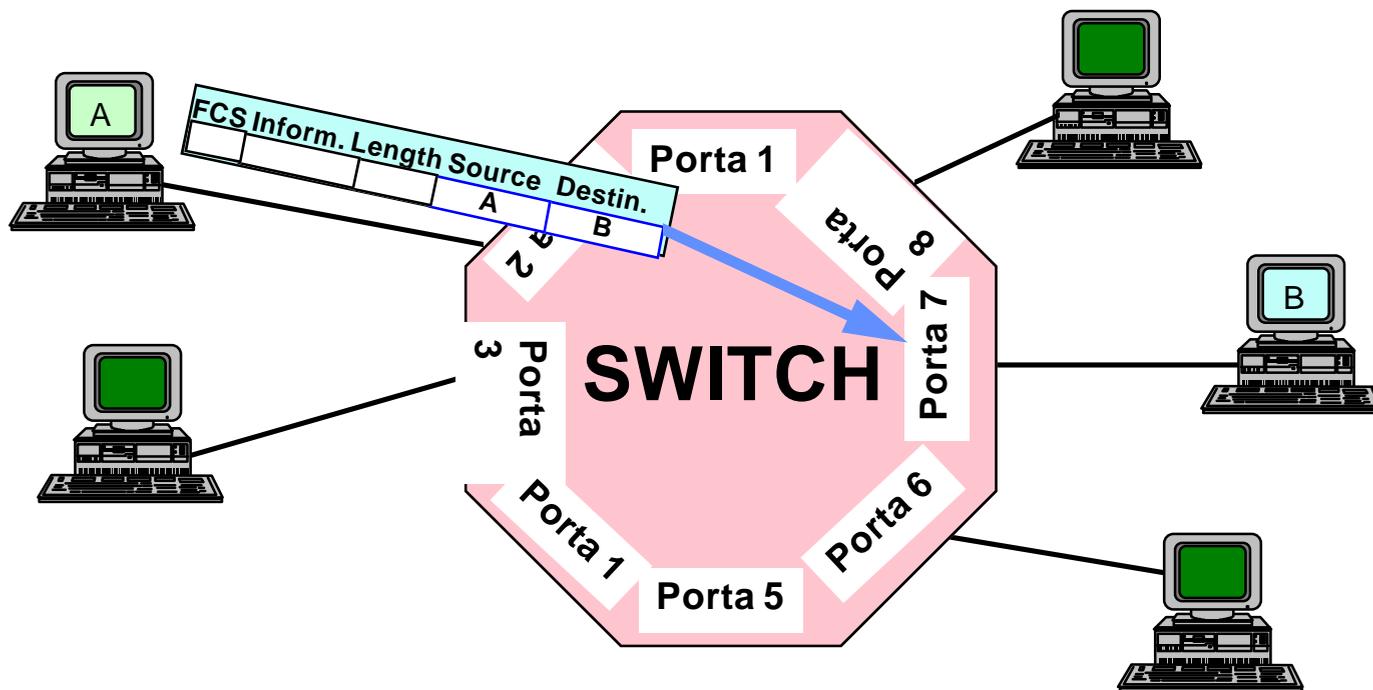
- tecnica sviluppata da Kalpana
- la decisione di inoltrare viene presa durante il transito del pacchetto nello switch

## ■ Fragment free:

- prima di iniziare a ritrasmettere il pacchetto si aspetta comunque un tempo pari alla collision window ( $51.2 \mu\text{s}$ )

# Cut-through Switching

- I tempi di latenza sono molto bassi  $10\div 60\mu\text{s}$ 
  - Quando lo Switch legge il campo Destination Address MAC decide dove inoltrare il pacchetto



# Limiti di Ethernet switching

- Le tecniche Cut through e Fragment free possono essere utilizzate solo se:
  - su tutte le porte è presente lo stesso tipo di MAC
  - tutte le porte hanno la stessa velocità trasmissiva
  - la porta di destinazione è libera
  - il pacchetto non è broadcast o multicast
- Altrimenti occorre fare Store & Forward
- Per i pacchetti corti
  - Cut through, Fragment free e Store & Forward sono equivalenti
- Il Cut through inoltra anche i frammenti di collisione

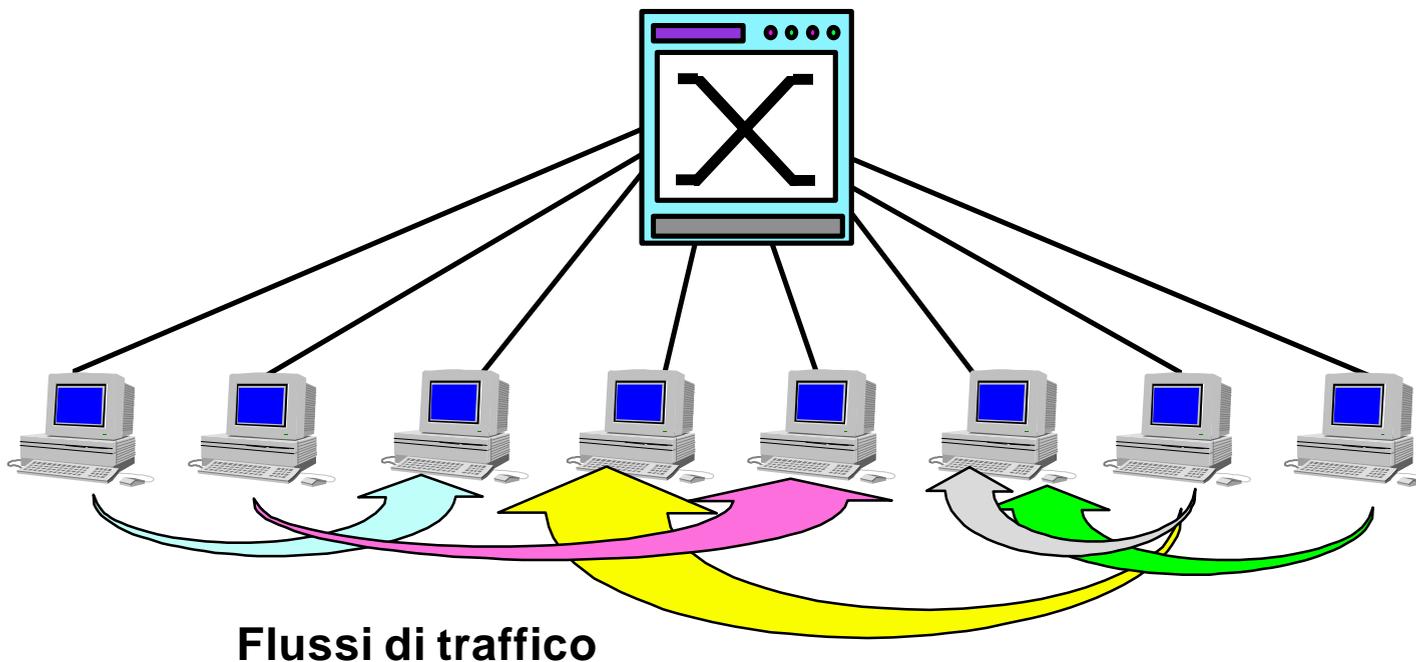
# Store & Forward

- Opera come un Bridge Multiporta ad alte prestazioni
- Può interconnettere MAC diversi:
  - Ethernet, FDDI, ATM
- Può operare a velocità diverse:
  - 10 Mb/s (802.3)
  - 100 Mb/s (802.3u)
- Non inoltra pacchetti contenenti errori poiché controlla il CRC
- Non inoltra i frammenti di collisione.

# Esempio #1

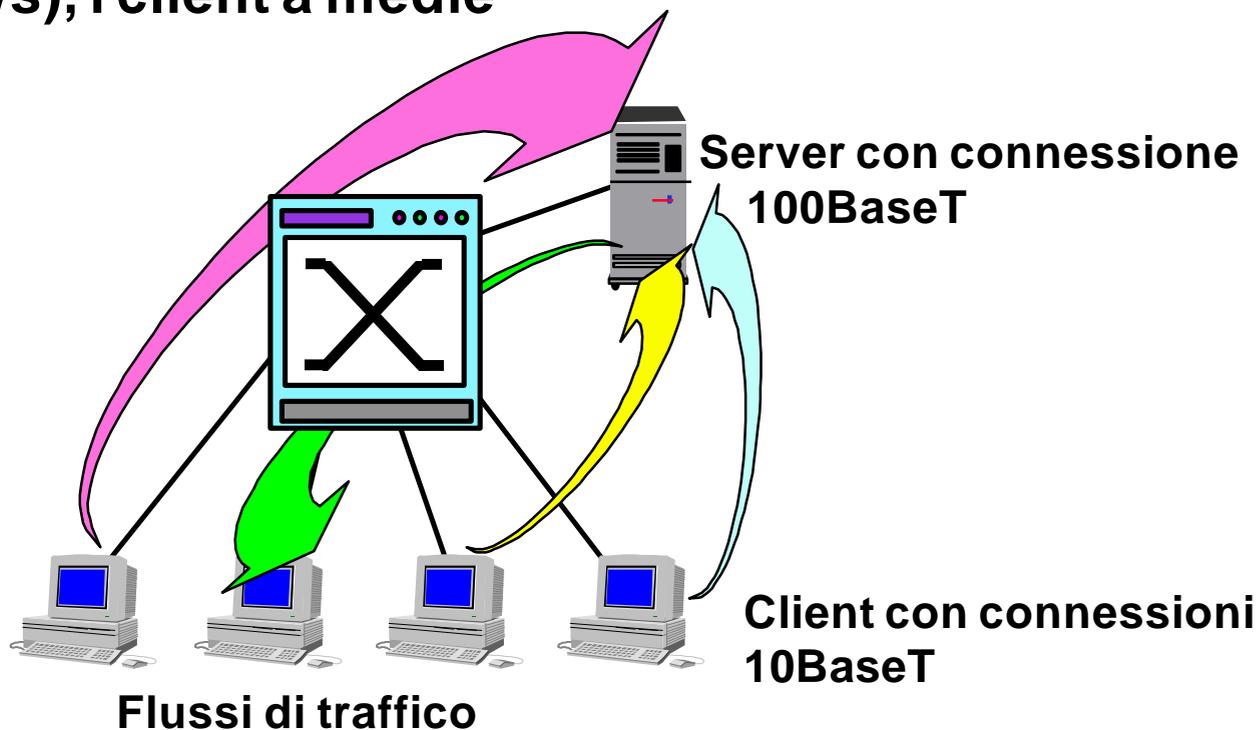
## ■ Switching con connessioni a pari velocità

- si può applicare con successo in una LAN con applicazioni di tipo peer-to-peer
- i flussi dei traffici sono tipicamente tra stazioni diverse



## Esempio #2

- **Switch con connessioni a velocità diverse**
  - adatta per applicazioni Client-Server
  - server connesso ad alte prestazioni (esempio 100 Mb/s), i client a medie



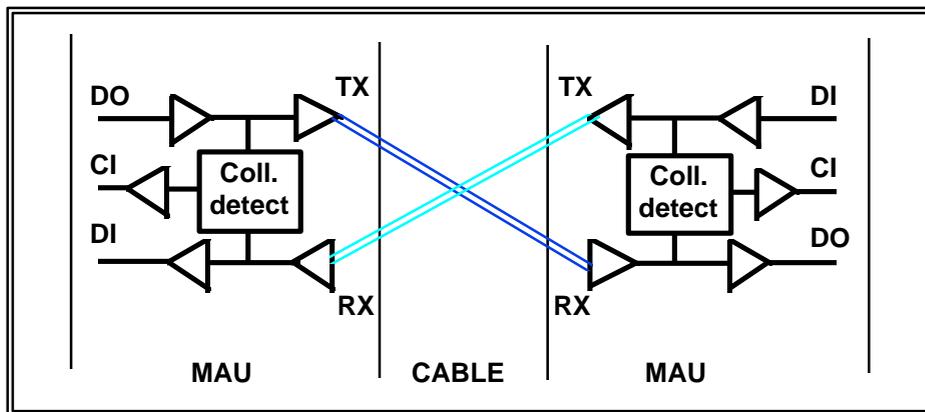
# Half o full duplex?

