

Cablaggio di reti informatiche

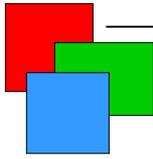
Ing. Antonio Pinizzotto
(Tecnologo del CNR)

Università di Pisa
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica
29 aprile 2004

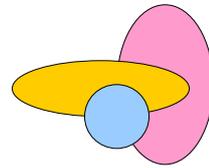
Sommario

- Tecnologie di trasporto per il livello fisico (layer 1)
 - Trasporto su rame
 - Trasporto su fibre ottiche
 - Comunicazioni Wireless
 - Reti Wireless
- Metodi e dispositivi per il test dei mezzi fisici
 - Nozioni di teoria di base per onde, esponenziali e logaritmi, decibel
 - Concetto di Segnale e Rumore
 - Banda Analogica e Digitale
 - Segnali e Rumore nei Mezzi Trasmissivi
 - Metodi e dispositivi per il test dei mezzi fisici
- Cablaggio di LAN e WAN

Nota: parte del materiale presentato fa riferimento al Semestre 1 del CCNA della Cisco Academy



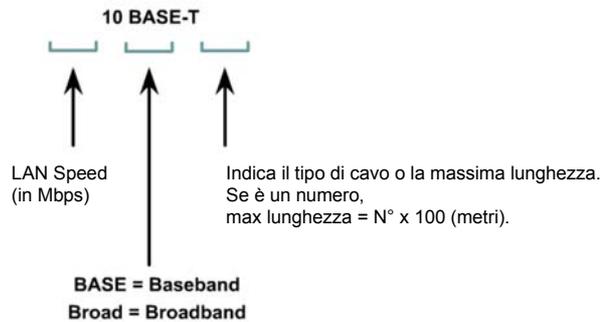
Tecnologie di trasporto per il livello fisico (layer 1)



Trasporto su rame

- Specifiche e prestazioni per diversi tipi di cavo.
- Cavo coassiale e suoi vantaggi e svantaggi nei confronti di altri tipi di cavo.
- Cavo “shielded twisted-pair” (STP) e suo utilizzo.
- Cavo “unshielded twisted-pair” (UTP) e suo utilizzo.
- Caratteristiche e utilizzo dei cavi:
 - straight-through (“diritto”)
 - crossover (“crociato”)
 - rollover (“cavo console”)

Specifiche dei cavi

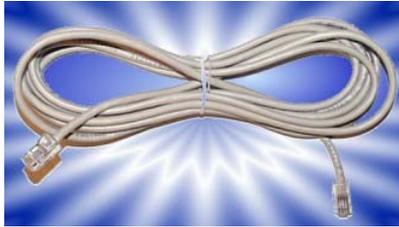


- I cavi hanno diverse specifiche legate alle loro prestazioni

Specifiche dei cavi

- I cavi possono avere diverse specifiche legate alle prestazioni:
 - Che **velocità di trasmissione dati** può essere raggiunta utilizzando uno specifico tipo di cavo? La velocità nella trasmissione dei bit di informazione attraverso un cavo è estremamente importante. Tale velocità è influenzata dal tipo di materiale utilizzato per il cavo e dalla sua forma e dimensione.
 - Che **tipo di trasmissione** bisogna utilizzare? Analogica o digitale? Baseband o broadband?
 - Che distanza può raggiungere un segnale attraverso un particolare tipo di cavo prima che l'attenuazione diventi significativa? In altre parole, quando si verifica che il segnale diventi così degradato da non poter più essere correttamente ricevuto ed interpretato dal dispositivo di ricezione? **La distanza che il segnale può percorrere attraverso un cavo è direttamente legata all'attenuazione.** La degradazione del segnale è direttamente legata alla distanza percorsa dal segnale e dal tipo di cavo utilizzato.

Specifiche dei cavi



- **10BASE-T**

- velocità di trasmissione: 10 Mbps
- tipo di trasmissione: baseband
- T sta per "twisted pair"

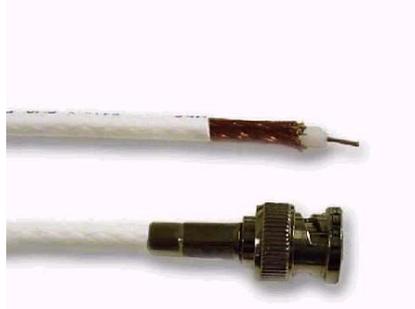
Specifiche dei cavi



- **10BASE5**

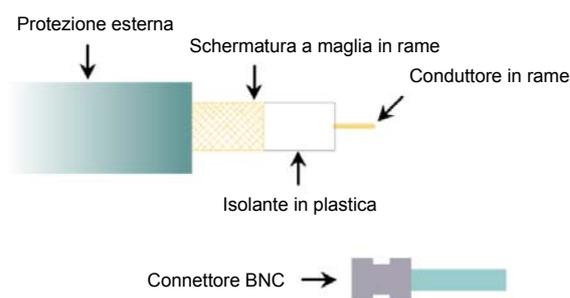
- velocità di trasmissione: 10 Mbps
- tipo di trasmissione: baseband
- 5 rappresenta la capacità del cavo di consentire al segnale di viaggiare per circa 500 metri prima che l'attenuazione possa compromettere la capacità del ricevitore di interpretare correttamente il segnale ricevuto.
- questo tipo di cavo è spesso chiamato: **Thicknet**

Specifiche dei cavi



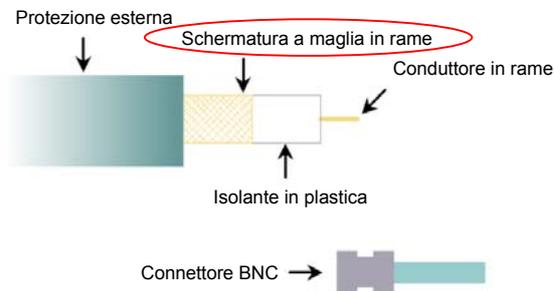
- **10BASE2**
 - velocità di trasmissione: 10 Mbps
 - tipo di trasmissione: baseband
 - Il 2, in 10BASE2, rappresenta la capacità del cavo di consentire al segnale di viaggiare per circa 200 metri prima che l'attenuazione possa compromettere la capacità del ricevitore di interpretare correttamente il segnale ricevuto.
 - questo tipo di cavo è spesso chiamato: **Thinnet**

Cavo coassiale



- velocità di trasmissione: 10 - 100 Mbps
- Costo medio per nodo: basso
- Massima lunghezza: 500 m

Cavo coassiale



- **Maglia di rame o foglio metallico**
 - Agisce da secondo filo nel circuito.
 - Agisce da protezione per il conduttore interno.
 - Riduce l'ammontare di interferenza elettromagnetica esterna.
 - Bisogna porre particolare attenzione nell'assicurare una connessione elettrica **a terra** ad entrambi i capi del cavo.
 - Una delle maggiori fonti di problemi di connessione nell'installazione di cavi coassiali è costituita da una connessione inaccurata della schermatura.

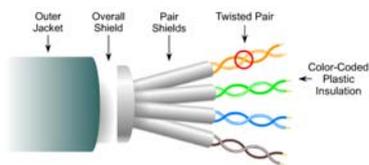
Cavo coassiale



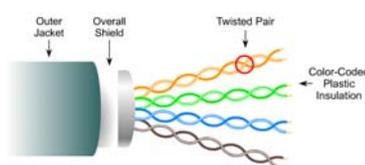
- **Vantaggi:**
 - Richiede meno repeater del twisted pair
 - E' meno costoso della fibra ottica
- **Svantaggi:**
 - Più costoso e più difficile da installare del twisted pair
 - Richiede più spazio nei condotti dei cavi rispetto al twisted pair.

Shielded Twisted Pair (STP e ScTP)

STP – Shielded Twisted Pair



ScTP – Screened Twisted Pair



- Speed and throughput: 10 - 100 Mbps
- Average \$ per node: Moderately Expensive
- Media and connector size: Medium to Large
- Maximum cable length: 100m

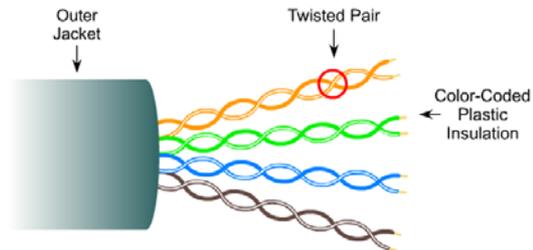
- Cavo “shielded twisted-pair” (STP): combina le tecniche di schermatura, cancellazione, e twisting dei fili (twisted = attorcigliato).
 - Ogni coppia di fili è attorcigliata e avvolta da un foglio metallico.
 - Le 4 coppie di fili sono avvolte da un unica treccia o foglio metallico.
- Un ibrido fra UTP (vedi slides successive) ed il tradizionale STP è lo **Screened UTP (ScTP)**, noto anche come **Foil Twisted Pair (FTP)**.
 - ScTP è essenzialmente un UTP avvolto in un foglio metallico che fa da schermo.

Shielded Twisted Pair (STP e ScTP)



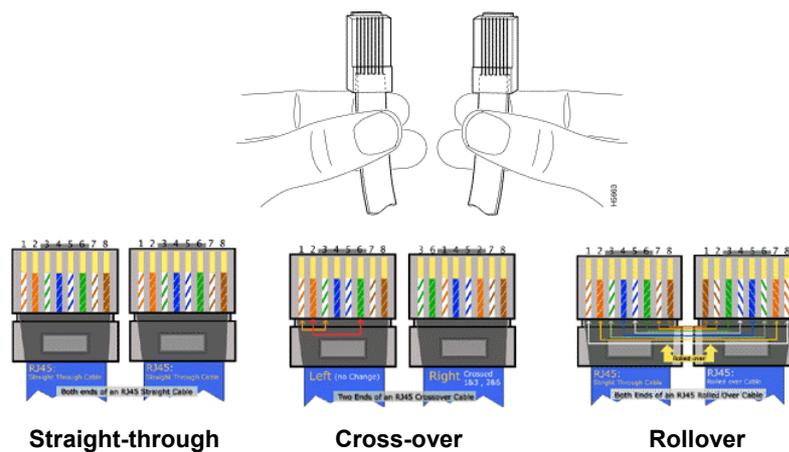
- Maggiore protezione rispetto a UTP, nei confronti di tutti i tipi di interferenze interne ed esterne
 - Riduce il rumore elettromagnetico all'interno del cavo come l'accoppiamento fra coppia e coppia ed il crosstalk.
 - Riduce il rumore elettromagnetico esterno, come l'interferenza elettromagnetica (EMI) e l'interferenza in radio frequenza (RFI)
- Più costoso e difficile da installare dell'UTP.
- Necessita di messa a terra ad entrambi i capi del cavo.

Unshielded Twisted Pair (UTP)



- Il cavo "Unshielded twisted-pair" (UTP) è costituito da 4 coppie di fili ed è oggi utilizzato in molte reti.
- TIA/EIA-568-A contiene le specifiche relative alle prestazioni del cavo.
- Connettori: RJ-45
- I pin utilizzati dal dispositivo di trasmissione devono essere connessi ai pin utilizzati dal dispositivo di ricezione.

Unshielded Twisted Pair (UTP)



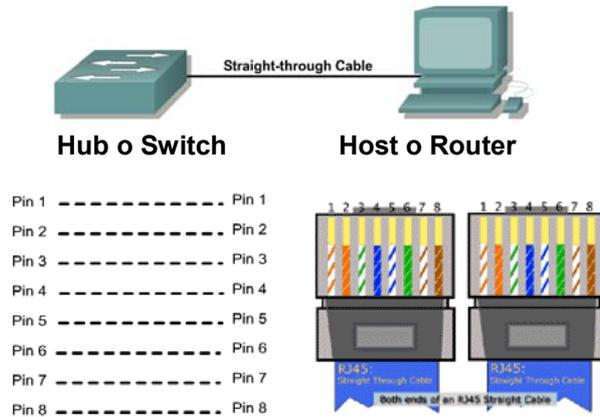
Straight-through

Cross-over

Rollover

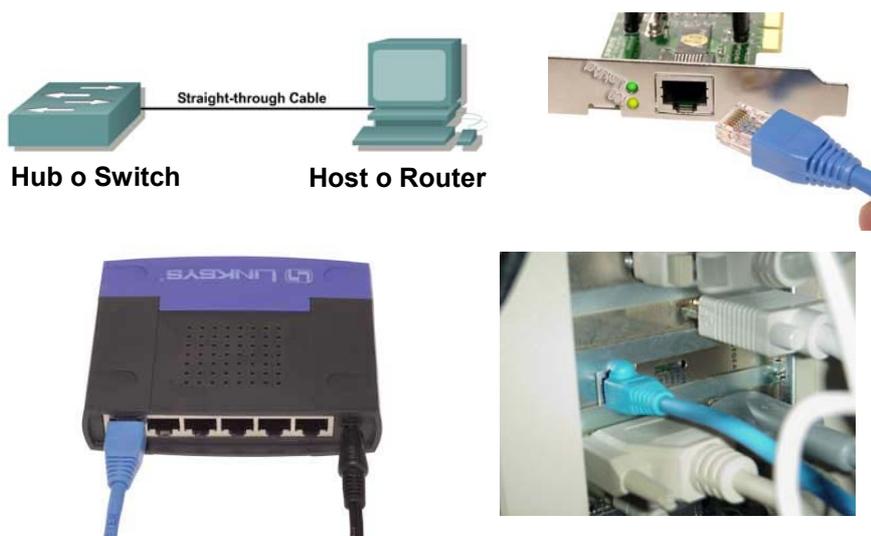
www.cisco.com/warp/public/701/14.html

UTP Straight-through Cable



- Il cavo che connette la porta di uno switch alla porta della NIC di un computer è chiamato "straight-through cable" (cavo diritto).

