

Università di Roma Tor Vergata
Corso di Laurea triennale in Informatica
Sistemi operativi e reti
A.A. 2018-2019

Pietro Frasca

Parte II: Reti di calcolatori

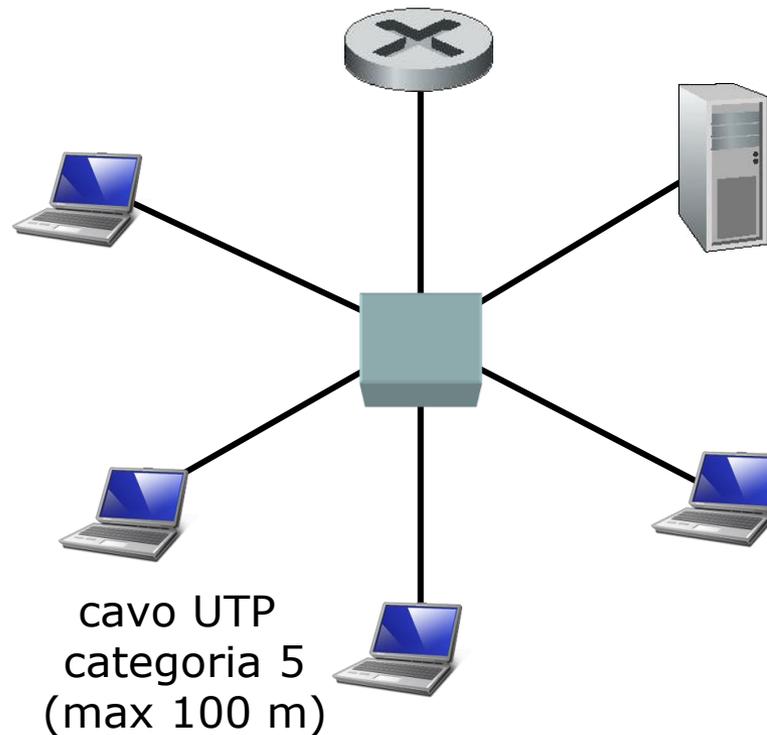
Lezione 23

Martedì 28-05-2019

Tecnologie Ethernet

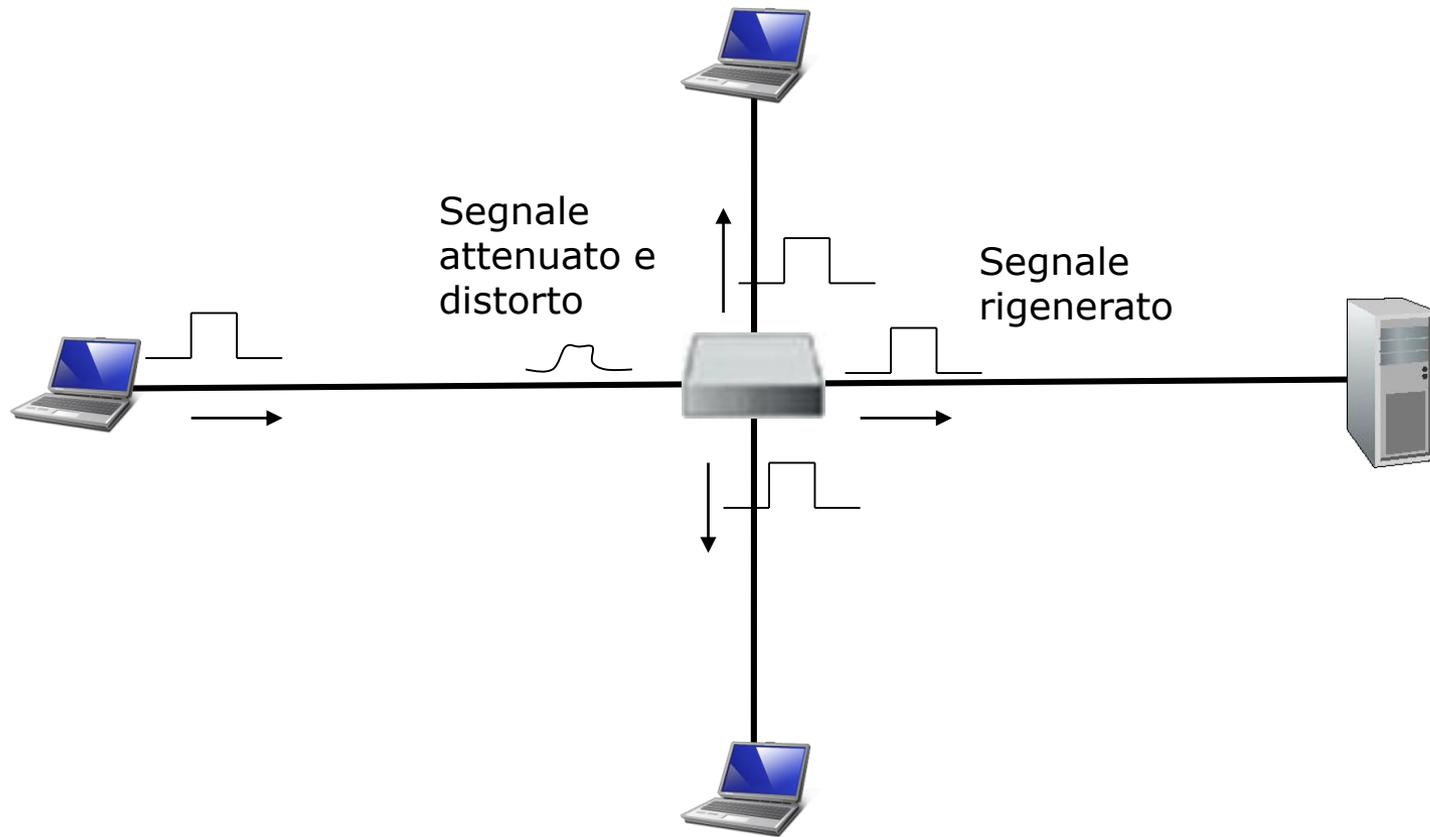
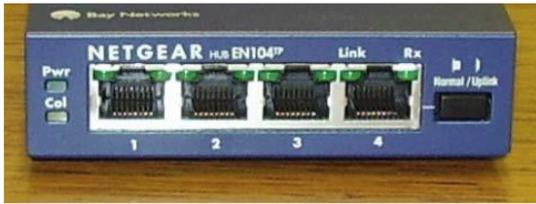
- Le più diffuse tecnologie Ethernet oggi sono la **10BaseT** e **100BaseT (Fast Ethernet)**, che usano cavi costituiti da coppie di doppino in rame in una **topologia a stella** e hanno velocità di trasmissione di 10 e 100 Mbit/s e la **Gigabit Ethernet**, che usa sia fibre ottiche sia doppini in rame e trasmette alla velocità di 1 Gbit/s.
- Ethernet 10 Gbps è stata standardizzata nel 2007, fornisce prestazioni ancora più elevate.
- La **10Base2**, che usa un sottile cavo coassiale con una topologia a bus condiviso e che ha una velocità di trasmissione di 10 Mbit/s è una **tecnologia obsoleta**.
- Queste tecnologie Ethernet sono standardizzate dai gruppi di lavoro **IEEE 802.3**. Per questo motivo, la LAN Ethernet è chiamata anche **LAN 802.3**.

