

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

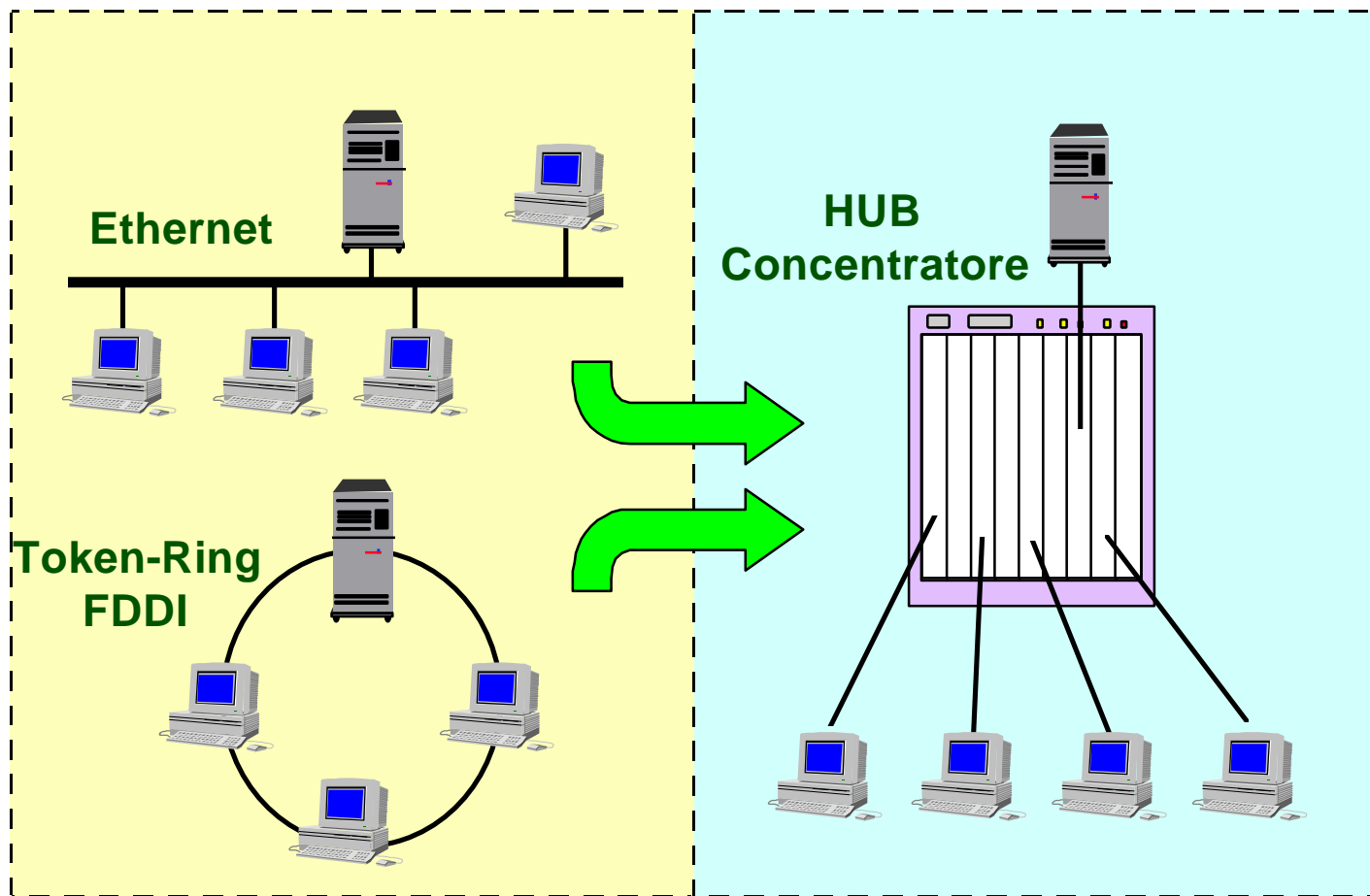
AnyLAN

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

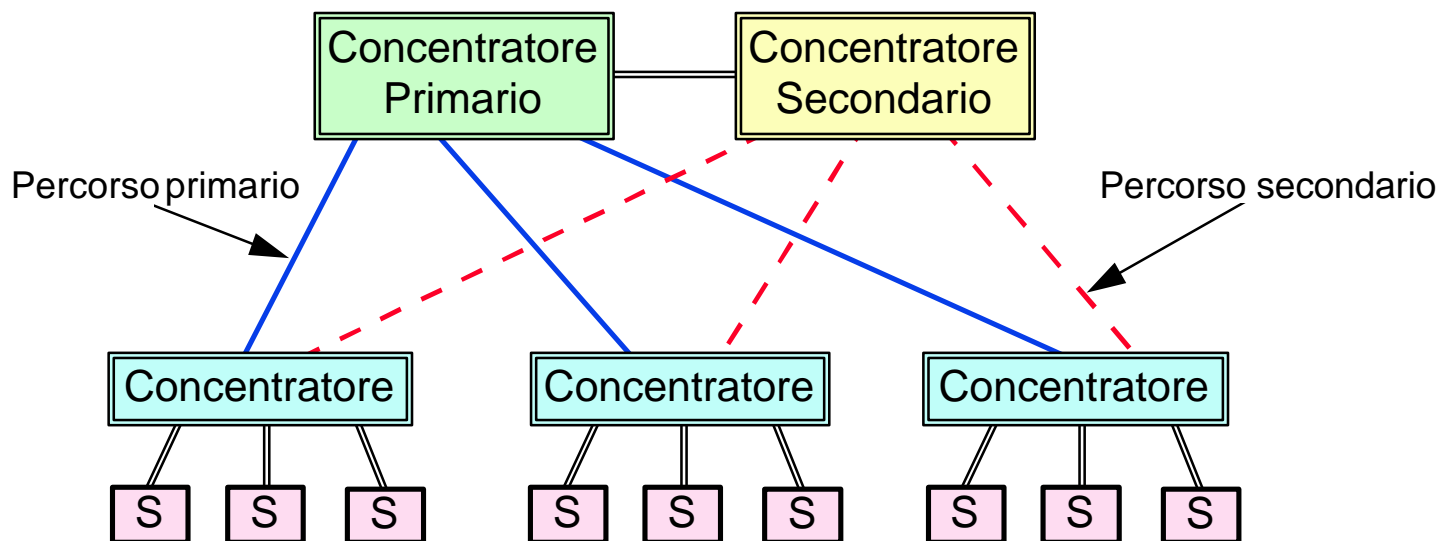
- Le LAN nascono con topologie a
 - bus o anello
- Con il cablaggio strutturato diventano
 - stelle o alberi
- Viene introdotto il concetto di Collapsed Backbone:
 - topologia stellare gerarchica
 - il backbone è collassato nel centro stella
- Vantaggi:
 - semplicità di gestione
 - applicabilità a tutte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

Il collapsed backbone in pratica

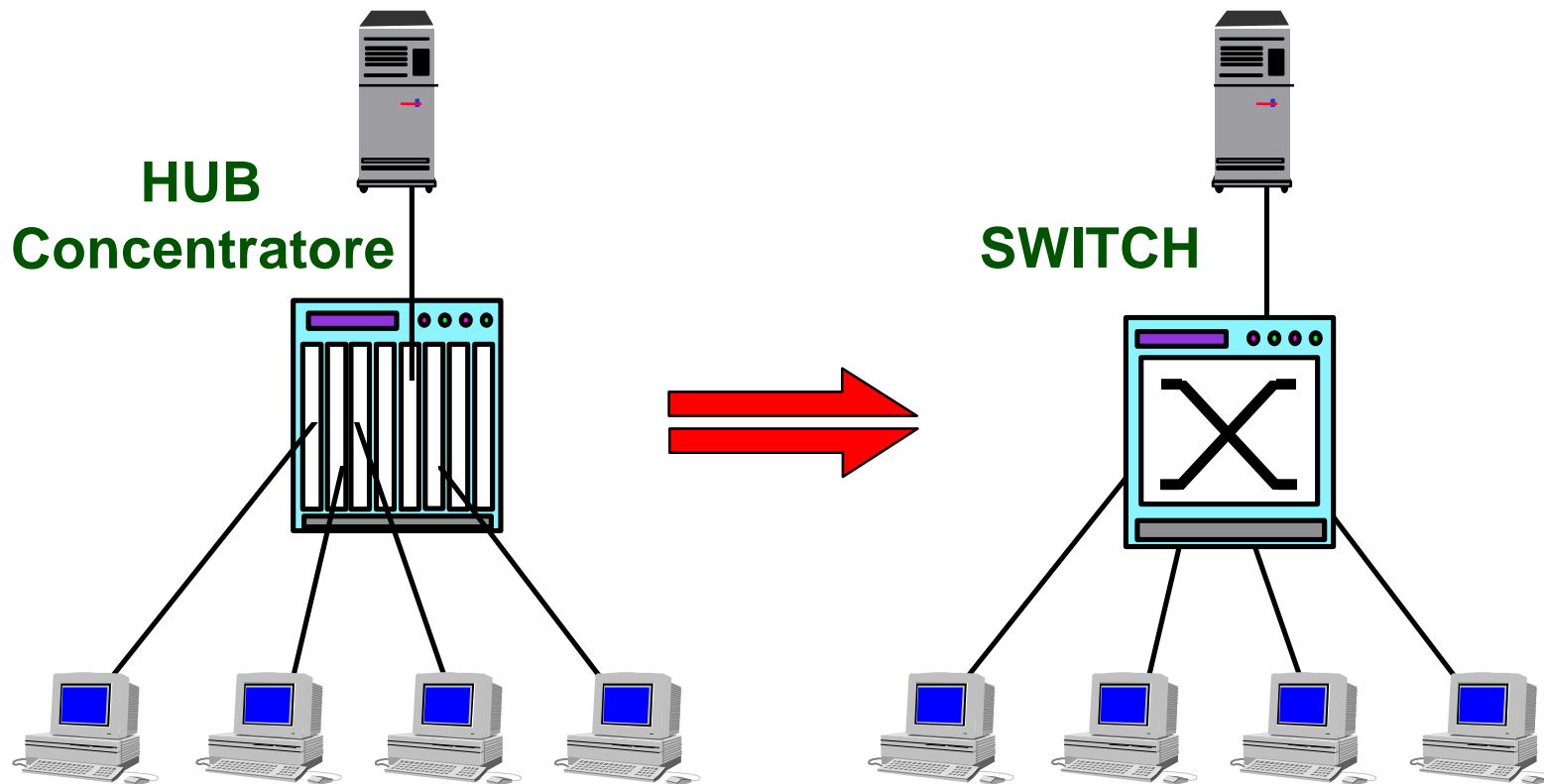
- **Cablaggio strutturato conforme alle normative EIA/TIA 568 o ISO/IEC 11801**
- **Concentratori (HUB) che trasformano:**
 - **i bus in stelle nel caso di ethernet**
 - **gli anelli in stelle nel caso di token ring e FDDI**
- **I concentratori permettono di avere:**
 - **banda condivisa se funzionano 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

