



*FACOLTA' DI SCIENZE MM. FF. NN.
Corso di laurea in Informatica*

Sistemi per l'elaborazione dell'informazione: RETI

Introduzione alle reti di computer

a cura del prof. G. Russo (grusso@unina.it)

ing. A. Violetta (violetta@unina.it)

©2004



Obiettivi del corso

- Fornire una panoramica sulle reti di calcolatori: tecnologie, potenzialità e limiti;
- Fornire capacità di base per l'analisi e per il progetto di reti locali, interconnessione di reti locali e servizi di rete;
- Fornire capacità di analisi delle problematiche dei guasti (troubleshooting) e di intervento tecnico per la risoluzione degli stessi.



Programma del corso

DOCENTE: prof. Guido Russo – ing. Angelo Violetta

FINALITÀ DEL CORSO

- L'obiettivo del Corso è quello di introdurre i concetti fondamentali delle moderne reti di calcolatori e fornire allo studente le necessarie conoscenze per affrontare l'analisi e lo studio di una rete distribuita di calcolatori. In particolare, saranno presentate le caratteristiche generali delle reti, la loro topologia, l'architettura ed i principali protocolli utilizzati per la trasmissione delle informazioni tra calcolatori.

ARGOMENTI DEL CORSO

- **1. *Introduzione alle reti di calcolatori*** – Scopi, applicazioni, evoluzione storica, caratteristiche e struttura a livelli, tipologie di rete, architetture di rete, stratificazioni, tipi e primitive di servizio, protocolli di rete, controllo di flusso e controllo di errore, messaggi e pacchetti, strategie di commutazione (circuiti e pacchetto), indirizzamento, instradamento ed interconnessione.
- **2. *Il modello ISO/OSI*** - Il modello di riferimento, architettura a livelli, protocolli, interfacce, principali architetture di rete, le primitive, i sistemi intermedi, servizi e protocolli.



Programma del corso

- **3.** *il livello fisico* - Mezzi trasmissivi elettrici e ottici, attenuazione e diafonia, cenni alla trasmissione dati analogica e alla trasmissione dati digitale, Elementi di Cablaggio strutturato, obiettivi di un cablaggio strutturato. Cablaggio orizzontale, cablaggio verticale e cablaggio di campus.

- 
-
- **6. *Il livello di trasporto*** - Servizi forniti ai livelli superiori, indirizzi del livello di trasporto, creazione, gestione e chiusura di una connessione. Il problema delle due armate. Hand Shake a tre vie. Il livello di trasporto in Internet: i protocolli UDP (*User datagram protocol*) e TCP (*Transport control protocol*).
 - **7. *Il livello delle applicazioni***: Applicazioni di Rete: Domain Name Server (DSN), Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), Simple Network Management Protocol (SNMP), la posta elettronica, telnet, file transfer protocol (FTP), trivial file transfer protocol (TFTP).
 - **8. *Progetto e analisi delle prestazioni di una rete di calcolatori*** - Progettazione topologica, analisi di connettività. Analisi del ritardo in una rete dati, assegnazione di flusso e capacità di linea. Valutazione delle prestazioni di una rete e delle prestazioni dei protocolli in reti locali.
 - **9. *Approfondimenti*** - Sicurezza nelle reti di calcolatori. Reti ATM. Reti ISDN e ISDN a larga banda. Reti Ottiche.



Programma del corso

MODALITÀ DI ESAME

L'esame si compone di una prova scritta e di una prova orale. La prova scritta richiede di svolgere degli esercizi inerenti gli argomenti del Corso. La prova orale consiste nella discussione di alcuni degli argomenti trattati a lezione.

TESTI CONSIGLIATI

- [1] Andrew S. Tanembaum, *Computer Networks*, (Third Edition), Prentice Hall, 1996 (traduzione italiana UTET, 1997).
- [2] M. Baldi, P. Nicoletti, *Internetworking*, McGraw-Hill, 1999.
- [3] S. Gai, P. Nicoletti, P. Montesoro, *Reti Locali: dal cablaggio all'internetworking*. SSGRR, 1996.

TESTI DI APPROFONDIMENTO

- [1] F. Halsall, *Reti di Calcolatori e Sistemi Aperti*, (Quarta edizione), Addison Wesley, 1998.
- [2] F. Fabris, *Teoria dell'Informazione, codici, cifrari*, Boringhieri, 2001
- [3] C. Hare, K. Siyan, *Firewall Internet: Sicurezza di Rete*, Jackson Libri, 1997.
- [4] P. K. Andleigh and K. Thakrar, *Multimedia System Design*, Prentice Hall, 1996.
- [5] R. Adinolfi, *Reti di Computer*, (Seconda Edizione), McGraw-Hill, 1999.



Premessa

- Gli ultimi tre secoli sono stati dominati ciascuno da una diversa tecnologia che lo ha caratterizzato ed ha avuto profonde influenze sulla vita dell'uomo:
 - 18° secolo: sistemi meccanici, rivoluzione industriale;
 - 19° secolo: motori a vapore;
 - 20° secolo: tecnologie dell'informazione:
 - raccolta e memorizzazione dei dati;
 - elaborazione;
 - distribuzione.



Premessa

- Nel nostro secolo si sono via via diffusi i seguenti sistemi:
 - il sistema telefonico, a livello mondiale;
 - la radio e la televisione;
 - i computer;
 - i sistemi per telecomunicazioni (tra i quali citiamo anche i satelliti per le telecomunicazioni).



Premessa

- Queste tecnologie stanno rapidamente convergendo: in particolare, la combinazione di elaboratori e sistemi di telecomunicazione ha avuto una profonda influenza sull'organizzazione dei sistemi di calcolo.
- Si è passati dal vecchio modello mainframe - terminali, in cui la potenza di calcolo era concentrata in un unico grande elaboratore a cui si accedeva per mezzo di un certo numero di terminali, a quello attuale in cui vi è un grande numero di elaboratori, che sono autonomi ma interconnessi fra loro:
 - autonomi significa che ciascuno è indipendente dagli altri;
 - interconnessi significa che devono essere capaci di scambiare informazioni (sfruttando un opportuno mezzo fisico).



Premessa

- È questa la rivoluzione più importante che l'informatica sta affrontando e che prende il nome di *downsizing*, inoltre un sistema di calcolo siffatto è detto rete di elaboratori (computer network) o rete di computer.
- Osserviamo subito che rete di computer non è sinonimo di sistema distribuito:
 - in un sistema distribuito, l'esistenza di più elaboratori è invisibile all'utente, che ha l'impressione di avere a che fare con un unico sistema di calcolo;
 - in una rete di elaboratori, l'utente è invece conscio dell'esistenza di molteplici elaboratori, che devono essere esplicitamente riferiti.



Premessa

Si può costruire la seguente relazione:

Rete di Elaboratori + Sistema software di gestione

=

Sistema distribuito

dove il sistema software di gestione non è altro che un particolare tipo di sistema operativo, ossia un sistema operativo distribuito.



Definizione intuitiva di “rete di computer”

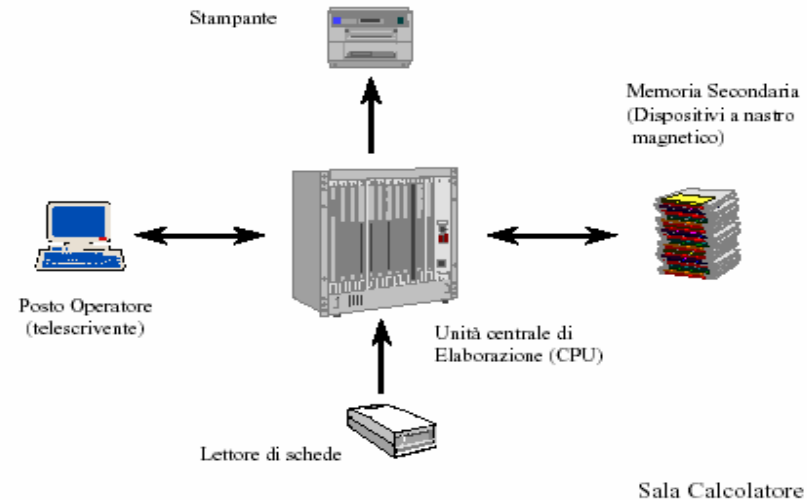
L'utilizzo contemporaneo della tecnologia dei computer e della tecnologia delle telecomunicazioni ha dunque permesso la nascita delle reti informatiche, usate sia all'interno delle singole organizzazioni sia tra consorzi di organizzazioni sia tra singoli individui.

- Che cos'è allora una rete di computer?
- Una semplice e intuitiva definizione è la seguente:

una rete di computer è un insieme di computer collegati tra di loro.

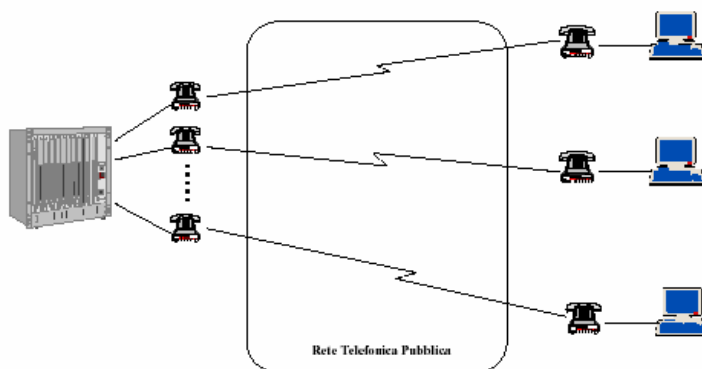
Evoluzione delle Reti

- Negli anni '60 la potenza di calcolo veniva messa a disposizione da calcolatori molto grandi (computing environment)



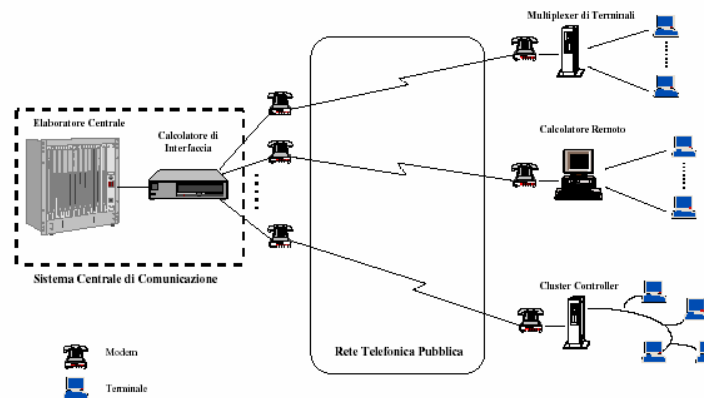
Evoluzione delle Reti

- Il primo passo verso la condivisione delle risorse di calcolo è stato compiuto intorno agli anni '70
- Tale condivisione avveniva in modalità time-sharing mediante l'utilizzo di MODEM



Evoluzione delle Reti

- Per sfruttare meglio le costose linee di comunicazione, venne introdotto il multiplexing di più terminali su una singola linea. In generale il multiplexing era gestito da uno dei seguenti dispositivi:
 - Multiplatore di Terminali
 - Calcolatore Remoto
 - Cluster Controller





Evoluzione delle Reti

Il **multiplatore di terminale** può operare in due modi differenti :

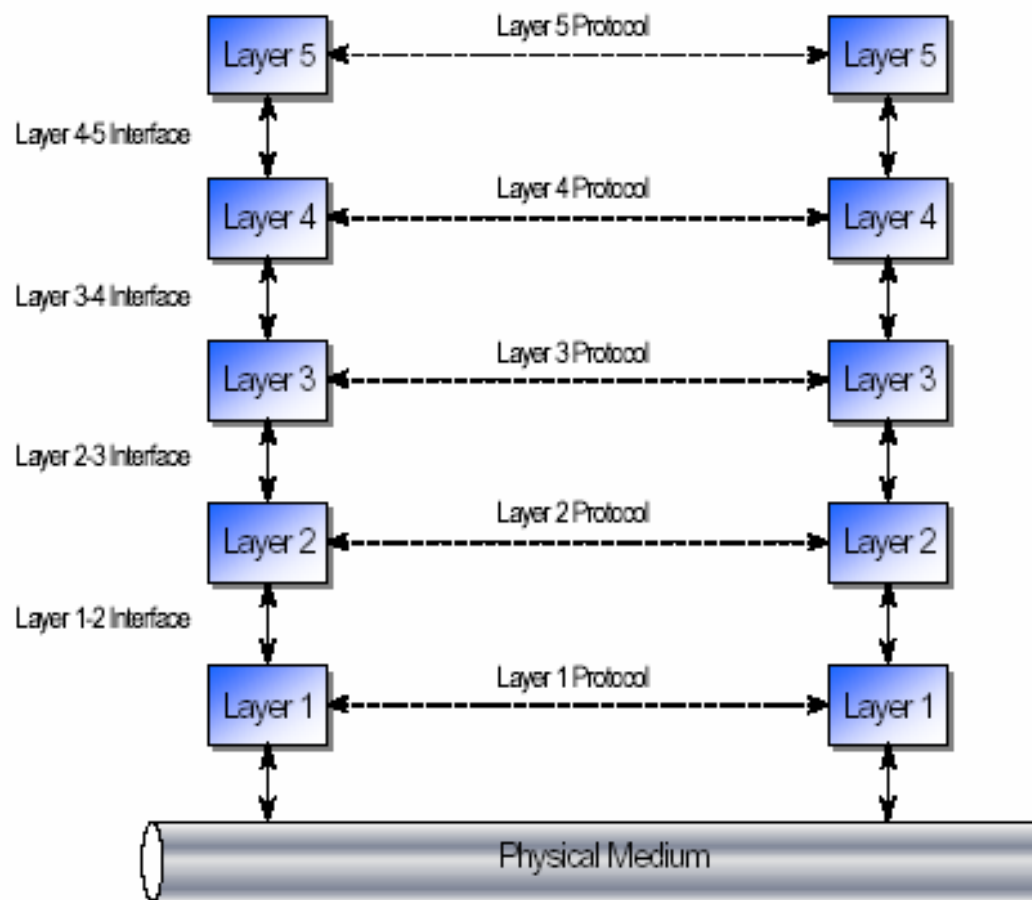
- **Multiplexing Deterministico** : Ogni terminale collegato ha riservato staticamente un intervallo di tempo per inviare dati, a prescindere dal fatto che esso abbia o meno la necessità di spedire qualche cosa.
 - **Multiplexing Statistico** : In questo caso viene assegnato un intervallo di tempo per spedire i dati solo a chi ne ha effettivamente bisogno, eliminando gli sprechi introdotti dal Multiplexing Deterministico.
- Il **Cluster Controller** eseguiva il polling dei terminali ad esso connessi, mentre il Calcolatore Remoto assegnava la linea ai terminali secondo una determinata politica di scheduling. La topologia che veniva fuori da tale scenario era una stella avente centro nel calcolatore condiviso tra i vari terminali.



Struttura a livelli

- Il principio che si è seguito nella progettazione delle reti di comunicazione, è stato quello della decomposizione dei servizi in servizi più semplici, inoltre nonostante siano possibili differenti architetture, la maggior parte delle reti fanno riferimento ad un'architettura a livelli

Struttura a livelli





Struttura a livelli

- *L'organizzazione dei servizi in servizi più semplici è detta **Network Architecture**.*
- *Si definisce **Network Architecture** un insieme di livelli e protocolli.*
- Ogni livello risolve un certo numero di problemi, e fornisce ai livelli superiori un set ben definito di servizi, nascondendo i dettagli di come il servizio è effettivamente implementato. Ciò consente di sostituire, in modo del tutto trasparente, l'implementazione di un dato livello con un'altra che implementa la stessa **interfaccia**.

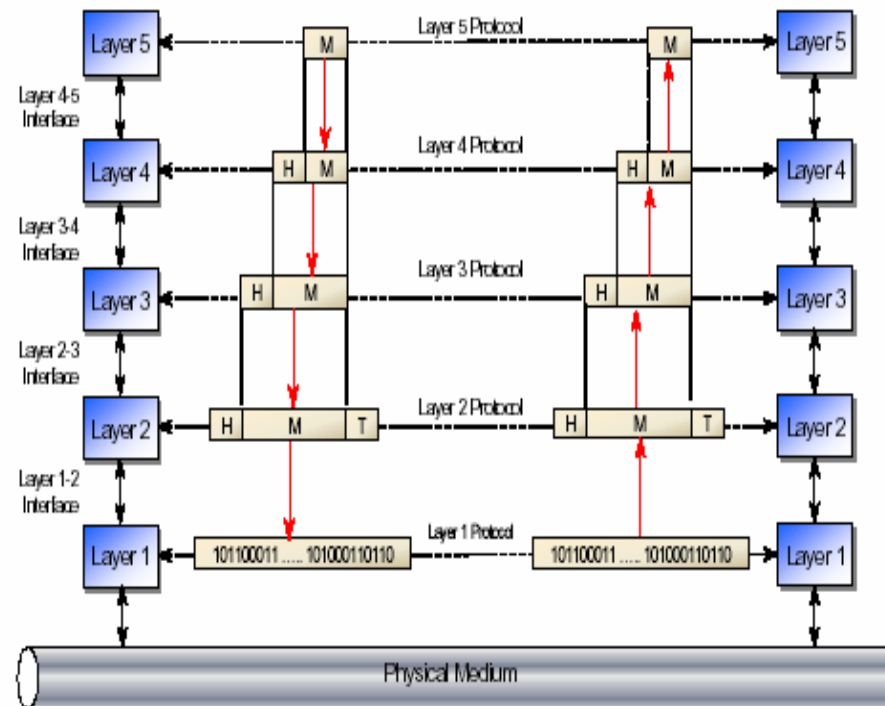


Struttura a livelli

- Un **servizio** è un insieme di primitive che ogni livello fornisce al livello superiore, esso definisce cosa un livello può fare ma non come esso effettivamente è implementato.
- Un protocollo, è invece un insieme di regole che governa la comunicazione tra due peer entity. (Le entity usano il protocollo per implementare i servizi forniti dall'interfaccia).

Struttura a livelli

- Consideriamo l'architettura di rete (mostrata in Figura) vediamo di capire con un esempio come due processi attivi al livello 5 possano scambiarsi messaggi.





Modello di riferimento

- A metà degli anni '70 l'**International Standards Organization (ISO)** avviò un processo di standardizzazione proponendo un modello di riferimento chiamato **Open System Interconnection reference model (OSI reference model)** il cui obiettivo era quello di permettere la comunicazione tra processi applicativi residenti su computer di case costruttrici diverse che rispettavano un dato insieme di regole standard.

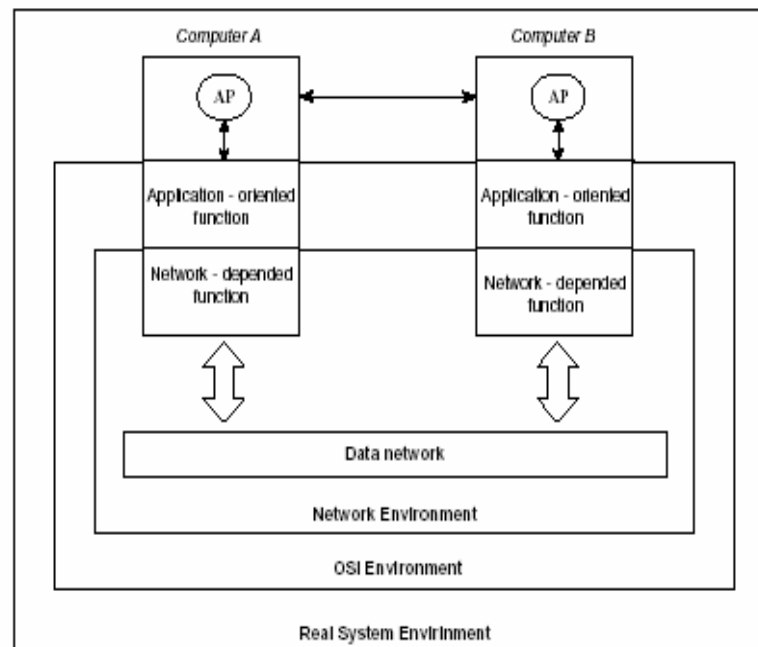


Modello di riferimento

- L'architettura scelta per l'OSI è naturalmente organizzata in livelli, ognuno dei quali svolge dei ben determinati compiti. Tali livelli vengono suddivisi in due categorie, in base alle funzioni svolte:
 - **network depended function**
 - **application oriented function**
- Questo porta alla definizione di tre ambienti operativi:
 - **Network Environment**
 - **OSI Environment**
 - **Real System Environment**

Modello di riferimento

- Il primo (Network Environment) si occupa dei protocolli e degli standard relativi ai differenti tipi di sottorete.
- L'OSI Environment racchiude il Network Environment e si occupa dei protocolli e degli standard per la comunicazione di sistemi aperti.
- Il Real System Environment è costruito sull'OSI Environment e rappresenta i processi utente che necessitano la comunicazione con sistemi remoti.



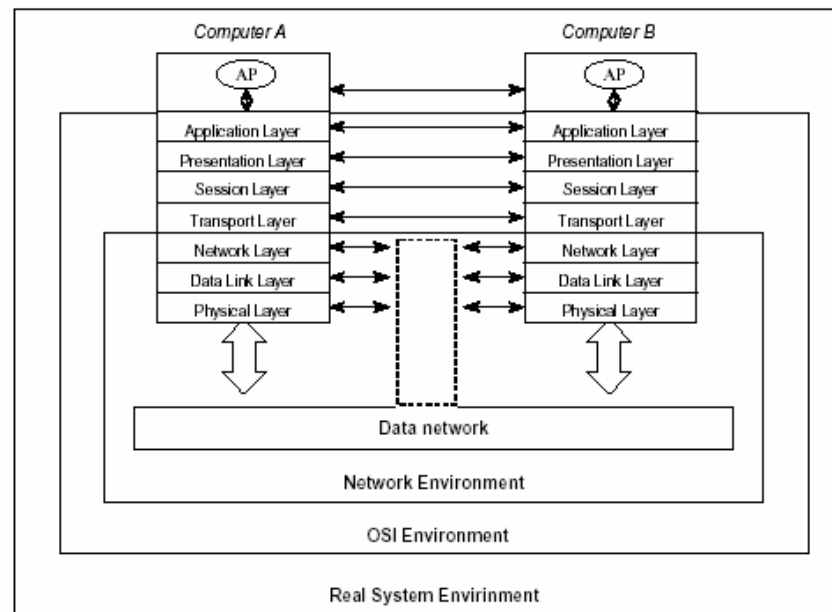


Modello di riferimento

- ***Bisogna sottolineare che l'OSI Reference Model non è un'architettura di rete perché non specifica esattamente i servizi e i protocolli da usare in ogni livello. Essa semplicemente dice cosa ogni livello deve fare***
- I primi tre livelli dell'architettura OSI (Physical, Data Link e Network layer) fanno parte del Network Environment e sono presenti negli eventuali nodi intermedi che connettono il Computer A al Computer B.
- Data Network usata per connettere i vari nodi della rete.
- I livelli superiori (Transport, Session, Presentation e Application Layer) fanno parte dell'OSI Environment e vengono detti Application Oriented. Il loro compito è quello di permettere l'interazione fra due processi utente che si trovano su computer diversi.
- Tali livelli sono end-to-end cioè essi non sono presenti nei nodi intermedi nella rete di comunicazione.

Modello di riferimento

- Bisogna comunque precisare che il Transport Layer non è un livello Application Oriented, bensì esso maschera ai livelli superiori (Application Oriented) i dettagli dei livelli sottostanti (Network Depended).
- Nella Figura sono riportati i 7 livelli dell'architettura OSI con le funzionalità svolte da ognuno di essi. Adesso analizzeremo più in dettaglio tali livelli (Layer) partendo dal Physical Layer (livello 1) fino ad arrivare all'Application Layer (livello 7).





Definizione funzionale di “rete di telecomunicazione”

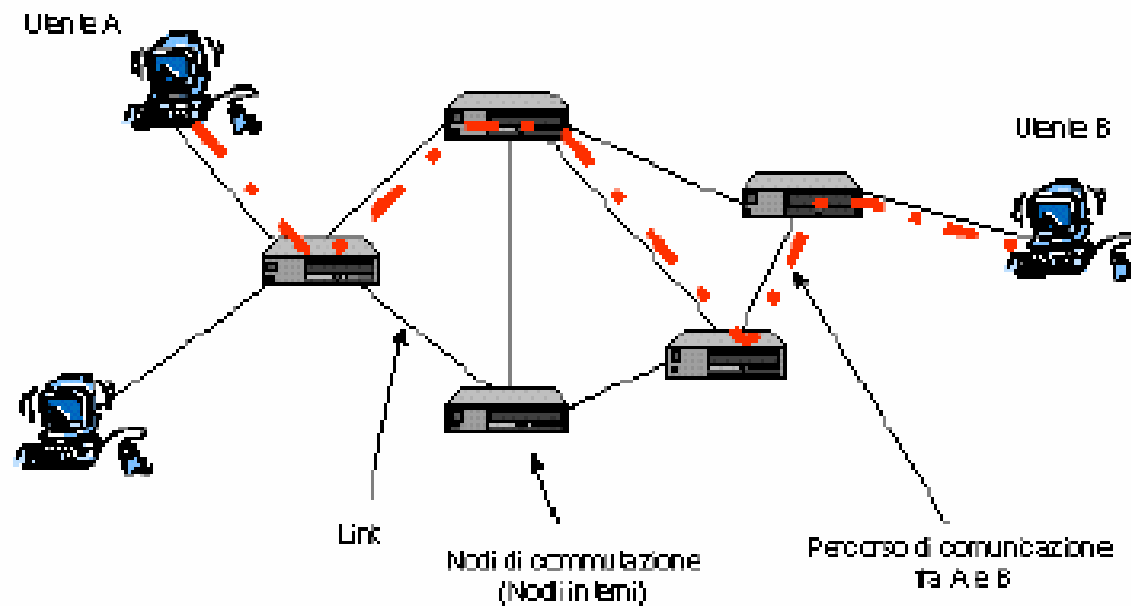
- Una **Rete di Telecomunicazione** possiamo definirla, in modo *funzionale*, come un **sistema distribuito** che permette la trasmissione di informazioni da un suo capo all'altro, consentendo un indirizzamento universale.
- Quindi una rete di telecomunicazione deve implementare al proprio interno:
 - sia delle funzionalità per il **trasporto dell'informazione**,
 - sia delle funzionalità per l'**indirizzamento** e per la **commutazione** (*switching*).



Definizione funzionale di “rete di telecomunicazione”

- Un possibile modello fisico che implementa la definizione data di rete di telecomunicazione deve prevedere la presenza:
- dei **link** (collegamenti), tipicamente **punto-a-punto**
- dei **nodi di commutazione** (*Network switch*), il cui compito è quello di riconoscere le richieste per l'apertura di una connessione e fare in modo che i dati, relativi a tale connessione, arrivino al nodo di destinazione.

Esempio generico di “rete di computer”





Esempio generico di “rete di computer”

Con riferimento alla figura precedente possiamo osservare che:

- gli elaboratori (detti anche host o stazioni) collegati alla rete possono essere i più vari, di **marche diverse** tra loro e con diverse capacità elaborative (dal PC al mainframe);
- ciascun elaboratore ha delle proprie risorse (tipicamente periferiche di input e di output, dischi rigidi e così via): previa opportuna richiesta e ad autorizzazione concessa ogni stazione collegata alla rete può utilizzare tali risorse (**risorsa condivisa**);
- a ciascun elaboratore possono essere collegate una o più stazioni d'utente, altrimenti dette terminali.



Esempio generico di “rete di computer”

- Le linee di interconnessione (link), che hanno il compito di trasmettere i dati tra computer e terminali oppure tra computer e computer, possono essere di svariati tipi (es. il **doppino**): per esempio, in caso di lunghe distanze, la linea di interconnessione tradizionale è la linea telefonica, grazie anche e soprattutto alla sua diffusione capillare.
- Oppure le connessioni su **fibra ottica** e ci sono dei particolari standard di trasmissione (come ad esempio lo standard ATM ideato dalle principali compagnie telefoniche in risposta allo standard TCP/IP della rete Internet) specificamente progettati per tali mezzi trasmissivi.



Caratteristiche di una “rete di computer”

Alta affidabilità

- Con una rete di calcolatori è possibile disporre di risorse alternative in caso di necessità. Infatti i singoli componenti hanno **costi** contenuti ed ogni azienda può avere a disposizione parti sostitutive senza immobilizzare grandi capitali.
- Rendere affidabile un mainframe **costa molto di più** che rendere affidabile una rete di piccoli calcolatori.



Caratteristiche di una “rete di computer”

Risparmio

- Non vi è dubbio che i costi dell'hardware e del software per realizzare un **sistema distribuito** sono di un ordine di grandezza **inferiori** a quelli per realizzare un sistema centralizzato basato su mainframe.
- L'unico aspetto negativo è legato **all'impossibilità** di trasportare facilmente un software scritto per un sistema centralizzato su un sistema distribuito: è indispensabile una ricodifica con tecniche più moderne, ma, d'altro canto, si ottiene un prodotto con caratteristiche estremamente superiori.
- Non deve infine essere trascurato il problema dell'istruzione permanente degli analisti, dei programmatori e degli utenti verso queste nuove tecnologie.



Caratteristiche di una “rete di computer”

Gradualità della crescita (scalabilità**)**

Dopo che l'infrastruttura di rete è stata creata, l'aggiunta di nuove potenzialità, ove servono, è semplice e poco costosa. Si possono aggiungere un posto di lavoro o attivare nuovi servizi o potenziare i server esistenti senza interruzioni di servizio e con costi dilazionati nel tempo.



Vantaggi per le organizzazioni di una “rete di computer”

- Le moderne organizzazioni sono spesso caratterizzate da una distribuzione di uffici su un **territorio molto vasto** (basti pensare alle grandi organizzazioni nazionali o addirittura mondiali);
- I computer ed i terminali ubicati in un determinato luogo devono poter scambiare dati e programmi con quelli che si trovano in luoghi diversi; usando, a questo scopo, una rete informatica, si ha un **aggiornamento quotidiano** e costante dell'insieme delle informazioni aziendali.
- Il collegamento tra computer permette inoltre una migliore **condivisione** delle risorse aziendali: per esempio, gli utenti di un dato computer, normalmente dedicato ad una applicazione specifica, potrebbero trovarsi nella necessità di accedere a risorse di un altro computer; oppure, una situazione di carico di lavoro eccessivo su un sistema può essere risolta inviando parte del lavoro ad un altro sistema della rete



Vantaggi per le organizzazioni di una “rete di computer”

- E' illusorio pensare di riuscire ad imporre all'interno di una azienda **un'unica architettura di rete**.
- Infatti occorre considerare che le reti sono nate all'interno delle aziende non con un progresso progettuale "**topdown**", bensì con un'integrazione di tipo "**bottom-up**" in cui reti diverse, **eterogenee**, nate per risolvere problemi specifici, sono state a poco a poco integrate per formare una rete aziendale. Tale situazione si complica ulteriormente tutte le volte che si verificano fusioni interaziendali in cui occorre fondere anche sistemi informativi eterogenei.
- In letteratura tale problema è anche noto con il termine ***internetworking***.

Vantaggi per le organizzazioni di una “rete di computer”

La rete permette inoltre di risolvere anomalie o guasti: se un sistema A è fuori uso, le sue mansioni possono essere svolte da un altro sistema B senza incidere eccessivamente sulle normali operazioni aziendali (si dice, in questo caso, che il sistema B svolge funzioni di **back-up**”).

- Si possono infine trovare vantaggi anche in termini organizzativi: un operatore che viaggia, può essere dotato di un terminale o di un sistema terminale trasportabile (tipicamente un “computer portatile”) che gli consente di svolgere le sue mansioni ovunque ci sia un collegamento in rete alla propria azienda.



Vantaggi per i singoli individui di una “rete di computer”

Accesso ad informazioni remote, ad es.:

- accesso a servizi bancari;
- acquisti da casa;
- navigazione sul World Wide Web.

Comunicazioni fra persone:

- posta elettronica;
- videoconferenza;
- gruppi di discussione.

Divertimento:

- video on demand (selezione e ricezione via rete di un qualunque spettacolo tratto da un catalogo);
- giochi interattivi (contro macchine o avversari umani).



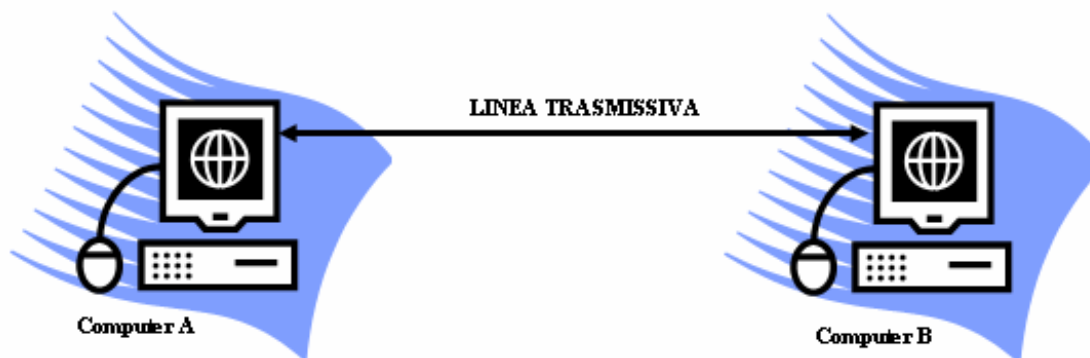
Riassunto dei vantaggi di una “rete di computer”

Si sintetizza quanto esposto in precedenza dicendo che:

***una rete di computer deve essere
CORPORATE e MULTIPROTOCOL***

Struttura schematica di una rete di computer

In figura è rappresentata una semplicissima rete, costituita da 2 computer collegati tra loro da una linea trasmissiva.



Rientra in questo semplice schema anche il collegamento tra un computer ed un terminale (cioè una stazione utente), dato che gran parte delle stazioni terminali è attualmente costituita da veri e propri computer programmabili e quindi dotati del proprio sistema operativo e del proprio software applicativo.



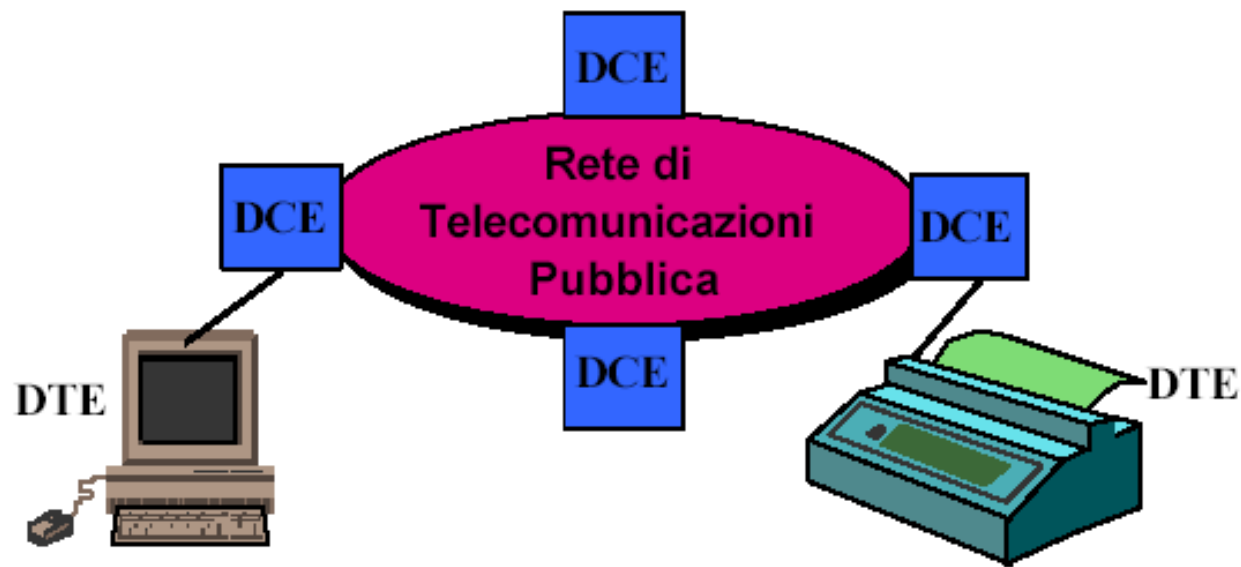
DTE: Data Terminal Equipment

Prende il nome di **Data Terminal Equipment** (brevemente **DTE**) il complesso costituito dal sistema, dal terminale (che può accompagnare o sostituire il sistema) e dalle relative risorse (applicazioni, strumenti di INput e di OUTput) collegati in rete per la trasmissione dei dati.

- Il DTE può essere dunque un mainframe, un semplice PC o anche semplicemente un terminale.
- Si può perciò affermare che lo scopo della rete è l'interconnessione dei vari DTE per la ***condivisione delle risorse, lo scambio di dati e la cooperazione tra i processi applicativi.***

Struttura schematica dettagliata di una rete di computer

- Uno schema più completo di rete tra due computer può essere quello della figura sotto.



DCE: Data Communication Equipment

DTE: Data Terminal Equipment



Struttura schematica dettagliata di una rete di computer

- Il computer A e tutte le risorse (file - database - I/O) ad esso connesse costituisce il DTE A, mentre il computer B, con le proprie risorse, costituisce il DTE B.
- Come evidenziato dalla figura, ciascun DTE è collegato alla linea di trasmissione mediante un apposito dispositivo, che prende il nome di **Data Circuit-Terminating Equipment** (brevemente **DCE**).
- Quando la linea di trasmissione è la normale linea telefonica, il DCE è un normale modem.

Struttura schematica dettagliata di una rete di computer

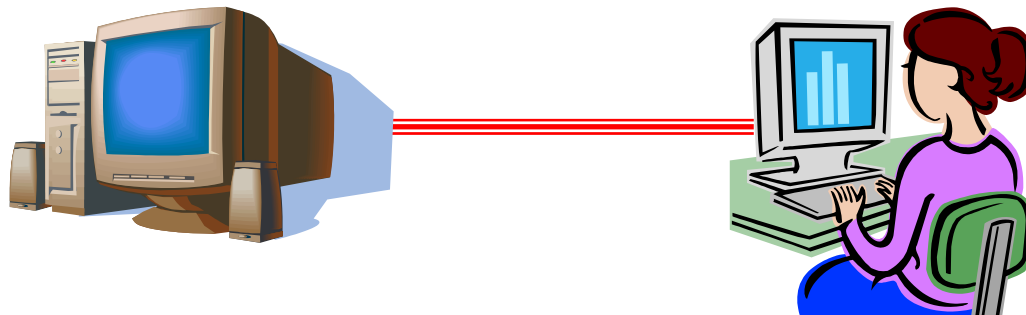
Nello schema appena tracciato si evidenziano sia connessioni logiche sia connessioni fisiche.

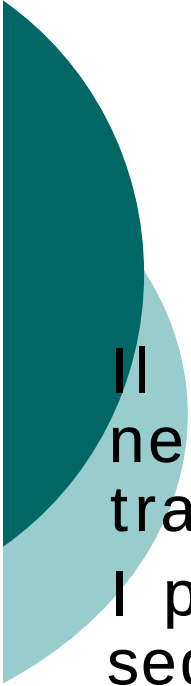
- Il termine “**logico**” significa, in questo contesto, che i DTE non *sono coinvolti con gli aspetti fisici* della trasmissione: l'applicazione A1 ha solo bisogno di inviare una richiesta di READ corredata da un qualcosa (il cosiddetto identificatore) che consenta di individuare, nel computer B, i dati richiesti; ovviamente, la controparte B1 deve essere in grado di interpretare correttamente la richiesta di READ in modo da preparare la risposta; questi sono appunto gli aspetti logici della connessione.
- L'effettivo scambio di dati avviene poi sfruttando il collegamento **fisico**, costituito dalla linea di connessione tra i due DCE, dai due DCE stessi e dalle due linee che collegano ciascun DCE col proprio computer.
- Le **interfacce** comunicative dei due DTE, ossia organi e programmi responsabili, rispettivamente, degli aspetti fisici e logici della trasmissione, dialogano tra loro mediante l'uso di protocolli: un protocollo è una serie di norme, convenzioni e tecniche per lo scambio di dati, di comandi e di informazioni di controllo tra due DTE.

Reti “punto-a-punto”

*Un circuito fisico è detto **punto-a-punto** quando collega due soli DTE.*

La figura seguente mostra un esempio di circuito punto-a-punto:





Reti “punto-a-punto”: vantaggi

Il collegamento punto-a-punto è spesso utilizzato nella connessione tra due computer oppure in quella tra un computer ed un terminale.

I principali vantaggi di questa configurazione sono i seguenti:

- **semplicità di gestione:** quello che viene trasmesso da un DTE è sempre diretto all'altro;
- **tempi di attesa nulli:** il DTE che deve trasmettere trova sempre il circuito disponibile, per cui può trasmettere ogni volta che ne ha bisogno.



Reti “punto-a-punto”: svantaggi

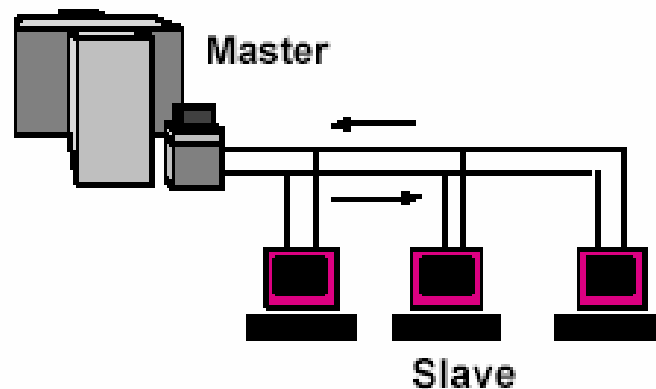
Ci sono però anche degli svantaggi, legati essenzialmente alla linea di collegamento:

- in primo luogo, il **costo** della linea, specie se essa corre su una distanza notevole, può diventare elevato;
- inoltre, una organizzazione che volesse collegare, al proprio mainframe, 10.000 terminali con questa tecnica, dovrebbe provvedere a installare 10.000 linee di collegamento.

Reti “multipunto”

*Un circuito fisico **multipunto** consiste nel mettere più di due DTE sulla stessa linea.*

La figura seguente mostra una configurazione multipunto con un numero imprecisato di DTE:





Reti “multipunto”

- La configurazione prevede dunque un *DTE principale*, le cui funzioni saranno chiare tra un attimo, collegato, tramite il proprio DCE e tramite una sola linea di comunicazione, ad un numero N di altri *DTE secondari*, ciascuno dotato del proprio DCE.
- *Il problema principale della configurazione multipunto è che può nascere una **contesa**, ossia una situazione in cui più di un DTE ha bisogno di usare la linea per trasmettere il proprio messaggio.*
- Questo problema nasce dal fatto che la linea di trasmissione è in grado di trasmettere solo **un messaggio alla volta** in ciascun senso di direzione: ciò significa che, al massimo, ci può essere un messaggio in corso di trasmissione in un senso e un altro messaggio in corso di trasmissione nel senso opposto.
- Ciò comporta che un DTE che voglia trasmettere, possa trovare la linea già occupata e debba perciò attendere che essa si liberi. Dal punto di vista dell'utente, questo significa tempi di trasmissione superiori rispetto alla configurazione punto-a-punto, visto che, in quel caso, il canale di trasmissione non può mai risultare occupato.
- Possiamo esprimerci dicendo che *il **tempo medio di attesa**, per il generico utente della rete, è **nullo** nella configurazione punto-a-punto, mentre **non-nullo** in quella multipunto.*



Reti “multipunto”

La **gestione** di una rete con la configurazione multipunto è dunque **piuttosto complessa**.

- E' necessaria la presenza di “qualcuno” che **regoli la conversazione** sul circuito fisico, ossia che stabilisca, sulla base di precise regole, quale stazione possa trasmettere in un determinato momento.
- Questo “qualcuno” è ovviamente uno dei DTE connessi alla rete e prende perciò il nome di **master**: come si nota nella figura precedente, esso è normalmente situato ad un estremo della linea e costituito da un computer.
- Gli altri DTE collegati sono detti invece **slave** e possono comunicare solo dietro autorizzazione del master.
- Il master deve dunque svolgere un lavoro ulteriore rispetto ai normali compiti applicativi e puramente trasmissivi: esso deve **dedicare risorse** per gestire in modo opportuno l'assegnazione del diritto a trasmettere sulla linea.

Reti “multipunto”: svantaggi

I principali limiti della configurazione multipunto sono i seguenti:

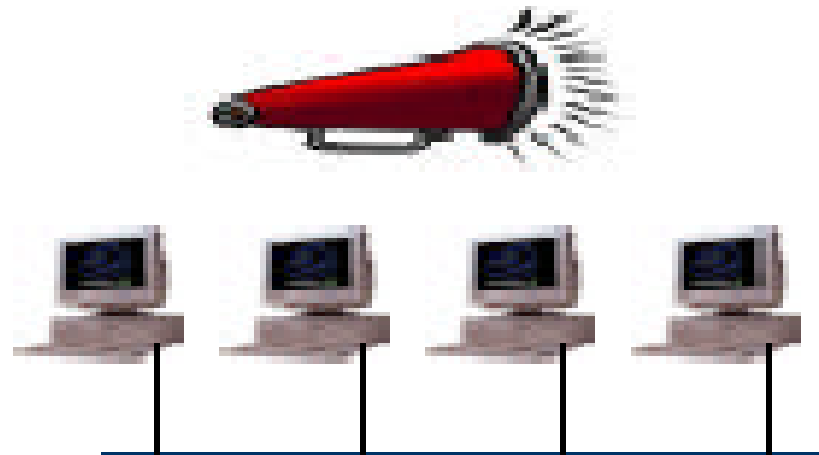
- **limiti tecnici:** ogni “*derivazione intermedia*”, ossia ogni DTE che viene inserito nella linea, comporta un **degrado delle caratteristiche elettriche** del segnale trasmesso: infatti, quanto più lungo è il percorso che il segnale deve percorrere, tanto maggiori sono i **disturbi** (e quindi le distorsioni) e le **attenuazioni** cui è soggetto; ecco perché esistono dei limiti normativi al numero dei DTE collegabili in multipunto;
- **limiti funzionali:** dato che esiste una logica di scelta, rappresentata da un preciso **protocollo**, è possibile collegare, sulla linea multipunto, solo terminali che adottino lo stesso protocollo;
- **limiti applicativi:** al crescere del numero di terminali collegati, **cresce il traffico** sulla linea e quindi, mediamente, cresce anche il *tempo di attesa*; questo è un altro motivo che obbliga a limitare il numero di terminali, in funzione del carico globale trasmesso e dei tempi di risposta tipici delle applicazioni utilizzate.
- **limiti di fault tolerance:** un altro aspetto negativo della configurazione multipunto è che, se si dovesse guastare il DTE master, ciò comporterebbe automaticamente **un blocco dell'intera rete**.

