

Reti in Area Locale (LAN)

Prof. S. Marano

Università della Calabria

A.A. 2012-2013

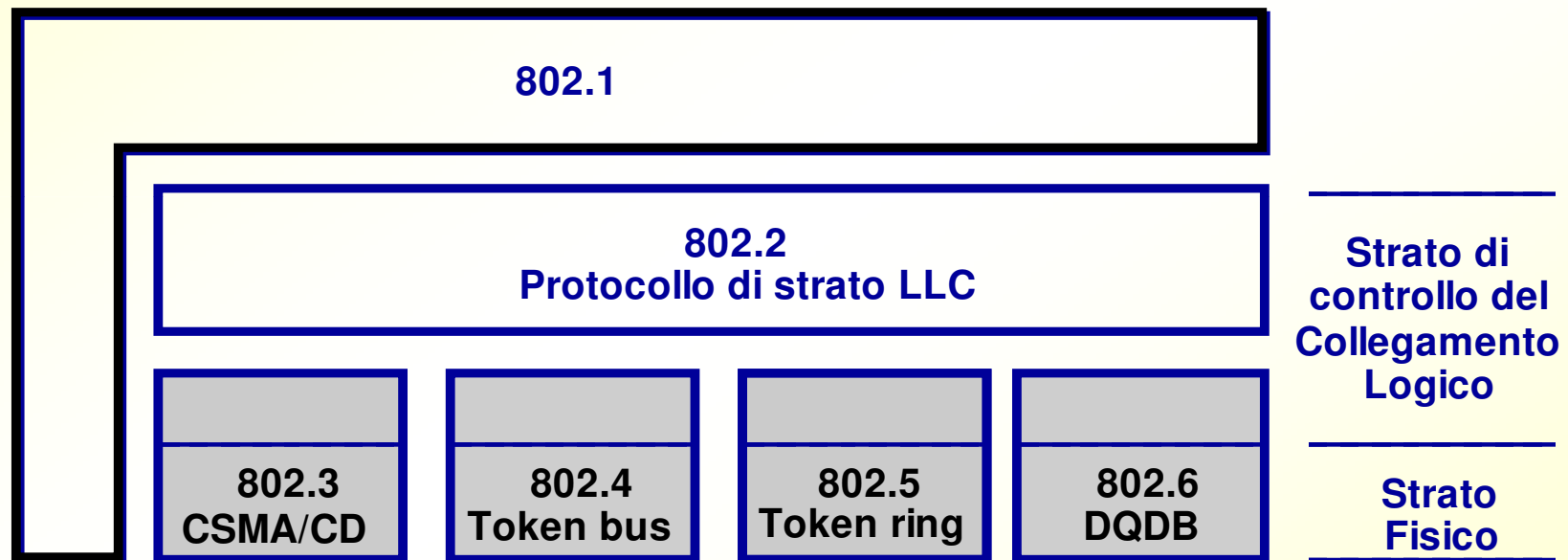
LAN - Standard IEEE 802

STANDARD IEEE 802

- Quando cominciarono a diffondersi le prime **LAN**, l'**IEEE** attivò il "progetto IEEE 802" con lo scopo di standardizzare tali reti.
- L'IEEE 802 introduce l'idea che le **LAN** devono fornire un'interfaccia unificata verso il livello rete, pur utilizzando tecnologie trasmissive diverse. Perciò, l'IEEE 802 **suddivide il livello** Data Link **in due sottolivelli**:
 - **LLC** (*Logical Link Control*) che svolge funzionalità di recupero degli errori, controllo di flusso, gestione della connessione logica;
 - **MAC** (*Media Access Control*) che svolge funzionalità di controllo di accesso, indirizzamento, strutturazione delle informazioni in 'trame' e delimitazione di quest'ultima, controllo di errore.

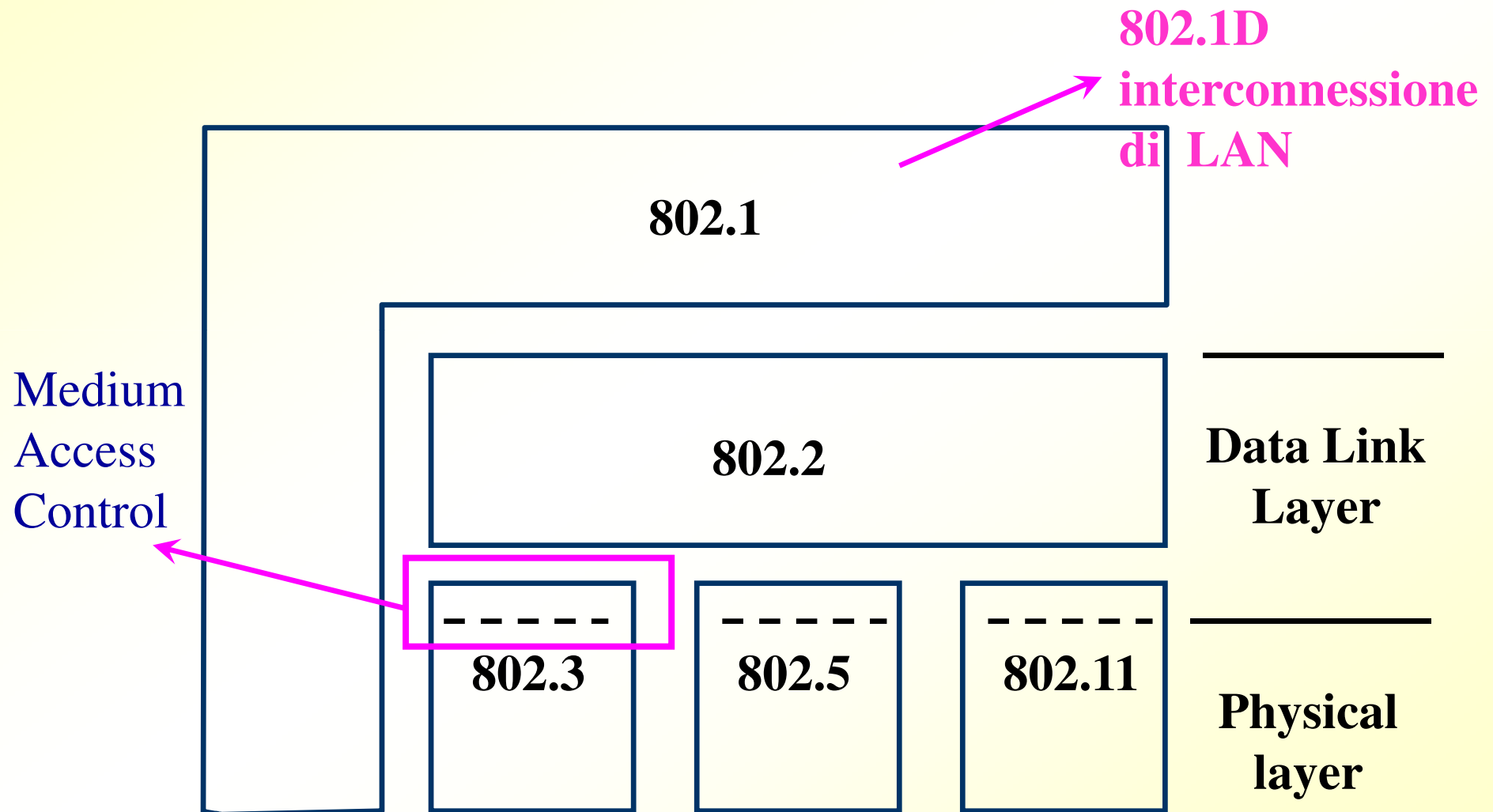
STANDARD IEEE 802

- **Organizzazione degli standard**



Standardizzazione delle reti locali

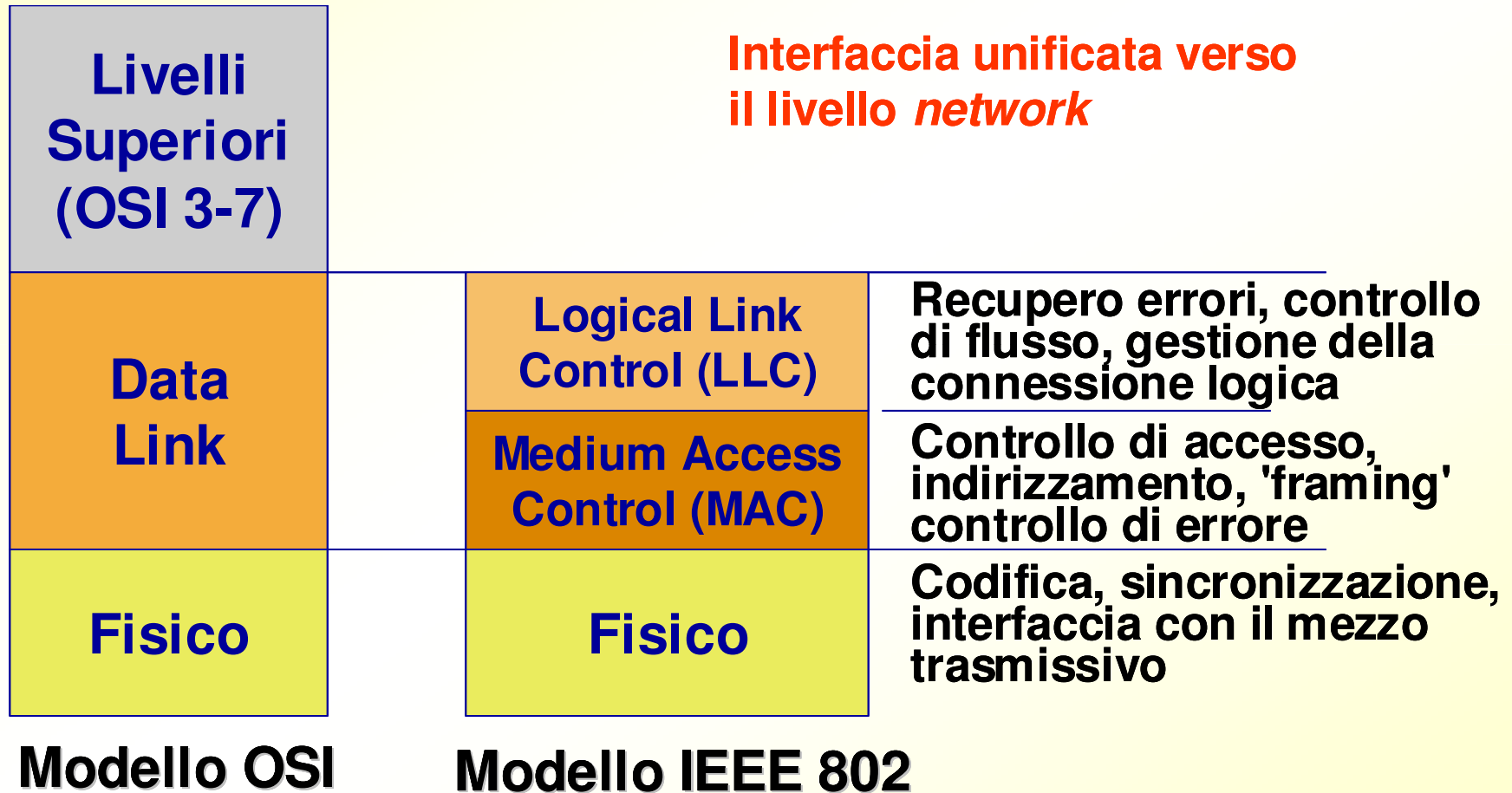
- **Comitato di standardizzazione IEEE 802**



STANDARD IEEE 802

- Il sottolivello LLC è ***comune a tutte le*** tipologie di LAN
- Il sottolivello MAC è **di tipo diverso in funzione del tipo di *protocollo di accesso* utilizzato, così come il LIVELLO FISICO (*codifica, sincronizza ed interfaccia il mezzo trasmissivo*) al quale è strettamente associato, che dipende dal protocollo di MAC, dal bit rate della rete e dal tipo di portante fisico utilizzato.**

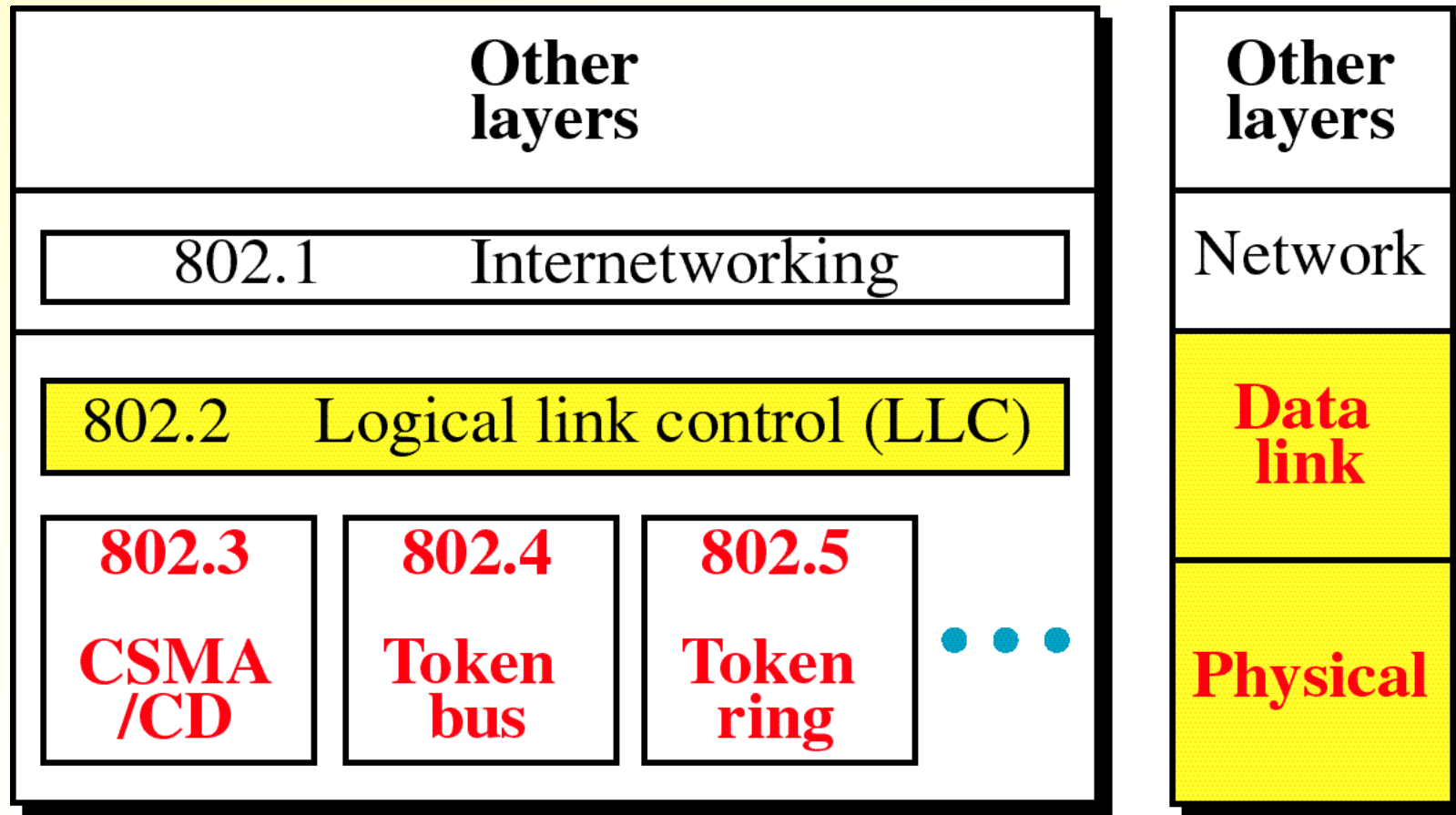
IEEE 802 vs OSI



Il Modello IEEE 802

- **Risultato di tale lavoro è stato la definizione del modello di riferimento per i protocolli che prende il nome di modello IEEE 802.**
- **Il “*progetto IEEE 802*” ha inizialmente previsto 6 comitati di lavoro i cui risultati sono costituiti dagli standard:**
 - *802.1 Overview, Architecture, Bridging and Management*
 - *802.2 Logical Link Control*
 - *802.3 CSMA/CD*
 - *802.4 Token Bus*
 - *802.5 Token Ring*
 - *802.6 Metropolitan Area Networks - DQDB.*
- **Si saranno successivamente aggiunti altri standard.**

Project 802



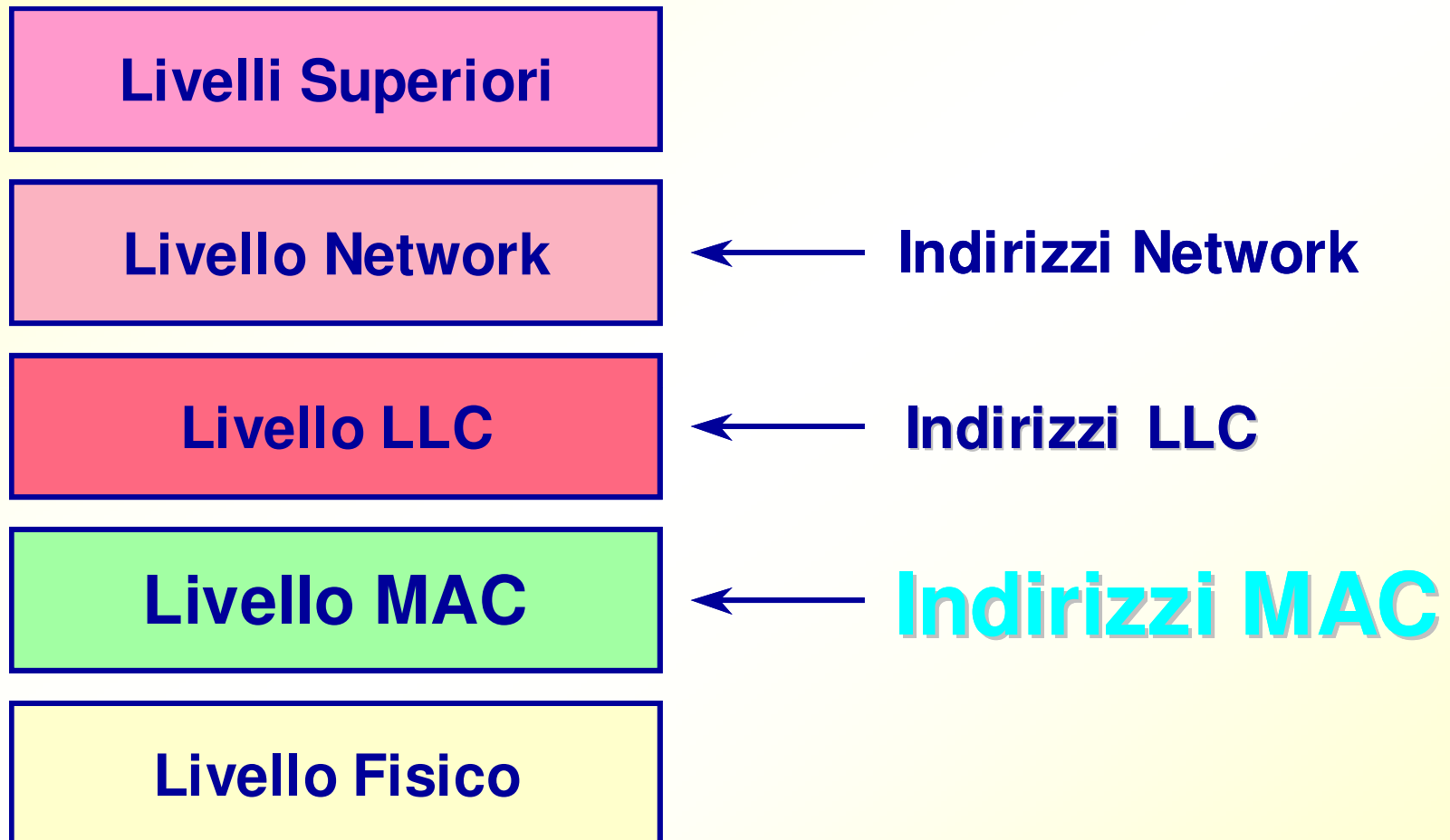
Project 802

OSI Model

STANDARD IEEE 802 - sommario

Nome	IEEE 802.3	IEEE 802.4	IEEE 802.5
Velocità	1 - 10 Mbit/s	10 Mbit/s	4 - 10 Mbit/s
Topologia	Bus	Bus	Anello
Tecnica di accesso	CSMA/CD	Token	Token
Modo di trasferimento	Pacchetto	Pacchetto	Pacchetto
Mezzo fisico	Doppino o Coassiale	Coassiale	Coassiale o Fibra
Lunghezza Max	500 m	2000 m	3000 m
Servizi	Dati	Dati	Dati

