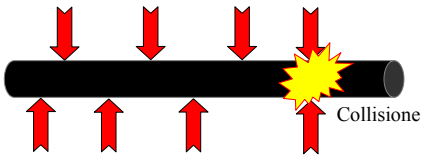
Reti locali

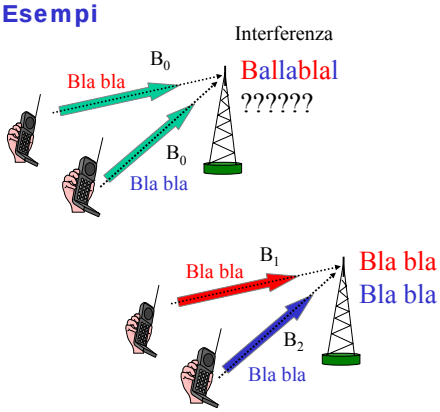
Protocolli di accesso multiplo

Quando l'accesso ad una risorsa può avvenire da parte di più utenti indipendenti, si parla di *risorsa condivisa* ed è necessaria l'implementazione di particolari protocolli di accesso multiplo. La necessità di condividere una risorsa può derivare dal costo o dalla scarsa disponibilità di quest'ultima ma anche dalla necessità di ottenere una connettività rappresentata da un mezzo di comunicazione comune.

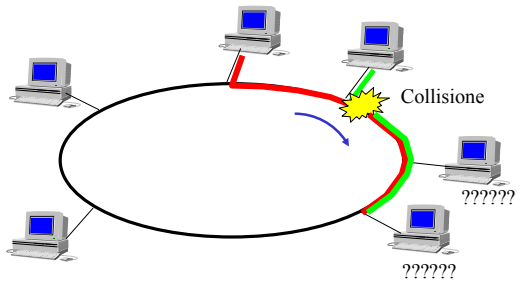
In molte reti di telecomunicazione la risorsa condivisa è rappresentata dal canale di comunicazione



Esempi



Esempi



Metodi di accesso multiplo senza contesa

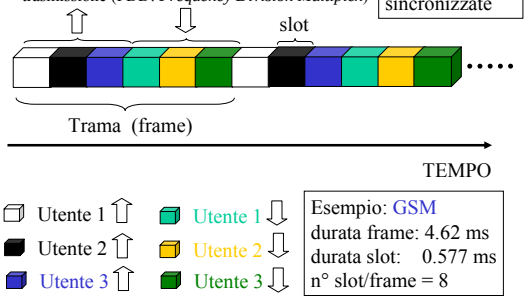
Accesso multiplo a divisione di tempo (TDMA: *Time Division Multiple Access*)

Nel protocollo TDMA, l'asse temporale è suddiviso in *frames* di durata fissata e a loro volta suddivisi in un numero fisso di intervalli più piccoli denominati *slots*. Ogni slot in una particolare posizione all'interno del frame è assegnato ad un utente. Ciascun utente, può quindi trasmettere per un periodo di tempo pari ad uno slot ad intervalli pari alla durata di un frame, in questo tempo, esso ha a disposizione tutta la banda del sistema.

TDMA

La trama può essere suddivisa in due parti che servono per la trasmissione nei due sensi (TDD: *Time Division Multiplex*) oppure si possono utilizzare due bande diverse per i due sensi della trasmissione (FDD: *Frequency Division Multiplex*)

Le varie stazioni che accedono al canale devono essere sincronizzate



Esempio: GSM
durata frame: 4.62 ms
durata slot: 0.577 ms
n° slot/frame = 8

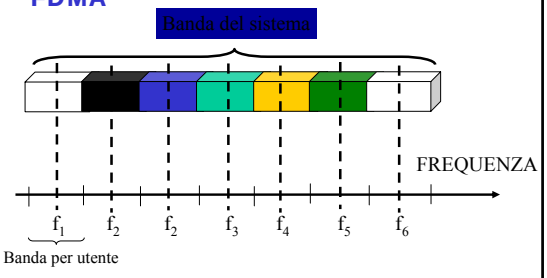
Accesso multiplo a divisione di frequenza (FDMA: *Frequency Division Multiple Access*)

La tecnica FDMA prevede la suddivisione della banda disponibile in un certo numero di sottobande uguali ognuna centrata intorno ad una frequenza che identifica il canale. Ciascuna sottobanda è concessa ad un solo utente che ne detiene il controllo per tutta la durata della connessione.

Si utilizzano bande diverse per i due sensi della comunicazione.

Non è richiesta la sincronizzazione fra le varie stazioni.

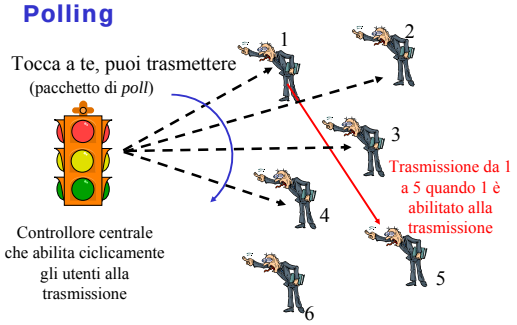
FDMA



Utente 1 Utente 4
Utente 2 Utente 5
Utente 3 Utente 6

Per i due sensi della comunicazione vengono solitamente utilizzate bande diverse (FDD)

Polling



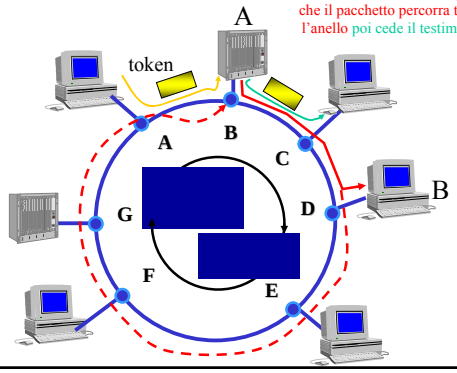
La tecnica di polling è di tipo centralizzato, essa prevede infatti una stazione *primaria* che gestisce l'accesso al canale comune da parte delle altre stazioni (*secondarie*). La stazione primaria effettua l'interrogazione di ogni stazione secondaria (SS) secondo una sequenza predefinita di polling, indipendentemente dal fatto che le SS abbiano o meno qualcosa da trasmettere

Tecniche di passaggio del testimone (Token passing)

Come abbiamo visto, gli algoritmi di *polling* necessitano di una stazione primaria che gestisce il protocollo. L'idea base dell'algoritmo di *polling* può essere estesa anche al caso in cui vi siano N stazioni di pari importanza, senza la necessaria presenza di una stazione primaria. Nel protocollo *Token Passing*, le N stazioni sono disposte secondo un ordine logico ad anello (*ring*), non necessariamente coincidente con quello fisico, ed ognuna ha un preciso indirizzo. Ogni stazione conosce l'indirizzo della successiva e della precedente, secondo l'ordine logico. Una stazione può accedere al canale solo quando riceve un particolare pacchetto detto *token* dalla stazione che la precede; se ha un pacchetto da trasmettere, vi appenderà l'indirizzo della stazione destinataria e lo immetterà sul canale comune. La stazione che riconosce il proprio indirizzo catturerà il pacchetto. Quando una stazione termina i dati da trasmettere o dopo un certo tempo massimo, invia il *token* alla stazione successiva e così via.

Tecniche di passaggio del testimone (Token passing)

A è abilitato a trasmettere (ha il token), trasmette a B ed aspetta che il pacchetto percorra tutto l'anello poi cede il testimone

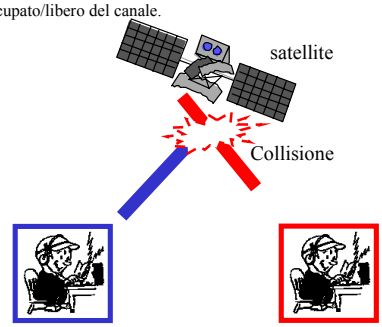


Metodi di accesso multiplo con contesa

Le tecniche di accesso multiplo a contesa, non prevedono nessuna gestione, centralizzata o distribuita, dell'accesso al canale da parte delle stazioni ad esso connesse. Nel caso più generale, quando una stazione ha dei dati da trasmettere accede immediatamente al canale senza preoccuparsi se questo è già occupato, rendendo così molto alta la probabilità di una collisione. In altri casi, la stazione "ascolta il canale" prima di trasmettere e se lo rivela occupato, ritarda la trasmissione.

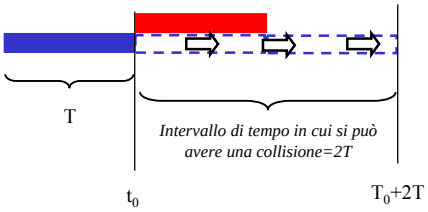
Aloha

Ogni stazione inizia la trasmissione non appena ha dei pacchetti da trasmettere, senza considerare in nessun modo le condizioni di occupato/libero del canale.



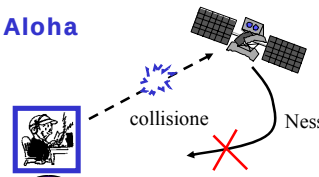
Aloha

Dal momento che ogni stazione ignora completamente tutte le altre, un pacchetto subirà una collisione se la sua trasmissione si sovrapporrà tutta o in parte a quella di un altro pacchetto.



Se avviene una collisione il ricevitore non invierà nessun riscontro positivo (ACK) al trasmettitore

Aloha



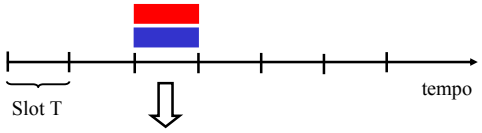
Attesa ACK per un tempo di andata e ritorno



La stazione riprogramma una nuova trasmissione del pacchetto dopo un tempo casuale fra 0 e un valore massimo T_{max} (tempo di *back off)* in modo da evitare ridurre la probabilità che due stazioni che hanno colliso collidano di nuovo

Aloha slotted

Per migliorare le caratteristiche dell' *Aloha* si può pensare di dividere il tempo in *time-slot* di lunghezza pari al tempo che occorre per trasmettere un pacchetto. Una stazione che ha un pacchetto da trasmettere dovrà attendere l'inizio dello slot successivo per iniziare la trasmissione.



La collisione avviene solo quando due stazioni decidono di trasmettere nello stesso slot di durata T.
Adesso l'intervallo di tempo in cui si può avere la collisione è T e non 2T come nell'Aloha puro.

Aloha puro / Aloha slotted

• Grazie all'introduzione degli slot l'Aloha slotted riesce ad avere un'efficienza doppia rispetto all'Aloha puro.

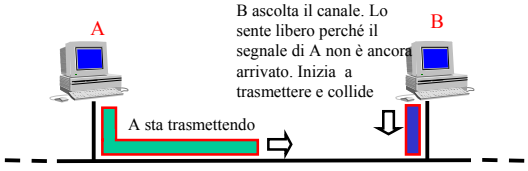
• L'Aloha slotted richiede una sincronizzazione fra le stazioni che comporta una maggiore complessità e costo delle stesse.

• In ogni caso l'efficienza massima (throughput) che si ottiene con lo slotted è solo 0.36 che è comunque molto bassa.

CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*)
Accesso multiplo con ascolto della portante.

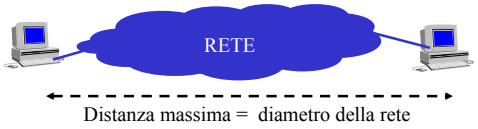
Il CSMA è molto simile all'Aloha, ma in questa tecnica, ogni stazione può analizzare (ascoltare) il canale per rivelare o meno una trasmissione in corso. L'accesso al canale avviene solo se questo è rivelato libero.

Questo non elimina del tutto la probabilità di collisioni. Infatti, occorre considerare i tempi di propagazione del segnale fra due stazioni.



CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*)
Accesso multiplo con ascolto della portante.

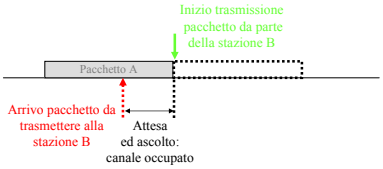
Nell'analisi dei protocolli CSMA, i ritardi di propagazione rivestono una grande importanza. Quando una stazione inizia la trasmissione, le altre stazioni connesse al mezzo potranno accorgersene solo dopo il tempo necessario perchè il segnale si propaghi fino a loro. Si può dire che ogni pacchetto trasmesso con CSMA ha una finestra di vulnerabilità che coincide con il tempo che occorre affinchè la stazione più distante possa ricevere l'inizio del pacchetto. Per questo motivo, i protocolli CSMA funzionano bene in reti abbastanza piccole e con lunghezza dei pacchetti elevata dato che i ritardi di propagazione devono essere piccoli rispetto alla lunghezza dei pacchetti.



Distanza massima = diametro della rete

1-persistent CSMA

Ogni stazione ascolta il canale: se lo rivela libero trasmette subito, altrimenti continua ad ascoltarlo finché non diviene libero e subito dopo trasmette

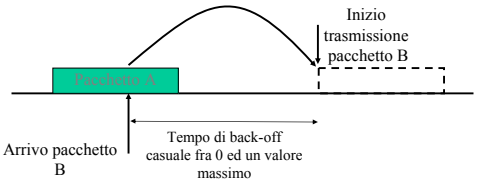


PROBLEMA: se due stazioni generano un pacchetto durante la trasmissione di A, attenderanno entrambe la fine della trasmissione in atto e poi occuperanno entrambe il canale creando una collisione.

QUINDI questo sistema funziona se il traffico è poco e la probabilità che due o più stazioni generino pacchetti durante una trasmissione è molto bassa.

Non-persistent CSMA

La stazione che ha un pacchetto da trasmettere ascolta il canale. Se lo rivela libero inizia la trasmissione. Se il mezzo è occupato, cessa di ascoltare il canale e genera, in modo casuale, un tempo di *back-off* dopo il quale ritenterà l'accesso.



In questo modo si riduce la probabilità che più stazioni accedano contemporaneamente non appena il canale diventa libero.

P-persistent CSMA

E' una tecnica che permette di ottenere le prestazioni dell' 1-persistent per bassi carichi e del non-persistent per alti carichi.

Si tratta comunque di un protocollo poco usato perché richiede un'elevata complessità hardware.

CSMA/CD (Collision Detection)

CSMA con rivelazione delle collisioni

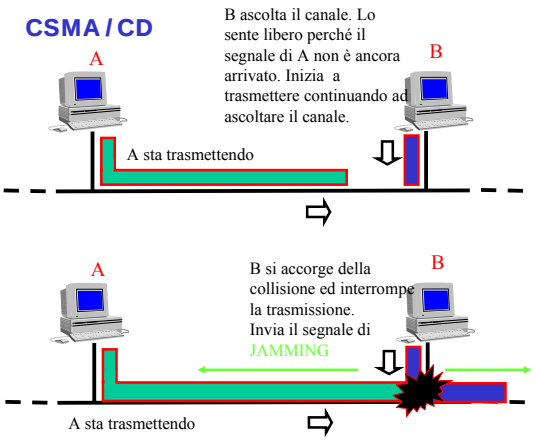
Nei protocolli che abbiamo visto, le stazioni non si accorgono quando avviene una collisione e quindi continuano a trasmettere tutto il pacchetto inutilmente.

Il protocollo CSMA/CD è stato studiato proprio per eliminate questo spreco di banda.

Ogni stazione è dotata di un hardware che permette di rilevare una collisione. In pratica ogni stazione ascolta il canale anche quando sta trasmettendo.

Non appena la stazione si accorge di una collisione, cessa immediatamente la trasmissione ed invia sul mezzo un segnale di ***jamming*** per comunicare alle altre stazioni che il canale è occupato dall'estinzione di una collisione. La stazione aspetta un periodo di tempo casuale (*back-off*) e tenta nuovamente l'accesso.

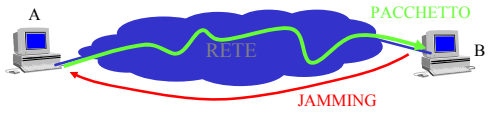
CSMA/CD



CSMA / CD

Nel CSMA/CD il tempo di propagazione dei segnali attraverso l'intera rete è un parametro fondamentale. E' infatti necessario che quando avviene una collisione tutte le stazioni lo sappiano e per questo occorre un tempo che dipende dalla velocità di trasmissione e dalle dimensioni della rete.

Perché il protocollo sia efficiente occorre che vi sia un certo rapporto fra le dimensioni della rete e la durata di un pacchetto. In particolare, la stazione A deve sapere della collisione prima che abbia finito di trasmettere il pacchetto



CSMA / CD

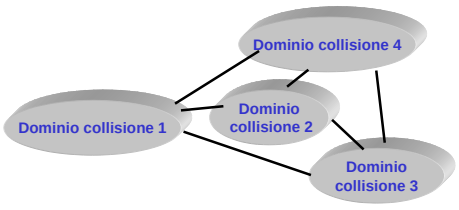
Quindi la durata temporale di un pacchetto deve essere superiore al tempo di propagazione (andata e ritorno) fra le stazioni più distanti della rete.

• A parità di lunghezza del pacchetto, per aumentare la velocità di trasmissione occorre diminuire le dimensioni della rete.

• A parità di dimensioni della rete, per aumentare la velocità occorre aumentare la lunghezza in bit del pacchetto

CSMA / CD

• Per realizzare reti estese e ad elevata velocità occorre suddividere tali reti in parti più piccole dette domini di collisione. Ogni stazione può collidere solo con le macchine del proprio dominio di collisione. Questa suddivisione si può realizzare attrverso particolari apparati di rete quali BRIDGE e SWITCH.



Reti locali
LAN (Local Area Networks)

Una LAN è un sistema di comunicazione che permette ad apparecchiature indipendenti di comunicare tra di loro, entro un'area delimitata, utilizzando un canale fisico a velocità elevata e con basso tasso d'errore.

Tipi di rete

- Le reti si suddividono in base alla loro estensione in:
  - Reti locali (LAN = Local Area Network): presentano estensioni fino a qualche centinaio di metri
  - Reti locali estese (LAN estese): presentano estensioni fino a qualche Km
  - Reti metropolitane (MAN = Metropolitan Area Network): interessano aree metropolitane con estensione da 10Km a 100Km
  - Reti geografiche (WAN = Wide Area Network): coprono vaste aree geografiche con estensioni da 100Km a decine di migliaia di Km ed oltre

Caratteristiche delle reti LAN

Le principali proprietà e caratteristiche delle reti locali sono:

- *elevate velocità*. Infatti le reti LAN più diffuse oggi operano a velocità da 10 Mbit/sec a 1 Gbit/s;
- *basse probabilità di errore*. Le reti LAN, a causa delle estensioni ridotte, possono consentire di raggiungere velocità di trasmissione molto basse, per cui non sono generalmente utilizzate tecniche di controllo degli errori;
- *elevata affidabilità*. Le reti locali, se opportunamente progettate, possono continuare ad operare anche in presenza di guasti o malfunzionamenti;
- *espansibilità*. Le reti locali possono essere progettate in modo da crescere nel tempo secondo le esigenze dell'utente senza significativi cambiamenti nella rete;
- *basso costo*. Le reti locali hanno ormai raggiunto una elevata diffusione in tutti gli ambienti e presentano per questo motivo un costo complessivo abbastanza modesto.

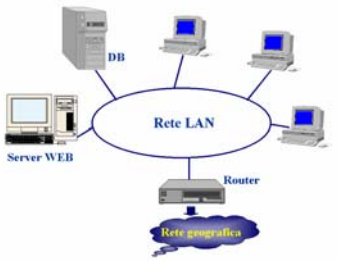
Caratteristiche delle reti LAN

- Nelle reti locali tutte le stazioni condividono lo stesso canale trasmissivo, generalmente ad alta velocità.
- Quando una stazione ottiene l'accesso alla trasmissione, essa occupa temporaneamente tutta la banda disponibile per il tempo necessario a trasmettere uno o più pacchetti.
- I pacchetti immessi sulla rete sono ricevuti da tutte le stazioni presenti sulla LAN e perciò la trasmissione è di tipo "broadcast".
- Ogni pacchetto contiene l'indirizzo di destinazione, oltre a quello della stazione trasmittente, e può però essere recuperato dalla stazione ricevente.

Struttura di una rete

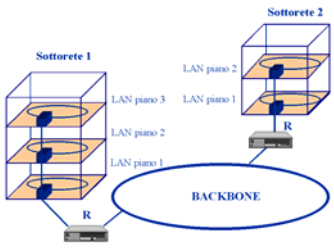
Gli elementi componenti una rete locale sono:

- La rete locale (LAN)
- Il sistema informativo
- Le apparecchiature di comunicazione verso l'esterno (es. un router)
- L'accesso ad una rete geografica (es: ISDN)



Struttura di una rete LAN

- Principali elementi di una LAN:
  - Backbone o dorsale: permette l'interconnessione e la gestione di sottoreti all'interno della stessa area locale. Il backbone deve essere progettato accuratamente in quanto gestisce il traffico tra le diverse sottoreti e verso l'esterno, per cui rappresenta un elemento critico nello sviluppo della rete. Esso deve avere una velocità (o una banda) sufficientemente ampia da garantire il corretto funzionamento della rete.
  - Sottoreti locali: distribuiscono la rete ai diversi piani o gruppi di lavoro;
  - Le apparecchiature di interconnessione tra backbone e sottoreti;

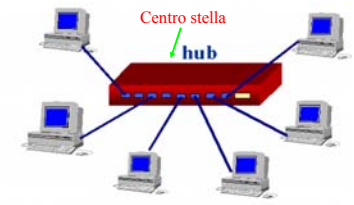


Topologia di una rete locale

- La topologia di una rete locale indica come le diverse stazioni sono collegate al mezzo trasmissivo.
- La topologia influenza il costo, le prestazioni, la tecnica di accesso multiplo e l'affidabilità della rete LAN.
- Le principali topologie di una rete locale sono:
  - topologia a stella
  - topologia ad anello
  - topologia a bus o dorsale
  - topologia ad albero

Topologia a stella

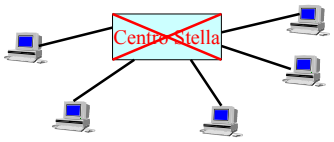
- Ogni dispositivo può accedere in modo indipendente al canale. La topologia a stella è diventata la struttura più utilizzata sulle reti LAN moderne data la sua facile implementazione e la facilità con cui si può riconfigurare la rete locale.



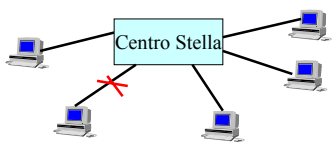
- La topologia a stella presenta procedure di instradamento del traffico molto semplici.
- L'inserzione di nuove stazioni nella rete è molto semplice

Topologia a stella

La topologia a stella è molto critica rispetto ai malfunzionamenti o guasti nel centro stella. Occorre perciò utilizzare centri stella opportunamente ridondati.



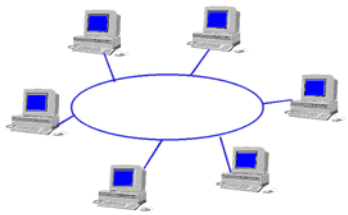
- Non funziona tutta la rete



- La rete continua a funzionare

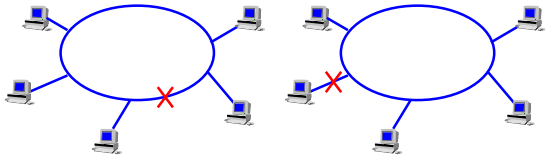
Topologia ad anello

- La topologia ad anello prevede di collegare una stazione con quella successiva mediante un collegamento punto-punto e l'ultima stazione con la prima in modo da formare un anello chiuso.



Topologia ad anello

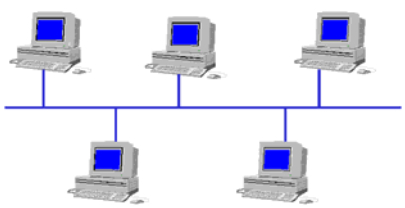
- La topologia ad anello è molto interessante da un punto di vista di organizzazione logica della rete; tuttavia essa è molto critica per quanto riguarda il cablaggio, poiché un guasto sull'anello o in una stazione interrompe l'operatività della rete.



La rete non funziona in nessuno dei due casi

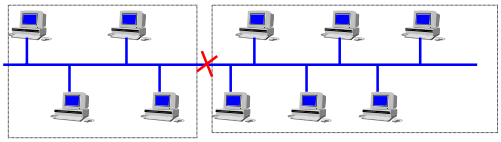
Topologia a bus o a dorsale

- La topologia a bus richiede un mezzo trasmissivo bidirezionale, che consente la trasmissione in ambedue le direzioni.
- Il bus è un mezzo trasmissivo broadcast, in cui quando un sistema trasmette tutti gli altri ricevono.
- Esso è molto utilizzato nelle LAN poiché le LAN sono basate sul concetto di broadcast.
- La struttura non si adatta bene al cablaggio strutturato

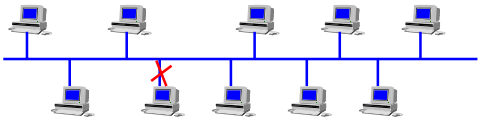


BUS

Topologia a bus o a dorsale

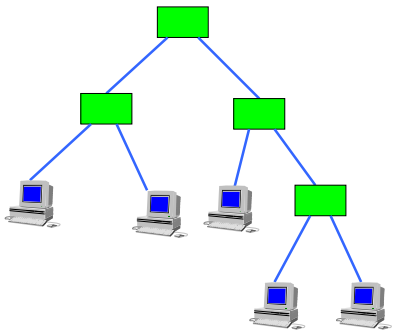


La rete funziona solo parzialmente

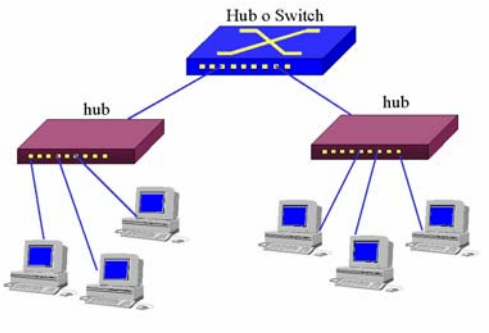


La rete funziona correttamente

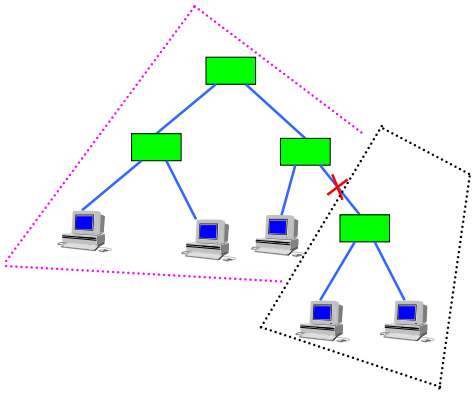
Topologia ad albero



Topologia ad albero



Topologia ad albero



Principali problematiche nella realizzazione di una rete locale

- Scelta della rete locale, che influenza:
  - velocità e numero di apparati;
  - applicazioni
  - costo.
- Cablaggio dell'ambiente;
- Apparati per il dimensionamento e l'interconnessione di reti
- Connessione della rete locale con reti geografiche;

Progetto IEEE 802

- L'associazione IEEE (Institution of Electrical and Electronics Engineering) ha costituito il gruppo IEEE 802 per la creazione di standard sulle reti locali.
- Gli standard realizzati da tale gruppo siono indicati con la sigla IEEE 802.x, dove x varia con la rete considerata.
  - Esempio: IEEE 802.3 è la rete Ethernet; IEEE 802.5 è la token ring
- IEEE 802 è nato per razionalizzare i numerosi sforzi presenti a partire dagli anni '70 per la creazione di nuove reti locali, spesso appositamente concepite - per ragioni commerciali - per essere incompatibili una con l'altra, ed ha ottenuto un notevole successo.
- Il gruppo IEEE 802 standardizza il livello 1 e il livello delle reti locali.

Alcune reti locali IEEE 802

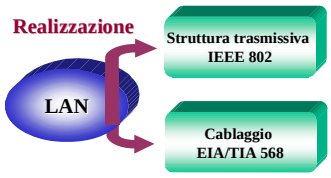
COMITATO IEEE	STANDARD LAN
802.1	Architettura , Gestione
802.2	LLC
802.3	Ethernet
802.3u	Fast Ethernet
802.3z	Gigabit Ethernet
802.4	Token bus
802.5	Token ring
802.6	DQDB - rete MAN
802.7	Broadband technical advisory group
802.8	Fiber - optic technical advisory group
802.9	Reti fonia-dati integrate
802.10	Sicurezza
802.11	Wireless
802.12	100VG - Any LAN
802.16	Bluetooth

Cablaggio strutturato

- L'ingegneria civile ha da lungo tempo incluso nel progetto della costruzione o ristrutturazione degli edifici una parte impiantistica. Esistono norme su come realizzarela distribuzione elettrica, gli impianti idraulici, gli impianti telefonici, ecc., ma ancora oggi vengono spesso trascurati gli impianti per la "trasmissione dei segnali" (TV,citofonia, dati digitali, ecc.).
- Le norme sul cablaggio strutturato impongono come deve essere realizzata la cablatura di un edificio.
- Negli anni '90 sono stati emanati standard quali l'EIA/TIA 568 e 569 e il successivo ISO/IEC 11801 sul cablaggio strutturato degli edifici. Tali standard regolamentano la progettazione e realizzazione degli impianti per il trasporto dei segnali da effettuarsi contestualmente alla costruzione o alla ristrutturazione organica di un edificio.
- Quando oltre alla struttura di cablaggio sono presenti elaboratori e software appositi dedicati al controllo dell'edificio allora si parla di *edifici intelligenti.*

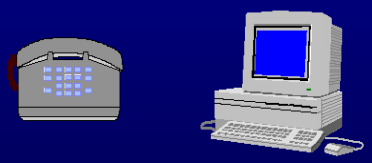
Realizzazione di una rete LAN

- la progettazione e realizzazione di una rete LAN investe due problematiche:
  - *la struttura trasmissiva (protocolli, modalità di gestione dei collegamenti, …) regolata dagli standard IEEE 802;*
  - *il cablaggio della rete, regolato dalle norme EIA/TIA 568 e ISO/IEC 11801.*



L'esigenza del cablaggio strutturato - I

- Integrazione dei due principali sistemi di distribuzione di segnali in un edificio commerciale: telefonia e rete dati



Fonia e trasmissione dati

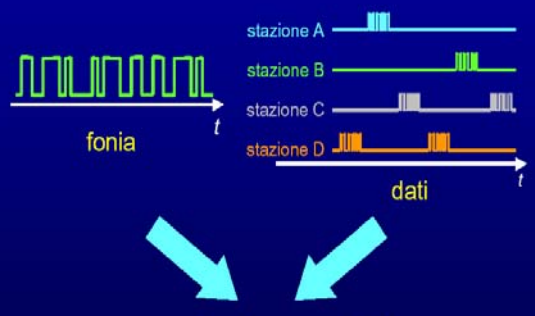
- Fonia: flusso continuo a 64 kb/s



- Trasmissione dati: "a burst"



Come integrare?



stesso tipo di supporto fisico

L'esigenza del cablaggio strutturato - II

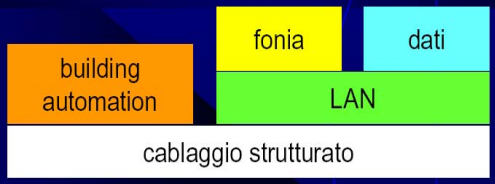
- Eliminazione dei costi di modifica dell'impianto conseguenti alla dinamica dell'utilizzo dell'edificio
- Estensione a tutti gli altri sistemi che trasmettono/ricevono segnali
  - controllo accessi, telesorveglianza
  - interfoni, apriporta
  - impianti di antenna e TV a circuito chiuso
  - ...

