

# Ethernet

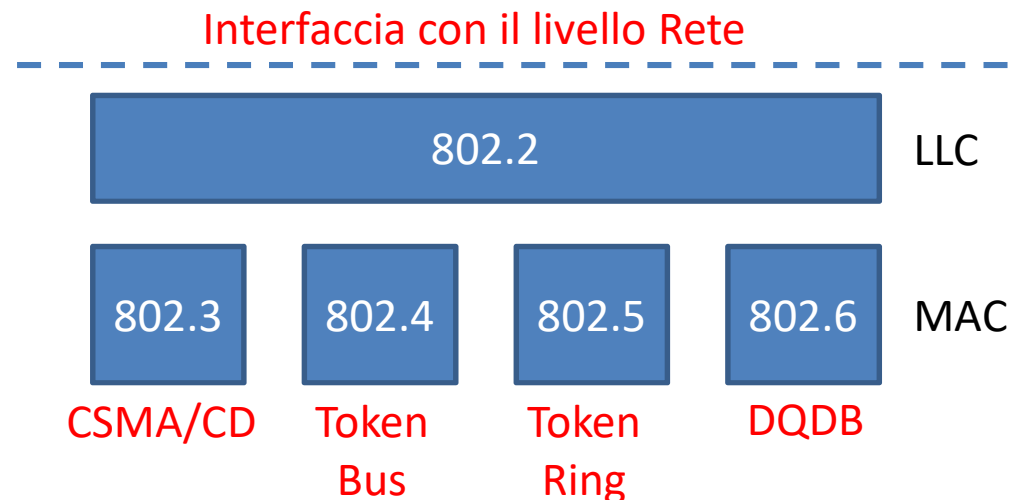
Il progetto 802

# Il comitato IEEE 802

- Il progetto della rete Ethernet iniziò nel 1972, presso la Xerox.
- Nel 1980 Xerox, Digital Equipment e Intel definirono un primo prodotto commercializzabile.
- Nel 1982 lo standard fu sostituito dalla versione 2.0, detta anche **Ethernet II** oppure dix (Digital, Intel, Xerox).
- Considerando le potenzialità di diffusione mondiale, Ethernet non poteva restare nelle mani di tre società private.
- Il ruolo di arbitro fu affidato all'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), un ente americano che riunisce scienziati, ingegneri e studenti e che nella prima metà degli anni Ottanta creò un comitato, identificato dal numero 802, il cui compito è di codificare tutti i tipi primari di rete locale, incluso naturalmente Ethernet.
- La prima formulazione ufficiale risale al 1983 con la pubblicazione del documento IEEE 802.3 in cui si definiscono le specifiche elettriche e fisiche per una rete Ethernet a 10 Mbit/sec su cavo coassiale.
- Il documento è stato perfezionato a più riprese, nel 1985 si è definito il metodo di accesso, poi altre versioni capaci di funzionare anche su cavi di tipo differente e a velocità diverse.

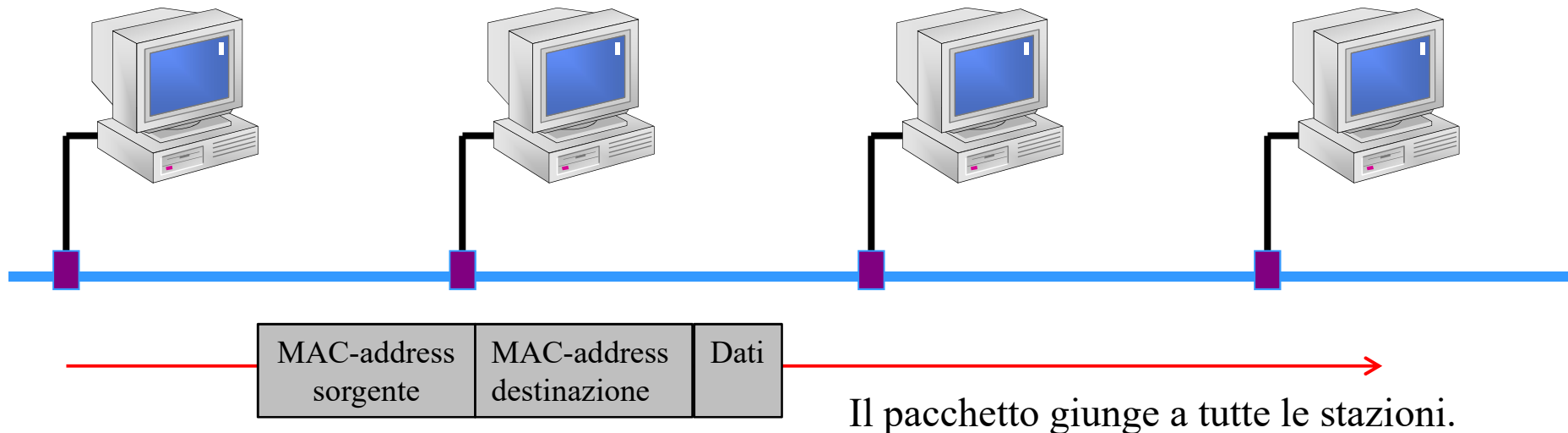
# Sottolivelli LLC e MAC

- I livelli 1 (fisico) e 2 (collegamento) del modello OSI sono realizzati sulla scheda di rete. Ma per le reti locali sono stati ridefiniti:
- Il livello LLC: Logical Link Control
  - È l'interfaccia comune presentata al livello 3 (Rete) per rendere la comunicazione indipendente dal mezzo
- Il livello MAC (Medium Access Control)
  - realizza in hardware l'algoritmo di accesso al mezzo



# Indirizzo MAC

- Una scheda di rete possiede un indirizzo univoco che viene usato per stabilire il mittente e il destinatario di un pacchetto.
- L'indirizzo Fisico di una scheda è detto MAC-address, ed è usato solo per la comunicazione tra stazioni appartenenti allo stesso segmento di rete locale.
- Le stazioni che risiedono su reti locali diverse, separate da un router, si scambiano pacchetti specificando un indirizzo IP.



