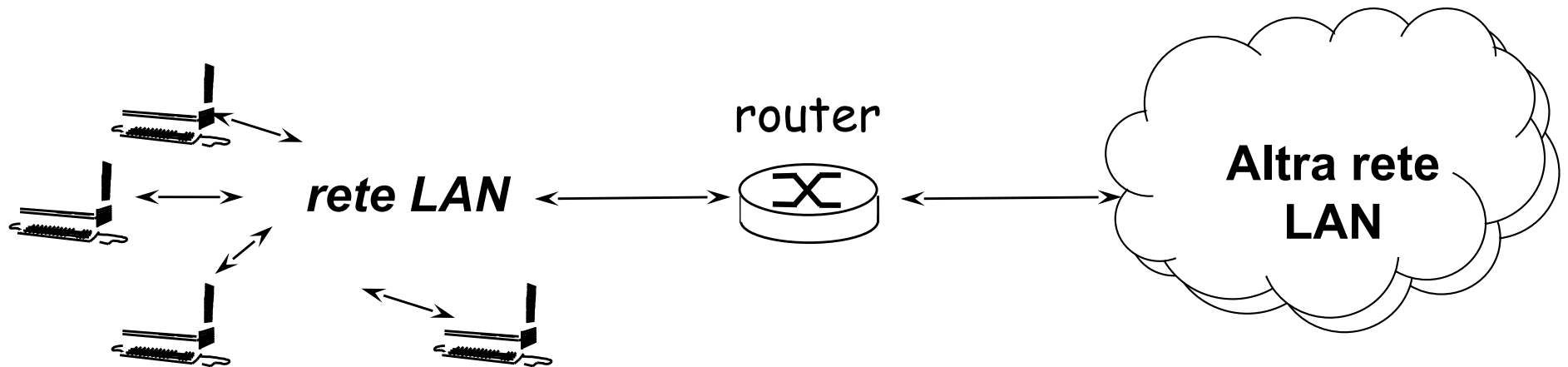


Topologie LAN

Architetture LAN Ethernet

Rete LAN

- Una Local Area Network (LAN) è una rete in cui i nodi possono comunicare fra di loro tramite protocollo di livello H2N (a volte gergalmente diciamo «direttamente»)
- Il nome deriva dell'estensione della rete, limitata sia nelle **distanze fra i nodi** sia nel **numero di nodi** collegati



Contesti applicativi delle LAN

- Utilizzano tecnologie e architetture ormai ben consolidate e relativamente poco costose
- Sono estremamente diffuse e le tecnologie trovano applicazione in contesti diversi:
 - Personal LAN a basso costo e capacità limitata
 - contesti Small Office – Home Office (SOHO), dove si collegano pochi PC e qualche dispositivo di rete (stampante, lettori CD/DVD, access point WiFi, ecc.)
 - Back-end network
 - Storage Area Networks
 - fino a **backbone LAN** dove si realizzano reti LAN di grandi dimensioni collegando varie LAN tra loro (tipico esempio: campus universitario)

Back end LAN + Backbone LAN

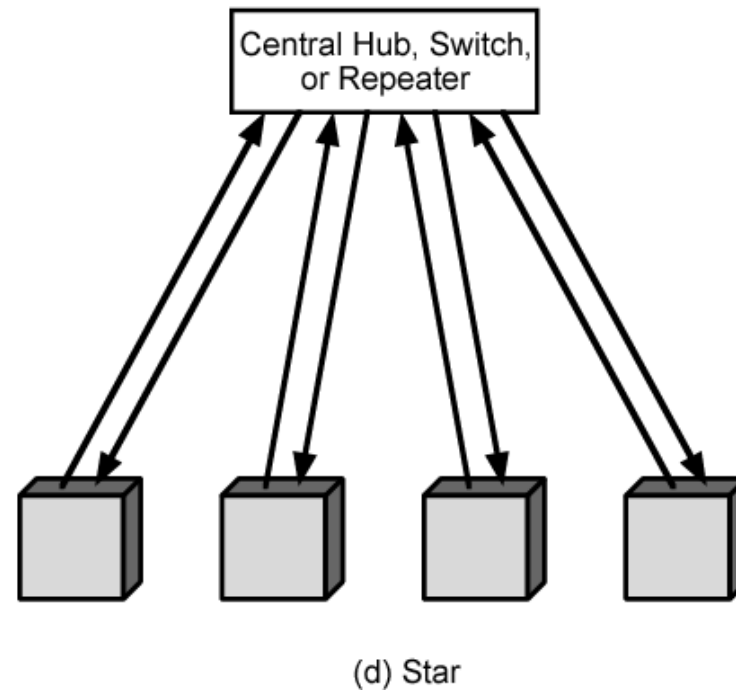
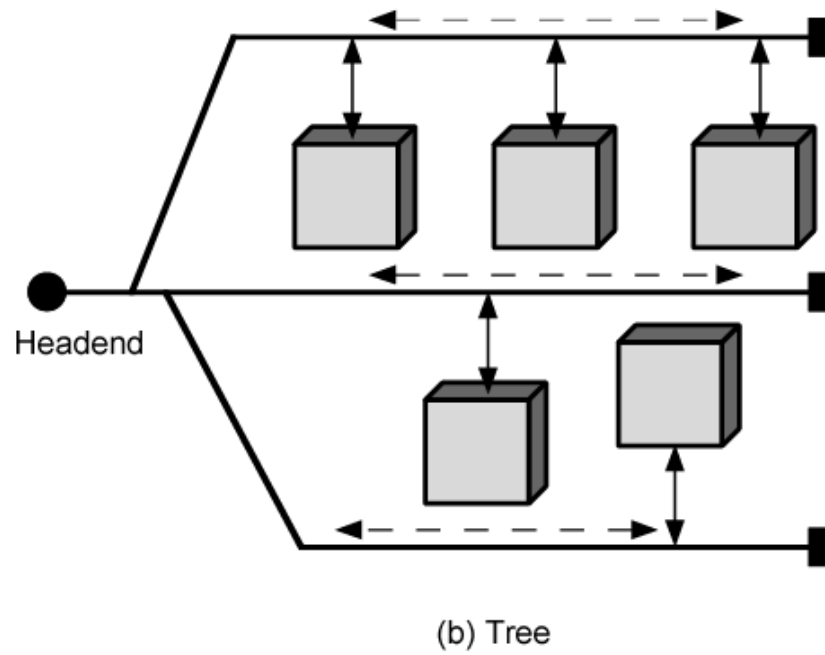
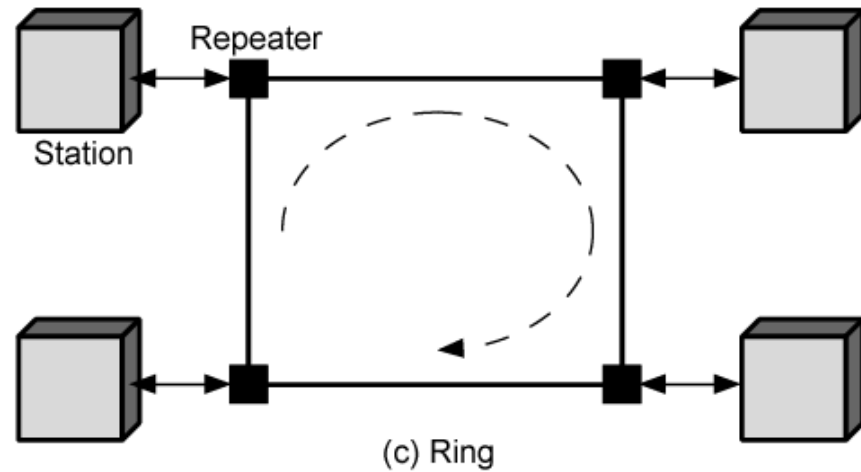
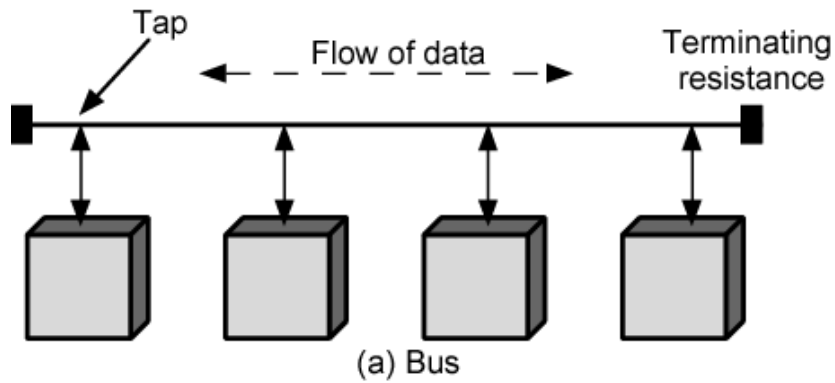
- Le LAN che costituiscono gli elementi fondamentali di accesso a Internet sono dette **back end LAN** e possono essere collegate mediante **backbone LAN**
- Le **back end LAN** realizzano sistemi (dipartimentali) di medie dimensioni, interconnettendo server, dispositivi di storage, PC, ecc., con le seguenti caratteristiche:
 - Media-alta capacità di traffico (tipicamente 1 Gps)
 - Accessi distribuiti
 - Distanza limitata tra i componenti
 - Costi ridotti
- Le **backbone LAN** servono per interconnettere diverse back-end LAN e devono garantire:
 - Affidabilità
 - Elevata capacità di traffico (tipicamente, >1 Gbps, esistono LAN per data center fino a 100 Gbps)

Topologie per LAN e interconnessioni di LAN

A seconda dei contesti e dei protocolli impiegati, possiamo individuare diverse topologie di LAN:

- **Albero**
- **Bus**
- **Anello**
- **Stella**

Topologie

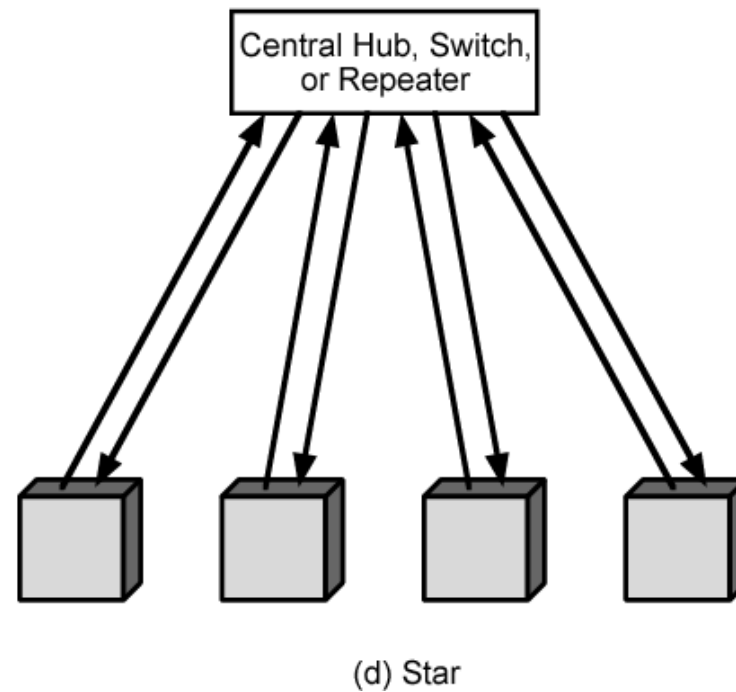
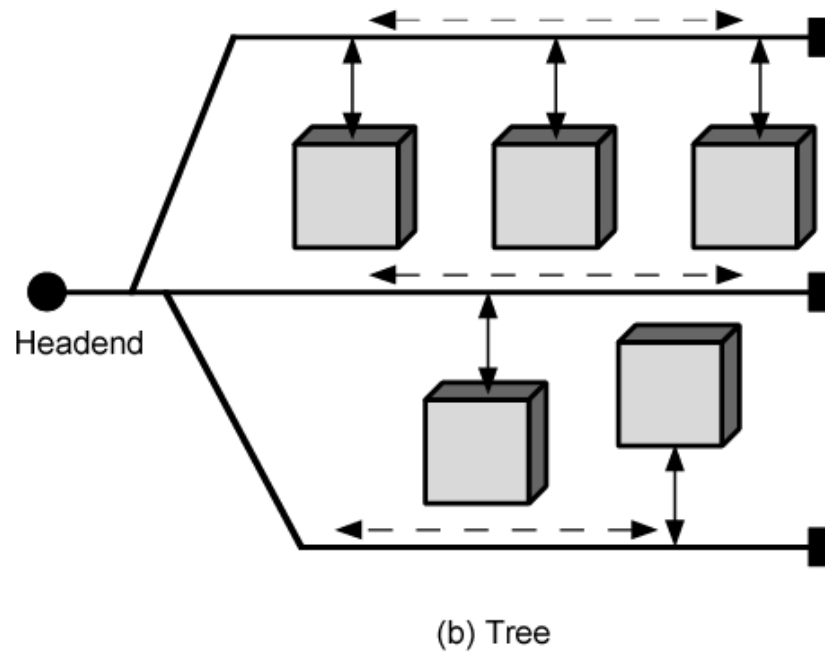
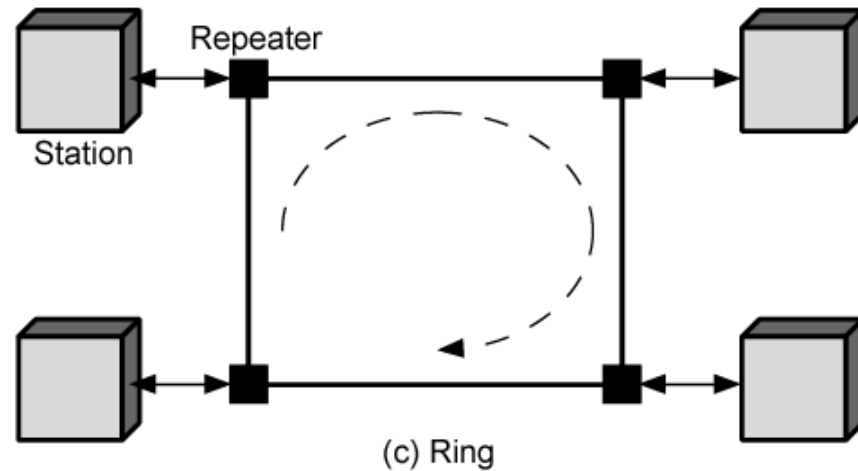
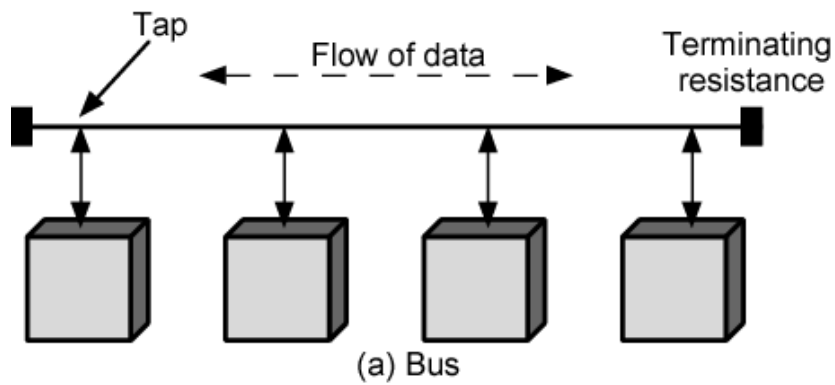


Topologie per LAN e interconnessioni di LAN

A seconda dei contesti e dei protocolli impiegati, possiamo individuare diverse topologie di LAN:

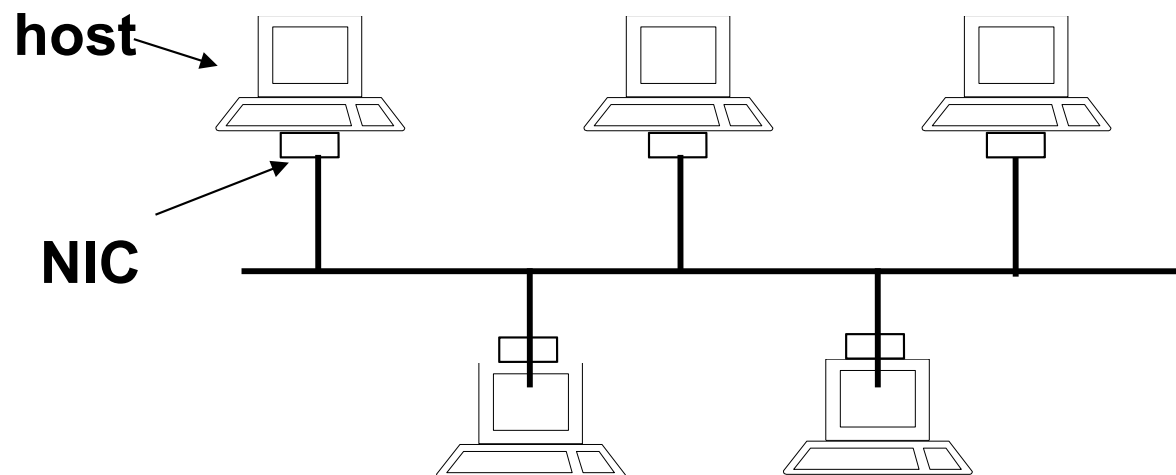
- **Albero**
- **Bus**
- **Anello**
- **Stella**

Topologie



Topologia a bus

- È il metodo più semplice di connettere in rete degli host (schema originale di Ethernet). Consiste di un singolo cavo (chiamato **dorsale** o **segmento**) che connette in modo lineare tutti gli host
- I messaggi sono inviati a tutti gli host come segnali elettrici e vengono accettati solo dal NIC dell'host il cui indirizzo MAC è contenuto nel segnale di origine

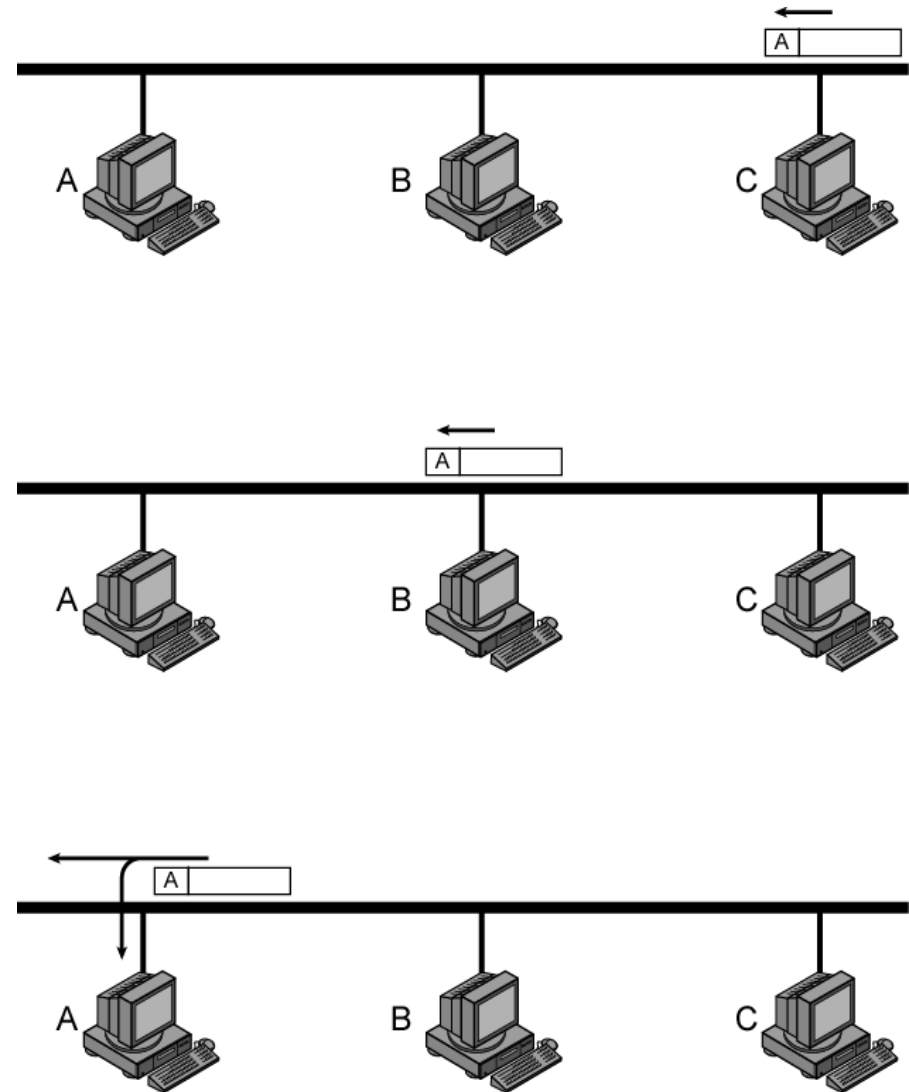


Topologia a bus

- I dati trasmessi da un host, se non vengono interrotti, viaggiano da un capo all'altro del cavo, rimbalzano e tornano indietro impedendo ad altri host di inviare segnali
- A ciascuna estremità del cavo viene applicato un componente chiamato **terminatore** che assorbe i dati liberi rendendo disponibile il cavo per l'invio di altri dati (dipende dalle caratteristiche fisiche del mezzo trasmissivo)
- Se un cavo viene tagliato o se uno dei capi viene scollegato, e quindi uno o più capi sono privi di terminatore, i dati rimbalzeranno interrompendo l'attività su tutta la rete (***rete inattiva***)

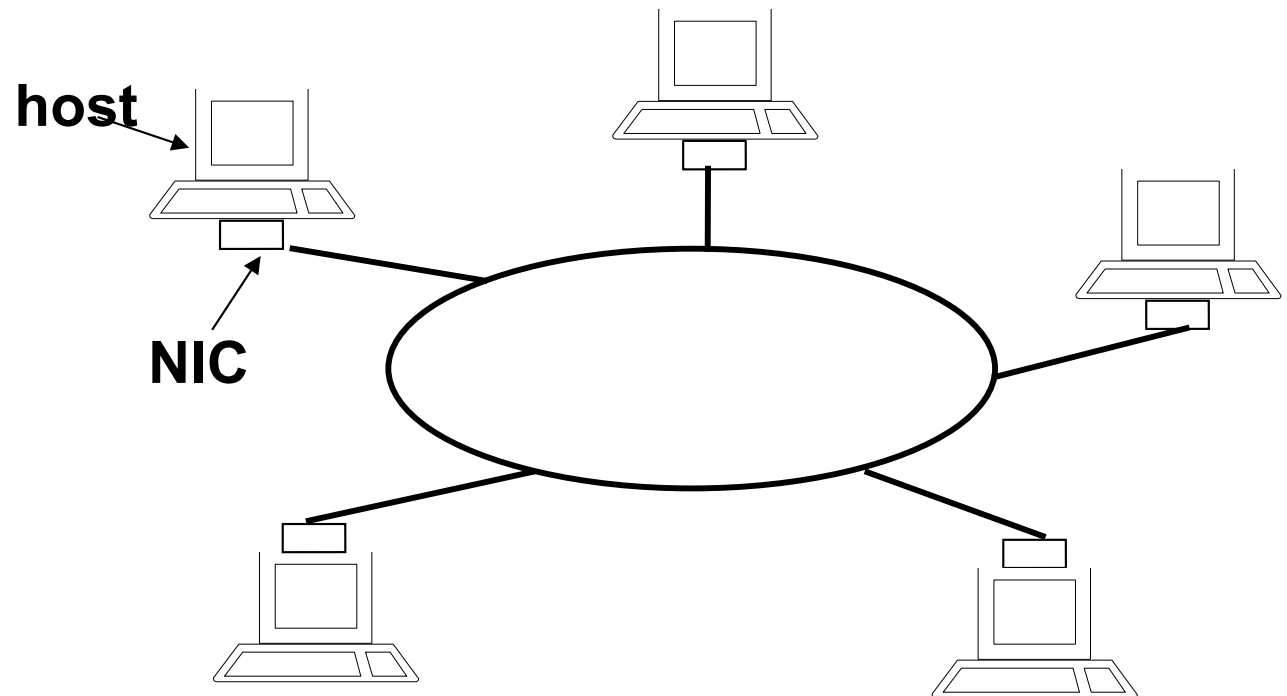
Modalità per trasmissione su bus

1. L'host C si appresta a spedire un frame a A
2. L'host B riceve il frame, ma non essendo diretto a lui, lo ignora
3. L'host A riceve il frame e non lo ignora (frame passato ai livelli superiori dello stack). Il frame continua comunque a viaggiare sul bus



