



FDDI

Fiber Distributed Data Interface

Pietro Nicoletti

Pietro.Nicoletti@torino.alpcom.it

Silvano Gai

Silvano.Gai@polito.it

<http://www.polito.it/~silvano>



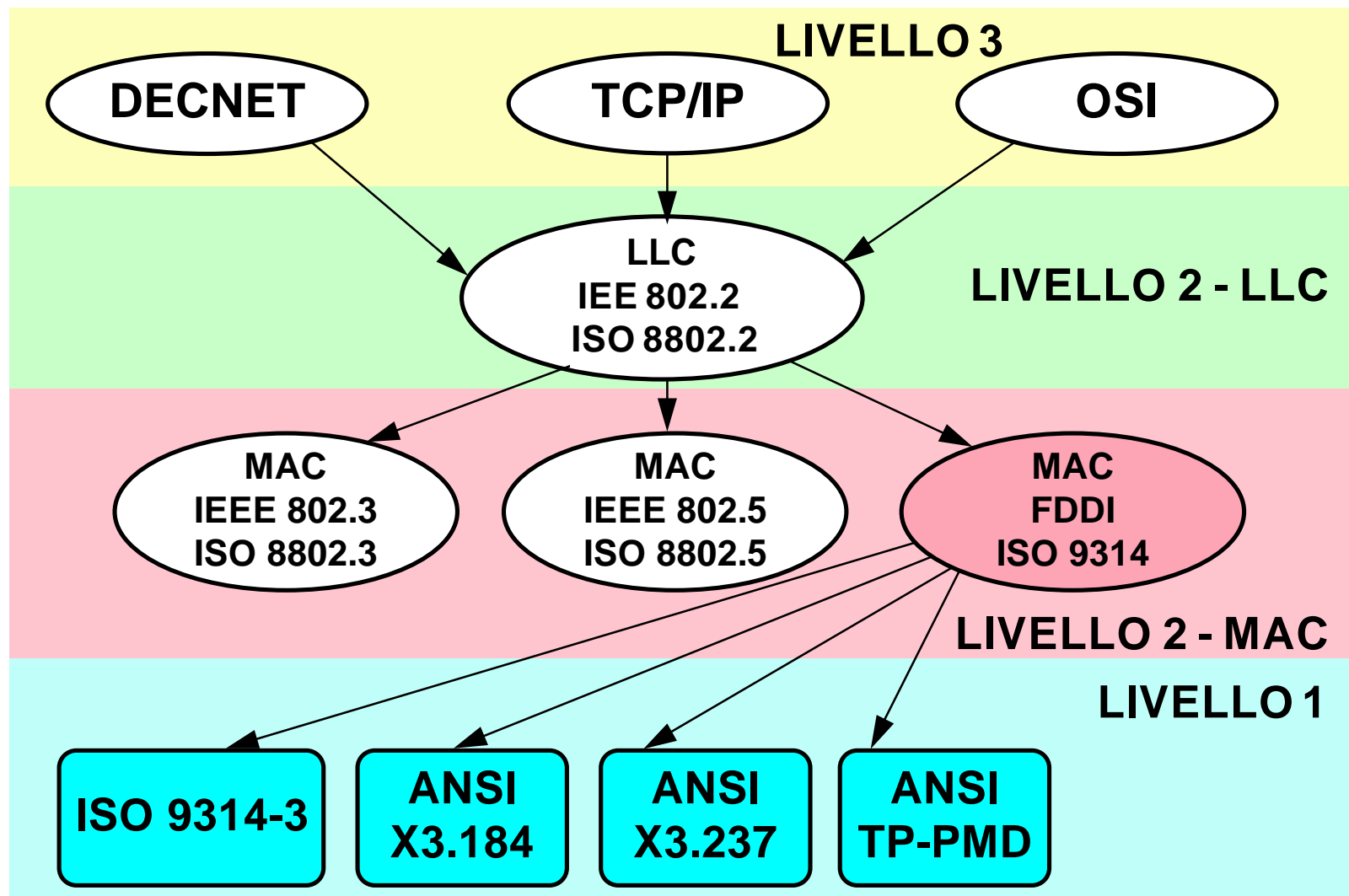
Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.
- L'informazione contenuta in queste slides è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slides (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

Generalità

- **Standard ANSI per LAN in fibra ottica a 100 Mb/s**
 - soluzione ideale per la realizzazione di dorsali
 - elevato livello di fault-tolerance
 - nasce come standard ANSI (American National Standard Institute) e viene successivamente ratificato come ISO
 - alcuni sottostandard del livello fisico sono solo ANSI
- **Si inserisce ai livelli 1 e 2 del modello OSI e del modello IEEE 802**

Relazione tra i livelli

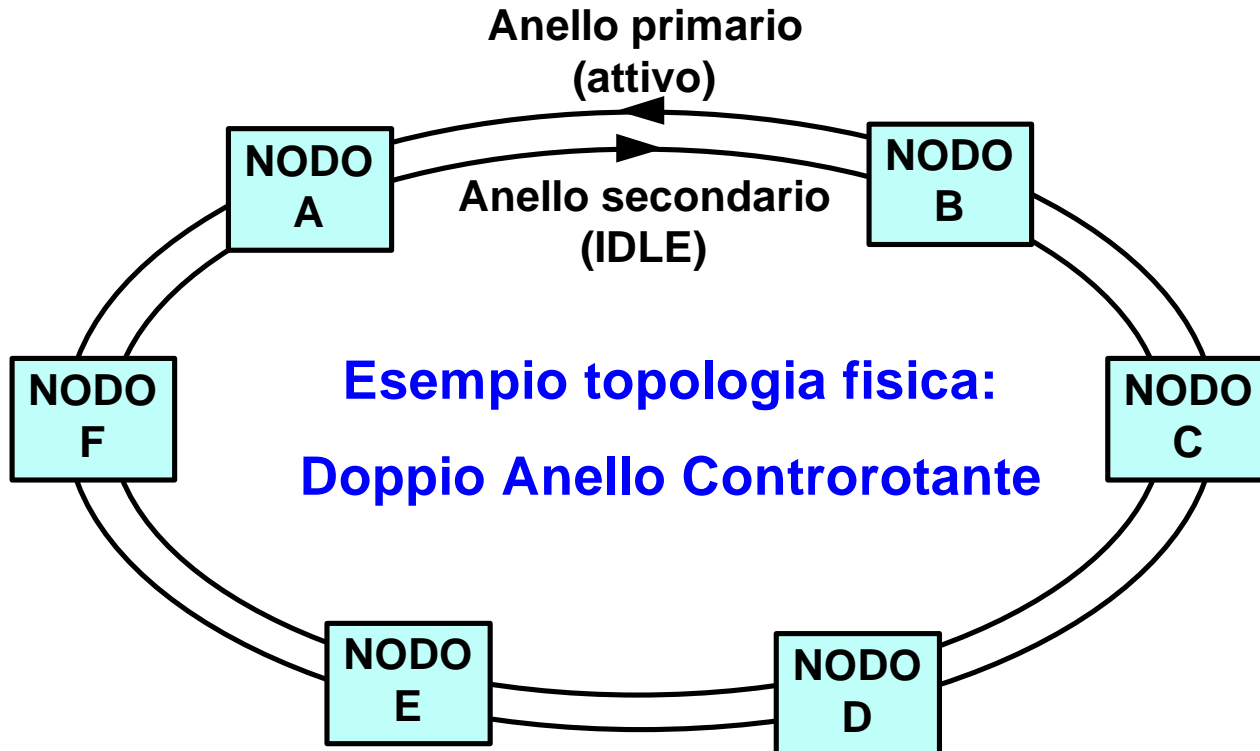


Specifiche FDDI

- **Velocità di trasmissione**
 - 125 Mb/s a livello fisico
 - 100 Mb/s a livello Data Link
- **Numero massimo di stazioni: 500**
- **Lunghezza massima della rete: 100 km reali**
- **Distanza massima tra due stazioni**
 - 100 m su rame
 - 2.0 km su fibra ottica multimodale
 - 50 km su fibra ottica monomodale
- **MAC: Timed-Token Passing**
- **Possibilità di fault-tolerance sull'anello e sulle connessioni dual-homing**