# Indirizzo MAC

- Ogni scheda di rete dispone di un proprio indirizzo permanente, unico al mondo, espresso in numeri esadecimali e lungo 12 Byte.

FA:00:3C:12:34:56

- I primi 3 Byte di questo indirizzo indicano il costruttore. Ogni costruttore dispone di un proprio blocco di indirizzi.
- Gli altri 3 Byte vengono assegnati dal costruttore come numero seriale, scheda per scheda, così da creare una combinazione univoca

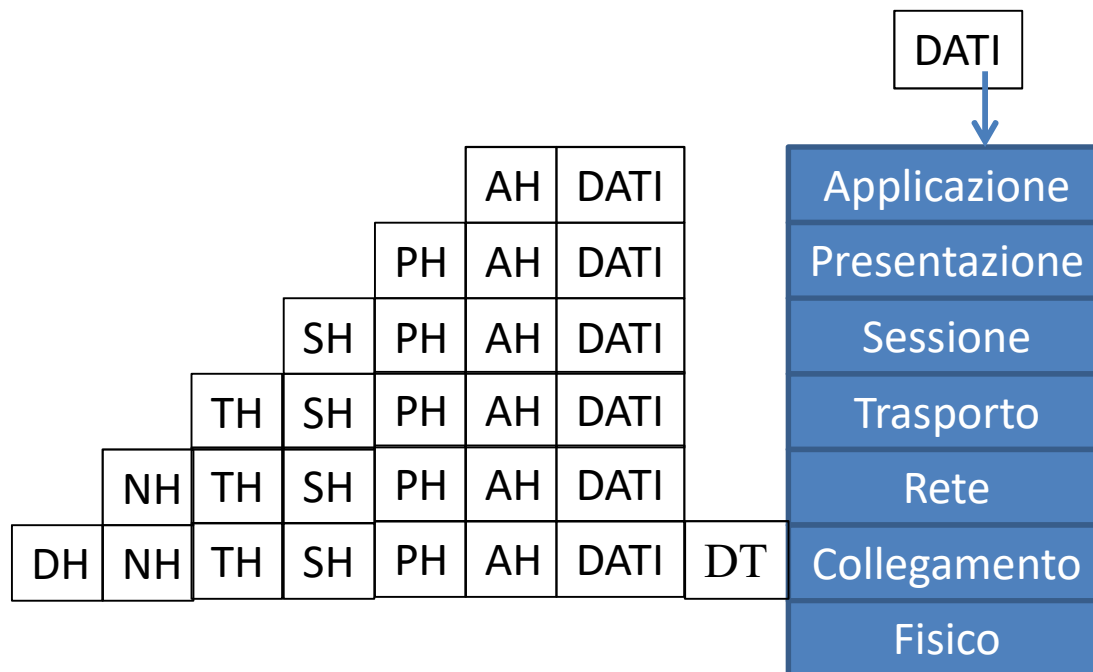
La stazione legge l'indirizzo dall'intestazione del pacchetto e lo confronta con il suo indirizzo fisico e quindi decide se scartare il pacchetto o passarlo ai livelli superiori.



# Protocolli

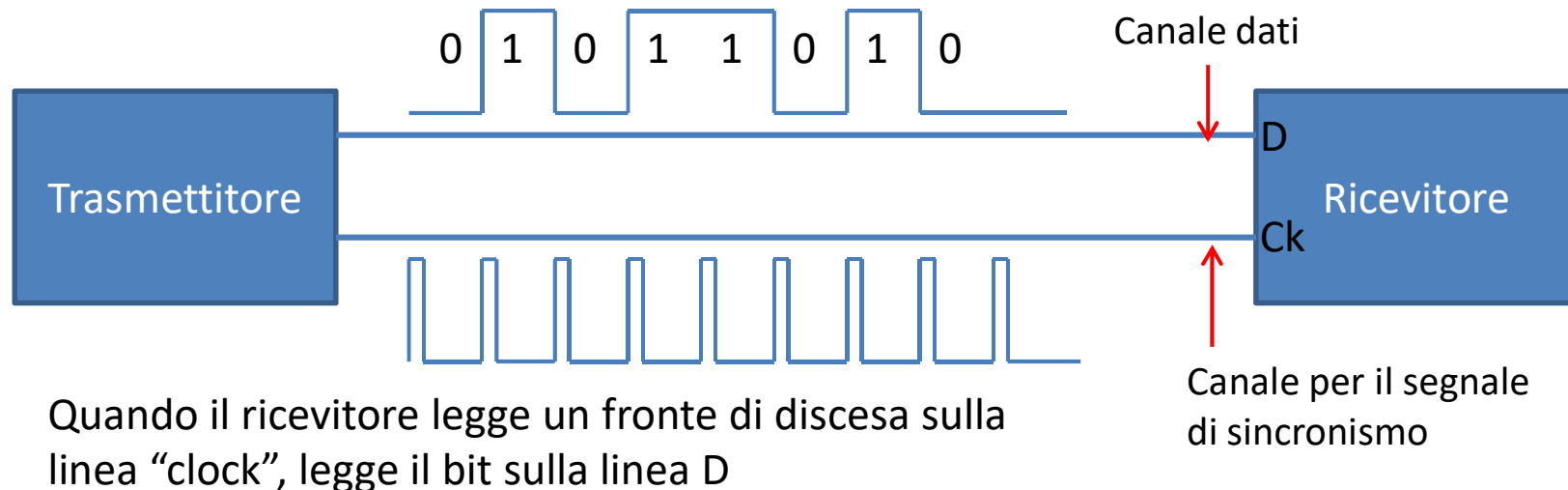
Ogni livello aggiunge un'intestazione al pacchetto ricevuto dal livello superiore, nella quale inserisce informazioni destinate al processo residente sullo stesso livello del livello destinatario.