- **Le LAN sono strutture intrinsecamente half-duplex:**
  - **trasmette una sola stazione per volta**
- **Lo switching ridimensiona molto il ruolo del mezzo fisico condiviso:**
  - **spesso il mezzo trasmissivo diventa punto-punto: sono collegati unicamente la stazione e lo switch**
- **I mezzi trasmissivi punto-punto possono essere full-duplex:**
  - **entrambe le stazioni possono trasmettere contemporaneamente**
  - **le trasmissioni avvengono su canali fisici diversi**

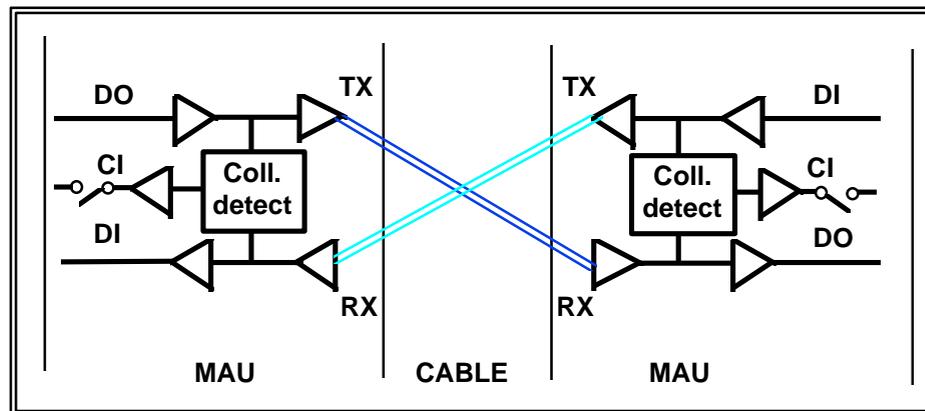
# Ethernet full-duplex

- Attualmente utilizzata per le dorsali:
  - raddoppia la banda disponibile
  - connessioni Bridge-to-Bridge o Switch-to-Switch
- Necessita di particolari transceiver in cui non viene rilevata la collisione:
  - i transceivers normali inviano un segnale di collisione all'interfaccia quando si ha la presenza di attività contemporanea su TX e RX
- La distanza tra due stazioni full-duplex
  - dipende solo dalle caratteristiche del mezzo trasmissivo
  - è indipendente dal diametro del dominio di collisione

# Differenze sui Transceiver



Connessioni tra Transceiver standard



Connessioni tra Transceiver per link Full-Duplex

DO = Data Output DI = Data Input CI = Collision Input

# Limiti di distanza

## ■ In Ethernet full-duplex:

- nel caso del doppino telefonico la distanza massima è di 100 m
- nel caso di fibra ottica multimodale 62.5/125 $\mu$ m la distanza massima è di 2 Km
- nel caso di fibra ottica monomodale e transceiver dotati di laser di categoria II la distanza massima può raggiungere i 50 Km

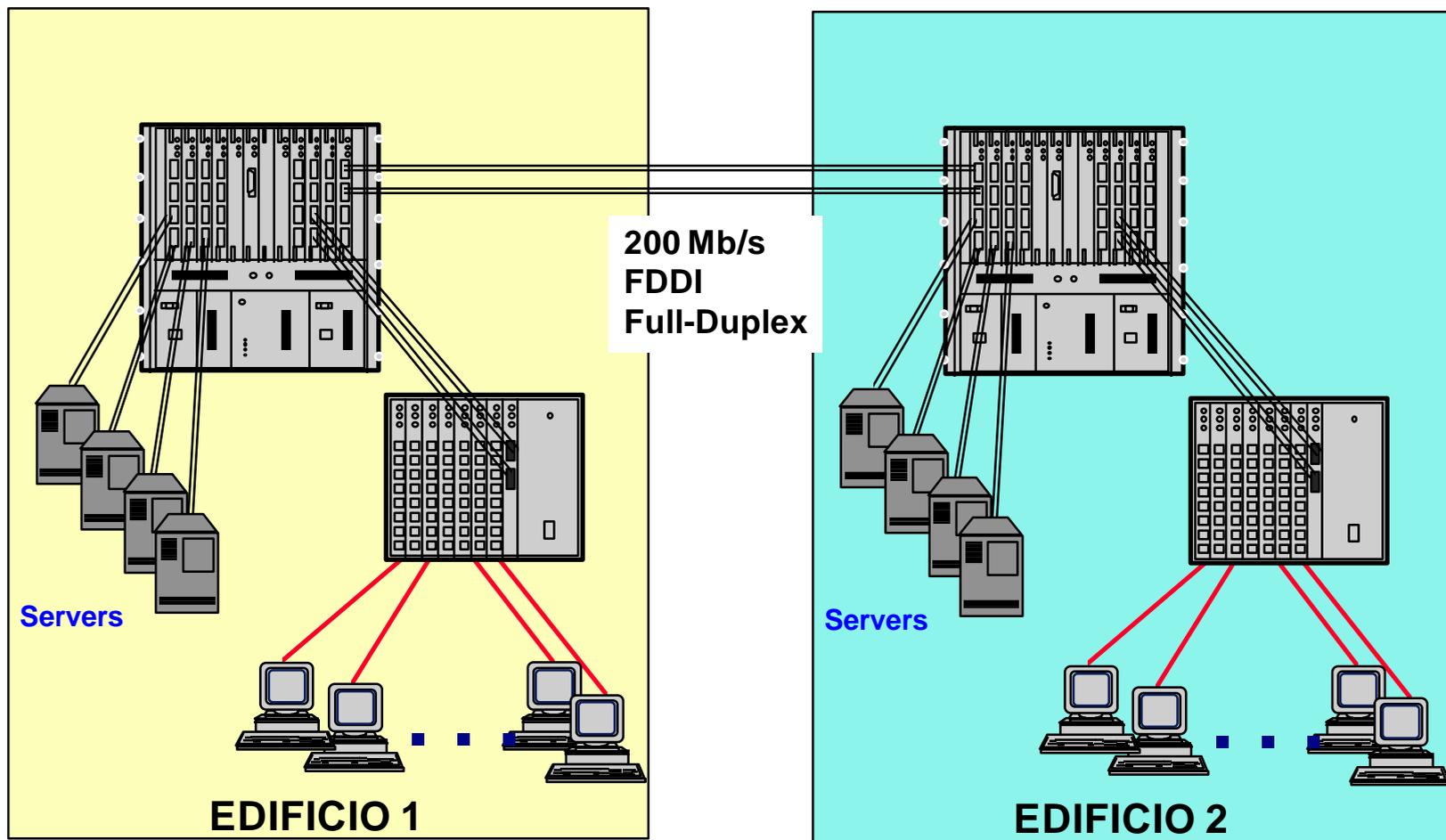
# FDDI Switching

- Pensato inizialmente dalla Digital Equipment e realizzato con il prodotto GigaSwitch
- Gli Switch FDDI utilizzano la tecnica Bridging di Store and Forward
  - I tempi di store del pacchetto sono ridotti di un fattore 10 rispetto ad Ethernet
- Gli switch FDDI hanno una banda aggregata molto elevata, dell'ordine di alcuni Gb/s

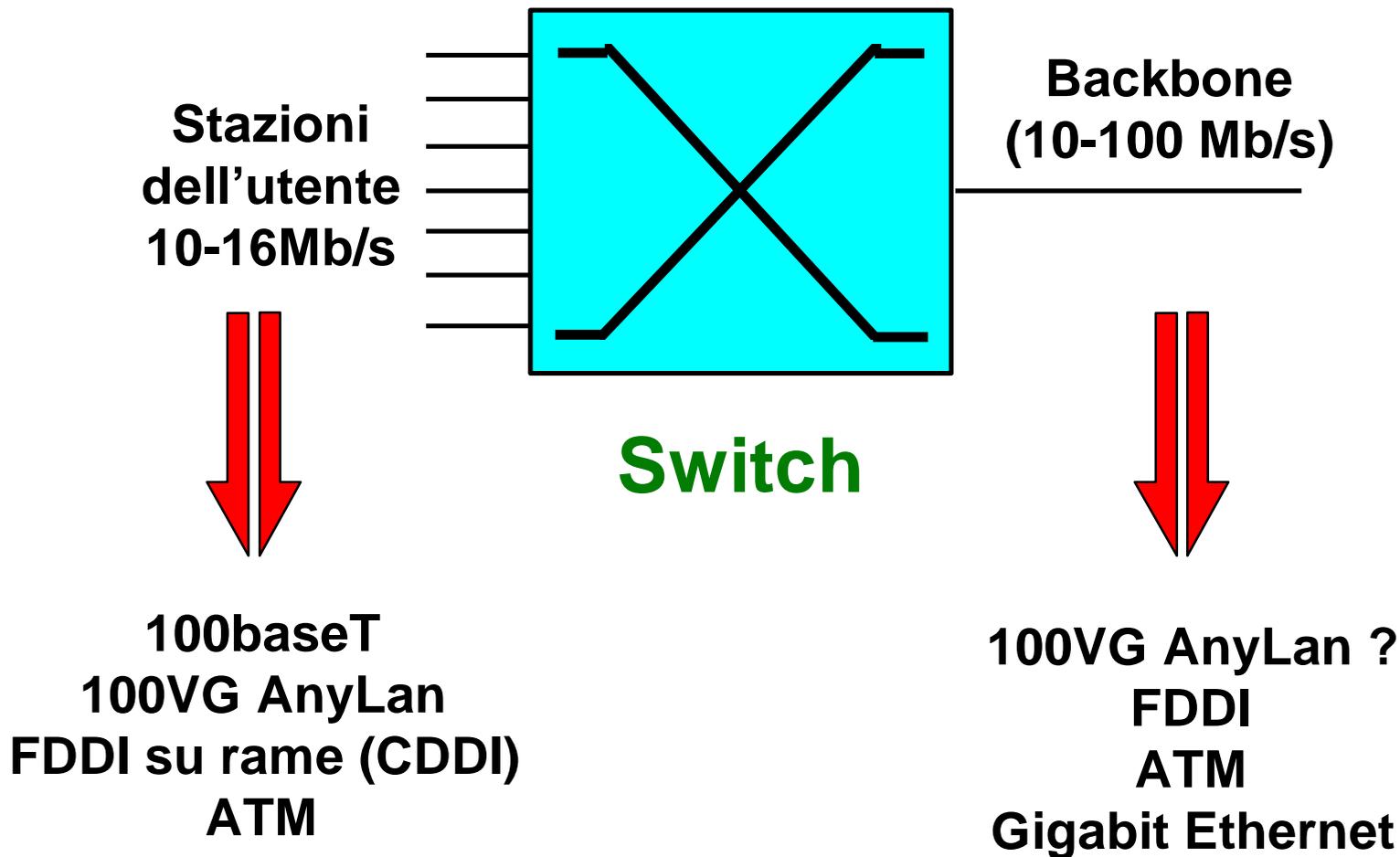
# FDDI Full-Duplex

- **FDDI Full-Duplex è una soluzione proprietaria in quanto non definita dallo standard.**
  - **L'apparato trasmette contemporaneamente sull'anello primario e su quello secondario con il risultato di avere 200 Mb/s di banda**
  - **In caso di guasto riutilizza l'anello secondario per riconfigurare l'anello e degrada quindi a 100 Mb/s**
  - **La stazione FDDI Full-Duplex è dotata di 2 MAC di cui uno connesso all'anello primario ed uno a quello secondario**
- **Viene normalmente usato nelle connessioni Switch-to-Switch per offrire una dorsale ad alte prestazioni**