Gli indirizzi MAC



MAC PDU ed Indirizzi MAC

- **Il sottolivello MAC è specifico di ogni LAN.**
- **Il sottolivello MAC:**
 - a) **in trasmissione:** determina chi deve/può utilizzare il canale
 - b) **in ricezione:** discrimina quali messaggi sono destinati alla stazione tramite l'utilizzo di indirizzi
- **Gli indirizzi di livello MAC identificano quindi i diversi nodi sulla LAN.**

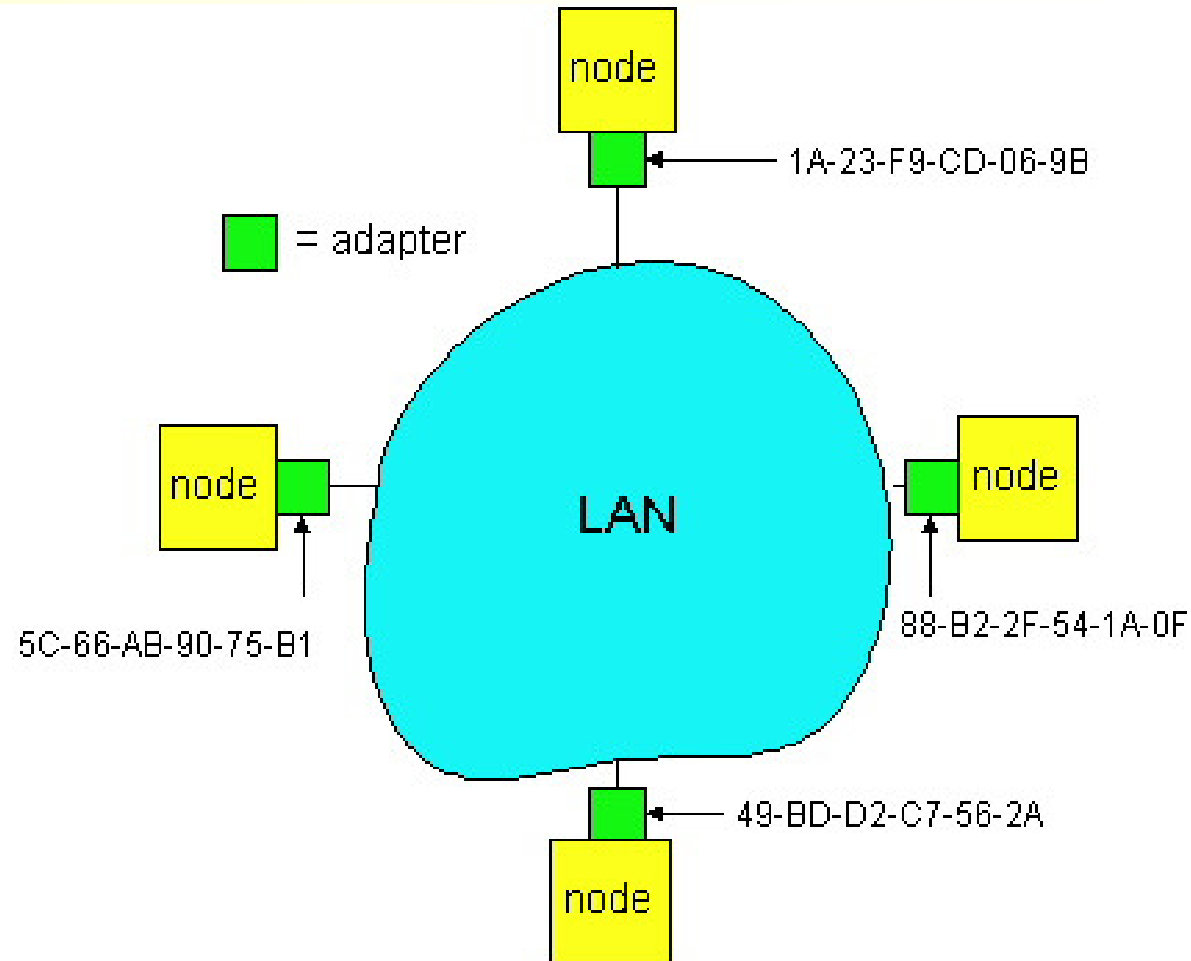
Indirizzi MAC

Indirizzo MAC (o fisico):

- **usato per inviare un datagramma da un'interfaccia a un'altra ad essa fisicamente connessa (stessa rete)**
- **indirizzo MAC a 48 bit (per la maggior parte delle LAN) memorizzato nella ROM dell'adattatore**

Indirizzi MAC

Ogni adattatore sulla LAN ha un unico indirizzo MAC



MAC PDU ed Indirizzi MAC

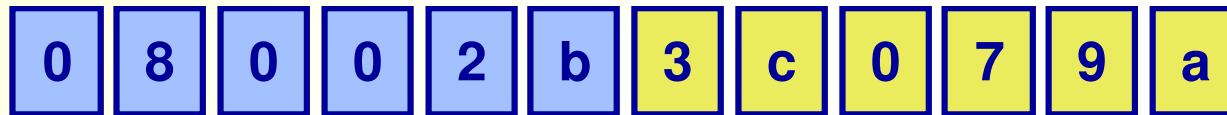
- Il formato della MAC-PDU è peculiare di ogni singolo MAC. Tuttavia alcuni campi principali sono presenti in tutte le MAC-PDU.



- In particolare una MAC-PDU contiene due indirizzi, uno del nodo mittente (MAC-SSAP) e uno di quello destinatario (MAC-DSAP), un campo INFO contenente la LLC-PDU e una FCS su 32 bit per l'identificazione di errori di trasmissione.

MAC PDU ed Indirizzi MAC

- **Gli Indirizzi MAC, univoci a livello mondiale, sono lunghi 6 byte, (48 bit) e si scrivono come 6 coppie di cifre esadecimali**



OUI assegnato dall'IEEE Assegnato dal costruttore

- **Essi si compongono di due campi di 3 Byte ciascuno:**
 - » I 3 byte più significativi indicano il lotto di indirizzi acquistato dal costruttore della scheda, (**OUI**, *Organization Unique Identifier*)
 - » I 3 meno significativi sono una numerazione progressiva decisa dal costruttore
- **Gli indirizzi MAC sono scritti in una ROM dal costruttore della scheda di rete**

MAC PDU ed Indirizzi MAC

O L'indirizzo di livello MAC può essere

- Individuale (o Unicast)
 - Di gruppo (o Multicast)
 - Broadcast (ff-ff-ff-ff-ff-ff)
- Quando una scheda di rete locale riceve una trama, prima di passarla al livello superiore (LLC), verifica che sia integra (FCS corretta) e di dimensioni ammesse, poi analizza l'indirizzo di destinazione (MAC-DSAP):
 - Se è broadcast, il pacchetto viene sempre passato al LLC
 - Se è unicast, il pacchetto viene passato al LLC solo se il MAC-DSAP è uguale a quello della scheda
 - Se è multicast, si verifica se la scheda appartiene al gruppo indirizzato
 - L'indirizzo MAC sorgente è sempre l'indirizzo unicast dell'elaboratore che lo ha generato.

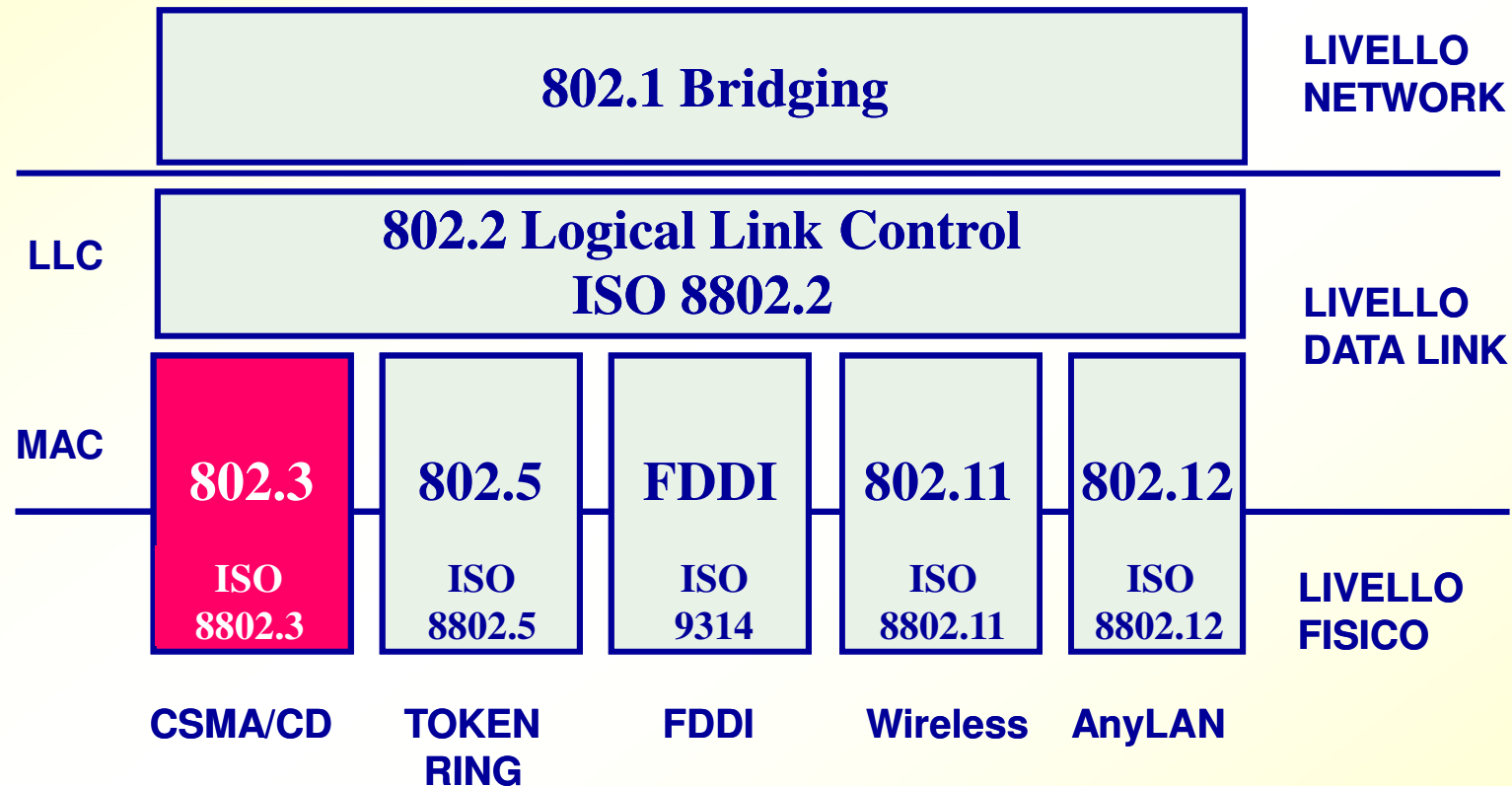
Indirizzi MAC

- **indirizzamento “flat” degli indirizzi MAC => portabilità**
 - » si può spostare una scheda LAN da una LAN a un'altra
- **indirizzamento IP gerarchico NON portabile**
 - » dipende dalla rete a cui si è connessi

***Standard 802.3 / Ethernet
(CSMA/CD)***

Lo standard IEEE 802.3

Interfaccia unificata con il livello network



La rete Ethernet

- **La rete Ethernet è una delle reti locali più diffuse al mondo**
- **Agli inizi degli anni 70 presso il laboratorio di ricerca Xeros californiano iniziarono studi per lo sviluppo di una rete locale; nel 1982 nacque Ethernet II (dal consorzio DIX: Digital, Intel, Xeros) a 10 Mb/s**
- **Nel 1983 l'IEEE (nel gruppo 802) iniziò lo sviluppo dello Standard 802.3 che è basato su Ethernet, ma che differisce da questo per alcune caratteristiche logiche (*livello Data Link*) ed elettroniche (*Livello Fisico*)**

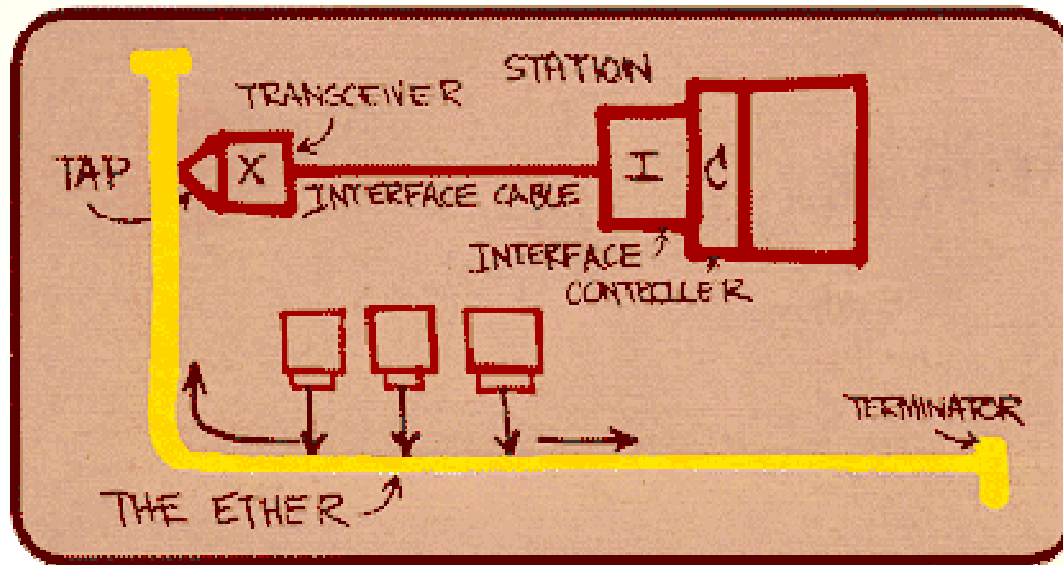
La rete Ethernet

- **I costi ridotti degli apparati e la grande facilità di progettare e realizzare reti di piccole dimensioni sono state le chiavi di successo di Ethernet e, sebbene ormai tutti gli apparati in commercio siano conformi alle specifiche 802.3, essi vengono spesso identificati con il nome originale di Ethernet**

Ethernet

È la tecnologia “dominante” per LAN:

- economica: \$20 per 100Mbps!
- prima tecnologia LAN ampiamente utilizzata
- più semplice ed economica di token LAN e ATM
- utilizzabile con velocità: 10, 100, 1000 Mbps

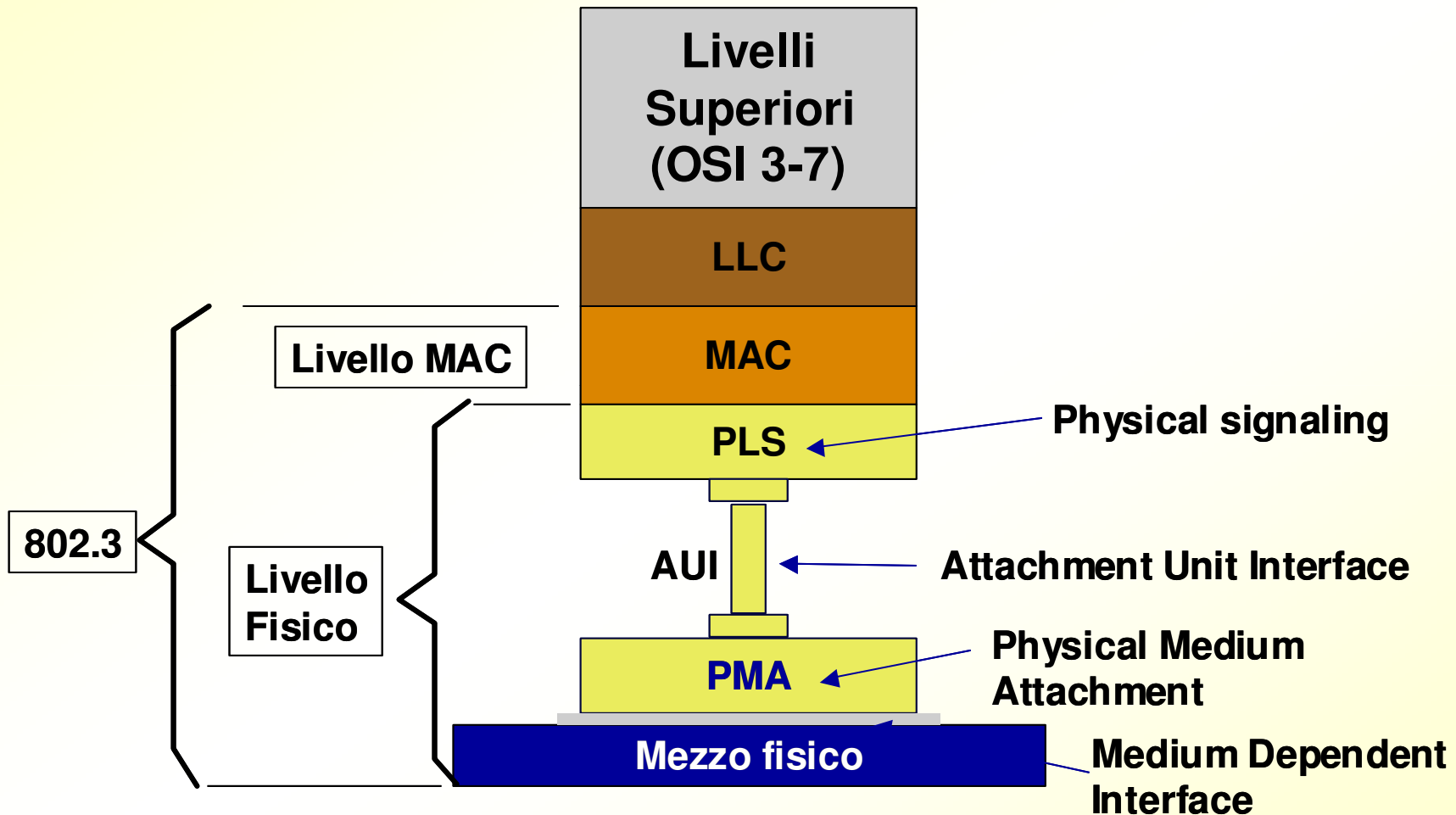


Disegno dell'Ethernet
di Metcalfe'

IEEE 802.3: La Rete Ethernet

- **Le caratteristiche principali di Ethernet sono:**
 - » Topologia -> Bus
 - » Cablaggio -> Bus, Stella
 - » Arbitraggio del canale trasmissivo -> Tramite contesa con protocollo CSMA/CD
 - » Tipologia del protocollo -> accesso casuale, tempo di attesa non limitato superiormente
 - » Velocità Trasmissiva -> 10 Mb/s (versione originale)
 - » Throughput massimo utile -> circa 5-7 Mb/s
 - » IEEE 802.3u -> versione a 100 Mb/s
 - » IEEE 802.3z -> versione a 1 Gb/s

IEEE 802.3: La Rete Ethernet



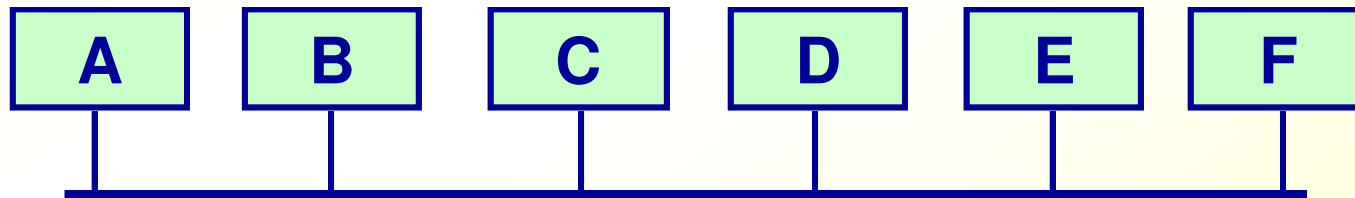
IEEE 802.3: La Rete Ethernet

- **Lo Standard IEEE 802.3 specifica gli strati di *livello MAC* e di *livello Fisico* per reti locali “*tipo Ethernet*”**
- **Il LIVELLO FISICO è suddiviso in 3 sottostrati:**
 - il ***MEZZO FISICO***;
 - il ***PMA*** (Physical Medium Attachment) le cui funzioni sono implementate in un dispositivo esterno (MAU, *Medium Attachment Unit*, detto transceiver) se il portante fisico è costituito da cavo coassiale grosso, altrimenti internamente alla scheda LAN installata nel PC
 - il ***PLS*** (Physical signaling) le cui funzionalità sono sempre realizzate nella scheda controller di interfaccia verso la LAN installata nell'elaboratore.