**Il livello 2 aggiunge anche un Trailer (parte finale) al pacchetto, nel quale inserisce un codice per il rilevamento di errori.**



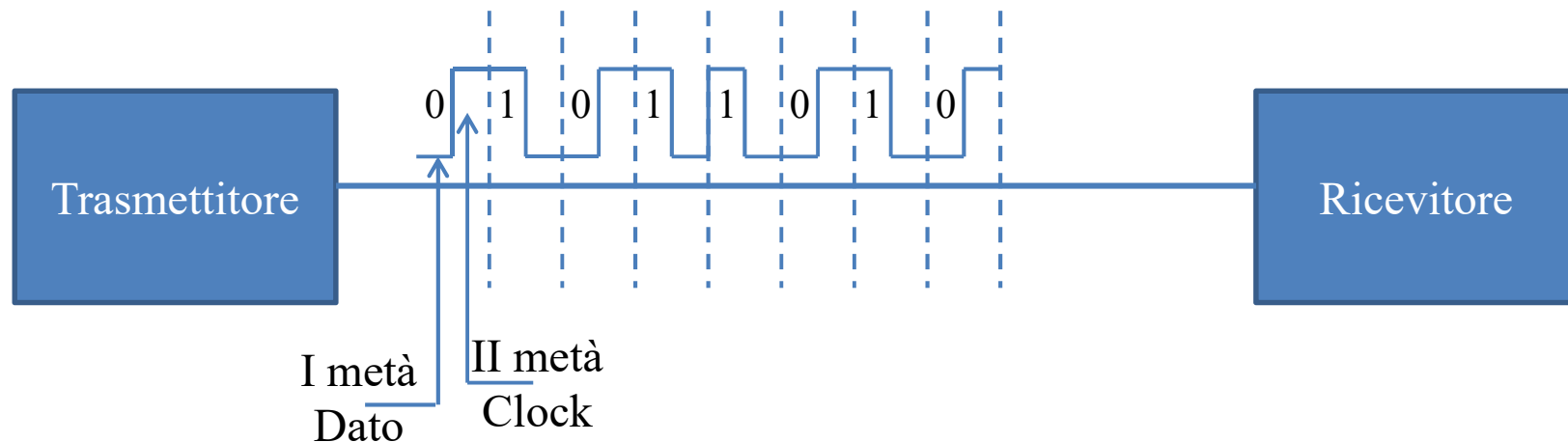
# Sincronismo

- Le stazioni, e i dispositivi di interconnessione intermedi, devono mantenere il sincronismo per tutta la durata della comunicazione.
- Il trasmettitore dovrebbe depositare il bit sul canale e avvertire il ricevitore, su un canale a parte, che il dato è disponibile



# Codifica di Manchester

- Il trasmettitore miscela i dati e il clock.
- Il ricevitore separa il clock ed estrae i dati.
- Nella codifica di Manchester, la durata di bit viene divisa in due parti:
  - nella prima metà si trasmette il dato,
  - nella seconda metà si trasmette la variazione

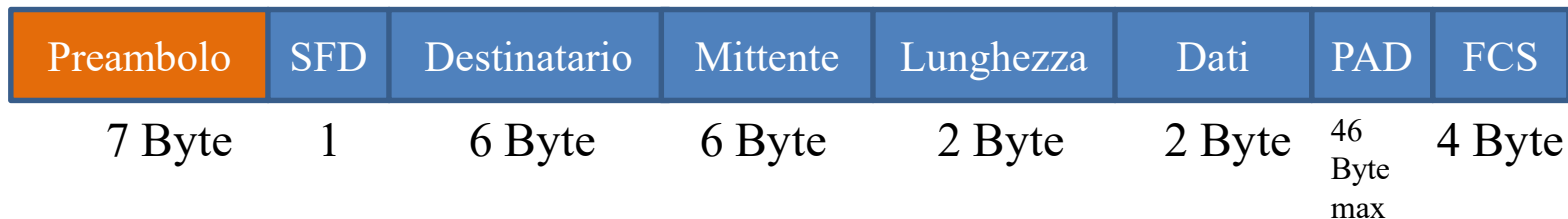




# Formato del Frame 802.3

- **Preambolo:** una sequenza di 56 bit alternati. Il ricevitore li usa per regolare la frequenza del proprio oscillatore.

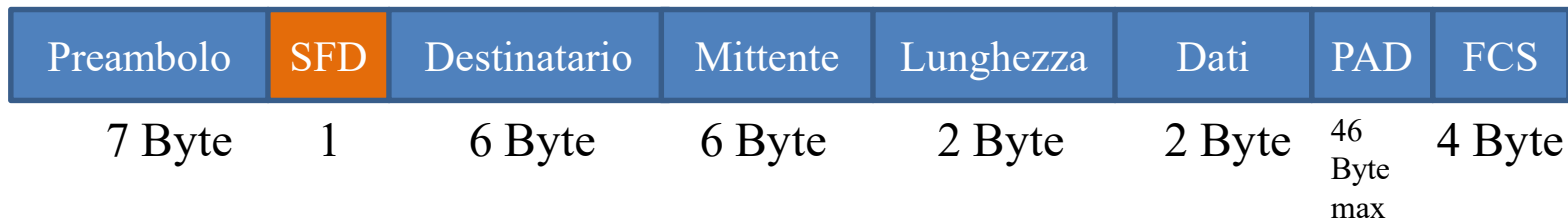
Trama 802.3



# Formato del Frame 802.3

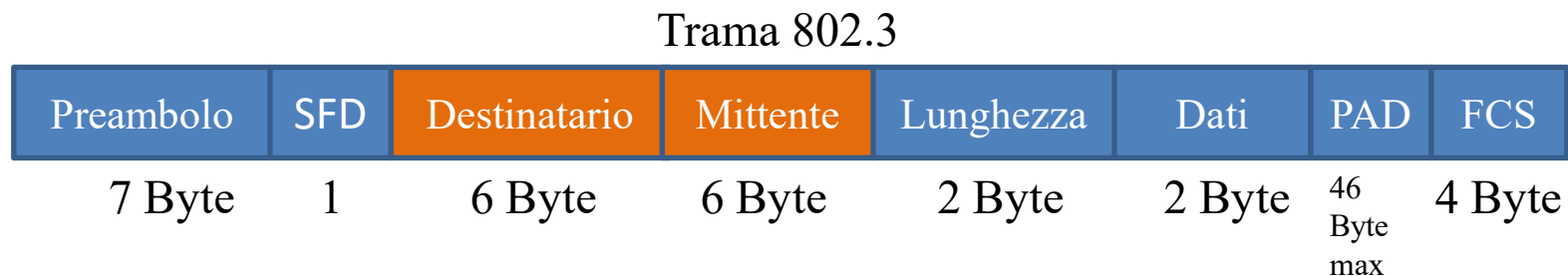
- **SFD**: un byte che indica la fine del preambolo. Questo è necessario perché, durante la taratura dell'oscillatore, il ricevitore potrebbe perdere dei bit e quindi non può fidarsi del conteggio.

