

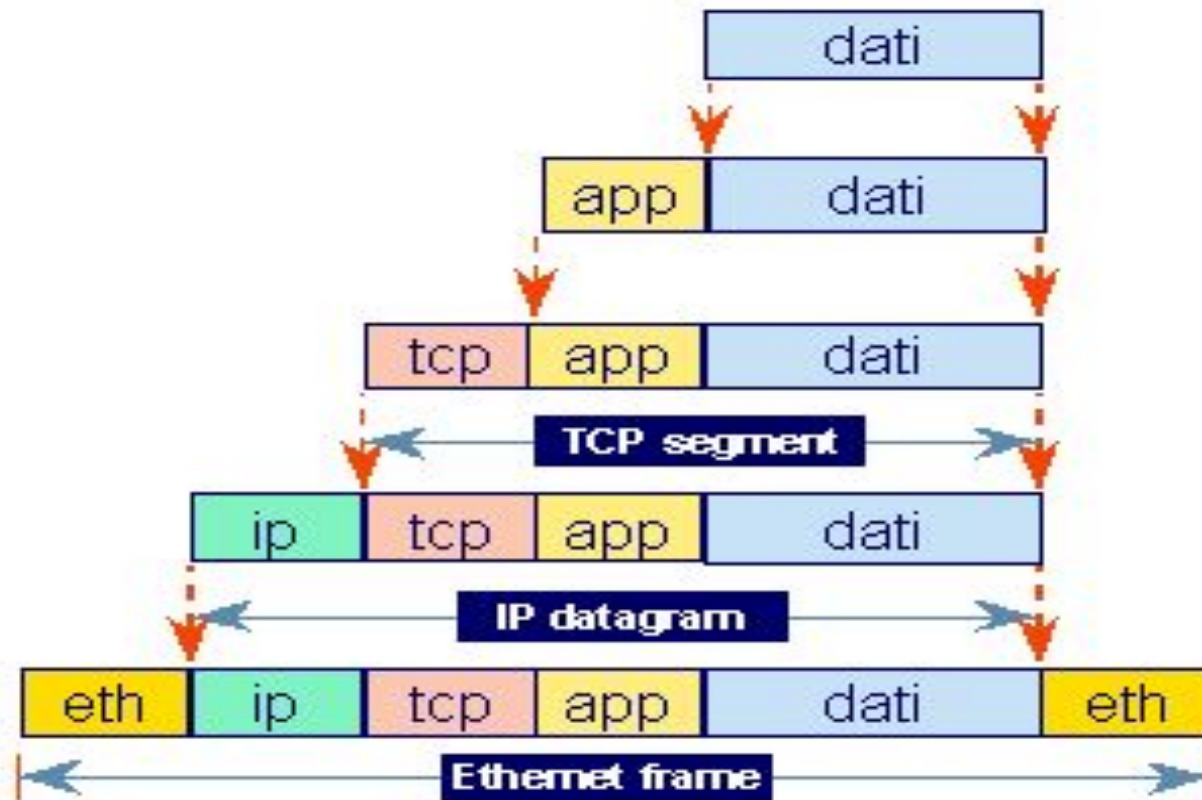


Sottolivello MAC

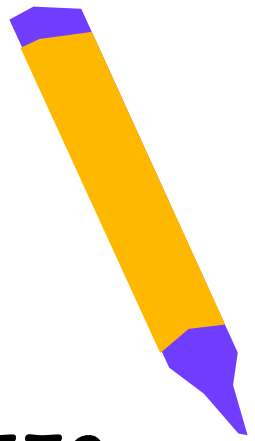
Medium Access Control



Un po' di ripasso...



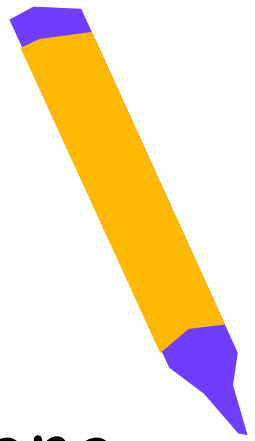
Medium Access Control



Nelle reti broadcast il mezzo trasmissivo è condiviso:

- ciò che viene trasmesso da una stazione viene ricevuto dalle altre.
- una sola stazione per volta può trasmettere.

Medium Access Control

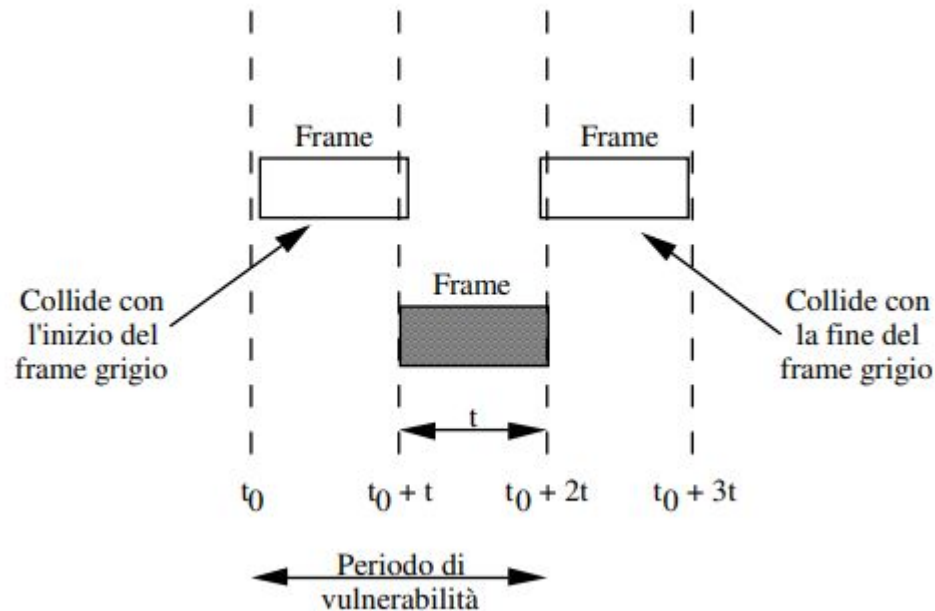
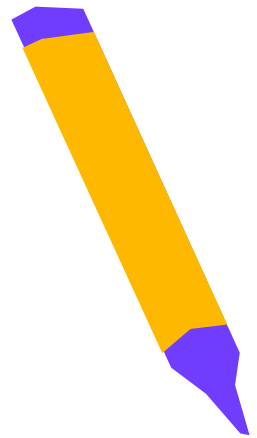


Se due o più stazioni trasmettono contemporaneamente, si verifica una

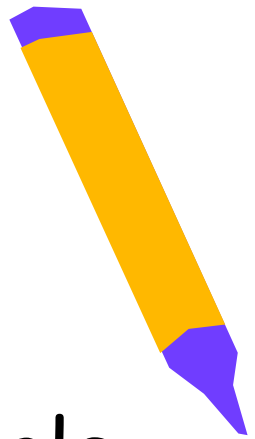
collisione

e tutti i frame coinvolti diventano inutilizzabili.

Medium Access Control



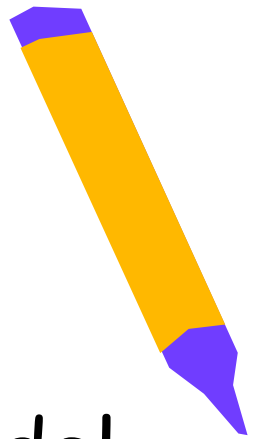
Protocolli MAC



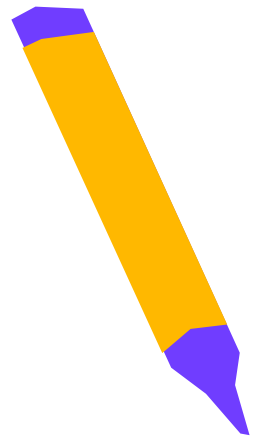
I protocolli MAC definiscono le regole di allocazione del canale.

Per poter trasmettere, le stazioni devono applicare le regole del protocollo.

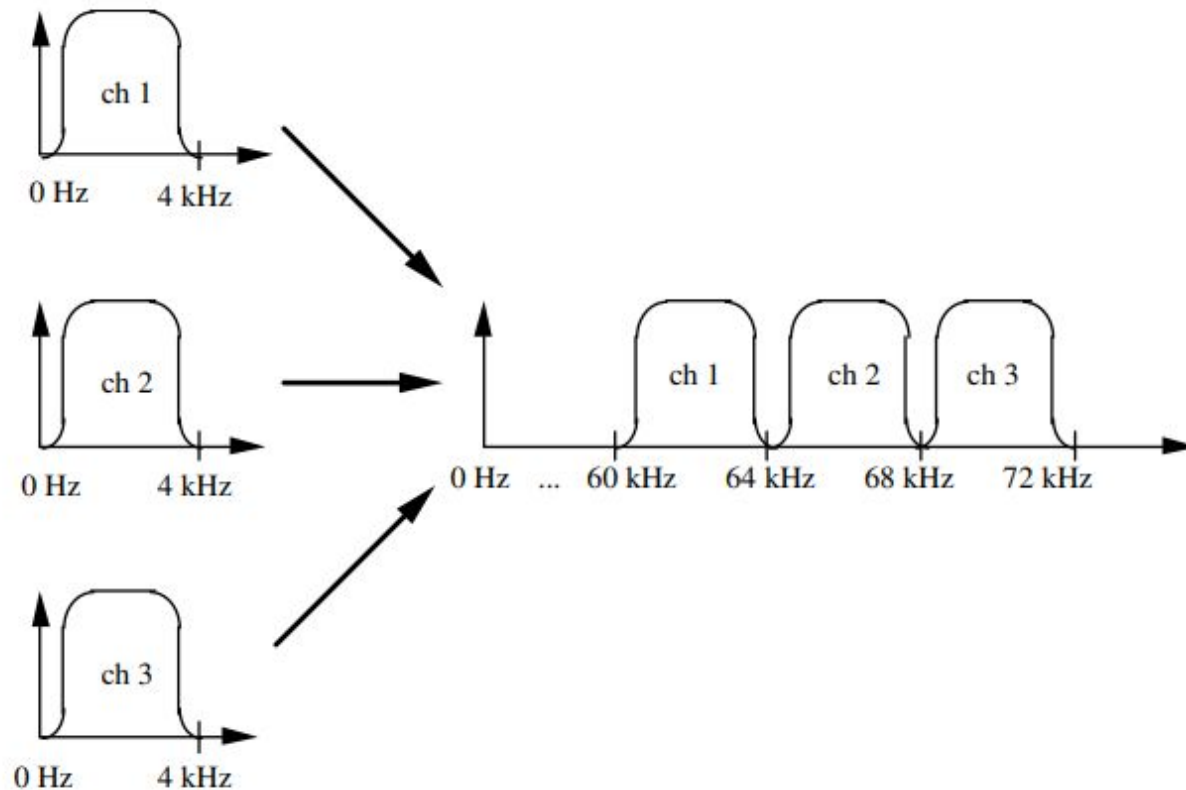
Protocolli MAC statici



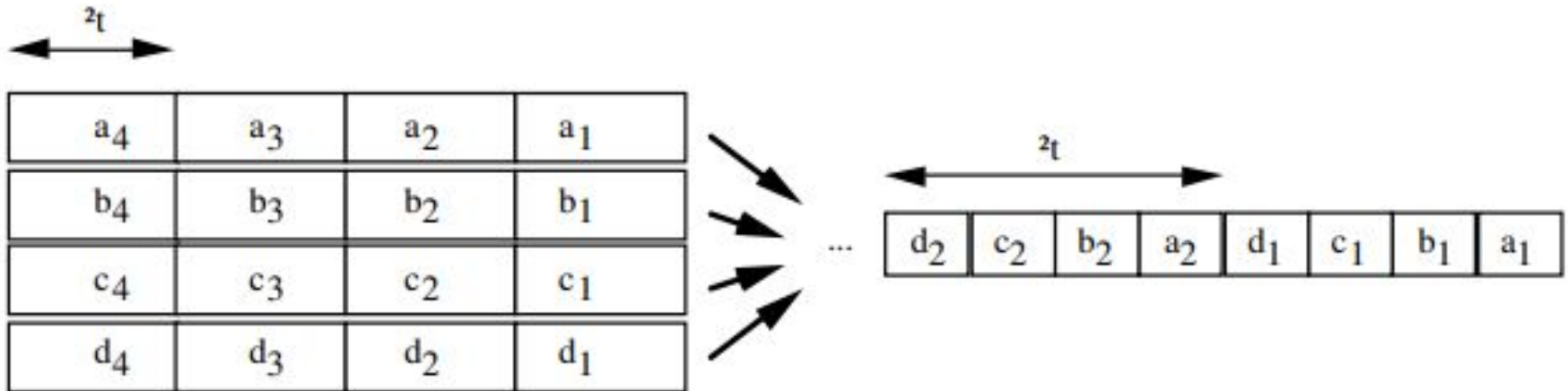
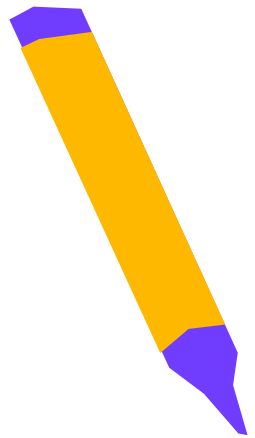
Prevedono una allocazione statica del canale dividendolo in bande di frequenza (FDM, es. trasmissioni televisive) o assegnandolo "a turno" alle diverse stazioni (TDM, es. rete telefonica "digitale").