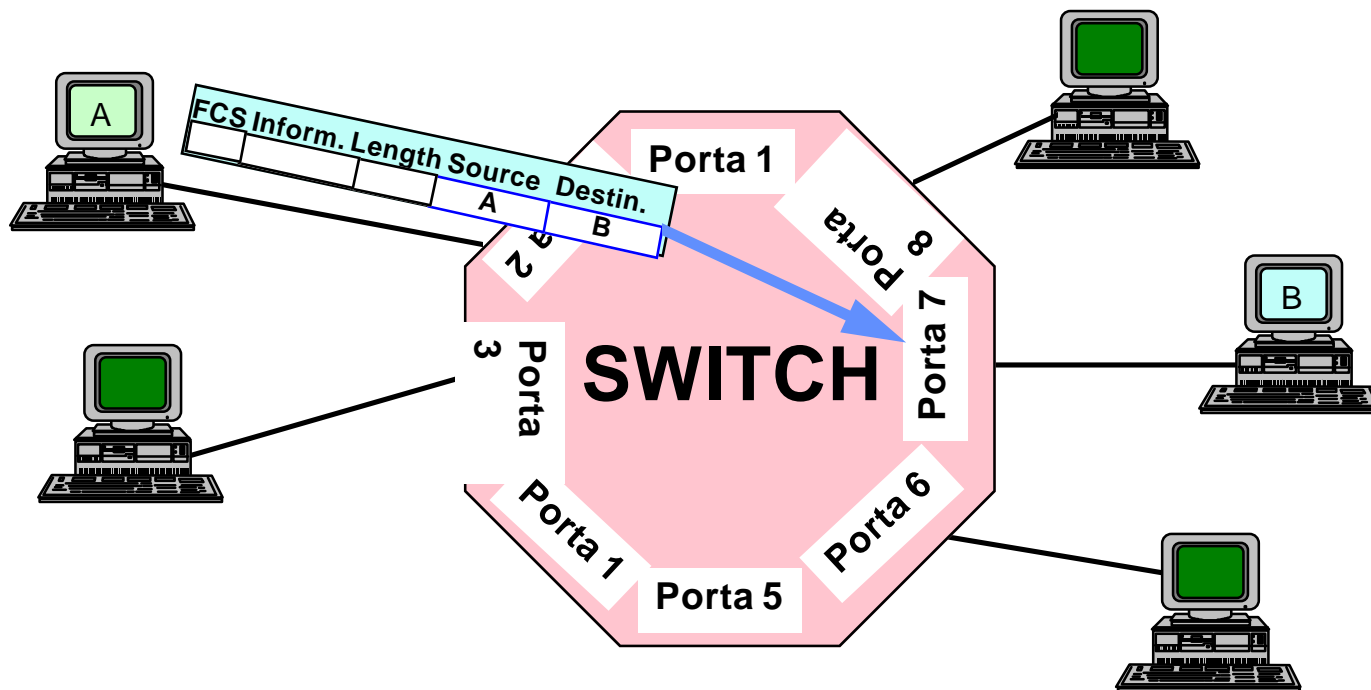
- tecnica sviluppata da Kalpana
- la decisione di inoltrare viene presa durante il transito del pacchetto nello switch

■ 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 $10 \div 60 \mu s$
 - 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

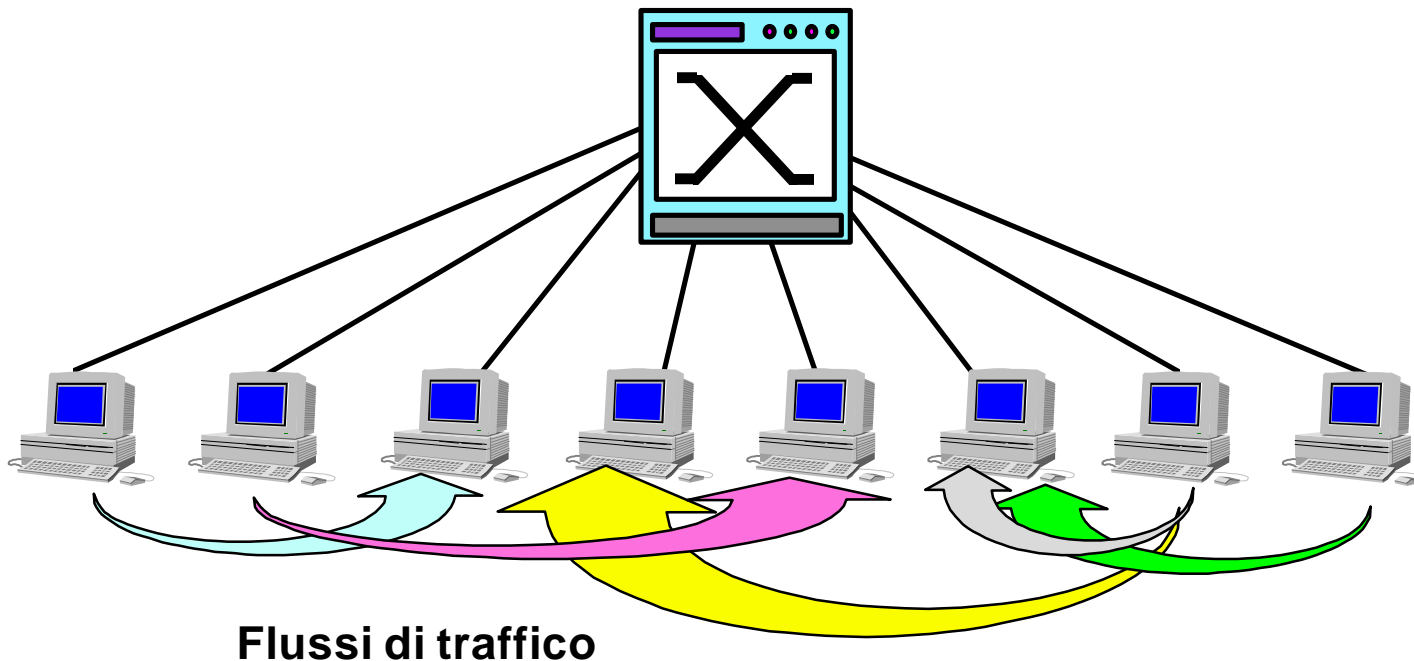
Store & Forward

- 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

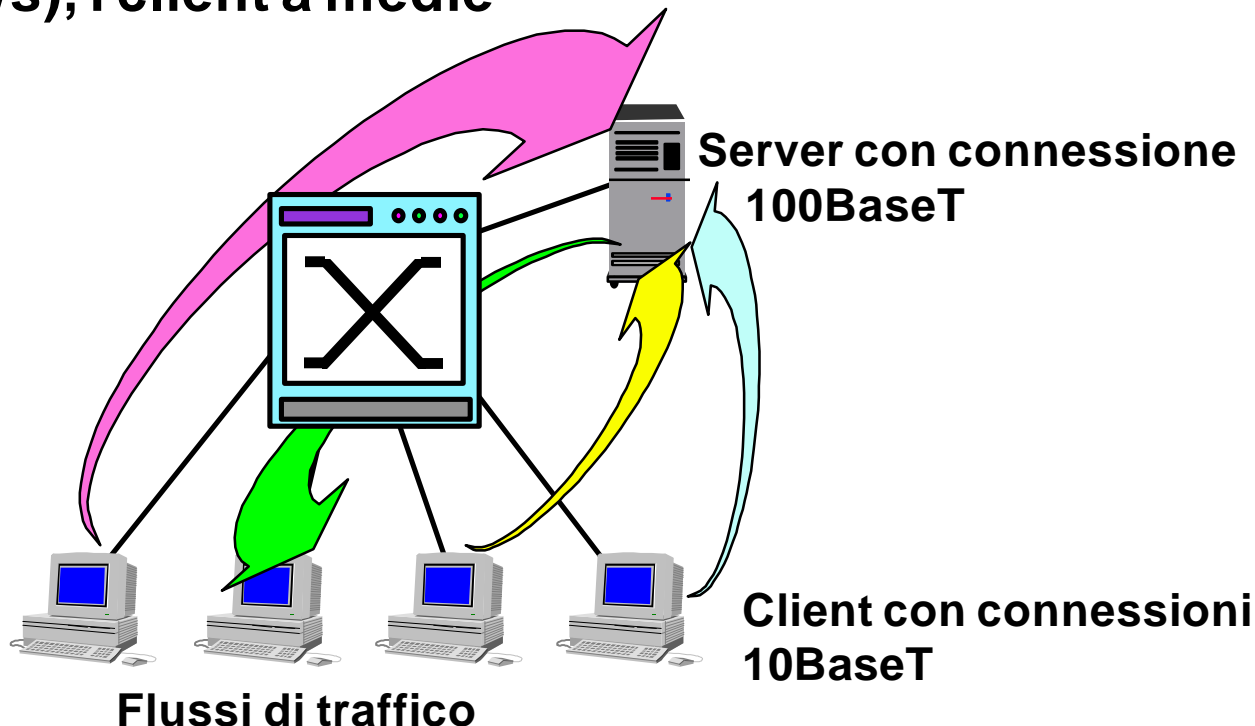
■ Switching con connessioni a pari velocità

- 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



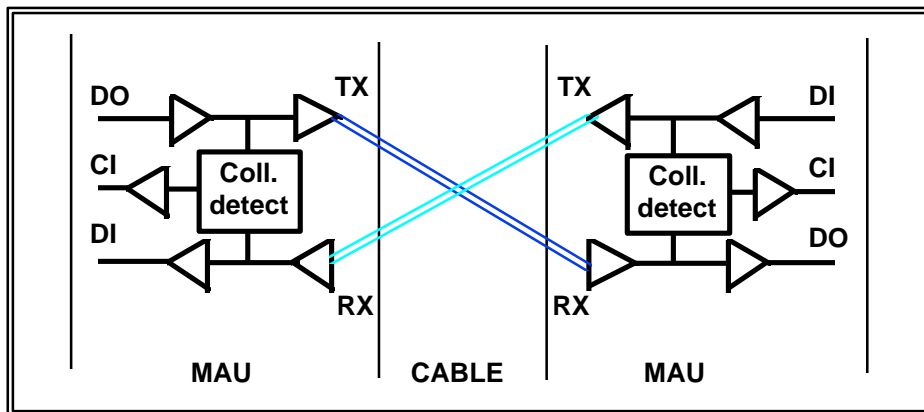
Half o full duplex?

- **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**

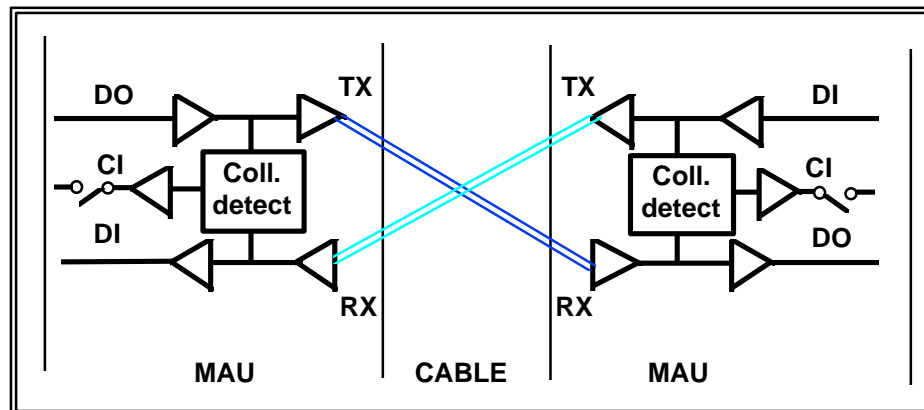
Ethernet full-duplex

- 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 μ 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