Topologia

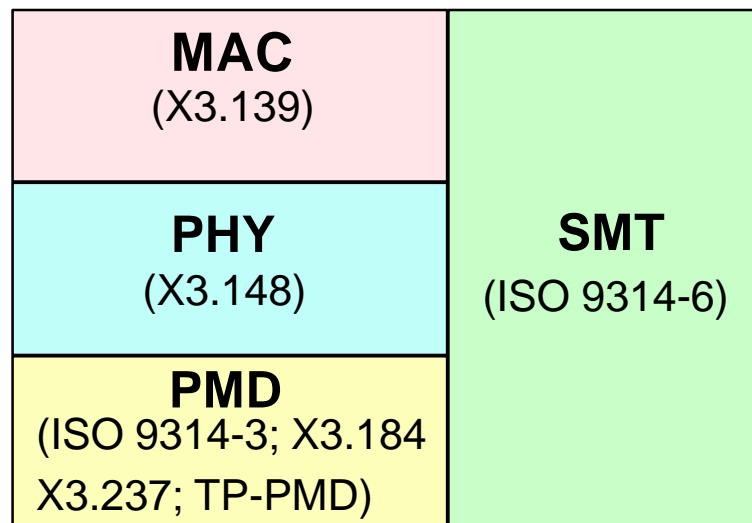
- Topologia logica: anello monodirezionale
- Topologie fisiche: varie



Elementi Componenti

■ Sono 4:

- **PMD - Physical Medium Dependent Layer**
- **PHY - Physical Protocol Layer**
- **MAC - Media Access Control**
- **SMT - Station Management**

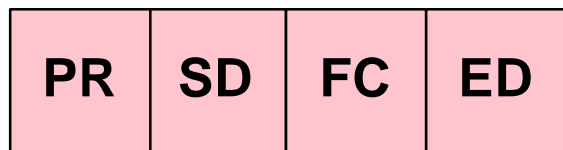


Media Access Control

- Strato più basso del livello Data Link
- Definisce i formati di:
 - token
 - trama
- Fornisce i servizi di:
 - accesso all'anello attraverso un meccanismo di tipo timed-token
 - la modalità è molto simile a quella di 802.5 con Early Token Release
 - coopera con lo SMT per:
 - inizializzazione dell'anello
 - isolamento dei guasti

Token e Trama

Token



16 o più 2 2 2

PR = Preamble

SFS = Start of Frame Sequence

EFS = End of Frame Sequence

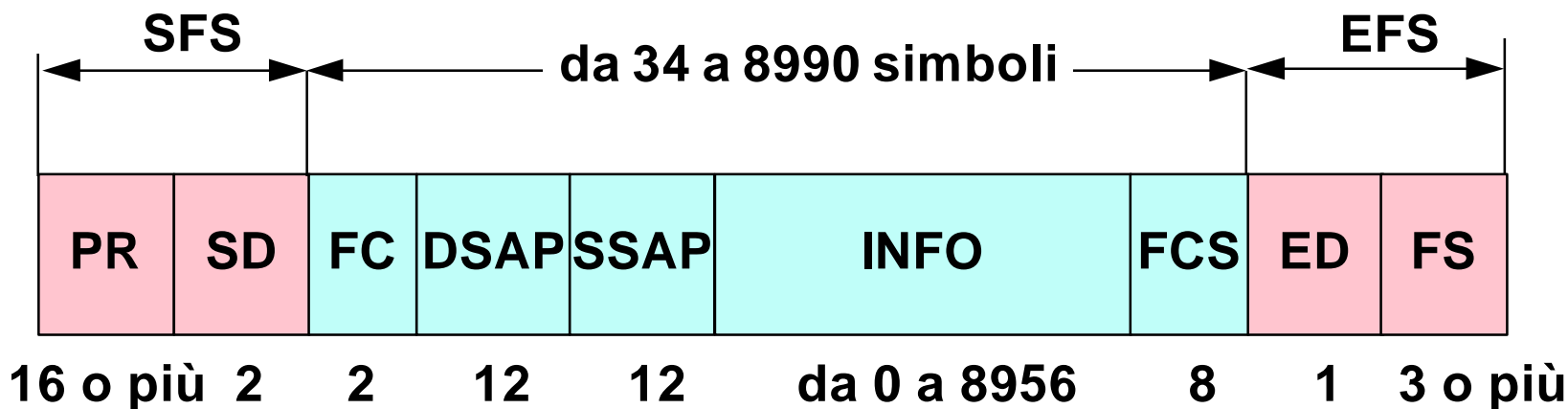
FCS = Frame Check Sequence

SD, ED = Starting/Ending Delimiter

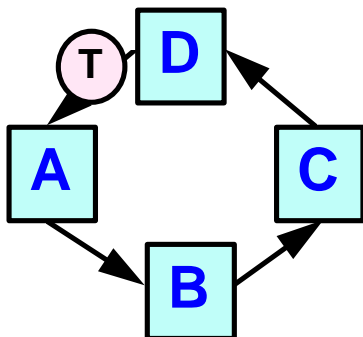
FC = Frame Control

FS = Frame Status

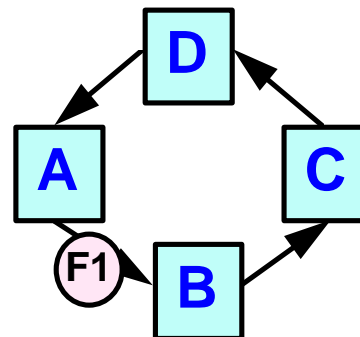
Trama



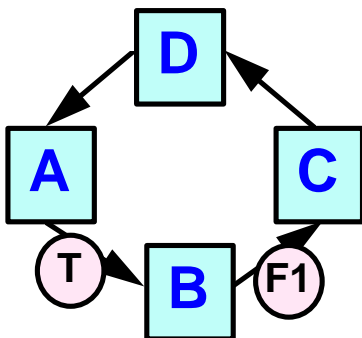
Accesso all'Anello



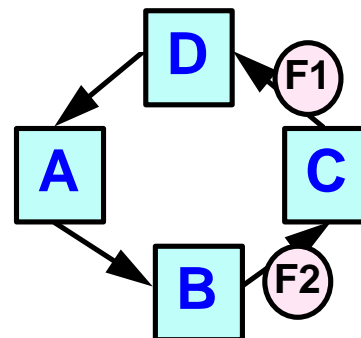
1 - A deve trasmettere e quindi cattura il token