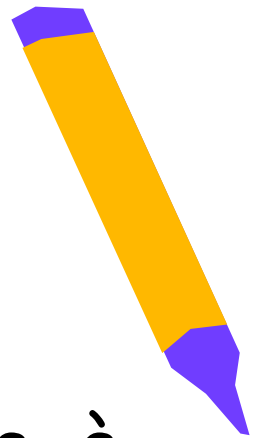
Frequency Division Multiplexing



Time Division Multiplexing



Protocolli MAC dinamici

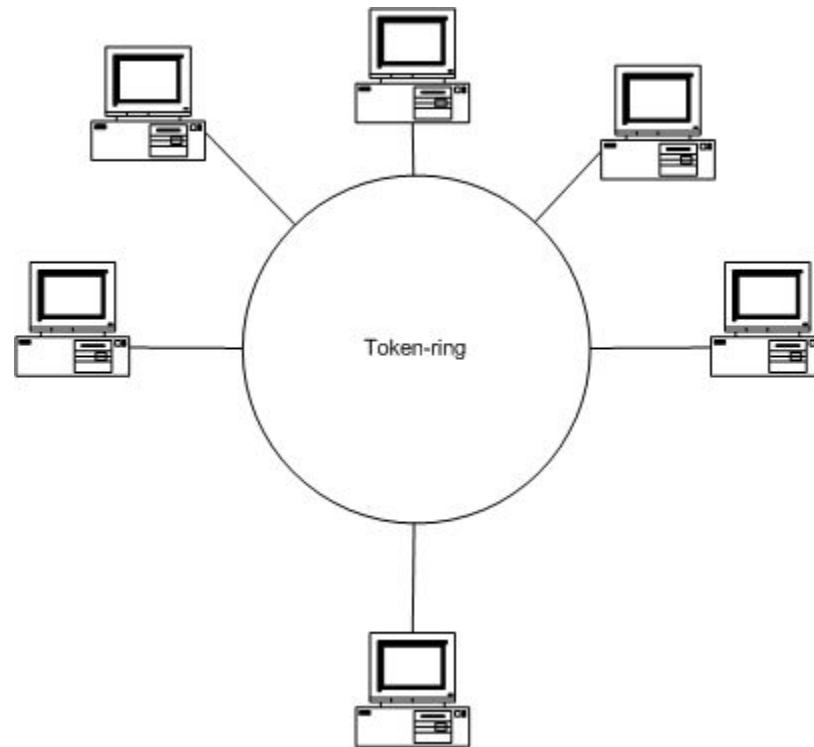
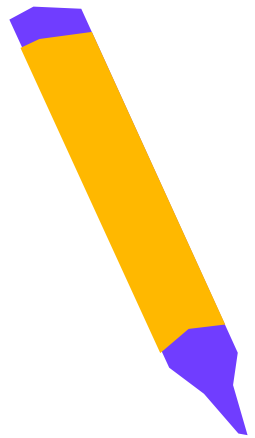


La trasmissione in rete tendenzialmente è "bursty" (a impulsi, disomogenea).

I protocolli statici non si adattano alle necessità delle stazioni.

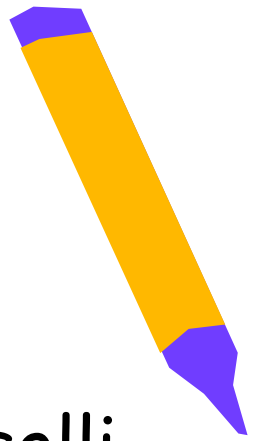
Si utilizzando quindi dei protocolli dinamici, che possono essere **deterministici** (non si possono verificare collisioni) o **a contesa** (si cerca di ridurre la probabilità e l'effetto delle collisioni).

Token Ring



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tokenring.png>

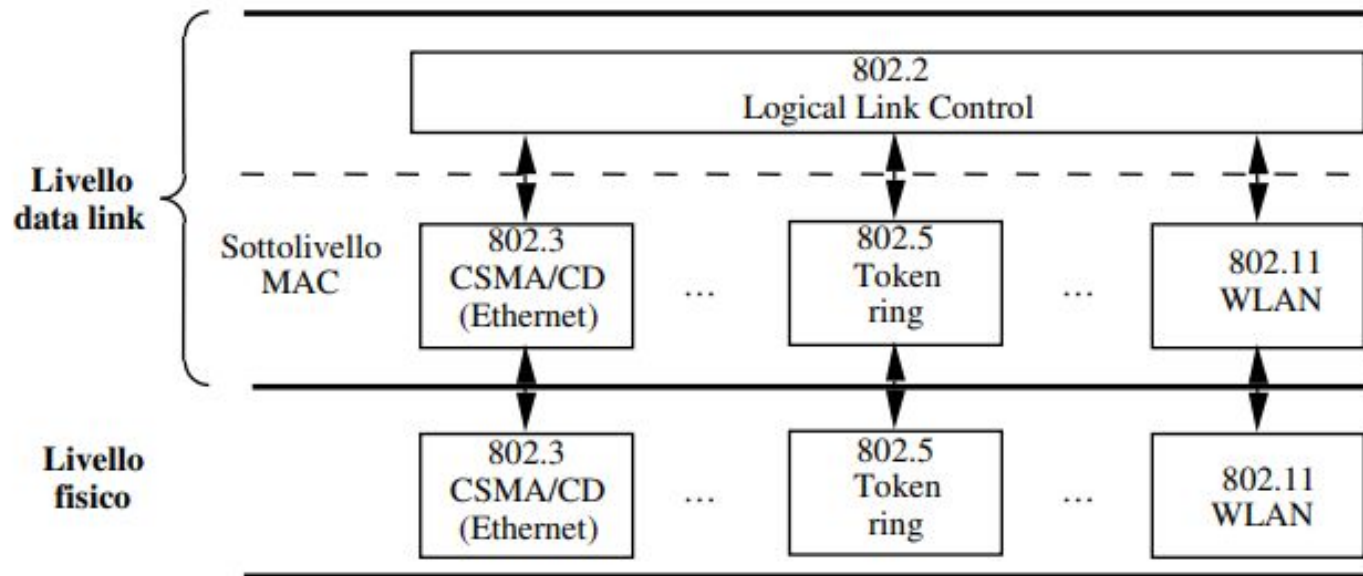
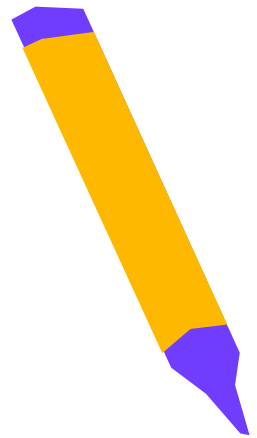
Protocolli MAC dinamici a contesa



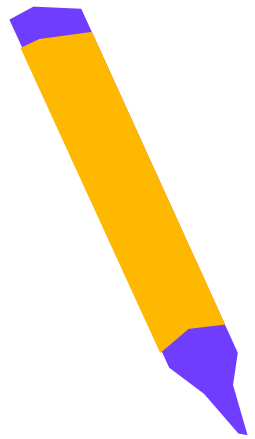
In questa categoria rientrano i due protocolli maggiormente utilizzati nelle reti locali:

- CSMA/CD (rete 802.3 e 802.3u)
- CSMA/CA (rete 802.11)

Standard IEEE 802.x

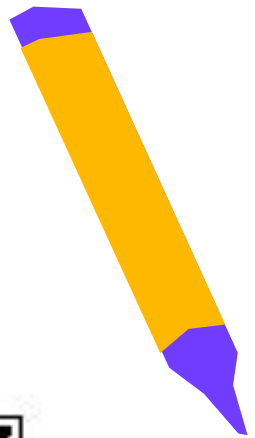
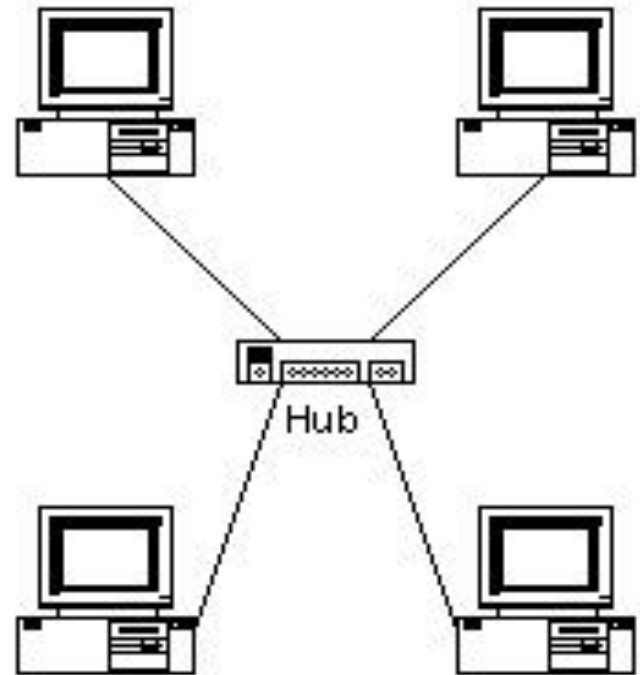
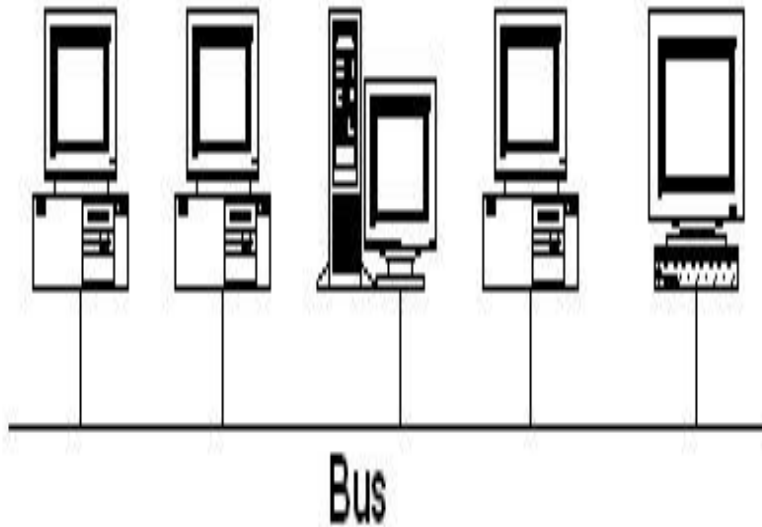


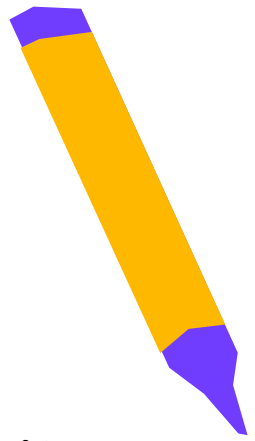
802.3: caratteristiche fisiche



- velocità 10 Mbit/s;
- collegamenti:
 - cavo coassiale "thick" (10base5);
 - cavo coassiale "thin" (10base2);
 - hub (multiport repeater) + cavo UTP (10 base T);
- codifica di Manchester;
- diametro massimo 2500 metri.

802.3

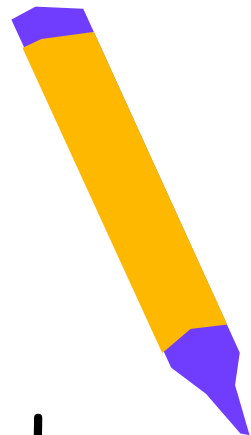




Protocollo CSMA/CD

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

- Prima di trasmettere, la stazione ascolta il canale:
 - se è libero trasmette subito;
 - se è occupato, aspetta che si liberi e inizia a trasmettere.