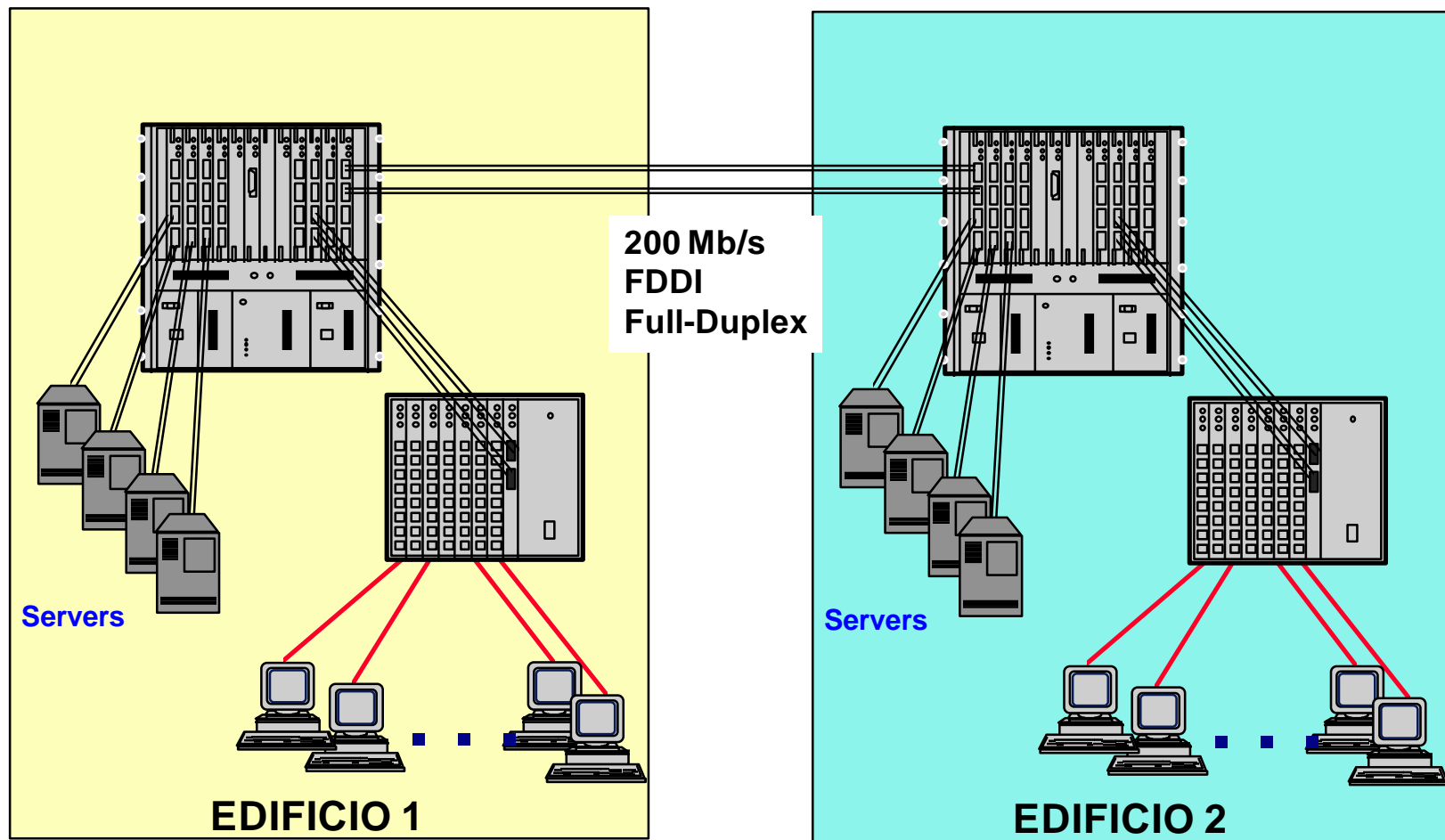
FDDI Switching

- 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

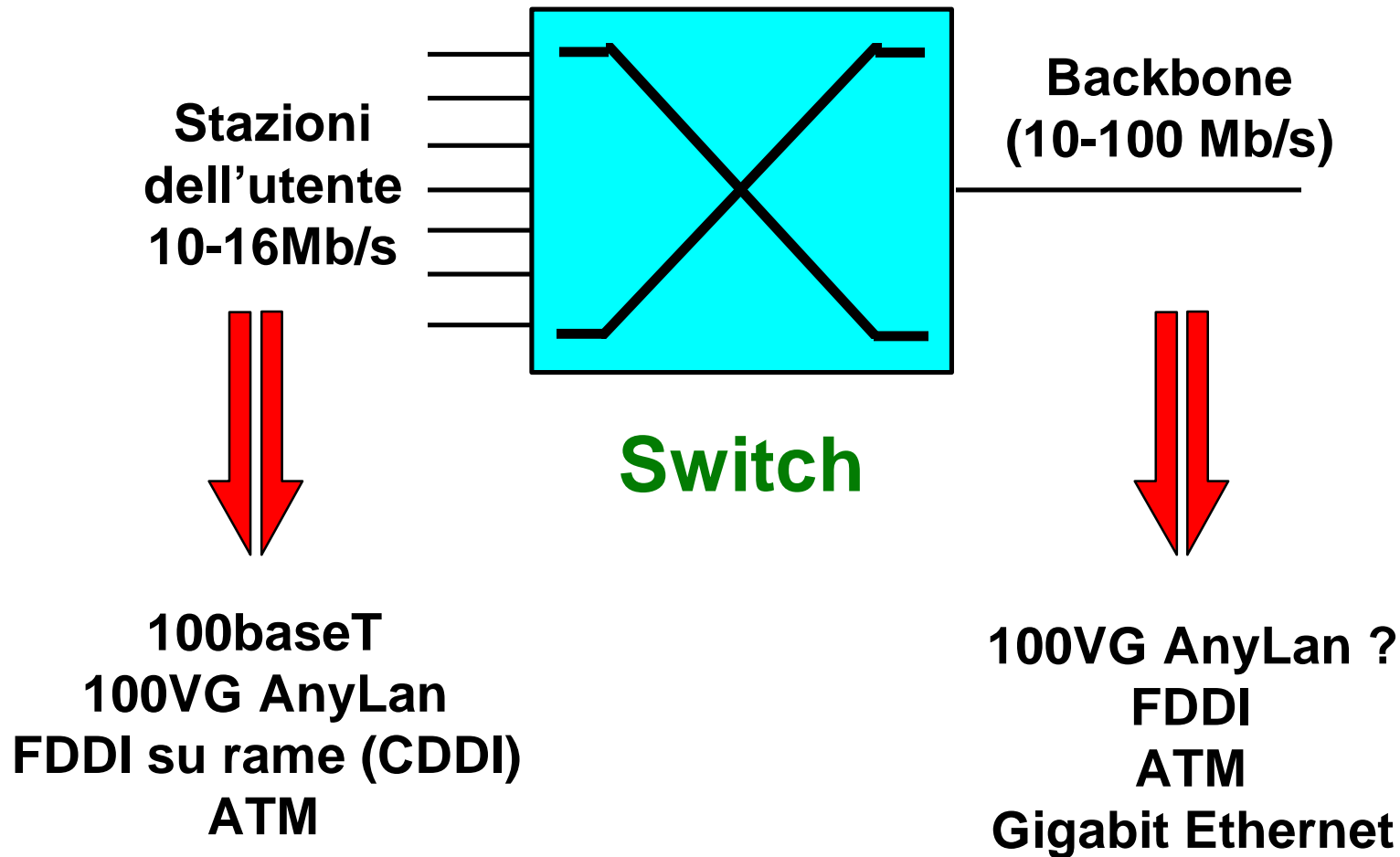
FDDI Full-Duplex

- 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

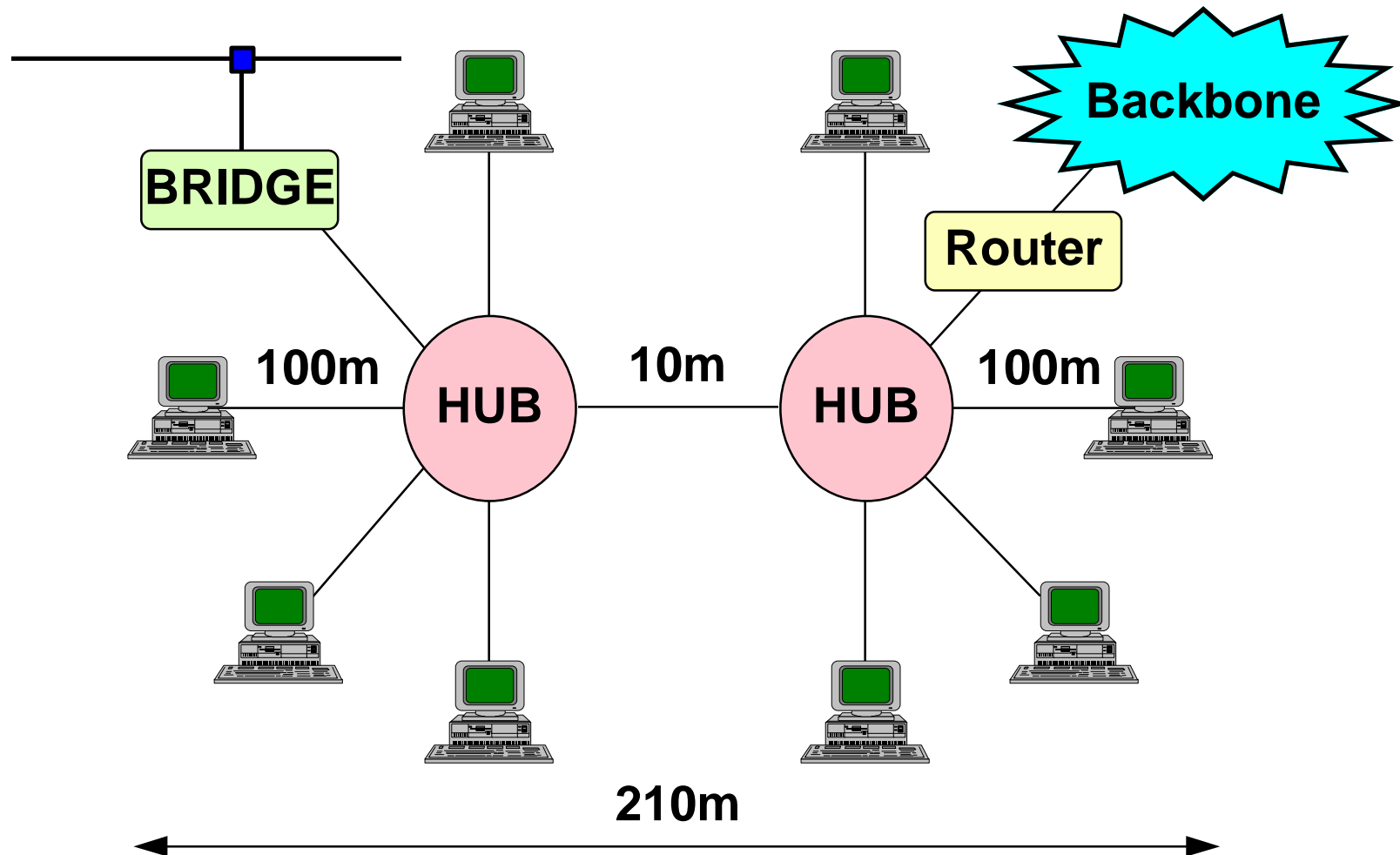
IEEE 802.3u

- 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 μ s**
 - **Slot time 512 bit (5.12 μ 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**