Reti “broadcast”

All'opposto delle reti multipunto e punto-a-punto si collocano le cosiddette **reti broadcast**: *queste sono dotate di un unico canale di comunicazione che è condiviso da tutti gli elaboratori.*

*Brevi messaggi (spesso chiamati **pacchetti**) inviati da un elaboratore sono ricevuti da tutti gli altri elaboratori.*

Un indirizzo all'interno del pacchetto specifica il destinatario.

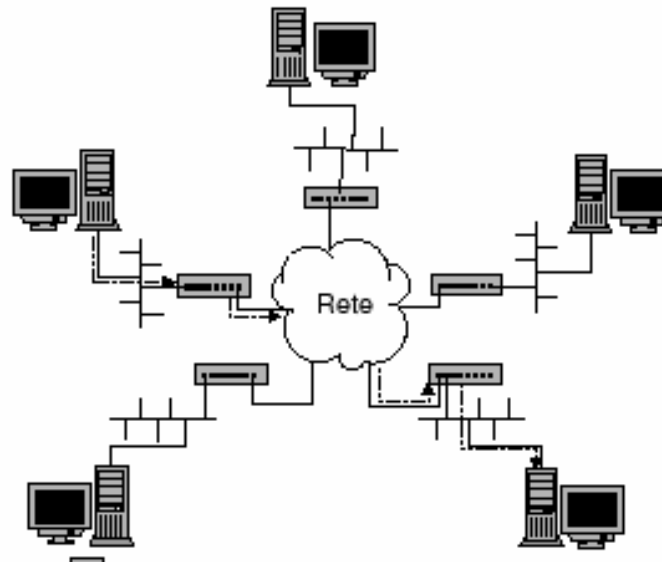


Reti “broadcast”

Quando un elaboratore riceve un pacchetto, esamina l'indirizzo di destinazione; se questo coincide col proprio indirizzo, il pacchetto viene elaborato, altrimenti viene ignorato.

Le reti broadcast, in genere, consentono anche di inviare un pacchetto a tutti gli elaboratori, usando un opportuno indirizzo.

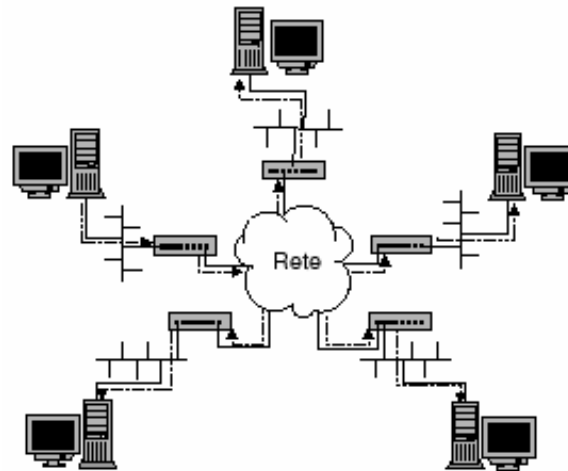
Si parla in questo caso di **broadcasting** (si pensi alla **diffusione radio-televisiva**). In tal caso tutti prendono in considerazione il pacchetto.



Reti “multicast”

Un'altra possibilità è inviare il pacchetto ad un sottoinsieme degli elaboratori: si parla in questo caso di **multicasting** e succede che solo gli elaboratori del suddetto **sottoinsieme** prendono in considerazione il pacchetto, che invece viene ignorato dagli altri.

- In ciascun pacchetto è presente **un bit** che indica che si tratta di una trasmissione in multicasting, mentre i rimanenti bit contengono l'indirizzo del gruppo destinatario ed ovviamente i dati.
- In particolare, il bit che indica o meno il multicasting appartiene allo stesso campo contenente l'indirizzo: se N sono i bit di tale campo, quindi, solo $N-1$ sono riservati all'indirizzo vero e proprio.



Flussi trasmissivi e circuiti fisici: trasmissione simplex

Il flusso trasmissivo, lungo una linea di comunicazione, può avvenire in solo 3 modi diversi, che andiamo a descrivere.

- Il caso più semplice è quello della *trasmissione **simplex**: i dati viaggiano, in questo caso, in una sola direzione.*
- Esempi classici di flussi simplex sono le trasmissioni radio-televisive e le reti di comunicazione delle agenzie stampa.
- Generalmente, il flusso trasmissivo di tipo simplex non viene utilizzato per la comunicazione dei dati, anche quando il flusso è unidirezionale: il motivo è che, nella comunicazione dei dati, è assolutamente necessario il *controllo della correttezza della ricezione*;
- Questo controllo è possibile solo se l'utente, una volta ricevuti i dati inviati dalla sorgente, può a sua volta inviare alla sorgente un messaggio che indichi la *corretta ricezione* o, in caso contrario, che richieda la *ritrasmissione*.

Flussi trasmissivi e circuiti fisici: trasmissione half-duplex

- Nella trasmissione **half-duplex**, invece, i dati possono viaggiare in entrambe le direzioni, ma non contemporaneamente.
- E' il modo classico di operare dei *terminali conversazionali*, che prevede l'invio di una richiesta, la ricezione della risposta e, sulla base di quest'ultima, l'invio di una ulteriore richiesta e così via.

Flussi trasmissivi e circuiti fisici: trasmissione full-duplex

- Il modo più completo è quello della *trasmissione **full-duplex**: in questo caso, i dati possono viaggiare, contemporaneamente, in entrambe le direzioni.*
- Esempio classico è il colloquio tra due sistemi descritto nelle prime diapositive: mentre si trasmette un certo file in una direzione, ne viene trasmesso un altro nella direzione opposta.
- Osserviamo che *il flusso full-duplex è particolarmente indicato per le reti a **configurazione multipunto**: infatti, se la linea di trasmissione è di tipo full-duplex, è possibile che il DTE master riceva una richiesta da un DTE slave e, contemporaneamente, invii una risposta ad un altro DTE slave.*

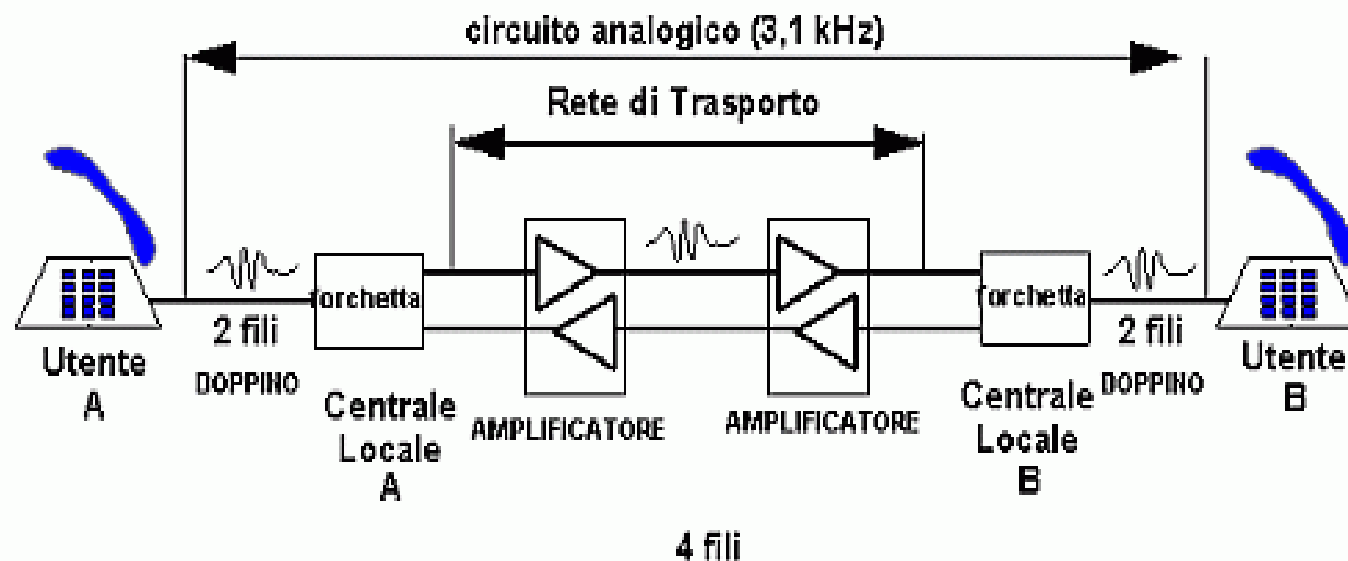


Flussi trasmissivi e circuiti fisici: osservazioni

E' bene, a questo punto, sottolineare una cosa: spesso si confondono i flussi half-duplex e full-duplex con le caratteristiche fisiche del circuito usato per la trasmissione:

- Si dice, per esempio, che la trasmissione half-duplex si realizza su un *circuito a due fili* (la classica linea telefonica), con un filo per i dati e l'altro per il ritorno elettrico, mentre si dice che il flusso full-duplex richiede il doppio **doppino telefonico**, ossia 4 fili, di cui due per i dati (uno in un senso e uno nell'altro) e due per i rispettivi ritorni elettrici.

Flussi trasmissivi e circuiti fisici: osservazioni

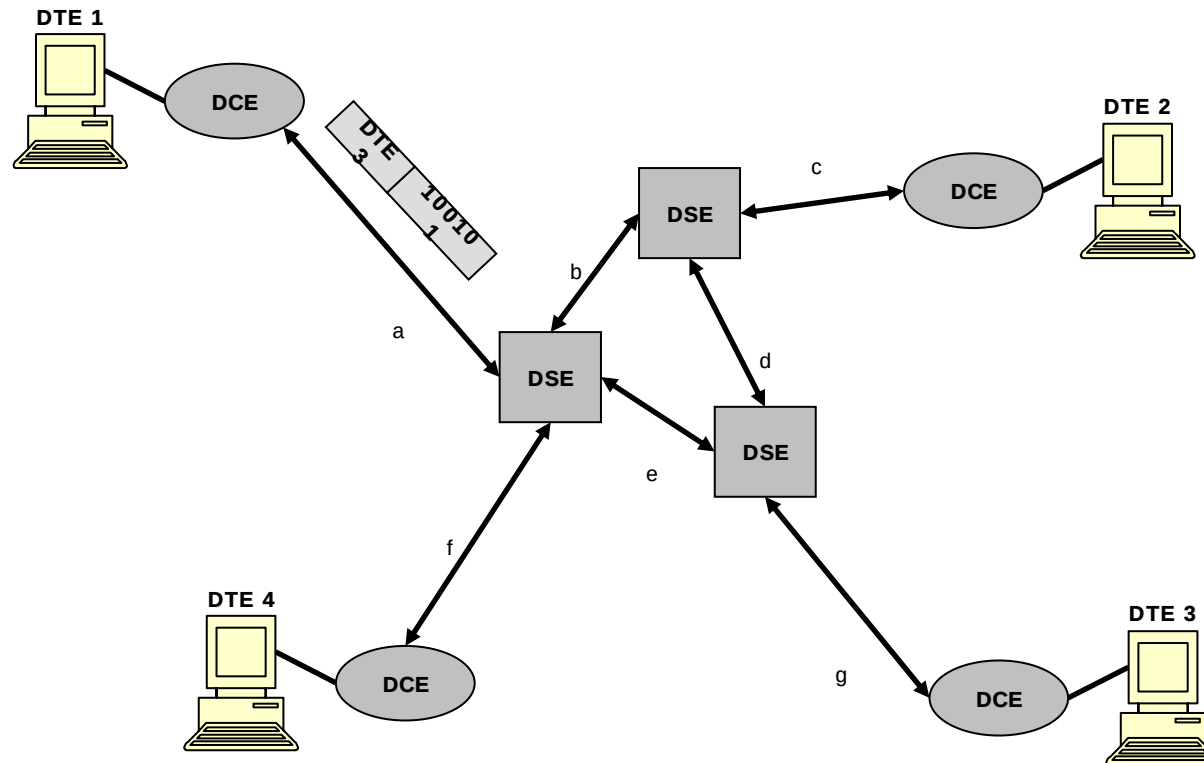




DSE: Data Switching Equipment

*Un **Data Switching Equipment** (brevemente **DSE**) o **nodo di commutazione** è un nodo intermedio della rete, senza alcuna funzione di supporto diretto agli utenti, la cui principale funzione è quella di commutare (switch) il traffico tra due o più DTE non direttamente collegati tra loro.*

DSE: Data Switching Equipment





DSE: Data Switching Equipment

Nella figura abbiamo una rete composta da quattro DTE e da tre DSE: la funzione di questi DSE è, quella di consentire il collegamento tra due o più DTE non direttamente collegati tra loro.

Per esempio, supponiamo che il DTE numero 1 voglia entrare in comunicazione con il DTE numero 3:

- per fare questo, esso invia la propria richiesta al DSE cui è collegato;
- questo DSE, a sua volta, trasmette la richiesta al DSE collegato al DTE numero 3 o, se necessario, ad un ulteriore DSE.

In definitiva, la comunicazione tra il DTE 1 ed il DTE 3 è resa possibile attraverso i DSE 1 e 3.



DSE: Data Switching Equipment

Sulla base di opportuni criteri e di adeguate informazioni di servizio, un DSE sceglie dunque la strada (detta **percorso di rete**) che i messaggi devono seguire per arrivare alla loro destinazione:

Per esempio, nell'esempio fatto, il DSE 1 può collegarsi direttamente al DSE 3 per arrivare al DTE 3, ma può anche collegarsi con il DSE 2 il quale si collega a sua volta con il DSE 2.

Per esempio, il DSE 1 potrebbe optare per questa seconda scelta nel caso in cui la linea di comunicazione con il DSE 3 fosse interrotta o malfunzionante.



DSE: Data Switching Equipment

In generale, oltre al problema delle linee malfunzionanti, può anche essere risolto, con la tecnica dei DSE, il problema dei nodi intermedi o delle linee **troppo cariche di lavoro**: questo problema rientra nel vasto campo del cosiddetto **controllo della congestione**.

Per avere un termine pratico di confronto, un DSE è analogo, dal punto di vista delle funzioni assolute, alle normali *centrali di commutazione* della **rete telefonica pubblica** oppure alle centrali telefoniche private (note con l'acronimo **PABX**, che sta per *Private Automated Branch eXchange*).

Trasmissione dei dati: la commutazione

commutazione: è quella operazione che predispone il percorso che le informazioni emesse dal mittente devono seguire per raggiungere il destinatario;

esistono fondamentalmente due tipi di commutazione;

esse sono la **commutazione di pacchetto** e la **commutazione di circuito**.



Trasmissione dei dati: commutazione di circuito

La **commutazione di circuito** è detta anche **circuit switching** e rappresenta la versione automatizzata dell'operazione che doveva fare manualmente la centralinista telefonica di antica data, armata di spine di fronte ad un grande pannello di interconnessione;

- in pratica tramite una serie di centrali di commutazioni si determina una connessione fisica diretta, anche se effettivamente priva di continuità elettrica, che rappresenta e simula un unico cavo tra le due stazioni che necessitano di comunicare;
- tale connessione è assegnata permanentemente ed unicamente alla coppia di stazioni ed è mantenuta fino al termine della comunicazione;
- caratteristiche della commutazione di circuito sono la presenza di un tempo di attivazione della connessione (variabile in funzione del traffico e della distanza delle due stazioni) e la bassa efficienza nell'uso del mezzo in quanto la connessione rimane "in piedi" anche quando i due utenti tacciono momentaneamente.

Trasmissione dei dati:commutazione di pacchetto

La **commutazione di pacchetto** è detta anche **packet switching** e si basa sulla suddivisione del messaggio in più unità autonome, ciascuna corredata delle opportune informazioni di controllo, ad esempio degli identificativi del mittente e del destinatario e del numero d'ordine del pacchetto all'interno dell'intero messaggio;

- i presupposti di questa tecnica sono un ambito strettamente digitale e una **capacità di instradamento** autonoma allocata nei singoli organi di commutazione della rete.

- è possibile combinare in maniera ibrida i due tipi di commutazione sopra descritti; si parla in tal caso di commutazione di pacchetto a circuito: due stazioni che devono comunicare fissano inizialmente il circuito (**path o virtual circuit**) che i pacchetti devono seguire.

L'intero trasferimento dei dati avverrà successivamente lungo questo percorso prestabilito, garantendo che tutti i pacchetti arriveranno nella stessa sequenza con cui sono stati trasmessi.

A sua volta però il tempo di ricerca del percorso è consistente e rappresenta un sovraccarico di lavoro non sempre trascurabile.



Topologie di rete

Prende il nome di topologia di rete la configurazione geometrica dei collegamenti tra i vari componenti della rete.

Esistono vari tipi di topologie, la scelta dei quali è legata al conseguimento di alcuni obiettivi fondamentali.



Topologie di rete: obiettivo 1

In primo luogo, *è necessario assicurare la massima affidabilità complessiva della rete*, rispettando, ovviamente, alcuni vincoli economici;

- **Affidabilità** della rete significa diverse cose: ad esempio,
 - significa trovare delle possibili strade alternative tra due DTE quando la strada normalmente percorsa (che può essere per esempio quella più breve) viene interrotta a causa del **malfunzionamento** di qualche componente intermedio (linea, DSE o altro) o a causa di un intervento di manutenzione della stessa;
 - significa anche **buona qualità** della trasmissione, ossia numero di errori più basso possibile e la presenza di strumenti e procedure per risolvere le situazioni di errore.

L'affidabilità della rete è spesso tenuta sotto controllo da strumenti (software e sistemi) che si dice svolgono funzioni di Network Management, ossia appunto gestione della rete (come ad es. HP Network Node Manager, Cisco Works 2000, Tivoli NetView, ecc.).



Topologie di rete: obiettivo 2

In secondo luogo, è necessario consentire un **alto rendimento** complessivo della rete, intendendo con questo, tra le altre cose, tempi di risposta sufficientemente brevi.

Il rendimento complessivo della rete si può misurare in transazioni elaborate nell'unità di tempo.

○ Esso dipende da una serie di fattori:

- **numero e tipo** di sistemi collegati;
- capacità di parallelismo dei sistemi, ossia **capacità di elaborare**, nello stesso tempo, più di una transazione;
- **portata della linea di trasmissione** o delle linee di trasmissione;
- numero di linee di trasmissione;
- capacità di parallelismo di trasmissione in rete.



Topologie di rete: obiettivo 3

In particolare, è importante il cosiddetto **tempo di risposta**, ossia l'intervallo di tempo che intercorre tra l'istante in cui una data applicazione fa richiesta di dati e l'istante in cui tali dati arrivano effettivamente all'applicazione.

- Questo tempo di risposta è somma di una serie di tempi:
 - *tempo di input* (tempo necessario perché l'applicazione generi la richiesta e la invii sulla linea)
 - *tempo di trasmissione in un senso* (tempo necessario perché la richiesta giunga al destinatario)
 - *tempo di elaborazione* (tempo richiesto dal destinatario per rendere disponibili i dati richiesti e inviarli sulla linea)
 - *tempo di trasmissione in senso opposto* (tempo necessario perché i dati giungano alla stazione che ne ha fatto richiesta)
 - *tempo di output* (tempo necessario perché i dati siano effettivamente a disposizione dell'applicazione cui necessitano).
- Questo tempo di risposta dipende dai seguenti fattori:
 - caratteristiche dell'applicazione che richiede i servizi della rete;
 - tipo di terminale;
 - portata e carico delle linee utilizzate;
 - numero di componenti di rete attraversati.



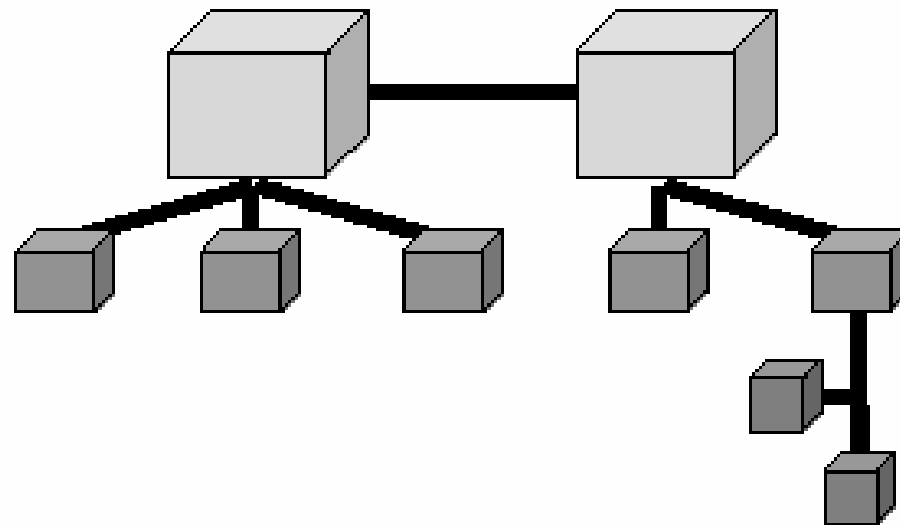
Topologie di rete: obiettivo 4

Infine, l'ultimo obiettivo da perseguire in una rete è quello di *minimizzare i costi di rete*, facendo in modo, per esempio, che il numero complessivo delle linee sia minimo (il che si può ottenere facendo ricorso a *collegamenti commutati* nel caso di terminali con basso carico trasmissivo e a *collegamenti permanenti* solo per le locazioni che interscambiano un alto volume di dati).

Sulla base di questi obiettivi la topologia della rete che si intende realizzare va scelta tra quelle elencate di seguito, che sono le più comuni.

Rete gerarchica o ad albero

Questo tipo di configurazione è quella più comune e può essere rappresentata graficamente nel modo seguente:





Rete gerarchica o ad albero

- Il traffico di dati va dai sistemi (o dai terminali) dei livelli più bassi verso i sistemi intermedi o verso il sistema del livello più alto.
- Quest'ultimo è in genere il sistema più potente dell'intera struttura, visto che deve provvedere alle richieste di tutta la rete.
- Spesso, esso è responsabile della gestione completa della rete, ma è anche possibile che ci sia una cooperazione, per la gestione ed il controllo della rete, tra il sistema principale e alcuni o tutti i sistemi del livello immediatamente inferiore: per esempio, a tali sistemi di livello inferiore possono essere affidati compiti gestionali specifici oppure limitati ad una specifica sottorete.



Rete gerarchica o ad albero

Per quanto riguarda le applicazioni residenti nei vari sistemi, ce ne sono alcune che interessano la generalità o quasi degli utenti nel sistema di livello più alto (nel senso che sono accessibili solo da questi), mentre altre applicazioni sono interesse sempre più locale man mano che si scende nella gerarchia.

La topologia a rete gerarchica presenta fundamentalmente i seguenti **inconvenienti**:

- il sistema principale, se è **sovraccarico di lavoro**, può diventare un **collo di bottiglia** per l'intera rete, il che comporta un **rallentamento** dei servizi per tutti gli utenti;
- inoltre, la **caduta** del sistema principale rende inoltre inutilizzabile l'intera rete.

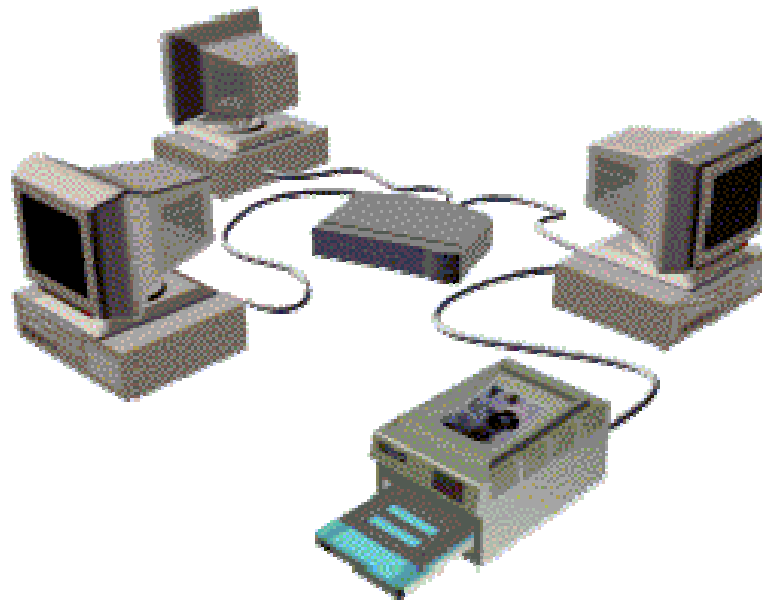
A quest'ultimo inconveniente si può però ovviare adottando un **sistema di back-up**: bisogna cioè mettere in grado uno o più altri sistemi della rete di svolgere le stesse funzioni del sistema principale nel momento in cui questo dovesse venire a mancare.

Rete a stella

La configurazione a stella è simile a quella ad albero, con la fondamentale differenza che non c'è alcuna distribuzione funzionale, ossia non ci sono livelli diversi: in altre parole, tutte le funzioni riguardanti gli utenti periferici sono realizzate nel nodo centrale.

Questa topologia presenta, accentuati, gli stessi pregi e difetti della struttura ad albero.

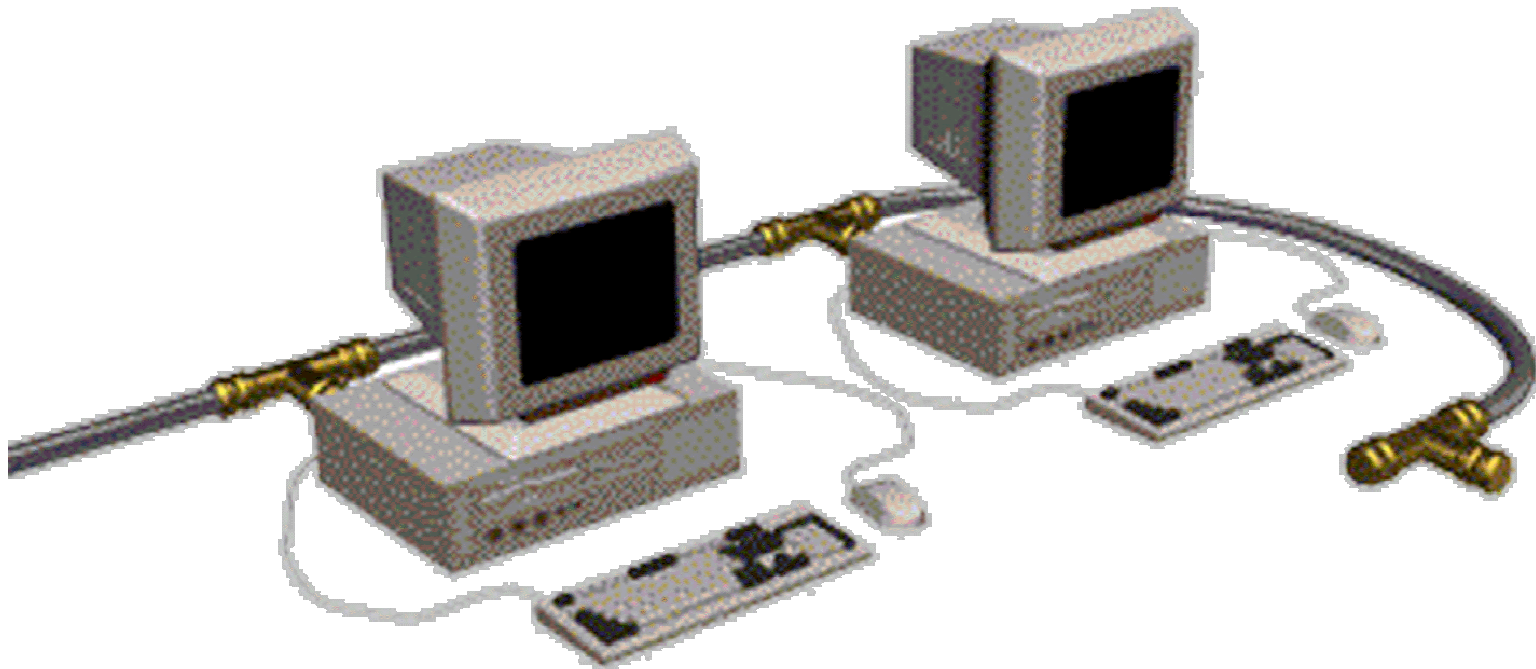
Lo schema è dunque il seguente:

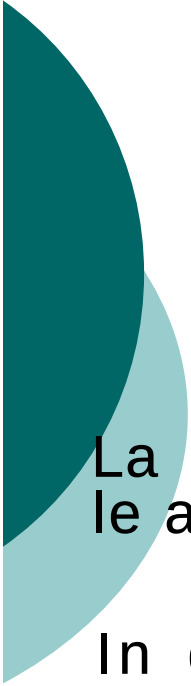


Rete a dorsale

Questa configurazione è diventata popolare in quanto è adottata dalle reti locali di tipo **Ethernet**.

La caratteristica è che c'è un unico cavo che collega tutte le stazioni, come nello schema seguente:





Rete a dorsale

La trasmissione di una stazione viene ricevuta da tutte le altre.

In qualche modo, è l'analogo del bus che viene usato nelle architetture dei moderni calcolatori:

- il *bus* è l'insieme di cavi elettrici che mettono in comunicazione tutti i dispositivi (CPU, memoria, periferiche) da cui il calcolatore è costituito.



Rete a dorsale

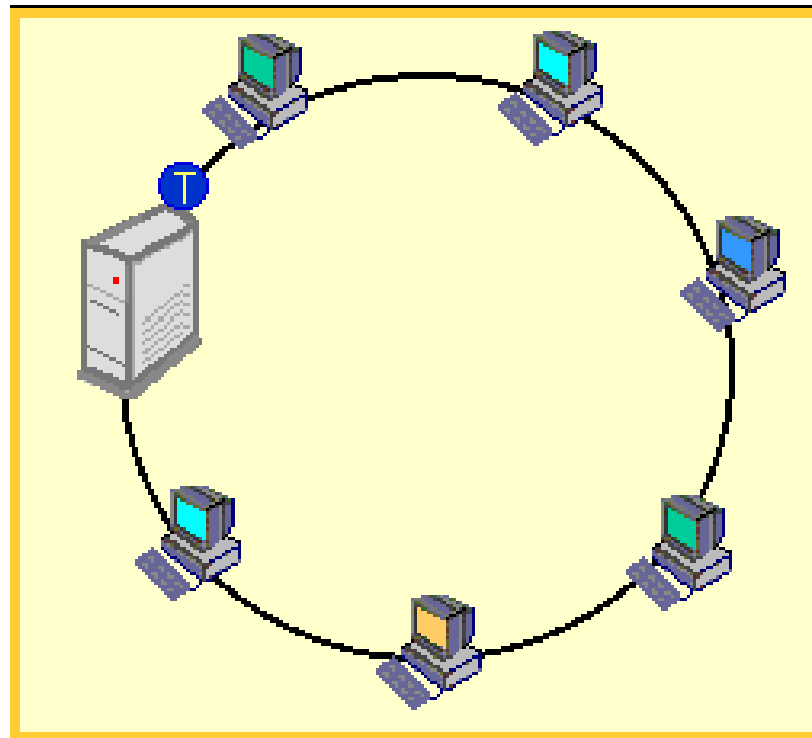
Il vantaggio fondamentale della *configurazione a dorsale* è nel **software per l'accesso**, il quale, nel caso di rete locale, è davvero molto semplice.

I principali inconvenienti sono invece i seguenti:

- i potenziali problemi di prestazioni dovuti al fatto che unico cavo serve tutte le stazioni;
- una eventuale interruzione del cavo mette fuori uso l'intera rete;
- la mancanza di punti di concentrazione rende difficoltosa l'individuazione di eventuali punti di malfunzionamento.

Rete ad anello (ring)

Questa configurazione è stata resa da popolare dalle **LAN** (che sta per *Local Area Network*) di tipo *Token-Ring*. Essa è schematizzata nella figura seguente:





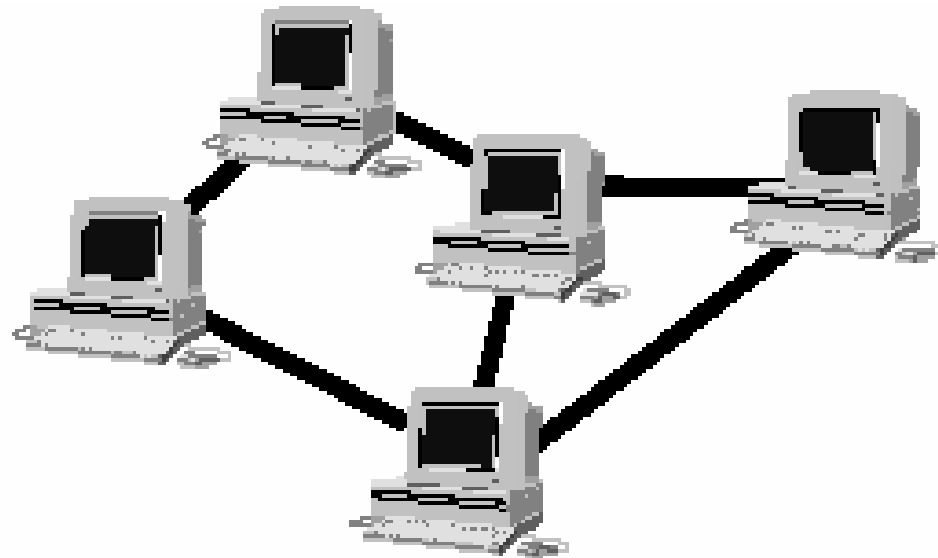
Rete ad anello (ring)

La trasmissione è in questo caso unidirezionale (i dati viaggiano cioè solo in un senso), ma, essendo l'anello un circuito chiuso su se stesso, è possibile inviare un messaggio da qualsiasi stazione verso qualsiasi altra.

Un importante pregio di questa topologia è che apre ottime prospettive per l'utilizzo della **fibra ottica**.

Rete a maglia

Quest'ultima topologia consiste nel collegare le varie stazioni con diversi circuiti, ad esempio come indicato nella figura seguente:





Rete a maglia

- Una topologia di questo tipo assicura buone prestazioni in quanto il **traffico viene ripartito** sui vari percorsi.
- Inoltre, essa conferisce una **elevata affidabilità** all'intera struttura, proprio grazie alla presenza di ***percorsi multipli***.
- Allo stesso tempo, però, i **costi** dei collegamenti possono anche essere **elevati** ed inoltre la gestione della struttura è chiaramente più complessa rispetto agli altri casi esaminati.



Collegamenti commutati

Tutte le topologie di rete esaminate hanno una caratteristica comune: ognuna di esse presuppone l'esistenza di collegamenti permanenti tra le stazioni collegate.

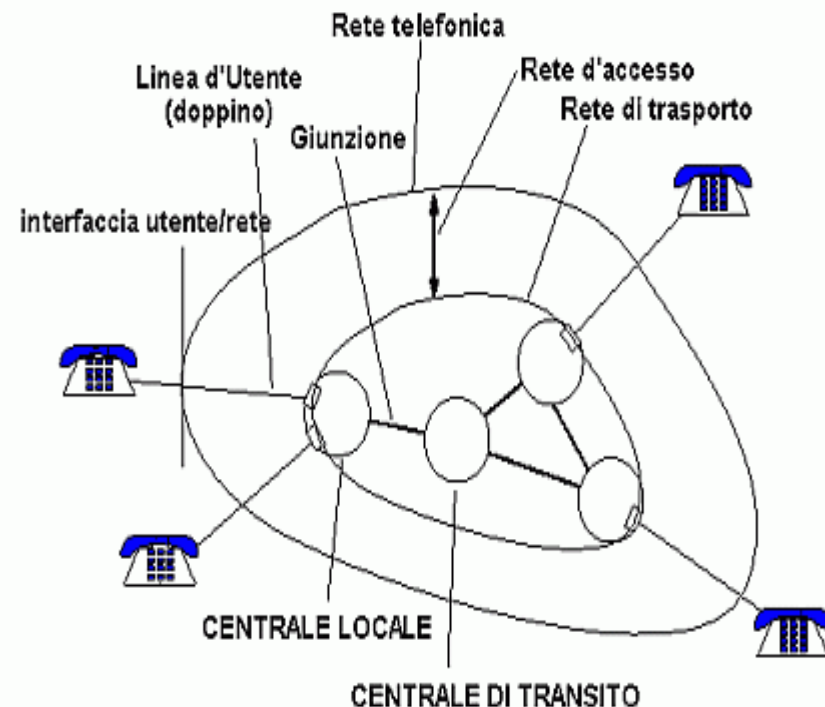
Tuttavia, il collegamento tra due stazioni, specie quando esse devono scambiare un numero modesto di informazioni, è spesso di tipo *commutato*:

*un collegamento tra due stazioni si dice di tipo **commutato o switched** quando la connessione fisica tra le due stazioni viene attivata solo quando necessario.*

Collegamenti commutati

I collegamenti di tipo commutato vengono effettuati tipicamente tramite le normali linee telefoniche pubbliche.

○ Lo schema della figura seguente mostra la struttura di base della rete telefonica pubblica





La rete telefonica pubblica

- I meccanismi prima elencati valgono ovviamente sia nel caso delle normali conversazioni telefoniche, sia anche nel caso di connessione commutata per lo scambio di dati.
- E' possibile tuttavia, per le apparecchiature dati, chiedere a **TELECOM ITALIA** l'installazione di un **collegamento permanente** (*o dedicato o leased, tutti sinonimi*), ossia di un *circuito fisico ad uso esclusivo delle due stazioni interessate*.
- In effetti, il sistema telefonico riveste un ruolo centrale per le comunicazioni a distanza fra computer, per vari motivi:
 - sarebbe proibitivo in termini di costi connettere, con appositi cavi, apparecchiature distanti centinaia di km o più, per cui diventa molto comodo appoggiarsi ad una cablatura già esistente;
 - è illegale, praticamente in tutti i paesi, stendere cavi sul suolo pubblico.



La rete telefonica pubblica

- Purtroppo il sistema telefonico pubblico è nato e si è evoluto in funzione delle esigenze della fonia e solo recentemente sta diventando realmente **adatto al traffico** dati, grazie ai nuovi mezzi trasmissivi quali le **fibre ottiche**.
- A titolo di esempio, si consideri la seguente tabella in cui si nota come le prestazioni della linea telefonica, in termini di velocità di trasmissione (**data rate**) e di **tasso di errore** (inteso come numero medio di errori su ogni gruppo di N bit), sono di diversi ordini di grandezza peggiori rispetto a quelle di un normale cavo usato per connettere 2 computer:

	Data rate	Tasso di errore
Cavo fra 2 computer	$10^7 - 10^8$ bps	1 su $10^{12} - 10^{13}$
Linea telefonica	$10^4 - 10^5$ bps	1 su 10^5



Velocità di trasmissione

Ad ogni modo, a prescindere dal tipo di segnalazione binaria usata, una linea è caratterizzata dalla sua *portata*:

• *si definisce **portata** di una linea il numero di bit al secondo (brevemente **bps**) che è possibile immettere su di essa.*

Per esempio, supponiamo di avere un terminale capace di trasmettere a 4800 bps sulla linea cui è collegato: ciò significa che il terminale può inviare 4800 bit al secondo sulla linea.

Allora, se il messaggio da trasmettere è lungo complessivamente 9600 bit, è chiaro che saranno necessari $9600/4800=2$ secondi perché tale messaggio venga trasmesso.



Velocità di trasmissione

E' chiaro che *maggiore* è la portata trasmissiva di una linea, più *veloce* è la trasmissione dei vari messaggi.

Questo è il motivo per cui spesso si confondono, impropriamente, i termini “**portata**” della linea con la “**velocità**” della linea stessa.

I valori di portata per le normali linee telefoniche sono diversi a seconda che la linea sia commutata o dedicata o che si tratti di una linea di speciale qualità:

- le normali linee commutate vanno da un minimo di **600bps** ad un massimo che attualmente è di **57600 bps**;
- le linee dedicate raggiungono valori di **64000** bps e superiori;
- le linee espressamente progettate per la trasmissione digitale (tipicamente le fibre ottiche) sono in grado di arrivare anche a 1000 Mbps e sono previsti ulteriori incrementi (10.000 Mbps).



Velocità di trasmissione

- Ad ogni modo, si tenga presente che i segnali si **degradano** sempre, mentre si **propagano** nei mezzi trasmissivi, rispetto al segnale originario.
- Questo degrado, se supera un certo valore, rende il segnale originario irriconoscibile e porta quindi ad **errori di trasmissione**.
- I motivi fisici del degrado sono molteplici: citiamo la distanza della comunicazione, la velocità trasmissiva ed il tipo di conduttore usato.
- Ecco dunque che ***è consigliabile limitare, specialmente sulle lunghe distanze, la velocità trasmissiva.***
- Grazie alla introduzione della fibra ottica al posto del normale cavo conduttore in rame, si è ottenuta una riduzione del degrado del segnale e si possono perciò **raggiungere maggiori velocità di trasmissione**.



Protocollo

*Un **protocollo** è una serie di norme, convenzioni e tecniche per lo scambio di dati, di comandi e di informazioni di controllo tra due DTE.*

Esistono molti **livelli** di protocolli: si va dal livello più basso, che regola il modo di trasmettere i segnali binari sulla linea (**protocollo di connessione**), al livello più alto, che invece indica come interpretare dati e comandi a livello applicativo, passando per una serie variabile di ulteriori livelli.

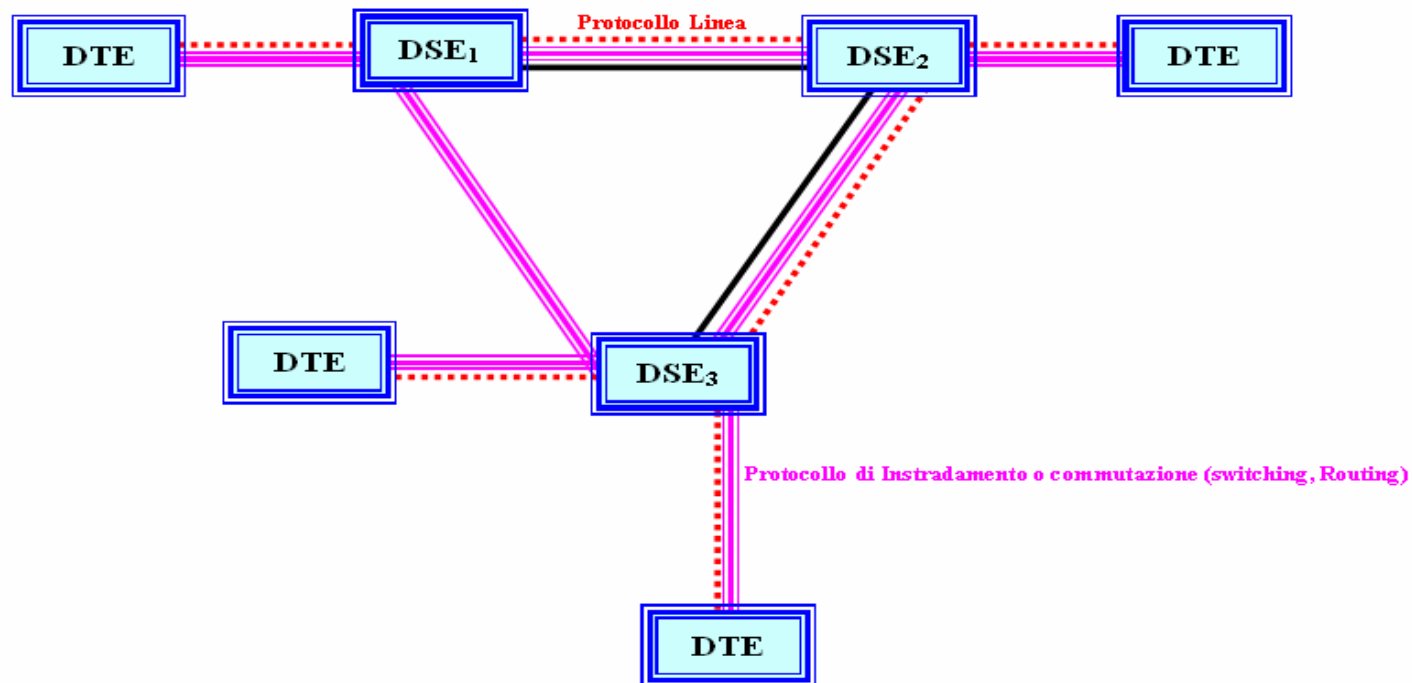


Protocollo

Nella interazione tra le stazioni di una rete vanno utilizzati vari tipi di protocolli.

- Consideriamo il caso di una trasmissione di dati tra due stazioni: la situazione più semplice è quella in cui le 2 stazioni si trovano agli estremi di una singola linea; in questo caso, è sufficiente un **protocollo di linea** per regolare il flusso tra le due stazioni;
- diverso è il caso in cui le 2 stazioni sono connesse mediante più linee oppure fanno parte di una *rete magliata* (come quella della figura seguente), nel qual caso potrebbero comunicare attraverso percorsi (o strade, o **route**, costituite da linee e nodi da attraversare) diversi.