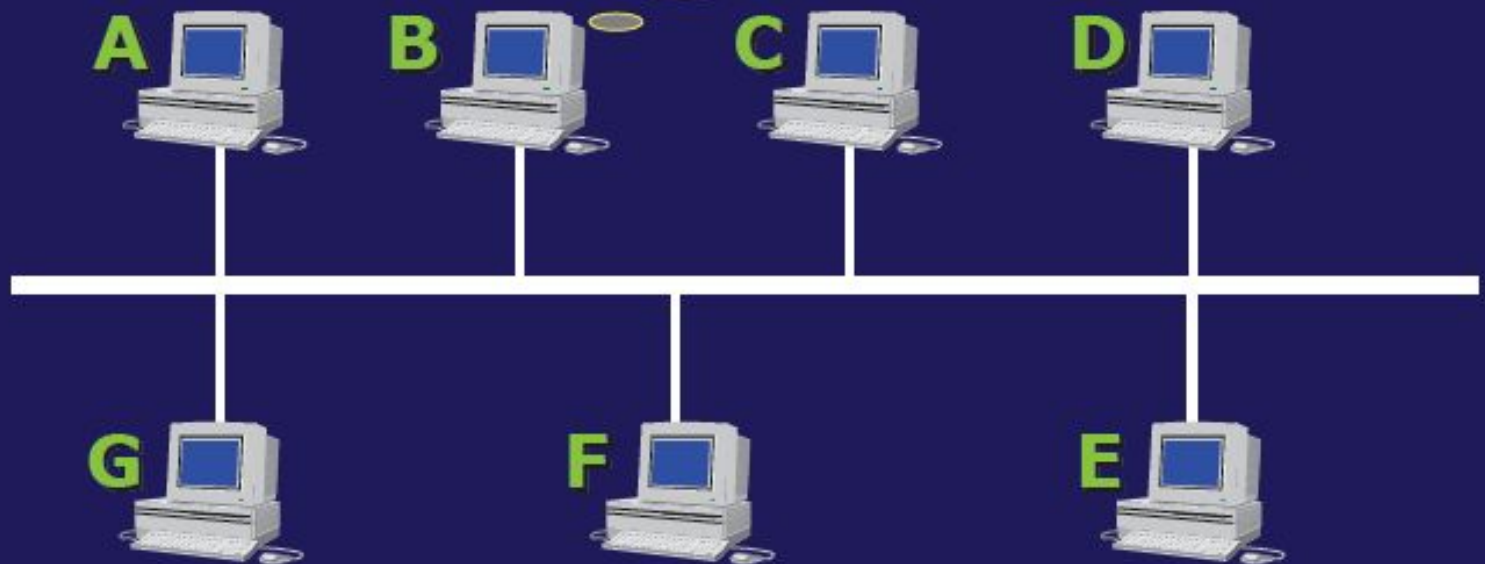
Protocollo CSMA/CD

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

- mentre trasmette, ascolta il canale, se rileva una collisione:
 - immette nel canale una sequenza di jamming;
 - interrompe la trasmissione del frame;
 - riprova a trasmettere il frame dopo un intervallo casuale di tempo scelto con l'**algoritmo di regressione binaria esponenziale**.

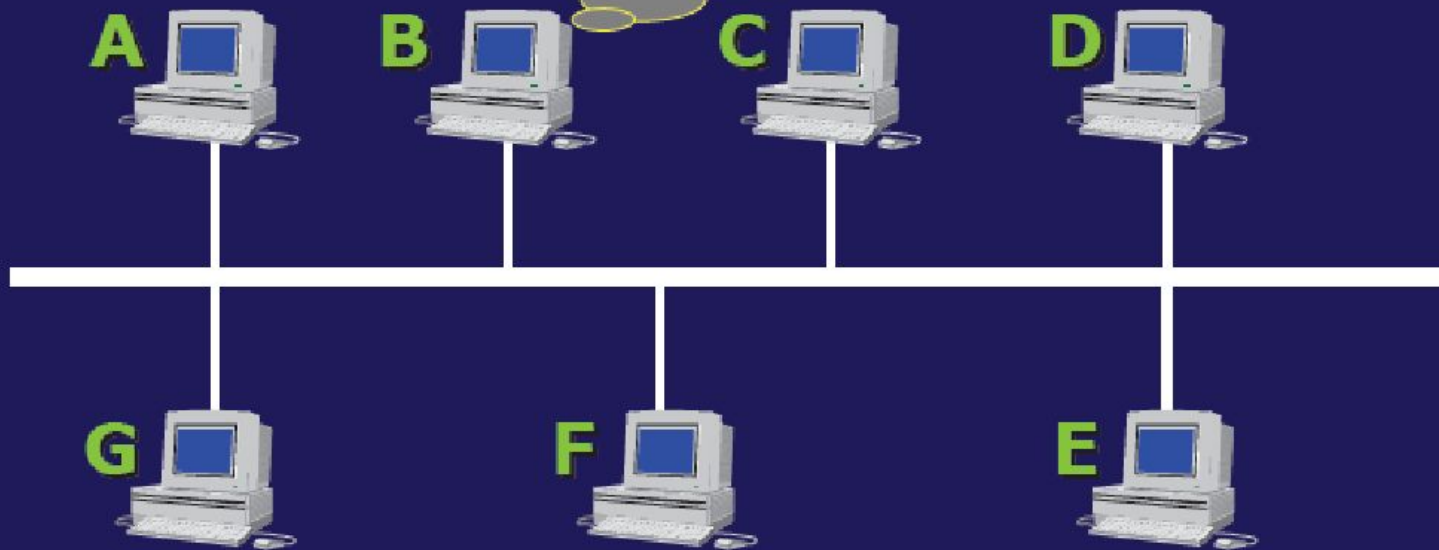
"CS": Carrier Sense

QUALCUNO STA
TRASMETTENDO?



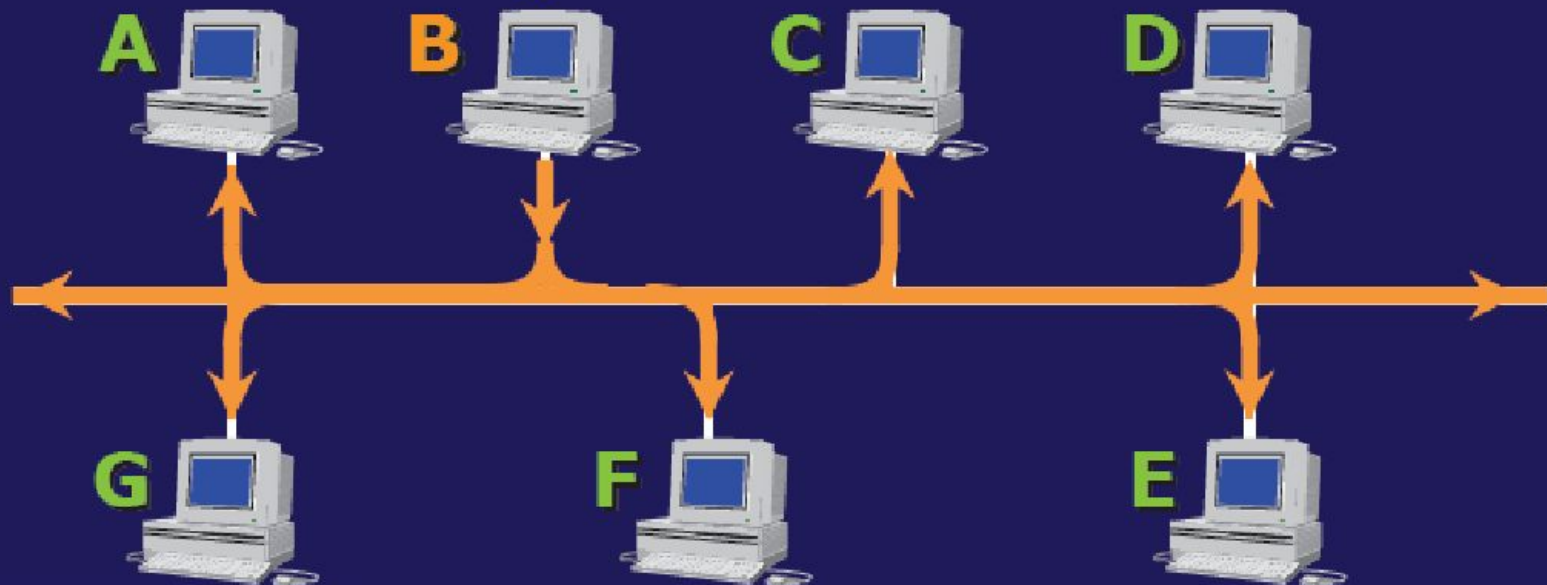
"CS": Carrier Sense

IL MEZZO È LIBERO:
POSSO INIZIARE LA
TRASMISSIONE



"MA": Multiple Access (?)

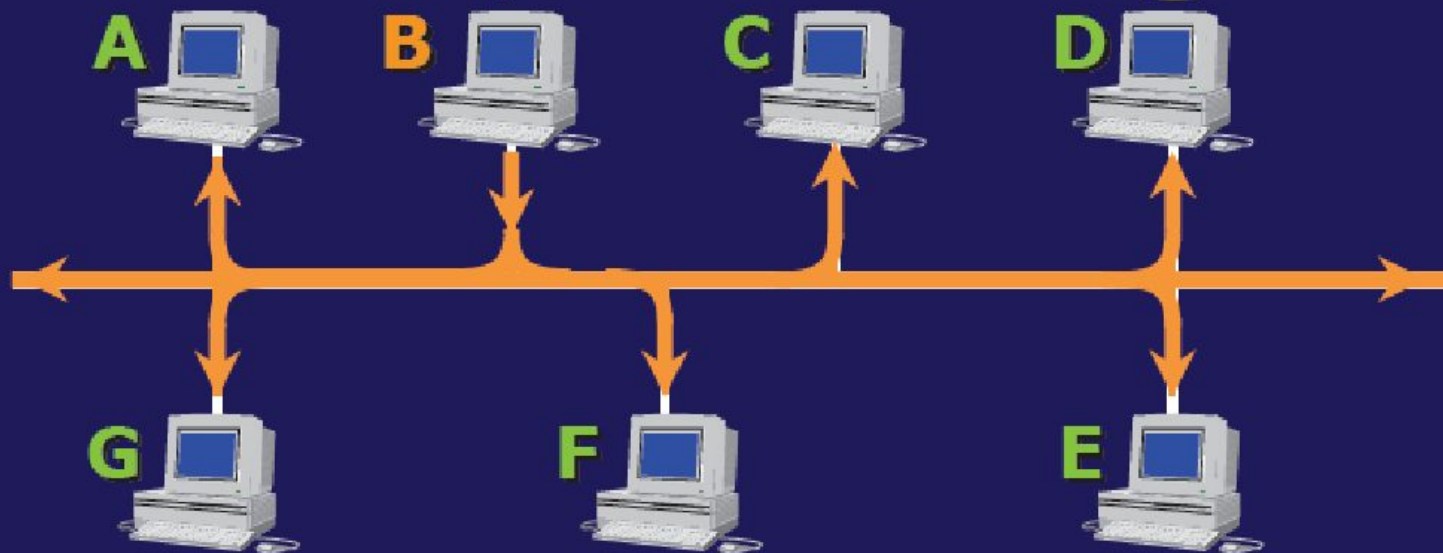
BLA BLA BLA...



"MA": Multiple Access (?)

DOVREI TRASMETTERE,
MA DEVO ASPETTARE

BLA BLA BLA...



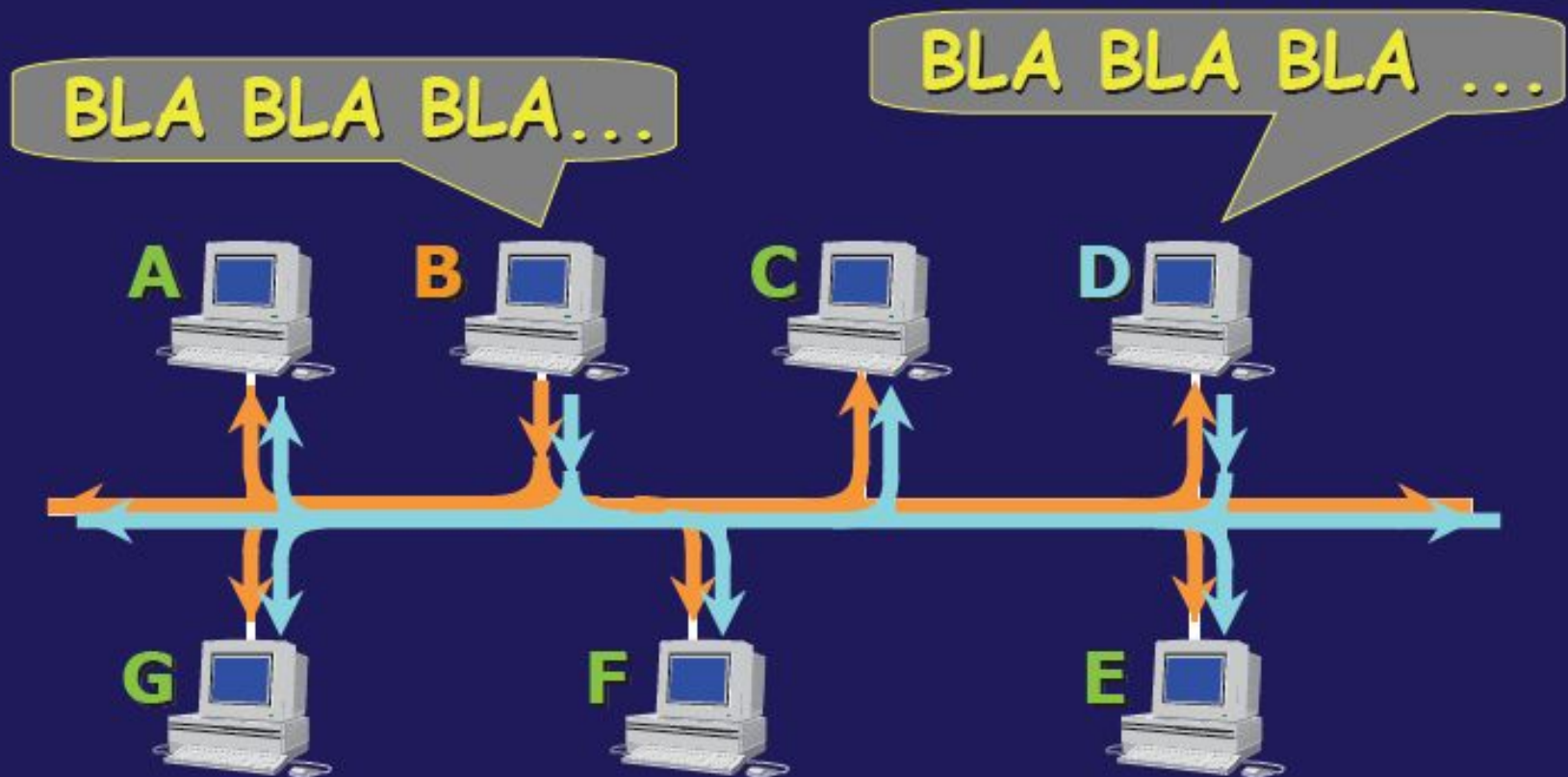
"CS": Carrier Sense (II)

