

Cap.03 Networking Media

ithum

Marco Ciampi
m.ciampi@ithum.it



Cap.3 Networking Media

Ithum Learning License

Questo documento e tutto il materiale prodotto da Ithum S.r.l. e dai suoi collaboratori in qualità di autori originari costituisce una “opera” intellettuale protetta dal diritto d’autore e/o dalle altre leggi applicabili.

Tale opera (si veda anche l’appendice *Materiale allegato*) è messa a disposizione sulla base dei termini della presente *Ithum Learning License* ovvero della *Licenza concessa da Ithum Srl per l’utilizzo del materiale prodotto*.

È proibita ogni utilizzazione dell’opera che non sia autorizzata ai sensi della presente licenza o del diritto d’autore.

Ithum Srl e gli autori originari, in qualità di licenzianti, concedono l’utilizzo dell’opera con i diritti e doveri di seguito elencati.

Con il semplice esercizio sull’opera di uno qualunque dei diritti di seguito elencati, si accetta e ci si impegna a rispettare integralmente ed a far rispettare a terzi i termini e le condizioni della presente licenza.

L’opera può essere riutilizzata così come è oppure riadattata alle proprie esigenze come specificato da quanto segue.

Ithum S.r.l. e gli autori originari concedono:

- L’utilizzo dell’opera per fini educativi ed informativi personali;
- La riproduzione, distribuzione, comunicazione e/o esposizione in pubblico, rappresentazione, esecuzione o recitazione dell’opera;
- La creazione di opere derivate;

Alle seguenti imprescindibili condizioni:

1. Si deve sempre e comunque riconoscere il contributo di Ithum S.r.l. e dell’autore originario, dandone evidenza scritta e documentata;
2. In occasione di ogni atto di utilizzo o distribuzione si deve sempre chiarire e far accettare agli altri i termini della licenza di questa opera;
3. In caso di utilizzo ai fini commerciali si deve sempre preventivamente contattare Ithum S.r.l. e l’autore originario per negoziarne coinvolgimento e compensi;
4. Se si ottiene il permesso documentato dal titolare del diritto d’autore (Ithum S.r.l. e l’autore originario) è possibile rinunciare ad ognuna di queste condizioni.

Le utilizzazioni libere e gli altri diritti non sono in nessun modo limitati da quanto sopra.

Per qualsiasi informazione è possibile scrivere a formazione@ithum.it.



- **Mezzi in Rame**

1. Atomi ed Elettroni
2. Tensione
3. Resistenza ed Impedenza
4. Corrente
5. Circuiti
6. Specifiche dei cavi
7. Cavi Coassiali
8. Cavi STP
9. Cavi UTP

5. Riflessione totale interna

6. Fibra multi-modale
7. Fibra mono-modale
8. Altri componenti ottici
9. Segnali e rumori nelle fibre ottiche
10. Installazione, manutenzione e test di fibre ottiche

- **Mezzi senza fili**

1. Organizzazione e standard di Reti Wireless
2. Periferiche e tipologie wireless
3. Funzionamento delle wireless LAN
4. Autenticazione ed associazione
5. Onde radio e spettro a microne
6. Segnali e rumori nelle WLAN
7. Sicurezza nelle reti WLAN

- **Mezzi ottici**

1. Spettro elettromagnetico
2. Raggi di luce
3. Riflessione
4. Rifrazione



- **Cavi in rame**

- Proprietà elettriche della materia
- Concetti base sull'elettricità (Voltaggio, Resistenza, Impedenza, Corrente e Circuiti elettrici)
- Specifiche e performance dei vari tipi di cavi in rame: Coassiali, Shielded Twisted-Pair (STP), Unshielded Twisted-Pair cable (UTP), Dritti, Incrociati ed Invertiti

- **Fibre ottiche**

- Caratteristiche dei cavi in fibra
- Funzionamento per grandi distanze
- Fibre multimodali e monomodali
- Installazione delle fibre, connettori ed attrezzatura per cablaggio e test

- **Reti wireless**

- Vantaggi, caratteristiche e limiti di connessioni senza fili



Cap.3 Networking Media

Concetti base sul cablaggio di rete

Per un efficiente funzionamento della rete è fondamentale la scelta del tipo di cablaggio:

- **Cavi in rame:**

- Trasferiscono dati sotto forma di **segnali elettrici** (flusso di corrente attraverso conduttori elettrici)
- Utilizzati principalmente per le reti locali (LAN)
- Di diversi tipi, ciascuno con caratteristiche proprie
- Velocità trasmissive di 10-1.000 Mbps

- **Fibre ottiche:**

- Trasferiscono dati sotto forma di **segnali luminosi** (propagazione di fasci modulati di luce in mezzo ottico)
- Utilizzate per reti LAN, per collegare grandi distanze punto-punto, per collegamenti tra dorsali LAN e WAN, per connessioni inter e intra-buildings
- Non c'è elettricità (le fibre sono isolanti)
- Velocità trasmissive di 100-10.000 Mbps

- **Tecnologie wireless:**

- Trasferiscono dati sotto forma di **onde elettromagnetiche** (propagazione di onde radio attraverso l'aria)
- Consentono maggiore flessibilità e portabilità
- Velocità trasmissive di 11-54 Mbps (attualmente non supportano transfer-rate elevati)
- Integrano il cablaggio wired di Router, Modem DSL o o Cable modem
- Gli Access Point wireless funzionano da Hub per nodi wireless



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

Sommario

1. Atomi ed Elettroni
2. Tensione
3. Resistenza ed Impedenza
4. Corrente
5. Circuiti
6. Specifiche dei cavi
7. Cavi Coassiali
8. Cavi STP
9. Cavi UTP



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.1 - Atomo ed elettroni: ESD e Multimetro

- **Elettricità statica (ESD):**

Elettroni liberi, negativamente carichi, ma immobili.

A contatto con conduttori connessi in qualche modo a massa, creano scariche elettriche (ESD) anche molto forti, ma a bassa tensione.

Sono dannose per i componenti elettronici

- **Multimetro:**

Apparecchio utilizzato per misurare:

- Tensione (AC e DC)
- Resistenza
- Amperaggio



[Utilizzo del Multimetro](#)

- ⊖ ⊖ Negative charges repel other negative charges.
- ⊕ ⊕ Positive charges repel other positive charges.
- ⊕ ⊖ Positive charges attract negative charges.



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.2 - Voltaggio o Tensione

La **Tensione** rappresenta la forza di attrazione tra cariche elettriche (elettroni e protoni) che si genera quando queste vengono separate: le cariche opposte si attirano e quelle uguali si respingono.

- In una batteria, gli elettroni liberati per un'azione chimica viaggiano dal terminale negativo verso quello positivo; l'origine della Tensione è la separazione di cariche elettriche.
- Può essere pensata come la **pressione o velocità di traffico elettronico**.
- L'unità di misura della Tensione è il **Volt (V)** e rappresenta la quantità di lavoro, per unità di carica, necessaria *per separare due cariche elettriche*. Si misura tra 2 punti di un circuito.
- La carica elettrica può essere ottenuta:
 - per sfregamento (elettricità statica)
 - per induzione elettromagnetica (generatore elettrico)
 - mediante energia solare (celle fotovoltaiche)
 - chimicamente

- Voltage is sometimes referred to as electromotive force (EMF)
- Voltage is represented by the letter V, and sometimes by the letter E, for electromotive force.
- The unit of measurement for voltage is volt (V)

[Misure di Tensione](#)



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.3 - Resistenza ed Impedenza - Attenuazione

- **Resistenza elettrica:** generalmente si intende la *capacità di opporsi al flusso di elettroni*. Misura la capacità di un materiale di ostacolare il passaggio di corrente
 - Un materiale viene definito **conduttore** se oppone bassa resistenza al flusso di elettroni.
 - Un materiale viene definito **isolante** quando interrompe (o permette parzialmente) il flusso di elettroni (alta resistenza).La **Resistenza** viene indicata con il la lettera **R** e si misura in **Ohm (Ω)** (*omega*)
Il termine Resistenza è normalmente utilizzato nei circuiti a **corrente continua**.
- **Impedenza:** è la misura della Resistenza elettrica al flusso di **corrente alternata** (AC)
Analoga alla Resistenza, per i circuiti a corrente alternata.
Descrivere l'effetto complessivo di **resistenza, capacità e induttanza** sul flusso di elettroni.
L'**Impedenza** viene indicata con il la lettera **Z** e si misura, come la Resistenza in **Ohm (Ω)**
- **Attenuazione:**
Perdita di potenza del segnale elettrico, dovuto a fenomeni di resistenza del materiale

[Lab.3.1.3-Misurazione di Resistenza elettrica](#)

[Act.3.1.3-Isolanti, Conduttori e Semiconduttori](#)

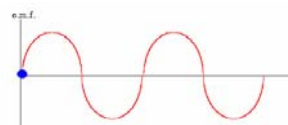
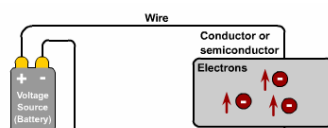


Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.4 - Corrente elettrica e Potenza

- La "**corrente elettrica**" è il **flusso** di cariche elettriche (elettroni liberi che si spostano verso i terminali positivi), attraverso un circuito, conseguente all'applicazione di una qualche Tensione.
- Può essere pensata come la **quantità o volume di traffico elettronico**.
 - L'unità di misura della corrente è l'**Ampere (I)** e rappresenta la quantità di carica per secondo che attraversa un punto lungo un determinato percorso
- La combinazione di **Corrente** (quantità di traffico) e **Tensione** (velocità degli elettroni) costituisce la **Potenza elettrica**, ovvero la quantità di lavoro svolto dall'elettricità.
- L'unità di misura della Potenza elettrica è il **Watt (W)** e rappresenta l'assorbimento o la produzione d'energia di un dispositivo. **$W = V \times I$**
 - Alte tensioni ma bassi amperaggi (come i fenomeni *elettrostatici*), non sono letali per l'essere umano (lo potrebbero comunque essere per i microcircuiti elettronici). Al contrario, alte correnti sono sempre pericolosissime.