Protocollo



Rete magliata costituita da 4 computer (DTE) connessi tramite 3 nodi di commutazione (DSE detti anche switch). Il protocollo che sovrintende al passaggio dei dati sulla singola linea è un protocollo di linea, mentre quello che sovrintende al collegamento tra DTE sorgente e DTE destinazione è un protocollo di instradamento (o di commutazione).



Protocollo

Una volta individuata la stazione (DTE) destinazione, bisogna stabilire quale strada usare per connetterla alla stazione (DTE) sorgente.

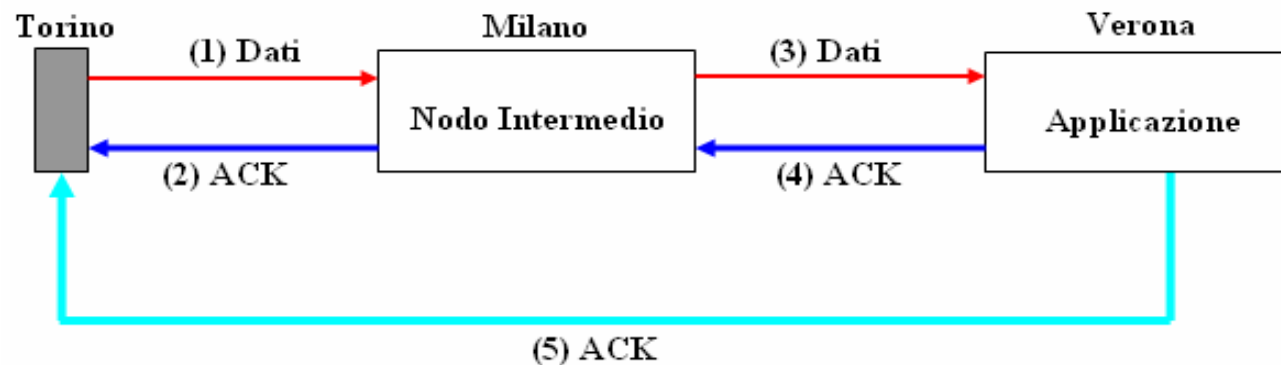
Questa scelta compete al cosiddetto **protocollo di instradamento** (**routing protocol**) che quindi si aggiunge al *protocollo di linea* necessario al passaggio di dati su ciascuna linea. In altre parole, solo dopo la scelta del percorso interviene il protocollo di linea per la gestione dei singoli collegamenti.

Tale protocollo viene usato tante volte quante sono le linee che costituiscono il percorso fissato.

Protocollo

C'è poi un ulteriore livello superiore di protocollo.

Per illustrarlo, consideriamo la figura seguente, in cui è presente un terminale, situato fisicamente a Torino, che intende connettersi ad una applicazione situata fisicamente a Verona:



Conferme da applicazione (**Verona**) ad utente (**Torino**) mediante protocollo di transport.

I numeri tra parentesi indicano la sequenza temporale dei messaggi:

- (1) dati dal terminale al nodo intermedio
- (2) conferma dal nodo intermedio all'utente
- (3) dati da nodo intermedio all'applicazione
- (4) conferma dall'applicazione al nodo intermedio
- (5) conferma dell'applicazione all'utente



Protocollo

- L'unica possibilità perché il terminale di Torino comunichi con l'applicazione di Verona è quella di passare attraverso il *nodo intermedio* situato a Milano. Non si pone dunque il problema della *scelta del percorso*, essendo presente 1 sola possibilità.
- Il terminale di Torino invia un messaggio per il terminale di Verona e lo fa usando un protocollo di linea; tale protocollo, comunque sia stato pensato, prevede una risposta da parte della stazione ricevente sull'esito positivo o negativo della trasmissione.
- Tuttavia, il protocollo di linea effettua la trasmissione solo fino al nodo intermedio di Milano, per cui è quest'ultimo che effettua il controllo di correttezza della trasmissione.



Protocollo

- Supponiamo allora che non ci siano stati errori: in questo caso, il nodo di Milano risponde con una conferma positiva (detta **ACK**, che sta per *ACKnowledgement*) che viene inviata a Torino. Questo messaggio significa semplicemente che, a livello di linea, la trasmissione è andata bene. Non ha però niente a che vedere con l'esito dell'operazione complessiva: infatti, lo stesso messaggio che da Torino è arrivato a Milano, deve ora andare a Verona.
- Supponiamo che anche su questa seconda tratta non si verifichino errori, per cui l'applicazione di Verona invia un ACK al nodo di Milano. Questo secondo ACK, unito a quello Milano-Torino, significa di fatto che tutto è andato bene, ma non arriva a Torino, in quanto è un messaggio a livello del protocollo di linea, che quindi si ferma a Milano. A questo punto, il terminale di Torino non sa ancora se il proprio messaggio è effettivamente arrivato a Verona e, se sì, con o senza errori.
- E' allora necessario un protocollo di livello superiore che invii un ACK direttamente da Verona a Torino, cioè da destinazione a sorgente. Questo è il cosiddetto **protocollo di transport**.



Protocollo

- La differenza è dunque evidente: un *protocollo di linea*, che agisce sulle singole tratte, è di tipo **box-to-box**, mentre un *protocollo di transport* è di tipo **end-to-end**.
- Viene subito da pensare che i *protocolli end-to-end* possano comportare un **traffico maggiore sulla rete**: infatti, se il protocollo di transport aggiungesse, ai dati dell'utente, dei messaggi dedicati (che includano appunto un ACK o l'analogo negativo NCK), il numero di informazioni in transito sarebbe sicuramente maggiore.
- *Si ovvia allora a questo inconveniente inserendo le informazioni end-to-end in specifici campi di messaggi contenenti anche dati d'utente.*
- Quando questo è possibile (e non sempre lo è), l'esito è effettivamente di **non appesantire la rete**.



Tipi di rete

	Ambito	Distanza (m)	Rete
Calcolatori Paralleli	Circuito stampato	0,1	Massive paralle
	Sistema	1	Multi Processor
	Stanza	10	Cluster
Reti di calcolatori	Edificio	100	Reti Locali
	Comprensorio	1.000	Reti Locali Estese
	Città	10.000	Reti Metropolitane
	Nazione	100.000	Reti Geografiche
	Continente	1.000.000	Reti Geografiche
	Pianeta	10.000.000	Reti Geografiche



WAN (Wide Area Network): caratteristiche

Per le WAN possiamo citare le seguenti caratteristiche generali:

- collegano diversi sistemi elaborativi, spesso distanti centinaia o anche migliaia di chilometri (per cui si parla di **reti geografiche**);
- spesso il numero di terminali collegati è molto elevato (dell'ordine delle migliaia);
- hanno spesso una **struttura a maglia** ed una configurazione dei collegamenti a volte complessa;
- le linee vengono affittate dal gestore pubblico, per cui si tende ad ottimizzarne lo sfruttamento, nei limiti delle possibilità tecnologiche e normative, collegando quanti più DTE possibile sulla stessa linea; in questi casi, la struttura a maglia serve a garantire strade alternative nel caso di indisponibilità di qualche componente o per ripartire il traffico su più percorsi;
- in alternativa alla configurazione a maglia, possono avere una topologia che fa capo ad un sistema principale (**mainframe**), dal quale partono diverse linee, dirette o a stazioni terminali (**host**) oppure a nodi intermedi (**switch**); a loro volta, i nodi intermedi hanno altre linee che vanno verso stazioni utente o altri componenti di livello inferiore;



WAN (Wide Area Network):caratteristiche

- Utilizzano linee che, date le notevoli distanze, operano spesso a bassa velocità; si tratta inoltre di linee con *tasso d'errore* spesso non trascurabile.
- Le reti geografiche, quindi, si basano sui servizi offerti dal fornitore nazionale di telecomunicazioni.
- In Italia, ad esempio, la trasmissione dati è nata con i **CDA** (**Canali Diretti Analogici**) i quali sono stati sostituiti nel tempo con i **CDN** (**Canali Diretti Numerici**) forniti dalla Telecom Italia. Le velocità di tali canali attualmente variano dai 2400 b/s ai 2 Mb/s.
- Sono inoltre state realizzate reti pubbliche per la sola trasmissione dei dati quali quelle conformi allo standard X.25 (in Italia ITAPAC).
- Grazie anche alla liberalizzazione del mercato delle telecomunicazioni stanno comparando nuove offerte di rete pubblica (WAN e MAN).
- Tra queste ricordiamo **Frame-Relay**, **SMDS** (**Switched Multi-Megabit Data Service**) e **ATM** (**Asynchronous Transfer Mode**), che sono concepite per trasmissione dati a velocità rispettivamente medie (64 Kb/s-2 Mb/s), alte (2 Mb/s-34 Mb/s) e altissime (155 Mb/s e oltre).



LAN (Local Area Network): caratteristiche

Passando alle LAN, abbiamo invece le seguenti caratteristiche:

- i canali sono privati e non escono perciò dall'ambito di un'area privata (senza attraversamento del suolo pubblico); di conseguenza, queste reti hanno una estensione massima dell'ordine di decine di km; i costi principali sono dunque quelli delle apparecchiature, mentre sono trascurabili quelli relativi alle linee stesse;
- usano velocità molto maggiori rispetto alle WAN: in generale, si può dire che esiste almeno un ordine di grandezza in più per la velocità delle LAN rispetto alla velocità delle WAN;
- hanno alta affidabilità e quindi bassissimo tasso di errore.
- Accanto alle due reti locali "storiche" Ethernet e Token Ring si sono oggi aggiunte tutte quelle comprese nel **progetto IEEE 802** e altre ancora che sono state standardizzate da altri enti (ad esempio l'ANSI ha standardizzato FDDI).
- Dato che l'estensione è limitata a comprensori privati, le LAN non necessitano di essere conformi agli standard CCITT.

LAN (Local Area Network):caratteristiche

- Le velocità trasmissive sono comprese nell'intervallo 10-100-1000 Mbps.
- Il mercato delle medie prestazioni è ormai dominato da IEEE 802.3 (evoluzione di Ethernet), mentre quello delle alte prestazioni è in grande fermento per i molti contendenti: FDDI, Ethernet a 100 Mb/s e ATM.
- Tutte queste reti adottano come mezzo trasmissivo preferenziale il **doppino** di rame e la **fibra ottica** per le dorsali.



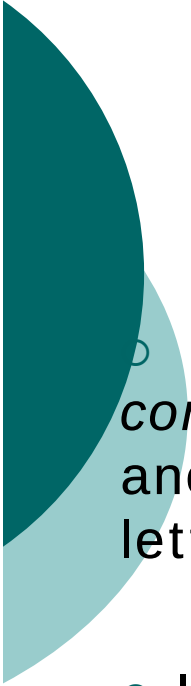
LAN e WAN: caratteristiche comuni

- Una caratteristica comune di WAN e LAN riguarda il modo con cui può avvenire la comunicazione tra due DTE della rete.
- Ci sono infatti due modi:
 - Connection oriented mode (orientato alla connessione)
 - Connectionless oriented mode (non orientato alla connessione)



Connection oriented mode

- Nel **connection oriented mode** (*orientato alla connessione*) i due DTE, prima di effettuare lo scambio di dati, si assicurano della presenza reciproca in linea;
- fatta questa verifica, viene instaurata la *connessione* (o *colloquio* o *sessione*), la quale dura per tutto il tempo necessario allo scambio dati;
- non appena tale scambio è terminato, anche la connessione viene abbandonata.
- La connessione è continuamente **gestita dal software** dei due DTE, il quale svolge diverse funzioni: gestione del ritmo di interscambio (quindi essenzialmente della **velocità di trasmissione**), controllo delle regole dello scambio, capacità di interrompere la controparte (ad esempio quando c'è da inviare un messaggio urgente), controllo degli errori ed eventuale loro correzione.
- Tutti questi controlli assumono importanza critica nelle WAN, data la bassa affidabilità delle linee.



Connectionless oriented mode

- Nel **connectionless oriented mode** (*non orientato alla connessione*) un DTE può inviare un messaggio all'altro DTE anche se questo **non è** presente in linea; è come affidare le lettere alla posta, sperando che vengano consegnate.
- Il vantaggio è che non sono necessari servizi di controllo o di supporto, il che può essere vantaggioso per le LAN, mentre non è molto opportuno per le WAN, per i citati problemi di scarsa affidabilità.



Connectionless oriented mode

- Il problema principale del *connectionless mode* riguarda il **controllo degli errori** che, sia pure raramente, possono verificarsi: infatti, non essendoci controlli immediati durante la trasmissione, il DTE sorgente non può sapere come è andata la trasmissione.
- D'altra parte, *l'onere dei controlli ripetitivi spesso diventa inutile sulle reti ad alta affidabilità, dove gli errori sono decisamente pochi.*
- La soluzione cui si può pensare è allora quella di affidare il controllo degli errori direttamente alle applicazioni, il che alleggerisce i protocolli di linea, che possono occuparsi solo del trasporto dei dati, nonché anche i nodi intermedi, che devono occuparsi solo di instradare i dati sui percorsi desiderati.
- Quest'ultimo concetto è di importanza cruciale.



Controllo di congestione del flusso

- il **controllo di congestione del flusso** è un problema che rientra nel vasto campo delle reti di telecomunicazioni.
- Esistono software specifici per il monitoraggio di tale problematica come **Cisco Netflow Cache**.



*FACOLTA' DI SCIENZE MM. FF. NN.
Corso di laurea in Informatica*

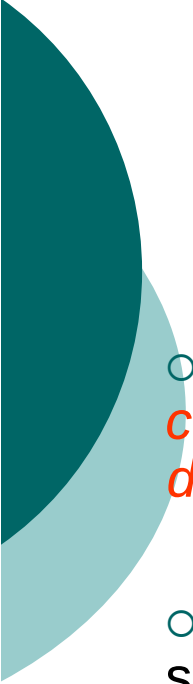
Sistemi per l'elaborazione dell'informazione: RETI

Il modello ISO/OSI

a cura del prof. G. Russo (grusso@unina.it)

ing. A. Violetta (violetta@unina.it)

©2004



Introduzione

- *Il collegamento e la cooperazione tra sistemi informatici che utilizzano sistemi operativi incompatibili tra loro è una delle principali esigenze del mercato attuale.*
- I sistemi capaci di interagire tra loro, pur basandosi su sistemi operativi incompatibili, sono detti **aperti** quando permettono le comunicazioni in accordo con gli standard specificati nel modello generale **Open System Interconnection (OSI)**.
- Questi standard sono stati definiti da una speciale commissione dell'**International Standard Organization (ISO)**, ossia l'agenzia dell'ONU responsabile degli standard internazionali, inclusi quelli delle comunicazioni.



Introduzione

Questi standard sono nati come risposta alla diffusa esigenza di interconnettere tra loro sistemi incompatibili.

La difficoltà di fondo consiste nel far comunicare tra loro due o più *processi* che usano, internamente, regole e tecniche diverse.

Per *processi o entità* possiamo intendere sia *sistemi informativi* veri e propri sia le *applicazioni* o gli utenti che interagiscono tra loro tramite i *terminali* di sistema.



Introduzione

Ci si è preoccupati quindi di definire **le strutture** dei dati trasmessi, **le regole** e i **comandi** per la gestione dello scambio dati tra applicazione o tra utenti, i meccanismi di controllo che assicurano uno scambio **senza errori**.



Il modello ISO/OSI

Il **comitato ISO** ha stabilito le regole e le opzioni per tali interazioni, definendo un **modello di riferimento**.

Un modello di riferimento è cosa diversa da un'architettura di rete:

- un *modello di riferimento* definisce il numero, le relazioni e le caratteristiche funzionali dei livelli, ma non definisce i protocolli effettivi;
- una *architettura di rete* definisce l'insieme di tutti i protocolli che regolano lo scambio di messaggi tra entità dei vari livelli paritari, la struttura gerarchica a pila dei vari livelli su cui operano tali protocolli e le interfacce tra i vari livelli.



Il modello ISO/OSI

Un modello di riferimento, quindi, non include di per sé la definizione di protocolli specifici, che invece vengono definiti successivamente, in documenti separati, come appunto accaduto dopo l'introduzione del **modello ISO/OSI**.



Il modello ISO/OSI

OSI introduce il concetto di **sistema** (*system*) come un insieme di uno o più elaboratori con il relativo software, periferiche, terminali, operatori umani, processi, ecc. che complessivamente è in grado di elaborare dati.

Nell'ambito di un sistema un'*applicazione* (*application*) è l'elemento che effettivamente svolge l'elaborazione dei dati.

Il modello OSI tratta lo scambio di informazioni tra i sistemi e non come i sistemi sono realizzati o funzionano al loro interno. Tale trasferimento di informazioni avviene su *mezzi fisici* (*physical media*).



Il modello ISO/OSI

- Il modello di riferimento ISO/OSI suddivide le necessarie funzioni logiche in sette diversi *strati funzionali*, detti **layer** (*livelli*).
- *L'insieme dei 7 layer garantisce tutte le funzioni necessarie alla rete comunicativa tra sistemi, nonché una gamma molto ampia di funzioni opzionali* (come ad esempio la compressione e la cifratura dei dati);
- in tal modo, si è in pratica suddiviso un compito complesso in un insieme di compiti più semplici.

Il modello ISO/OSI

La figura seguente, che in seguito sarà ampiamente commentata, illustra tali livelli organizzati gerarchicamente in una pila verticale:





Il modello ISO/OSI: livello 1 Fisico

- Il **livello 1** del modello OSI è il **livello Fisico**, che si occupa di trasmettere sequenze binarie sul canale di comunicazione;
- a questo livello si specificano, ad esempio, le **tensioni che rappresentano 0 e 1** e le caratteristiche dei cavi e dei connettori.
- la trasmissione del messaggio può finalmente avvenire, per cui il messaggio viene passato **all'adattatore di linea**, il quale provvede ad inviare, uno alla volta, i singoli bit, in accordo con l'interfaccia fisica della linea utilizzata.
- La trasmissione avviene tramite una collaborazione dell'adattatore con il dispositivo **DCE** che collega il sistema alla linea trasmissiva (ad esempio il *modem*).

Il modello ISO/OSI: livello 2 Data Link

- Il **livello 2** è il **livello Data Link**, che ha come scopo la trasmissione sufficientemente affidabile di trame (*frame*);
- accetta come input dei pacchetti di livello 3 (tipicamente poche centinaia di bit) e li trasmette sequenzialmente.
- Esso verifica la presenza di errori aggiungendo delle **FCS** (*Frame Control Sequence*) e può gestire meccanismi di **correzione** di tali errori tramite ritrasmissione.
- L'ultimo passo, prima della trasmissione vera e propria, è quello di strutturare il messaggio secondo il formato previsto dal protocollo utilizzato sulla linea in uscita.

Il modello ISO/OSI: livello 3 Network

- Il **livello 3** è il **livello Network**, che gestisce l'instradamento dei messaggi;
- esso determina se e quali sistemi intermedi devono essere attraversati dal messaggio per giungere a destinazione, quindi deve gestire delle **tabelle di instradamento** e provvedere ad instradamenti alternativi in caso di guasti (**fault tolerance**).
- è necessario scegliere il percorso effettivo dei dati in rete, a meno che la scelta non sia stata fatta precedentemente e per tutti i messaggi della connessione.
- Ad esempio, possiamo pensare a 2 stazioni che possono essere collegate o tramite una **linea dedicata**, nel qual caso la scelta del percorso non si pone, oppure tramite un percorso di rete (utilizzando perciò dei **nodi intermedi**) che può variare ogni volta, cioè per ogni connessione, o anche nel corso della trasmissione stessa.
- Opportuni **algoritmi** di scelta (*instradamento*) determinano il percorso basandosi sulle strade di rete esistenti;



Il modello ISO/OSI: livello 4 Trasporto

-
- Il **livello 4** è il **livello Trasporto**, e fornisce trasferimento trasparente di informazione tra entità del livello sessione.
 - In particolare, si occupa di fornire un **trasferimento dati affidabile** e di **ottimizzare** l'uso delle risorse di rete.
 - Compiti del livello 4 saranno quindi tipicamente la **frammentazione**, la **correzione degli errori** e la **prevenzione della congestione** della rete.
 - Prima ancora di effettuare la trasmissione, devono essere definiti una serie di dettagli tecnici, che dovranno essere in accordo con le regole del dialogo; ad esempio, tra questi dettagli tecnici citiamo il numero di sequenza del messaggio, la specifica se esso può essere suddiviso in rete durante la trasmissione, i provvedimenti da prendere se il messaggio arriva errato e altro ancora.
 - Il livello 4 è il più basso livello a trascurare la topologia della rete e la presenza di sistemi intermedi (**IS**) e quindi è il primo livello detto *end-to-end*.



Il modello ISO/OSI: livello 5 Sessione

- Il **livello 5** è il **livello Sessione**, responsabile dell'organizzazione del dialogo tra due programmi applicativi e del conseguente scambio di dati;
- esso consente di aggiungere a connessioni end-to-end (cioè tra due entità collocate in **ES**) servizi più avanzati, come, ad esempio la **gestione del dialogo** (mono o bidirezionale).
- il sistema esamina se la **connessione logica** con la controparte è stata già attivata o meno;
- in caso negativo, prima che venga attivata, è necessario disporre di regole (preventivamente fissate) per il dialogo da instaurare: ad esempio, si deve sapere se una delle due parti può interrompere l'altra oppure se una delle due si dovrà comportare da *slave* nei confronti dell'altra che farà da *master*.
- Se invece la connessione logica è stata già attivata, occorre esaminare lo stato della stessa, per stabilire se i dati preparati precedentemente possono essere trasmessi subito oppure è necessario attendere: ad esempio, nel caso di una *connessione master-slave* con tecnica di *poll*, una stazione slave deve aspettare che la stazione master effettui la sua interrogazione (cioè richieda se qualcuno deve trasmettere).



Il modello ISO/OSI: livello 6 Presentazione

- Il **livello 6** è il **livello *Presentazione***, che gestisce la **sintassi dell'informazione** da trasferire (ad esempio codifica ASCII o EBCDIC);
- a questo livello sono previste tre diverse sintassi: **astratta** (definizione formale dei dati che gli applicativi si scambiano, come in ISO 8824 o in ASN. 1), **concreta locale** (come i dati sono rappresentati localmente) e di **trasferimento** (come i dati sono codificati durante il trasferimento).
- I dati vengono strutturati in modo che il processo remoto possa comprenderli ed elaborarli.



Il modello ISO/OSI: livello 7 Applicazione

- Il **livello 7** è il **livello Applicazione**, cioè dei programmi applicativi (facenti parte del sistema operativo o scritti dagli utenti) attraverso i quali l'utente finale utilizza la rete;
- esempi di tali applicativi sono: **VT** (*Terminale Virtuale*), cioè connessione interattiva ad un elaboratore remoto, **FTAM** (*File Transfer and Access Management*), **X. 400** (la posta elettronica) e **X. 500** (*Directory Service*).



Il modello ISO/OSI

Il modello di riferimento OSI è stata progettato pensando a tre componenti principali:

- *il processo applicativo* che deve scambiare le informazioni;
- *la connessione* che permette lo scambio delle informazioni;
- *i sistemi.*



Il modello ISO/OSI: i livelli

Inoltre si è anche tenuto presente che:

- Ogni livello deve avere delle funzioni interne ben definite da svolgere;
- Conseguentemente si è dovuto regolamentare per ogni livello le modalità relative al come svolgere queste funzioni, note come *i servizi offerte dal livello*;
- In altre parole, *regolamentare i compiti di un livello n* significava *stabilire le regole e gli strumenti necessari per l'esecuzione degli stessi*, ovvero *definire almeno un protocollo per ogni livello, detto protocollo di livello n*.
- la scelta dei livelli deve:
 - minimizzare il passaggio delle informazioni fra livelli;
 - evitare:
 - troppe funzioni in un livello;
 - troppi livelli.
- Ciò ha col tempo evidenziato i tre capisaldi del modello ISO/Osi che sono di seguito evidenziati.



*FACOLTA' DI SCIENZE MM. FF. NN.
Corso di laurea in Informatica*

Sistemi per l'elaborazione dell'informazione: RETI

Il Livello Fisico

a cura del prof. G. Russo (grusso@unina.it)

ing. A. Violetta (violetta@unina.it)

©2004



Funzioni del Physical Layer

- Operazioni di codifica e decodifica dei dati.
- Funzioni di modulazione e demodulazione (per la Larga Banda).
- Interfacciamento col mezzo fisico.
- Reiezione dei disturbi attraverso filtri.
- Fornire un canale con la larghezza di banda desiderata e bassa frequenza di errore .
- Generare opportuni segnali di controllo per il DLL (es. rivelazione di collisione).
- Connessione fisica al mezzo.



Basi teoriche della trasmissione dati

- L'informazione può essere trasmessa a distanza variando opportunamente alcune caratteristiche fisiche del mezzo scelto per la trasmissione. Variazione che si propaga, con una certa velocità lungo il mezzo fisico di trasmissione e dopo un certo tempo arriva all'altra estremità del mezzo, dove può essere rilevata.
- Tipologie di mezzi trasmissivi:
 - ✓ **Mezzi elettrici** (cavi): il fenomeno fisico utilizzato per il trasporto del segnale è l'energia elettrica.
 - ✓ **Mezzi wireless** (onde radio): il fenomeno fisico utilizzato è l'onda elettromagnetica, una combinazione di campo elettrico e campo magnetico variabile, che si propaga nello spazio e che induce a distanza una corrente elettrica in un dispositivo ricevente (antenna).
 - ✓ **Mezzi ottici** (LED, laser e fibre ottiche): il fenomeno fisico utilizzato è la luce. Si tratta dei mezzi più recenti, che hanno rivoluzionato il settore della trasmissione dati.



Mezzi di trasmissione

- I mezzi fisici possono essere classificati in:
 - ✓ **Mezzi Guidati:** fili di rame, fibre ottiche.
 - ✓ **Mezzi Non Guidati:** radio, laser via etere.
- Le caratteristiche specifiche di ogni mezzo di comunicazione sono:
 - ✓ **Larghezza di banda.**
 - ✓ **Ritardo.**
 - ✓ **Costo.**
 - ✓ **Facilità d'installazione e manutenzione.**



Doppino (Twisted Pair Lines)

- Coppia di fili isolati, in rame. Intrecciati per ridurre le interferenze.
- Fino a qualche Km di lunghezza non necessita di amplificatori.
- Usato sia per trasmissione analogica, che digitale.
- Ha una larghezza di banda di alcuni Mbit/sec.
- Ha un basso costo

Tipologie di doppini

- **Categoria 3**: due fili isolati lascamente intrecciati. Generalmente 4 coppie sono raggruppate insieme in una guaina di plastica per contenere otto fili.
- **Categoria 5** (1988): più intrecciamenti per centimetro e isolamento in teflon => minori interferenze e una migliore qualità del segnale su distanze più lunghe => più adatti a comunicazioni ad alta velocità.

UTP (Unshield Twisted Pair) => Doppini Non Schermati



Copertura esterna isolante



- **STP (Shielded Twisted Pair) (IBM)** voluminosi, costosi, cavi schermati da interferenze elettromagnetiche.

Copertura esterna isolante



Schermo protettivo



Cavo Coassiale

- Detto comunemente "**COAX**", offre migliori prestazioni rispetto al cavo intrecciato, e può percorrere distanze più lunghe ad una velocità maggiore.
- Due tipi di cavo coassiale:
 - ✓ **Banda Base**
 - ✓ **Larga Banda**

Cavo coassiale a banda base

- Un tipo a **50 Ω** , è comunemente usato per le trasmissioni digitali.
- La struttura di un cavo coassiale è quella indicata in figura:



- La costruzione e la schermatura del cavo coassiale dà una buona combinazione di alta larghezza di banda e di eccellente immunità al rumore.
- La larghezza di banda possibile dipende dalla lunghezza del cavo (**1km da 1 fino a 10 Mbps**). Per cavi di lunghezza maggiore si opera ad una velocità di trasmissioni dati più bassa o facendo uso di amplificatori.
- I cavi coassiali sono usati nei sistemi telefonici, per la televisione via cavo e per alcune LAN.



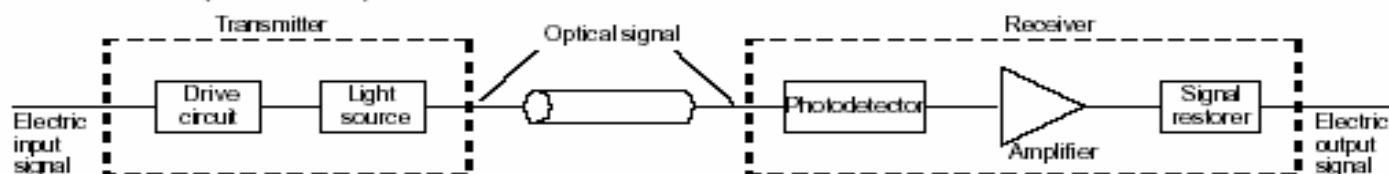
Cavo coassiale a larga banda

- A **75 Ω** è usato per la trasmissione analogica della televisione via cavo.
- Nel mondo delle reti di computer "cavo a larga banda" denota una rete di cavi che impiega la trasmissione analogica.
- Le reti a larga banda usando la tecnologia standard della televisione via cavo, permettono che i cavi possano essere usati fino a **300 Mhz** (e spesso a 450 Mhz) e possano correre per quasi 100 Km grazie alla segnalazione analogica, meno critica della segnalazione digitale.
- Per trasmettere segnali digitali su una rete analogica, ogni interfaccia deve contenere un circuito per convertire il flusso di bit in uscita in un segnale analogico, e il segnale analogico in entrata in un flusso di bit.

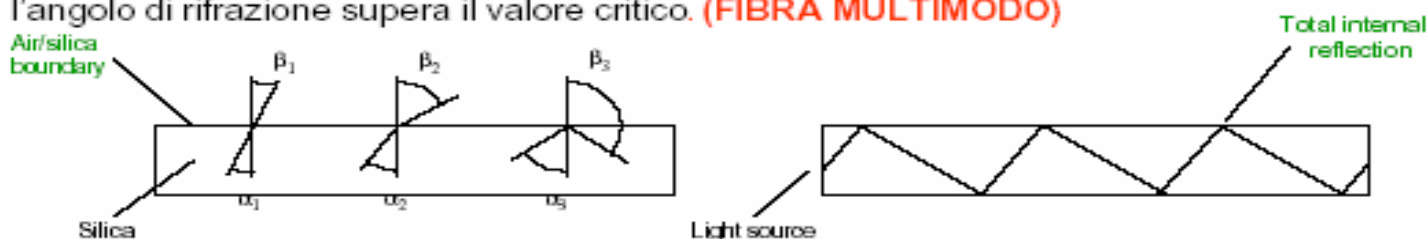
Fibra ottica

Un sistema di trasmissione ottica ha tre componenti :

- mezzo fisico (fibra ottica)
- sorgente di luce (LED o LASER)
- rivelatore (fotodiodo)



La luce è confinata nella fibra dall'effetto di rifrazione all'interfaccia aria/silicio, quando l'angolo di rifrazione supera il valore critico. **(FIBRA MULTIMODO)**



Se il diametro della fibra è ridotto ad una lunghezza d'onda della luce, essa si comporta come una guida d'onda **(FIBRA MONOMODO)**. Come sorgente è richiesto un laser.

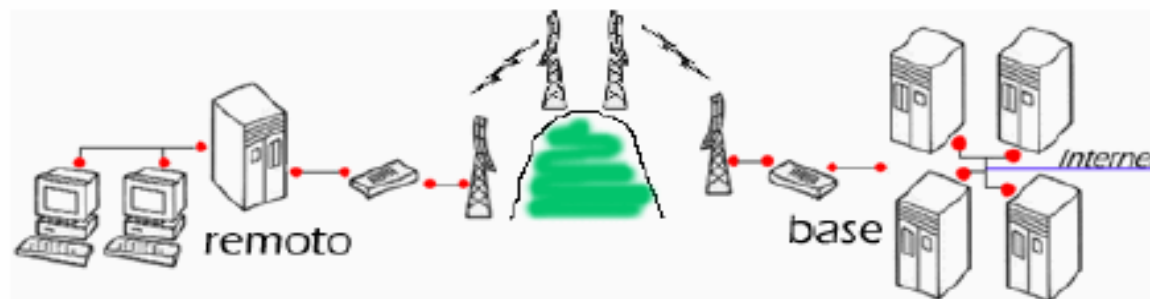
Le fibre attualmente disponibili possono operare ad oltre 1 Gbps per 1Km, senza ripetitori.



Trasmissioni radio

- Le onde radio sono facili da generare, possono viaggiare per lunghe distanze (l'interferenza fra gli utenti è un problema) e penetrano facilmente negli edifici, sono largamente usate per la comunicazione sia interna che esterna.
- Sono **Omnidirezionali** cioè viaggiano dalla sorgente in tutte le direzioni => trasmittente e ricevente non devono essere fisicamente allineati.
- Le proprietà delle onde radio dipendono dalla frequenza:
 - ✓ **Basse Frequenze:** le onde radio passano bene attraverso ostacoli, ma la potenza decade precisamente con la distanza, circa come $1/r^3$ nell'aria.
 - ✓ **Alte Frequenze:** le onde radio sono soggette ad interferenza con i motori e con altre apparecchiature elettriche.

Ponti radio



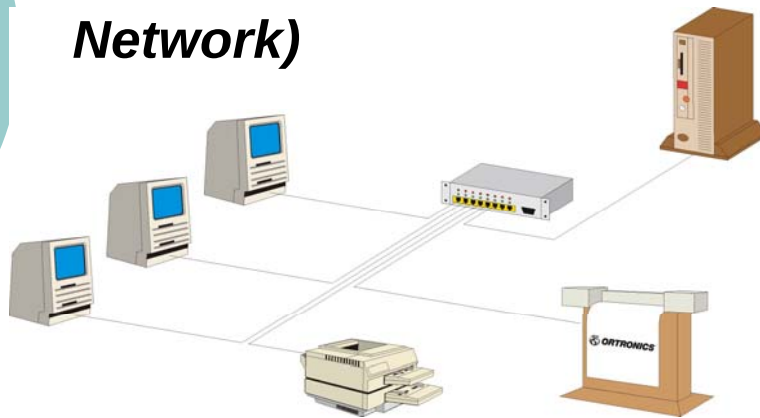
- Per collegare due o più punti ed il collegamento diretto è impossibile per: eccessiva distanza, mancanza di visibilità ottica si utilizzano **Ponti Radio**.
- Delle postazioni situate in località abbastanza elevate in quota (colline, montagne), proprietà di emittenti televisive o di emittenti radiofoniche si occupa di "rilanciare" il segnale verso la destinazione finale scavalcando così l'ostacolo.
- Non ci sono praticamente limiti riguardo alla distanza che si possono coprire. Più "ponti" vengono installati più il costo della rete di collegamento aumenta in quanto il numero degli apparati da utilizzare praticamente raddoppia per ogni ponte radio utilizzato.



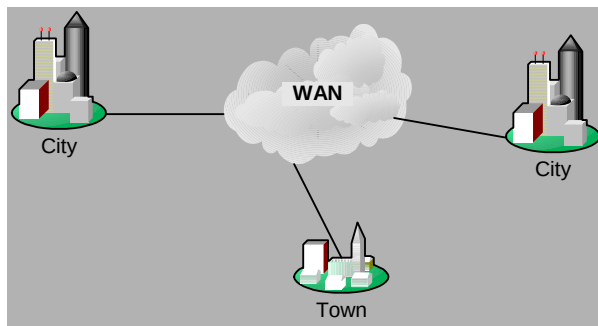
Mezzi trasmissivi per i sistemi di cablaggio strutturato

Rete dati

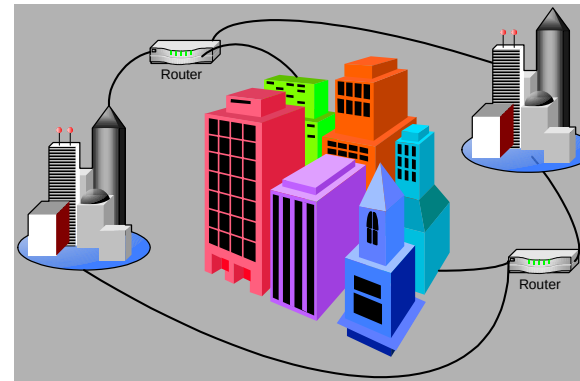
LAN (*Local Area Network*)



WAN (*Wide Area Network*)



MAN (*Metropolitan Area Network*)

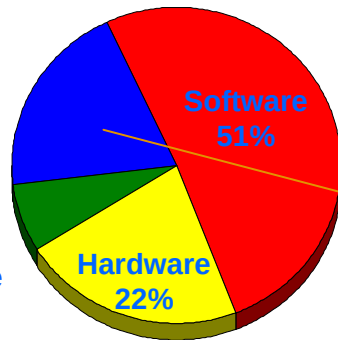


Perché il progetto di una rete (LAN) va visto nella sua totalità ?

Costi totali della rete

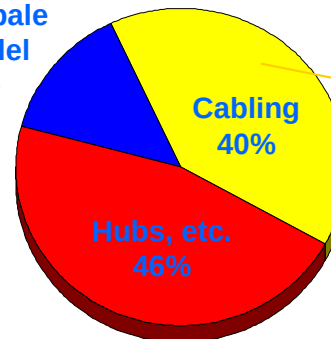
Infrastrutture di rete 20%

Formazione e documentazione 7%



Costi dell'infrastruttura di rete

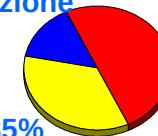
Progetto globale e gestione del cablaggio 14%



Costi del cablaggio

Ingegnerizzazione 15%

Materiali 35%



Manodopera 50%

I costi del cablaggio strutturato passivo sono meno del 5% del costo totale della rete



Megabits e Megahertz

100 MHz

ATM **155 Mbps , 77 MHz**

1000Base-T **1000 Mbps , 62.5 MHz**

50 MHz

100Base-TX **100 Mbps , 33 MHz**

ATM 622 **622 Mbps , 30 MHz**

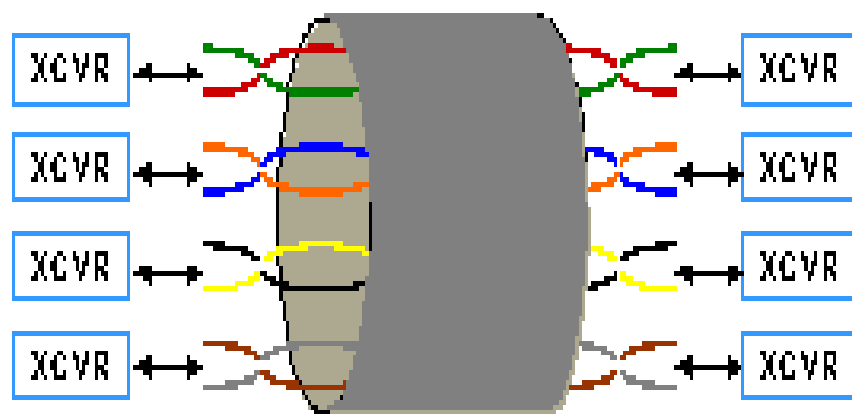
Token Ring **16 Mbps , 12.5 MHz**

0 MHz

10Base-T **10 Mbps , 7.5 MHz**

Trasmissione Gigabit Ethernet sulle 4 coppie

Gigabit ethernet 1000Base-T realizza una trasmissione full duplex di 1000Mb/s trasportando dati sulle 4 coppie simultaneamente in entrambi i sensi su ogni coppia. Ogni coppia trasporta in modalità full duplex 250Mb/s di dati decodificati come 8B/1Q4 PAM-5 (Modulazione ad ampiezza d'impulso).



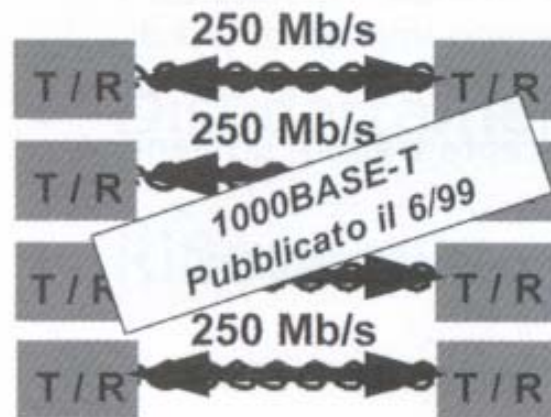
250 Mbits/sec on each
pair in each direction

2 bits/symbol $\rightarrow$ 125
Msymbols/sec

Implementazioni Gigabit Ethernet

Implementazioni Gigabit Ethernet

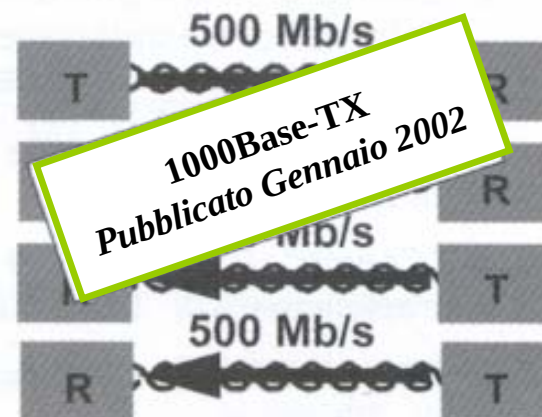
Gigabit su un solido CAT 5E



Richiede complicati circuiti
per cancellazione d'eco e
NEXT per tutti i 4 ricevitori



Gigabit su CAT 6



Richiede elettronica molto
piu' semplice per i
ricevitori





Stato dell'arte

STANDARD APPROVATI

- EUROPA: **Categoria 5 / Classe D**
(Documento EN 50173, ISO/IEC 11801)
- USA: **Categoria 5 E (“Enhanced”)**
(Documento EIA/TIA 568-A-A5)

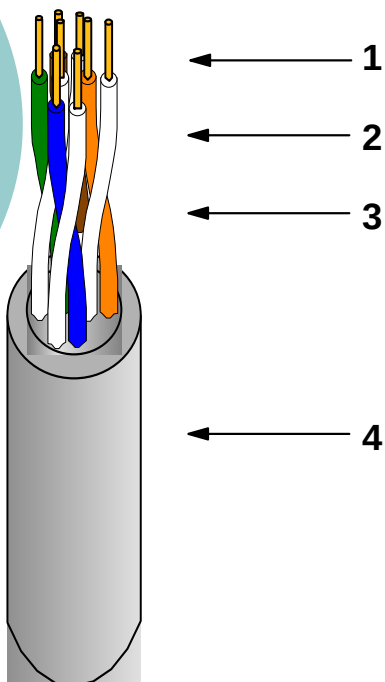
Il presente

- Categoria 6/Classe E (250 MHz)
 - **TIA/EIA** = SN-3727-AD1-A Standard - 16/6/2002
 - **ISO/IEC** = JPC1/SC2525N739

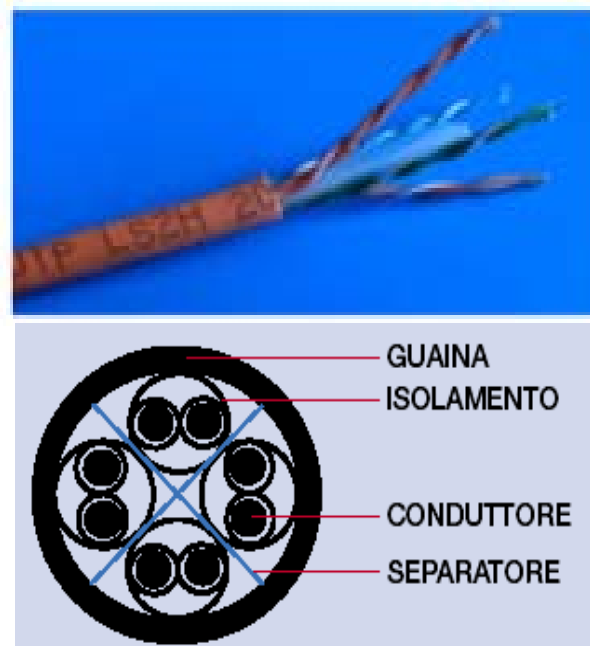
Un futuro prossimo

- Categoria 7/Classe F (600 MHz)

Cavi UTP



Cavo UTP Cat 5/5E



Cavo UTP Cat 6

NEW Cat.6 Soluzione RJ45

- Pannelli UTP 16, 24 e 32 porte, 1HE
- Pannelli FTP 16, 24 porte, 1HE
- Prese RJ45 UTP ed STP
- Cavi e Cordoni di Permuta UTP e STP LSZH
- Accessori



NEW Cat.6 Soluzione RJ45

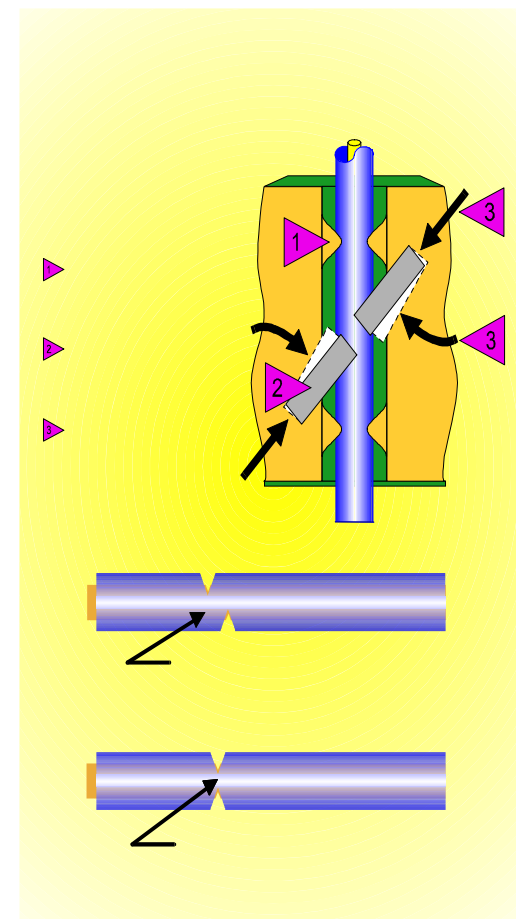
- LSA PLUS ... all' interno del Jack
- Nuova generazione di contatto IDC
 - Tenuta di gas
 - Contatto 45°
 - Lunga resistenza allo stress meccanico
 - Riterminabile
- Terminazione simultanea con riduzione del tempo di installazione



Le soluzioni in rame

La QUALITA' del prodotto

- Il contatto argentato a 45° su tutte le linee di prodotti (dati e fonia) assicura ampi margini rispetto alla Cat5e
- Contatto a tenuta di gas
- Possibilità di attestare cavi con un unico filo di rame aventi diametro tra 0,35 e 09 mm
- Studi effettuati sui miliardi di contatti venduti nel mondo danno come risultato un tasso di guasto pari a 56,8 fit (1 fit = 1.000.000.000 di ore). Ciò equivale a un guasto ogni 2009 anni !