- Le attuali tecnologie Ethernet hanno una **topologia a stella**, come mostra la figura seguente.
- Nella topologia a stella i nodi (host e router) sono connessi tramite dispositivi di interconnessione detti **switch o hub (ripetitore multiporta o concentratore)**.
- Ciascun nodo è connesso tramite il suo adattatore con un cavo con lo switch o l'hub.
- Il cavo per la connessione è di tipo **UTP categoria 5 o superiore** che a ciascuna estremità ha un connettore **RJ-45**, simile al connettore RJ-11 usato per la telefonia.
- La "**T**" in 10BaseT, 100BaseT e 1000 BaseT indica il "**doppino**" (*twisted pair*).
- La massima lunghezza della connessione tra un adattatore e lo switch (o hub) è **100 metri**; la massima distanza fra due nodi qualsiasi è quindi **200 metri**.



Ethernet con topologia a stella. I nodi sono connessi tramite hub o switch.

- La distanza massima può essere aumentata usando più hub in cascata, switch e link in fibra ottica. Spesso si usano collegamenti in fibra ottica per collegare hub o switch situati in edifici diversi.
- Un **hub** è un dispositivo, costituito da due o più porte, che elabora solo il segnale fisico e non il frame. Quando riceve un segnale da una porta, l'hub si limita a rigenerarlo e a trasmetterlo attraverso tutte le altre porte. Dato che gli hub trasmettono in broadcast, ciascun adattatore deve usare il protocollo CSMA/CD.
- Gli hub forniscono anche **funzioni di gestione della rete**. Per esempio se un adattatore è difettoso e trasmette continuamente a raffica frame, l'hub rileverà il problema e disattiverà la porta cui l'adattatore è connesso. In tal modo gli altri nodi della Ethernet 10/100/1000 BaseT continueranno a comunicare.
- Inoltre, molti hub possono fornire informazioni e fare un resoconto a, un host che è direttamente collegato all'hub.



- Il software di monitoraggio che gira sull'host dispone di un'interfaccia grafica che mostra statistiche e grafici, come larghezza di banda usata, tassi di collisione, dimensioni medie dei frame e così via. Il gestore della rete può usare queste informazioni sia per la correzione dei problemi, sia per pianificare eventuali estensioni della LAN.
- Molti adattatori Ethernet sono oggi a 10/100/1000 Mbit/s. Questo significa che essi possono usare tutte e tre le tecnologie.
- La 100BaseT, usa il cavo UTP di **categoria 5 o superiore** (con doppini di alta qualità, con fili con molti avvolgimenti). A differenza dalla 10BaseT, **la 100BaseT** non usa la codifica Manchester, adotta invece un sistema di codifica più efficiente, detto **4B5B**.
- La fibra ottica è costosa per l'elevato prezzo dei suoi connettori, ma ha un'elevata immunità ai disturbi. Gli standard IEEE 802 permettono a una LAN di avere un'area di copertura più estesa quando si usano le fibre per il collegamento dei nodi.

Gigabit Ethernet e Ethernet a 10 Gbit/s

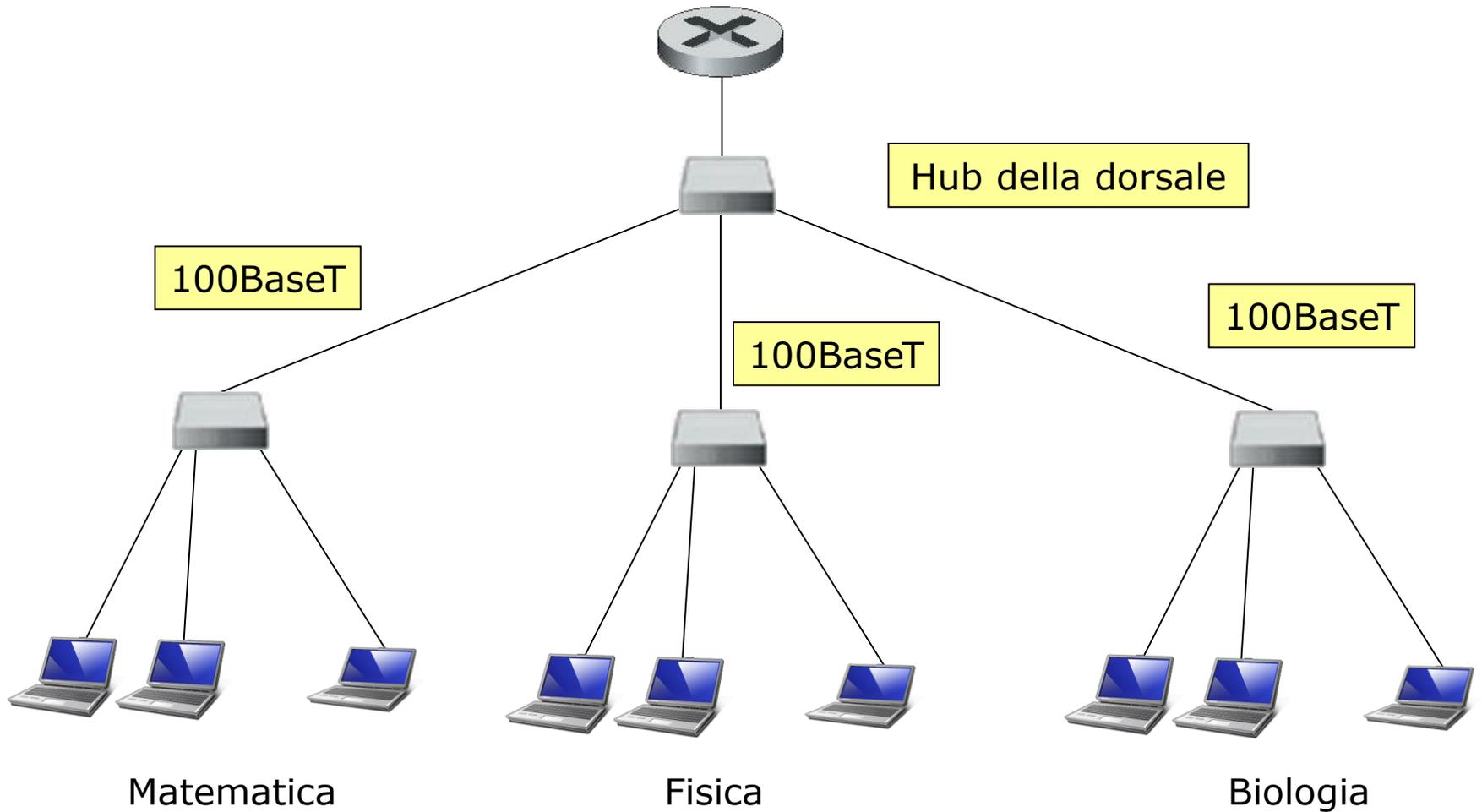
- La Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z su fibra e IEEE 802.3ab su rame) ha una velocità di trasmissione di 1 Gbit/s ed è un'estensione degli standard Ethernet a 10 e a 100 Mbit/s. Ha una topologia a stella ed utilizza switch o hub.
- Ha lo stesso formato del frame standard di Ethernet.
- Permette sia l'uso di collegamenti punto-punto, sia l'uso del canale broadcast condiviso.
- I collegamenti punto-punto sono usati con gli **switch** mentre i canali broadcast sono usati con gli hub.
- Usa il **CSMA/CD** per i canali broadcast condivisi.
- Con i canali punto-punto consente di operare in **full-duplex** a 1 Gbit/s in entrambe le direzioni.
- La Gigabit Ethernet spesso viene utilizzata come dorsale per connettere tra loro più LAN Ethernet a 10/100 Mbit/s.
- Come mezzo trasmissivo usa sia fibre ottiche che il cavo UTP di categoria 5e, 6 o 6e.

