

**CORSO DI LAUREA IN TECNICHE DI RADIOLOGIA MEDICA
PER IMMAGINI E RADIOTERAPIA**

**CORSO DI: SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE
INFORMAZIONI I**

Anno Accademico 2017/2018

Dott. Silvio Pardi

Lezione N°2

Protocolli Connessi

Nel **connection oriented mode** (*orientato alla connessione*) i due **DTE**, prima di effettuare lo scambio di dati, si assicurano della presenza reciproca in linea.

Eseguita 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.

Protocolli non Connessi

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 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.

Protocollo Connessi e Non connessi

- Protocolli connessi (CONS): come telefono
 - Fase di connessione - Viene istituito un canale virtuale con il destinatario in base al suo indirizzo
 - Fase di trasmissione - L'informazione inserita nel canale vi "fluisce" senza ulteriori necessita' di indirizzamento
- Protocolli non connessi (CLNS): come posta
 - Fase unica - L'informazione viene instradata lungo un percorso individuato in base all'indirizzo del destinatario

L'implementazione del modello ISO/OSI

Il Modello ISO/OSI viene implementato realmente attraverso

- La creazione dei protocolli che realizzano i diversi livelli della pila ISO/OSI
- L'implementazione software dei protocolli creati
- L'implementazione hardware di dispositivi che riescono a trattare tali protocolli

Come abbiamo già citato il modello ISO/OSI è uno standard de-iure, tuttavia durante la sua implementazione si sono imposti degli standard così detti de-facto, che in qualche modo rivedono il sistema a livelli ISO/OSI che resta comunque quello di riferimento.

In particolare set di protocolli che va sotto il nome di **TCP/IP**, rappresenta oggi una delle architetture più utilizzate a livello globale.

II TCP/IP

Il **TCP/IP**, detto anche **Internet Protocol Suite**, è un set di protocolli che gestiscono tutti i livelli della rete visti prima, ma definendo un modello più semplice a 4 livelli.

Il nome deriva dai due protocolli più famosi il Transmission Control Protocol (TCP) e Internet Protocol (IP).

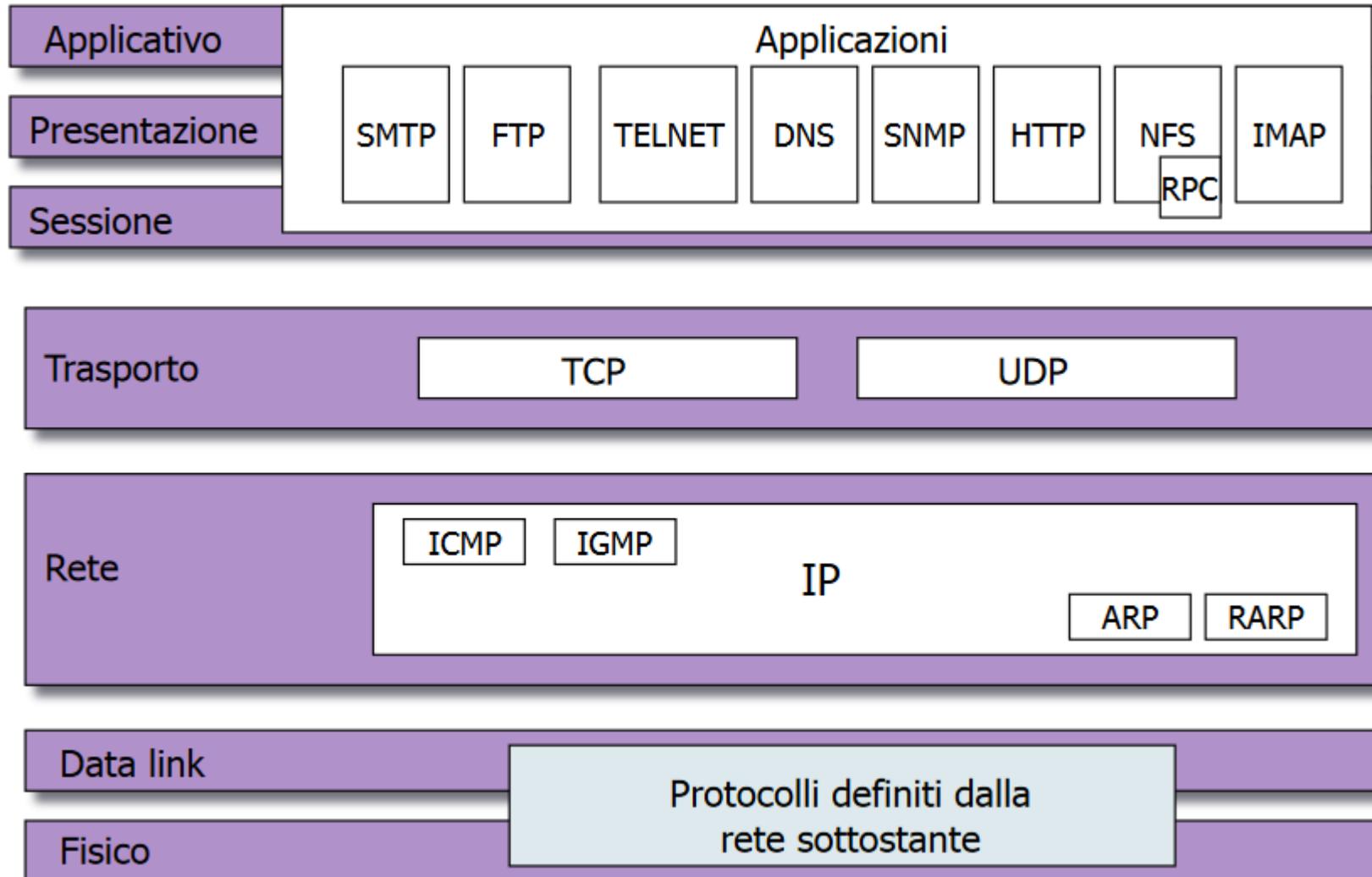
Modello TCP/IP



Modello ISO/OSI



II TCP/IP



Reti - Il livello fisico

A livello fisico sono definiti principalmente

- i mezzi trasmissivi, che rappresentano il canale attraverso il quale viaggiano le informazioni sulla rete.

- Il tipo di segnali adatti al mezzo trasmissivo per veicolare i dati

I mezzi trasmissivi possono essere divisi in guidati e non guidati

Guidati

- Cavo coassiale
- Doppino telefonico
- Cavo UTC
- fibra ottica

Non guidati:

- ponti radio
- trasmissioni satellitari
- radiodiffusione
- infrarossi

Il doppino Telefonico

- Il doppino (**o doppino intrecciato**) e' costituito da una coppia di fili di rame isolati separatamente
- La coppia di fili viene intrecciata, e costituisce una linea di comunicazione singola
- Utilizzato sia per trasmissioni analogiche che digitali
- Per segnali digitali si ottengono su brevissime distanze tassi trasmissivi **fino a centinaia di Mbps**



- Separately insulated
- Twisted together
- Often "bundled" into cables
- Usually installed in building during construction



(a) Twisted pair

Il cavo UTP (Unshielded Twisted Pair)

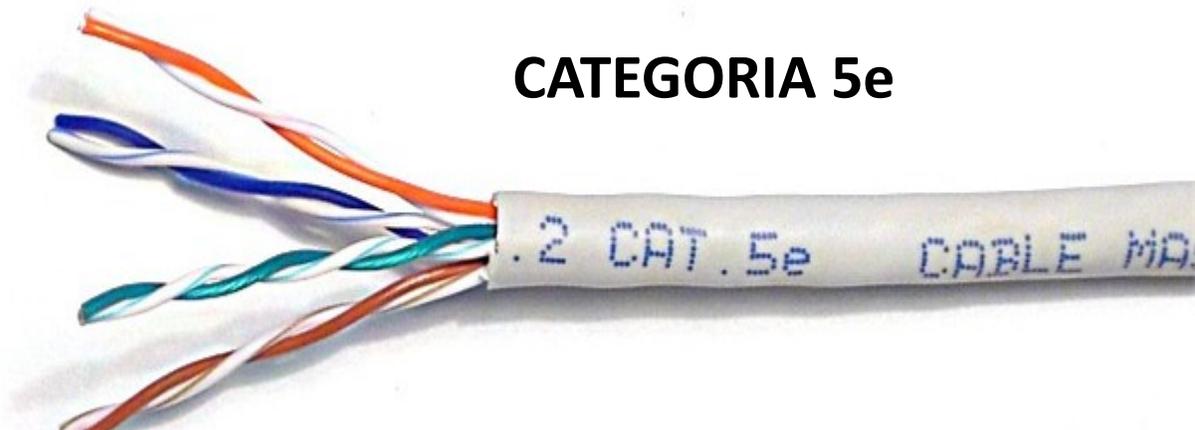
Lo standard UTP (**Unshielded Twisted Pair**) definisce un cavo costituito da quattro coppie di fili, isolati singolarmente ed avvolti in spire a due a due;