Evoluzioni

Categorie 5 - 5 E - 6

Cavo UTP/FTP/STP/S-FTP (S-STP)

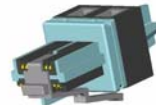
Connettori RJ-45

- Categoria 7
 - Cavo solo S-FTP (S-STP)
 - Connettore nuovo apposito GG45 (GigaGate) e GP45 (GigaPatch)
- Per ogni nuova categoria saranno adeguati i parametri di test dai relativi standard

GG45



GP45



(proposta)



Evoluzioni

Fibra Ottica

- Forse in futuro F.O. più conveniente di Categoria 7 ?
- In arrivo nuove F.O. multimodali più efficienti
- Segnale a mezzo Laser a basso costo



Evoluzioni

- Approvazione nuovi standard
 - Categoria 5e
 - Improbabile in Europa (solo in USA e Canada)
 - Corrisponde alla nuova Cat. 5 europea
 - Categoria 6
 - Standardizzata nel giugno del 2002
 - Categoria 7
 - Non prevista al momento prima della metà del 2005
 - Comunque poco probabile



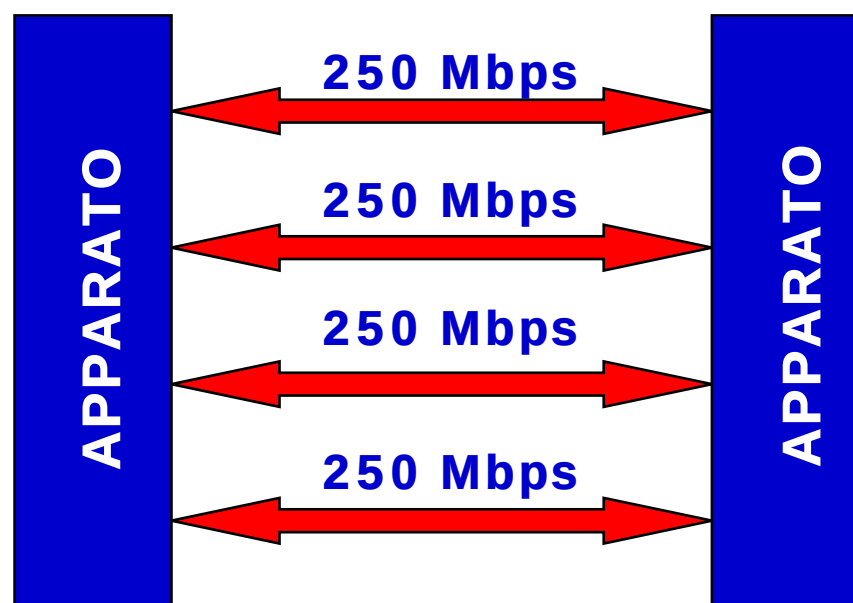
Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet con Cat5e

I dati vengono trasmessi in modalità full-duplex sulle 4 coppie.

La bidirezionalità dei segnali comporta l'utilizzo di apparati attivi sofisticati.

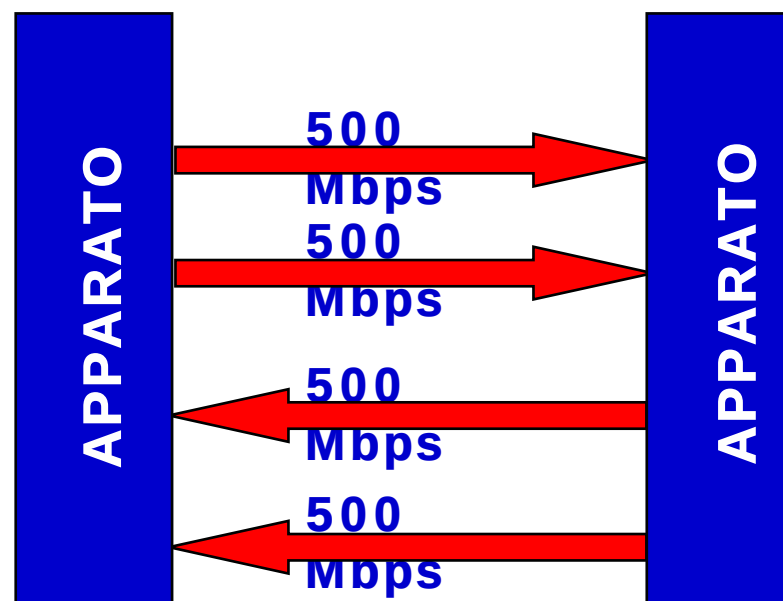
1000Base T



Gigabit Ethernet con Cat6

Con componenti in categoria 6, e' possibile gestire flussi secondo un'unica direzione. L'elettronica di comando e' meno complessa e, quindi, meno costosa.

1000Base TX





Categoria 5e
VS
Categoria 6

Trasmissione su rame

Incremento delle prestazioni trasmissive

dB @ 100 MHz		Cat. 5 / Class D (2000)	Cat. 6 / Class E	Improvement
Cable (100 m)	Attenuation	21,3	19,9	x 1,2
	NEXT	35,3	44,0	x 2,7
	Return Loss	20,1	20,1	x 1,0
Connector	Attenuation	0,4	0,2	x 2,0
	NEXT	43,0	54,0	x 3,5
	Return Loss	20,0	24,0	x 1,6
Channel (100 m)	Attenuation	24,0	21,7	x 1,3
	NEXT	30,1	39,9	x 3,1
	ACR	6,1	18,2	x 4,0
	Return Loss	10,0	12,0	x 1,3

Test richiesti dalla TIA/EIA

Categoria 5e

- Length
- Wiremap
- Attenuation
- Near-end Crosstalk
- Far-end Crosstalk
- Equal Level
Far-end Crosstalk
- Return loss

Categoria 6

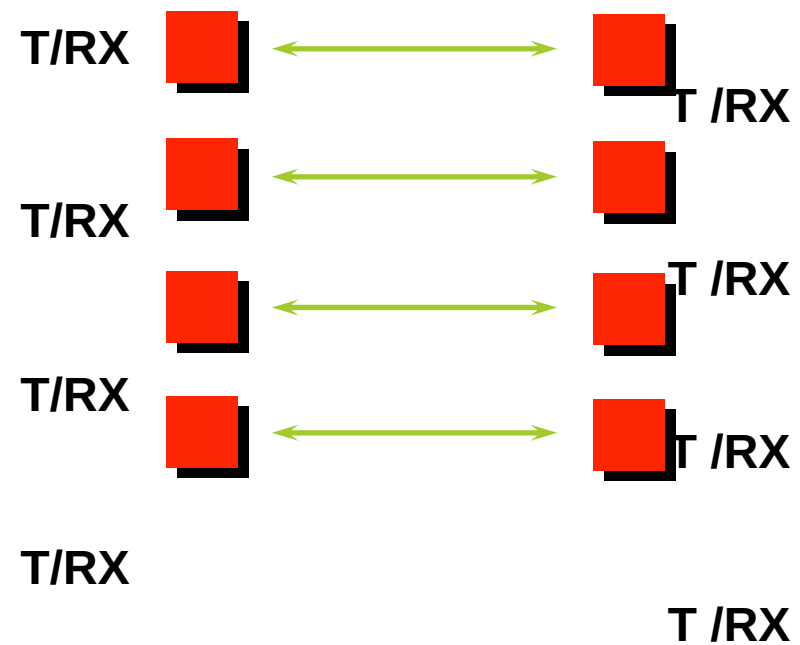
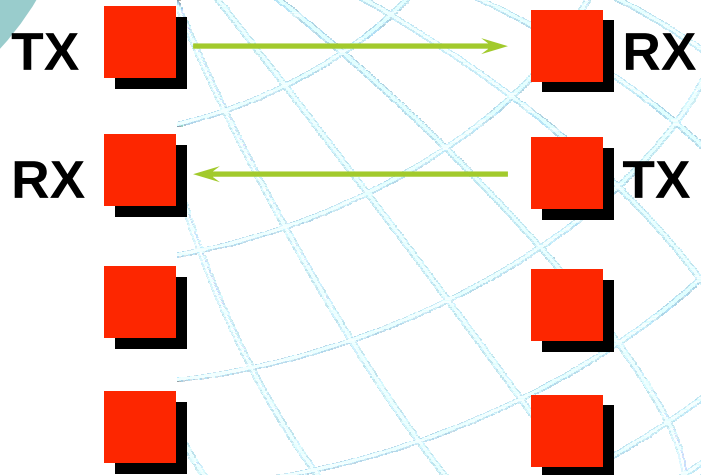
- Propagation Delay
- Delay Skew
- Power Sum
Near-end Crosstalk
- Power Sum
Far-end Crosstalk
- Power Sum ELFEXT
- ACR
- Power Sum ACR

Trasmissione Duplex

half duplex

VS.

full duplex

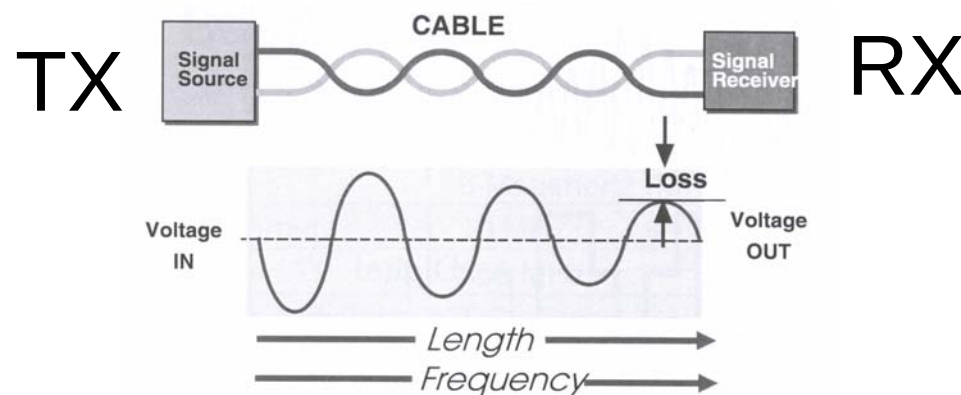
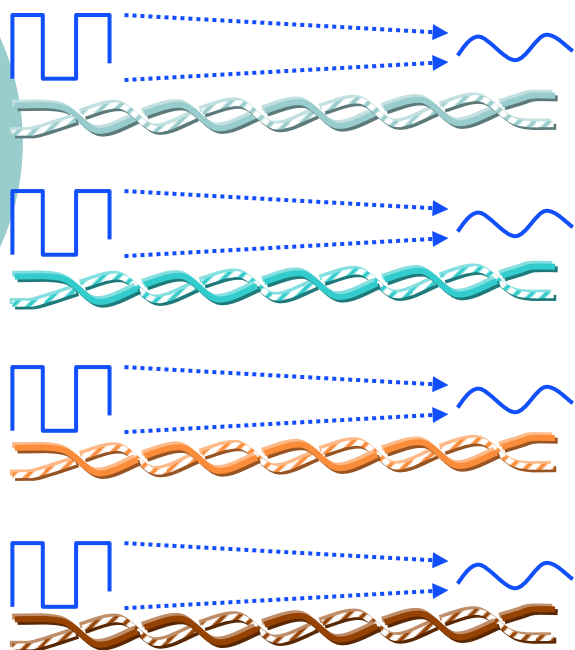


Rapporto Segnale-Rumore (SNR)



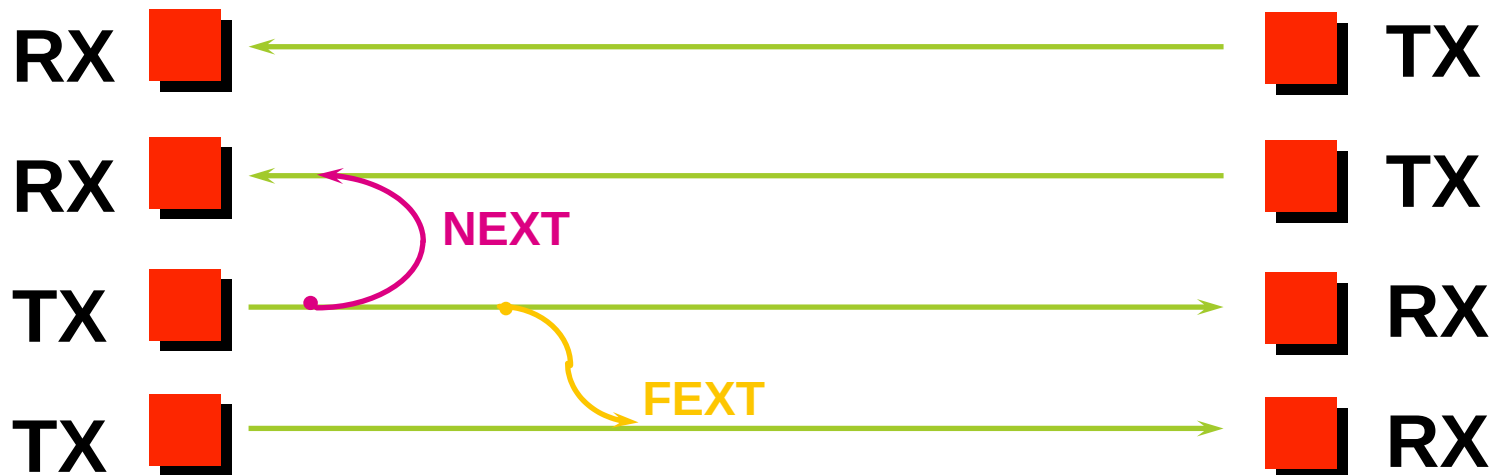
Più grande è il SNR, maggiore è il disturbo che il sistema può tollerare prima di ricevere un consistente numero di messaggi d'errore . Esaminando in dettaglio le componenti del rapporto segnale/rumore, possiamo comprendere che cosa succede all'interno di un sistema di cablaggio.

Attenuazione



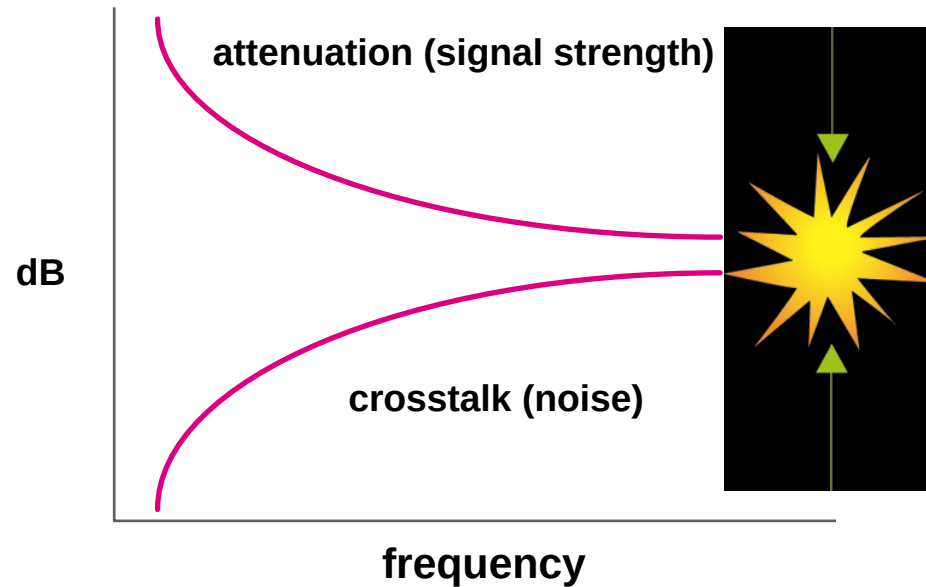
Così come la voce si attenua allontanandosi dalla sorgente emittente, nello stesso modo un segnale trasmesso su un cavo perde di ampiezza all'aumentare della distanza rispetto alla sorgente che lo genera. L'attenuazione è una grandezza fisica espressa in decibel e corrisponde al logaritmo del rapporto tra il livello del segnale misurato alla sorgente rispetto a quello misurato al ricevitore (ad una distanza di 100 metri). Essendo la bontà di un buon sistema di trasmissione legata alla capacità di attenuare il meno possibile il segnale trasmesso, il valore dell'attenuazione dovrà essere il più basso possibile.

Noise — NEXT, FEXT, EL FEXT



E' l'espressione di fenomeni di accoppiamento o di interferenza che si generano tra coppie adiacenti twistate tra loro. Un fenomeno analogo è possibile riscontrarlo quando, durante una conversazione telefonica, se ne percepisce un'altra in sottofondo. Questa è la "diafonia". Si tratta quindi della presenza di segnali parassiti (disturbi), generati dalle coppie adiacenti sulla coppia portante, che vanno ad interferire con il segnale principale. Esistono diversi metodi per misurare tale fenomeno e secondo quella utilizzata nelle telecomunicazioni si parlerà di valori di "paradiafonia" (in inglese Near End cross talk, o brevemente NEXT) o di "telediafonia" (Far End cross Talk o FEXT).

Attenuation To Crosstalk Ratio (ACR)



• $ACR = NEXT - \text{Attenuazione}$

- **PSACR - Power Sum Attenuation to Crosstalk Ratio**
 - capacità di un sistema di trasportare informazioni
 - quantità di banda passante utilizzabile

Return Loss

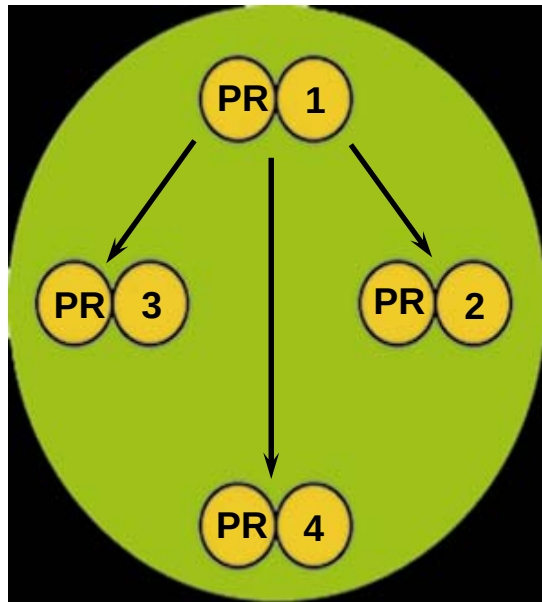
- **RL - Return Loss**

- ottimizzare un sistema di trasporto delle informazioni
- percentuale ricevuta della potenza del segnale emesso

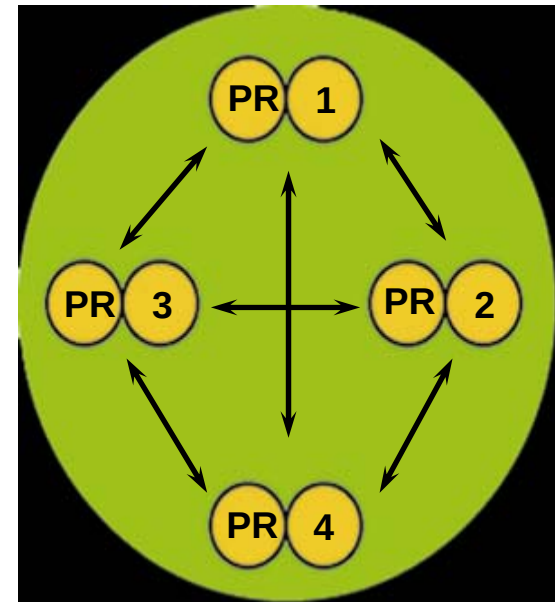


E' essenzialmente un eco che si genera quando un segnale incontra una variazione di impedenza o di resistenza nel mezzo in cui viaggia. Così come un flusso d'acqua che scorre all'interno di un tubo quando incontra un tubo attaccato allo stesso di diametro inferiore parte di questo viene riflesso, allo stesso modo la riflessione o l'eco di un segnale può generare un segnale di senso opposto che ritorna al trasmettitore alterando considerevolmente la velocità del segnale principale trasmesso. Tale riflessione si genera all'estremità opposta del canale trasmissivo.

Power Sum

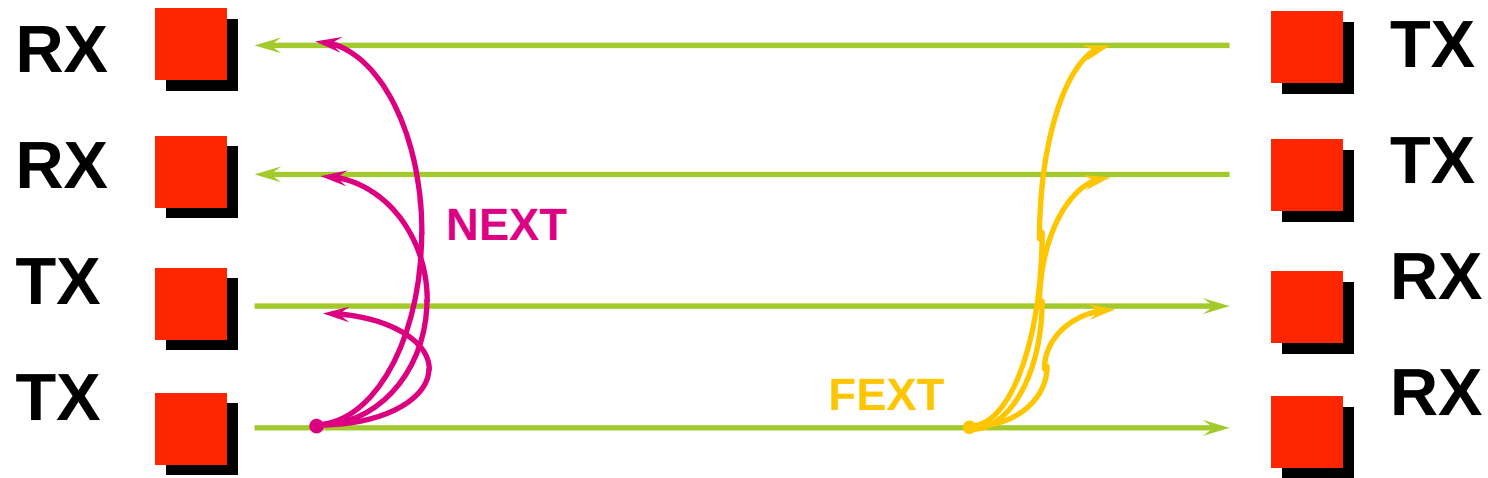


pair to pair



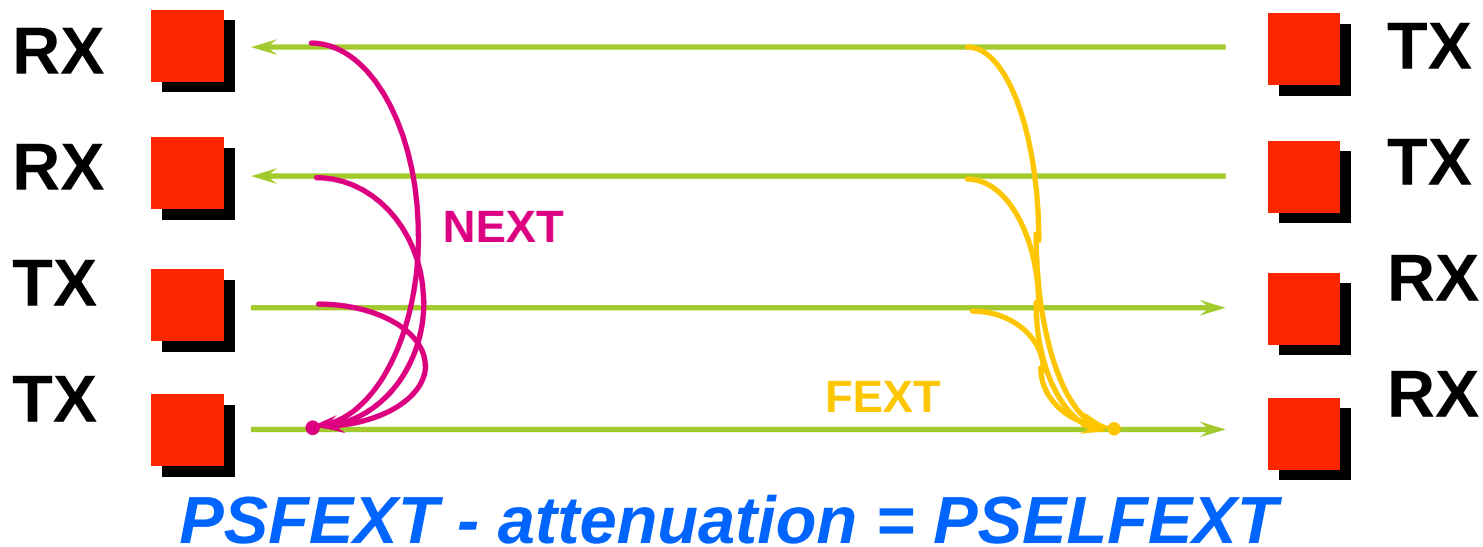
power sum

TSB-95 (NEXT,FEXT,EL-FEXT) Pair to Pair



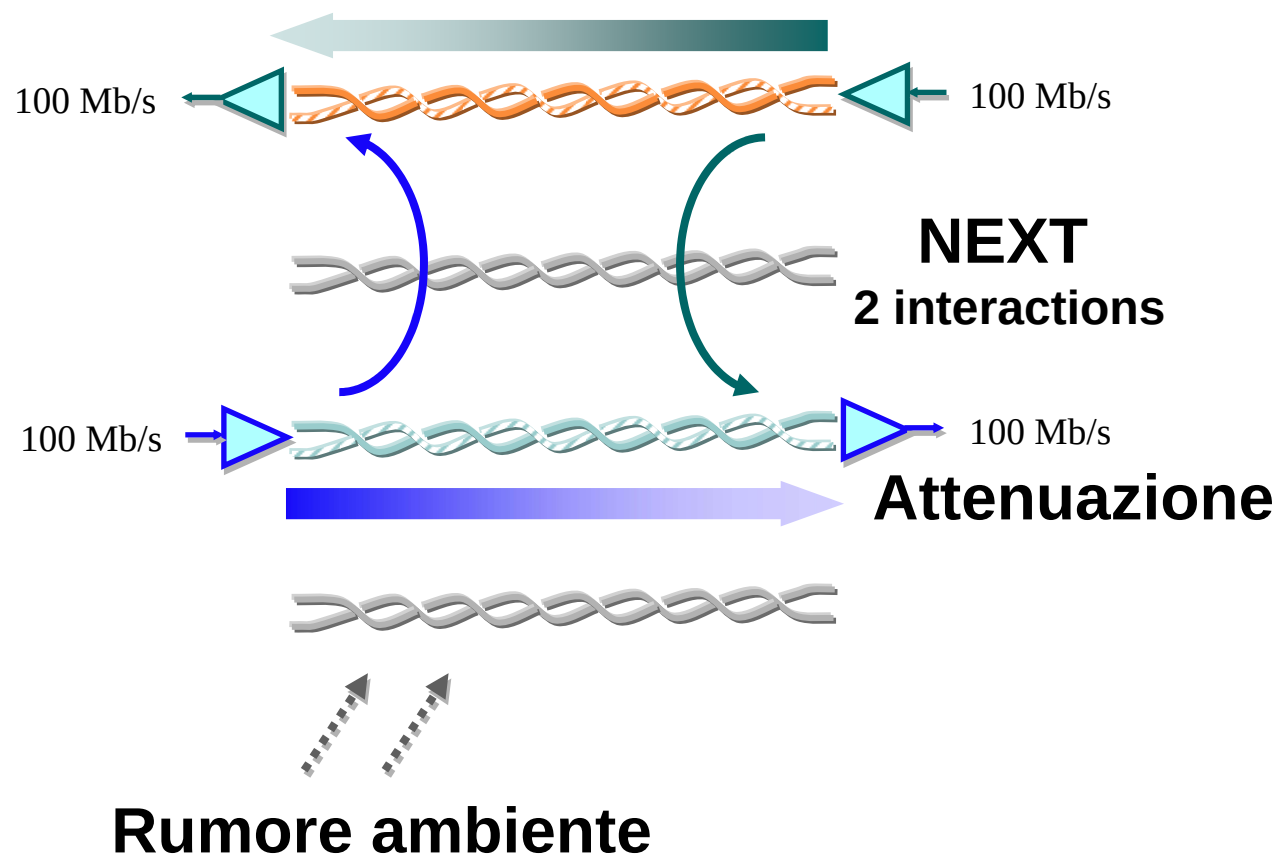
FEXT - attenuation = EL FEXT

TSB-95 (NEXT,FEXT,EL-FEXT) Power Sum

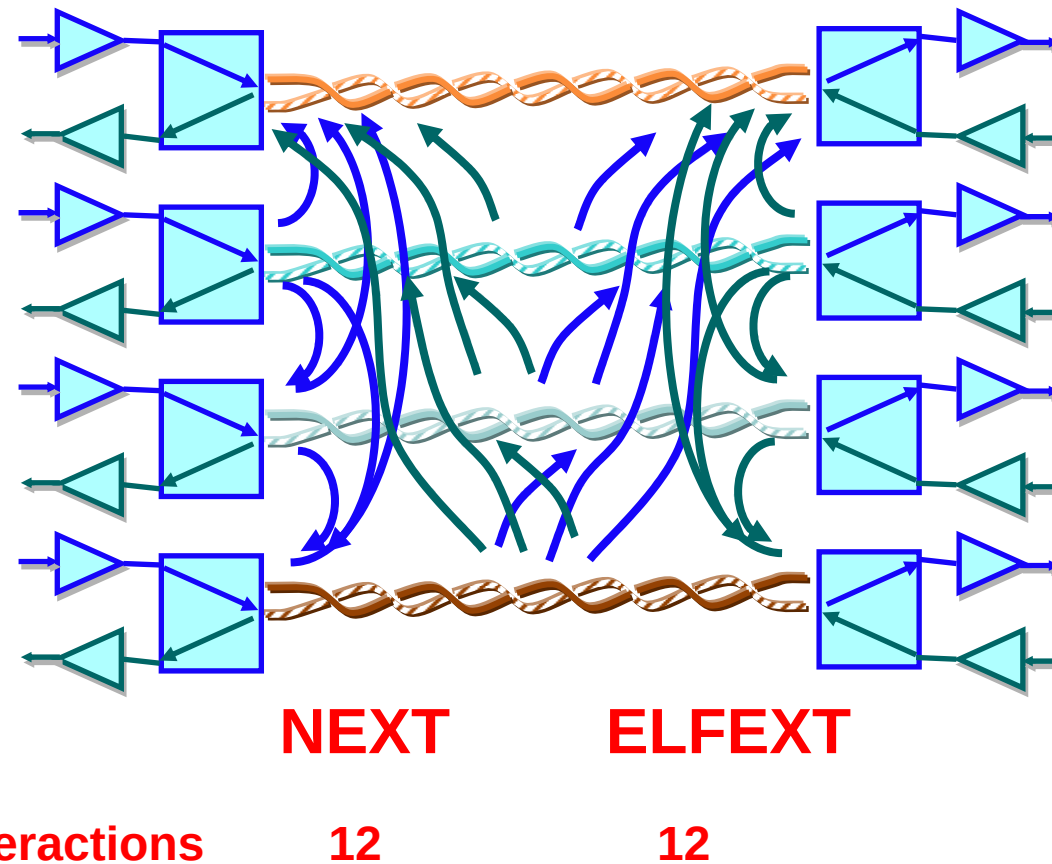


Dal momento che un cavo può essere costituito da più di due coppie, si sono definiti dei valori di Power Sum per il NEXT ed il FEXT (e quindi per l'ACR e l'ELFEXT). Il Power Sum corrisponde ad una configurazione di test dove tutte le "altre coppie" sono considerate perturbatrici rispetto alla coppia che trasporta il segnale utile. I valori di Power Sum generalmente emergono da un calcolo di somma logaritmica partendo dai valori di NEXT e di FEXT.

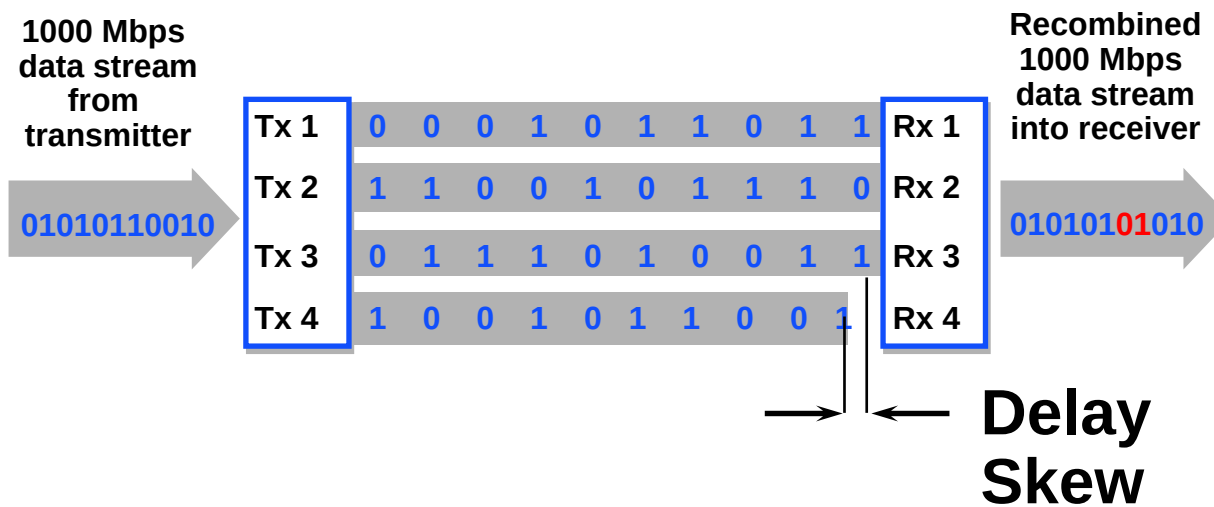
100-Base-T fattori di prestazione richiesti al cablaggio



1000-Base-T fattori di prestazione richiesti al cablaggio



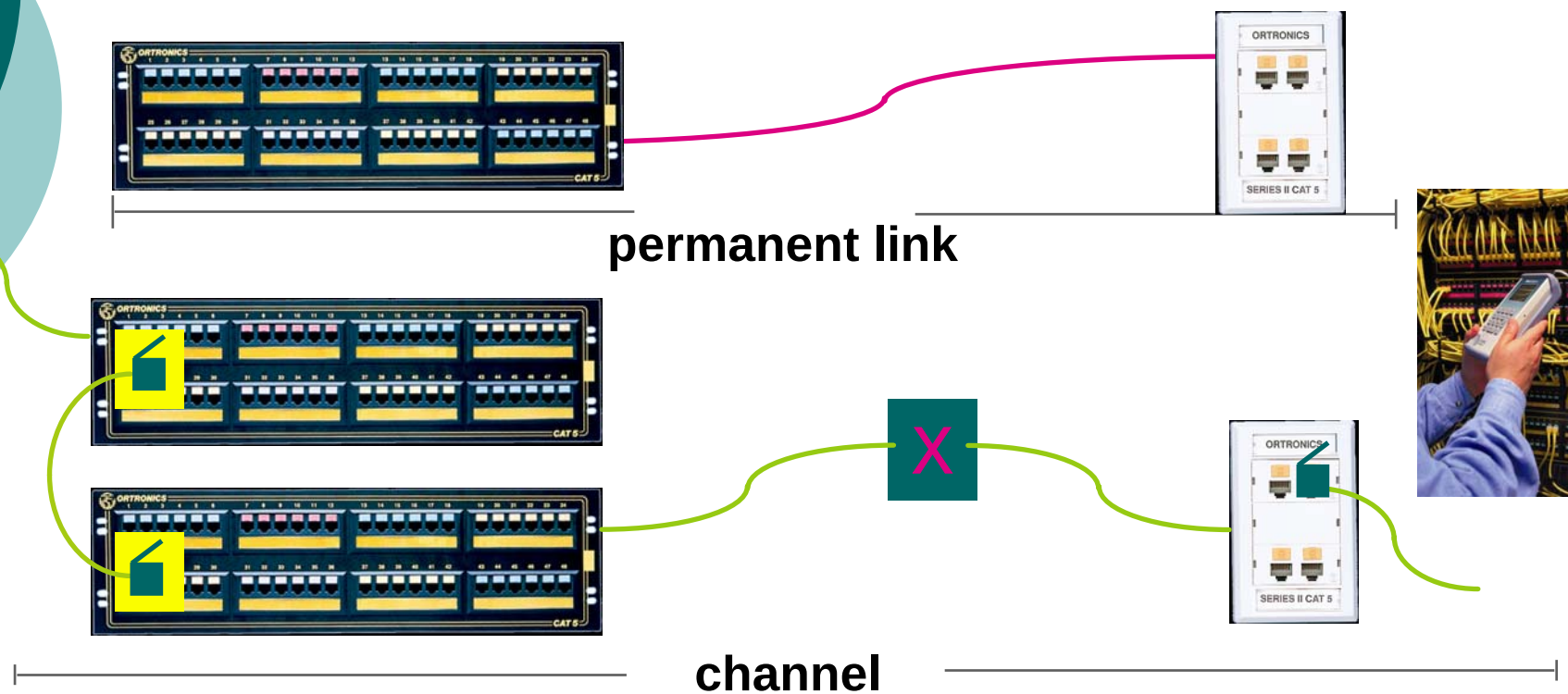
1000-Base-T fattori di prestazione richiesti al cablaggio



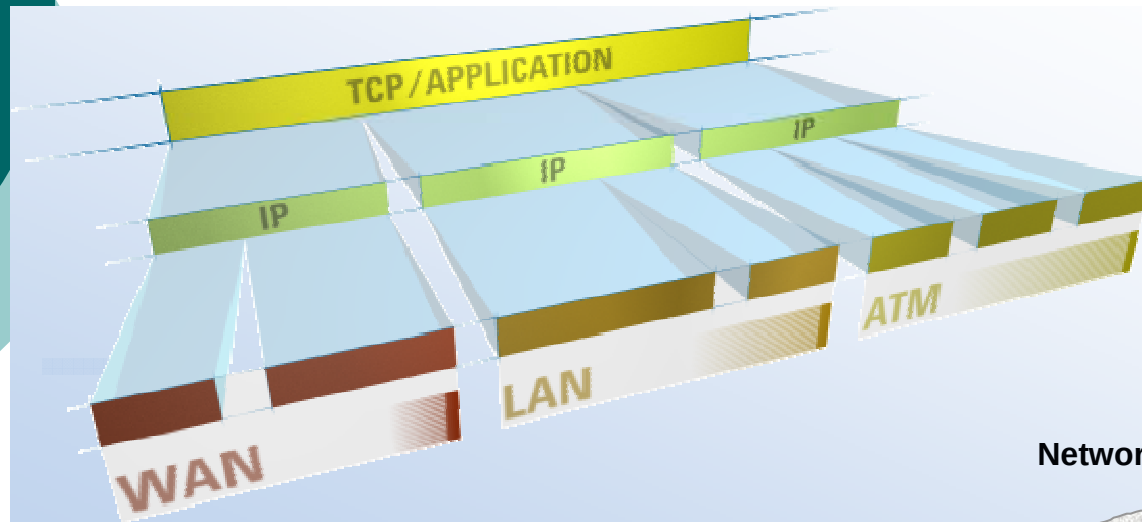
Permanent link:
Canale:

meno di 45ns
meno di 50ns

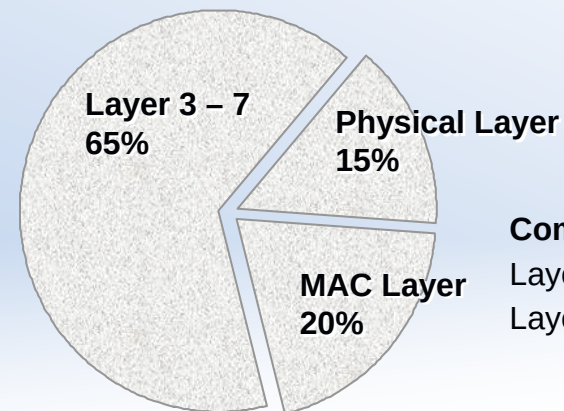
“Permanent link” e “Canale”



Tendenze distribuzione dei problemi sulla rete



Network Problem Distribution (2004)



Comparison (2004):

Layer 3 – 7: 35%,
Layer 1 – 2: 65%!



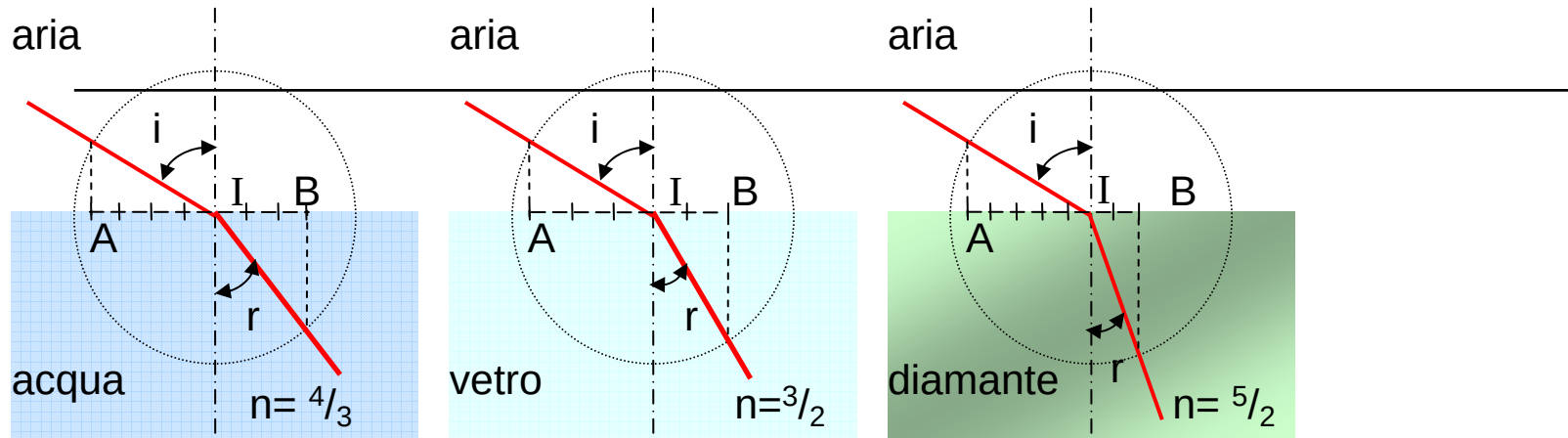
I parametri ottici



Rifrazione

- **Si definisce rifrazione “il fenomeno per cui un raggio luminoso (non perpendicolare alla superficie di contatto) passando da un mezzo trasparente ad un altro, anch’esso trasparente, cambia direzione nel punto in cui attraversa la superficie di separazione dei due mezzi”.**

Rifrazione



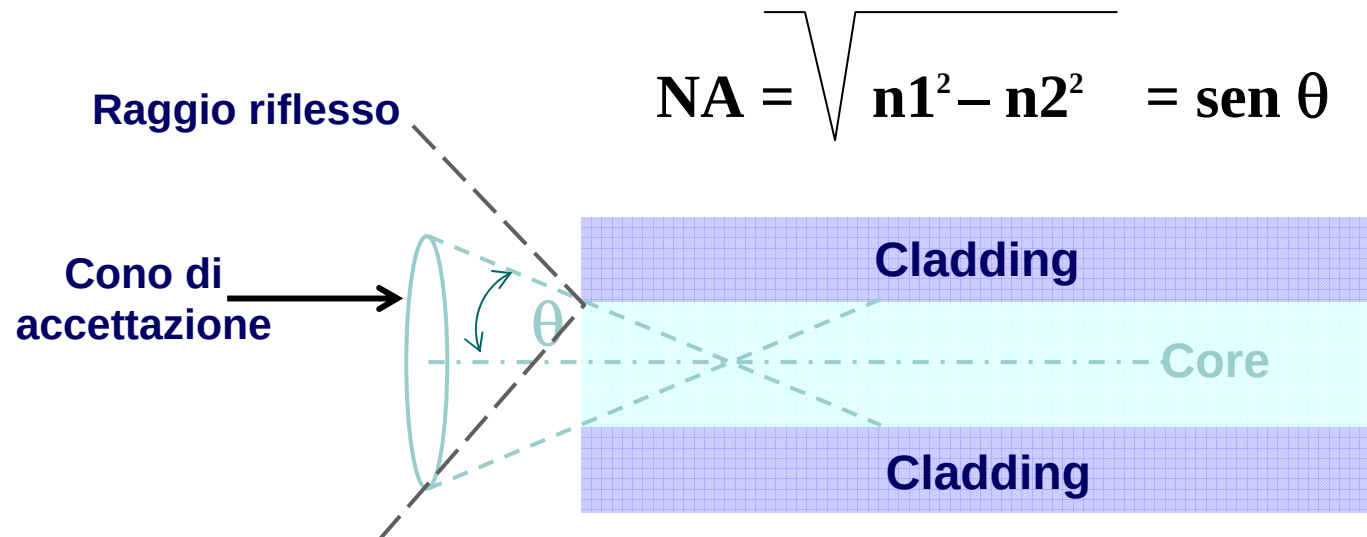
$$n = \frac{IA}{IB} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Indice di rifrazione del secondo mezzo
(attraversato dal raggio luminoso) rispetto
al primo; il rapporto è costante al variare
dell'angolo "i" del raggio incidente.

