



# Corso di Sistemi Telematici a.a. 2010/2011 Reti Locali e Protocolli di Accesso al Mezzo (MAC)



## Reti in area locale (LAN)

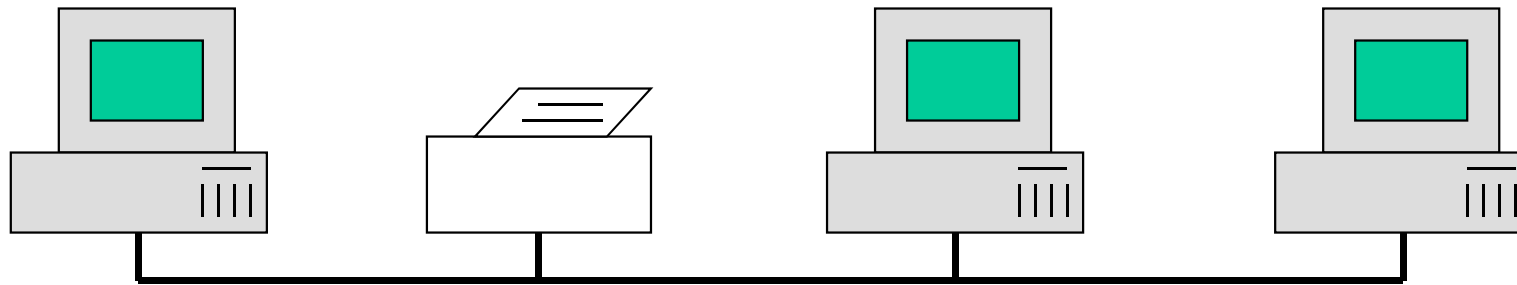
- ❑ Nascono per effettuare l'interconnessione di apparecchiature di calcolo in area geografica limitata
- ❑ Fattori trainanti:
  - Diminuzione del costo delle risorse hardware
  - Distribuzione delle risorse di calcolo
  - Necessità di interconnessione
  - Flessibilità nella gestione e facile espandibilità



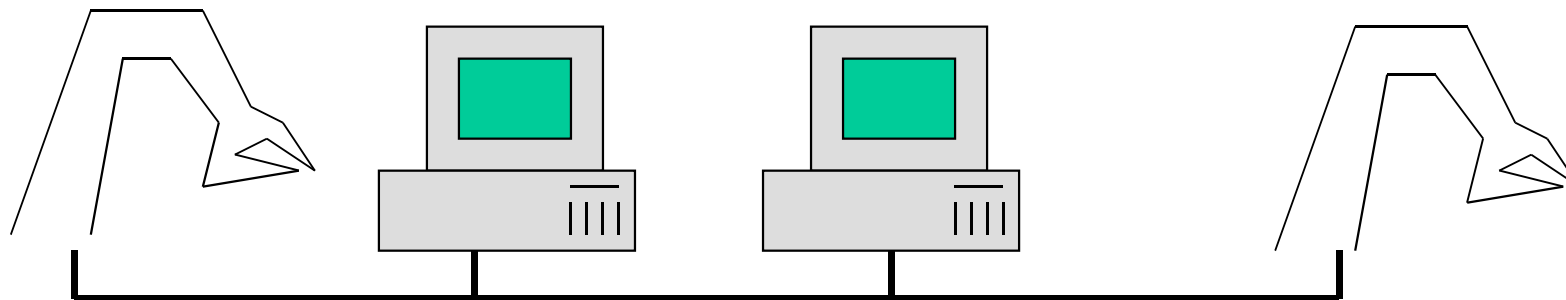
## Reti in area locale (LAN)

- ❑ Caratteristiche di una LAN:
  - Estensione geografica limitata (edificio, gruppo di edifici, campus)
  - Proprietà e gestione da parte di una singola organizzazione
  - Unico mezzo trasmissivo a capacità elevata e con basso tasso d'errore ( $< 10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ )
  - Utilizzo di protocolli di accesso al mezzo
  - La banda del mezzo trasmissivo è molto maggiore di quella richiesta dagli utenti
  - Rete senza funzionalità di commutazione

# Esempi di reti locali



- **Rete di laboratorio / rete di ufficio**



- **Automazione di fabbrica**



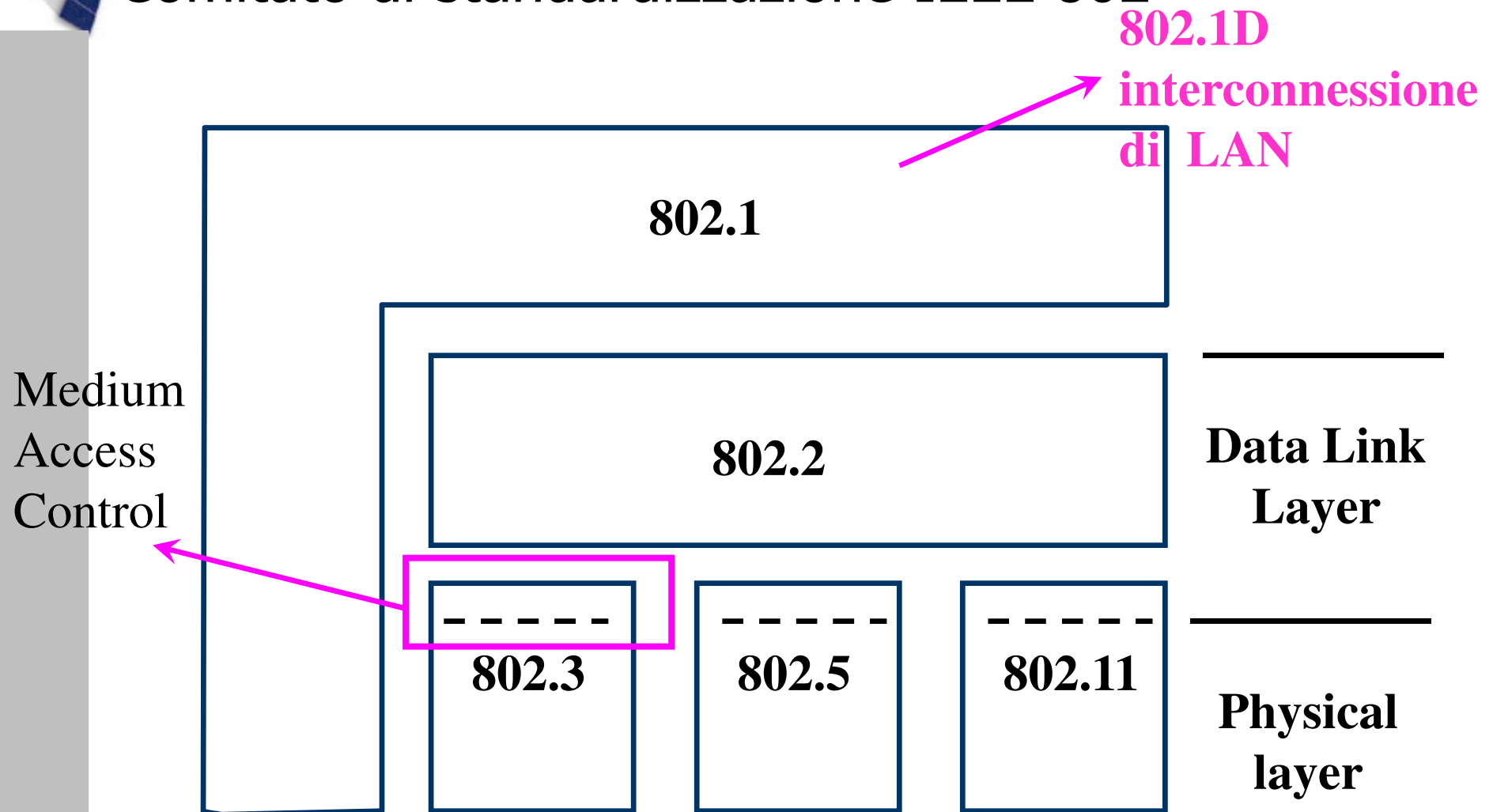
## Evoluzione delle tecnologie per LAN

- ❑ LAN ad alta velocità
  - FDDI (Fiber Distributed Data Interface), Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
- ❑ LAN commutate (switched LAN)
  - ogni singola stazione ha un accesso dedicato
- ❑ LAN virtuali (VLAN)
  - indipendenza della topologia logica da quella fisica
- ❑ ATM LAN
- ❑ Wireless LAN (W-LAN)
  - Interfaccia radio