Interconnessioni: hub, e switch

- Aziende, università, enti etc. di solito sono composte da diversi reparti, dipartimenti e uffici, a volte anche molto distanti tra loro, che devono essere collegati tra loro mediante una o più LAN Ethernet.
- Considereremo ora due diverse soluzioni per l'interconnessione delle LAN: hub e switch.

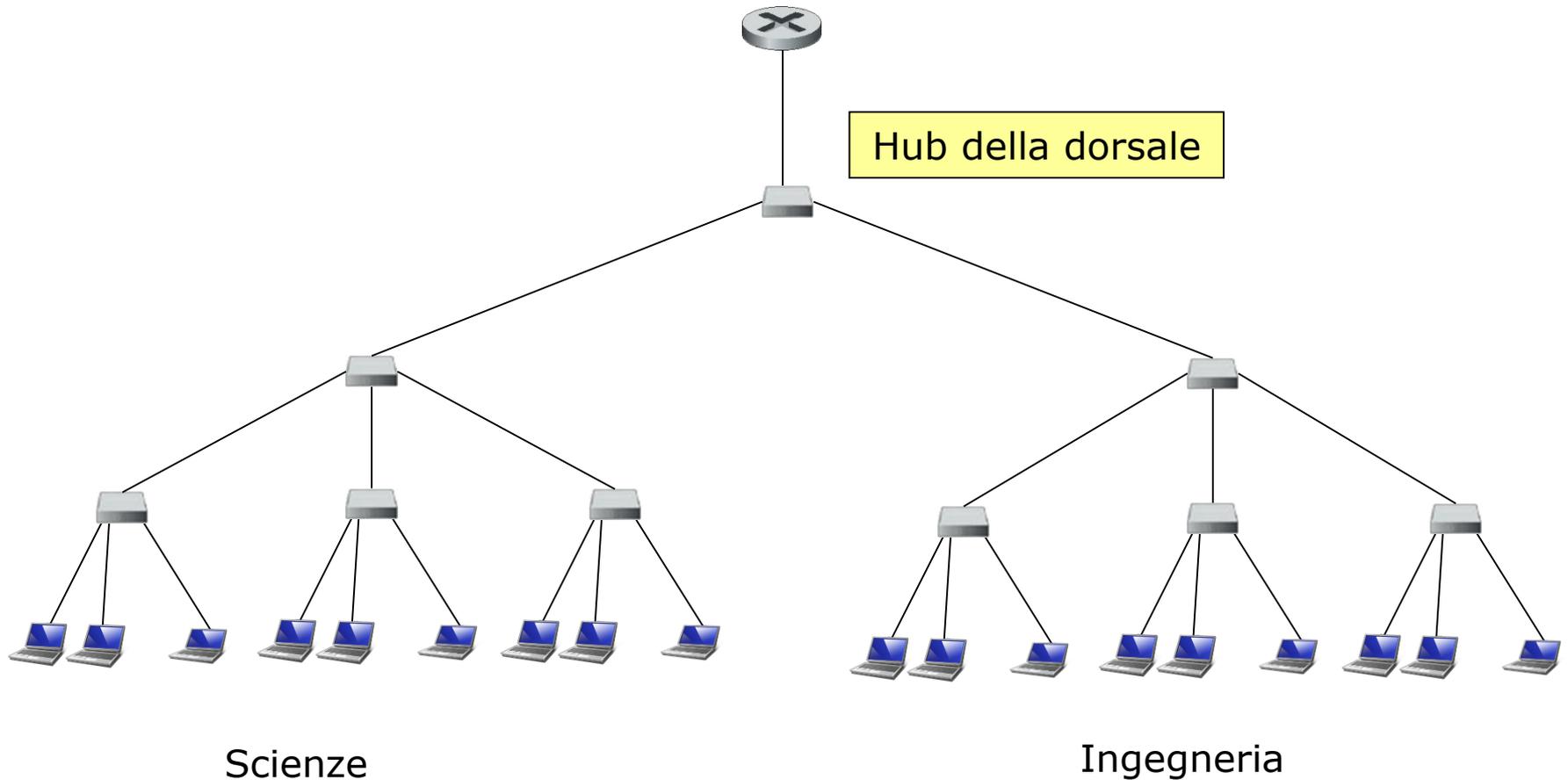
Gli hub

- Un modo di interconnettere le LAN è di usare gli hub, sebbene questi dispositivi siano oggi sempre meno usati.
- Gli hub sono dispositivi di strato fisico che elaborano solo il segnale e non il frame.
- La figura seguente mostra come possono essere interconnesse le LAN di tre dipartimenti di un'università.
- Ciascun host è connesso a una porta di un hub. Un quarto hub, detto hub della dorsale, collega gli hub dei dipartimenti.
- Lo schema mostrato nella figura è detto a **più livelli** (***multi-tier***), in quanto gli hub sono connessi gerarchicamente.



Lan Ethernet cablate con hub. Schema a più livelli.

- È anche possibile creare uno schema a più di due livelli; per esempio un livello per i dipartimenti, uno per le facoltà (per esempio, Scienze, Ingegneria, ecc.) e uno per l'ateneo.
- In uno schema a più livelli di hub, ci riferiremo all'intera rete interconnessa come a **una LAN**, e ci riferiremo alla parte della LAN del dipartimento (cioè, all'hub del dipartimento e agli host collegati a questo hub) come a un **segmento LAN**.
- Con l'interconnessione con hub tutti i segmenti LAN appartengono allo stesso **dominio di collisione**, cioè, se due o più nodi sui segmenti LAN trasmettono nello stesso momento, si verificherà una collisione e tutti i nodi che trasmettono entreranno nella fase di attesa esponenziale.