IEEE 802.3: Livello MAC

CSMA/CD: richiede che il livello fisico fornisca le funzioni di

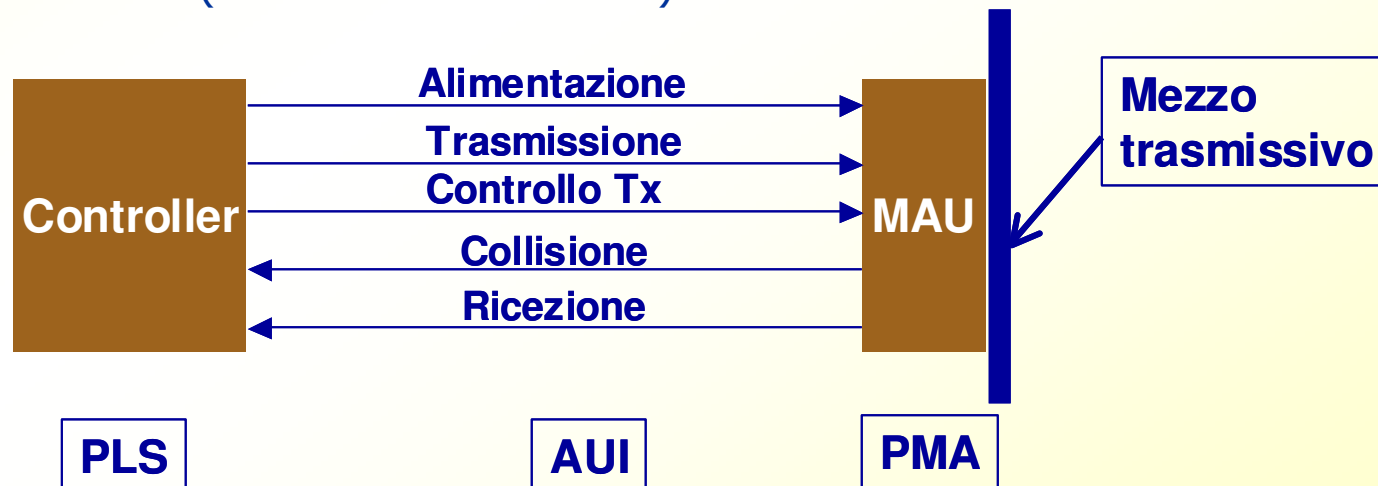
- **Carrier sensing**
- **Collision detection**



802.3: Livello Fisico

Physical Medium Attachment

- Rilevazione delle collisioni
- Adattamento del segnale al mezzo trasmissivo (codifica Manchester)
- Connesso al PLS (scheda controller) con l'interfaccia AUI (Cavo drop)
 - Il cavo drop è schermato e contiene 5 coppie di doppini: 1 per portare la potenza al transceiver, 2 per i dati (Tx e Rx), 2 per controllo (rivelazione collisione)



Carrier sense e Collision Detection

- **Dipende dal particolare mezzo trasmissivo usato.**
- **Esempio: cavo coassiale in banda base**
 - » **Carrier Sense**: basato sull'individuazione di transizioni sul canale corrispondenti alla codifica di bit nel codice Manchester
 - » **Collision detection**: la collisione produce oscillazioni di tensione più alte di quelle prodotte da una singola trasmissione; c'è collisione se il valore del segnale ricevuto sul cavo nel punto di interconnessione col cavo stesso supera una certa soglia
 - **Problema**: il segnale si attenua con la distanza, la collisione potrebbe non essere riconosciuta se le stazioni sono lontane.
Soluzione: limitare l'estensione del cavo!

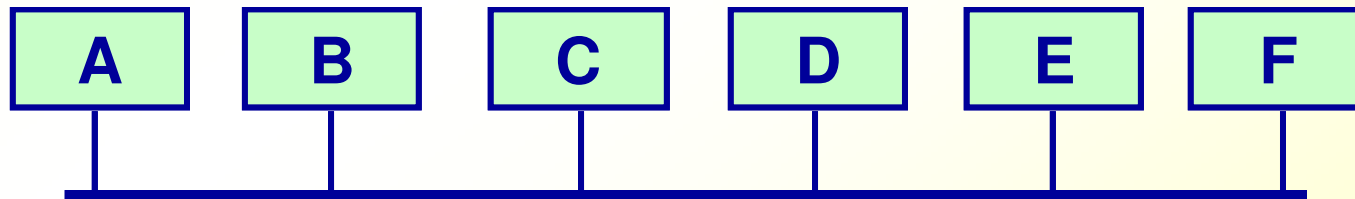
Carrier sense e Collision Detection

- **Esempio: doppino nella topologia a stella**
 - » **Collision detection**: la rilevazione è basata sulla logica elettronica invece che sulla rilevazione di valori di tensione; se su un hub c'è qualche attività (segnale) su più di un ingresso si suppone che ci sia una collisione
 - un segnale speciale viene generato e trasmesso su tutte le linee in ingresso per tutta la durata delle trasmissioni contemporanee e viene interpretato da tutti i nodi come avvenuta collisione

IEEE 802.3: Livello MAC

CSMA/CD

- **Carrier sensing:** se il canale è occupato, la stazione rimane in attesa che si liberi (*protocollo 1-persistente*) e quindi trasmette la trama
- **Collision detection:** in seguito ad una collisione, le stazioni coinvolte interrompono la trasmissione e ritentano l'accesso dopo un tempo di attesa casuale (*backoff esponenziale*)



Ethernet: CSMA/CD

A: sense channel, if idle

then {

transmit and monitor the channel;

If detect another transmission

then {

abort and send jam signal;

update # collisions;

delay as required by exponential backoff
algorithm;

goto A

}

else {done with the frame; set collisions to zero}

}

else {wait until ongoing transmission is over and goto A}

Ethernet - IEEE 802.3 (CSMA/CD)

- **Se al momento del comando di trasmissione il canale è sentito libero, la stazione trasmette**
 - ✱ in effetti aspetta un tempo (pari a 96 tempi di bit, tempo di inter-trama) per distanziare le trame e dare la possibilità al ricevitore di processare la trama precedente
 - ✱ dimensione minima di un pacchetto 64 bytes (tale valore rappresenta il tempo necessario per assicurare che tutte le stazioni siano in grado di rivelare una avvenuta collisione)

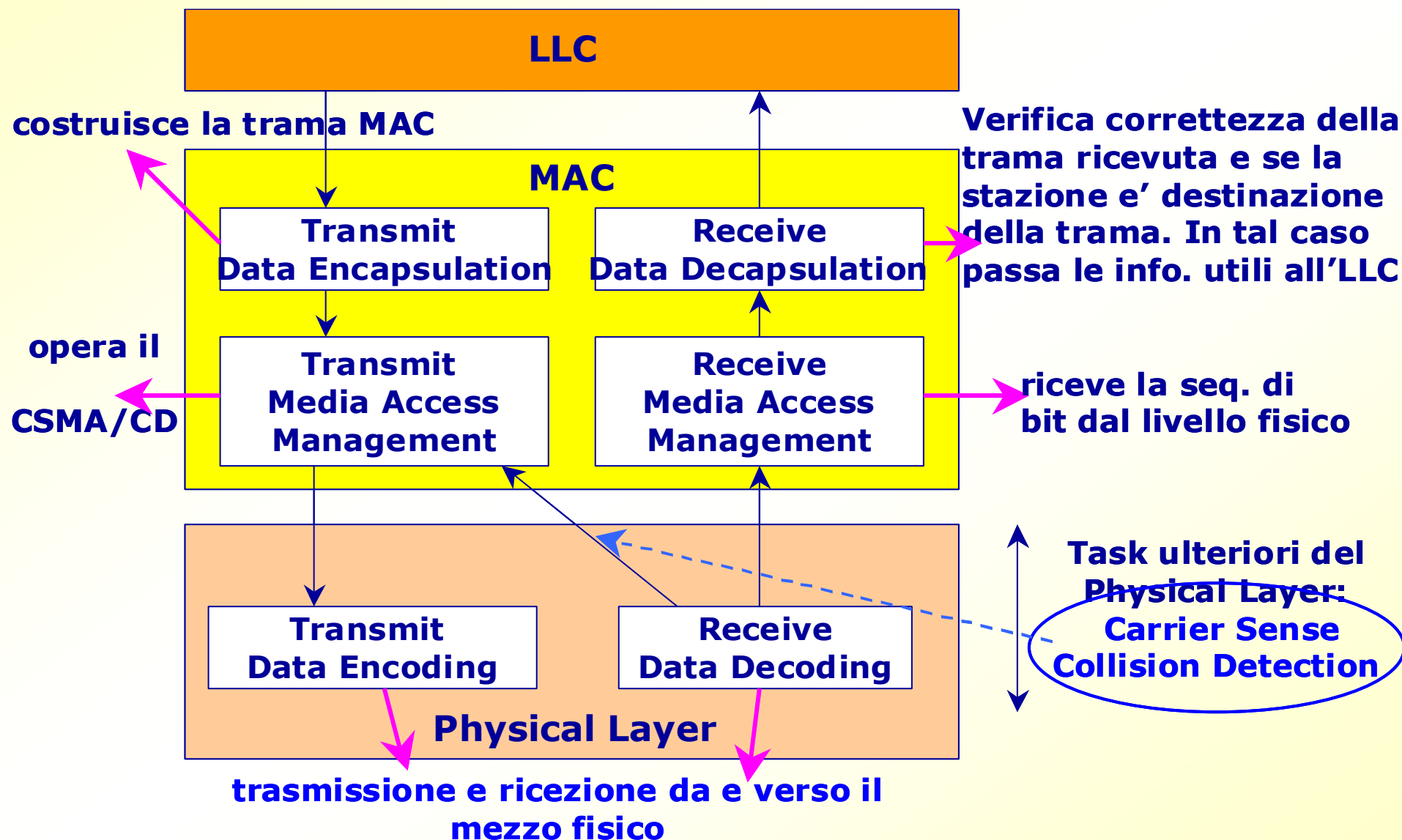
Ethernet - IEEE 802.3 (CSMA/CD)

- **Se al momento della trasmissione il canale è sentito occupato, si attende che si liberi e poi si trasmette: 1-persistente!**
- **Se si scopre la collisione, la trasmissione viene abortita, non prima di**
 - ✿ aver trasmesso altri 32-48 bit (sequenza di **jamming**) di rumore per essere sicuri che tutte le stazioni coinvolte siano in grado di riconoscere la collisione

Ethernet - IEEE 802.3 (CSMA/CD)

- **A seguito di una collisione la trasmissione viene ritentata dopo X time slot**
 - la dimensione dello slot è superiore al ritardo di propagazione end-to-end: $1 \text{ time slot} = 2\tau + \text{margine di sicurezza}$ (nel caso 10base5, 2τ è pari a 450 tempi di bit e 1 slot è 512 bit)
- **X è scelto fra 0 e $2^{\min(K, 10)}$ con K numero di collisioni consecutive, $K \leq 16$ (backoff esponenziale binario)**
 - ✿ sono consentiti fino a 16 tentativi dopo i quali la trama viene eliminata dal buffer del livello MAC che notifica l'evento al livello superiore
 - ✿ quindi in Ethernet c'è la possibilità che una trama non venga trasmessa per congestione sul canale

Suddivisioni delle funzioni



CSMA/CD: Trasmissione senza contesa

Nel **MAC** e nel **livello fisico** del trasmettitore:

- Il **Transmit Data Encapsulation** costruisce la trama con i dati forniti dall'LLC. Aggiunge preambolo e delimitatore di inizio trama, inserisce indirizzo di destinazione e sorgente, calcola la lunghezza del campo informativo, inserisce il campo informativo, se la dimensione della trama è inferiore alla minima prevista aggiunge bit nel campo di padding, calcola il CRC. La trama così formata è passata al TMAM.
- Il **Transmit Media Access Management (TMAM)** implementa il **protocollo di accesso**:
 - » Monitora il segnale di Carrier Sense (CS) fornitogli dal livello fisico
 - » Quando il mezzo fisico diventa libero inizia la trasmissione
 - » Invia quindi la sequenza dei bit della trama al PLS che provvede a generare i segnali elettrici da inviare sul mezzo fisico.
- **A fine trasmissione il sottolivello MAC informa l'LLC. Il MAC è quindi pronto e aspetta una successiva richiesta di trasmissione.**

CSMA/CD: Ricezione senza contesa

Nel **livello fisico e nel MAC del ricevitore:**

- La trama in arrivo è riconosciuta dal PLS della stazione ricevente. Il PLS si sincronizza utilizzando il preambolo e attiva il Carrier Sense.
- Dopo aver eliminato i bit del preambolo e del delimitatore di inizio trama il PLS passa i dati al **Receive Media Access Management (RMAM)** nel MAC
- Il RMAM raccoglie dati finché il segnale di Carrier Sense rimane attivo. Passa quindi i dati al **Receive Data Decapsulation (RDD)**.
- Il RDD controlla la correttezza dell'indirizzo di destinazione e attraverso il CRC verifica se la trama e' stata danneggiata durante la trasmissione. Se l'indirizzo corrisponde a quello della stazione e i dati sono corretti la trama è inviata al sottolivello LLC.

CSMA/CD: Gestione della collisione

- In caso di collisione i PLS delle stazioni che stanno trasmettendo attivano il segnale di Collision Detection che viene riconosciuto dal **Transmit Media Access Management** (TMAM) del MAC. Questo inizia le procedure di gestione della collisione.
- Il TMAM trasmette una sequenza di bit (JAM) per forzare la collisione. Questa operazione assicura che la durata della collisione sia tale da poter essere riconosciuta da tutte le stazioni.
- Completata la trasmissione della sequenza di JAM, il TMAM smette di trasmettere e schedula un nuovo tentativo di trasmissione della trama dopo un tempo scelto a caso secondo l'algoritmo di Backoff esponenziale. La trasmissione è ripetuta se si ripetono le collisioni. Poiché più collisioni indicano che il mezzo è occupato il TMAM si adatta al carico riducendo il ritmo delle sue ritrasmissioni. Infine o la trasmissione ha successo o si interrompono i tentativi nell'ipotesi che o il mezzo fisico si è rotto o è in una situazione di sovraccarico.