# Standardizzazione delle reti locali

## Comitato di standardizzazione IEEE 802





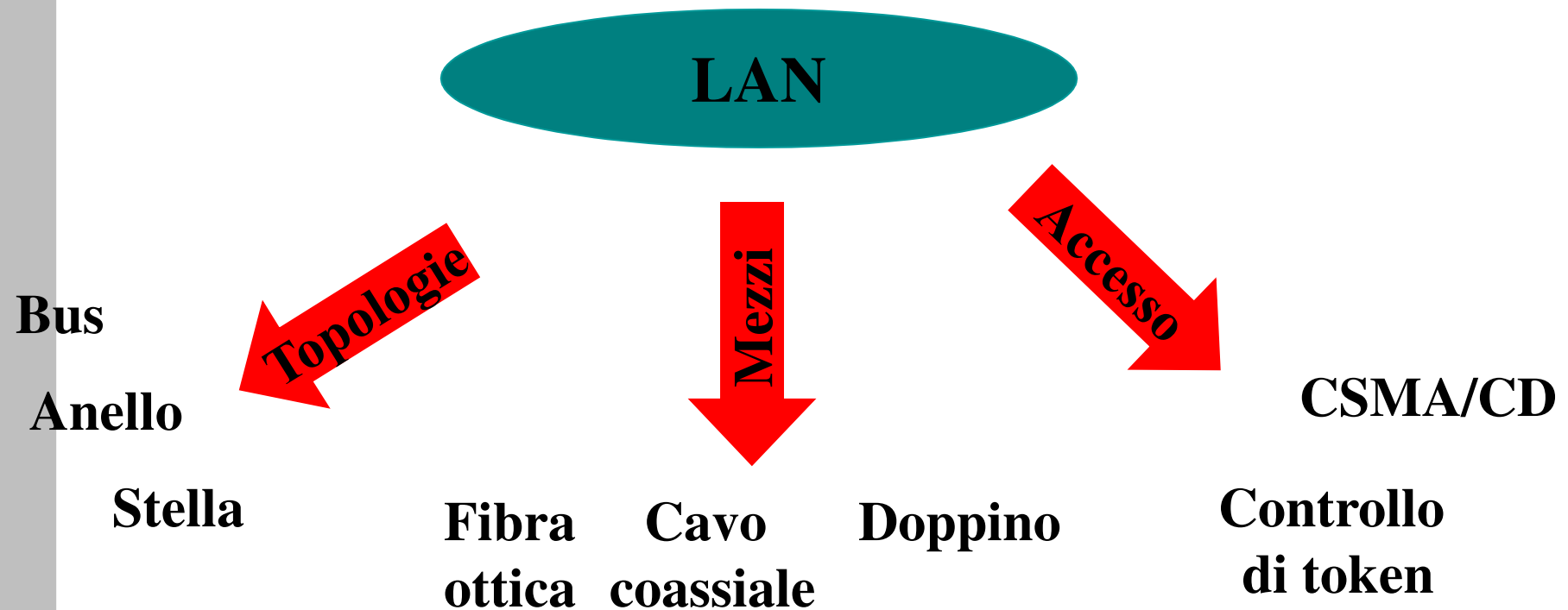
## Elementi di Progetto

- ❑ Tecnologia e mezzo di trasmissione
- ❑ Topologia
- ❑ Protocolli di accesso





## Parametri di scelta







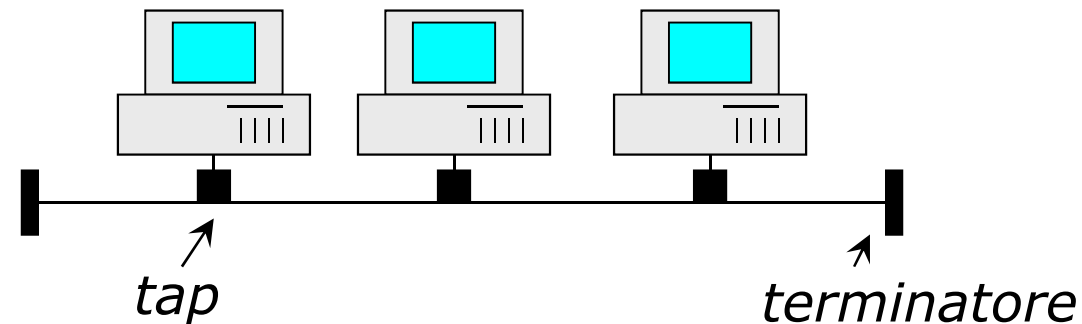
# Topologie

- ❑ BUS
- ❑ STELLA
- ❑ ANELLO

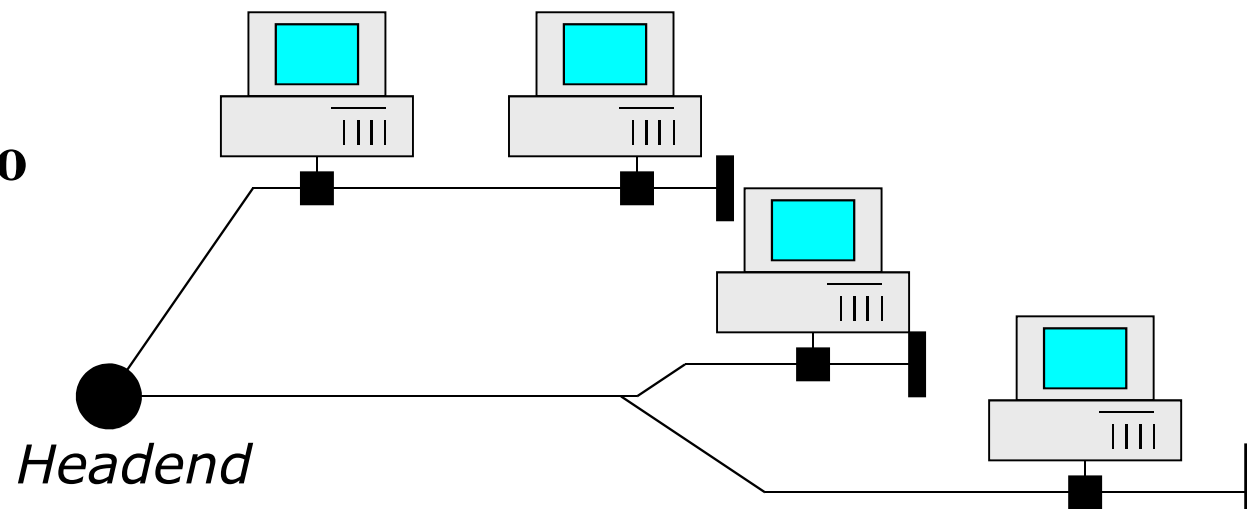
# Topologie

- ❑ **Topologia**: indica il modo in cui le stazioni in rete sono interconnesse
- ❑ Topologie tipiche:

## ● Bus



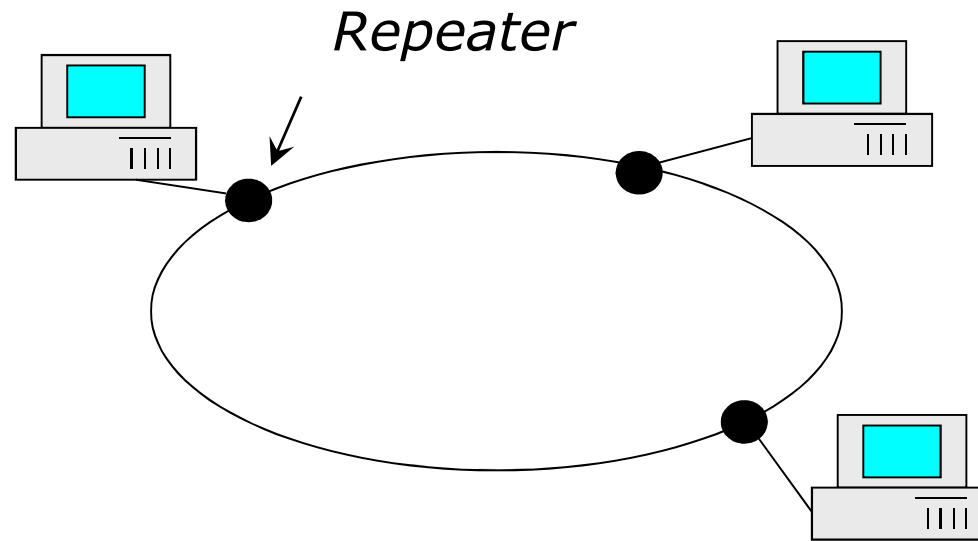
## ● Albero



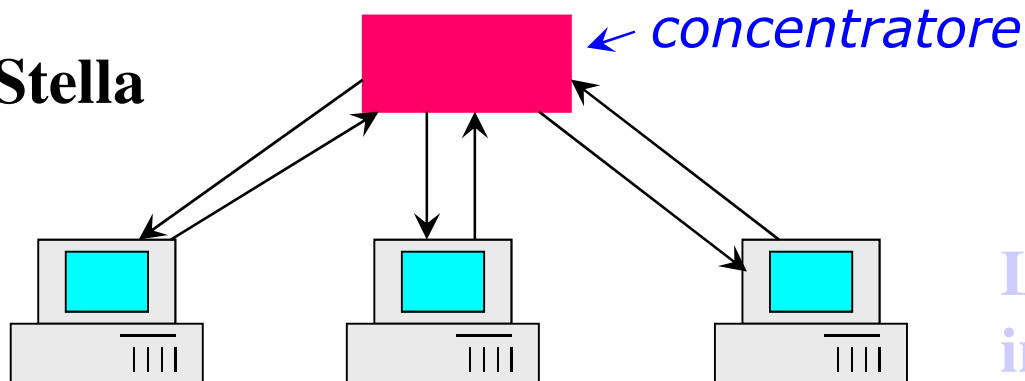
Canale broadcast

# Topologie

- **Anello**



- **Stella**

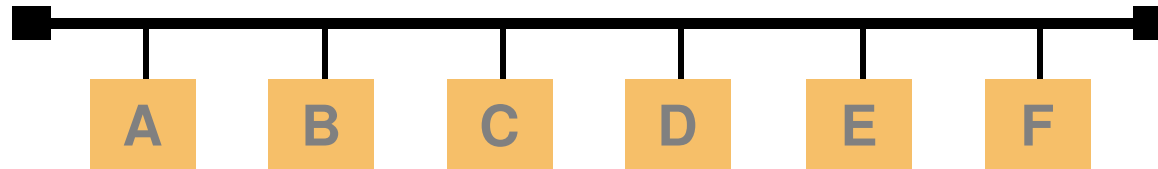


Canali punto-punto

La rete è comunque  
intrinsecamente broadcast!



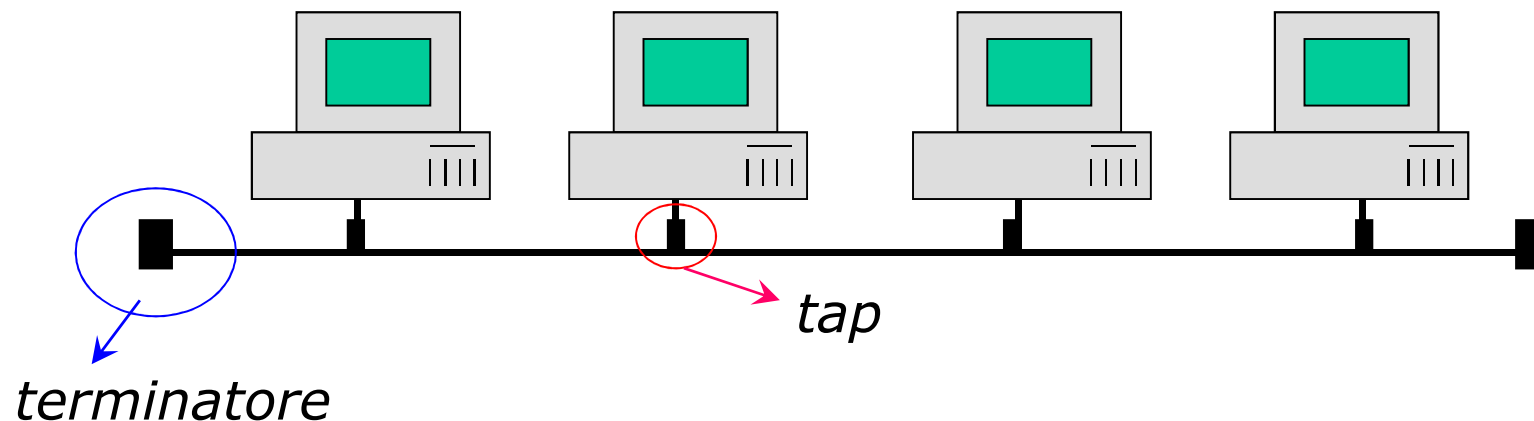
# Topologia a BUS



- ❑ Mezzo trasmissivo fisicamente condiviso tra le stazioni
- ❑ Mezzo trasmissivo intrinsecamente bidirezionale
- ❑ Accesso multipunto
- ❑ Non adatto a mezzi trasmissivi in fibra ottica
- ❑ Impiegata tipicamente con cavo coassiale al quale le stazioni sono collegati con agganci passivi (*tap*). Il segnale alla fine del bus da entrambe i lati viene assorbito da opportuni *terminatori*.

## Topologie a bus

- ❑ La trasmissione di una stazione si propaga per tutta la lunghezza del mezzo e viene ricevuta da tutte le stazioni.