[Oscilloscopio](#)

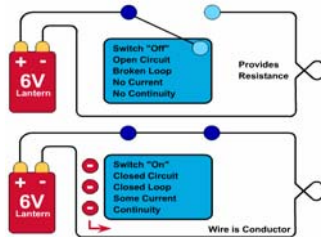
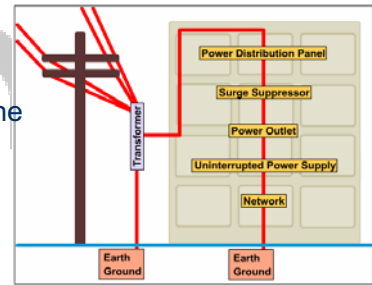
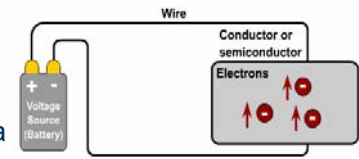


Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.5 – Circuiti elettrici

- Un circuito è un percorso chiuso (c.c.), costituito da materiale conduttore, in cui c'è una corrente elettrica, generata dalla Tensione prodotta da una sorgente.
- La Tensione permette il flusso di Corrente, mentre Resistenza ed Impedenza l'ostacolano.
- La corrente consiste nel flusso di elettroni che viaggiano dal polo negativo a quello positivo.
- L'elettricità, se non pilotata, tende comunque ad andare a "terra" (Ex: fulmini), ovvero verso potenziali negativi che chiudono il circuito "massa" azzerando la differenza di tensione tra gli estremi del circuito (0 Volt).
- La **Legge di Ohm** regola il legame tra corrente, voltaggio e resistenza: $V = I \times R$



Lab.3.1.5-Circuiti

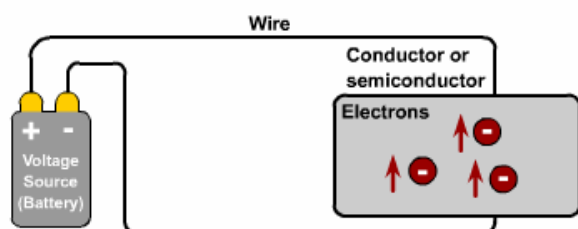
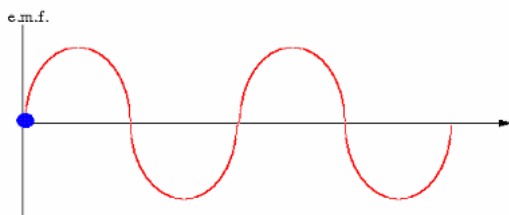


Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.5 - Circuiti: Corrente Continua ed Alternata

- **Corrente Continua (DC):** flusso di elettroni che viaggiano sempre nella medesima direzione (dal polo negativo a quello positivo, mantenendo la stessa polarità)
- **Corrente Alternata (AC):** flusso di elettroni che viaggiano invertendo continuamente (e ciclicamente) la polarità ai terminali e quindi la direzione del flusso



3 1 5-Oscilloscopio



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.6 – Il rame

- Il **rame** è il mezzo trasmissivo più utilizzato nelle reti dati a causa delle sue proprietà elettriche:
 - **Conduttività**: è un ottimo conduttore elettrico
 - **Duttilità**: può essere modellato in filamenti sottili
 - **Malleabilità**: può essere modellato in fogli sottili e stampi
 - **Resistenza alla corrosione**: diventa molto lentamente ossido di rame
 - **Resistenza meccanica**: resiste alle tensioni meccaniche fino a temperature di circa 200° C
- Può essere lavorato e modellato, sia a caldo sia a freddo, senza spezzarsi



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.6 - Specifiche dei cavi

- La corretta scelta del tipo di cavi da utilizzare per lo specifico **cablaggio** è di fondamentale importanza per ottenere buone prestazioni nella rete.
- Specifiche dei cavi :
 - **Attenuazione**: dipende dal mezzo e cresce con la distanza da coprire
 - **Velocità di trasmissione**: dipende dal mezzo
 - **Trasmissione digitale**: in banda base; **Trasmissione analogica**: in banda traslata
- **10BASE-T**: Velocità di Trasmissione: 10 Mbps; Tipo di Trasmissione: banda base o digitale; T: indica twisted pair (coppie incrociate)
- **10BASE5**: Velocità di Trasmissione: 10 Mbps; Tipo di Trasmissione: banda base o digitale; 5: indica la capacità del cavo di supportare bene l'attenuazione fino a circa 500 metri di distanza; è detto anche Thicknet, dal nome del tipo di rete in cui viene impiegato
- **10BASE2**: Velocità di Trasmissione: 10 Mbps; Tipo di Trasmissione: banda base o digitale; 2: indica la capacità del cavo di supportare bene l'attenuazione fino a circa 200 metri di distanza; è detto anche Thinnet, dal nome del tipo di rete in cui viene impiegato

10BASE5
T T T
A B C

A : velocità di trasmissione

B : tipo di trasmissione (banda base , banda traslata)

C : massima distanza di trasmissione (in centinaia di metri)



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.6 - Sistema AWG (American Wire Gauge)

- Il sistema AWG è uno standard americano per le specifiche dei diametri dei cavi in rame ed in alluminio.
- Più è spesso il cavo, minore è il valore di AWG, ovvero la resistenza è minore ed il cavo può portare più corrente, con segnali migliori a grande distanze
- Esempi:
 - 24 AWG corrisponde a 0,5106 mm
 - Doppino telefonico classico (da appartamento a centrale): 19 -29 AWG
 - Nuovi doppini: 22-26 AWG



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.6 - Mezzi Trasmissivi e schermature dai disturbi

I **mezzi trasmissivi** possono essere Cavi, Aria, oppure *Fibre Ottiche*

- L'informazione viaggia sul mezzo sotto forma di **Segnale** (*elettrico, a radio frequenza, luminoso*)
- Per le caratteristiche intrinseche del mezzo e dell'ambiente circostante, il segnale subisce in genere una **Attenuazione**

I cavi **Shielded** (schermati) sono avvolti da strati protettivi contro sorgenti di rumore esterne e dal rumore generato dal cavo stesso

- Benefici :
 - proteggono il conduttore interno da fonti di rumori esterno
 - mantengono il segnale trasmesso confinato all'interno del cavo
 - proteggono ogni coppia di fili dal rumore generato dalle altre coppie
- Rientrano in questa categoria i cavi coassiali, STP,UTP

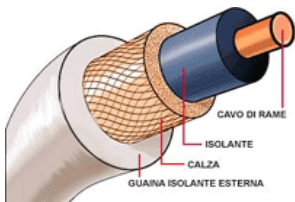


Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

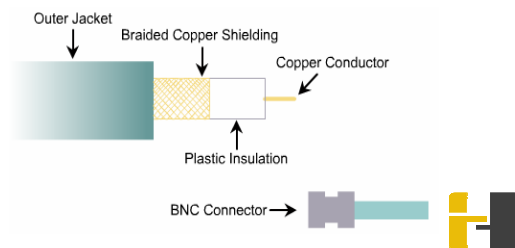
3.1.7 – Cavi Coassiali

Il **cavo coassiale** è un cavo a sezione concentrica costituito da:



- conduttore centrale in rame rigido (primo conduttore)
- strato di plastica flessibile (isolante)
- calza di materiale in rame intrecciato (secondo conduttore e schermatura)
- altro strato isolante esterno

- Il cavo coassiale è elettricamente schermato: la maglia è messa a massa (grounded) per proteggere il conduttore interno da rumore elettrico esterno e per mantenere confinato nel cavo il segnale trasmesso
- Connettori: BNC (British Naval Connector)
- Difficile da installare, soprattutto per la corretta messa a terra della maglia
- E' poco rumoroso, ma più costoso degli altri cavi in rame proprio per la difficoltà della messa a terra



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.7 – Cavi Coassiali

- Applicazioni:
 - Cavo RG-59: antenna TV (20 AWG)
 - Cavo RG-6: Video
 - Reti dati:
 - Cavo grosso (Thick-RG213)
 - Cavo sottile (Thin-RG58)
- Tipicamente usati per reti a BUS (anni '90)
- Buon rapporto segnale/rumore (S/N)
- Attualmente poco utilizzato perché superato dai cavi UTP
- E' immune ai disturbi causati dai campi magnetici
- I due estremi di ciascun segmento sono chiusi da un'impedenza a 50 ohm (il cosiddetto "terminatore").
- Ogni computer viene collegato al segmento con un connettore a T, inserito sulla scheda di rete



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.7 – Cavi Coassiali: THICK – RG213

Cavo Thicknet: cavo coassiale con diametro piuttosto spesso (cavo grosso fino a 1 cm)

- E' costituito da un conduttore centrale in rame di tipo solido, un isolante in materiale espanso o compatto (teflon), due schermature in foglio di alluminio e due schermature in calza



- Era (ed è) impiegato nelle reti **Ethernet 10Base5**
- Copre segmenti di lunghezza **fino a 500m**
- Può trasferire dati fino a **50 Mbps**
- Veniva utilizzato per il cablaggio di dorsali Ethernet
- Veniva normalmente collocato sotto pavimento flottante o sopra controsoffitto, con Cavi Drop di discesa (max. 50 m)
- Troppo rigido per essere installato facilmente.
- Non più utilizzato



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.7 – Cavi Coassiali: THIN – RG58

Cavo Thinnet: cavo coassiale con diametro piuttosto sottile (0,35 cm) (cavo sottile). Anche detto Cheapernet, perché più economico

- E' costituito da un conduttore centrale in rame di tipo trefolato, un isolante in materiale espanso o compatto (teflon), una schermatura in foglio di alluminio e una schermatura in calza.