Protocollo CSMA/CD

- **Procedura di emissione delle MAC PDU:**
 - 1) accettare i dati dello strato LLC e formare la PDU**
 - 2) presentare un flusso di dati seriale allo strato fisico per la codifica e per la successiva emissione**
 - 3) se il canale è libero, procedere subito all'emissione; se il canale è occupato, ritardare l'emissione secondo quanto indicato dalla procedura 1-persistente**

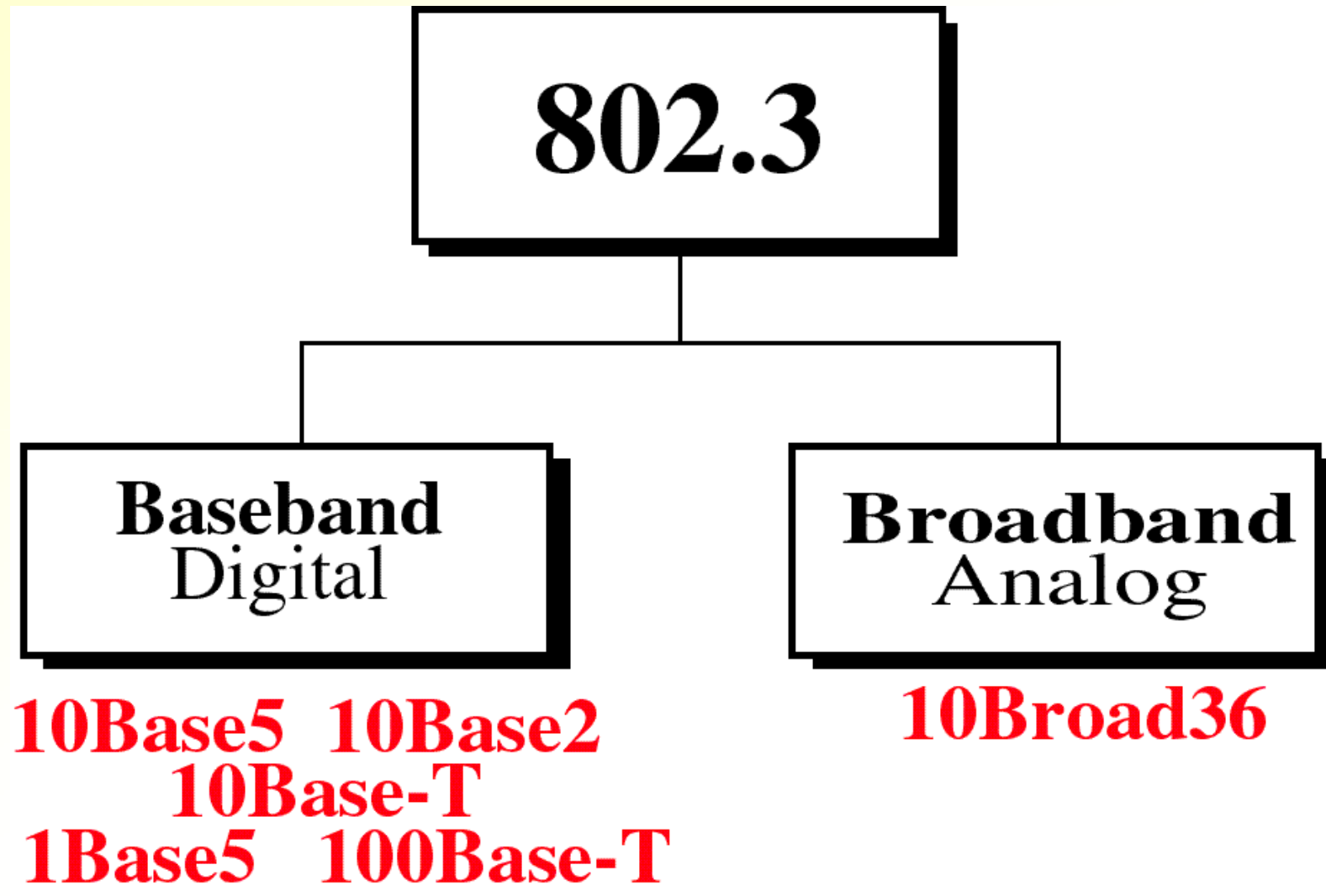
Protocollo CSMA/CD

- 4) se non si rilevano collisioni, portare a termine l'emissione; se è rivelata una collisione, interrompere subito l'emissione e svolgere una procedura di "imposizione di collisione" (collision enforcement) per segnalare l'evento alle altre stazioni; eseguire poi l'algoritmo di subentro per decidere quando deve essere riemessa la PDU andata in collisione**
- 5) assicurare che due PDU consecutive siano separate da un intervallo di durata non inferiore a un valore specificato (tempo di intertrama) e che le PDU abbiano lunghezza non inferiore al valore minimo**

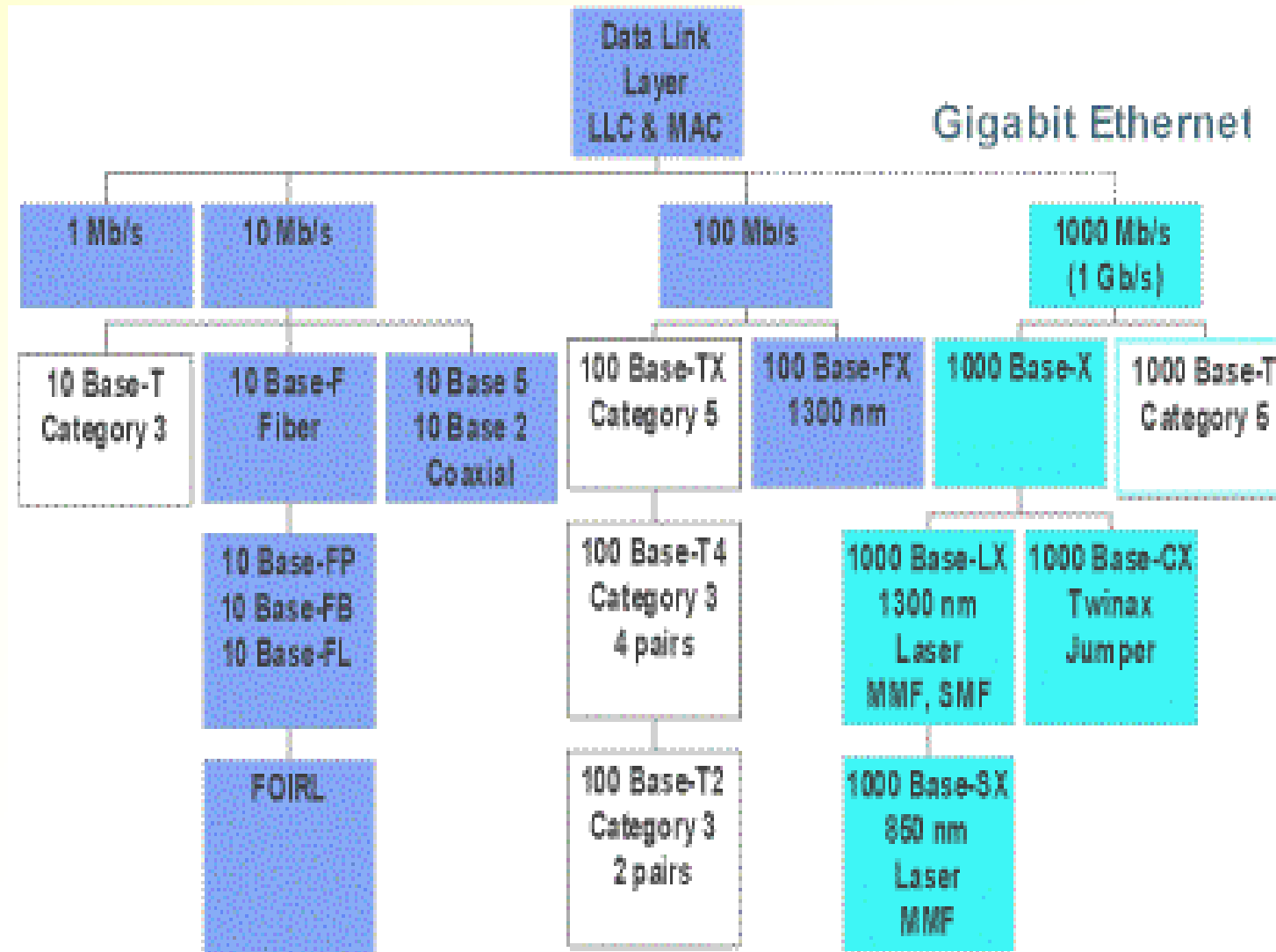
Protocollo CSMA/CD

- **Procedura di ricezione delle MAC PDU:**
 - 1) ricevere un flusso seriale di dati dallo strato fisico**
 - 2) presentare allo strato LLC le PDU indirizzate al terminale locale**

802.3: Standard di livello fisico



802.3: Standard di livello fisico



802.3: Standard di livello fisico

- Le alternative sono identificate con una sigla formata da 3 campi:
 - » Es: **10** **Base** **5**
10: indica il *Bit Rate in Mbit/s*, **Base** indica il tipo di trasmissione in *BANDA BASE (BASE) o in BANDA TRASLATA (BROAD)*, **5**: indica il tipo di *PORTANTE FISICO o la lunghezza max del cavo*, in questo caso **cavo coassiale grosso di lunghezza max 500 m**.
- I livelli fisici sino ad ora standardizzati sono:
- **10 Mbit/s**
 - 10Base 5 - cavo coassiale *thick*, lunghezza massima 500 m, half duplex
 - 10Base2 - cavo coassiale *thin*, lunghezza massima 185 m, half duplex
 - 10BaseT - doppino in categoria 3, lunghezza massima 100 m, half duplex o full duplex
 - FOIRL/10BaseFL/10BaseFB/10BaseFP diverse varianti che utilizzano fibre ottiche, lunghezza massima da 500 a 2000 m, half duplex o full duplex

802.3: Standard di livello fisico

- **100 Mbit/s**

- 100BaseTX - utilizza 2 coppie su cavetti in cat. 5, lunghezza massima 100 m, half duplex o full duplex
- 100BaseT4 - utilizza tutte e 4 le coppie su cavetti che possono essere anche in cat. 3, lunghezza massima 100 m, half duplex
- 100BaseT2 - utilizza solo 2 coppie su cavetti che possono essere anche in cat. 3, lunghezza massima 100 m, half duplex o full duplex
- 100BaseFX - fibra ottica con fibra multimodale in seconda finestra, lunghezza massima 2000 m, half duplex o full duplex

- **1 Gbit/s**

- 1000BaseTX - approvato in agosto 1999, utilizza 4 coppie su cavetti in cat. 5, lunghezza massima 100 m, half duplex o full duplex
- 1000BaseCX - cavetti STP con impedenza di 150 Ω , half duplex o full duplex, lunghezza massima di 25 metri
- 1000BaseLX - fibra ottica monomodale o multimodale con laser in seconda finestra, lunghezza massima 3000 m, half duplex o full duplex
- 1000BaseSX - fibra ottica multimodale con laser in prima finestra, lunghezza massima 550 m, half duplex o full duplex



A diagram illustrating the specifications of 1Base5. At the top center is a yellow rectangular box with a black border containing the text "1Base5" in red. Three lines extend downwards from the box to three separate white rounded rectangular boxes with black borders. The left box contains "1 Mbps", the middle box contains "Baseband", and the right box contains "500 meters".

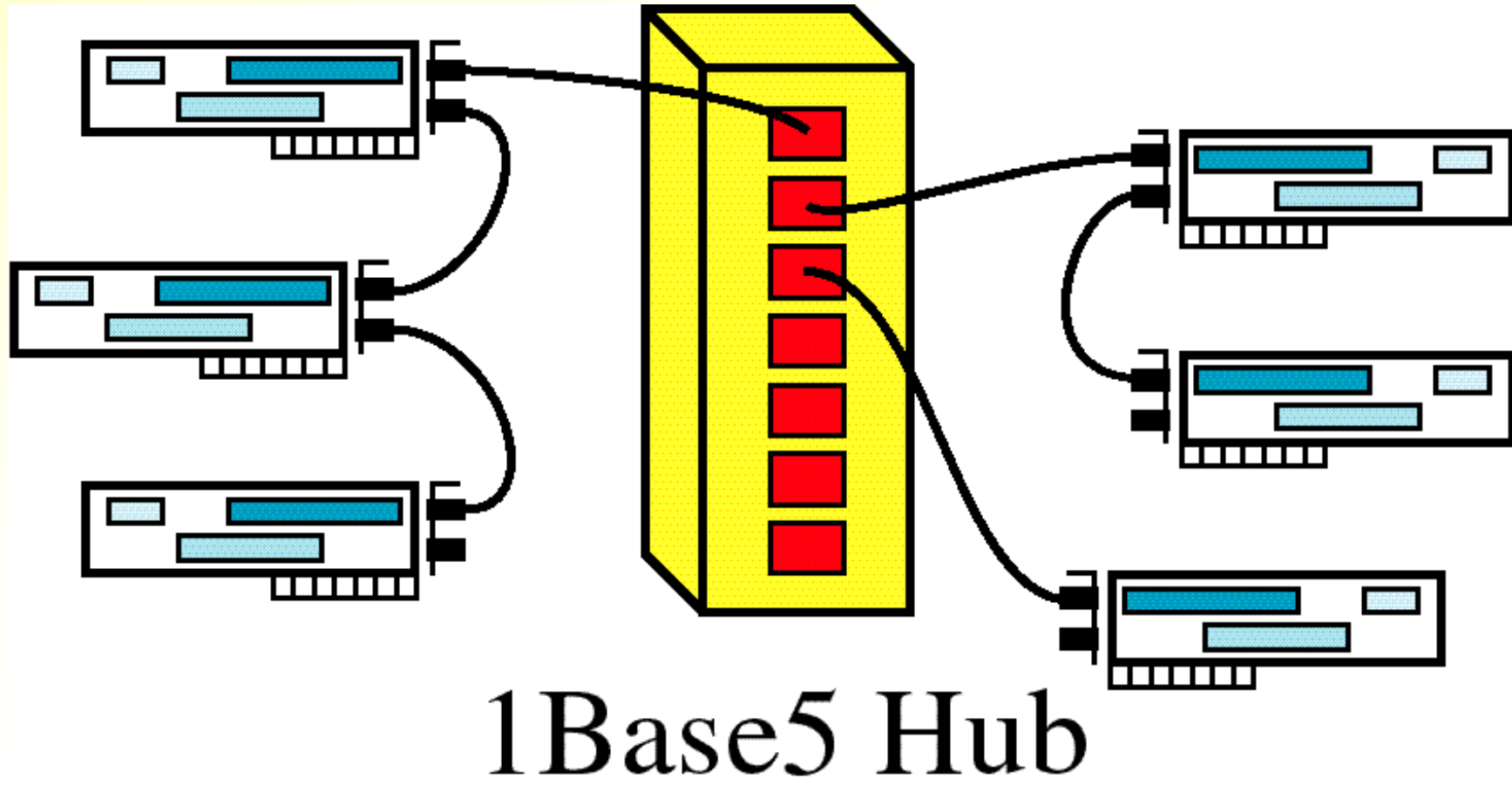
1Base5

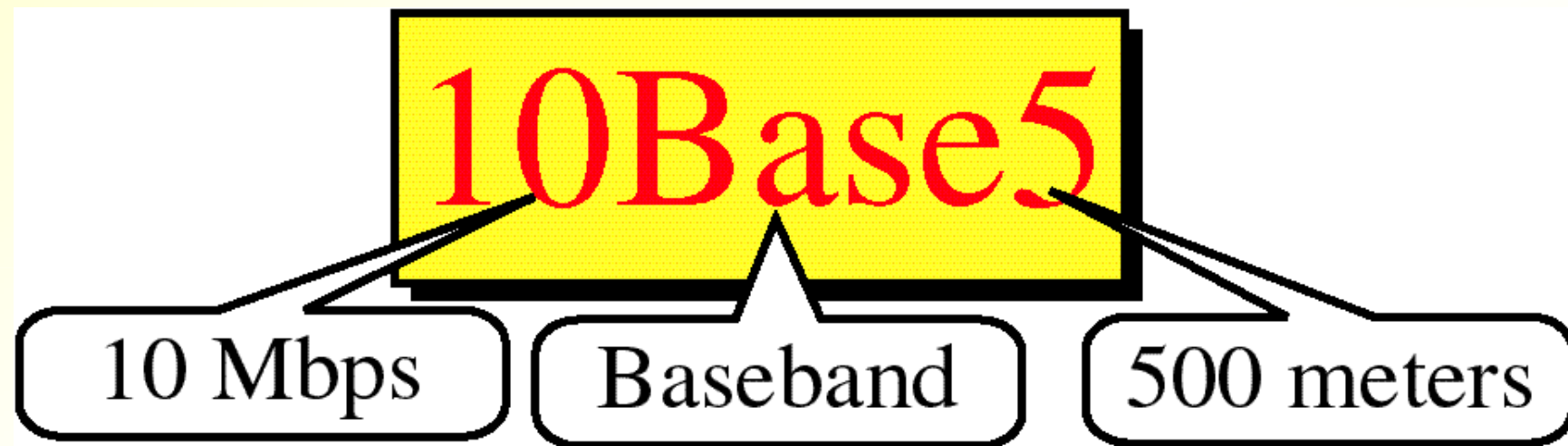
1 Mbps

Baseband

500 meters

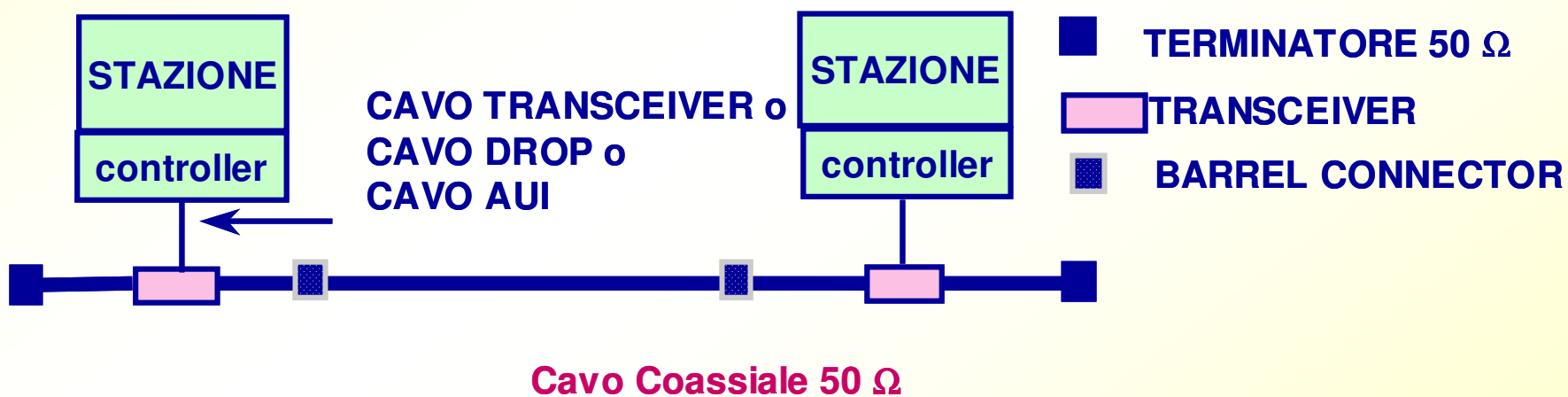
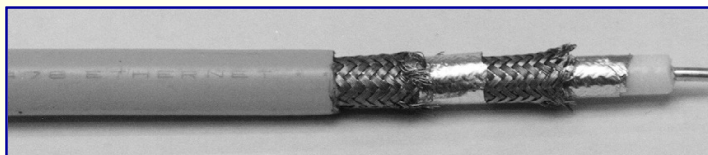
1BASE5



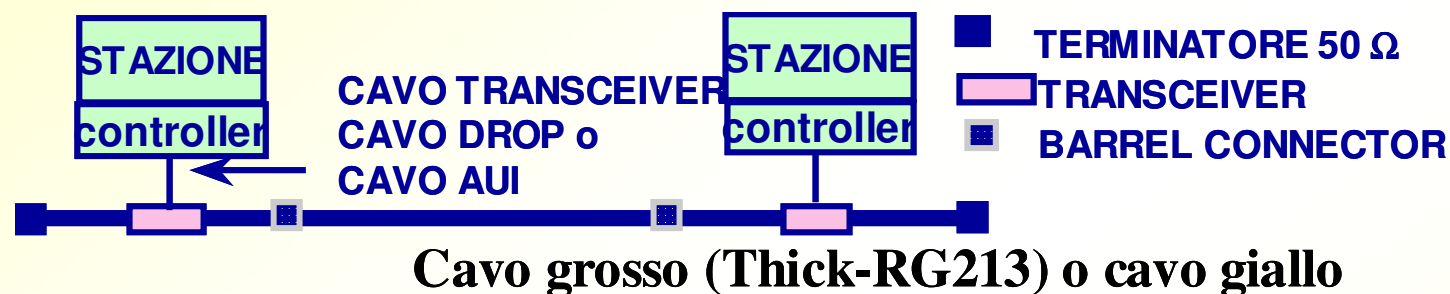


Cablaggio con cavo Coassiale 'Thick': 10Base5

Cavo grosso (Thick-RG213)