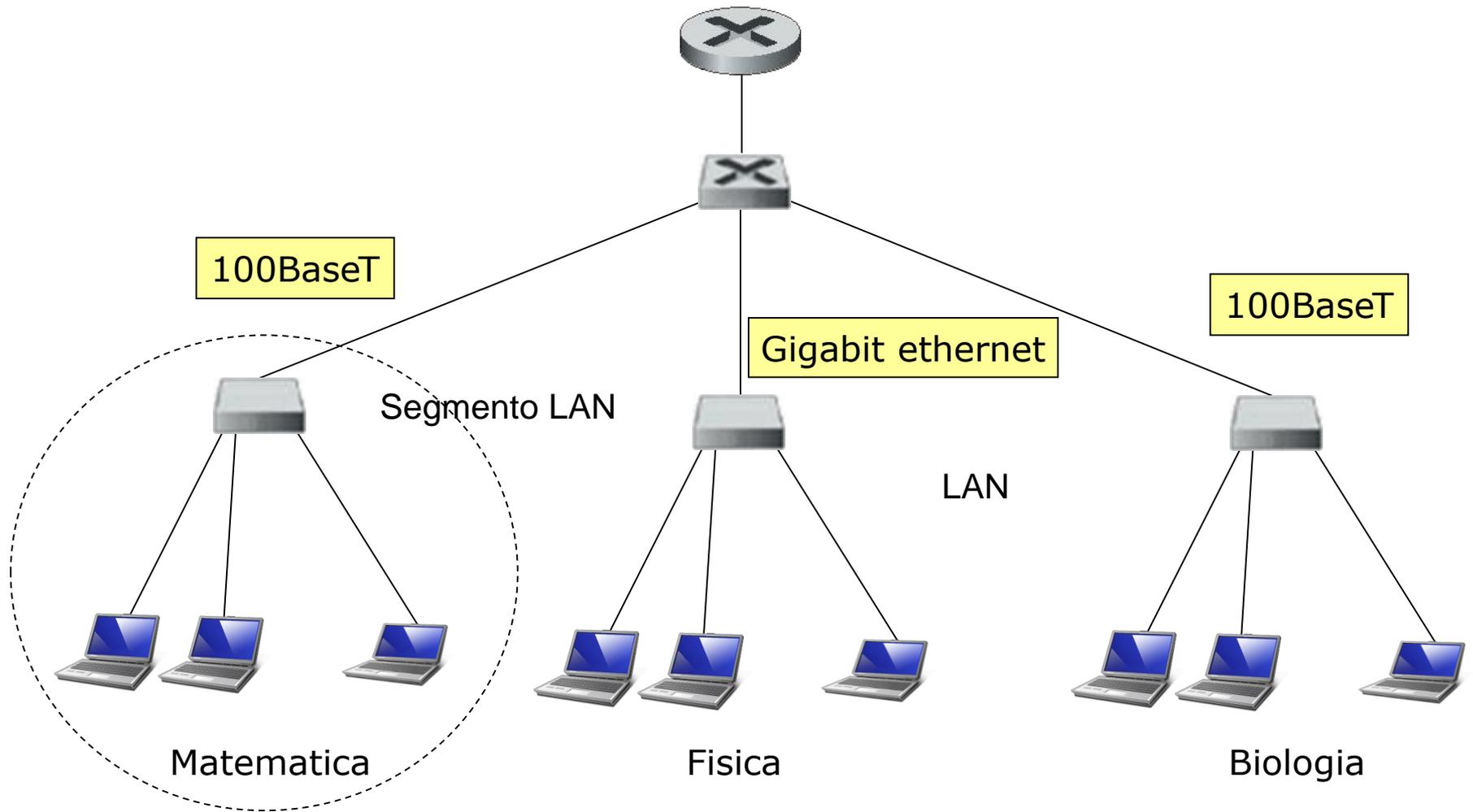


Lan Ethernet cablate con hub. Schema a più livelli.

- Quando più segmenti LAN sono interconnessi tramite un hub allora i domini di collisione indipendenti di ciascun segmento si uniscono in un unico, più esteso, dominio di collisione.
- Così, se in una LAN con **N segmenti**, ciascun segmento ha un throughput massimo di **100 Mbps**, pari a un throughput aggregato di **$N \cdot 100$ Mbps**, una volta interconnessi tramite hub, **il throughput massimo aggregato si riduce a 100 Mbps**.
- **Con gli hub non è possibile interconnettere segmenti hub che hanno differenti tecnologie ethernet.** Infatti gli hub sono essenzialmente dei ripetitori di segnale, non hanno buffer per memorizzare i frame e non possono quindi interconnettere segmenti LAN con velocità diverse.

Gli switch

- Gli switch sono **dispositivi dello strato di collegamento** in quanto elaborano i frame di Ethernet.
- Infatti, gli switch sono tipi di **commutatori di pacchetto** che filtrano e rinviano i frame usando **l'indirizzo LAN di destinazione**. Uno switch, quando riceve un frame da una porta, esamina l'indirizzo LAN di destinazione contenuto nell'intestazione del frame e rinvia il frame dalla porta che lo porterà verso il nodo destinatario.
- La figura seguente mostra come i tre dipartimenti possono essere interconnessi con uno switch.
- Anche quando i dipartimenti sono interconnessi da switch, **l'intera rete interconnessa costituisce una LAN**, e le porzioni dipartimentali della rete sono **segmenti LAN**.
- Ma a differenza dello schema con hub a più livelli, con gli switch **ogni segmento LAN possiede un dominio di collisione isolato**.



Tre segmenti LAN Ethernet connessi da uno switch.

- Gli switch possono interconnettere **differenti tecnologie LAN**, tra cui le Ethernet 10, 100 Mbps, 1 Gbit e 10 Gbit.
- Inoltre, quando si usano gli switch per l'interconnessione dei segmenti LAN le dimensioni della LAN possono essere molto estese.
- Il funzionamento dello switch si basa sulle operazioni di filtraggio e rinvio (inoltrato) dei frame.
- Il **filtraggio** (*filtering*) è la funzione che uno switch esegue per determinare se un frame ricevuto deve essere rinviato da qualche porta o no.
- **Il rinvio** (*forwarding*) è l'operazione per determinare la porta da cui un frame deve essere rinviato.
- Il filtraggio e il rinvio nello switch sono eseguiti mediante una tabella.