IL MEZZO
È LIBERO

IL MEZZO
È LIBERO



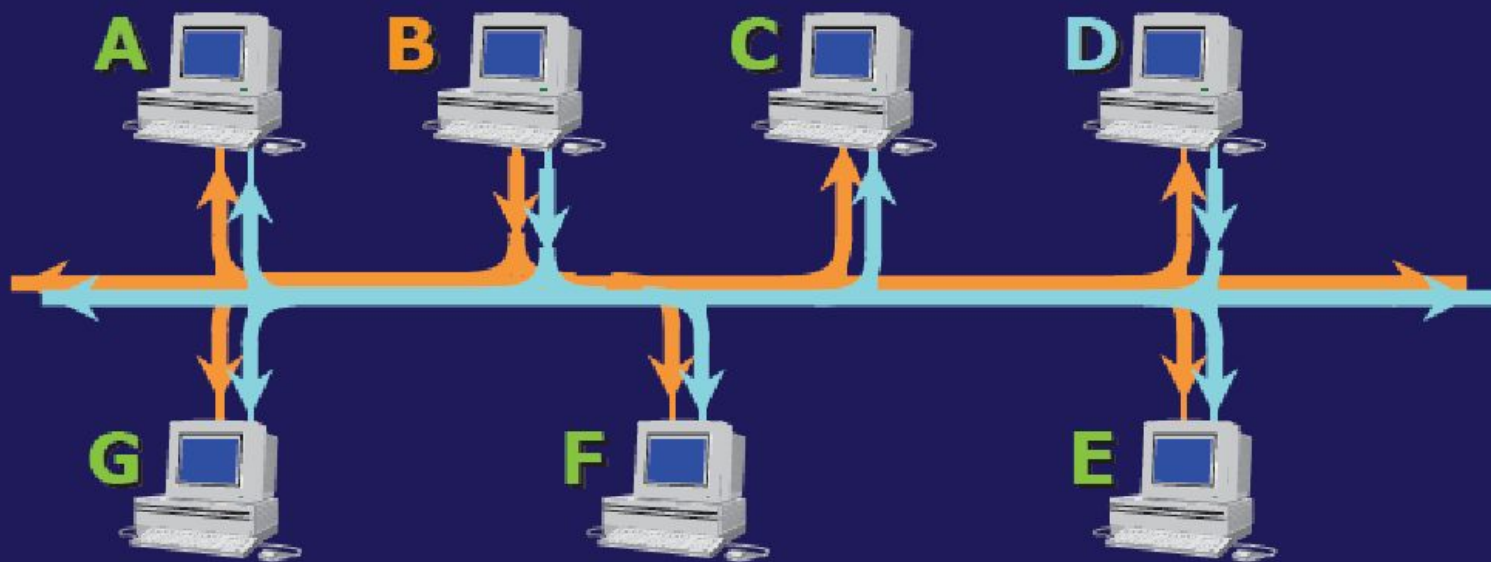
"MA": Multiple Access (!)



"CD": Collision Detection

C'È STATA UNA
COLLISIONE!

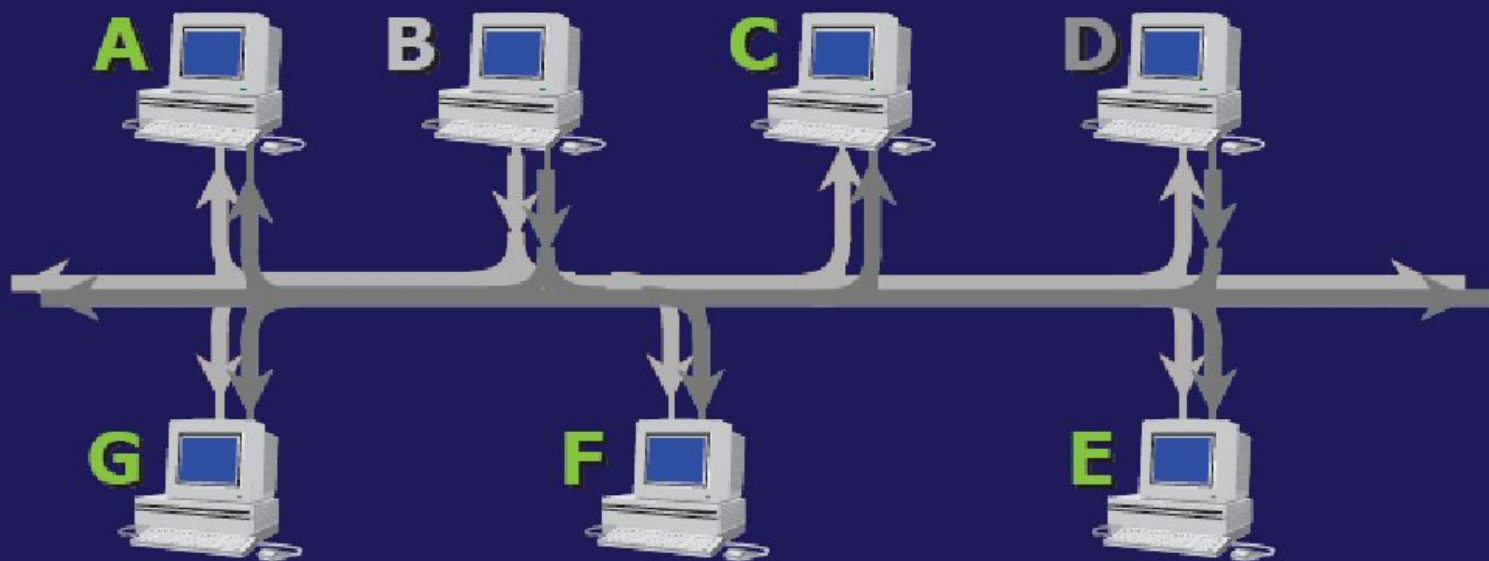
C'È STATA UNA
COLLISIONE!



Annullamento della trasmissione

SEQUENZA DI
JAMMING

SEQUENZA DI
JAMMING



Backoff

ATTENDO
PRIMA DI
RIPROVARE



ATTENDO
PRIMA DI
RIPROVARE



A



B



C



D



G



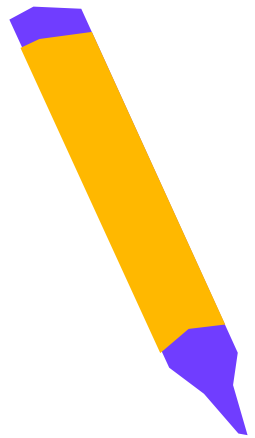
F



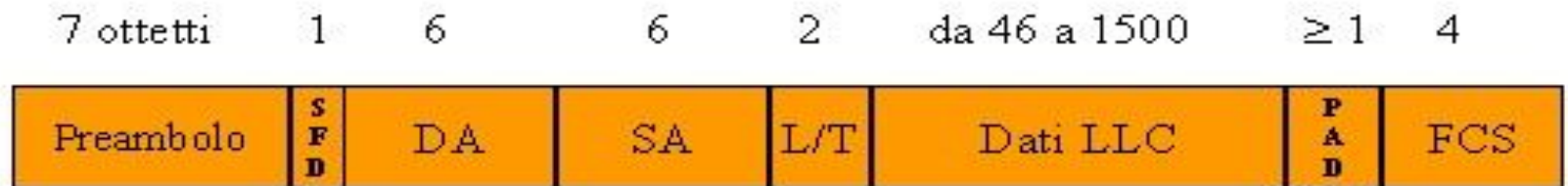
E



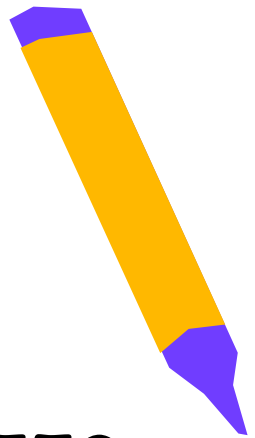
802.3



- Formato della trama

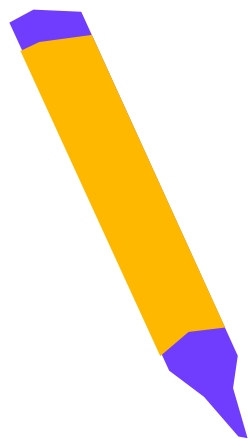
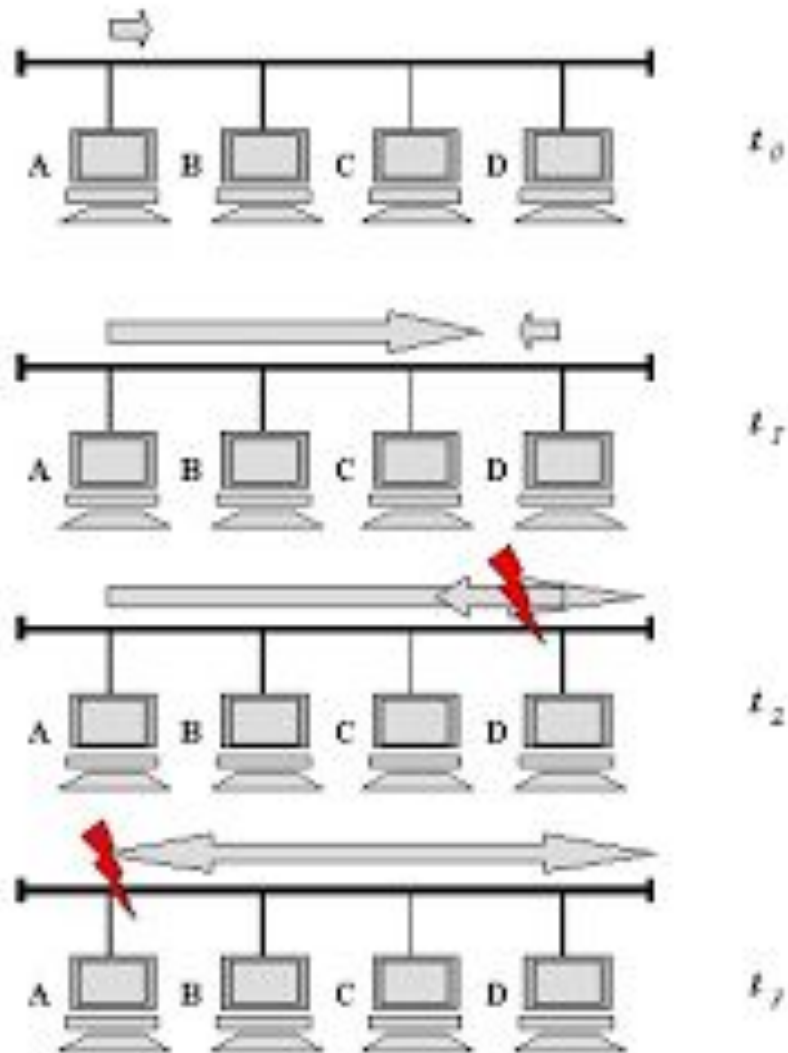


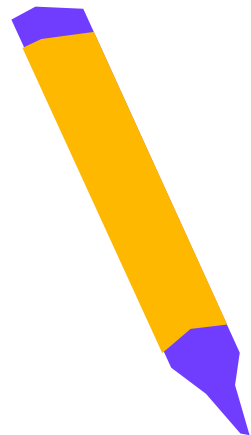
802.3: altri dettagli



La trama 802.3 ha una lunghezza minima di 64 byte.