Trama 802.3



# Formato del Frame 802.3

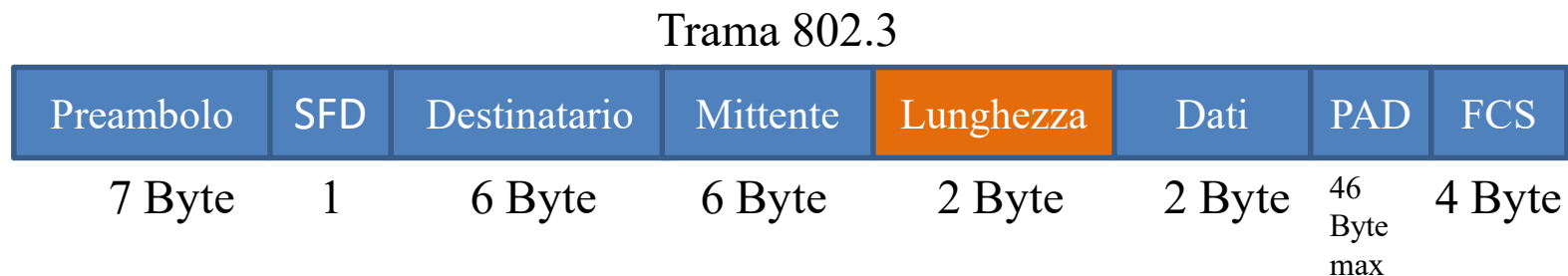
- **Destinatario, Mittente:**
  - Indirizzi MAC del destinatario e del mittente della trama.



# Formato del Frame 802.3

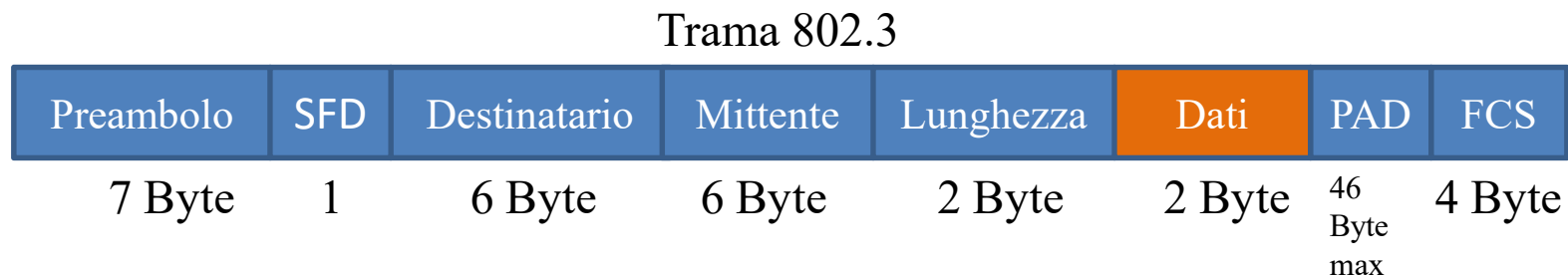
- **Lunghezza:**

Numero di byte presenti nel campo dati.



# Formato del Frame 802.3

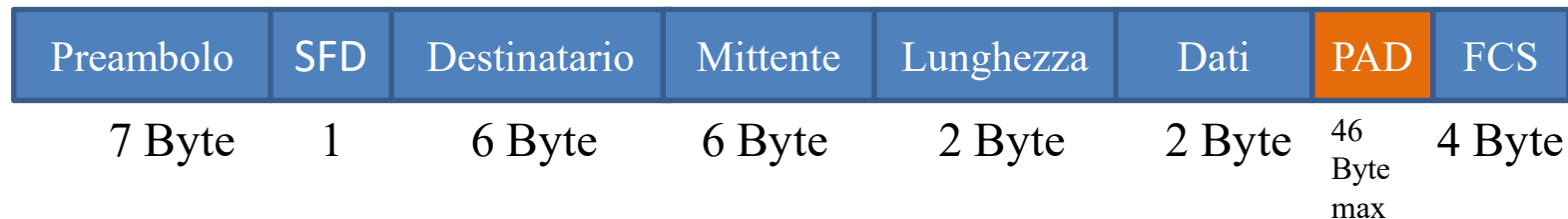
- **Dati:**
  - Il pacchetto ricevuto dal livello 3. La lunghezza del campo dati è al massimo 1500 Byte.



# Formato del Frame 802.3

- **PAD:**
  - Riempimento.
  - Se il campo dati ha lunghezza minore di 64 Byte, il campo PAD viene riempito con byte privi di significato.
  - Il ricevitore sapendo la lunghezza del campo dati potrà scartare i byte del campo PAD

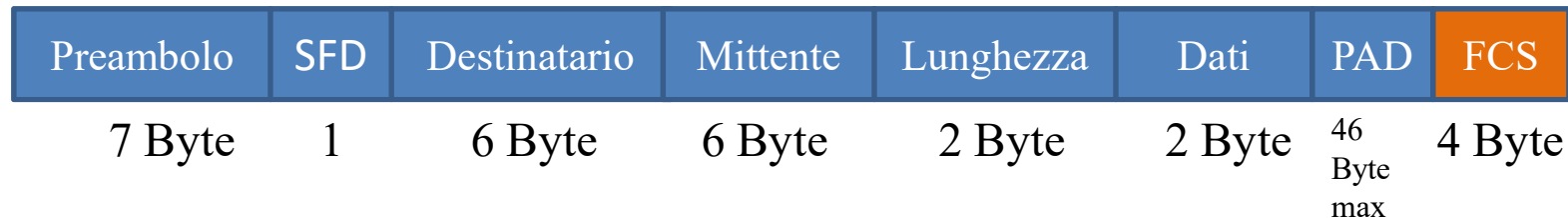
Trama 802.3



# Formato del Frame 802.3

- **FCS:**
  - Controllo degli errori.
  - In trasmissione, il mittente assume che tutti i byte della trama, escluso il preambolo e lo SFD, siano un numero. Calcola il resto della divisione di questo numero per un numero convenzionale e lo scrive nel campo FCS.
  - Il ricevitore effettua lo stesso calcolo sui byte ricevuti e confronta il risultato ottenuto con l'FCS ricevuto. Se risultano diversi la trama viene scartata.