- Esistono più versioni dello standard sempre più performanti (**cat. 5e, cat. 6, cat. 7**)
- UTP Cat.3 sono quelli di qualità fonica usati per la telefonia che per la trasmissione dati fino a 10 Mbps
- I doppini UTP cat. 5/5e ,6 7 sono utilizzati nelle reti locali a velocità superiore (fino a 10 Gbps)

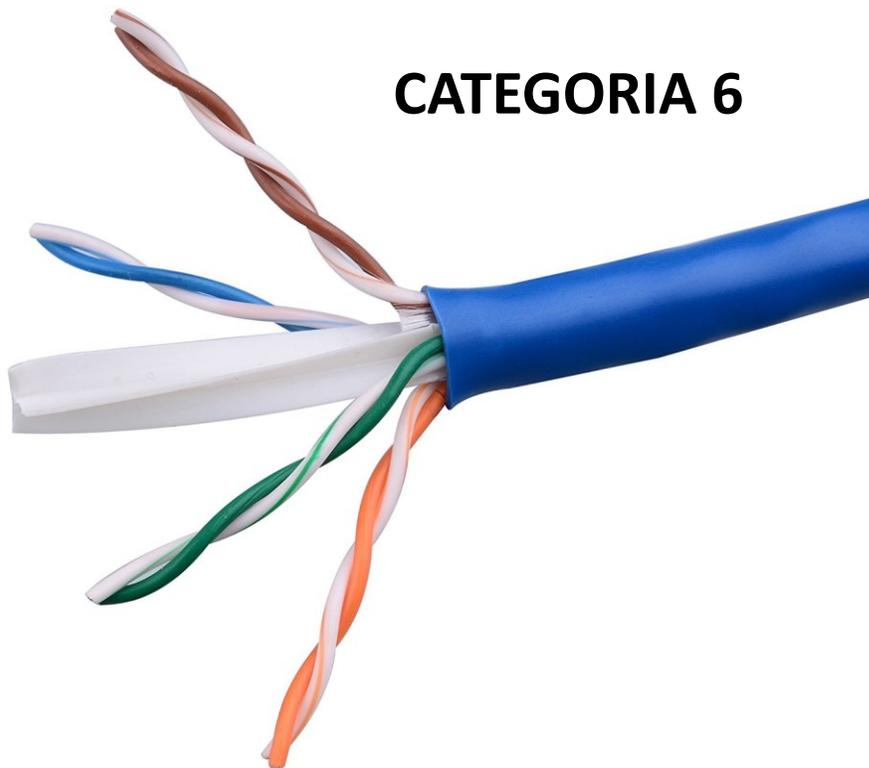
STP (Shielded Twisted Pair) e viene utilizzato nella trasmissione dati sulle reti locali, come il cavo UTP prevede 4 coppie di cavi intrecciati, ma è altresì schermato



CATEGORIA 5e



CATEGORIA 6



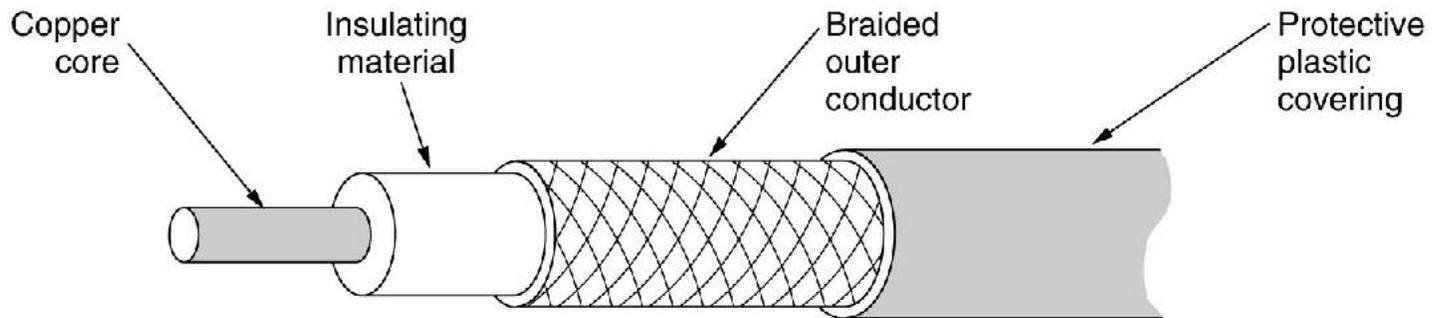
CATEGORIA 7



Il cavo coassiale

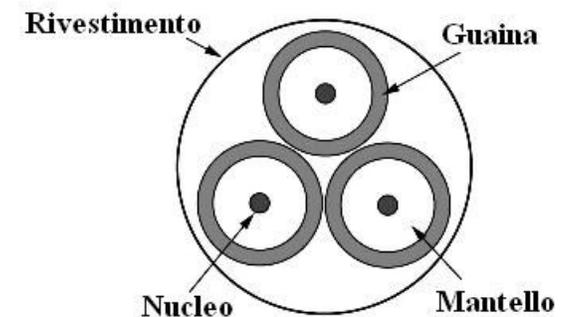
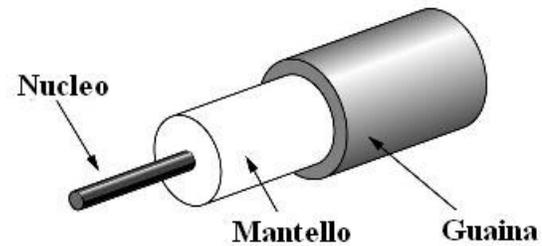
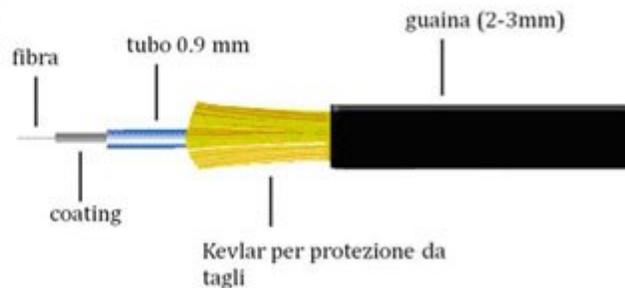
Il cavo coassiale è costituito da un conduttore interno in rame, avvolto in un isolante di materiale plastico (dielettrico) attorno al quale è posto il conduttore esterno, costituito da una calza metallica, il tutto ricoperto da un rivestimento esterno isolante.

- Miglior isolamento elettromagnetico rispetto al doppino
- È capace di una larghezza di banda fino a 500 MHz
- Per questi motivi è molto diffuso per le connessioni a lunga distanza, per trasmissioni a larga banda
 - Cavo con impedenza a 75Ω : usualmente utilizzato per la trasmissione **analogica** (distribuzione televisiva, TV via cavo, tratte di back-bone del sistema telefonico con multiplexing FDM); in multiplexing FDM può trasportare oltre **10000 canali vocali** contemporanei
 - Cavo a 50Ω : solitamente utilizzato nella trasmissione **digitale** (per reti locali, come **Ethernet**, **token bus**, e nelle connessioni dati a livello geografico)



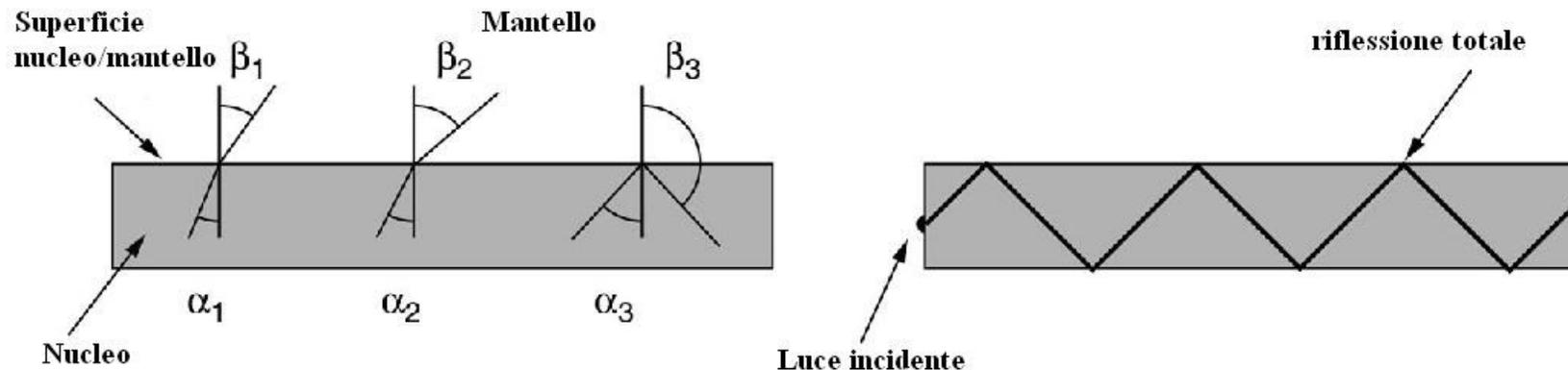
Fibra ottica

- Il cavo in fibra ottica e' costituito da
 - **Nucleo (core)** sottile filo di sostanza vetrosa, generalmente silicio, molto fragile, attraverso il quale si propaga la luce
 - **Mantello (cladding)**: sostanza che avvolge il nucleo con proprieta' ottiche differenti dal nucleo
 - guaina: sostanza plastica protettiva che avvolge il mantello, che protegge il cavo da umidita' e deformazioni
- Le proprieta' ottiche di nucleo e mantello sono tali che la luce introdotta nel nucleo con direzione opportuna non possa piu' uscire dal nucleo, ma venga riflessa in modo da viaggiare lungo il nucleo fino a destinazione
- I cavi per utilizzo breve possono essere a coppie di fibre; cavi per lunghe tratte possono invece contenere centinaia di fibre distinte