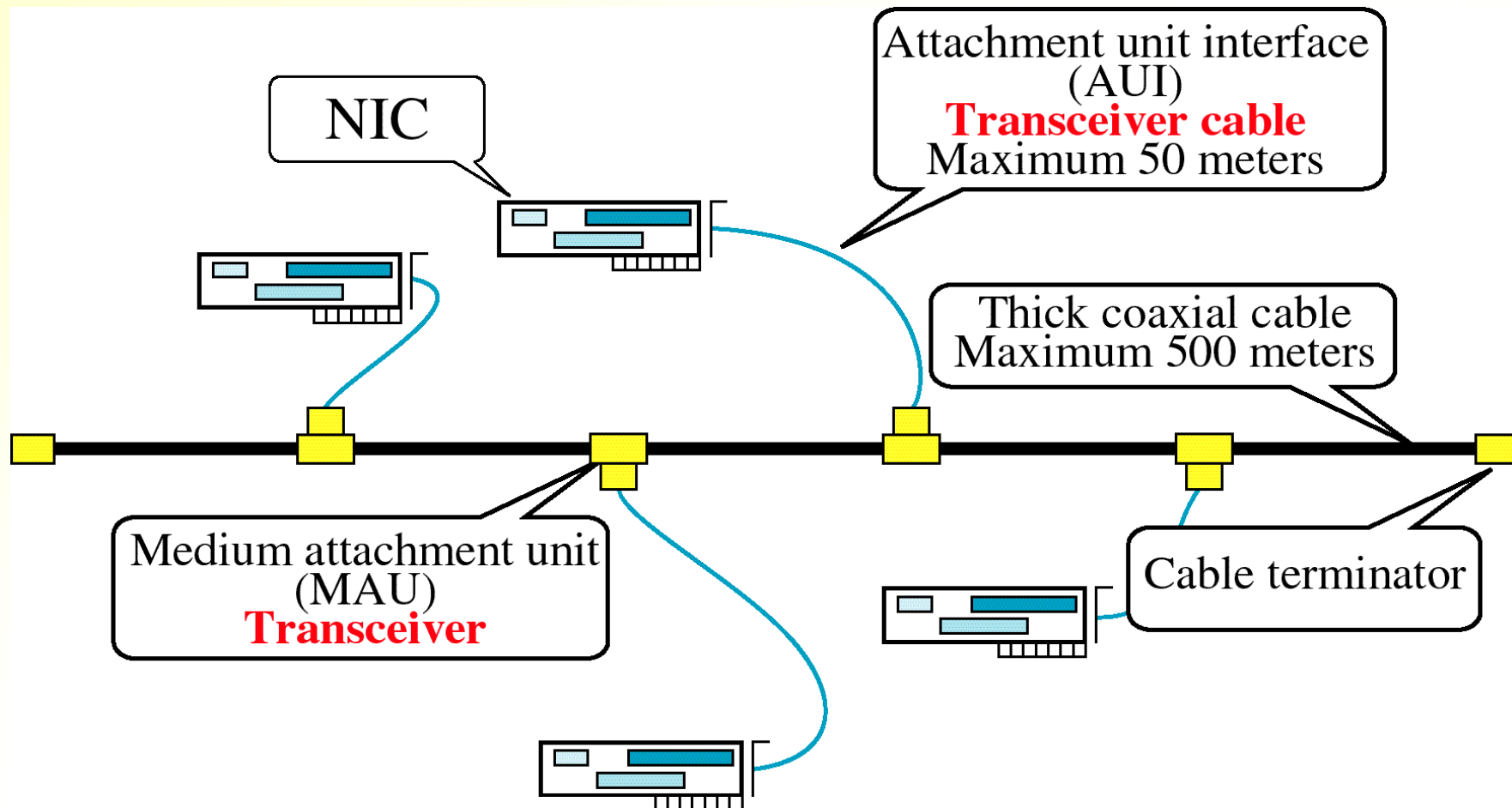


Cablaggio con cavo Coassiale 'Thick': 10Base5

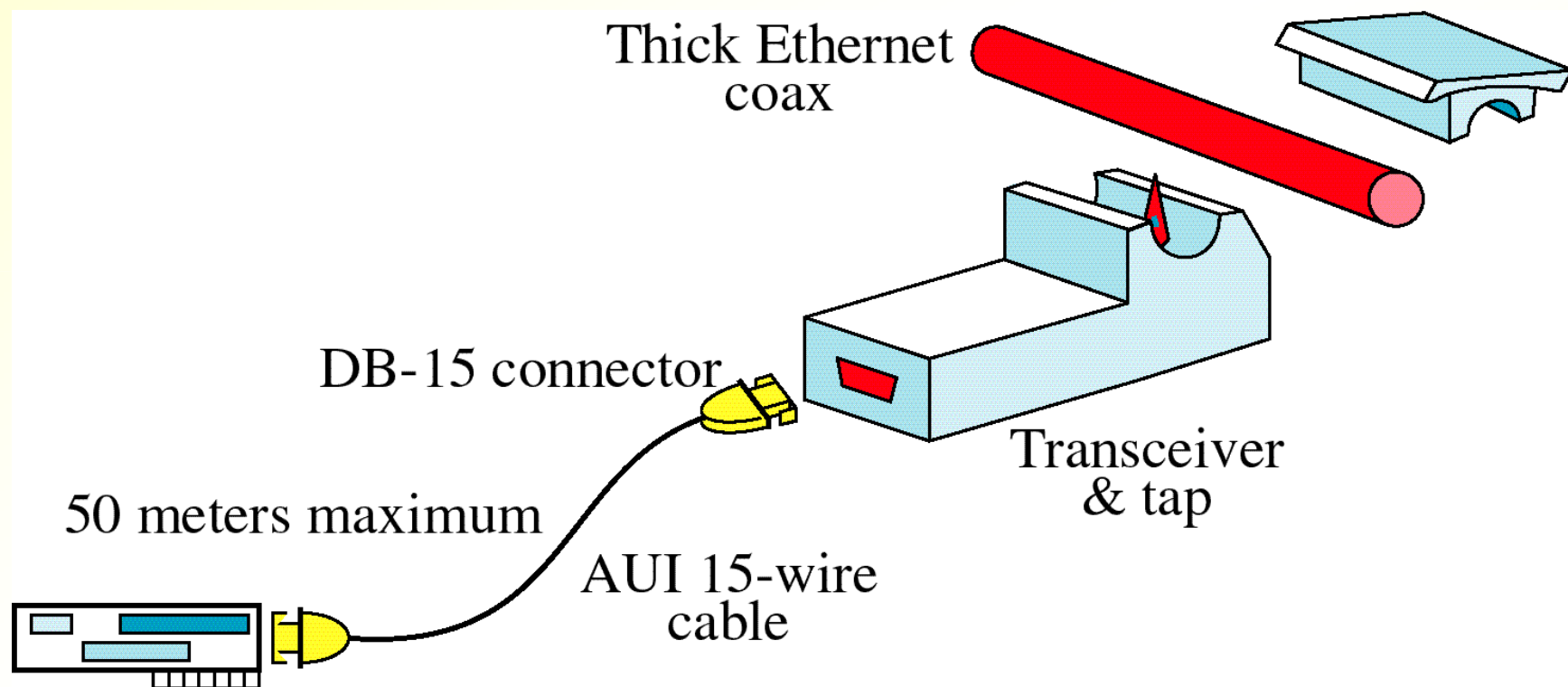


- Il cavo può essere costituito da un unico spezzone o da più spezzoni connessi con un giunto di tipo "N" (*barrell connector*).
- Per permettere la trasmissione/ricezione dei pacchetti tra l'interfaccia (ethernet controller) ed il mezzo trasmissivo (cavo coassiale) si usano TRANSCEIVER, connessi a "vampiro" al coassiale (vampire taps: connettori a spillo).
- La distanza tra due *transceiver* non deve essere minore di 2.5 m, con un numero di *transceiver* max di 100.
- Il CAVO TRANSCEIVER, detto *cavo drop* o AUI, interconnette fisicamente il *transceiver* all'interfaccia Ethernet.

10BASE5



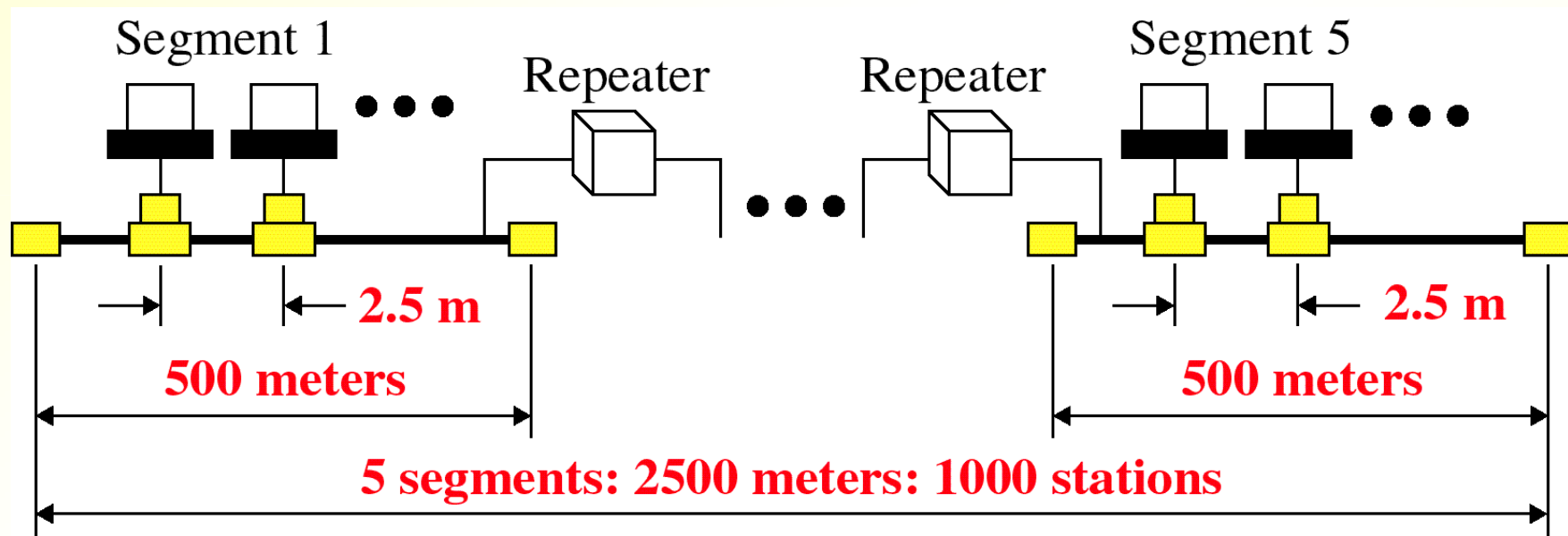
Transceiver



802.3: Cablaggio 10Base5

- **Topologia a bus**
- **Segmenti di lunghezza max 500m**
- **Nodi per segmento 100**
- **Utilizzo di ripetitori per interconnettere i segmenti**
 - » Max. 4 ripetitori in cascata (estensione della max lunghezza a 2.5 km)
 - » Max. 5 segmenti di rete in cascata, di cui max. 3 segmenti in coassiale (+ 2 FOIRL)
- **Il cavo è normalmente collocato sotto pavimento flottante o sopra controsoffitto**
- **Cavi *Drop* di discesa (max 50 m)**

Ethernet Segments

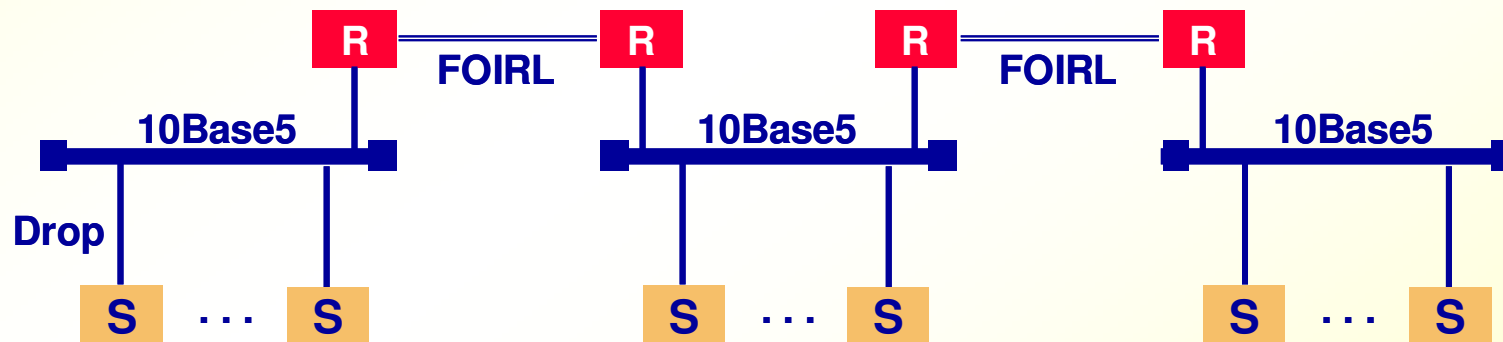


802.3: cablaggio 10Base5

- **Esempio di configurazione 10Base5**

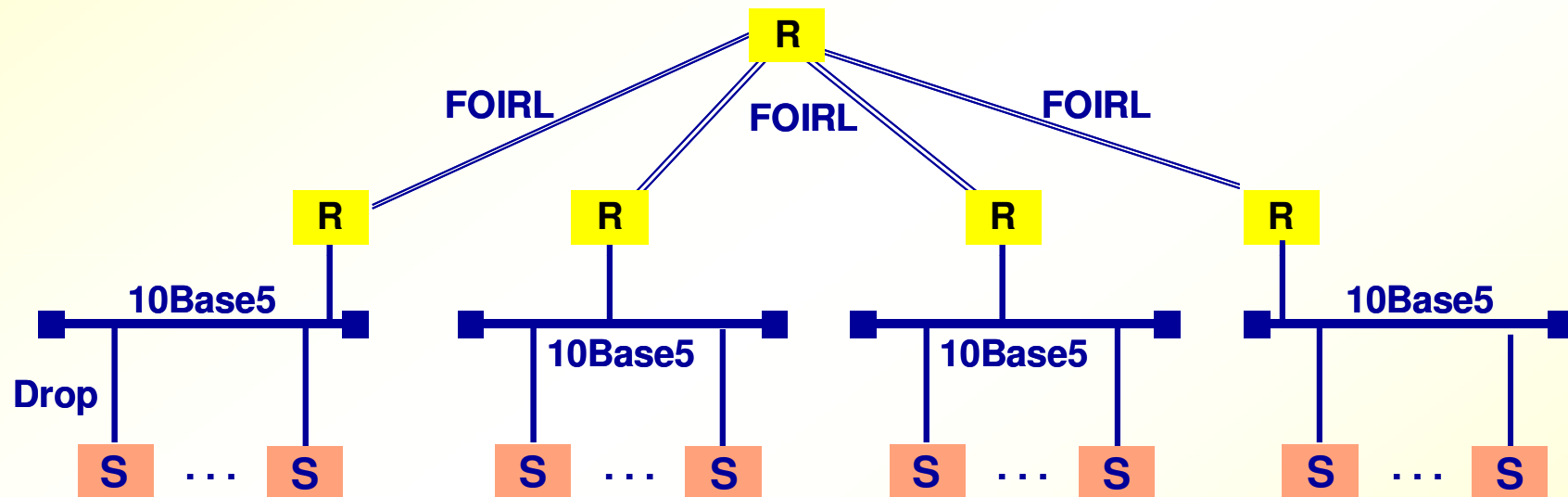
Un ripetitore è un apparato trasparente a livello MAC che non memorizza dati in un buffer e non isola un segmento dall'altro

- *se due stazioni su segmenti diversi tentano di trasmettere nello stesso istante, le loro trasmissioni collidono*



Cablaggio in cavo Thick (10Base5)

- **Esempio di configurazione 10Base5**



10Base2

A diagram showing the components of 10Base2. A central yellow box with a black border contains the text "10Base2" in red. Three lines extend from the box to three separate rounded rectangular boxes below it. The first line connects to the "10" in "10Base2" and points to a box containing "10 Mbps". The second line connects to the "Base" in "10Base2" and points to a box containing "Baseband". The third line connects to the "2" in "10Base2" and points to a box containing "185 meters".