- Era (ed è) impiegato nelle reti **Ethernet 10Base2**
- Copre segmenti di lunghezza **fino a 185m**
- Può trasferire dati fino a 50 Mbps
- Utilizzo di ripetitori per interconnettere i segmenti in modo analogo al 10Base5
- La posa in opera è molto meno costosa rispetto al 10Base5 (perché più fino)
- Non è in genere impiegato da solo in reti di grandi dimensioni per motivi di affidabilità
- A causa del rivestimento piuttosto povero, disturbi elettrici interferiscono con la trasmissione del segnale
- Non più usato comunemente



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.7 – Cavi Coassiali: Caratteristiche

Caratteristiche complessive:

- Velocità: 10-100 Mbps
- Costo medio per nodo: economico
- Dimensione (mezzo e connettore): medio
- Lunghezza massima: 200 e 500 m (media)

Vantaggi :

- Coprono distanze maggiori rispetto ai cavi STP e UTP
- Non hanno necessità di ripetitori
- Meno costosi delle fibre ottiche (ma meno veloci)
- Varietà di misure
- Tecnologia conosciuta ed utilizzata anche per altri tipi di trasmissioni (TV)

Svantaggi :

- Più difficile da installare rispetto i cavi **S-twisted-pair** perché più rigido (Thicknet), più grosso, poco schermato
- Velocità più basse dei cavi TP (100Mbps)
- Più costoso da installare dei cavi UTP e STP
- Difficile da installare correttamente soprattutto per la difficoltà di mettere correttamente a terra la maglia

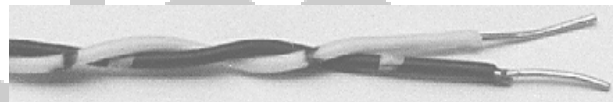


Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.8 – Cavi TP (doppini intrecciati)

- Cavi generalmente costituiti da 4 coppie di fili di rame colorati
- Ogni coppia forma un circuito chiuso ed ha i fili **intrecciati** in modo da limitare i fenomeni di Diafonia (Cross-Talk), ovvero l'assorbimento di rumore generato dalle coppie vicine
 - l'incrocio cancella i segnali elettrici generati per induzione (uguali ed opposti sui 2 fili)
 - Il rumore che si aggiunge sui 2 cavi è lo stesso e quindi facilmente filtrabile (si annulla o si raddoppia)
- Molto usati nelle reti dati Ethernet e nella telefonia (doppini) con plug RJ 11 oppure RJ45
 - Utilizzabili anche per bit rate elevati (>100 Mbps) ma su brevi distanze (100 m)
 - Prestazioni (rapporto S/N) inferiori al cavo coassiale
 - Basso costo e facilità di posa
 - Adatto a cablaggi strutturati
 - Enorme diffusione dagli anni '90
- Tipologie:
 - STP (Shielded): schermato sia coppia per coppia sia tutto il cavo assieme
 - UTP (Unshielded): non schermato
 - FTP (Foiled): un'unica schermatura per tutto il cavo



3.1.8 – Cavi STP (schermati)

Cavi Shielded Twisted-pair (STP): combinano tutte le tecniche di rivestimento, cancellazione e attorcigliamento dei cavi.

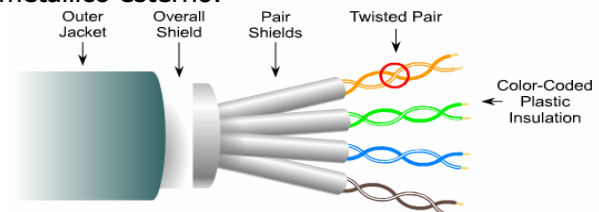
- Ogni coppia di cavi è avvolta in un foglio protettivo metallico. Le 4 paia di cavi sono a loro volta avvolte assieme in un foglio protettivo metallico esterno.
- Impedenza caratteristica: 150 Ohm
- Velocità e throughput: 10-100 Mbps
- Dimensione: medio-grande
- Lunghezza massima: 100 m

Vantaggi:

- Il sistema di schermatura complessivo riduce gli effetti di interferenze dovuti ad effetti di crosstalk (interferenze interne) e a fenomeni di contaminazione esterna come interferenza elettromagnetica (EMI) e interferenza a radio frequenza (RFI)

Svantaggi:

- Difficoltà d'installazione: la schermatura esterna deve perfettamente essere messa a massa ad entrambi gli estremi, altrimenti le discontinuità creano grandi disturbi e rumore (come un'antenna TV) sia internamente che esternamente al cavo
- Per grandi distanze, necessitano di rigeneratori elettrici di segnale
- Sono (di conseguenza) più costosi di UTP e cavi coassiali
- Rispetto ai cavi UTP risultano più difficile da installare.

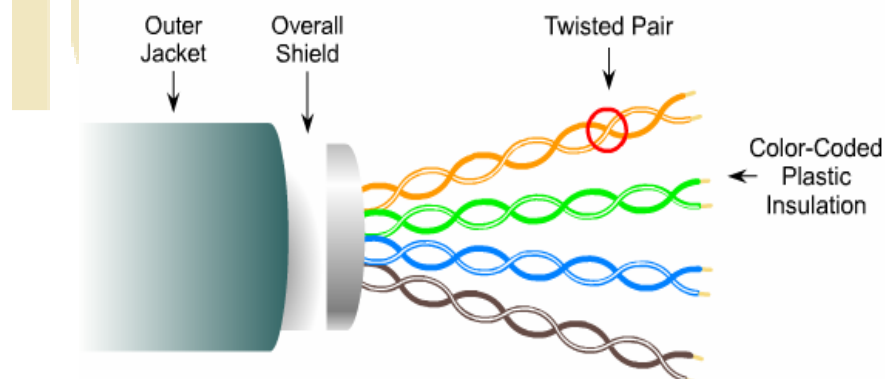


3.1.8 – Cavi ScTP (parzialmente schermati)

Cavi Screened UTP (ScTP) o Foil Twisted Pair (FTP): cavi Twisted Pair ibridi tra UTP e STP

Essenzialmente, sono cavi UTP avvolti in un unico foglio metallico di rivestimento schermato (screen)

- Impedenza caratteristica: 100 – 120 Ohm
- Dimensione: media



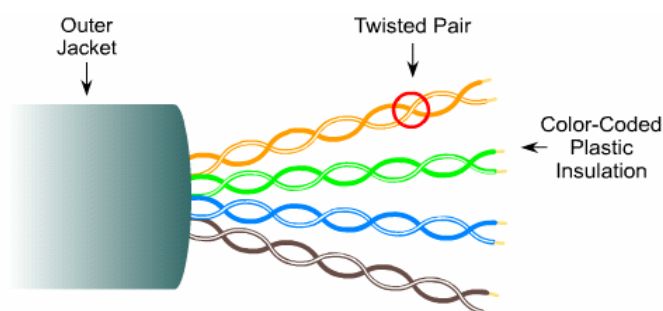
Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.9 – Cavi UTP: Unshielded Twisted Pair (non schermati)

Cavi UTP (Unshielded Twisted Pair):

- 2 o 4 paia di fili di rame, ricoperti da materiale isolante, semplicemente torti per limitare le interferenze EMI e RFI dall'esterno
- Le coppie sono a loro volta ritorte in un'unica spirale per limitare i disturbi
 - Non contengono schermature
 - Non devono essere messi a terra
 - Sono suscettibili ai rumori esterni
 - Dimensione: piccola
 - Supporta comunque flussi elevati
 - Il più usato perché facili da installare e molto poco costoso



[Circuiti di comunicazione](#)



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

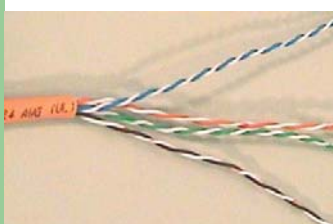
3.1.9 – Cavi UTP: Unshielded Twisted Pair (non schermati)

Vantaggi:

- meno costosi di qualsiasi altro cavo
- diametro esterno piuttosto piccolo
- facili da installare grazie alle dimensioni contenute, alla consistenza ed ai connettori **RJ-45** (non richiedono messa a massa)
- attualmente il più veloce cavo in rame

Svantaggi:

- più incline degli altri cavi a disturbi elettrici (rumore) e ad interferenze (non è schermato)
- copre distanze più brevi di cavi coassiali e fibre ottiche



- Il più utilizzato è quello **CAT 5**.
- Gli standard **TIA/EIA 568-A** e **568-B** (ovvero **569-B**) specificano caratteristiche e prestazioni di cavi e terminatori per il cablaggio negli edifici commerciali
- Lo standard **TIA/EIA 570-A** si riferisce ai cablaggi residenziali
- Per i segnali dati vengono utilizzate solo 2 coppie di cavi, collegando opportunamente trasmissione con ricezione.
- A seconda del tipo d'incrocio si realizzano cavi con caratteristiche e utilizzi diversi



3.1.9 – Caratteristiche Complessive dei cavi TP

Caratteristiche complessive:

- Velocità: 10-1.000 Mbps
- Costo medio per nodo: abbastanza economico
- Dimensione (mezzo e connettore): medio-grande
- Lunghezza massima: 100 m (media)

Vantaggi :