# FDDI Switching e Full-Duplex



# Evoluzione dei canali



# Ethernet a 100Mb/s

- Esistono due standard:
  - 802.3u per la proposta 3Com-Synoptics
  - 802.12 per la proposta HP-AT&T
- Esistono proposte per realizzare entro il '98 Gigabit Ethernet
  - IEEE 802.3z

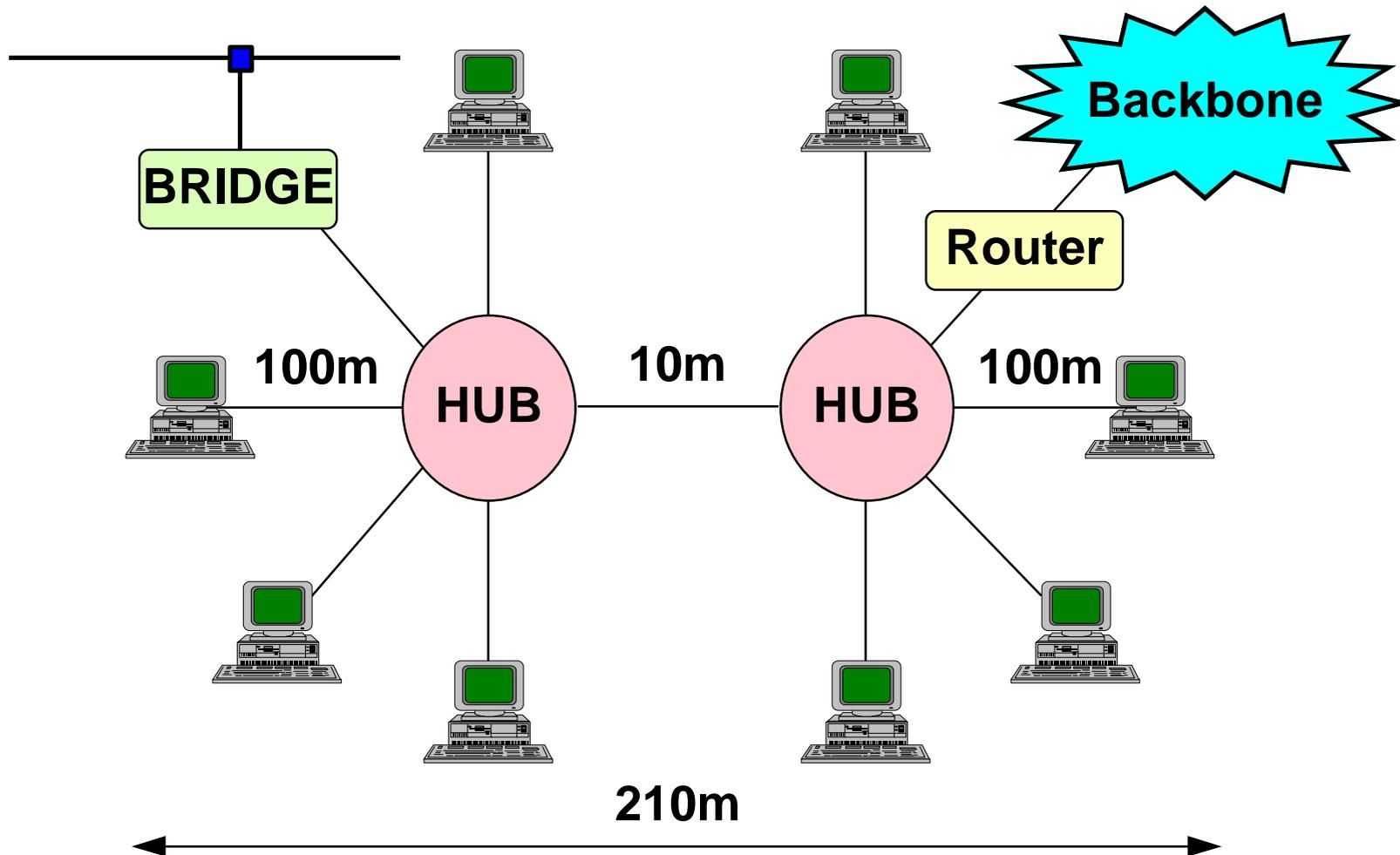
# IEEE 802.3u

- 802.3u detto anche 100BASE-T
  - evoluzione di Ethernet 802.3 10BASE-T
- Tre sotto-standard per tre tipi di mezzi fisici:
  - 100BASE-T4 (doppino, su 4 coppie)
  - 100BASE-TX (doppino, su 2 coppie)
  - 100BASE-FX (fibra ottica)
- Mantiene il vecchio algoritmo CSMA/CD implementato con successo su 10baseT:
  - 70.000.000 di nodi installati
  - 30.000.000 di nodi venduti ogni anno
  - più di 200 produttori

# IEEE 802.3u

- **Mantiene il formato del pacchetto di 802.3**
- **Velocità dieci volte superiore**
  - **Data Rate 100Mb/s**
  - **Bit time 10ns**
  - **Interpacket gap 0.96 $\mu$ s**
  - **Slot time 512 bit (5.12 $\mu$ s)**
- **Distanze dieci volte inferiori (200m + 20m)**
  - **200m sono sufficienti per cablare a stella attorno ad un HUB una rete di 100m di raggio (200m di diametro)**
- **Codifica fisica: MLT-3 o 8B/6T**

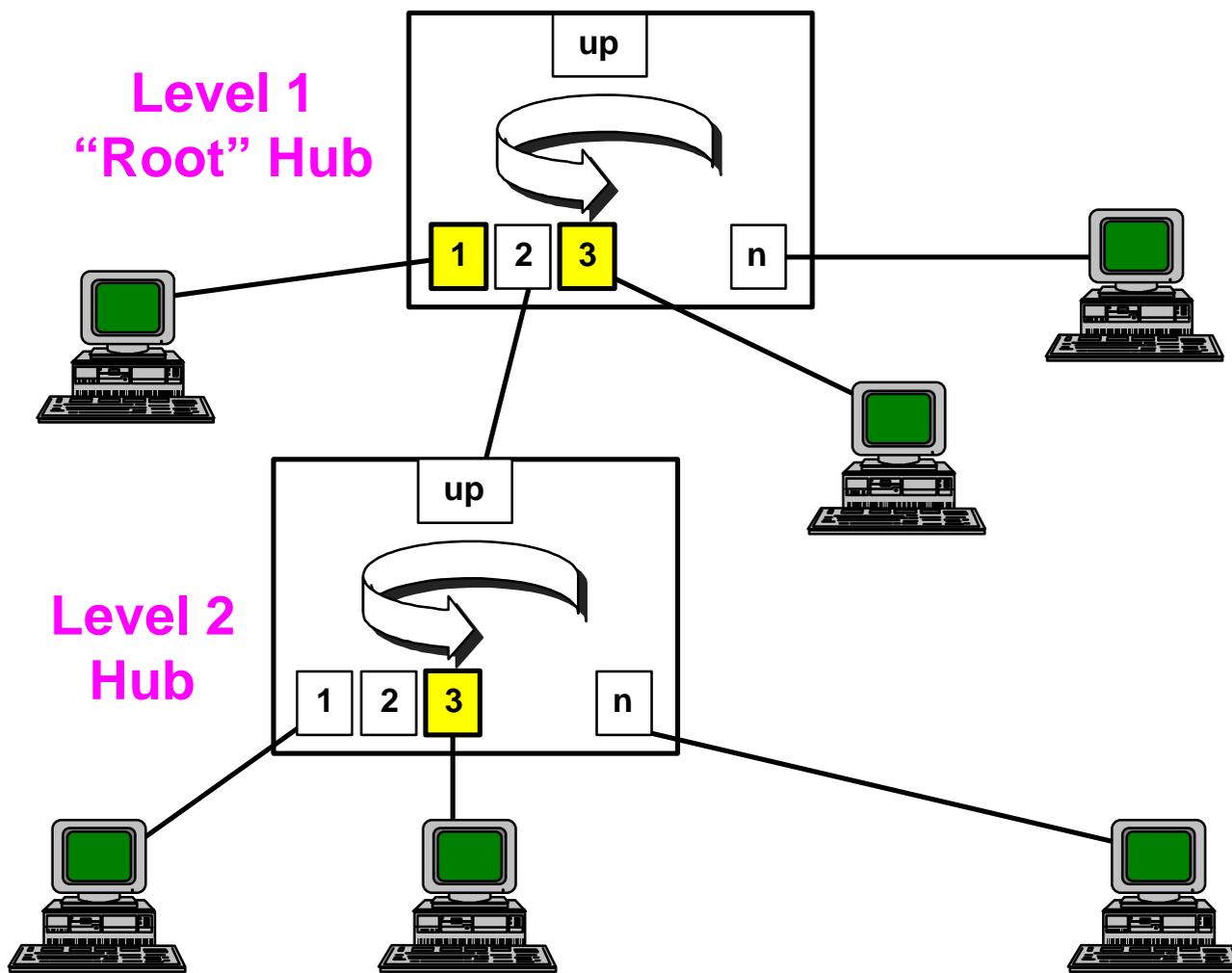
# Cablaggio Strutturato per 802.3u



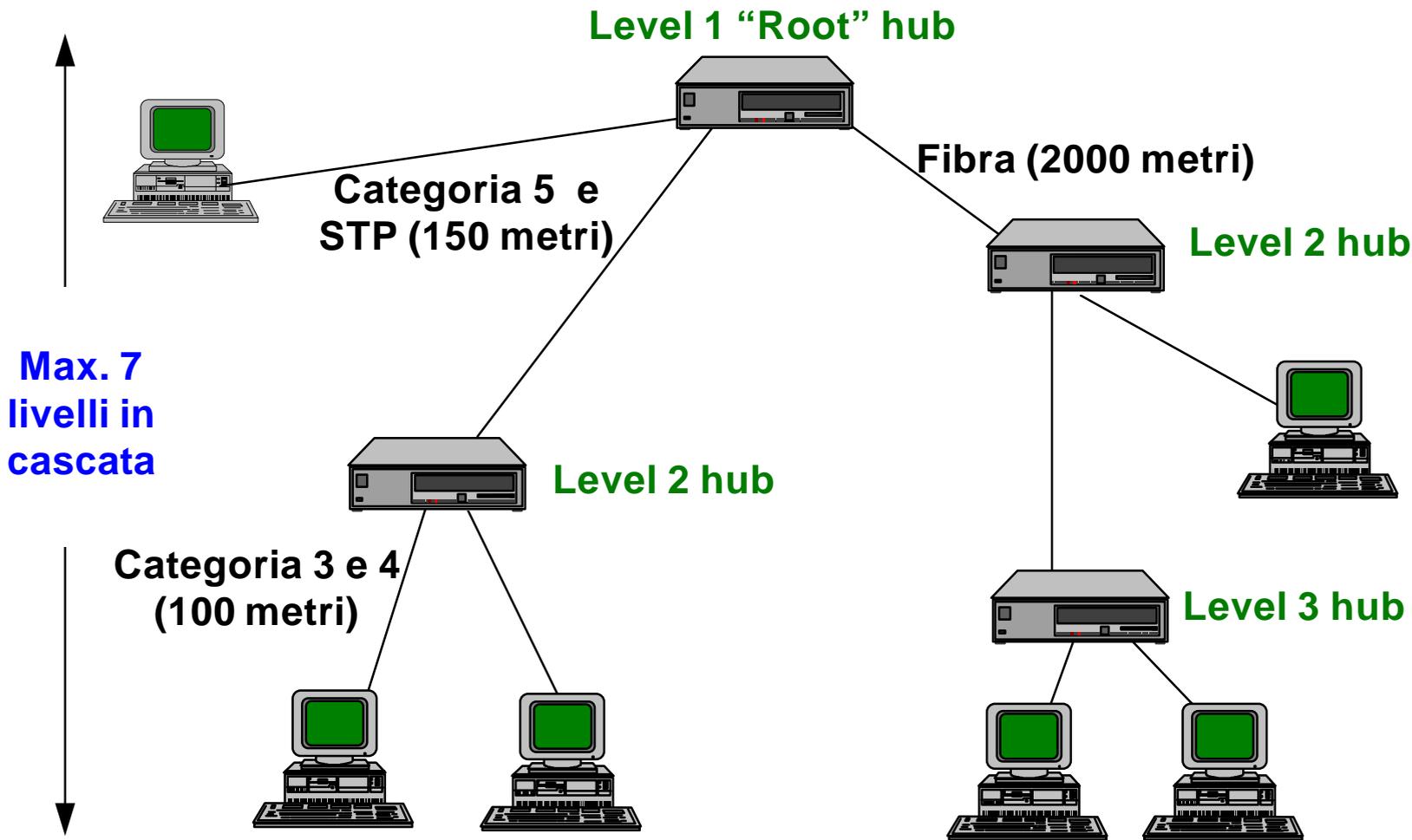
# IEEE 802.12

- Detto anche 100VG AnyLAN
  - precedentemente 100BASE-VG
- Nuovo MAC di tipo demand priority:
  - concepito per reti a stella gerarchica con HUB
    - protocollo Round-Robin
  - due livelli di priorità
    - applicazioni multimediali (ritardi limitati)
    - applicazioni classiche
- Diametro della rete da 500 a 6000 metri:
  - mezzi trasmissivi utilizzati
  - numero di Hub
- Trasporto trame Ethernet e Token Ring