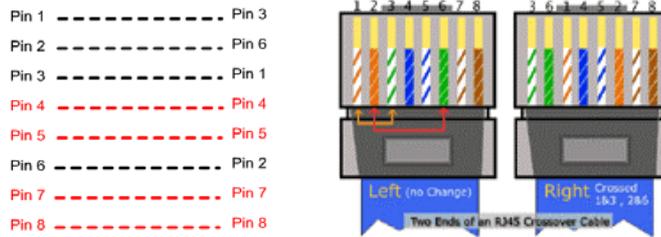
UTP Straight-through Cable



UTP Cross-over Cable

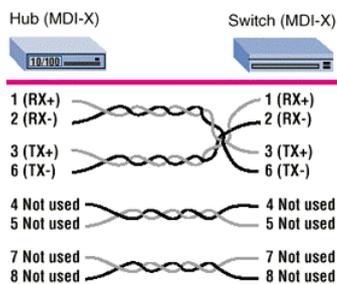
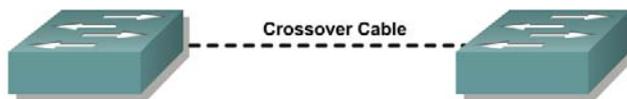


An Ethernet (10BASE-T and 100BASE-TX) cross-connect cable has only four active wires 1, 2, 3, and 6

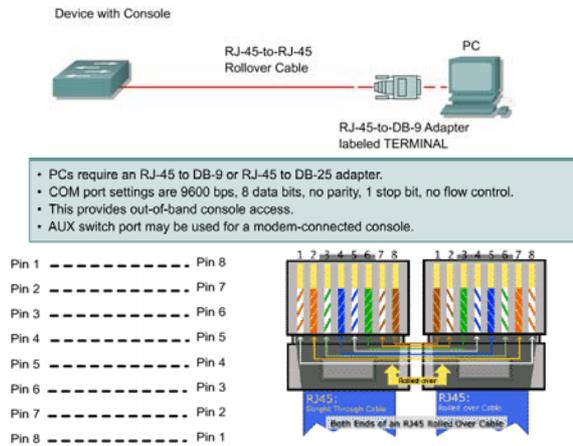


- Il cavo che connette la porta di uno switch con la porta di un'altro switch è chiamato "crossover cable" (cavo crociato).

UTP Cross-over Cable

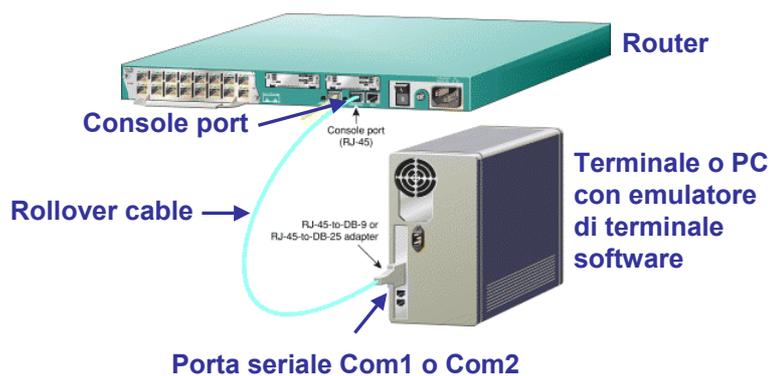


UTP Rollover Cable

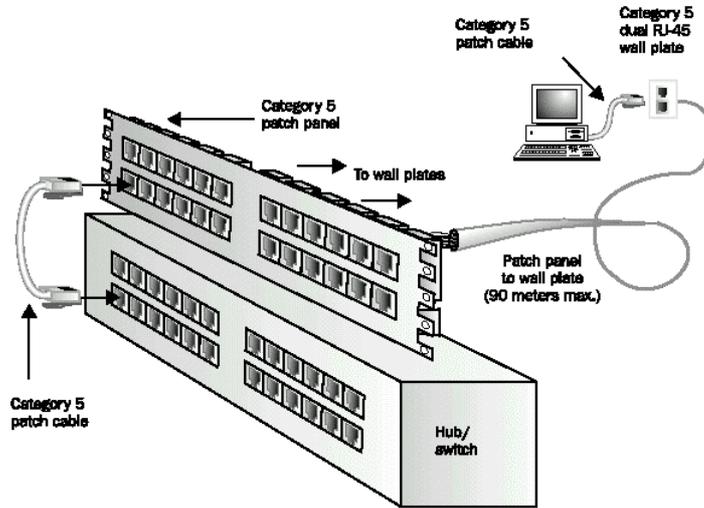


- Il cavo che connette l'adattatore RJ-45 della porta COM di un computer con la porta console di un router o uno switch è chiamato "rollover cable".

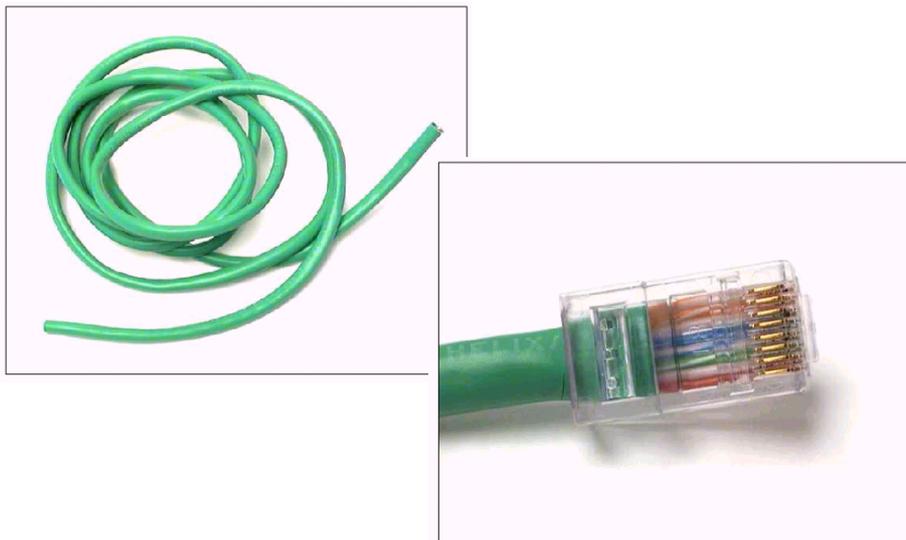
UTP Rollover Cable



Patch panel



Realizzazione di un cavo



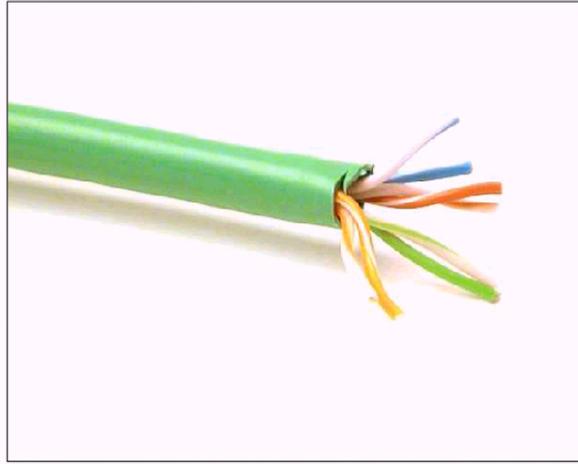
Taglio di un cavo di lunghezza richiesta



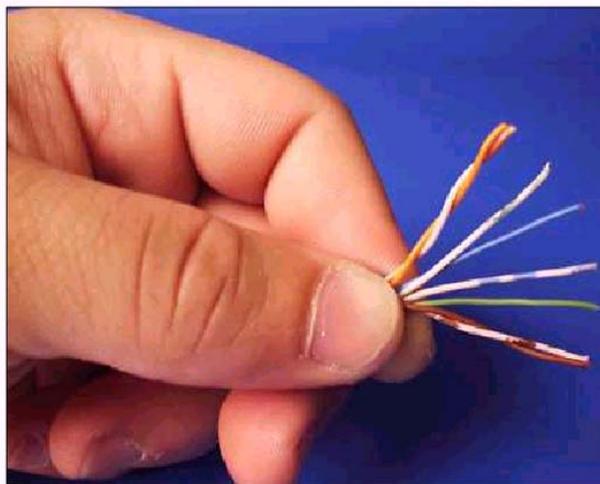
Rimuovere la protezione esterna



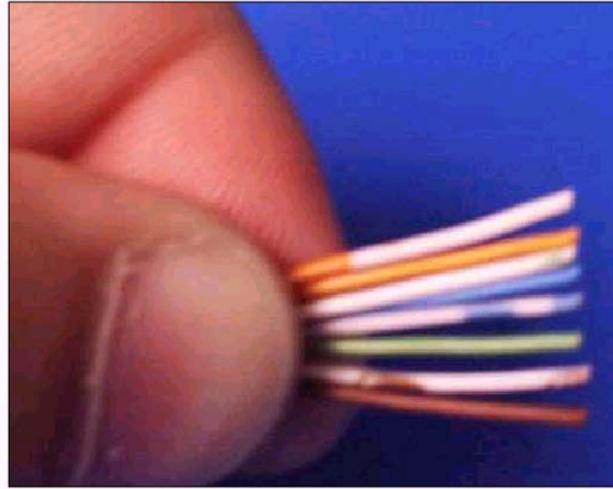
Separare le coppie di fili



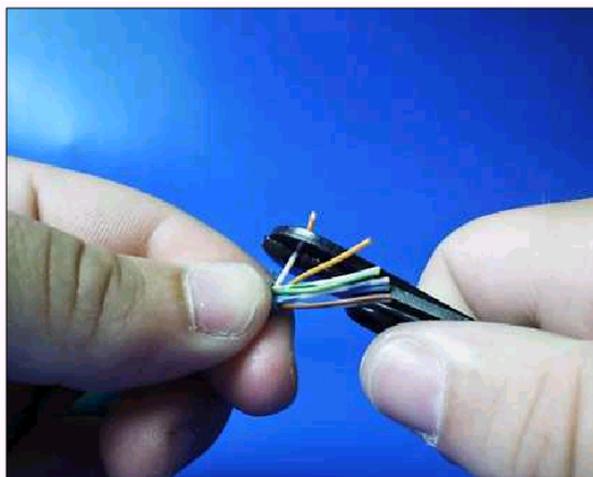
Districare le coppie di fili



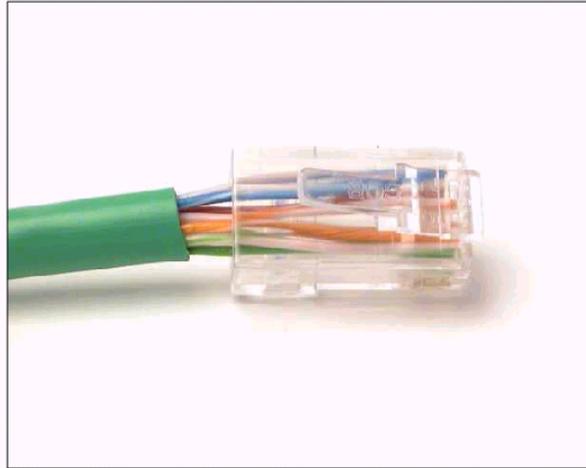
Organizzare e disporre in piano i fili



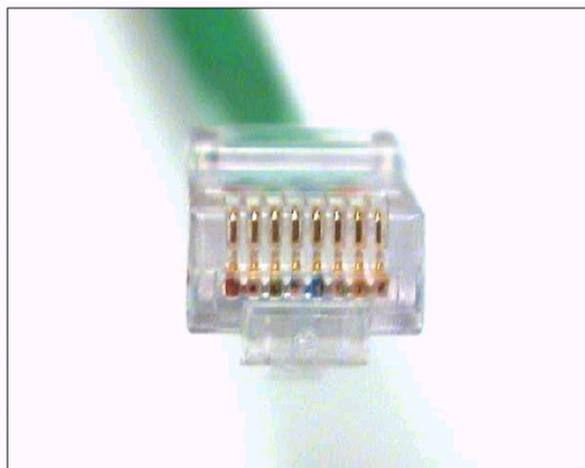
Pareggiare la lunghezza dei fili



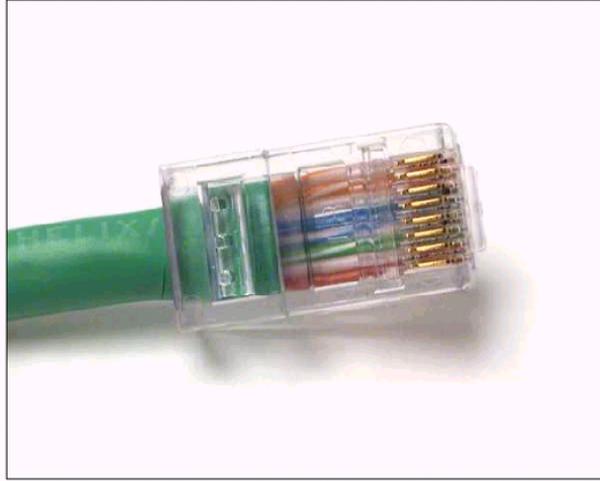
Inserire i fili nel Plug RJ-45



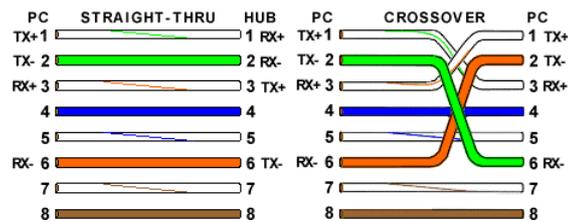
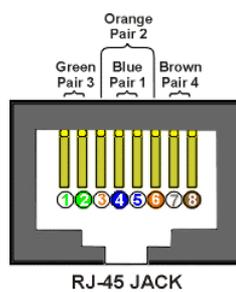
Spingere in fondo i fili