2 - A inizia a trasmettere

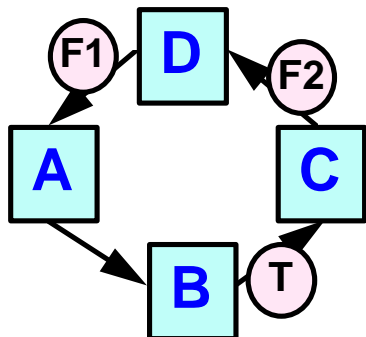


3 - Dopo i dati A ritrasmette il token

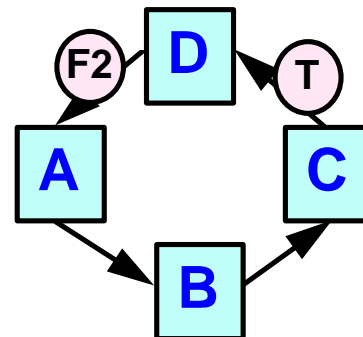


4 - B cattura il token e inizia a trasmettere

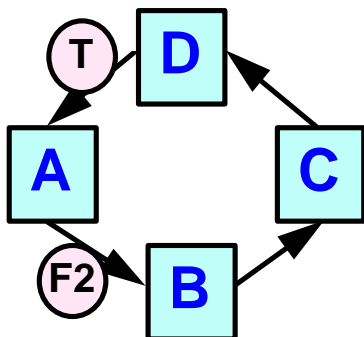
Accesso all'Anello



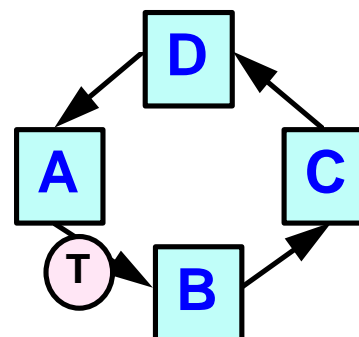
5 - B emette il token



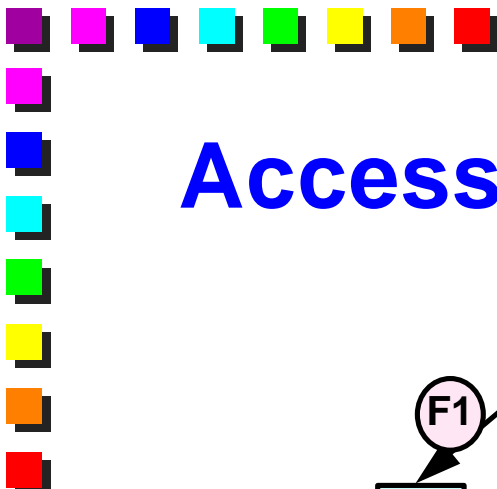
6 - A toglie F1



7 - sull'anello restano
la trama F2 e il token



8 - B toglie F2

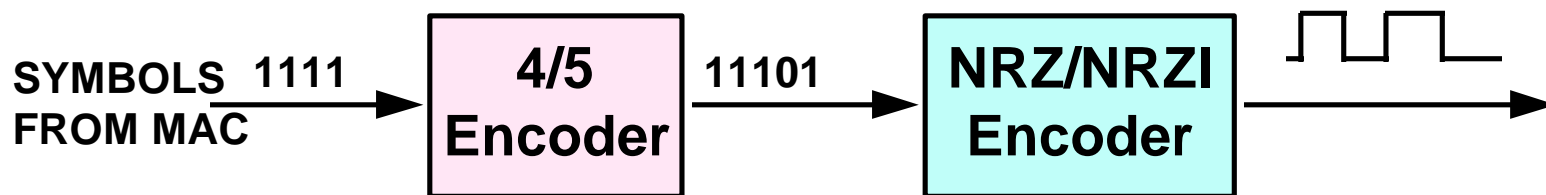


Timer

- Esistono 4 timer principali che definiscono il comportamento del MAC:
 - Target Token Rotation Time (TTRT): tempo di rotazione del token che la stazione propone durante il Claiming
 - Token Rotation Timer (TRT): tempo trascorso dall'ultimo passaggio del token
 - Time Holding Timer (THT): tempo limite di possesso del token
 - Valid Transmission Timer (TVX) serve ad individuare i guasti nell'anello

Physical Protocol Layer

- Strato più alto del livello fisico
- Si occupa della sincronizzazione
- Esegue il processo di codifica e decodifica 4B/5B e NRZ/NRZI oppure 4B/5B NRZ/MLT-3 nel caso TP- PMD



- Combina/separa il clock e i dati
- Compensa le differenze di clock tra stazioni adiacenti

4B/5B

■ 11110 0000

■ 01001 0001

■

■ 11100 1110

■ 11101 1111

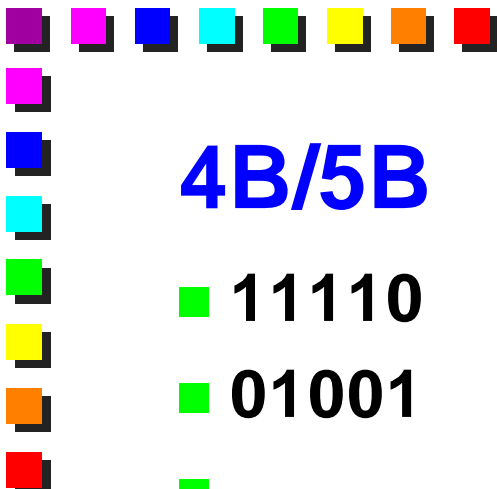
■ 00000 Quiet

■ 11111 Idle

■ 00100 Halt

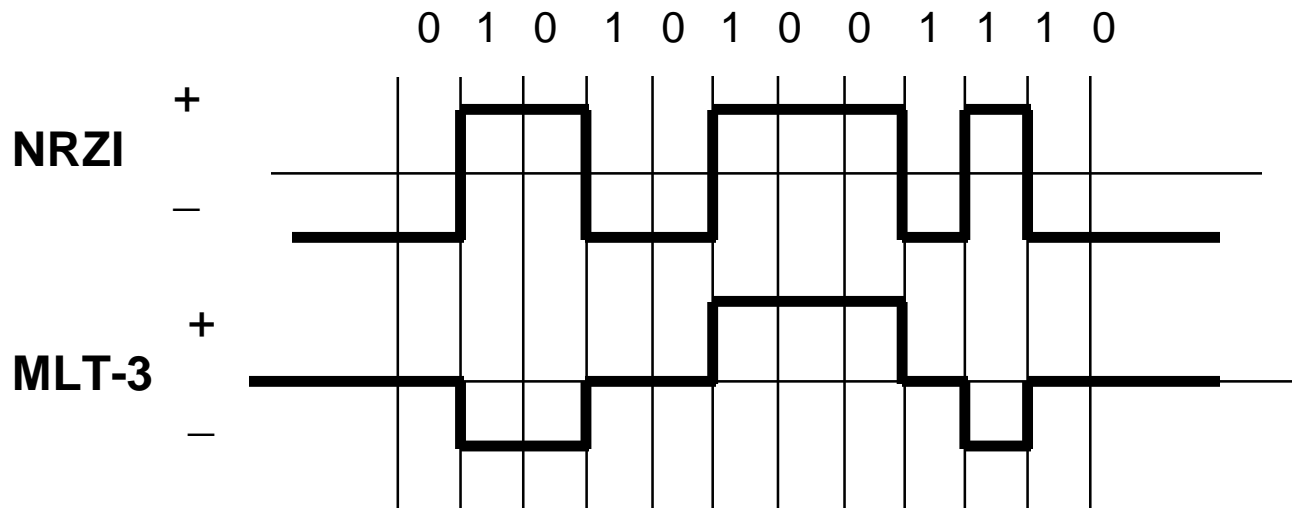
■ 01101 End Delimiter

■ 11000 Starting Delimiter



Metodi di codifica

- NRZI (frequenza digitale 62.5 MHz) utilizzato negli standard su fibra ottica
- MLT-3 (frequenza digitale 31.25 MHz) utilizzato dal TP-PMD per i cavi rame
 - riduce sui cavi UTP i problemi dovuti alla diafonia e, in generale, all'EMI



Sincronizzazione

- In assenza di dati il ring è occupato dal token e da simboli di Idle
 - i simboli di Idle servono per la sincronizzazione del clock tra le stazioni
- Il token ed i pacchetti sono sempre preceduti da un preambolo che contiene almeno 16 simboli di IDLE
 - la funzione Smoothing compensa le differenze di lunghezze dei preamboli ricevuti ed aggiunge dei simboli in quelli che ne contengono meno di 12 prima di ripeterli

PMD Layer

■ Strato più basso del livello fisico:

- **descrive le specifiche hardware per la connessione di nodi FDDI**
- **offre i servizi necessari a trasmettere un flusso di bit con codifica NRZI o MLT-3**

■ PMD specifica:

- **specifica dei cavi**
- **specifica dei connettori (Media Interface Connector)**
- **conversione di segnali ottici in elettrici e viceversa**
- **forma d'onda di trasmissione e ricezione**

PMD

■ Sono attualmente standard:

- fibra ottica multimodale ANSI X3.166 e ISO/IEC 9314-3, distanza massima 2 Km
- fibra ottica multimodale LCF-PMD (Low Cost Fiber) ANSI X3.237, distanza massima 500 m
- fibra ottica monomodale SMF-PMD (Single Mode Fiber) ANSI X3.184, distanza massima 50 Km con ricevitore ed emettitore laser di Cat. 2
- UTP/STP: Unshielded Twisted Pair (100 Ω - Cavi di categoria 5) e STP (150 Ω), distanza massima 100 m, standard TP-PMD ANSI X3.263