Trasmissione lungo la fibra: la rifrazione

- Quando un raggio di luce passa da un mezzo ad un altro, subisce un cambio di direzione (rifrazione)
- L'ampiezza dell'angolo di rifrazione dipende dalle caratteristiche fisiche dei due mezzi
- Esiste un angolo di incidenza (angolo critico) oltre il quale il raggio viene completamente riflesso entro il mezzo piu' denso

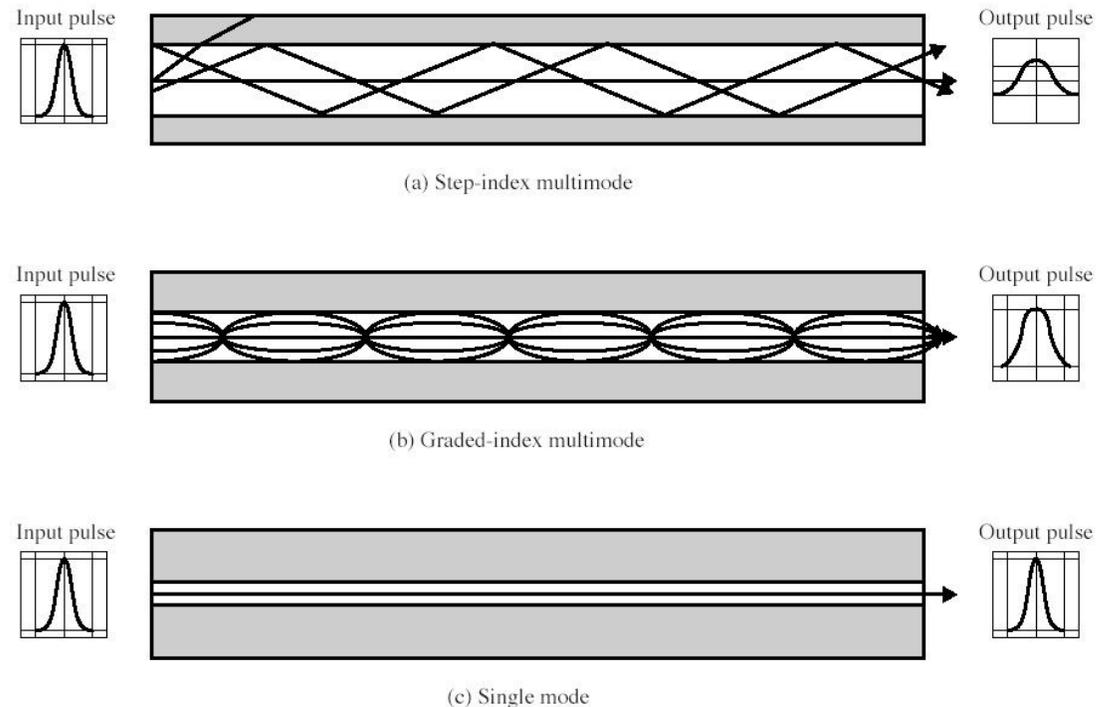


Fibre multimodali (multimode)

- Nelle fibre multimodali il nucleo ha uno spessore di circa 50 micron
- In queste condizioni la luce può avere diversi angoli di incidenza (diversi “modi” di propagazione) e percorrere traiettorie spezzate di lunghezza diversa; questa fibra si dice multimodale con indice a gradino
- Una categoria simile è la fibra in cui l’indice di rifrazione nel nucleo non è costante, ma variabile; la luce percorre traiettorie curve, sempre con modi diversi in funzione dell’angolo di incidenza (multimodale con indice graduato) e genera un impulso in uscita più stretto
- In entrambi i casi l’impulso in ingresso subisce una distorsione temporale dovuta ai diversi modi di propagazione, e genera un segnale in uscita (nel dominio tempo) generalmente allargato rispetto al segnale in ingresso
- La larghezza dell’impulso limita la velocità di trasmissione dati in quanto gli impulsi devono essere spazati e separati temporalmente in ricezione per essere identificati

Fibre monomodali (single mode)

- Nelle fibre monomodali il nucleo ha uno spessore di **8-10 micron**
- Riducendo la dimensione del nucleo si **riducono i modi** di propagazione della luce; arrivando alle dimensioni di **alcune lunghezza d'onda**, la luce si puo' propagare **solo lungo il modo principale**, cioe' quello ad incidenza longitudinale
- In questo caso l'impulso di luce **non subisce distorsione** in uscita, e la fibra e' capace di tassi trasmissivi e distanze **maggiori**
- **Le fibre monomodo si dice che creino delle guide d'onda**



Misure e colori delle fibre ottiche

Le fibre si riconoscono dal rapporto core/cladding

Fibra Ottima Multimodale 50/125,
62,5/125, 100/140

Fibra Ottica Monomodale 9/125

Anche i colori della guaina esterna ci danno delle indicazioni:

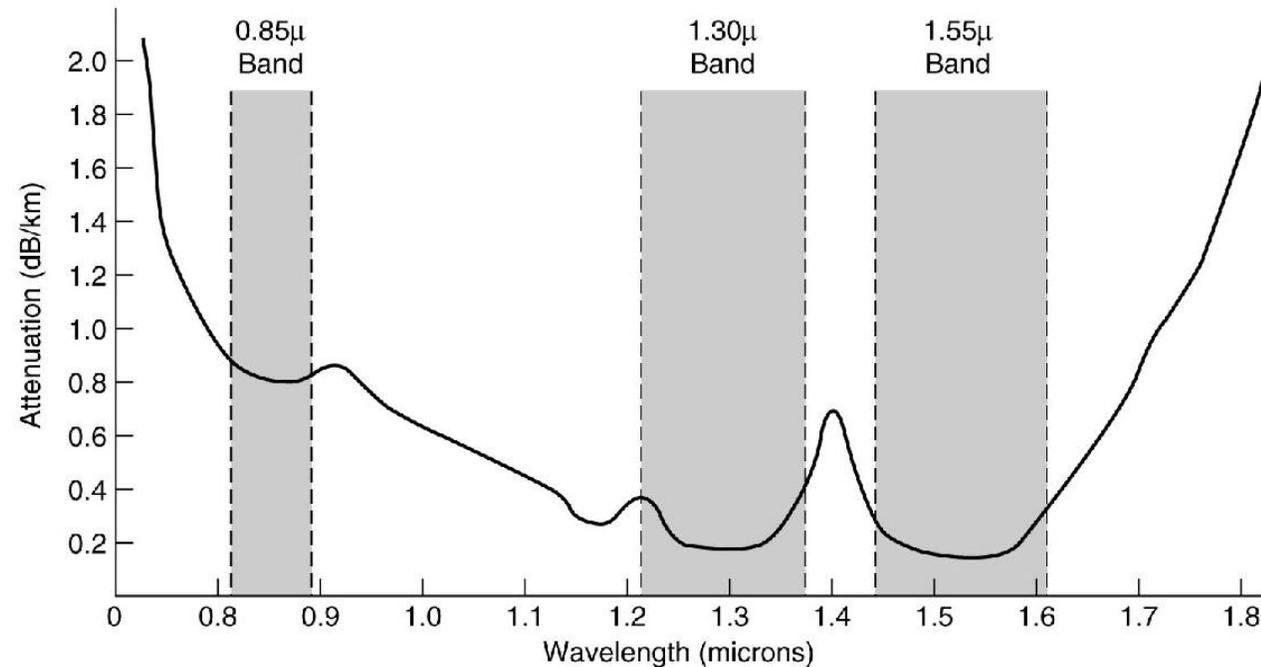
Fiber Type	Color Code		
	Non-Military Applications	Military Applications	Suggested Print Nomenclature
Multimode (50/125) (TIA-492AAAB) (OM2)	Orange	Orange	50/125
Multimode (50/125) (850 nm Laser-optimized) (TIA-492AAAC) (OM3, OM4)	Aqua	Undefined	850 LO 50 /125
Multimode (62.5/125) (TIA-492AAAA) (OM1)	Orange	Slate	62.5/125
Multimode (100/140)	Orange	Green	100/140
Single-mode (TIA-492C000 / TIA-492E000) (OS1, OS2)	Yellow	Yellow	SM/NZDS, SM
Polarization Maintaining Single-mode	Blue	Undefined	Undefined (2)

Led e laser

- Il segnale luminoso viene generato in due modi differenti:
 - tramite LED (**Light Emitting Diode**): piu' **economico**, adatto per trasmissioni a **tratta corta** su fibre multimodali ed a **basso tasso** trasmissivo
 - tramite diodi ad emissione **laser**: molto piu' **costoso**, adatto per trasmissioni ad alto tasso trasmissivo o per lunghe distanze, piu' sensibile al **calore**