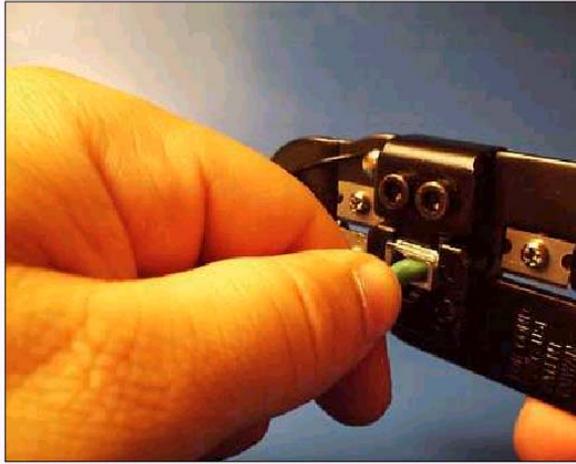
Controllare il codice dei colori



CAT5 Termination (568A)



Bloccare i fili (crimping)



Verificare entrambi i lati



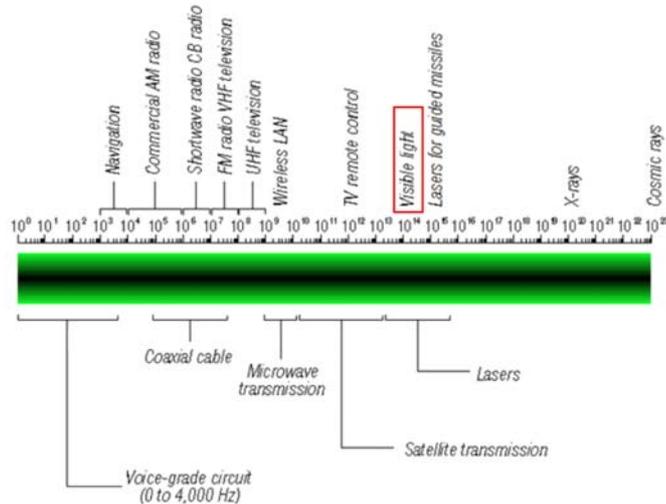
Testare la qualità del cavo



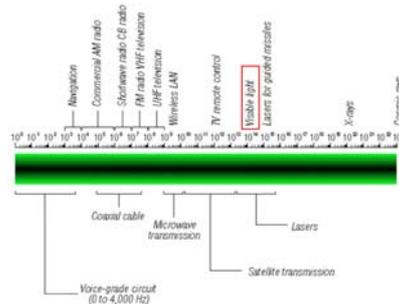
Trasporto su fibre ottiche

- Concetti base dei cavi in fibra ottica
- Come la fibra ottica può incanalare la luce per lunghe distanze
- Fibre multimodali (multi-mode) e monomodale (single-mode)
- Come si installano le fibre ottiche
- Tipi di connettori e dispositivi utilizzati con i cavi in fibra ottica
- Test delle fibre ottiche
- Norme di sicurezza nell'uso delle fibre ottiche

Lo spettro elettromagnetico

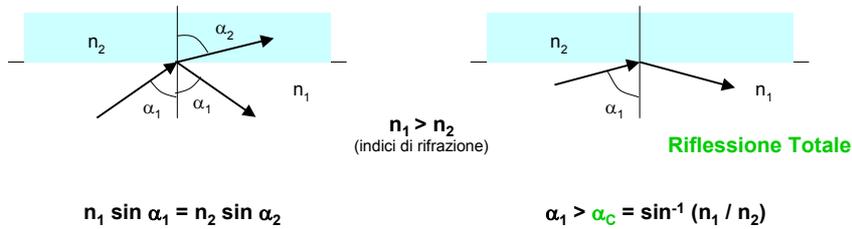


Lo spettro elettromagnetico

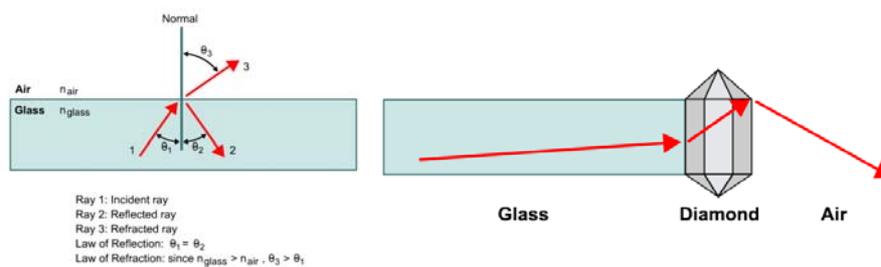


- Le onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda non visibile all'occhio umano sono utilizzate per trasmettere dati su fibra ottica.
- Queste lunghezze d'onda sono leggermente maggiori di quelle visibili di colore rosso e prendono il nome di **luce infrarossa**.
- La luce infrarossa è ad esempio quella utilizzata nel telecomando TV.
- Queste lunghezze d'onda sono state scelte perché viaggiano meglio nelle fibre ottiche rispetto ad altre lunghezze d'onda.

Legge di Snell

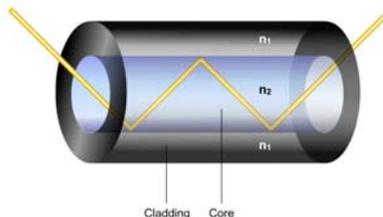


Rifrazione



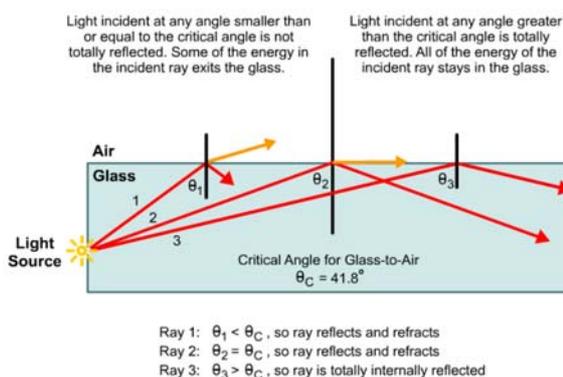
- Ogni materiale trasparente è caratterizzato da un indice di rifrazione legato alla velocità con cui viene attraversato dalla luce.
- La deviazione dovuta alla rifrazione dipende dall'indice di rifrazione dei due materiali e dall'angolo di incidenza.
- Esiste un angolo limite di incidenza al di sotto del quale la rifrazione è nulla.

Riflessione interna totale



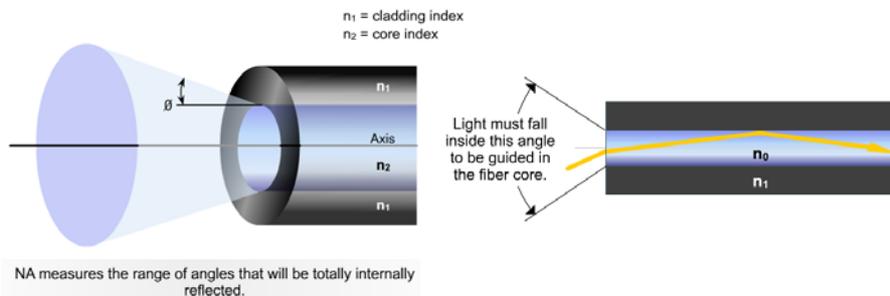
- Un raggio di luce che viene acceso o spento per trasmettere i bit di informazione, deve rimanere confinato nella fibra ottica fino a raggiungere l'estremo opposto.
- Il raggio non deve essere rifratto nel materiale che circonda la fibra ottica.
- La rifrazione causerebbe la perdita di parte dell'energia della luce.
- La superficie fra cladding e core deve comportarsi come se fosse uno specchio perfetto.
- Occorre che ogni raggio che incide sulla parete della fibra sia completamente riflesso per farlo giungere all'estremo della fibra senza perdita di energia. La fibra deve cioè comportarsi come una sorta di guida d'onda per la luce.

Riflessione interna totale



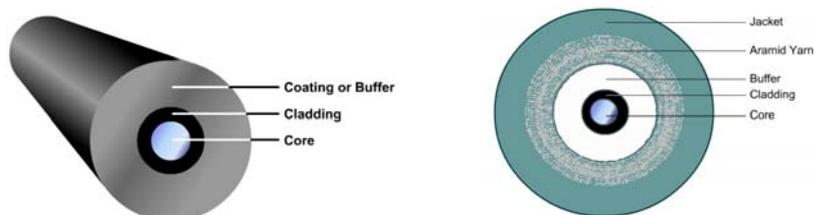
- Le leggi di riflessione e rifrazione determinano come progettare una fibra che guidi la luce attraverso la fibra con la minima perdita di energia.
- **Le due condizioni seguenti devono essere soddisfatte affinché i raggi di luce in una fibra siano riflessi all'interno senza perdita dovuta a rifrazione:**
 - Il "core" della fibra ottica deve avere un indice di rifrazione (n) maggiore di quello del materiale che lo avvolge (cladding).
 - L'angolo di incidenza del raggio di luce deve essere maggiore dell'angolo critico per il core ed il cladding.

Riflessione interna totale



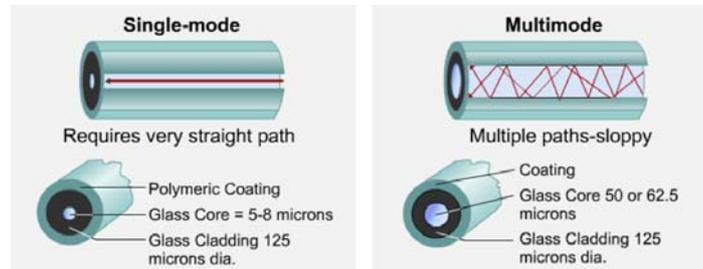
- I fattori che controllano l'angolo di incidenza sono:
 - **L'apertura numerica (numerical aperture) della fibra** – L'apertura numerica del nucleo è il range di angoli di incidenza dei raggi di luce che entrando nella fibra non danno luogo a rifrazione ma solo a completa riflessione.
 - **Modi** – I diversi percorsi che i raggi di luce possono percorrere all'interno della fibra.
- Controllando entrambe le condizioni, la fibra avrà solo riflessioni interne totali. Questo dà luogo ad una guida d'onda per la luce che può essere utilizzata per comunicazioni di dati.

Cablaggio delle fibre ottiche



- Il **core** è il nucleo, ovvero l'elemento centrale e l'unico che trasporta effettivamente la luce.
- Il **cladding** è il rivestimento intorno al nucleo ed è anch'esso derivato dal silicio, come il core. Ma ha un indice di rifrazione più basso del core per consentire la riflessione ed eliminare la rifrazione, come spiegato nelle slides precedenti.
- Il rivestimento esterno (**cladding o buffer**) è generalmente realizzato con un materiale plastico. Il suo scopo è di protezione intermedia per la parte interna.
- Al di sopra c'è un rivestimento di maggiore resistenza meccanica il cui scopo è quello di resistere alle sollecitazioni meccaniche quali l'allungamento durante la fase di stesura. È spesso realizzato in **Kevlar**, lo stesso materiale utilizzato per i giubbotti anti-proiettili.
- Infine il rivestimento esterno serve a proteggere il tutto da abrasioni, solventi o altri contaminanti.