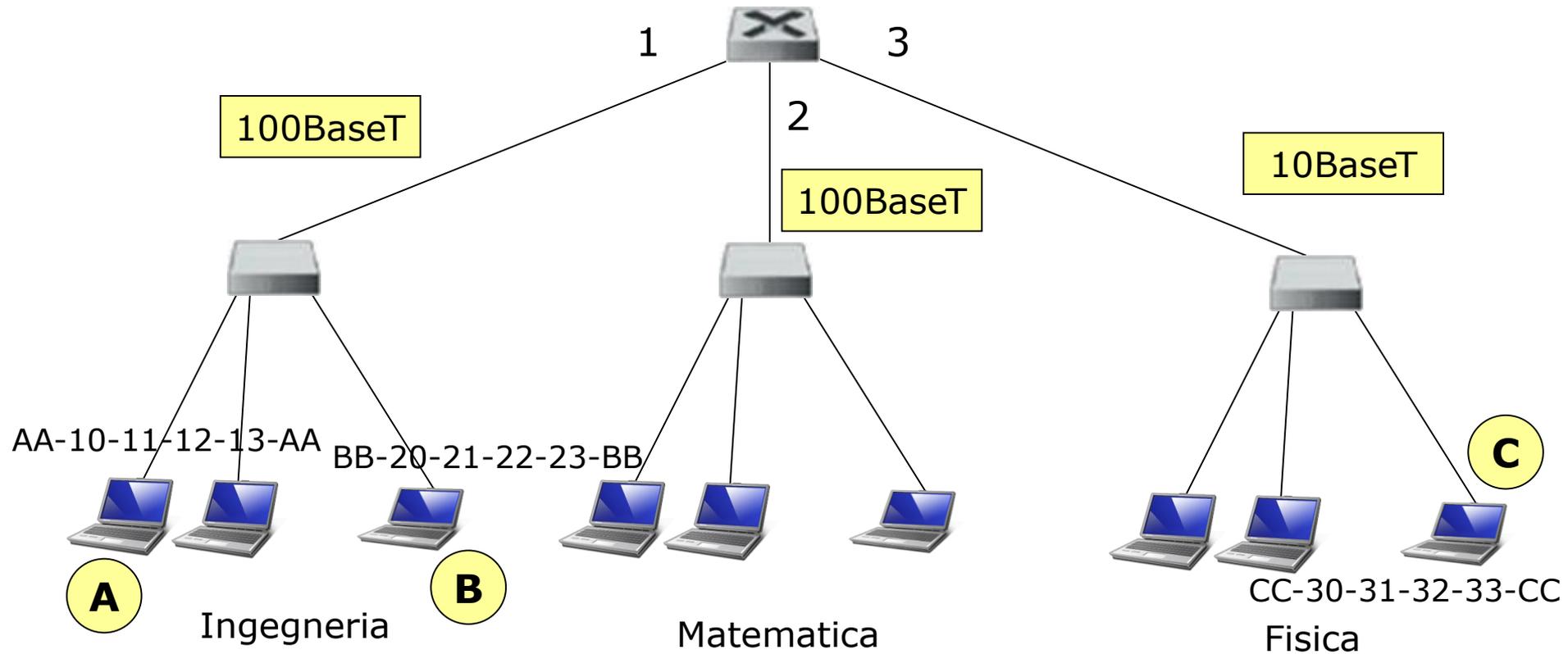
- Una riga nella tabella dello switch contiene
 - **l'indirizzo LAN di un nodo,**
 - **La porta (interfaccia) dello switch che conduce al nodo**
 - **il tempo in cui la riga è stata inserita nella tabella.**

Indirizzo LAN	porta	Tempo
BB-20-21-22-23-BB	1	9:32
CC-30-31-32-33-CC	3	9:36

Per descrivere come avviene il filtraggio e l'inoltro eseguito dallo switch, supponiamo che un frame con un indirizzo di destinazione DD-40-41-42-43-DD arrivi alla porta **X** dello switch.

- Lo switch verifica se nella sua tabella esiste l'indirizzo LAN DD-40-41-42-43-DD e se lo trova ricava la corrispondente porta **Y**.
- Se **X** è uguale a **Y**, allora il frame proviene dallo stesso segmento LAN che contiene l'adattatore DD-40-41-42-43-DD destinatario. Pertanto, non è necessario rinviare il frame ad un'altra porta, quindi lo switch scarta il frame.
- Se **X** è diverso da **Y**, allora il frame deve essere inoltrato al segmento LAN collegato alla porta **Y**. Lo switch esegue il rinvio memorizzando il frame in un **buffer associato alla porta Y**.
- Con tale funzionamento, uno switch mantiene domini di collisione separati per ciascuno dei diversi segmenti LAN collegati alle sue interfacce. Questo funzionamento permette anche a gruppi di nodi su differenti segmenti LAN di comunicare simultaneamente senza interferire tra loro.
- Esaminiamo il funzionamento di uno switch per la rete nella figura seguente.

Indirizzo LAN	porta	Tempo
BB-20-21-22-23-BB	1	9:32
CC-30-31-32-33-CC	3	9:36



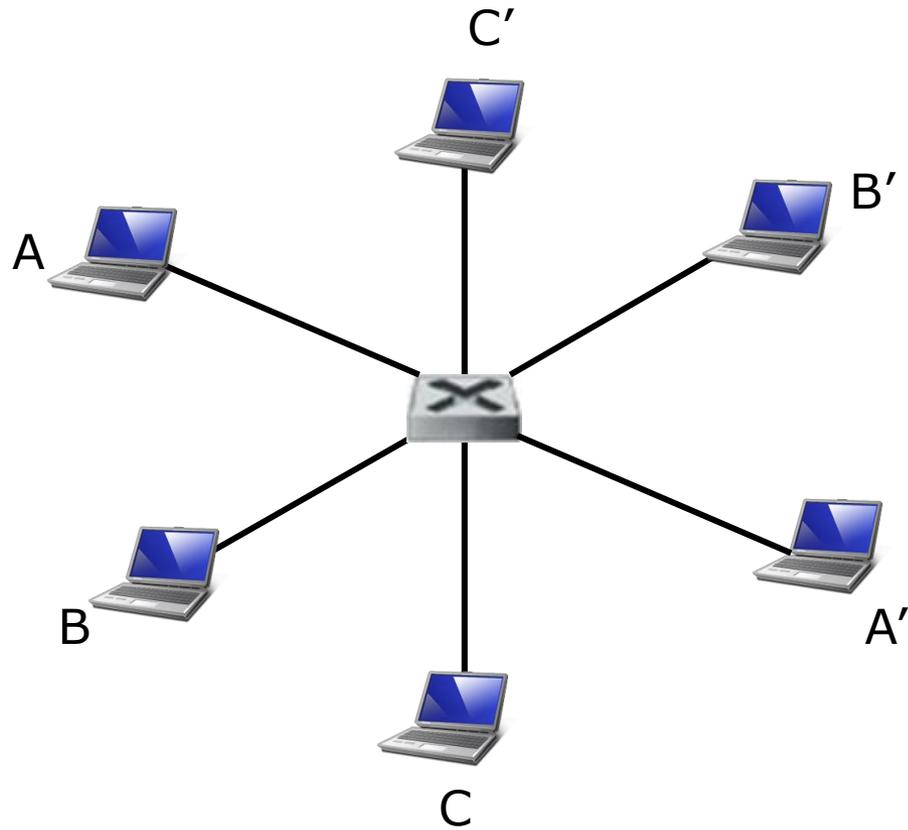
- Supponiamo che all'istante t_0 , la tabella dello switch sia come in figura e supponiamo che al tempo t_1 l'host **A** invii un frame all'host **B** (**BB-20-21-22-23-BB**). Il frame arriva anche all'interfaccia **1** dello switch. Lo switch esamina la sua tabella e vede che la destinazione è sul segmento di LAN collegato all'interfaccia **1**. Lo switch allora filtra (cioè, non rinvia) il frame.
- Supponiamo che successivamente, al tempo t_2 , sia l'host **C** ad inviare un frame all'host **B**. In questo caso **il frame arriva all'interfaccia 3**. Lo switch esamina ancora la sua tabella e vede che la destinazione è sull'interfaccia **1**; allora inoltra il frame al buffer di uscita associato all'interfaccia **1**.
- Da questo esempio risulta evidente che se la tabella dello switch è completa, lo switch isola i domini di collisione dei dipartimenti mentre permette agli host dei dipartimenti di comunicare.
- A differenza dell'hub, **in questo esempio**, quando rinvia un frame su una porta, uno switch utilizza il protocollo **CSMA/CD**.