TP-PMD Cavi e Connettori

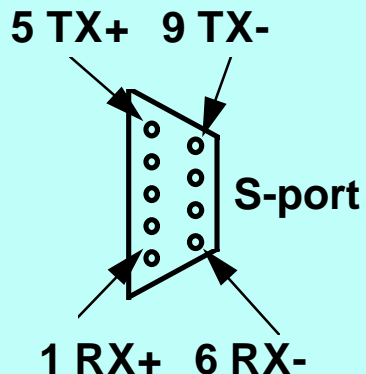
CAVO STP 150 Ω

TIA/EIA 568A / ISO/IEC 11801

Preso DB9

Lato Concentr. M - PORT

Lato Stazione S - PORT



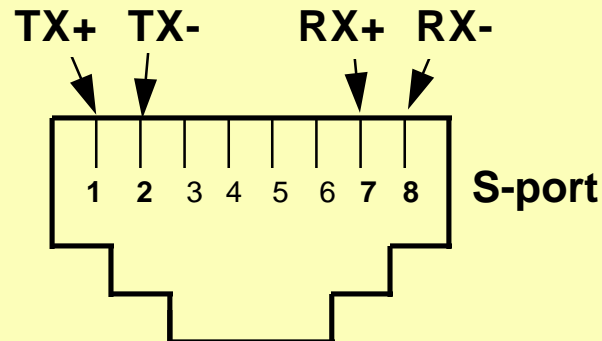
CAVO UTP 100 Ω Cat. 5

TIA/EIA 568A / ISO/IEC 11801

Preso RJ45 Cat. 5

Lato Concentr. M - PORT

Lato Stazione S - PORT



Tipi di stazioni

- **DAS**

 - **Dual Attachment Station**

- **SAS**

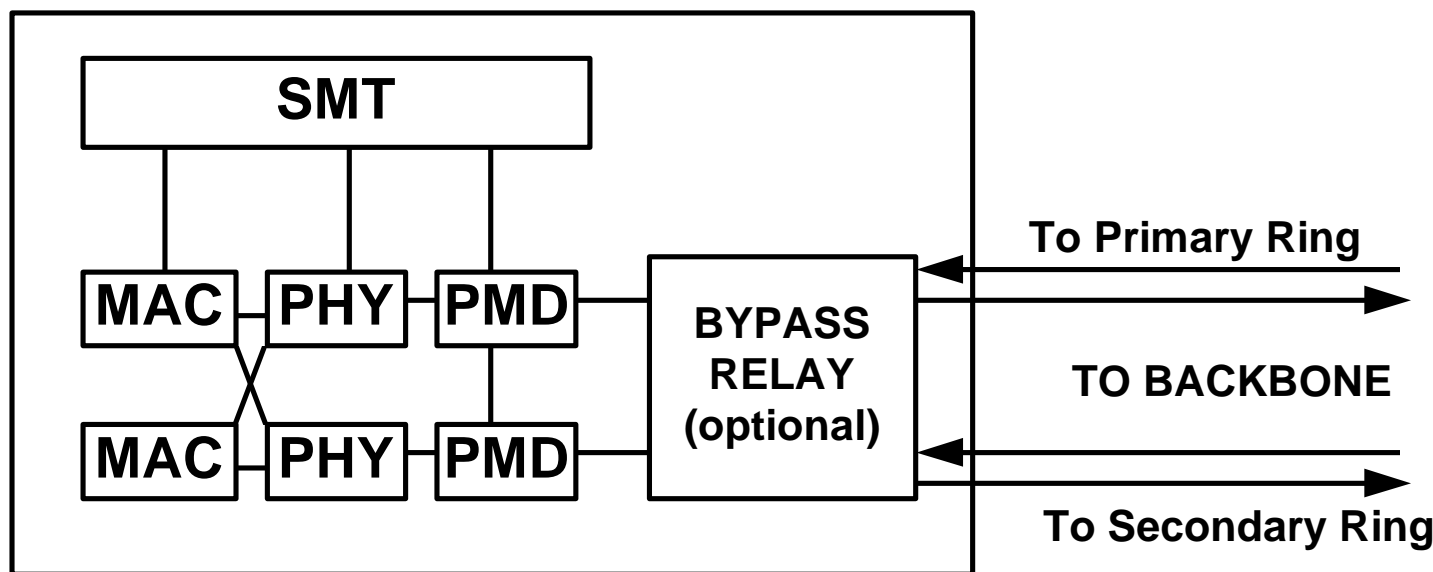
 - **Single Attachment Station**

- **DAC**

 - **Dual Attachment Concentrator**

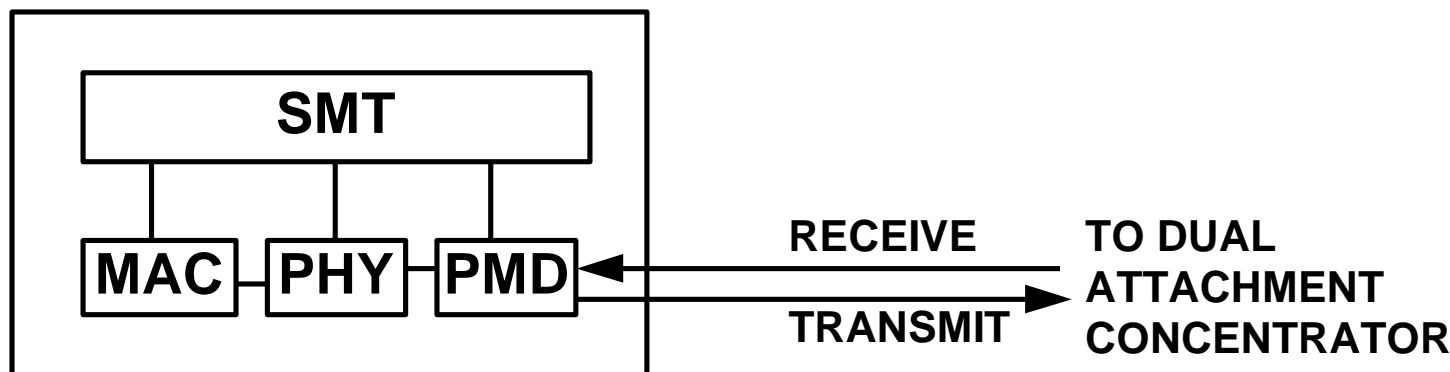
DAS: Dual Attachment Station

- Si connette direttamente al doppio anello FDDI
- Ha costi maggiori di un SAS
- Relè opzionale per bypassare la stazione