Attuale modello di integrazione fonia-dati



- L'integrazione si basa su una infrastruttura fisica comune

Possibile futuro modello di integrazione fonia-dati



- Tecnologia proposta: VOIP (Voice Over IP)

Struttura trasmissiva di una rete LAN

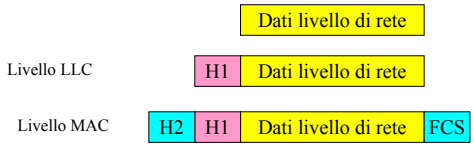
- Il gruppo IEEE 802 ha definito una struttura generale di una rete locale basata su una suddivisione in livelli, come nel caso del modello OSI.
- Il concetto alla base dello sviluppo degli standard IEEE 802 è che le reti LAN o MAN devono fornire un'interfaccia unificata verso il livello di rete, anche se utilizzano tecnologie trasmissive diverse. Per questo motivo il gruppo IEEE 802 definisce soltanto i livelli inferiori, che corrispondono al livello fisico e di link del modello OSI.



- LLC (Logical Link Control): specifica l'interfaccia unificata verso il livello di rete. ***Il livello LLC è comune a tutte le reti locali.*** Il livello LLC è descritto dallo standard IEEE 802.2. Il livello LLC è realizzato generalmente via software.
- MAC (Medium Access Control): caratterizza le modalità per la condivisione del mezzo trasmissivo tra gli utenti. ***Questo livello è specifico per ogni LAN*** ed esistono diversi protocolli di livello MAC. Il livello MAC è generalmente realizzato sulla scheda di rete e quindi mediante un'apposita struttura hardware.

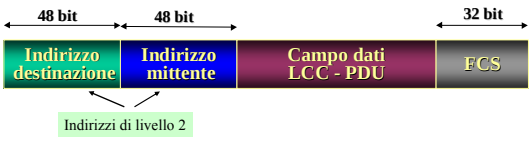
Struttura dei dati in una rete LAN

- Il livello LLC riceve i dati dal livello della rete geografica,m inserisce una testata;
- Il livello MAC inserisce una testata e una coda.

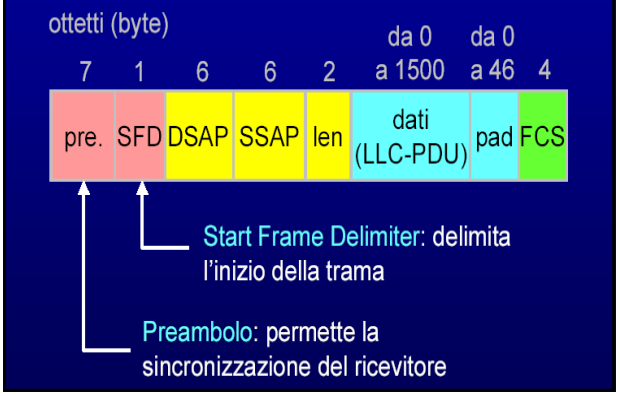


Livello MAC

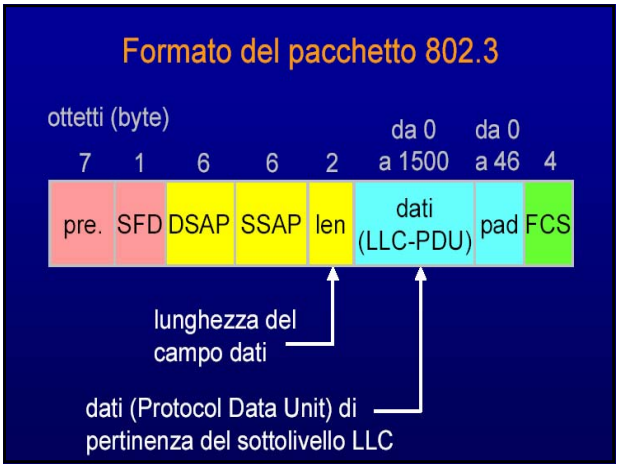
- Il livello MAC rappresenta l'elemento centrale nel funzionamento della rete locale, poiché gestisce l'accesso alla rete da parte degli utenti.
- Il livello MAC definisce un metodo di accesso multiplo in grado di evitare conflitti tra utenti e regolare la corretta trasmissione dei messaggi.
- I protocolli di accesso multiplo utilizzate nelle reti locali possono essere divise in due classi:
  - *accesso multiplo causale;*
  - *accesso multiplo deterministico.*
- Il livello MAC, come il formato del frame, è specifico per ogni tipo di LAN. Alcuni campi essenziali per il funzionamento sono presenti in tutti i formati indipendentemente dal tipo di LAN.



Formato del pacchetto 802.3



Formato del pacchetto 802.3



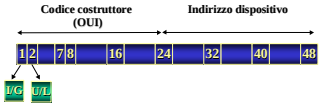
Indirizzi di livello 2 o MAC (1/2)

- L'uso degli indirizzi a livello MAC è stato standardizzato dal comitato IEEE 802. Questo comunicato consente di scegliere tra i seguenti valori di lunghezza: 16 bit o 48 bit
- Per le LAN IEEE 802.6 è possibile anche il valore di 60 bit.
- La scelta di 16 bit presenta il vantaggio di ridurre la lunghezza dell'header del frame e quindi aumenta l'efficienza della LAN. Esso richiede la presenza di un gestore degli indirizzi di ciascuna LAN che assegna l'indirizzo alle singole apparecchiature al momento in cui sono connesse in rete.
- Oggi si utilizzano indirizzi MAC a 48 bit. In questo caso si possono fornire indirizzi validi globalmente per ogni dispositivo, forniti direttamente dal costruttore ed quindi indipendenti dalla rete su cui viene inserito il dispositivo.

- L'indirizzo MAC di destinazione mostrato nella figura 3 può essere di tre tipi:
  - *singolo*, se è indirizzato ad un singolo dispositivo;
  - *multicast*, se è indirizzato ad un gruppo di dispositivi;
  - *broadcast*, se è indirizzato a tutti i dispositivi.
- L'indirizzo broadcast è FF-FF-FF-FF-FF-FF.

Indirizzi di livello 2 o MAC (2/2)

- L'uso di **indirizzi universali** richiede la presenza di un'autorità che distribuisca gli indirizzi. Quest'autorità, inizialmente Xerox, è oggi rappresentata da IEEE.
- Il costruttore richiede un blocco di indirizzi composto 2^{24} indirizzi, ciascuno composto da 6 byte (figura 4) con la seguente struttura:
  - i primi 3 byte identificano il costruttore;
  - i rimanenti 3 byte (2^{24} indirizzi) sono a disposizione del costruttore per identificare i singoli dispositivi.



- **I/G (Individual/Group)** serve a distinguere tra indirizzi individuali o di gruppo. (I/G= 0 : indirizzo di un singolo dispositivo, I/G=1 : indirizzo relativo ad un gruppo logico di dispositivi.
- **U/L (Universal/Local)** indica se l'indirizzo è globale (assegnato da IEEE) o deciso localmente.

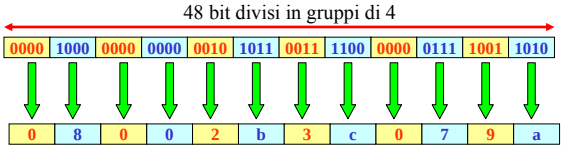
Rappresentazione esadecimale

- Si usa in questo caso la base 16 per rappresentare i numeri.
- Simboli: **0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E**
- Esempio: il numero 11 corrisponde a B in esadecimale

Indirizzi MAC : rappresentazione pratica

- **Gli indirizzi si scrivono come 6 coppie di cifre esadecimali**

Esempio **Rappresentazione binaria**

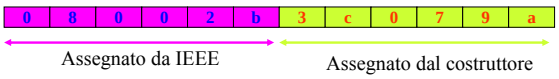


08 – 00 – 2b – 3c – 07 – 9a

Rappresentazione esadecimale

Indirizzi MAC

- **Si compongono di due parti grandi 3 Byte ciascuna:**
- **I tre byte più significativi indicano il lotto di indirizzi acquistato dal costruttore della scheda, detto anche *vendor code o OUI (Organization Unique Identifier).***
- **I tre meno significativi sono una numerazione progressiva decisa dal costruttore**



Assegnato da IEEE

Assegnato dal costruttore

Esempio di prefissi di indirizzi MAC per alcuni costruttori

Organization	Address Block
Cisco	00000Ch
DEC	08002B (et. al.)
IBM	08005A (et. al)
Sun	080020h
Proteon	000093h
Bay-Networks	0000A2h

Organization Unique Identifier

00-00-0CCisco
00-00-0FNeXT
00-00-10 Sytek
00-00-1DCabletron
00-00-20DIAB (Data Intdustrier AB)
00-00-22Visual Technology
00-00-2A TRW
00-00-5A S & Koch
00-00-5E IANA
00-00-65Network General
00-00-6B MIPS
00-00-77MIPS
00-00-7A Ardent
00-00-89Cayman Systems Gatorbox
00-00-93Proteon
00-00-9FAmeristar Technology
00-00-A2 Wellfleet
00-00-A3 Network Application Technology
00-00-A6 Network General internal use
00-00-A7 NCD X-terminals
00-00-A9 Network Systems
00-00-AA Xerox Xerox machines
00-00-B3 CIMLinc
00-00-B7 Dove Fastnet
00-00-BC Allen-Bradley
00-00-C0Western Digital
00-00-C6HP Intelligent Net. Operation
00-00-C8Altos

Organization Unique Identifier

00-00-D7 Dartmouth College NED Router
00-00-D8 3Com? Novell? PS/2
00-00-DD Gould
00-00-DE Unigraph
00-00-E2 Acer Counterpoint
00-00-C9 Emulex Terminal Servers
00-00-EF Alantec
00-00-FD High Level Hardvare Orion (UK)
00-01-02 BBN internal usage
00-17-00 Kabel
00-80-2D Xylogics Inc. Annex terminal serv
00-80-8C Frontier Software Development
00-80-C2 IEEE 802.1 Committee
00-80-D3 Shiva

Organization Unique Identifier

00-80-D3 Shiva
00-AA-00 Intel
00-DD-00 Ungermann-Bass
00-DD-01 Ungermann-Bass
02-07-01 Racal InterLan
02-04-06 BBN internal usage
02-60-86 Satelcom MegaPac(UK)
02-60-8C 3Com IBM PC; Valid; Cisco
02-CF-1F CMC Masscomp; Silicon Graph.
08-00-02 3Com Formerly Bridge

08-00-03 Advanced Computer Com.
08-00-05 Symbolics Sym. LISP machines
08-00-08 BBN
08-00-09 Hewlett-Packard
08-00-0A Nestar Systems
08-00-0B Unisys
08-00-11 Tektronix Inc

08-00-36 Intergraph CAE stations
08-00-37 Fujitsu-Xerox
08-00-38 Bull
08-00-39 Spider Systems
08-00-41 Digital Comm. Assoc.
08-00-46 Sony
08-00-47 Sequent
08-00-49 Univation
08-00-4C Encore
08-00-4E BICC
08-00-56 Stanford University
08-00-5A IBM
08-00-67 Comdesign
08-00-68 Ridge
08-00-07 Apple
08-00-69 Silicon Graphics

Organization Unique Identifier

08-00-14 Excelan BBN, Masscomp, SGI
08-00-17 NSC
08-00-1A Data General
08-00-1B Data General
08-00-1E Apollo
08-00-20 Sun Sun machines
08-00-22 NBI
08-00-25 CDC
08-00-26 Norsk Data
08-00-27 PCS Computer Systems
08-00-28 TI Explorer
08-00-2B DEC
08-00-2E Metaphor
08-00-2F Prime Computer Prime 50- Series

Organization Unique Identifier

08-00-6E	Excelan
08-00-75	Danish Data Elektronik
08-00-7C	Vitalink TransLAN III
08-00-80	XIOS
08-00-86	Imagen/QMS
08-00-87	Xyplex terminal servers
08-00-89	Kinetics AppleTalk-Eth. interface
08-00-8B	Pyramid
08-00-8D	XyVision XyVision machines
08-00-90	Retix Inc Bridges
48-44-53	HDS ???
80-00-10	AT&T
AA-0-0,1,2	DEC obsolete
AA-00-03	DEC Global physical
AA-00	

INDIRIZZI MAC: TIPOLOGIA

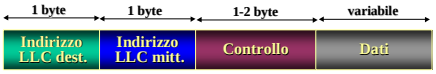
- Indirizzo unicast (o singlecast)
  - Individua una stazione singola
  - il pacchetto che lo contiene come DSAP viene passato alla stazione ricevente solo se il suo indirizzo è DSAP
- Indirizzo multicast
  - Individua un gruppo di stazioni
  - il pacchetto che lo contiene come DSAP viene passato alla stazione ricevente se la ricezione è stata abilitata dal software, che si incaricherà poi di stabilire se la stazione appartiene o meno al gruppo associato
- Indirizzo broadcast (ff-ff-ff-ff-ff-ff)
  - Individua tutte le stazioni connesse alla rete
  - il pacchetto che lo contiene come DSAP viene sempre e comunque passato alla stazione ricevente

BROADCAST E MULTICAST: ESEMPI DI UTILIZZO

- Broadcast: scambio di informazioni con nodi adiacenti senza sapere quali essi siano
  - Solicitation: la stazione che necessita di un servizio invia un messaggio broadcast per chiedere se esiste una stazione adiacente che lo eroga (e questa risponde)
  - Advertisement: la stazione che offre un servizio trasmette periodicamente un messaggio broadcast per informare tutte le stazioni adiacenti che quel servizio è disponibile
- Multicast: invio delle stesse informazioni a più stazioni simultaneamente
  - Esempio: una conferenza audioovideografica può essere iniziata da una stazione master che definisce un indirizzo multicast *ad hoc*, e tutte le altre stazioni che intendono partecipare (apprendono e) utilizzano lo stesso indirizzo

Livello LLC (Logical Link Control)

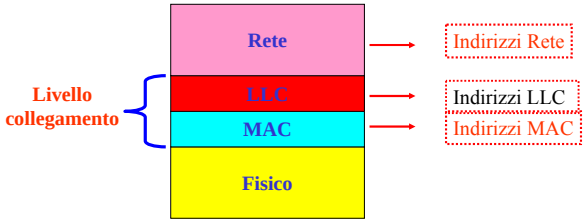
- *Il livello LLC, definito dallo standard IEEE 802.2, è unico per tutte le reti LAN.*
- Poiché questo livello deve fornire un'interfaccia unica per le LAN verso il livello di rete e deve essere simile a quello delle reti geografiche, il livello LLC utilizza una variante del protocollo HDLC standardizzato nel modello OSI per le reti geografiche.



Formato della trama LLC

- Gli **indirizzi LLC** servono per individuare i protocolli del livello di rete su cui si appoggiano la rete locale che ha inviato il pacchetto (indirizzo LLC del mittente) e la rete locale a cui è diretto il pacchetto (indirizzo LLC del destinatario). Sono composti da 8 bit, di cui:
  - bit **I/G (Individual/Group)** indica se l'indirizzo è rivolto ad ogni singolo utente o ad un gruppo di utenti;
  - bit **U/L (Universal/Local)** indica se l'indirizzo è assegnato da IEEE e su base locale.
- I rimanenti 6 bit consentono di individuare il protocollo di rete utilizzato scelti tra quelli standardizzati a livello internazionale.

Tipi di indirizzi in una rete



Ethernet

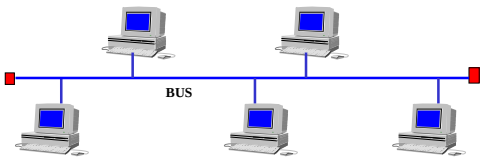
Caratteristiche generali

La rete Ethernet

- La nascita di Ethernet risale al 1976 quando Xerox utilizzò il protocollo CSMA/CD per realizzare una rete locale con una velocità di 2,94 Mbit/s per collegare oltre 100 stazioni. (
- Ethernet incontrò subito un notevole succeso per la sua semplicità realizzativa e le elevate prestazioni; nel 1979 Digital, Intel e Xerox formarono un consorzio DIX per elaborare le specifiche della rete Ethernet a 10 Mbit/s. Nel 1980 fu proposta Ethernet ver. 1.0.
- Nel 1982 fu presentata Ethernet vers. 2.0.
- Nel 1983 il comitato IEEE 802 iniziò a sviluppare uno standard di rete locale basato su CSMA/CD e simile alla rete Ethernet, noto come IEEE 802.3.
- Ethernet e IEEE 802.3 sono molto simili, anche se esistono differenze significative. Oggi si realizzano soltanto reti IEEE 802.3 ma in molti casi si continua ad utilizzare la denominazione di rete Ethernet.

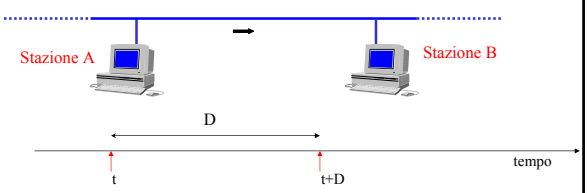
Caratteristiche generali di Ethernet

- Le reti Ethernet e IEEE 802.3 si basano su una struttura a bus con una velocità di 10 Mbit/s.
- Lo standard IEEE 802.3 specifica il livello fisico e il livello MAC.
- Il metodo di accesso multiplo CSMA/CD utilizza una struttura completamente distribuita, per cui non è necessaria la presenza di una stazione master.



Livello MAC di Ethernet

- Il livello MAC in 802.3 definisce le caratteristiche del sistema di accesso multiplo CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) e la struttura dei dati.
- Nell'algoritmo CSMA/CD una stazione che deve inviare un pacchetto dati ascolta il canale o bus (carrier sense - CS): se il canale è libero, la stazione può iniziare a trasmettere.
- Nonostante il meccanismo di carrier sense, due stazioni possono interferire tra loro. Infatti, poiché la velocità di propagazione è finita, una stazione può sentire il canale libero anche quando una stazione ha già iniziato a trasmettere.



- La stazione A inizia a trasmettere all'istante t, ma la stazione B vede il canale occupato da A solo all'istante t+D

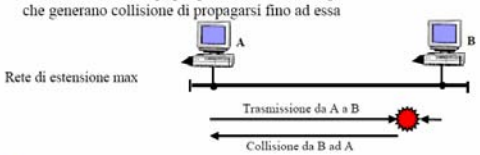
Round-trip delay (ritardo andata-ritorno)

- Round-trip delay = tempo necessario, nel caso peggiore, per il segnale inviato da una stazione ad arrivare all'altro estremo del cavo e a tornare indietro
- Round Trip delay = T1 + T2



Round trip delay (calcolo semplificato)

- La collisione può essere rilevata solo durante la trasmissione
- E' necessario che una stazione rimanga in trasmissione per un tempo sufficientemente lungo per permettere a tutte le possibili trasmissioni che generano collisione di propagarsi fino ad essa



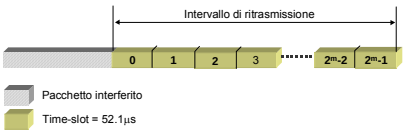
- Una tx deve durare almeno il tempo necessario ad un bit per propagarsi da un estremo all'altro (da A a B) e poi al contrario (round trip delay)
- Dimensione minima di un pacchetto fissata in 512 bit + 64 bit di preambolo e di SFD
- Durata minima della trasmissione (576 bit/10 Mbps)= 57,6 μs (massimo round trip delay ammissibile)

Descrizione generale del protocollo CSMA/CD

- Per rivelare la presenza di collisioni, una stazione in fase di trasmissione continua ad ascoltare i segnali sul bus, confrontandoli con quelli da lei generati. Nel caso in cui sia rivelata una collisione sono effettuate le seguenti azioni:
  - la stazione trasmittente sospende la trasmissione e invia una sequenza di **jamming** composta da 32 bit per avvertire le altre stazioni della collisione;
  - la stazione in ascolto, intercettando il jamming, scartano i bit ricevuti;
  - la stazione trasmittente ripete il tentativo di trasmissione dopo un tempo generato in modo casuale utilizzando l'algoritmo di **back - off**. Il numero massimo di tentativi di ritrasmissione è 16.

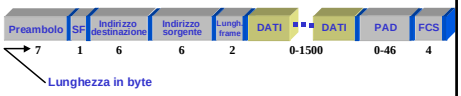
Algoritmo di back-off

- Nel caso di collisione tra due o più stazioni il protocollo CSMA/CD sceglie in modo casuale l'istante di ritrasmissione per ciascuna stazione utilizzando l'algoritmo di Back-Off.
- Ogni stazione sceglie in modo casuale la slot in cui iniziare la ritrasmissione tra lo slot 0 (posto alla fine del proprio messaggio interferito) e lo slot 2^m-1, con m intero.



- L'algoritmo di Back-Off esponenziale sceglie m in modo adattivo a seconda del numero n di collisioni che un pacchetto ha subito; in particolare:
  - se n ≤10 si pone m=n;
  - se 10<n≤16 si pone m=10;
- dopo 16 tentativi senza successo il pacchetto viene eliminato.

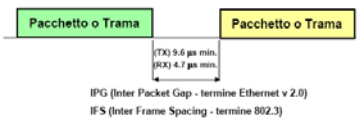
Formato del frame



- **Preambolo:** lunghezza di 7 byte, ogni byte è costituito dalla sequenza 10101010.
- **Delimitatore di inizio del frame (SF):** formato dal byte 10101011, serve ad indicare l'inizio del frame.
- **Indirizzo della stazione di destinazione e sorgente:** (2 o 6 byte); attualmente sono prevalentemente utilizzati indirizzi formati da 6 byte.
- **Lunghezza del campo dati:** indica la lunghezza in byte del campo dati contenuti nel pacchetto.
- **Campo Dati:** contiene i dati; il campo ha una lunghezza variabile tra 0 e 1500 byte.
- **PDA:** Questo campo ha una lunghezza variabile tra 0 e 46 byte e viene introdotto per garantire che la lunghezza minima del pacchetto non sia inferiore a 64 byte. Questo valore minimo del pacchetto è necessario per un corretto funzionamento del protocollo CSMA/CD.
- **FCS:** Questo campo, formato da 2 byte, consente di effettuare il controllo degli errori sul pacchetto utilizzando un codice ciclico.

Separazione delle trame

- In trasmissione si deve garantire un IPG minimo di 9.6 µs
- l ricevente per distinguere 2 pacchetti consecutivi necessita di un IPG minimo di 4.7 µs.



Requisiti imposti a livello MAC dal CSMA/CD

- Per una corretta gestione delle collisioni, occorre rispettare nel caso della rete Ethernet 802.3 le seguenti regole fondamentali:
  - la trasmissione può essere iniziata soltanto quando il canale è sentito libero;
  - la collisione con un'altra stazione deve essere rivelata prima che il pacchetto sia stato completamente trasmesso;
  - la fine di un pacchetto è caratterizzato da un periodo di silenzio ITP (Inter Packet gap) uguale a 9,6 µs.

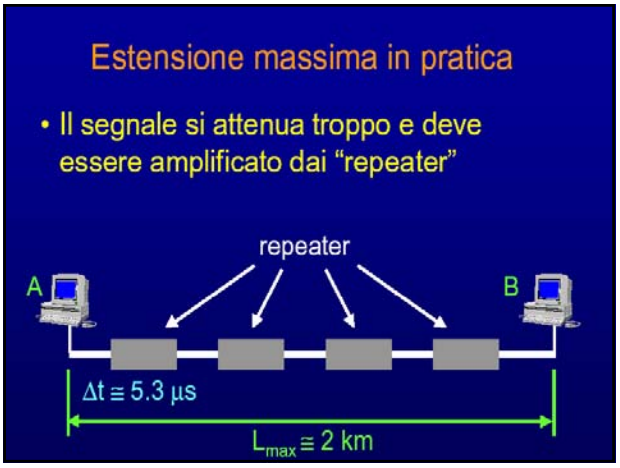
ITP	9,6 µs
N. tentativi di ritrasmissione	16
N. tentativi prima di limitare il Back-off	10
Pacchetto di Jamming	32 byte
Lunghezza minima del pacchetto	64 byte
Massima lunghezza del pacchetto	1518 byte

Massima lunghezza della LAN

- CONDIZIONE: la collisione con un'altra stazione deve essere rivelata prima che il pacchetto sia stato completamente trasmesso.
- Questa condizione determina la lunghezza minima che deve avere il messaggio, fissato il mezzo di propagazione (e quindi la velocità di propagazione) e la massima distanza della rete.
- il pacchetto di lunghezza minima uguale a 512 bit. Il tempo necessario per la trasmissione di tale pacchetto è 51,2 µs, che risulta uguale al round-trip delay 2T. Si ottiene perciò T≅25 µs e quindi con una velocità di trasmissione uguale a V=2• 10^9 m/s (2/3 della velocità della luce), si ha una distanza massima uguale a

$$d_{Max} = T\ V$$

- Si ottiene $d_{Max} \approx 5$ Km.
- La dimensione massima della rete Ethernet viene scelta più piccola (2,8 Km) a causa di attenuazioni e disturbi.

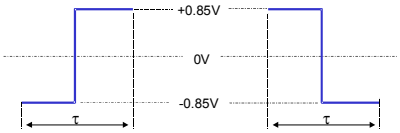


Compiti del livello MAC

- **Stato di trasmissione**
  - il MAC accetta un pacchetto dal livello superiore e fornisce una stringa di bit al livello fisico;
  - osserva il canale;
  - genera il preambolo e i campi di controllo del pacchetto;
  - garantisce che tra due pacchetti consecutivi trasmessi intercorra un tempo minimo uguale all'IPT (Inter packet gap) e che serve per riconoscere la fine di un pacchetto.
- **Stato di ricezione**
  - il MAC riceve una stringa di bit dal livello fisico e invia un pacchetto al livello superiore;
  - verifica la lunghezza minima del pacchetto (64 byte) e lo scarta se tale valore non è rispettato;
  - controlla la presenza di errori nel pacchetto mediante il campo FCS. *Se sono rivelati errori il pacchetto viene scartato senza richiederne la ritrasmissione*;
  - rimuove il preambolo contenuto in ogni pacchetto.
- **Stato di collisione**
  - il MAC interrompe la trasmissione se rivela una collisione;
  - ritrasmette il pacchetto dopo un tempo stabilito dall'algoritmo di back-off;
  - trasmette la sequenza di jamming.

Livello fisico

- Le principali funzioni svolte dal livello fisico sono:
  - trasforma i bit da trasmette in segnali elettrici codificati con il codice di Manchester;
  - trasmette e riceve i bit.
- Tutte le versioni di IEEE 802.3, definite per i diversi tipi di supporto fisico, utilizzano la codifica di Manchester. Ogni periodo di bit è diviso in due intervalli uguali e i segnali associati ai simboli 0 e 1 sono mostrati nella figura 4. Questa codifica assicura che ogni periodo τ di bit è presente una transizione nel mezzo di τ e quindi facilita il sincronismo tra trasmettitore e ricevitore.



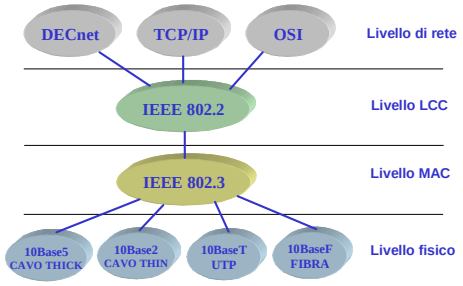
(a) (b)

Mezzi trasmissivi in Ethernet

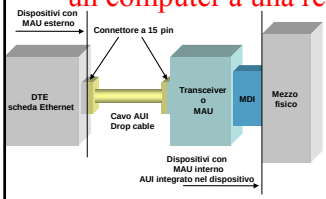
- Lo standard IEEE 802.3 è stato definito per diversi mezzi trasmissivi e precisamente:
  - cavo coassiale spesso (Thick)
  - cavo coassiale fine (Thin)
  - doppino telefonico (UTP o STP)
  - Fibra ottica (monomodale o multimodale)
- Per ciascun tipo di cavo utilizzati sono stati definiti vari standard:
  - Cavo coassiale spesso : standard 10 Base 5
  - Cavo coassiale fine : standard 10 Base 2
  - Doppino telefonico : standard 10 Base T
  - Fibra Ottica : standard 10 Base F.

Standard IEEE 802.3

- Il livello LLC e il livello MAC sono uguali per tutti i mezzi trasmissivi.
- Il livello fisico cambia con il mezzo trasmissivo.



Elementi necessari per il collegamento di un computer a una rete Ethernet

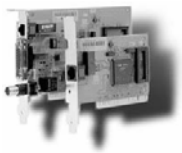


- **Mezzo fisico**
- **MDI (Medium Dependent Interface):** consente di collegare la stazione al mezzo fisico e quindi di ricevere o trasmettere i segnali sulla rete. Il dispositivo utilizzato dipende dal mezzo fisico utilizzato. Ad esempio MDI può essere un BNC o un attacco a vampiro nel cavo coassiale.

- **MAU (Medium Access Unit) o transceiver**: è un dispositivo che si collega alla presa AUI di una scheda Ethernet e al cavo di trasmissione; esso svolge le seguenti funzioni:
  - trasmette e riceve i segnali della rete;
  - rileva la portante ed eventuali collisioni;
  - invia la sequenza di jamming quando viene rivelata una collisione.
- **Cavo AUI (o drop cable) :** serve a collegare l'interfaccia Ethernet al transceiver e quindi alla rete Ethernet. La lunghezza massima del cavo è di 50 m. Il cavo è di tipo schermato con connettori a 15 poli.
- **Scheda Ethernet:** inserito nell'interno della apparecchiatura da connettere in rete, svolge le seguenti funzioni:
  - codifica (o decodifica) i singoli bit in segnali utilizzando il codice di Manchester;
  - sincronizza il trasmettitore e il ricevitore utilizzando le transizioni del segnale dal livello alto al livello basso o viceversa contenute nella codifica di Manchester;
  - gestisce il collegamento.

Scheda di rete





La scelta della schede di rete deve prendere in esame tre elementi fondamentali:

- Tipo di rete: Ethernet, TokenRing, FDDI ecc
- Tipo di media: Cavo Tp, coassiale, fibra ottica ecc
- Tipo di slot (bus di sistema) del p.c.: Isa, Pci ecc.

Computer portatili

computer portatili e notebook usano schede di rete speciali che trovano alloggiamento nello slot di espansione PCMCIA.



Scheda di rete



Tutti I PC, per poterli utilizzare in rete, devono essere dotati di schede di rete (NIC).