Gli angoli dei raggi incidenti e rifratti sono
misurati rispetto alla perpendicolare della
superficie di contatto dei due mezzi

Apertura numerica

- L'apertura numerica indica la “quantità di luce che è possibile lanciare all'interno della fibra senza che questa venga riflessa”
 - E' quindi caratterizzata da un angolo limite che varia in funzione degli indici di rifrazione del core e del cladding





Attenuazione

- **Parte dell'energia luminosa che si propaga lungo la fibra viene assorbita dal materiale o si diffonde in esso, costituendo quindi una perdita ai fini del segnale trasmesso. Il rapporto tra la potenza ottica trasmessa e quella ricevuta, dopo aver percorso una lunghezza di fibra di riferimento, definisce l'attenuazione della fibra stessa, in funzione della lunghezza d'onda e del tipo di fibra**

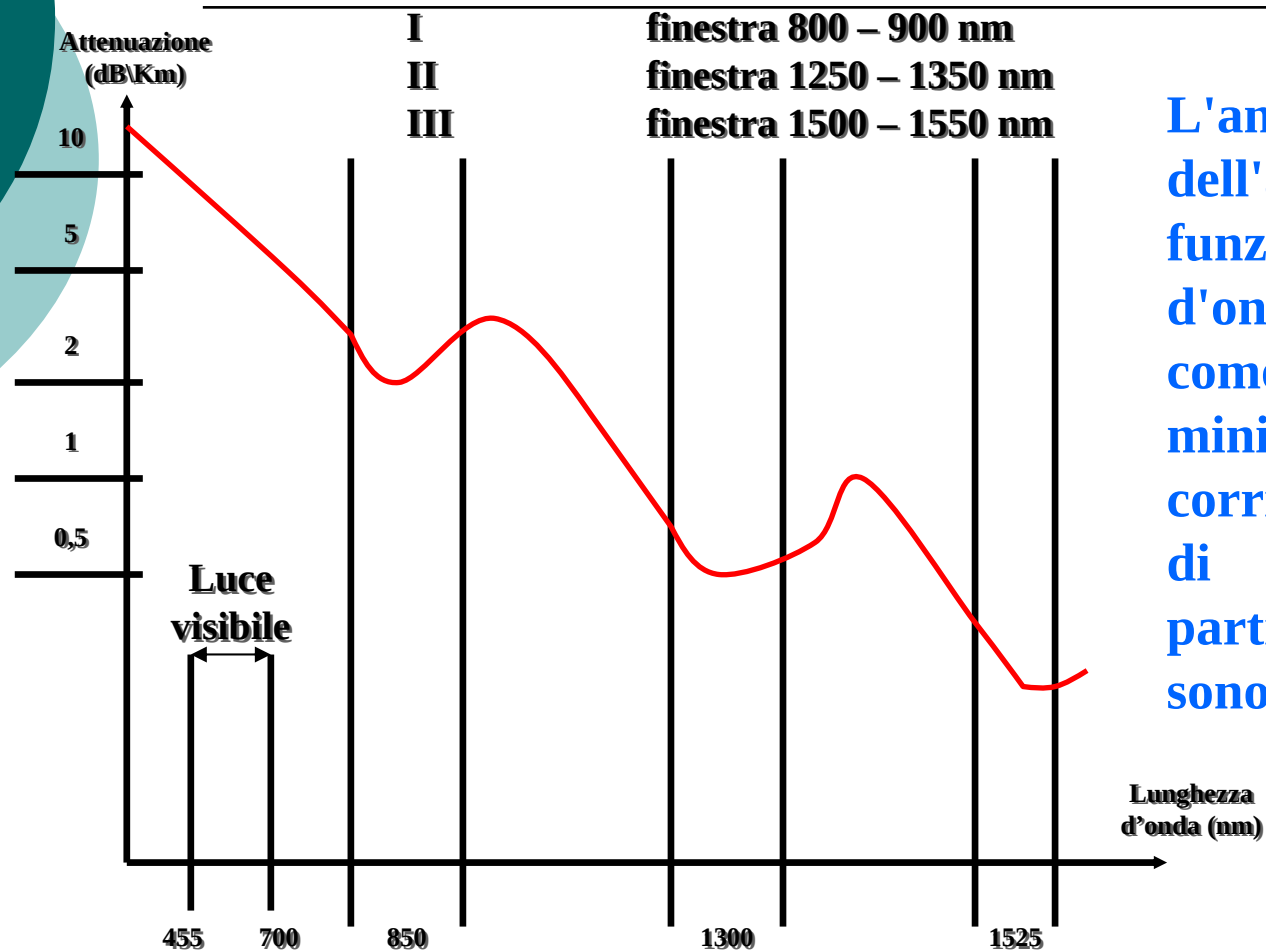


Attenuazione

Le cause che la determinano possono essere:

- **CAUSE DI ATTENUAZIONE INTRINSECHE**, che sono insite nella **struttura** fondamentale del materiale e non possono essere eliminate
- **CAUSE DI ATTENUAZIONE ESTRINSECHE**, che possono invece ricondursi alla presenza di **impurezze** ed essere ridotte affinando il processo produttivo

Attenuazione

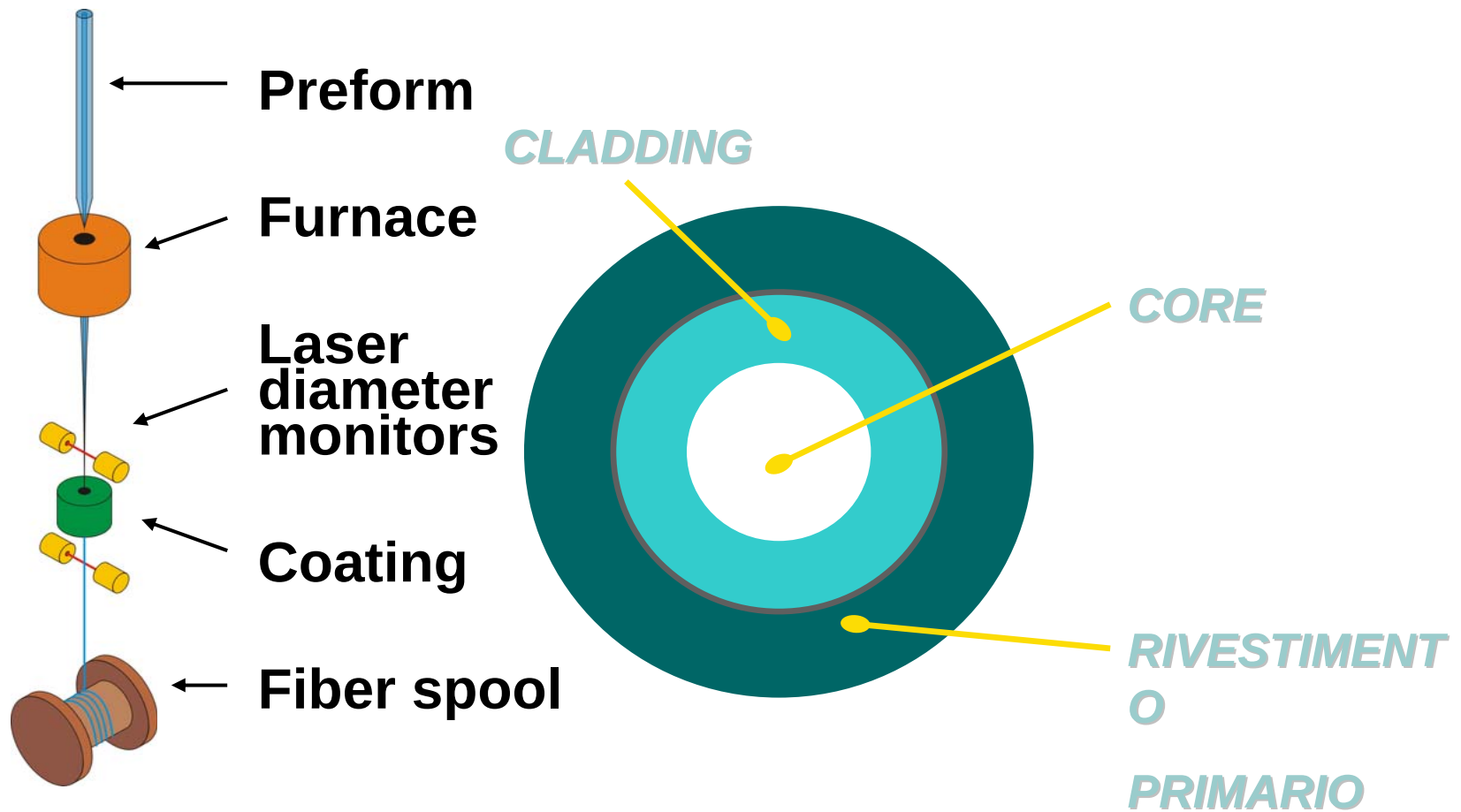


L'andamento dell'attenuazione varia in funzione della lunghezza d'onda, in figura si noti come l'attenuazione minima rilevata sia in corrispondenza di valori di lunghezze d'onda particolari. Tali valori sono detti “Finestre”

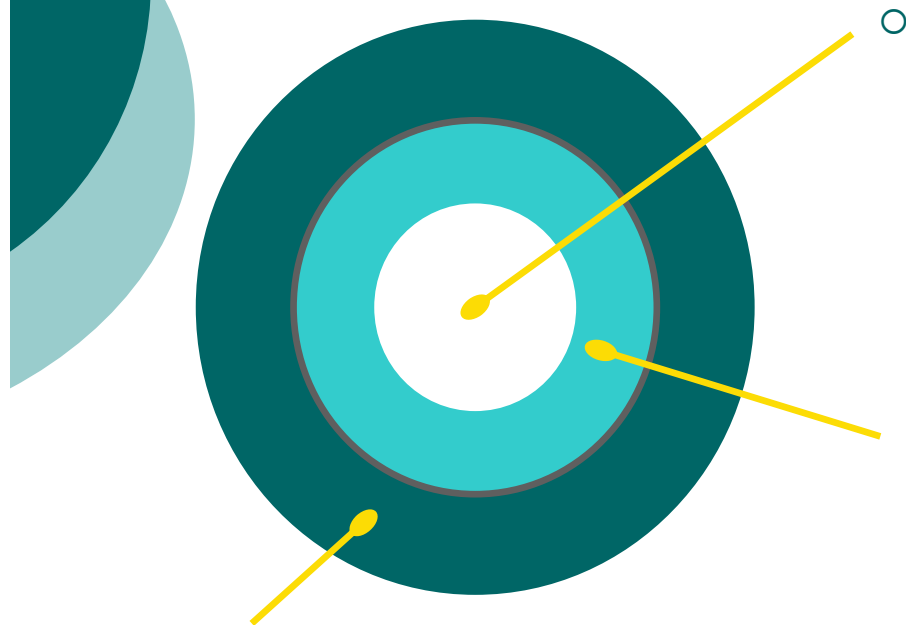


Il cavo ottico

FIBRA OTTICA - Elementi base



FIBRA OTTICA - Elementi base



○ **Rivestimento primario**

- Rivestimento plastico applicato direttamente sulle fibre
- Protegge le fibre
- Diametri fino a 250 μm

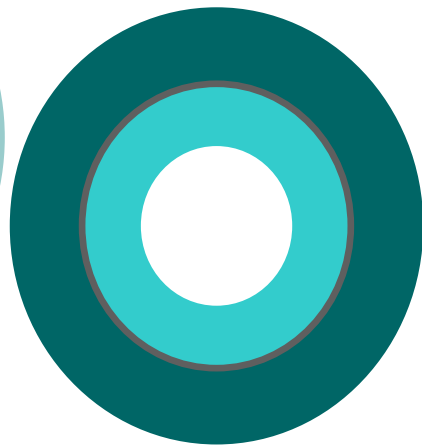
Core

- La luce viaggia attraverso il core
- Le dimensioni del core vanno da 8 a 100 μm

Cladding

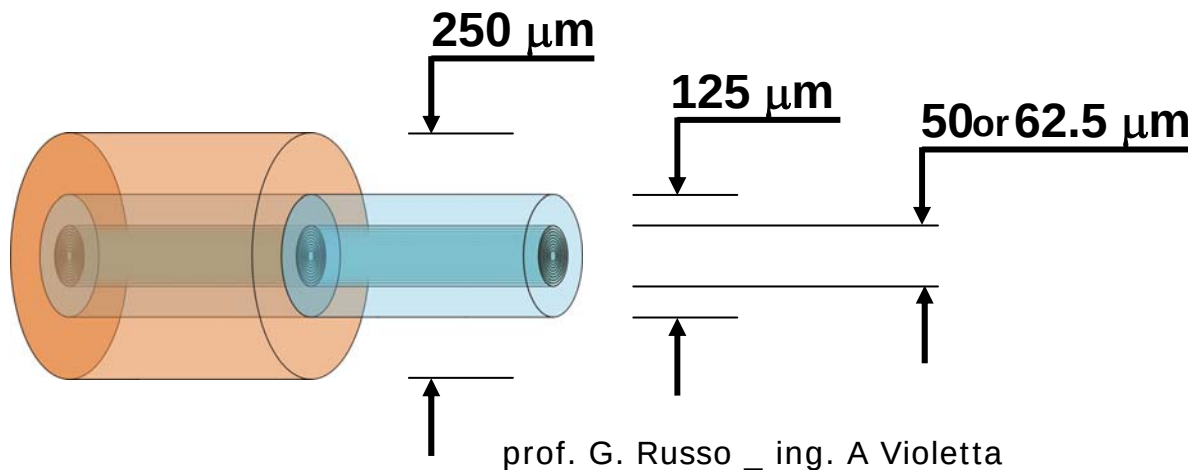
- Elemento in vetro come il core
- Fornisce un diverso indice di rifrazione rispetto al core
- Diametri da 125 - 140 μm

FIBRA OTTICA - Geometria delle fibre

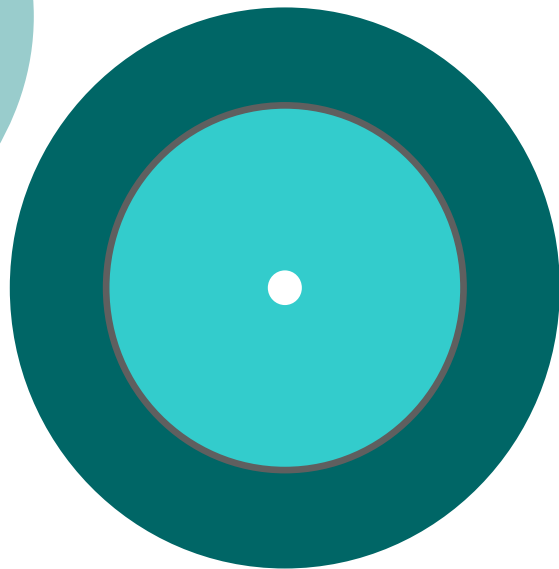


Fibra
MULTIMODE

- Disponibile in diverse dimensioni
 - 50/125 μm
 - 62.5/125 μm
- Distanze fino a 2000 m
- Uso relativamente poco costoso con trasmettitori LED & VCSEL
- Finestre di operazione (1^a e 2^a)
 - 850 nm
 - 1300 nm



FIBRA OTTICA - Geometria delle fibre



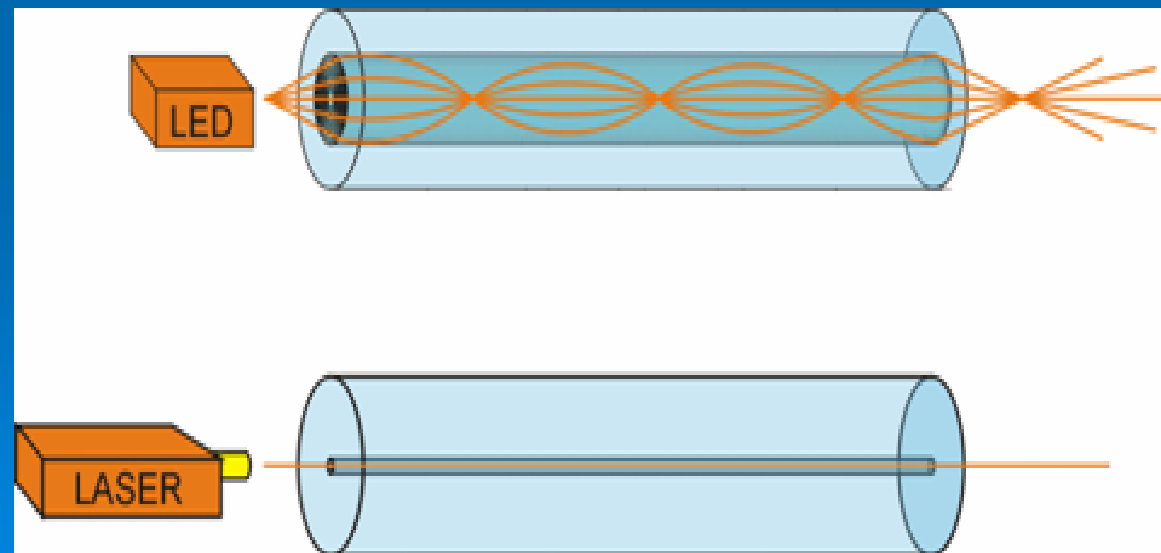
Fibra SINGLE MODE

- Dimensioni del core 8.1 - 10 μm
- La fibra si comporta come una guida d'onda ammettendo una sola modalità di propagazione
- La banda passante è elevatissima (centinaia di $\text{GHz} \cdot \text{Km}$)
- Dimensione del cladding 125 μm
- Distanze fisiche fino a 60 km, ma limitata in applicazioni locali a 3 Km
- Uso di trasmettitori laser
- Finestre di operazione (2^a e 3^a finestra)
 - 1310 nm
 - 1550 nm

FIBRA OTTICA - LEDs vs LASERS

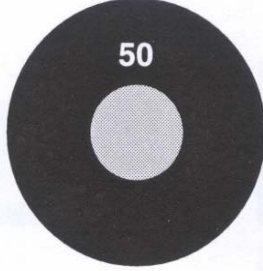
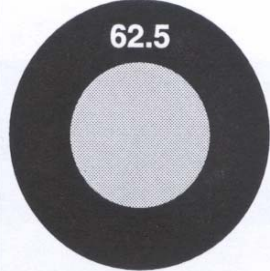
Light
Emitting
Diode

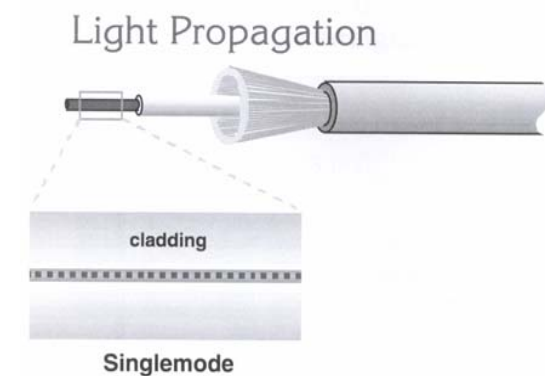
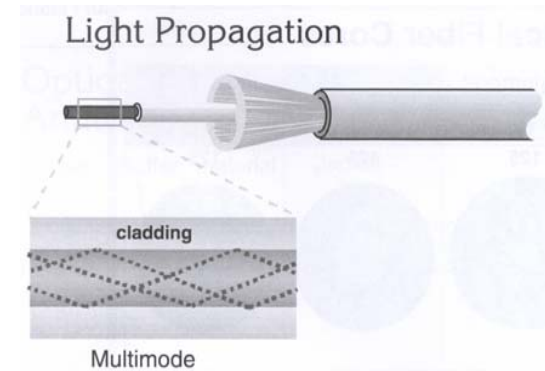
Light
Amplification by
Stimulated
Emission of
Radiation



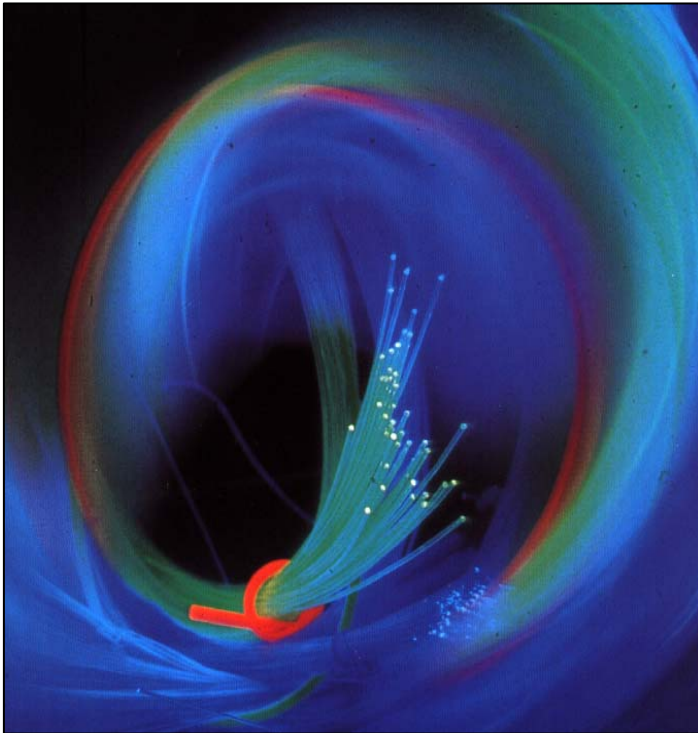
FIBRA OTTICA - LEDs vs LASERS

Optical Fiber Cores

	Singlemode	Multimode	
	8.3 / 125 μm	50 / 125 μm	62.5 / 125 μm
	125	125	125
			
λ	1310 – 1550 nm	850 – 1300 nm	
Loss	0.5 dB / km	3.0 dB / km	4.0 dB / km



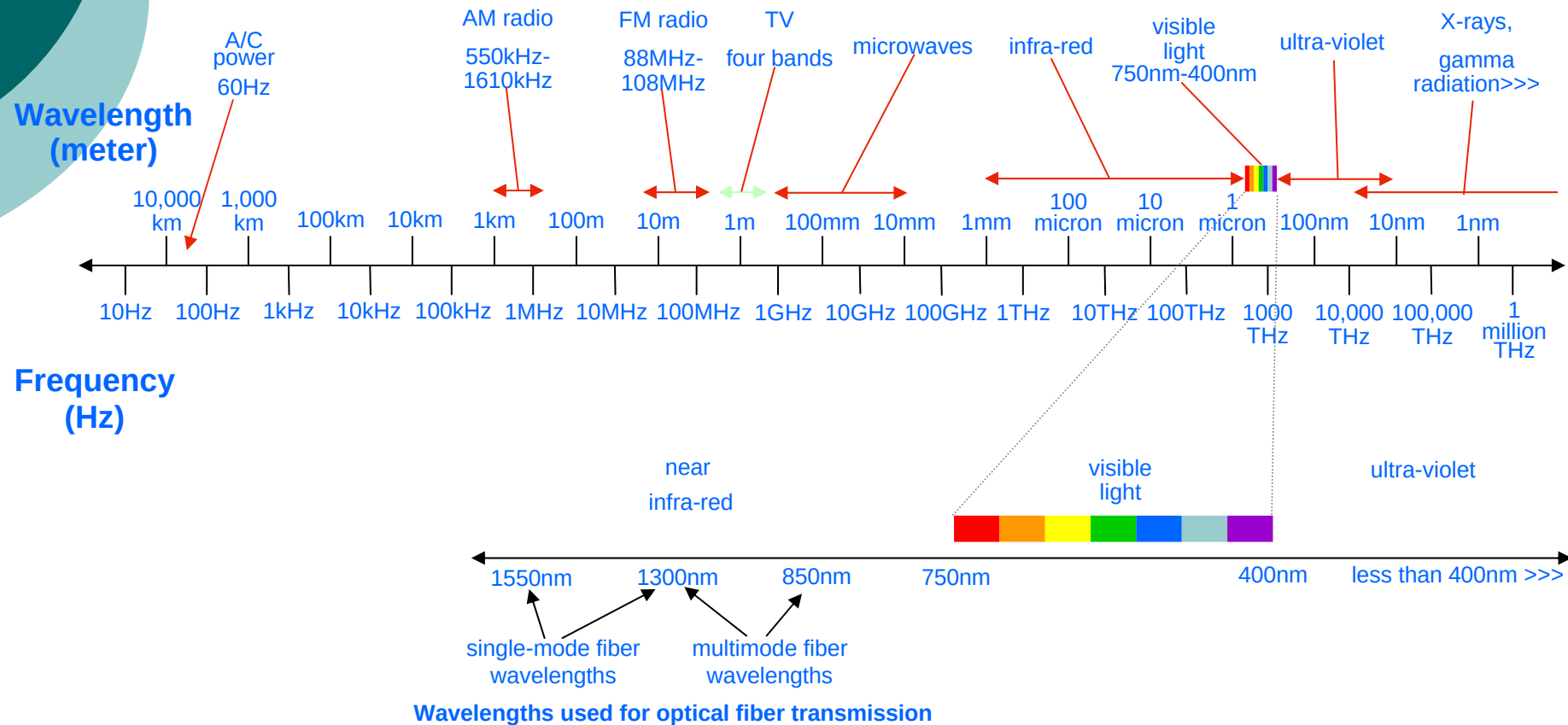
FIBRA OTTICA - Parametri



- Lunghezza d'onda
- Finestra operativa
- Frequenza
- Dispersione
- Larghezza di banda
- Attenuazione

Lo spettro elettromagnetico

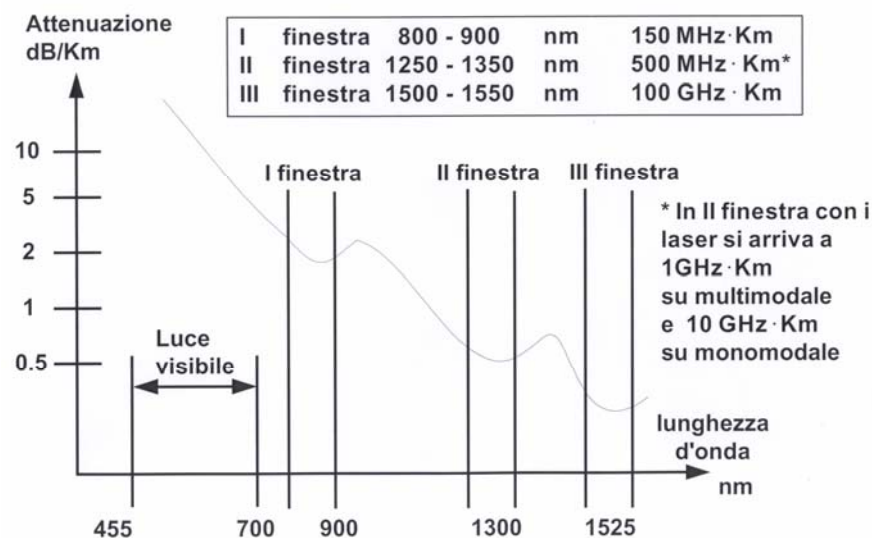
- Mezzo per definire la luce
- Misurata in nanometri
- 1 nanometer = 10^{-9} m



FIBRA OTTICA PARAMETRI -Finestra operativa

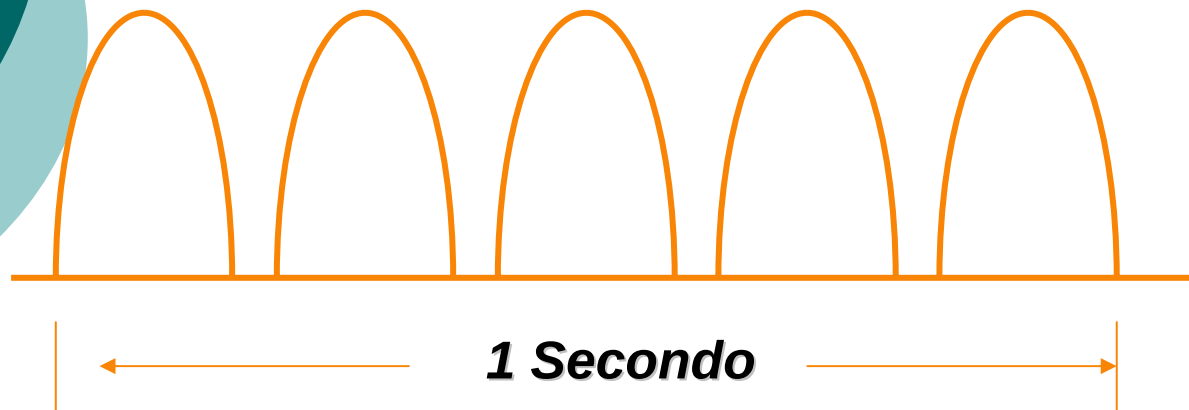
<i>Window</i>	<i>Operation</i>
800 - 900 nm	850 nm
1250 - 1350 nm	1300 / 1310 nm
1500 - 1600 nm	1550 nm

- E' il range di lunghezze d'onda in cui la fibra funziona meglio
- Centrata intorno alla lunghezza d'onda di funzionamento tipica

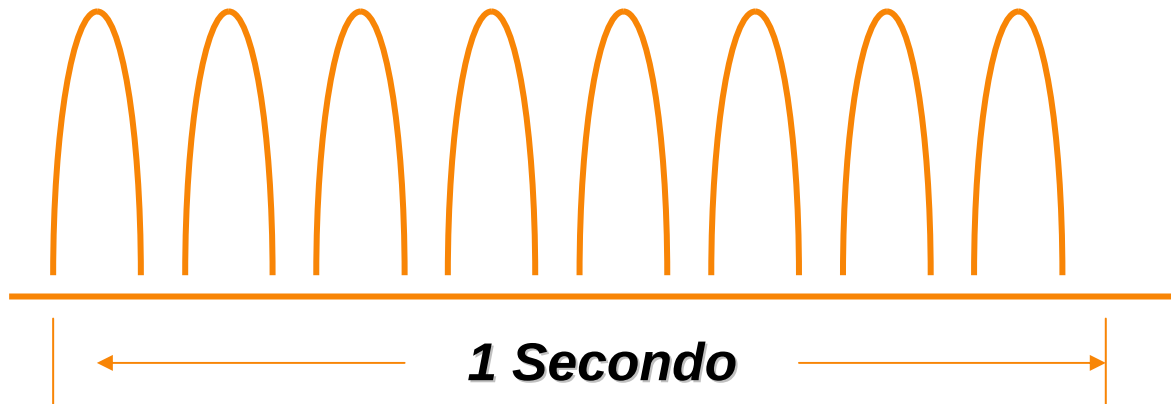


FIBRA OTTICA PARAMETRI - Frequenza

Numero di impulsi al secondo emessi da una sorgente di luce



**5 impulsi/secondo
(5Hz)**



**8 impulsi/secondo
(8Hz)**

FIBRA OTTICA PARAMETRI - Larghezza di banda

*Impulsi
trasmessi*



*Impulsi
trasmessi*



*Impulsi
ricevuti*



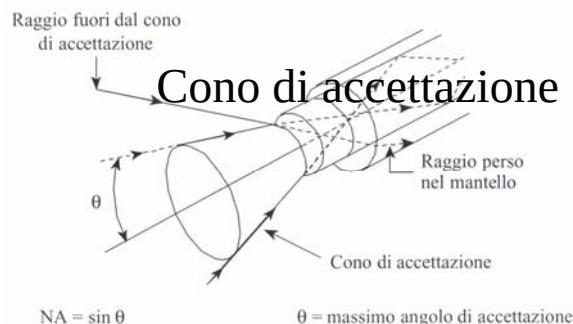
Ogni impulso definito è
comprensibile al
ricevitore

*Impulsi
ricevuti*

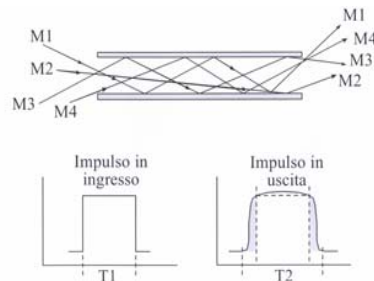


Impulsi non chiari non
sono comprensibili al
ricevitore

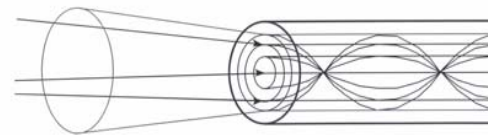
La larghezza di banda è
la capacità di un sistema di
trasportare informazioni.
Più grande è l'ampiezza di
banda, maggiore è la capacità
di portare informazioni.



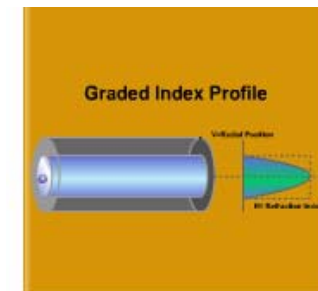
FIBRA OTTICA PARAMETRI-Dispersione modale



**Step Index Multimode
Fibre**
(oggi non più utilizzata)



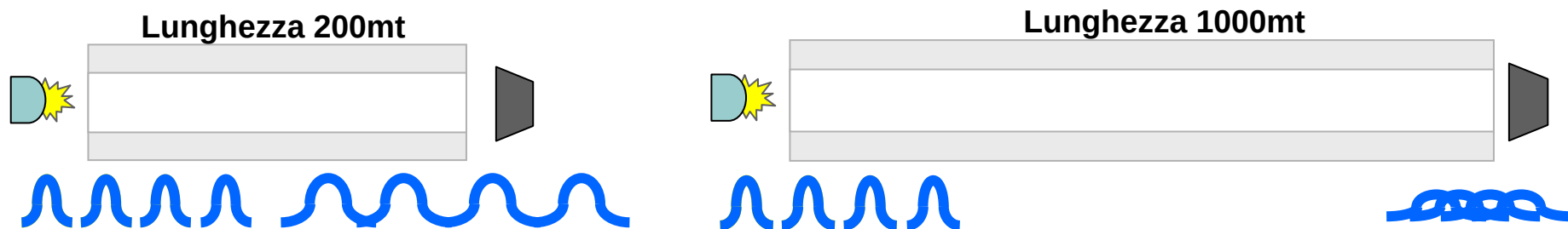
Graded Index Multimode Fibre
(usate tipicamente nelle LAN)



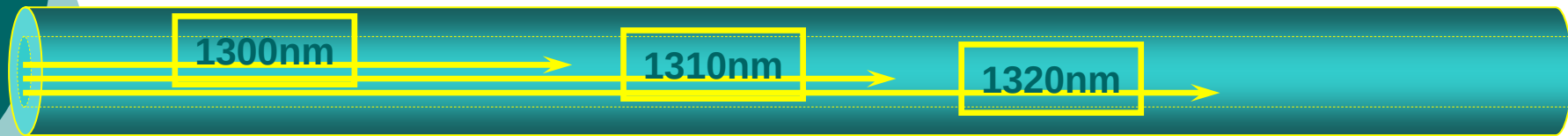
- Effetto tipico della fibra multimodale e maggiore causa di limitazione di larghezza di banda. E' il risultato della diversa lunghezza di percorso seguito dalla luce (modi) durante il passaggio nel nucleo. Le fibre Graded index sono fabbricate in modo tale che i modi di ordine superiore viaggino attraverso un materiale meno denso rispetto ai modi di ordine inferiore, viaggiano cioè più velocemente. Questo riduce al minimo la dispersione modale. La dispersione modale dipende dalla distanza ma non è lineare con essa.

FIBRA OTTICA PARAMETRI-Dispersione modale

La larghezza di banda nella fibra multimodale è misurata in MHz*km per ogni finestra operativa (**ANSI/TIA/EIA-568-A ha definito per la fibra multimodale 62.5/125 μm una larghezza di banda di 160 MHz • km a 850 nm e 500 MHz • km a 1300 nm).**



FIBRA OTTICA PARAMETRI-Dispersione cromatica



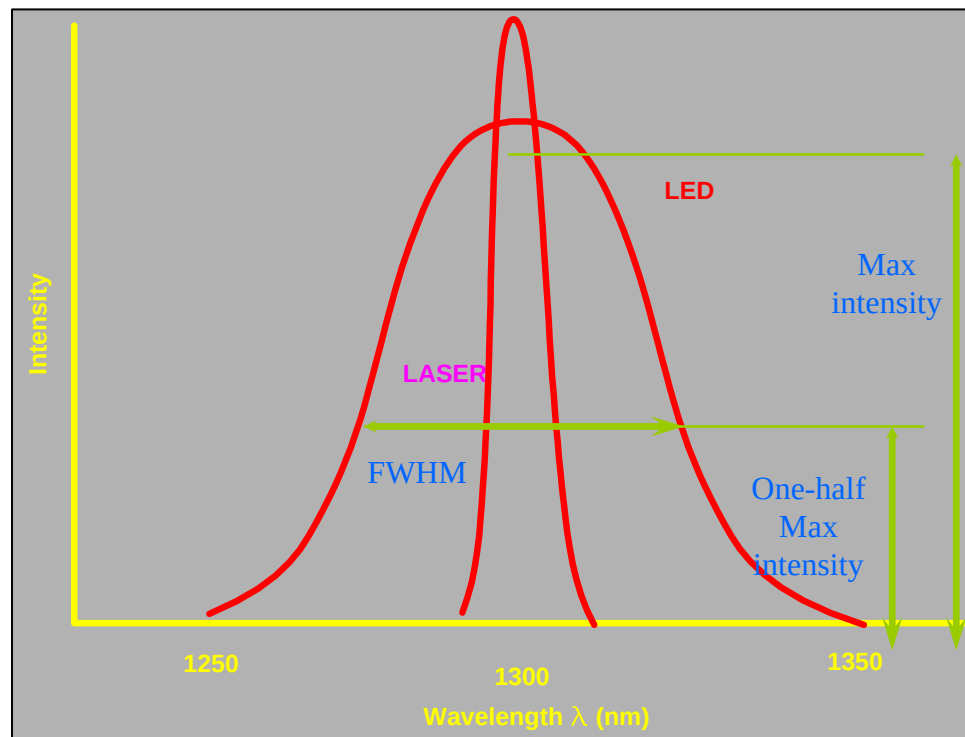
- La dispersione cromatica è il risultato di diverse lunghezze d'onda di luce emessa da un trasmettitore. Poiché la velocità della luce attraverso un certo mezzo dipende dalla lunghezza d'onda, ogni lunghezza d'onda viaggia ad una velocità diversa facendo ampliare l'impulso con la distanza. **La quantità di dispersione cromatica dipende dall'ampiezza dello spettro e dalla lunghezza d'onda della sorgente di luce.**
- E' causa di limitazione di larghezza di banda
- Le sorgenti LED frequentemente usate con sistemi in fibra multimodale hanno una più ampia larghezza di spettro rispetto alle sorgenti laser per le monomodali. Questo porta a una dispersione cromatica. La maggior parte delle fibre ottiche in vetro hanno le caratteristiche minime di dispersione cromatica vicino a 1300nm.

LED e LASER Comparazione larghezza di spettro

La potenza totale emessa da un trasmettitore è distribuita su un range di lunghezze d'onda diffuse intorno al centro d'onda. Questo range è la larghezza di spettro, misurato in nanometri.

La larghezza di spettro varia da stretta (alcuni nanometri) a larga (da decine a centinaia di nanometri) dipendente dal tipo di sorgente utilizzata (Laser o LED). Larghe ampiezze di spettro portano a incrementare la dispersione .

NOTE: La larghezza di spettro (o larghezza di impulso) è generalmente data come il range di lunghezze d'onda emesse a un livello di intensità più grande o uguale alla metà del livello di intensità del picco o larghezza di spettro FWHM (Full Width Half Maximum).