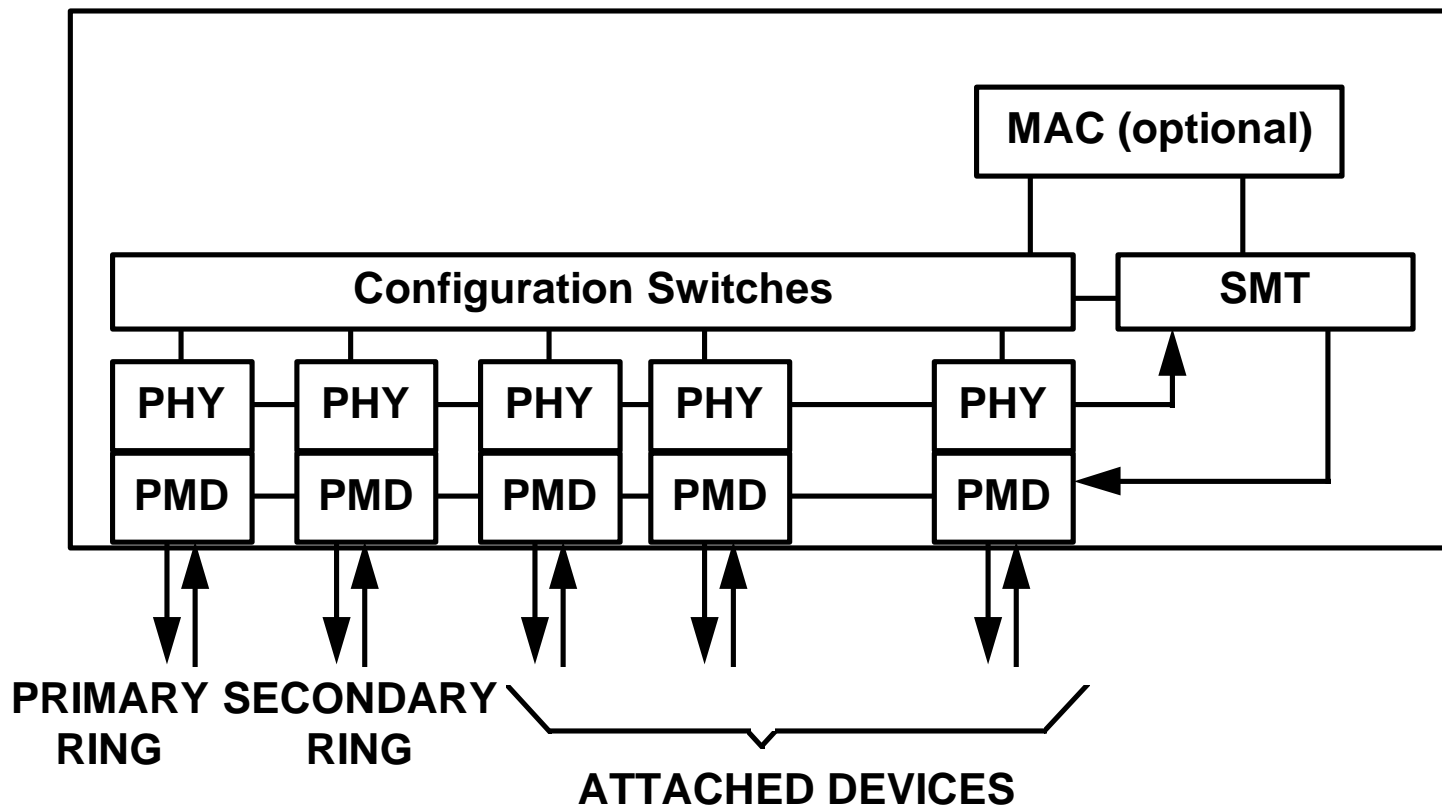


SAS: Single Attachment Station

- Accede all'anello tramite un DAC (Dual Attachment Concentrator)
 - fornisce una sola connessione al DAC
 - delega il controllo dei guasti al DAC
 - ha bassi costi
 - è la soluzione preferita nel caso di cavi in rame



DAC: Dual Attachment Concentrator



DAC

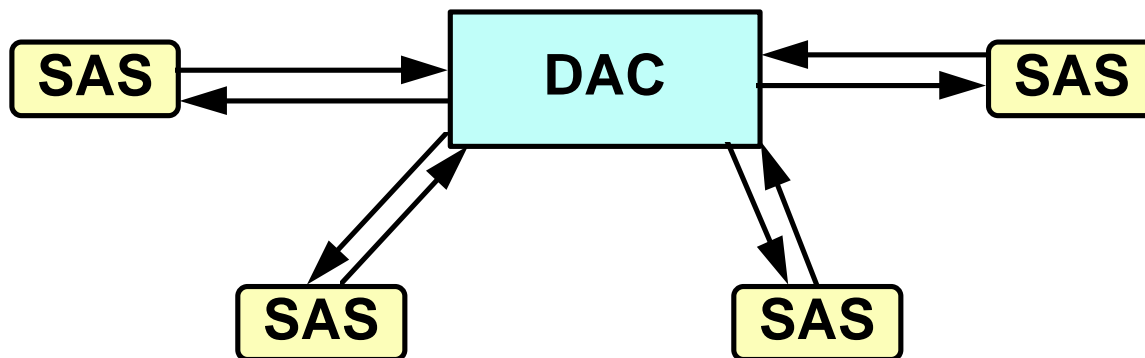
- Permette di connettere più stazioni SAS all'anello FDDI
- Può essere usato come radice di un albero di stazioni
- Elemento attivo che controlla la topologia della rete inserendo o rimuovendo nodi connessi ad esso, attraverso l'uso di switches elettronici
- Ogni livello fisico presente è gestito separatamente dallo SMT

Possibili Topologie

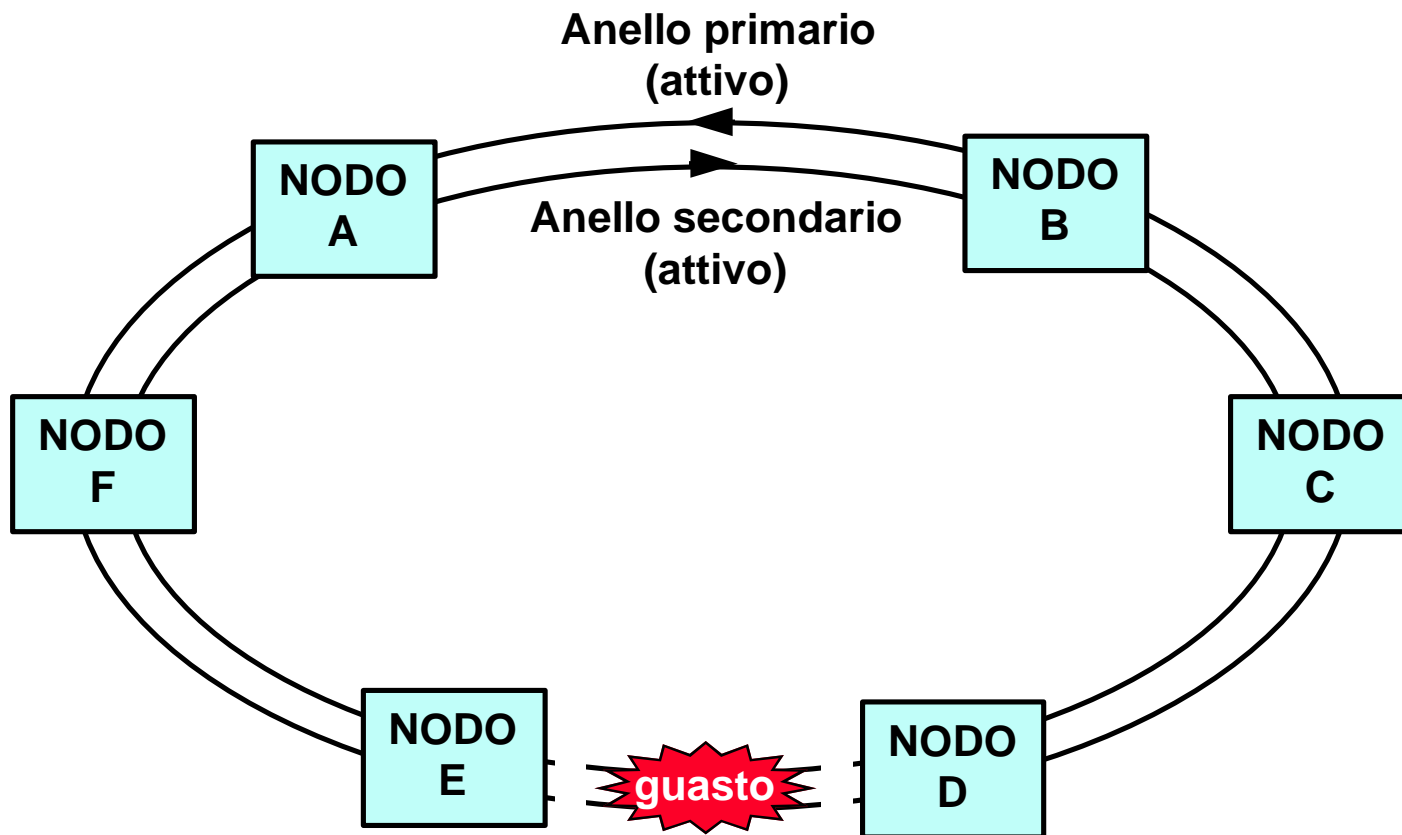
- **Concentratore singolo**
 - stand- alone concentrator
- **Doppio anello contro-rotante**
 - CRR: Counter Rotating Ring
- **Doppio anello di alberi**
 - Dual-ring of tree

Concentratore singolo

- Consiste di un singolo DAC a cui sono connesse a stella le stazioni
- Si utilizzano stazioni SAS
- Struttura a stella conveniente per siti precablati
- Utilizzato per gruppi indipendenti



Doppio anello controrotante (CRR)