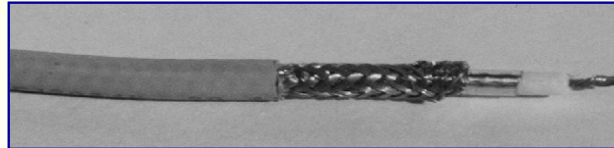
10 Mbps

Baseband

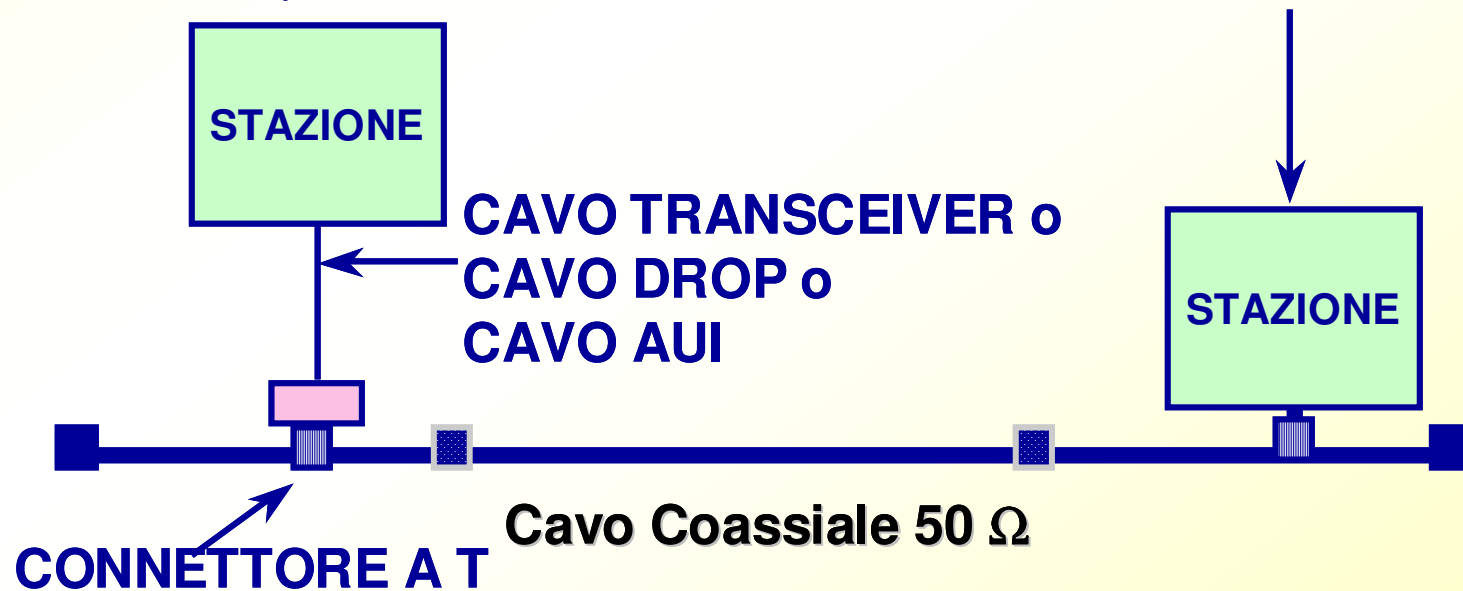
185 meters

Cablaggio con cavo Coassiale 'Thin': 10Base2

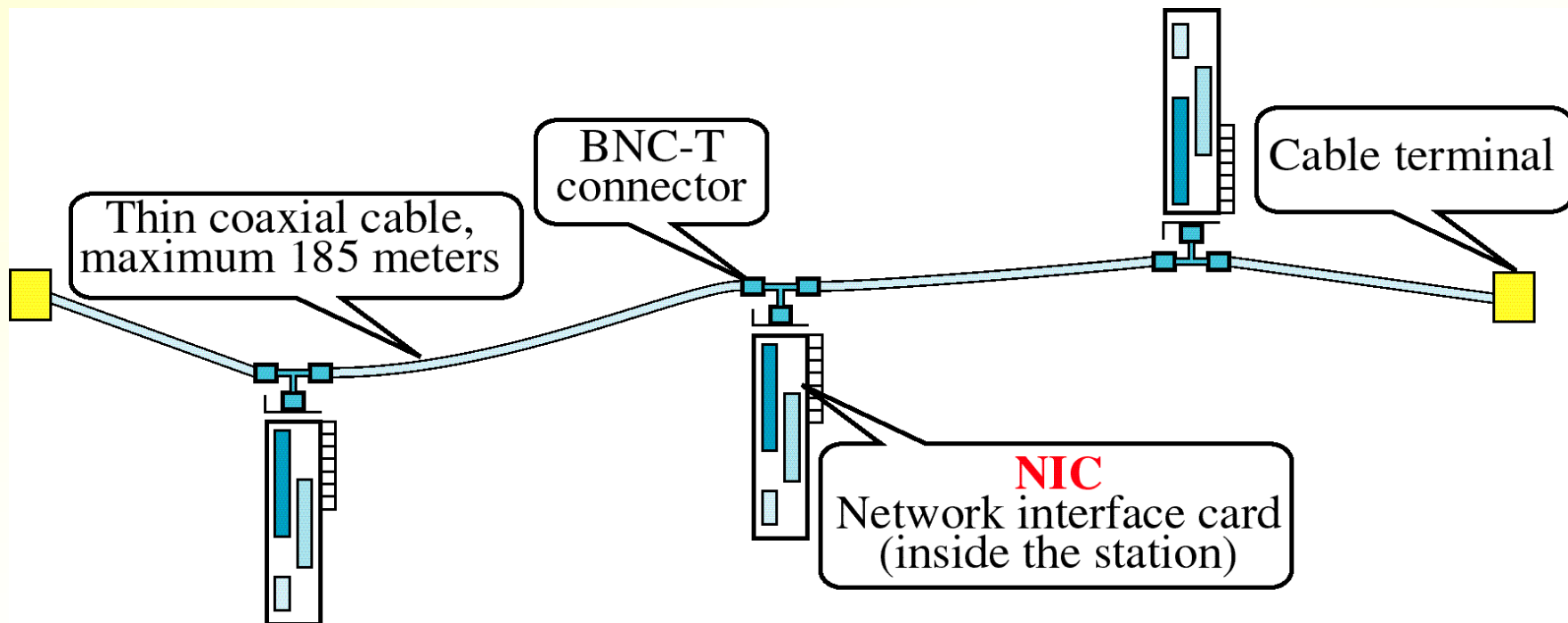
Cavo sottile (Thin-RG58)



I **TRANSCEIVER** 10Base2, detti anche **MAU** (*Medium Attachment Unit*), vengono connessi tagliando il cavo, "crimpando" i connettori (si usano connettori *tipo BNC*) e connettendo i due spezzoni con un raccordo a T.

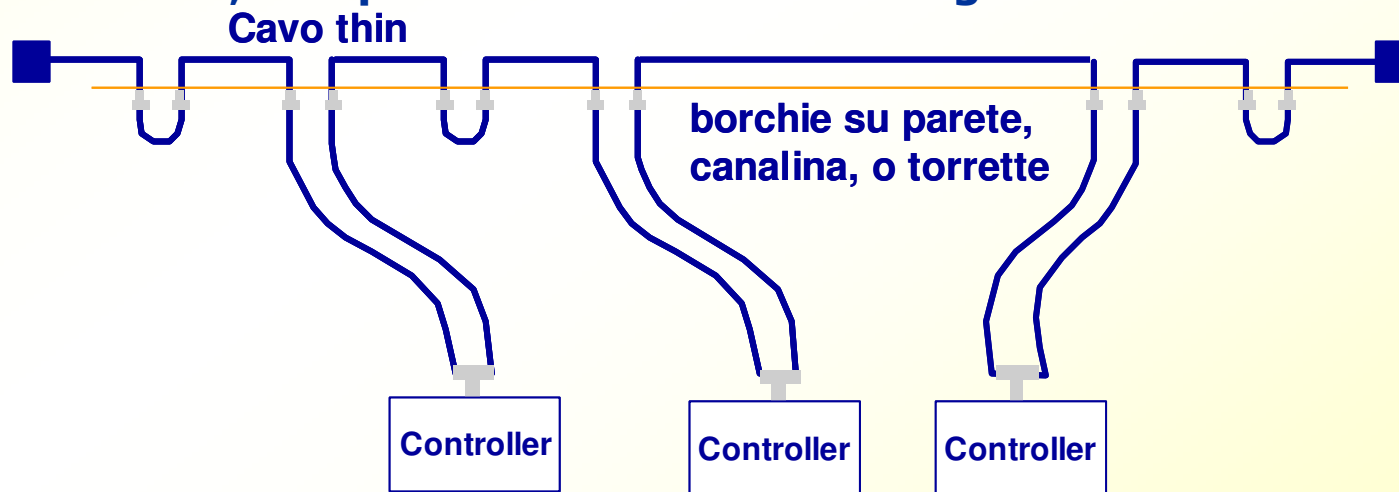


10BASE2



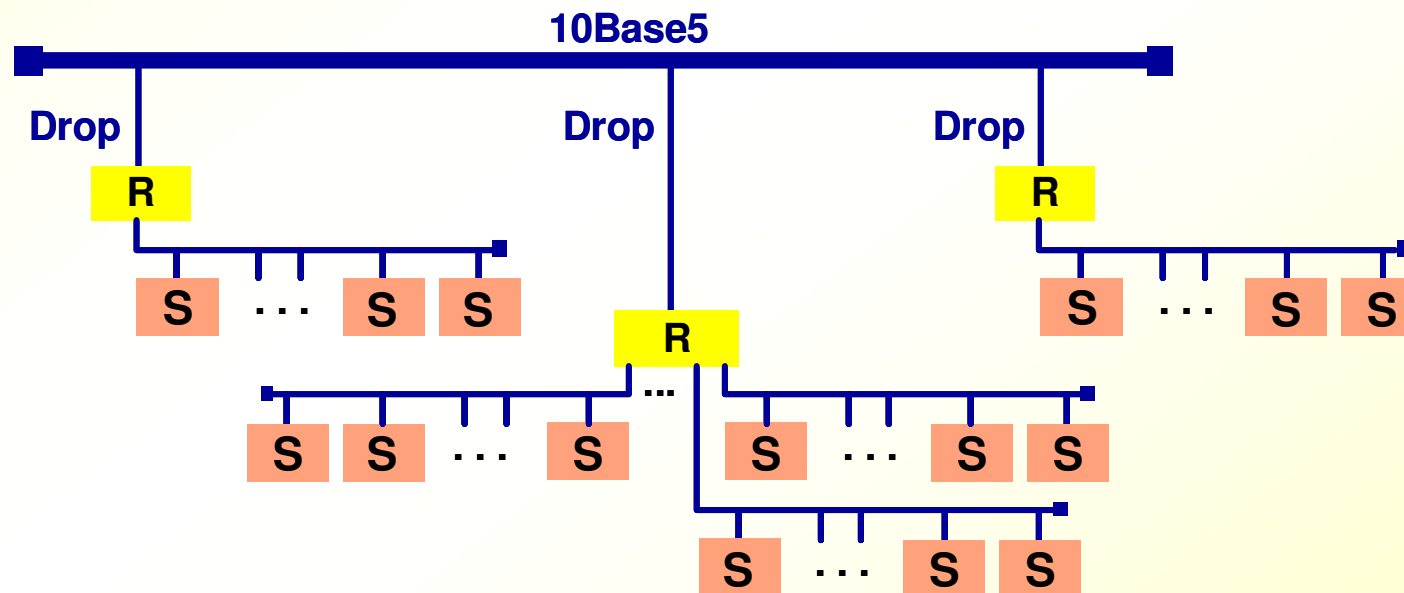
Cablaggio in cavo Thin (10Base2)

- Segmenti di lunghezza max 185 m
- Utilizzo di ripetitori per interconnettere i segmenti in modo analogo al 10Base5
- Il numero massimo di stazioni è 30, con una distanza tra l'una e l'altra di minimo 0.5 m
- Posa molto meno costosa rispetto al 10Base5; è possibile l'uso di transceiver a bordo
- Non è in genere impiegato da solo in reti di grandi dimensioni per motivi di affidabilità, essendo il cavo di rete accessibile all'utente, è esposto ad eventuali scollegamenti accidentali



Cablaggio 10BaseX Misto

- **Soluzioni miste 10Base5 / 10Base2**
 - » Impiego di ripetitori 10Base5-10Base2
 - » 10Base5 come dorsale (1 o 2 livelli gerarchici)
 - » 10Base2 per la distribuzione



10Base-T

A diagram showing the components of 10Base-T. A central yellow rectangle contains the text '10Base-T' in red. Three lines extend from the bottom of this rectangle to three separate rounded rectangular boxes below it. The boxes are labeled '10 Mbps', 'Baseband', and 'Twisted pair' from left to right.

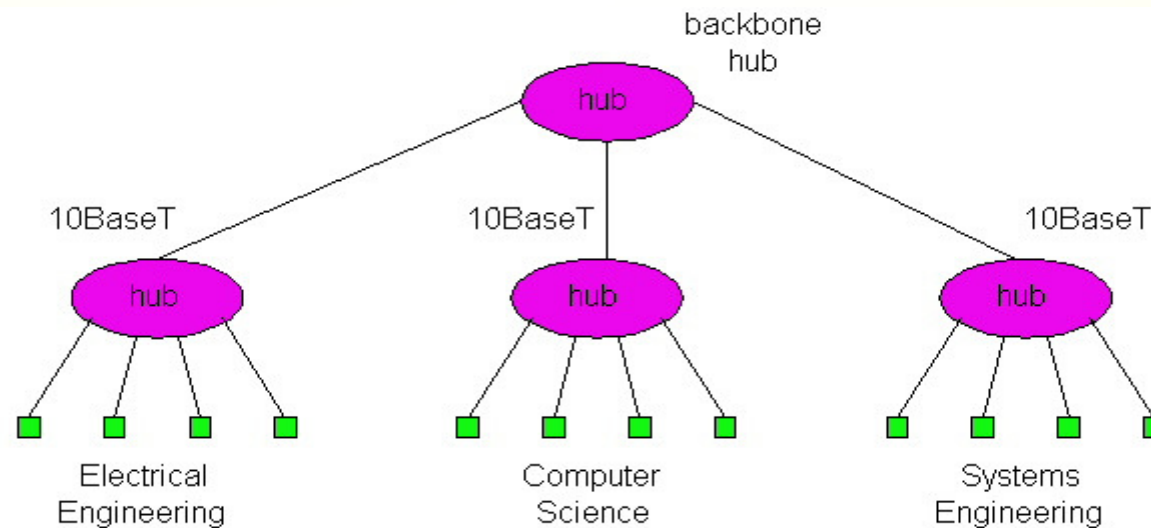
10 Mbps

Baseband

Twisted pair

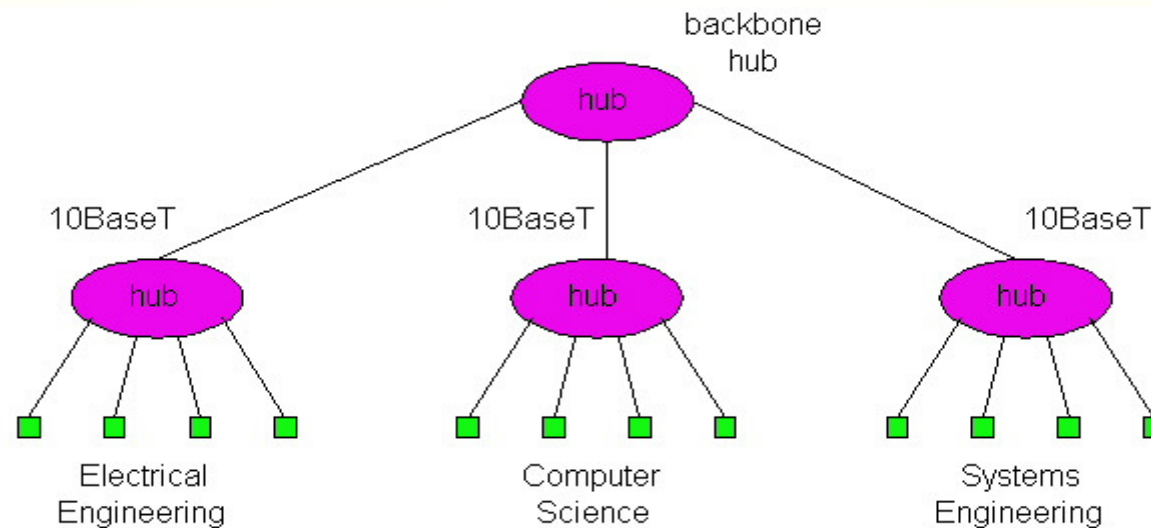
10BaseT

- **Lo standard permette l'utilizzo di ripetitori multiporta (HUB) per poter connettere più di due stazioni in rete e la topologia è a stella**
 - » L'hub riceve il segnale su una linea e lo ripete su tutte le altre
 - » questa topologia consente di evitare, in caso di interruzione di un singolo segmento, la perdita di funzionalità della rete

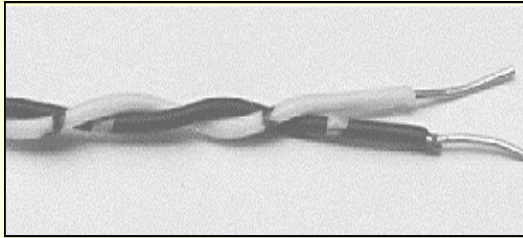


10BaseT

- i nodi sono connessi con coppie simmetriche in una topologia "a stella"
- CSMA/CD implementato nell'hub
- Max distanza tra nodo e Hub è 100 metri
- L'Hub può raccogliere informazioni di monitoring, statistiche da mostrare all'amministratore della LAN



Cablaggio con coppia simmetrica: 10BaseT



Coppia Simmetrica

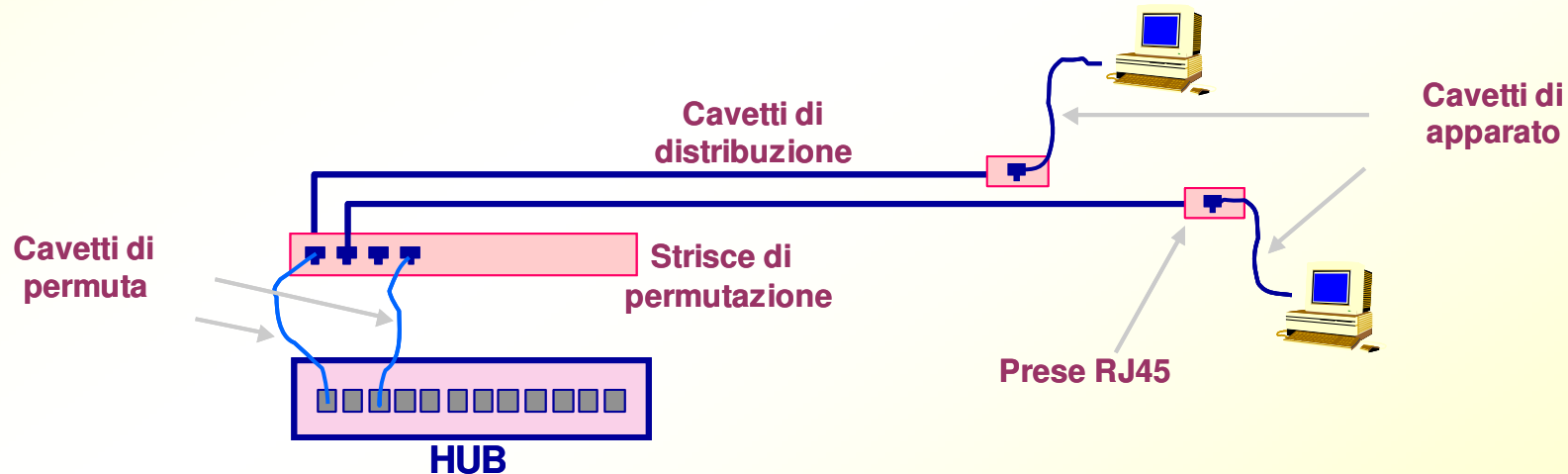
Cavetto UTP
a 4 coppie



- **Tipicamente usato in cavetti UTP a 4 coppie**
- **Basso costo e facilità di posa**
- **Adatto a cablaggi strutturati**
- **Enorme diffusione dal '90**

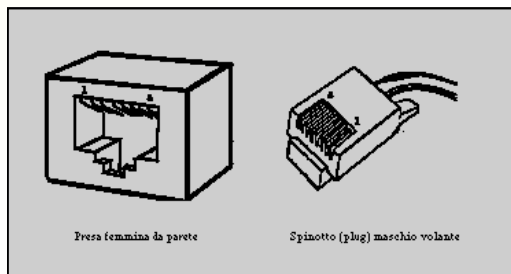
Cablaggio con coppia simmetrica: 10BaseT

- **Il cavo UTP deve avere impedenza caratteristica di almeno 100Ω con lunghezza massima consigliata di 100 m a causa dell'elevato tasso trasmissivo e della scarsa qualità dei doppini**
 - » I 100 m sono suddivisi, ad esempio, in 90 m di cablaggio strutturato e 10 m di cavetti di permutazione e di apparato

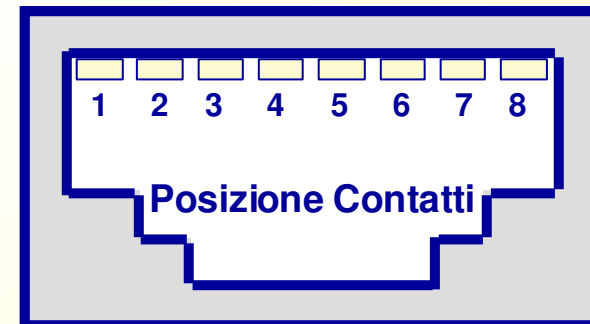


Cablaggio con coppia simmetrica: 10BaseT

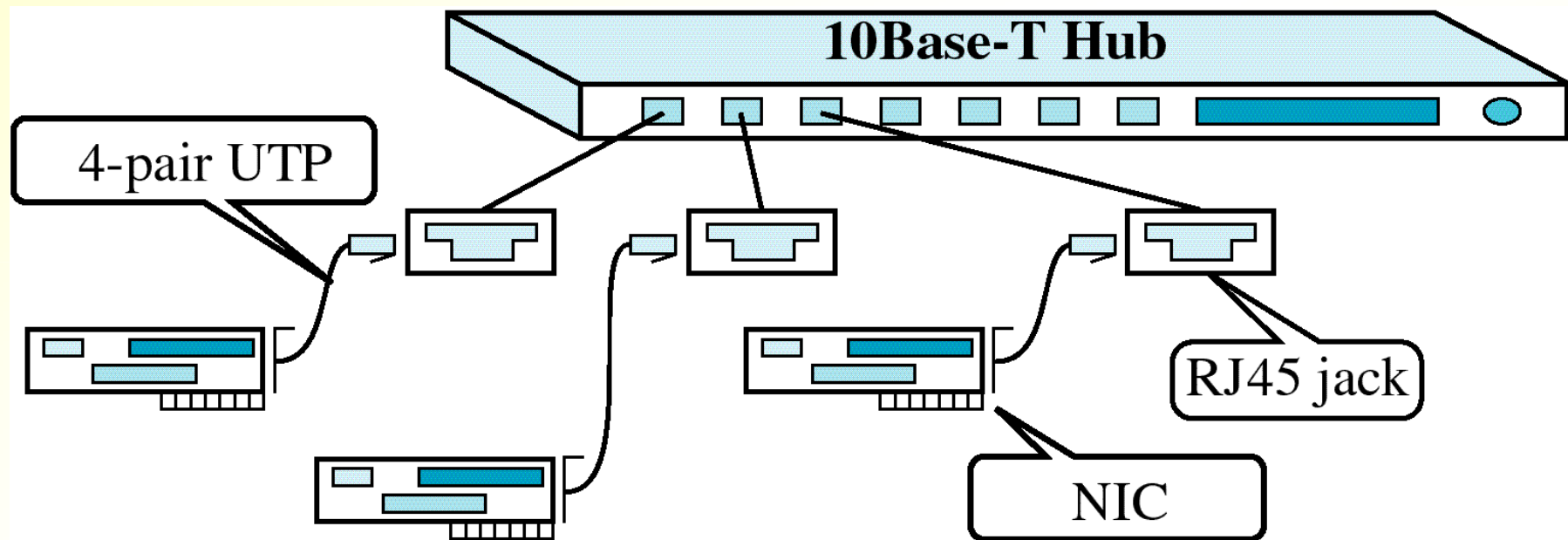
- HUB ed apparato terminale sono connessi con 2 coppie di doppini: una utilizzata per la trasmissione dal DTE (terminale) al DCE (HUB), detta di "*uplink*", e l'altra per la trasmissione in verso contrario, detta "*downlink*".
- Il cablaggio 10BaseT utilizza lo stesso tipo di connettore (*RJ 45*) a 8 contatti usato anche per telefonia numerica (*ISDN*).
 - » le coppie attestare sui piedini 1,2 e 3,6 del connettore RJ45 sono utilizzate per la LAN, quelle attestate sui piedini 4,5 e 7,8 sono usate se la presa è utilizzata per telefonia analogica (solo coppia 4,5) o numerica ISDN (sia la coppia 4,5 che la coppia 7,8).