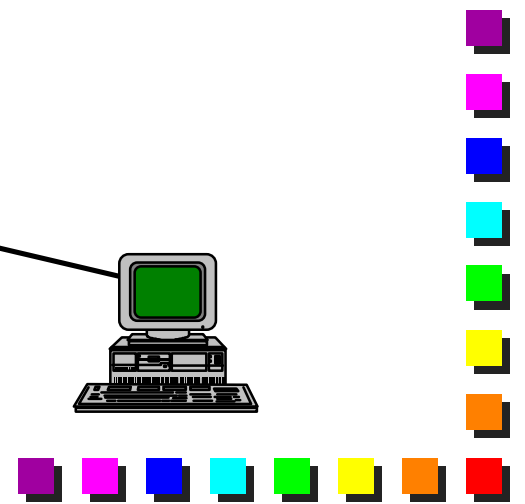
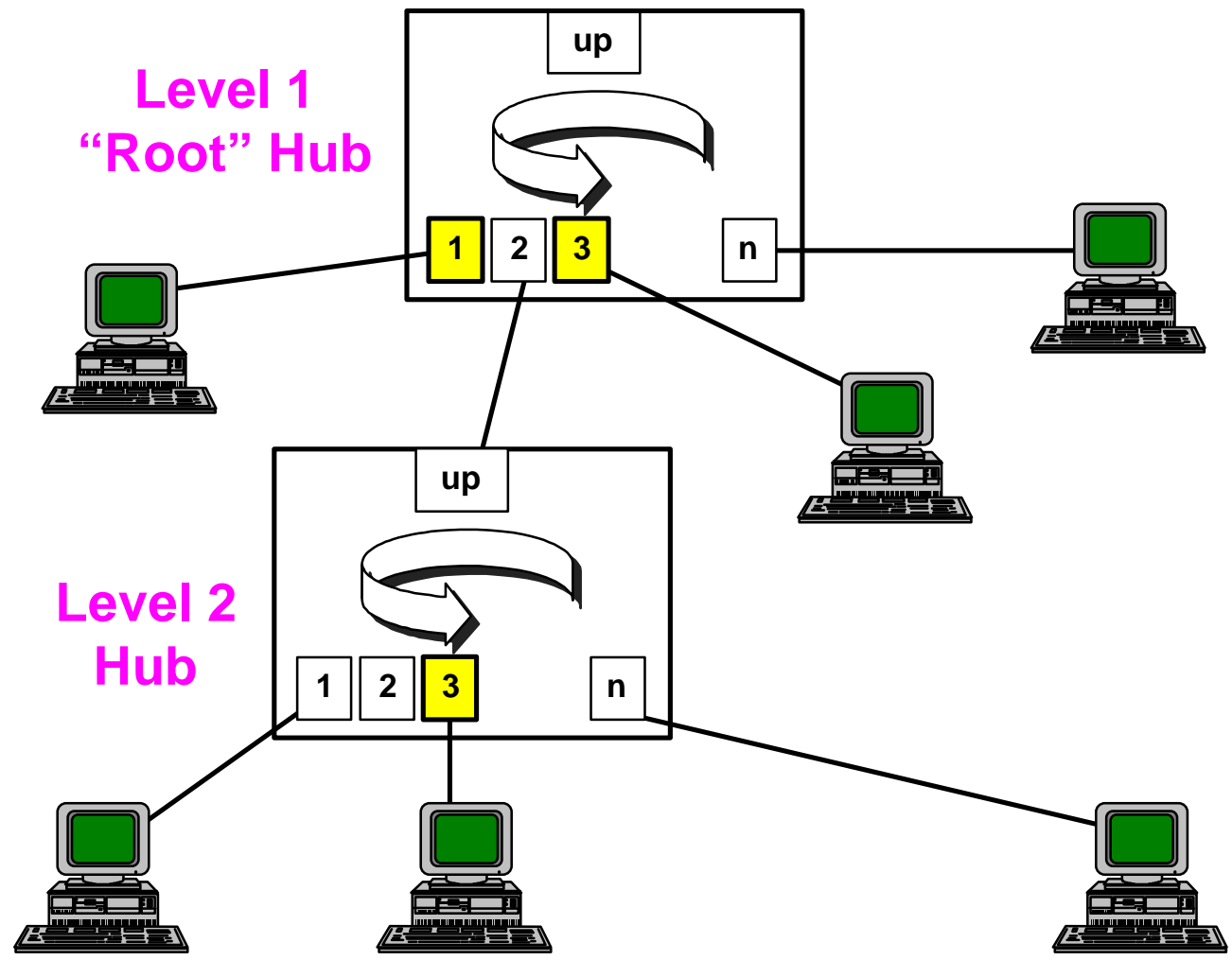
Cablaggio Strutturato per 802.3u



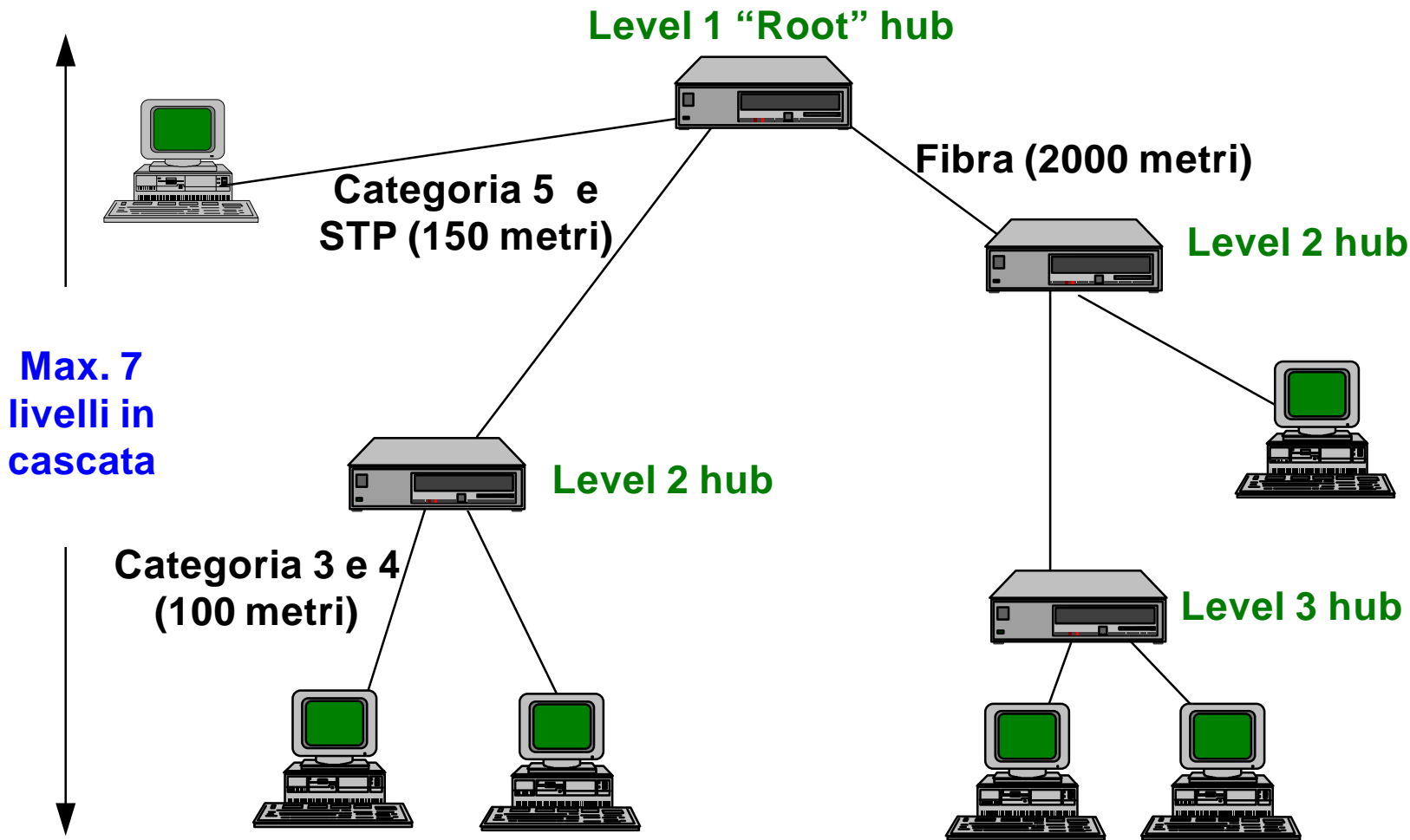
IEEE 802.12

- 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:

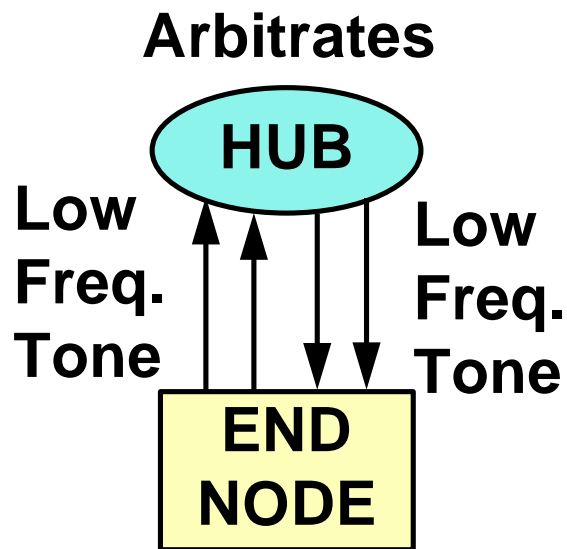
- UTP cat. 3, necessita di 4 coppie
- cavi 25 coppie (solo con codifica 5B/6B)
- STP
- Fibra

■ Quartet Signaling

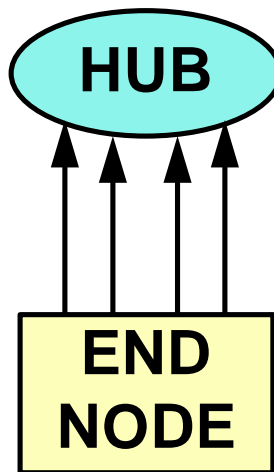
- Utilizza le tutte le 4 coppie disponibili sul cablaggio strutturato:
 - minimizza la banda trasmissiva
 - massimizza il rapporto segnale/rumore
 - semplifica la modulazione
- 4 coppie permettono l'utilizzo di NRZ a 2 livelli

Quartet Signaling

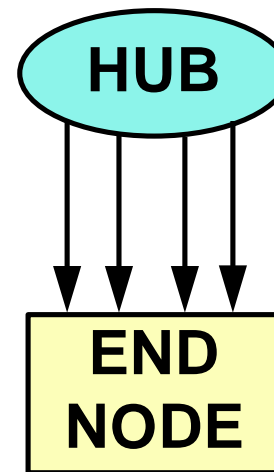
- Ogni doppino porta 25Mb/s
- 3 stati principali:



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

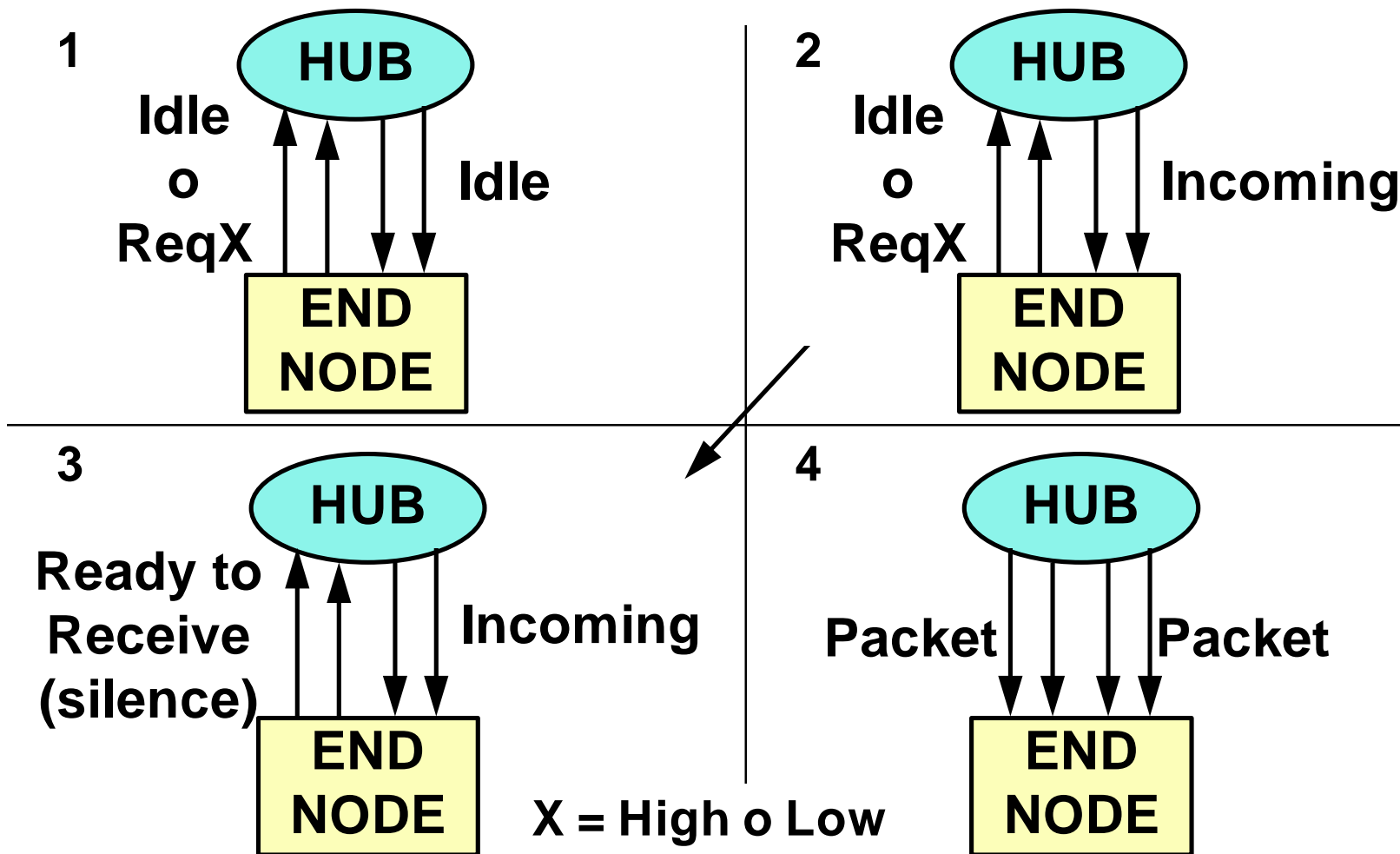
TP3 = Twisted Pair 1

TP4 = Twisted Pair 2

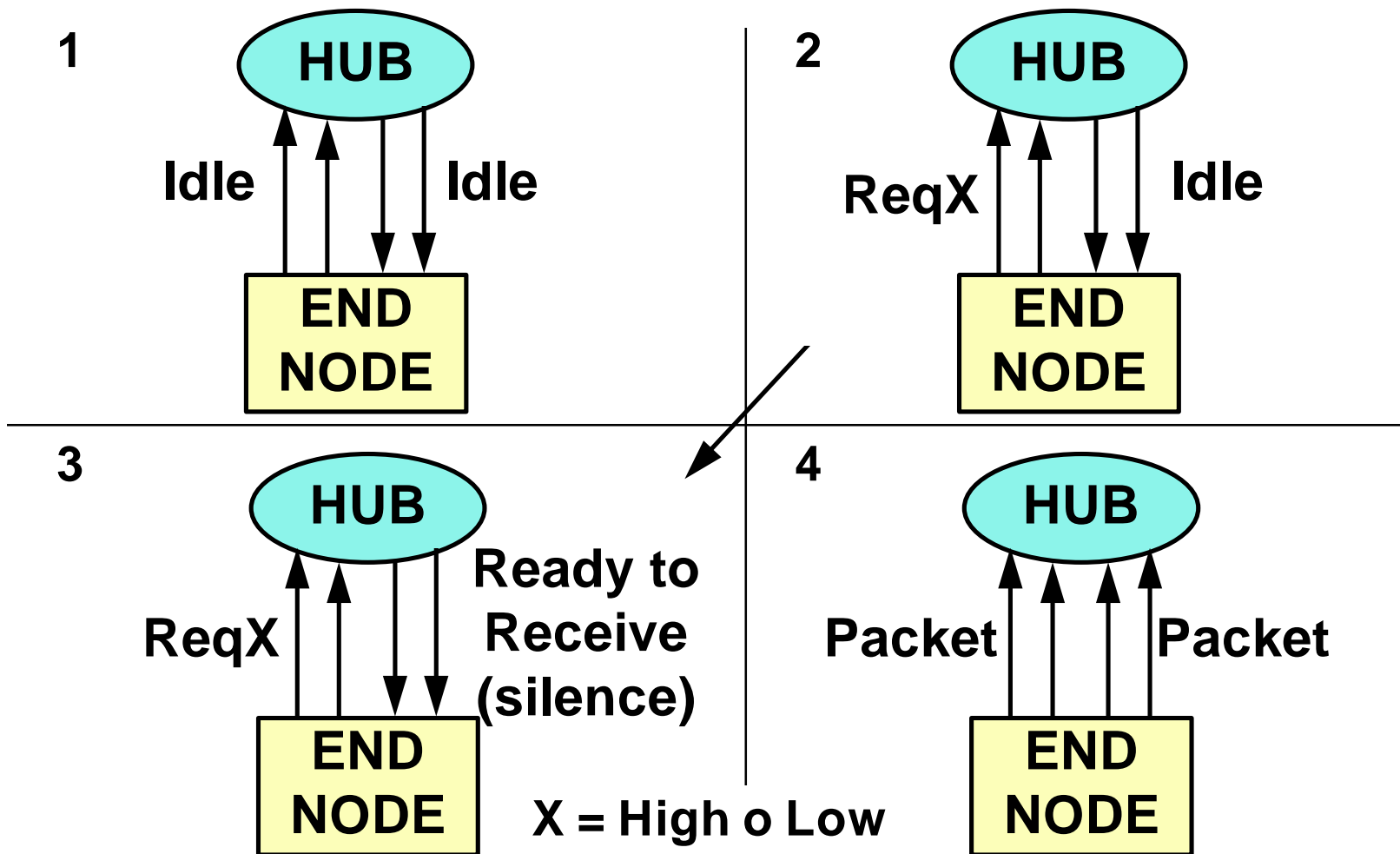
Tone 1 = 0.937MHz

Tone 2 = 1.875MHz

End Node: Ricezione



End Node: Trasmissione

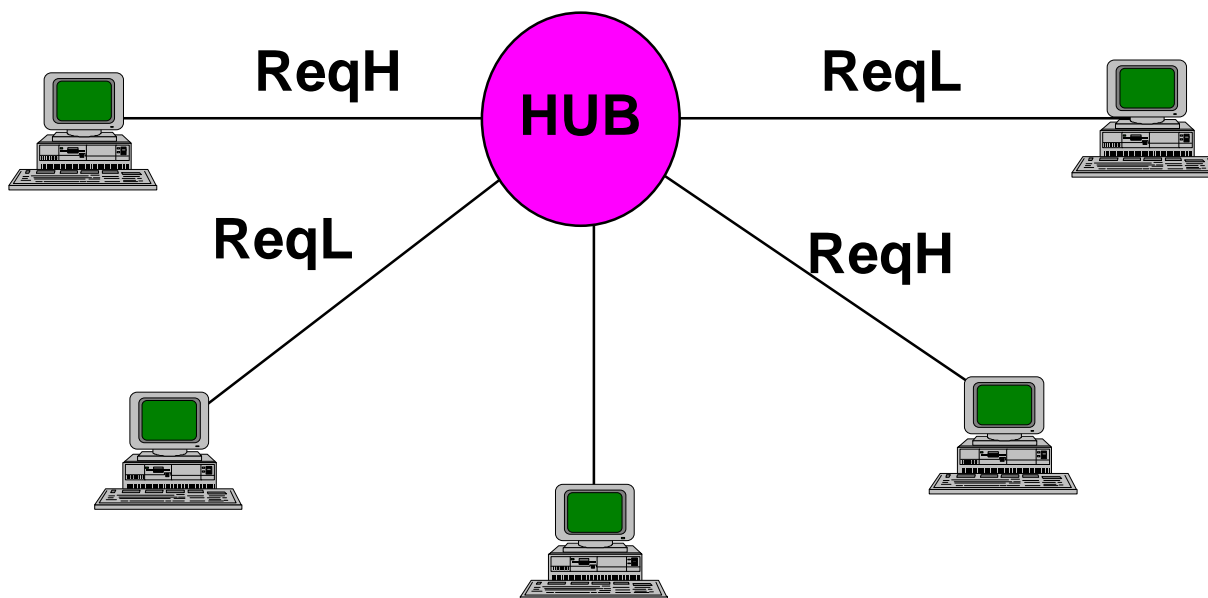


Demand Priority Protocol

- 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

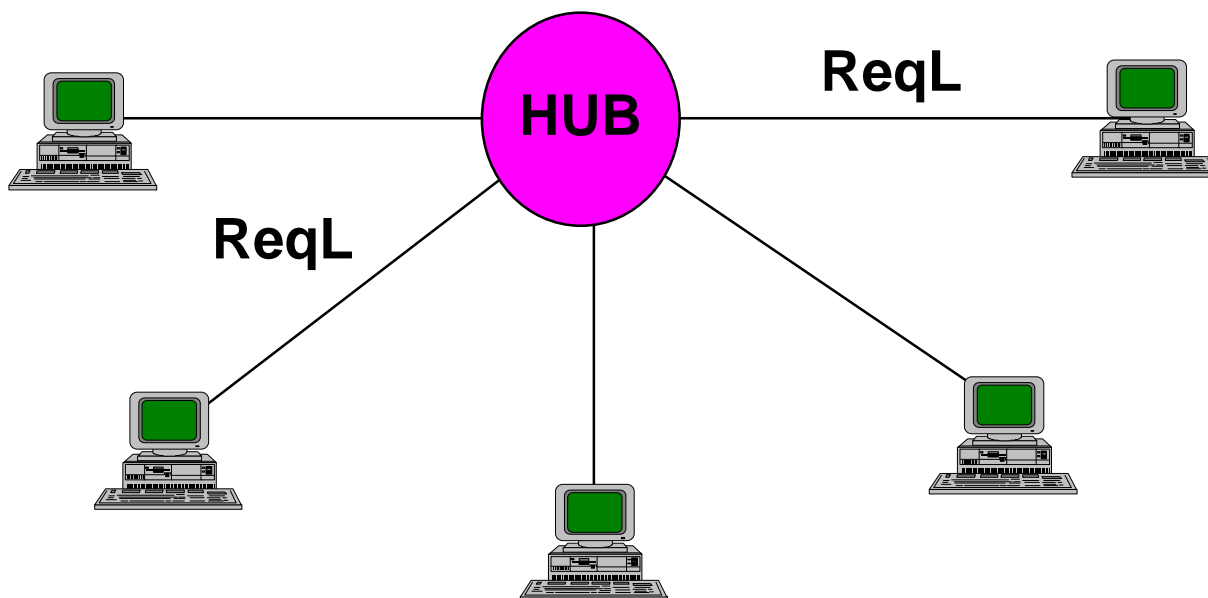
Round-Robin: alta priorità

- 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

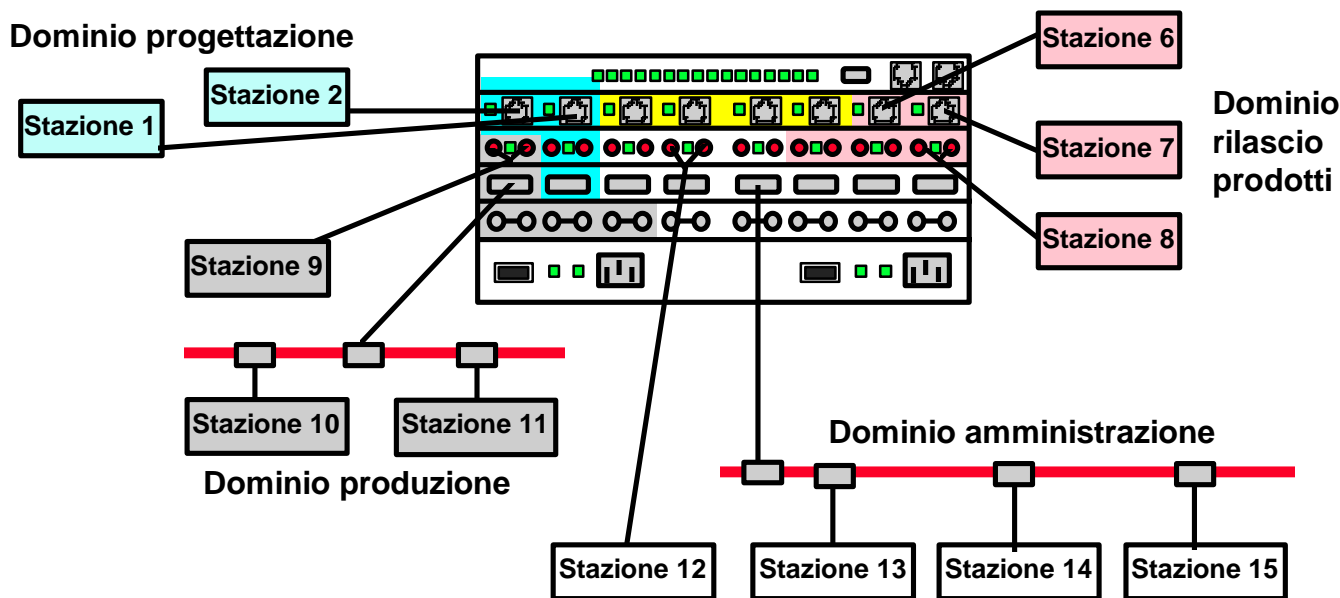
- Standard for “Interoperable LAN/MAN Security” (SILS)
- Definisce i numerosi aspetti del problema sicurezza applicato alle LAN/MAN:
 - riservatezza
 - indentificazione
 - prevenzione dell’osservazione dei pacchetti
 - ...
- L’identificazione delle trame MAC permette inoltre di estendere le LAN virtuali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