### **Problemi:**

**accessi contemporanei causano collisioni**

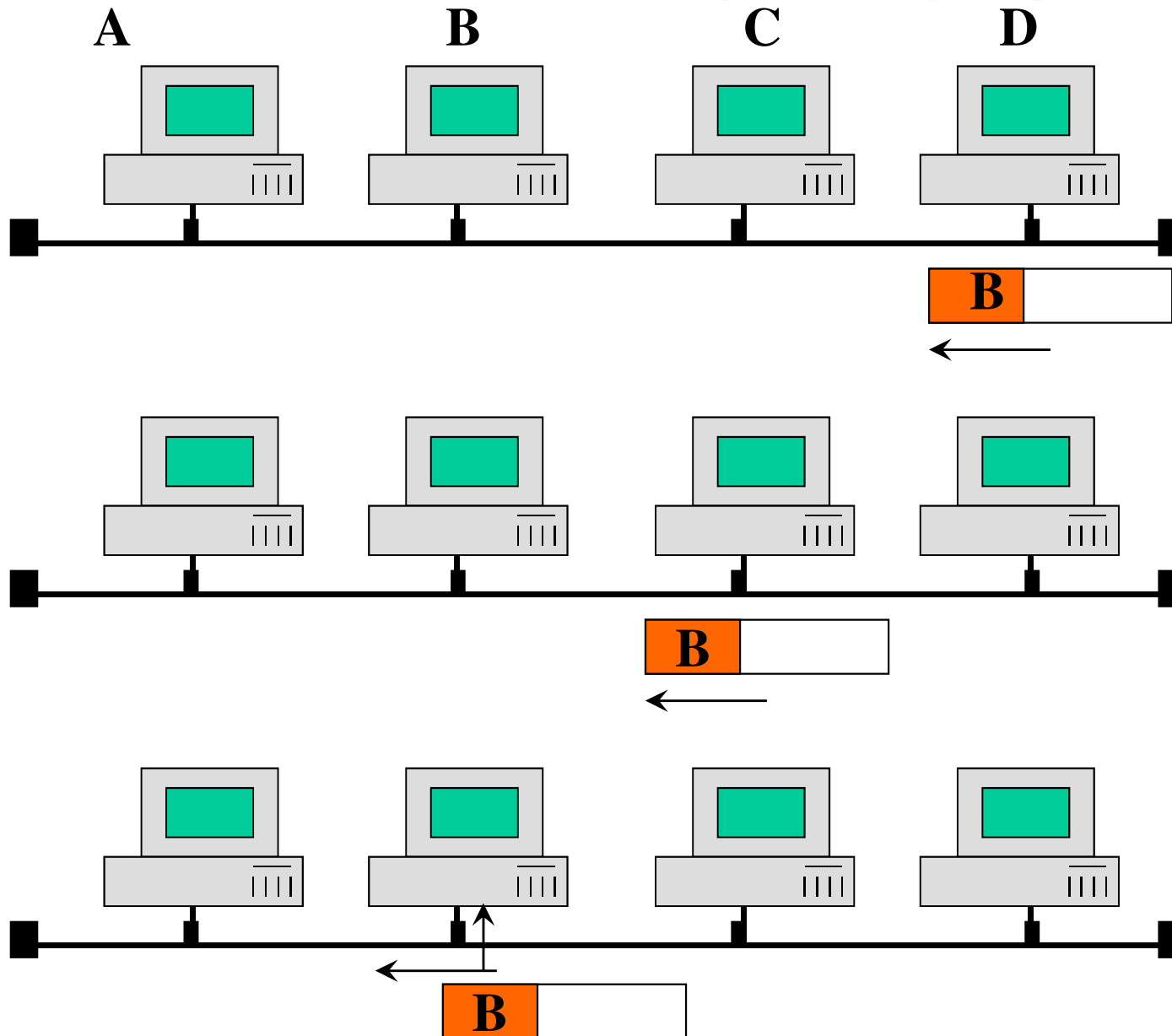
- **e' necessario indirizzare la stazione destinazione del**
- **messaggio** → **MAC**



## Indirizzamento

❑ Le trasmissioni vengono divise in trame. Ciascuna stazione ha associato un indirizzo univoco (MAC address) associato dal costruttore della scheda di rete. Il MAC address della stazione destinazione viene indicato nel campo destinazione dell'header di trama. Quando una stazione riceve una trama verifica se il valore del campo destinazione della trama corrisponde ad un suo indirizzo. Solo in questo caso copia la trama ricevuta e la passa per ulteriori elaborazioni ai livelli superiori.

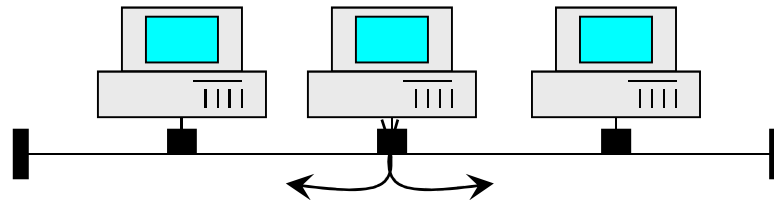
# Indirizzamento (esempio)



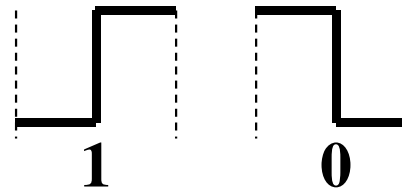


## Implementazione di topologie a bus

### ❑ Cavo coassiale in banda base (baseband)



- Trasmissione di segnali digitali  
codifica Manchester



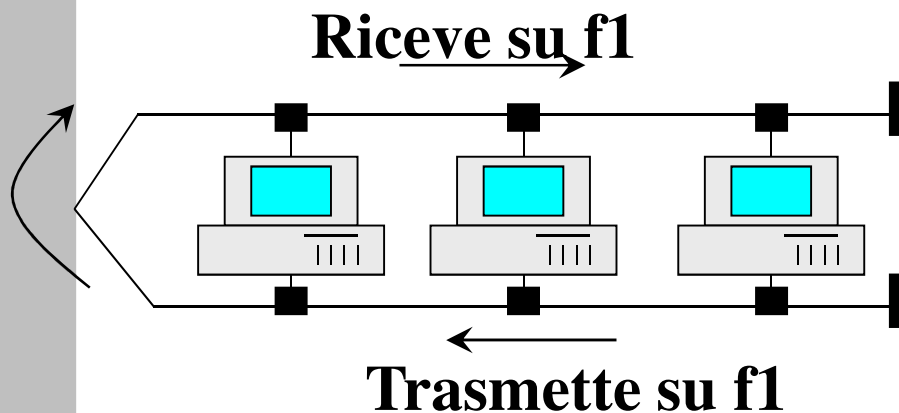
- Trasmissione bidirezionale



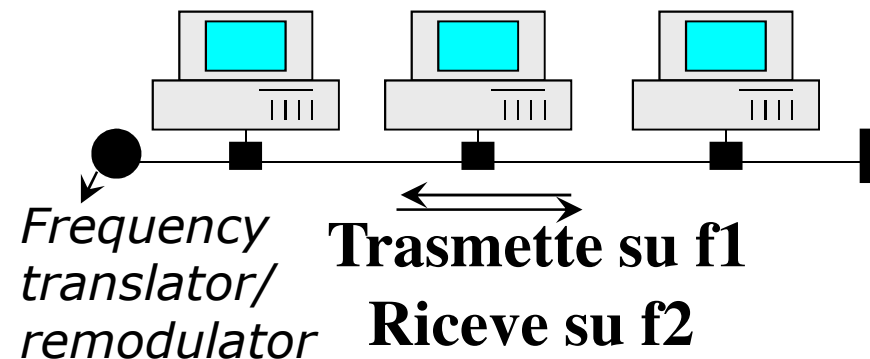
## Cavo coassiale broadband

- Trasmissione di segnali analogici
- Unidirezionale
- Possibile FDM

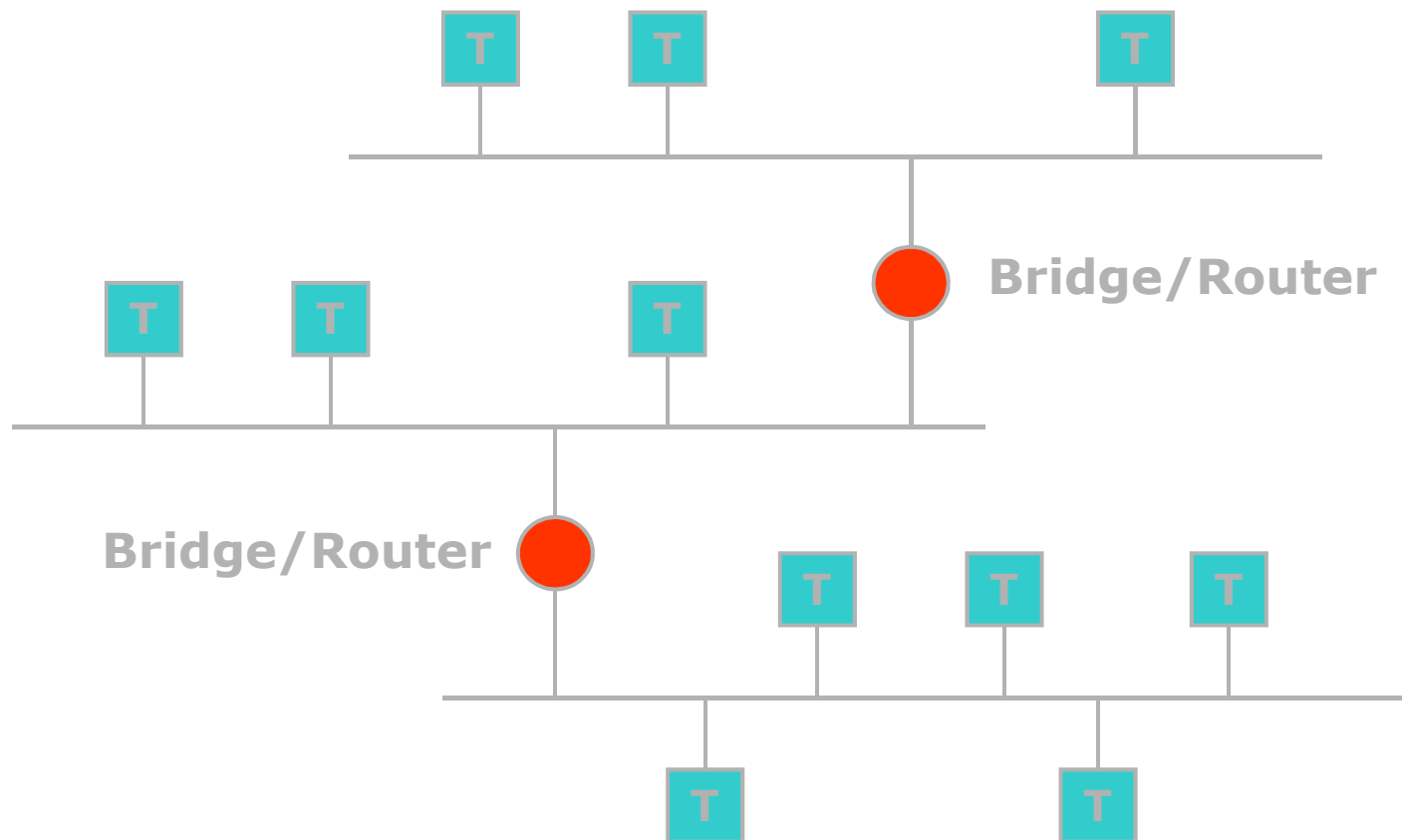
### Configurazione duale



### Configurazione split

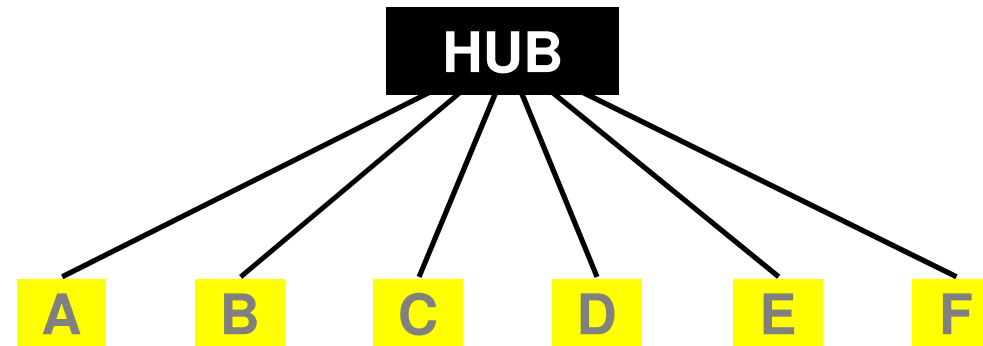


# Topologie ad albero



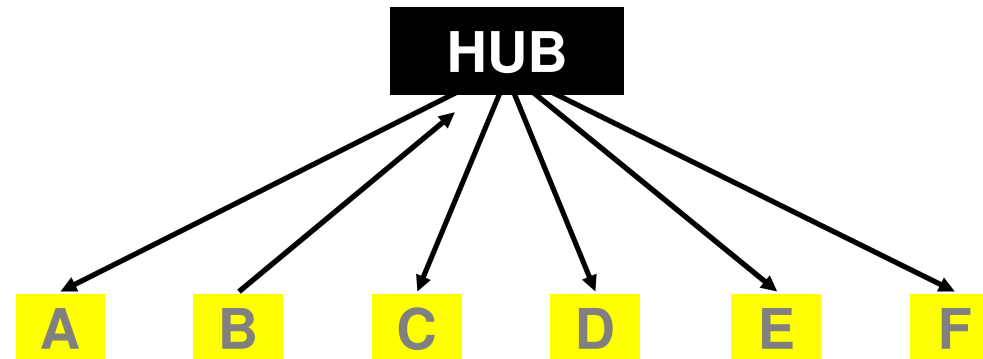


# Topologia: STELLA



- ❑ Collegamenti punto-punto dedicati
- ❑ Adatta a tutti i tipi di portanti fisici (anche Fibra Ottica)
- ❑ Adatta a cablaggi di tipo strutturato
- ❑ Possibilità di connettere anche nodi distanti
- ❑ Necessità di un HUB che svolga funzioni di ripetitore