Fiber Optic Cabling

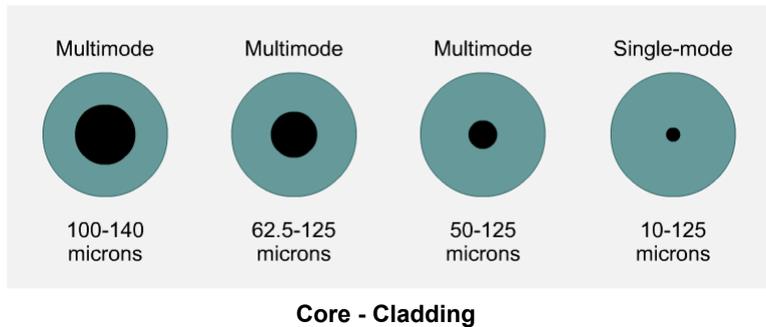


Cablaggio delle fibre ottiche



- Ogni cavo in fibra ottica utilizzato per reti di comunicazione è costituita di due fibre di vetro in parallelo: una per trasmettere in una direzione e l'altra per trasmettere nella direzione opposta.
- Questo determina un link di comunicazione full-duplex.
- A volte queste due fibre possono essere accorpate all'interno di uno stesso rivestimento per essere separate solo in prossimità dei connettori estremi.

Cablaggio delle fibre ottiche

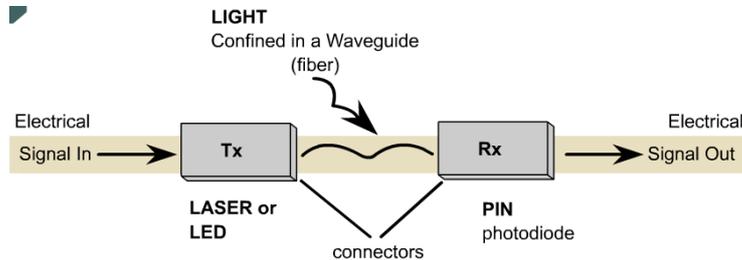


Cablaggio delle fibre ottiche

● Precauzioni:

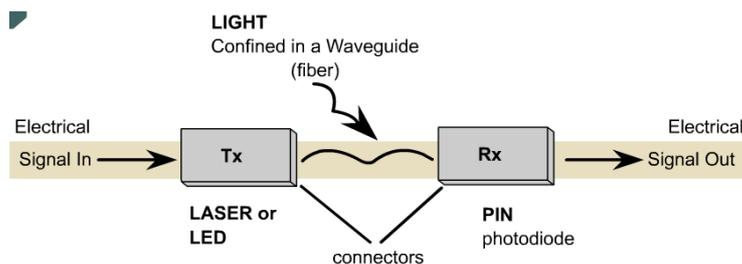
- **Attenzione:** Il laser utilizzato con le fibre in single-mode ha una lunghezza d'onda superiore a quella visibile.
- La potenza del laser è tale da poter danneggiare gli occhi!
- Quindi **non guardare mai** ad un estremo di una fibra connessa ad un dispositivo all'estremità opposta.
- **Non guardare mai** nella porta di trasmissione laser di una NIC, di uno switch o un router.
- Ricordarsi sempre di proteggere tutte le terminazioni di fibre o le porte non utilizzate con appositi coperchi di protezione.

Dispositivi di trasmissione



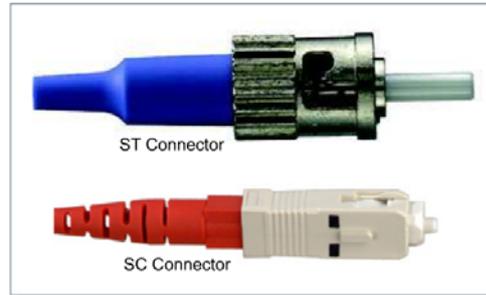
- Il trasmettitore (Tx) converte il segnale elettrico nel suo equivalente impulso di luce.
- Ci sono due tipi di sorgenti luminose utilizzate per codificare e trasmettere i dati attraverso un cavo:
 - il "light emitting diode" (LED) che emette luce nell'infrarosso.
 - il "light amplification by stimulated emission radiation" (LASER) che produce un intenso raggio di luce sottile e coerente nell'infrarosso la cui lunghezza d'onda è generalmente di 1310 nm o 1550 nm.
- I Laser sono utilizzati con le fibre single-mode e coprono distanze elevate (WAN o Campus), dell'ordine delle decine di chilometri.

Dispositivi di ricezione



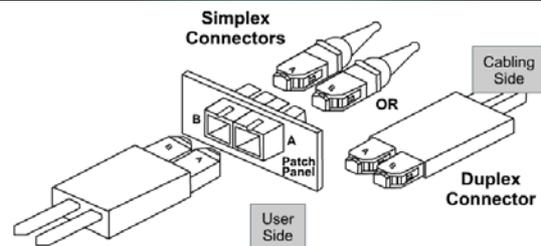
- Il ricevitore funziona grosso modo come un rivelatore di luce (cellula fotoelettrica)
- Quando un raggio di luce colpisce il ricevitore, questo produce elettricità.
- I dispositivi semiconduttore generalmente utilizzati come ricevitori con le fibre ottiche sono chiamati **p-intrinsic-n diodes (PIN photodiodes)**.
- *Quando viene investito da un impulso di luce di opportuna lunghezza d'onda, il PIN photodiode produce rapidamente una corrente elettrica di opportuna intensità, e quindi una opportuna tensione su una impedenza.*
- Tale corrente e tensione cessano al cessare dell'emissione luminosa.
- Questo genera una variazione di tensione che rappresentano gli 1 e 0.

Connettori ST ed SC

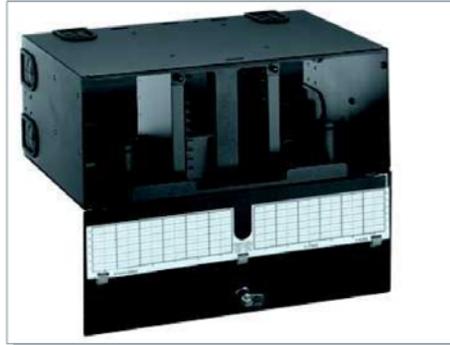


- Il tipo di connettori più comunemente utilizzati con le fibre multimodo è il Subscriber Connector (SC connector).
- Sulle fibre single-mode, si usano di frequente i connettori Straight Tip (ST connector).

Patch Panel in Fibra Ottica

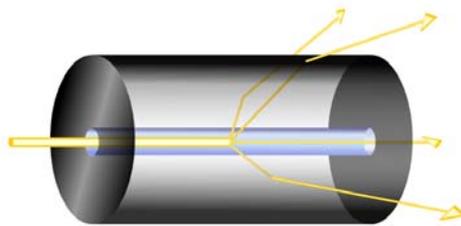


Patch Panel in Fibra Ottica



- I patch panel in fibra ottica sono simili a quelli utilizzati per i cavi in rame.
- Questi pannelli incrementano la flessibilità di una rete ottica permettendo variazioni rapide nella connessione dei dispositivi quali switch e router attraverso le fibre stese nel cablaggio strutturato.

Segnali e rumore nelle fibre ottiche

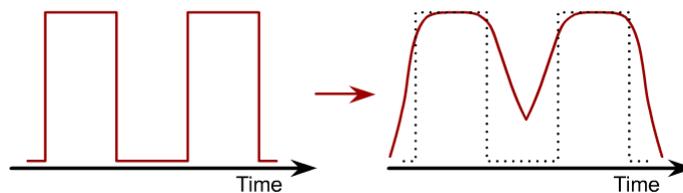


- I cavi in fibra ottica, a differenza dei cavi in rame, non risentono degli effetti indesiderati di sorgenti esterne di rumore in quanto la luce esterna non può penetrare all'interno della fibra eccetto che in corrispondenza delle terminazioni.
- Sebbene la fibra ottica possa essere utilizzata per trasmettere dati a velocità molto elevate e su lunghe distanze, tuttavia non è esente da problemi. Quando la luce viaggia nella fibra, una parte dell'energia viene persa.
- Il più importante fattore è lo **scattering**.
 - Lo scattering della luce in una fibra è causato da microscopiche non uniformità (distorsioni) nella fibra che riflettono e irradiano una parte dell'energia luminosa.

Segnali e rumore nelle fibre ottiche

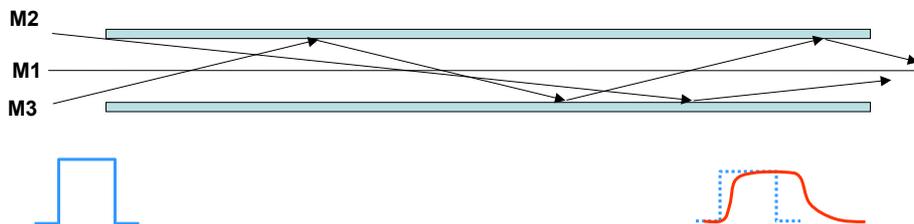
- **L'assorbimento** è un'altra causa di perdita di energia luminosa.
 - Quando un raggio di luce colpisce alcuni tipi di impurità chimiche in una fibra, le impurità assorbono parte dell'energia.
 - Questa energia luminosa è convertita in una piccola quantità di energia termica.
 - L'assorbimento rende il segnale luminoso leggermente più debole.
- Un'altro fattore che causa l'attenuazione di un segnale luminoso in una fibra è costituito dalle **irregolarità di fabbricazione** nella giunzione fra core e cladding.
 - Ogni imperfezione microscopica nello spessore o nella simmetria della fibra diminuisce l'ammontare della riflessione interna ed il cladding assorbe una parte di energia luminosa.

Segnali e rumore nelle fibre ottiche



- **La dispersione di un impulso di luce limita pure la lunghezza massima di una fibra.**
 - La dispersione indica la deformazione e l'allungamento di un impulso nell'attraversare il mezzo.
 - Questo avviene in maniera più evidente nelle fibre multi-modo: l'impulso trasmesso viaggia in contemporanea su più modi; ogni modo percorre una lunghezza differente per arrivare al ricevitore; la somma finale dell'impulso dei vari percorsi determina l'allungamento dell'impulso.

Dispersione modale



La dispersione aumenta
all'aumentare della lunghezza
della fibra

Installazione, manutenzione e test delle fibre ottiche

- Una volta che il cavo in fibra ottica ed i connettori sono stati installati, i connettori ai capi della fibra devono essere mantenuti assolutamente puliti.
- Gli estremi delle fibre dovrebbero essere coperti con tappi protettivi per prevenire eventuali danni.
- Quando questi tappi vengono rimossi per connettere la fibra ad una porta di uno switch o di un router, i capi della fibra devono essere puliti.
- gli estremi della fibra vanno puliti con un panno umido senza filamenti con alcol puro isopropile.
- Anche le porte in fibra degli switch o router dovrebbero ricevere lo stesso trattamento.
- Se le terminazioni delle fibre sono sporche, si avrà una significativa diminuzione nella quantità di luce che raggiunge il ricevitore.

Installazione, manutenzione e test delle fibre ottiche

- Durante la progettazione di un link in fibra ottica occorre calcolare attentamente il limite di attenuazione che si intende tollerare.
- questo viene generalmente chiamato **optical link loss budget**.
- L'unità di misura utilizzata per misurare l'attenuazione è il **decibel (dB)**.
- La fase di test delle fibre ottiche è estremamente importante ed i risultati vanno conservati.
- I risultati dei test costituiscono la certificazione del cablaggio.

Tecnologie Wireless

- Organizzazione e standard delle Wireless LAN
- Dispositivi e topologie Wireless
- Come comunicano le wireless LAN
- Autenticazione e associazione
- Lo spettro delle onde radio e delle microonde
- Segnali e rumore nelle Wireless LAN
- Sicurezza nelle Wireless LAN

Standard delle Wireless LAN

- IEEE è il primo organismo che abbia emesso degli standard per le wireless LAN.
- Gli standard sono stati creati all'interno della struttura dei regolamenti creati dalla Federal Communications Commission (FCC).
- **802.11**: lo standard è il Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). La frequenza di lavoro è di circa 2.4 GHz.
 - DSSS si applica ai dispositivi wireless che operano nel range da 1 a 2 Mbps.
- **802.11b**: chiamato anche Wi-Fi™ o "high-speed wireless" si riferisce a sistemi DSSS che operano a 1, 2, 5.5 e 11 Mbps.
- **802.11a**: copre i dispositivi WLAN che operano a 5 GHz.
 - 802.11a è in grado di raggiungere throughput di 54 Mbps e con tecnologie proprietarie di raddoppiare il rate fino a 108 Mbps.
 - In reti di produzione uno standard di lavoro è di 20-26 Mbps.
- **802.11g** fornisce lo stesso throughput di 802.11a ma con la retrocompatibilità verso i dispositivi 802.11b.