Trama 802.3



# Riconoscimento degli errori

- Il livello 2 ha lo scopo di prevenire gli errori: la tecnica consiste nel considerare il valore numerico dei codici dei dati trasmessi e ad applicare su questi numeri delle operazioni (ad esempio la somma di tutti i codici numerici).
- Il risultato ottenuto viene inviato in coda al pacchetto in un campo detto FCS.
- Il ricevitore acquisisce i dati e somma i codici che riceve: se la somma è uguale al valore contenuto nel campo FCS allora il pacchetto è corretto, altrimenti il pacchetto è scartato
- Queste tecniche di riconoscimento degli errori ammettono che i disturbi agiscano a raffica su dati adiacenti e che sia estremamente improbabile che un disturbo alteri i dati e produca una nuova configurazione dei dati i cui codici forniscono ancora lo stesso risultato



# Inter Frame Spacing

- Una stazione che ha più trame da trasmettere, deve lasciare una pausa tra una trama e la successiva di almeno 96 bit.
  - In questo modo, la stazione non usa il canale in modo continuativo, ma consente ad un'altra stazione di impegnare il canale.
- Per una velocità di trasmissione di 10 Mb/s, la pausa di 96 bit corrisponde a  $9,6\mu\text{s}$

# Throughput

- L'intensità del traffico sul canale deve essere opportunamente regolata per evitare di congestionare la rete.
- Assumendo
  - $v=10\text{M/s}$
  - la trama di lunghezza minima è lunga
    - 64 Byte +
    - 7 byte per il preambolo +
    - 1 byte per l'SFD +
    - la pausa di 12 Byte =
    - 84 byte,
- la massima quantità di trame in un secondo è:

$$f = \frac{\text{Numero di bit in un secondo}}{\text{Dimensione della trama}} = \frac{10 \text{ Mb}}{84 \cdot 8} = 14880 \text{ frame/s}$$

I dispositivi di rete (router, switch) hanno una capacità di elaborazione dei pacchetti molto inferiore, quindi, in condizioni di un elevato flusso di pacchetti, si creano dei ritardi nella consegna, oppure, se le code sono piene i router potrebbero scartare i pacchetti entranti

# Riconoscimento delle collisioni

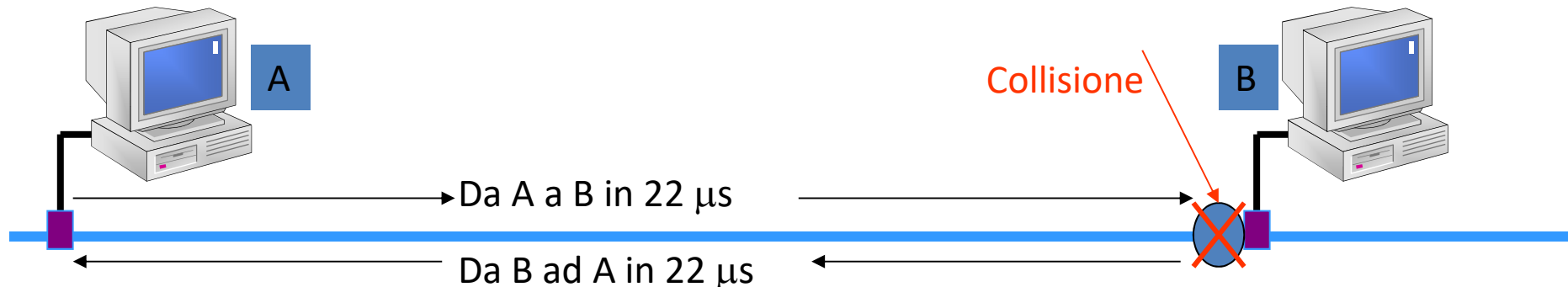
- Una stazione A che deve trasmettere dati, se sente il canale occupato aspetta che la trasmissione in corso termini.
- Se intanto un'altra stazione B ha bisogno di trasmettere, sentendo il canale occupato, anch'essa passa in attesa.
- Al termine della trasmissione le due stazioni A e B tenteranno di trasmettere, ma dopo un po' si accorgeranno che sono entrate in collisione e si fermano.
- Per risolvere la collisione le due stazioni generano un tempo casuale di attesa (indipendentemente): una delle due estrarrà un tempo minore e proverà a trasmettere, quella che estrarrà il tempo maggiore troverà il canale occupato.
- Esiste però una piccola probabilità che entrambe generino lo stesso tempo casuale ed entreranno nuovamente in collisione. Il procedimento di estrazione di un tempo casuale si ripete al massimo 16 volte, se si verifica sempre collisione si sospende definitivamente ogni tentativo di trasmissione ritenendo che il canale sia guasto.

# Le collisioni

- La condizione fondamentale per riconoscere le collisioni è che la stazione ascolti il canale mentre trasmette e confronta ciò che trasmette con ciò che riceve.
- Dopo la collisione le stazioni trasmittenti emettono una sequenza di bit (jamming) per avvertire tutte le stazioni che i dati sul canale appartengono a una collisione e quindi devono essere scartati.
- La presenza di collisioni riduce il flusso di pacchetti:
- Il fenomeno delle collisioni riduce la velocità effettiva fino al 30% di quella di progetto perché dopo una collisione il canale è inutilizzato per un certo tempo.
- Inoltre una stazione potrebbe essere ripetutamente sfavorita durante la contesa del canale per cui non è possibile prevedere un tempo di attesa massimo.
- Per questo motivo la rete 802.3 non è adatta per applicazioni in tempo reale, dove per definizione il sistema deve rispondere a un evento entro un tempo finito.