Questo serve a far durare la trasmissione almeno $51,2\mu s$ e garantire che un'eventuale collisione sia rilevata anche nel caso peggiore (2 volte il tempo di propagazione del segnale da un capo all'altro del canale)



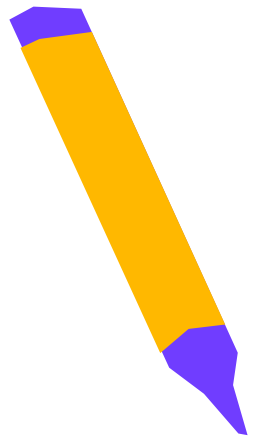


802.3

Algoritmo di regressione binaria esponenziale

In caso di collisione, la stazione:

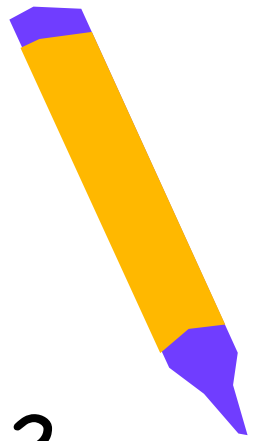
- discretizza il tempo in slot di $51,2\mu\text{s}$;
- decide se provare a trasmettere subito o allo slot successivo;
- in caso di una seconda collisione sullo stesso frame, allarga il tempo a 4 slot;
- in caso di n collisioni consecutive, sceglie casualmente nell'intervallo
 $0 \leq r \leq 2^k - 1$, con $k = \min(n, 10)$;
- dopo 16 collisioni consecutive, la stazione rinuncia a trasmettere.



802.3u: caratteristiche fisiche

- velocità 100 Mbit/s;
- collegamenti:
 - hub (multiport repeater) + cavo UTP (10 base T);
- codifica di MLT-3;
- diametro massimo 200 metri.

Bridge

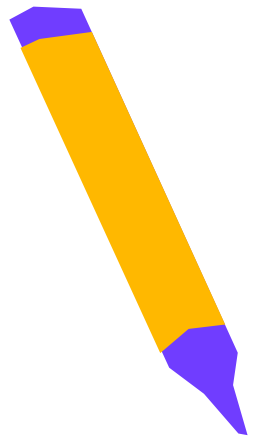


Sono dispositivi che operano a livello 2.

Vengono utilizzati:

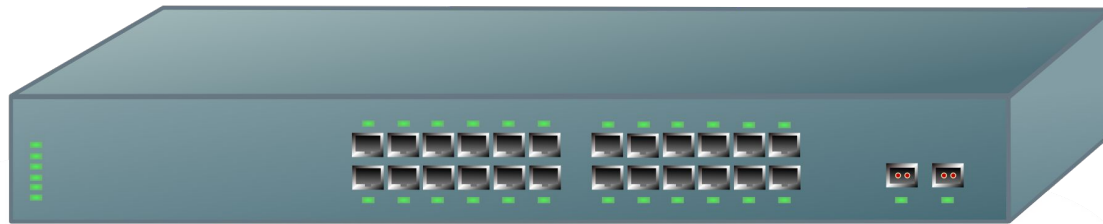
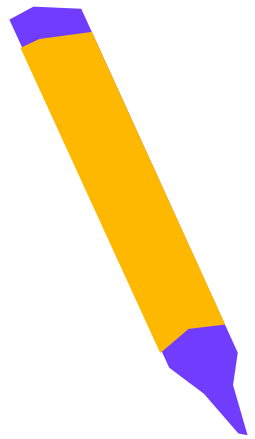
- per interconnettere reti di tipo diverso;
- per interconnettere reti dello stesso tipo, allo scopo di separare i domini di collisione e/o aumentare il diametro massimo della rete.

Esempio: Access Point



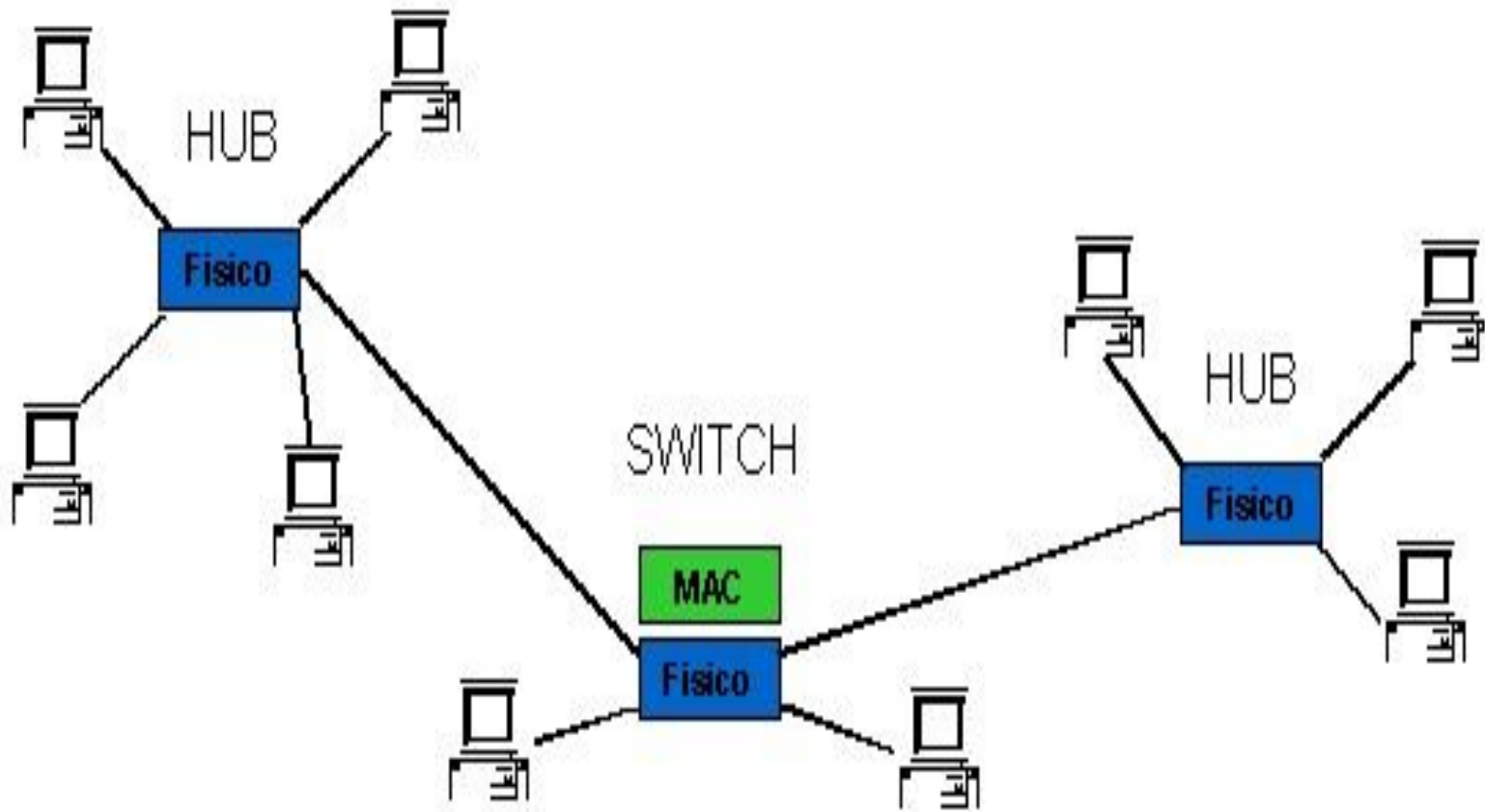
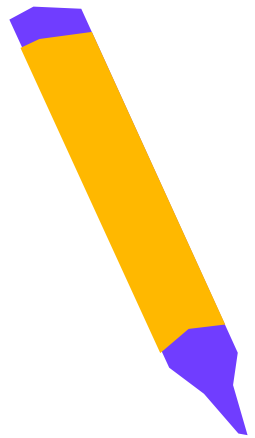
Utilizzato per connettere reti di tipo diverso (802.3 e 802.11)

Esempio: switch



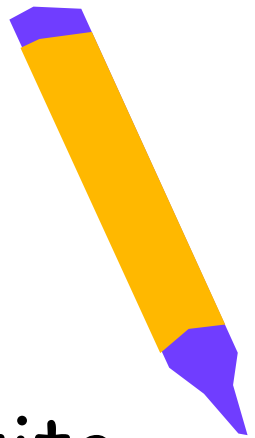
Utilizzato per segmentare una rete 802.3 e per aumentarne il diametro.

802.3: Segmentazione della rete



Switch

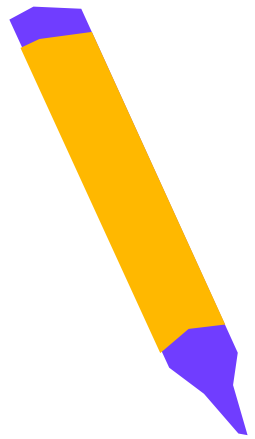
(da Wikipedia, l'enciclopedia libera)



Internamente, uno switch è costituito da una o più schede munite di porte. A ogni porta può essere connesso un nodo, che può essere una stazione, un altro switch, un hub o altro dispositivo di rete.

Switch

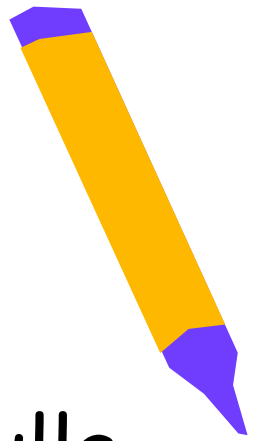
(da Wikipedia, l'enciclopedia libera)



Quando una stazione A cerca di comunicare con una stazione B, il comportamento dello switch dipende dalla scheda cui è collegata B.

Switch

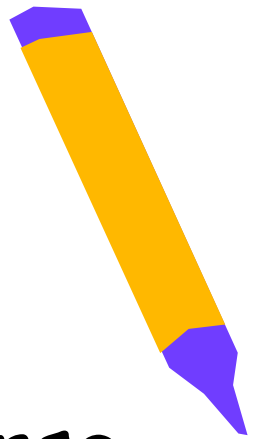
(da Wikipedia, l'enciclopedia libera)



Se B è collegato a una porta sulla stessa scheda cui è collegato A (possibile se alla porta è collegato un hub), la scheda stessa inoltra i frame in arrivo su tale porta.

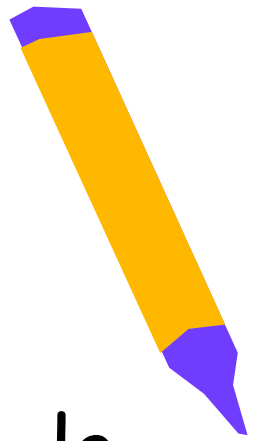
Switch

(da Wikipedia, l'enciclopedia libera)



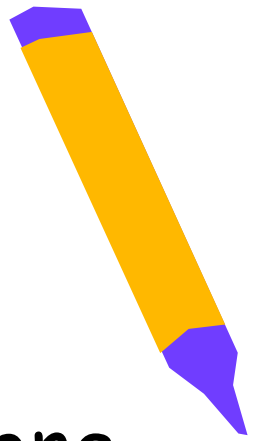
Se B è collegato a una scheda diversa da quella cui è collegato A, la scheda invia i frame a un canale di trasmissione interno detto backplane, caratterizzato da elevata velocità (tipicamente sull'ordine del Gbps), che provvede a consegnare il frame alla scheda giusta.

Backward learning



Nel momento in cui il bridge (o lo switch) viene attivato, costruisce le proprie tabelle di inoltro in base ai frame che riceve su ciascuna porta.

Backward learning

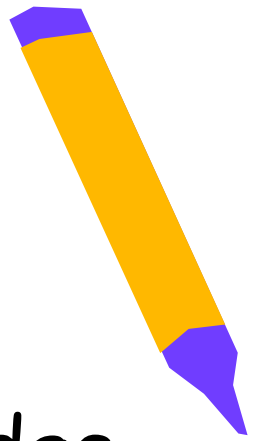


Ogni frame contiene nell'intestazione l'indirizzo della stazione sorgente.

Questo consente al bridge (switch) di sapere da quale porta si può raggiungere la stazione che lo ha inviato.

Man mano che le stazioni trasmettono, vengono quindi aggiunte alle tabelle di inoltro.

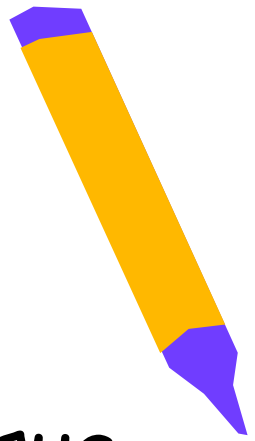
Backward learning



Quando un frame arriva al bridge (switch):

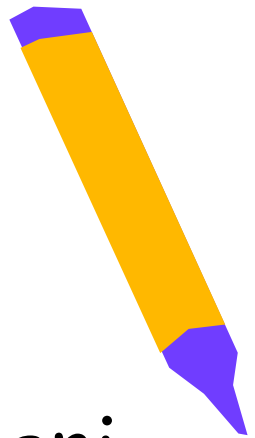
- se l'indirizzo di destinazione è nelle tabelle, il frame viene inviato sulla porta corrispondente;
- altrimenti il frame viene inviato in broadcast su tutte le porte tranne quella di provenienza.