Interfacce e topologie di rete wireless

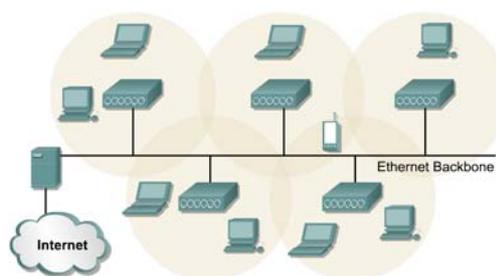


Dispositivi e topologie wireless



- **Access point (AP):** è comunemente installato per operare come hub centrale per le WLAN in “infrastructure mode”.
- L'AP è fisicamente connesso (“wired”) alla LAN cablata che fornisce accesso a Internet e connettività alla rete fissa (“wired”). Gli AP sono provvisti di antenne con le quali forniscono connettività a tutte le stazioni mobili all'interno di un'area chiamata “Cella”.
- La dimensione di una Cella può variare in funzione di molti parametri, quali la composizione strutturale della locazione o la dimensione ed il guadagno dell'antenna.
- Generalmente il raggio di una cella Wireless LAN si aggira sui 100-150 metri.

Dispositivi e topologie wireless



- La sovrapposizione delle celle, nel caso di più AP, è fondamentale per consentire il movimento delle stazioni mobili all'interno della WLAN.
- Sebbene non specificato dallo standard IEEE, è consigliabile una sovrapposizione di almeno il 20-30%.
- Questo permette il “roaming” fra le celle, consentendo la disconnessione da un AP e connessione ad uno nuovo senza perdere la connettività alla LAN.

Dispositivi e topologie wireless

- Quando un client si attiva all'interno di una WLAN, inizia ad ascoltare ("listening") per scoprire eventuali dispositivi a cui "associarsi".
- Questa fase prende il nome di "**scanning**" e può essere **attiva** o **passiva**.
- Lo scanning attiva comporta una richiesta ("probe request") da parte del nodo mobile che cerca di connettersi alla rete.
- Il probe request conterrà il **Service Set Identifier (SSID)** della rete cui il client desidera unirsi.
- Quando un AP con lo stesso SSID riceve il probe request, risponde con un probe response.
- Le fasi di **autenticazione** e **associazione** sono così completate ed il nodo mobile può iniziare a scambiare dati con la LAN.
- **Attenzione:**
 - L'SSID non garantisce la sicurezza in quanto transita in chiaro e può quindi essere facilmente scoperto da altri dispositivi mobili all'interno della cella.
 - Per la sicurezza occorrono altri accorgimenti molto più robusti.

Come comunicano le reti wireless

Management Frames

- Association request frame
- Association response frame
- Probe request frame
- Probe response frame
- Beacon frame
- Authentication frame

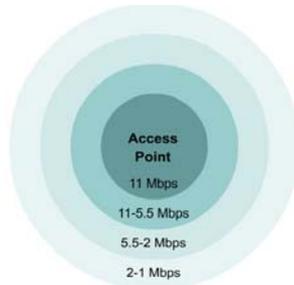
Control Frames

- Request to send (RTS)
- Clear to send (CTS)
- Acknowledgment

Data Frames

- Dopo aver stabilito la connettività alla WLAN, un nodo trasmetterà i frame in maniera analoga ad ogni altra rete 802.x.
- Le WLANs non utilizzano i frame dello standard 802.3.
- i sono 3 tipi di frame: **control**, **management**, and **data**.
- Sollo i frame di tipo data sono simili a quelli 802.3.

Come comunicano le reti wireless



- Poiché le frequenze radio (RF) sono un mezzo condiviso, possono verificarsi collisioni, analogamente a quanto avviene per le reti Ethernet su cavo.
- La maggiore differenza sta nel fatto che non esiste alcun modo per un nodo di rilevare con certezza che è avvenuta una collisione.
- Per questo motivo le WLAN utilizzano il Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA).
- Che è qualcosa di simile all'Ethernet CSMA/CD.

Come comunicano le reti wireless

- Quando un nodo sorgente trasmette un frame, il nodo ricevente risponde con un *positive acknowledgment (ACK)*.
- Questo può determinare un consumo di banda fino al 50% di quella disponibile.
- Questo overhead, se sommato all'overhead del collision avoidance protocol, riduce l'effettivo throughput ad un massimo di 5.0 to 5.5 Mbps su una LAN wireless 802.11b di 11 Mbps.
- Le prestazioni della rete risentono pure della potenza del segnale e della degradazione della qualità del segnale dovuta alla distanza (potenza inversamente proporzionale al quadrato della distanza) ed alle interferenze.
- Al diminuire della potenza del segnale, il meccanismo di Adaptive Rate Selection può essere invocato con conseguente diminuzione della velocità di trasmissione da 11, a 5.5, a 2 e a 1 Mbps, se necessario.

Segnali e rumore nella WLAN

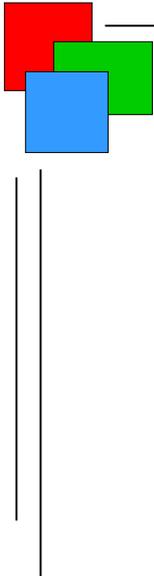
- Quando si utilizzano tecnologie in radio frequenza occorre prendere in considerazione molte tipologie di interferenza.
- **Banda stretta**
 - I disturbi a banda stretta possono essere evitati cambiando frequenza di lavoro all'interno dei canali disponibili per il wireless. Tuttavia la loro individuazione richiede l'uso di analizzatori di spettro generalmente molto costosi.
- **Banda Larga**
 - Nelle case e negli uffici, un dispositivo spesso causa di interferenze è il forno a microonde.
 - Emissioni di microonde anche di appena un watt possono causare grossi problemi alle comunicazioni delle wireless LAN.
 - La tecnologia Bluetooth fa uso di frequenze intorno ai 2.4 GHz che possono essere un disturbo per il wireless LAN.
- **Condizioni meteorologiche**
 - Generalmente i segnali in radio frequenza non risentono nemmeno delle condizioni più estreme delle condizioni meteorologiche. Tuttavia, condizioni di intensa umidità possono essere un problema per il wireless, come pure la presenza di fulmini può caricare l'atmosfera di elettricità statica e alterare il percorso delle onde radio.

Metodi di autenticazione

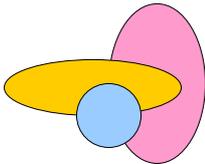
- Lo standard IEEE 802.11 stabilisce 2 tipi di processi di autenticazione.
- Il primo processo di autenticazione è l'**open system**.
 - E' questo uno standard di connettività "aperta" in cui ci deve essere solo la corrispondenza dell'**SSID**.
 - Può essere utilizzato in ambienti sicuri o non-sicuri, sebbene sia relativamente facile scoprire l'SSID da parte di sniffer opportuni.
- Il secondo processo è lo **shared key**.
 - Questo processo richiede l'uso del **Wireless Equivalency Protocol (WEP) encryption**.
 - WEP è un algoritmo relativamente semplice che usa chiavi di 64 e 128 bit.
 - AP e nodi devono utilizzare la stessa chiave crittografica per comunicare.
 - La chiave WEP è staticamente assegnata e fornisce un alto grado di sicurezza ma non è assolutamente a prova di attacco.
 - Il WEP dovrebbe sempre essere affiancato da altri meccanismi di sicurezza di alto livello.

Sicurezza Wireless

- A number of new security solutions and protocols, such as Virtual Private Networking (VPN) and Extensible Authentication Protocol (EAP) are emerging.
- With EAP, the access point does not provide authentication to the client, but passes the duties to a more sophisticated device, possibly a dedicated server, designed for that purpose.
- **EAP-MD5 Challenge** – Extensible Authentication Protocol is the earliest authentication type, which is very similar to CHAP password protection on a wired network.
- **LEAP (Cisco)** – Lightweight Extensible Authentication Protocol is the type primarily used on Cisco WLAN access points. LEAP provides security during credential exchange, encrypts using dynamic WEP keys, and supports mutual authentication.
- **User authentication** – Allows only authorized users to connect, send and receive data over the wireless network.
- **Encryption** – Provides encryption services further protecting the data from intruders.
- **Data authentication** – Ensures the integrity of the data, authenticating source and destination devices.



Metodi e dispositivi per il test dei mezzi fisici



Richiamo di nozioni di teoria di base

- Onde
- Analisi di Fourier
- Teorema di Nyquist
- Rumore
- Teorema di Shannon
- Decibel
- Impedenza caratteristica di un cavo: adattamento e disadattamento

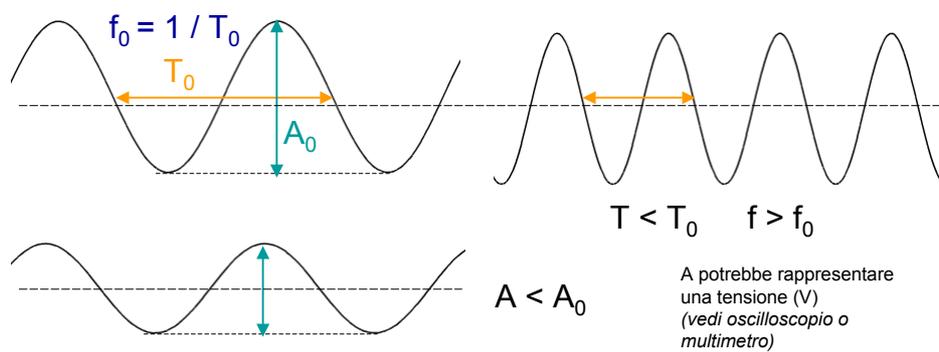
Trasmissione di un'informazione

- Produrre un fenomeno fisico i cui effetti possano essere misurati a distanza

Onde

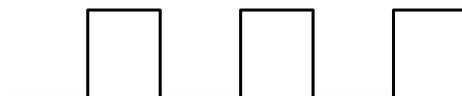
- Energia in movimento
- Può essere vista come una perturbazione dello stato di quiete di un fenomeno fisico
- Generalmente associata ad una variazione periodica di un fenomeno fisico caratterizzata da:
 - Ampiezza e frequenza
- Esempio:
 - un'onda del mare: non c'è spostamento di massa ma di energia.

Ampiezza e frequenza



Onda quadra

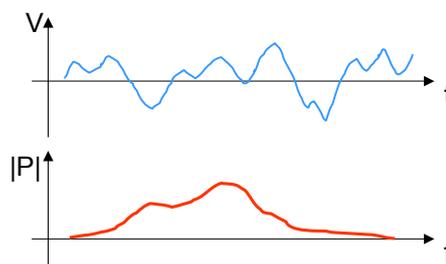
- Come un'onda sinusoidale è periodica ma caratterizzata da variazioni brusche fra valori discreti (segnale digitale)



Analisi di Fourier

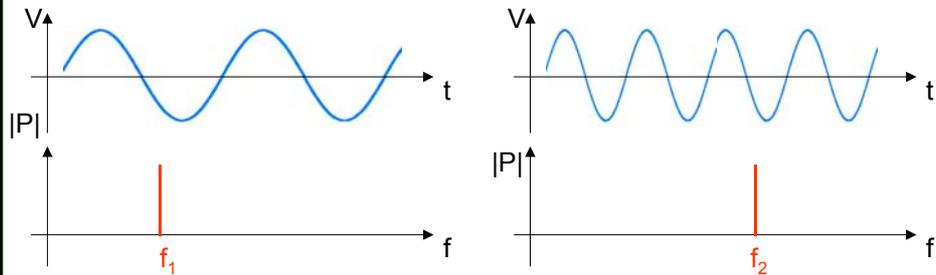
- Permette una analisi dei segnali passando dal dominio del tempo al dominio della frequenza.

- Vantaggi in termini di sintesi analitica; comprensione intuitiva dei fenomeni



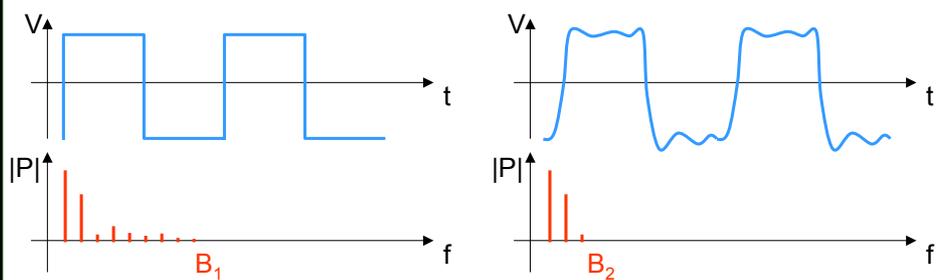
- Rappresentazione dello stesso segnale in due domini diversi: il tempo e la frequenza

Analisi di Fourier



- La trasformata di Fourier di una sinusoide è una riga nel dominio della frequenza:
 - la riga è centrata sulla frequenza della sinusoide stessa;
 - l'altezza della riga è proporzionale all'ampiezza della sinusoide.