- Quindi il comportamento delle interfacce dello switch è simile a quello delle schede di rete degli host che se connessi a un hub usano il protocollo CSMA/CD.
- Una importante caratteristica degli switch è che possono essere usati per unire segmenti di diverse tecnologie Ethernet.
- Quando si usano switch come dispositivi di interconnessione, teoricamente si possono realizzare LAN di dimensioni molto estese.
- Tuttavia, non è conveniente costruire reti molto grandi utilizzando esclusivamente gli switch come dispositivi di interconnessione: le grandi reti utilizzano sempre dei router.

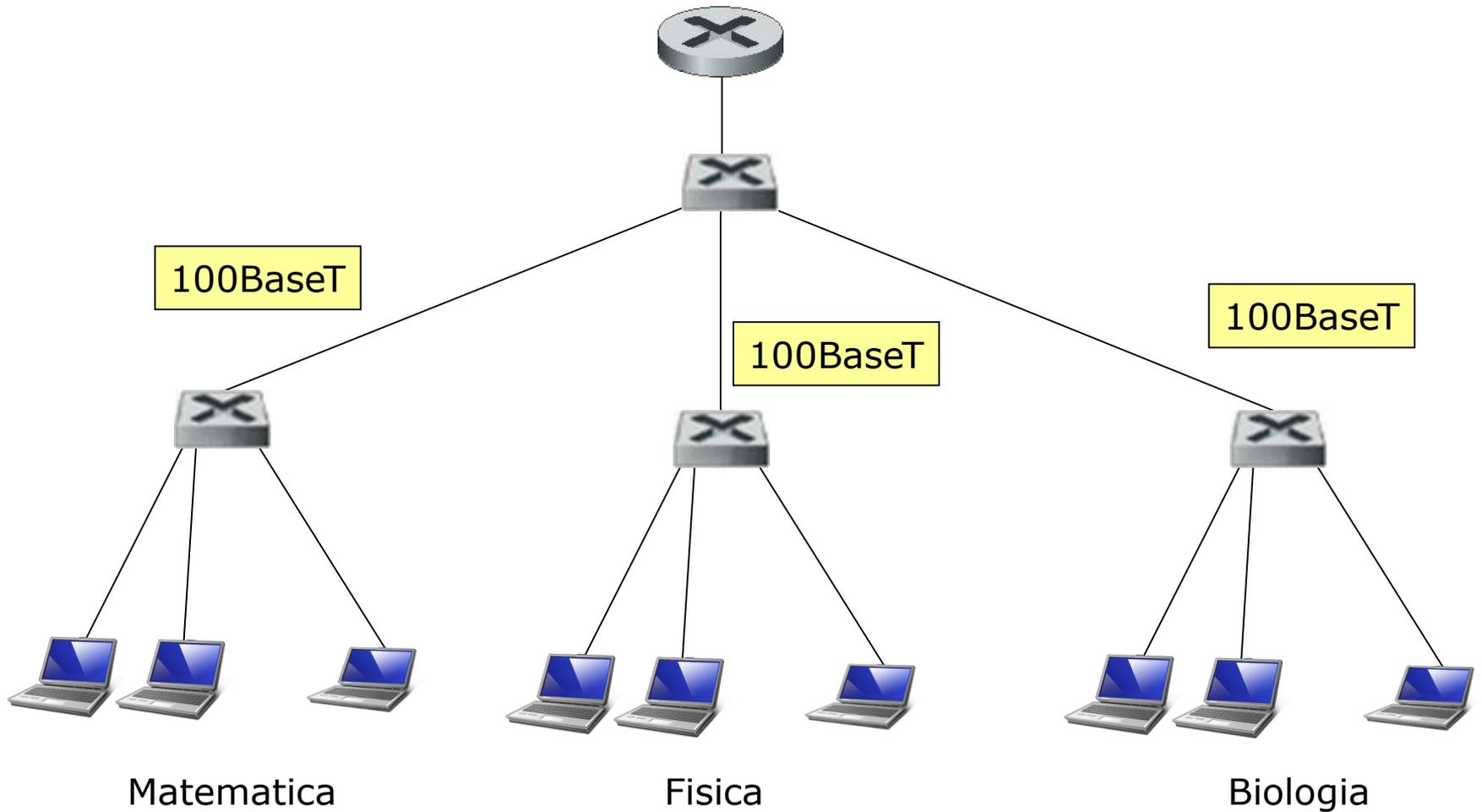
Auto-apprendimento

- Uno switch costruisce la sua tabella d'indirizzo automaticamente e dinamicamente. Questo funzionamento, plug-and-play è realizzato come segue.
 - 1. La tabella dello switch è inizialmente vuota.
 - 2. Quando un frame arriva a un'interfaccia e l'indirizzo di destinazione del frame non è nella tabella, lo switch memorizza copie del frame nei buffer di uscita di *tutte* le altre interfacce. Il frame arrivato sarà quindi rinviato da tutte le altre interfacce.
 - 3. Per ogni **frame ricevuto**, lo switch memorizza nella sua tabella
 - (a) **l'indirizzo LAN** contenuto nel campo **indirizzo sorgente del frame**,
 - (b) **l'interfaccia da cui arriva il frame**,
 - (c) **il tempo in cui il frame è memorizzato**.
 - 4. Quando un frame arriva a una delle interfacce e l'indirizzo di destinazione del frame è presente nella tabella, allora lo switch **rinvia il frame all'interfaccia appropriata**.

- (5) Lo switch **cancella un indirizzo** dalla tabella se per un certo periodo di tempo (tempo di invecchiamento, *aging time*) non riceve alcun frame con quell'indirizzo come **indirizzo mittente**.
- Un'altra importante caratteristica degli switch è che possono funzionare in modalità **full-duplex**, cioè, possono inviare e ricevere frame nello stesso momento. Ovviamente, nella modalità full-duplex non viene usato il CSMA/CD.
- Gli switch possono avere molte porte con diverse velocità di trasmissione a 10, 100 Mbit/s e a 1 Gbit/s.
- Uno switch con un elevato numero di porte consente una connessione diretta (**accesso punto-punto**) fra gli host e lo switch stesso.



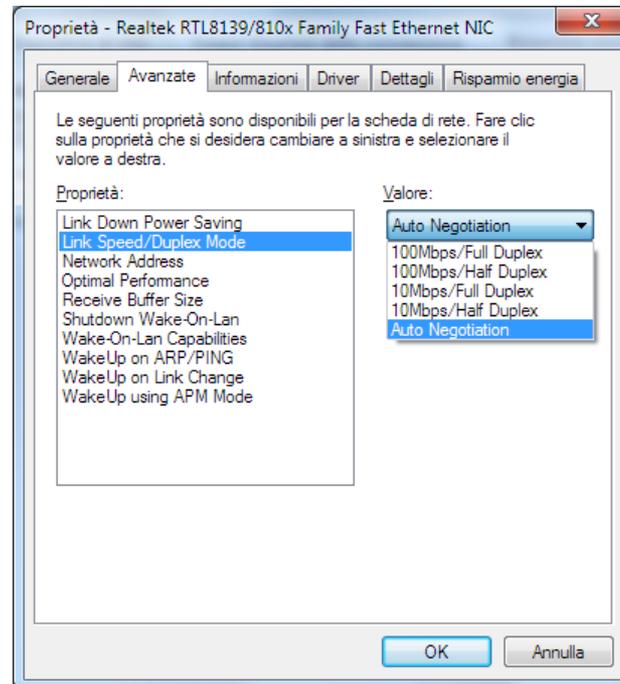
Switch che fornisce accesso ethernet dedicato a sei host



Lan Ethernet cablata con switch. Schema a più livelli.