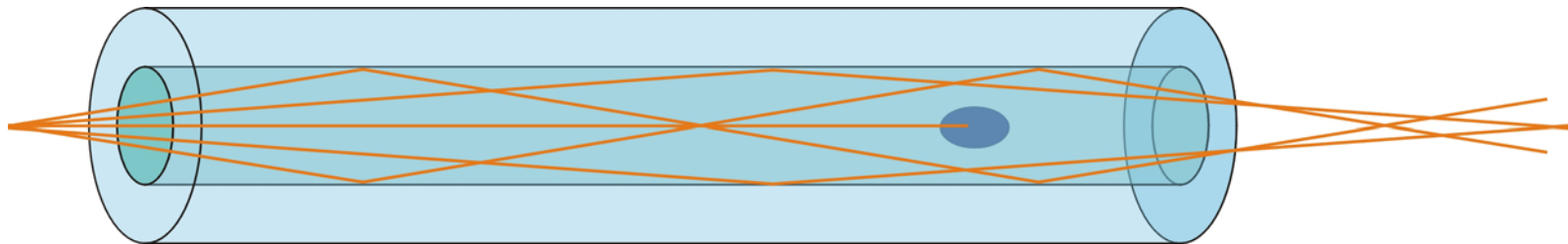


FIBRA OTTICA PARAMETRI - Attenuazione

- **INTRINSECA**
- Caratteristica della fibra
- Assorbimento
- Dispersione
- Micropiegature

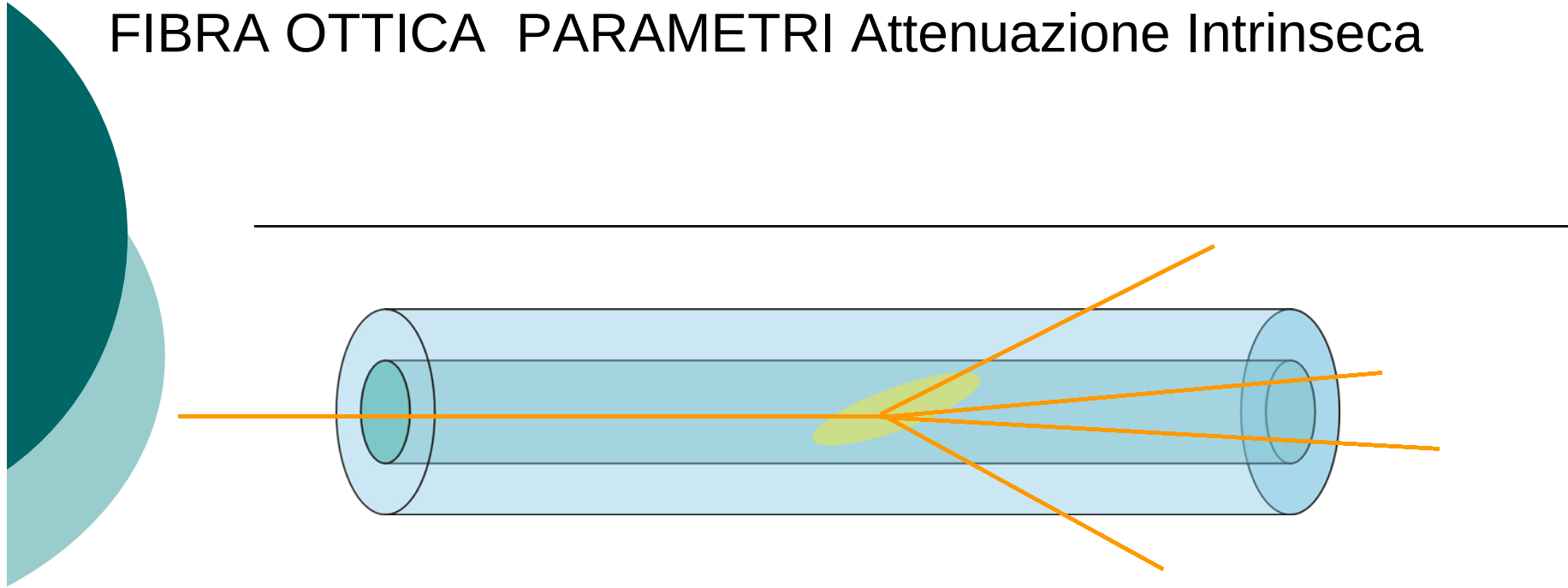
- **ESTRINSECA**
- Forzato al di fuori della fibra
- Macropiegature
- Micropiegature

FIBRA OTTICA PARAMETRI Attenuazione Intrinseca



- ASSORBIMENTO (Absorption)
- Causato da imperfezioni chimiche
- OH⁻ (Hydroxyl ion) assorbe potenza
- Causa un incremento di attenuazione a 950, 1240 & 1400 nm
- Può essere minimizzata solo dal costruttore

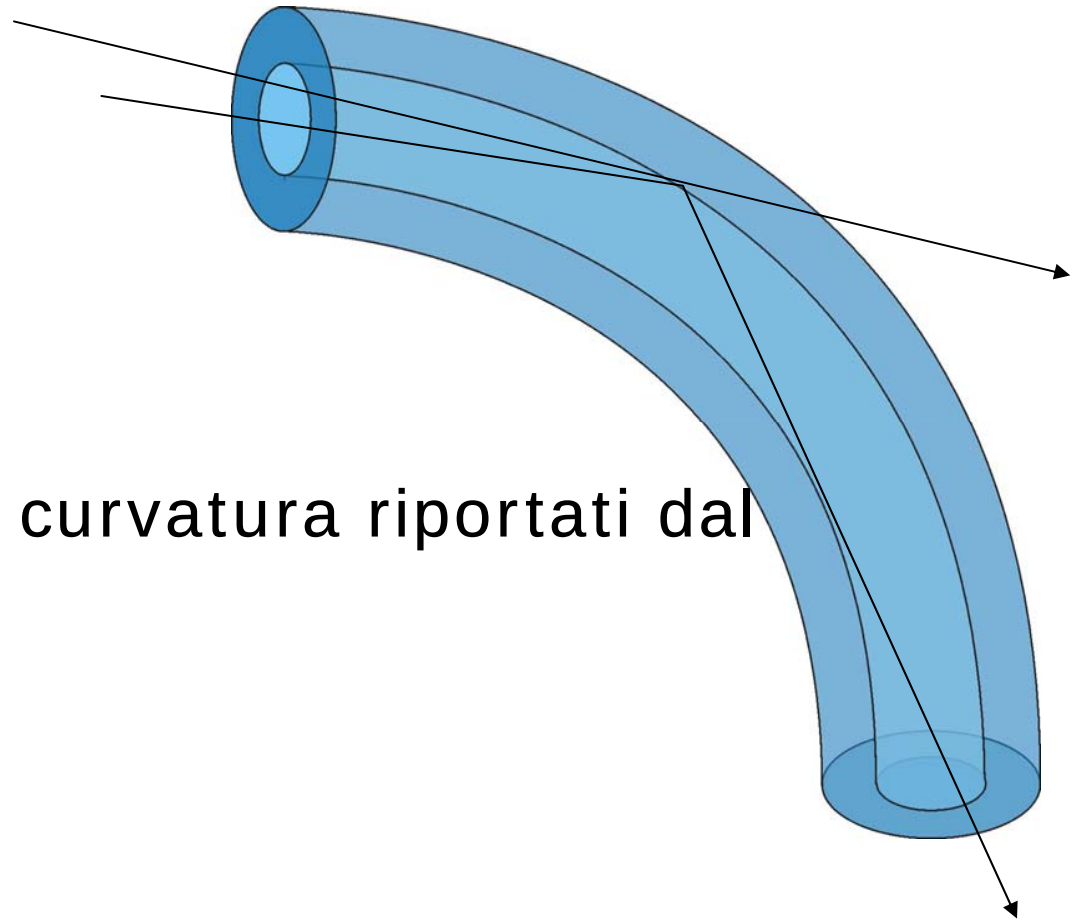
FIBRA OTTICA PARAMETRI Attenuazione Intrinseca



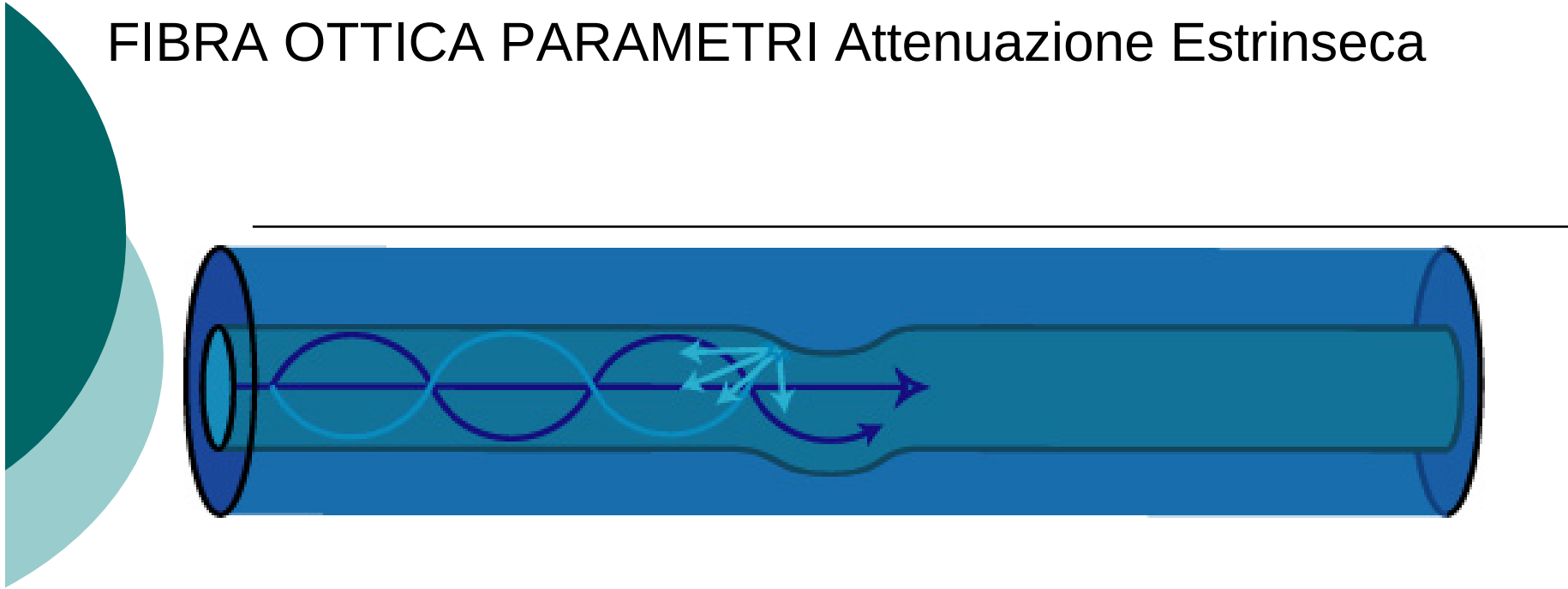
- DISPERSIONE (Scattering)
- Dovuta a imperfezioni
- Cambio di direzione del modo di luce dopo essersi scontrato su particelle di impurità
- Può essere minimizzato dal costruttore

FIBRA OTTICA PARAMETRI - Attenuazione Estrinseca

- MACROPIEGATURE
- Recuperabili
- Attenersi ai raggi di curvatura riportati dal costruttore

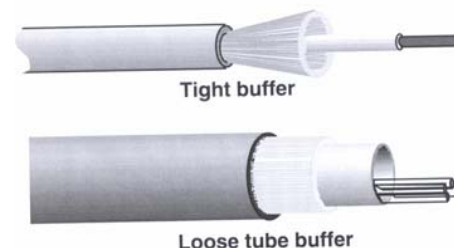
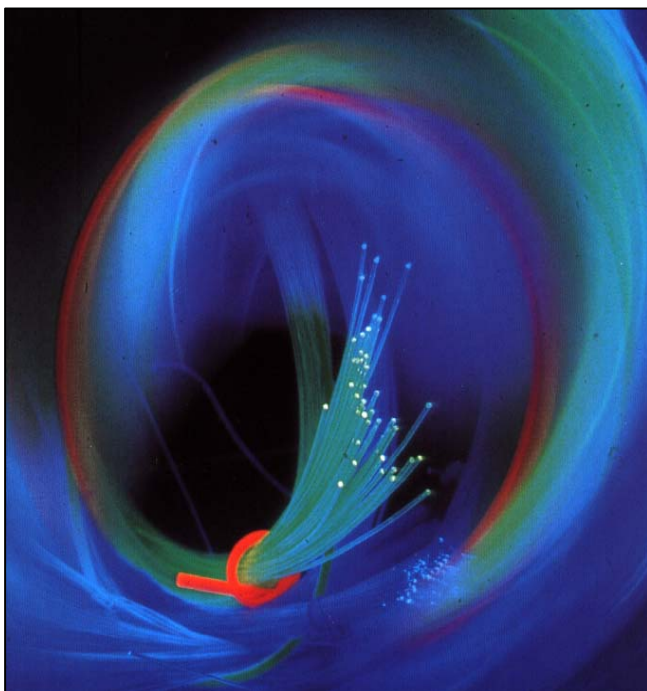


FIBRA OTTICA PARAMETRI Attenuazione Estrinseca



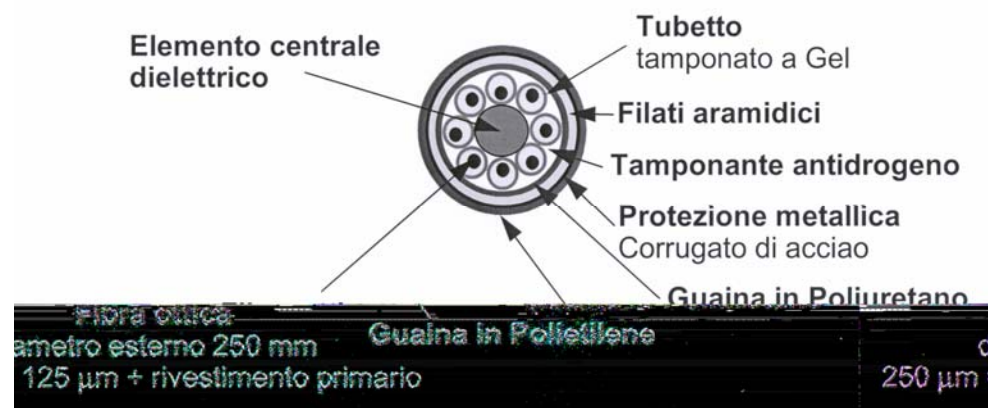
- MICROPIEGATURE
- Non recuperabili
- Causate da temperatura, trazione o schiacciamento
- Fare attenzione durante l'installazione

FIBRA OTTICA Composizione del cavo



- **LOOSE BUFFER**
 - Completamente dielettrico
 - Armato
- **TIGHT BUFFER**
 - A filamenti (*un rivestimento singolo protegge tutte le fibre*)
 - Sotto unità (*un rivestimento individuale per ogni fibra*)

COMPOSIZIONE DEL CAVO (Loose Buffer)

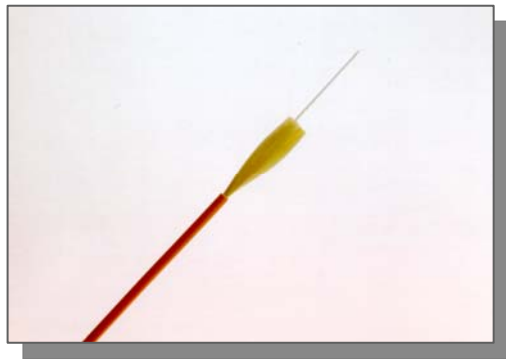


- Le fibre sono contenute in un tubicino contenente gel che non permette la formazione di umidità
- Buona protezione delle fibre
- Adatto per uso aereo esterno
- Alto numero di fibre contenute in dimensioni di cavo ridotto
- Limitarne l'utilizzo verticale
- Richiede kit di fan-out per la connettorizzazione

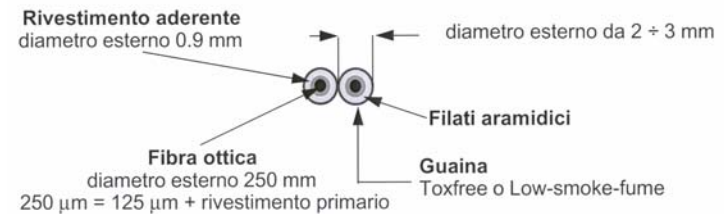
Cavi di tipo loose

Cavi usati per installazione in luoghi esterni soggetti a presenza di acqua o umidità.

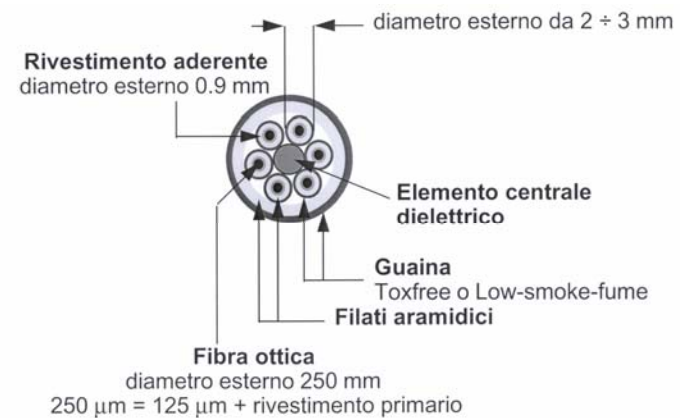
COMPOSIZIONE DEL CAVO Tight Buffer



- Copertura da 900mm applicata direttamente sulla fibra
- Buona protezione della fibra
- Non richiede kit di fan-out
- Eccellente per l'utilizzo verticale
- Disponibile in tipologia Indoor/Outdoor
- ⌚ Non adatta per applicazioni particolari in esterno

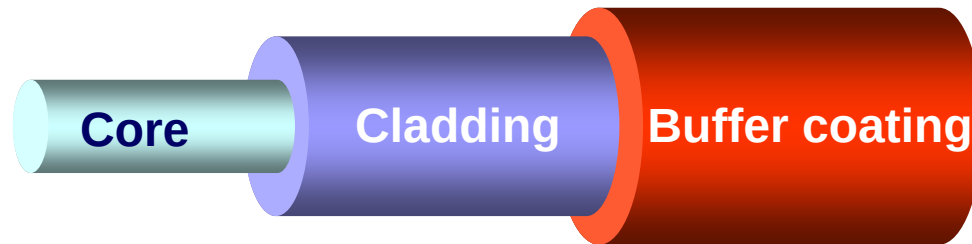


Bretelle ottiche



Fibra tight tipo a filamenti

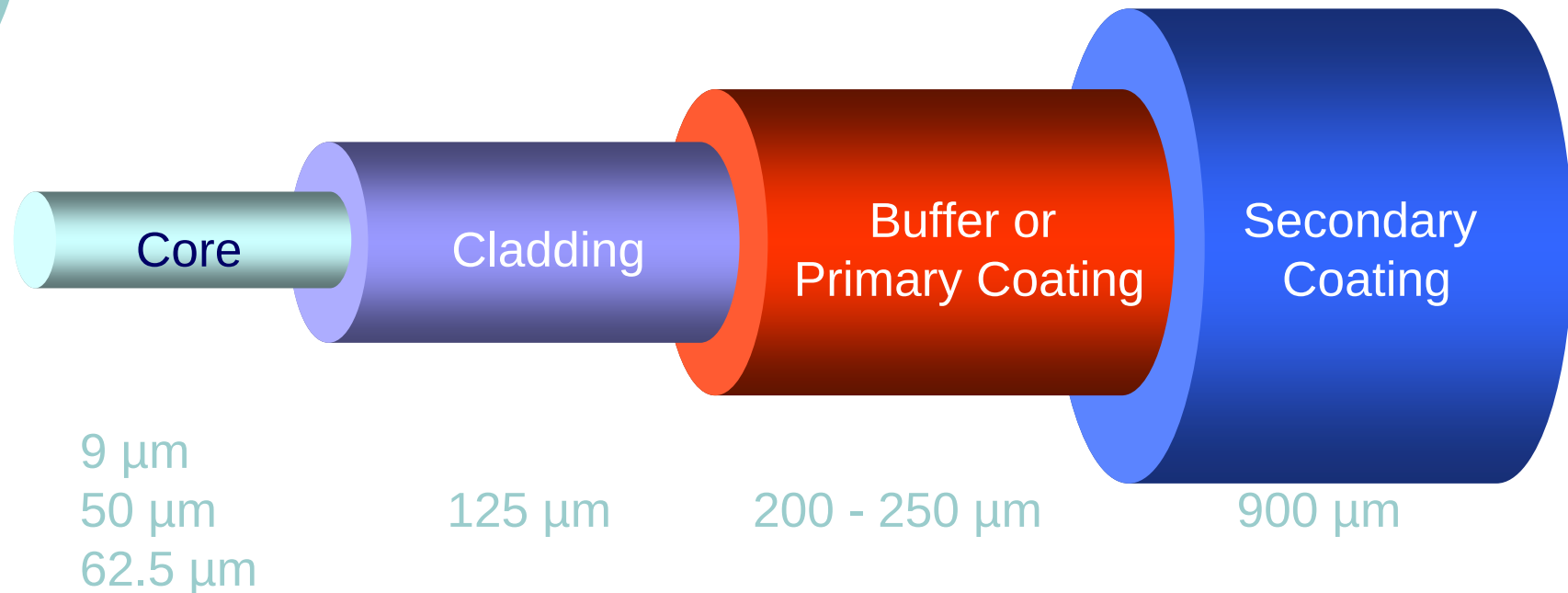
Struttura



- **La caratteristica di base che deve avere la fibra affinché all'interno del core la luce si propaghi in modo efficace è il rapporto dei diversi indici di rifrazione di core e cladding**
- **Core e Cladding sono a loro volta racchiusi da un rivestimento primario**

Struttura

- Quando ci troviamo pertanto a parlare di fibra 9\125, 50\125 e 62,5\125 indichiamo il rapporto tra core e cladding



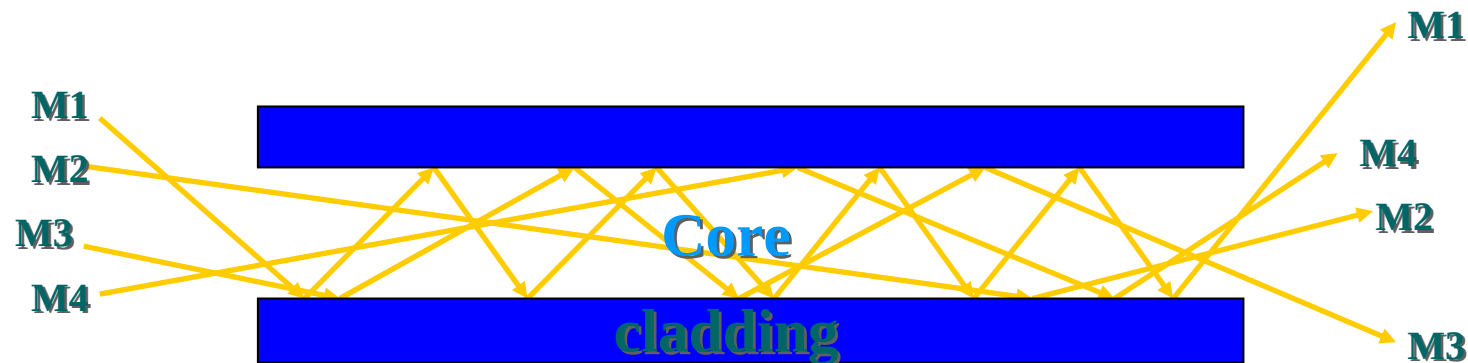
Modi di propagazione

- **All'interno di una fibra ottica la luce ha più modi di propagazione, ciò genera la dispersione modale che ne limita la banda; esistono diversi modi di “propagare” la luce all'interno della fibra**
- **Fibre ottiche multimodali: propagazione con diversi modi e percorsi**
 - **Fibre ottiche multimodali step-index**
 - **Fibre ottiche multimodali graded-index**
- **Fibre ottiche monomodali: propagazione in un unico modo**

Modi di propagazione

Fibre multimodali step-index

- La variazione dell'indice di rifrazione tra core e cladding è brusca e causa molta dispersione modale, per questo motivo non vengono ormai più utilizzate



Modi di propagazione

Fibre multimodali graded-index

- La variazione continua degli indici di rifrazione rallenta i raggi più centrali, per questo hanno una banda passante molto superiore alle step-index possono lavorare in 1^a e 2^a finestra (850 e 1300 nm)



Modi di propagazione

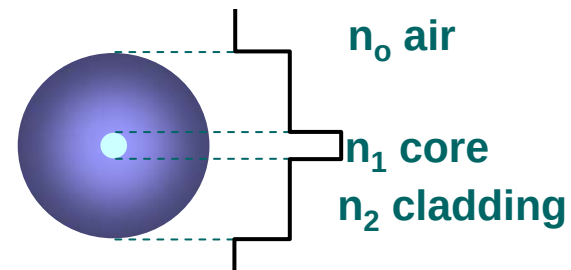
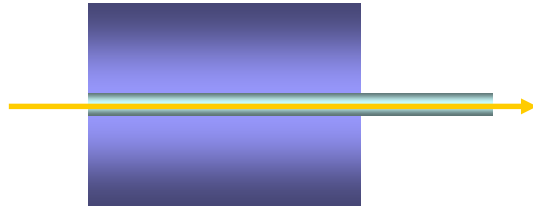
Fibre monomodali

- La fibra si comporta come una guida d'onda quindi con una sola modalità di propagazione
- Non si ha dispersione modale
- La banda passante è elevatissima
- Possono lavorare in 2^a e 3^a finestra

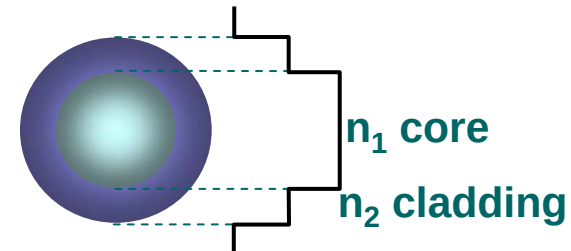
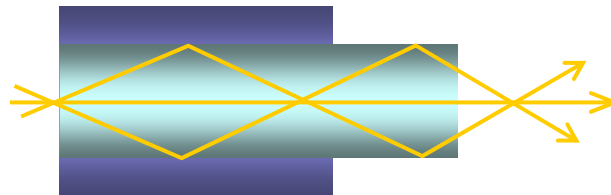


Modi di propagazione

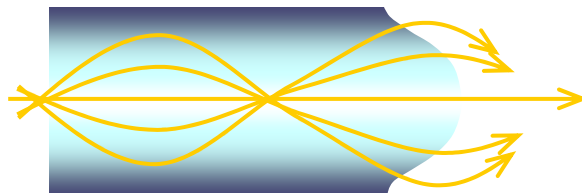
Singlemode step-index fibre



Multimode step-index fibre



Multimode graded-index fibre



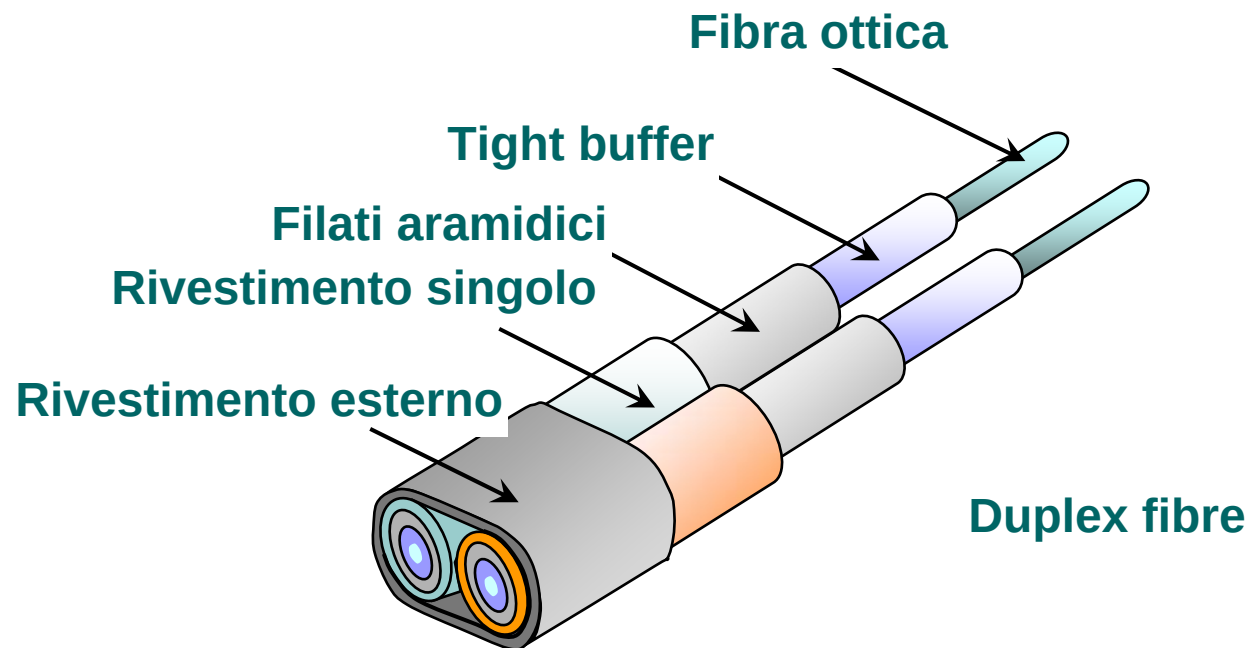


Struttura

- **La differenza delle strutture dei cavi ottici possono, essere riassunte in tre macro famiglie, che identificano appunto i vari tipi di cavo ed il loro campo di applicazione ed utilizzo**
- **Cavi di tipo TIGHT**
- **Cavi di tipo LOOSE**
- **Cavi di tipo RIBBON**

Cavi di tipo TIGHT

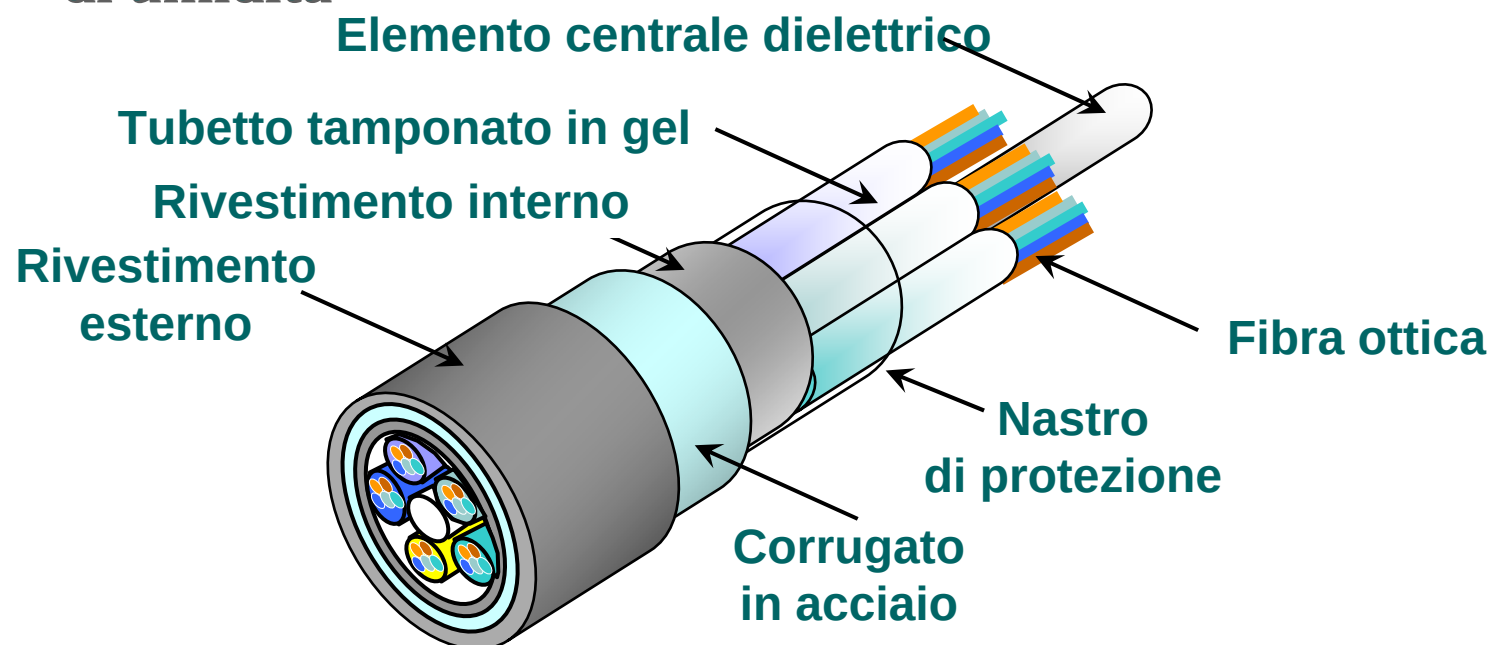
- **Guaine protettive aderenti alla fibra**
- **Possono essere connettorizzati direttamente**
- **Adatti ad installazioni in interni**



Struttura

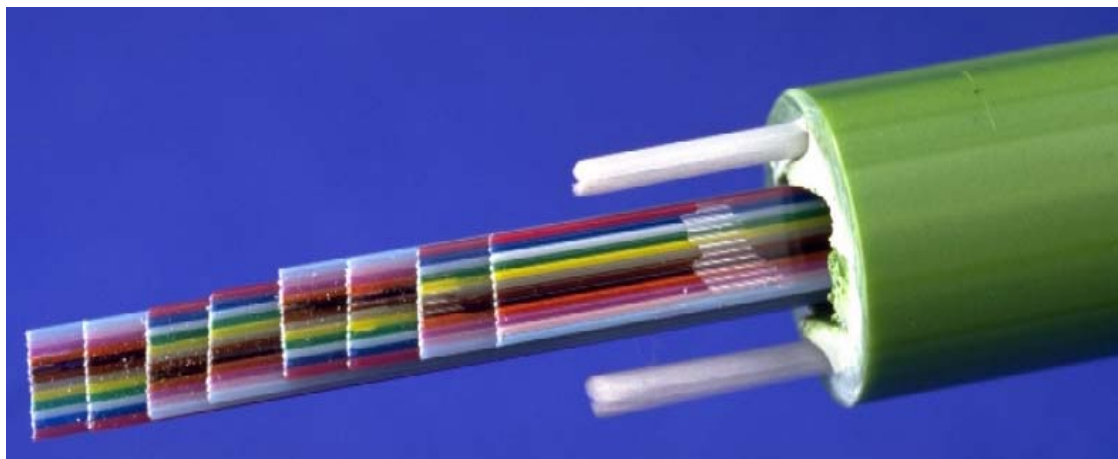
Cavi di tipo LOOSE

- Possono contenere un numero elevato di fibre (oltre 100)
- Devono essere connessi\giuntati, a mezzo di splicing o fusione, a cavi di tipo TIGHT
- Adatti ad installazioni in esterni od ambienti con elevato grado di umidità



Cavi di tipo RIBBON

- **Possono contenere tipicamente 4, 8 o 12 fibre**
- **Solitamente usate per connettorizzazioni di Trunk**
- **Le fibre sono parallele tra loro per consentire giunzioni e/o connettorizzazioni contemporanee**



Trasmissione sulla fibra

- **La trasmissione attraverso la fibra ottica può essere effettuata con due diverse modalità**
- **Con LED Light Emission Diod sulle fibre Multimodali**
- **Con Laser sulle fibre Monomodali**
- **Le due diverse modalità di trasmissione hanno costi molto diversi e possono essere utilizzate per applicazioni specifiche anche a seconda della finestra di utilizzo**

Le performance

- Con l'avvento del **Gigabit Ethernet** (1.000.000.000 b/s) nasce la necessità di avere performance sempre maggiori
- La fibra sinora maggiormente utilizzata è la 62,5\125 ma per una trasmissione a **550 mt** con questo tipo di fibra si debbono utilizzare elettroniche operanti in **II finestra** che hanno un costo molto superiore a quelle che operano in I finestra
- Utilizzando una fibra **50\125** con una banda di 500 MHz*Km in I finestra si riesce a coprire la medesima distanza
- Questo è il motivo per cui la fibra 50\125 sta soppiantando la 62,5\125



Cavi a norma

- **DISTRIBUZIONE ORIZZONTALE**

- 100 OHM UTP/STP/FTP/S-FTP
- 150 OHM STP
- 120 OHM FTP
- F.O. 50/125 μm - 62.5/125 μm MM

- **DORSALI**

- 100 OHM UTP MULTIPAIR
- 150 OHM STP
- F.O. 50/125 μm - 62.5/125 μm MM e Single Mode

Dorsale Rame - Distanze

- Cavi Categoria 5/5e/6 usati per servizi LAN
 - 90 m max, in ogni caso
- Cavi multicoppia usati per servizi voce o “dati lenti”
 - Da FD a BD: 500 m *edificio*
 - Da BD a CD: 300 m *campus*
 - Da FD a CD: 800 m *totale*

Dorsale F.O. - Distanze

Cavi in fibra ottica multimodale

Da FD a BD: 500 m

Da BD a CD: 1.500 m

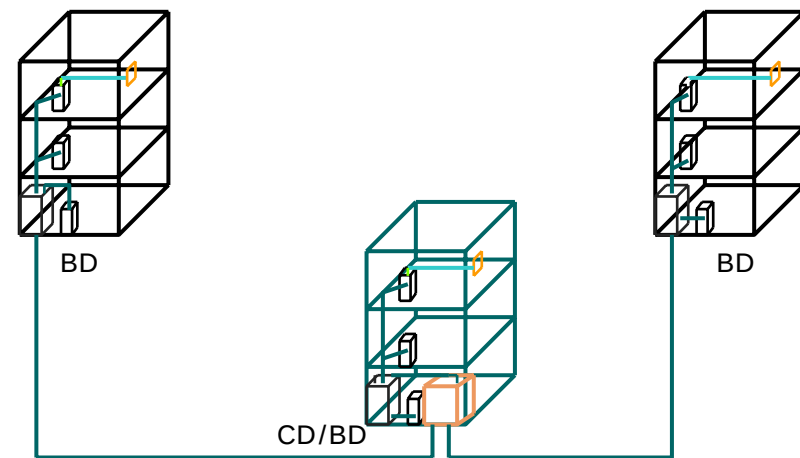
- Da FD a CD: 2.000 m

○ Cavi in fibra ottica monomodale

- Da FD a BD: 500 m

- Da BD a CD: 2.500 m

- Da FD a CD: 3.000 m





Seminario

- Elementi di Cablaggio strutturato
- Obiettivi di un cablaggio strutturato.
- Cablaggio orizzontale
- Cablaggio verticale
- Cablaggio di campus.



*FACOLTA' DI SCIENZE MM. FF. NN.
Corso di laurea in Informatica*

Sistemi per l'elaborazione dell'informazione: RETI

Il Livello Data Link

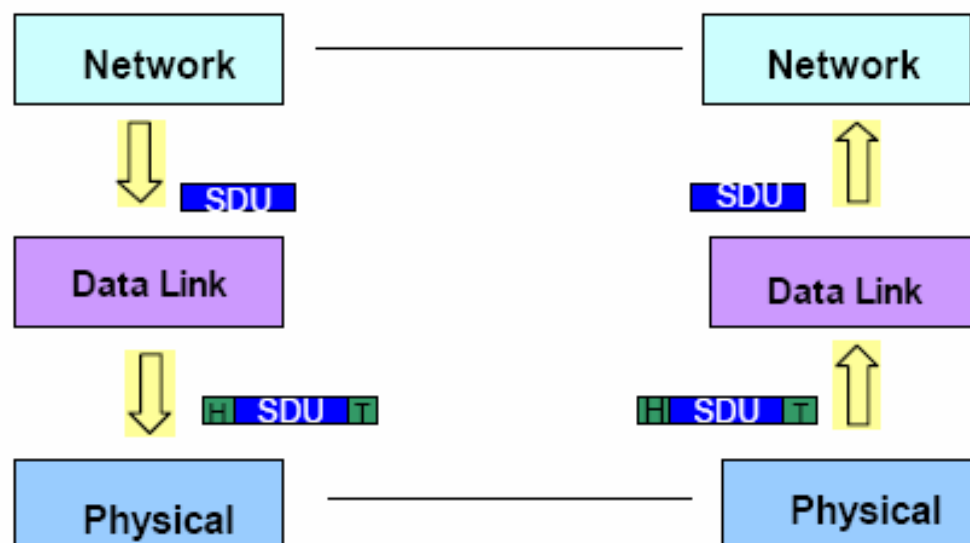
a cura del prof. G. Russo (grusso@unina.it)

ing. A. Violetta (violetta@unina.it)

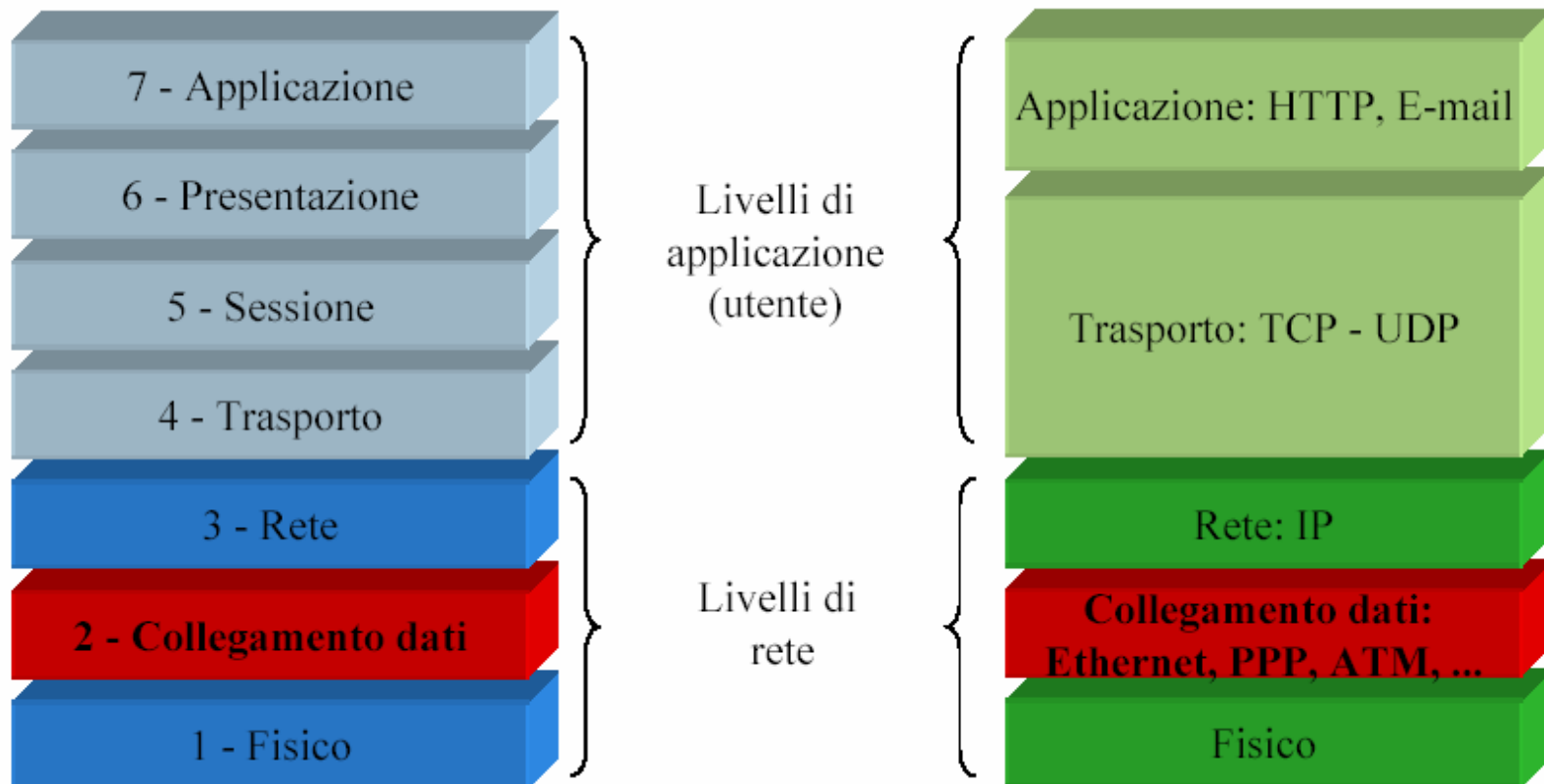
©2004

Data Link Layer

Il livello di Data Link ha il compito di offrire una comunicazione affidabile ed efficiente a due macchine *adiacenti*, cioè connesse fisicamente da un canale di comunicazione (ad es.: cavo coassiale, doppino, linea telefonica).



Livello Data Link





Struttura della generica frame

Synchronization Field	Address Field	Control Field	Data Field	Error check Field	Synchronization Field
------------------------------	----------------------	----------------------	-------------------	--------------------------	------------------------------

Synchronization Field Consente di distinguere l'inizio e la fine di una frame, mediante l'uso di opportuni pattern di bit.

Address Field Contiene l'indirizzo del destinatario.

Control Field Contiene una serie di informazioni di controllo utilizzate per il controllo di sequenza e di flusso.

Data Field Contiene un pacchetto del Network Layer.

Error Check Field Contiene una sequenza di byte utilizzati per la rilevazione di errore presenti nella frame.



Compiti del DLL

- offrire servizi al livello network con un'interfaccia ben definita;
- determinare come i bit del livello fisico sono raggruppati in **frame**
- gestire gli errori di trasmissione;
- regolare il flusso della trasmissione fra sorgente e destinatario.

Poichè il Physical Layer accetta e trasmette sequenze di bit senza far riferimento alla loro struttura, è compito del Data Link Layer creare e riconoscere i limiti dei pacchetti.

Modalità di creazione dei pacchetti:

- conteggio dei caratteri;
- caratteri di inizio e fine, con **character stuffing**;
- bit pattern di inizio e fine, con **bit stuffing**;
- violazioni della codifica dei bit, usata nel livello fisico.



Tipologia di servizio offerti a livello superiore

☐ Servizio connectionless senza acknowledge

- non viene attivata nessuna connessione
- invio delle trame senza attendere alcun *feedback* dalla destinazione
 - Se una trama viene persa non ci sono tentativi per recuperarla, il compito viene lasciato ai livelli superiori
- **la maggior parte delle LAN utilizzano questa tipologia di servizio**

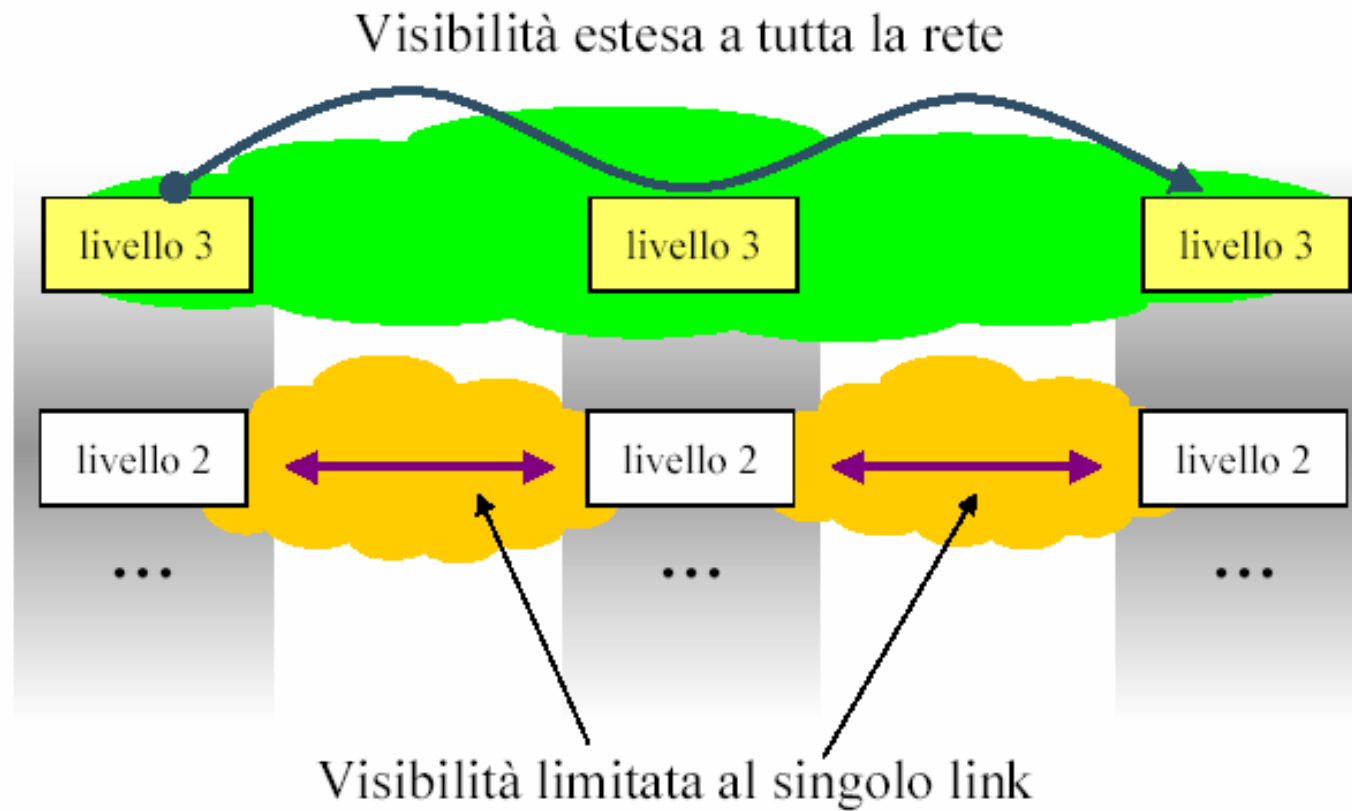
☐ Servizio connectionless con acknowledge

- non viene attivata nessuna connessione
- ogni trama inviata viene “riscontrata” in modo individuale

☐ Servizio connection-oriented con acknowledge

- viene attivata una connessione e, al termine del trasferimento, essa viene abbattuta
- ogni trama inviata viene “riscontrata” in modo individuale

Visibilità della rete a livello 2





Funzioni di competenza del livello 2

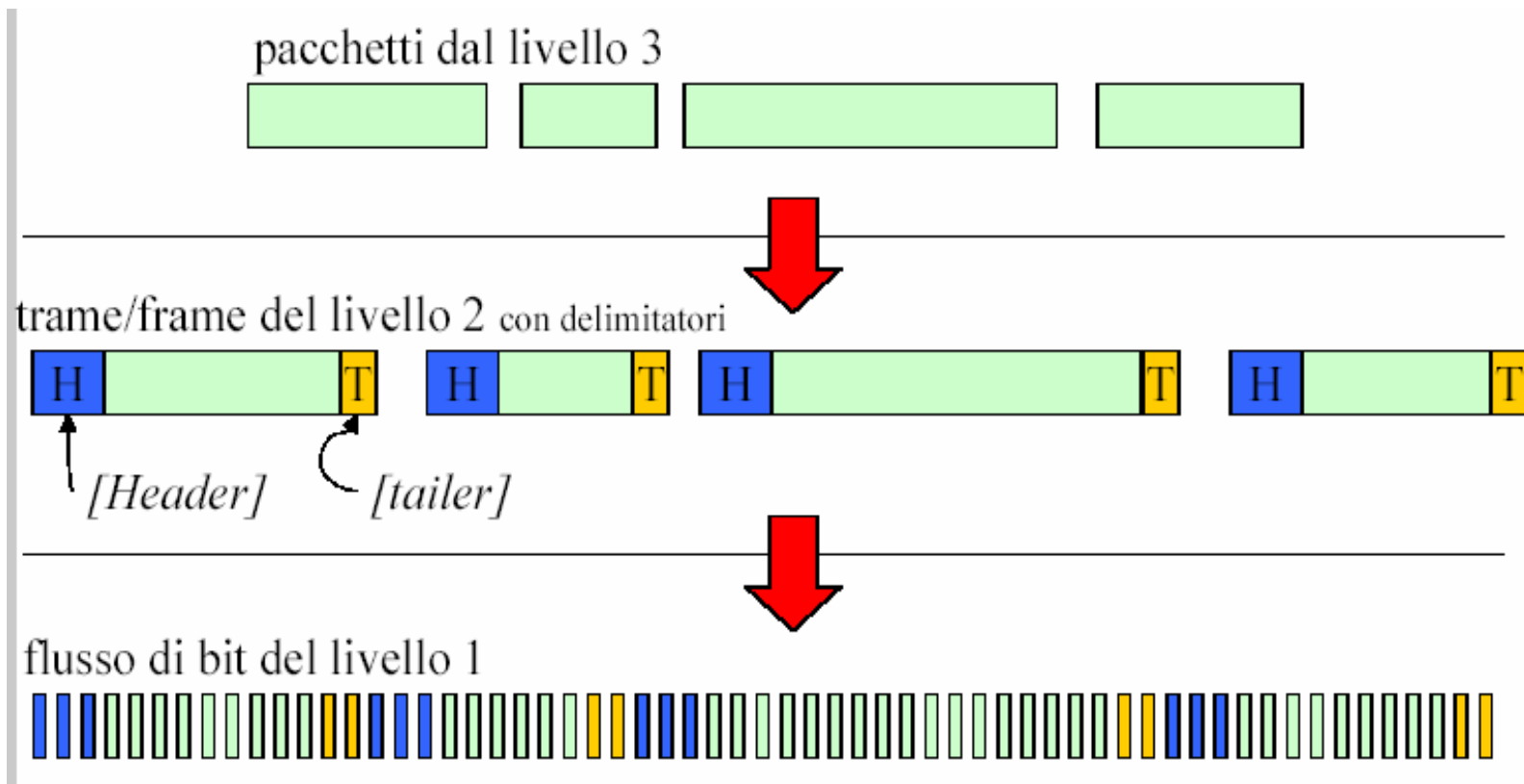
- ❑ Le principali funzioni svolte dal livello 2 sono:
 - framing
 - delimitazione delle trame
 - rilevazione/gestione errori
 - controlla se la trama contiene errori ed eventualmente gestisce il recupero
 - controllo di flusso
 - gestisce la velocità di trasmissione



Framing

- ❑ Il livello 2 riceve dal livello superiore (rete) dei pacchetti
- ❑ Considerando che:
 - la lunghezza dei pacchetti (di livello 3) e delle corrispondenti trame (livello 2) è variabile
 - i sistemi non sono sincronizzati tra loro, ovvero non hanno un orologio comune che segna la stessa ora per tutti
 - il livello 1 tratta solo bit, e quindi non è in grado di distinguere se un bit appartiene ad una trama o a quella successiva
- ❑ ... nasce il problema della **delimitazione delle trame**
- ❑ La funzionalità di *framing* (frame = trama) è dunque di rendere distinguibile una trama dall'altra attraverso l'utilizzo di opportuni codici all'inizio e alla fine della trama stessa

Esempio



Rilevazione dell'errore

- ❑ Il livello fisico offre un canale di trasmissione *non privo di errori*
 - errori sul singolo bit
 - replicazione di bit
 - perdita di bit
- ❑ Per la rilevazione di tali errori, nell'header di ogni trama il livello 2 inserisce un campo denominato **checksum**
 - il checksum è il risultato di un calcolo fatto utilizzando i bit della trama
 - la destinazione ripete il calcolo e confronta il risultato con il checksum: se coincide la trama è corretta





Gestione del flusso

- ❑ Problema: la sorgente trasmette le trame ad una velocità superiore di quella che la destinazione utilizza per accettare l'informazione
 - conseguenza: congestione del nodo destinazione
- ❑ Soluzione: implementare il **controllo di flusso**
- ❑ Il controllo della velocità di trasmissione della sorgente è basato su feedback inviati alla sorgente dalla destinazione indicando
 - di bloccare la trasmissione fino a comando successivo
 - la quantità di informazione che la destinazione è ancora in grado di gestire
- ❑ I feedback possono essere
 - nei servizi con riscontro, gli ack stessi
 - nei servizi senza riscontro, dei pacchetti appositi



Gestione del flusso e recupero degli errori

- ❑ La principale tecnica di gestione del flusso è chiamata “controllo di flusso a finestra scorrevole”
 - possono essere trasmessi solo i pacchetti all’interno della finestra
 - quando il feedback è positivo, la finestra scorre e nuovi pacchetti possono essere trasmessi
- ❑ Contemporaneamente vengono definite delle tecniche di recupero degli errori
 - stop and wait
 - go-back-N
 - selective repeat
- ❑ Nelle reti TCP/IP (la maggior parte delle reti dati è di questo tipo) il controllo di flusso e il recupero degli errori è demandato ai livelli superiori
 - a livello 2 non vi sono feedback della destinazione per cui la sorgente trasmette le trame indipendentemente
 - viene controllata la presenza di errori e, in caso di errore, la trama viene semplicemente scartata senza gestire il recupero



Controllo degli errori

Il controllo di errore viene effettuato in quanto a causa di disturbi elettrici il segnale rappresentante lo stream di bit trasmesso potrebbe essere alterato.