# Demand Priority



# 100VG-AnyLAN



# 802.12

## ■ Cavi utilizzabili:

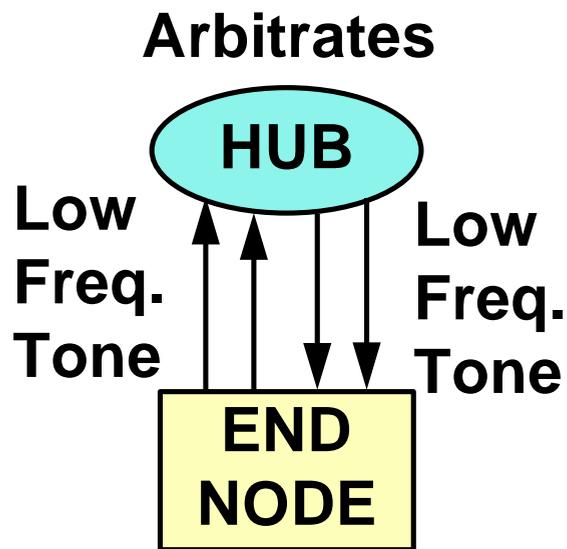
- UTP cat. 3, necessita di 4 coppie
- cavi 25 coppie (solo con codifica 5B/6B)
- STP
- Fibra

## ■ Quartet Signaling

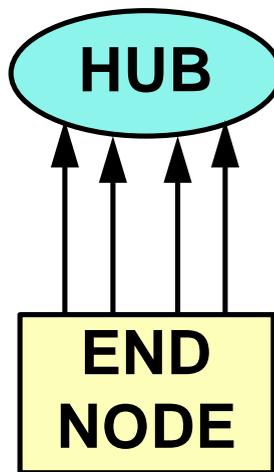
- Utilizza le tutte le 4 coppie disponibili sul cablaggio strutturato:
  - minimizza la banda trasmissiva
  - massimizza il rapporto segnale/rumore
  - semplifica la modulazione
- 4 coppie permettono l'utilizzo di NRZ a 2 livelli

# Quartet Signaling

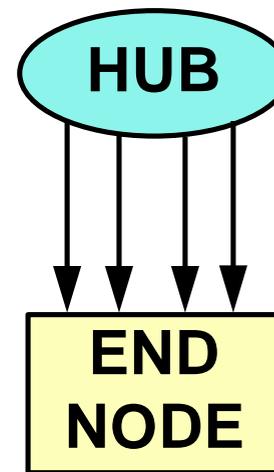
- Ogni doppino porta 25Mb/s
- 3 stati principali:



Node to HUB  
data transfer



HUB to Node  
data transfer



# End Node to Hub

## ■ Demand Priority Control Signal

	TP1	TP2
Ready to Receive	Silence	Silence
Idle	Tone 1	Tone 1
Normal Priority Request	Tone 1	Tone 2
High Priority Request	Tone 2	Tone 1
Training Idle	Tone 2	Tone 2

TP1 = Twisted Pair 1

TP2 = Twisted Pair 2

Tone 1 = 0.937MHz

Tone 2 = 1.875MHz

# Hub to End Node

## ■ Demand Priority Control Signal

	TP3	TP4
Ready to Receive	Silence	Silence
Idle	Tone 1	Tone 1
Incoming	Tone 1	Tone 2
Reserved	Tone 2	Tone 1
Training Idle	Tone 2	Tone 2