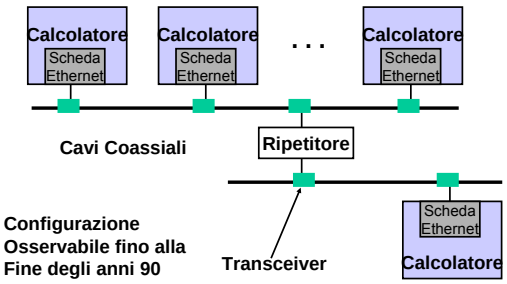
Nello scegliere una NIC vanno considerati:

- **Velocità dell' hub, dello switch o del server di stampa:**

Ethernet	**(10Mbps)**
Fast Ethernet	**(100Mbps)**
Giga Ethernet	**(1000Mbps)**

- **Tipo di collegamento necessario (RJ-45 per doppino, BNC per cavo coassiale, SC / ST per fibra ottica).**
- **Tipo di connettore disponibile all'interno del PC (ISA o PCI).**

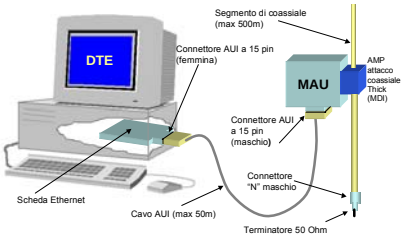
Esempio di LAN Ethernet



10 Base 5

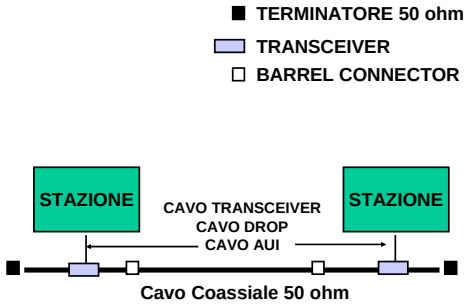
Il cablaggio10Base5, indicato anche come **thick Ethernet** utilizza un **cavo coassiale RG8 cavo giallo)**.





- Velocità di trasmissione di 10 Mbit/s
- Massima lunghezza del cavo coassiale 500 m
- Il MAU è connesso al cavo coassiale mediante una connessione a vampiro, per cui esso è a diretto contatto con l'anima del cavo. Questa connessione può essere fatta ogni 2,5 m
- Sul cavo giallo sono presenti dei segni neri che individuano tali punti. Il transceiver è un dispositivo che contiene tutta l'elettronica necessaria per il rilevamento della portante e delle collisioni.
- Quando si verifica una collisione, il transceiver invia la sequenza di jamming. Un transceiver può essere condiviso da vari computer (fino ad un massimo di 8).

10base5

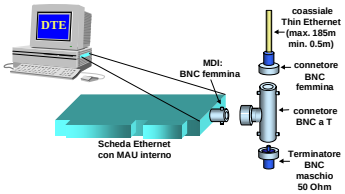


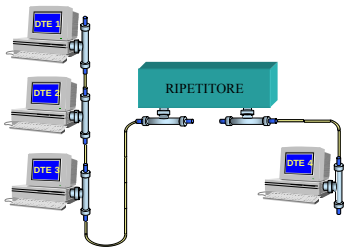
Caratteristiche dello standard 10 Base 5

- *Mezzo di trasmissione :* cavo coassiale schermato (RG8, cavo giallo), codifica di Manchester in banda base.
- *Velocità di trasmissione :* 10 Mbit/s.
- *Lunghezza di un segmento:* 500m.
- *Numero massimo di segmenti:* 5.
- *Numero massimo di stazioni per segmento:* 100.
- *Numero massimo di stazioni sulla rete:* 1023.
- *Distanza massima tra due stazioni sulla rete:* 2.5 Km.
- *Distanza minima tra due stazioni adiacenti sulla rete:* 2.5 m.
- *Numero massimo di repeater tra due qualsiasi stazioni sulla rete:* 2.

10 Base 2

- 10Base2, noto anche con il nome di thin Ethernet, utilizza un cavo coassiale fine RG-58A/U o RG58 C/U o coax thin.
- Ciascun segmento ha una lunghezza massima di 185 m.

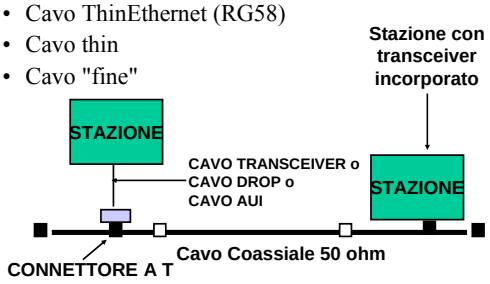




- La connessione di ciascuna stazione al cavo è realizzata mediante connettori BNC passivi, formano una giunzione a T.
- 30 per ogni segmento
- il cavo è più maneggevole

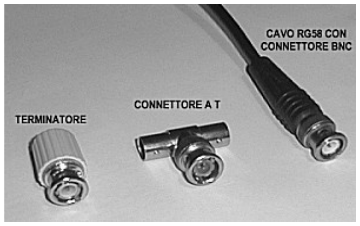
10base2

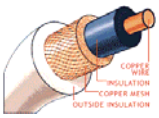
- Cavo ThinEthernet (RG58)
- Cavo thin
- Cavo "fine"



10 Base 2







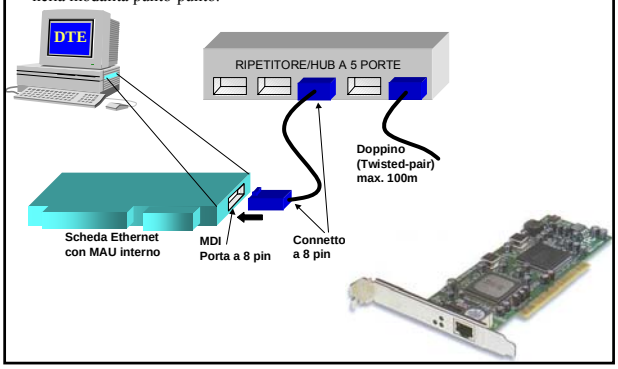


Caratteristiche rete 10 Base 2

- *Topologia :* bus;
- *Mezzo di trasmissione :* cavo coassiale schermato (RG58), codifica di Manchester in banda base;
- *Velocità di trasmissione :* 10 Mbit/s;
- *Lunghezza massima del cavo di collegamento alla rete :* 50 m;
- *Lunghezza massima di un segmento :* 185 m;
- *Numero massimo di stazioni per segmento :* 30;
- *Distanza minima tra due stazioni adiacenti sulla rete :* 0,5 m.

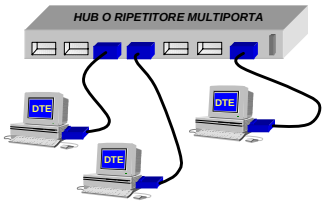
10 BASE T

- Lo standard 10BaseT utilizza il doppino telefonico UTP per realizzare i collegamenti e secondo lo standard ammette la connessione di due sole stazioni nella modalità punto-punto.



10 BASE T

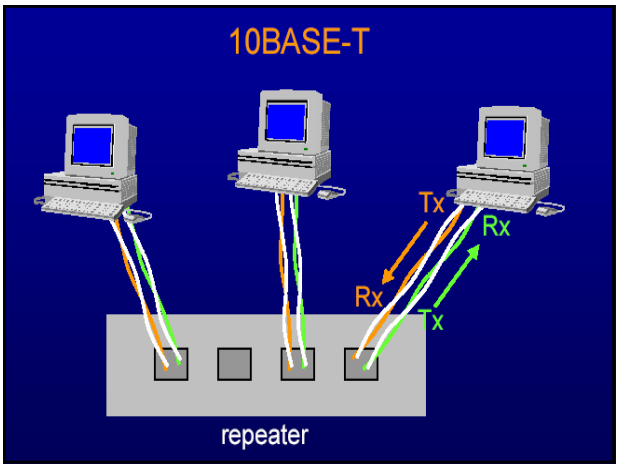
- La struttura della rete 10BaseT è di tipo stellare.
- I collegamenti nello standard sono punto-punto.
- Le diverse stazioni sono collegate ciascuna ad una porta di un HUB di un ripetitore multi porta.

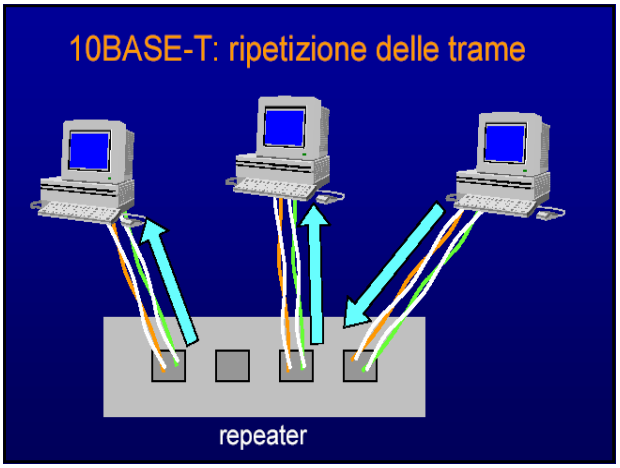


- La struttura 10BaseT ha incontrato un notevole successo per i numerosi vantaggi che offre, quali:
  - il doppino telefonico è semplice da installare e presenta un ingombro e un costo ridotto;
  - la connessione di tipo stellare consente di modificare in modo semplice la rete, poiché le diverse stazioni sono collegate in modo indipendente.

Caratteristiche di 10 BASE T

- *Topologia della rete :* stella
- *Mezzo di trasmissione :* doppino telefonico non schermato (UTP) a due o quattro fili di categoria 3,4 e 5; codifica di Manchester in banda base;
- *Velocità di trasmissione :* 10 Mbit/s;
- *Lunghezza di un segmento:* 100 m.

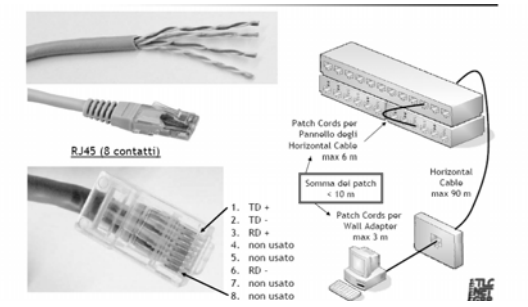




Scheda di rete per 10 Base T



10 Base T



10 Base T

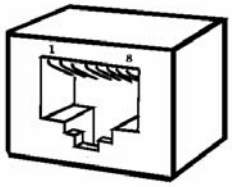
- **Connettore di tipo RJ 45**

Standard di tipo link (punto a punto):

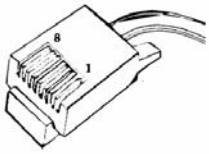
- **richiede l'adozione di repeater per collegare le stazioni**
- **la connessione tra repeater e stazione è fatta usando due doppini (due coppie):**
  - **TX stazione - RX repeater**
  - **RX stazione - TX repeater**
- **Concepito per adattare IEEE 802.3 a cablaggi strutturati:**
  - **EIA/TIA 568**
  - **ISO/IEC 11801**
  - **TIA/EIA 568A**
- **Cavo UTP 100 Ω (costo del cavo minore di E 0,5 per metro)**
- **Lunghezza massima consigliata 100 m**
  - **90 m di cablaggio strutturato**
  - **10 m di cavetti di patch**

10 Base T

Connettori per 10baseT



Presa Femmina da parete

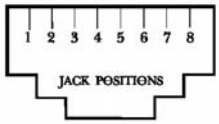


Spinotto (plug) maschio volante

10 Base T

RJ45: assegnazione delle coppie

- TD+
- TD-
- RD+
- Non Utilizzato
- Non Utilizzato
- RD-
- Non Utilizzato
- Non utilizzato



Vista frontale del connettore

- Le coppie usate sono la 2 e la 3 secondo lo standard EIA/TIA 568
- Le coppie 1 e 4 sono inutilizzate

10 Base F

- Lo standard 10BaseF utilizza le fibre ottiche per la trasmissione del segnale e quindi garantisce elevate prestazioni e maggiori distanze. La distanza massima di un segmento è 2 Km. Il cablaggio 10BaseF è diviso in 3 standard:
  - FOIRL (Fiber Optic Inter Repeater Link)
  - 10BaseFB (Fiber Backbone);
  - 10BaseFL (Fiber Link);
  - 10BaseFP (Fiber Passive).

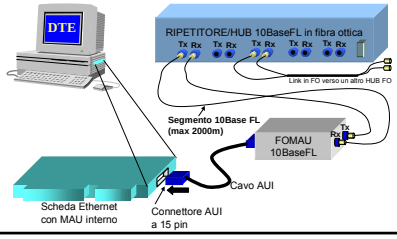
- Le fibre ottiche richieste da IEEE 802.3 devono avere le seguenti caratteristiche:
  - multimodali 50/125 e 62.5/125 terminate su connettori ST
  - multimodale 100/140 terminata su connettori FSMA (utilizzata solo per FOIRL)
  - trasmissione in prima finestra (850 nm)
  - la banda passante minima richiesta è di 160MHz/Km

FOIRL(Fiber Optic Inter Repeater Link)

- FOIRL nasce come esigenza di interconnessione di due repeater remoti tramite una coppia di fibre ottiche
- lunghezza massima del link 1000 m
  - il limite è dovuto alla sottrazione di una serie di attenuazioni dal power budget disponibile:
    - 4 dB perdita 2 connettori F-SMA
    - 4 dB attenuazione 1 Km di fibra ottica
    - 1 dB margine
    - 9 dB power budget

10 Base FL

- Standard relativo alle modalità di connessione tra un concentratore e una stazione periferica mediante un collegamento punto-punto.
- Per collegare più stazioni terminali è necessario utilizzare una configurazione a stella.
- Il segmento FL collega il concentratore o hub al MAU della stazione terminale e può avere una lunghezza massima di 2 Km. Il MAU, indicato in questo caso con FOMAU (Fiber Optic MAU), è connesso all'interfaccia Ethernet mediante un cavo AUI.



10 Base FL

- **Il 10baseFL è una miglioria del FOIRL ed è compatibile con esso:**
- **lunghezza massima del link 2000 m**
  - **calcolo del power budget**
    - **1.5 dB perdita 2 connettori ST**
    - **8 dB attenuazione 2 Km di fibra ottica**
    - **1 dB margine**
    - **10.5 dB power budget**

10 Base FB

- Standard è relativo a segmenti in fibra ottica che la connessione punto-punto di due ripetitori in un dorsale. Tuttavia spesso può essere utilizzato anche in una struttura stellare mediante ripetitori multiporta.
- Le regole di configurazioni impongono che il segmento di 10BaseFB sono:
  - può interconnettere due ripetitori e non stazioni terminali;
  - ogni segmento può avere una lunghezza massima di 2 Km.
- Permette maggior flessibilità nella connessione tra ripetitori

10 Base FP

- Standard che definisce una rete a topologia stellare, costituita da vari segmenti in fibra ottica connessi ad un concentratore passivo. La stella passiva divide il segnale ottico entrante da una porta su tutte le altre porte di uscita. In questo modo a ciascuna uscita viene inviato un segnale uguale a quello incidente, ma fortemente attenuato rispetto a quello entrante.
- La massima lunghezza di un segmento 10BaseFP è 500 m.

Scheda di rete per connessioni in fibra

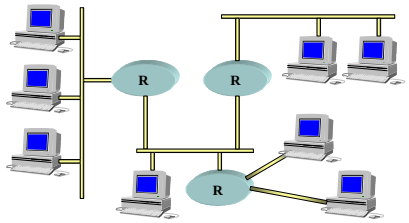


Apparati di interconnessione

- Gli apparati di interconnessione consentono di estendere una rete locale.
- Esistono diversi apparati per l'interconnessione di reti LAN:
  - Repeater (Amplificatori)
  - Hub (Concentratori)
  - Bridge
  - Switch
  - Router

Dominio di collisione in Ethernet

- **Dominio di collisione** in una rete CSMA/CD rappresenta una rete locale in cui avviene una collisione se due computers trasmettono nello stesso istante.
- I repeater, gli hub e i transceiver sono dispositivi che operano a livello 1 e quindi non sono in grado di suddividere una LAN Ethernet in più domini di collisione. Per suddividere



- una LAN Ethernet in più domini di collisione è necessario utilizzare dispositivi in grado di operare a livelli OSI superiori e rispetto a primo, quali bridge, switch e router.

Repeater in un dominio di collisione

- **Esiste un limite sul massimo numero di repeater nell'interno di un dominio di collisione**
- Il frame Ethernet non possiede un delimitatore di fine pacchetto, ma la fine di un pacchetto è marcata da una periodo di assenza di trasmissione (IGP) uguale a 9,6 µs;
- La presenza dell'intervallo IGP consente di effettuare tale riconoscimento. Una riduzione di tale intervallo tra due pacchetti successivi può portare a non riconoscere la fine del primo pacchetto ed alla loro fusione in un unico frame
- *I principali responsabili di una riduzione dell'IGP sono i repeater*. Infatti ciascun repeater deve sincronizzarsi sul clock del trasmettitore e quindi può distruggere parte del preambolo prima di agganciare il sincronismo. Per eliminare questo inconveniente il repeater deve rigenerare il preambolo, per cui introduce un ritardo variabile da pacchetto a pacchetto.
- Per risolvere questo inconveniente, *si limita il numero di repeater all'interno di uno stesso dominio di collisione*.
- Occorre notare che *i repeater che collegano fibre ottiche sono considerati nel conteggio come mezzo repeater*.

Configurazione di una rete Ethernet

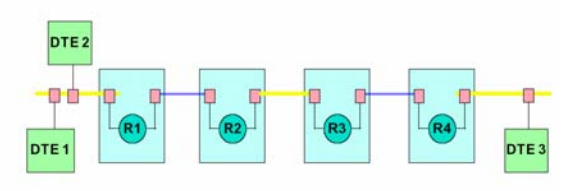
- **Regole per la configurazione di una rete Ethernet in un dominio di collisione** stabilite da IEEE 802.3:

Regola 1

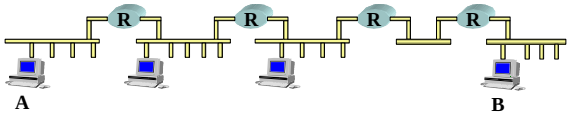
- *Questa regola si applica per 10 base 5, 10 base 2, 10 base T, FOIRL*
- *La regola si applica tra due qualunque stazioni sulla rete*
- *il numero massimo di segmenti Ethernet tra due stazioni qualsiasi sulla rete LAN non deve essere superiore a 5, di cui tre al massimo in cavo coassiale.*
- il numero massimo di repeater tra due stazioni qualsiasi sulla rete non deve essere superiore a 4. La rete può contenere anche un numero superiore di repeater, ma deve essere rispettata la regola precedente. L'insieme delle due regole precedenti, viene indicata anche con il nome di **regola 5-4-3**.
- se sono presenti 4 ripetitori ogni singolo segmento di cavo coassiale non deve superare i 500 m;
- se sono presenti 3 ripetitori, ogni singolo collegamento in fibra non deve superare 1 Km.
- In presenza di 5 segmenti: ogni link FOIRL non deve eccedere i 500 m
- In presenza di 4 segmenti, di cui 2 FOIRL: ogni link FOIRL non deve eccedere i 1000 m

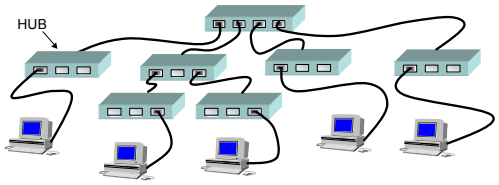
Estensione massima della rete

- L'estensione massima di una rete secondo le regole semplificate è di 3000 m:
  - 3 segmenti coassiali da 500 m
  - 2 segmenti FOIRL da 500 m
  - 10 drop cable da 50 m

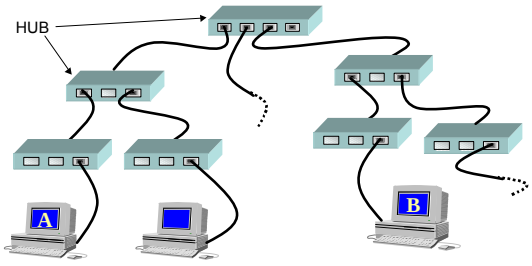


Esempi di dimensionamento corretto di Ethernet





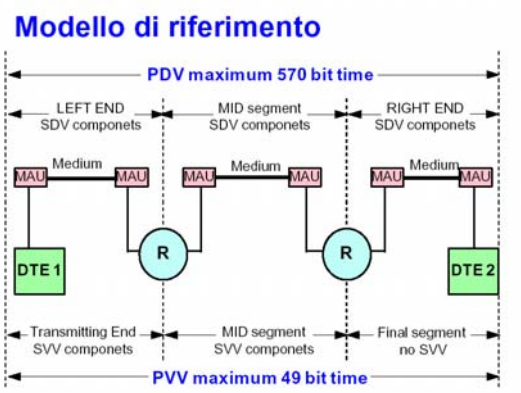
Esempio di dimensionamento non corretto di Ethernet



Secondo modello di configurazione

- Il modello si basa sui seguenti presupposti:
  - Il DTE deve rivelare una collisione nella “collision window”, cioè prima di terminare di trasmettere il pacchetto;
  - Il round trip delay non deve essere superiore al tempo necessario a trasmettere 575 bit (512 bit + IGP);
  - Deve essere garantito un valore minimo di IGP pari al tempo necessario per trasmettere 47 bit (4,7 µs)

Modello di riferimento



Configurazione rete Ethernet: regole estese

- **Un supplemento allo standard del 1993 stabilisce delle regole più flessibili e precise delle precedenti versioni**
- **Ogni segmento è caratterizzato da due valori:**
  - **Segment Delay Value (SDV) : il ritardo associato ad un determinato segmento (compreso il repeater)**
  - **Segment Variability Value (SVV): l'entità di riduzione del IPG (include la variabilità del valore causata dal tipo di segmento e dal repeater)**

Configurazione rete Ethernet: regole estese

Dati due DTE si definisce:

- **Path Delay Value (PDV): la somma di tutti gli SDV che costituiscono il percorso tra i due DTE**
  - **PDV deve risultare minore od uguale a 570 la durata di un bit;**
  - **PDV limita la lunghezza totale dei cavi e il numero di ripetitori che si possono attraversare nella rete**
- **Path Variability Value (PVV): la somma di tutti gli SVV riferiti al percorso tra due DTE**
  - **PVV deve essere minore od uguale a 49 la durata di un bit**
  - **PVV limita il numero di ripetitori**
- **La verifica di PDV e PVV deve essere fatta in entrambe le direzioni:**
  - **Viene considerato il risultato peggiore**

Modello di riferimento

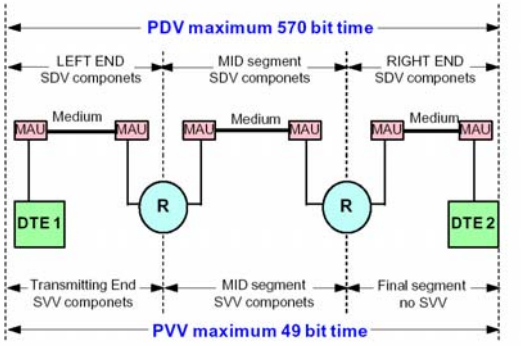


Tabella SDV

- **SDV = Base + [length * (RT delay/meter)]**

Round-trip delay values in Bit time (PDV max. 570)								
Segment Type	Max. lenght	Left End Base	Left End Max.	Mid-segment Base	Mid-segment Max.	Right End Base	Right End Max.	RT delay/ meter
10base5	500	11.75	55.05	46.5	89.8	169.5	212.8	0.0866
10base2	185	11.75	30.731	46.5	65.48	169.5	188.48	0.1026
FOIRL	1000	7.75	107.75	29	129	152	252	0.1
10baseT	100*	15.25	26.55	42	53.3	165	176.3	0.113
10baseFP	1000	11.25	111.25	61	161	183.5	284	0.1
10baseFB	2000	N/A**	N/A**	24	224	N/A**	N/A***	0.1
10baseFL	2000	12.25	212.25	33.5	233.5	156.5	356.5	0.1
Exc. len. AUI	48	0	4.88	0	4.88	0	4.88	0.1026

* La lunghezza massima del segmento dipende dalle caratteristiche del cavo
** N/A non applicabile poiché 10baseFB non supporta la End-connection

- Base: rappresenta il valore di base di ogni segmento e rappresenta la somma dei ritardi dei vari componenti attivi (DTE,MAU,ripetitori) e del ritardo introdotto da 2 m di cavo AUI connesso ai MAU presenti nel percorso
- Max: rappresenta il valore massimo ed è il risultato della somma del valore di base più il ritardo inserito dal segmento di lunghezza massima
- RT delay/meter: l'incremento di ritardo introdotto da ogni metro di cavo o fibra

Esempio calcolo PDV

Tabella SDV

- SDV = Base + [length * (RT delay/meter)]

Round-trip delay values in Bit time (PDV max. 570)

Segment Type	Max. lenght	Left End Base	Left End Max.	Mid-segment Base	Mid-segment Max.	Right End Base	Right End Max.	RT delay/ meter
10base5	500	11.75	55.05	46.5	89.8	169.5	212.8	0.0866
10base2	185	11.75	30.731	46.5	65.48	169.5	188.48	0.1026
FOIRL	1000	7.75	107.75	29	129	152	252	0.1
10baseT	100*	15.25	26.55	42	53.3	165	176.3	0.113
10baseFP	1000	11.25	111.25	61	161	183.5	284	0.1
10baseFB	2000	N/A**	N/A**	24	224	N/A**	N/A**	0.1
10baseFL	2000	12.25	212.25	33.5	233.5	156.5	356.5	0.1
Exc. len. AUI	48	0	4.88	0	4.88	0	4.88	0.1026

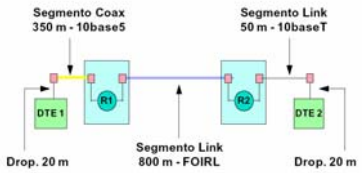
* La lunghezza massima del segmento dipende dalle caratteristiche del cavo

** N/A non applicabile poiché 10baseFB non supporta la End-connection

- Si calcola il DTE1 come left end e DT2 come right end
- SDV left end=11.75+(350*0.0866)+20*0,1026=44.11
- SDV MID. = 29+(800*0.1)=29+80=109
- SDV right end=165+(50*0,113)+20*0.1026=172.7
- PDV=44,11+109+172.7=325.81 bit time

- Si calcola il DTE1 come right end e DT2 come left end
- SDV left end=15.25+(50*0.113)+20*0,1026=22,95
- SDV MID. = 29+(800*0.1)=29+80=109
- SDV right end=169.5+(350*(50*0.113)+20*0.1026=201.8
- PDV=22,95+109+201.86=333.81 bit time

- Si sceglie il risultato peggiore e quindi PDV=333.81 bit time



Calcolo di SVV

- Il valore di IGP non deve scendere al di sotto di valori tollerabili. Per questo è necessario che il PVV sia inferiore a 49 bit time.
- PVV= somma di tutti i valori di SVV
- Il valore di SVV si calcola mediante la seguente tabella

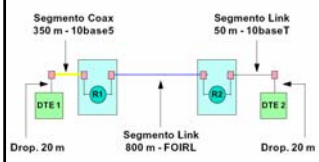
Segment variability values in Bit time (PVV max. 49)		
Segment type	**Transmitting End**	**Mid segment**
Coax	16	11
Link except 10baseFB	10.5	8
10baseFB	N/A**	2
10baseFP	11	8

** N/A non applicabile poiché 10baseFB non supporta la End-connection

Calcolo PVV

- Si considera come transmitting end il DTE1: PVV=16+8=24 bit time

Si considera come transmitting end il DTE2: PVV=10,5+8= 18.5 bit time



- Si sceglie il PVV peggiore, cioè:
  - PVV = 24 bit time

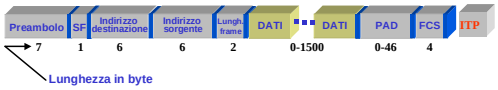
Segment variability values in Bit time (PVV max. 49)		
Segment type	**Transmitting End**	**Mid segment**
Coax	16	11
Link except 10baseFB	10.5	8
10baseFB	N/A**	2
10baseFP	11	8

** N/A non applicabile poiché 10baseFB non supporta la End-connection

- La configurazione è valida perché:
- PDV=333.81 bit time≤ 570 bit time
- PVV = 24 bit time ≤49 bit time

Velocità effettiva di Ethernet

- In una rete la velocità effettiva (numero reale di bit trasferiti in un secondo) ottenuta da un utente è generalmente minore di quella nominale a causa delle testate e bit di controllo.
- Qual' è la velocità effettiva per l'utente fornita da Ethernet ?



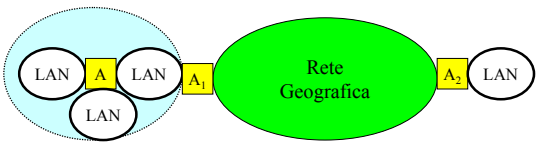
- Interpacket time: 9,6 µsec.
- Durata di 1 bit = 1sec/10.000.000= 100 nsec.
- Lunghezza minima del frame : 72 byte (576 bit)
- Lunghezza massima del frame: 1526 byte (12.208 bit)
- Numero massimo di frame a massima lunghezza in un frame : 1/(9,6 µsec.+100 nsec*12.208 bit) = 812 frame/sec
- Numero massimo di frame a minima lunghezza in un frame : 1/(9,6 µsec.+100 nsec*576bit) = 14.880 frame/sec
- Velocità effettiva R : n. frame/sec * n. bit informativi di ogni frame
  - frame di lunghezza massima R= 812 frame/sec * 1500 byte*8 bit= 9,744 Mbit/sec
  - frame di lunghezza minima R = 14880 frame/sec*46 byte*8bit= 5,480 Mbit/sec
  - frame di lunghezza minima R = 14880 frame/sec*1 byte*8bit= 0,119 Mbit/sec

Apparati di interconnessione

Caratteristiche generali

Interconnessione tra reti

- La disponibilità di reti locali e geografiche con caratteristiche e protocolli diversi richiede la realizzazione di sistemi di interconnessione delle reti in modo trasparente per l'utente. Si possono presentare nella realtà pratica le seguenti situazioni:
  - interconnessione diretta tra reti LAN;
  - interconnessione tra LAN e WAN;
  - interconnessione tra WAN;
  - interconnessione tra LAN mediante WAN.



Interconnessione tra reti

L'interconnessione tra reti diverse può porre vari problemi sia da un punto di vista della compatibilità degli apparati e degli algoritmi, sia da un punto di vista delle prestazioni. In particolare devono essere analizzate le seguenti problematiche:

- *La distanza tra le reti da interconnettere*. Infatti il tipo di rete e gli apparati utilizzati per l'interconnessione è fortemente legato alla dislocazione topografica delle reti.
- *Il traffico generato da ciascuna rete.* Occorre progettare opportunamente gli apparati di interconnessione per evitare perdite di prestazione per il traffico tra le due reti.
- *Il supporto fisico utilizzato dalla rete.* Le reti possono essere realizzate mediante diversi supporti fisici, tra i quali i più utilizzati sono la fibra ottica, il cavo coassiale e il doppino telefonico.
- *Il diverso formato del frame.* Ogni rete ha una diversa struttura del frame.
- *La lunghezza massima del frame.* Ogni frame ha una propria lunghezza massima del frame. Ad esempio, Ethernet ha una lunghezza massima di 1518 byte.
- *La diversa velocità di trasferimento dei dati.* Le reti interconnesse possono operare a velocità diverse e quindi per il traffico tra le due reti occorre tenere presente questo fattore.

Apparati di interconnessione

- Gli apparati per l'interconnessione possono dividersi in:
  - *ripetitori o repeater;*
  - *hub o concentratori;*
  - *bridge;*
  - *switch;*
  - *router;*

Repeater

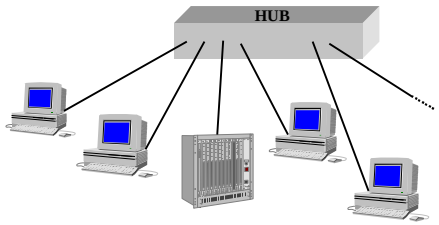
- I segnali trasmessi su un qualunque mezzo fisico si attenuano con la distanza; per evitare un forte decadimento delle prestazioni è necessario limitare la massima distanza tra il trasmettitore ed il ricevitore. Ad esempio, nel caso della rete IEEE 802.3 che utilizza doppino telefonico la massima lunghezza è 160m. Nel caso in cui la distanza sia maggiore rispetto a quella ammissibile occorre amplificare ed eventualmente rigenerare il segnale.
- Un **ripetitore** o **repeater** è un dispositivo che amplifica il segnale ricevuto sulla porta di ingresso e lo ritrasmette nella rete; per questo un repeater è un dispositivo che opera soltanto a livello fisico del modello OSI.