- di più facile installazione rispetto ai cavi coassiali
- velocità fino a 1.000 Mbps (ma generalmente meno veloci delle fibre)
- meno costosi delle fibre ottiche
- tecnologia conosciuta ed utilizzata anche per altri tipi di comunicazione (telefono)

Svantaggi :

- brevi distanze: fino a 100m (minori dei cavi coassiali); necessità di ripetitori
- i cavi UTP sono più suscettibili al rumore dei cavi coassiali
- più costosi da installare dei cavi UTP e STP
- difficile da installare correttamente soprattutto per la difficoltà di mettere correttamente a terra la maglia



3.1.9 – Categorie dei cavi

● I cavi UTP sono classificati in **6 categorie**:

- **Cat 1**: utilizzato per comunicazioni telefoniche; non adatto a reti dati
 - **Cat 2**: utilizzato per reti dati Token Ring ; velocità fino a 4 Mbps
 - **Cat 3**: utilizzato nelle reti 10 Base T; velocità fino a 10 Mbps (la più bassa utilizzata)
 - **Cat 4**: utilizzato nelle reti Token Ring e Ethernet 10; velocità fino a 16 Mbps
 - **Cat 5**: utilizzato nelle reti Ethernet 100BASE-T; velocità fino a 100 Mbps
 - **Cat 5e**: utilizzato nelle reti Ethernet 100BASE-T e 1000BASE-T (Gigabit Ethernet); velocità fino a 1.000 Mbps
 - **Cat 6**: utilizzato nelle reti 100BASE-T e 1000BASE-T (Gigabit Ethernet); velocità fino a 1.000 Mbps
 - **Cat 7**: in studio
- I mezzi trasmissivi **Cat 5** includono cavi UTP, STP, Coassiali e Fibre ottiche
 - I test specificati dallo standard **Cat 6** (ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1, normativa del 20/06/2002) sono praticamente gli stessi del Cat 5; la differenza è che per essere certificato Cat 6, un cavo deve superare i test con punteggi più alti (frequenze fino a 250 MHz, livelli più bassi per crosstalk e return loss)
 - Le installazioni più vecchie utilizzavano cavi Cat 5 per i dati e Cat 3 per la voce; attualmente si utilizzano cavi Cat 5e (o Cat 6) per reti dati e telefoniche, differenziando solo i plug finali (RJ45 o RJ11)



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.9 – Categorie dei cavi: Standard TIA/EIA

- **TIA/EIA 568-B:** standard per i cavi per il cablaggio della rete di telecomunicazione negli edifici commerciali
- **TIA/EIA 569-B (o 568-A):** standard per la progettazione e realizzazione dei percorsi fisici per gli impianti di telecomunicazione negli edifici commerciali
- **TIA/EIA 570-A:** standard per il cablaggio residenziale
- **TIA/EIA 606:** standard per la specifica di aspetti amministrativi delle infrastrutture di telecomunicazione degli edifici commerciali
- **TIA/EIA 607:** standard per la specifica per la messa a massa ed a terra in sicurezza della rete di telecomunicazione negli edifici commerciali

Lo standard **TIA/EIA 568-B** prevede l'impiego di 2 cavi per ciascuna presa dell'area di lavoro:

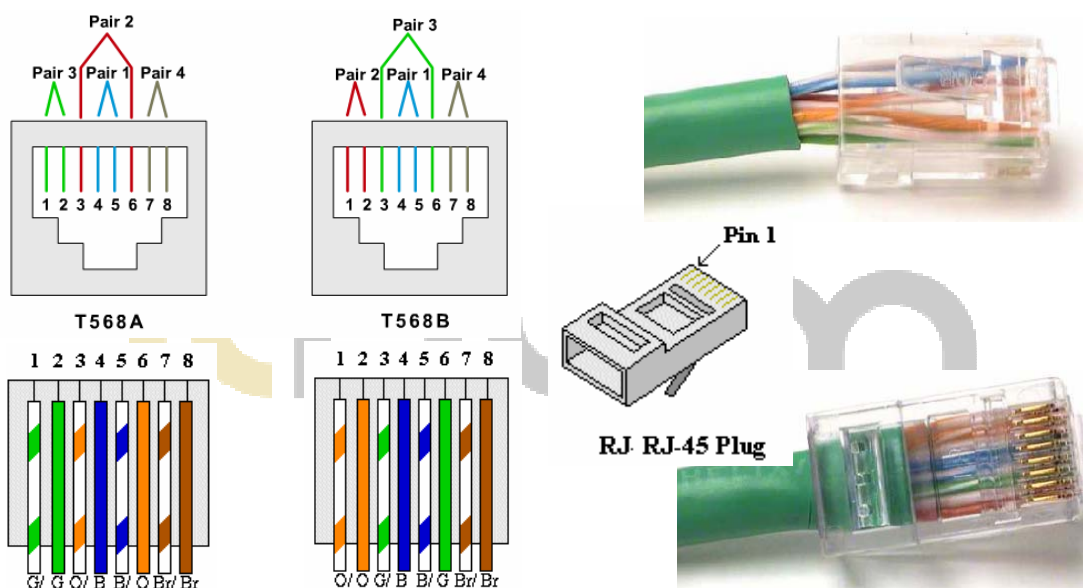
- Cavo per la telefonia (UTP a 2 coppie)
- Cavo per i dati:
 - UTP a 4 coppie da 100 Ω per reti Ethernet
 - oppure STP a 2 coppie da 150 Ω per reti Token Ring
 - oppure fibra ottica da 62,5/125 micron per reti Ethernet
 - oppure cavo coassiale (legacy)



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.9 – Cavi UTP: T568A e T568B Cat 5 e Plug RJ-45

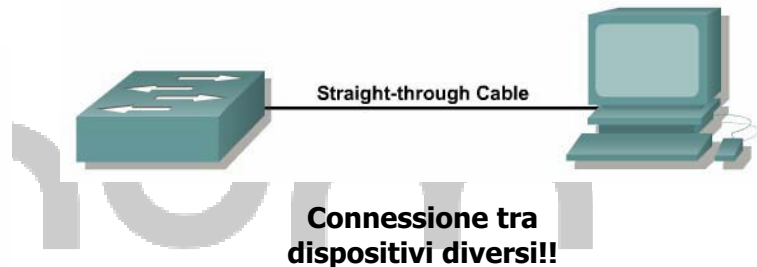
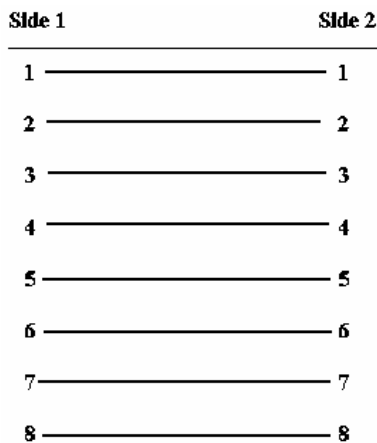


Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.9 – Cavi UTP Dritti: Straight-through

- Mantengono la connessione pin a pin attraverso tutto il cavo.
- Il cavo connesso al pin 1 è lo stesso ad entrambe le estremità.
- Usato per collegare device come i PC o I router ad altri device, come hub o switch.



[Costruzione Cavo Dritto](#)

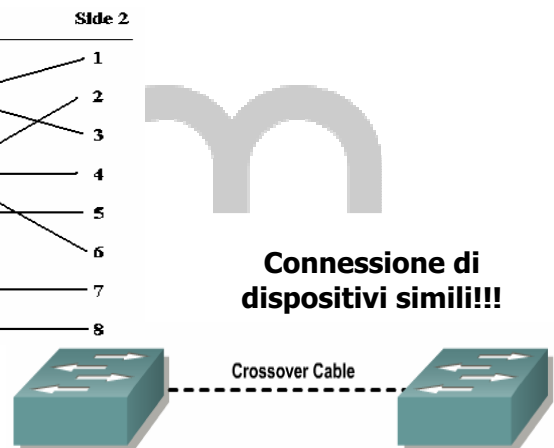
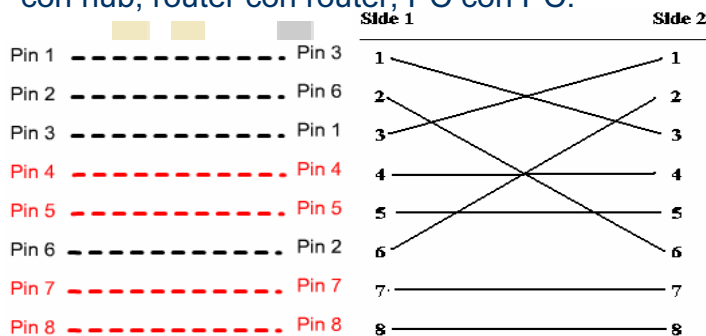


Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.9 – Cavi UTP Incrociati: CrossOver

- Incrociano una coppia di fili critici, in modo da allineare correttamente trasmettitore e ricevitore di apparecchi simili:
 - Il pin 1 è collegato al pin 3, il pin 2 è collegato al pin 6
- Usato per connettere device simili: switch con switch, switch con hub, hub con hub, router con router, PC con PC.