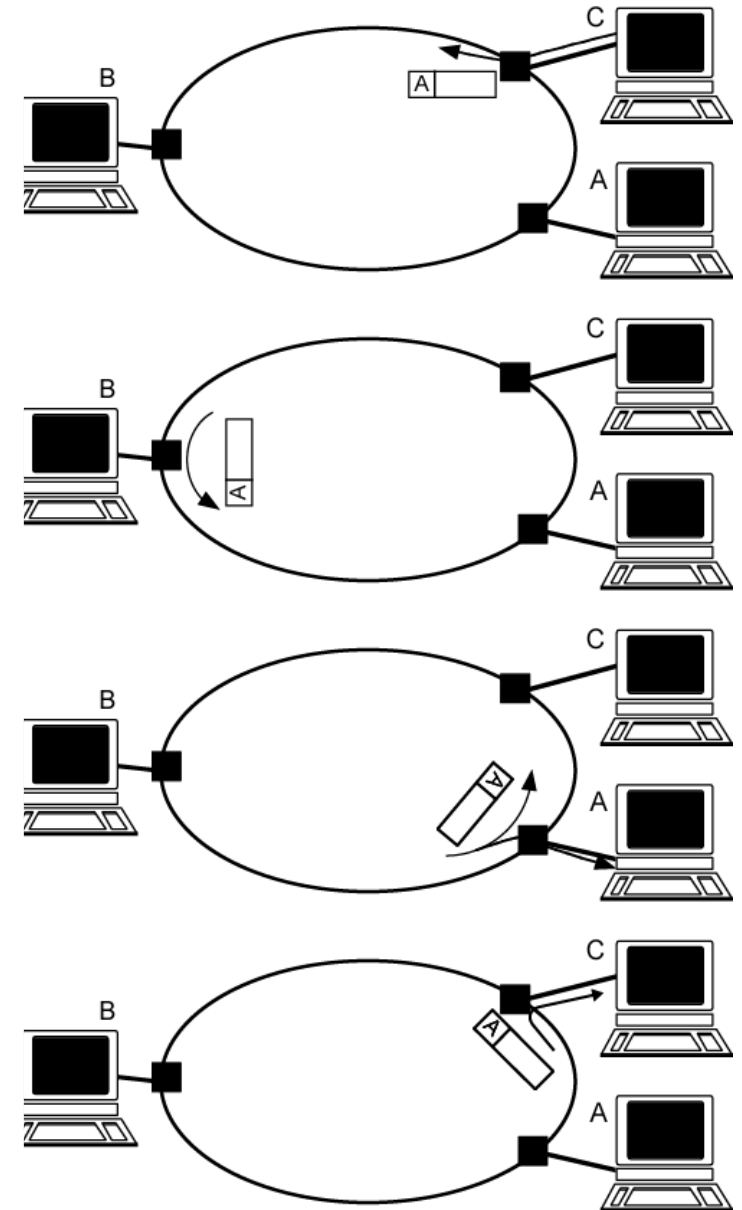
Topologia ad anello

- Gli host sono connessi tramite un unico cavo circolare privo di terminatori
- I segnali sono inviati lungo il circuito chiuso passando attraverso ciascun host che funge da **ripetitore** e ritrasmette il segnale (se non è il mittente)



Modalità per trasmissione su anello

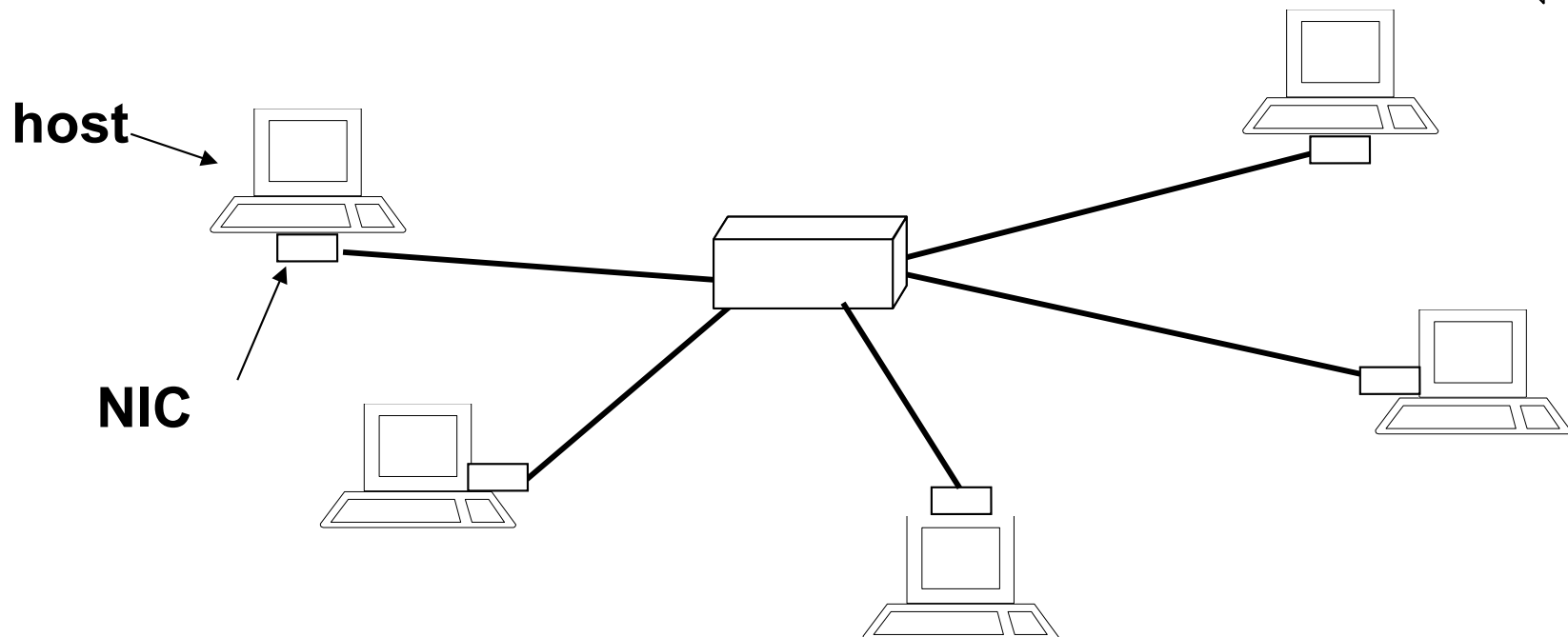
1. L'host C si appresta a spedire un frame a A
2. L'host B riceve il frame, ma non essendo diretto a lui, lo ignora e lo inoltra
3. L'host A riceve il frame e lo inoltra
4. L'host C "assorbe" il frame che ha immesso nella rete



Topologia a stella

- Gli host sono connessi a un **dispositivo di rete centrale**: i messaggi da qualunque mittente a qualunque destinatario sono inviati attraverso tale componente

La quasi totalità delle reti Ethernet moderne sono progettate con topologia a stella



Topologia a stella

- Nel caso di interruzione di uno dei cavi di connessione di un host al dispositivo centrale, solo quell'host verrà isolato dalla rete → *Non c'è single point of failure a livello di rete*
- In caso di mancato funzionamento del componente centrale saranno interrotte tutte le attività di rete → *C'è single point of failure a livello di dispositivo*
- **PRO:** Topologia molto più flessibile e, a seconda del dispositivo centrale, possibilità di diminuire le interferenze di traffico
- **CONTRO:** Elevato traffico sul dispositivo centrale, per cui servono dispositivi di capacità adeguata

Perché Internet non è un'unica grande LAN?

- I protocolli di livello H2N sono pensati per
 - essere eseguiti ad alte prestazioni con l'ausilio di hardware (la NIC)
 - essere flessibili (ad esempio, posso spostare lo stesso hardware su un'altra rete quasi senza problemi)
- Esistono dei compromessi fra le prestazioni e flessibilità ottenibili sulla rete locale e la sua **scalabilità**
 - **Scalabilità: capacità di mantenere le prestazioni all'aumentare del «livello di utilizzo» del sistema**
 - Le prestazioni di una LAN possono degradare vistosamente oltre una certa quantità di nodi connessi
- La scalabilità della rete è invece **un aspetto fondamentale nella progettazione del livello 3 (Rete, IP)**

Architetture reti Ethernet

Apparati di rete

- Esistono diversi apparati di rete dipendenti da:
 - topologia di interconnessione degli host
 - numero degli host collegati
 - efficienza delle comunicazioni (anche in funzione del traffico previsto)

Tipi di dispositivi di rete

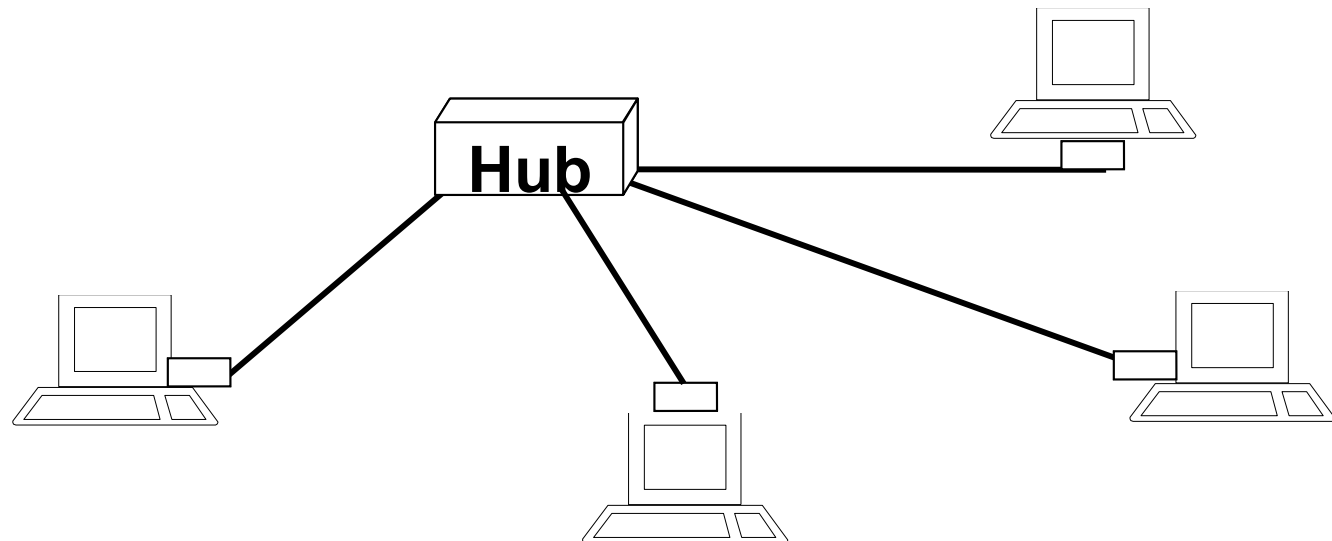
- **Hub (repeater - livello 1)**
- **Switch (livello 2)**
- **Bridge (livello 2)**
- **In alcuni contesti, si parla anche di Bridge e Switch di livello 3, ovvero in grado di leggere anche alcune informazioni del protocollo di rete**

Osservazioni sui termini

- Il termine **hub** identifica un dispositivo fisico che implementa funzionalità di **ripetitore**
- Il termine **bridge** identifica una funzionalità
 - Solitamente, parliamo effettivamente di **bridge** quando quelle funzionalità sono implementate su software (e.g., un'interfaccia virtuale di tipo **bridge**)
 - Gli **switch** sono dispositivi fisici che implementano particolari funzionalità di tipo **bridge**
- Dal punto di vista architetturale, gli **hub** e gli **switch** sono soluzioni alternative
 - E gli **hub** sono ormai deprecati
- Cerchiamo di chiarire nelle prossime slide

Hub

- **Dispositivo di livello fisico** dotato di due o più interfacce. Essenzialmente, è un **ripetitore** che opera a livello di singoli bit (livello 1 – fisico):
 - ➔ ripete i bit ricevuti su una interfaccia a tutte le altre interfacce
- Ogni nodo connesso fa parte dello stesso **segmento** di LAN



Vantaggi degli hub

- Dispositivi semplici ed estremamente economici
→ E' la tecnologia migliore per piccole LAN con poco traffico (small office – home office)
- Estende la **massima distanza** fra coppie di nodi (con doppino: 100m fra host e hub → 200m tra due host)
- **Trasparente**: non necessita di alcun cambiamento agli adattatori LAN degli host
- Confinamento dei guasti: un guasto su un segmento di LAN non impedisce il traffico sugli altri segmenti