Repeater

- Un repeater IEEE 802.3 introduce un ritardo pari al tempo necessario a trasmettere 14 bit (1.4 ms)
- Il reapeater è composto da insieme costituito da:
  - 1 repeater
  - 2 cavi drop da 50 m
  - 2 transceiver
- Globalmente il repeater introduce un ritardo pari a 53.28 bit-time (5.33 ms), che equivale al ritardo introdotto da circa 530 m di cavo

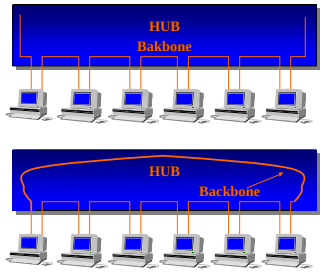
Hub o concentratore

- Gli standard di cablaggio utilizzano spesso una topologia stellare delle reti locali, anche se da un punto di vista logico possono essere usate varie altre topologie. Il concentratore o HUB serve a realizzare in modo semplice tale tipo di topologia,



Hub o concentratore

- Il backbone o dorsale della rete LAN collassa spesso nel centro stella o Hub; al suo interno può essere realizzata qualunque topologia prevista negli standard IEEE 802.X.



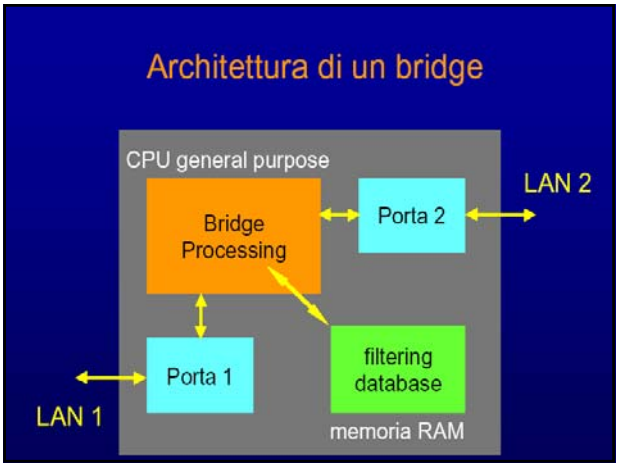
Indirizzi di livello MAC

- Gli indirizzi utilizzati per l'instradamento possono essere gli **indirizzi MAC** (livello 2) o gli **indirizzi di livello 3** (network).
- Lo scopo dei due tipi di indirizzo è diverso:
  - *l'indirizzo di livello 2 MAC serve a discriminare il destinatario finale di un pacchetto nell'ambito di una LAN;*
  - *l'indirizzo di livello 3 serve invece ad identificare il destinatario finale del pacchetto nell'ambito dell'intera rete.*
- Gli apparati di rete che implementano i protocolli di instradamento, ai livelli 2 e 3 sono, rispettivamente i bridge ed i router.

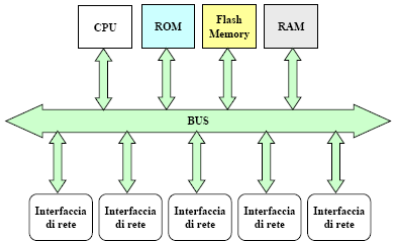
Bridge

- *I bridge sono dispositivi che operano al sottolivello livello M AC del livello2 del modello OSI e sono utilizzati per realizzare connessioni locali o remoti tra reti con gli stessi livelli 1 e 2.*
- I bridge, operando a livello 2, possono consentire di separare il traffico tra le diverse reti interconnesse
- Questa operazione effettuata dal bridge prende il nome di **filtraggio** ed è basata sull'utilizzo dell'**indirizzo MAC di livello 2 della stazione di destinazione** contenuto in ogni pacchetto.
- Possono interconnettere reti omogenee (stesso MAC) o eterogenee (MAC differenti), per esempio ethernet-FDDI, ethernet-token ring, token ring-FDDI)

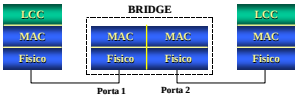




Architettura di un bridge



Bridge



- Un bridge è caratterizzato dal numero di pacchetti/secondo che è in grado di filtrare.
- I bridge possono perciò consentire di risolvere vari problemi dovuti alla limitazione imposta dagli standard sulle reti locali, quali:
  - *estendere le capacità di una LAN e le sue dimensioni* dividendo in LAN separate interconnesse da un bridge;
  - *aumentare il massimo numero di stazioni su una rete.*
- *probabilità di perdere un pacchetto* a causa di overflow.
- Per minimizzare la perdita dei pacchetti è preferibile che il bridge operi alla massima velocità,

- I bridge sono dispositivi che utilizzano algoritmi di instradamento dei frame molto semplici; essi possono dividersi, a seconda del tipo di strategia utilizzata per l'instradamento dei pacchetti, in due classi:
  - *bridge trasparenti;*
  - *bridge ad instradamento di provenienza o source routing bridge.*

Bridge remoti

- I bridge sono stati concepiti inizialmente per operare a livello locale, cioè per permettere la connessione di LAN.
- Le connessioni geografiche sono invece generalmente demandate ai router, dispositivi che operano a livello 3 del modello OSI. Tuttavia, soprattutto nel passato, i bridge sono stati utilizzati anche per connettere LAN remote

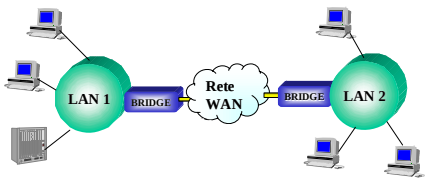
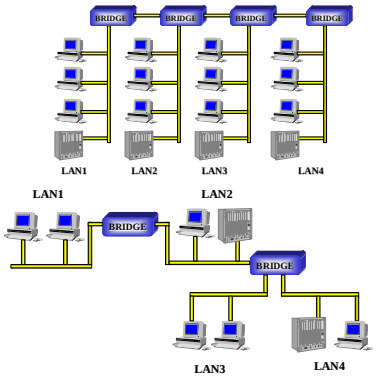


Figura 7. Bridge remoti per l'interconnessione di LAN

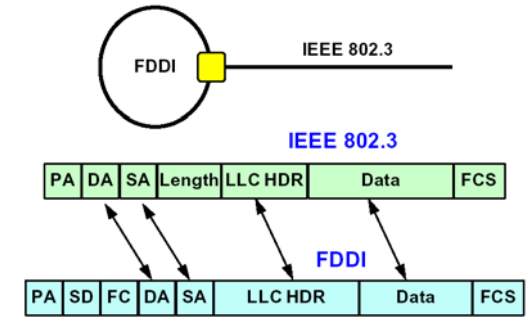
Translating bridge

- **I Bridge conformi a IEEE 802.1D devono essere translating: devono tradurre la busta di livello 2 ricevuta da una LAN nella busta di livello 2 da trasmettersi nell'altra LAN**
  - **complicato quando si utilizzano bridge per interconnettere tipi di LAN diverse (ad es: 802.3 con 802.5)**
  - **complicato quando si debbano trattare messaggi di lunghezza maggiore di quella supportata sulla rete di destinazione**
  - **La frammentazione dei messaggi è un compito tipico del livello 3!**

Interconnessione di LAN mediante Bridge



Esempio di translating bridge



Frammentazione

- **I problemi si verificano principalmente passando da 802.3 a 802.5 o FDDI:**
  - **802.3 ha un pacchetto max 1500 byte**
  - **802.5 ha un pacchetto max 17946 byte**
  - **FDDI ha un pacchetto max 4500 byte**
- **Ci sono protocolli quali il DECNET che non hanno questo problema in quanto non generano messaggi di lunghezza superiore a quella di 802.3**
- **Il TCP/IP ha invece questo problema occorre fare l'IP fragmentation in accordo allo standard RFC 791 a livello di bridge**

Bridge trasparenti

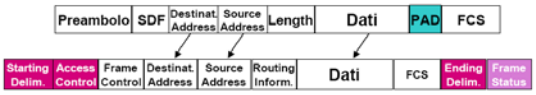
- L'attributo **trasparente** deriva dal fatto che questi bridge non possiedono un proprio indirizzo MAC e quindi sono ignorati dalle stazioni collegate in rete
- L'installazione e la messa in funzione di questi apparati sono molto semplici.
- I bridge trasparenti sono stati sviluppati inizialmente da Digital e successivamente adattati dal comitato **IEEE 802.1.D.**
- I bridge trasparenti presentano le seguenti caratteristiche:
  - utilizzano l'algoritmo *store and forward* per instradare i pacchetti;
  - possiedono la capacità di apprendimento o *learning*, per cui sono in grado di apprendere su quale rete si trova una stazione;
  - utilizzano l'algoritmo di *spanning tree* (descritto in un paragrafo successivo) per l'instradamneto dei pacchetti.

Bridge ad instradamento di provenienza o source routing

- *I source routing bridge sono stati progettati prima dello standard 802.1D ed utilizzati essenzialmente per le reti token ring.*
- Per molti anni i bridge trasparenti e source rooting hanno avuto un'evoluzione parallela. Tuttavia, i problemi che sorgono quando si devono connettere tra loro hanno determinato l'emanazione di una norma per cui tutti i bridge devono essere di tipo trasparente, mentre il source routing è una caratteristica opzionale.
- *I bridge source routing presuppongono che ogni stazione conosca il percorso per raggiungerne un'altra anche all'esterno della LAN di appartenenza specificando tutti i bridge da attraversare.*
- Ogni bridge sulla LAN è caratterizzato da un proprio identificatore di 4 bit. *I frame trasmessi contengono nell'intestazione una sequenza di indirizzi che identificano le LAN e i bridge da utilizzare per arrivare a destinazione.* Ogni bridge controlla se è presente nell'intestazione del frame il proprio identificatore; in caso positivo inoltra il frame verso la giusta direzione, mentre se non è presente, il frame viene ignorato.
- I bridge ad instradamento di provenienza cooperano con le macchine presenti sulla LAN per la formazione del processo di routing. Inoltre essi devono essere riconfigurati ogni volta che cambia la tipologia della rete. Al contrario, i bridge trasparenti presentano una maggiore flessibilità, sono in grado di autoconfigurarsi ed operano in modo indipendente nella rete a cui sono collegati

Translating bridge

- I bridge IEEE 802.1D devono essere in grado di 'tradurre' le buste di livello MAC
  - 802.3 ⟷ 802.5
  - 802.3 ⟷ FDDI
  - 802.5 ⟷ FDDI
- Esempio: 802.3 ⟷ 802.5



Bridge store and forward

- Ogni pacchetto ricevuto da una porta del bridge viene memorizzato e processato per controllare la presenza di eventuali errori; solo in caso di assenza di errori il pacchetto viene inoltrato.
- Ogni volta che viene ricevuto un frame il bridge opera nel seguente modo:
  - memorizza il frame;
  - effettua il controllo del frame mediante il codice a rilevazione di errore contenuto nel campo FCS presente in ogni frame. I frame rilevati in errore sono scartati;
  - il frame viene scartato (o filtrato) se la stazione di destinazione si trova sulla rete LAN connessa alla porta della quale è stato ricevuto. In caso opposto il frame viene inoltrato tramite la porta a cui è connessa la LAN che contiene la stazione di destinazione. Questo viene effettuato utilizzando la tabella di instradamento.
  - Se la LAN di destinazione non è presente nella tabella si utilizza l'algoritmo di **flooding**, che sarà descritto successivamente.

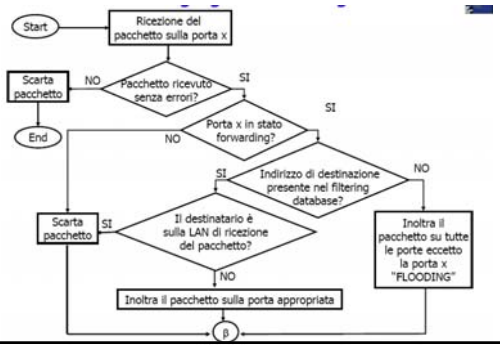
Bridge store and forward

- La costruzione e l'aggiornamento delle tabelle di instradamento rappresentano elementi essenziali per il funzionamento dei bridge.
- Si possono utilizzare diverse strategie, quali:
  - le tabelle di instradamento sono costruite manualmente dal manager di rete, che provvede anche ad aggiornarle;
  - l'indirizzo a livello MAC contiene un campo che individua la LAN su cui si trova la stazione. Anche in questo caso è necessario l'intervento da parte del manager di rete.
- La soluzione ottimale è invece quella in cui il bridge è in grado di *imparare in modo automatico su quale rete locale si trova una stazione*, nota con il nome di *bridge learning*. In questo modo non è necessario l'intervento da parte del manager di rete per l'inserimento o lo spostamento di una stazione.

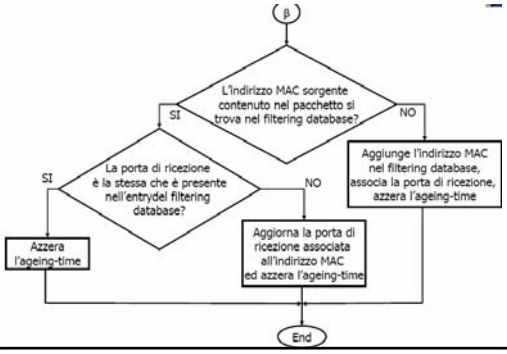
Prestazioni di un bridge

- **Un bridge è caratterizzato da due parametri:**
  - **il numero di pacchetti/secondo che può ricevere e processare**
  - **il numero di pacchetti/secondo che può inviare**
- **In generale il primo numero è maggiore del secondo**
- **Un bridge viene definito *full-speed* quando questi due numeri sono uguali al massimo traffico teorico ricevibile contemporaneamente da tutte le porte**

Bridge: processo di forwarding



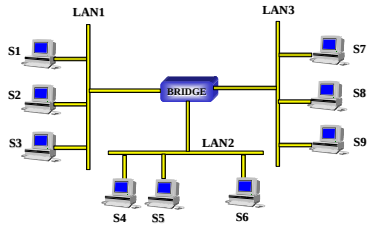
Bridge : processo di learning



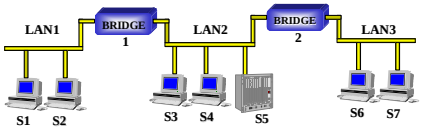
Algoritmo di learning

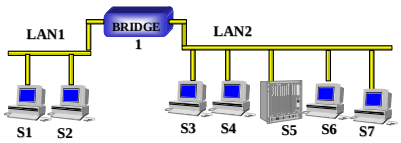
- Regole per l'algoritmo di learning:
  - per ogni pacchetto ricevuto il bridge memorizza *l'indirizzo della stazione sorgente* del pacchetto in una *memoria cache* insieme al *numero di porta* da cui è arrivato;
  - per ogni pacchetto ricevuto il bridge esamina *l'indirizzo di destinazione*. Se tale indirizzo non è presente nella memoria, il bridge invia il pacchetto su tutte le porte tranne quella da cui l'ha ricevuto. Al contrario, se l'indirizzo è contenuto nella memoria di cache, il bridge invia il pacchetto soltanto alla porta corrispondente. Se la porta di ingresso coincide con quella di uscita, il pacchetto è cancellato (filtraggio).

- Esempio

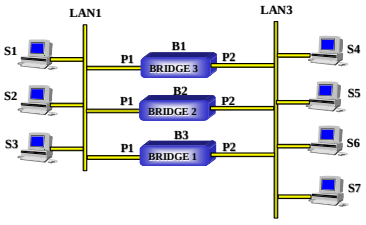


Algoritmo di learning : esempio



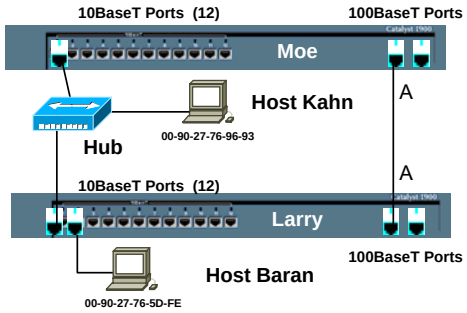


Algoritmo di learning : esempio



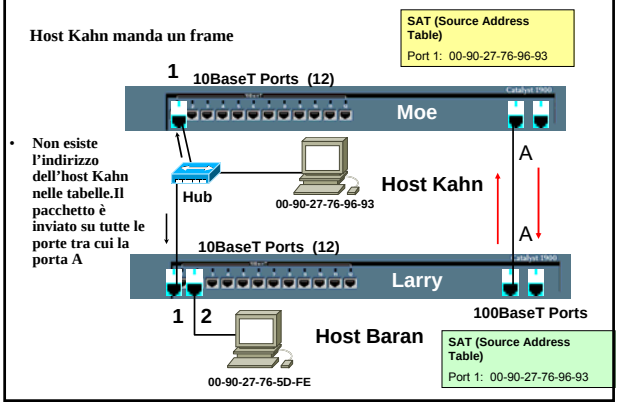
- L'inconveniente della moltiplicazione dei pacchetti e dei loop può essere risolto, per i bridge, utilizzando l'algoritmo di *spanning-tree*.

Esempio di una BLAN magliata



Esempio di una BLAN magliata

Host Kahn manda un frame

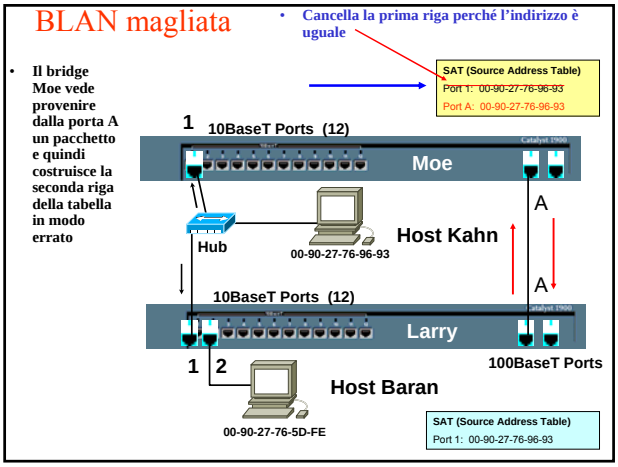


- **Non esiste l'indirizzo dell'host Kahn nelle tabelle.Il pacchetto è inviato su tutte le porte tra cui la porta A**

BLAN magliata

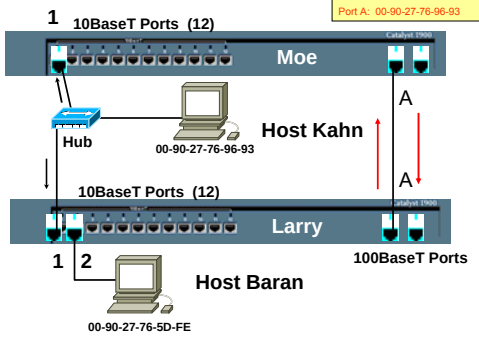
- **Il bridge Moe vede provenire dalla porta A un pacchetto e quindi costruisce la seconda riga della tabella in modo errato**

- **Cancella la prima riga perché l'indirizzo è uguale**



BLAN magliata

- **Il bridge Larry vede provenire dalla porta A un pacchetto e quindi costruisce la seconda riga della tabella in modo errato**



SAT (Source Address Table)
~~Port 1: 00-90-27-76-96-93~~
Port A: 00-90-27-76-96-93

- **Cancella la prima riga perché l'indirizzo è uguale** →

SAT (Source Address Table)
~~Port 1: 00-90-27-76-96-93~~
Port A: 00-90-27-76-96-93

Filtering data base

- Campi di ogni *entry*
  - Indirizzo MAC
  - Porta destinazione
  - Ageing time
  - Stato della porta (secondo spanning tree protocol)
  - Tipo di entry
    - dinamica
      - aggiornata dal processo learning
      - numero massimo tra 1024 e 16K
    - statica
      - non aggiornata dal processo learning
      - numero massimo intorno a 256
- Lookup realizzabile tramite CAM (Content Addressable Memory)

Esempio di filtering database

Comando per la visualizzazione del filtering database

```
Switch-1> show cam dynamic
* = Static Entry. + = Permanent Entry.
# = System Entry  X = Port Security Entry

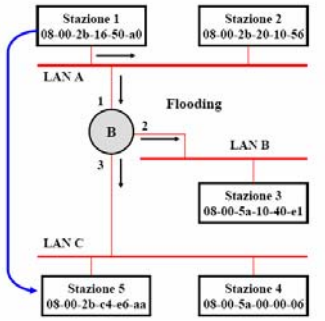
Dest MAC Address        Ports   Age
-----------------       -----   ---
00-00-86-1a-a6-44       1/1     1
00-00-e9-10-b3-0f       1/1     0
00-00-f8-31-1c-1b       1/2     4
00-00-f8-31-f7-a0       1/1     2
00-01-e7-00-e3-80       2/2     0
00-02-a5-84-a7-a6       2/1     1
00-02-b3-1e-b4-aa       2/1     5
00-02-b3-1e-da-da       2/5     1
00-02-b3-1e-dc-fd       2/4     2
```

Porte switch modulare: alloggiamento del modulo/porta all'interno del modulo

Ageing time

Indirizzi MAC delle stazioni

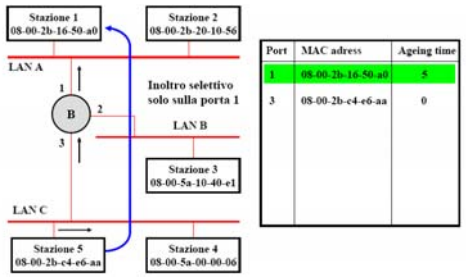
Inoltro di una trama unknown e popolazione del database



Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	0

Inoltro di una trama con indirizzo noto

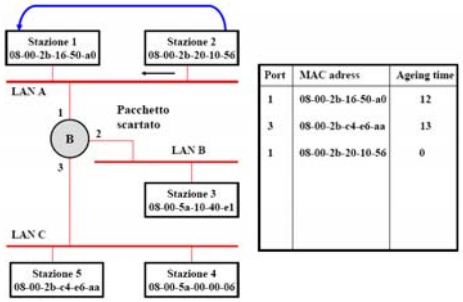
Inoltro di una trama dalla stazione 5 alla stazione 1



Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	5
3	08-00-2b-c4-e6-aa	0

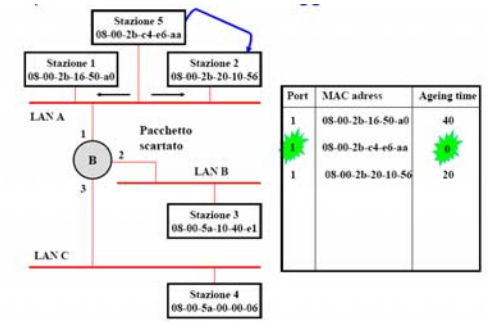
Limitazione del traffico

Inoltro di una trama dalla stazione 2 alla stazione 1



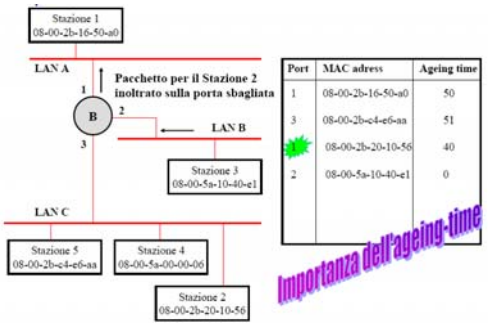
Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	12
3	08-00-2b-c4-e6-aa	13
1	08-00-2b-20-10-56	0

Spostamento stazione 5

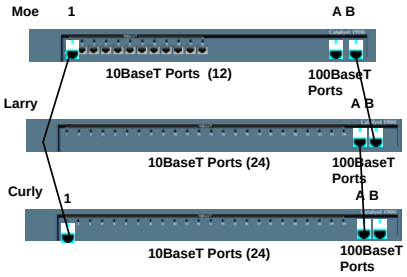


Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	40
1	08-00-2b-c4-e6-aa	0
1	08-00-2b-20-10-56	20

Spostamento stazione 2 e inoltro errato



BLAN magliata



Caratteristiche dei bridge

- I bridge trasparenti sono adatti a funzionare in una struttura ad albero
- In presenza di maglie si innescano dei loop che in pochi attimi bloccano l'intera rete

Spanning tree

- L'algoritmo di spanning tree riconfigura una topologia magliata di una LAN in una topologia ad albero, eliminando i loop nel caso in cui ci siano più percorsi alternativi.
- In caso di guasto sul percorso primario, lo spanning tree deve riconfigurare automaticamente la topologia della LAN, senza la formazione di loop nel transitorio.
- L'algoritmo di spanning tree opera attraverso un protocollo di spanning tree che genera BPDU (Bridge PDU), che rappresentano i frame scambiati tra i bridge.
- Lo spanning tree è definito dallo standard 803.1D

Spanning tree protocol (STP)

- Eseguito dal processo Spanning Tree
- Definito da IEEE 802.1D
- Trasforma una rete con maglie in un albero
  - Eliminazione di percorsi circolari chiusi (loop)

Tre fasi:

- Elezione del ***root bridge***
  - Radice dell'albero (spanning tree) che si vuole costruire
- Selezione della ***root port***
  - Una tra le porte di un bridge è usata per raggiungere il root bridge
- Selezione delle ***designated port***
  - Una tra le porte collegate ad una LAN è usata per ricevere e inoltrare pacchetti

Stato delle porte

- ***Forwarding***
  - Root port e designated port
  - La porta è utilizzata per inoltrare pacchetti
  - I pacchetti ricevuti dalla porta vengono elaborati, ed eventualmente inoltrati dal bridge
- ***Blocking***
  - Tutte le altre porte
  - Non vengono inoltrati pacchetti sulla porta
  - I pacchetti ricevuti sono ignorati





Bridge Protocol Data Unit (BPDU)

- Trasmesse ad indirizzo multicast predefinito
- ***Configuration*** BPDU
- ***Topology Change Notification*** BPDU

Dest. Addr.	Source Addr.	Length	DSAP	SSAP	Control	BPDU	
Multicast 01-80-C2 00-00-00	Singlecast Indirizzo Bridge	XY	*042H*	*042H*	XID	Configuration BPDU oppure Topology Change Notification BPDU	FCS

BPDU: Bridge Protocol Data Unit
DSAP: Destination Service Access Point
SSAP: Source Service Access Point

Byte		
1÷2	Protocol Identifier:	00-00
3	Protocol Version Identifier:	00
4	BPDU Type:	00
5	TC / Flags / TCA	
6÷13	Root Identifier: primi 2 byte = Bridge Priority; successivi 6 byte = Indirizzo MAC del Root Bridge	
14÷17	Root Path Cost	
18÷25	Bridge Identifier: primi 2 byte = Bridge Priority; successivi 6 byte = Indirizzo MAC del Bridge che trasmette la BPDU	
26÷27	Port Identifier: primo byte = Port Priority; secondo byte = numero di porta	
28÷29	Message Age	
30÷31	Max Age	
32÷33	Hello Time	
34÷35	Forward Delay	

Configuration BPDU

- `Root Identifier`
  - identificatore del bridge assunto come root
- `Root Path Cost`
  - costo per raggiungere il bridge che ha originato la Configuration BPDU lungo il percorso lungo cui il messaggio ha transitato
- `Bridge Identifier`
  - identificatore del bridge che ha originato la Configuration BPDU
- `Port Identifier`
  - identificativo della porta del bridge attraverso cui la Configuration BPDU è stata generata

Spanning Tree

- Il protocollo spanning tree è stato specificato nello standard IEEE 802.1d e prevede l'utilizzo di pacchetti denominati BPDU (Bridge Protocol Data Unit) che vengono trasmessi all'indirizzo di multicast 01-80-c2-00-00-00 e ricevuti da tutti i bridge della LAN
- Le BPDU possono essere di due tipi:
  - Configuration Type : viene spedito periodicamente sulla rete e contiene i parametri necessari al calcolo delo spamming tree
  - Topology Change Notification: viene spedito sulla rete durante le normali operazioni quando si verifica un cambiamento di topologia

Spanning Tree

- Ogni Ogni BPDU contiene un *root path cost*, che la *root* inizialmente fissa a zero;
- ogni bridge che riceve la BPDU sceglie come *root port* quella da cui riceve la BPDU con il *root path cost* più basso e propaga solo quella.
- Prima di propagarla aggiorna il *path cost* aggiungendo il costo relativo alla porta da cui l'ha ricevuta.
- Le porte da cui riceve BPDU con un *root path cost* più basso del proprio vengono disabilitate.

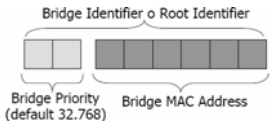
Spanning Tree

- L'algoritmo di spanning tree opera attraverso tre fasi:
  1. Elezione del root bridge: serve per stabilire quale bridge diventerà la radice dell'albero;
  2. Selezione della root port: serve a stabilire per un dato bridge quale porta verrà utilizzata per raggiungere il root bridge
  3. Selezione della designed port: per ogni LAN si sceglie quale porta di ogni bridge collegati a una LAN è designata a inoltrare e i ricevere i pacchetti della LAN
- Ogni LAN ha quindi un solo designed bridge che è il bridge "più vicino" al root bridge e che si incaricherà di trasmettere i pacchetti verso il root bridge
- La porta del designated bridge che interconnette la LAN è detta designated port
- Al termine dei precedenti tre passi le porte che non sono né root, né designated sono messe in stato di blocco. (non sono utilizzate per l'inoltro dei pacchetti) per eliminare l'eventuale presenze di loop.

Elezione del root bridge

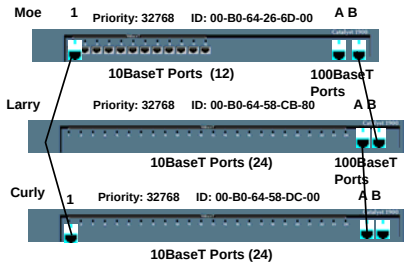
- All'accensione dei bridge di una BLAN o anche di uno solo di essi il processo di spanning tree opera l'elezione del root bridge
- Inizialmente tutti i bridge sono considerati root bridge e inviano su tutte le loro porte i pacchetti BPDU di Configurazione con una periodicità che può essere scelta dall'amministratore di rete (il valore di default è di 2 sec)
- Un bridge oltre a generare pacchetti del tipo configuration BPDU riceve anche i pacchetti BPDU degli altri bridge
- Quando un bridge riceve una BPDU confronta il parametro root identifier con il proprio parametro bridge identifier.
- Se il valore di quello ricevuto è maggiore del proprio continua a generare pacchetti configuration BPDU
- Nel caso opposto interrompe la trasmissione dei messaggi BPDU e ritrasmette su tutte le porte quelli che riceve.
- Alla fine di questa fase di elezione, rimarrà solo un bridge che sarà riconosciuto da tutti (compreso da se stesso) come roor bridge.