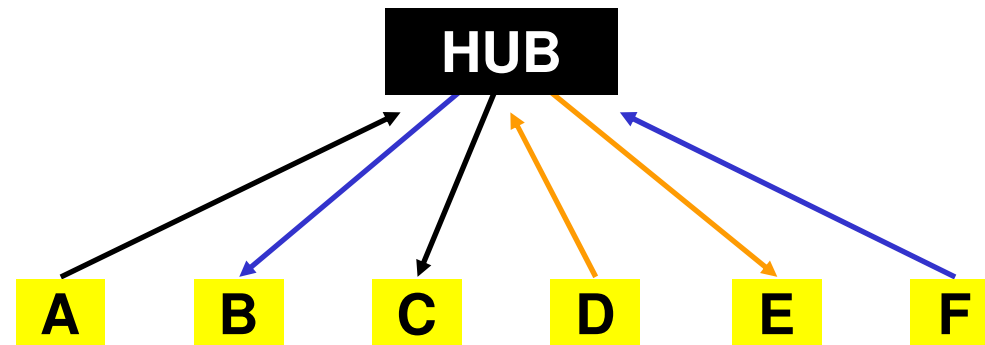
# Topologia: STELLA



## ❑ Stella diffusiva

- l'HUB rinvia il segnale ricevuto verso tutti i nodi
- può trasmettere un solo nodo alla volta
- si comporta logicamente come un BUS
- HUB poco costoso

## Topologia: STELLA

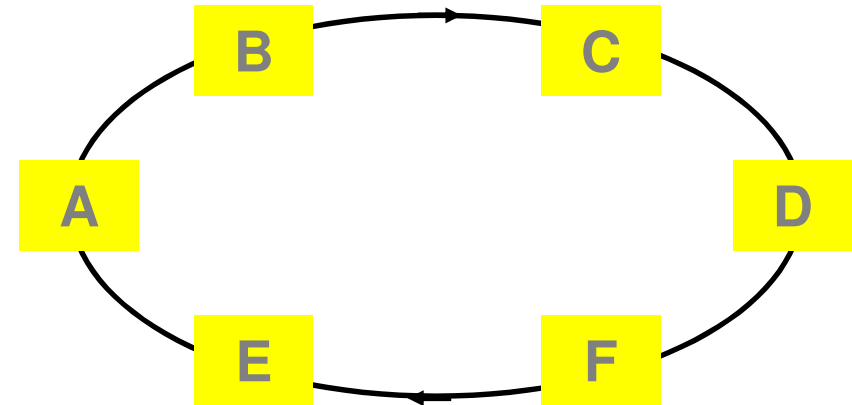


### ❑ Stella non diffusiva (*Switch*)

- l'HUB riinvia il segnale ricevuto solo al destinatario
- possono trasmettere più nodi simultaneamente
- aumenta la "banda" complessivamente disponibile
- possibile a prezzi accessibili grazie alle nuove tecnologie ( $\mu$ P ad elevate prestazioni)

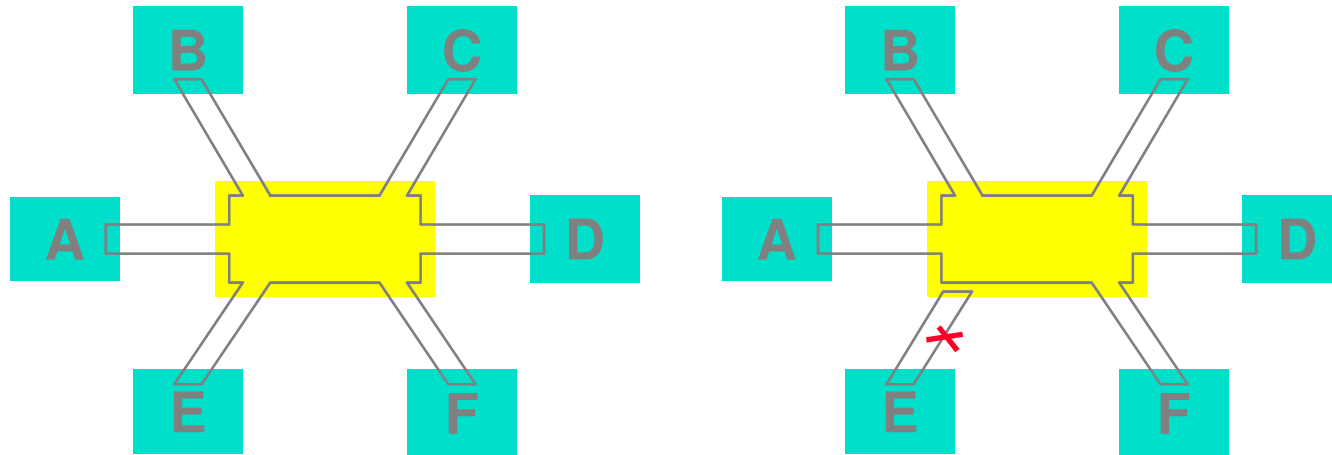


## Topologia: ANELLO



- ❑ Verso di rotazione prefissato
- ❑ Collegamenti punto-punto
- ❑ Mezzo *logicamente* condiviso:
  - Il nodo mittente inserisce le informazioni sull'anello.
  - Ogni nodo legge i pacchetti dall'interfaccia di ingresso e li rilancia su quella di uscita; inoltre se sono diretti ad esso inoltra il pacchetto anche agli strati superiori.
  - Quando il mittente riceve il pacchetto inviato in precedenza lo rimuove dall'anello.

# Topologia: ANELLO



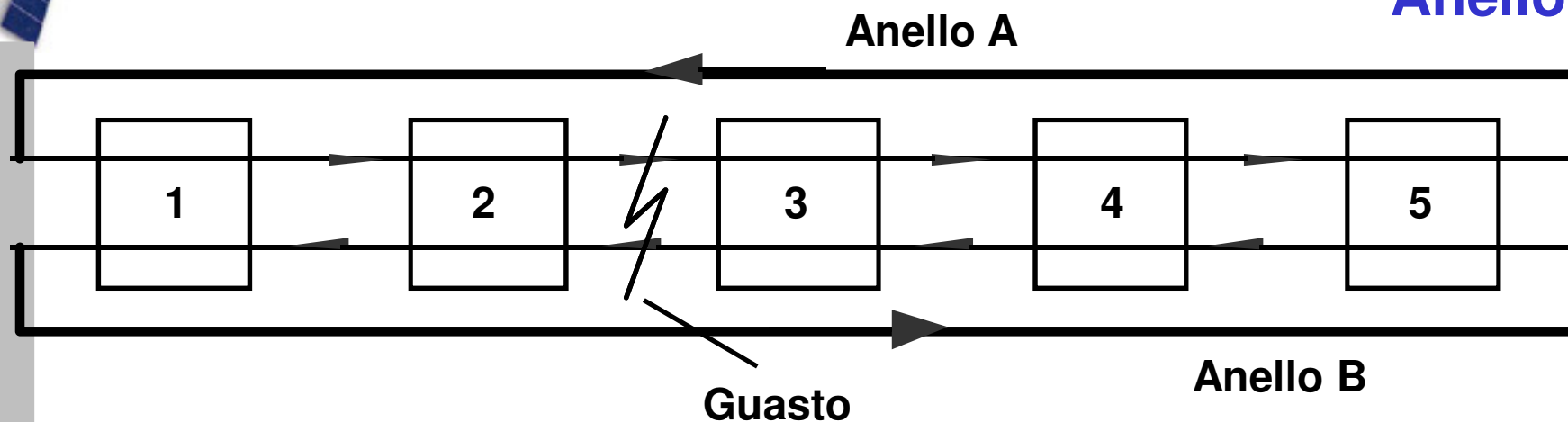
## ❑ Topologia fisica stellare:

- Maggiori possibilità di gestione della topologia
  - Inserimento di una stazione
  - Rimozione di una stazione
- Riconfigurazione in presenza di guasto (connettore di by-pass per escludere stazione guasta)
- Adatta a cablaggio strutturato