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

[Costruzione Cavo Cross](#)

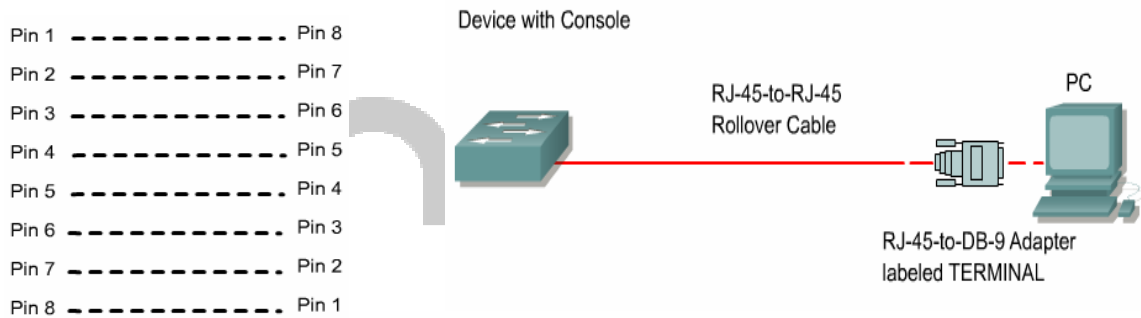


Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.9 – Cavi UTP RollOver

- Invertono l'ordine dei cavi agli estremi
 - Il pin 1 è collegato al pin 8, il pin 2 è collegato al pin 7, e così via
- Usato per collegare PC e Periferiche EndUser a Periferiche di Rete in modalità console.



In aggiunta alla presa RJ-45 per collegare dispositivi a porte 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.

[Costruzione Cavo Rollover](#)



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.9 – Cavi in rame e in fibra

Principali vantaggi dei cavi in fibra ottica rispetto a quelli in rame:

- **Immunità:** è immune alle interferenze elettromagnetiche (EMI) e radio (RFI)
- **Larghezza di banda:** è in grado di trasportare un maggior numero di dati rispetto al rame.
- **Distanza:** arriva a coprire diversi km
- **Sicurezza:** il segnale luminoso è difficilmente “sniffabile” e la fuoriuscita di luce è facilmente individuabile
- **Attenuazione:** il segnale rimane di ottima qualità perché incontra poca resistenza
- **Resistenza:** meno sensibile all'acqua ed ad altri fattori ambientali
- **Reperibilità:** il materiale grezzo si può estrarre dalla sabbia;
- **Installabilità:** è leggero e piccolo
- Economico per lunghe tratte
- Non richiede messa a terra

Principali vantaggi dei cavi in rame rispetto a quelli in fibra:

- **Costo:** i dispositivi e le relative tecnologie hanno costi molto più bassi rispetto alla fibra
- **Reperibilità:** sono molto più facili da trovare rispetto alla fibra
- **Facilità di installazione:** sono molto più facili da posare e da installare



Cap.3 Networking Media

3.1 – Copper Media

3.1.9 – Schema comparativo

| | 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 |



Cap.3 Networking Media

3.2 – Optical Media

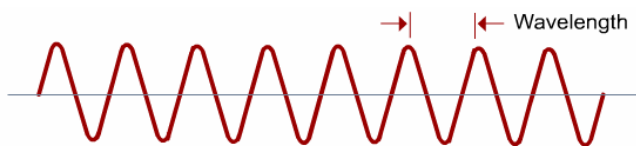
Sommario

1. Spettro elettromagnetico
2. Raggi di luce
3. Riflessione
4. Rifrazione
5. Riflessione totale interna
6. Fibra multi-modale
7. Fibra mono-modale
8. Altri componenti ottici
9. Segnali e rumori nelle fibre ottiche
10. Installazione, manutenzione e test di fibre ottiche



3.2.1 – Spettro elettromagnetico ed onde

- Le **Fibre Ottiche** sfruttano la propagazione della luce come energia elettromagnetica (al posto della corrente elettrica)
 - L'energia elettromagnetica viaggia sottoforma di **onde** (wave), attraverso tutti i mezzi materiali (in particolare nel **vuoto**, in **aria** o in alcuni materiali come il **vetro**), spostandosi da sorgente a destinazione mediante linee denominate **raggi**
 - La **lunghezza d'onda** indica la frequenza con cui l'onda si muove
 - L'occhio umano può percepire onde elettromagnetiche tra i **700 ed i 400 nm** (nanometri). Questo range di lunghezze d'onda è detto **luce visibile**. Alle lunghezze più elevate corrisponde l'**infrarosso**, alle più basse l'**ultravioletto**
- Le fibre ottiche sfruttano i diversi **Indici di Rifrazione** dei materiali per limitare il più possibile l'**energia rifratta** (al di sopra di un particolare angolo critico di emissione θ_c)
- La lunghezza delle onde usate per trasmissioni in fibra ottica sono di **850, 1310 oppure 1550 nm** perché viaggiano bene nella fibra (non sono visibili)



3.2.2 – Luce ed onde elettromagnetiche

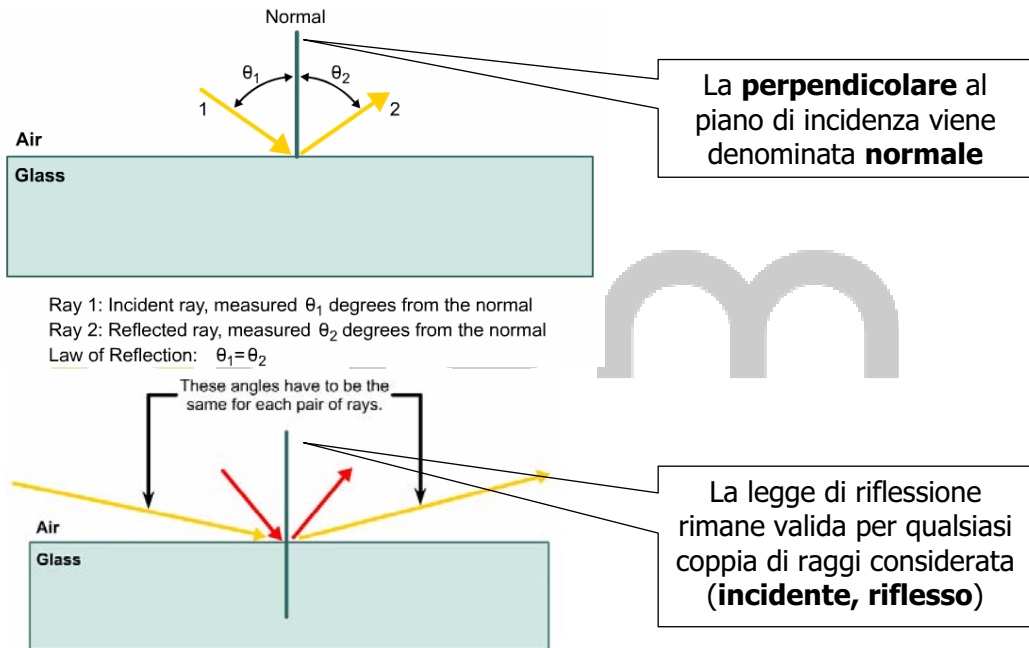
- La luce, come onda elettromagnetica, viaggia nel vuoto (vacuum) ad una velocità pari a 300,000 Km/s. Viaggia a velocità minori nel caso in cui attraversa materiali diversi dal vuoto (aria, acqua, vetro)
- Quando la luce incide su una superficie il raggio in parte viene **riflesso** e in parte viene assorbito (**rifratto**). Il raggio rifratto subisce una piegatura (*bending*) e attraversa la superficie con un angolo diverso da quello incidente.
- L'assorbimento e il bending della luce viene determinato dalla **densità ottica** del materiale in questione
- Come misura di densità ottica viene considerato l'**indice di rifrazione**, definito come rapporto tra la velocità della luce nel materiale considerato e quella nel vuoto

| Substance | Index of Refraction |
|-----------|---------------------|
| Air | 1.000 |
| Glass | 1.523 |
| Diamond | 2.419 |
| Water | 1.333 |

$$\text{Index of Refraction} = n = \frac{\text{Speed of light in vacuum}}{\text{Speed of light in material}}$$