I problemi affrontati dal controllo di errore sono relativi alla sicurezza nella ricezione delle frame da parte del livello di rete remoto e nel controllo relativo all'ordine con cui le frame vengono ricevute.

Il mittente dopo aver spedito una frame al ricevente attenderà una frame di conferma detta **ack** che il destinatario spedirà dopo aver ricevuto la frame.

PROBLEMI

Perdita della FRAME:

Comporterebbe al mittente l'attesa infinita di un ack. Per evitare un tale comportamento il mittente, dopo la spedizione della frame, attiva un timer. Se alla fine del **timeout** l'ack non è stato ricevuto, il mittente rispedisce la frame.

Perdita dell'ACK:

Comporta la duplicazione inconsapevole da parte del mittente di una frame. Si inseriscono nelle frame, per tale motivo, dei numeri progressivi (**numeri di sequenza**). Ciò consente di ricevere tutte le frame in modo ordinato e senza duplicati.



I sottolivelli

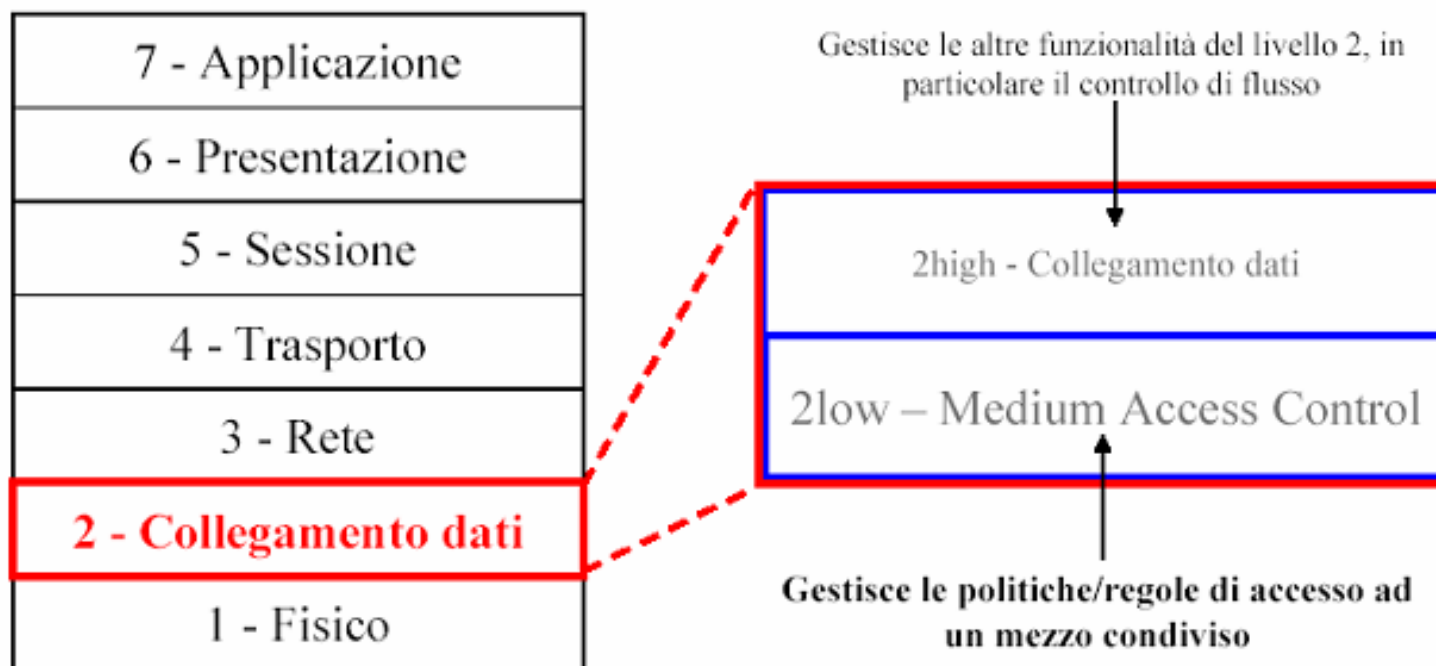
- Il progetto IEEE 802 ha suddiviso il livello data link in due sottolivelli
- **LLC** (**Logical Link Control**): Interfaccia comune a tutte le LAN verso il livello network
- **MAC** (**Media Access Control**):
 - risolve il problema della condivisione del canale trasmissivo
 - specifico per ogni LAN



Il sottolivello MAC

- ❑ Abbiamo visto che il livello 2 gestisce un insieme di problematiche svolgendo le funzioni di framing, rivelazione degli errori, controllo di flusso
- ❑ Bisogna considerare però che il livello 2 ha a che fare con il livello 1, ovvero il livello fisico (direttamente collegato al mezzo fisico)
- ❑ Il mezzo fisico può essere:
 - dedicato (reti punto-punto)
 - condiviso (reti broadcast)
- ❑ Se il mezzo fisico è condiviso, nascono una serie di problematiche relative all'accesso a tale mezzo
 - selezione dell'host che ha il diritto di trasmettere sul mezzo condiviso
 - situazione di competizione per la risorsa trasmissiva
- ❑ Viene introdotto un sotto-livello al livello 2 che gestisce queste problematiche
 - MAC (Medium Access Control)

Livello MAC



NOTA: anche se in linea di principio il livello MAC gestisce l'accesso al mezzo e il livello "high" gestisce le altre funzionalità, nella pratica il livello MAC gestisce anche il framing e il controllo di errore, mentre il livello 2 "high" si occupa del controllo di flusso. Nello stack TCP/IP ove il livello 2 non fa controllo di flusso, il livello 2 "high" è completamente assente o, se c'è, non svolge nessuna funzione



Definizione del problema

- ❑ Per mezzo condiviso si intende che un unico canale trasmissivo può essere usato da più sorgenti
 - esempio: stanza piena di persone che vogliono parlare tra di loro
 - se tutti parlano contemporaneamente, non potrà esserci scambio di informazione
 - l'opposto è avere un mezzo dedicato per ogni coppia di persone che vuole parlare (ad esempio un tubo o una coppia di walkie-talkie)
- ❑ E' necessario definire una serie di regole per poter utilizzare il mezzo (tecniche di allocazione del canale)
 - se due sorgenti parlano contemporaneamente vi sarà collisione e l'informazione andrà persa



Tecniche di allocazione del canale

- ❑ Esistono due categorie in cui rientrano le tecniche di allocazione del canale trasmissivo
 - allocazione statica
 - il mezzo trasmissivo viene “partizionato” e ogni porzione viene data alle diverse sorgenti
 - il partizionamento può avvenire in base:
 - al tempo: ogni sorgente ha a disposizione il mezzo per un determinato periodo
 - alla frequenza: ogni sorgente ha a disposizione una determinata frequenza (si pensi alle stazioni radiofoniche ove il canale trasmissivo è l'aria...)
 - allocazione dinamica
 - il canale viene assegnato di volta in volta a chi ne fa richiesta e può essere utilizzato una volta che questi ha finito di usarlo e lo libera



Allocazione statica

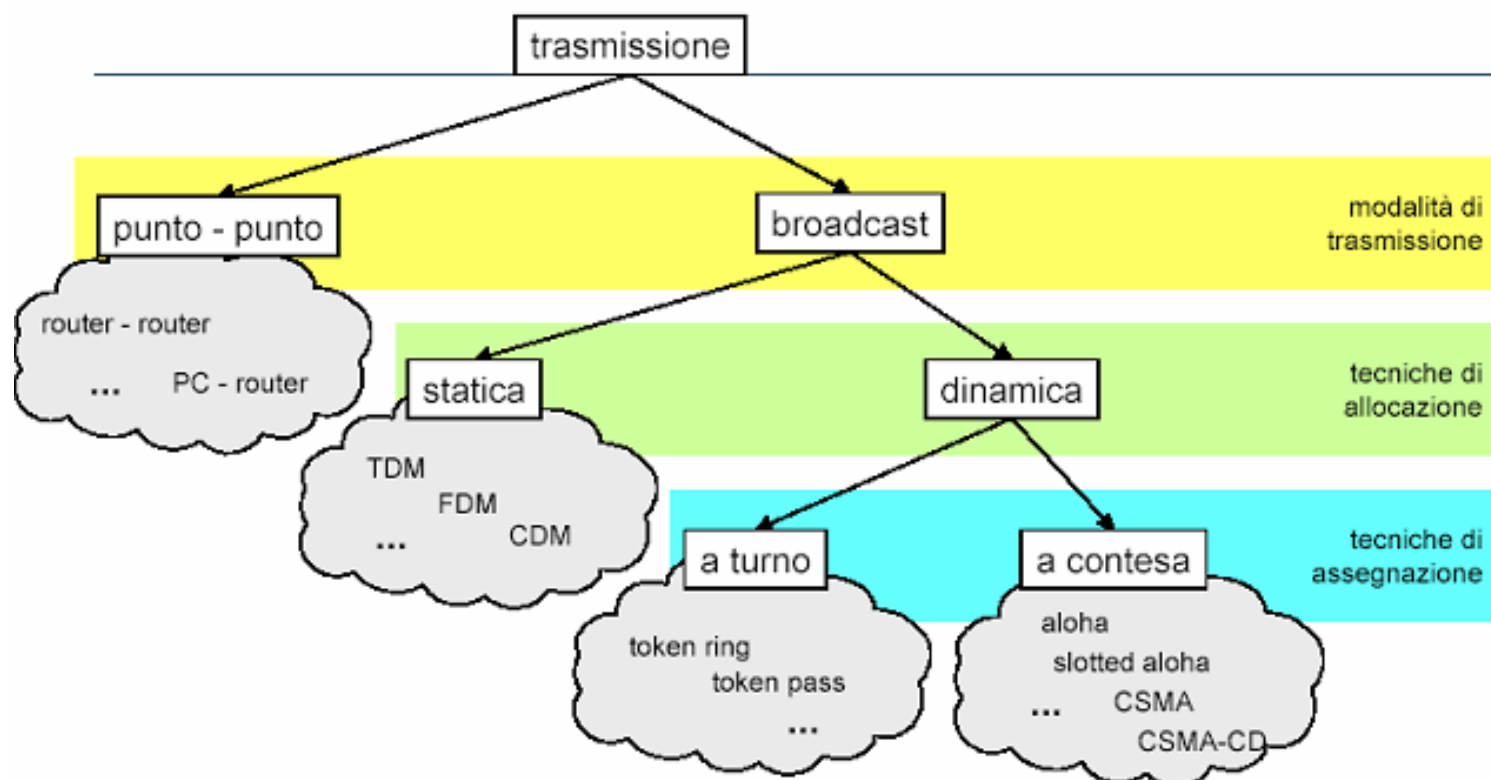
- ❑ Soluzioni “tradizionali”
 - Frequency Division Multiplexing
 - Time Division Multiplexing
- ❑ Buona efficienza in situazioni di *pochi utenti con molto carico costante nel tempo*
- ❑ Meccanismi di semplice implementazione (FDM)
- ❑ Tuttavia...
 - molti utenti
 - traffico discontinuo
- ❑ ...generano una scarsa efficienza di utilizzo delle risorse trasmissive
 - le risorse dedicate agli utenti “momentaneamente silenziosi” sono perse



Allocazione dinamica

- ❑ Il canale trasmissivo può essere assegnato:
 - a turno
 - viene distribuito il “permesso” di trasmettere; la durata viene decisa dalla sorgente
 - a contesa
 - ciascuna sorgente prova a trasmettere indipendentemente dalle altre
- ❑ Nel primo caso si presuppone la presenza di meccanismi per l’assegnazione del permesso di trasmettere
 - overhead di gestione
- ❑ Nel secondo caso non sono previsti meccanismi particolari
 - sorgente e destinazione sono il più semplici possibile
- ❑ I protocolli che gestiscono la trasmissione a contesa sono generalmente i più utilizzati

Riassunto



In generale: se le risorse sono scarse rispetto alle esigenze delle stazioni (tante stazioni con molti dati), un accesso statico (*multiplazione*) è preferibile; viceversa, ovvero con tante risorse rispetto alle necessità delle stazioni e traffico generato discontinuo, l'allocazione dinamica (*accesso multiplo*) risulta più efficiente

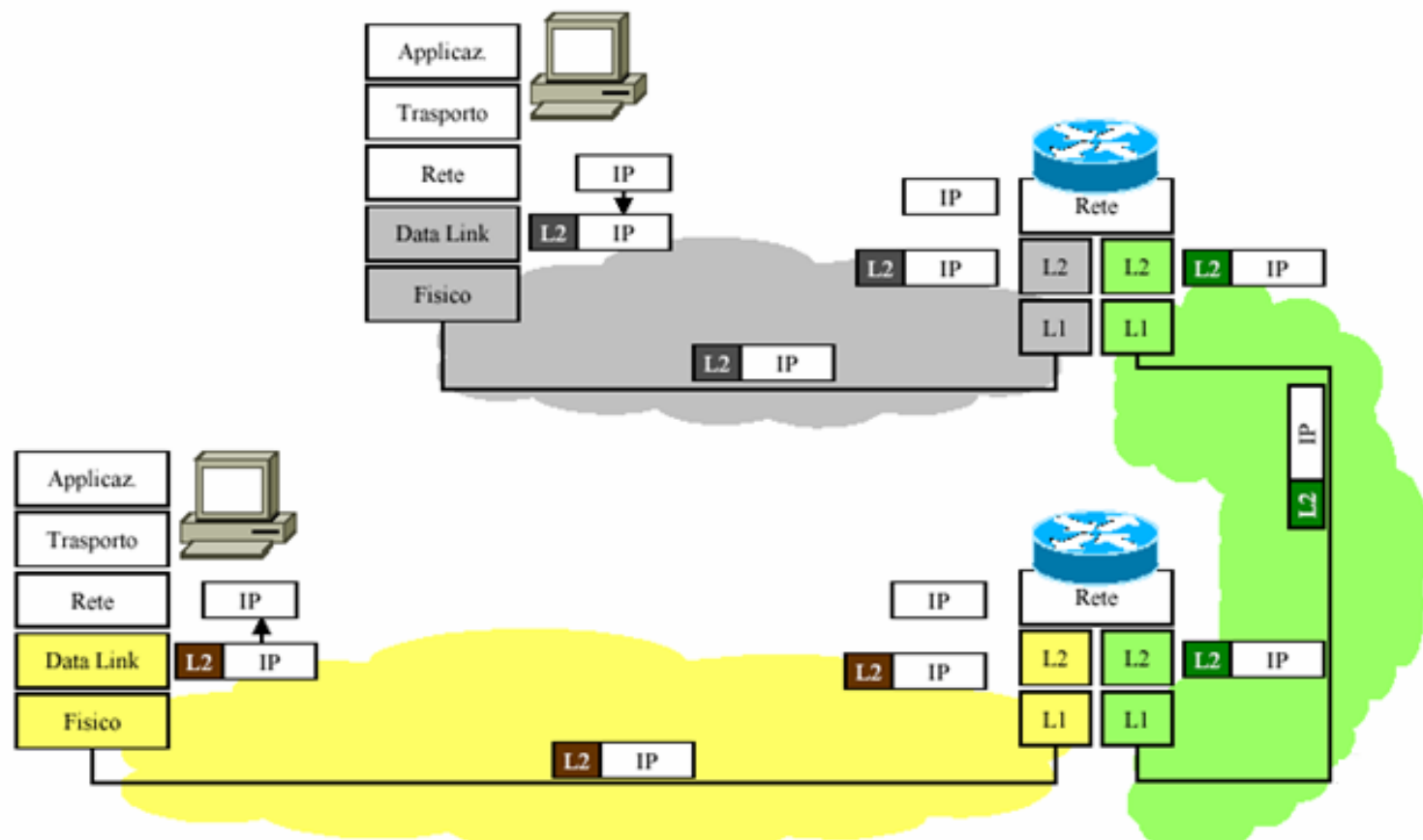


Protocolli ad accesso multiplo

- ❑ In letteratura sono disponibili molti algoritmi di accesso multiplo al mezzo condiviso con contesa

- ❑ Principali algoritmi (utilizzati dai protocolli):
 - ALOHA
 - Pure ALOHA
 - Slotted ALOHA
 - Carrier Sense Multiple Access Protocols
 - CSMA
 - CSMA-CD (con rilevazione della collisione)

Protocolli di livello 2 (modalità di incapsulamento del protocollo IP)





Protocolli di livello 2

- ❑ Il livello 2 svolge una serie di funzionalità che consentono il trasferimento hop-by-hop
 - funzionalità del livello 2
 - framing, rilevazione errori, controllo flusso
 - in caso di mezzo condiviso, è necessaria la presenza di un sotto livello di accesso al mezzo
- ❑ Le funzionalità sono implementate dai protocolli di livello 2
 - insieme di regole e formato dei messaggi che regolano la comunicazione tra entità peer
- ❑ Ogni hop può avere un protocollo di livello 2 che può essere differente dall'hop successivo

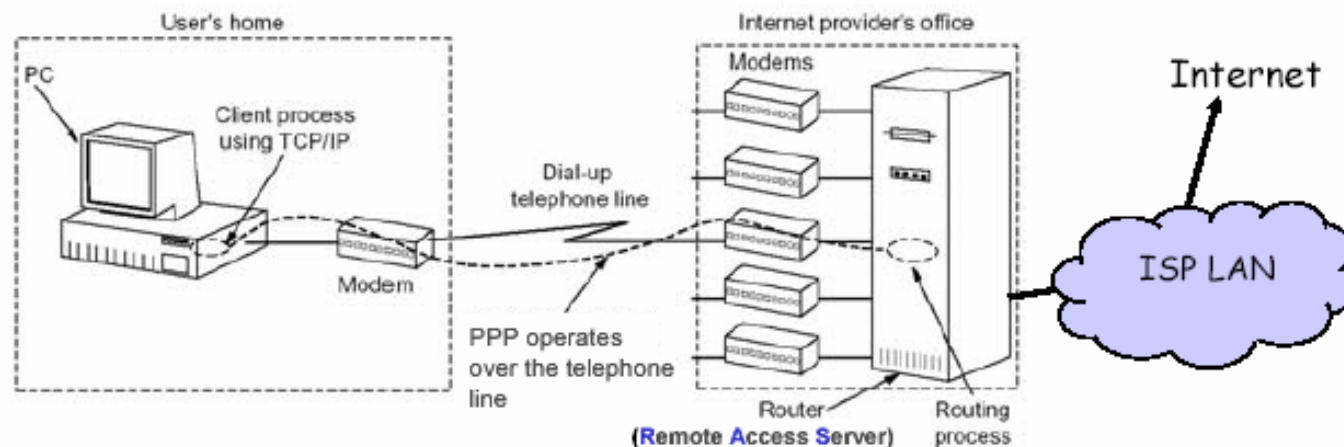


Protocolli di livello 2

- ❑ L'elemento unificante è il protocollo di Rete
 - il livello 3 ha visibilità end-to-end
- ❑ Esistono dunque diverse modalità di incapsulamento dei pacchetti IP
 - ovvero esistono diversi protocolli di livello 2
- ❑ Alcuni modalità di incapsulamento dei pacchetti IP
 - soluzioni utilizzate prevalentemente per l'accesso
 - ethernet e IEEE 802.3
 - PPP
 - PPP con modem
 - PPP con ADSL
 - soluzioni utilizzate prevalentemente per il backbone
 - Frame Relay
 - ATM
 - soluzioni su SDH

Point to Point protocol (PPP)

- ❑ Protocollo di livello data-link per link di tipo punto-punto
 - Non serve il Media Access Control
 - Non serve l'indirizzamento fisico delle stazioni
- ❑ Protocollo "di linea": ci si riferisce ai protocolli di L2 utilizzati sulle linee pubbliche per trasmissione dati
- ❑ Molto popolare: usato per le connessioni modem tra utenti residenziali ed un ISP (Internet Service Provider)





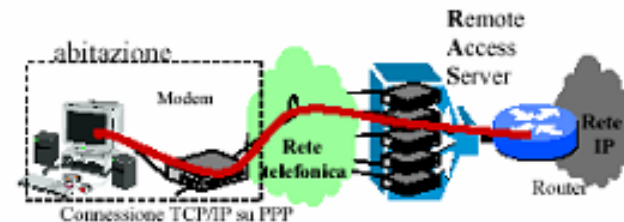
PPP

- ❑ Altri tipi di link: CDN, linea ISDN, SONET/SDH, ...
- ❑ Variante del protocollo HDLC (High Level Data Link Control)
 - HDLC-like framing
 - Differenza principale: PPP fornisce un metodo standard per trasmettere sullo stesso canale pacchetti generati da diversi protocolli di livello superiore (supporto multiprotocollo)
- ❑ PPP opera su link seriali, sincroni oppure asincroni
 - **Multilink PPP**: enhancement che consente una trasmissione parallela su più link "bundled"
- ❑ Altre funzionalità:
 - authentication
 - network-layer address negotiation
 - error detection
- ❑ **Nessun meccanismo di error recovery o flow control**
 - Se necessario, ci pensano i livelli superiori

PPP accesso con modem e ADSL

□ Modem (es.: V.90)

- utilizza la banda telefonica per inviare i segnali
- ha limite estremo superiore 56 Kbps

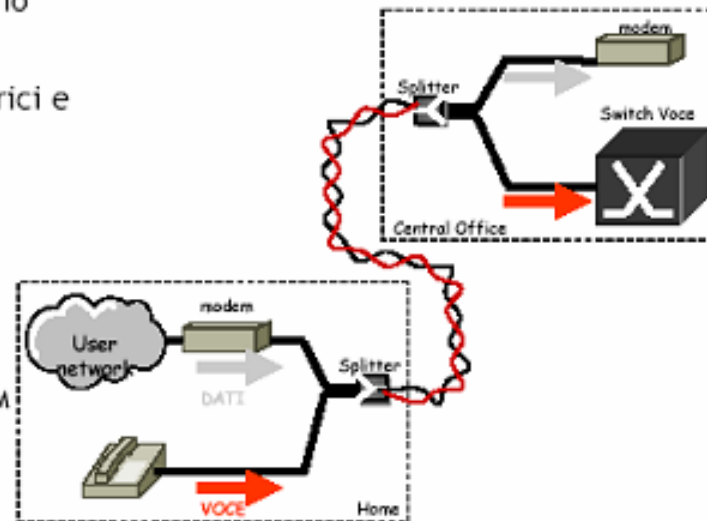


□ xDSL (Digital Subscriber Line)

- famiglie di tecnologie che permette di utilizzare la banda disponibile del doppino telefonico
- si possono distinguere in sistemi simmetrici e asimmetrici

• es: ADSL

- Sistema asimmetrico su singola coppia
- Rate adaptive:
 - 640 - 8200 kb/s downstream
 - Fino a 512 kb/s upstream
- Strato di trasporto di livello 2: PPP su ATM
- Distanze: a seconda del bit-rate





Asynchronous Transfer Mode (ATM)

- ❑ ISDN (Integrated Services Digital Network)
 - Primo passo verso l'integrazione delle reti
 - Rete numerica con una banda da 64 Kb/s a 2 Mb/s
- ❑ Evoluzione di ISDN verso una rete a larga banda, detta Broadband ISDN o B-ISDN
- ❑ 1987: il CCITT decide di basare B-ISDN sulla tecnologia ATM
- ❑ 1991: creazione dell'ATM Forum per accelerare il processo di standardizzazione
- ❑ ATM definisce una "full suite" di protocolli di comunicazione, dal livello fisico alle API
- ❑ Le WAN ATM sono praticamente utilizzate per collegare i backbone router di Internet (IP over ATM)



Fondamenti della tecnica ATM

- ❑ ATM usa la commutazione di pacchetto con pacchetti di lunghezza fissa, 53 byte, detti *celle*
 - Ogni cella ha 5 byte di header e 48 byte di "payload"
- ❑ ATM usa i circuiti virtuali, detti *connessioni virtuali*
 - L'intestazione di ogni cella contiene l'identificatore di connessione virtuale (label), costituito dall'insieme *VPI/VCI*
 - VPI: Virtual Path Identifier
 - VCI: Virtual Channel Identifier
- ❑ Due tipi di connessioni virtuali
 - Permanent Virtual Connections (*PVC*): create dal gestore della rete con opportune operazione di configurazione
 - Switched Virtual Connections (*SVC*): create dinamicamente su richiesta di un utente, mediante procedure di segnalazione

Aspetti del protocollo

- Tre livelli: Physical layer, ATM layer, ATM Adaptation Layer (AAL)

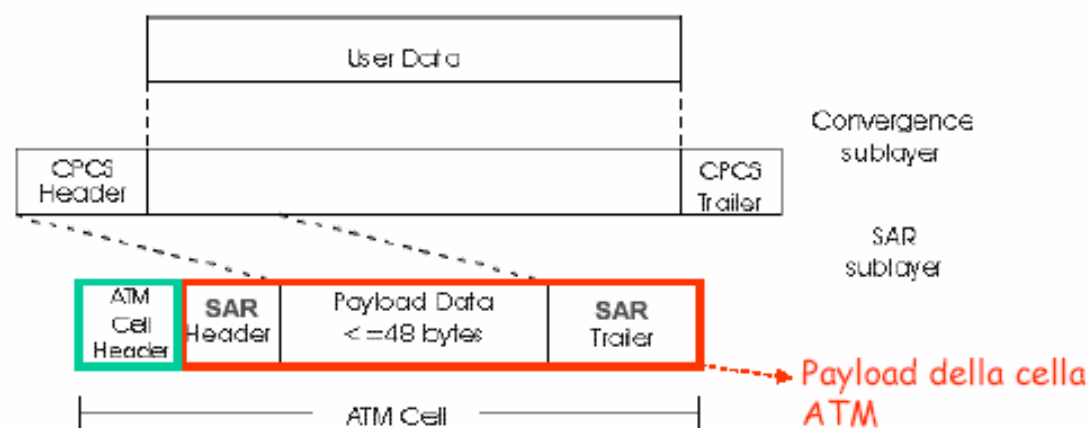


Rete ATM (B-ISDN): Controllo di errore end-to-end.

- L'architettura di protocolli ATM è stata ideata seguendo la filosofia *Core & Edge*
 - All'interno della rete protocolli con il minimo delle funzionalità necessarie per il trasporto dell'informazione
 - Ulteriori funzionalità nei punti terminali

ATM Adaptation layer

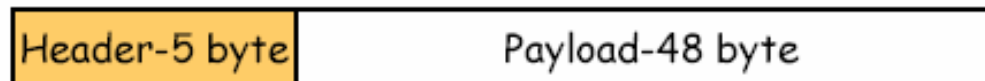
- ❑ Scopo: consentire ai protocolli (ad es., IP) ed alle applicazioni (ad es., Constant-Bit-Rate video) di utilizzare la rete ATM
- ❑ Implementato solo sui terminali (host, router, ..)
- ❑ Diversi tipi di AAL, a seconda della classe di servizio. Le principali sono:
 - AAL1: per servizi CBR (Constant Bit Rate)
 - AAL2: per servizi VBR (Variable Bit Rate), ad es., video MPEG
 - AAL5: per dati (ad es., datagrammi IP)
- ❑ Due sottolivelli: *Convergence* subl., *Segmentation&Reassembly* subl.



ATM Layer

- Definisce la struttura delle celle ATM ed il significato dei campi

Cell format



Cell header



- **VPI/VCI**: identificatore di connessione virtuale
 - Label swapping
- **PT**: Payload type
- **CLP**: Cell Loss Priority bit
 - CLP = 1 per celle a bassa priorità (possono essere scartate in presenza di congestione)
- **HEC**: Header Error Checksum
 - rilevamento e correzione degli errori



Physical layer

Due sottolivelli:

□ Physical Medium Dependent (PMD) Sublayer

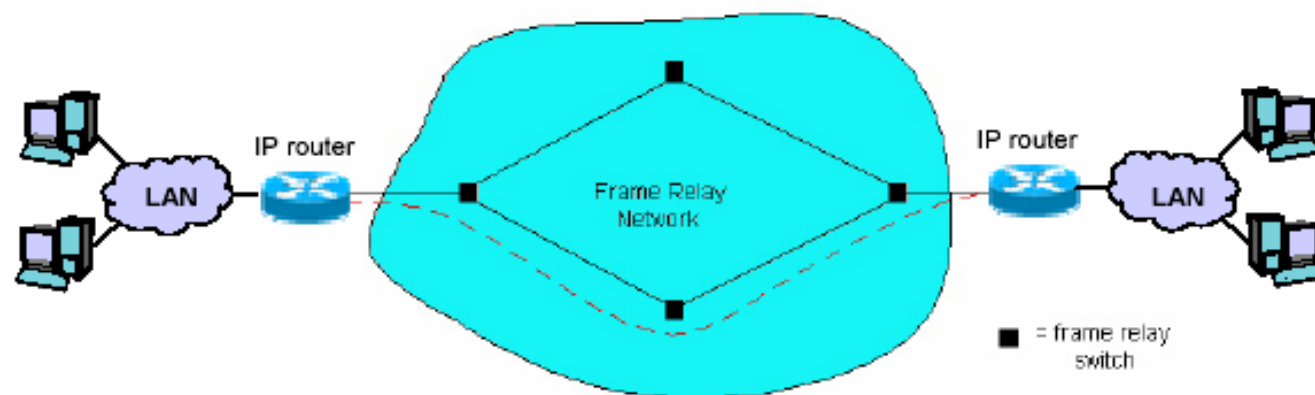
- Dipende dal portante fisico (doppino, fibra ottica, ...)
- Trasmettere/ricevere i bit
- PMD basato su trame temporali (TDM): generare la trama temporale
 - SONET/SDH. Alcune velocità: OC1 = 51,84 Mbps; OC3 = 155,52 Mbps; OC12 = 622,08 Mbps
 - PDH. Alcune velocità: E1 = 2,048 Mbps; E3 = 34,368 Mbps
- PMD "unstructured"

□ Transmission Convergence (TC) Sublayer

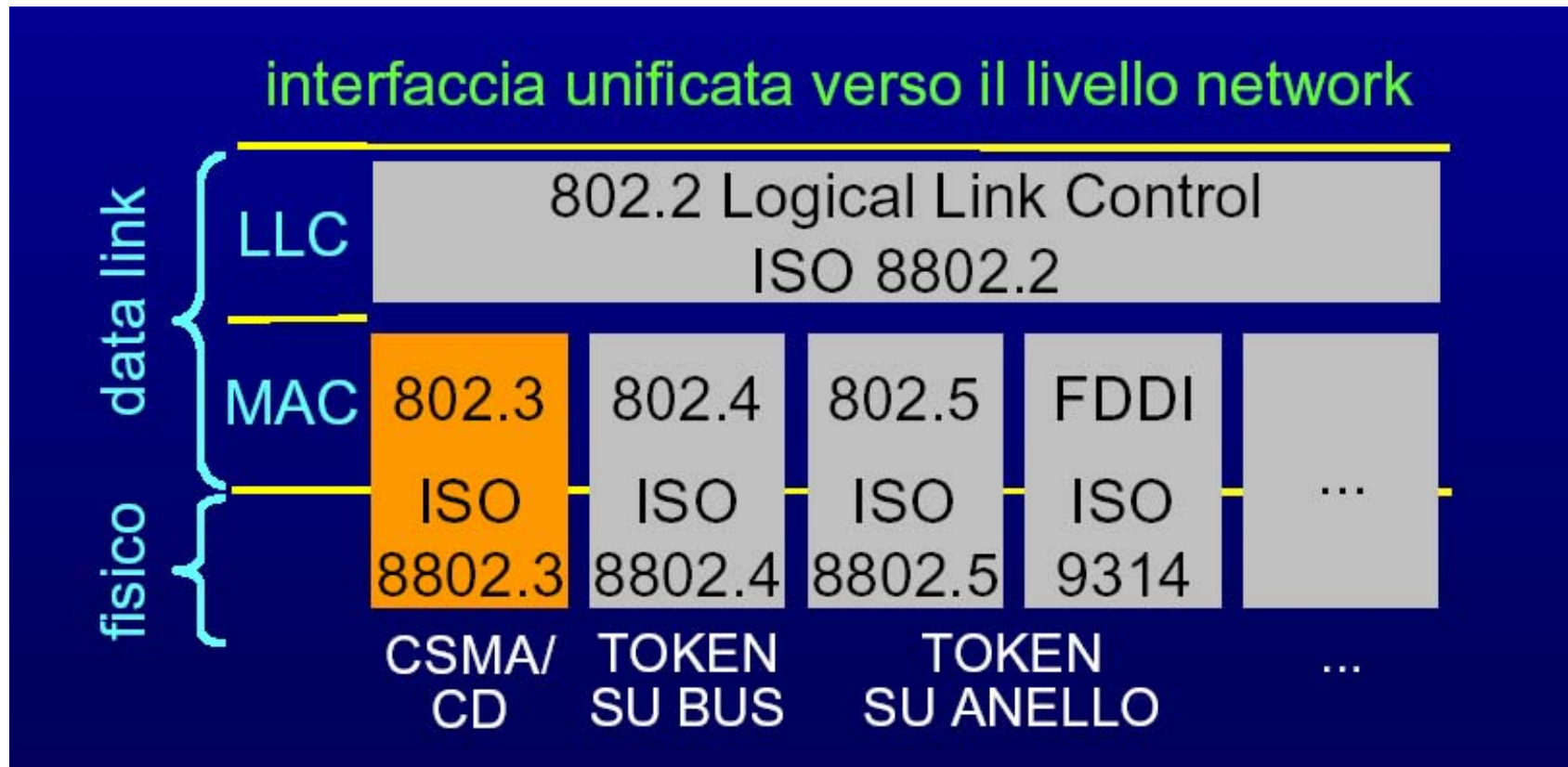
- Generare/verificare il campo HEC
- Inserire (estrarre) le celle ATM nella trama (se PMD ...)
 - celle vuote ("idle") per adattare il flusso di celle ricevute dal livello ATM alla capacità netta della trama

Frame Relay

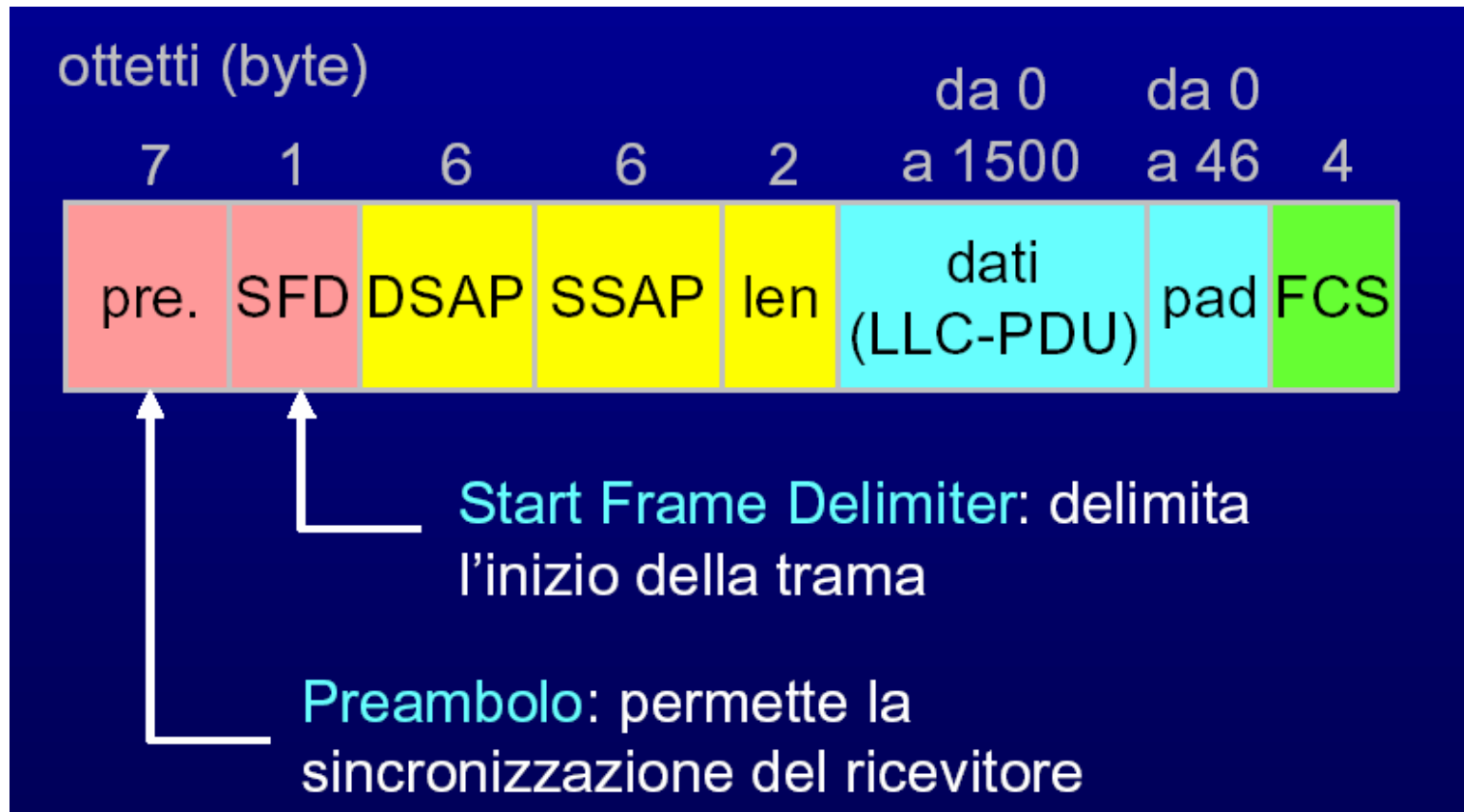
- ❑ X.25 di seconda generazione
- ❑ Standard progettato appositamente per interconnettere router e bridge remoti in maniera efficiente
 - approccio *Core & Edge*
 - Funzionalità di error recovery e flow control solo edge-to-edge
 - Prestazioni nettamente superiori a quelle di X.25
- ❑ Circuiti virtuali permanenti (PVC) oppure commutati (SVC)