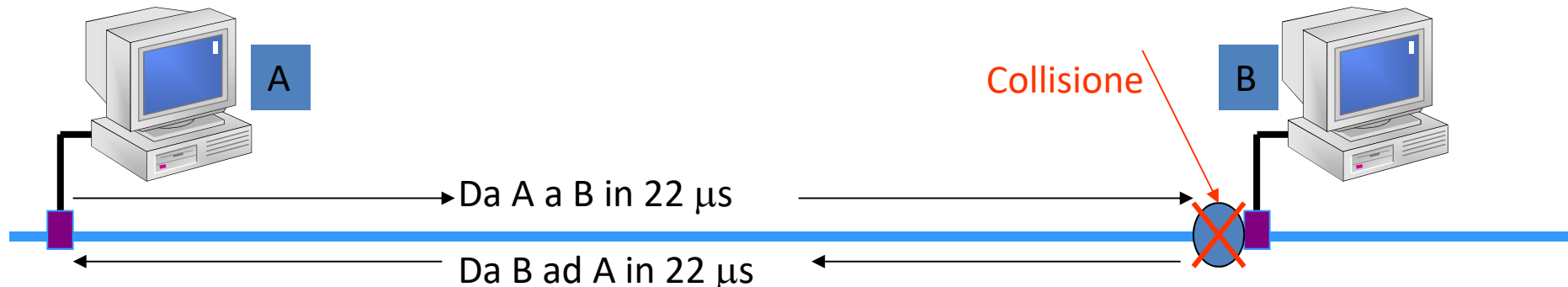
# Round Trip Time

- La velocità di trasmissione progettata ha alcune conseguenze:
- Il progetto impone che un pacchetto deve raggiungere il destinatario in circa  $22\text{ }\mu\text{s}$ .
- Mentre il pacchetto viaggia da A verso B la stazione B sente il canale libero e inizia a trasmettere. Nel caso peggiore B potrebbe iniziare a trasmettere mentre il primo bit del pacchetto inviato da A sta per essere ricevuto. Per riconoscere la collisione i circuiti sulla scheda di rete confrontano ciò che si sta trasmettendo con ciò che si sta ricevendo. Passano altri  $3\text{ }\mu\text{s}$ .
- B ferma subito la sua trasmissione, ma A non si è ancora accorta della collisione e continua a trasmettere.
- A si accorge della collisione quando i dati generati da B giungono ad A, e cioè dopo almeno  $22\text{ }\mu\text{s}$  (da A a B) +  $22\text{ }\mu\text{s}$  (da B ad A) + tempo per riconoscere la collisione =  $50\text{ }\mu\text{s}$



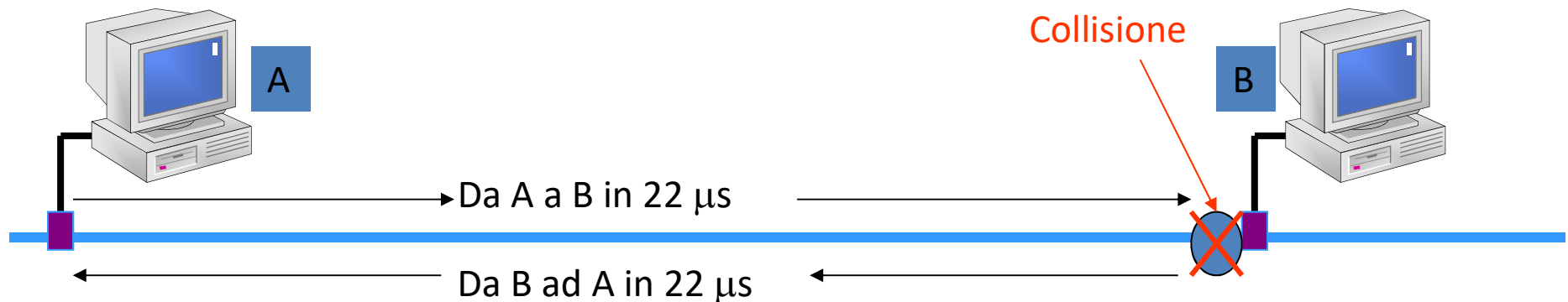
# Distanza massima tra le stazioni

- Supponendo di trasmettere 10 Mbit/sec, si calcola che un bit dura  $0,1 \mu\text{s}$ . Inoltre nel mezzo in rame il segnale si propaga a circa  $2/3$  della velocità della luce, cioè si propaga a  $200 \times 10^6 \text{ m/s}$ .
- Nel tempo assegnato di  $22 \mu\text{s}$  il fronte del pacchetto percorre la distanza:  
$$d = \text{velocità} \times \text{tempo} = 200 \times 10^6 \text{ m/s} \times 22 \times 10^{-6} \text{ s} = 4400 \text{ metri}$$
- Se le stazioni sono separate da più di 4400 metri di cavo in rame lo standard 802.3 non garantisce il corretto funzionamento.
- L'estensione massima di 4,4 Km non è raggiungibile a causa dell'attenuazione del segnale sul cavo. L'introduzione di ripetitori per rigenerare il segnale non risolve il problema perché questi introducono un ritardo nel propagare i pacchetti, riducendo ulteriormente la massima estensione.