- Vediamo ora come gli switch, e gli host direttamente connessi ad essi, funzionano nella modalità full-duplex.
- Grazie all'accesso punto-punto, quando l'host A trasmette un frame nel mezzo trasmissivo (ad esempio un cavo UTP o una fibra ottica) che lo connette allo switch, non c'è possibilità che il frame collida con una trasmissione di altri host o dello switch.
- Poiché gli switch hanno un comportamento «store and forward», cioè memorizzano e rinviando frame, uno switch trasmetterà al massimo un frame alla volta su qualunque porta alle quali sono connessi gli host. Quindi con le connessioni dirette, non è necessario l'uso del CSMA/CD.
- Generalmente un adattatore attiva in modo automatico la modalità full-duplex quando un host è connesso ad uno switch.

- Per esempio, nella figura precedente, l'host A può inviare un file ad A' mentre B invia un file a B' e C sta inviando un file a C'. Se ciascun host ha una scheda dell'adattatore a 100 Mbit/s, allora il throughput complessivo durante il simultaneo trasferimento dei file è di 300 Mbit/s.
- Se A e A' hanno adattatori a 100 Mbit/s e i restanti host hanno adattatori a 1000 Mbit/s, allora il throughput complessivo durante i tre trasferimenti simultanei dei file è 2100 Mbit/s.

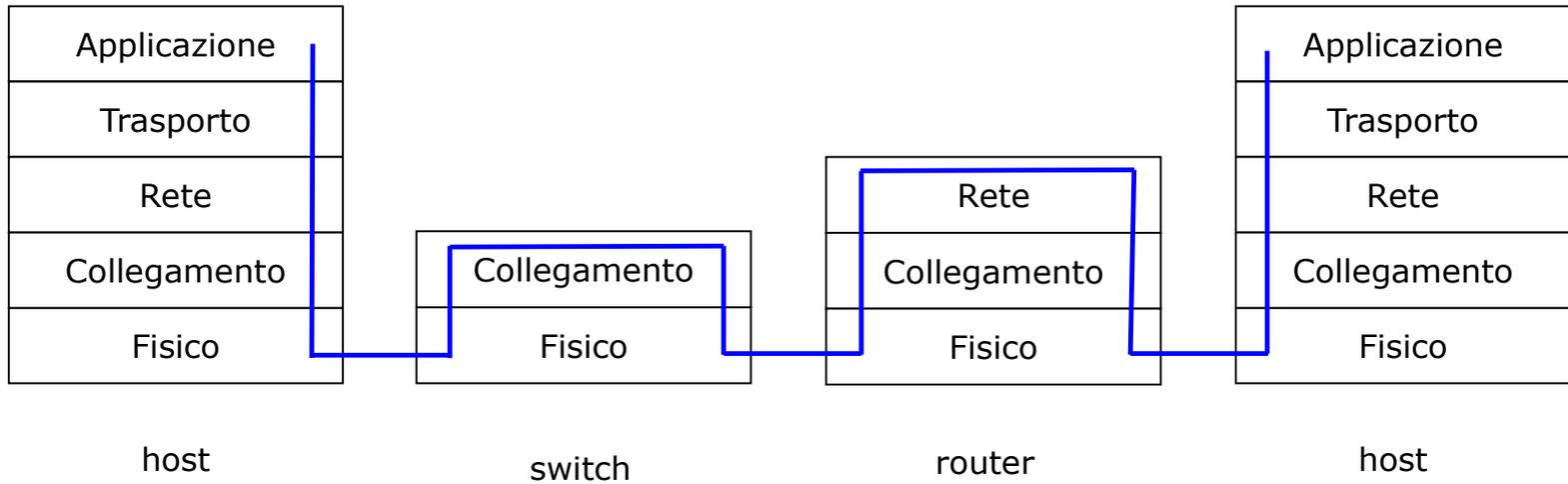


Esempio di configurazione della velocità di trasmissione/modalità full duplex per un adattatore di un host (windows).

Confronto tra switch e router

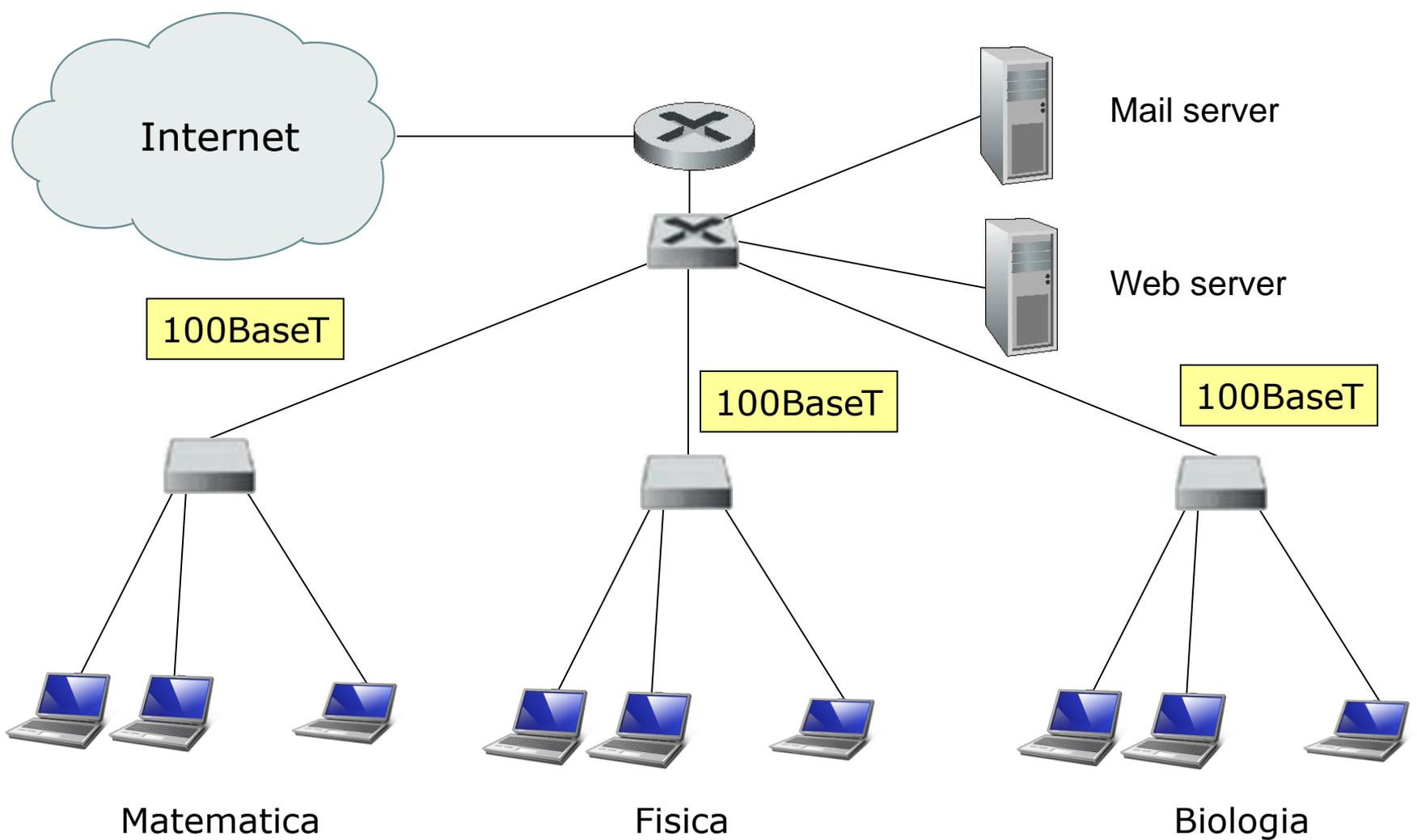
- Come descritto, i router sono commutatori di pacchetto che instradano i pacchetti usando gli indirizzi IP dello strato di rete (livello 3) mentre gli switch sono commutatori di pacchetto dello strato di collegamento (livello 2).
- Generalmente, gli switch hanno velocità di commutazione dei pacchetti più alte di quelle dei router in quanto devono solo elaborare i frame del livello 2, mentre i router devono elaborare anche i datagram del livello 3 e, inoltre, eseguono i protocolli di instradamento.
- Gli switch non offrono alcuna protezione contro le **inondazioni broadcast**. Infatti, se un host, a causa di un'applicazione o di un guasto, trasmette un flusso continuo di frame broadcast di Ethernet, gli switch inoltreranno tutti questi frame, causando il blocco dell'intera rete.