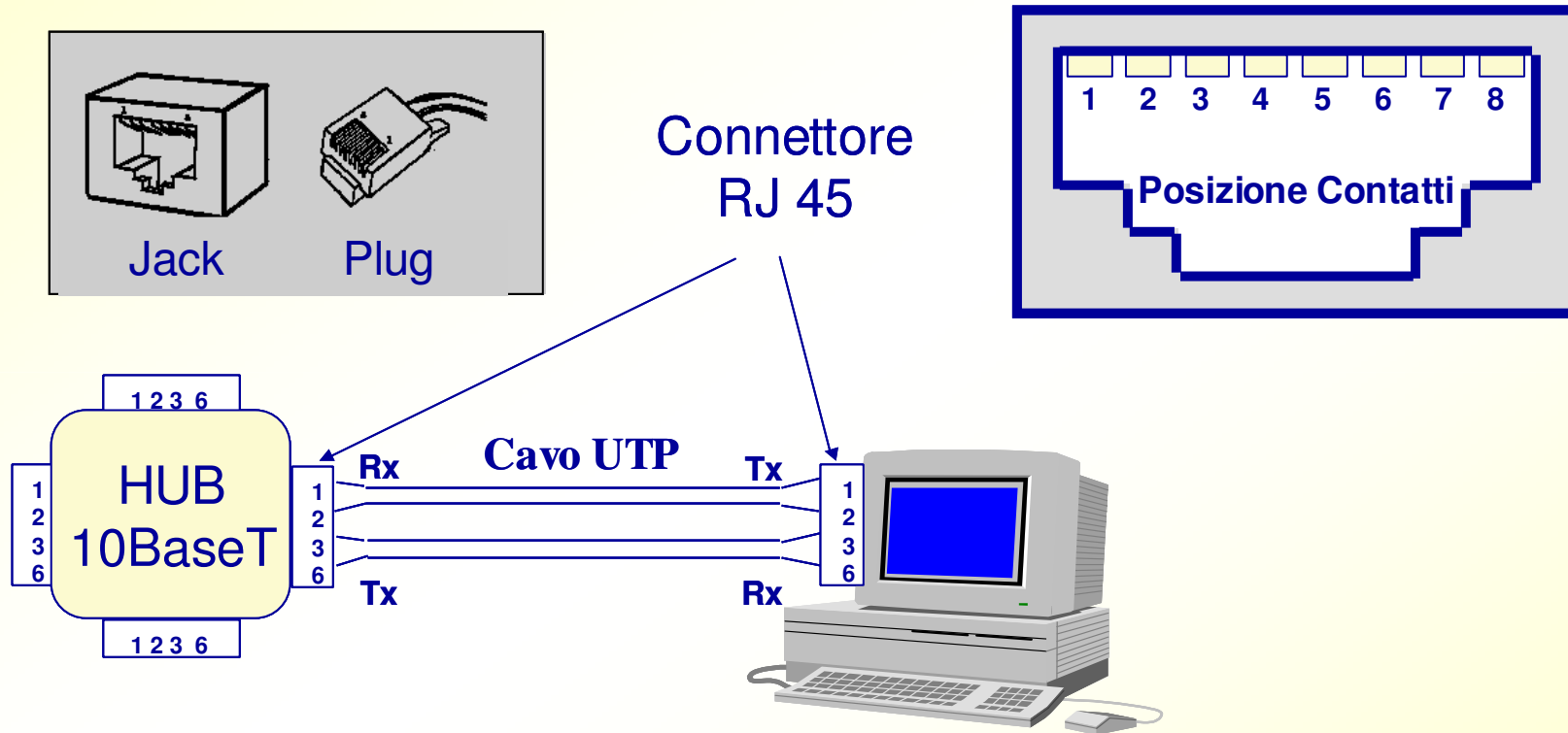
Connettore
RJ 45



10BASET

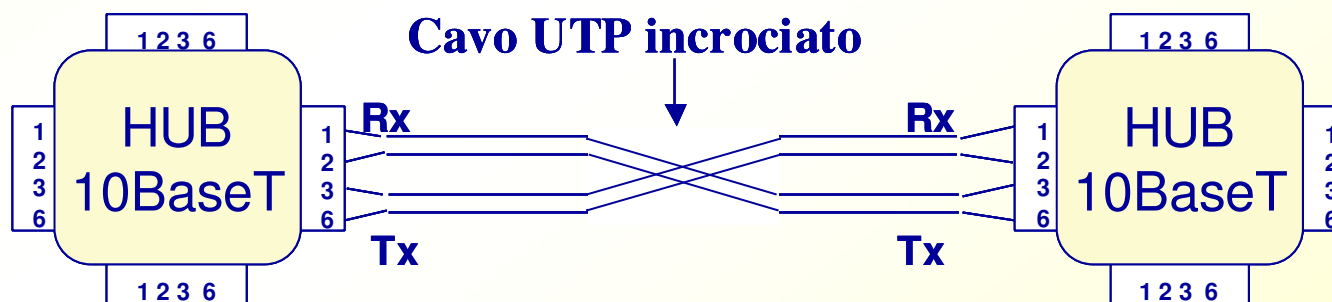


Standard 10BaseT



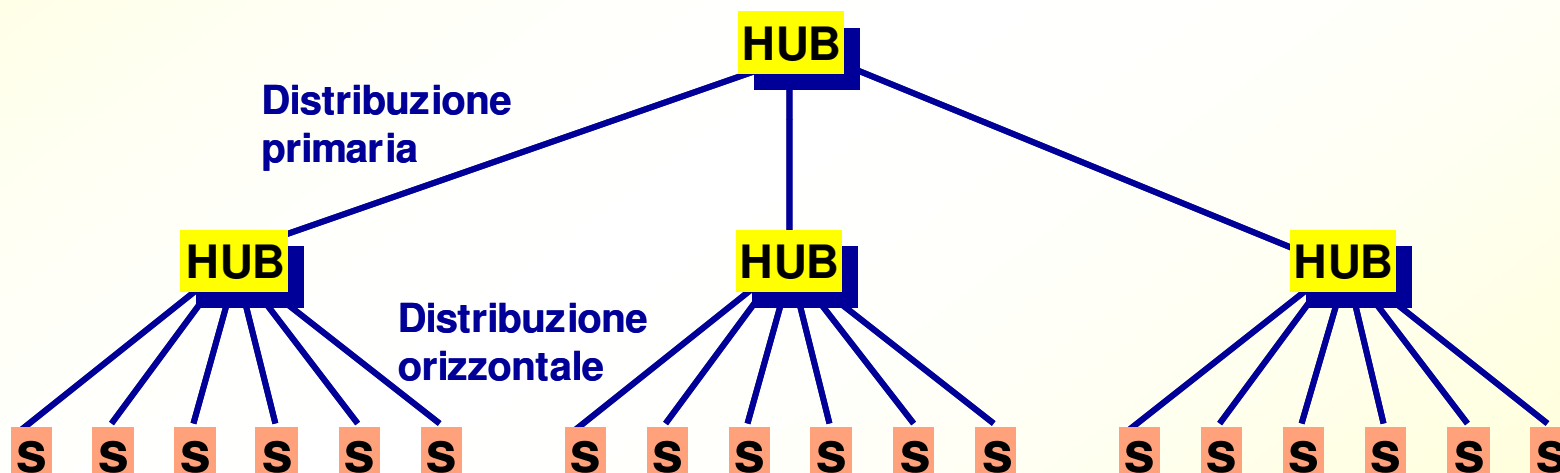
Cablaggio con coppia simmetrica: 10BaseT

- Nella connessione tra 2 DCE o tra due DTE (ad esempio per connettere tra loro due HUB) si deve “incrociare” il cavo di connessione per permettere al flusso di bit trasmesso da una porta di raggiungere la porta Rx sull’altro apparato.
- La maggior parte degli HUB commerciali dispone di una porta (porta di uplink) sulla quale, in seguito al posizionamento di un commutatore, è possibile realizzare l’incrocio tra 1,2 e 3,6 all’interno dell’apparato, consentendo così l’impiego di cavetti di tipo “dritto” (cioè non incrociati).



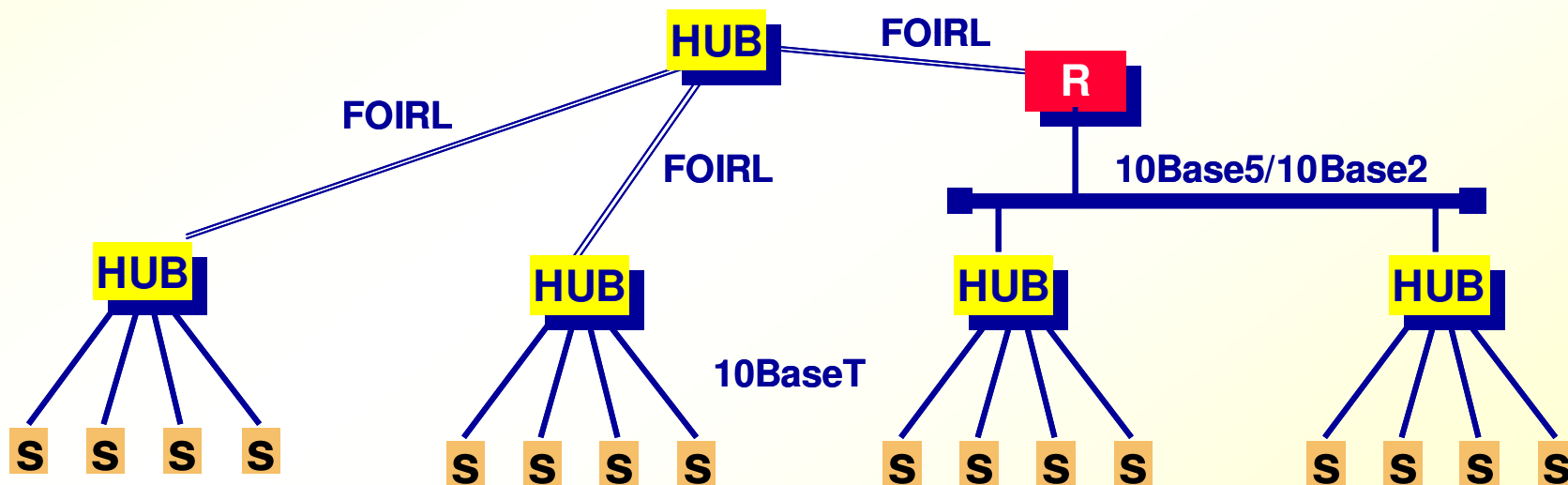
Cablaggio in Coppia Simmetrica (10BaseT)

- **Topologia stellare gerarchica**
- **Impiego di ripetitori multiporta (HUB)**



Cablaggio in Coppia Simmetrica (10BaseT) Misto

- **Per la distribuzione primaria i cavi a coppie spesso non consentono distanze di connessione sufficienti**
 - » Impiego di cablaggi misti:
 - coppie simmetriche per la distribuzione orizzontale
 - fibra ottica/coassiale per la distribuzione primaria



Cablaggio in coppia simmetrica (10BaseT)

- **Meno costoso e più versatile del cablaggio in coassiale grosso**
- **Più affidabile del cablaggio in coassiale sottile**
 - » Sono accessibili all'utente solo elementi del cablaggio a lui dedicati
 - » Un guasto ad una porta del ripetitore di distribuzione orizzontale ha effetto su una sola stazione
 - » Necessità di ridondanza sugli elementi più centralizzati

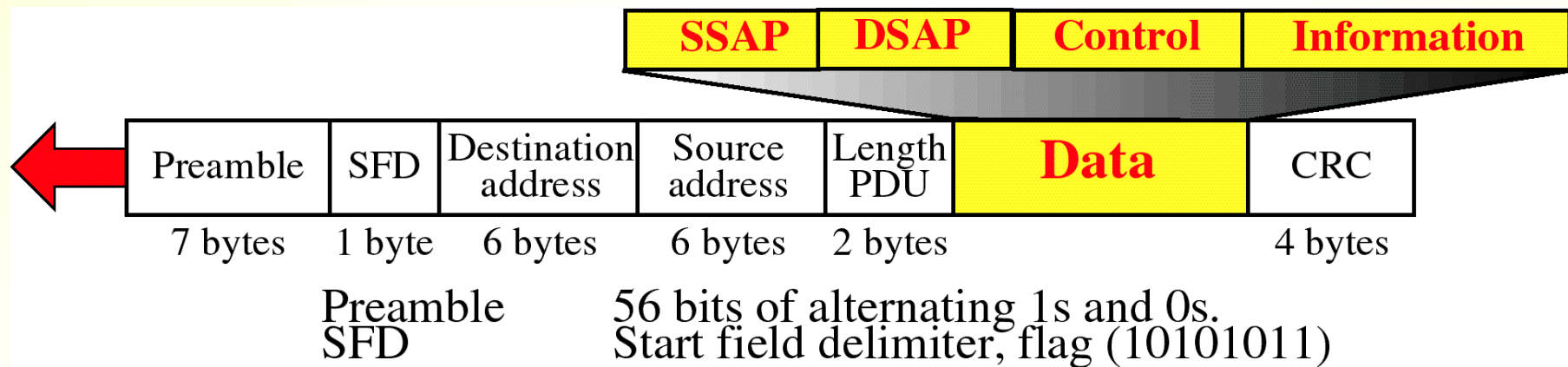
Cablaggio in fibra ottica (10BaseFX)

- **Lo standard comprende attualmente 3 diverse specifiche**
 - » **10BASE-FP (passiva)**: topologia **a stella passiva** per interconnettere stazioni (fino a 33) all'hub su distanze fino a 1km per segmento; l'hub fa da partitore ottico che preleva il segnale da una linea e lo ripete sulle altre senza ritardo
 - » **10BASE-FL (link)**: definisce un collegamento punto-punto che può essere usato per aumentare l'estensione della rete connettendo stazioni o hub fino a 2km; usa la trasmissione asincrona
 - » **10BASE-FB (backbone)**: definisce un collegamento punto-punto che può essere usato per aumentare l'estensione della rete connettendo hub (max 15); usa la trasmissione sincrona (il segnale ottico in arrivo a un hub viene ri-temporizzato tramite un clock locale e ritrasmesso)

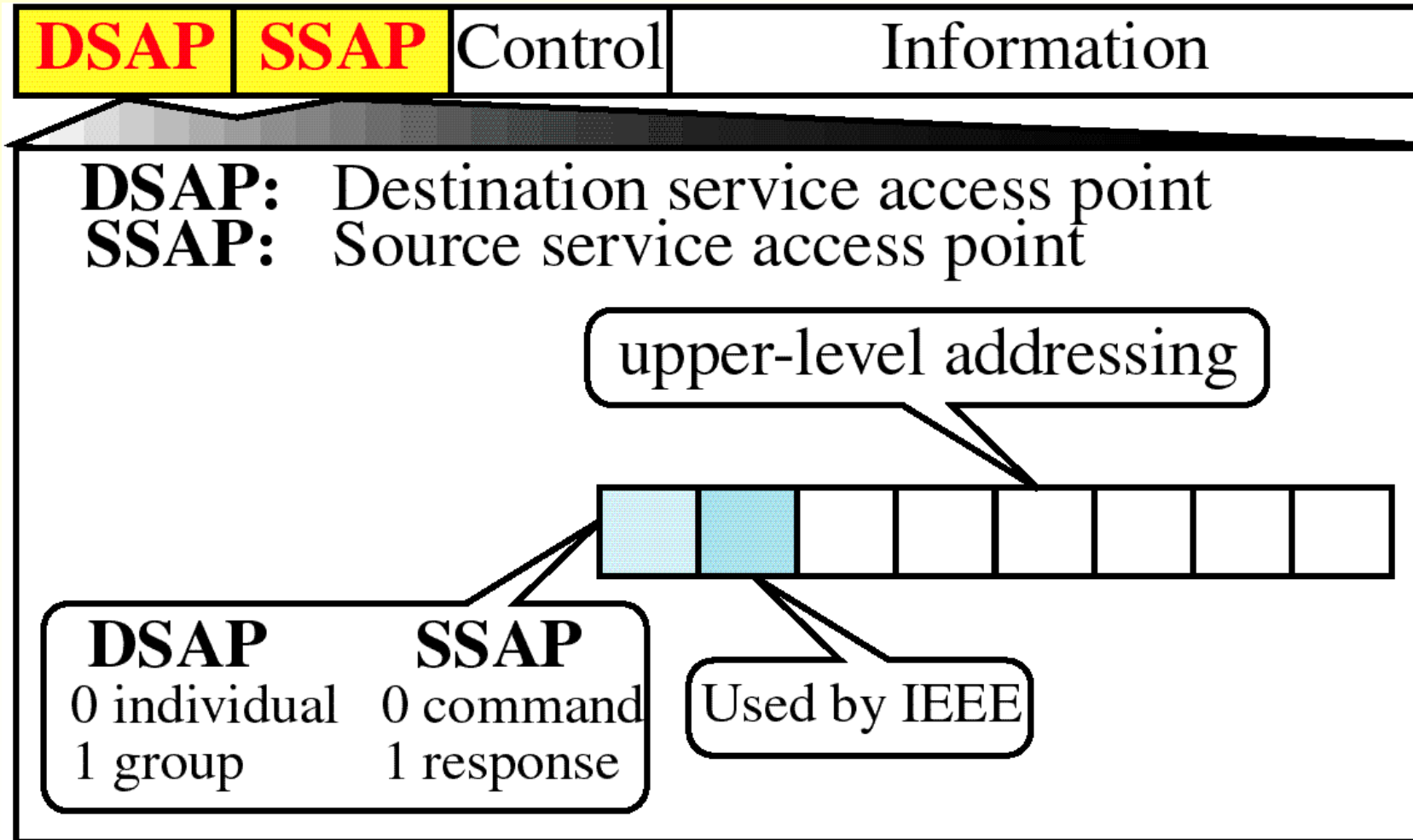
Cablaggio in fibra ottica (10BaseFX)