Analisi di Fourier



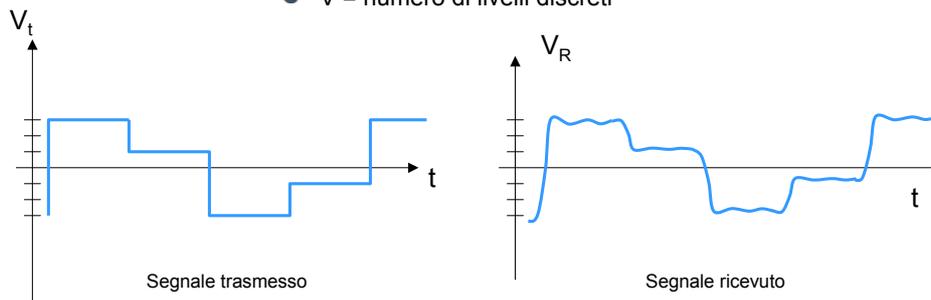
- Un'onda quadra è la somma di infinite armoniche (sinusoidi di frequenze multiple) di ampiezza opportuna.
- Se il numero di sinusoidi sommate viene limitato ad un certo numero, si ha una approssimazione di onda quadra.
- L'onda quadra approssimata (a destra) si può ottenere facendo passare l'onda quadra attraverso un filtro passa-basso, che lascerà passare solo alcune componenti sinusoidali del segnale.
- E' quello che avviene nella realtà con i sistemi di comunicazione e che limita la velocità trasmissiva.

Teorema di Nyquist

- Stabilisce la massima velocità trasmissiva possibile di un canale digitale

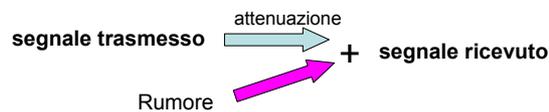
$$\text{bit rate} = 2 H \log_2 V$$

- H = banda del canale
- V = numero di livelli discreti

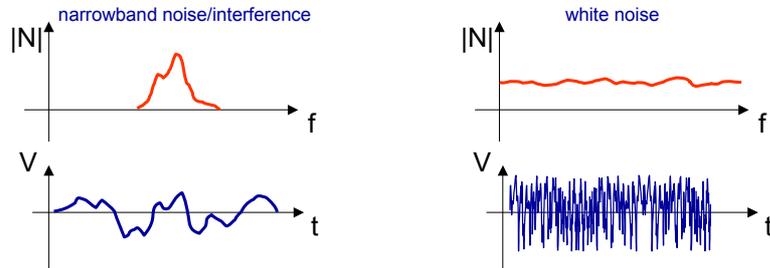


Rumore

- Apparentemente, in base al teorema di Nyquist, aumentando il numero di livelli discreti (simboli di una codifica), sembrerebbe possibile elevare il bit rate a piacere.
- Nella realtà al segnale ricevuto va aggiunto il rumore.



Rumore



Tipologie di rumore

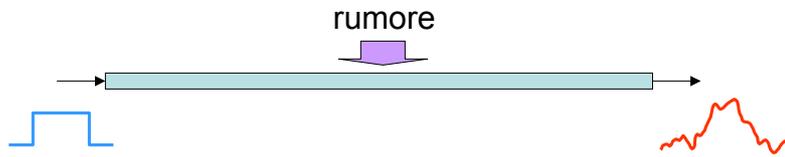
Teorema di Shannon

- Stabilisce la massima velocità trasmissiva di un canale digitale in presenza di rumore

$$\text{bit rate} = H \log_2 (1 + S/N)$$

- H = banda del canale
- S/N = rapporto segnale/rumore (potenze)

Rumore



- Il rumore, ha come effetto una alterazione del segnale ricevuto rispetto a quello trasmesso

Esponenziali e logaritmi

$$y = a^x$$

$$x = \log_a (y)$$

$$1000 = 10^3$$

$$3 = \log_{10} (1000)$$

$$x_1 = \log_a (y_1)$$

$$x_2 = \log_a (y_2)$$

$$x_1 + x_2 = \log_{10} (y_1 \times y_2)$$

- Da un punto di vista pratico, ingegneristico, si sfrutta la proprietà dei logaritmi in base alla quale il logaritmo del prodotto di due numeri è pari alla somma dei rispettivi logaritmi.

Decibel (dB)

$$\text{dB} = 10 \log_{10} (P_{\text{final}}/P_{\text{ref}}) \quad \text{rispetto alla Potenza}$$

$$\text{dB} = 20 \log_{10} (V_{\text{final}}/V_{\text{ref}}) \quad \text{rispetto alla Tensione}$$

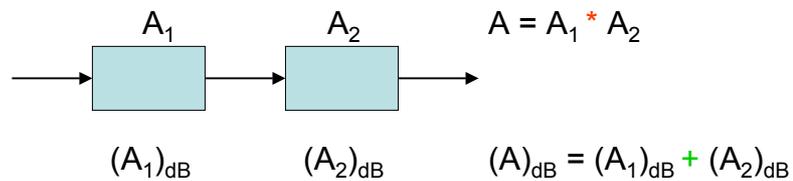
$$(P = k V^2)$$

Può essere una attenuazione (-) o un'amplificazione (+)

- Una attenuazione di **3 dB** corrisponde a circa un dimezzamento della potenza.

Decibel (dB)

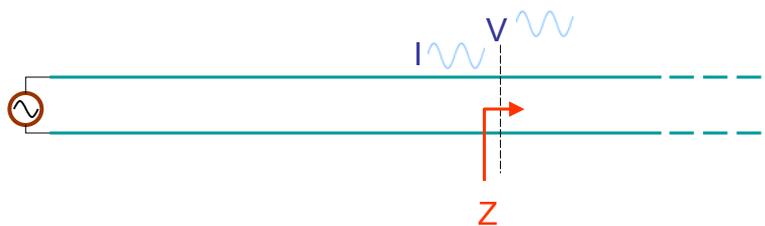
es.: Attenuazione



Impedenza caratteristica di un cavo

- Sia coassiale che doppino
- $Z = R + jI$ (Z numero complesso, j unità immaginaria)
 - funzione della frequenza, sintetizza resistenza, capacità ed induttanza
 - Definita in Condizioni Teoriche (lunghezza infinita).

Impedenza caratteristica di un cavo



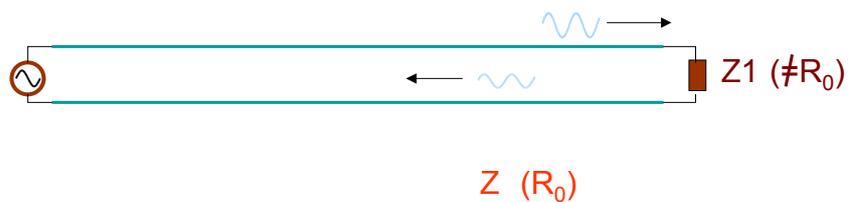
- Da non confondere con la resistenza
 - la resistenza cresce linearmente con la lunghezza del cavo
 - l'impedenza caratteristica rimane invariata
- Nel caso dei doppini (coppie di fili) e dei coassiali utilizzati nelle reti informatiche l'impedenza caratteristica è approssimabile come puramente resistiva, indipendente dalla frequenza, e dipende dalle caratteristiche geometriche (diametro dei conduttori, mutua distanza) e dalle caratteristiche fisiche dei materiali isolanti frapposti (costante dielettrica e permeabilità magnetica).

Adattamento di impedenza



- Nel caso di adattamento di impedenza si ha il massimo trasferimento di potenza dalla linea (cavo) al carico del dispositivo di ricezione.
- Valori tipici sono:
 - coassiale: 50 ohm
 - twisted pair: 75, 100 o 120 ohm.

Disadattamento di impedenza



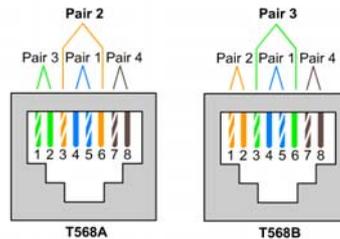
- Nel caso di disadattamento di impedenza una parte della potenza giunta fino al ricevitore viene riflessa indietro, a discapito della potenza utile del segnale ricevuto dal ricevitore.

Test dei cavi in fibra ottica

- Occorre testare 2 cavi per ogni link (Tx, Rx)
 - Discontinuità di impedenza (Loss, reflection)
 - Test di attenuazione
 - Dispersione Modale (Single Mode, Multi Mode)
- Il rumore esterno è molto basso e trascurabile

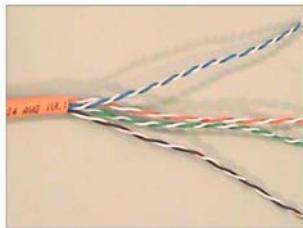
Test per la certificazione dei cavi in rame

Unshielded Twisted Pair Cable



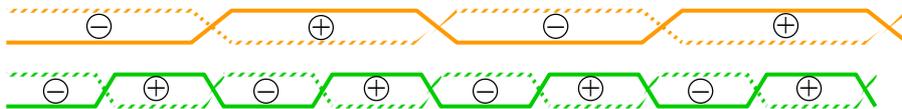
- Le specifiche dello standard stabiliscono che occorre rispettare i codici dei colori nella connessione fra cavo e connettore RJ45.
- Questa norma ha una ragione fisica ben precisa come spiegato nelle slide successive.

Unshielded Twisted-Pair Cable



- I fili sono attorcigliati (twisted) a coppie in base ai colori; ad esempio il filo verde è attorcigliato con il filo bianco-verde, quello di colore arancione è attorcigliato con il filo bianco-arancione.
- Si tenga inoltre presente che le coppie di pin 1-2 e 3-6 sono utilizzate (a coppie) per trasmettere e/o ricevere.
- Pertanto, se viene rispettata la corrispondenza fra pin e colori, i segnali viaggiano su coppie di fili attorcigliati fra di loro.
- Se tale regola non viene rispettata, il segnale potrebbe viaggiare su due fili non attorcigliati fra di loro vanificando il meccanismo di riduzione dei disturbi illustrato nella slide successiva.

Perchè i cavi in rame sono attorcigliati?

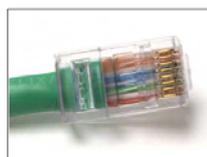


- Per la legge di Ampere una spira percorsa da corrente genera un campo magnetico perpendicolare alla spira che si chiude a sua volta in spire.
- Analogamente, un campo magnetico variabile che attraversa una spira, genera in questa una forza elettromotrice (ovvero tensione e quindi corrente).
- Rumore esterno (ricevuto ed emesso)
 - Il campo magnetico esterno, per ogni istante t , può essere considerato costante per un certo tratto di lunghezza del cavo
 - Il contributo di due spire successive alla forza elettromotrice si annulla.
 - Complessivamente, in teoria, rimane al più, il contributo di una singola spira.
- Rumore di cross-talk (fra spire di differente passo di "twisting")
 - Nella figura, il passo di una spirale è doppio dell'altra. Con un semplice ragionamento si ottiene che il contributo dovuto al campo magnetico di una coppia di cavi sull'altra è praticamente nullo.
 - Se si ripete il ragionamento per qualunque rapporto fra i passi di "twistatura", si ottiene lo stesso risultato.

Cavo Unshielded Twisted Pair



Bad Connector - Wires are untwisted for too great a length.



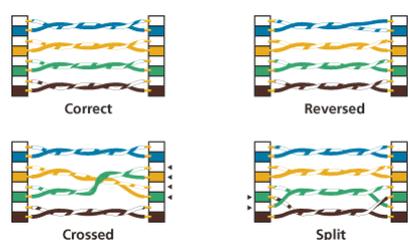
Good Connector - Wires are untwisted to the extent necessary to attach the connector.