- I router, invece, bloccano le inondazioni broadcast dello strato di collegamento.
- Per reti piccole, costituite da poche centinaia di host con pochi segmenti LAN gli switch sono sufficienti, perché localizzano il traffico e incrementano il throughput aggregato senza necessità di configurazione.
- Ma le reti più grandi, costituite da migliaia di host, oltre agli switch è necessario usare i router.
- I router forniscono un più completo isolamento del traffico, e usano percorsi più "intelligenti" fra gli host della rete.

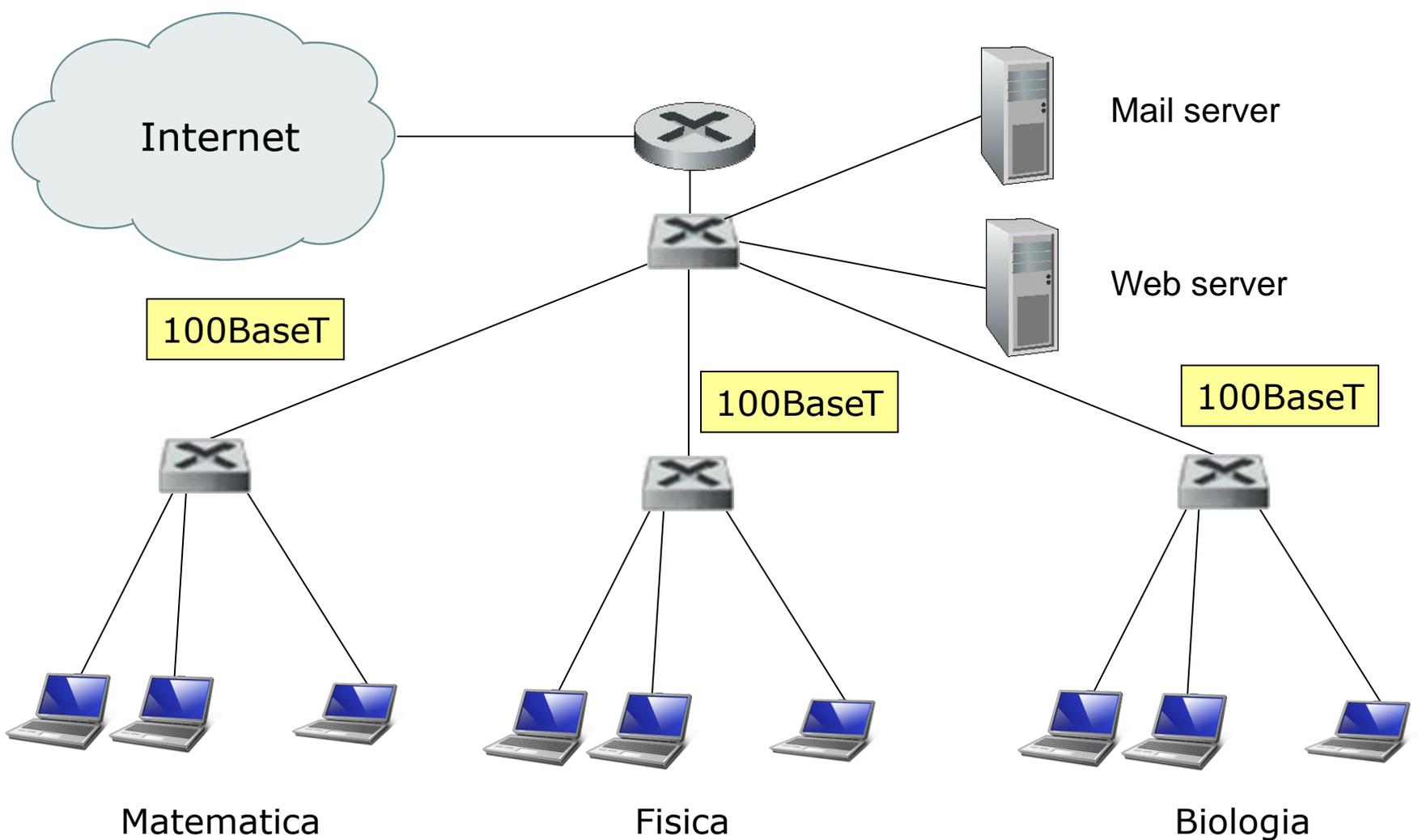


Elaborazione dei pacchetti in switch, router e host.

- La figura seguente mostra una rete che usa hub, switch e router.
- ciascuno dei tre dipartimenti ha i suoi segmenti Ethernet a 100 Mbit/s con il proprio hub.
- Poiché ciascun hub dipartimentale ha una connessione allo switch, tutto il traffico intradipartimentale è confinato ai segmenti Ethernet del dipartimento
- I server Web e di posta elettronica hanno ciascuno un accesso dedicato a 100 Mbit/s al commutatore. Infine, un router, che porta a Internet ha un accesso dedicato a 100 Mbit/s al commutatore.



Rete con hub, switch e router.



Rete con switch e router (Topologia attuale con prestazioni migliori).