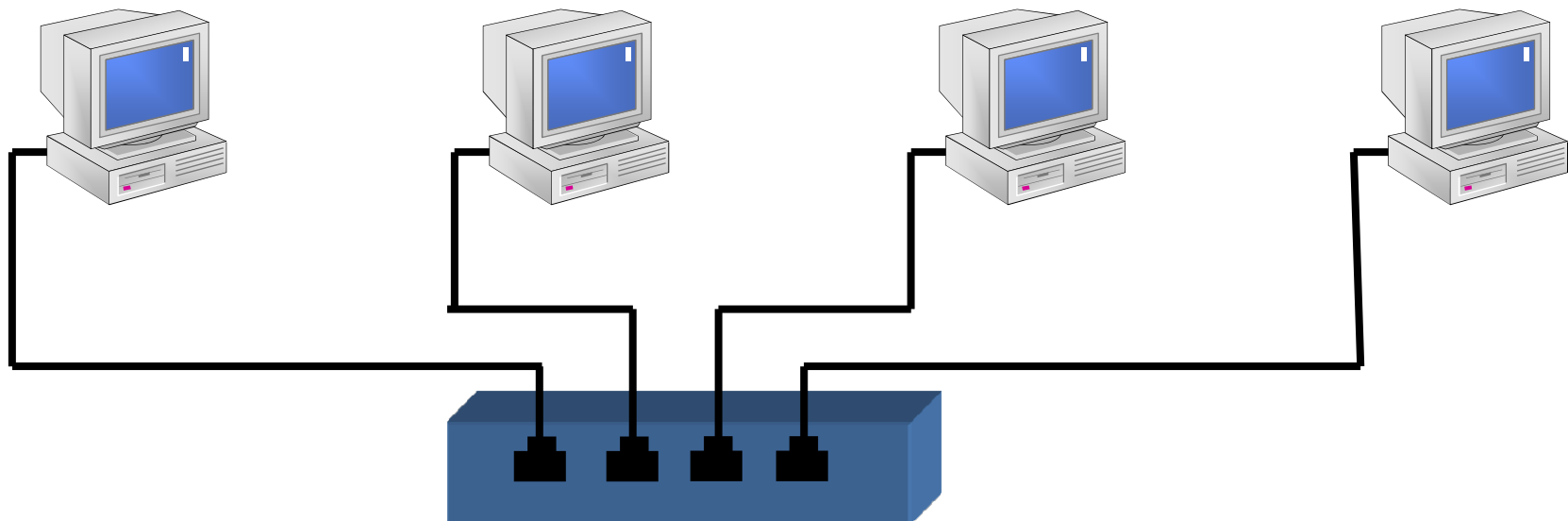
# Lunghezza minima del pacchetto 802.3

- Affinché la stazione A possa riconoscere una collisione deve ancora trasmettere quando le arriva il pacchetto inviato da B, perché confronta ciò che trasmette con ciò che contemporaneamente riceve.
- La trasmissione di A deve durare al minimo  $50\text{ }\mu\text{s}$ . In tale tempo, alla velocità di  $10\text{ Mbit/sec}$  la stazione trasmette  $500\text{ bit}$  che corrispondono a  $512/8 = 64\text{ byte}$ .
- Un pacchetto 802.3 non deve avere lunghezza inferiore a  $64\text{ byte}$ .
- Due stazioni separate da uno o più HUB possono entrare in collisione, mentre due stazioni separate da switch non possono entrare in collisione.



# Il concentratore

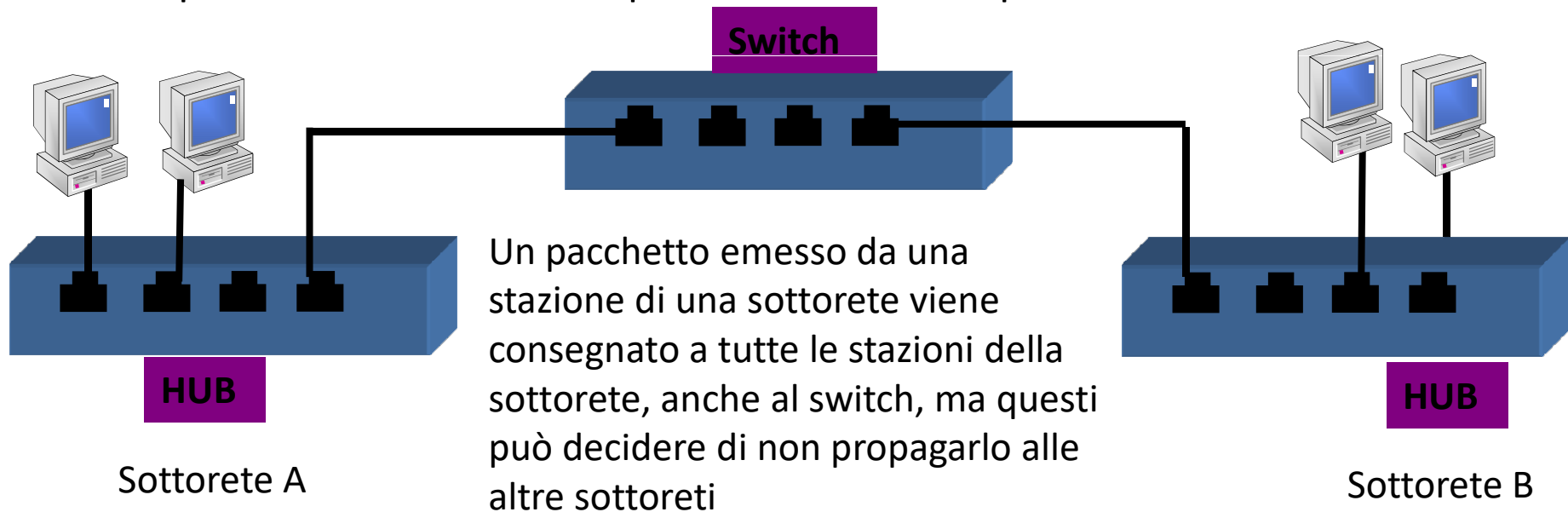
- La rete 802.3 usa una topologia logica a bus su una topologia fisica a stella con centro stella passivo (l'HUB).
- I pacchetti che l'HUB riceve su una porta vengono rigenerati e ripetuti su tutte le porte
- Le collisioni avvengono al centro stella (nell'HUB) non più sul mezzo
- L'HUB isola le porte sulle quali si verificano più di 30 collisioni consecutive.
- L'HUB svolge solo funzioni di livello fisico, non legge l'intestazione dei pacchetti: tutte le stazioni separate da HUB sono nello stesso dominio di collisione.