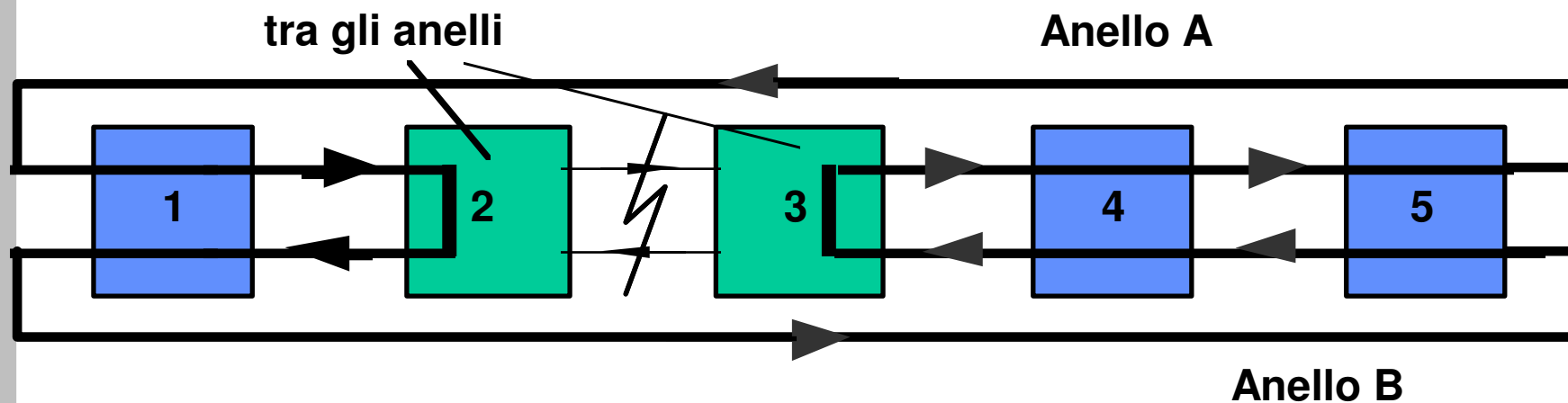


## Riconfigurabilità in caso di guasto

Anello



Funzioni di connessione  
tra gli anelli

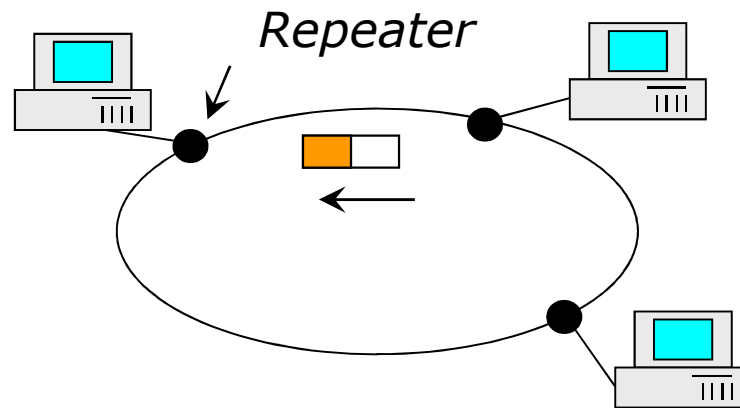




## Problematiche per topologie ad anello

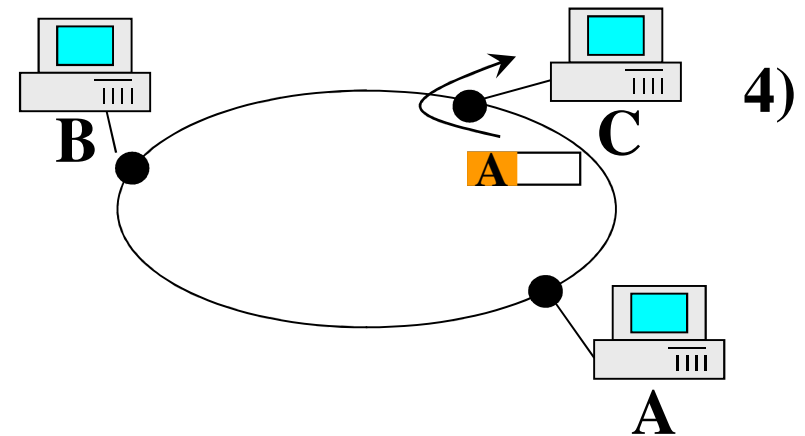
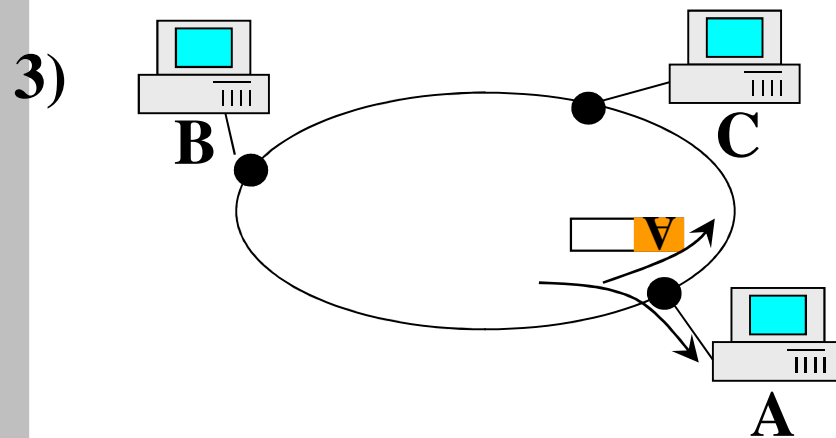
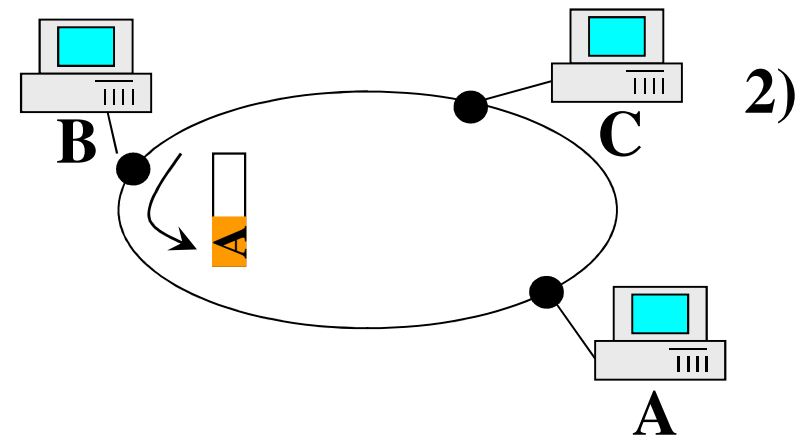
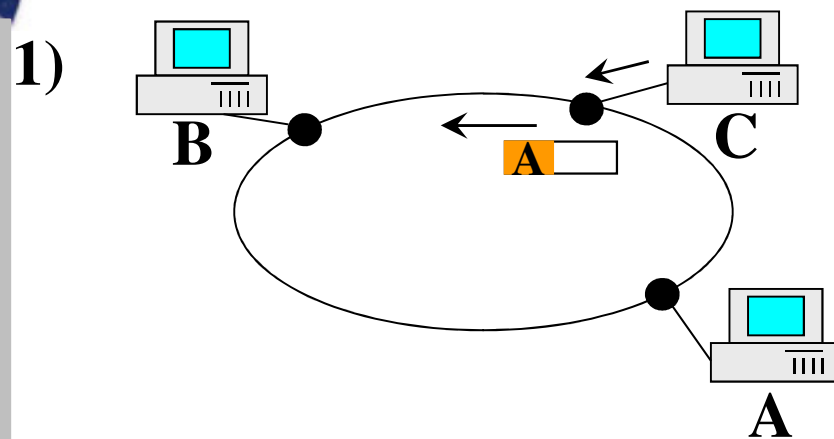
- ❑ Controllo d'ammissione
- ❑ Indirizzamento
- ❑ Riassorbimento delle trame

I pacchetti possono circolare indefinitamente in rete.



Soluzione: la stazione che ha generato una trama provvede al riassorbimento.

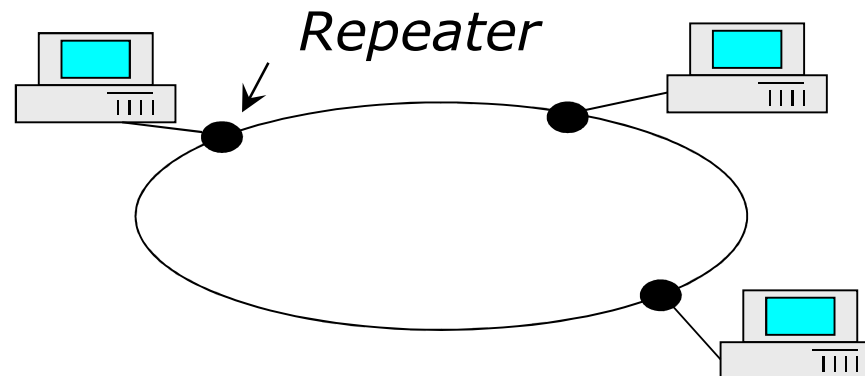
# Es: rete ad anello





## Implementazione di topologie ad anello

- Sono realizzate con una cascata di canali punto-punto interconnessi da ripetitori

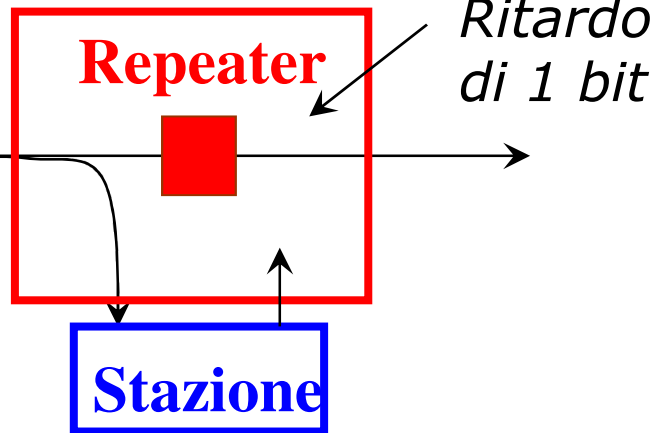


I ripetitori svolgono un duplice ruolo:

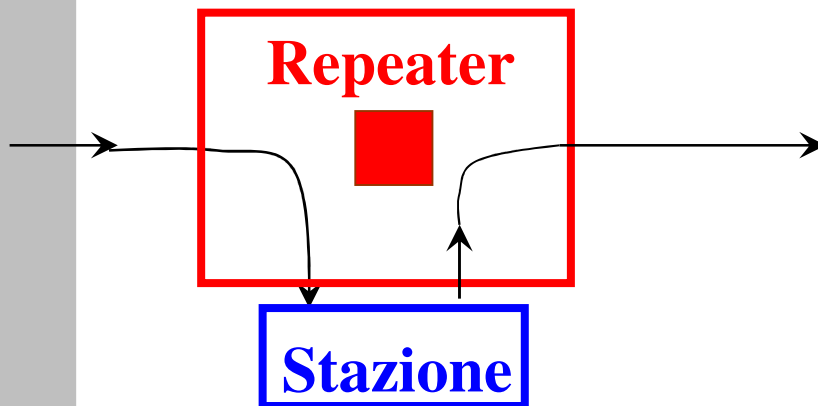
- ripetono sul link di uscita i bit ricevuti (dopo averli copiati nel caso la stazione sia destinazione della trama)
- rappresentano l'accesso alla rete per le stazioni

# Stato dei ripetitori

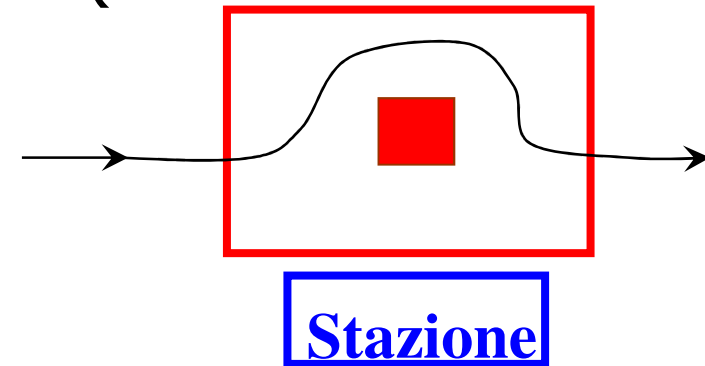
Stato di ascolto



Stato di trasmissione

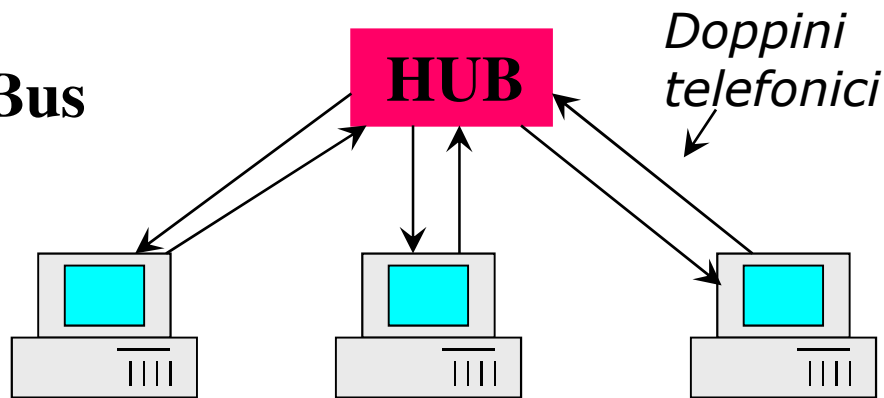


Stato di by-pass  
(stazione non attiva)



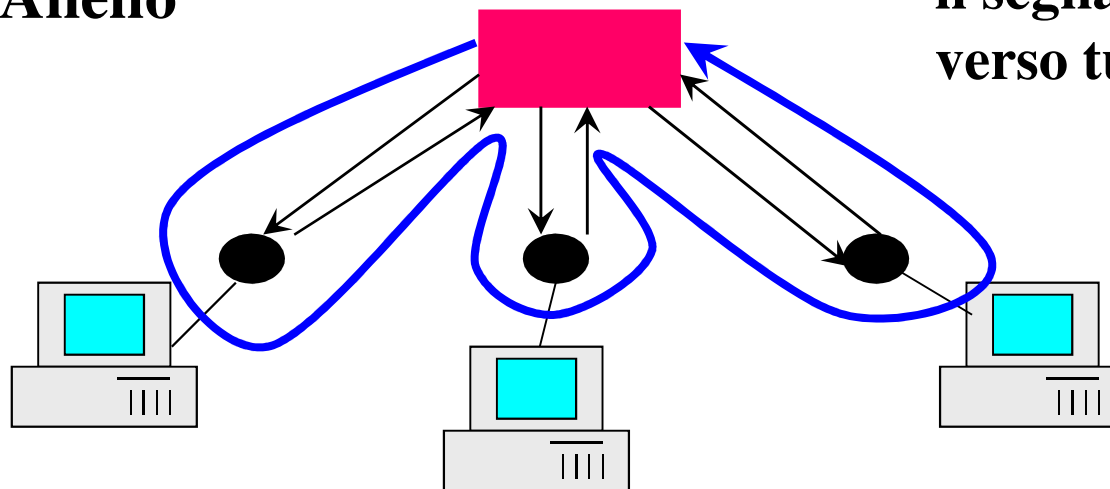
## Uso di topologie a stella per realizzare topologie logiche a bus o ad anello