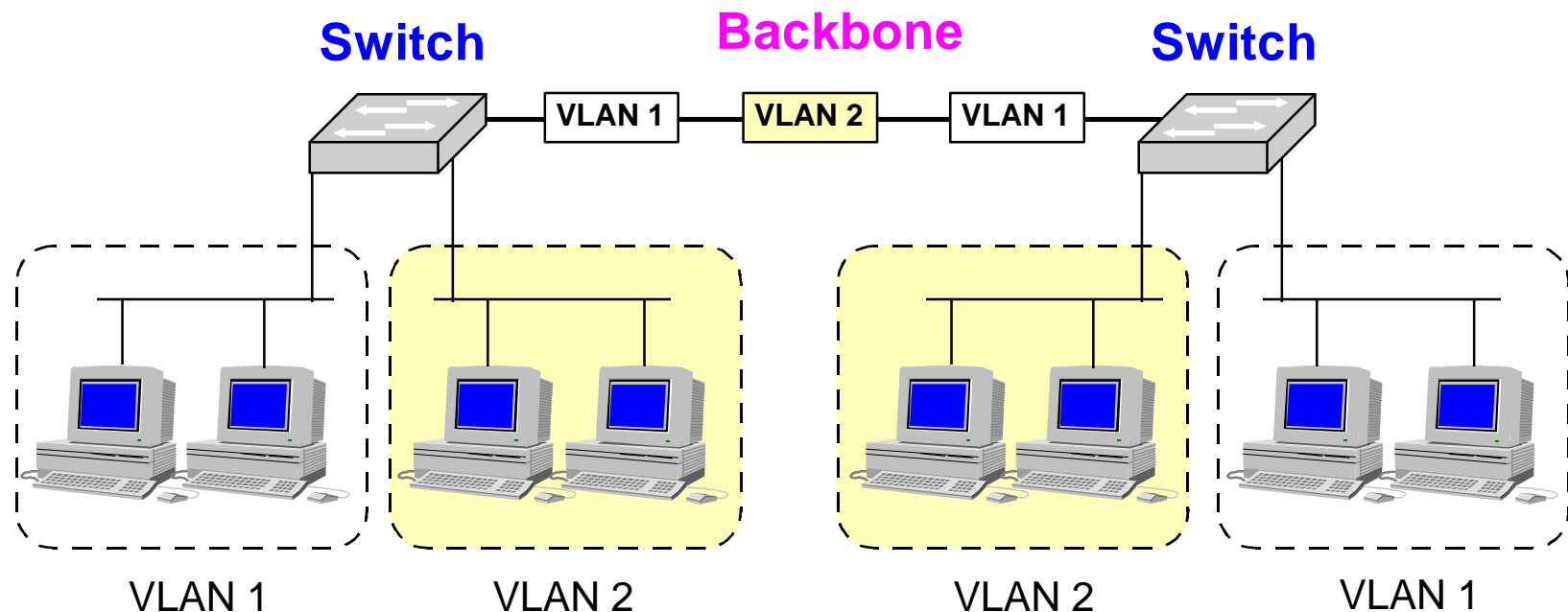
LAN virtuali - singolo Switch

- 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

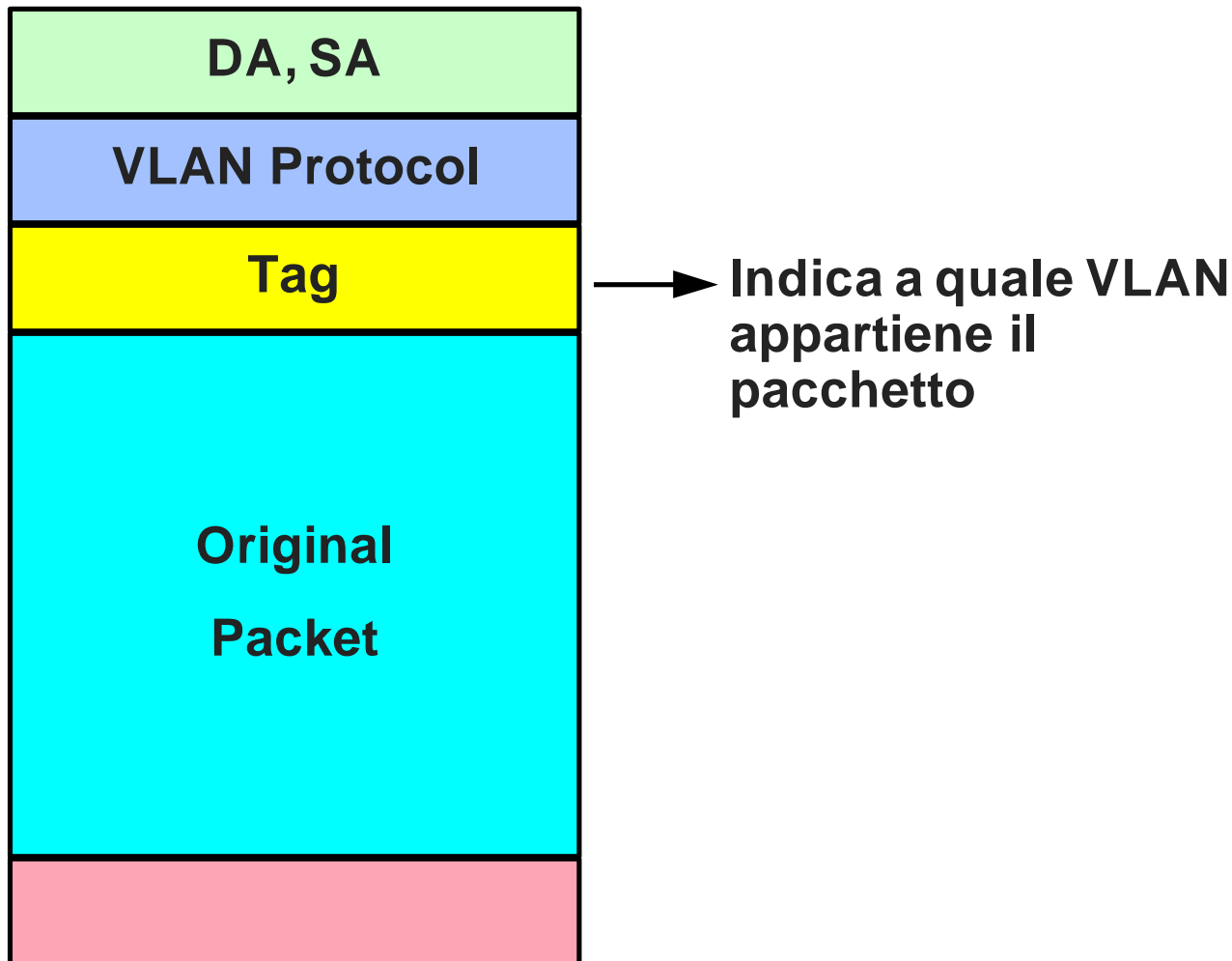
■ Frame Filtering

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

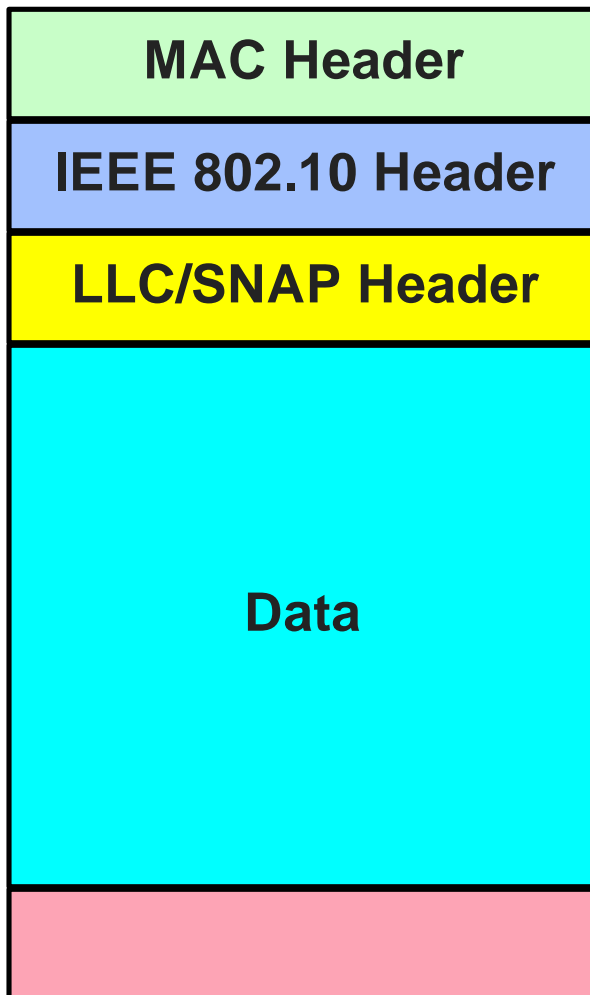
■ ATM LAN Emulation

- standard

Frame Tagging



Packet Tagging

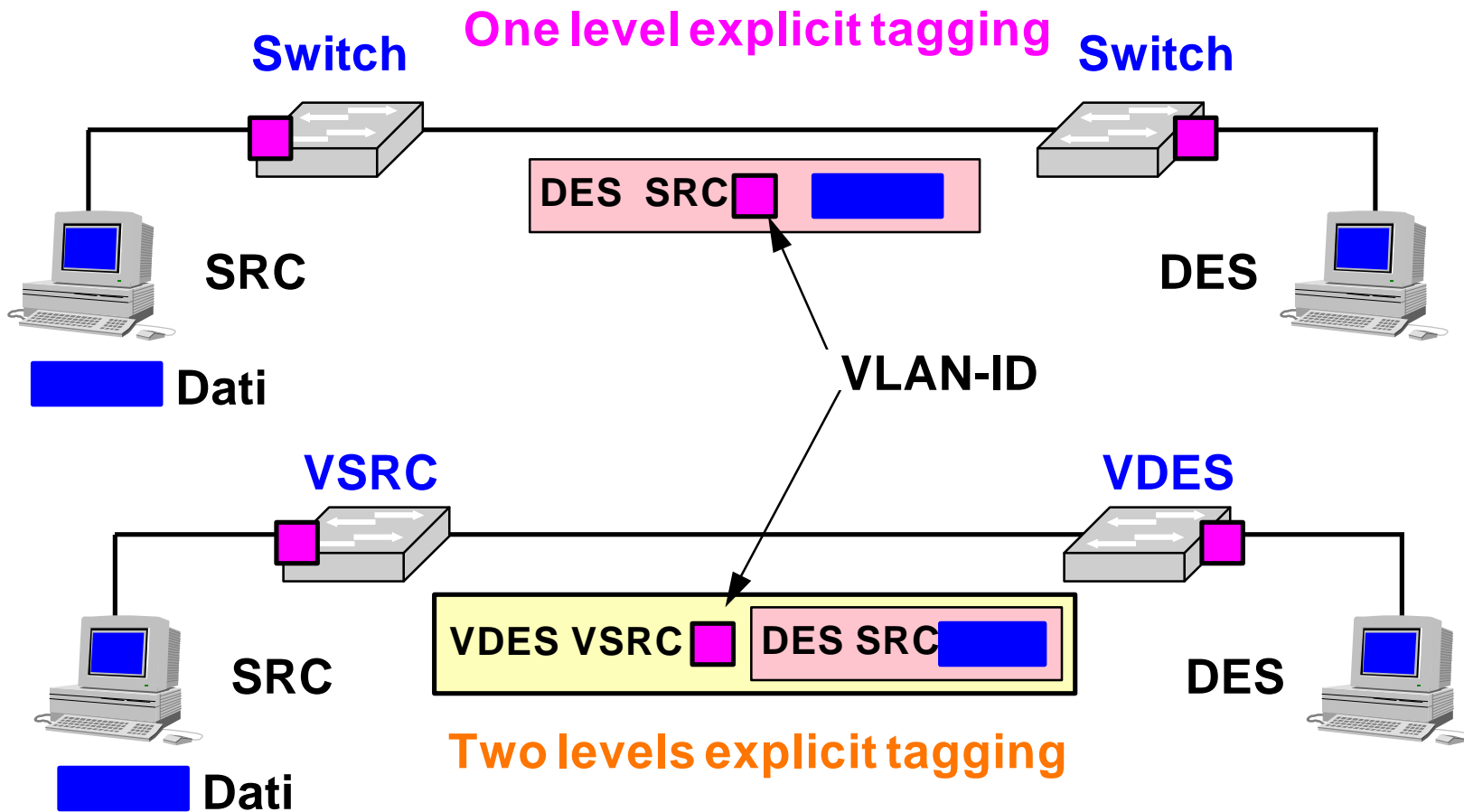


→ Indica a quale VLAN appartiene il pacchetto

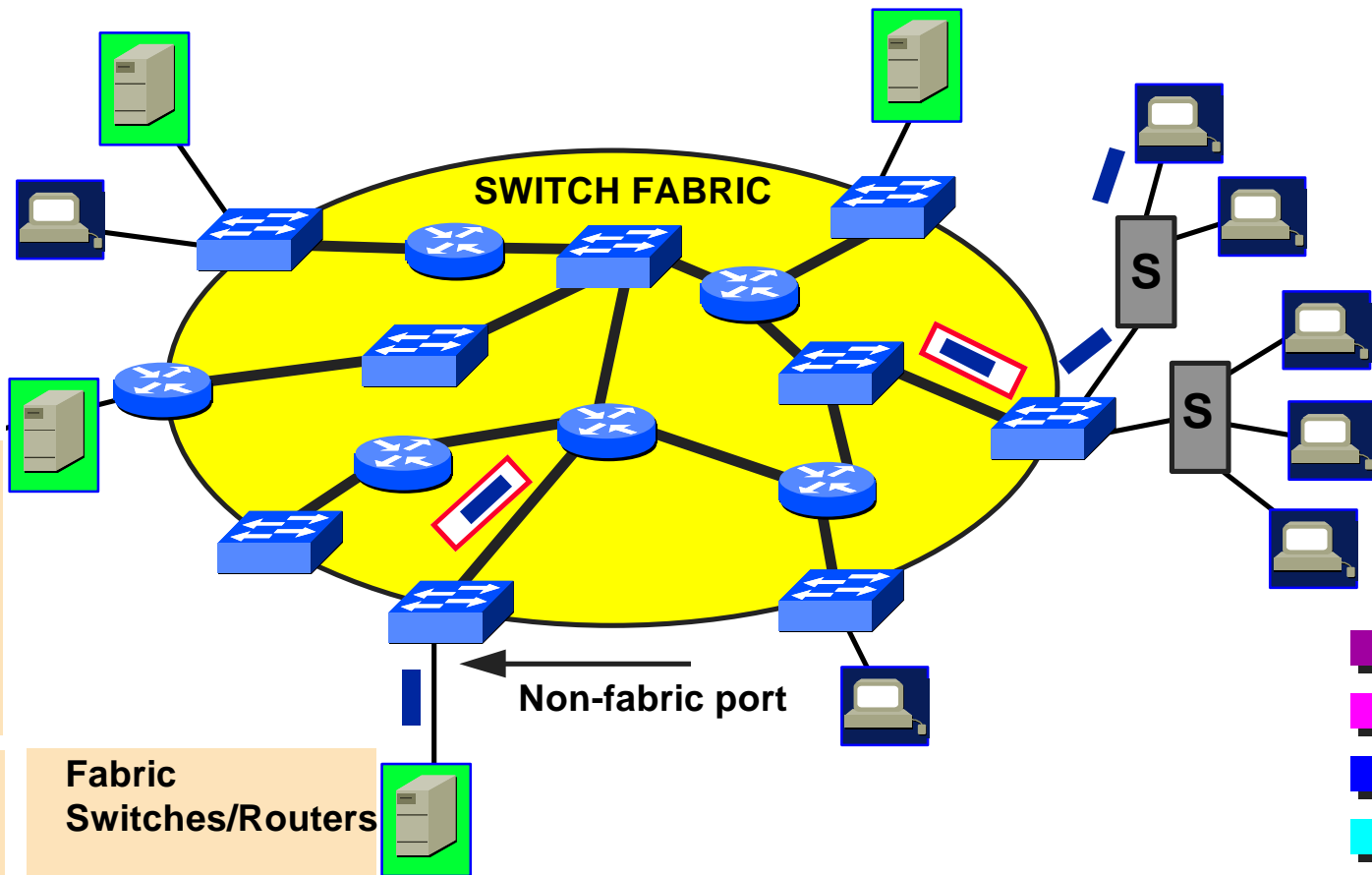
IEEE 802.1q