# Switch

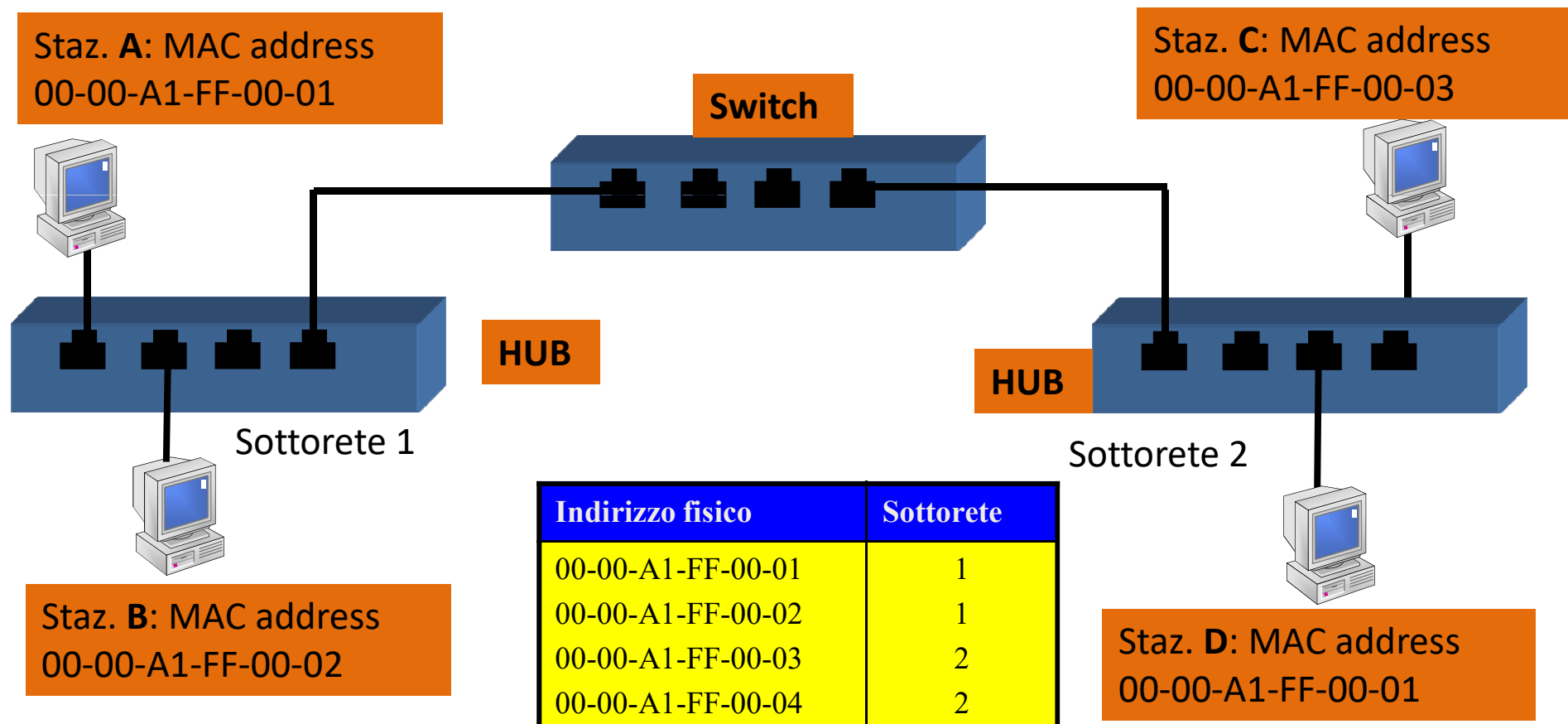
- Una rete può essere divisa in sottoreti separando i domini di collisione. Il switch opera a livello 2 del modello OSI, anche se implementa funzioni di livello 3.
- È considerato di livello 2 perché il comitato 802 si occupa di standardizzare tale livello.
- Il switch è in grado di leggere l'intestazione dei pacchetti e può decidere se un pacchetto deve essere ripetuto su una certa porta o meno.



**Il switch tiene separato il traffico delle sottoreti**

# Segmentazione della rete

- Il switch legge l'indirizzo di provenienza di un pacchetto e *apprende* che una stazione è raggiungibile sulla porta da cui ha ricevuto il pacchetto quindi inserisce una riga nella tabella di instradamento.



# Instradamento

Quando il switch riceve una trama su una delle proprie porte o interfacce, ha quattro alternative.

- Se l'indirizzo di destinazione appartiene a una macchina che si trova sullo stesso segmento da cui la trama arriva, il switch scarta la trama.
- Se l'indirizzo di destinazione si trova su un segmento diverso rispetto a quello da cui la trama arriva, il switch la invia sul segmento di destinazione.
- Se l'indirizzo di destinazione indicato non compare in alcun modo all'interno della tabella di instradamento (forwarding Table) la trama viene spedita a tutte le reti oppure a tutti i segmenti a cui il switch è collegato, con la sola eccezione di quello da cui è arrivata. Questa operazione si chiama flooding (allagamento).

Nel caso in cui la trama sia indirizzata a una rete che usa un sistema diverso nel confezionare le trame il switch dovrà anche eseguirne la traduzione.

- Se infine la trama è destinata al switch medesimo, viene intercettata e consegnata ai circuiti interni che dovranno interpretarla.

# Servizi con conferma

- Una stazione trasmittente invia un pacchetto dati e attiva un Timer
- Il ricevitore acquisisce il pacchetto, ne verifica l'integrità (calcolando il campo FCS) e, se corretto, lo accetta e invia una risposta di conferma invitando il trasmettitore a inviare il pacchetto successivo.
- Il trasmettitore ricevuta la conferma invia il pacchetto successivo e attiva il Timer.
- Se per ipotesi scade il timer e il pacchetto di conferma non è arrivato (o perché si è perso o danneggiato il pacchetto dati o si è perso il pacchetto di conferma) il trasmettitore ripete l'invio del pacchetto.