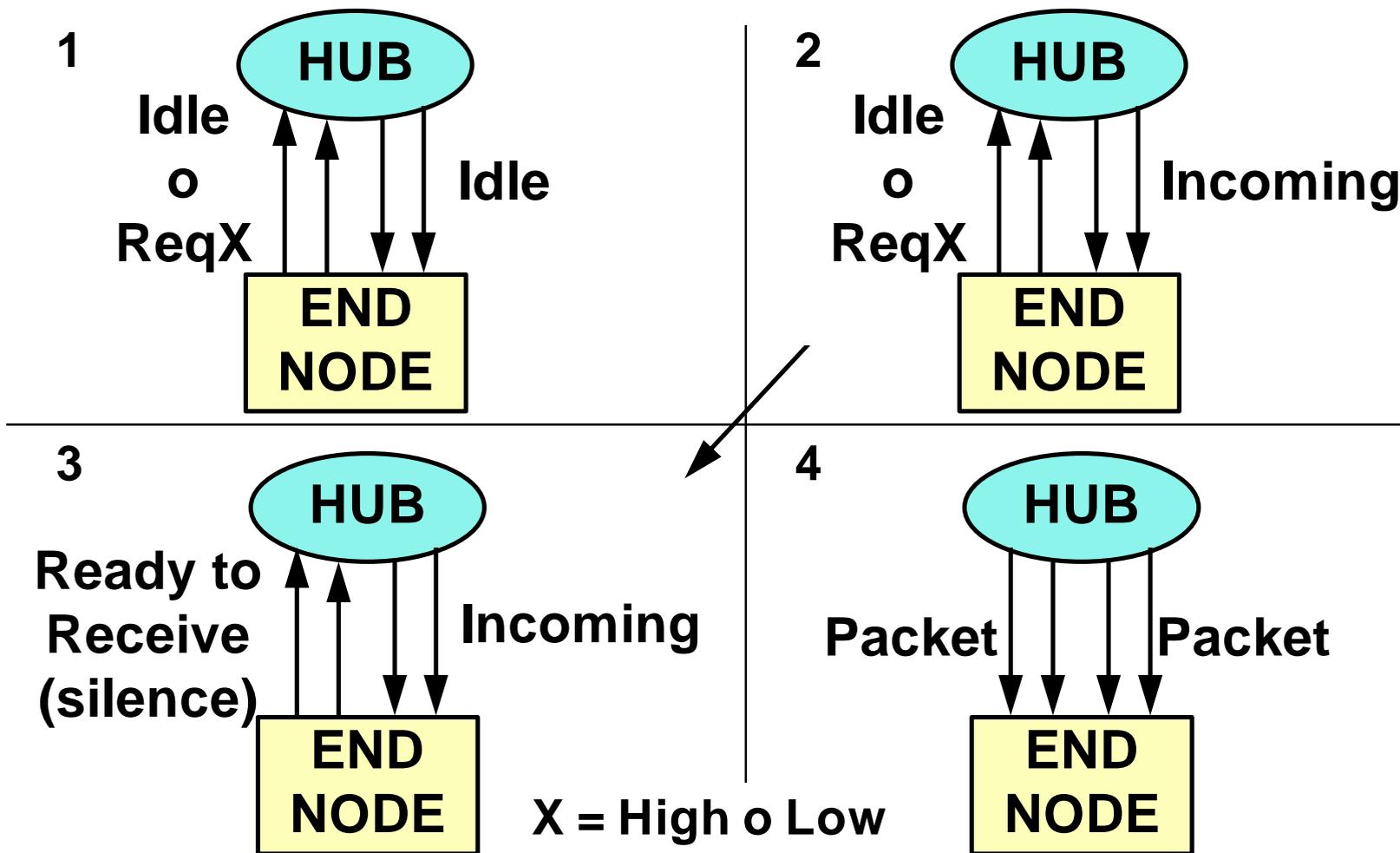
TP3 = Twisted Pair 1

TP4 = Twisted Pair 2

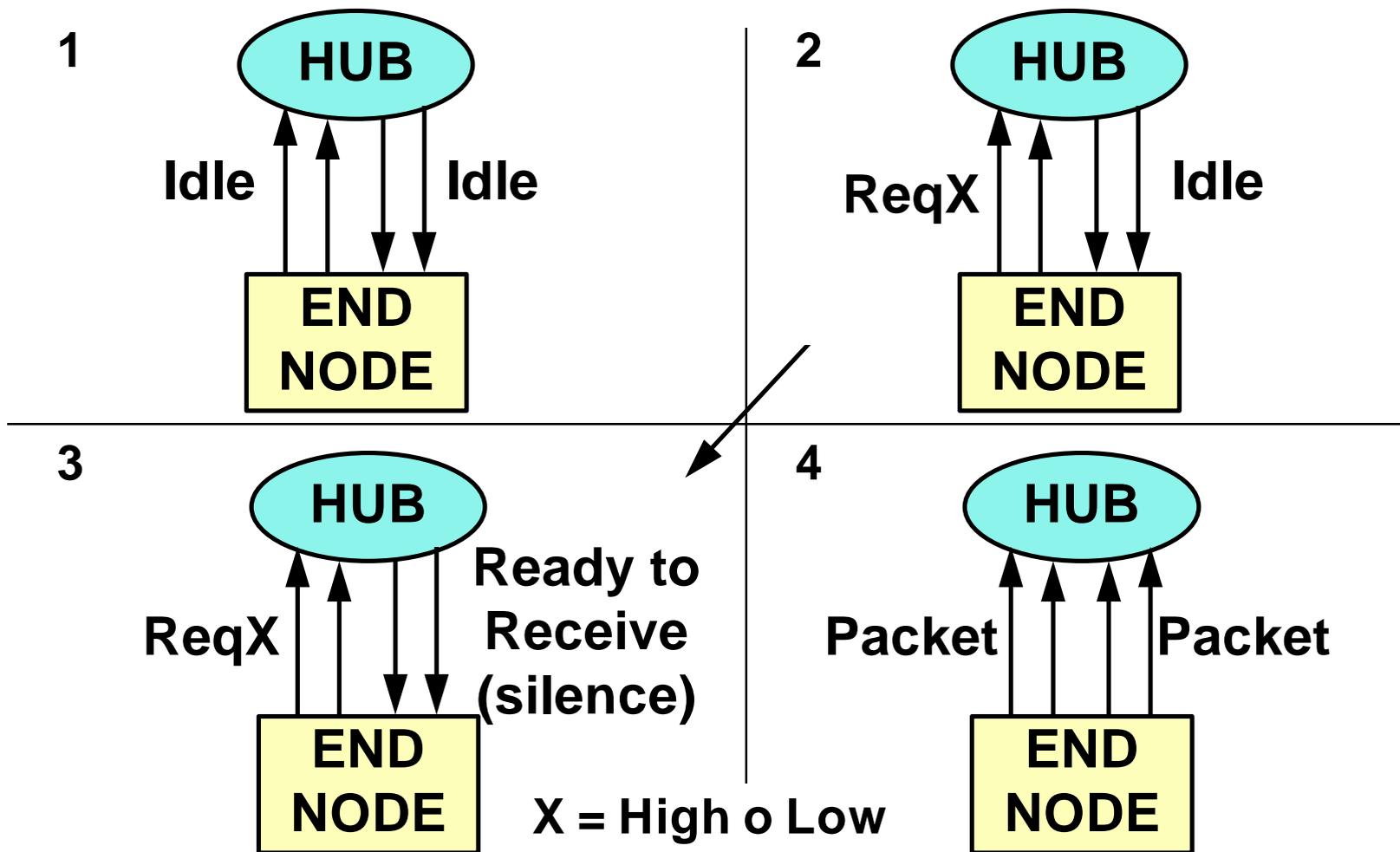
Tone 1 = 0.937MHz

Tone 2 = 1.875MHz

# End Node: Ricezione



# End Node: Trasmissione

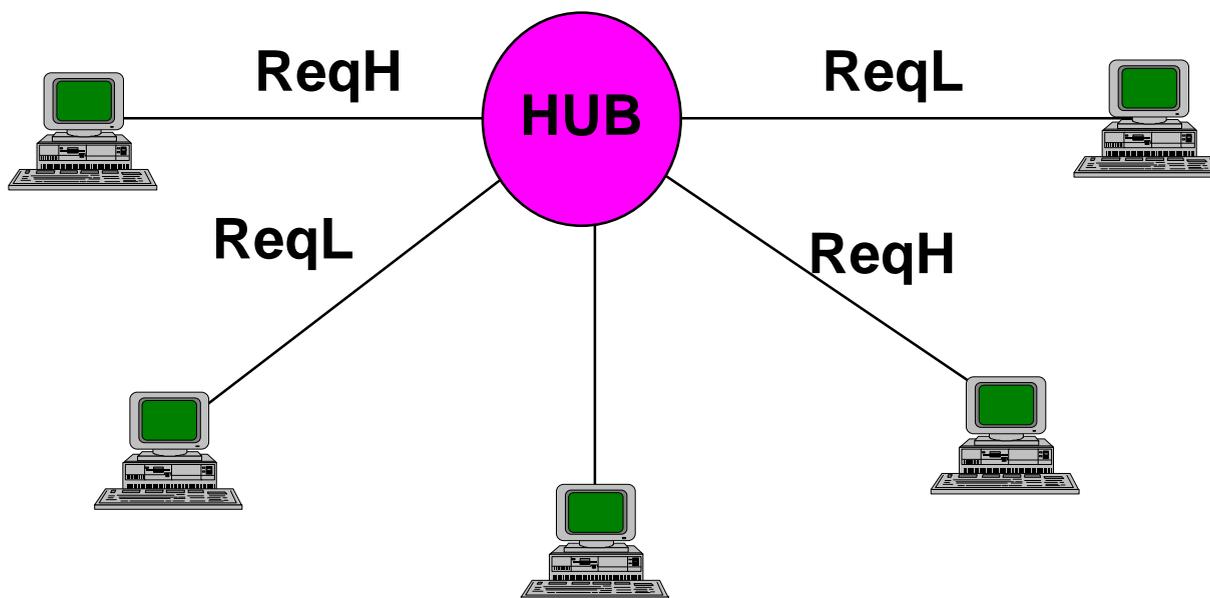


# Demand Priority Protocol

- I pacchetti entrano nell'Hub e sono ritrasmessi dopo  $3\mu s$  durante cui:
  - Si ascoltano le richieste di trasmissione
  - Si manda la segnalazione di Incoming a tutti i nodi eccetto il source:
    - i nodi sospendono l'invio dei toni

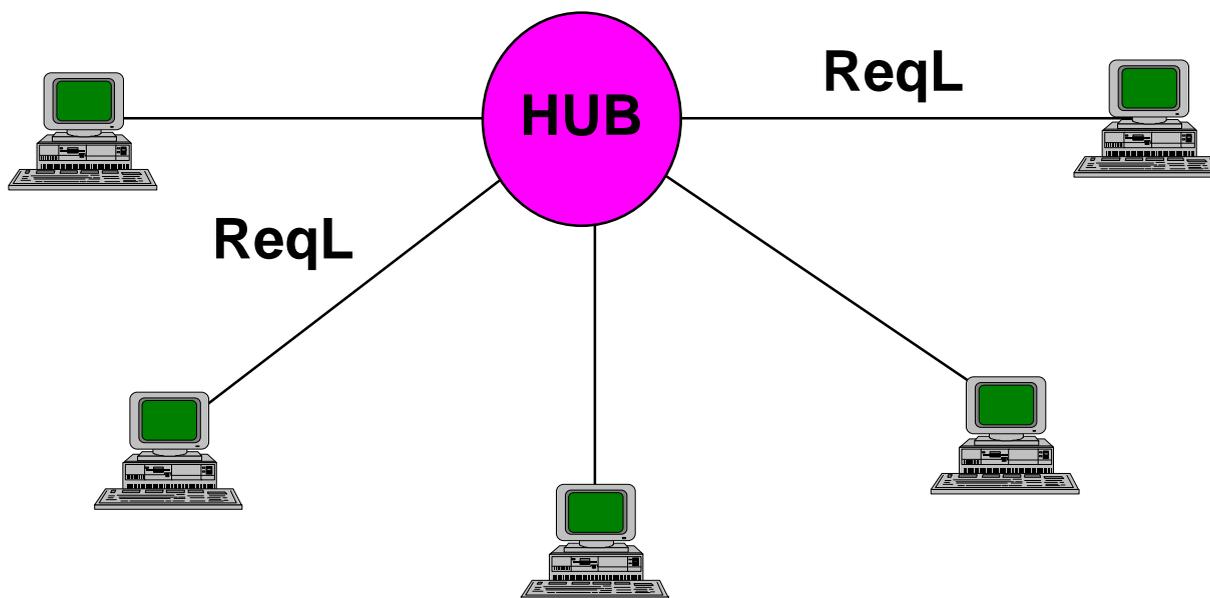
# Round-Robin: alta priorità

- Prima si servono le richieste ad alta priorità in round-robin



# Round-Robin: bassa priorità

- Quindi si servono quelle a bassa priorità, sempre in round-robin, riprendendo da dove si era smesso



# IEEE 802.10

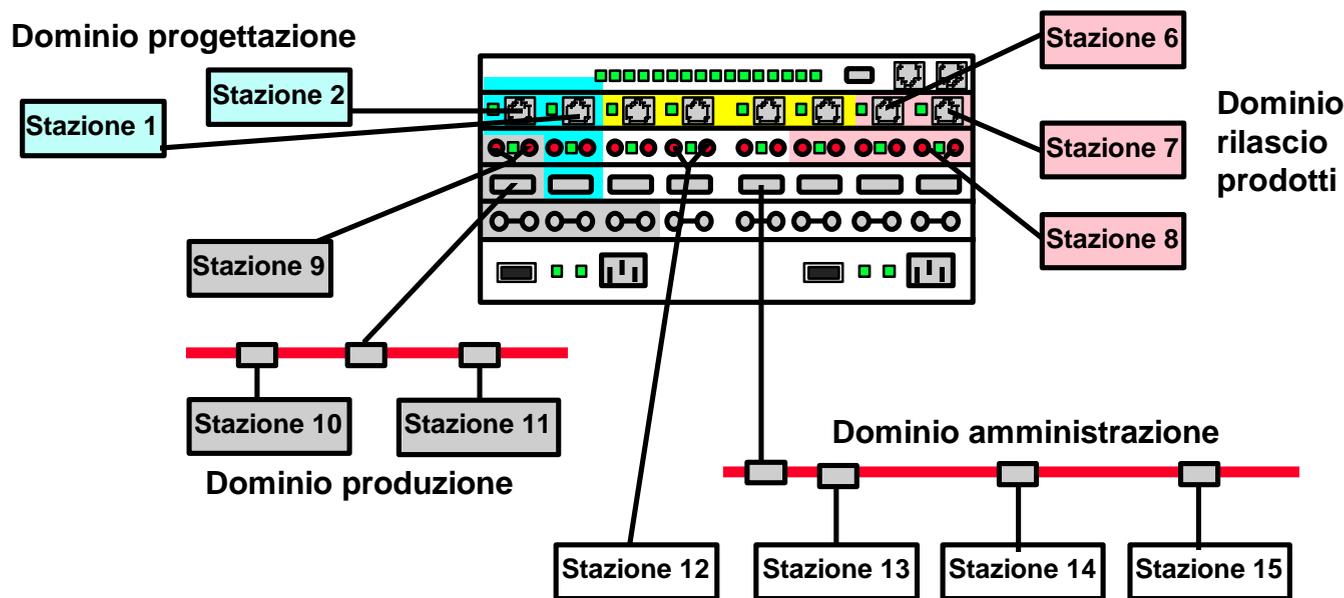
- Standard for “Interoperable LAN/MAN Security” (SILS)
- Definisce i numerosi aspetti del problema sicurezza applicato alle LAN/MAN:
  - riservatezza
  - indentificazione
  - prevenzione dell’osservazione dei pacchetti
  - ...
- L’identificazione delle trame MAC permette inoltre di estendere le LAN virtuali sulle dorsali FDDI
  - ATM ha un supporto nativo per le VLAN

# LAN virtuali (VLAN)

- Le LAN estese, quando crescono troppo di dimensione, sono fonte di problemi:
  - elevato traffico di multicast/broadcast
  - routing tra le sottoreti IP
  - sicurezza
- Si introduce il concetto di LAN virtuali:
  - unica infrastruttura fisica
  - definizione di più sottoreti logiche separate
- Le LAN virtuali possono coprire:
  - il singolo Switch
  - l'intera LAN estesa

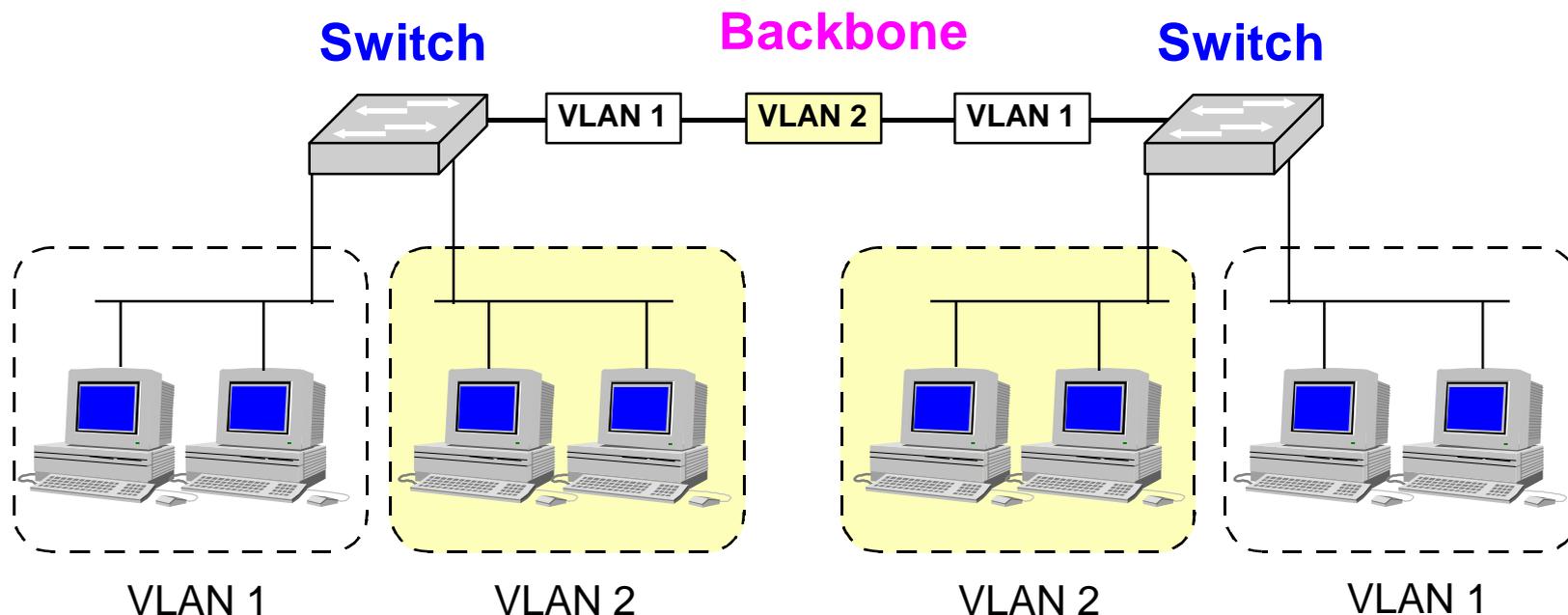
# LAN virtuali - singolo Switch

- Si possono raggruppare due o più porte dello Switch in un dominio di broadcast



# VLAN a livello MAC

- Occorre distinguere quali pacchetti sono destinati a quali VLAN a livello di dorsale
  - assenza di uno standard
  - problemi di interoperabilità per le stazioni connesse direttamente sulla dorsale