Svantaggi degli hub

- **Gli hub non isolano il dominio delle collisioni:**
 - ➔ il traffico di un host può collidere con il traffico di ogni altro host che risieda in un qualsiasi segmento della LAN collegato all'hub
- **In pratica, dal punto di vista del traffico, una LAN collegata mediante hub è equivalente a una topologia a bus (differisce solo per i guasti a livello di segmento)**

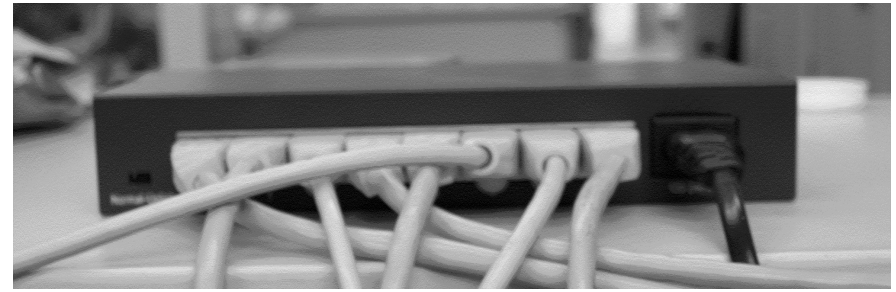
Switch

- **Sono dispositivi fisici che implementano funzionalità di inoltra selettivo dei frame e offrono alte prestazioni**
 - Inoltra di frame a livello 2
 - Filtraggio utilizzando indirizzi MAC
- Tipicamente, lo switch è un dispositivo con molte interfacce di rete ed è usato come centro stella
- Quando un frame deve essere inoltrato su un segmento di LAN, il bridge usa il protocollo CSMA/CD per trasmettere

Vantaggi dello switch

- **Isola i domini di collisione** producendo un aumento del massimo traffico totale gestibile, e non limita il numero degli host, né la copertura geografica
- NB: dominio collisioni \neq dominio broadcast
- Può connettere tipi diversi di Ethernet (dal punto di vista fisico) dal momento che è un dispositivo **store-and-forward**
- Utile per reti gerarchiche (vedi cablaggio strutturato)
- Trasparente: non necessita di alcun cambiamento agli adattatori LAN degli host

Dispositivi switch



Metodi di *filtraggio* e *inoltro*

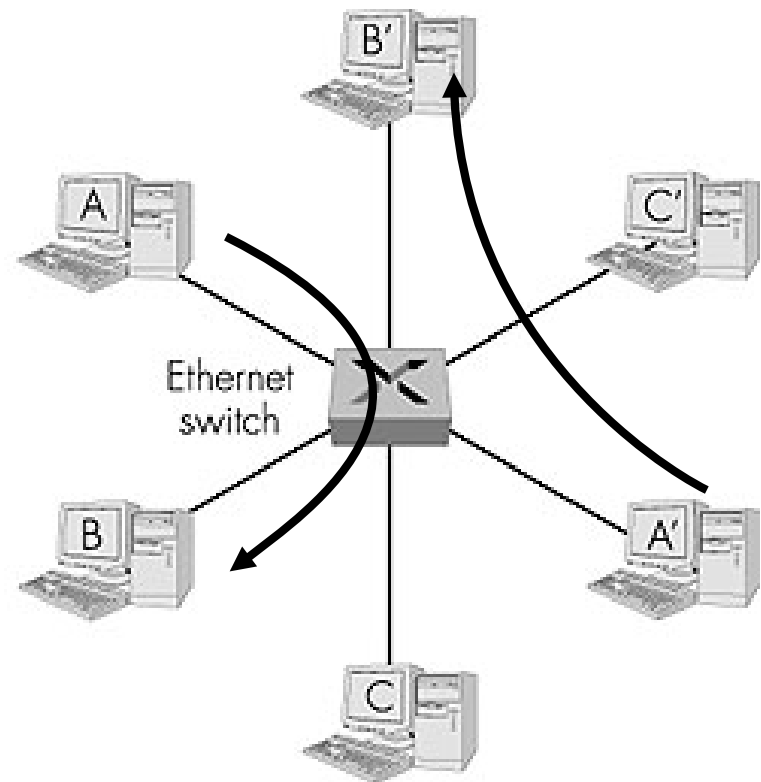
- **Gli switch imparano quali host possono essere raggiunti attraverso quali interfacce**
 - Mantengono delle **tabelle di filtraggio** costruite **automaticamente** senza bisogno dell'intervento di amministratori di rete
 - Quando viene ricevuto un frame, lo switch “impara” la locazione del mittente
 - Registra la locazione del mittente nella tabella di filtraggio
- **Record per la tabella di filtraggio:**
 - Indirizzo MAC dell'host, Interfaccia dello switch, Time-To-Live (TTL) che è il periodo di validità delle informazioni memorizzate nella tabella di filtraggio
 - Record vecchi nella tabella di filtraggio vengono scartati (TTL più o meno configurabile a seconda dello switch)

Filtraggio e inoltro dei frame

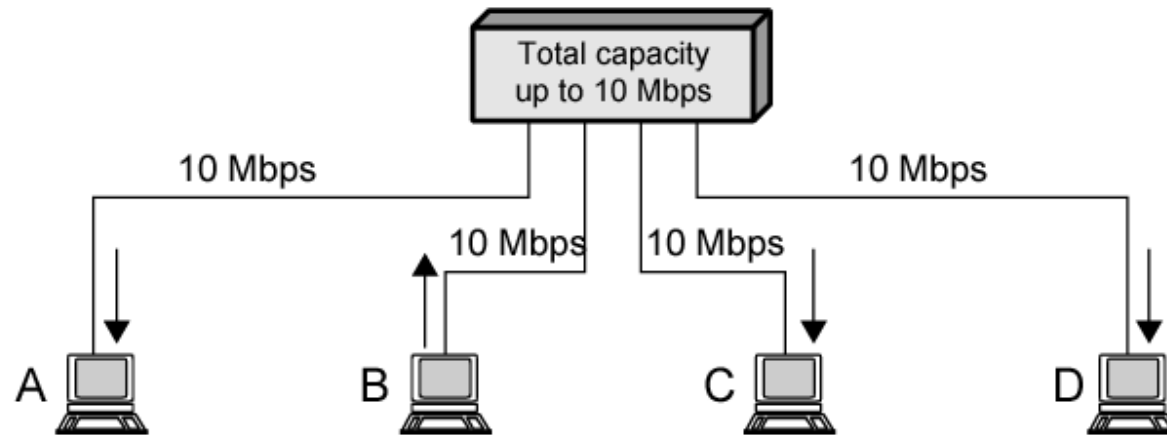
- **Filtraggio dei frame**
 - I frame destinati ad host dello stesso segmento non sono inoltrati agli altri segmenti della LAN
- **Inoltro dei frame**
 - Come si fa a sapere qual è il segmento di LAN su cui deve essere inoltrato un frame? → MAC address
 - Auto-apprendimento tramite ispezione del MAC sorgente
- I meccanismi di filtraggio e inoltro selettivo consentono di **aumentare sensibilmente la capacità della rete Ethernet**

Switch: vantaggi

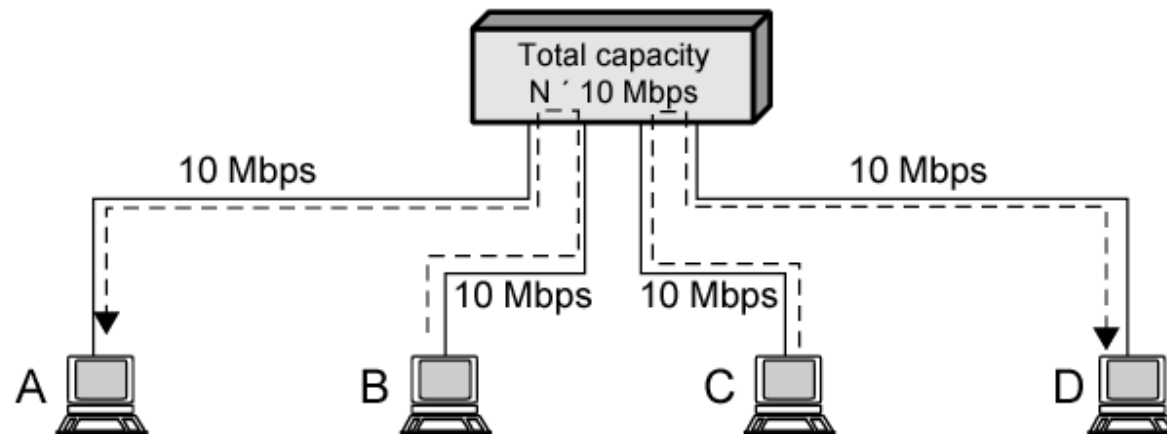
- Come nel caso dei bridge, a differenza del caso degli hub, consentono un'architettura Ethernet **senza collisioni** (**accesso dedicato e full duplex**)
- Esempio di **switching**:
 - Traffico tra A-B e tra A'-B' simultaneo, senza collisioni



Hub e switch



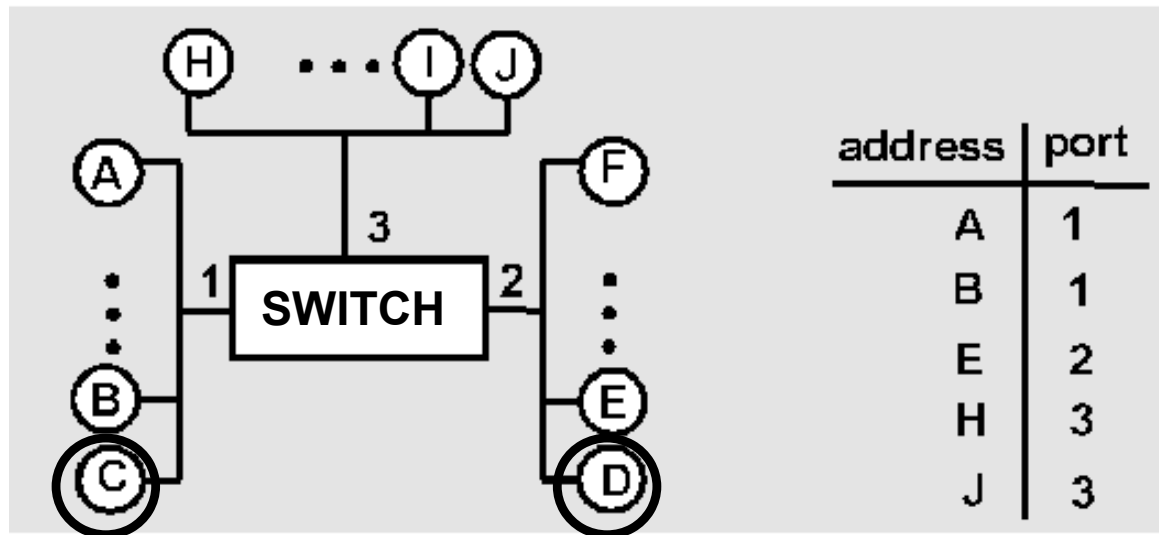
Hub (mezzo condiviso)



Switch (inoltro selettivo a livello 2)