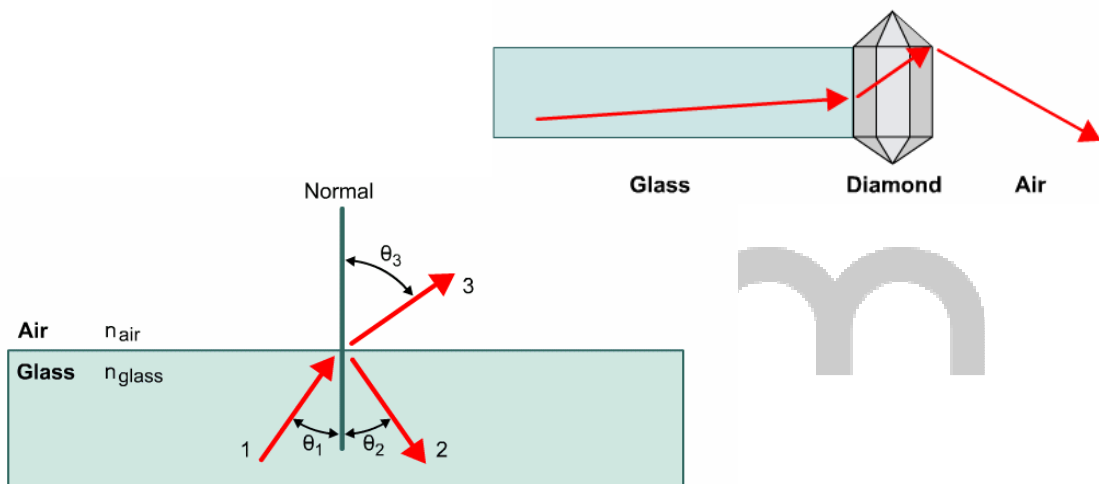
3.2.3 – Riflessione



Riflessione



3.2.4 – Rifrazione



Rifrazione

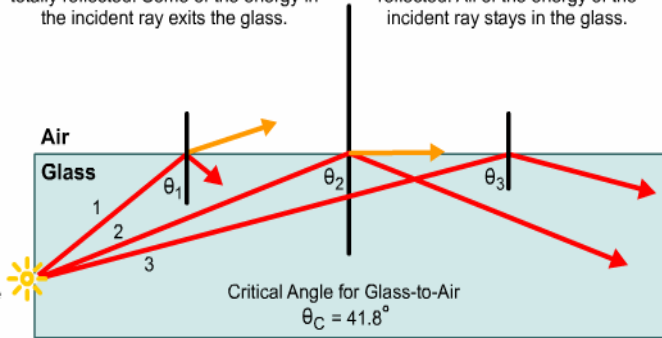


3.2.5 – Riflessione totale interna: quando avviene

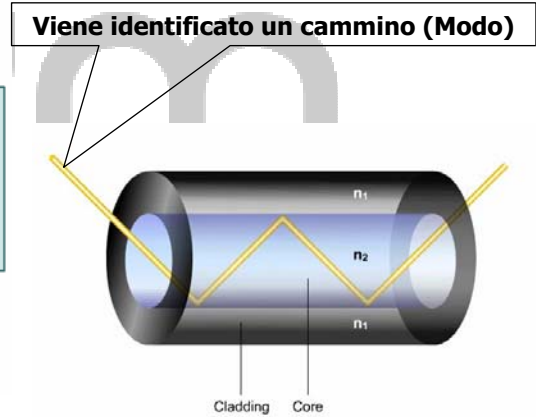
Il nucleo (core) della fibra ottica deve avere un indice di rifrazione **maggiore** del rivestimento (cladding) che lo circonda

Light incident at any angle smaller than or equal to the critical angle is not totally reflected. Some of the energy in the incident ray exits the glass.

Light incident at any angle greater than the critical angle is totally reflected. All of the energy of the incident ray stays in the glass.

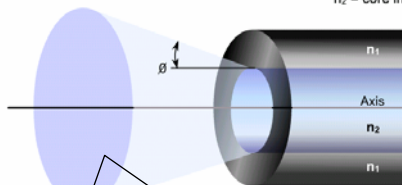
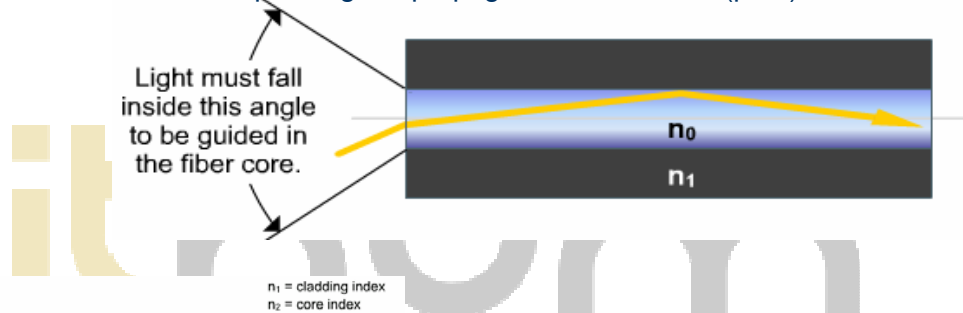


- Ray 1: $\theta_1 < \theta_C$, so ray reflects and refracts
- Ray 2: $\theta_2 = \theta_C$, so ray reflects and refracts
- Ray 3: $\theta_3 > \theta_C$, so ray is totally internally reflected



3.2.5 – Riflessione totale interna: apertura ed angolo

Modo: percorso che la luce può seguire propagandosi nella fibra (path)



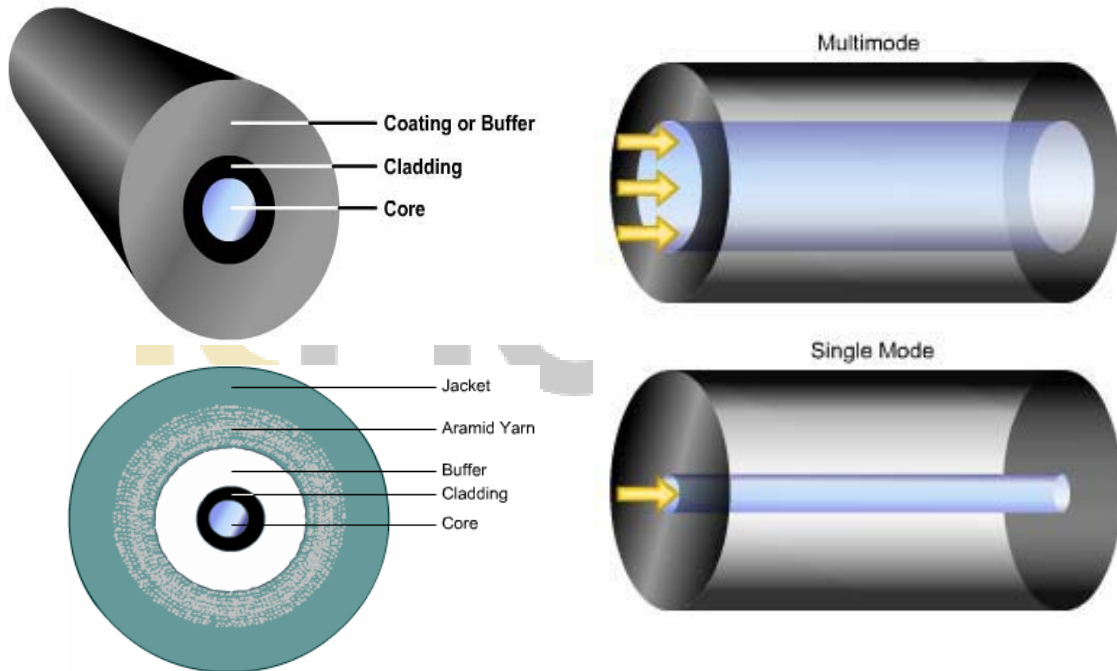
Apertura numerica di una fibra : range di angoli per i quali si ha **total internal reflection**