- Occorre ridurre al minimo la parte di cavo non protetto da guaina, per evitare che siano scomparse le "twistature", il che aumenterebbe il rumore di cross-talk e quello scambiato con l'esterno.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

- Lo standard TIA/EIA-568-B definisce le specifiche per i cavi di CAT 3 (categoria 3), CAT 4, CAT 5, CAT 5e (5 enhanced), CAT 6. Tali categorie sono previste per vari tipi di cavi tra cui quelli UTP.
- Affinché un cavo sia "certificato" per una certa categoria, ad es. CAT 5e, occorre che sia sottoposto con successo ad un insieme di test definiti dallo standard. I test primari dello standard TIA/EIA-568-B per i cavi UTP sono:
 - Wire map
 - Insertion loss
 - Near-end crosstalk (NEXT)
 - Power sum near-end crosstalk (PSNEXT)
 - Equal-level far-end crosstalk (ELFEXT)
 - Power sum equal-level far-end crosstalk (PSELFEXT)
 - Return loss
 - Propagation delay
 - Cable length
 - Propagation delay skew

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP



● Wiremap

- Questo test di base, ha lo scopo di verificare la corretta connessione dei fili. Alcuni errori di connessione hanno un nome specifico:
- **Reversed** quando una coppia di fili ha la polarità invertita ad uno dei due estremi (detta anche tip/ring reversal).
- **Crossed** (o trasposed) quando i due fili di una coppia sono collegati nella posizione di un'altra coppia.
- **Split** quando la continuità fra pin e pin è mantenuta ma le coppie sono fisicamente separate.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

● Wiremap

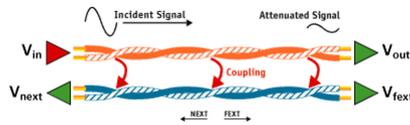
- Il wiremap è utilizzato per identificare errori di connessione dei fili. Per ognuno degli 8 conduttori del link il wiremap dovrebbe indicare:
 - Corretta terminazione dei pin ad ogni capo del cavo
 - Continuità fino all'estremità remota
 - Cortocircuiti fra 2 o più conduttori
 - Coppie incrociate (Crossed)
 - Coppie divise (Split)
 - Coppie invertite (Reversed)
 - Coppie in cortocircuito
 - Qualunque altro errore di connessione

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

● Insertion Loss

- E' la combinazione degli effetti dell'attenuazione del segnale e della discontinuità di impedenza (impedance mismatch).

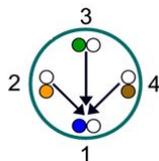
Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP



● Near End Crosstalk (NEXT)

- Quando una corrente fluisce attraverso un filo, viene generato un campo elettromagnetico che può interferire con i segnali su fili adiacenti. Al crescere della frequenza questo effetto diventa sempre maggiore. Ogni coppia è attorcigliata con passo diverso per ridurre al minimo questa mutua interferenza. Più il passo delle trecce è stretto più è efficace l'effetto di cancellazione e quindi maggiore può essere la velocità di trasmissione dati che il cavo può supportare.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP



● Power Sum NEXT (PSNEXT)

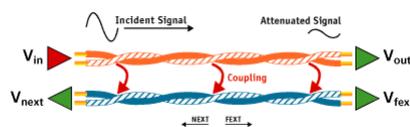
- Il Power Sum NEXT (PSNEXT) è il risultato di un calcolo e non una misura diretta. Il PSNEXT deriva dalla somma dei singoli effetti di NEXT su ogni coppia di fili da parte delle altre 3 coppie. Il PSNEXT è una misura importante nella certificazione del cablaggio che si intende utilizzare per schemi di trasmissione che facciano uso delle 4 coppie di fili quali il Gigabit Ethernet, sebbene lo IEEE 802.3ab (standard per Gigabit Ethernet) non richieda specificamente il PSNEXT. Ci sono quattro specifici risultati per il PSNEXT ad ogni terminazione di cavo per ogni cavo testato.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

- Equal Level Far End Crosstalk (ELFEXT)

- L' ELFEXT è un valore calcolato, non è, cioè, il risultato di una misura diretta. Si ottiene sottraendo l'attenuazione del segnale di una coppia di disturbo dalla Far End Crosstalk (FEXT) che questa coppia induce su una coppia adiacente. Questo normalizza il risultato nei confronti della lunghezza. Si consideri, ad esempio, la FEXT e l'attenuazione misurata su due link costruiti con lo stesso materiale, con la stessa lavorazione, ma di differente lunghezza.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP



Equal Level Far End Crosstalk (ELFEXT)

Esempio di link 50 m:

FEXT = 45 dB e Attenuazione = 11 dB

ELFEXT = 45 - 11 = 34 dB

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

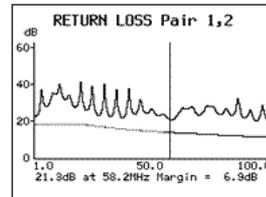
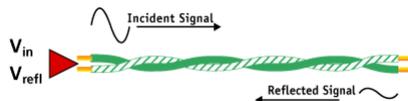
- **Power Sum Equal Level Crosstalk (PSELFEXT)**
 - Il Power Sum ELFEXT (PSELEXT) è il risultato di un calcolo e non una misura diretta. Il PSELEXT si ottiene dalla somma algebrica degli effetti individuali della ELFEXT su ogni coppia da parte delle altre tre coppie. Ci sono 4 PSELFEXT per ogni terminazione di cavo.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

- **Return Loss (RL)**
 - L'impatto di una impedenza caratteristica non correttamente adattata è misurata e rappresentata più correttamente dalla quantità Return Loss.
 - Il Return Loss (RL) è una misura di tutte le riflessioni causate da un disadattamento di impedenza lungo l'intero percorso del cavo ed è espresso in decibel (dB). Il Return Loss ha una grossa rilevanza nell'implementazione del Gigabit Ethernet.

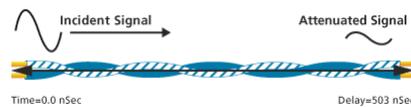
Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

- Return Loss (RL)



This is worst case margin.
The closest point to the limit line happens at 58.2MHz.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP



- Propagation Delay (ritardo di propagazione)

- Il ritardo di propagazione (propagation delay o semplicemente delay) è una misura del tempo necessario ad un segnale per propagarsi da un capo all'altro del circuito. Il Delay si misura in nanosecondi (ns). Valori tipici di Delay per la categoria 5e UTP sono appena inferiori a 5 ns al metro (il caso peggiore previsto è di 5.7 ns/m). Un cavo di 100 metri dovrebbe avere un Delay come mostrato in figura.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

● Cable Length (lunghezza del cavo)

- La lunghezza è definita come la lunghezza fisica del cavo o la lunghezza della sua guaina (rivestimento esterno). Questa dovrebbe corrispondere alla lunghezza generalmente stampata sul cavo stesso. Tuttavia la lunghezza fisica non corrisponde con la lunghezza "elettrica" o elicoidale, che è la lunghezza della coppia di conduttori. La lunghezza fisica sarà sempre leggermente inferiore della lunghezza elettrica, a causa della "twistatura" dei conduttori.

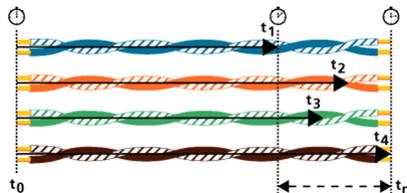
Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

● Propagation Delay Skew

- Il Propagation Delay Skew (skew) è la differenza fra il ritardo di propagazione della coppia più veloce e quella più lenta in un cavo UTP. Alcuni costruttori impiegano diversi tipi di materiali isolanti per le diverse coppie. Questo contribuisce a determinare un diverso passo di "twistatura" per ogni coppia e quindi allo "skew".
- Lo Skew è importante perché molte tecnologie di rete ad alta velocità, come ad esempio il Gigabit Ethernet, utilizzano tutte le quattro coppie del cavo. Se il ritardo su una o più coppie è significativamente diverso da tutti gli altri, il segnale inviato in contemporanea su diverse coppie da un capo del cavo può arrivare in istanti significativamente diversi al ricevitore. Sebbene i ricevitori siano progettati per sopportare piccole variazioni di ritardo, un valore troppo elevato di skew renderà impossibile ricostruire correttamente il segnale originale.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

- Propagation Delay Skew



Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

- DC Loop Resistance (1)

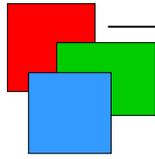
- La DC Loop Resistance è la resistenza totale lungo due conduttori collegati fra di loro ad un capo del link. Questa è generalmente una funzione del diametro e varia con la lunghezza. Questa misura a volte viene effettuata per assicurarsi che non ci siano connessioni eseguite in modo errato e che potrebbero dar luogo a valori di resistenza significativi. E' da notare che il test di Wire Map è in grado di rilevare interruzioni di collegamento (conduttori spezzati) ma non è in grado di rilevare valori alti di resistenza.

Test di certificazione TIA/EIA-568-B per cavi UTP

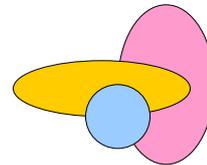
- DC Loop Resistance (2)
 - La DC resistance non va confusa con l'impedenza, un termine che descrive la resistenza dinamica al flusso di un segnale, generalmente ad una specifica frequenza. Entrambe si misurano in ohm perché definite, anche se in condizioni diverse, come il rapporto fra una tensione ed una corrente. **La resistenza DC cresce linearmente con la lunghezza di un cavo mentre l'impedenza rimane grosso modo indipendente dalla lunghezza.**
 - Da un punto di vista dei segnali, l'attenuazione (chiamata Insertion Loss) è una misura più utile della DC resistance.

Un nuovo standard: CAT 6

- Il 20 giugno 2002, è stato pubblicato lo standard Category 6 (or Cat 6) in aggiunta allo standard TIA-568.
- Il nome ufficiale dello standard è ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1.
- Sebbene i test per la Cat 6 siano essenzialmente gli stessi di quelli per la categoria 5, i cavi di Cat 6 devono passare un i test con valori più elevati di punteggio.
- I cavi di Cat6 devono essere in grado di trasportare frequenze fino a 250 MHz e devono avere livelli più bassi di crosstalk e return loss.



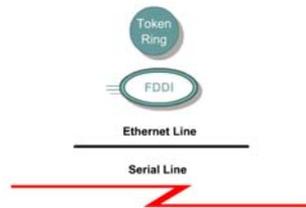
Cablaggio di LAN and WAN



Livello fisico (layer 1) delle LAN

- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineer
 - IEEE 802.3 (Ethernet) – 1980: Digital, Intel and Xerox
 - 10BASE2
 - 10BASE5
 - 10BASE-T
 - 10BASE-F
 - IEEE 802.3u (Fast Ethernet)
 - 100BASE-TX
 - 100BASE-FX
 - 100BASE-T4
 - IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet over Fiber)
 - 1000BASE-T
 - 1000BASE-CX
 - IEEE 802.3ab (Gigabit Ethernet over UTP)
 - ...

Simboli per LAN Physical Layer



- La principali categorie di vantaggi e svantaggi da tener presente nella scelta di un supporto fisico sono:
 - Lunghezza massima del cavo
 - Costo
 - Facilità di installazione

Confronto fra le specifiche dei supporti di livello fisico per le LAN

	10BASE2	10BASE5	10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-FX	1000BASE-CX	1000BASE-T	1000BASE-SX	1000BASE-LX
Media	50-ohm coaxial (Thinnet)	50-ohm coaxial (Thicknet)	EIA/TIA Category 3, 4, 5 UTP, two pair	EIA/TIA Category 5 UTP, two pair	62.5/125 multimode fiber	STP	EIA/TIA Category 5 UTP, four pair	62.5/50 micro multimode fiber	62.5/50 micro multimode fiber; 9-micron single-mode fiber
Maximum Segment Length	185 m (606.94 feet)	500 m (1640.4 feet)	100 m (328 feet)	100 m (328 feet)	400 m (1312.3 feet)	25 m (82 feet)	100 m (328 feet)	275 m (853 feet) for 62.5 micro fiber; 550 m (1804.5 feet) for 50 micro fiber	440 m (1443.6 feet) for 62.5 micro fiber; 550 m (1804.5 feet) for 50 micro fiber; 3 to 10 km (1.86 to 6.2 miles) on single-mode fiber
Topology	Bus	Bus	Star	Star	Star	Star	Star	Star	Star
Connector	BNC	Attachment unit interface (AUI)	ISO 8877 (RJ-45)	ISO 8877 (RJ-45)	Duplex media interface connector (MIC) ST or SC connector	ISO 8877 (RJ-45)	ISO 8877 (RJ-45)	SC connector	SC connector

Connettori e convertitori

- RJ-45 (“Registered Jack”)
 - connettore per twisted pair cable (UTP o FTP)
- AUI (Attachment Unit interface)
 - connettore a 15 PIN; associato ad opportuno convertitore, a seconda del tipo di cavo
- GBIC (Gigabit Interface Converter)
 - hot-swappable
 - tipicamente utilizzato come una interfaccia fra fibra ottica e Ethernet
 - Alcuni degli standard supportati sono:
 - Short wavelength (1000BASE-SX)
 - Long wavelength/long haul (1000BASE-LX/LH)
 - Extended distance (1000BASE-ZX)

Implementazione UTP per LAN

- Straight-through cable (cavo diritto)
- Crossover cable (cavo crociato)
- Due gruppi:
 - Hub/switch
 - Server/PC/Router
- Per connettere dispositivi dello stesso gruppo si utilizza un cavo crociato; per connettere dispositivi di gruppi diversi si usa un cavo diritto.
- Switches e hubs possono essere autosensing (generalmente questa funzione è indicata con una “X” in prossimità della porta fisica)

Apparati attivi di connessione per LAN

- **Physical Layer** (unico dominio di collisione)
 - Repeater
 - Hub (multiport repeater)
- **Data Link Layer** (domini di collisione separati)
 - Bridge
 - Switch (multiport bridge)
- Un dominio di collisione è l'insieme delle porte tali che una collisione su una di esse ha effetto su tutto le altre.