- 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

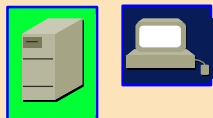
One and two level explicit tagging



Two-Layer Tagging Model



Non-Fabric Devices



Non-tagging Switches



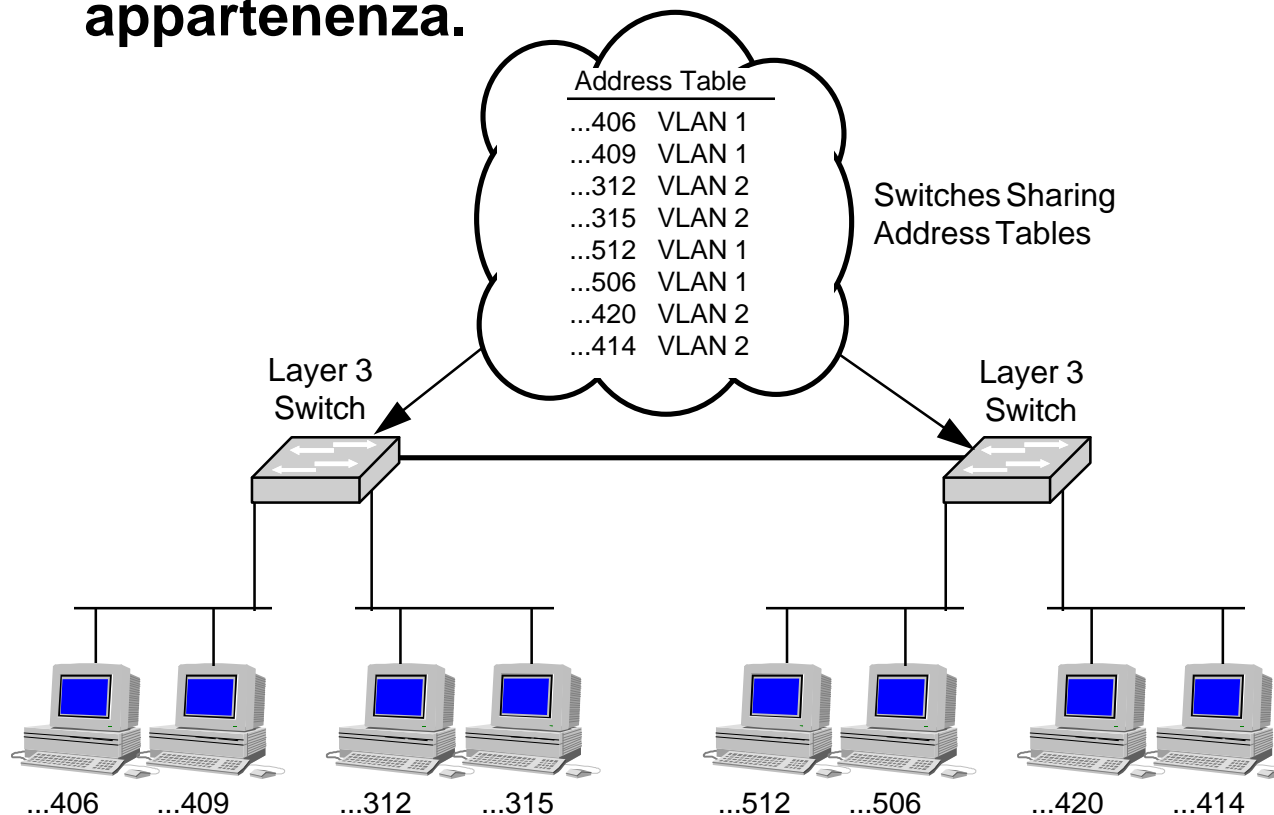
Fabric Switches/Routers



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.**



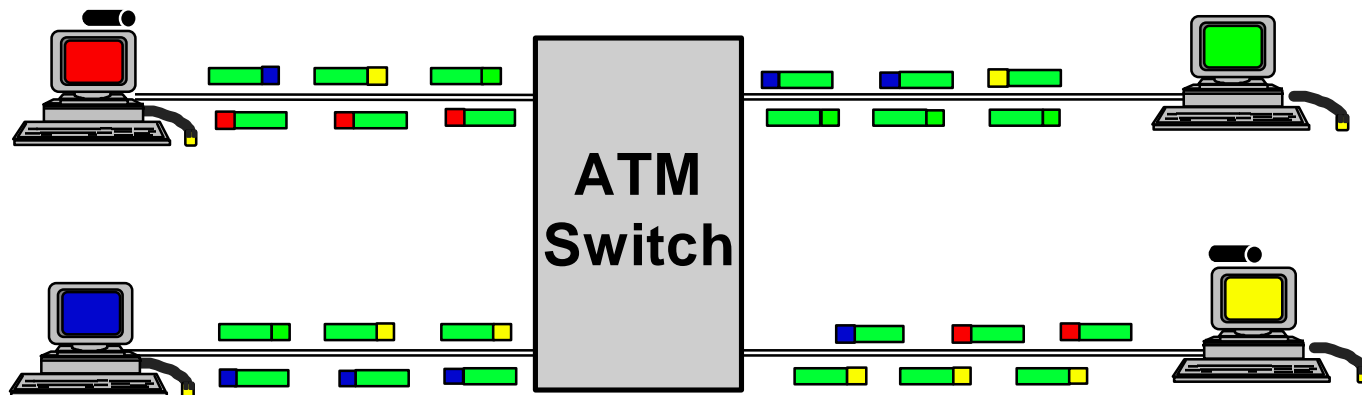
IEEE 802.11

- 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 ≥ 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