Lunghezze d'onda

- L'assorbimento del segnale sulla distanza dipende dalla lunghezza d'onda utilizzata
- Ci sono **tre bande** in cui l'assorbimento ha una risposta **piatta** in frequenza, e bassa: queste sono le bande utilizzate per la trasmissione su fibra: 850 nm, 1300 nm e 1550 nm



Caratteristiche delle fibre ottiche

- La fibra ottica e' un ottimo mezzo per la trasmissione dati, per diversi fattori:
 - **banda trasmissiva**: abbiamo gia' visto come la banda disponibile sulla fibra si aggiri intorno ai **30 THz** (30000 GHz), sfruttabile tramite WDM; la tecnologia attuale permette tassi trasmissivi fino a **10 Gbps** su **singola lambda**, ma in laboratorio si raggiungono tassi maggiori a breve distanza
 - **dimensione e peso**: le fibre sono molto piu' **sottili e leggere** dei cavi in rame (problema non indifferente sia per i cablaggi nelle tubature cittadine, sia per la stesura di cavi multipli a lunga distanza, anche transoceanici)
 - **attenuazione ridotta**: la fibra garantisce una attenuazione significativamente **inferiore** al rame: questo permette l'utilizzo di ripetitori solo ogni qualche **decina di Km** o oltre a seconda della tecnologia utilizzata (laser e fibre monomodali sono piu' efficienti)

Utilizzo della fibra ottica

- La fibra ottica sta' soppiantando il cavo coassiale per le connessioni a larga banda trasmissiva ed a lunga distanza
- Gia' da tempo utilizzata nelle **reti locali** per le trasmissioni ad elevato tasso trasmissivo (100-1000-10.000 Mbps) a distanze che il rame **non riesce a raggiungere**
- Ultimamente in incremento il suo utilizzo verso le case dei privati per sostituire il rame in vista di **servizi on demand** via cavo (TV, cinema, giochi, musica, internet, telefonia, videofonia, ...) che richiederanno sempre piu' banda

Mezzi non guidati

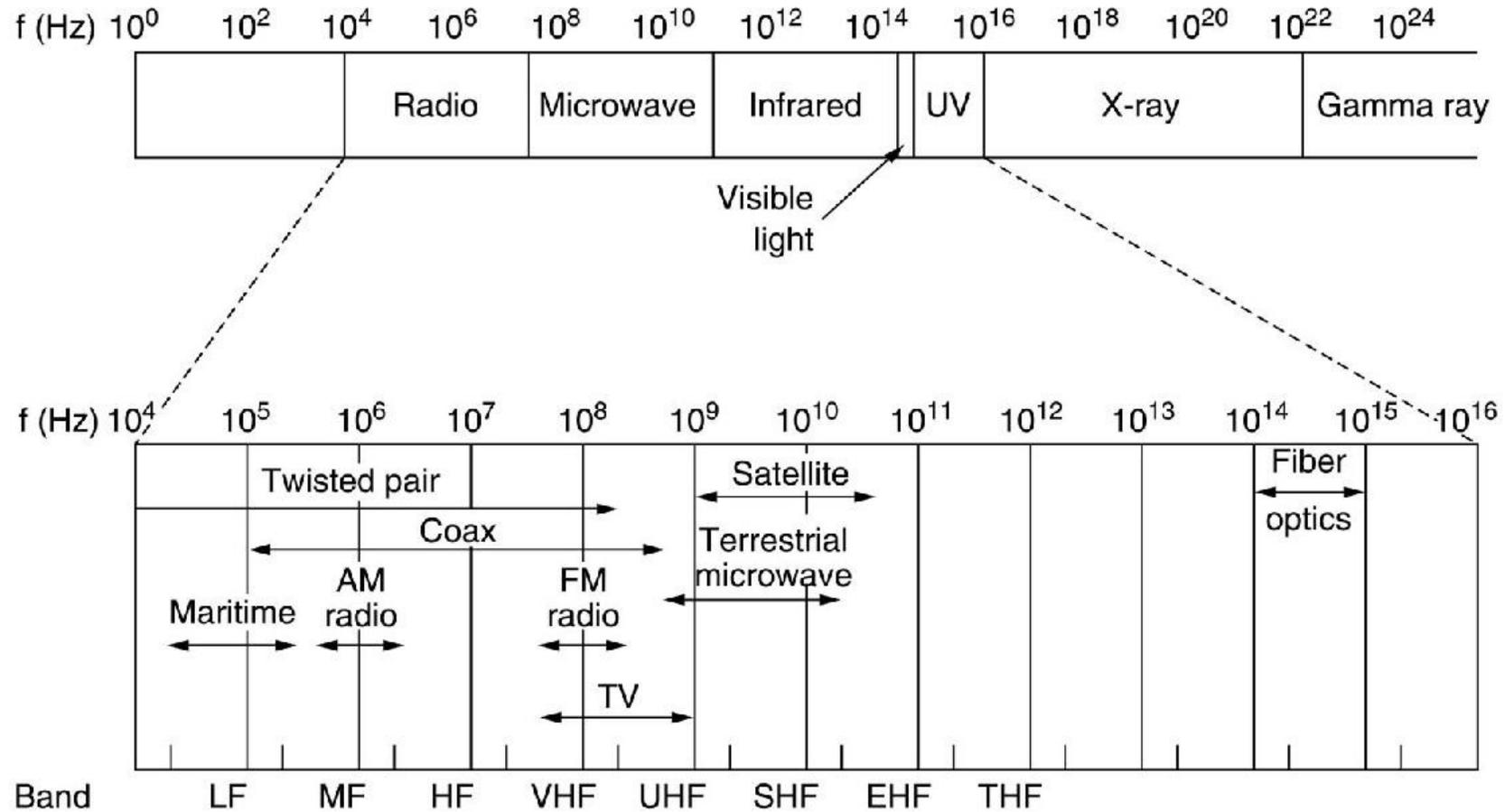
La trasmissione di dati viene spesso realizzata utilizzando la trasmissione di onde elettromagnetiche nell'aria o nello spazio.

Rientrano in questa categoria le **reti Wireless** dette anche reti **WLAN** riferendosi a reti locali create con questa tecnologia.

Spesso si usa il termine **WIFI**.

Per queste reti con il termine **Service Set Identifier**, o **SSID**, ci si riferisce al nome utilizzato da una rete una [WLAN](#) per identificarsi presso gli utenti.

Lo spettro elettromagnetico



Reti - Il livello fisico

Collegamento fisico - cavi Tipo

Velocità

Distanze

Cavo coassiale

fino a 100 Mbps

tra 185 e 500 mt

Doppini telefonici

4 - 100 Mbps

max 100mt

Cavo UTP

10Gbps

max 100 mt

Fibra ottica

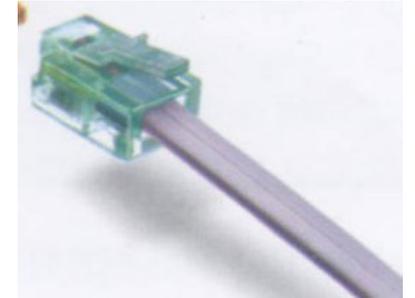
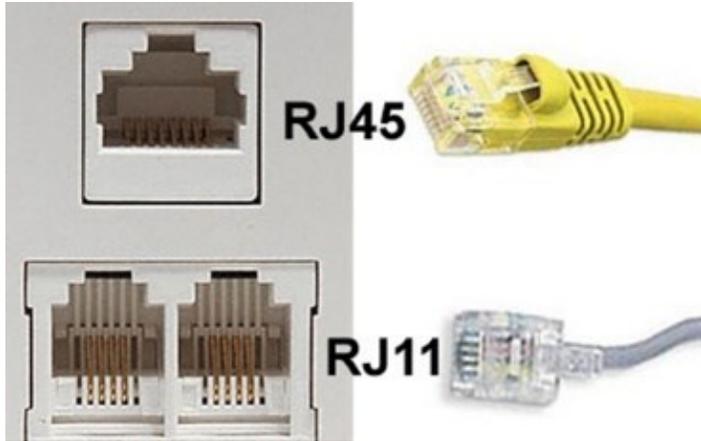
100Gbps