Elezione del root bridge



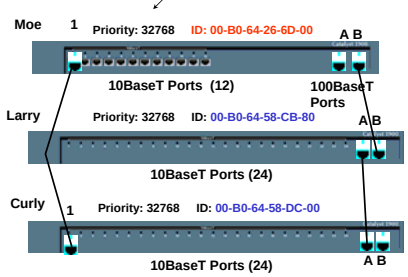
- Il root identifier e il bridge identifier sono ottenuti considerando l'insieme di:
  1. Bridge priority
  2. Indirizzo MAC del bridge
- Si ottiene in questo modo un numero univoco che consente di stabilire una relazione di ordine assoluto tra i bridge
- I bridge hanno quasi sempre il parametro bridge priority al valore di default di 32768; se non viene modificato tale valore viene scelto come root bridge quello che possiede l'indirizzo MAC con valore minore.

Elezione del root bridge



Elezione del root bridge

Moe presenta il valore più basso e diventa il root bridge



Selezione della root port

- Dopo l'elezione del root bridge tutti gli altri bridge si occupano di stabilire quale porta verrà concessa verso il root bridge che prende il nome di root port
- La root port riceverà periodicamente i pacchetti di configuration BPDU generate dal root bridge e verrà usata per inoltrare i pacchetti di dati verso il root bridge e il resto dell'albero
- Ad ogni porta del bridge viene associato un costo d'ingresso detto path cost, generalmente pari a 1000 diviso la velocità della rete a essa connessa espressa in Mb/s
- Esempio:
  - Standard Ethernet: 1,000/10 = **100**
  - Fast Ethernet: 1,000/100 = **10**

Costo della root port

- Il costo del root path è la somma del costo delle porte per raggiungere il root bridge.
- Questo valore è trasmesso nella BPDU
- Se un bridge ha una porta connessa direttamente al root bridge viene scelta come root port,
- Se un bridge non ha porte connesse direttamente al root bridge si sceglie quella che presenta il costo più basso.

Root Port Selection

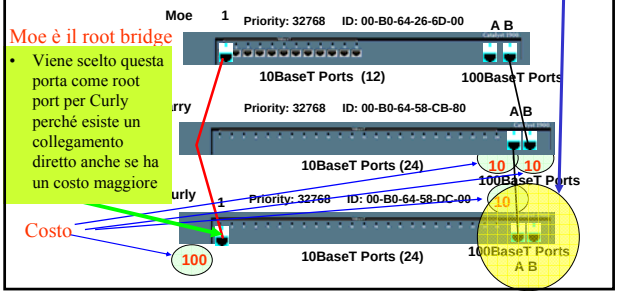
- Porta sul cammino di costo minimo verso il root bridge
  - Riceve Configuration BPDU generate dal root bridge
  - Inoltra trame verso il root bridge
- Ad ogni porta è associato un costo
- Le Configuration BPDU contengono il costo del cammino attraversato
  - Campo `root path cost`
  - Il costo associato alla porta di ricezione viene sommato al campo `root path cost` da ogni bridge attraversato
- Viene scelta root port quella che riceve Configuration BPDU con priorità maggiore
- Le Configuration BPDU ricevute dalla root port sono inoltrate sulle altre porte

Scelta della root port

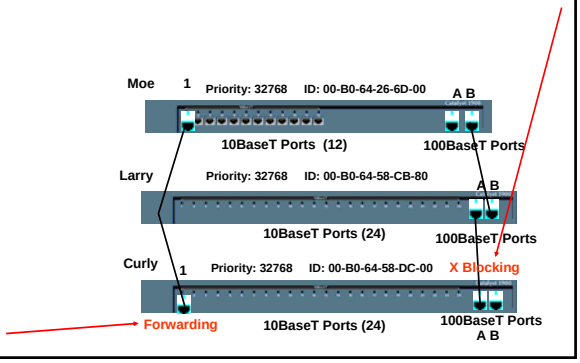
- La porta viene messa in stato di blocco

Moe è il root bridge

- Viene scelto questa porta come root port per Curly perché esiste un collegamento diretto anche se ha un costo maggiore

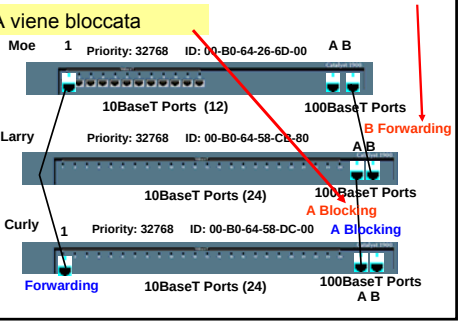


Bridge Curly

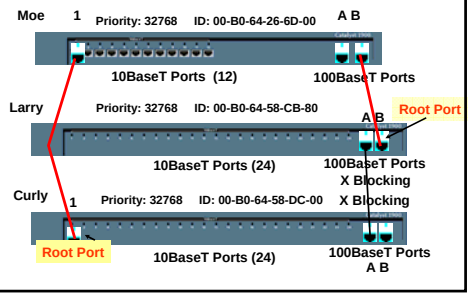


Bridge Larry

- La porta B è scelta come root port
- La porta A viene bloccata



Root Ports



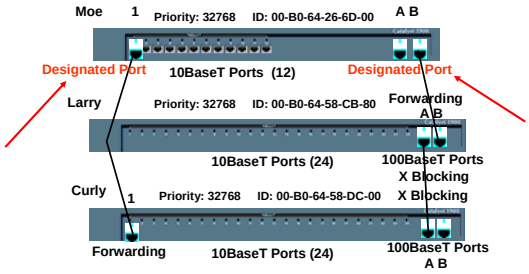
Selezione della designed port

- Si tratta del terzo passo dello spanning tree
- Ogni bridge trasmette le configuration BPDU ricevute dalla root port su tutte le altre porte.
- Nel caso in cui esistano più bridge affacciati su una LAN, cioè cammini alternativi, questi ricevono Configuration PDU da porte non root
- Se una Configuratio BPDU ricevuta da una porta non root ha priorità più bassa di quella della Configuration BPDU trasmessa dal bridge stesso sulla porta in questione essa viene selezionata come designed port per la LAN a cui è connessa.

Designated port selection

- Su una LAN su cui è collegata più di una porta non root vengono inoltrate più copie di Configuration BPDU
  - Hanno fatto percorsi diversi dal root bridge alla LAN
- Un bridge collegato alla LAN tramite porta non root riceve Configuration BPDU inoltrate da altri bridge
- La porta è scelta come designated se le Configuration BPDU inoltrate hanno priorità più elevata di quelle ricevute
  - Ogni altra porta è portata in stato blocking
  - Solo la designated port inoltra le BPDU sulla LAN

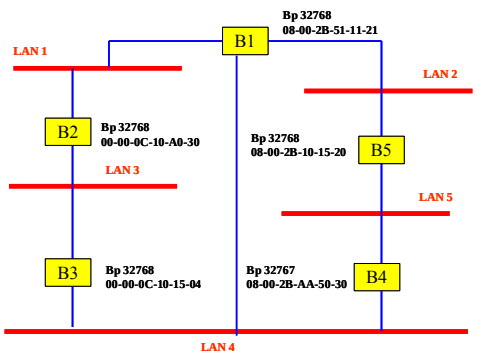
Designated Ports



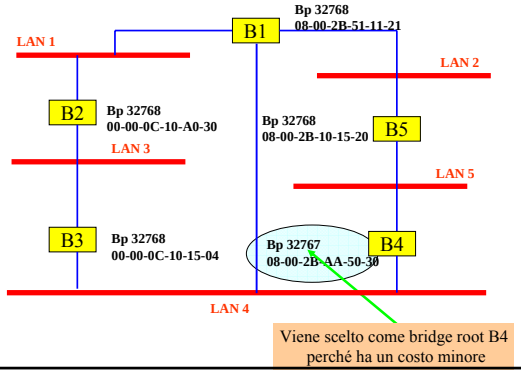
Parametri di configurazione

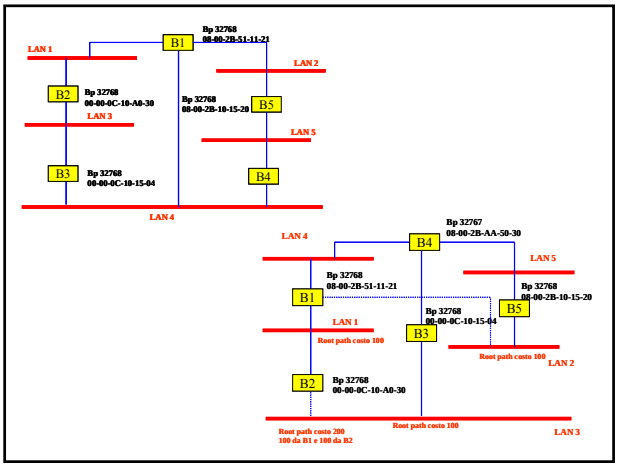
- I bridge sono plug&play
  - Sono in grado di funzionare con i valori di default
- Bridge priority
  - Range: 0 - 61440
  - Default/raccomandato: 32768
  - Incremento consigliato (IEEE 802.1t): 4096
- Port priority
  - Range: 0 - 240
  - Default/raccomandato: 128
  - Incremento consigliato (IEEE 802.1t): 16
- Path cost
  - Range: 0 - 65535
  - Raccomandato (IEEE 802.1D): 1000/(velocità in Mb/s)

Secondo esempio

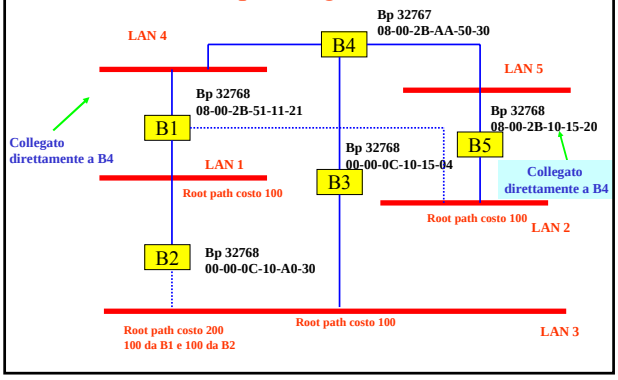


Scelta del bridge root

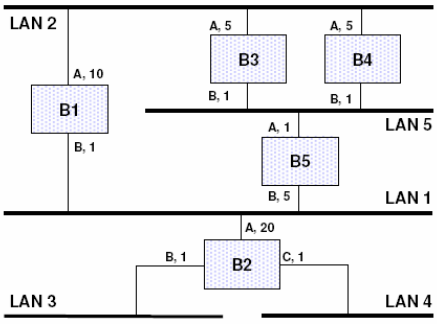




Albero dopo l'applicazione dello spanning tree

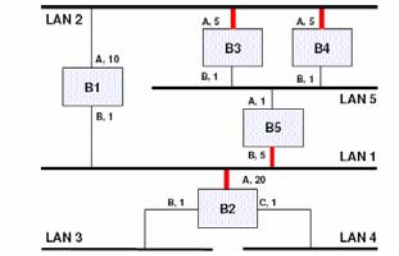


Esempio: spanning tree



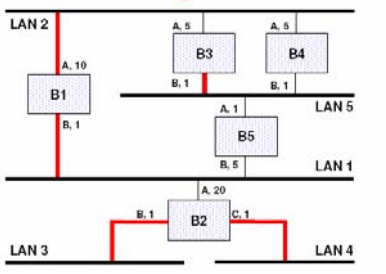
Porte radice

- B1 diventa radice
- B3 definisce A root port verso B1, costo 5
- B4 definisce A root port verso B1, costo 5
- B2 definisce A root port verso B1, costo 20
- B5 definisce B root port verso B1, costo 5

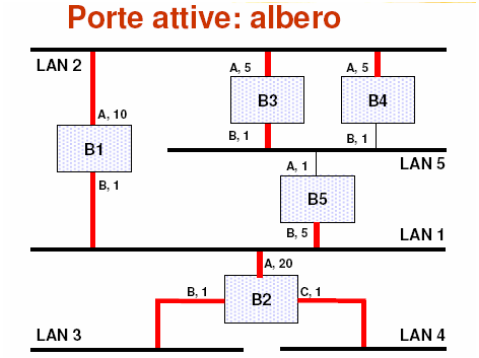


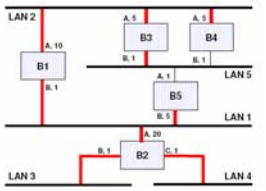
Porte designate

- B1 designato su LAN 1 e LAN 2
- B2 designato su LAN 3 e LAN 4
- B3 designato su LAN 5 (pari costo di B4 e B5, ma indirizzo inferiore)

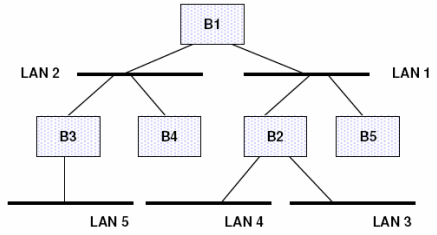


Porte attive: albero





Albero



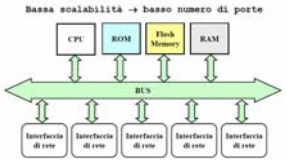
Porte radice

- B1 diventa radice
- B3 definisce A root port verso B1, costo 5
- B4 definisce A root port verso B1, costo 5
- B2 definisce A root port verso B1, costo 20
- B5 definisce B root port verso B1, costo 5

Rapid Spannig Tree Protocol (RSTP)

- Spanning tree con convergenza veloce
- Standard IEEE 802.1w approvato a fine anno 2001
- Interoperabile con lo spanning tree IEEE 802.1D
  - Senza convergenza veloce
- Soluzione di livello 2 ideale per reti mission critical
- Opera solamente in presenza di link punto-punto
  - Collegamenti diretti (no hub)
- Sostituisce soluzioni proprietarie per resiliency con convergenza veloce adottate da alcuni costruttori

Architettura classica di un bridge



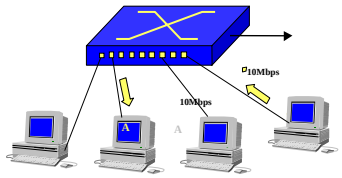
- Scalabilità del bridge è limitata da colli di bottiglia
  - Processore
  - Memoria
  - Bus
- Aumentare il numero di porte (o la loro velocità) di un fattore *N* richiede lo stesso miglioramento in
  - Capacità elaborativa del processore
  - Velocità di accesso alla memoria contenente informazioni di routing
  - Capacità di trasferimento del bus

Come superare i limiti del bridge

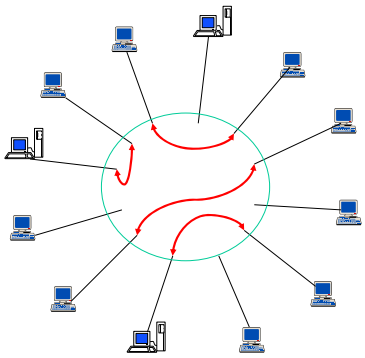
- Distribuire funzionalità tradizionalmente centralizzate
  - Elaborazione
    - Presenza di vari processori
  - Commutazione
    - Matrice di commutazione (switching fabric)
    - Svariati cammini contemporanei tra ingressi e uscite
      - Space switching invece/oltre che time switching (come nel bus)
- Utilizzo di hardware specializzato
  - Progettazione ad hoc
  - Application Specific Integrated Circuit (ASIC)
  - Meno flessibile, ma ottimizzato (più veloce)

Switch

- Gli switch sono apparati in grado di effettuare operazioni di commutazione sulle unità dati e consentono perciò di ottenere elevate velocità e prestazioni.
- Gli switch effettuano l'operazione di commutazione utilizzando gli indirizzi di livello MAC (switch di livello 2) o di livello 3 (switch di livello 3).
- Gli switch sono particolarmente adatti per realizzare una topologia stellare e possono consentire a ciascun utente (se lo switch è opportunamente dimensionato) di realizzare la capacità massima consentita dalla rete. Infatti, lo switch permette di creare un percorso dedicato tra una porta di ingresso e una porta di uscita. Per ogni frame o pacchetto ricevuto da una porta di ingresso, lo switch legge il campo contenente l'indirizzo di destinazione che viene di conseguenza inviato alla corrispondente porta di uscita. I frame indirizzati ad utenti diversi non interferiscono tra loro, in quanto seguono percorsi diversi.



Ethernet Switch



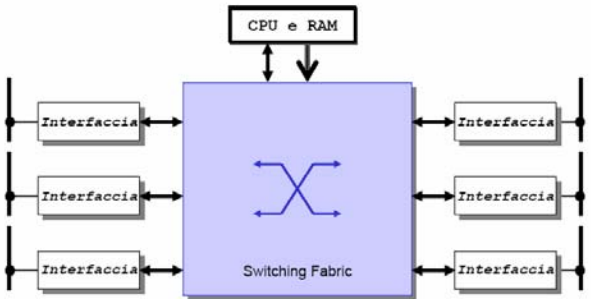
Ethernet Switch

L'Ethernet Switch è un apparato che unisce alle funzionalità del BRIDGE velocità di commutazione più elevate.
Infatti alla ricezione di una frame, identificata la porta fisica associata all'indirizzo MAC del destinatario letto nella frame, **apre un canale diretto** con l'interfaccia di uscita dove è collegato il destinatario. Nello stesso instante può fare la stessa cosa con tutte le restanti porte fisiche, e cioè realizzare più **canali diretti** contemporaneamente.

Vantaggio:

- aumenta il *troughput* totale della rete, in base al numero di porte utilizzate.
- Hardware localizzato sulle porte specializzato nel forward dei frame (ASIC Application Specific Integrated Circuit)

Architettura degli switch



Distribuzione delle funzionalità

- Processore centrale: controllo
  - Esecuzione dello spanning tree protocol
  - Riconfigurazione della switching fabric
  - Management
- Processori di interfaccia
  - Inoltro pacchetti
    - Parsing pacchetto
    - Decisione di routing
    - Eventuale modifica del pacchetto
- Scalabilità: ogni processore di interfaccia elabora solo i pacchetti ricevuti da quella interfaccia
  - Aumentando il numero di interfacce si aumenta anche il numero di processori

Switching fabric

- Bus
- Crossbar
- Rete multistadio

Switching fabric *non-bloccante*

È in grado di trasferire le trame ricevute su ogni interfaccia di ingresso sulla rispettiva interfaccia di uscita purché non già occupata in un trasferimento

Switch

- Gli switch consentono di dividere una rete locare in varie sottoreti. Esistono sostanzialmente tre classi di switch:
  - *switch store and forward*
  - *switch cut through*
  - *switch ibridi*

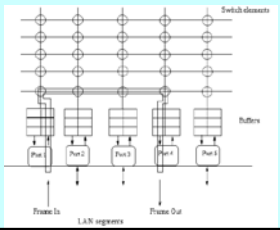
Switch store and forward

- Uno switch store and forward memorizza ciascun frame che riceve in un buffer, controlla gli errori e se il frame non rivelato in errore lo inoltra alla sua porta di destinazione.
- Il principale vantaggio offerto da questa classe di switch è rappresentato dal fatto che i frame contenenti errori non sono trasmessi e quindi non si ha un inutile speco di banda. Tuttavia, esso deve processare tutti i frame e quindi introducono un ritardo (*latency time*).
- Gli switch store and forward sono adatti soprattutto per reti con elevate probabilità di errore.
- Tempo di latenza: 0,8 µsec per byte in Ethernet; per un pacchetto lungo 1500 byte si ha un tempo di latenza pari a 1200 µsec. Per Fast Ethernet e Gigabit Ethernet il tempo di latenza è comunque piccolo anche per gli switch store and forward

Switch cut through

- Uno switch cut through non verifica la correttezza dei frame ricevuti.
- Quando un frame viene ricevuto su una porta di ingresso, lo switch esamina l'indirizzo di destinazione, consulta le tabelle di instradamento per determinare la porta di uscita e, se quest'ultima è libera, inizia immediatamente a trasmettere, mentre sta ancora ricevendo il frame sulla porta di ingresso.
- Questo tipo di switch presenta un tempo di latenza molto piccolo, per cui può consentire velocità maggiore rispetto a switch store and forward. Tuttavia, questo schema trasmette anche pacchetti contenenti errori e quindi può sovraccaricare inutilmente la rete.
- Gli switch cut through operano in modo soddisfacente su reti con basse probabilità di errore.

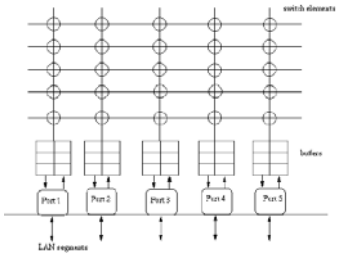
Schema di uno switch cut-through
Instradamento di un pacchetto tra la porta 1 la porta 4



- Tempo di latenza: molto minore in uno Switch cut-through rispetto a store-and-forward; valore tipico = 60 µsec
- Possono essere utilizzati soltanto nel caso di livelli MAC uguali sulle porte

Switch: bloccanti e non-bloccanti

- Switch bloccante: in alcuni casi i pacchetti si possono avere collisioni tra i pacchetti
- Gli switch non-bloccanti sono più costosi perché forniscono una banda maggiore.



Switch cross-bar
non- bloccante
con 5 porte

Switch ibridi

- Gli switch ibridi cercano di combinare i vantaggi offerti dalle due classi precedenti. Uno switch ibrido opera generalmente nella modalità cut-through, ma effettua un monitoraggio della frequenza con cui frame errati o danneggiati sono inoltrati.
- Quando tale frequenza supera una soglia prefissata, lo switch inizia ad operare nella modalità store and forward.
- Quando la frequenza di frame errati ritorna sotto la soglia, lo switch commuta nuovamente nella modalità cut-through.

Architettura
RISC o ASIC

Uno switch può essere realizzato secondo due diverse architetture:

- RISC (Reduction Instruction Set Computer):
  - utilizzano hardware generale adatto per molte applicazioni in base al software
  - presentano un costo ridotto
  - Hanno un elevato tempo di latenza perché operano come store-and-forward (devono ricevere tutto il pacchetto prima di elaborarlo)
- ASIC (Application Specific Integrated Circuit):
  - Sono apparati progettati per svolgere determinate funzioni
  - Presentano prestazioni superiori in termini di velocità
  - Non possono essere utilizzati per funzioni diverse da quelle per cui sono stati progettati
  - Hanno un costo maggiore

Parametri caratteristici di uno switch

Latenza

- E' il ritardo temporale, calcolato dal momento in cui uno switch comincia a ricevere un pacchetto al momento in cui inoltra il pacchetto verso la porta di destinazione.
- Il fattore che influenza maggiormente la latenza è la tecnica di forwarding usata dallo switch. Uno switch cut-through ha una latenza fissa, pari in genere a 40 microsecondi, dato che è stato progettato per inoltrare il frame dopo aver ricevuto l'indirizzo MAC di destinazione
- La latenza di uno switch store-and-forward dipende dalla dimensione del frame, visto che deve ricevere l'intero pacchetto prima di poter prendere la decisione d'inoltro: un frame di 1000 byte in una rete 10BASE-T avrà una latenza store-and-forward minima di 800 microsecondi (1000 byte = 8000 bit a 0.1 microsecondi per bit).

Parametri caratteristici di uno switch

MAC Singolo o Multiplo

- Uno switch a MAC singolo memorizzerà e supporterà un solo indirizzo MAC per porta. Gli switch a MAC singolo sono i più economici e sono progettati principalmente per connettere direttamente singoli utenti finali (*desktop switch*).
- Uno switch a MAC multiplo permetterà di connettere più stazioni ad una singola porta (*workgroup switch*). Ad esempio, una particolare porta dello switch può essere connessa ad un hub che a sua volta collega più utenti finali.
- Il numero d'indirizzi MAC supportati da uno switch varia da una casa costruttrice all'altra e spesso, eccetto che per i più costosi, anche da porta a porta. E' veramente importante essere a conoscenza dei limiti d'indirizzamento di uno switch; se il numero d'indirizzi MAC superasse la quantità di memoria disponibile nella bridge forwarding table, lo switch inoltrerebbe ogni frame con indirizzo sconosciuto a tutte le porte, mentre avrebbe potuto semplicemente scartarlo.

Algoritmo di Spanning tree

- Se lo switch utilizza o no l'algoritmo di spanning tree

Parametri caratteristici di uno switch

- **Management**
- Generalmente una rete switched è composta da un gran numero di segmenti, appartenenti ognuno ad un proprio dominio di collisione, pertanto la sua gestione è molto più complessa rispetto ad una classica rete shared.
- Attualmente la gestione degli switch è basata su due tecniche diverse.
- Il metodo più comune consiste in un software di management interno allo switch che colleziona dati statistici su ogni frame inoltrato e li rende disponibili attraverso un agent SNMP. Questo sistema permette di interrogare lo switch tramite una console di management, non necessariamente situata nella stessa LAN, e generare statistiche basate sugli standard MIB I/II o RMON.
- Nel secondo metodo, noto come *port aliasing* o *mirroring*, lo switch inoltra verso una porta particolare (detta *monitor port*) tutto il traffico che passa da determinate porte (v. Par. 5.6). A tutt'oggi non esistono standard che regolano il port aliasing, quindi tutte le implementazioni esistenti sul mercato sono proprietarie.
- L'uso di tradizionali strumenti esterni di monitoraggio, quali i probe RMON e gli analizzatori (hardware o software) di protocollo, incontra notevoli difficoltà. Queste difficoltà sono dovute al fatto che in ambiente switched è possibile analizzare soltanto le conversazioni che avvengono sulla porta cui lo strumento è collegato e quindi i risultati che si ottengono non sono assolutamente significativi per ciò che riguarda gli altri segmenti di rete.

Parametri caratteristici di uno switch

Full duplex

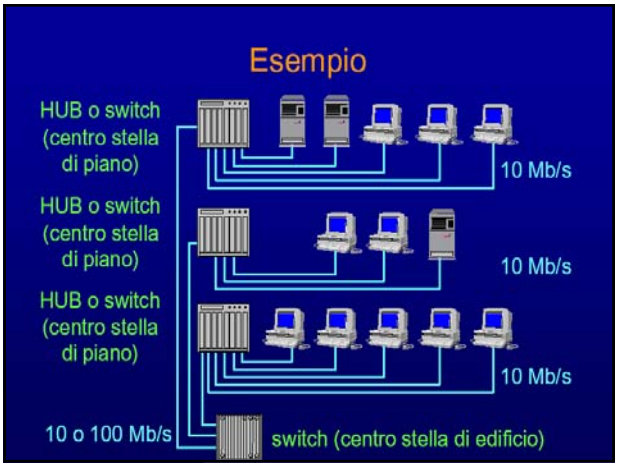
- Un singolo host connesso ad una porta di uno switch, non essendo soggetto a collisioni (in ogni direzione c'è una sola stazione che può trasmettere e quindi per definizione non può collidere con nessun'altra), può trasmettere e ricevere simultaneamente, realizzando così una comunicazione full duplex.
- In circostanze ideali, una porta full duplex può sostenere un utilizzo di banda del 100% su ogni canale, ottenendo un troughput massimo teorico del 200% senza possibilità di collisioni.
- Poichè la maggior parte delle schede Ethernet/Fast Ethernet attualmente in commercio supportano la gestione full duplex, è molto importante verificare che anche lo switch sia in grado di supportare tale tecnologia.

Switch

- Switch stackable: switch collegati tra loro in stack

- Switch modulari: costituiti da uno chassis che può alloggiare diversi tipi di moduli *Switching*
- Caratteristiche dello chassis:
  - numero di slot variabile da 2 a 8
  - alimentatore ridondante





Esempio di switch
Switch L2 D-Link Des3226

Managed L2 Switch - 24 porte 10/100Mbps



Funzionalità e caratteristiche tecniche:

- **Backplane : 8.8Gbps**
- **Capacità inoltro pacchetti : 6.6Gbps**
- 1 slot di espansione per moduli opzionali
- 1 porta console (RS-232 - seriale) per la configurazione
- Auto adattamento dei cavi MDI/MDIX su tutte le porte
- Dimensione standard 19" per montaggio in rack, altezza 1U
- Supporto full/half duplex per le porte 10/100/1000Mbps
- Supporto code prioritarie per applicazioni multimediali
- Supporto indirizzamenti unicasting, multicasting e broadcasting
- Amministrazione Web-based attraverso web browser standard
- RAM buffer: 8MB
- Upgrade firmware
- Auto apprendimento della configurazione di rete

Switch Layer 3

• Un switch Layer 3 (chiamato anche Routing Switch) esegue le stesse operazioni di uno switch Layer 2 e in più esegue funzioni di routing, utilizzando gli indirizzi IP degli utenti.

• Un dispositivo di questo genere aggiunge potenti funzionalità di routing ai gruppi di lavoro in ambiente di rete locale, migliorando le prestazioni delle Intranet e alleggerendo i router esistenti dal sempre più intenso traffico IP delle LAN.

• Gli Switch Layer 3 sono più veloci dei router basati su piattaforme software, dato che i pacchetti vengono instradati dai chip anziché essere prima elaborati e poi instradati alle porte dalla CPU.

• Nel caso di reti scolastiche, ISP o campus aziendali con numerosi desktop connessi al Web, server Web e server di mail che supportano numerosi utenti esterni ed interni alla rete, è più indicato uno switch Layer 3 (razionalizzazione dei costi superiore a uno switch Layer 2 combinato a un tradizionale router locale).

Esempio di Switch L3
D-Link Des4228

Managed L3 Switch - 24 porte 10/100Mbps



Funzionalità e caratteristiche tecniche:

- Backplane : 8.8Gbps
- Capacità inoltro pacchetti : 6.6Gbps
- 1 slot di espansione per moduli opzionali
- 1 porta console (DB-9 RS-232 DCE) per la configurazione
- Slot posteriore per Redundant Power Supply (RPS)
- Dimensione standard 19" per montaggio in rack, altezza 1U
- Supporto full/half duplex per le porte 10/100Mbps
- Supporto full duplex per le porte 1000Mbps
- Supporto Controllo di flusso
- Supporto code prioritarie per applicazioni multimediali
- Supporto Port Mirroring
- Supporto Telnet
- Auto identificazione indirizzi IP attraverso DHCP client, Bootp client
- Amministrazione Web-based attraverso web browser standard
- RAM buffer: 16MB
- Upgrade firmware

Router

- Operano a livello 3 del modello OSI

Router - Cisco 800

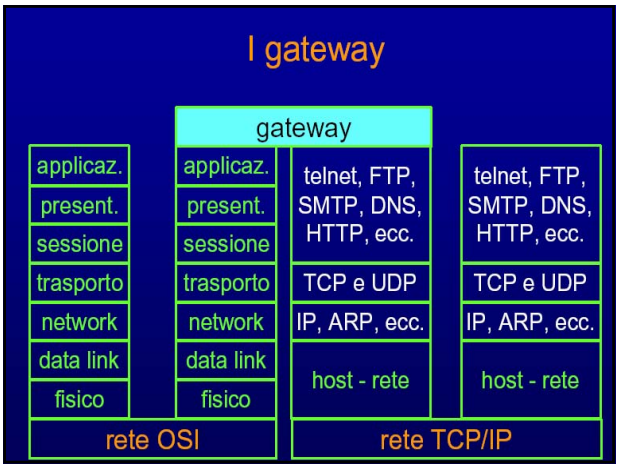




Processore	RISC CPU
Memoria Flash	8-12 MB (serie Cisco 800 espandibile a 12-16 MB)
Memoria DRAM di sistema	4-32 MB (serie Cisco 800 espandibile a 12-32 MB)
Alimentazione interna	No
Dimensioni (A x L x P)	5,1 x 24,6 x 21,6 cm (2,0 x 9,7 x 8,5 in.)
Prestazioni	9 Mbps Clear Text
Porta console	1 (fino a 115,2 Kbps)
Porta ausiliaria	Nessuna configurazione base: configurazione fissa con porta WAN singola
Porte Ethernet max	4 porte Hub LAN Ethernet (1 porta WAN Ethernet su Cisco SOHO 71 e Cisco 806)
Seriale alta velocità max (fino a 2 Mbps)	1 (Cisco 805)
Seriale bassa velocità max (fino a 128 Kbps)	0
Supporto voce/dati	solo Cisco 827-4V
Modem integrati	0
Porte ISDN BRI max	1
Porte ISDN PRI max	0
CSU/DSU integrate	No

Gateway

- Operano al livello 7 del modello ISO/OSI
- Vengono utilizzati per interconnettere
- architetture di rete diverse (ad es. SNA e TCP/IP)



Switch Layer 4/7

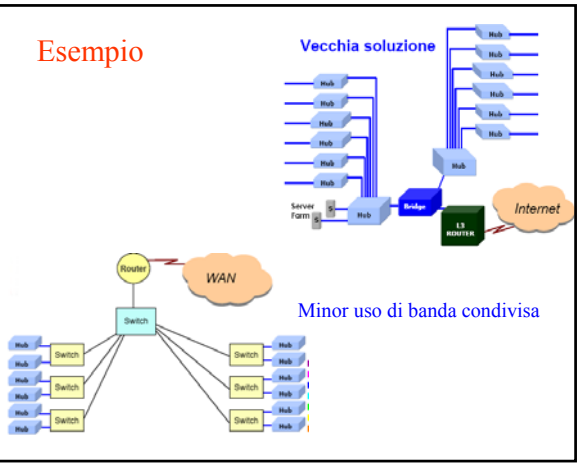
•Dal livello 4 in su dello stack TCP/IP i protocolli hanno funzioni di tipo end-to-end.