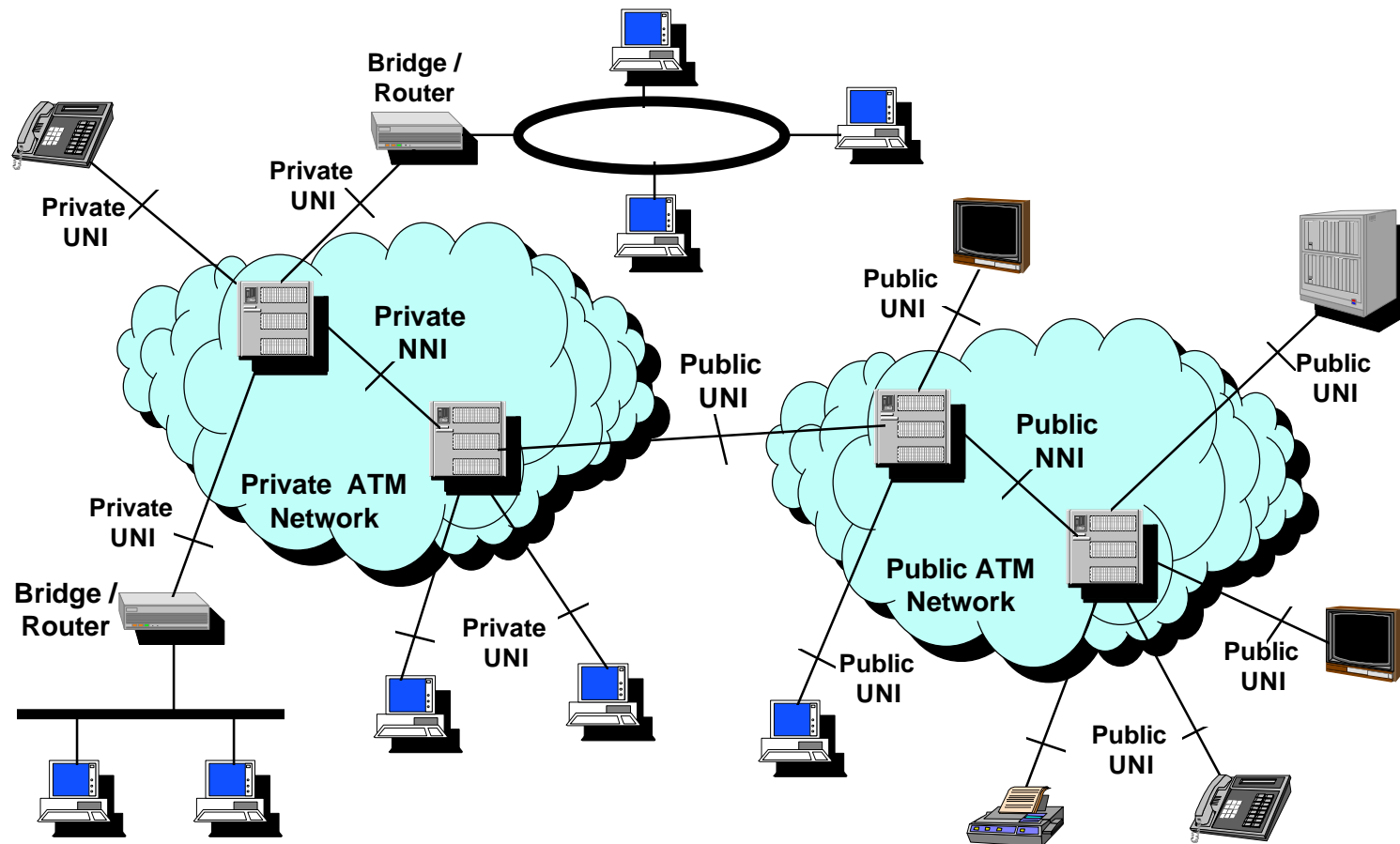


Cella = 53 Ottetti

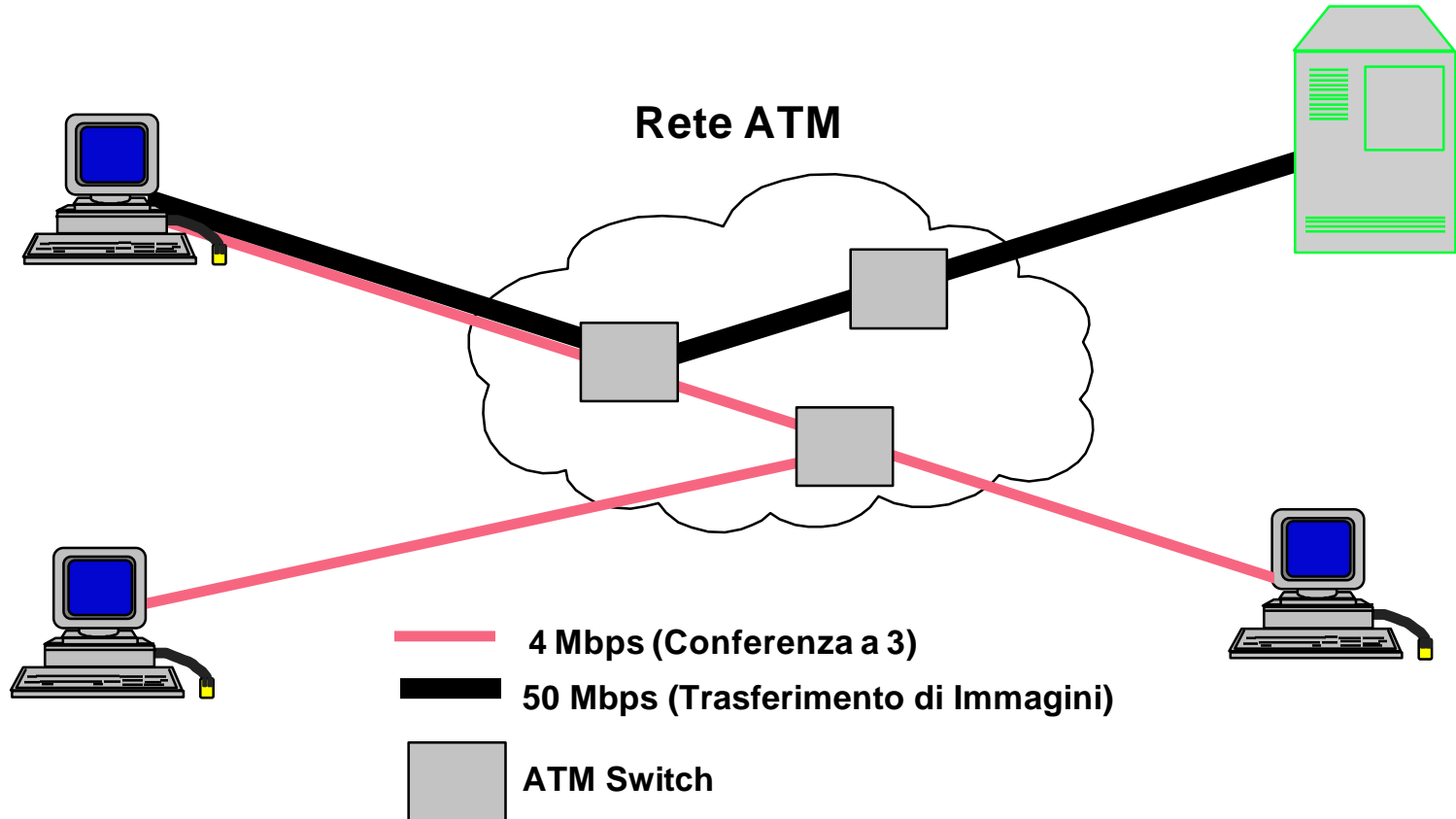
La cella ATM



Elementi di una rete ATM



Canali Virtuali



Differenze tra LAN e ATM

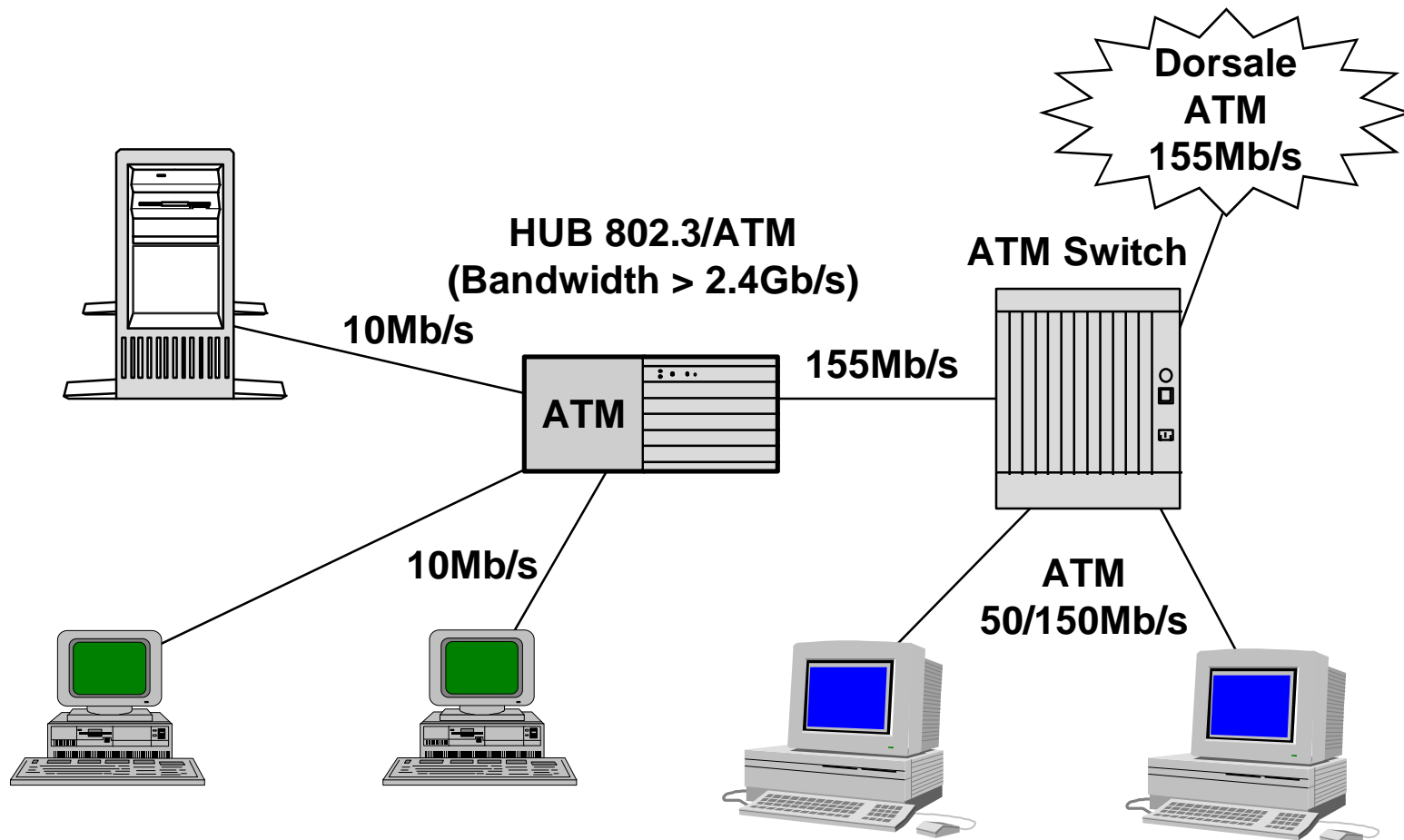
■ Le reti locali:

- 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