Auto-apprendimento: esempio

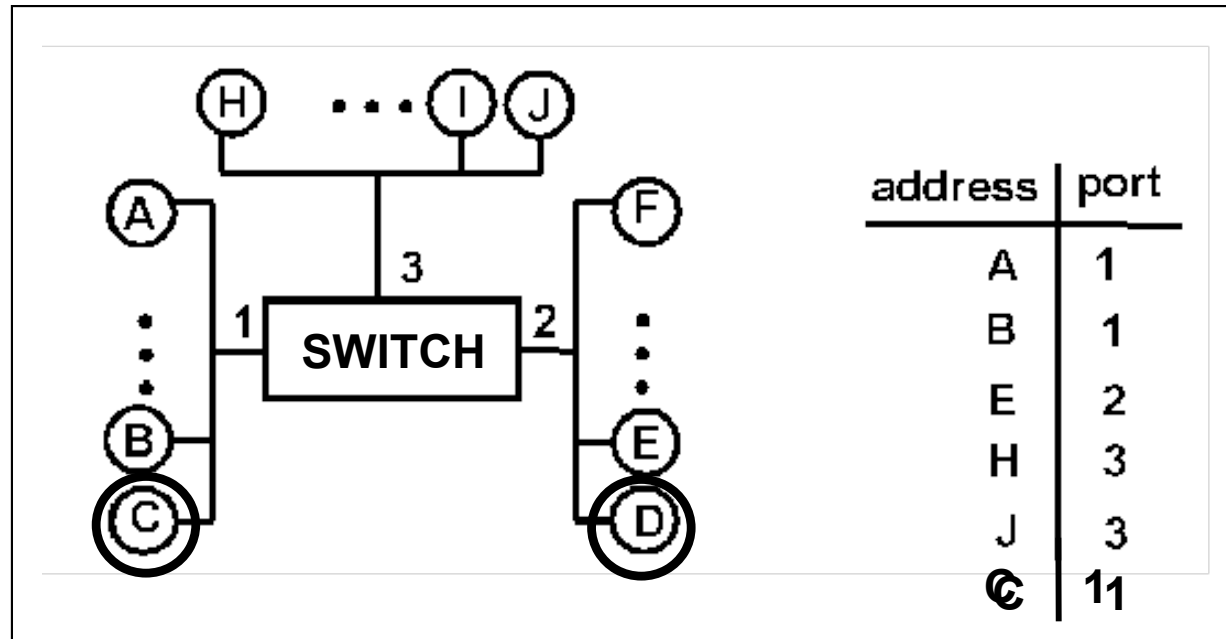
Si supponga che C mandi un frame a D, e D risponda con un frame a C



C manda un frame, ma lo switch non ha informazioni su D, così inoltra il frame su entrambi i segmenti di LAN 2 e 3

- Lo switch nota che C è sulla porta 1
- Il frame è ignorato dagli host della LAN 3
- Il frame è ricevuto da D

Autoapprendimento: esempio (2)

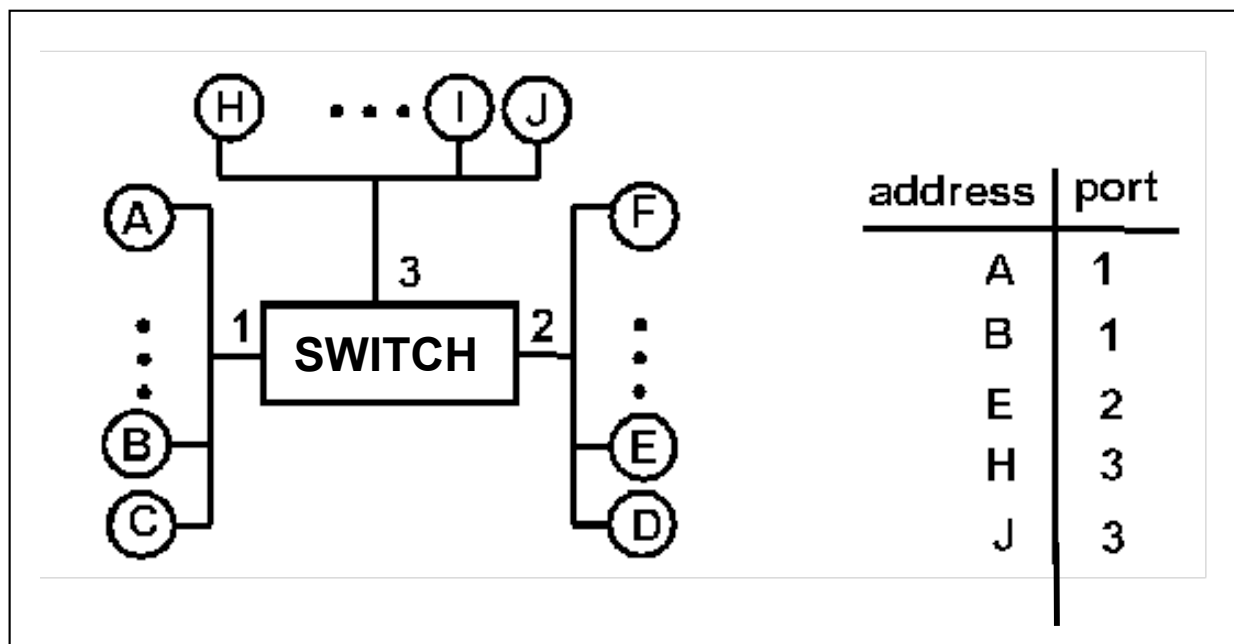


D genera la risposta per C, manda il suo frame

- Lo switch bridge vede un frame da D
- Lo switch nota che D è sull'interfaccia 2
- Lo switch sa che C è sull'interfaccia 1, così inoltra **selettivamente** il frame attraverso l'interfaccia 1

Autoapprendimento: svantaggio

- Se si sposta l'host A dalla LAN 1 alla LAN 3, su quale interfaccia lo switch inoltra i frame?
 - I frame sono inoltrati sul segmento di LAN sbagliato (1) fino a quando l'host A non invia il primo frame (modifica tabella di filtraggio) o fino allo scadere del TTL per la entry relativa ad A (cancellazione della entry dalla tabella)



Tipi di commutazione per switch

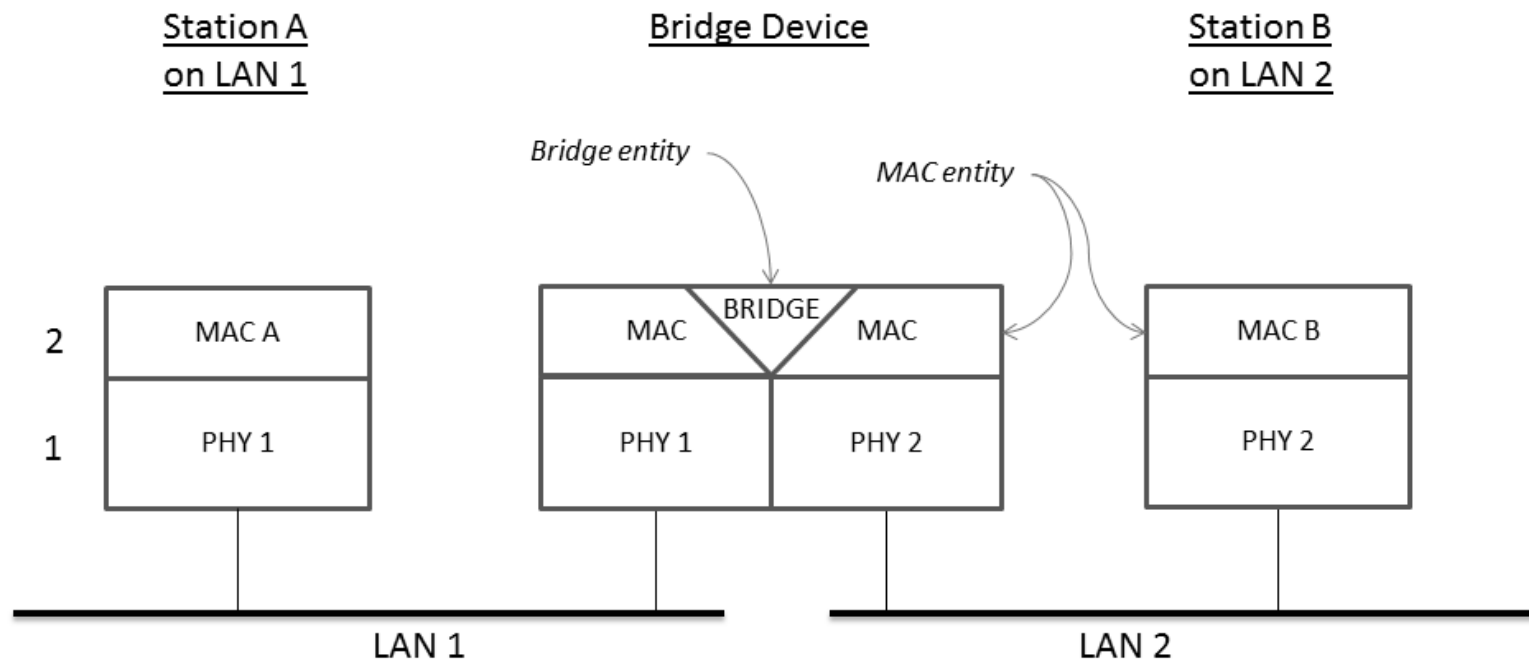
- **Switch con commutazione *store-and-forward***
 - Quando un frame è instradato attraverso un commutatore **store-and-forward**, è raccolto e immagazzinato nella sua totalità prima che il commutatore inizi a trasmetterlo sulla linea di uscita
- **Switch con commutazione *cut-through***
 - Il frame è inoltrato dalla porta di input dello switch a quella di output senza aspettare che tutto il frame sia arrivato al commutatore
 - E' sufficiente che sia giunta la parte del frame contenente l'indirizzo di destinazione e che il canale di uscita sia libero
 - ➔ **PRO: miglioramento delle prestazioni**
 - ➔ **CONTRO: possibile inoltro di frame “difettosi”** (non c'è possibilità di verificare la correttezza del byte di controllo)

Bridge / Bridging

- **Dispositivo di livello 2 (link layer)**
- Esamina l'header dei frame e li inoltrano **selettivamente** sulla base dell'indirizzo MAC della loro destinazione
- Analogo allo switch, ma **può supportare più mezzi fisici**
- Due tipologie di bridging:
 - **Bridging trasparente:** collega due tecnologie fisiche che impiegano lo stesso sistema di indirizzamento di LV2 (e.g., MAC Address, protocollo ARP)
 - **Bridging non trasparente:** lo switch implementa logiche per “convertire” i protocolli di LV2, compresi indirizzi HW (le logiche implementate dipendono specificamente dai protocolli coinvolti)

Schema Bridge

A bridge connecting two LAN segments



Bridge e Switch

Lo switch può essere considerato un tipo particolare di **bridge trasparente** fornito di un alto numero di porte

- Analizza il livello 2 dei frame e separa i domini di collisione, ovvero separa nettamente i due mezzi fisici
- Può supportare collegamenti fisici a **velocità di trasferimento diverse**
 - Esempio: N porte da 1 Gbps, 1 porta da 10 Gbps

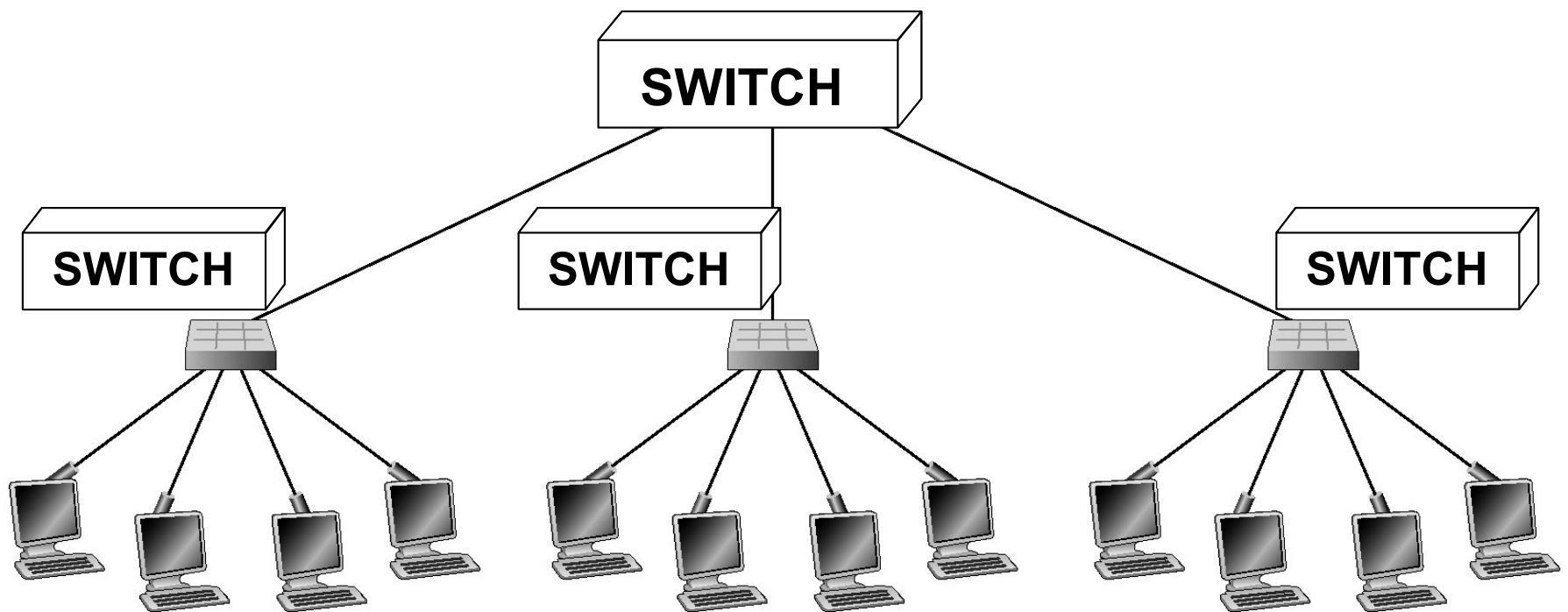
Topologie Ethernet complesse

Limiti (generali) di Ethernet

- Ciascuna topologia Ethernet ha limitazioni relative a:
 - Massima distanza fra due host in un dominio di collisione (lunghezza limitata: lo standard 802.3 specifica la massima lunghezza del cavo)
 - Per questo si utilizzano approcci multi-livello (gerarchici) che collegano diversi switch fra di loro
- Ciò nonostante, l'utilizzo di indirizzi **piatti (flat)** e quindi l'impiego di tecniche di broadcast per l'indirizzamento (ARP) limitano il massimo numero di livelli in uno schema multi-livello
- Queste caratteristiche limitano sia il **massimo numero di host collegabili**, sia il **raggio di azione geografico** di una LAN