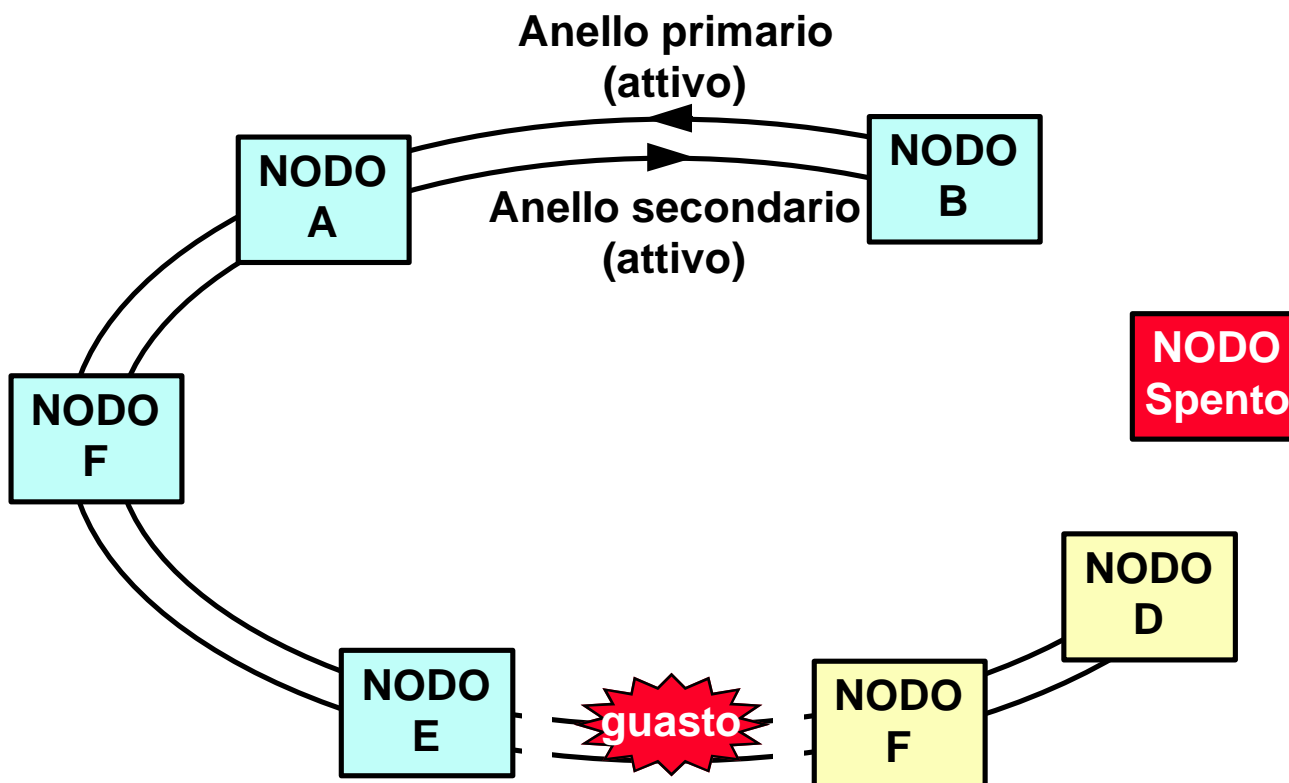


Problemi topologia CRR

- Guasti multipli causano la segmentazione dell'anello
- Anello principale direttamente accessibile agli utenti: il comportamento di un utente è critico per l'integrità dell'anello
- L'introduzione di una nuova stazione sull'anello principale comporta una manipolazione dello stesso
- DAS implicano il doppio dei connettori e dei cavi

Problemi topologia CRR

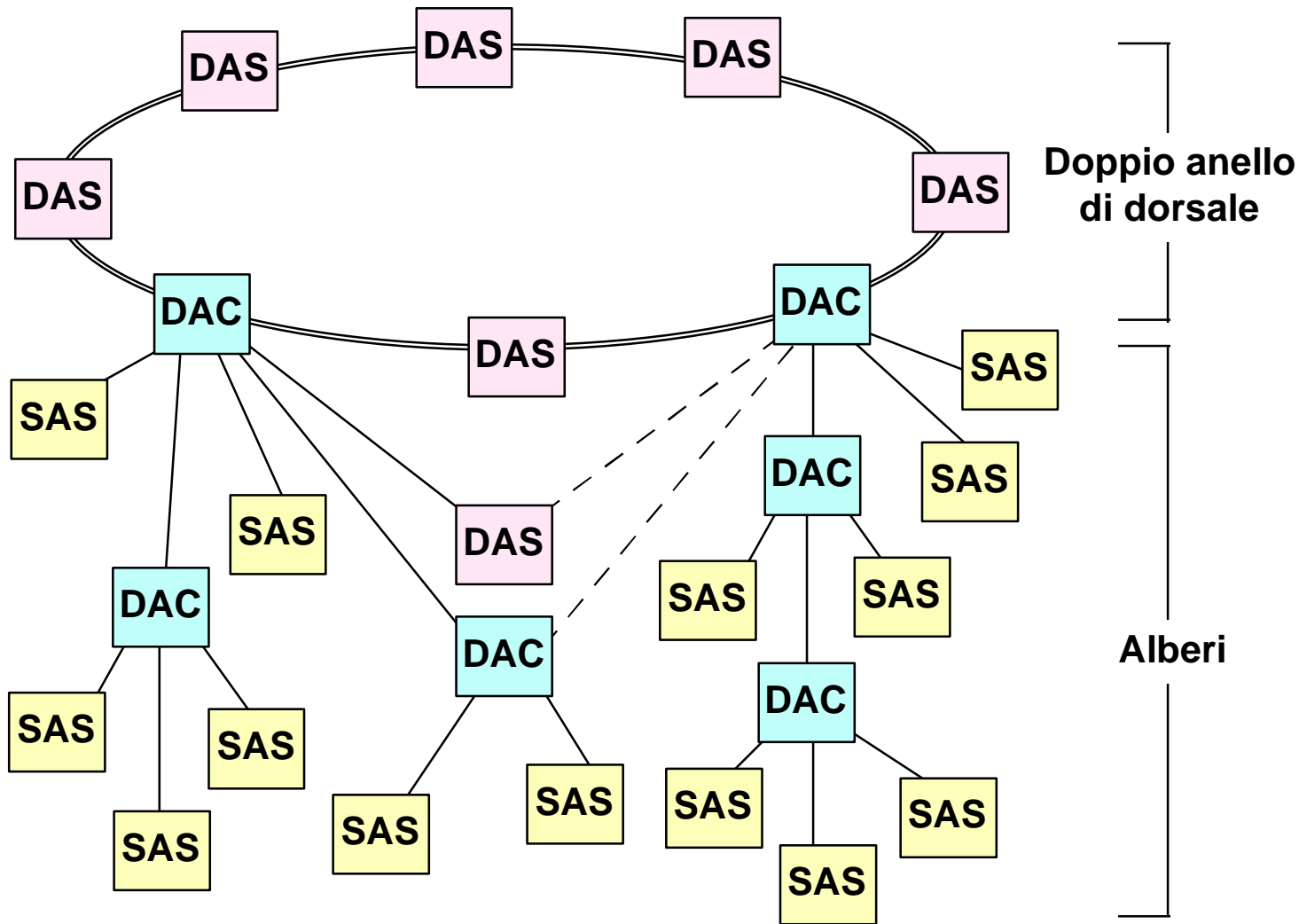
- Guasti contemporanei possono comportare la creazione di anelli separati