Backward learning



Man mano che il bridge aumenta la sua conoscenza degli indirizzi delle varie macchine, la ritrasmissione diventa sempre più selettiva (e quindi più efficiente).

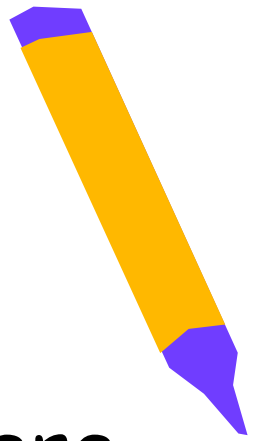
Backward learning



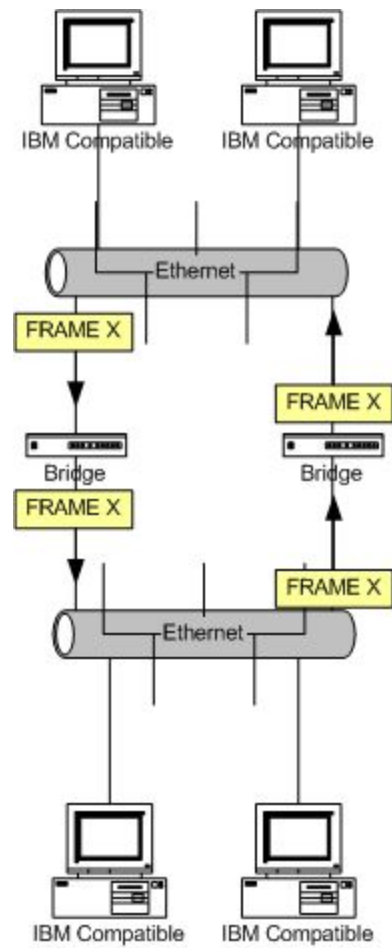
Le tabelle vengono aggiornate ogni qualche minuto, rimuovendo gli indirizzi che non si sono fatti vivi nell'ultimo periodo.

In questo modo se una stazione si sposta, entro pochi minuti viene di nuovo indirizzata correttamente.

Spanning Tree

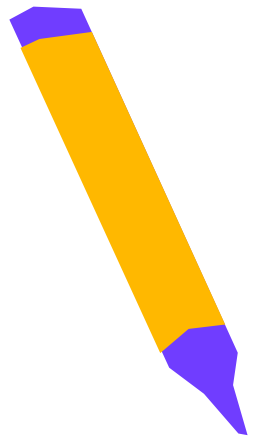


Nella rete LAN non ci devono essere anelli, altrimenti in caso di trasmissione broadcast lo stesso frame inizierebbe a circolare nella rete all'infinito.



<https://it.wikipedia.org/wiki/File:Spanningtreeerror.png>

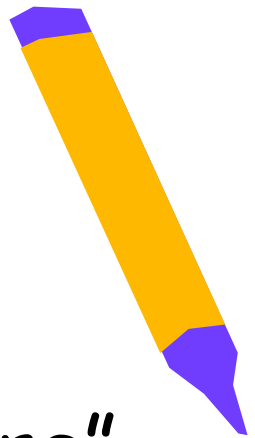
Spanning Tree



A volte però gli anelli si creano:

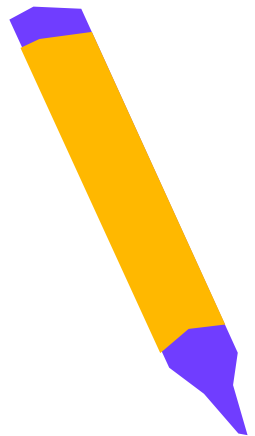
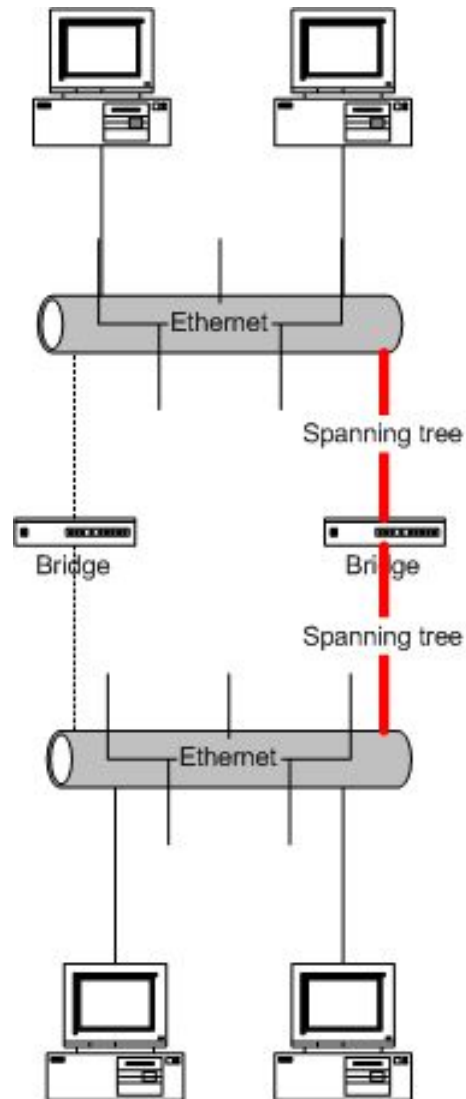
- per errore (in reti molto complesse);
- per avere dei collegamenti ridondanti per aumentare la tolleranza ai guasti.

Spanning Tree

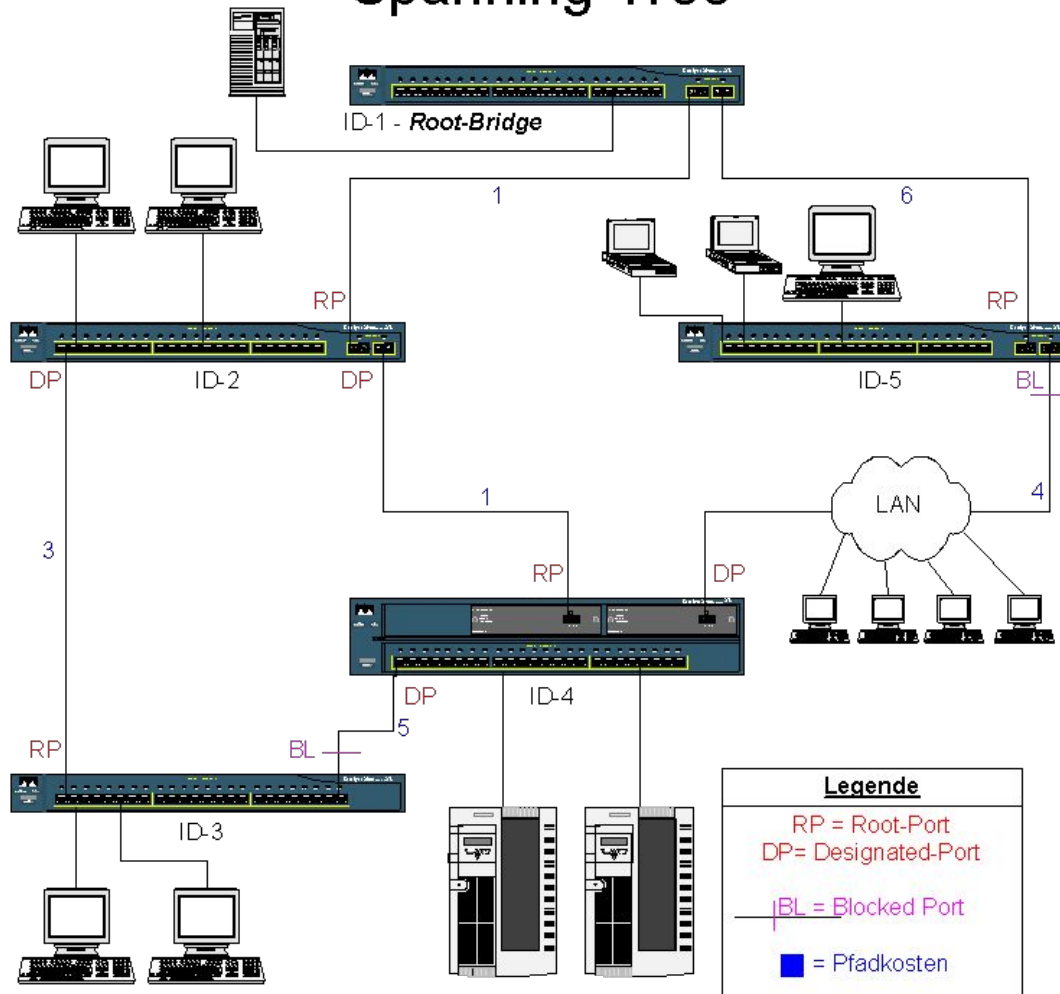


Gli switch sono in grado di "eliminare" gli anelli definendo uno "**spanning tree**", che è un sottoinsieme dei collegamenti:

- ★ che è senza anelli (i collegamenti formano quindi un albero);
- ★ che raggiunge tutti gli switch della rete.

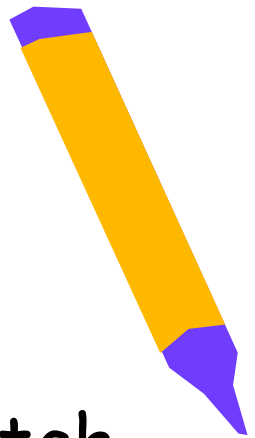


Spanning-Tree



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spanning_tree_topology.png

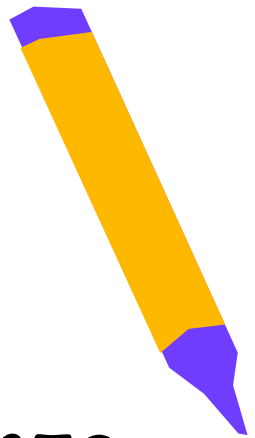
Spanning Tree



Per determinare lo spanning tree gli switch seguono tre passi:

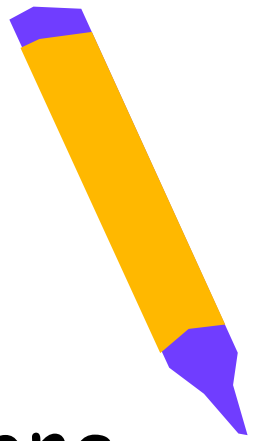
1. definizione del root switch (quello con l'indirizzo più basso);
2. lo spanning tree cresce aggiungendo via via gli switch che hanno distanza minore dal root;
3. le porte che non appartengono allo spanning tree vengono disabilitate.

Spanning Tree



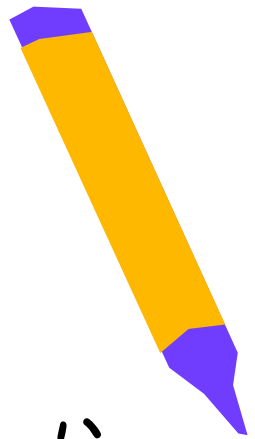
- Gli switch cominciano senza informazioni o configurazione iniziale
- Gli switch lavorano in parallelo tra di loro
- Gli switch cercano in continuazione la migliore soluzione, adattandosi ogni volta a modifiche nella rete

Spanning Tree



Gli switch mandano in continuazione aggiornamenti sulla propria configurazione contenenti il proprio indirizzo, l'indirizzo di quella che credono sia la root e la loro distanza da essa.