- **Tutte e tre fanno uso di una coppia di fibre ottiche per ogni collegamento, una fibra per direzione**
- **La codifica è Manchester, il segnale viene convertito in segnale ottico (on-off)**
 - » Alto: presenza di luce; basso: assenza di luce

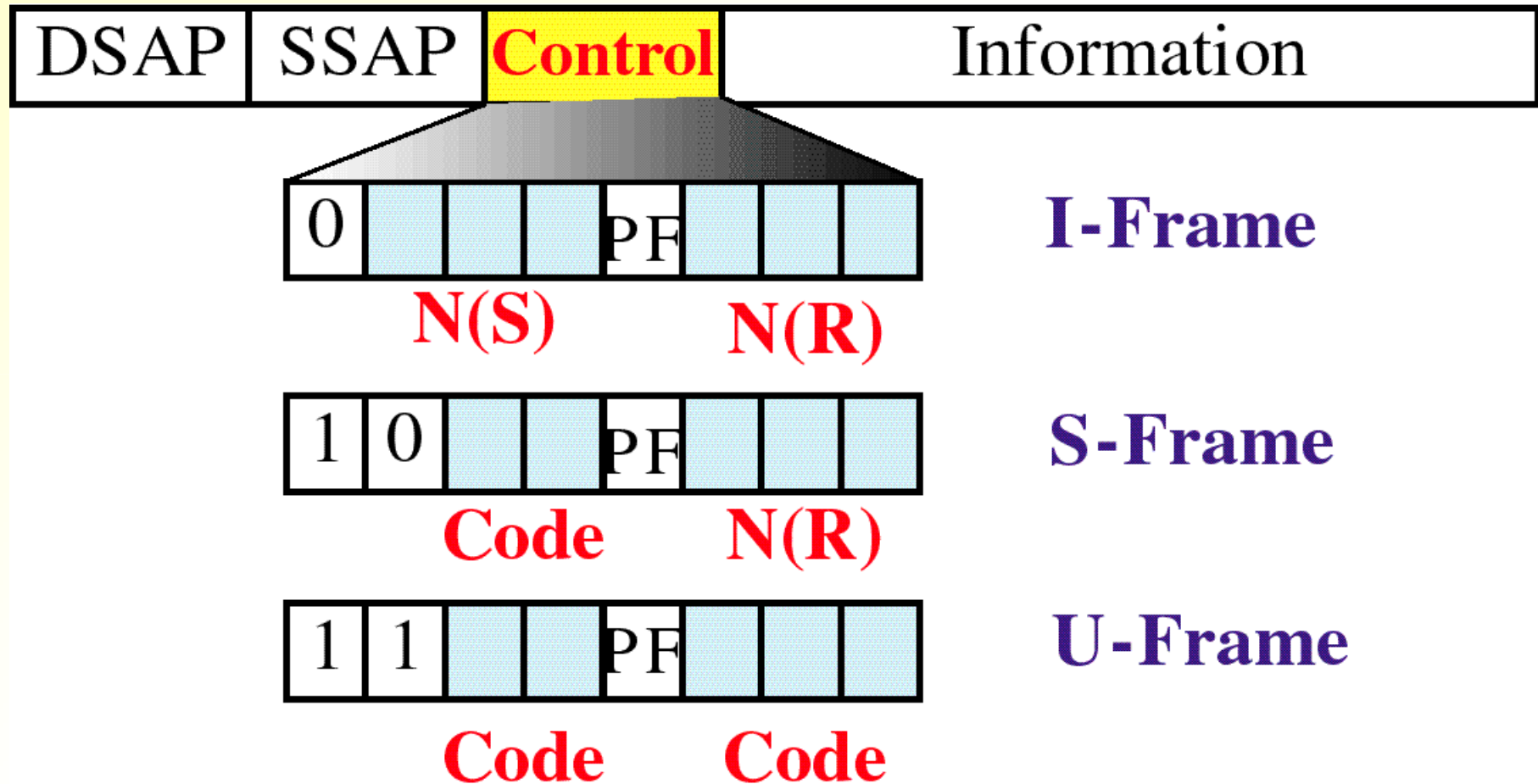
MAC Frame



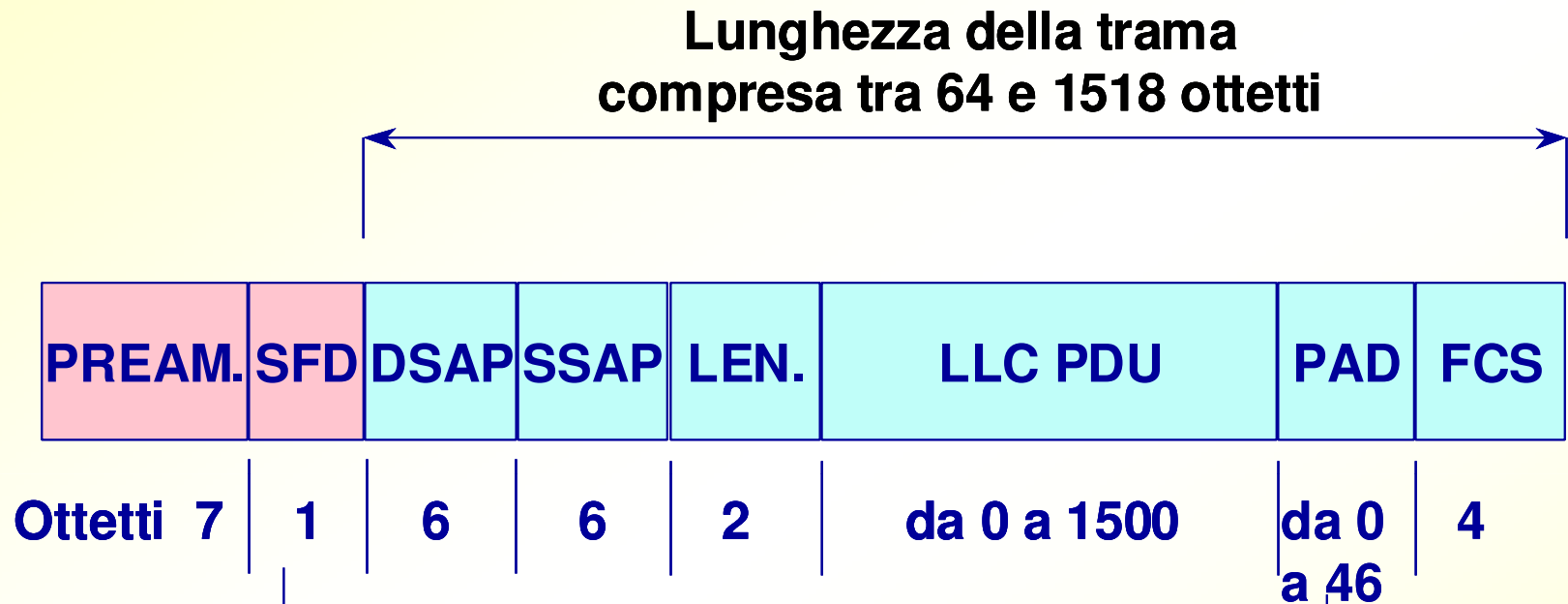
PDU Format



PDU Control Field



802.3: Formato della trama



Lo Start of Frame Delimiter
indica l'inizio della trama

Overhead: 26 byte

Il valore del PAD è scelto
in modo da garantire che
la trama abbia una lunghezza
minima di 64 ottetti

802.3: Formato della trama

- **Formato di una MAC PDU (standard IEEE 802.3)**
 - » **preambolo (7 ottetti)** 10101010 permette alle diverse stazioni riceventi di sincronizzarsi con meccanismi ad aggancio di fase (**PLL**) sul clock di trasmissione del nodo mittente di ciascun pacchetto
 - » **SFD: delimitatore di inizio trama (1 ottetto) 10101011**
 - » **DSAP: indirizzo di destinazione (2 o 6 ottetti)**
 - » **SSAP: indirizzo di sorgente (2 o 6 ottetti)**
 - » **lunghezza (2 ottetti) del campo dati (PDU del LLC)**
 - » **dati di strato LLC**
 - » **PAD** porta la lunghezza minima della trama al valore di 64 Byte
 - » **FCS (4 ottetti)** il codice non protegge nè il preambolo nè l'SFD (se questi campi sono corrotti la trama è scartata in partenza)
Nota: il servizio offerto è senza connessione, se ci sono errori sulla trama questa viene scartata! (il recupero da errore è demandato ai livelli più alti)

802.3: Formato della trama

CSMA-CD, in origine per bus a 10 Mb/s

- **la minima lunghezza della trama MAC è di 512 bit (slot) pari a 51.2 μ s**
- **la velocità di propagazione media è di $2 \cdot 10^8$ m/s (5 μ s/Km)**
- **ne segue una distanza massima teorica di 5 Km**
- **con i ritardi negli apparati si fissa il diametro a 2.5 Km**
- **due trame consecutive vengono sempre distanziate di un tempo minimo detto Inter Frame Gap (IFG) (pari a 9,6 μ s per reti a 10 Mbit/s), che serve a garantire alle stazioni in ascolto sulla rete di poter distinguere la fine di una trama dall'inizio della trama successiva. L'IFG sostituisce quindi il delimitatore di fine trama, non presente in 802.3**

802.3 o Ethernet

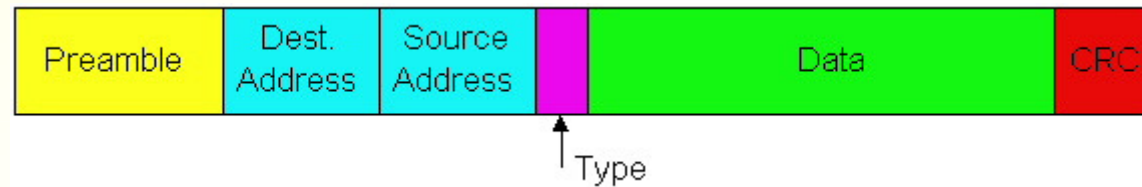
- **In realtà non sono la stessa cosa:**
 - » l'802.3 usa un livello LLC (802.2)
 - » l'Ethernet colloquia direttamente con i livelli di rete
 - » ad esempio nel caso di IP:

<i>IP</i>
<i>LLC (802.2)</i>
<i>MAC (802.3)</i>

<i>IP</i>
<i>Ethernet</i>

Ethernet: formato della trama

- L'adattatore trasmittente incapsula il datagramma IP (o il pacchetto di un altro protocollo del livello rete) in una **trama Ethernet**

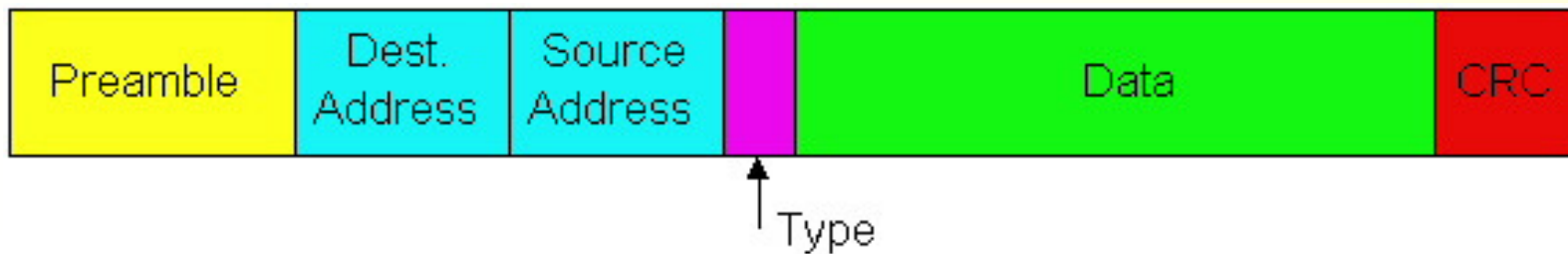


Preambolo:

- 7 byte con pattern 10101010 seguiti da un byte con pattern 10101011 (SFD)
- usato per sincronizzare i clock di ricevitore e trasmettitore

Ethernet: formato della trama

- **Address:** 6 byte, il frame è ricevuto da tutti gli adattatori su una LAN e scartato se l'indirizzo non corrisponde
- **Type:** indica il protocollo di livello più alto (IP o altri come Novell IPX e AppleTalk)
- **CRC:** controllato al ricevitore, se si rileva un errore la trama è semplicemente scartata



802.3 o Ethernet

- **Nell'Ethernet il campo protocol serve ad indirizzare il SAP verso i livelli di rete**
- **In molte LAN le due reti convivono. Come?**
 - » il campo lung. trama può assumere valori 0-1500
 - » il campo protocol valori >1500



IEEE 802.3 / Ethernet

IEEE 802.3



ETHERNET



- **Il campo 'Protocol Type' permette di moltiplicare più architetture di protocolli sullo stesso MAC. Es.:**

» 0600	XNS
» 0800	IP
» 6000 - 6009	DEC

802.3: riassunto

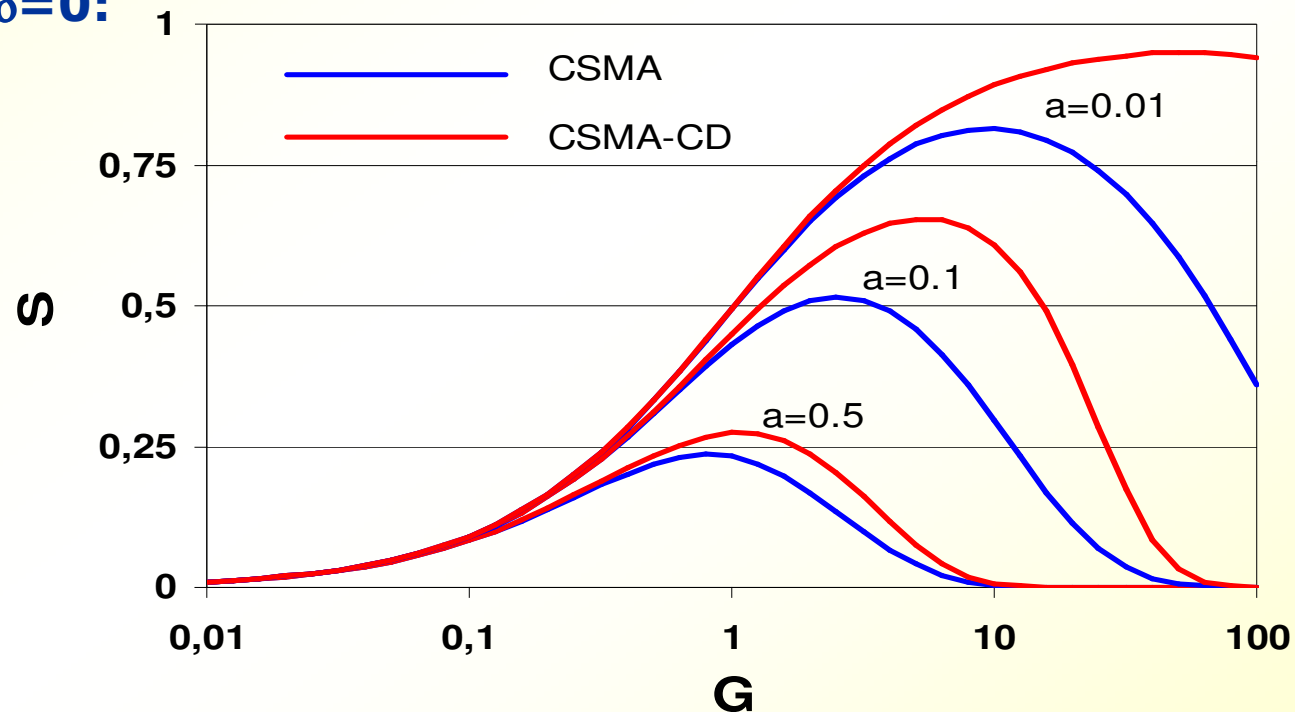
- **Velocità di trasmissione: 10 Mbps**
- **Durato dello 'slot': 512 tempi di bit**
- **Intervallo tra le PDU: 9.6 μ s**
- **Numero massimo di tentativi: 16**
- **Limite di backoff: 10**
- **Lunghezza del segnale di jam: 32 bit**
- **Massima dimensione della PDU: 1518 ottetti**
- **Minima dimensione della PDU: 512 bit (64 ottetti)**

Prestazioni del CSMA-CD

- Si ha:

$$S = \frac{Ge^{-aG}}{G(1+2a) + e^{-aG} - G(1-\delta)(1-e^{-aG})}$$

- per $\delta=0$:

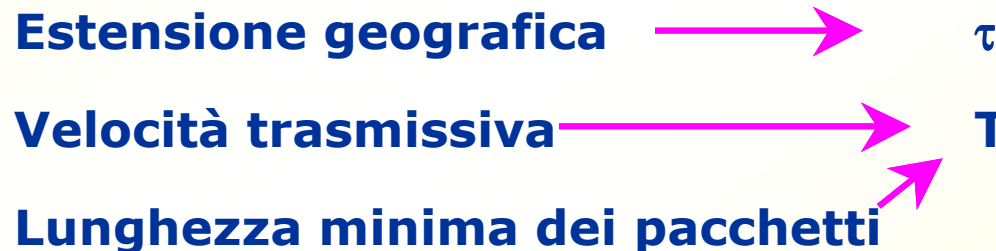


$\approx \delta$ tempo per accorgersi della collisione e interrompere

$\gg a = \tau/T$

Ethernet: prestazioni

- + Affidabilità (passività del mezzo trasmissivo)
- + Protocollo MAC totalmente distribuito e semplice
- + Ritardo di accesso minimo se il traffico in rete è basso (basato su CSMA **1-persistente**)
- L'efficienza di banda diminuisce all'aumentare del parametro a (τ/T). Per ottenere buone prestazioni bisogna bilanciare i seguenti fattori:



- Nessuna garanzia sul massimo ritardo di accesso di una stazione
- Non è possibile differenziare tra le trame garantendo a traffico real-time una maggiore priorità di accesso