qualche km

Reti - Il livello fisico

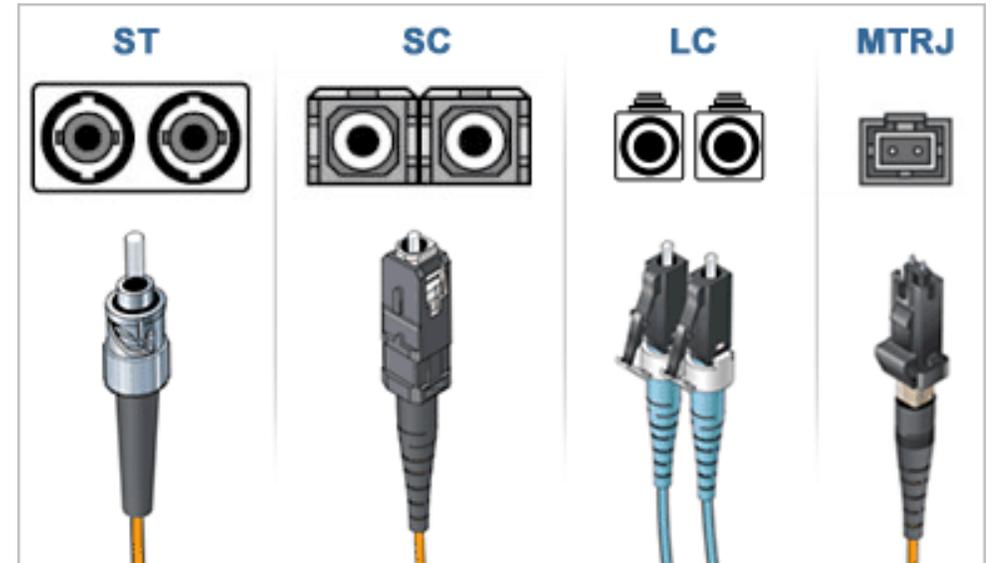
RJ45 CAVO UTP

RJ11 Doppino telefonico



CONNETTORE BNC CAVO COASSIALE

CONNETTORI FIBRE OTTICHE



Reti – La scheda di rete

Ogni host per interfacciarsi sulla rete necessita di un hardware apposito, indicato con in termini **scheda di rete, network card, nic**.

Essa funge da interfaccia fisica tra il dispositivo (computer o apparato) e il cavo di rete.

Tra le varie funzioni specifiche la scheda di rete

- Prepara i dati provenienti dal computer e li invia ad un altro computer
- Comunica il proprio indirizzo al resto della rete
- Riceve i dati in entrata e li traduce in bytes in modo che possano essere interpretati dalla CPU
- Insieme con il software serve per le funzioni di Logical Link Control e Media Access Control del livello di collegamento dato del modello OSI

La scheda di rete fa parte del livello I del modello ISO/OSI o livello Network dell'architettura TCP/IP

Reti – La tecnologia Ethernet e lo standard

IEEE 802.3

Il termine **Ethernet** indica una famiglia di tecnologie standard per le reti locali, essa definisce le specifiche tecniche a livello fisico (connettori, cavi, tipo di trasmissione, etc.)

Poiché Ethernet definisce sia l'hardware che la parte software di indirizzamento low level e la struttura dei frame, possiamo dire che lavora a livello 1 e 2 della pila ISO/OSI o a livello 1 della pila TCP/IP

Ethernet è stato standardizzato negli anni 70. Successivamente nel 1985, IEEE ha prodotto la prima versione dello standard IEEE 802.3, basato sull'originale specifica Ethernet.

Oggi si usa comunemente il termine Ethernet per riferirsi allo standard IEEE 802.3

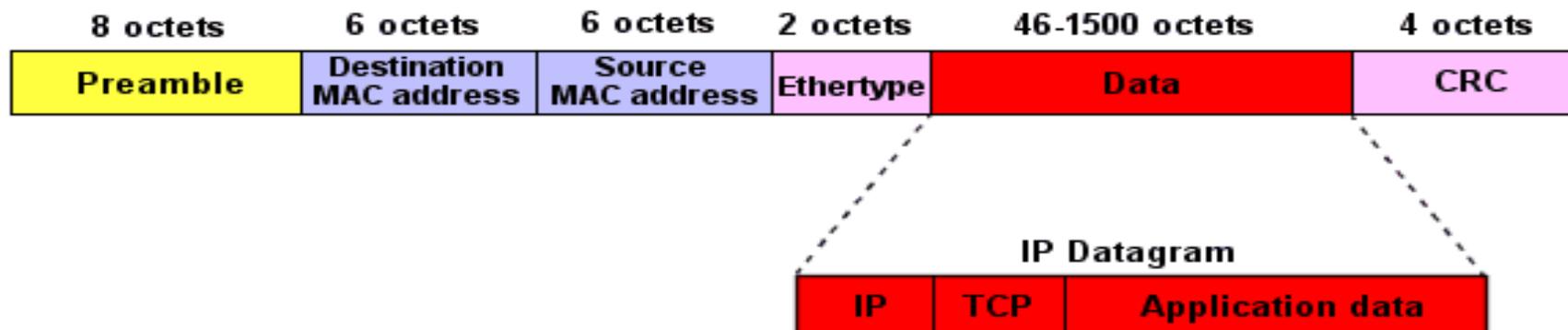
Reti – La tecnologia Ethernet e lo standard IEEE 802.3

Punti fondamentali dello standard IEEE 802.3

Al livello 1 (livello fisico) prevede esclusivamente trasmissioni via cavo in banda base, a velocità di 10, 100 e 1000 Mbit/s, su cavi coassiali, doppianti intrecciati (schermati e non) e fibre ottiche.

A livello 2 (Data-link): Si definiscono gli indirizzi hardware chiamati **indirizzi MAC** o **mac address**

Si definisce la struttura del frame, ovvero come viene suddivisa l'informazione che arriva dal livello superiore per essere poi codificata a livello fisico.



Reti – I MAC address

I MAC address sono gli indirizzi di livello 2 che servono per individuare un host sulla rete.

Essi sono hanno formato a 48 bit suddivisi in 12 cifre esadecimali di cui:

- Le prime 6 cifre rappresentano in maniera univoca il produttore dell'interfaccia di rete
- Le successive 6 cifre corrispondono al numero di serie della scheda stessa.

L'indirizzo MAC si scrive normalmente in 6 ottetti separati da un trattino o dal simbolo di due punti (:) o tre gruppi separati da un punto (notazione CISCO) Esempio

F8-2F-A8-DE-B3-0F

F8:2F:A8:DE:B3:0F

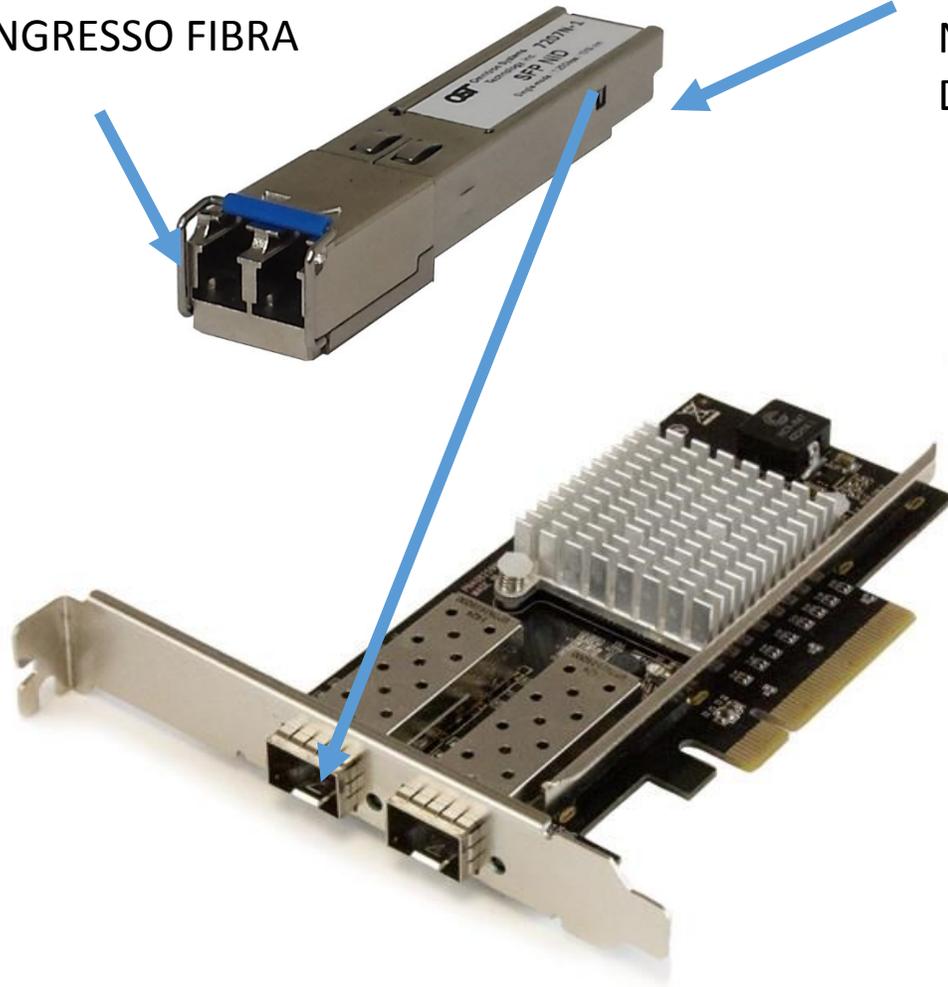
F82F.A8DE.B30F

I MAC address sono spesso indicati dietro il portatile, o comunque si può ottenere il suo valore da linux con comando `ifconfig` o da window con comando DOS `ipconfig`

Reti – Le schede di rete ethernet

INGRESSO FIBRA

SFP è l'ottica che si inserisce
Nelle schede di rete in fibra.
Dall'ottica dipende la velocità.c