Repeater

- Il repeater rigenera e ri-temporizza il segnale a livello di bit.
- Un repeater consente di estendere la lunghezza di una rete oltre il limite fisico di una singola tratta di cavo (segmento).
- Esiste una regola pratica, anche se ormai in disuso perché basata su 10 Mbps bus-based Ethernet:
 - The **Four Repeater Rule** for (Old Rule)
 - no more than **5** network segments
 - no more than **4** repeaters
 - no more than **3** segments with hosts

Hub

- E' un multiport repeater
- I dati (frames) che arrivano attraverso un cavo alla porta di un hub sono ripetuti elettricamente su tutte le altre porte connesse allo stesso segmento di rete, tranne che sulla porta su cui il frame è arrivato.

Bridge

- E' un dispositivo di layer 2
- Svolge due funzioni:
 - switching (inoltro) dei data frames
 - aggiornamento delle tabelle di forwarding (address table)
- Rispetto ad un repeater svolge una funzione di filtraggio attraverso le address table.
- Questo ha come conseguenza una separazione dei 2 domini di collisione i cui effetti sono:
 - Riduzione della congestione
 - Incremento della banda utilizzabile.

Switch

- E' un multiport Bridge
- Svolge due funzioni:
 - switching dei data frames
 - Aggiornamento delle address table
- Rispetto ad un hub svolge una funzione di filtraggio attraverso le address table.
- Questo ha come conseguenza una separazione dei domini di collisione i cui effetti sono:
 - Riduzione della congestione
 - Incremento della banda utilizzabile.

Collisione

- Si può verificare in un mezzo condiviso
 - es.: la voce nell'aria
- Dispositivi di rete:
 - Cavo coassiale (topologia bus)
 - HUB

Collisione

- Meccanismo per evitare e/o ridurre la collisione (nel caso Ethernet):
 - prima di trasmettere ascolto finché nessuno trasmette (è il protocollo Ethernet)
- Problema: il segnale nei cavi ha una velocità finita
 - circa 2/3 della luce nel vuoto: 200.000 Km/s ($2 \cdot 10^8$ m/s)
- Può verificarsi che B inizi a trasmettere dopo che A ha già iniziato ma prima che B se ne sia accorto: è collisione.



- Unico mezzo fisico di comunicazione
- Accesso Asincrono
- Collision Detection

Curiosità: quanto è lungo un bit?

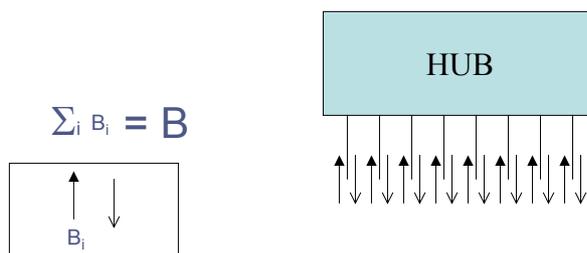
- A 10 Mbps 20 m
- A 100 Mbps 2 m
- A 1 Gbps 20 cm

Velocità nel mezzo trasmissivo: $v_p \cong 2 \times 10^8$ m/s ($v_p \cong 2/3 c$)

Concetto di Banda Condivisa

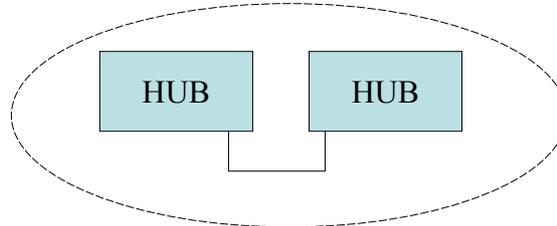
- Con il meccanismo di collisione dell'Ethernet la banda non può essere completamente utilizzata:
 - il massimo è intorno a 6 Mbps, ma per tenere basso il numero di collisioni occorrerebbe non superare i 3 Mbps.

Concetto di Banda Condivisa



- Per un HUB a 10 Mbps, la somma dei throughput (utile) in ingresso a tutte le sue interfacce non può superare la massima banda possibile pari a circa 6 Mbps.

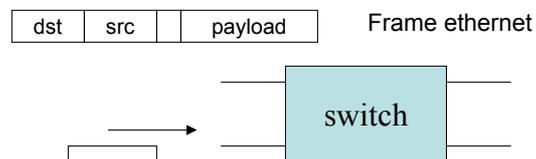
Dominio di Collisione



- Più HUB connessi fra di loro costituiscono un unico dominio di collisione condividendo, quindi, la stessa banda fra tutte le porte.

Switch

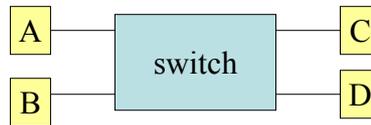
- L'HUB lavora al layer 1; lo switch al layer 2



- Lo switch legge ed interpreta gli indirizzi src e dst di layer 2.

Switch

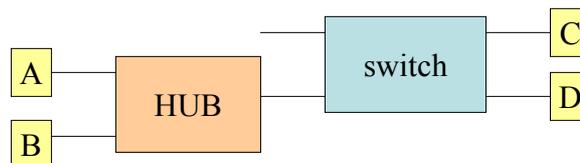
Address Table e Forwarding



- Uno switch appena acceso si comporta, per i primi istanti, in maniera simile ad un HUB.
- Se ad esempio A invia un frame a D, questo frame viene inoltrato a B, C e D. Ma quando D risponde ad A, il suo frame viene inoltrato solo verso A perché lo switch ha già imparato su che porta è connesso A, grazie all'indirizzo sorgente del precedente frame.

Switch

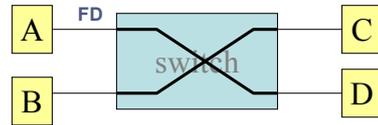
Address Table e Forwarding



- Uno switch può avere un HUB connesso in cascata. In tal caso le eventuali collisioni sull'HUB rimangono confinate senza influenzare il traffico sulle altre porte dello switch.

Switch

Address Table e Forwarding

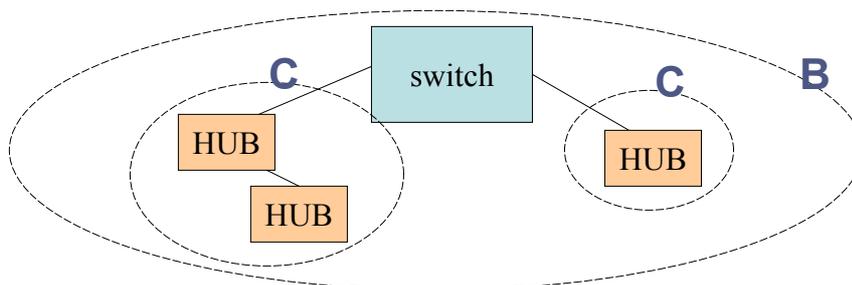


Banda piena fra ogni coppia

Domini di Collisione Distinti

- In una rete realizzata totalmente con switch (senza HUB), i domini di collisione rimangono confinati e separati su ogni porta degli switch.
- Nel caso in cui le porte siano tutte full-duplex, i domini di collisione, al limite, spariscono del tutto.
- Fra ogni coppia di host comunicanti si ha banda piena, come se si avesse un cavo dedicato.

Dominio di Collisione e di Broadcast

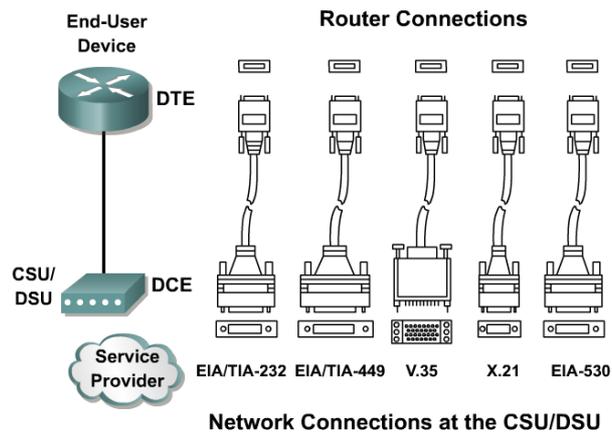


- Ogni insieme contiguo di HUB costituisce un dominio di collisione.
- Uno switch, o più switch contigui, costituiscono un dominio di broadcast, se non ci sono VLAN definite. Un dominio di broadcast è costituito dall'insieme delle porte di switch che ricevono gli stessi broadcast di layer 2.
- I domini di broadcast, a loro volta, possono essere separati da un router.

WAN Data Link e Physical Layer

Cisco HDLC	PPP	Frame Relay	ISDN BRI (with PPP)	DSL Modem	Cable Modem
EIA/TIA-232 EIA/TIA-449 X.21 V.24 V.35 High Speed Serial Interface (HSSI)			RJ-45 Note: ISDN BRI cable pinouts are different than the pinouts for Ethernet	RJ-11 Note: Works over telephone line	BNC Note: Works over Cable TV line

Possibili connessioni seriali per WAN



Implementazione su seriale di DTE e DCE

Data Terminal Equipment:

- End of the user's device on the WAN Link

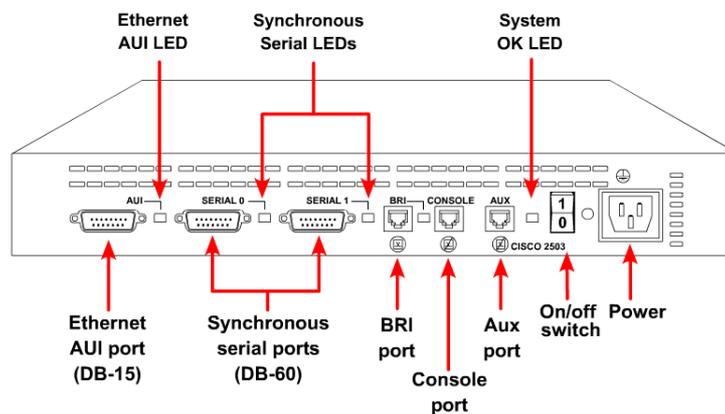
Data Communications Equipment:

- End of the WAN provider's side of the communication facility
- Responsible for clocking

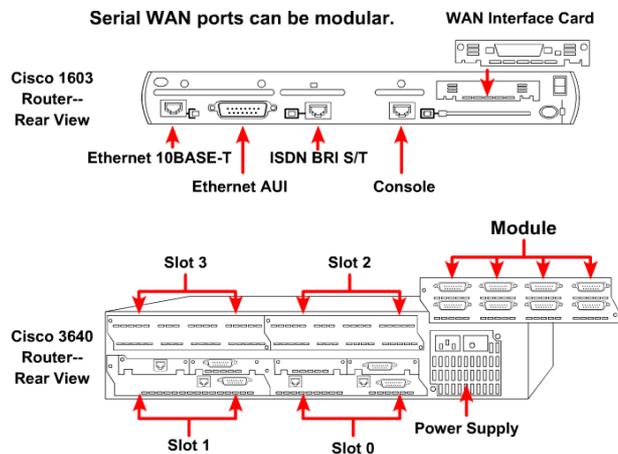


Interfacce fisse

Cisco 2503 Router-Rear View

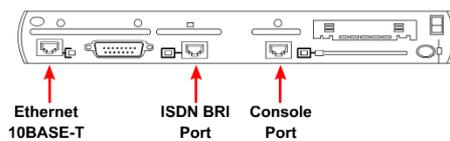
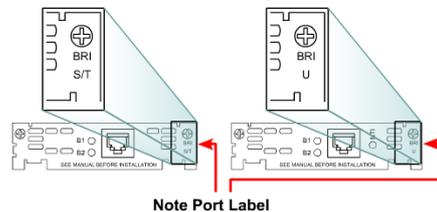


Interfacce modulari per porte seriali



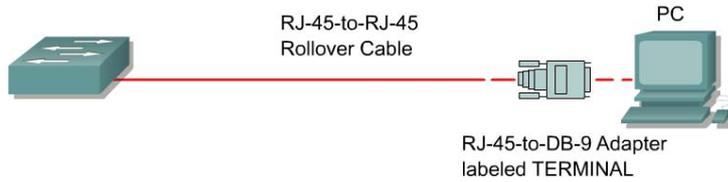
Cablaggio dei router per connessione ISDN

Determine if a BRI S/T or U interface is needed.
Routers have one or both types of port.



Configurazione della connessione console

Device with Console



- PCs require an RJ-45 to DB-9 or RJ-45 to DB-25 adapter.
- COM port settings are 9600 bps, 8 data bits, no parity, 1 stop bit, no flow control.
- This provides out-of-band console access.
- AUX switch port may be used for a modem-connected console.