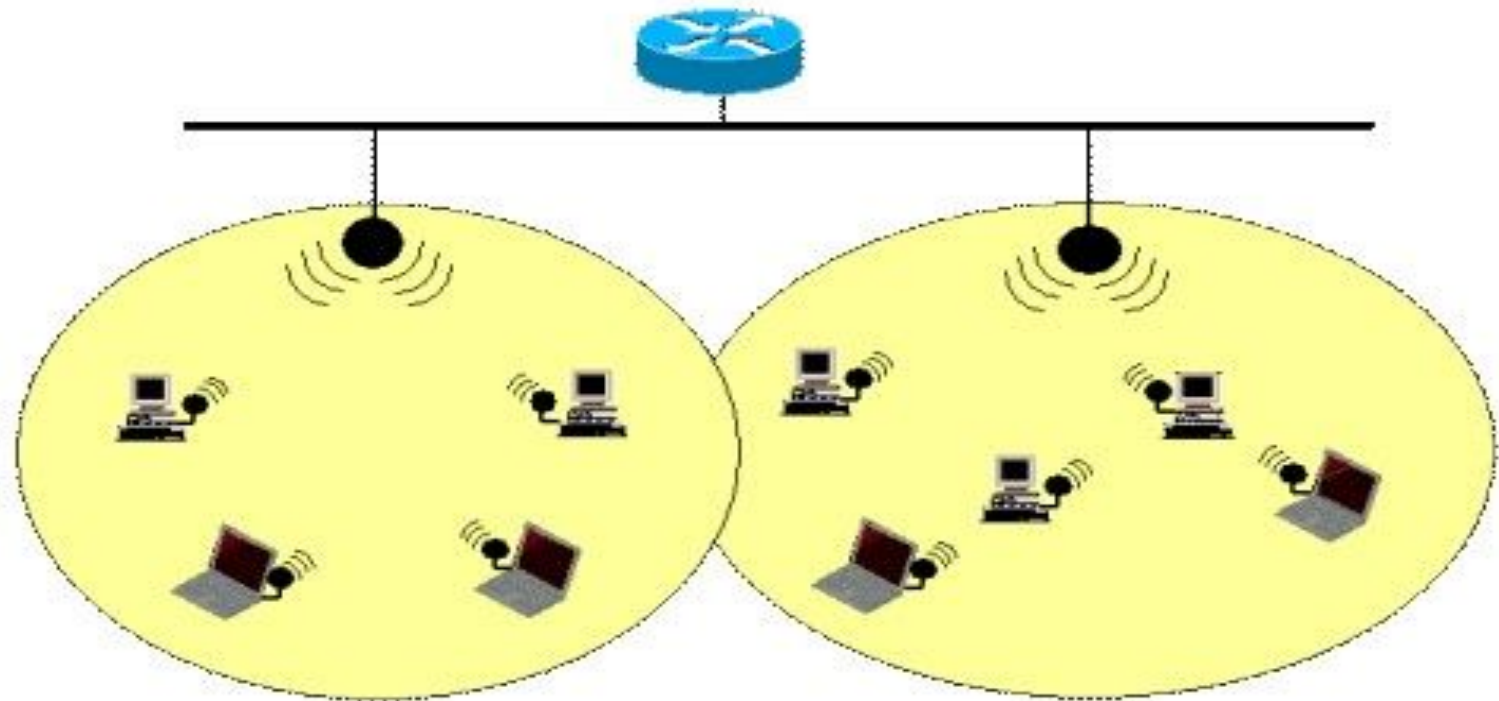
Spanning Tree



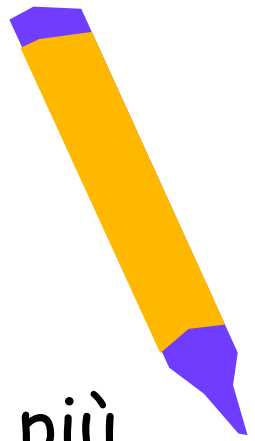
A ogni aggiornamento si verifica se c'è una radice migliore (indirizzo minore) o un percorso minore.

All'invio di un frame, ogni switch manda in via soltanto agli altri switch che sono collegati ad esso secondo lo spanning tree attuale.

802.11



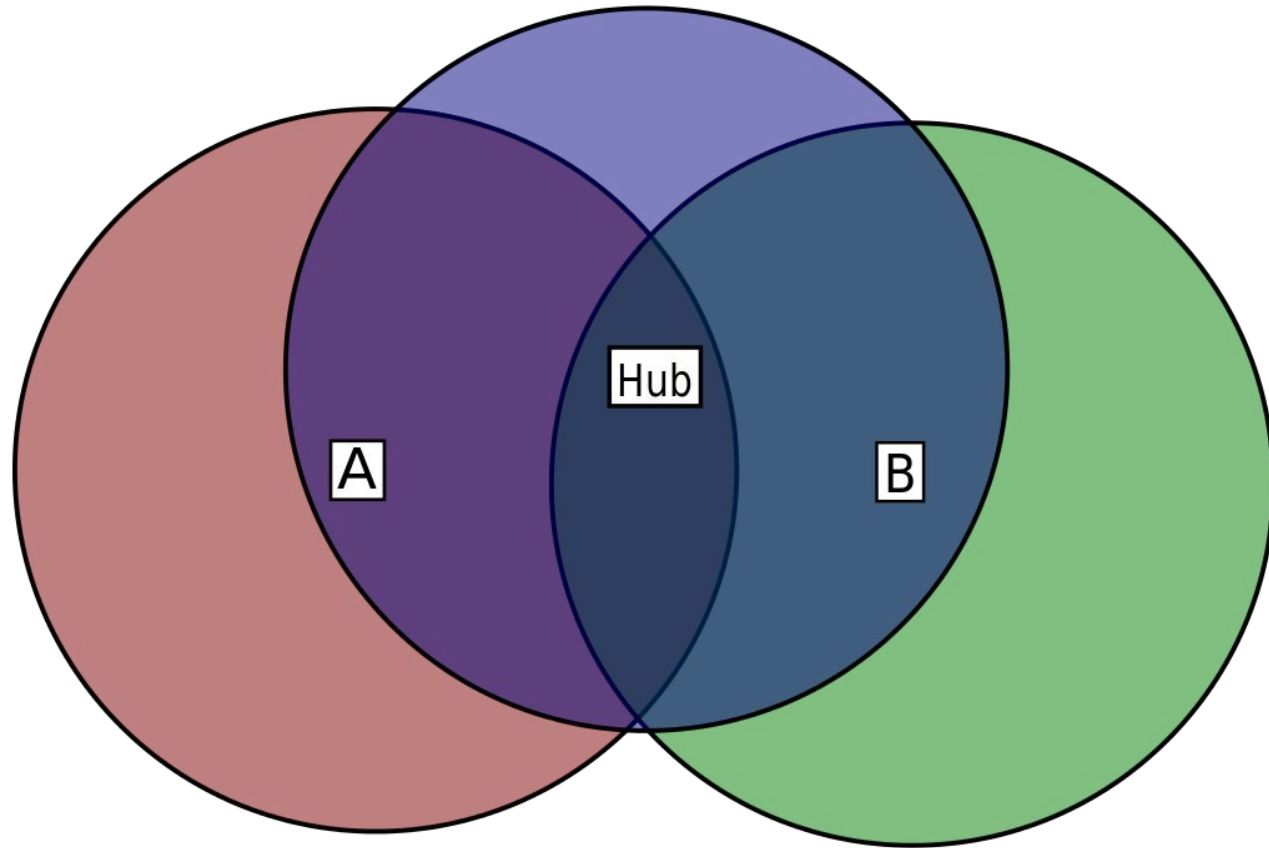
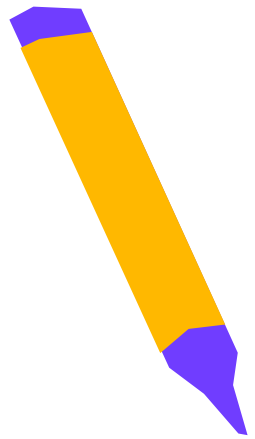
Standard 802.11 (reti wi-fi)



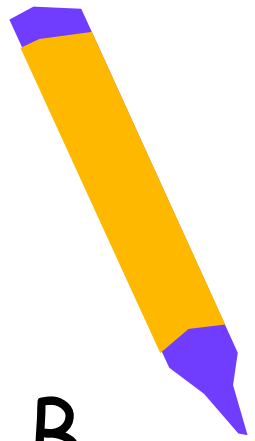
Nelle reti wireless gestire il MAC è più complesso che nelle reti cablate:

- le stazioni possono avere diverse aree di copertura, in relazione alla loro posizione;
- le stazioni non possono rilevare eventuali collisioni ascoltando mentre trasmettono, perché la potenza del segnale decade rapidamente con la distanza.

802.11: stazione nascosta



Stazione nascosta



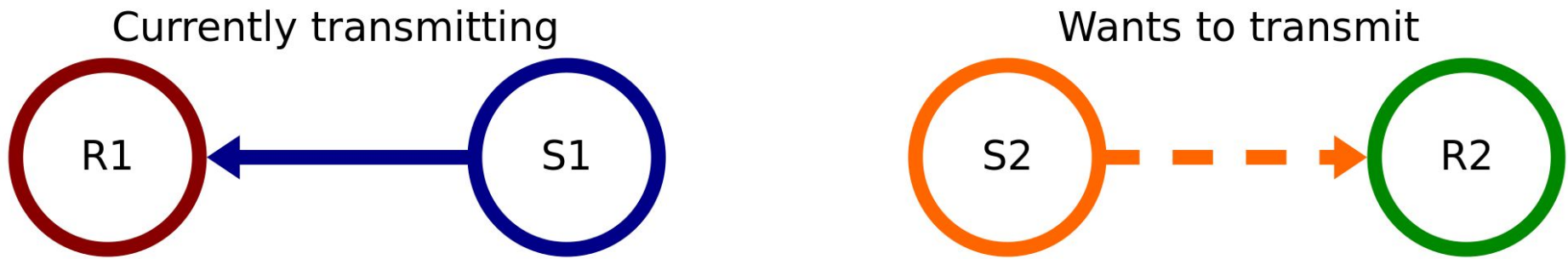
La stazione A è fuori dalla portata di B (nascosto rispetto ad A).

- B sta "parlando" con l'AP;
- A ascolta il canale e lo sente libero;
- A inizia a trasmettere;
- nella zona in cui si trova l'AP si verifica una collisione.

802.11: stazione esposta



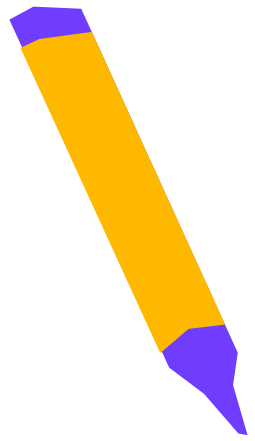
Exposed terminal problem



Broadcast ranges of each node

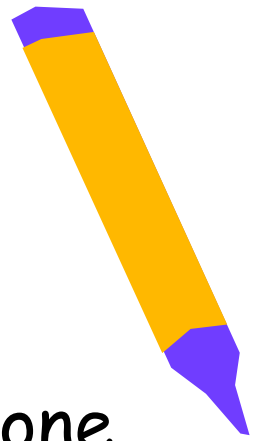


Stazione esposta



- S1 sta trasmettendo a R1;
- S2 (nella portata di S1 ma non di R1, stazione esposta) ascolta il canale e lo trova occupato;
- S2 non avvia la comunicazione verso R2, che però non disturberebbe la trasmissione in corso.

802.11: livello fisico

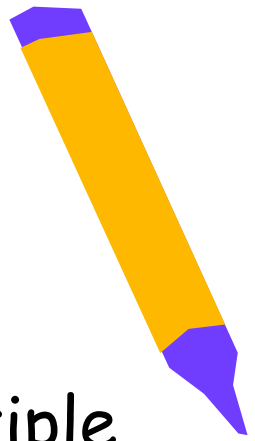


In 802.11 vengono usati canali la cui dimensione varia da 20 a 40 MHz.

Gli standard 802.11 b/g/n trasmettono usando bande di frequenza di circa 2.4 GHz mentre gli standard 802.11 a/n trasmettono usando bande di frequenza di circa 5 GHz.

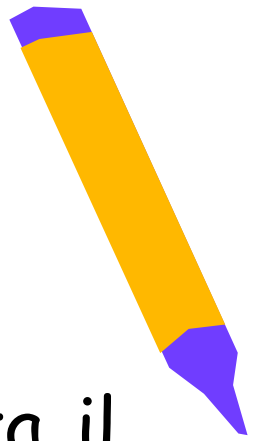
Viene inoltre utilizzata una tecnica OFDM che permette di variare l'ampiezza (e dunque la velocità) della trasmissione.

802.11: sotto-livello MAC



- Protocollo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance);
- trasmissione è affidabile con ARQ (Automatic Repeat reQuest), per evitare la perdita di frame;
- i frame hanno 3 indirizzi, sorgente, destinazione, AP;
- i frame indicano la propria durata;
- altro... , tra cui la crittografia.