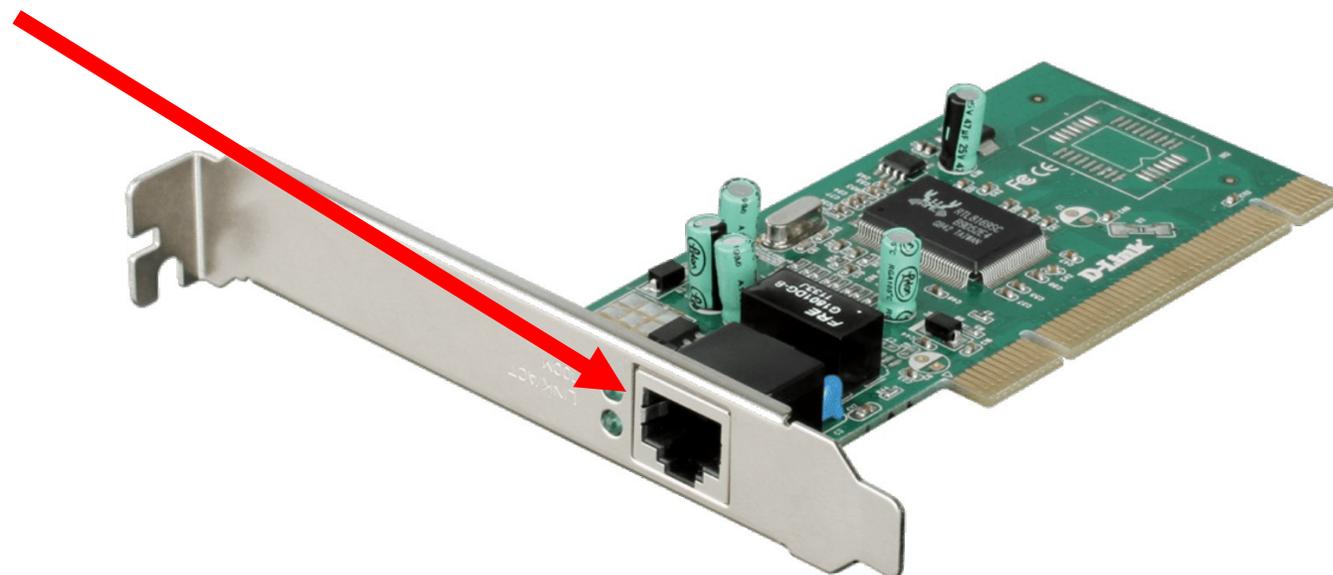
SCHEDA DI RETE IN FIBRA
CON 2 ALLOGGIAMENTI PER SFP

CAVO TWINAX
Cavo in rame usato
Al posto delle fibre
Per brevi distanze
Presenta l'SFP integrato
Simile al cavo coassiale
Ma con due cavi all'interno
Uno per ricezione
Uno per trasmissione
Non è schermato



Reti – Le schede di rete ethernet

INGRESSO RJ45



SCHEDA DI RETE IN RAME

Evoluzione di Ethernet

- Ethernet, intesa come tecnologia, si e' sviluppata a partire dalla prima versione a **10 Mbps**, a cui e' seguito un **nuovo standard** a **100 Mbps**, quindi uno a **1000 Mbps** ed uno successivo a **10 Gbps**; e' in corso di definizione uno standard a velocita' superior

Tali standard sono noti come

- FastEthernet 100Mbps
- GigabitEthernet 1Gbps
- TenGigabitEthernet 10Gbps

Reti –Lo standard IEEE 802.11 per le reti wireless

Lo standard IEEE 802.11 definisce le tecnologie per le reti WLAN.

Come lo standard 802.3, esso si colloca a livello 1 e 2 del modello ISO/OSI e al livello 1 della pila TCP/IP.

Lo standard 802.11 ha diverse versioni che hanno migliorato negli anni la velocità e la distanza massima di copertura.

Standard	Frequenza	Velocità Max (Mb/s)	Distanza MAX
802.11 legacy	FHSS 2,4 GHz, IR	1, 2	< 10m
802.11a	5,2, 5,4, 5,8 GHz	54	<40m
802.11b	DS, HR-DS, 2,4 GHz	11	<100m
802.11g	DS, HR-DS, ERP, 2,4 GHz	54	<80m
802.11n	2,4 GHz, 5,4 GHz	600	< 100 m
802.11ac	5,4 GHz	6.930	< 100m
802.11ad	60 GHz	6.930	< 100m

Reti wireless

- Motivazioni:
 - principalmente la diffusione di **computer portatili**, per offrire **mobilità** senza perdita di connessione
 - un altro fattore è **l'estensibilità** della rete senza necessità di **cablaggio**
- Bande trasmissive ISM
 - lo strato fisico è realizzato con la **trasmissione omnidirezionale** in modulazione **digitale** di una portante
 - esistono bande di frequenza dedicate all'utilizzo senza necessità di **registrazione ed allocazione**
 - queste bande si chiamano ISM (**Industrial, Scientific, Medical**)
 - la legislazione specifica determinate **caratteristiche** obbligatorie per utilizzare queste bande, come ad esempio la **potenza massima** di trasmissione e l'utilizzo di tecniche trasmissive **spread spectrum**
 - le bande utilizzate nelle trasmissioni wireless sono a **2.4 GHz** ed a **5 GHz**
 - in questa regione le trasmissioni competono con apparati radiocomandati, telefoni cordless, forni a microonde, ...

Reti –Lo standard IEEE 802.11 per le reti wireless

Scheda di rete wireless
per portatile



Scheda di rete wireless
per PC



Broadcast, Unicast, Multicast e Anycast

Definiamo dei termini che indicano come i pacchetti possono essere smistati sulla rete e che ci saranno utili

- Con **broadcast** si intende una modalità di instradamento con cui si invia un pacchetto dati a tutti i dispositivi collegati alla stessa rete.
- Se il pacchetto inviato è destinato ad un solo host è detto **unicast**
- Se è destinato a un gruppo di host è detto **multicast**
- Se è destinato ad uno qualunque di un gruppo **anycast**

Comunicazioni di tipo broadcast, unicast, multicast ed anycast possono avvenire ad ogni livello della pila ISO/OSI usando gli indirizzi tipici del livello per individuare gli host di destinazione

II MODEM

MODEM (Modulatore DEModulatore) è un dispositivo per la connessione ad una rete digitale convertendo segnali analogici in digitali e viceversa.

il modem utilizza la linea telefonica di un terminale (ad esempio un computer) per collegarsi una rete di trasmissione dati.

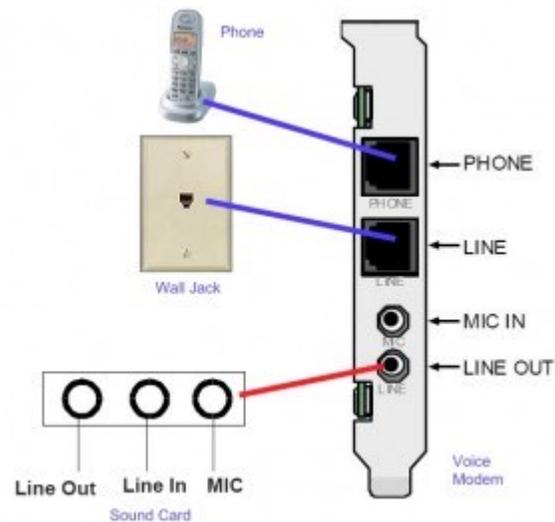
Il MODEM

- converte (modula) i segnali digitali in impulsi analogici in trasmissione.
- riconverte (demodula) gli impulsi analogici in segnali digitali in ricezione.

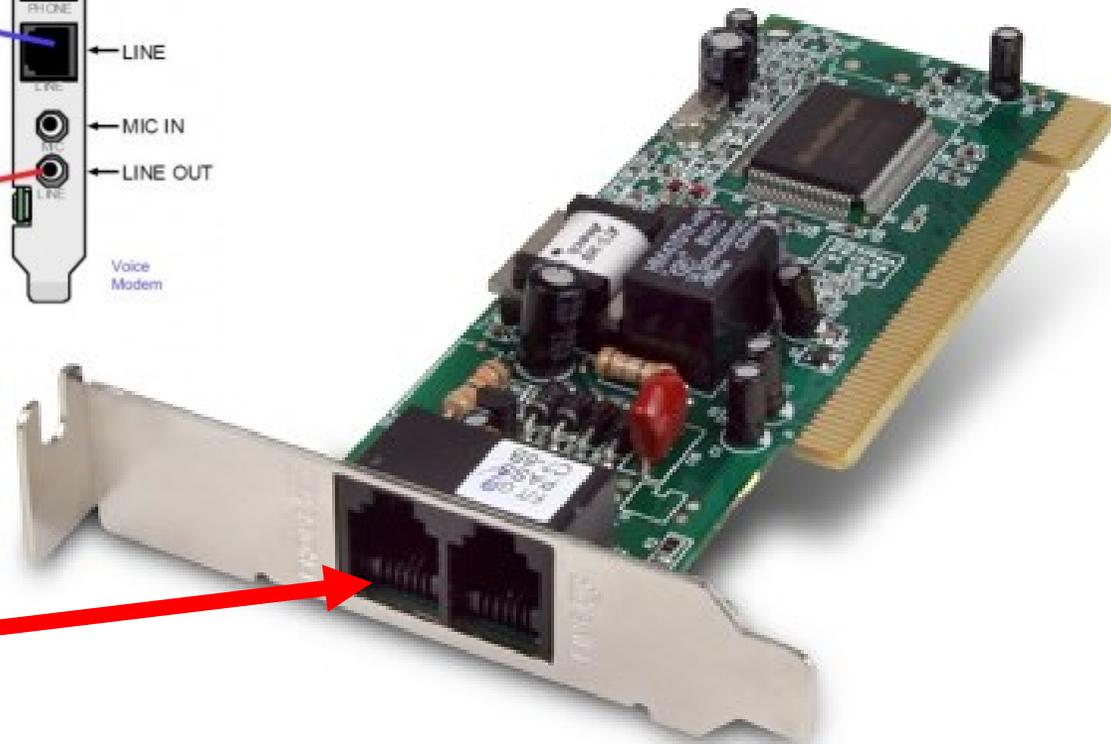
IL MODEM



MODEM ESTERNO CON FUNZIONALITA' DI ROUTER



MODEM INTERNO AL PC SU SCHEDA PCI.