Cap.3 Networking Media

3.2 – Optical Media

3.2.6 – Fibra multi-modale e mono-modale



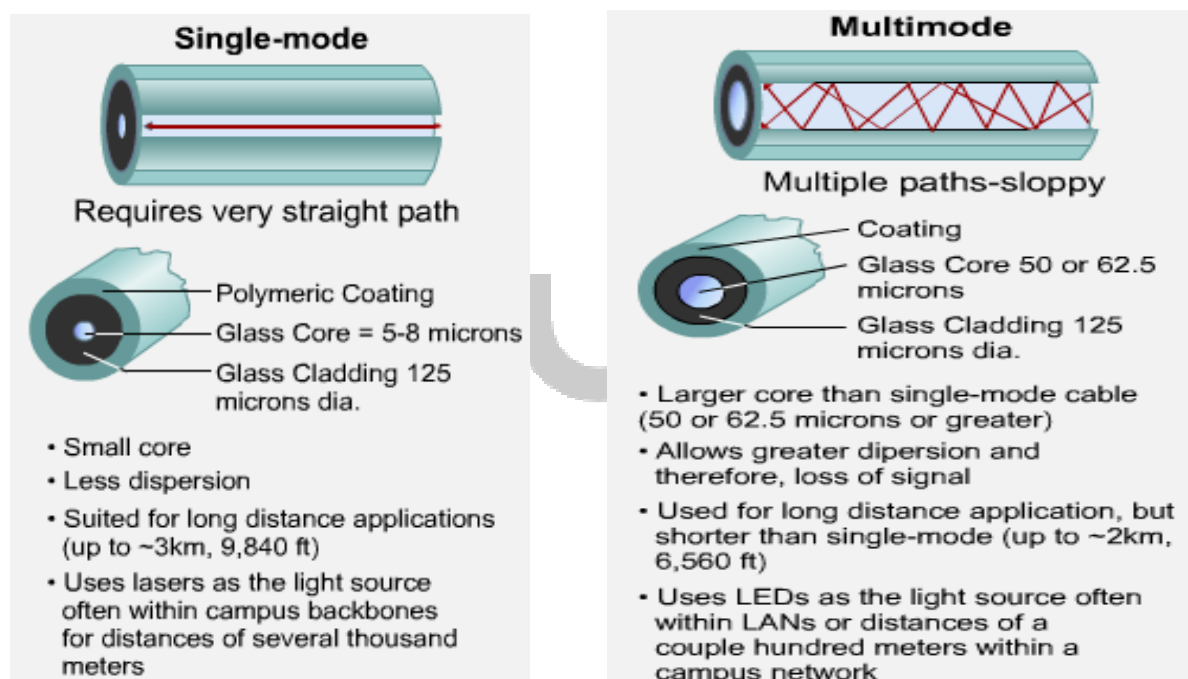
Fibre Mono e Multimodali



Cap.3 Networking Media

3.2 – Optical Media

3.2.6 – Fibra multi-modale e mono-modale



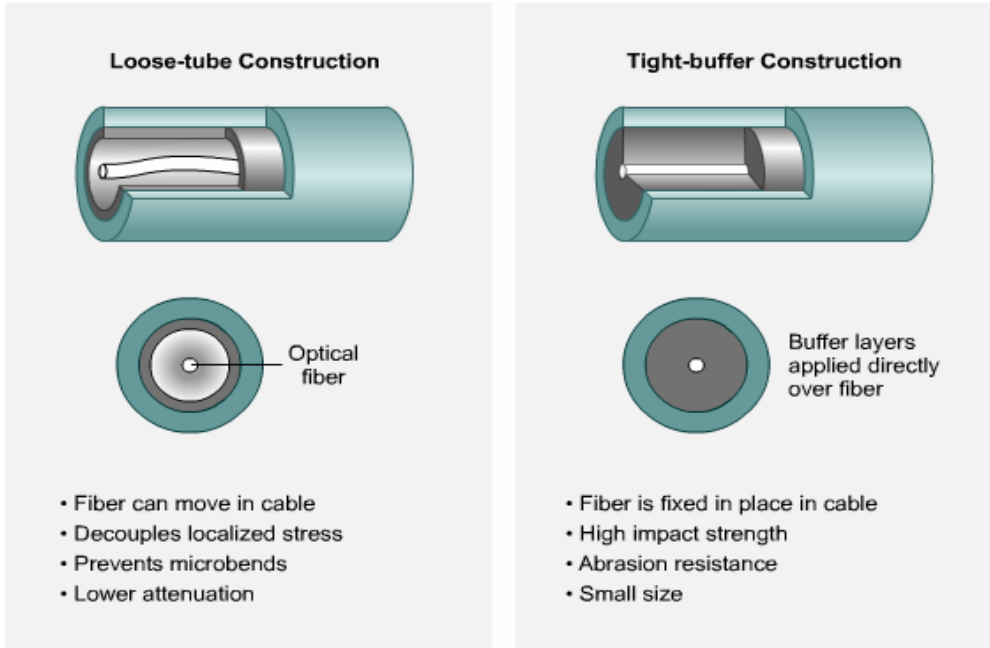
Fibre Mono e Multimodali



Cap.3 Networking Media

3.2 – Optical Media

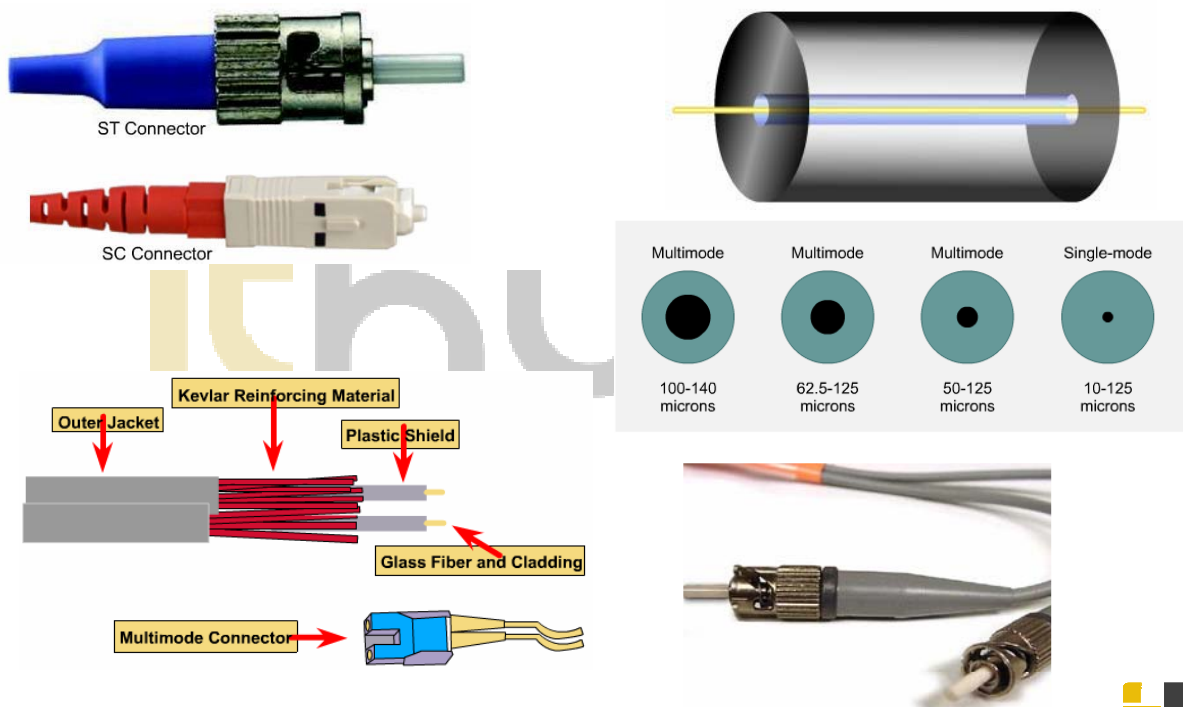
3.2.6 – Fibra multi-modale e mono-modale



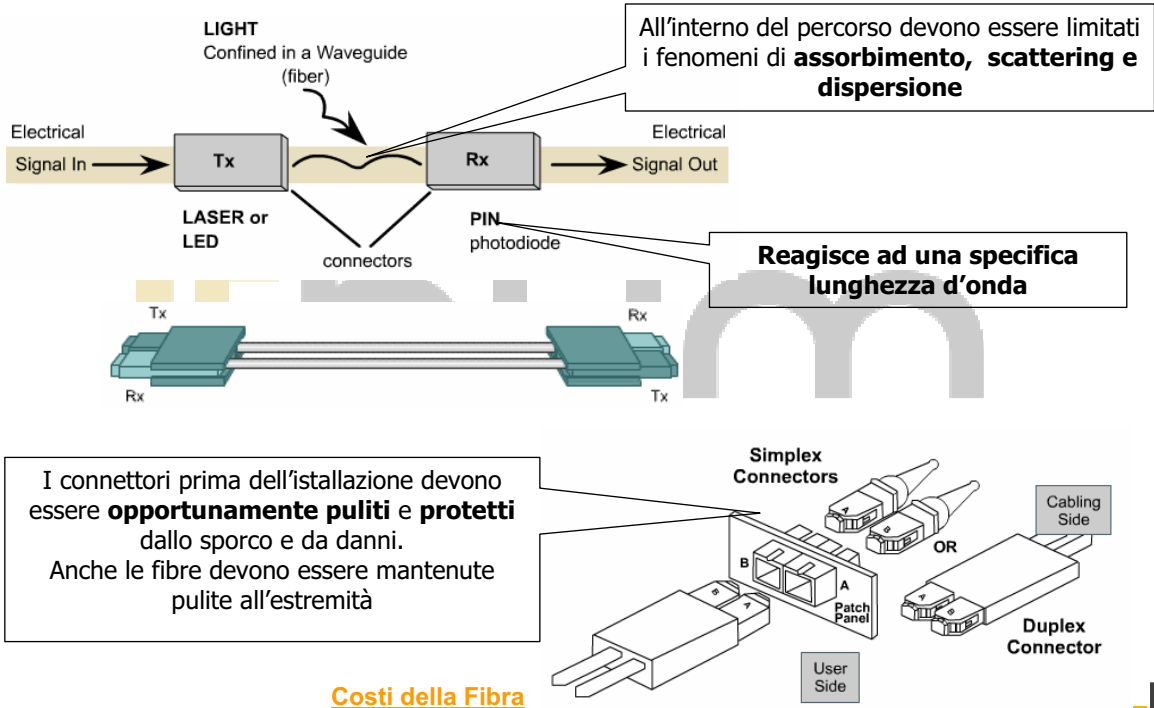
Cap.3 Networking Media

3.2 – Optical Media

3.2.7 – Fibra: Connettori, Core e Cladding

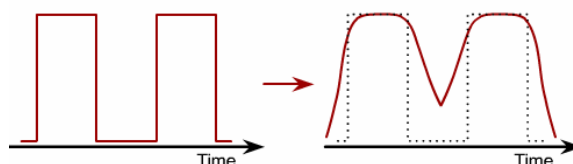


3.2.8 – Altri componenti ottici e Patch Panel



3.2.9 – Segnali e rumori nelle fibre ottiche

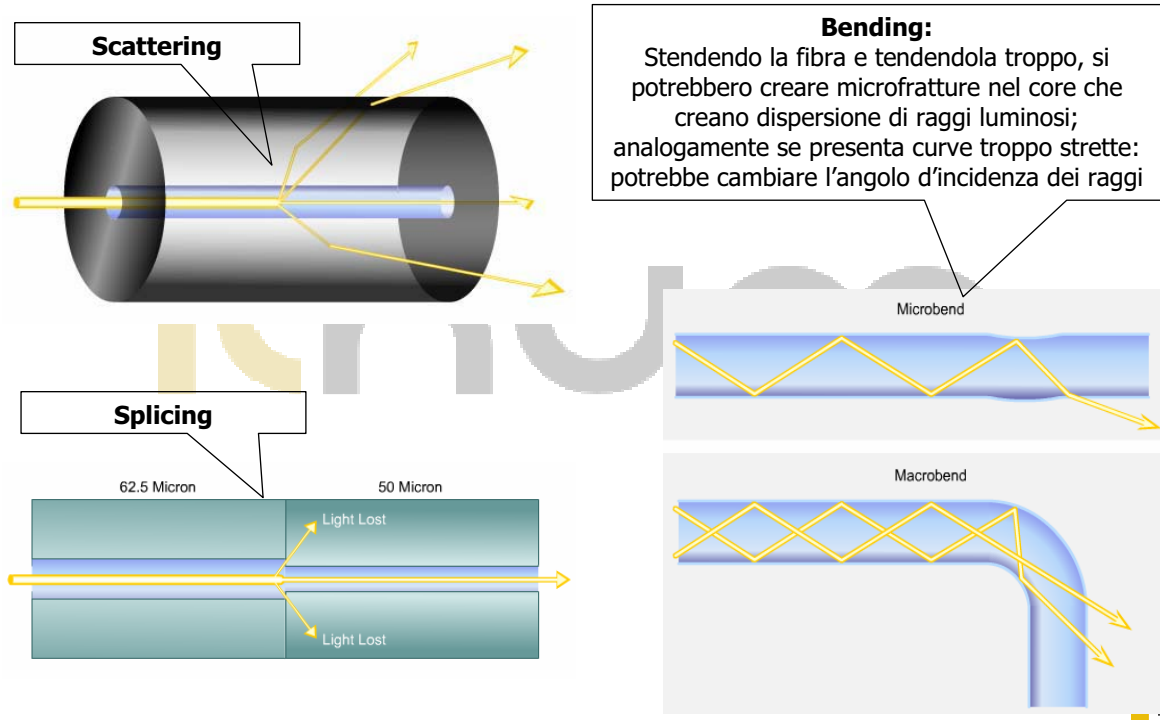
- **Scattering**
La **dispersione** (Scattering) di luce nelle fibra è causato da microscopiche discontinuità che creano riflessione e scattering d'energia all'interno della guida. E' il problema maggiore delle fibre
- **Assorbimento**
Si ha quando un raggio di luce colpisce alcune impurità chimiche presenti nella fibra, che assorbono parte dell'energia riscaldando quel punto e confondendo i segnali
- **Difetti di terminazione**
Creano attenuazione tutte le irregolarità ed i difetti dovute a terminazione non perfetta agli estremi