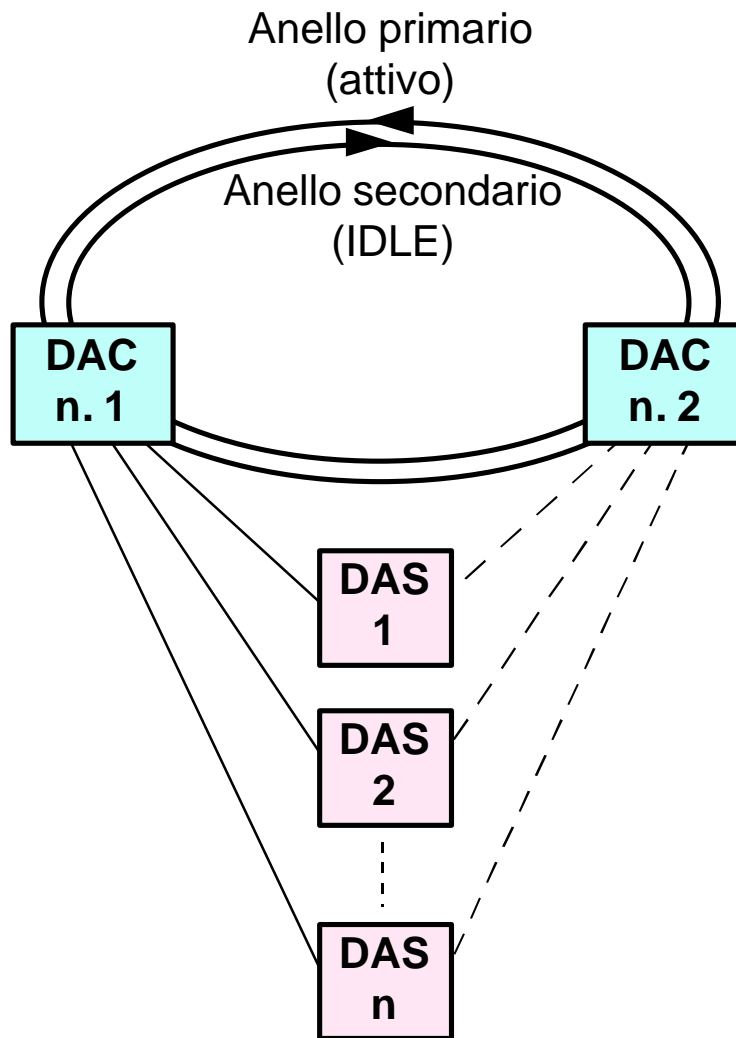
Doppio anello di alberi

- **Elimina alcuni problemi del CRR**
- **Anello principale di concentratori**
 - **alberi di concentratori collegati all'anello principale per connettere le stazioni**
 - **si può rimuovere qualunque stazione senza avere interruzioni di servizio**
 - **DAC bypassano le stazioni inattive o guaste**
- **L'anello principale di soli DAC impedisce che gli utenti vi accedano direttamente**
- **Rete facilmente espandibile e manutenibile**

Doppio anello di alberi



Fault-tolerance con Dual-Homing



Progettazione rete FDDI

- Circonferenza dell'anello 100 Km max.
- Numero di stazioni 500 max.
- Fibra ottica multimodale 62.5/125:
 - attenuazione a 1300 nm 1.5 dB/Km max.
 - banda passante a 1300 nm 500 MHz·Km min.
 - massima distanza tra 2 stazioni 2 Km
 - attenuazione del Link tra due stazioni 11 dB max.
 - vanno considerate le attenuazioni della fibra ottica, i connettori, le bretelle ottiche ed eventuali Bypass-Switch ottici (attenuazione 2.5 dB max. in pass-through e Bypass)

Progettazione rete FDDI

- Fibra ottica monomodale 8-10/125 distanza massima:
 - 15 Km con laser di Cat. 1
 - 50 Km con laser di Cat. 2
- UTP/STP distanza max tra stazione e DAC 100 m, atten. Link 14 dB max. (a 31.25 MHz), ACR 23 dB min (a 31.25 MHz)

Station Management (SMT)

- Fornisce i servizi di connection management cioè di monitoraggio e controllo di una stazione FDDI
- Si suddivide in tre parti:
 - SMT Frame Service
 - RMT (Ring Management)
 - CMT (Connection Management)
- SMT Frame Service riceve e trasmette i pacchetti SMT
 - permette al RMT di ricevere e trasmettere delle informazioni necessarie per la gestione dell'anello

Principali funzioni di RMT e CMT

- RMT (Ring management) si occupa della gestione dell'anello
- CMT (Connection Management) effettua:
 - inizializzazione delle connessioni fisiche
 - controllo dell'optical bypass switch opzionale
 - controllo della qualità della connessione fisica
 - supporto delle funzioni di Trace
 - isolamento e ripristino dei guasti
 - invocazione del Path Test
 - indicazione della disponibilità di connessione

Accensione delle stazioni

- Ogni stazione entra in self-test e verifica la propria funzionalità
- Inizia un processo di riconoscimento delle stazioni vicine:
 - le stazioni si scambiano le informazioni circa le connessioni sulle porte
- Le stazioni iniziano il processo Claiming

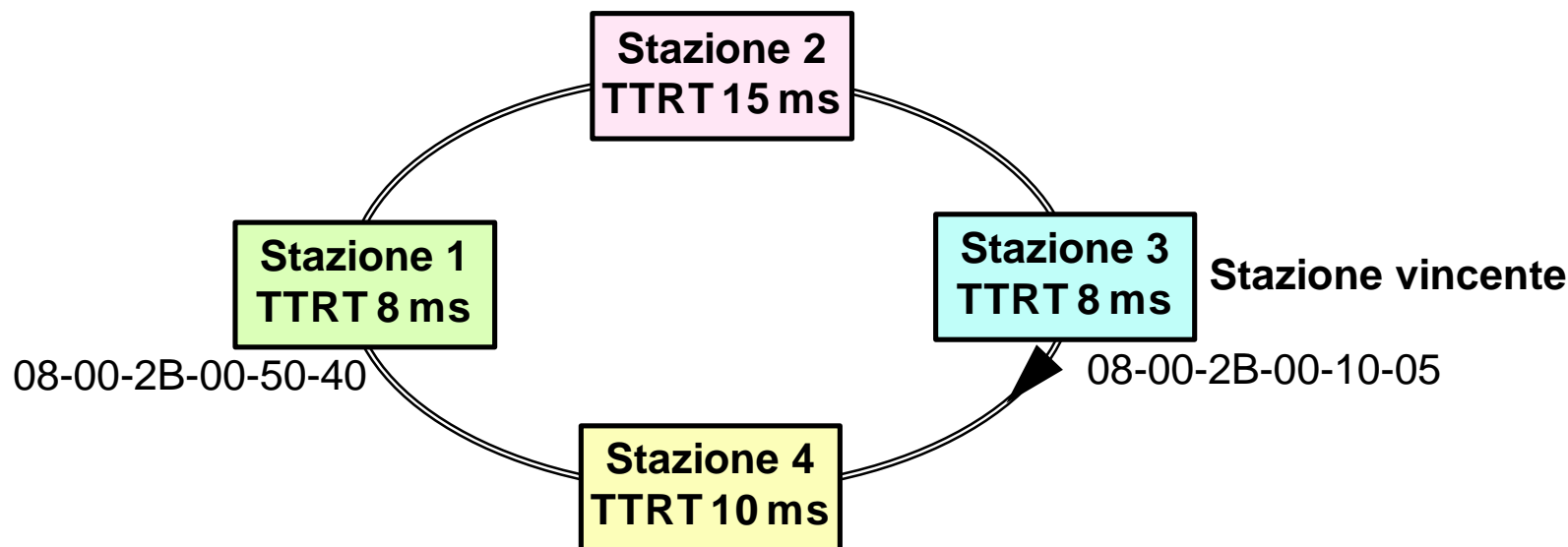
Claiming

■ Processo di claiming:

- le stazioni generano continuamente pacchetti di claim
 - essi contengono il valore TTRT proposto dalla stazione
 - valori di TTRT bassi migliorano le caratteristiche di real time dell'anello
- le stazioni confrontano il valore di TTRT ricevuto con il proprio:
 - se una stazione riceve un valore TTRT inferiore al proprio, interrompe la generazione dei pacchetti di claim e ripete quelli ricevuti
 - se il valore di TTRT ricevuto è uguale al proprio, la stazione confronta gli indirizzi MAC:
 - se quello ricevuto è inferiore al proprio, interrompe la generazione dei pacchetti di claim e ripete quelli ricevuti

Claiming

- La stazione che ha proposto il TTRT più breve o che ha l'indirizzo MAC di valore inferiore, vince il claiming e immette il token nell'anello
- Dal terzo giro del token la rete diventa completamente operativa



Guasti possibili su una rete FDDI

- Interruzione della connessione tra due stazioni che può essere provocata da:
 - rottura del mezzo trasmissivo
 - guasto del transceiver di una stazione
 - spegnimento di una stazione che provoca l'interruzione della connessione tra le stazioni adiacenti ad essa
- Stazione difettosa