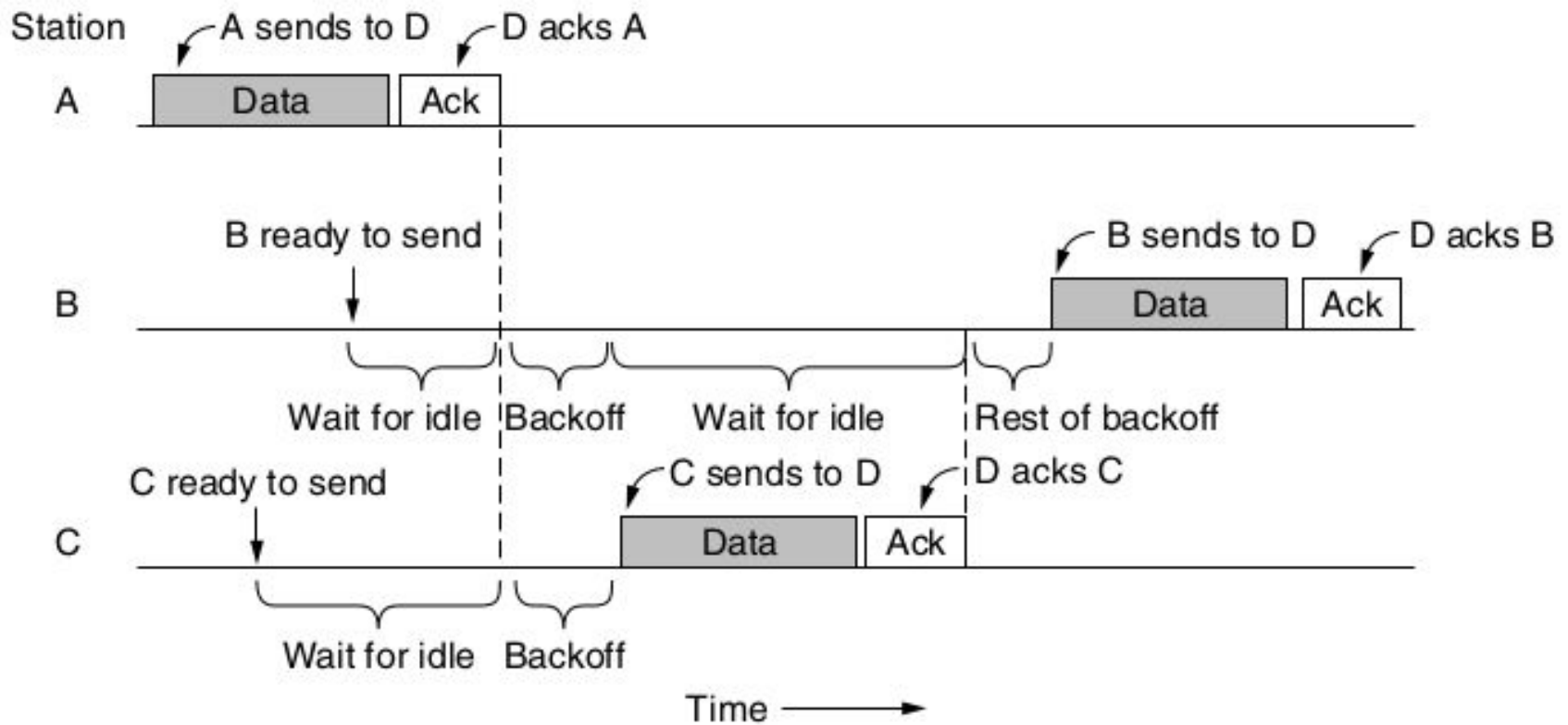
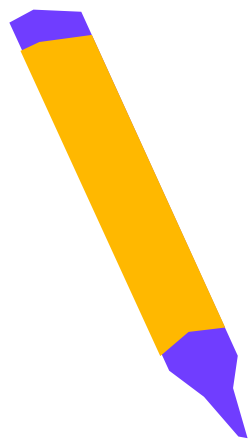
802.11: CSMA/CA



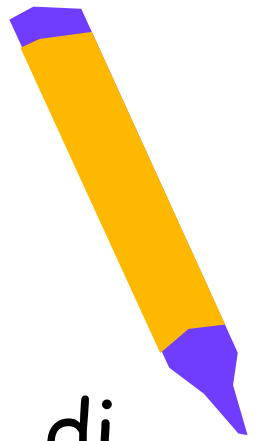
La stazione che vuole trasmettere ascolta il canale, se è libero trasmette altrimenti aspetta che si liberi.

Quando il canale si libera, la stazione prima di trasmettere inserisce un tempo d'attesa casuale, per ridurre la probabilità di collisione.

La stazione che riceve il frame risponde con ACK.



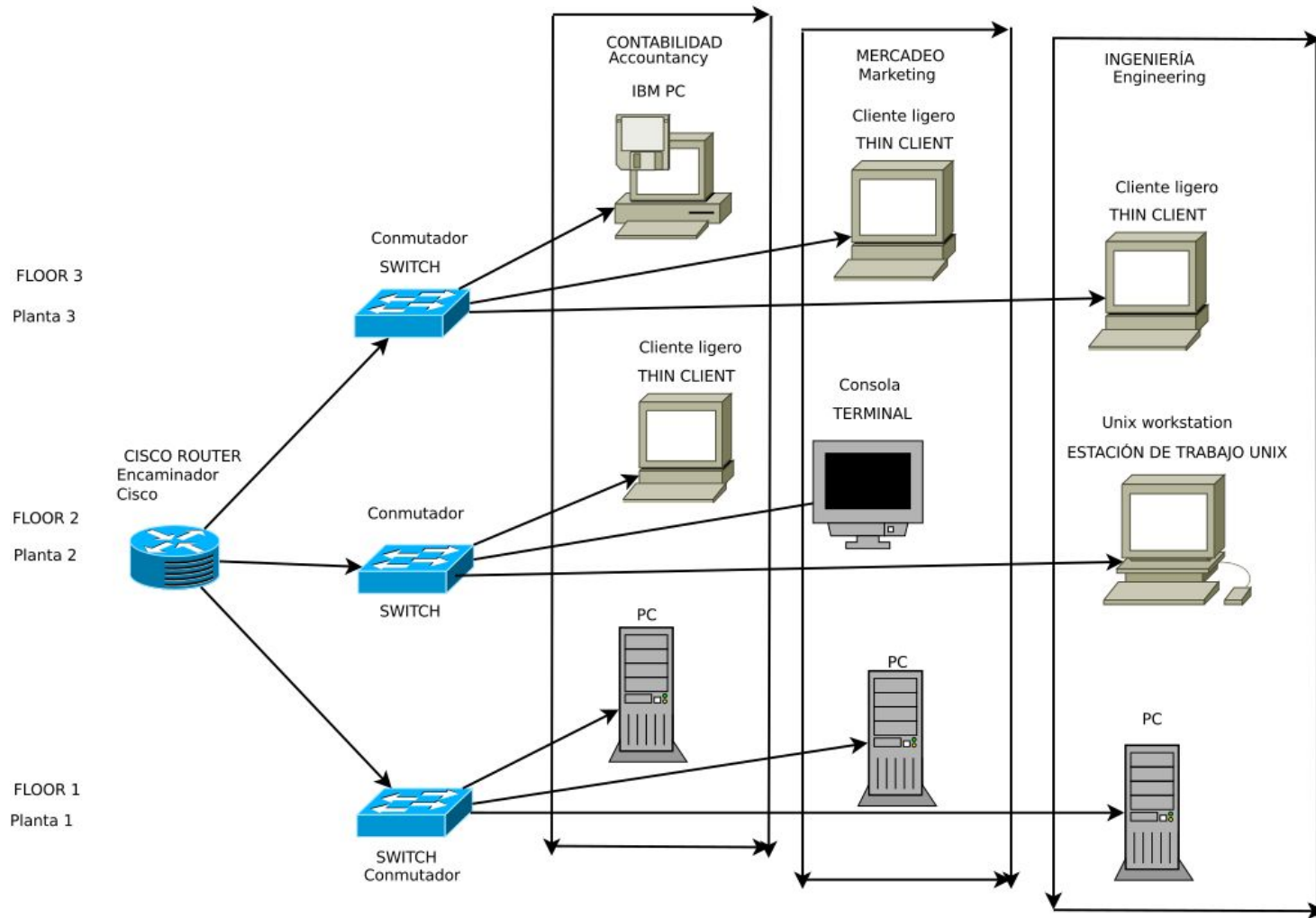
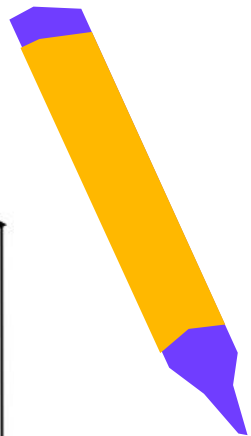
Virtual LAN (VLAN)

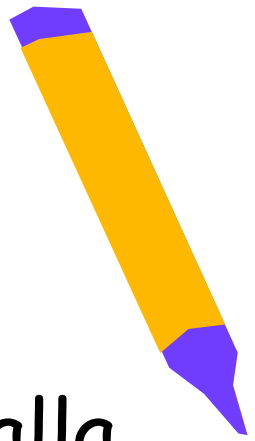


Il protocollo VLAN consente di separare la topologia fisica della rete dalla sua topologia logica.

Questo rende possibile realizzare due o più reti virtuali separate sulla stessa infrastruttura fisica, senza necessità di duplicazione degli apparati.

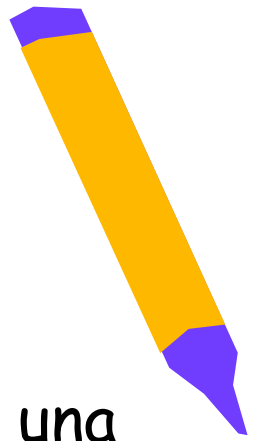
LAN VIRTUAL EN UN EDIFICIO DE 3 PLANTAS - THREE FLOOR BUILDING VIRTUAL LAN





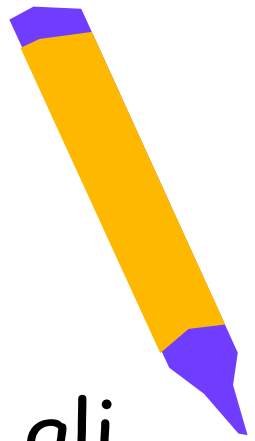
VLAN: motivazioni

La motivazione principale è legata alla sicurezza (ad es., è preferibile che il database del servizio amministrativo sia tenuto in un ramo distinto della rete locale, per minimizzare la possibilità di accessi non autorizzati).



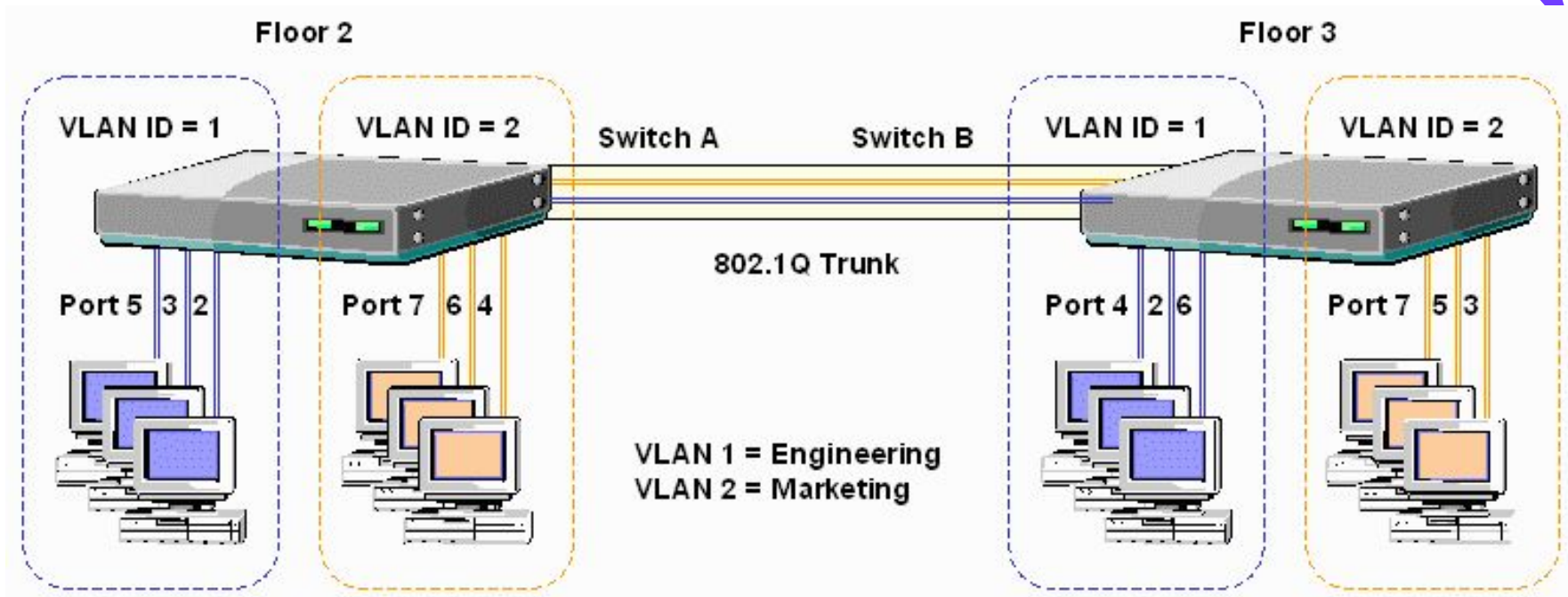
VLAN: funzionamento

- Ogni VLAN e' considerata dagli switch come una rete locale separata dalle altre;
- Lo switch sa a quali VLAN appartengono le sue porte mediante una tabella nota e configurata manualmente;
- I frame appartenenti ad una VLAN possono essere instradati solo sulle porte appartenenti a quella VLAN;
- Lo switch mantiene tabelle di instradamento separate per ogni VLAN, sostanzialmente comportandosi come uno switch multiplo



VLAN: funzionamento

- Le porte che collegano tra loro gli switch possono avere marcature multiple;
- In caso di trasmissione di un frame su una porta con marcatura multipla, questo deve essere incapsulato in un frame 802.1Q, inserendo un tag che specifica la VLAN di origine.



802.1/Q