- **Bus**



**L' HUB si comporta come un repeater: quando riceve una trama da una stazione ripete il segnale sulle linee in uscita verso tutte le altre stazioni**

- **Anello**

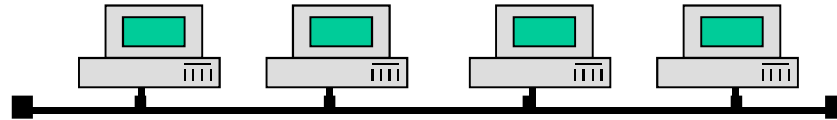




# Tecniche di accesso multiplo



## Mezzo di comunicazione

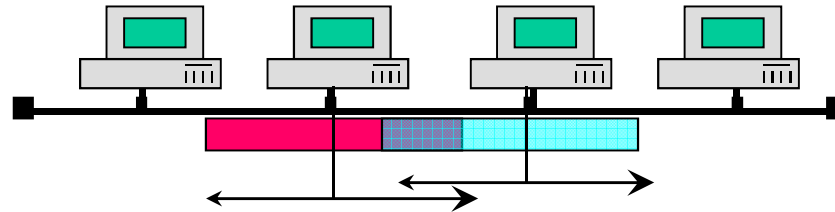


- ❑ Il mezzo è multi-accesso (accesso multiplo) quando comprende due o più punti distinti che sono sorgenti e/o ricevitori di informazione (stazioni)
- ❑ In questo caso il segnale ricevuto in una stazione dipende dal segnale trasmesso da due o più tra le altre stazioni ed è la somma delle versioni attenuate di questi segnali, corrotti da disturbi e da ritardi

# Protocolli di accesso

## □ Problema:

Se due o più trasmissioni avvengono contemporaneamente si verifica una 'collisione' che non permette di ricevere correttamente il segnale.

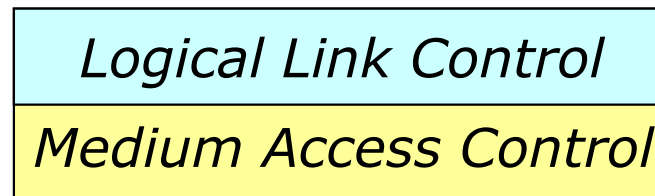
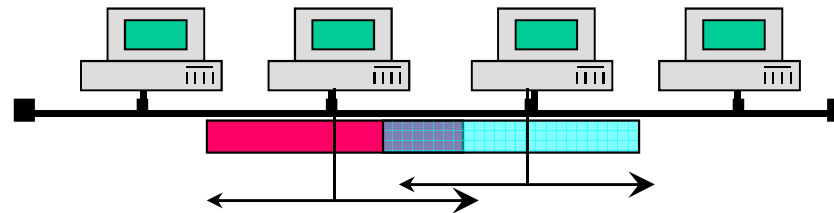


- I protocolli di accesso multiplo permettono a varie stazioni di accedere alla rete fisica sottostante che è di tipo broadcast. Tali protocolli hanno il compito di regolare la trasmissione delle stazioni in modo tale che non si sovrappongano sul mezzo condiviso.
  - se le collisioni avvengono devono essere individuate in modo da poter ritrasmettere le trame coinvolte nella collisione.



## Protocolli di accesso

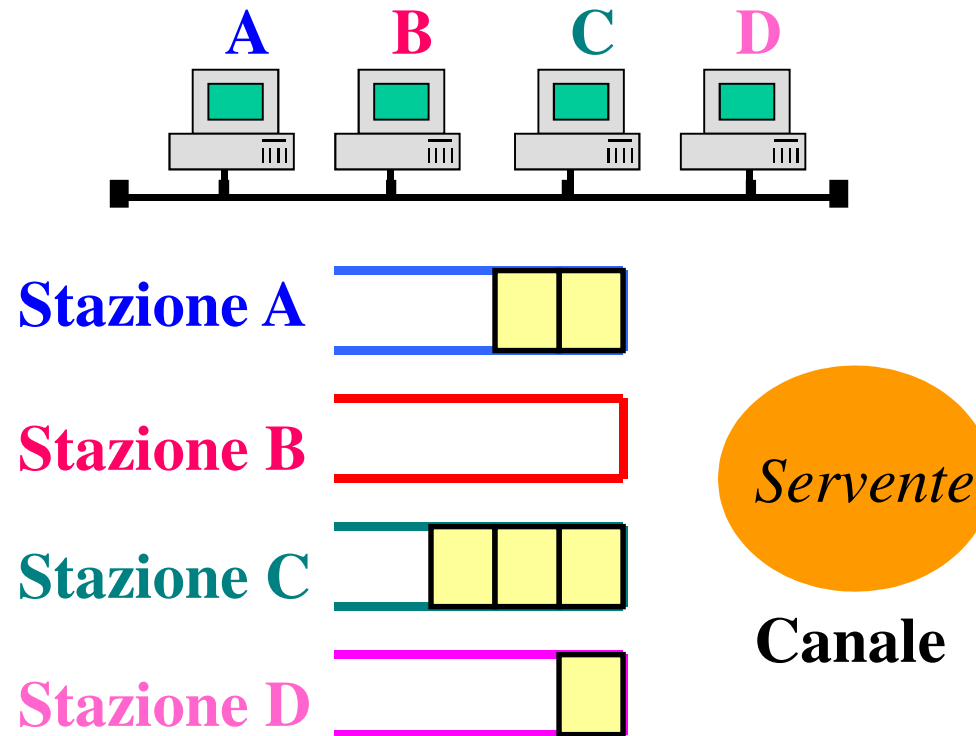
Questa funzione e' svolta dal sottolivello MAC (MediumAccess Control) del livello di Link



**Data Link layer**



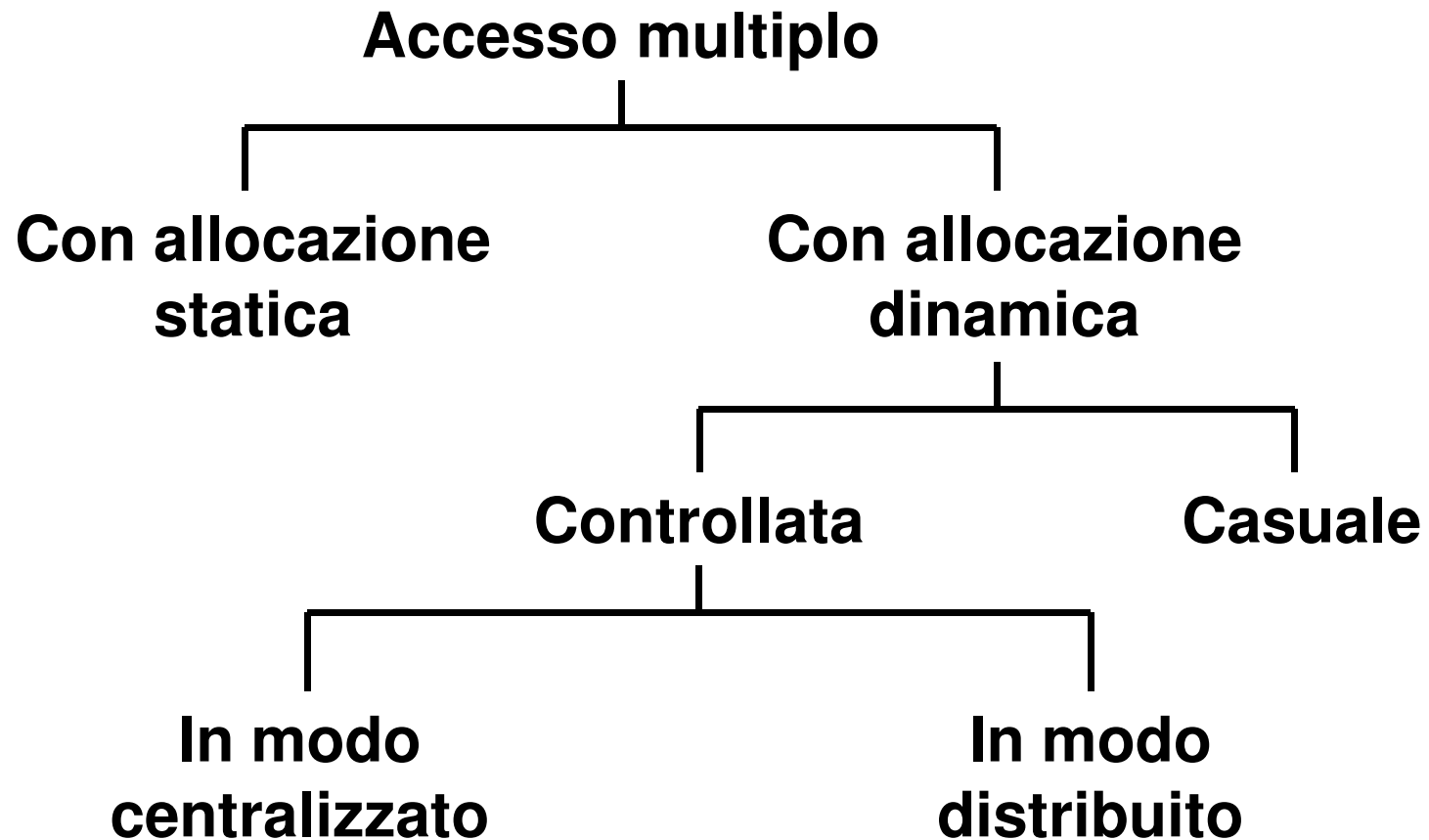
## Modello concettuale dell'accesso multiplo



- Il servente non sa se e quanti pacchetti sono presenti in ogni coda
- Ciascuna stazione non conosce lo stato delle code delle altre stazioni