•I protocolli di livello 4 (TCP - Transmission Control Protocol e l'UDP - User Datagram Protocol) oppure i protocolli di livello 7 (HTTP - Hyper Text Transfer Protocol o FTP - File Transfer Protocol), prevedono esclusivamente lo scambio di informazioni tra gli estremi della comunicazione, in maniera del tutto trasparente agli apparati intermedi.

•Esistono oggi dispositivi che prendono decisioni di instradamento basandosi su informazioni superiori a quelle di livello 3 e che come tali vengono considerati layer 4 switch.

Architettura di una rete

Esempio



Fast Ethernet

Caratteristiche generali

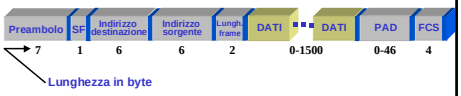
Nascita di Fast Ethernet

- La rapida crescita delle reti locali e lo sviluppo crescenti di applicazioni e servizi multimediali ha portato all'esigenza di realizzare reti LAN elevate velocità.
- Nel 1992 furono presentate due proposte per sviluppare una rete a 100 Mb/s:
  - la prima era una rete basata su CSMA/CD proposta da Grand Junction Network
  - la seconda fu proposta da HP e AT&T, basata su un nuovo metodo di accesso multiplo indicato come Demand Priority.
- IEEE affidò le due proposte a due comitati diversi 802, che hanno prodotto i due standard:
  - Fast Ethernet o IEEE 802.3u (standard emanato nel giugno 1995)
  - 100 VG AnyLAN o IEEE 802.12

Caratteristiche generali di Fast Ethernet

- Fast Ethernet conserva tutte le caratteristiche e i parametri di Ethernet:
  - utilizza lo stesso protocollo di accesso multiplo CSMA/CD di Ethernet;
  - utilizza lo stesso meccanismo di gestione delle collisioni;
  - utilizza lo stesso formato e la stessa lunghezza minima.
- Nel funzionamento del protocollo CSMA/CD, la velocità di trasmissione ammissibile è legata alla lunghezza minima del pacchetto e al round-trip delay (e quindi alla massima distanza tra le stazioni sulla stessa rete).
- Poiché Fast Ethernet deve essere compatibile con Ethernet, la lunghezza minima e il formato del pacchetto devono essere mantenuti inalterati. Come conseguenza, per aumentare la velocità di trasmissione a 100 Mbit/s *è necessario ridurre di un fattore 10 il round-trip delay e quindi la distanza massima.*
- La compatibilità con Ethernet è stata la chiave di successo di Fast Ethernet in quanto permette di aggiornare una rete locale già esistente in modo graduale e con spese modiche.

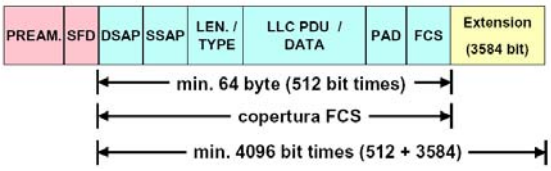
Formato del frame Fast Ethernet



- **Preambolo:** lunghezza di 7 byte, ogni byte è costituito dalla sequenza 10101010.
- **Delimitatore di inizio del frame (SF):** formato dal byte 10101011, serve ad indicare l'inizio del frame.
- **Indirizzo della stazione di destinazione e sorgente:** (2 o 6 byte); attualmente sono prevalentemente utilizzati indirizzi formati da 6 byte.
- **Lunghezza del campo dati:** indica la lunghezza in byte del campo dati contenuti nel pacchetto.
- **Campo Dati:** contiene i dati; il campo ha una lunghezza variabile tra 0 e 1500 byte.
- **PDA:** Questo campo ha una lunghezza variabile tra 0 e 46 byte e viene introdotto per garantire che la lunghezza minima del pacchetto non sia inferiore a 64 byte. Questo valore minimo del pacchetto è necessario per un corretto funzionamento del protocollo CSMA/CD.
- **FCS:** Questo campo, formato da 2 byte, consente di effettuare il controllo degli errori sul pacchetto utilizzando un codice ciclico.

Estensione del pacchetto corto

- L'estensione del pacchetto viene effettuata sui pacchetti corti
  - si appende un'estensione costituita da particolari simboli per garantire uno slot time di almeno 4096 bit times

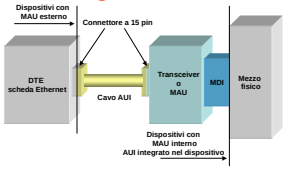


Requisiti imposti a livello MAC dal CSMA/CD

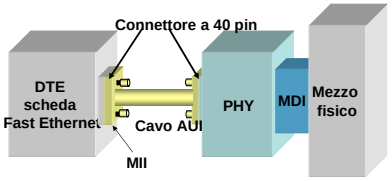
- Per una corretta gestione delle collisioni, occorre rispettare nel caso della rete Fast Ethernet le seguenti regole fondamentali:
  - la trasmissione può essere iniziata soltanto quando il canale è sentito libero;
  - la collisione con un'altra stazione deve essere rivelata prima che il pacchetto sia stato completamente trasmesso;
  - la fine di un pacchetto è caratterizzato da un periodo di silenzio ITP (Inter Packet gap) uguale a 9,6 μs.

ITP	9,6 μs
N. tentativi di ritrasmissione	16
N. tentativi prima di limitare il Back-off	10
Pacchetto di Jamming	32 byte
Lunghezza minima del pacchetto	64 byte
Massima lunghezza del pacchetto	1518 byte

Collegamento alla rete Fast Ethernet



- Ethernet a 10 Mb/s
- Ethernet a 100 Mb/s



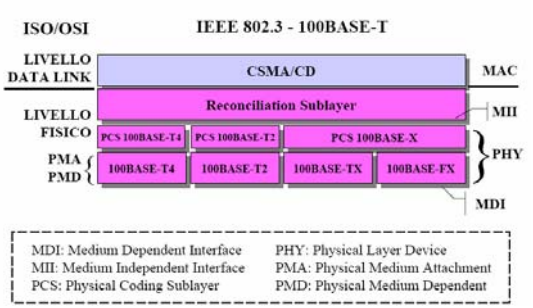
Principali elementi:

- MDI **(Medium Dependent Interface)**
- **PHY (PHYsical layer device)**
- **Cavo AUI (Attachement Unit Interface)**
- **MII (Medium Indipendent Interface**
- **Scheda Fast Ethernet**

Fast Ethernet – 802.3u

- IEEE 802.3u è detto anche 100BASE-T
  - Evoluzione di Ethernet 802.3 10BASE-T e 10BASE-F
- Quattro sotto-standard per diversi mezzi fisici:
  - 100BASE-T4 (doppino cat 3, su 4 coppie) ← Praticamente inutilizzati
  - 100BASE-T2 (doppino cat 3, su 2 coppie) ←
  - 100BASE-TX (doppino cat 5, su 2 coppie) } 100BASE-X
  - 100BASE-FX (fibra ottica) }
- Mantiene l'algoritmo CSMA/CD di 802.3
- Mantiene il formato del pacchetto di 802.3
- 10BASE-T è stato implementato con successo da più di 200 produttori

Modello architetturale



Limiti sulle dimensioni della rete

- Velocità dieci volte superiore
  - Data Rate 100Mb/s
  - Bit time 10ns
  - Interpacket gap 0.96μs
  - Slot time 512 bit (5.12μs)
- Distanze dieci volte inferiori (200 m + 5 m)
  - Sufficienti per il cablaggio a stella (attorno ad un HUB) di una rete di 100 m di raggio (200m di diametro)

Cablaggio

- Il cablaggio di una rete Fast Ethernet è caratterizzato dai seguenti tre standard:
  - 100Base-TX (doppino telefonico UTP Cat. 5 – 2 coppie utilizzate)
  - 100Base-T4 (doppino telefonico Cat. 3 - 4 coppie)
  - 100Base-FX (Fibra monomodale e multimodale)



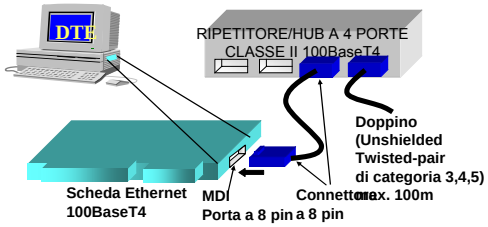
Livello fisico

Collegamenti punto-punto tra:
- stazioni
  - bridge
  - switch
- stazione e ripetitore



Standard	Mezzo fisico	Utilizzo	Lunghezza massima	Codifica
100BASE-T4	Doppino attorciliato non schermato cat 3 o superiore	4 coppie	100 m	8B6T
100BASE-T2	Doppino attorciliato non schermato cat 3 o superiore	2 coppie	100 m	PAM5x5
100BASE-TX	Doppino attorciliato non schermato cat 5 o schermato	2 coppie	100 m	FDDI: 4B5B
100BASE-FX	Fibra ottica multimodale (62.5/125 µm)	2 fibre	400 m - HD 2000 m - FD	FDDI: 4B5B

100 Base T4



- Sono utilizzate quattro coppie di cavi bilanciati della categoria 3 (UTP), come definito da ISO/IEC 11801. Questi cavi sono poco immuni al rumore sopra i 25 Mhz e non sarebbero compatibili con le specifiche degli standard europei. Per questo motivo per utilizzare cavi di categoria 3 si usano quattro coppie di cavi.
- La massima distanza, come nel caso 100Base-TX , è uguale a 100m.

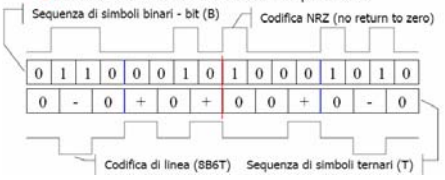
100 Base T4
Utilizzo 4 coppie

- 1 per trasmissione
- 1 per ricezione
- 2 per trasmissione o ricezione



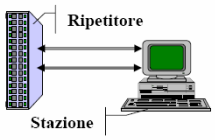
100 Base T4

- 8 simboli binari (8B) codificati da 6 simboli ternari (6T)
  - Ridondanza utilizzata per simboli di controllo
  - Bilanciamento in continua
- Minor occupazione spettrale a parità di bit rate
  - 25 MHz → UTP di cat 3 è suffuciente per 100 m



100 Base T2
utilizzo delle due coppie

- Trasmissione full-duplex
- Trasformatori ibridi (hybrid) e cancellazione
  - Simile alla forchetta telefonica

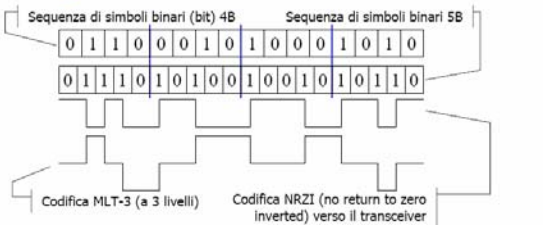


100 Base X

- 100BASE-X identifica funzioni e specifiche comuni a 100BASE-TX e 100BASE-FX
- Derivato del livello fisico di FDDI (ISO/IEC 9314)
- 100BASE-TX utilizza UTP o STP (Shielded Twisted Pair)
  - Lughezza massima di tratta: 100 m
  - Diametro massimo della rete 205 m con 2 ripetitori
- 100BASE-FX utilizza fibra ottica
  - Lunghezza massima di tratta: 400 m
    - Limite derivante dal CSMA/CD
  - Diametro massimo della rete 300 m con 1 ripetitore

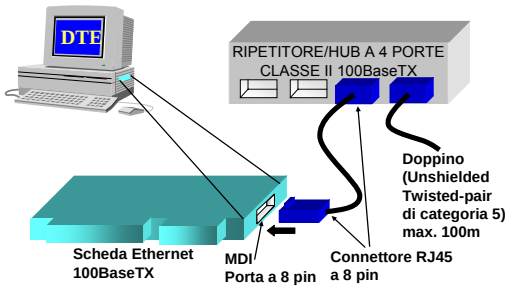
Codifica di linea 4B5B

- 4 simboli binari (bit) codificati da 5 simboli binari
  - Trasmissione a 125 Mb/s sincrona
  - Codici utilizzati garantiscono transizioni → sincronizzazione
  - Ridondanza utilizzata per simboli di controllo
    - Un codice IDLE permette di realizzare l'Inter Frame Gap



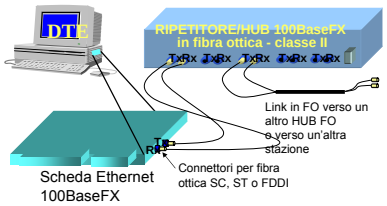
100 Base TX

- Il segmento 100Base-TX utilizza il doppino telefonica UTP o STP con le seguenti caratteristiche:
  - due coppie di cavi bilanciati non schermati (UTP) di categoria 5;
  - due coppie di cavi schermati (STP) bilanciati con impedenza caratteristica di 150 Ω (Cavi STP di tipo 1).
- In ambedue i casi una coppia è utilizzata per trasmettere e l'altra per ricevere, come in 10Base-T.



Massima distanza per 100 Base TX: 100m

100 Base FX

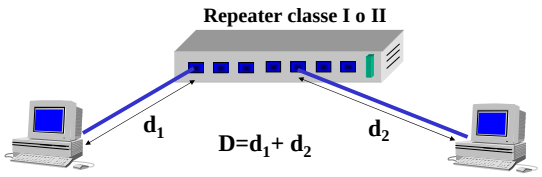


- Questa soluzione utilizza due cavi in fibra ottica multimodale.
- Ogni segmento può raggiungere una lunghezza massima di 412 m, anche se le fibre ottiche potrebbero raggiungere distanze maggiori.
- Le strutture di connessione sono le stesse del 100Base-TX. Tuttavia in questo caso *le massime distanze permesse per ogni segmento variano a seconda del numero e del tipo di ripetitori usati nel link.*
- Se viene usato un singolo ripetitore di Classe II la massima distanza tra due DTE è di 320 metri.
- Nel caso di due ripetitori di Classe II la distanza si riduce a 228 metri. Nel caso invece di un ripetitore di classe I la distanza massima è di 272 metri.

Repeater

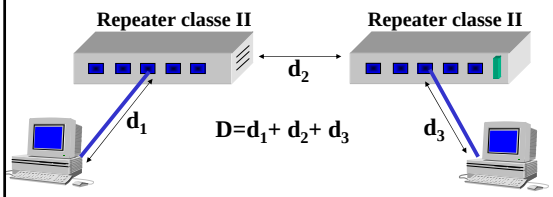
- I ripetitori sono utilizzati per estendere un segmento di una rete Fast Ethernet.
- Esistono due classi di ripetitori: classe I e II.
- I repeater di classe I hanno le seguenti caratteristiche:
  - presentano un ritardo più lungo,
  - operano trasformando il segnale analogico alla porta di ingresso, in digitale, rigenerandolo e ritrasformarlo in analogico per essere trasmesso sulla porta di uscita.
  - Queste operazioni consentono di ripetere segnali tra segmenti Fast Ethernet che utilizzano tecniche di segnalazione diverse, come ad esempio 100Base-TX/-FX e 100Base-T4.
- Un repeater di classe II presenta le seguenti caratteristiche:
  - un ritardo più piccolo, poiché esso ripete il segnale ricevuto su una porta di ingresso sulla porta di uscita, amplificando il segnale senza alcuna trasformazione.
  - Per questo motivo, i ripetitori in questa classe non possono collegare due segmenti con caratteristiche diverse.
  - Nel caso di repeater di classe II la massima distanza permessa tra ciascuna coppia di HUB è 5.
- Lo standard Fast Ethernet impone le seguenti regole:
  - è ammesso un solo ripetitore di classe I tra due qualunque DTE;
  - sono ammessi al massimo due ripetitori di classe II tra due qualunque DTE.

Configurazione della rete Fast Ethernet un repeater



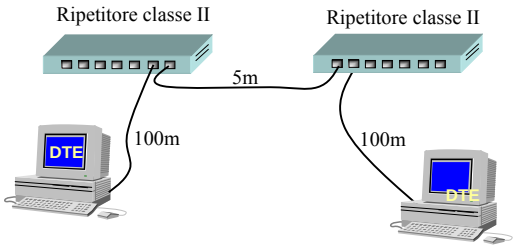
- la massima distanza tra le stazioni o diametro D della rete è uguale a d1+d2, dove d1 e d2 indicano la distanza del repeater dalle due stazioni più distanti.

Configurazione della rete Fast Ethernet due repeater

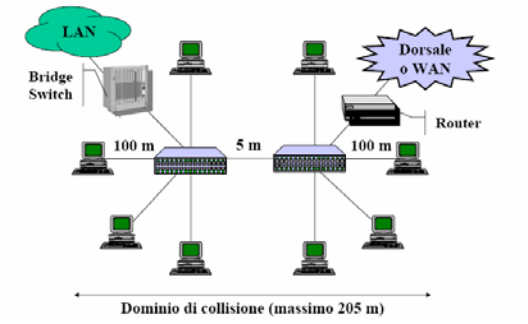


- Caso di due repeater di classe II utilizzati per estendere la rete Fast Ethernet.
- D= d1+d2+d3.

Configurazione della rete Fast Ethernet due repeater



Dimensione di una rete Fast Ethernet



Configurazione di una rete Fast Ethernet

- Lo standard IEEE 802.3u prevede due modelli per la configurazione di una rete Fast Ethernet:
  - transmission System Model 1, che fornisce un insieme di regole semplici per realizzare una rete Fast Ethernet;
  - transmission System Model 2, che consente di configurare reti Fast Ethernet complesse.

Regole di progettazione

- Lo scopo principale di questo modello è di definire una serie di regole per consentire un corretto dimensionamento di una rete Fast Ethernet, rispettando la temporizzazione da segnali.
- Le regole basilare sono le seguenti:
  - i segmenti in doppino telefonico devono avere una lunghezza massima di 100m;
  - i segmenti in fibra ottica devono avere una lunghezza massima di 412m;
  - i cavi usati per l'interfaccia Mll devono avere una lunghezza massima di 0,5m;
  - si può utilizzare al massimo un ripetitore di classe I tra qualsiasi DTE;
  - si può utilizzare al massimo due ripetitori di classe II tra due qualunque DTE;
  - soltanto utilizzando repeater di classe I possono essere connessi segmenti 100BaseT4 e 100BaseFx;
  - i repeater di classe I e II consentono di connettere seguenti 100Base Tx e 100BaseFx.

Regole di progettazione

- Nella tabella viene riportato il diametro massimo di un dominio di collisione (cioè la massima distanza tra due DTE dello stesso dominio di collisione) con segmenti collegati da ripetitori in classi I e II.

Tipo di ripetitore	Doppino (m)	Fibra (m)	T4 e FX (m)	TX e FX (m)
DTE-DTE Singolo segmento	100	412	-	-
1 repeater classe I	200	272	231	260,8
1 repeater classe II	200	320	-	308,8
2 repeater classe II	205	228	-	216,2

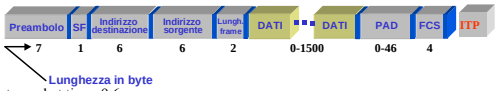
- Le regole sintetizzate nella tabella 1 devono essere applicate tenendo presenti le seguenti condizioni:
  - se le due stazioni terminali A e B sono 100BaseTX o 100BaseT4, D≤200, i doppini telefonici che collegano A e B al repeater devono avere una lunghezza massima di 100m (d1, d2 ≤100m);
  - se una stazione è 100BaseTX e l'altra stazione è 100BaseFX, D≤260,8m. Se d, è 100m, allora d2≤160,8m.

Autonegoziazione

- Possibilità di negoziare:
  - velocità
    - solo rame
  - modalità half/full duplex
    - rame e fibra
- Sequenza di negoziazione:
  - 1 Gb/s full-duplex
  - 1 Gb/s half-duplex
  - 100 Mb/s full-duplex
  - 100 Mb/s half-duplex
  - 10 Mb/s full-duplex
  - 10 Mb/s half-duplex

Velocità effettiva di Fast Ethernet

- In una rete la velocità effettiva (numero reale di bit trasferiti in un secondo) ottenuta da un utente è generalmente minore di quella nominale a causa delle testate e bit di controllo.
- Qual' è la velocità effettiva per l'utente fornita da Ethernet ?



- Interpacket time: 9,6 µsec.
- Durata di 1 bit = 1sec/100.000.000= 10 nsec.
- Lunghezza minima del frame : 72 byte (576 bit)
- Lunghezza massima del frame: 1526 byte (12.208 bit)
- Numero massimo di frame a massima lunghezza in un frame : 1/(9,6 µsec.+10 nsec*12.208 bit) = 8.120 frame/sec
- Numero massimo di frame a minima lunghezza in un frame : 1/(9,6 µsec.+10 nsec*576bit) = 148.800 frame/sec
- Velocità effettiva R : n. frame/sec * n. bit informativi di ogni frame
  - frame di lunghezza massima R= 8120 frame/sec * 1500 byte*8 bit= 97,44 Mbit/sec
  - frame di lunghezza minima R = 148800 frame/sec*46 byte*8bit= 54,80 Mbit/sec
  - frame di lunghezza minima R = 148800 frame/sec*1 byte*8bit= 1,19 Mbit/sec

Gigabit Ethernet

Caratteristiche generali

GIGABIT ETHERNET

- La rete Gigabit Ethernet nasce nel novembre 1995 quando Compaq Computer Communication propose al comitato IEEE 802 l'architettura base di una rete Ethernet a 1 Gbit/s.
- All'inizio del 1996 IEEE formò il gruppo IEEE 802.3z con lo scopo di definire uno standard per tale rete.
- Nell'aprile 1996 fu costituita "Gigabit Ethernet Alliance"da Compaq ed altre aziende per accelerare lo sviluppo di tale rete. Attualmente tale organismo è composto da oltre 70 enti.

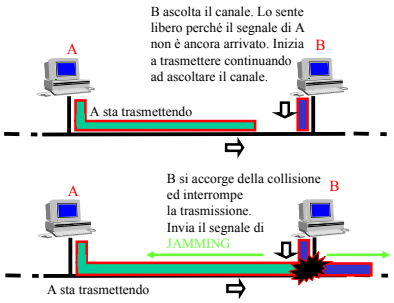
GIGABIT ETHERNET

- ***Gigabit Ethernet opera a una velocità di 1 Gbit/sec***
- **La rete Gigabit Ethernet è compatibile con Ethernet e Fast Ethernet**
- **Gigabit Ehthernet ha lo stesso formato e la stessa ampiezza dei pacchetti di Ethernet e Fast Ethernet. In questo modo è possibile sia continuare a usare Ethernet e Fast Ethernet oppure passare a Gigabit Ethernet senza costi eccessivi.**
- **Gigabit Ethernet avrà un costo minore di altre strutture di rete con la stessa velocità.**
- **Gigabit Ethernet usa il protocollo CSMA/CD come Ethernet e Fast Ethernet.**

Gigabit Ethernet

Livello MAC

Gigabit Ethernet usa il protocollo **CSMA/CD** come Ethernet.



Livello MAC

- **Il Gigabit Ethernet utilizza il metodo di accesso CSMA/CD**
  - **mantenendo inalterata la dimensione minima del pacchetto, i parametri tipici si ridurrebero di un fattore 100**
  - **Gigabit Ethernet estende il pacchetto mimino altrimenti lo slot time sarebbe di 0.512 μs**

	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet
Velocità trasmissiva	10 Mb/s	100 Mb/s	1 Gb/s
Bit Time	100 ns	10 ns	1 ns
Inter Packet Gap	9.6 μs	0.96 μs	96 ns
Slot Time	51.2 μs	5.12 μs	4.096 μs

Gigabit Ethernet
Livello MAC

In Ethernet il tempo minimo per rivelare una collisione (*Slot Time*) è un parametro fondamentale ed è il tempo che occorre al segnale per propagarsi da un capo all'altro della rete

Fissata la velocità di trasmissione ed il diametro massimo della rete, il tempo di slot si traduce in un valore minimo per la lunghezza di un frame (64 bytes in Ethernet. Diametro massimo 2,5 Km)

Per aumentare la velocità di trasmissione occorre quindi:

- mantenere la lunghezza massima della rete ed aumentare la minimina lunghezza del frame, oppure
- mantenere fissa la lunghezza del frame e diminuire le dimensioni masssime della rete oppure
- diminuire entrambi

In Fast Ethernet è stata ridotta a 100 m la lunghezza massima del cavo, lasciando inalterata la lunghezza del frame.

Gigabit Ethernet
Carrier extension

Per mantenere la stessa lunghezza del frame anche in Gigabit Ethernet sarebbe necessario ridurre a 10 m la lunghezza massima del cavo!

✓ Gigabit Ethernet utilizza un frame di 512 bytes.

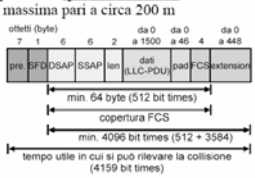
✓ Per mantenere la compatibilità con Ethernet, se il frame è più piccolo di 512 bytes, viene "allungato" con dei simboli di riempimento.

✓ Si tratta di simboli speciali che non possono essere presenti nel *payload* .

✓*Questo processo è chiamato* **Carrier Extension**.

Gigabit Ethernet: estensione del pacchetto corto

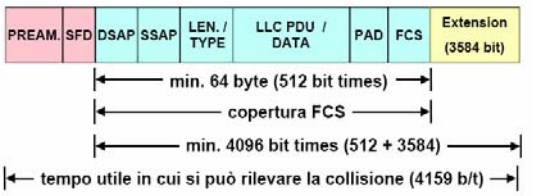
- Parametri del protocollo
  - Bit rate: 1Gb/s
  - Bit time: 1ns
  - Interpacket gap: 96 ns
  - Slot time: mantenendo il protocollo MAC CSMA/CD e la dimensione minima del pacchetto, la durata minima della trasmissione si ridurrebbe di un ulteriore fattore 10 rispetto a….. Fast Ethernet → si avrebbe un'estensione massima della rete pari a 20 m
- In Gigabit Ethernet si estende la durata minima della trasmissione allungando il pacchetto quando necessario in modo tale da ottenere un'estensione massima pari a circa 200 m



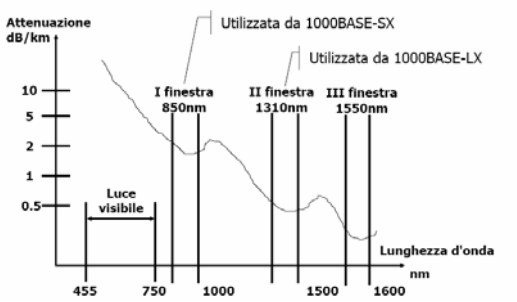
64

Estensione del pacchetto corto

- L'estensione del pacchetto viene effettuata sui pacchetti corti
  - si appende un'estensione costituita da particolari simboli per garantire uno slot time di almeno 4096 bit times

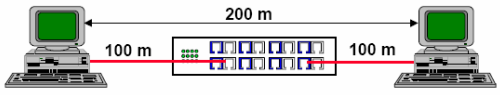


Finestre di attenuazione utilizzate



Perchè si estende il pacchetto

- Una LAN per essere utilizzabile deve permettere:
  - l'impiego di almeno un repeater
  - garantire una distanza di almeno 100 m tra repeater e stazione
- Se non si estendessero i pacchetti corti non si potrebbero garantire estensioni di rete fino a 200 m
  - la collisione non verrebbe rilevata in tempi utili

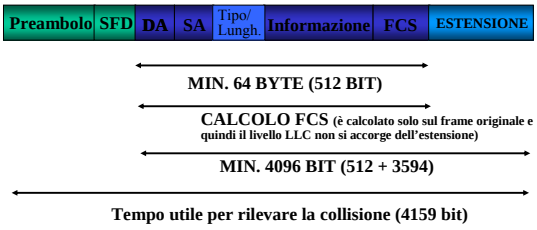


Frame Bursting

- Una stazione può iniziare la trasmissione di più pacchetti senza rilasciare il mezzo trasmissivo fino al burst-limit che è di 65536 bit (8192 ottetti)
  - la stazione che trasmette in burst-mode deve:
    - estendere il primo pacchetto se di lunghezza inferiore allo slot time (i successivi non richiedono l'estensione)
    - riempire lo spazio dell'IPG con dei bit di estensione (Fill)
  - le altre stazioni devono attendere il rilascio del mezzo trasmissivo e trasmettere in modalità differita

Gigabit Ethernet

Carrier extension

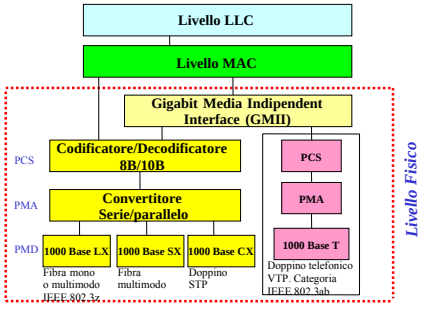


SFD: start of frame delimiter
DA : destination address
SA : source address
FCS : frame check sequence

STRUTTURA A LIVELLI DELLA GIGABIT ETHERNET

Livello LLC
Il livello LLC segue lo standard IEEE 802.1 e quindi è identico a quello delle altre reti locali. Tutti i protocolli di livello superiore (quale ad esempio TCP/IP possono utilizzare Gigabit Ethernet.

Livello MAC
La rete Gigabit Ethernet utilizza il protocollo CSMA/CD ed è quindi analogo al livello MAC di Ethernet e Fast Ethernet



Mezzi fisici

- La rete Gigabit Ethernet può essere realizzata utilizzando vari tipi di cavi.
- Lo standard IEEE 802.3z ratificato nel giugno 1998, è stato definito per l'utilizzo su:
  - fibra ottica (standard 1000 Base SX e 1000 Base LX)
  - su doppino telefonico schermato (standard 1000 Base CX)
  - Su doppino UTP (standard 1000 Base T).