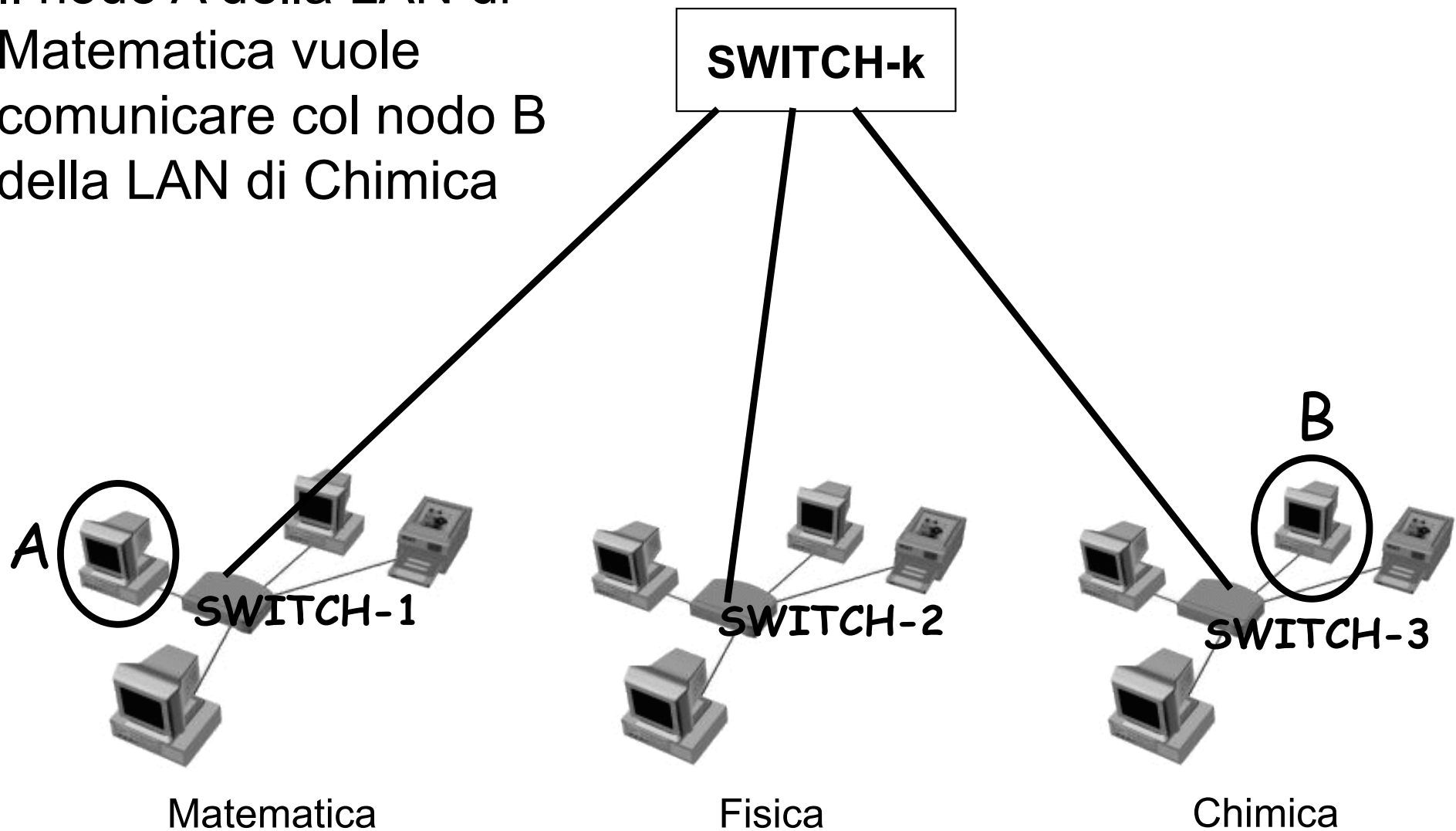
Tipica architettura

- Gli switch sono utilizzati per realizzare LAN multi-livello anche con topologie abbastanza complesse
- Consentono la combinazione di interfacce eterogenee (100Mbps/1GbE/10GbE) condivise (*shared*) e dedicate



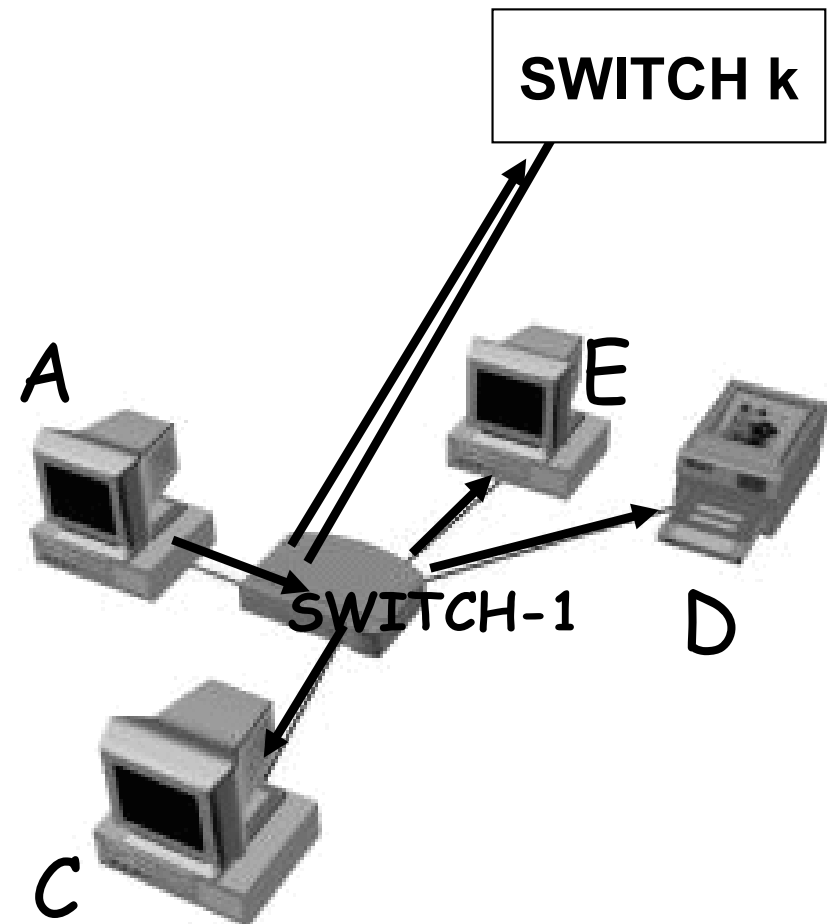
Esempio: instradamento fra più reti locali interconnesse

Il nodo A della LAN di Matematica vuole comunicare col nodo B della LAN di Chimica



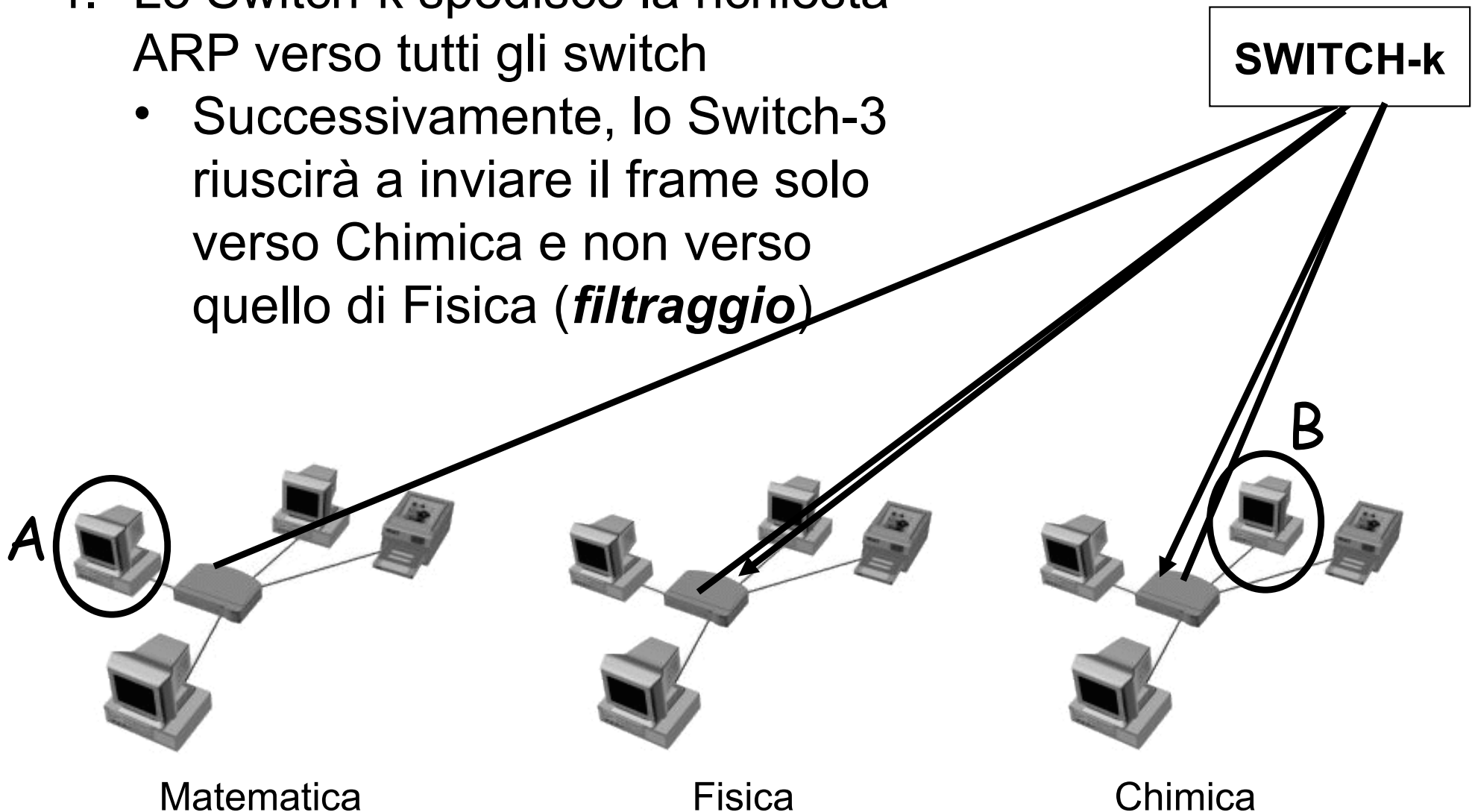
Esempio (2)

1. Il nodo A spedisce allo Switch-1 un frame destinato a B
2. Lo Switch-1 inizialmente non conosce l'indirizzo MAC del destinatario per cui inoltra il **frame a tutti i link** escluso quello di provenienza, ma incluso quello che lo collega allo Switch-k
3. Gli host C-D-E non prendono il frame