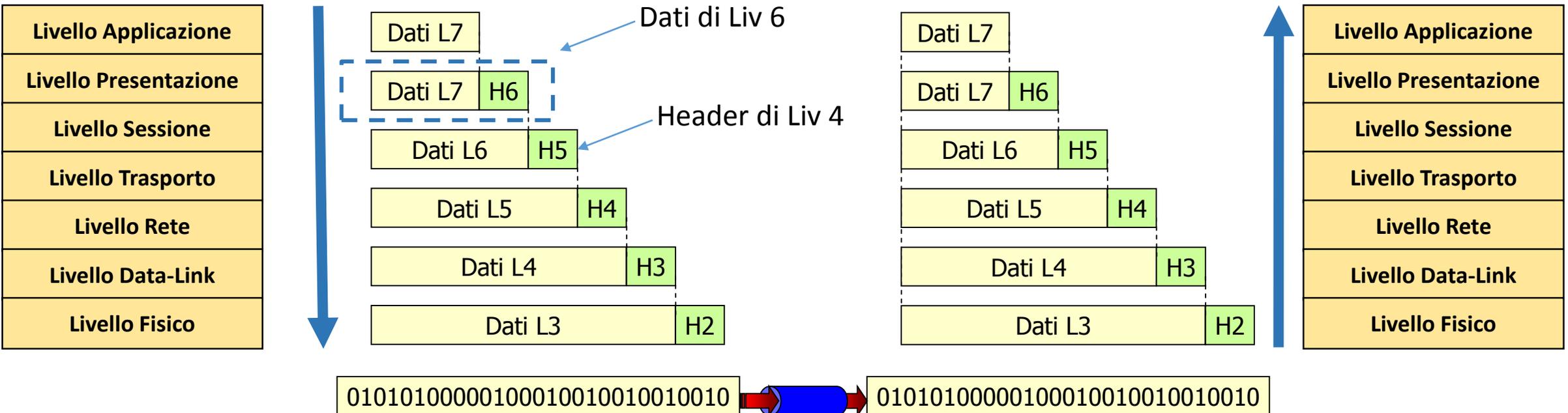


INGRESSO RJ11 per Doppino Telefonico

Collegamento tra host Point-to-Point

Definite le schede di rete ed il mezzo trasmissivo passivo, vediamo come connettere tra di loro gli host e creare le diverse topologie di rete.

Il modo più semplice è collegare due host direttamente stendendo un cavo tra le due schede di rete dei due dispositivi. Tale tipo di collegamento viene detto connessione diretta, **point-to-point** o **punto-punto**.



Collegamento tra Host

Al fine di collegare più Host è possibile aggiungere degli apparati intermedi che a seconda del livello della pila ISO/OSI su cui lavorano vengono indicati come HUB, SWITCH, ROUTER e GATEWAY.



APPARATO INTERMEDIO

ROUTER
SWITCH
HUB

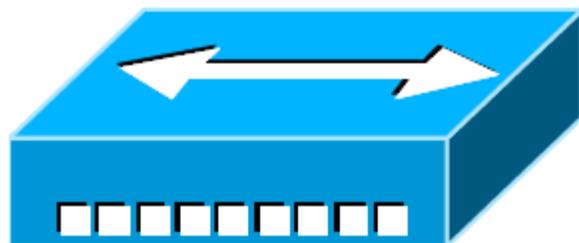


Collegamento tra host: L'HUB

Un HUB è un concentratore utilizzato per connettere più dispositivi secondo una topologia a BUS o a Stella. Esso lavora a livello 1 della pila ISO/OSI

Un HUB è un dispositivo che può essere anche totalmente passivo, ovvero un semplice aggregatore che connette tra loro i cavi provenienti dai vari dispositivi. Oppure può avere componenti elettriche in grado di amplificare il segnale.

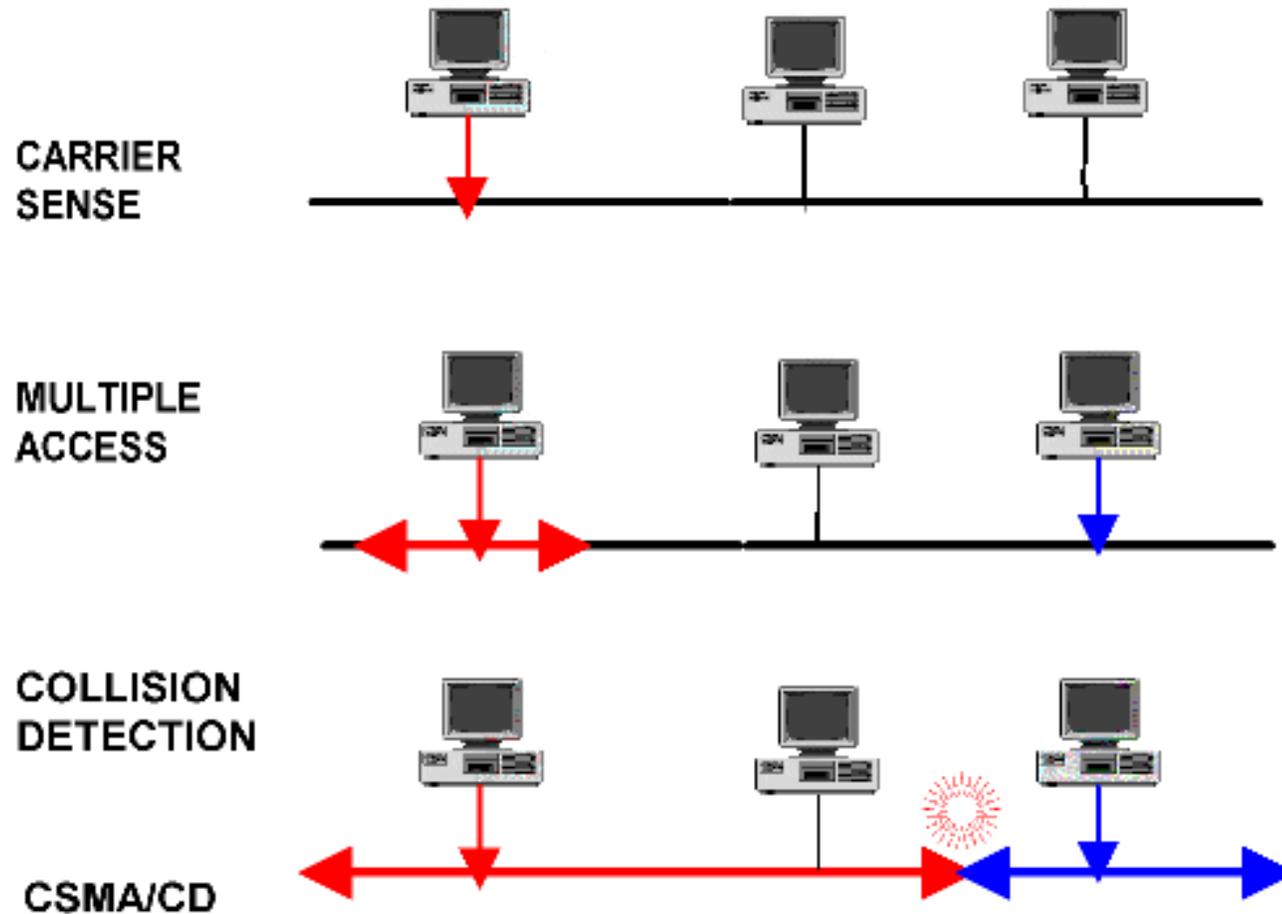
Poiché l'HUB non ha intelligenza a bordo, esso crea sempre un traffico di tipo broadcast, ovvero invia ogni pacchetto ricevuto a tutte le porte, sono i dispositivi stessi a verificare se il singolo pacchetto è diretto a loro e a gestire la contesa del canale noto come CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection).