1000 Base SX

- Questo standard utilizza per il cablaggio fibre multimodali che operano tra 770-860 nm (normalmente definita come 850 nm). Esso utilizza una codifica 8B/10B realizzata nel sotto-livello PCS.
- Le massime distanze che possono essere raggiunte dipendono dal tipo di fibra (diametro della fibra, banda per Km, …)
  - 500 m per 50/125 µm
  - 220 m per 62.5/125 µm

1000 Base LX

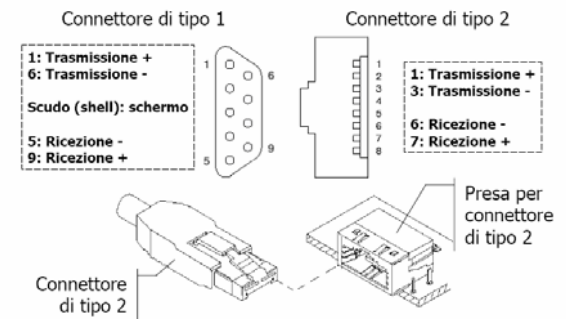
- Questo standard utilizza per il cablaggio fibre che operano tra 1270 e 1355 nm (normalmente definite come 1350 nm). Possono essere utilizzate sia fibre multimodali, sia fibre monomodali.
- Anche in questo standard viene utilizzata una codifica 8B/10B nel sotto-livello PCS. Le massime distanze sono riportate nella tabella.
- Massima distanza 5 Km con fibra monomodale.

Standard	Tipo fibra	Diametro fibra µm	Banda (MHZ * Km)	Massima distanza (m)
1000 Base SX	Multimodale	62,5	160	220
	Multimodale	62,5	200	275
	Multimodale	50	400	500
	Multimodale	50	500	550
1000 Base LX	Multimodale	62,5	500	550
	Multimodale	50	400	550
	Multimodale	50	500	550
	Monomodale	9	NA	5000

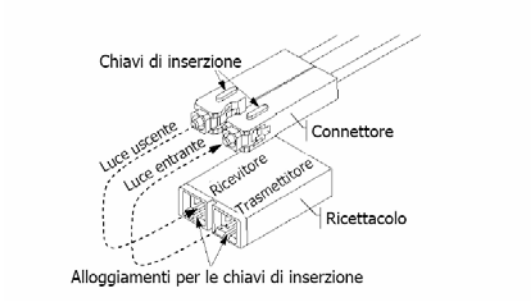
1000 Base CX

- cavo a due coppie 150 Ω (STP secondo le specifiche ISO/IEC 11801)
- Massima distanza 25 metri

Connettori 1000 Base CX



Connettore 1000 Base-SX e 1000 Base-LX

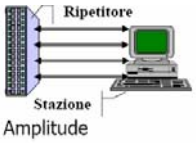


1000 Base T

- Questo standard utilizza doppino telefonico UTP a 4 coppie di categoria 5;
- Nuove categorie di doppini (Categoria 5e, 6 e 7)
- la massima distanza raggiungibile è 100 m.

1000 Base T – 802.3ab

- Trasmissione full-duplex su 4 coppie
  - 250 Mb/s per coppia
  - Trasformatori ibridi (hybrid)
    - Come forchetta telefonica
- Codifica di linea PAM5 (5-level Pulse Amplitude Modulation)
  - 6 simboli binari codificati come quadrupla di simboli quinari
  - Ogni simbolo tramesso su una coppia
    - 125 Mbaud per coppia
  - Ridondanza utilizzata per codici di controllo
- UTP di cat 5 deve superare collaudi ulteriori oltre a quelli previsti dalle specifche di cablaggio strutturato antecedenti alla versione dello standard TIA/EIA TSB95



Gigabit Ethernet

Livello fisico

Standard	Cablaggio	Max. distanza	Topologia
1000 Base Sx	Fibra ottica multimodale 850nm 50µ	550m	Piccoli backbones orizzontali (interno di un edificio)
	Fibra ottica multimodale 850nm 62.5µ	260m	Piccoli backbones orizzontali
1000 Base Lx	Fibra ottica monomodale 1300nm 9µ	3Km	Campus backbones
	Fibra ottica multimodale 1300nm 50µ	550m	Piccoli backbones orizzontali
	Fibra ottica multimodale 1300nm 62.5µ	440m	Piccoli backbones orizzontali
1000 Base Cx	Cablaggio locale in rame (Stp/coax)	25m	Collegamento tra Dispositivi (interni ad una stanza)
1000 Base T (802.3ab)	Cablaggio su lunghe distanze con cavo Utp categoria 5	100m	Collegamento a basso costo tra dispositivi

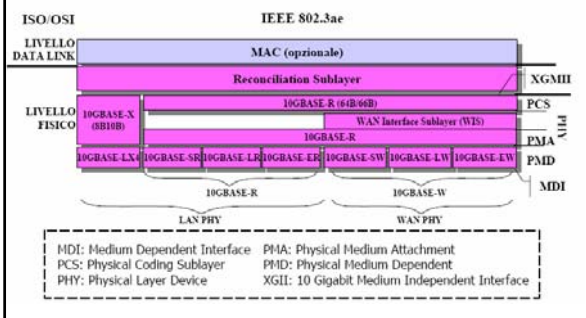
Gigabit Ethernet
Livello fisico

Standard	Mezzo fisico (banda passante per lunghezza)	Utilizzo	Max lung.	Codifica
1000BASE-SX	MMF 50/125 μm (400 MHz * Km a 850nm)	2 fibre	500 m	FC: 8B10B
	MMF 50/125 μm (500 MHz * Km a 850nm)		550 m	
	MMF 62.5/125 μm (160 MHz * Km a 850nm)		220 m	
	MMF 62.5/125 μm (200 MHz * Km a 850nm)		275 m	
1000BASE-LX	MMF 50/125 μm (400/500 MHz * Km a 1300nm)	2 fibre	550 m	FC: 8B10B
	MMF 62.5/125 μm (500 MHz * Km a 1300nm)		550 m	
	SMF 10/125 μm		5000 m	
1000BASE-CX	Doppino attorcigliato schermato bilanciato (jumper cable) 150 Ω	2 coppie	25 m	FC: 8B10B
1000BASE-T	Doppino attorcigliato non schermato bilanciato 100 Ω Cat. 5	4 coppie	100 m	PAM5

10 Gigabit Ethernet
IEEE 802.3ae

- Stesso formato di trama di IEEE 802.3
- Solo modalità full-duplex
  - No ripetitori
  - No CSMA/CD
  - No carrier extension
- Mantenere la buona fama di Ethernet
  - 10x in incremento delle prestazioni
  - 3x in incremento dei costi
- Penetrazione mercato delle reti metropolitane (MAN) e geografiche (WAN)
  - Rapporto prezzo/banda più elevato rispetto a soluzioni tradizionali (SONET/SDH, Frame Relay, ATM)

Modello Architetturale

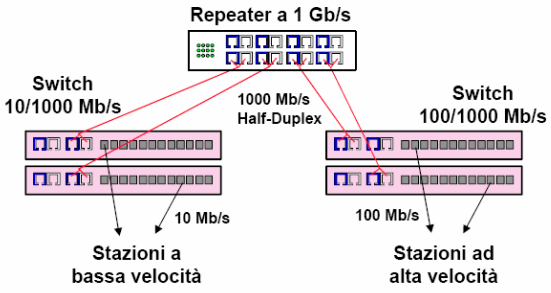


Livello fisico

Standard	Tipo fibra	Massima lunghezza	Finestra	Utilizzo	Codifica
10GBASE-SR	Multimodale 62.5 µm	26 – 33 m	850 nm	Edificio (Cablaggio orizzontale)	64B/66B
	Multimodale 50 µm	66 – 300 m			
10GBASE-LR	Monomodale (10 µm)	10 Km	1310 nm	Comprensorio	64B/66B
10GBASE-ER	Monomodale (10 µm)	40 Km	1550 nm	Metropolitana	64B/66B
10GBASE-LX4	Multimodale 62.5 µm	300 m	1310 nm	Edificio (Cablaggio orizzontale)	FC 10G: 8B10B
	Multimodale 50 µm	240 – 300 m			
	Monomodale (10 µm)	10 Km		Comprensorio	
10GBASE-SW	Multimodale 62.5 µm	26 – 33 m	850 nm	Edificio (Cablaggio orizzontale)	64B/66B SONET/SDH framing
	Multimodale 50 µm	66 – 300 m			
10GBASE-LW	Monomodale (10 µm)	10 Km	1310 nm	Comprensorio	64B/66B SONET/SDH framing
10GBASE-EW	Monomodale (10 µm)	40 Km	1550 nm	Metropolitana	64B/66B SONET/SDH framing

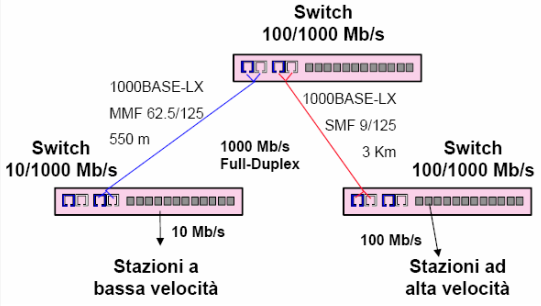
1° esempio di backbone

- Possibile topologia con un repeater nel centro stella che collega degli switch



2° esempio di backbone

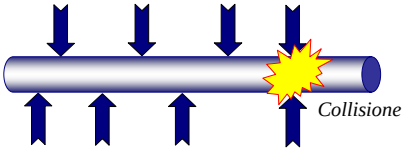
- Rete realizzata con switch e connessioni Full-Duplex



TOKEN RING

Accesso multiplo

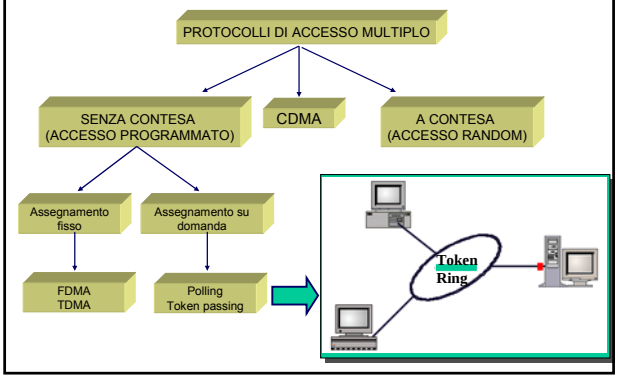
Nelle reti locali la necessità di interconnettere più utenti impone che questi debbano **condividere** il canale di comunicazione.



Quando vi sono delle risorse condivise è indispensabile **regolamentarne** l'utilizzo da parte dei vari utenti, in modo che:

- nessuno possa prevalere sugli altri (se non autorizzato)
- la rete sia utilizzata in modo efficiente
- la rete sia 'robusta' nei confronti di eventuali anomalie o guasti
- la rete sia comunque affidabile al variare delle condizioni operative

Accesso multiplo



Token Ring

Si tratta di una rete che utilizza un protocollo di accesso multiplo a gettone = TOKEN



La rete Token Ring fu sviluppata nel 1976 dalla IBM ed offriva velocità di trasmissione di 4Mbit/s.

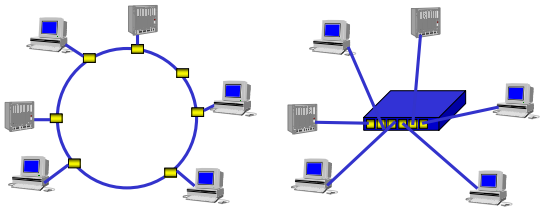
Successivamente è stata standardizzata dal comitato IEEE 802 che ha elaborato lo standard IEEE 802.5 introducendo alcune modifiche e portando la velocità di trasmissione a 16 Mbit/s. (Ultima versione dello standard: 1993)

Lo standard IEEE 802.5 specifica i seguenti livelli:
- Livello fisico;
- Livello MAC.

La rete Token Ring può operare a due velocità:
- 4 Mbit/s;
- 16 Mbit/s.

Token Ring

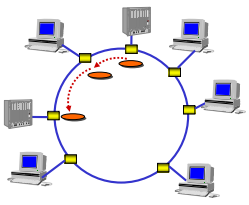
La rete Token Ring utilizza una configurazione logica ad anello. La configurazione fisica è spesso realizzata a stella tramite l'uso di concentratori.

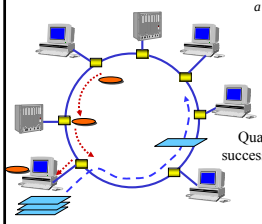


Token Ring

L'accesso della rete è gestito mediante un opportuno gettone: una stazione può trasmettere soltanto quando riceve il gettone. Esso è ricevuto sequenzialmente dalle stazioni sull'anello.

Stazione abilitata a trasmettere

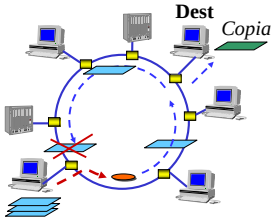




Quando una stazione riceve il token, lo invia alla stazione successiva sull'anello se non ha dati da trasmettere. Nel caso opposto la stazione cattura il token, invia il pacchetto informativo sull'anello ed entra nello stato di attesa.

Token Ring

Il pacchetto raggiunge la stazione di destinazione, ma non viene eliminato; esso continua il percorso sull'anello da stazione a stazione fino a ritornare alla stazione che lo ha generato. Quest'ultima provvede ad eliminarlo dall'anello e ad inviare il token alla stazione successiva.



Token Ring: il livello MAC

✓ Gestisce l'accesso multiplo delle stazioni mediante il token;
✓ ogni stazione può trasmettere solo quando entra in possesso del token;
✓ ogni stazione può mantenere il token per un tempo massimo;



THT (Token Holding Time) = 8.9 ms (IEEE 802.5)

✓ Stabilisce la lunghezza massima dei pacchetti che le stazioni possono trasmettere;
✓ Consente la trasmissione di traffici con priorità diverse.

Token Ring: il livello MAC

Nel tempo THT il numero di bit che possono essere trasmessi è:

$$n_b = THT \times V_s$$



dove V_s indica la velocità di trasmissione.
Perché il protocollo funzioni, l'anello deve essere più lungo del token

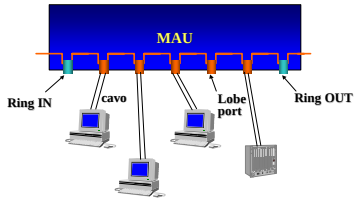
Per IEEE 802.5 si ha che la lunghezza massima del frame (L_m) in byte è:

- ✓ **L_m= 4.450 byte se V_s= 4 Mbit/s;**
- ✓ **L_m= 17.800 byte se V_s= 16 Mbit/s.**

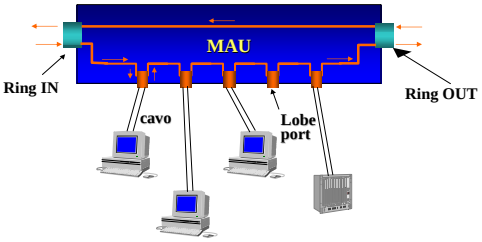
Token Ring: concentratori

La connessione di una stazione alla rete avviene attraverso **un'unità di accesso (AU=Access Unit)**. Questa unità realizza le operazioni di inserzione o di esclusione della stazione in caso di guasto.

In pratica varie unità AU sono raggruppate e insieme formano un concentratore **MAU (Multistation Access Unit)** che permette di realizzare una struttura a stella (*anche se da un punto di vista logico la rete è ad anello*).



Token Ring: concentratori

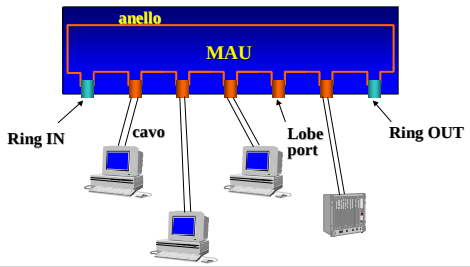


Ogni MAU ha due porte speciali, chiamate ***Ring In*** e ***Ring Out che possono essere utilizzate per collegare soltanto altre unità MAU***.

Ogni MAU ha anche almeno altre due porte (*Lobe ports*), che servono a collegare i dispositivi alla rete.

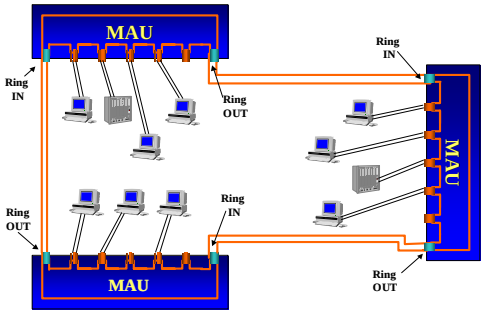
Token Ring: concentratori

Nel caso in cui la rete sia realizzata con un'unica MAU (una rete con un numero limitato di dispositivi) le porte *Ring In* e *Ring Out* sono collegate tra loro.



Token Ring: concentratori

Nel caso in cui la rete sia realizzata mediante diverse MAU, la porta di Ring di una MAU è connessa con la porta di Ring Out dell'altra MAU.

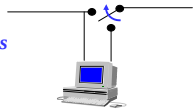


Token Ring: concentratori

Ogni MAU può avere un numero di porte compreso tra 8 e 20 con velocità di 4 o 16 Mbit/s. esistono vari tipi di MAU con diverse caratteristiche:

MAU passiva. svolge soltanto la funzione di connettere o disconnettere i le stazioni. Non ha capacità di bypass sulle porte di dorsale

Circuito di bypass

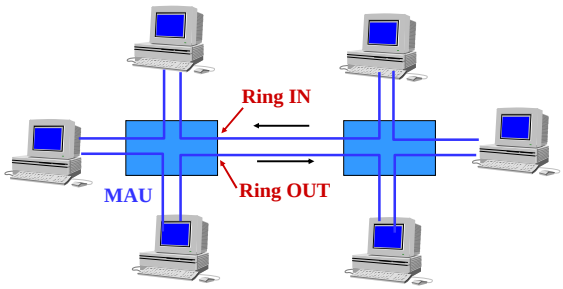


MAU attiva, oltre a svolgere le funzioni di connessione, amplifica i segnali ricevuti o trasmessi sulle porte (lobo, Ring In e Out).

MAU parzialmente attiva, che amplifica i segnali solo sulle porte di dorsale (Ring In e Out). Rappresentano una buona soluzione per i sistemi di cablaggio STP o UTP e impongono regole meno restrittive rispetto a MAU attivi.

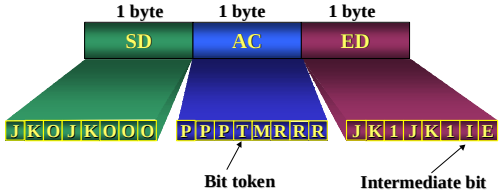
Token Ring: topologie

Anello cablato a stella

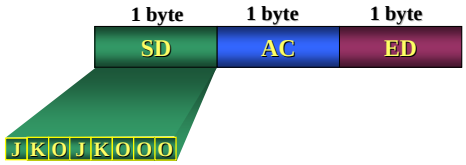


Token Ring:
caratteristiche del token

Start Delimiter *Access Control* *End Delimiter*

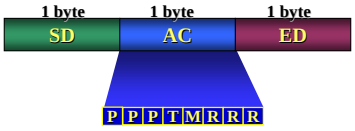


Token Ring:
caratteristiche del token



SD (Start Delimiter)
serve ad identificare l'inizio del token o di un frame informativo. I bit J e K violano il codice di Manchester.

Token Ring:
caratteristiche del token



AC (Access Control)
contiene le informazioni necessarie per l'accesso all'anello.

Il bit "T" indica se il frame ricevuto è un token o di tipo informativo.

T= 0 il frame è un token;

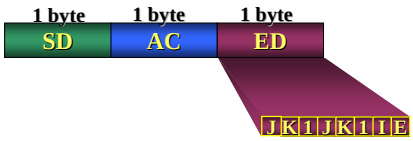
T= 1 il frame è un pacchetto informativo.

I bit PPP identificano un livello di priorità del pacchetto da 0 a 7.

Il bit M indica se la trama è per il controllo del funzionamento dell'anello (M=0) oppure il tipo informativo (M=1).

I bit RRR servono a prenotare il token utilizzando diversi livelli di priorità.

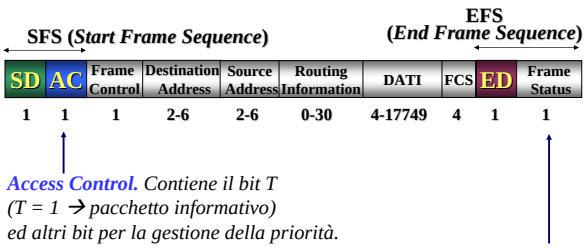
Token Ring:
caratteristiche del token



ED (End Delimiter)

serve ad identificare la fine del token o di un frame informativo. Il bit I (*intermediate bit*), serve ad indicare se la stazione che possiede il token ha altri pacchetti da trasmettere oppure no. Anche i bit di questo campo violano la codifica di Manchester.

Token Ring:
la trama informativa

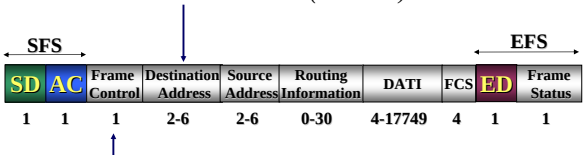


Access Control. *Contiene il bit T (T = 1 → pacchetto informativo) ed altri bit per la gestione della priorità.*

Frame Status. *Permette alla stazione che trasmette il frame di sapere se il destinatario ha riconosciuto il proprio indirizzo ed ha copiato il frame.*

Token Ring:
la trama informativa

Destination Address. *Identifica l'indirizzo della/e stazione/i di destinazione/i. Se tutti i bit del campo sono a 1 il frame è diretto a tutte le stazioni connesse alla rete (broadcast).*

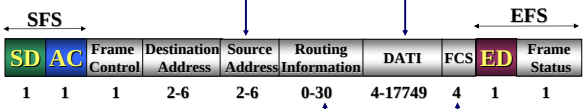


Frame Control. *Indica se il frame è utilizzato dalla rete per scopi di management o se contiene informazioni generate dal livello superiore (LLC: Logical Link Control)*

Token Ring:
la trama informativa

Source Address. *Identifica l'indirizzo della stazione che ha generato il frame.*

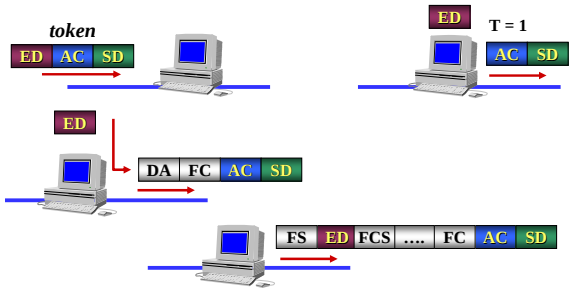
Dati. *Contiene il pacchetto informativo da trasmettere.*



Routing Information. *Contiene informazioni per l'instradamento attraverso i bridge.*

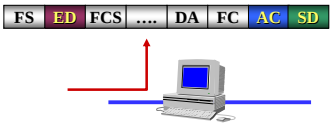
Frame Check Sequence. *Contiene i simboli di controllo per la rivelazione degli errori nel frame.*

Token Ring: trasmissione



Quando la stazione che ha trasmesso il pacchetto riceve lo stesso pacchetto e lo riconosce come proprio (mediante il campo SA), toglie il pacchetto dalla rete e vi immette il token

Token Ring: ricezione



Ogni stazione deve leggere tutti i pacchetti che sono ricevuti al suo ingresso per verificare se l'indirizzo di destinazione coincide con il proprio indirizzo MAC.

In caso positivo la stazione riceve il pacchetto e modifica alcuni bit del campo EFS per far sapere alla stazione trasmittente che ha individuato e copiato il pacchetto.

La stazione ritrasmette il pacchetto ricevuto sulla rete poiché esso dovrà essere controllato e gestito dalla stazione che lo ha trasmesso.

Nel caso in cui la stazione non riconosca il proprio indirizzo, il pacchetto viene trasmesso inalterato alla stazione successivasulla rete..

Token Ring: priorità

✓ Attraverso i primi 3 bit del campo AC è possibile stabilire diverse priorità di accesso al canale.

✓ Attraverso questi bit viene associato un livello di priorità al token.

✓ Una stazione può catturare un token soltanto se ha una priorità maggiore od uguale a quella scritta nel token.

✓ Le singole stazioni possono effettuare una prenotazione con un certo livello di priorità.

✓ La stazione che possiede il token può, al momento del rilascio, alzare il livello di priorità al massimo valore prenotato.

✓ Soltanto la stazione che ha elevato il livello di priorità può abbassarlo successivamente.

FDDI

Fiber Distributed data Interface

Rete FDDI: introduzione

✓ Progettata agli inizi degli anni '80 con lo scopo di realizzare una rete ad alte velocità (100 Mbit/s) e di notevole estensione;

✓ standard definito dall'ANSI (American National Standard Institute) e successivamente ratificato dall'ISO (International Standard Organization). Standardizzazione terminata nel 1994;

✓ progettata per fibra ottica anche se è stato successivamente introdotto un sottostandard al livello fisico per l'utilizzo di doppino su collegamenti a 100 Mbit/s;

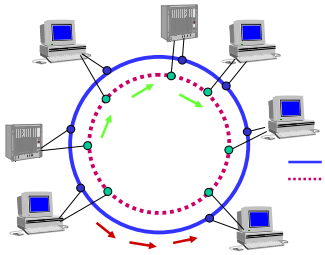
✓ topologia ad anello riconducibile ad una topologia a stella tramite concentratori attivi;

✓ presenta una notevole tolleranza ai gusti ed una elevata affidabilità;

✓ soluzione ideale per la realizzazione di dorsali;

✓ protocollo MAC token passing sull'anello.

Rete FDDI: struttura

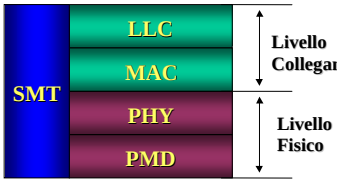


La struttura della rete FDDI è composta da due anelli concentrici in fibra ottica

Anello primario
Anello secondario

I due anelli trasferiscono l'informazione in senso opposto; tuttavia, in un dato istante un solo anello (anello primario) è effettivamente utilizzato per la trasmissione dei dati. L'altro anello (anello secondario) entra in funzione soltanto nel caso di malfunzionamenti o guasti sull'anello o sulle stazioni connesse agli anelli.

Rete FDDI: Livelli OSI



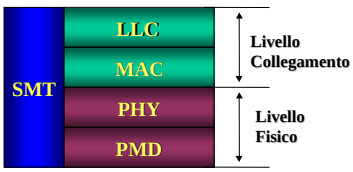
PHY(Physical layer protocol). Definisce la codifica e decodifica dei dati scambiati tra PHY e MAC ed effettua la sincronizzazione dei dati e la compensazione di differenze di clock tra stazioni adiacenti.

PMD (Physical Medium Dependent Protocol). Descrive le specifiche hardware per la connessione delle stazioni alla rete FDDI, i segnali e le caratteristiche degli apparati, dei connettori, dei circuiti e dei mezzi trasmissivi.

Rete FDDI: Livelli OSI

LLC (Logical Link Control). Effettua le operazioni di controllo del collegamento. Come per tutte le reti locali, il livello LLC segue lo standard IEEE 802.2.

MAC (Medium Access Control). Definisce le modalità di accesso delle stazioni della rete, inizializzazione dell'anello e isolamento dei guasti



SMT (Station Management). fornisce i servizi di monitoraggio e controllo di una stazione FDDI:
- inserzione e rimozione di una stazione dall'anello
- inizializzazione di una stazione,
- isolamento dei guasti,
- raccolta di statistiche.

Rete FDDI:
Livello MAC

•La rete FDDI utilizza un metodo di accesso multiplo token passing in modo analogo alla rete token ring.

•I dati sono trasmessi sull'anello in modo seriale come stringhe di simboli, ciascuno di 5 bit, da una stazione all'altra; ogni stazione che riceve un simbolo lo ritrasmette alla stazione successiva.

1 simbolo = 5 bit

Rete FDDI:
Servizio sincrono e asincrono

La trasmissione può essere di due tipi:

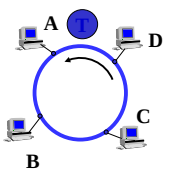
✓ **Sincrona** quando esiste l'esigenza di un tempo di risposta o di una banda garantiti (trasmissione voce e video);

✓ **Asincrona** quando la banda viene allocata in modo dinamico; questa modalità è quella più comune in quanto è utilizzata per la trasmissione dati.

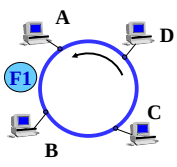
✓Il servizio di trasmissione sincrono è prioritario rispetto a quello asincrono.

✓ Quando una stazione cattura il token trasmette per prima le trame sincrone e successivamente, se ha a disposizione un tempo sufficiente, provvede a trasmettere il traffico asincrono.

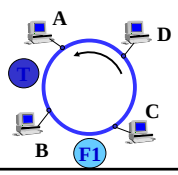
Rete FDDI:
Trasmissione dati (esempio)



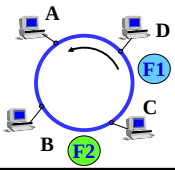
A deve trasmettere e cattura il token



A trasmette il frame F1 verso C

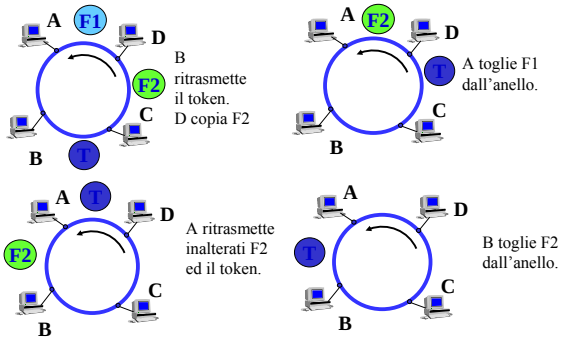


Dopo la trasmissione A ritrasmette il token

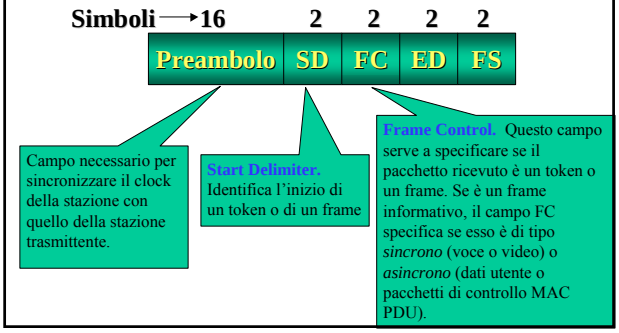


C copia F1. B deve trasmettere un frame a D. Cattura il token e trasmette F2.