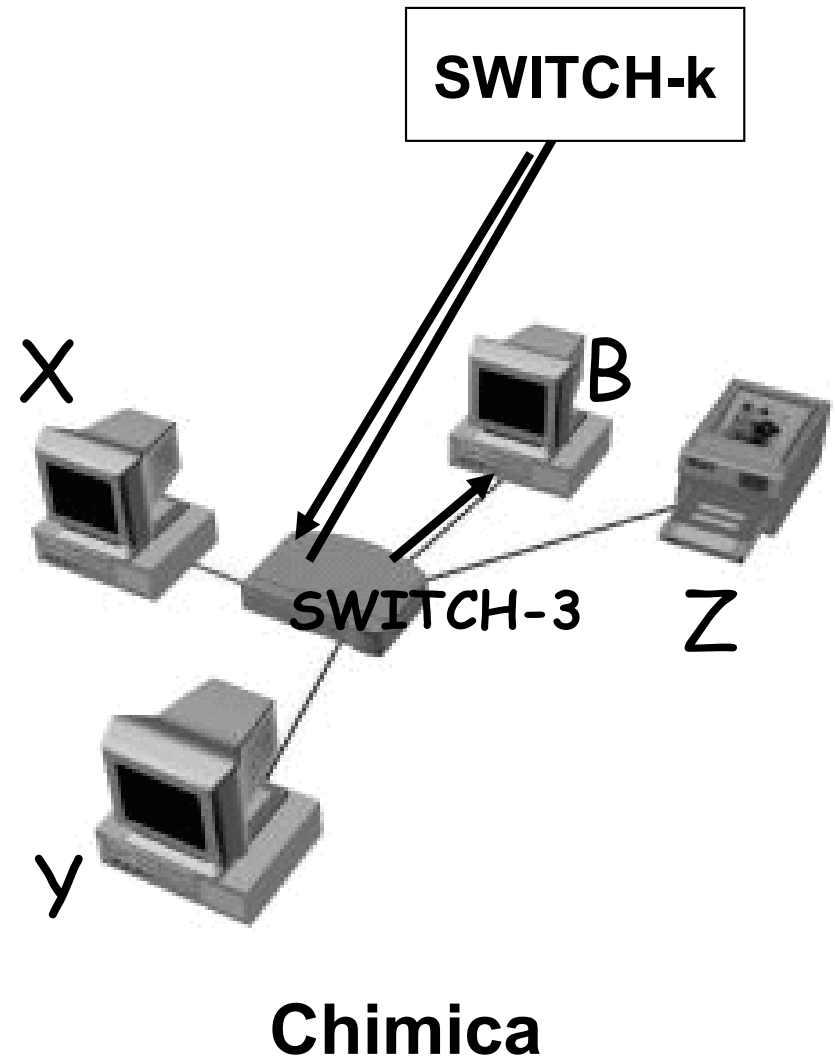
Esempio (3)

4. Lo Switch-k spedisce la richiesta ARP verso tutti gli switch
- Successivamente, lo Switch-3 riuscirà a inviare il frame solo verso Chimica e non verso quello di Fisica (**filtraggio**)

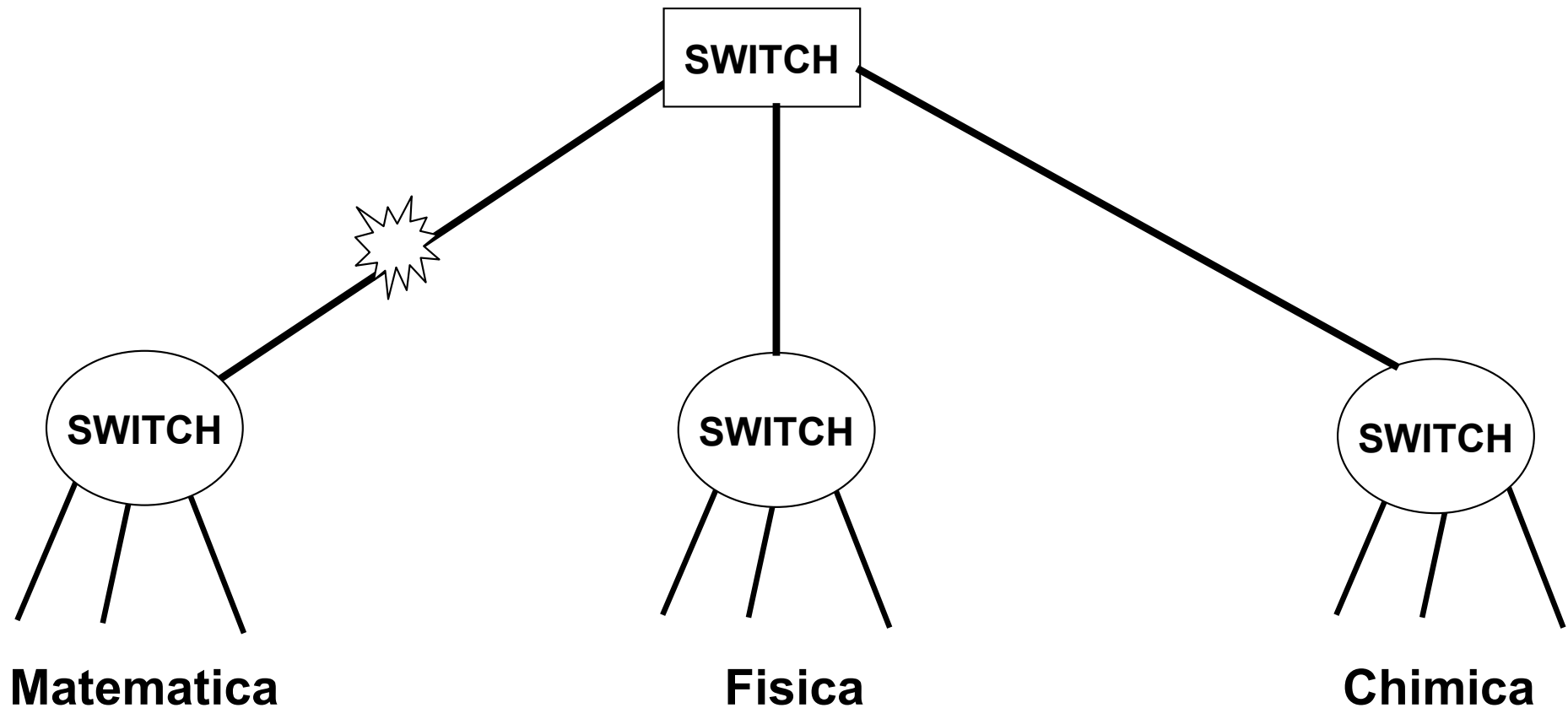


Esempio (4)

5. Lo Switch-3 di Chimica inoltra il frame al nodo B
6. Il nodo B legge dal MAC address che il frame è per lui e lo acquisisce

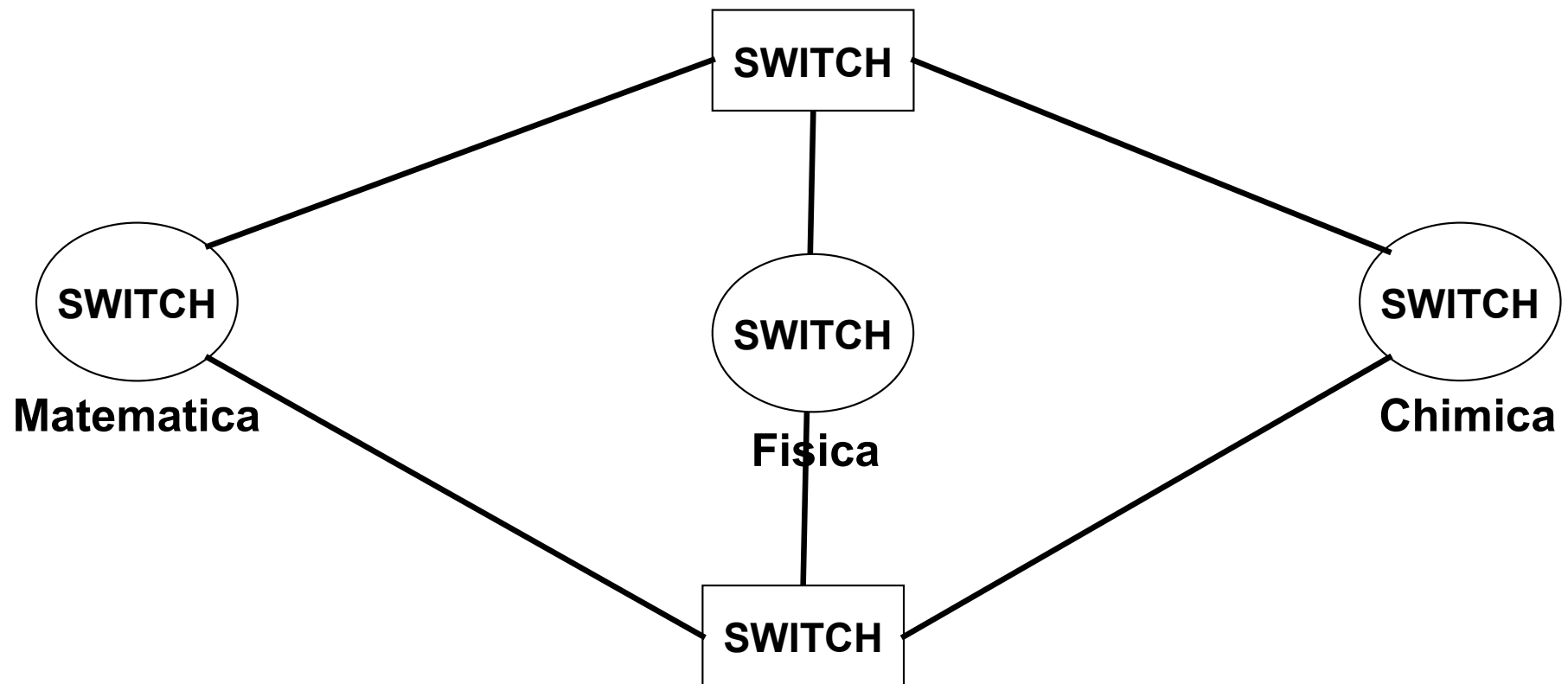


Topologie soggette a *single point of failure*



Affidabilità delle LAN

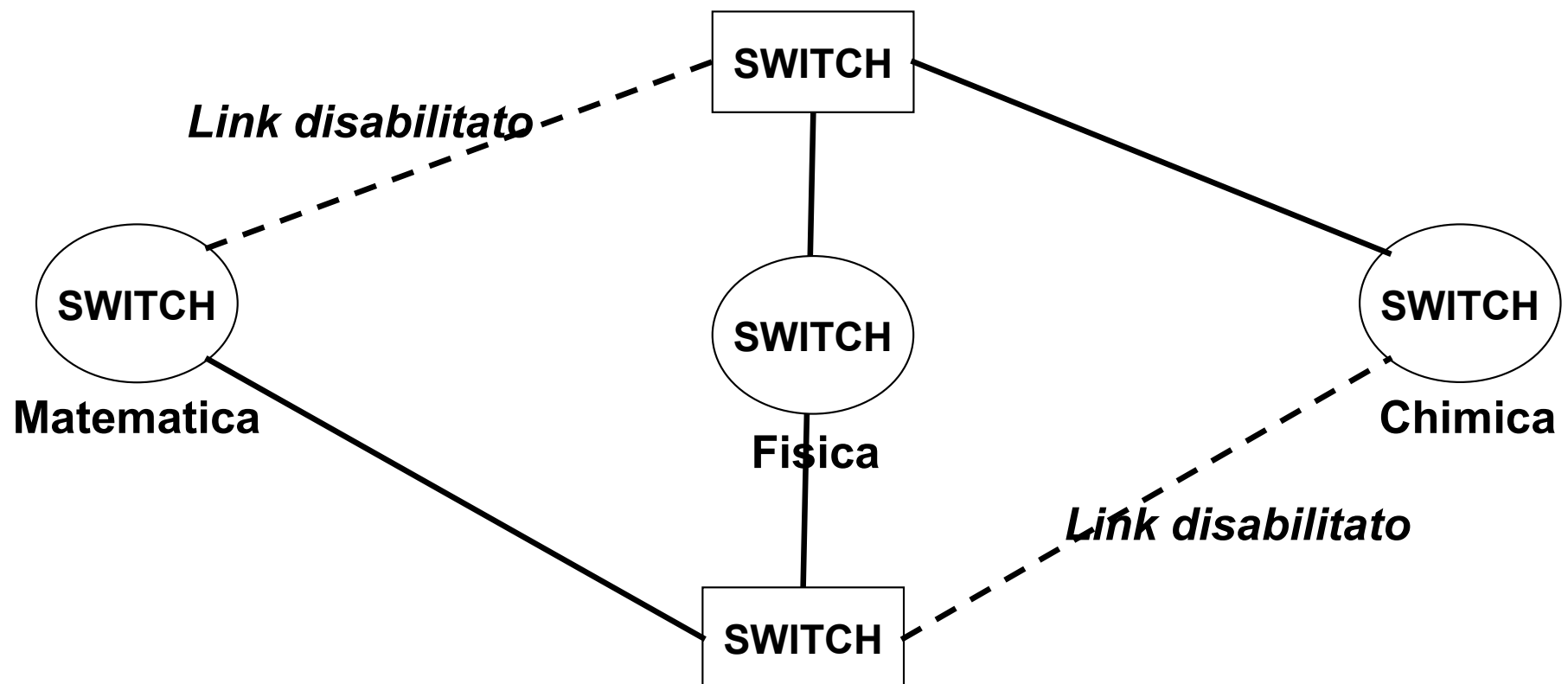
- Per aumentare l'**affidabilità** di una rete, è necessario avere **ridondanza** ovvero ***cammini alternativi*** dalla sorgente alla destinazione