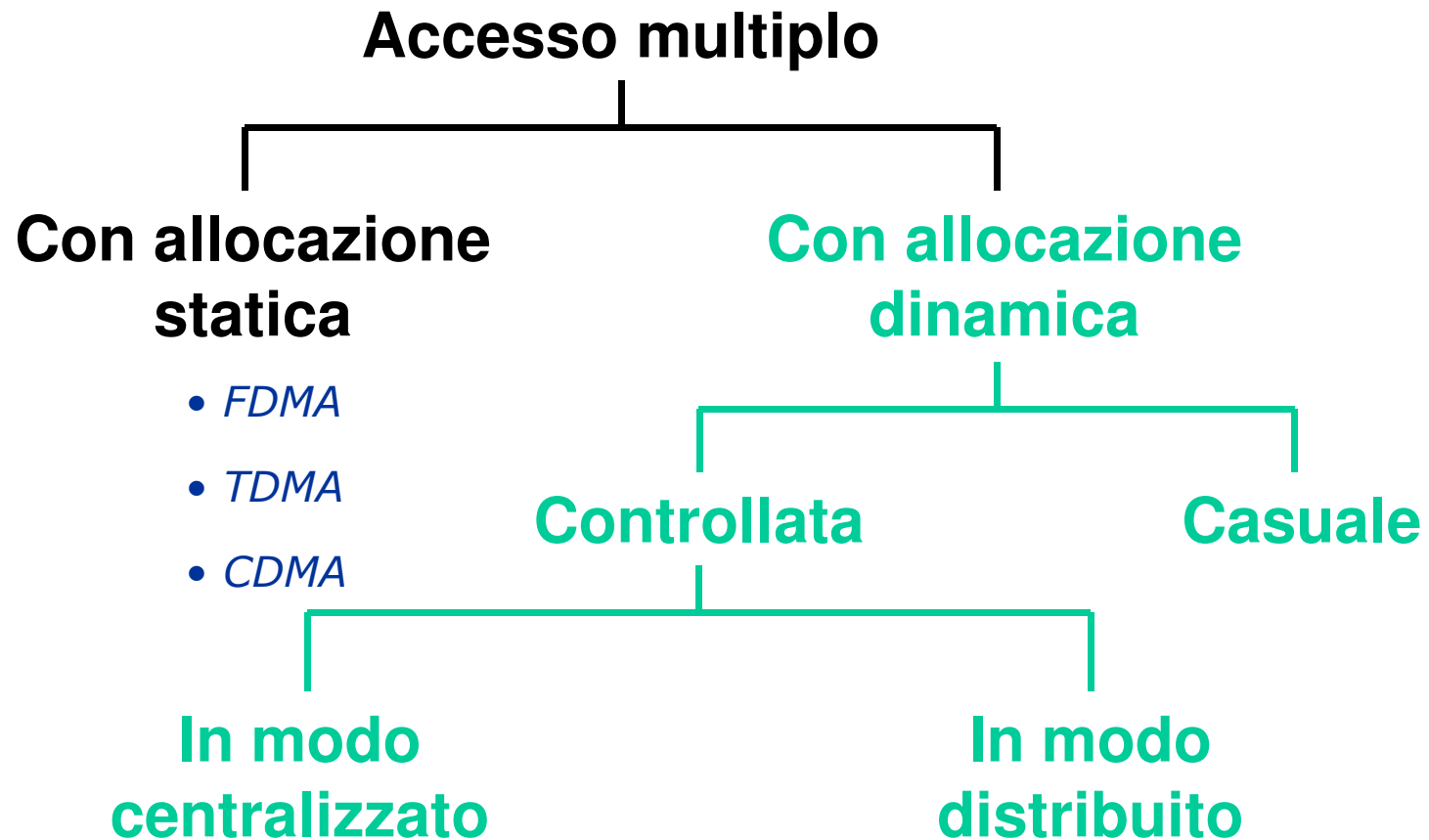


# Classificazione delle tecniche di accesso multiplo





# Accesso multiplo con allocazione statica





Culture

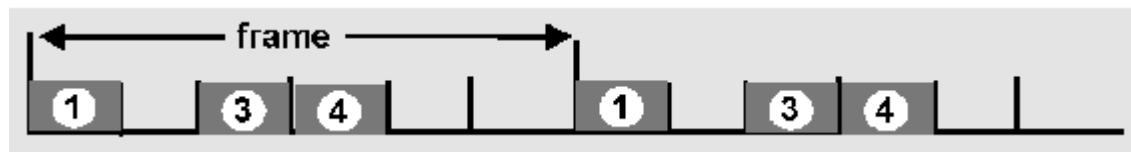
## Accesso multiplo con allocazione statica

- ❑ Noti anche come tecniche di Channel Partitioning
  - Si divide il canale in “pezzi” più piccoli (tempo, frequenza, codice)
  - Si assegna ogni “pezzo” ad uso esclusivo di una stazione
- ❑ Nessuna contesa di utilizzazione
- ❑ Ritardi controllabili

# TDMA

## TDMA: time division multiple access

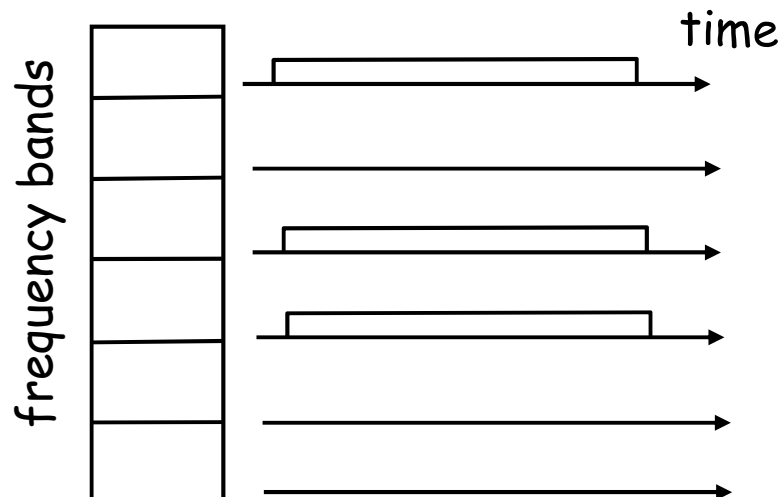
- ❑ accesso al canale "a turno"
- ❑ ad ogni stazione viene assegnato uno slot di lunghezza fissa (lunghezza = tempo trasmissione del pacchetto) ad ogni turno
- ❑ gli slot non utilizzati restano "idle"
- ❑ esempio: LAN con 6 stazioni, gli slot 1,3,4 trasportano pacchetti, gli slot 2,5,6 sono idle



# FDMA

## FDMA: frequency division multiple access

- spettro del canale diviso in bande di frequenza
- ad ogni stazione è assegnata una banda di frequenza fissa
- i tempi di trasmissione non utilizzati nelle bande di frequenza restano "idle"
- esempio: LAN con 6 stazioni, le bande 1,3,4 trasportano pacchetti, le bande di frequenza 2,5,6 sono idle



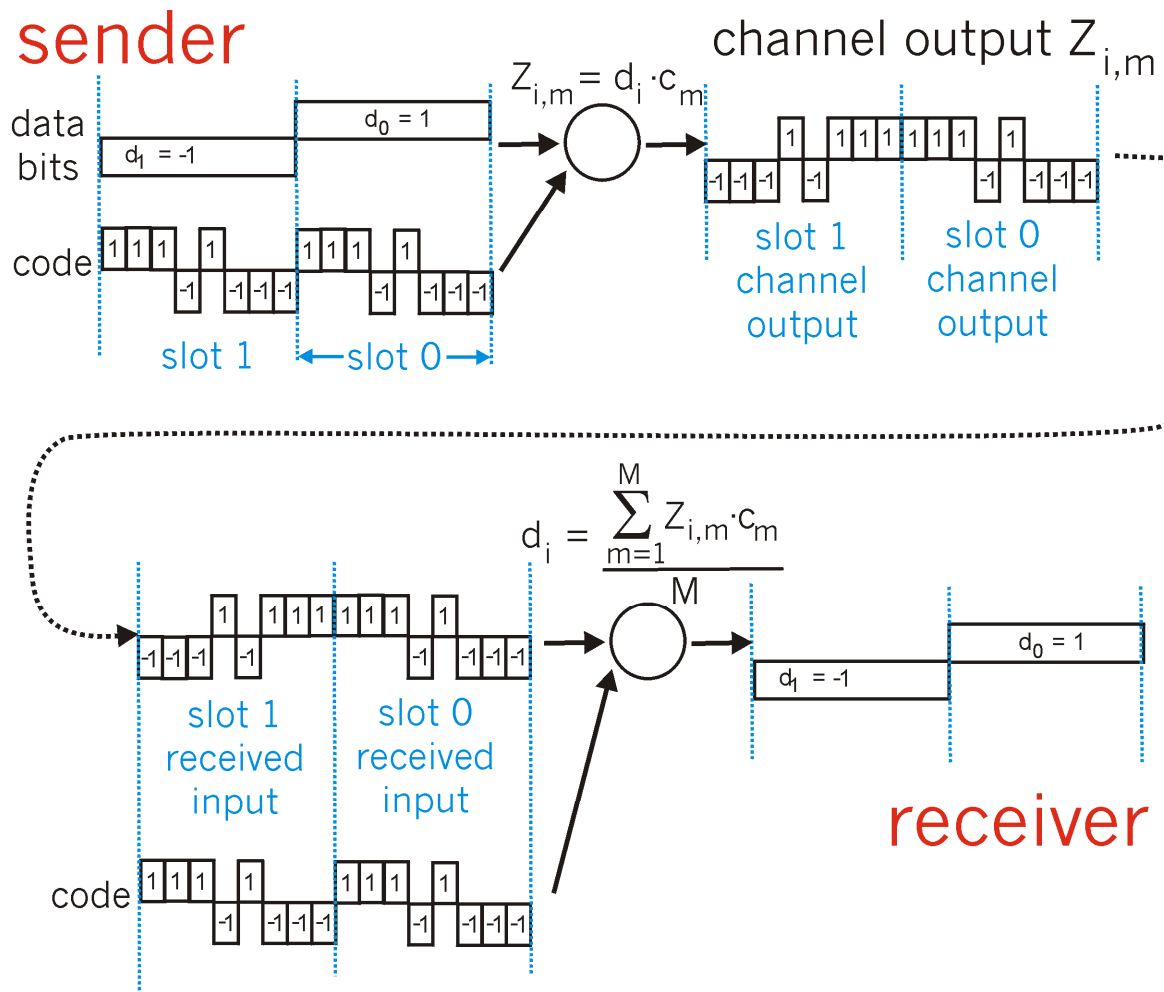
# CDMA

## CDMA (Code Division Multiple Access)

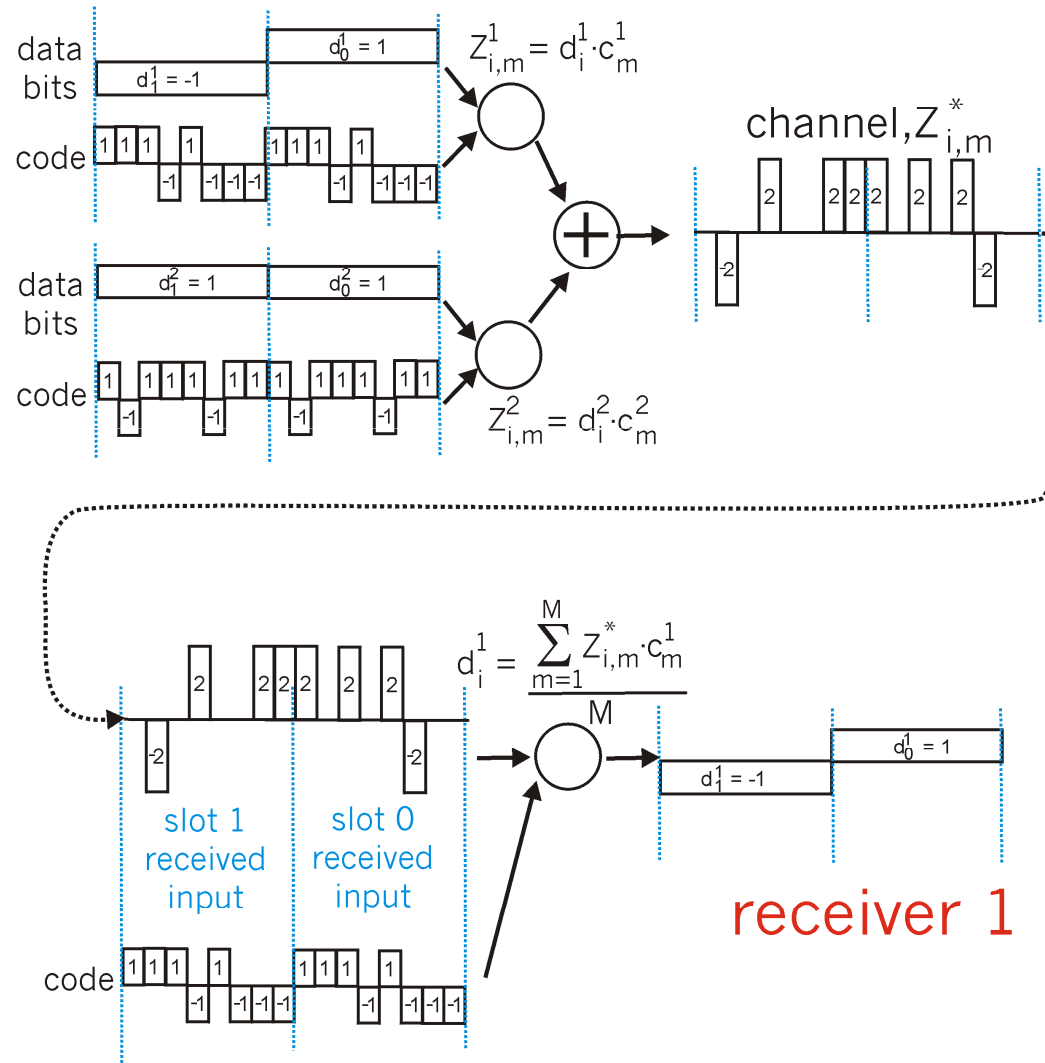
- ❑ unico "codice" assegnato a ogni utente
- ❑ usato soprattutto in canali wireless broadcast (cellulare, satellite, ecc.)
- ❑ tutti gli utenti condividono la stessa frequenza, ma ognuno usa la propria sequenza di "chip" (cioè il codice) per codificare i dati
- ❑ *segnale codificato* = (dati originali) X (sequenza di chip)
- ❑ *decodifica*: prodotto del segnale codificato per la sequenza di chip
- ❑ permette a più utenti di "coesistere" e trasmettere simultaneamente con interferenza minima (se i codici sono "ortogonali")