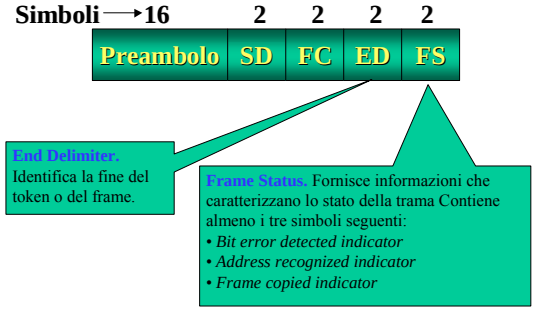
Rete FDDI:
Trasmissione dati (esempio)



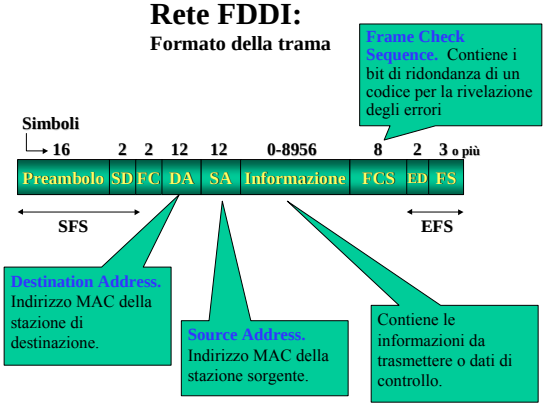
Rete FDDI:
Formato del token



Rete FDDI:
Formato del token



Rete FDDI:
Formato della trama



Rete FDDI:
Principali componenti

Stazione DAS (*Dual Attachment Station*)

✓ Presenta un doppio attacco, uno all'anello principale ed uno all'anello secondario e quindi può essere collegata direttamente all'anello;

✓ offre un'ottima tolleranza ai guasti e malfunzionamenti;

✓ presenta un costo elevato.

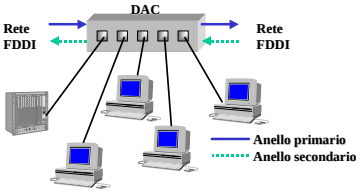


Rete FDDI:
Principali componenti

Stazione DAC (*Dual Attachment Concentrator*)

✓ Si tratta di un concentratore attivo che permette la connessione di diverse stazioni alla rete FDDI;

✓ E' generalmente connessa ad ambedue gli anelli.



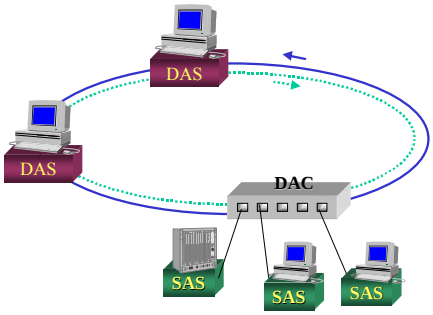
Rete FDDI: Principali componenti

Stazione SAS (*Single Attachment Station*)

- ✓ E' una stazione collegata soltanto ad un anello (primario o secondario)
- ✓ contiene un solo livello fisico ed un solo connettore;
- ✓ e' generalmente collegata all'anello mediante un concentratore DAC;
- ✓ semplice e poco costosa;
- ✓ il controllo su guasti e malfunzionamenti viene effettuato dal concentratore;
- ✓ è l'unica soluzione nel caso in cui la stazione è collegata all'anello mediante doppino UTP o STP.

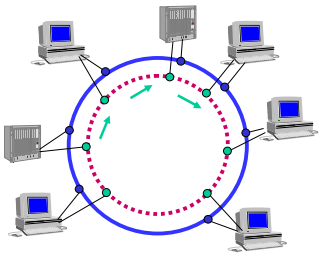


Rete FDDI: Struttura generale



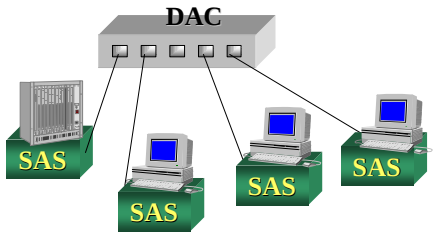
Rete FDDI: Topologia

*Topologia ad **anello** con sole stazioni DAS*

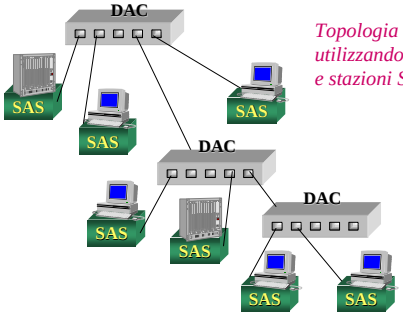


Rete FDDI: Topologia

*Topologia a **stella** utilizzando concentratori DAC e stazioni SAS*



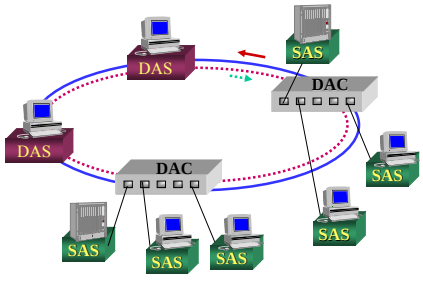
Rete FDDI: Topologia



*Topologia ad **albero** utilizzando concentratori DAC e stazioni SAS*

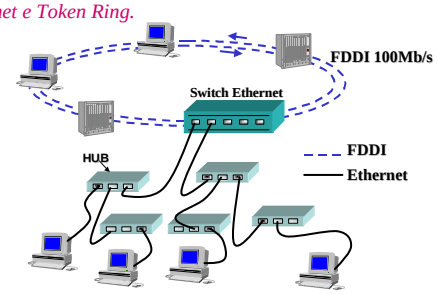
Rete FDDI: Topologia

*Topologia **ibrida** con dorsale ad anello e con una topologia stellare dai concentratori alle stazioni SAS*

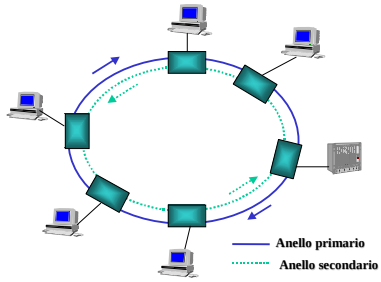


Rete FDDI: Topologia

In molti casi la rete FDDI è utilizzata come dorsale di una rete locale e le sottoreti sono realizzate mediante altre strutture come Ethernet e Token Ring.

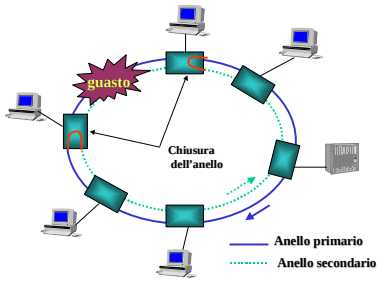


Rete FDDI:
Riconfigurazione e tolleranza ai guasti



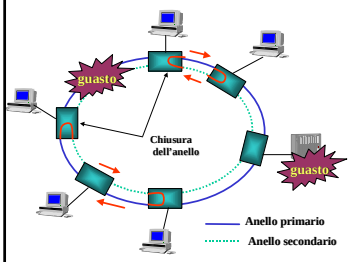
La rete FDDI utilizza in condizioni di funzionamento normale soltanto l'anello primario, mentre l'altro anello rimane in condizioni di riposo

Rete FDDI:
Riconfigurazione e tolleranza ai guasti



Quando si verifica un guasto (linea interrotta o stazione guasta), le stazioni DAS o DAC adiacenti al punto in cui si è verificato tale guasto rivelano questo inconveniente e provvedono attraverso uno switch interno che collega tra loro i due anelli a formare un unico anello che esclude la stazione o il punto di guasto.

Rete FDDI:
Riconfigurazione e tolleranza ai guasti



La riconfigurazione della rete può avvenire anche a causa di guasti multipli, creando anelli separati. In questo modo la rete continua ad operare in modo parziale.

Una volta che guasti o malfunzionamenti sono stati riparati, la rete effettua in modo automatico una riconfigurazione e l'anello ritorna ad operare in modo normale.

Rete FDDI:
Regole di configurazione

✓ La distanza massima percorribile da un segnale è di 200 Km ed include anche il percorso dell'anello secondario utilizzato in caso di guasto.

✓ Quindi, se in un anello si utilizzano soltanto stazioni DAS, la circonferenza massima è di 100 Km.

✓ Se si usano i concentratori e le stazioni SAS bisogna calcolare il percorso peggiore in caso di guasto, che non deve superare i 200 Km.

✓ In una rete FDDI si possono avere al massimo 1000 connessioni fisiche.

✓ Una stazione DAS ha 2 connessioni fisiche → max 500 stazioni DAS (se si usano solo stazioni DAS).

✓ Per le stazioni SAS ci sono due connessioni: una alla stazione ed una al concentratore.

✓ Ogni concentratore DAC ha due connessioni fisiche sull'anello primario

Rete FDDI:
Regole di configurazione

La distanza massima tra due stazioni dipende dal tipo di PMD utilizzato

FIBRA OTTICA MULTIMODALE

Lo Standard ANSI X3.166 e ISO/IEC 9314.3 è stato il primo ad essere stato emanato e rappresenta anche quello più noto. Esso utilizza fibre ottiche multimodali 62,5/125 μm e LED in seconda finestra. La massima distanza tra due stazioni FDDI può essere al massimo 2Km.

Lo standard ANSI X3.237 prevede le stesse fibre e gli stessi emettitori del precedente ma utilizza componenti meno costosi. Per questo la distanza massima tra due stazioni FDDI è fissata in 500m.

Rete FDDI:
Regole di configurazione

FIBRA OTTICA MONOMODALE

Questo standard, noto come ANSI X3.184, utilizza una fibra ottica monomodale 8,2/125 μm e LASER in seconda finestra.

La distanza dipende dalle combinazioni delle due classi di emettitori/ricevitori utilizzati, ma comunque, nel caso di peggiore combinazione, si possono coprire distanze di 10 Km e, nel caso di migliore combinazione, si possono coprire distanze di 50 Km;

Rete FDDI:
Regole di configurazione

DOPPINO UTP e STP

Questo tipo di cavo viene utilizzato per collegare stazioni SAS al concentratore DAC. Il doppino telefonico può essere di tipo UTP e STP:

✓Doppino telefonico UTP. Il cavo deve essere di categoria 5 e la massima distanza tra stazione e concentratore è 100m.

✓ Doppino telefonico STP. Il cavo deve essere di tipo IBM. La massima distanza tra stazione e concentratore è 100m.

100 VG Any LAN

Caratteristiche generali

- Nel 1992 HP e AT&T hanno costituito un consorzio per la realizzazione di una rete locale100VG anyLAN con lo scopo di sviluppare una rete in grado di fornire velocità maggiori rispetto ad Ethernet .Successivamente sono entrate a far parte del consorzio numerose altre aziende, tra cui CISCO ed IBM.
- Questa rete è stata standardizzata dal comitato IEEE 802.12.
- *La rete 100VG anyLAN opera ad una velocità di 100Mbit/s.* Il termine VG deriva dal fatto che la rete può essere realizzata utilizzando 4 coppie di doppino telefonico non schermato di categoria 3, cioè di tipo telefonico o *Voice Grade*.
- Essa supporta le attuali reti locali Ethernet e Token Ring e per questo motivo viene indicato il termine *anyLAN*.
- Anche se 100VG anyLAN utilizza quattro coppie di cavo UTP di categoria 3 invece che due come Ethernet, non si hanno sostanziali modifiche da un punto di vista del cablaggio poiché le norme impongono la stesura di almeno due cavi, di cui uno deve essere UTP a 4 coppie.

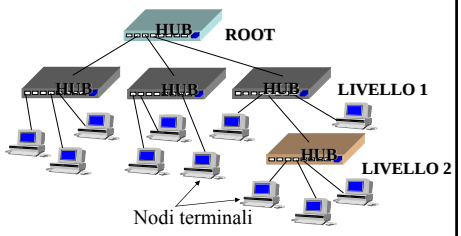
Caratteristiche generali

- *La rete 100VG anyLAN mantiene il formato del pacchetto 802.3, ma il livello MAC è completamente diverso da quello della rete Ethernet e Token Ring.*
- In particolare, in 100VG anyLAN viene utilizzato il protocollo di accesso multiplo **Demand Priority Access (DPA)** completamente diverso da CSMA/CD. Il protocollo DPA permette inoltre di gestire traffici con priorità diverse e può perciò risultare utile per la trasmissione di traffico in tempo reale (ad esempio voce); per questo motivo essa è adatta per le applicazioni multimediali.

Struttura della rete

Topologia di 100VG anyLAN

- La rete 100VG anyLAN è composta da ripetitori, hub, switch, bridge, router, link e nodi finali.



- *La rete 100VG anyLAN utilizza una topologia a stella*, in cui gli elementi principali sono gli *hub e i nodi terminali*. I nodi terminali sono naturalmente computer o altre apparecchiature da connettere alla rete. Un nodo terminale è connesso alla rete mediante un'opportuna scheda di rete. Un hub serve per collegare diversi nodi terminali; nella rete100CV anyLAN un hub funziona da nodo radice (root hub) e gli altri apparati (hub, swith, nodi terminali, …) sono connessi in cascata.

HUB in 100 VG Any LAN

HUB o ripetitori multiporta

- Gli hub o ripetitori multiporta rappresentano gli elementi centrali della rete 100VG anyLAN. Un hub gestisce l'accesso alla rete utilizzando un algoritmo di *round robin* che verifica le richieste delle stazioni connesse alle porte. Un hub possiede due tipi di porte:
  - **porte downlink**: queste porte sono utilizzate per collegare dispositivi 100VG anyLAN; una porta è necessaria sia per collegare nodi terminali e hub a livello inferiore;
  - **una porta uplink**: questa porta viene utilizzata per connettere in cascata l'hub attuale ad un hub di livello superiore.

- In una rete 100VG anyLAN possono essere realizzati fino a 5 livelli nella struttura in cascata.

Cablaggio

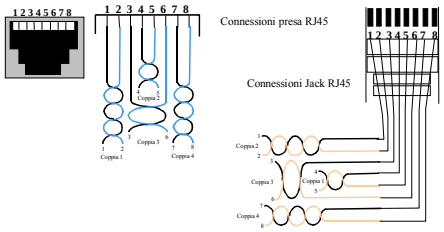
- Lo standard IEEE 802.12 per la rete 100VG anyLAN consente di utilizzare doppino telefonico (UTP e STP) o fibra ottica.
- **Doppino telefonico UTP a 4 coppie.**
- Lo standard prevede l'utilizzo di 4 coppie UTP di categoria 3 o superiore con le stesse configurazioni per ogni coppia utilizzata da 802.3 e come specificato dagli standard di cablaggio (EIA/TIA 568). In particolare potrebbero essere usati:
  - 4 coppie UTP, categoria 3 (voice grade);
  - 4 coppie UTP, categoria 4 (N/A);
  - 4 coppie UTP, categoria 5 (data grade).
- **Doppino telefonico STP a 2coppie.**
- E' previsto l'uso di un doppino STP a 2 coppie che rientri nelle specifiche ISO/IEC 11801 (ad esempio cavo IBM di tipo 1).
- **Fibra ottica.**
- E' previsto l'utilizzo di fibre multimodali 62,5/125 µ.

Distanze

CATEGORIA	TIPO DI CAVO	LUNGHEZZA MASSIMA (in metri)
3	4 coppie UTP	100
4	4 coppie UTP	100
5	4 coppie UTP	200
-	2 coppie UTP	100
	fibra ottica	2.000m

Collegamenti

- La connessione dei dispositivi al cavo UTP a 4 coppie viene realizzata mediante un connettore RJ-45, che viene utilizzato anche nel caso di reti Ethernet o Token Ring.

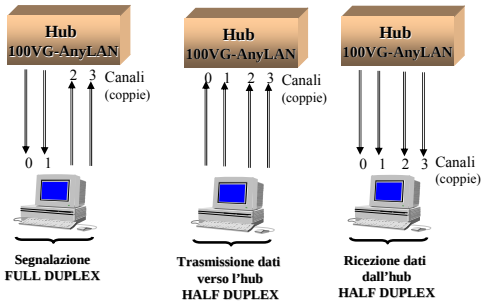


RETE	COPPIE	NUMERO FILO
Token Ring	2 & 3	4-5 ; 3-6
10Base-T	1 & 3	1-2 ; 3-6
100VG-AnyLAN	1,2,3,4	1-2 ; 4-5 ; 3-6 ; 7-8

100 VG anyLAN:

Cablaggio

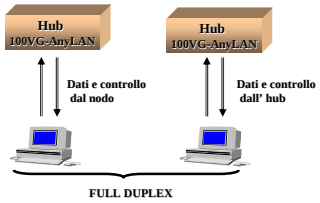
Utilizzo dei canali in caso di cavo UTP a 4 coppie



100 VG anyLAN:

Cablaggio

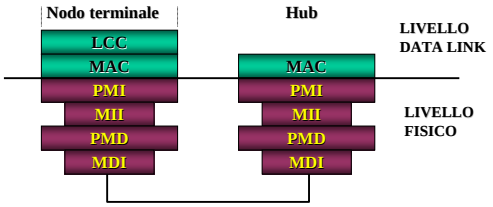
Utilizzo dei canali in caso di cavo STP a 2 coppie



La rete 100VG anyLAN può essere realizzata anche utilizzando fibre ottiche, costituite da due fibre parallele incluse in un contenitore di plastica.

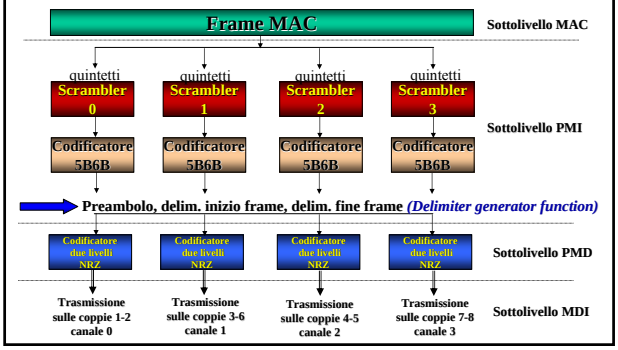
Le fibre possono essere del tipo 50/125 µ o 62,5/125 µ. Una fibra viene utilizzata per trasmettere i dati e i segnali di controllo e l'altra fibra per ricevere

100 VG anyLAN:
Livelli

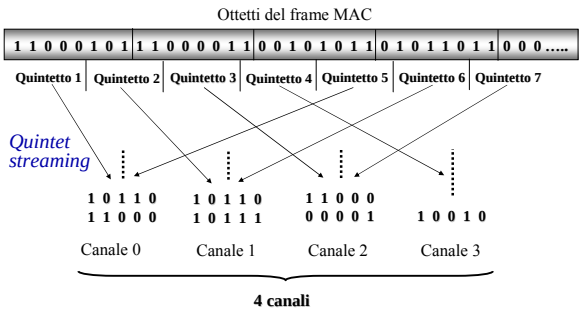


Dipendono dal mezzo fisico
- **PMI** (Physical Medium Interface);
- **MII** (Medium Independent Interface);
- **PMD** (Physical Medium Dependent);
- **MDI** (Medium Dependent Interface).

100 VG anyLAN:
Operazioni svolte dai livelli nel caso UTP 4 coppie

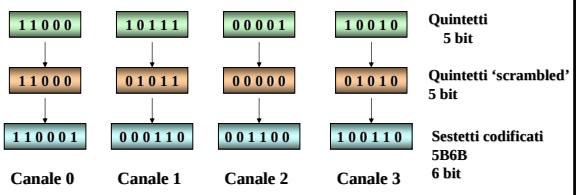


100 VG anyLAN
sottolivello MPI: suddivisione dei dati in quintetti



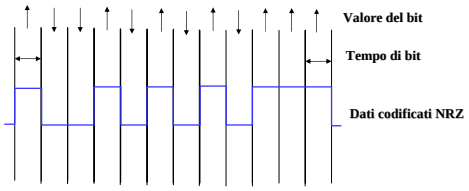
100 VG anyLAN

sottolivello MPI: codifica 5B6B



100 VG anyLAN

sottolivello PMD: codifica NRZ



N. B. : *su ciascuna coppia di fili sono trasmessi i dati con velocità di 30 Mbit/s. Questo deriva dal fatto che si deve avere una velocità di 100 Mbit/s e che si utilizza una codifica 5B6B.*

100 VG anyLAN

Il livello MAC

✓La rete 100VG anyLAN utilizza il protocollo di accesso multiplo **DPA (Demand Protocol Access);**

✓DPA è di tipo deterministico: ogni nodo invia all'hub a cui è collegato una richiesta quando deve trasmettere un pacchetto;

✓ l'hub radice analizza le richieste provenienti dai nodi usando una procedura di round-robin;

✓durante ogni ciclo di round-robin un nodo terminale può prenotare l'invio di un solo pacchetto, mentre un hub con *n* porte può chiedere di trasmettere fino a *n* pacchetti durante ogni ciclo;

✓ le richieste inviate all'hub contengono inoltre un'indicazione della priorità di ogni pacchetto.

Formato IEEE 802.3

SD	P	DA	SA	LEN	DATI	PAD	FCS	ED

- Le differenze rispetto al caso precedente sono le seguenti:
  - il campo dati ha una lunghezza da 0 a 1500 byte;
  - il campo PAD viene inserito quando la lunghezza del campo dati è minore di 46 byte in modo di assicurare una lunghezza minima di 46 byte dell'insieme dei due campi (dati + PAD).

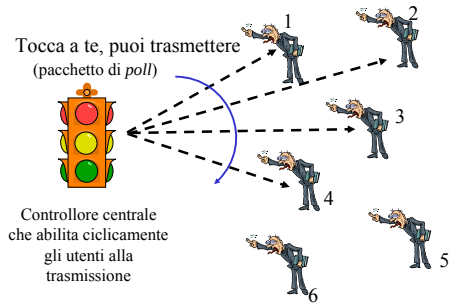
Formato IEEE 802.5

SD	P	AC	FC	DA	SA	RI	DATI	FCS	ES

- il campo FC (Frame Control) identifica il tipo di frame 802.5 e le priorità;
- il campo RI (Routing Information) serve a fornire le informazioni per l'instradamento del frame.

100 VG anyLAN

Round Robin



100 VG anyLAN

Priorità

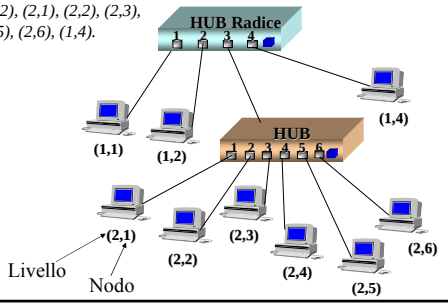
✓ Ogni hub mantiene una lista separata di richieste con priorità normale e con alta priorità.

✓ Le richieste con priorità normale sono servite secondo l'ordine delle porte.

✓ Quando viene ricevuta una richiesta ad alta velocità, l'hub termina la trasmissione del pacchetto in fase di trasmissione ed inizia a trasmettere i pacchetti ad alta priorità

100 VG anyLAN
Esempio

Tutte le richieste hanno la stessa priorità.
Sequenza di trasmissione:
(1,1), (1,2), (2,1), (2,2), (2,3), (2,4), (2,5), (2,6), (1,4).



100 VG anyLAN
Link Training

✓Il Link training, introdotto nello standard IEEE802.12, è una procedura di inizializzazione del collegamento tra hub e nodo terminale.

✓ Durante il Link Training hub e nodo terminale si scambiano una serie di pacchetti speciali per:
- ✓un controllo del corretto funzionamento del cavo e del trasferimento dei dati;
- ✓ fornire all'hub informazioni sulle caratteristiche dell'apparecchiatura connessa alla porta (PC, hub, bridge, …);

✓attivato dal nodo quando per la prima volta viene connesso all'hub; e quando si verificano condizioni di malfunzionamento o di errore.

100 VG anyLAN
Il frame

✓ Il protocollo DPA è stato progettato per operare in modo compatibile con i formati dei frame di Ethernet e Token Ring.

✓ Il livello LLC riceve le indicazioni se il sistema deve operare con una rete Ethernet o Token Ring e fornisce al livello MAC le informazioni necessarie a costruire il frame.

✓ In questo modo, DPA opererà nel modo Ethernet o Token Ring.

100 VG anyLAN
cablaggio

✓ È ammessa la presenza di un massimo di 13 hub tra due stazioni (cioè fino a 7 livelli di profondità dell'albero).

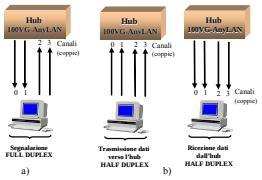
✓ Se la rete ha solo il root hub la distanza massima tra due nodi è di 6 Km, ogni coppia di hub aggiuntiva riduce il diametro di 1100 m. Con 13 hub il diametro massimo è quindi 500 m.

✓ Ovviamente, ogni singolo cavo è poi soggetto a limiti di lunghezza massima che dipendono dalla tipologia del cavo stesso.

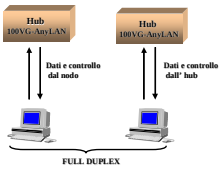


Cavi UTP a 4 coppie

- Lo standard 100VG anyLAN definisce le funzioni necessarie a trasmettere i dati ed a controllare il funzionamento della rete. I collegamenti UTP a 4 coppie utilizzano trasmissioni in full-duplex e half-duplex.
- In particolare:
- i segnali di controllo sono trasmessi in full-duplex (figura 3.a);
- i dati sono trasmessi in half-duplex utilizzando tutti e quattro le coppie (figura 3.b)



Collegamento STP a due coppie o fibra ottica.

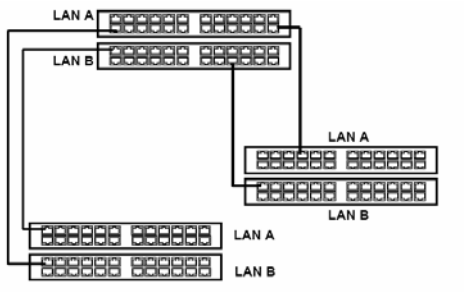


Virtual LAN (VLAN)

Reti parallele indipendenti

- Esigenza di avere delle reti separate, per ragione di riservatezza o sicurezza, che si sviluppano per un intero edificio o comprensorio
  - nReti = nMezzi-trasmissivi + nApparati-di-rete per ogni punto di distribuzione
  - spreco di risorse
  - separazione massima

Reti parallele



Introduzione alle VLAN

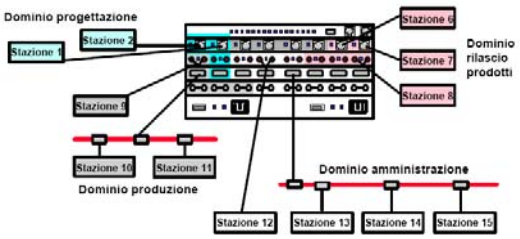
- Virtual LAN: su un'unica infrastruttura fisica, si definiscono diverse sottoreti logiche separate.
- All'aumentare delle dimensioni della rete nascono diversi problemi, quali:
  - il traffico di broadcast e di multicast viene inoltrato su tutta la rete e va ad occupare banda trasmissiva e la capacità elaborativa di stazioni ed apparati anche se non ce n'è bisogno;
  - con una rete più grande poi diventa più difficile controllare eventuali accessi non autorizzati, con problemi in termini di sicurezza.

Utilizzo VLAN

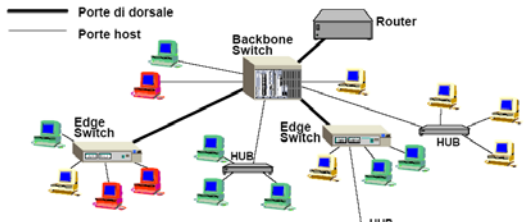
- Per ragioni di sicurezza
  - si possono mantenere completamente separate le reti tramite l'impiego delle VLAN
    - non c'è comunicazione tra le VLAN (separazione totale!)
  - si possono connettere le VLAN in modo più o meno sicuro tramite Access-List su router, Layer 3 Switch o Firewall
- Per risolvere conflitti di competenze tra enti diversi di una grande organizzazione
  - le VLAN vengono connesse tramite router, Layer 3 Switch
- Per limitare il traffico di broadcast
  - le VLAN vengono connesse tramite router, Layer 3 Switch

VLAN

- Mediante le porte di uno switch è possibile creare reti VLAN separate (nell'esempio 4 reti indicate con colori diversi)



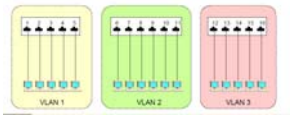
VLAN



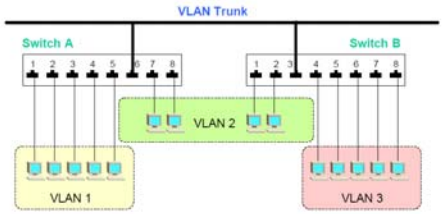
- Benefici:
  - Riduzione del traffico broadcast
  - Ottimizzazione del traffico
  - Indipendenza dalla topologia fisica
  - Sicurezza

VLAN

- Singolo Switch

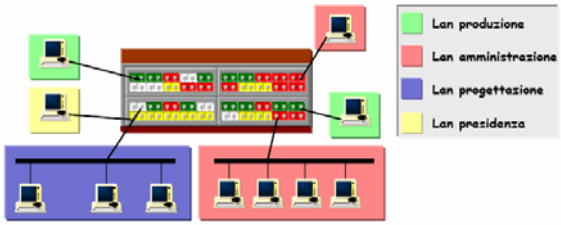


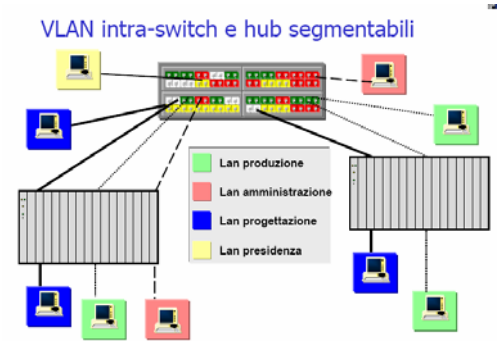
- VLAN mediante diversi Switch

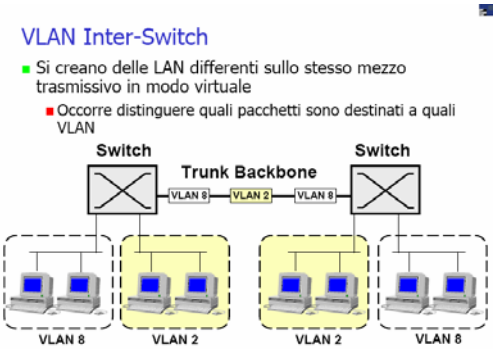


VLAN Intra-Switch

Si possono raggruppare due o più porte dello switch in un dominio di broadcast







Standard IEEE 802.1q per le VLAN

- L'attuale versione dello standard ammette solo l'assegnazione per porta (802.1q v1)
- In una futura revisione (802.1q versione 2):
  - per IP subnet (priorità più alta)
  - per protocollo (IP, IPX o LAT)
  - se i protocolli non sono IP, IPX o LAT si può utilizzare la classificazione per MAC Address
  - se non viene utilizzata nessuna delle regole di classificazione sopra descritte si utilizza l'assegnazione Per-Port (priorità più bassa). In questo caso il gestore di rete assegna una VLAN ad ogni porta
- L'assegnazione per porta non permette la mobilità
- – se un utente connesso su una porta di uno switch si sposta è necessario l'intervento del gestore di rete
- 802.1q v2 permetterà la mobilità (associazione per MAC address) ma:
  - richiede un grande lavoro di registrazione degli indirizzi MAC delle stazioni alle VLAN
  - quando si sostituisce l'interfaccia di rete bisogna aggiornare l'associazione MAC address - VLAN

VLAN : marcatura dei pacchetti

- Frame Tagging
  - si utilizza la tecnica di incapsulamento: il pacchetto Ethernet, Token Ring o FDDI viene incapsulato in un pacchetto proprietario
    - soluzione Cisco con ISL
- Packet Tagging
  - si inserisce un header aggiuntivo (VLAN-ID) nella bustaMAC;
  - metodo previsto da 802.1Q

Codifica del tag: IEEE 802.1Q