# VLAN di livello MAC

## ■ Possibili soluzioni:

### ■ Frame Tagging

- si utilizza encapsulation a livello di dorsale
- proposto, ad esempio, da Digital per EnVision

### ■ Packet Tagging

- si inserisce un header aggiuntivo dopo quello MAC
- Cisco propone di usare IEEE 802.10

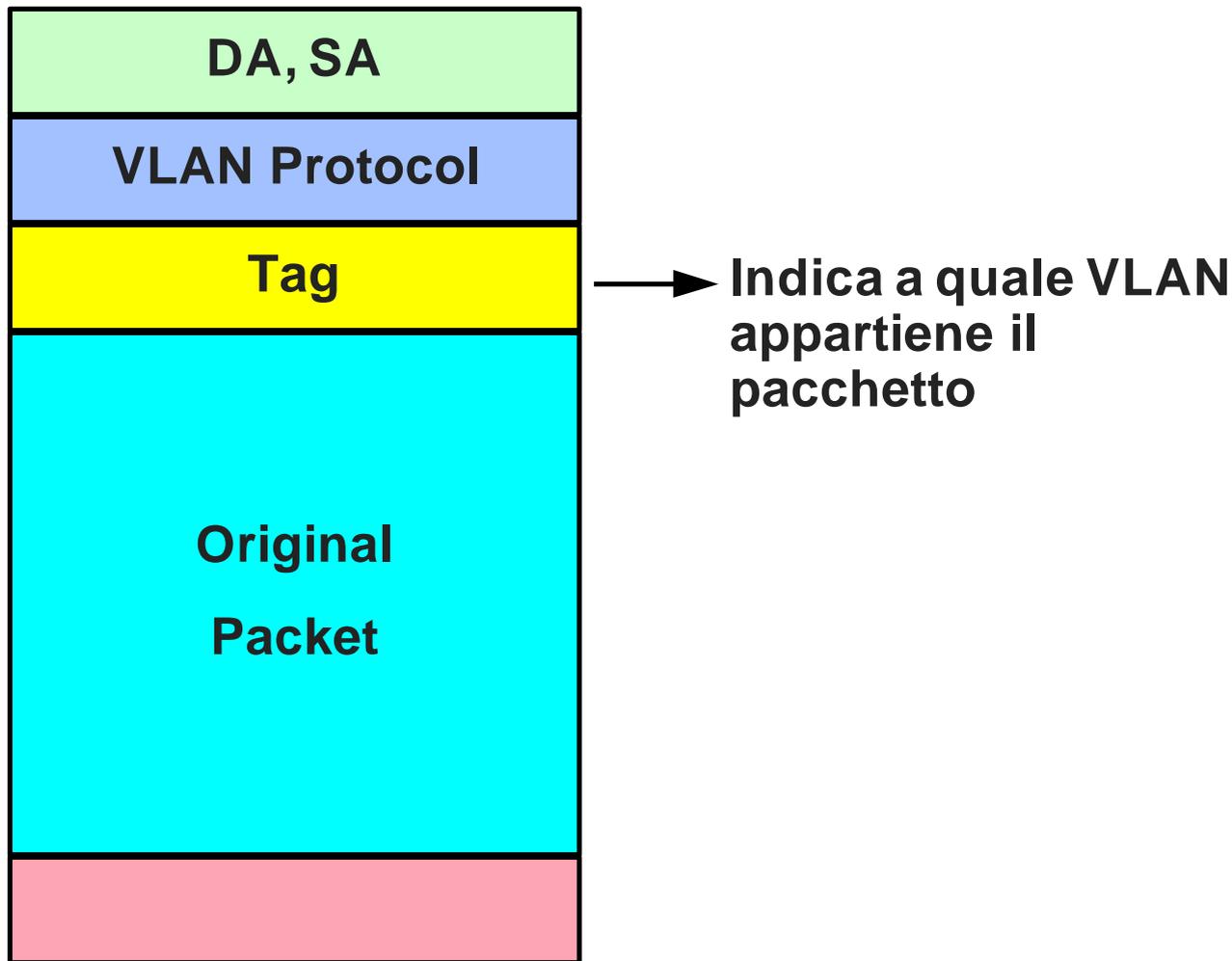
### ■ Frame Filtering

- non si marcano i pacchetti sulla dorsale, ma si effettua un filtering sul source address
- proposto, ad esempio, da Cabletron