# CDMA Codifica/Decodifica

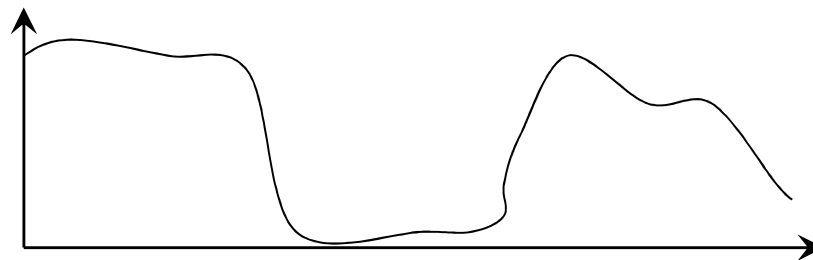


# CDMA: interferenza di 2 utenti



## Limiti dell'allocazione statica

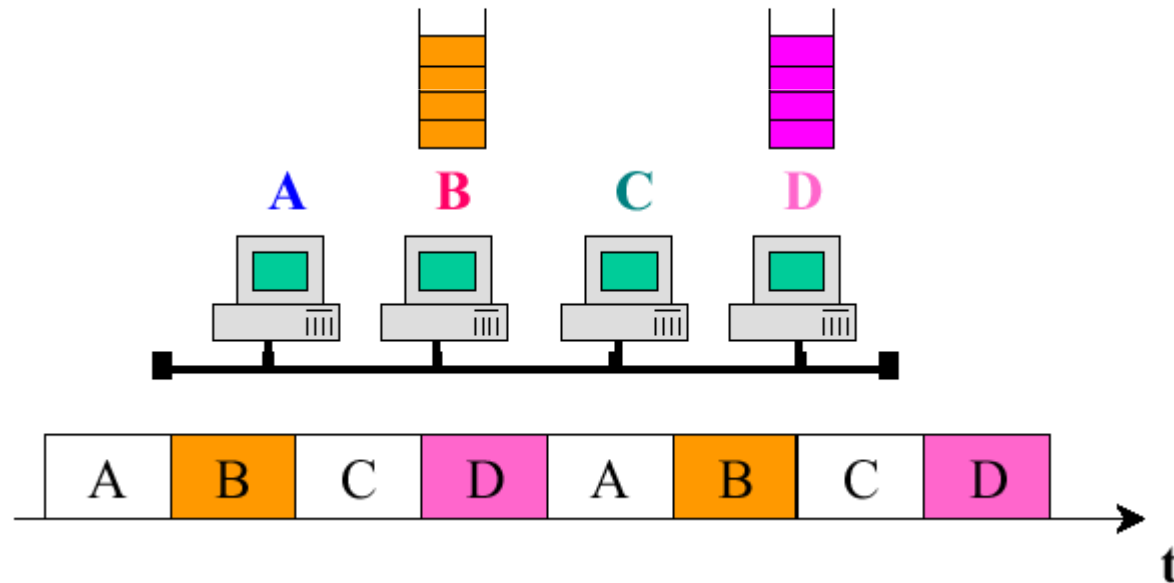
- **L'accesso multiplo nelle reti locali non viene normalmente risolto con tecniche di allocazione statica a causa della natura del traffico su tali reti.**
- **Il traffico sulle LAN è molto variabile e ogni stazione è caratterizzata da periodi di attività nei quali genera pacchetti ad un ritmo sostenuto e periodi di silenzio durante i quali non emette pacchetti.**
- **Il traffico nelle LAN è tipicamente bursty**



## Limiti dell'allocazione statica

- Le tecniche statiche suddividono in modo rigido le risorse tra le stazioni e quindi durante i periodi di silenzio le risorse (slot, frequenza, codice) assegnate a una stazione rimarrebbero inutilizzate, mentre altre stazioni potrebbero averne necessità per smaltire più velocemente i pacchetti in attesa di essere trasmessi

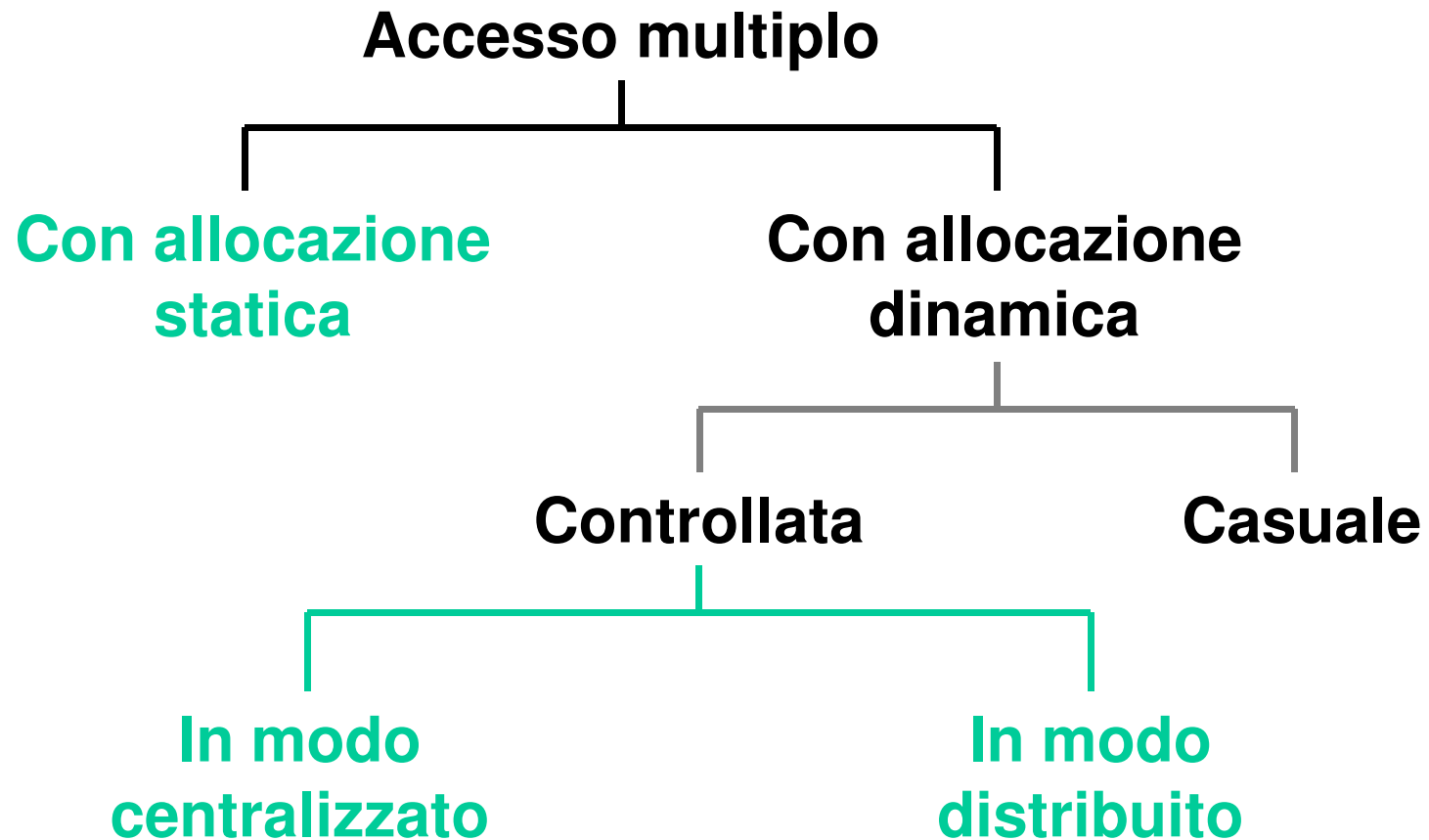
*Es. TDMA*



- Inefficiente: ritardi elevati, throughput basso!



# Accesso multiplo con allocazione dinamica





## Accesso multiplo con allocazione dinamica (a domanda)

- ❑ L'assegnazione a domanda è regolata da un protocollo di accesso al mezzo (protocollo MAC: Medium Access Control)
- ❑ I protocolli MAC si distinguono in base alla modalità di risoluzione delle contese di utilizzazione:

protocolli MAC con collisione

protocolli MAC senza collisione



Culture

# Accesso multiplo con allocazione dinamica casuale

## Accesso multiplo

Con allocazione  
statica

Con allocazione  
dinamica

Controllata

Casuale

In modo  
centralizzato

In modo  
distribuito

- Aloha
- CSMA
- CSMA/CD



## Accesso multiplo con allocazione dinamica casuale

- ❑ Quando una stazione ha un pacchetto da inviare lo trasmette alla max velocità (bit/s) permessa dal canale
- ❑ Se il mezzo è libero la emissione ha successo, altrimenti occorre riprovare successivamente
- ❑ Nessuna coordinazione *a priori* tra i nodi, quindi se due o più nodi trasmettono -> "collisione"
  - assunzione: in caso di collisione i pacchetti vanno tutti distrutti (vero nel caso di reti cablate; può non essere vero per reti wireless => effetto cattura).
- ❑ Se il traffico generato dalle stazioni aumenta, cresce anche il numero delle collisioni: ciò può limitare fortemente il traffico globale smaltito dal sistema





# Accesso multiplo con allocazione dinamica casuale

- ❑ Un protocollo MAC di accesso random specifica:
  - come accorgersi delle collisioni
  - come recuperare in caso di collisione (es., ritrasmissioni ritardate in modo casuale)
- ❑ L'informazione minima per il protocollo è quella del riscontro (ACK) dell'avvenuta corretta ricezione
  - può essere fornito da osservazione diretta (es. canale broadcast o con eco) o indiretta (è il ricevente che segnala la corretta ricezione).
- ❑ Altre informazioni sono fornite dal *feedback di canale*, che una stazione può ottenere da un'osservazione del canale.
- ❑ Esempi di protocolli MAC ad accesso random:
  - ALOHA e slotted ALOHA
  - CSMA e CSMA/CD



## Accesso multiplo con allocazione dinamica casuale

- L'esempio più noto di tecnica a contesa è il protocollo **ALOHA**, nato per comunicazioni via satellite
- Ogni utente accede al sistema non appena ha dati da trasmettere; quindi si pone in ascolto per ricevere un **ACK**
  - ACK generato dalla stazione ricevente;
- In caso di collisione, l'utente aspetta un tempo casuale prima di ritrasmettere il pacchetto
- Le prestazioni di una tecnica a contesa sono valutate tramite:
  - **throughput** (S), cioè il numero medio di pacchetti trasmessi con successo per unità di tempo
  - ritardo medio (D) per pacchetto



## Protocolli MAC: finora...

### Protocolli ad allocazione statica

- condivisione efficiente del canale a carico alto
- inefficienti a basso carico: ritardo nel canale di accesso;  $1/N$  banda allocata anche se c'è 1 solo nodo attivo (spreco perchè potrebbe usarla tutta!)

### Protocolli ad accesso random

- efficienti a basso carico: un solo nodo può sfruttare tutto il canale
- alto carico: overhead per collisioni

### Altro approccio:

- Protocolli con allocazione dinamica **controllata** (protocolli "taking turns")