Problemi della ridondanza

Tuttavia, avendo cammini multipli possono crearsi cicli e conseguentemente gli switch potrebbero moltiplicare i frame

Soluzione → ***spanning tree (albero di copertura completo senza cicli) riconfigurabile automaticamente***



Spanning Tree Protocol (STP) [1]

- Definito nello standard IEEE 802.1D
- Permette di individuare link **ridondanti** in modo **automatico e dinamico**
- Per funzionare, deve essere supportato ed **attivato su tutti gli switch** della rete locale interessata
- Si basa sulla generazione di traffico aggiuntivo da parte degli switch
 - **Bridge Protocol Data Units (BPDUs)**

Spanning Tree Protocol (STP) [2]

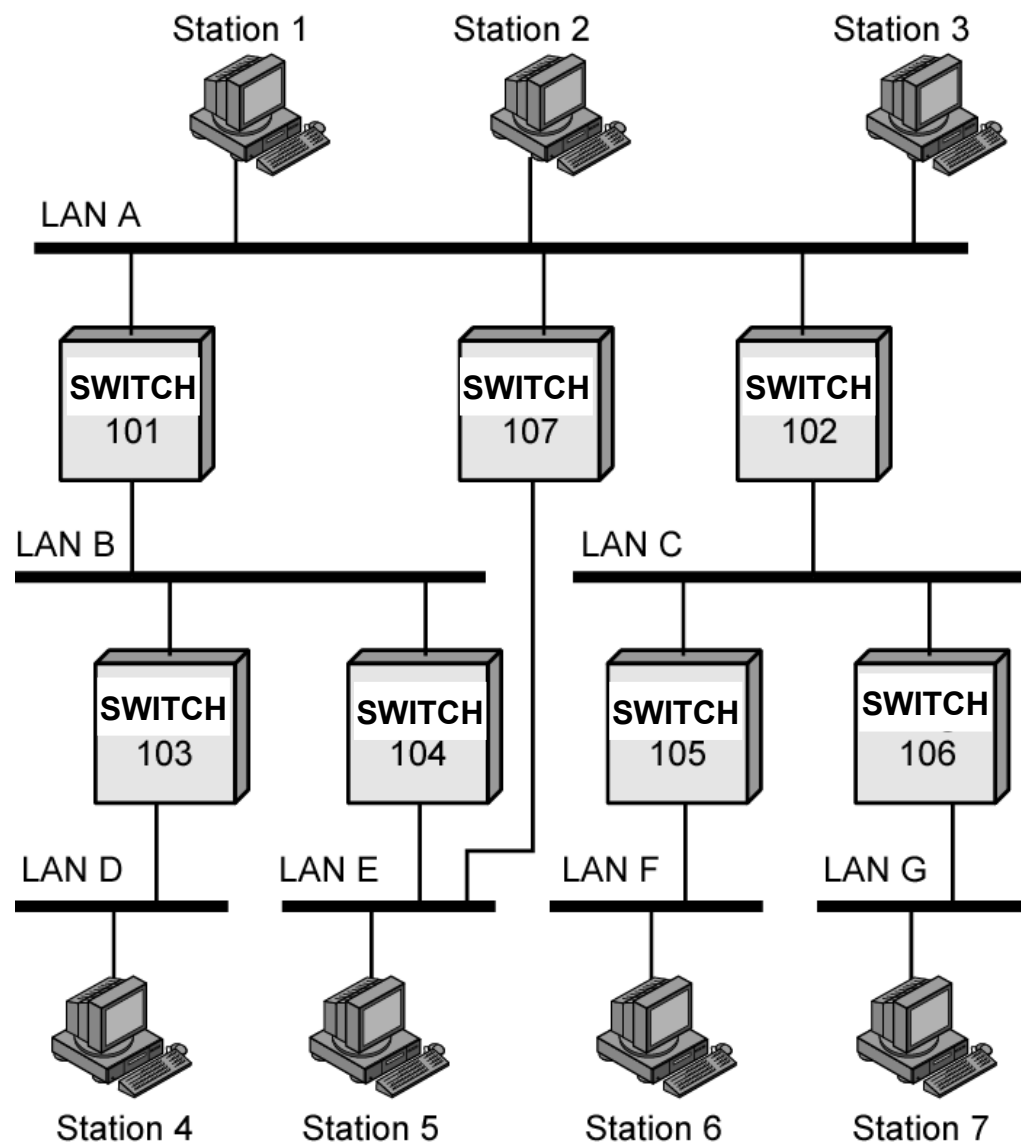
- Si basa sull'identificazione di un **Root bridge** (o **Root switch**)
- Ad ogni switch è assegnato un numero identificativo chiamato **bridge priority**
 - È solitamente configurabile
 - A partirà di numero, il protocollo utilizza il MAC address dello switch per identificare la priorità
- Lo switch con il valore minore è il **Root switch**
- L'obiettivo del protocollo è mantenere attive solo le porte che permettono a ciascuno switch di comunicare con il **root switch** con il costo minore

Tipica architettura LAN fisica di un'azienda medio-grande

- Migliaia di dispositivi e di PC interconnessi in diverse sottoreti LAN (con link a 100 Mbps o 1 Gbps)
- Server connessi direttamente a switch tipicamente con link a 1 Gbps
- Connettività wireless LAN disponibile per utenti mobili
- Dorsali LAN con link a 1 Gbps o 10 Gbps
- LAN collegate mediante dorsali, tipicamente con topologie ridondate
- Le dorsali inviano il traffico verso uno o più router e poi al cosiddetto ***border router*** che fornisce interconnessione a reti WAN

LAN con percorsi alternativi

- Lo **spanning tree** è un sottoinsieme della topologia originaria che non contiene cicli
- Si può organizzare l'architettura di switch in uno spanning tree disabilitando un sottoinsieme di interfacce



Interconnettere LAN

- Perché non creare un'unica grande LAN quando vi sono da interconnettere molti host?
- **Motivazioni**
 - Sarebbe possibile supportare una quantità limitata di traffico: su una singola LAN, tutte gli host devono condividere la stessa larghezza di banda
 - Ci sarebbe un unico grande **dominio di broadcast**
 - **Per questi motivi è necessario ricorrere al collegamento di molteplici reti impiegando il livello 3 dello stack TCP/IP**

Cenni di Cablaggio strutturato

Cablaggio

- Prese di rete a cui l'utente può collegare i propri sistemi (telefono, computer, ecc.)
- Cavi in rame o in fibra ottica
- Connettori di cui sono dotate le estremità dei cavi
- Dispositivi di commutazione: (hub), (bridge), switch (principalmente)
- Armadi e rack in cui sono installati i dispositivi di commutazione
- Locali tecnici in cui possono essere collocati gli armadi e i rack

Cenni di Cablaggio strutturato

- **L'elaborazione e la trasmissione delle informazioni sono diventate il centro delle attività economiche delle imprese**
 - **Metodologia di progetto e realizzazione degli impianti di telecomunicazione (fonia/dati) per dotare un edificio o un complesso di edifici (l'importante è non coinvolgere terreno pubblico o provato di terzi) di un unico sistema di cablaggio, universale e integrato**
- ➔ Il cablaggio strutturato prevede l'integrazione dei diversi servizi in un'unica infrastruttura polivalente**

Necessità del cablaggio strutturato

- Le diverse apparecchiature informatiche e di telecomunicazione utilizzavano mezzi fisici diversi con topologie di connessione diversa
- Ampliare o modificare i sistemi richiedeva l'uso di mezzi ed apparati dello stesso costruttore
- Presenza, nelle stesse infrastrutture di canalizzazione, di impianti disomogenei specifici per ogni sistema
- Non essendoci un metodo di progettazione univoco, ogni sistema si presentava a se stante, dedicato alle singole applicazioni voce, dati, video

Cablaggio strutturato: *standard*

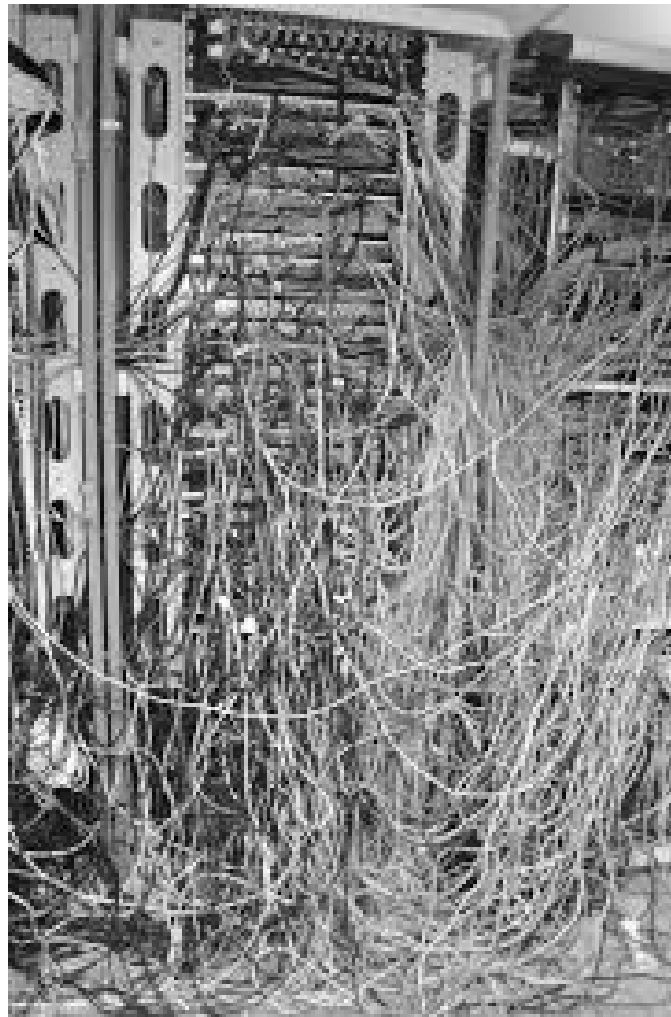
Gli standard descrivono:

- Elementi del cablaggio
- Geometrie impiantistiche ammesse
- Topologie ammesse
- Dorsali
- Mezzi trasmissivi

- Norme per l'installazione e per il collaudo
- Documentazione
- Norme di durata minima di validità progetto

Necessità del cablaggio strutturato

- Necessario a causa della crescente complessità di impianti telefonici e di reti dati



Necessità del cablaggio strutturato

- Necessario a causa della crescente complessità di impianti telefonici e di reti dati



Cablaggio strutturato: *standard*

- Tutti gli standard specificano una **geometria realizzativa di base “a stella”**
- A partire da questa geometria, mediante cavi di raccordo si realizzano **differenti topologie**
 - A stella: il cablaggio consiste di collegamenti punto-punto isolati, ciascuno dedicato al collegamento tra una coppia di apparati attivi
 - A bus: il cablaggio consiste di un cavo unico con le estremità libere, condiviso da tutti gli apparati attivi
 - Ad anello: come per la topologia a bus, ma con le due estremità raccordate tra di loro a formare un anello

Esempio di cablaggio strutturato