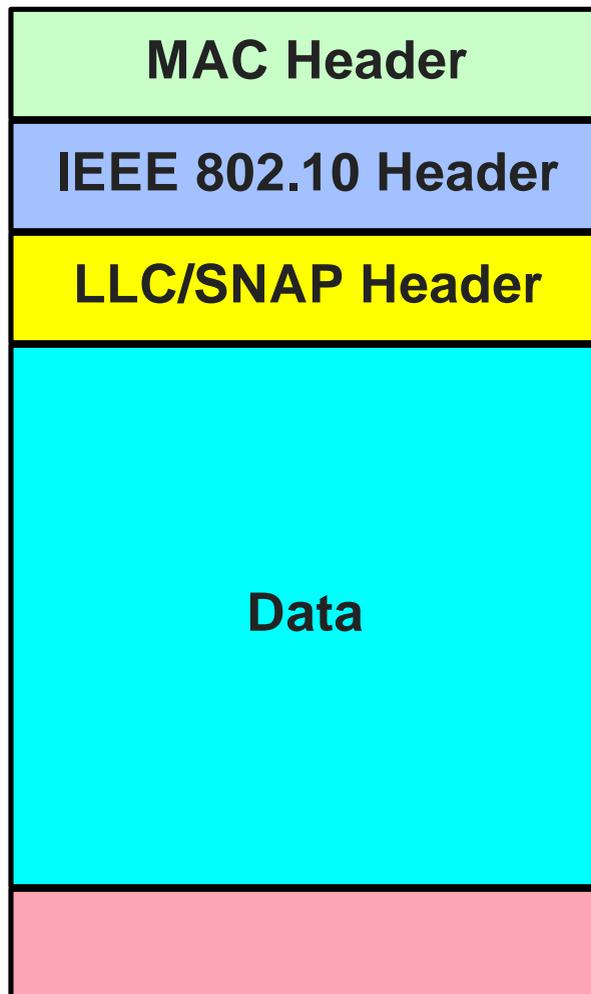
### ■ ATM LAN Emulation

- standard

# Frame Tagging



# Packet Tagging

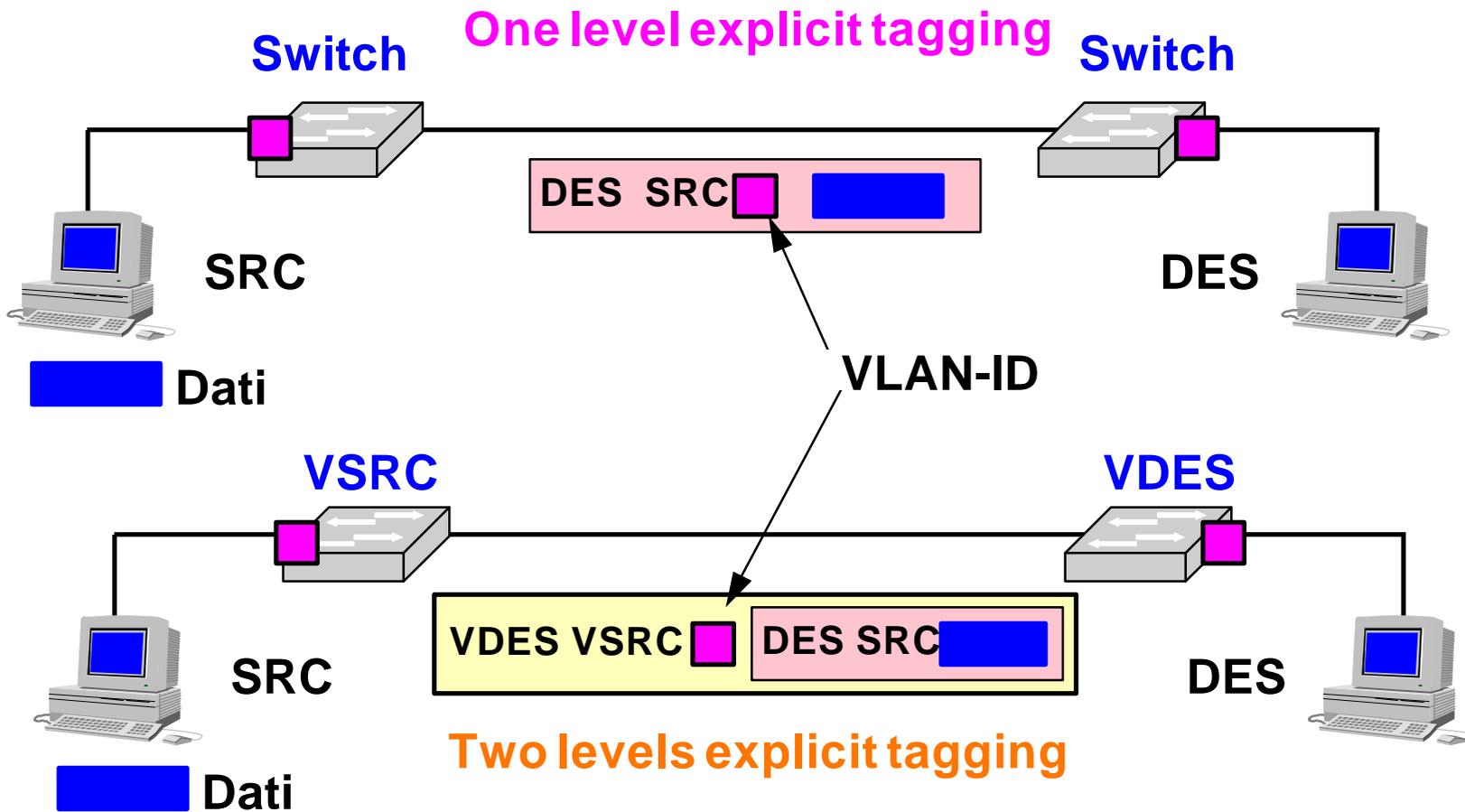


→ Indica a quale VLAN appartiene il pacchetto

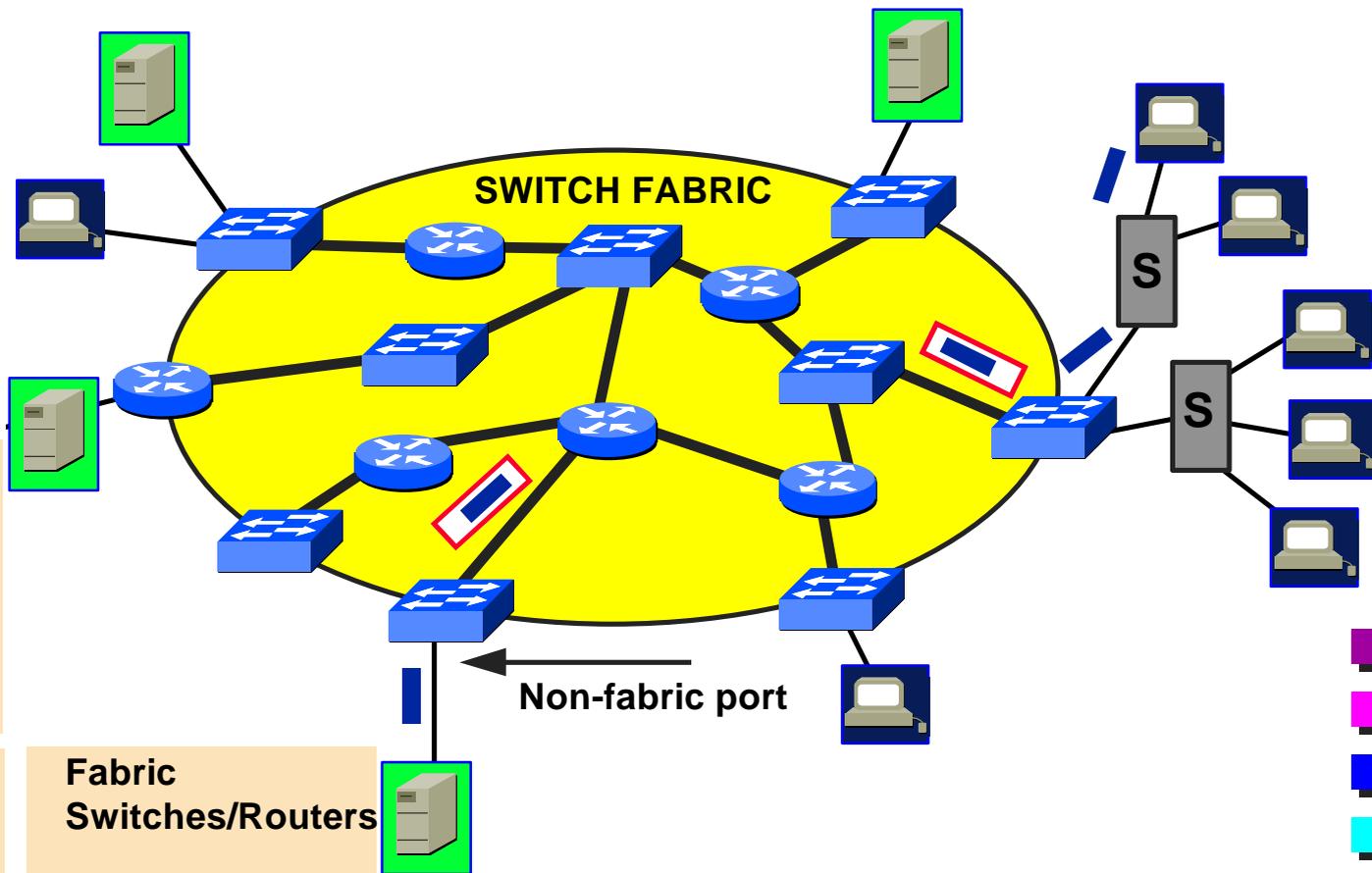
# IEEE 802.1q

- Gruppo di lavoro per uno standard sulle VLAN
- Due proposte attualmente in discussione:
  - schema di VLAN Tagging a 1 livello
    - aggiunge un nuovo ethertype e 2 bytes di VLAN-ID
  - schema di VLAN Tagging a 2 livelli
    - più potente e più semplice da supportare in HW per protocolli di livello 3
- **Attenzione!!!**
  - le realizzazioni proprietarie probabilmente non saranno aggiornabili allo standard in quanto contenute in ASIC

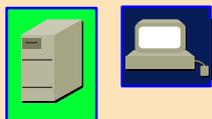
# One and two level explicit tagging



# Two-Layer Tagging Model



Non-Fabric Devices



Non-tagging Switches



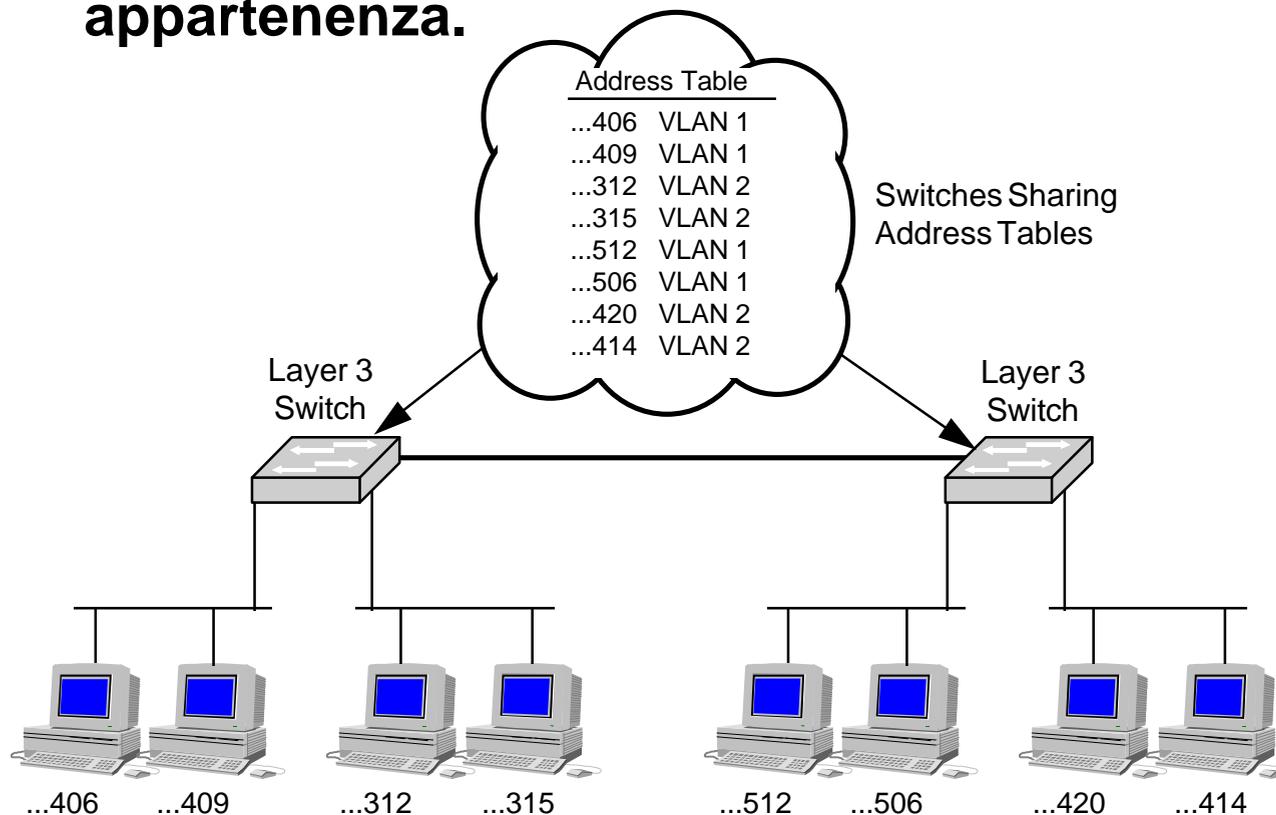
Fabric Switches/Routers



Non-fabric port

# Lan virtuali di livello 3

- **Necessitano di switch che operino a livello 3**
  - **Le LAN virtuali vengono create associando due o più indirizzi di livello 3 alla stessa LAN di appartenenza.**



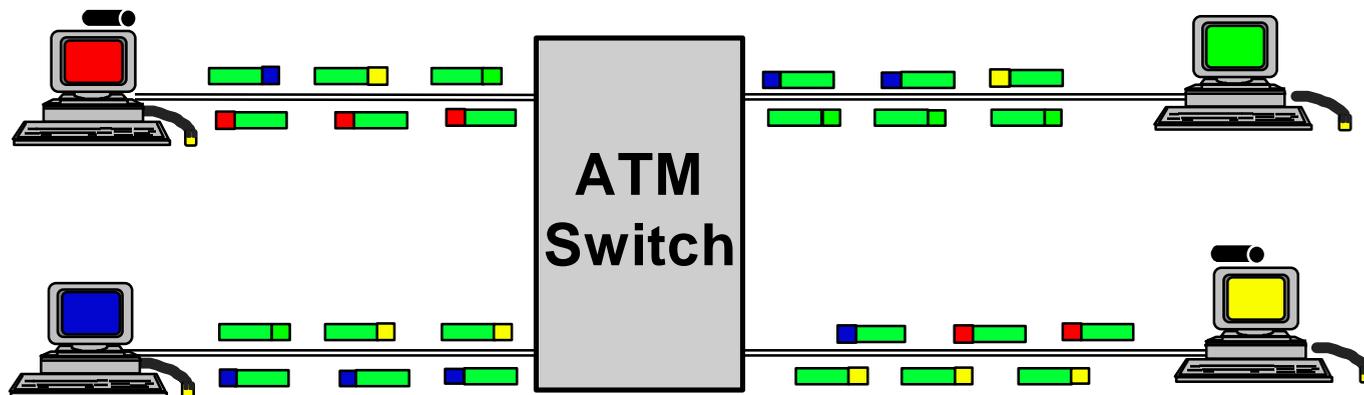
# IEEE 802.11

- Draft tuttora in fase di discussione per wireless LAN
- Nuovo protocollo di livello MAC a causa delle differenti caratteristiche (in particolare affidabilità) del mezzo fisico rispetto alle LAN wired
- 3 tecniche di trasmissione:
  - Direct Sequence Spread Spectrum
  - Frequency Hopping Spread Spectrum
  - Infrarossi

# ATM

- *ATM: Asynchronous Transfer Mode*
- **Commutazione di celle di lunghezza fissa**
  - 53 byte
- **Mezzi trasmissivi veloci**
  - tipicamente  $\geq 150$  Mb/s
- **Bassi ritardi**
  - idoneo per dati, voce e immagini video
- **Tecnologia su cui basare il B-ISDN**
- **Si possono realizzare LAN, ma ATM non è inserito nel progetto IEEE 802!**