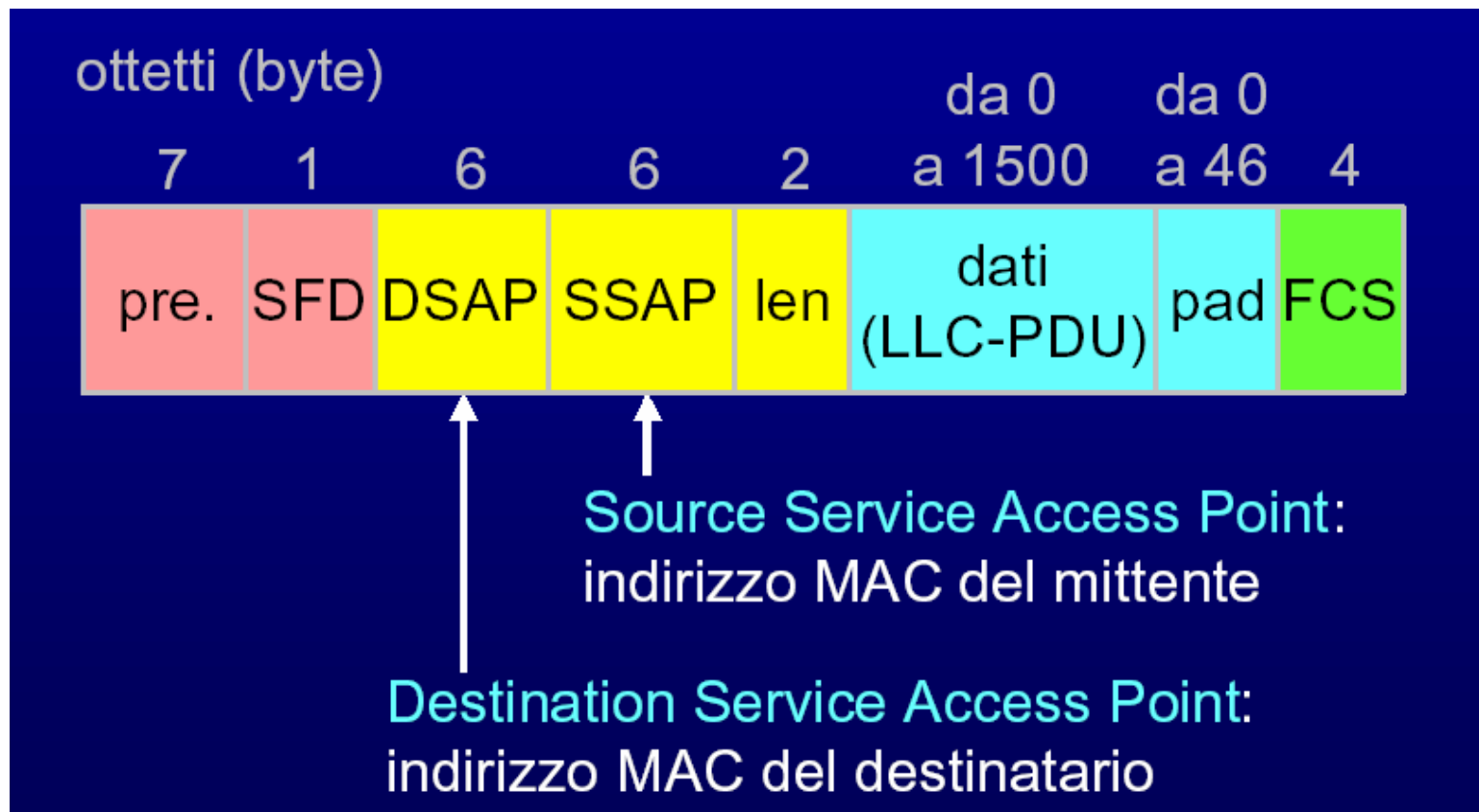
IEEE LAN Standard



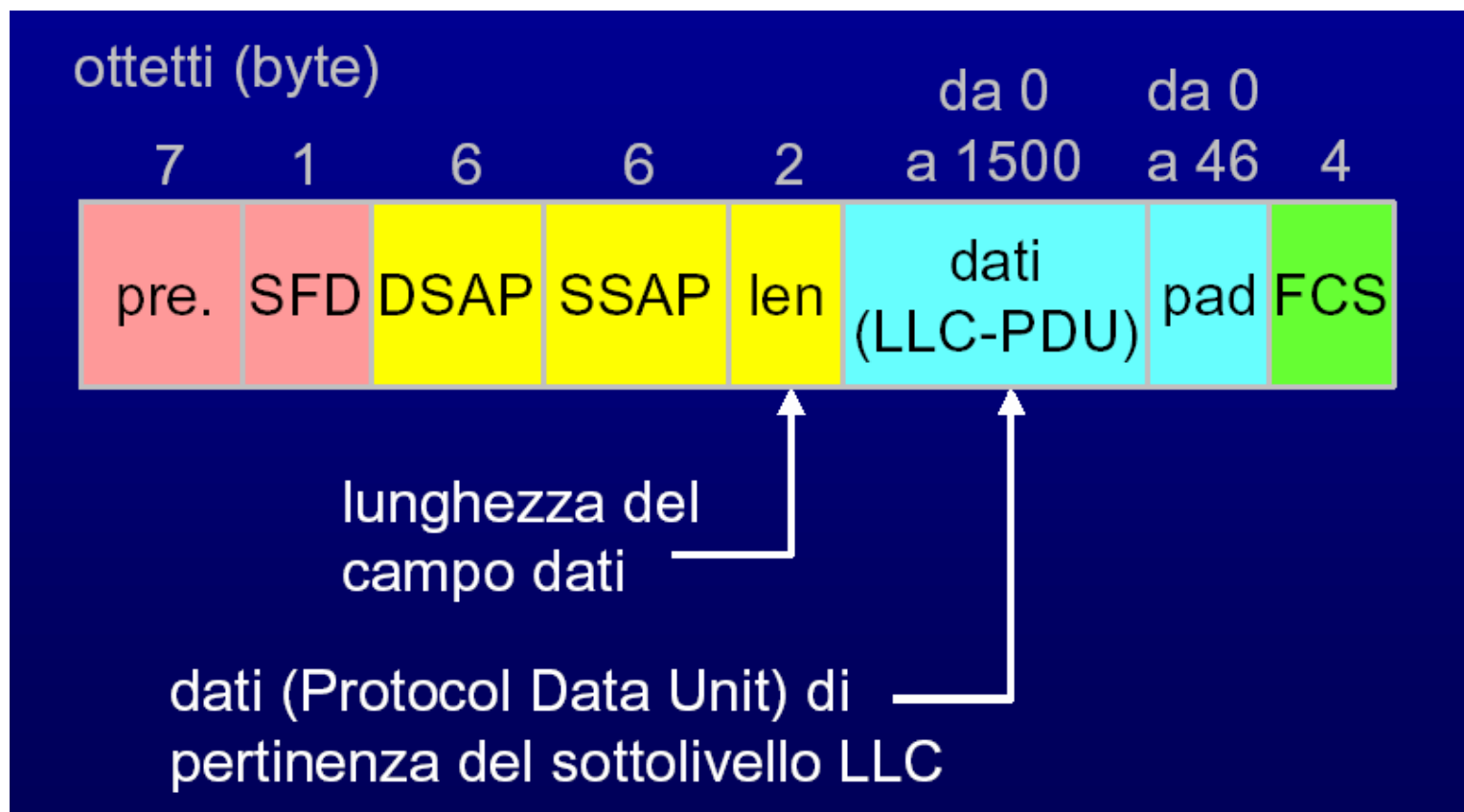
Formato de pacchetto 802.3



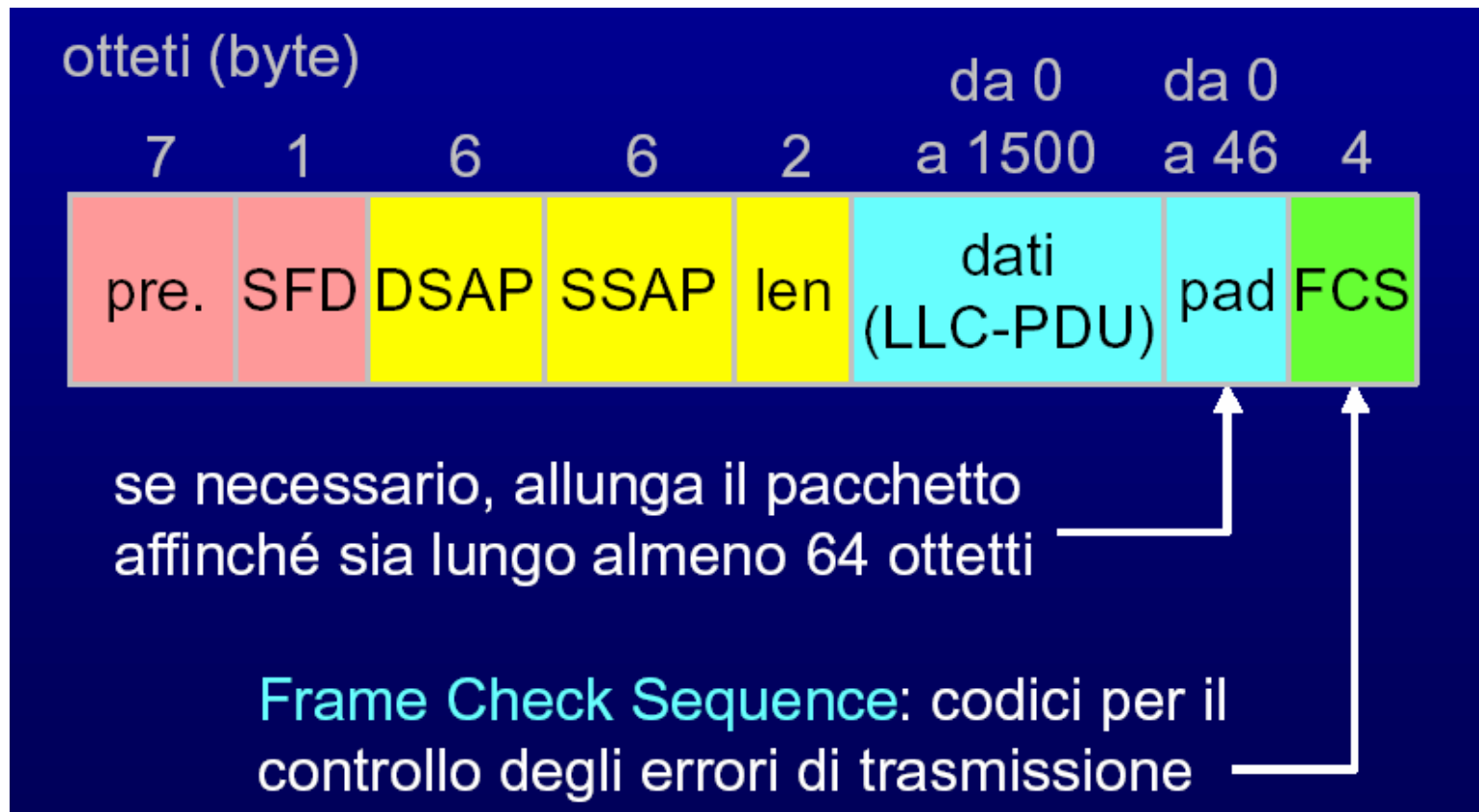
Formato de pacchetto 802.3



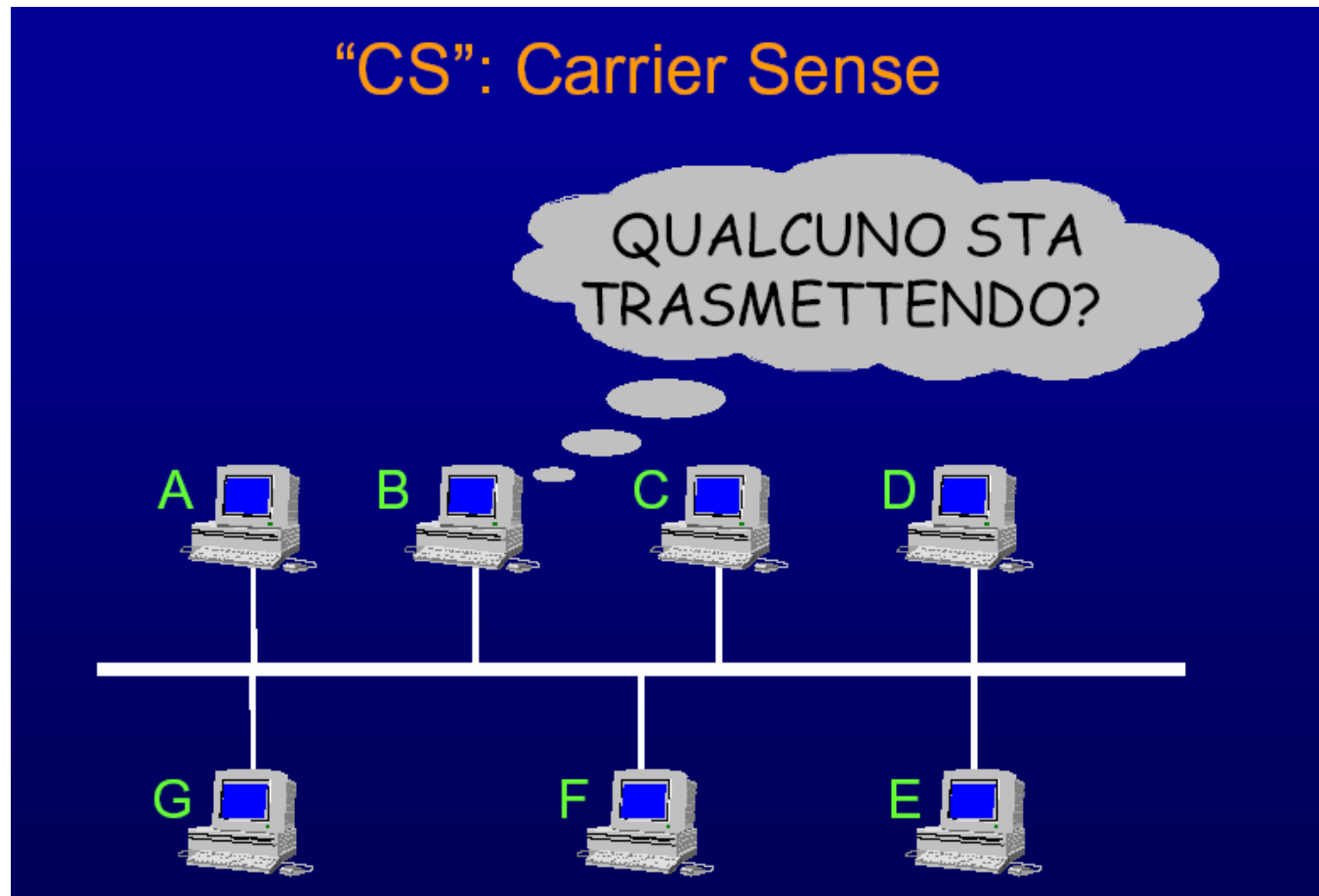
Formato de pacchetto 802.3



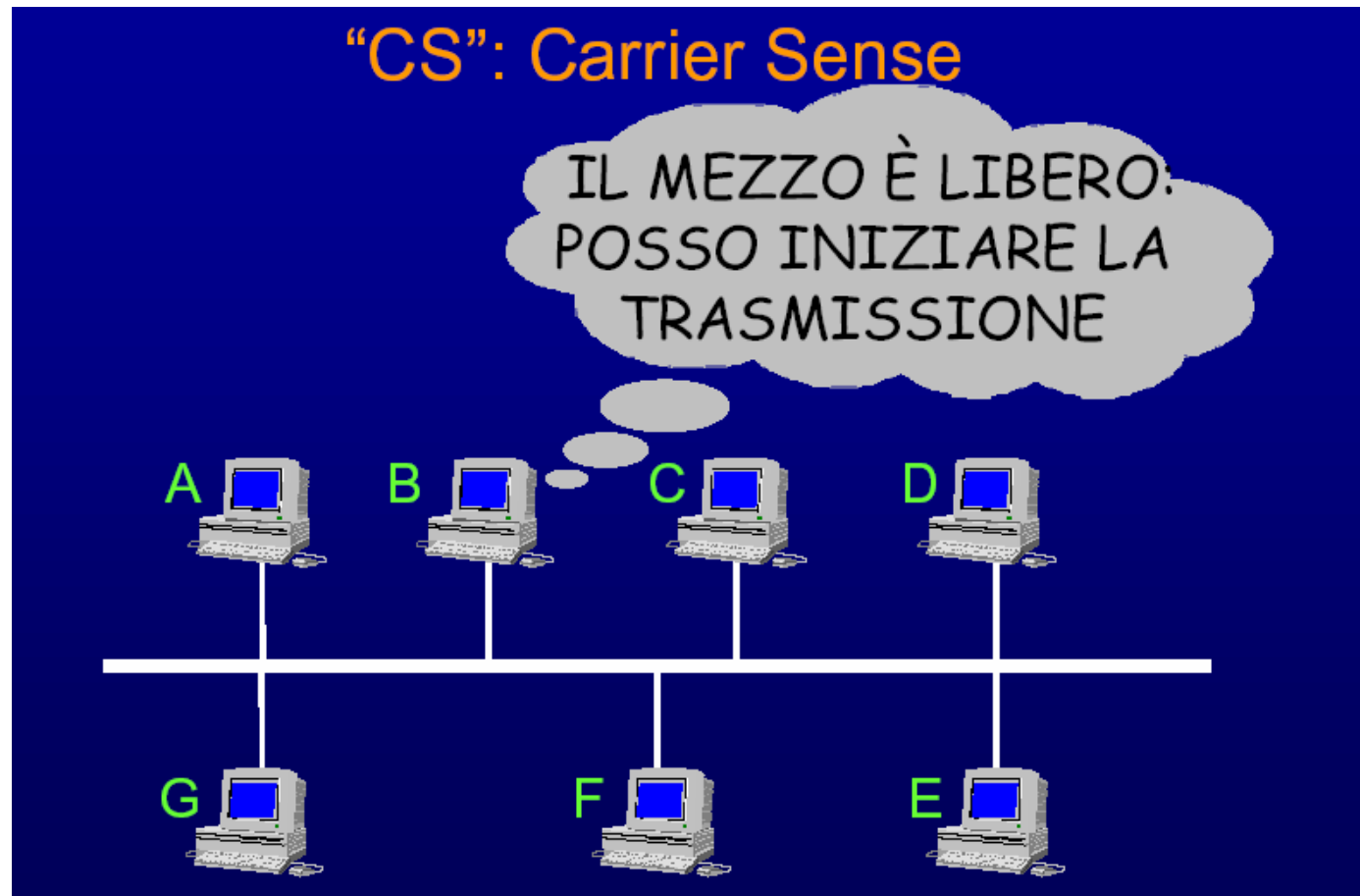
Formato de pacchetto 802.3



Il protocollo CSMA/CD



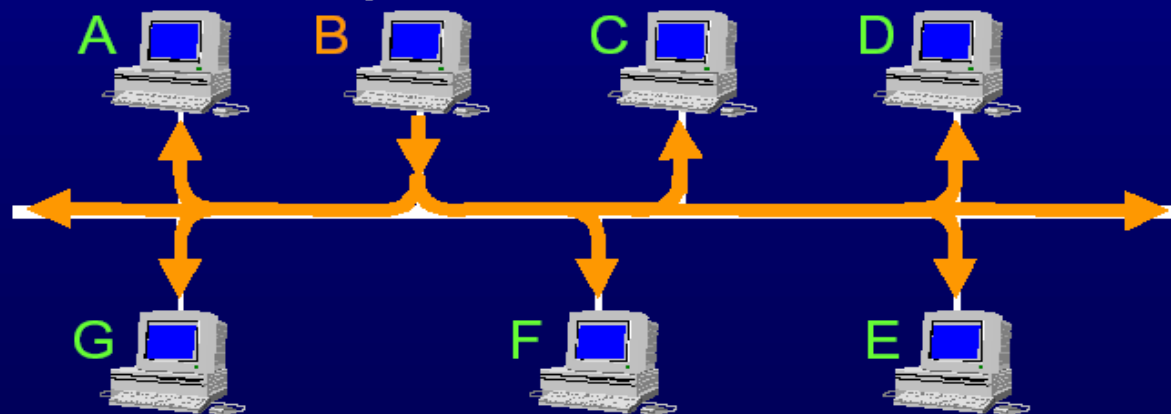
Il protocollo CSMA/CD



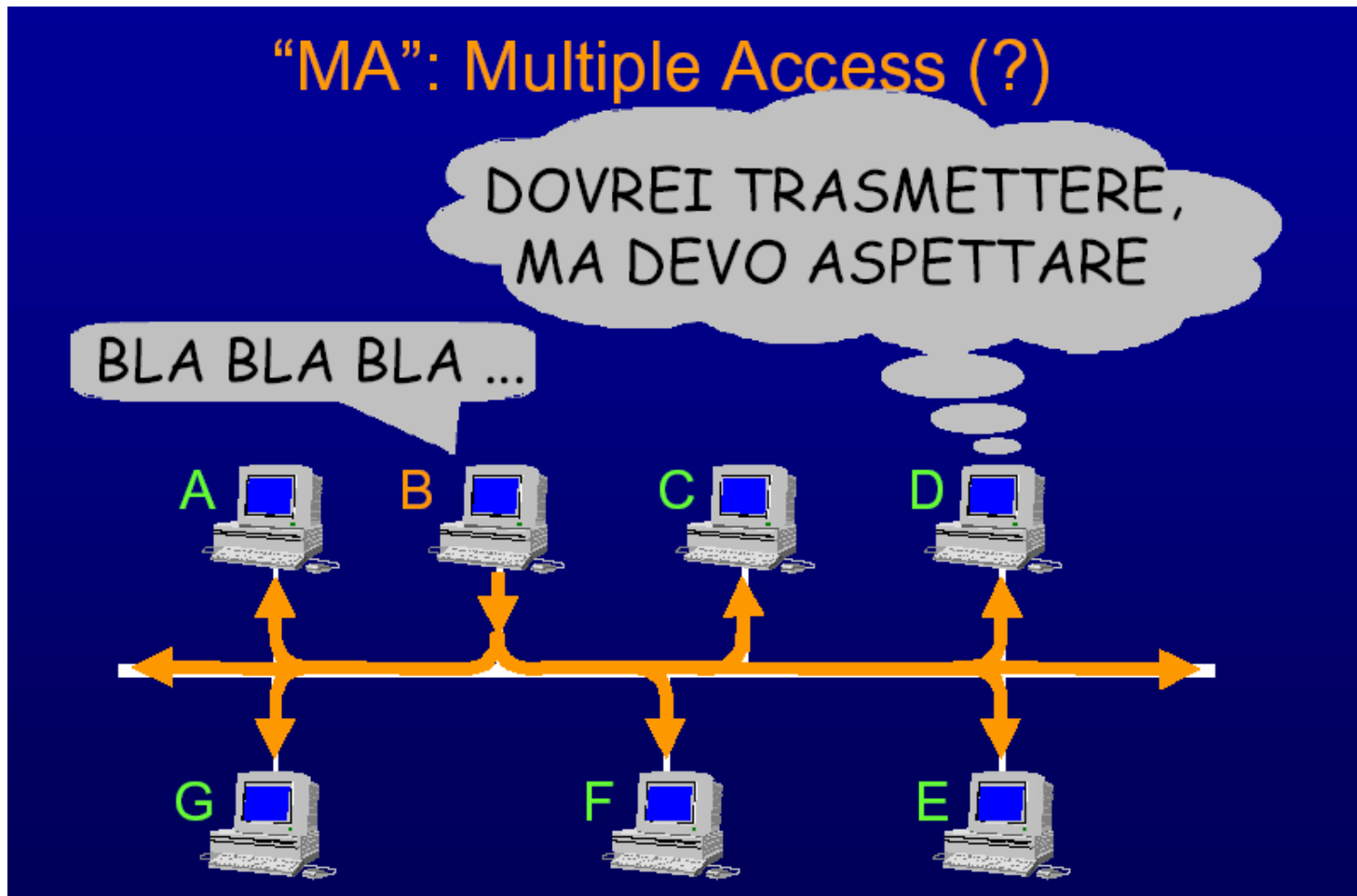
Il protocollo CSMA/CD

“MA”: Multiple Access (?)

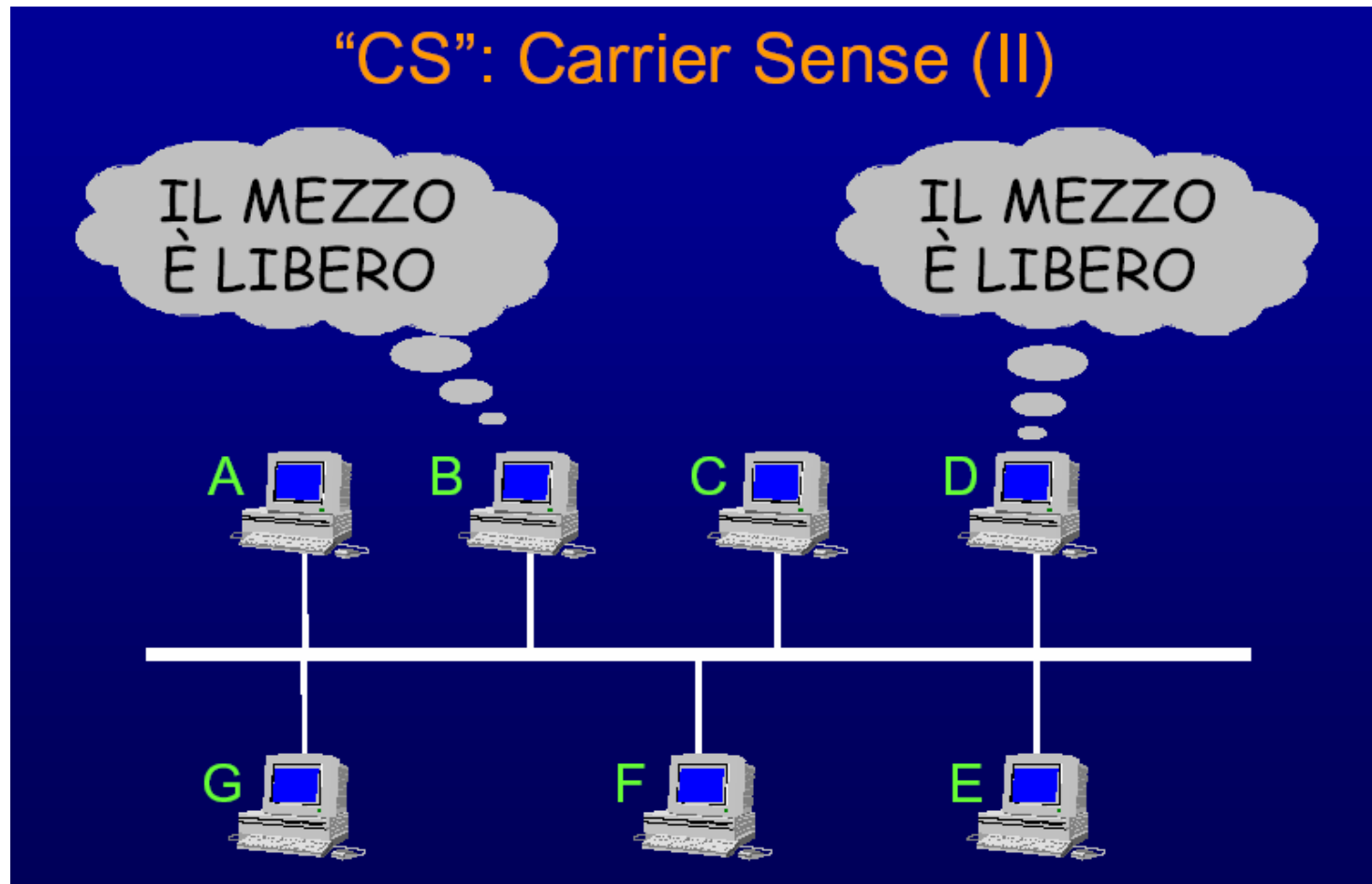
BLA BLA BLA ...



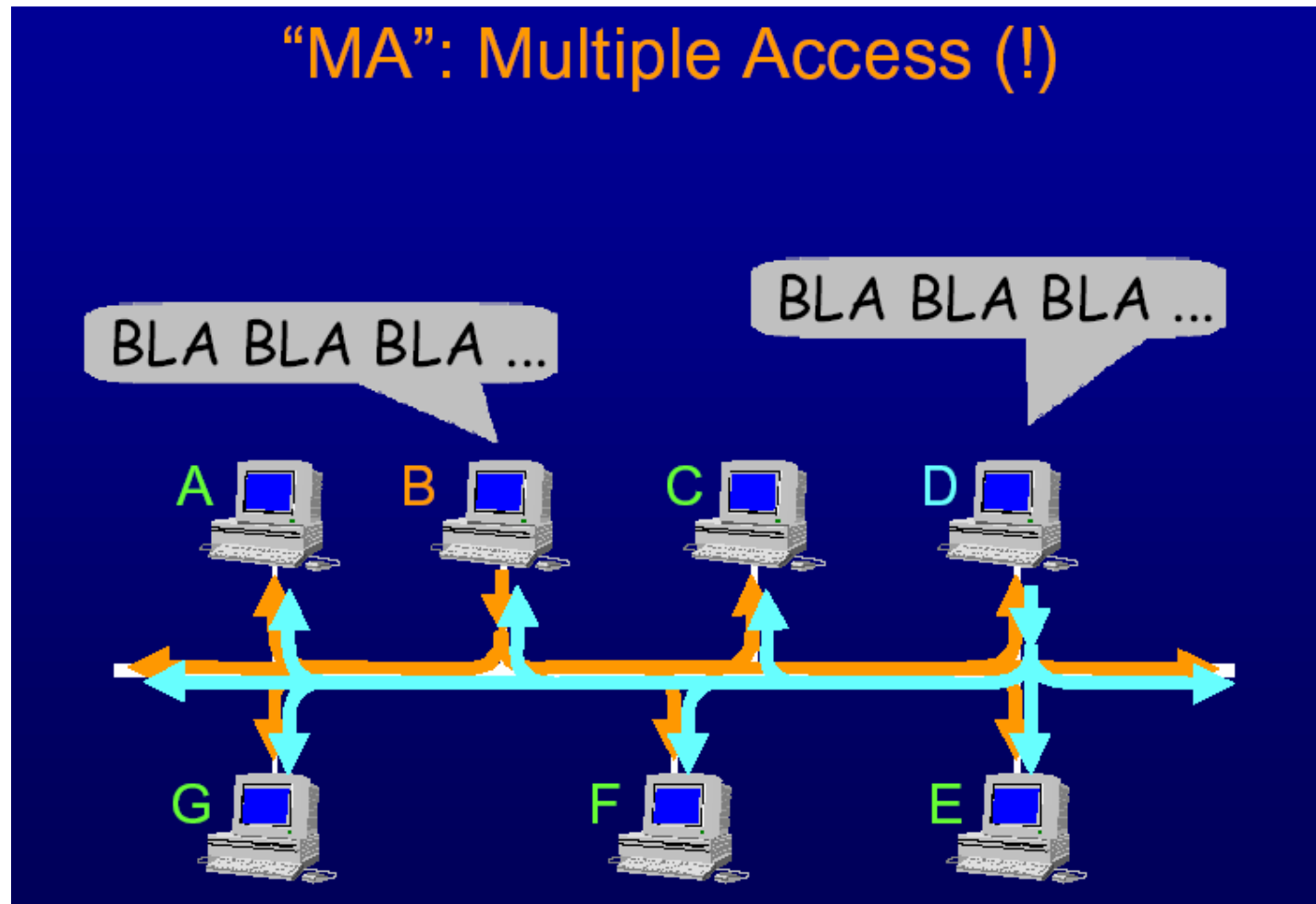
Il protocollo CSMA/CD



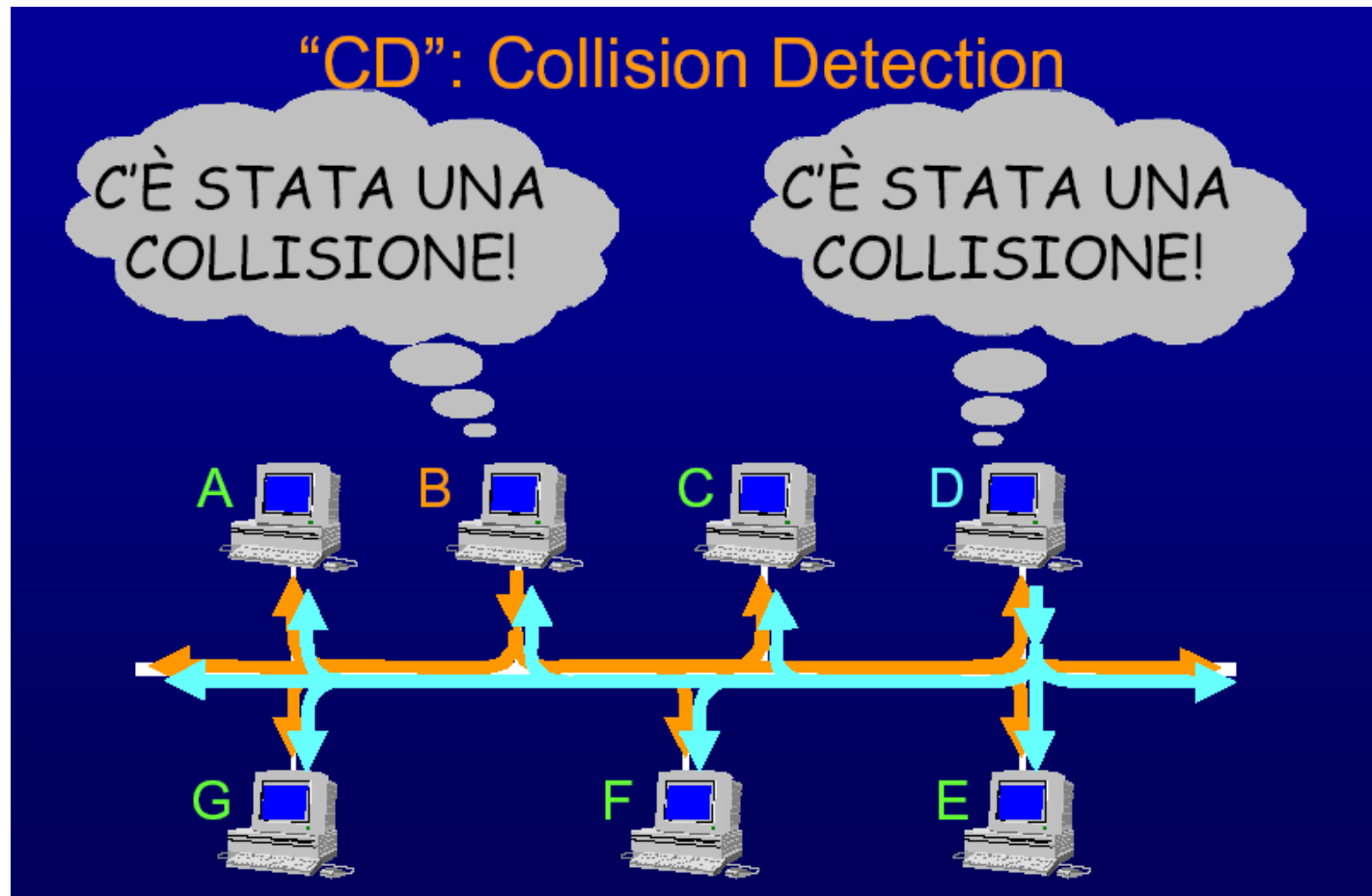
Il protocollo CSMA/CD



Il protocollo CSMA/CD



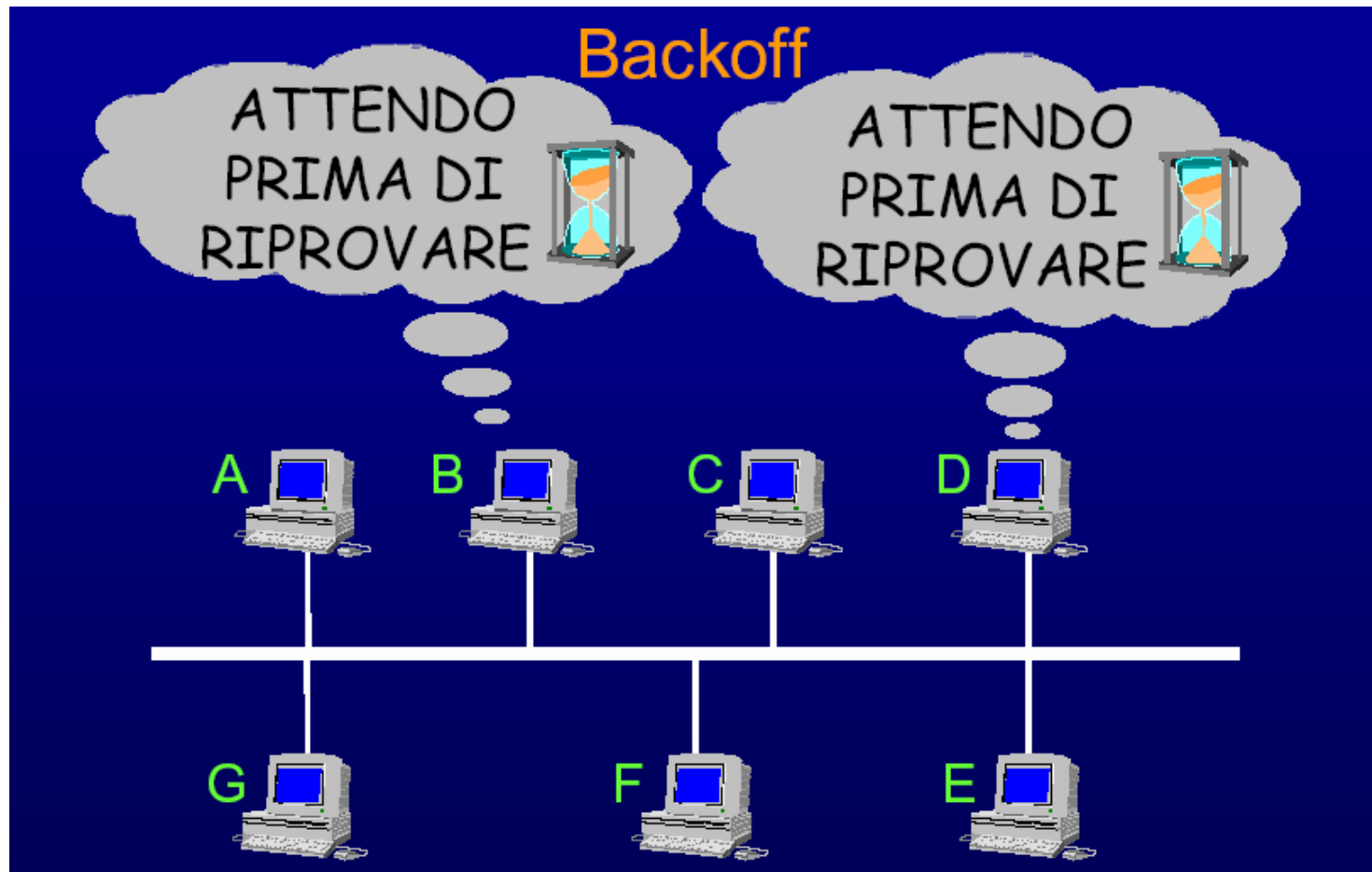
Il protocollo CSMA/CD



Il protocollo CSMA/CD

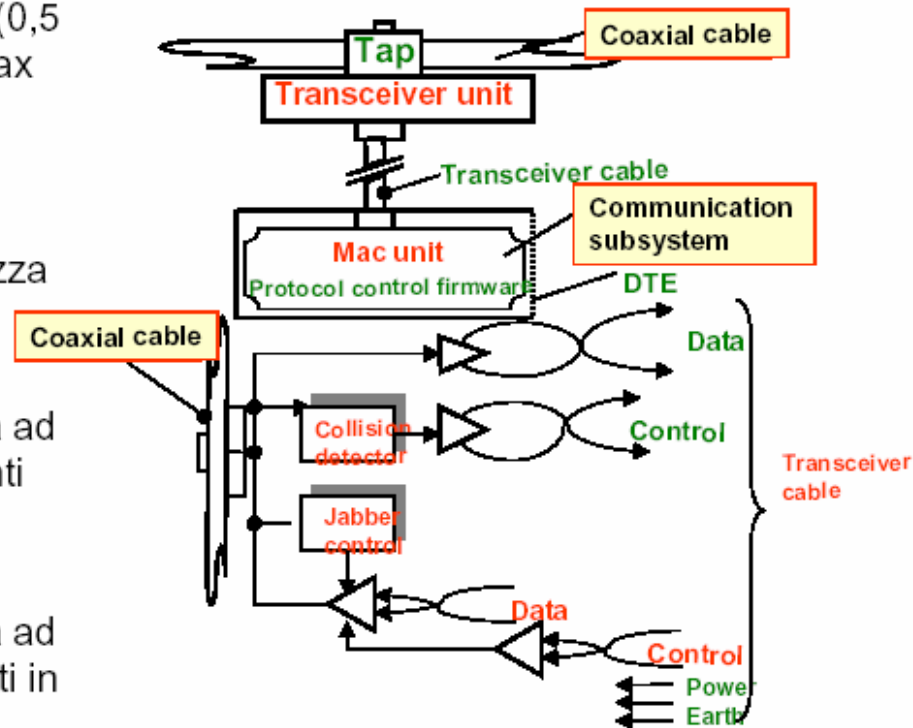


Il protocollo CSMA/CD



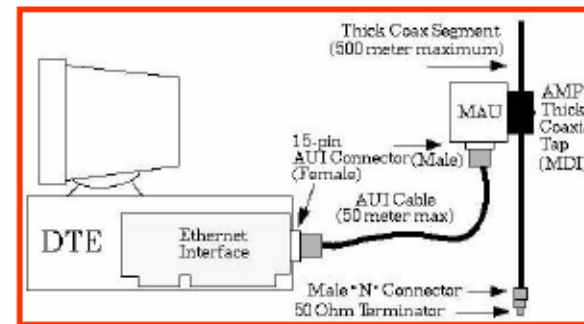
Evoluzione dello standard 802.3

- **10 base 5:** thick wire (0,5 pollici) lunghezza max 500 m.
- **10 base 2:** thin wire (0,25 pollici) lunghezza max 200 m.
- **10 base T:** topologia ad Hub con collegamenti twisted pairs.
- **10 base F:** topologia ad hub con collegamenti in fibra ottica.



Configurazione 10Base5

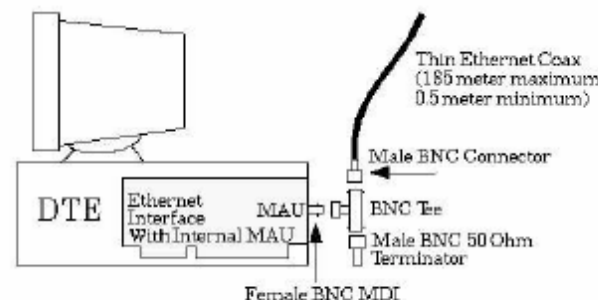
- E' il primo standard ad essere stato definito.
- Opera a **10 Mbps**, in banda base.
- Possono essere installate fino a **100 macchine** per segmento.
- Distanza minima fra i nodi **2,5m**.
- L'interfaccia di rete è collegata al transceiver mediante una **Attachment Unit Interface**.
- Si collega al cavo coassiale mediante un "**vampire tap**".



Fino a 5 segmenti 10base5 possono essere interconnessi mediante 4 repeaters, generando un bus lungo 2,5Km.

Configurazione 10Base2

- E' una variante del 10base5 facente uso di un cavo più sottile (thin Ethernet).
- Opera a 10MBPS in banda base.
- Lunghezza max del segmento **185m.**
- Distanza minima fra 2 transceiver **0,5m.**
- Numero max di transceiver **30.**
- Il transceiver è nell'interfaccia di rete.

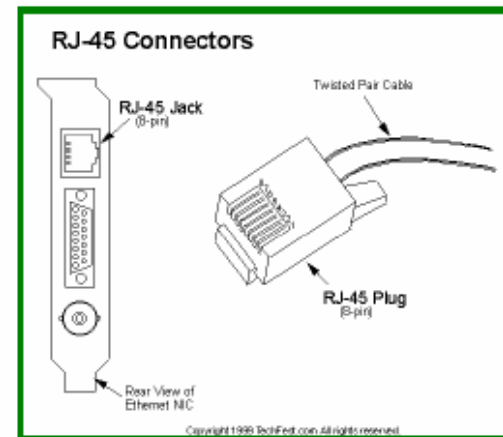
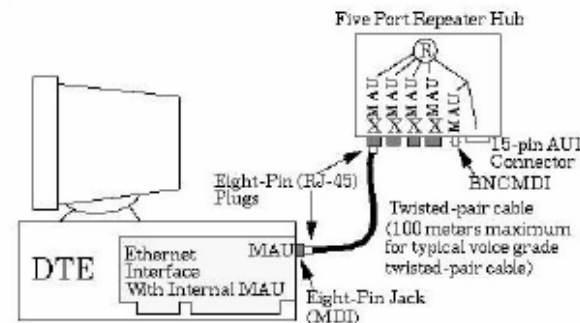


Si possono collegare **fino a 5 segmenti di rete (4 repeaters)** fino ad una lunghezza max di **925m.**

Le connessioni utilizzano i connettori industriali standard BNC formando delle giunzioni a T, più facili da usare e più affidabili dei Vampire tap.

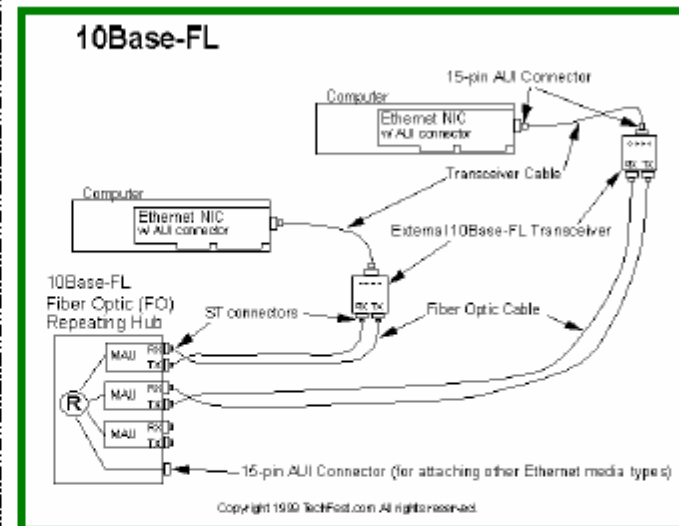
Configurazione 10BaseT

- Ammette solo collegamenti **punto punto** tramite **UTP** (Unshielded Twisted Pair).
- Usa una topologia a **stella** mediante **Hub**.
- La lunghezza di ogni segmento è **100m** con cavo UTP di categoria 3.
- Presenta notevoli vantaggi di **fault tolerance** e **fault-isolation** rispetto a 10 base2 e 10 base5.
- E' più facile aggiungere/togliere stazioni



Configurazione 10BaseFL

- Utilizza la **fibra ottica**, anche se i connettori sono costosi, perché il **basso livello di rumore** permette di collegare nodi distanti.
- **10Base FP**: utilizza la stella passiva basata su **splitter ottici**. La lunghezza max fra stella e MAU è di **500m**.
- **10Base FB**: la fibra ottica è usata solo **nelle dorsali**.
- **10Base FL**: la fibra può interconnettere stazioni con topologia punto punto e stellare. La lunghezza max del segmento è **2000m**.





Evoluzione di Ethernet

❑ Fast Ethernet

- Ethernet a velocità di 100Mbps

❑ Gigabit Ethernet

- formato e dimensione dei pacchetti uguale a Ethernet/802.3
- velocità di 1 Gbps (in corso di standardizzazione anche 10 Gbps)
- Offre i vantaggi tipici di Ethernet:
 - Semplicità di accesso al mezzo CSMA/CD
 - Alta scalabilità tra le diverse velocità di trasmissione
- Permette di velocizzare le moltissime LAN Ethernet e FastEthernet già presenti con costi contenuti tramite sostituzione apparati di rete (Hub, Switch, interfacce)