Hub



Collegamento tra host: CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection)



Collegamento tra host: Lo Switch

Uno SWITCH è HUB di livello 2, anche esso svolge il ruolo di concentratore utilizzato per connettere più dispositivi secondo una topologie a Stella.

Lo Switch è un apparato attivo, ha un processore all'interno che gestisce una tabella di MAC address, che individuando i dispositivi connessi, e le porte su cui ciascun dispositivo è presente. Tale tabella è chiamata **switch table** o **mac-address-table**

Grazie a questa tabella interna uno switch è in grado di inviare un pacchetto unicast solo all'host di destinazione, evitando traffico inutile sulle porte degli host non destinatari.

- Più performante di un HUB perché non crea traffico inutile.
- Non ha il problema della gestione delle collisioni
- Più sicuro di un HUB perché non invia i pacchetti solo agli host di destinazione.



Switch

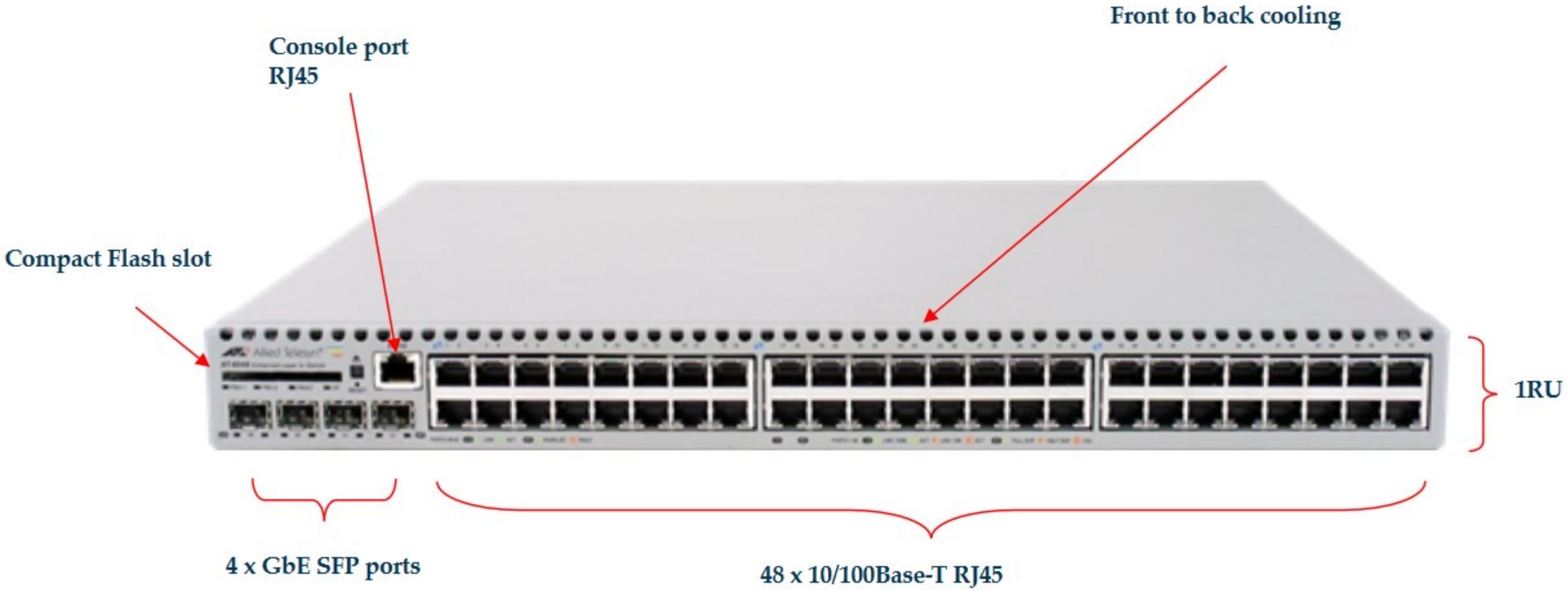


Caratteristiche di uno Switch

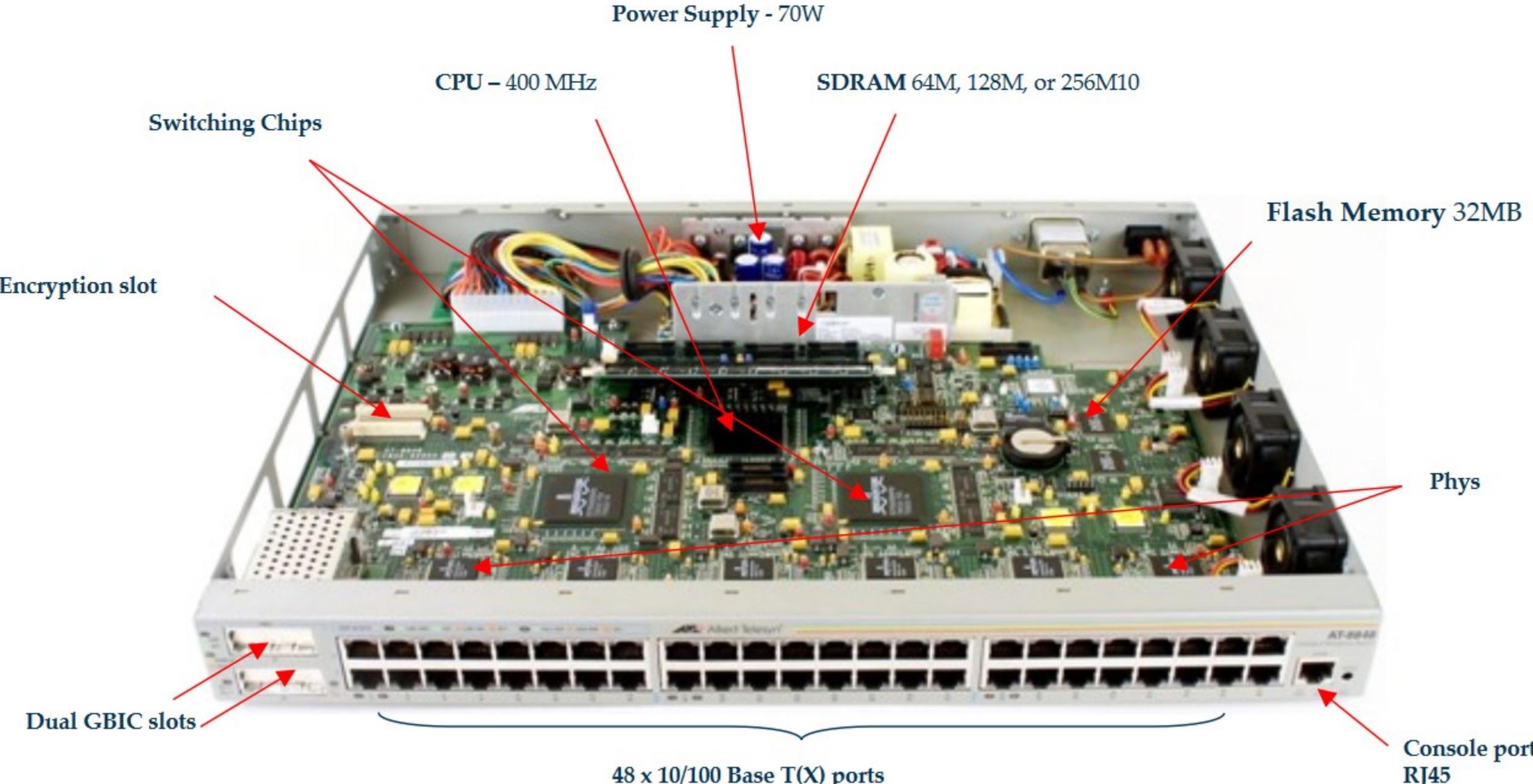
Lo switch è un dispositivo in grado di instradare i pacchetti di dati in maniera point to point. Questo è possibile perchè lo switch, al suo interno, ha una tabella di tutti gli indirizzi delle schede di rete collegate e quando gli arriva un pacchetto sa chi è il destinatario e lo invia solo a lui. Questo permette di risolvere il problema del broadcast che si verificava negli hub, risparmiando quindi notevole banda.



Caratteristiche di uno Switch



Caratteristiche di uno Switch



Collegamento tra host: Lo Switch

Gli switch possono essere di varie grandezze, 4,8,16,24 e 48 porte sono i tagli standard Essi supportano differenti standard ad esempio: FastEthernet, GigabitEthernet, Ten Gigabit.

- Con la dicitura 10/100 si intende uno switch che supporta la connessione a schede di rete fino a 100Mbit
- Con 10/100/1000 10/100 si intende uno switch che supporta la connessione a schede di rete fino a 1000Mbit (Ovvero 1Gbit)

Un altro parametro per valutare uno switch è il numero di pacchetti che può smistare al secondo.

Gli switch inoltre possono supportare dei protocolli di livello superiore al 2. Una funzionalità molto comune è il supporto per le VLAN (Virtual Lan)132464614

Collegamento tra host: SWITCH

Mac-Address-Table

```
E1: 0000.1111.2222  
E2: 0000.1111.5555  
E3: 0000.1111.3333  
E4: 0000.1111.4444
```