# Commutazione di Cella

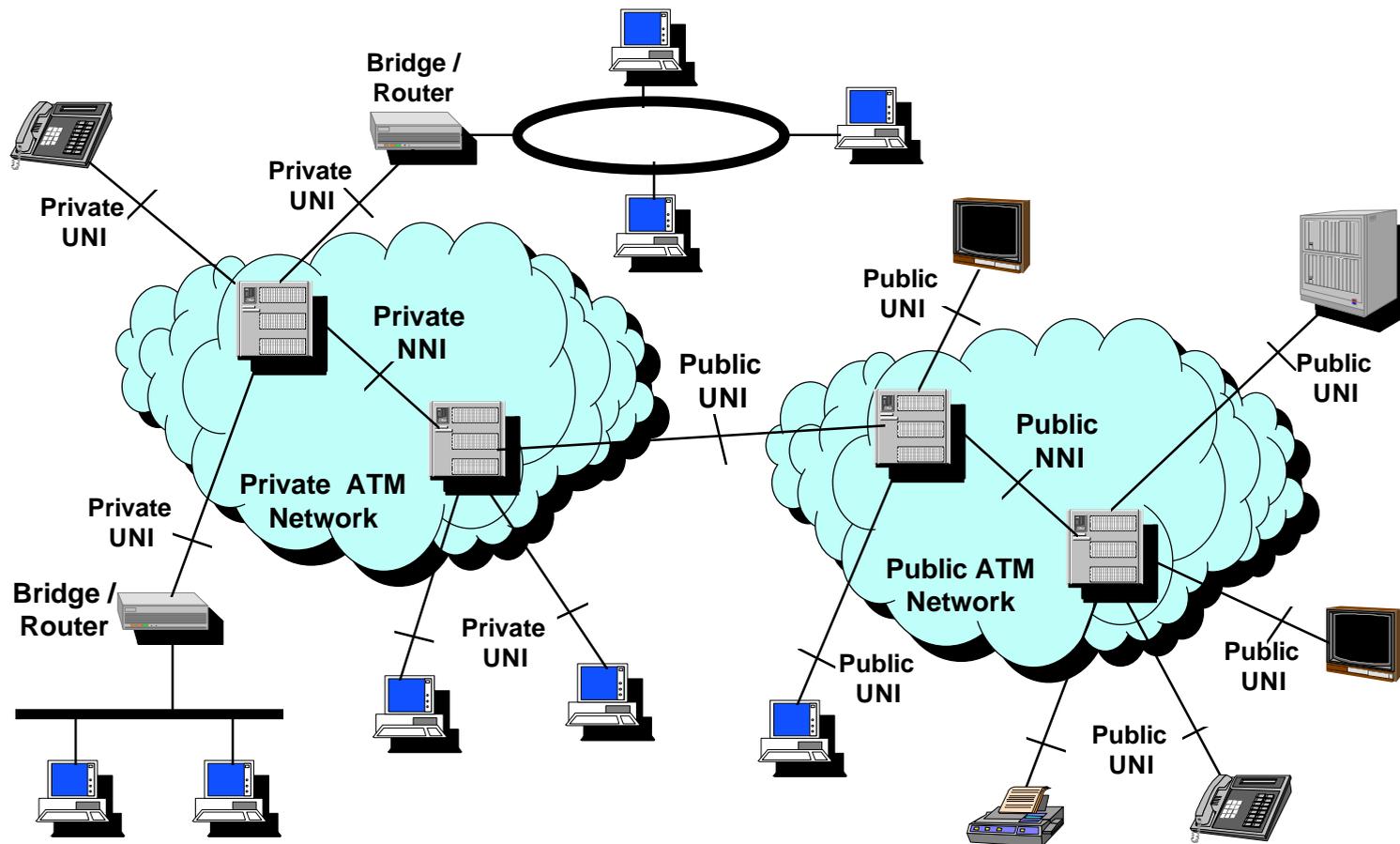


**Cella = 53 Ottetti**

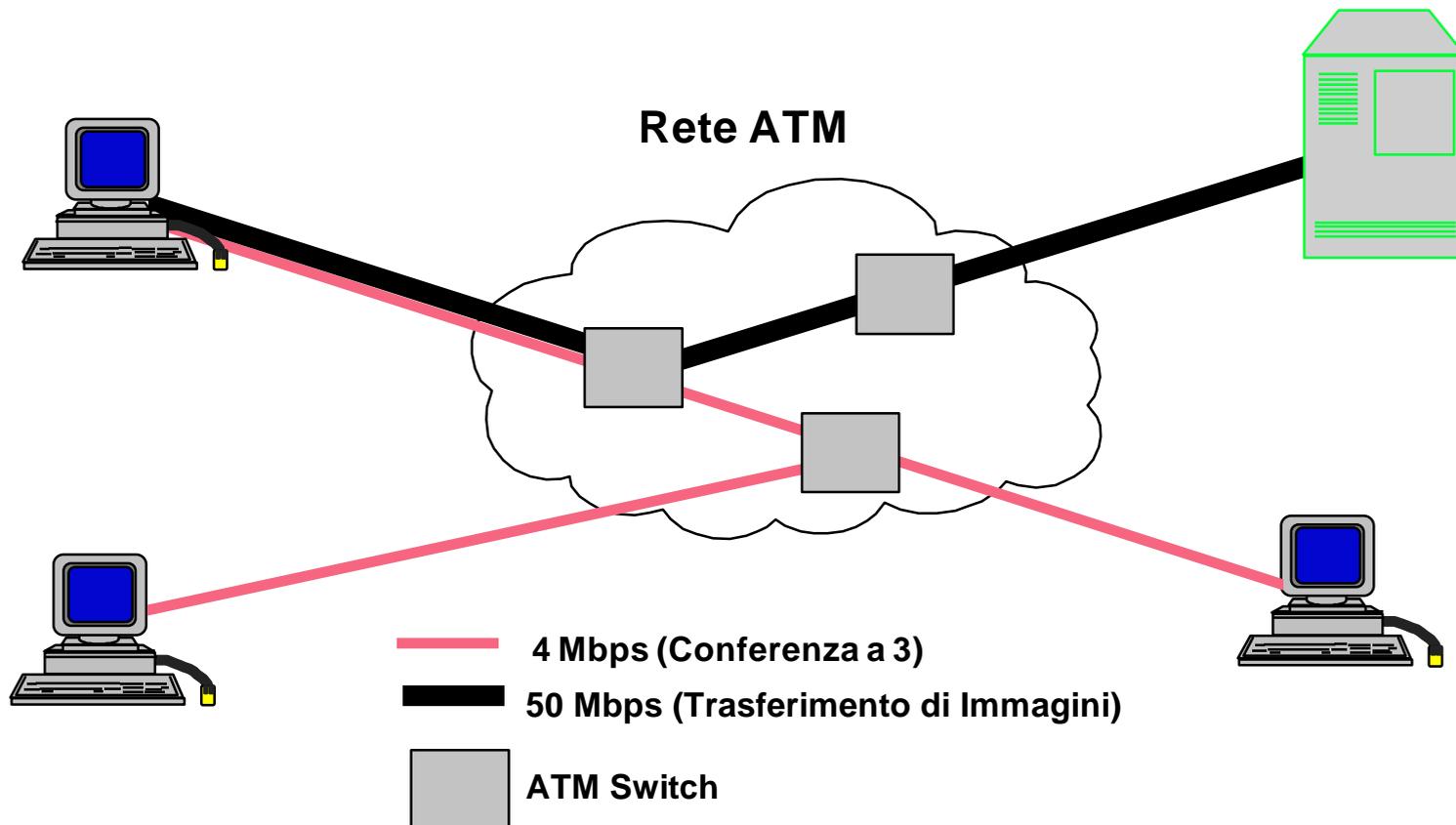
# La cella ATM



# Elementi di una rete ATM



# Canali Virtuali



# Differenze tra LAN e ATM

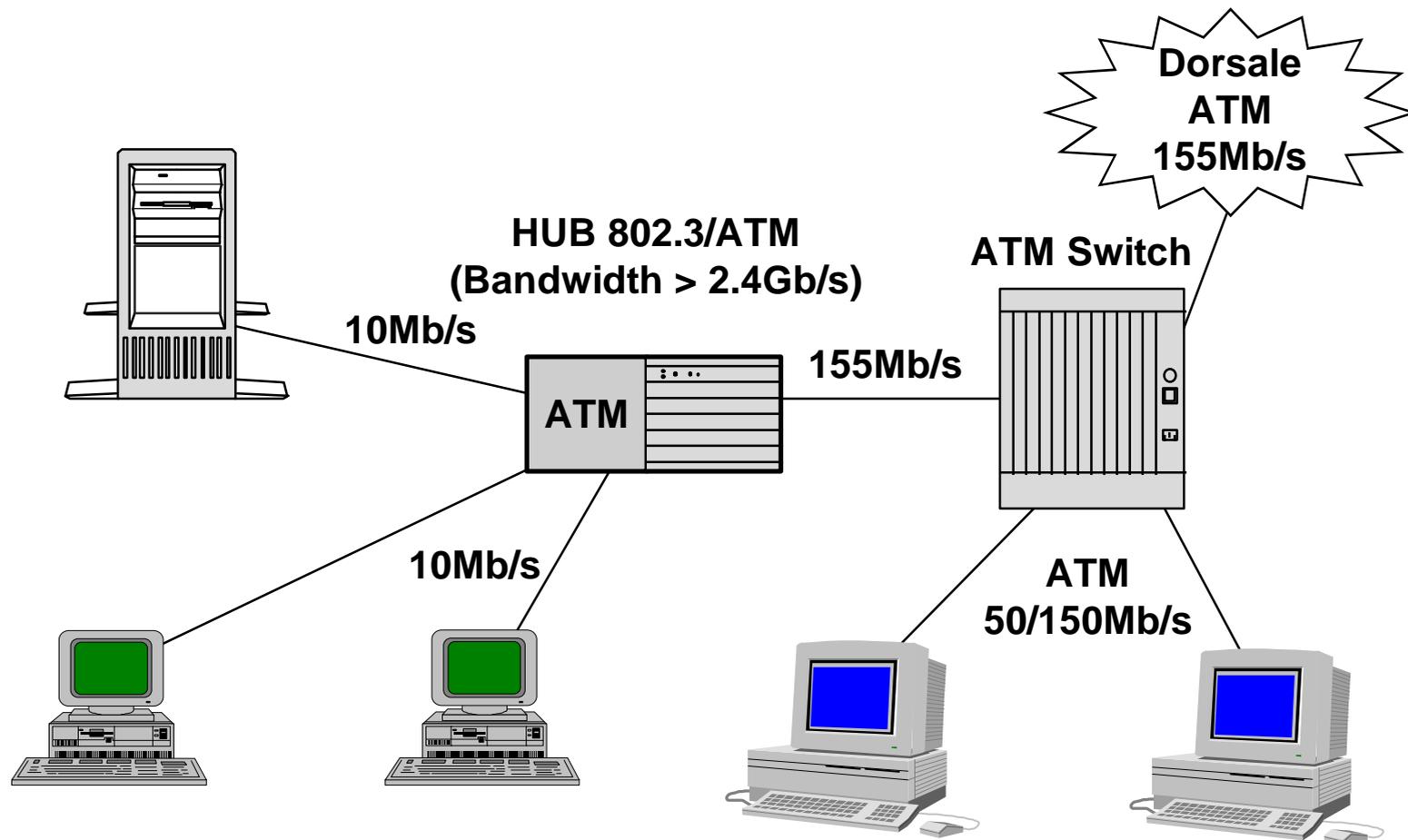
## ■ Le reti locali:

- Sono non connesse
- Usano pesantemente broadcast e multicast

## ■ Molte architetture di rete:

- Sono state ottimizzate per le reti locali
- Non hanno un livello 3
- Fanno advertisement e solicitation dei servizi in broadcast/multicast

# LAN ibride



# Le soluzioni

## ■ ATM Forum LAN Emulation

- Standard per far apparire una rete ATM come una LAN 802.X
- Necessità di server
- Versione 1.0 - Gennaio 1995

## ■ IETF (Internet Engineering Task Force)

- RFC per specificare come mettere i protocolli di alto livello nelle celle ATM
- RFC 1577 "Classical IP and ARP over ATM"

## ■ In prospettiva:

- Modificare pesantemente i protocolli per sfruttare le peculiarità di ATM

## ... e le Gigabit Ethernet

- Arriveranno nel 1997-1998
  - avranno il livello fisico di Fibre-channel
  - saranno probabilmente 2
- Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z)
  - 1 Gb/s full-duplex
  - 50 m con cavi UTP di categoria 5
  - 500 m su fibra ottica multimodale
  - 2 Km su fibra ottica monomodale
- Gigabit AnyLAN
  - half-duplex
  - 1 GB/s su fibra ottica
  - 500 Mb/s su cavo di categoria 5, a 100 m