Interruzione della connessione

- L'interruzione della connessione tra due stazioni viene localizzata e risolta dal CMT (Connection Management)
 - se il segnale sul mezzo trasmissivo scende sotto la soglia limite per un tempo superiore al timer ANS_Max (default 350 μ s), la stazione:
 - opera lo shut-down della porta
 - esegue la funzione di richiusura sull'anello secondario
- L'operazione di isolamento e ripristino del guasto ha una durata di circa 100 ms

Isolamento dei guasti (Beaconing)

- La stazione che entro il tempo TVX (default 2.5 ms) non riceve il token o i dati inizia un processo di claiming (inizializzazione)
- Se il processo di claiming non termina con successo, la stazione che ha rilevato il problema inizia un processo di beaconing, trasmettendo in continuazione dei pacchetti di beacon contenenti il NAUN (Nearest Active Upstream Neighbour)
- Se una stazione riceve un pacchetto di beacon interrompe il processo di beaconing e ripete il pacchetto ricevuto a quella successiva

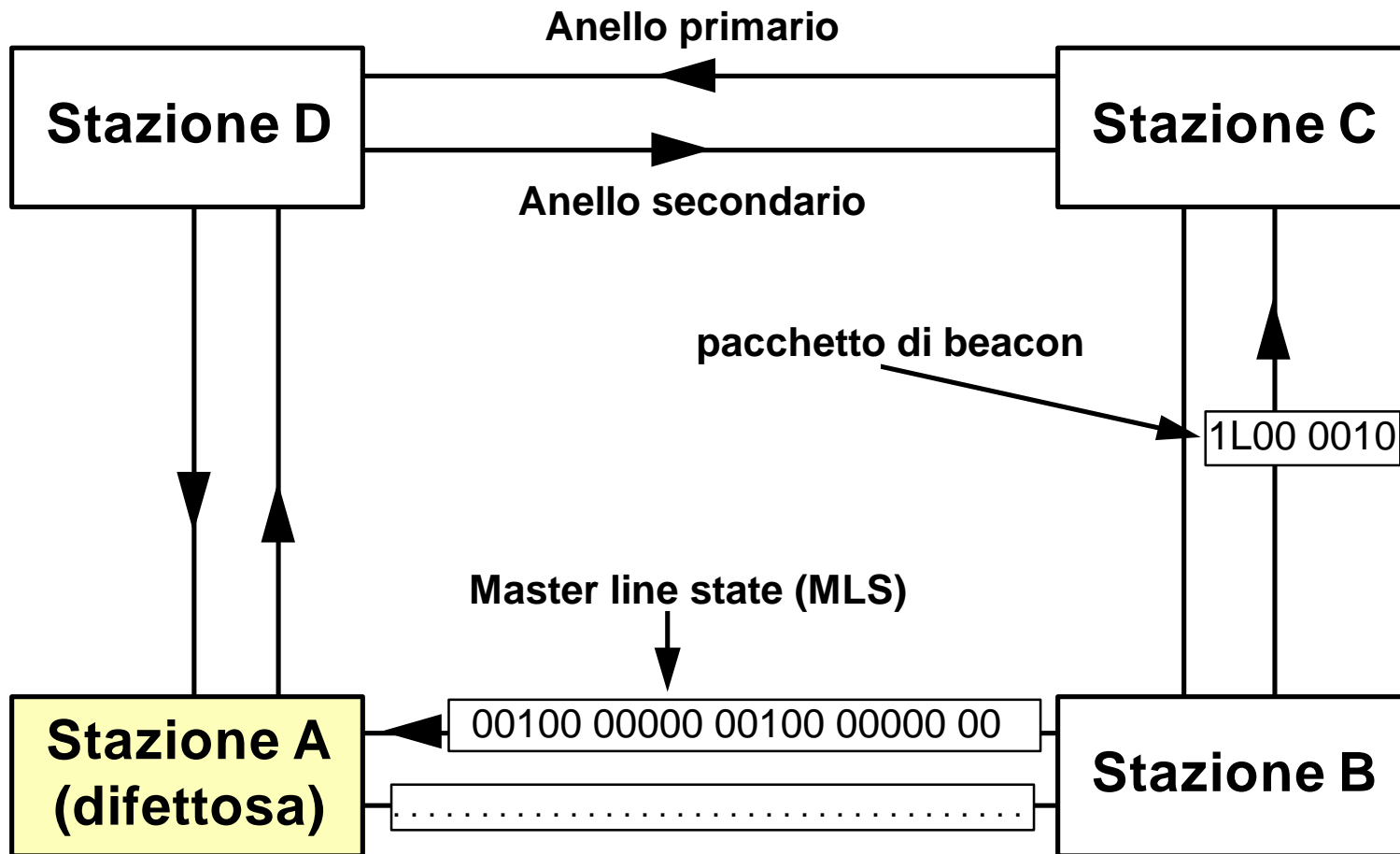
Isolamento dei guasti (Beaconing)

- Se una stazione riceve il proprio pacchetto di beacon assume che l'anello è stato ripristinato ed inizia il processo di claiming
- Se l'anomalia è persistente e si supera il timer T_Stuck (default 8 s):
 - la stazione che l'ha rilevata invia dei Directed Beacon frame, per un periodo pari al timer T_Direct (default 370 ms), che servono per informare tutti i nodi della condizione di stuck beacon
- Se allo scadere di T_Direct l'anomalia persiste, la stazione inizia una funzione di trace:
 - trasmette dei simboli di MLS (Master Line State)

Isolamento dei guasti (Beaconing)

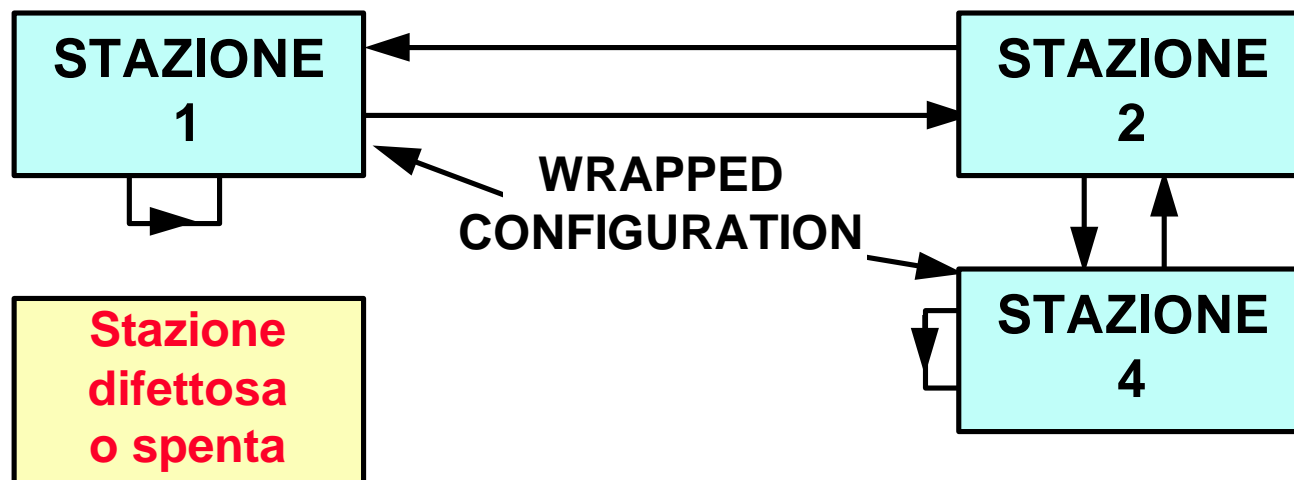
- La funzione di trace induce i nodi sospetti ad abbandonare il ring ed eseguire il path test
- Se una stazione fallisce il path test significa che è difettosa e si auto-esclude dall'anello
- Alla fine del processo di isolamento di una stazione difettosa inizia un processo di claiming, al termine del quale l'anello ritorna operativo
- Il processo di isolamento di una stazione difettosa ed il ripristino dell'anello richiedono circa 10 s

Isolamento dei guasti (Beaconing)



Isolamento guasti

■ Caso di stazione difettosa o spenta



Isolamento guasti

■ Caso di rottura del mezzo trasmissivo