Cap.3 Networking Media

3.2 – Optical Media

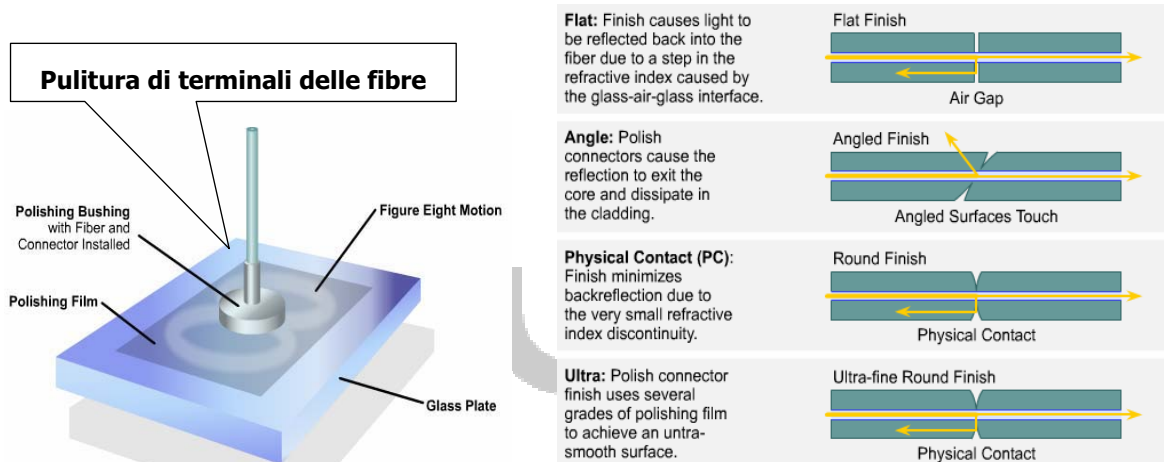
3.2.9 – Segnali e rumori nelle fibre ottiche



Cap.3 Networking Media

3.2 – Optical Media

3.2.10 – Installazione, manutenzione e test di fibre



Interducting protegge la fibra, la rende più facile da stendere, ed assicura il corretto raggio di curvatura



Strumenti di Test:
Optical Loss Meters e Optical Time Domain Reflectometers (OTDRs)



1. Organizzazione e standard di Reti Wireless
2. Periferiche e tipologie wireless
3. Funzionamento delle wireless LAN
4. Autenticazione ed associazione
5. Onde radio e spettro a microronde
6. Segnali e rumori nelle WLAN
7. Sicurezza nelle reti WLAN



3.3.1 - Organizzazioni e standard di reti wireless

Enti che sviluppano e propongono standard per i media:

- **UL** – Underwriters Laboratories
- **EIA** – Electronic Industries Alliance
- **TIA** – Telecommunications Industry Association
- **ANSI** – American National Standards Institute
- **IEEE** – Institute of Electrical and Electronics Engineers

- 802.11
- 802.11b
- 802.11a
- 802.11g

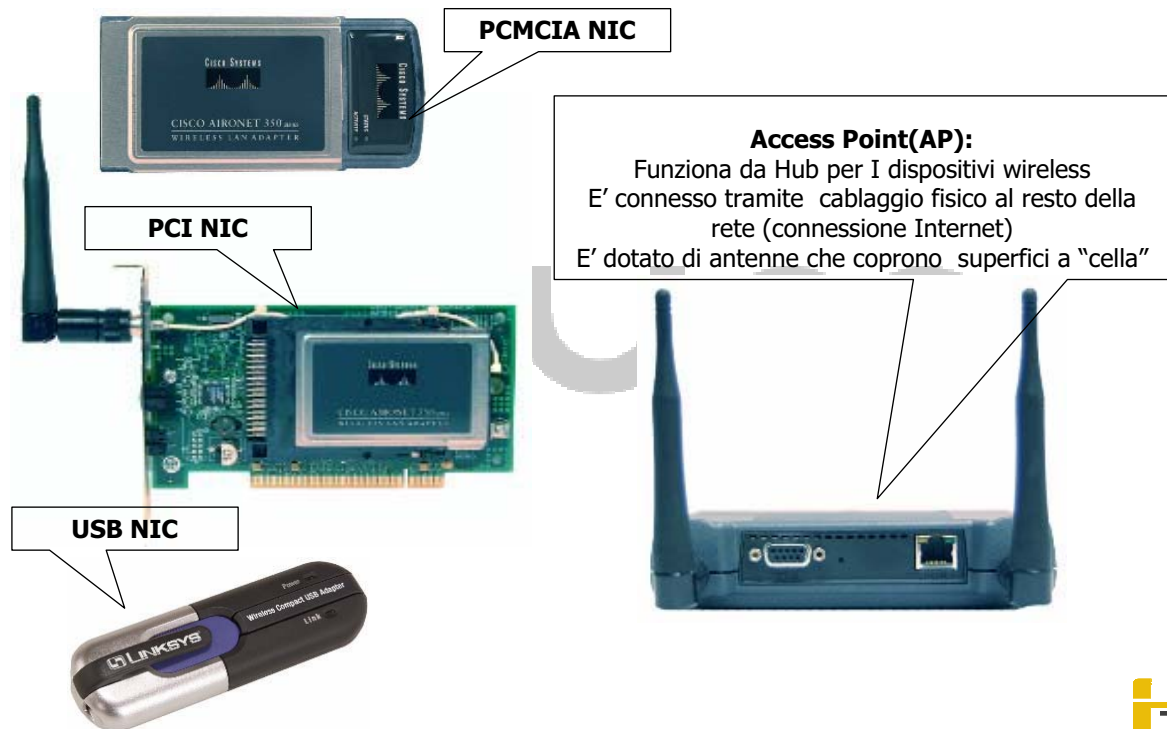
- La **IEEE (International organization of Electronics and Electrical Engineers)** ha stabilito gli standards per le reti wireless (**802.11**)
- Lo standard 802.11 utilizza il **Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)** come tecnologia di trasmissione;
 - Un sistema **DSSS compliant** può arrivare fino ad una capacità trasmissiva di **2 Mbps**
 - Un sistema **DSSS non-compliant** può arrivare fino a **11 Mbps**
- Lo standard **802.11b (Wi-fi)** aumenta le capacità di trasmissione fino a **11 Mbps**
- Lo standard **802.11a** copre dispositivi wireless che operano a frequenze pari a 5 GHz (mentre quelli 802.11b operano a frequenze 2.4 Ghz). Capace di portate pari a **54Mbps e 108Mbps (“rate doubling”)**
- A differenza dello standard **802.11a** che ha problema di compatibilità, lo standard **802.11g** unisce alle alte performance dello standard 802.11a quelle di compatibilità con gli standard 802.11 e 802.11b. Sfrutta una tecnologia di modulazione **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)**



Cap.3 Networking Media

3.3 – Wireless Media

3.3.2 - Periferiche e tipologie wireless



Cap.3 Networking Media

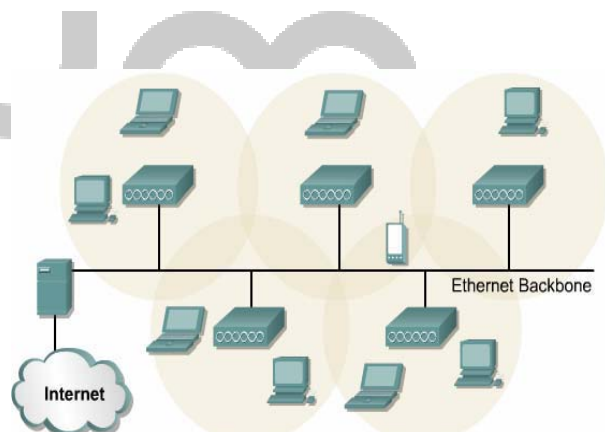
3.3 – Wireless Media

3.3.3 - Funzionamento delle wireless LAN

- Gli **Access-point** garantiscono connettività con la rete wired e/o l'accesso ad **Internet**
- La zona di copertura (**cella**) varia in un range tra **91.44** e **152.4** metri
- Per garantire una copertura maggiore e/o aree estese di devono utilizzare più Access-point con un certo **overlapping** (tipicamente **20-30%**), in modo da consentire il **roaming** tra celle adiacenti
- Tutti i device funzionano sia da client sia da server
- Non sempre c'è completa compatibilità tra prodotti di case differenti: per questo si utilizza un AP come Hub centrale

Funzionamento:

- un Host che vuole accedere alla WLAN "ascolta" per individuare a quale device associarsi (**fase di Scanning**)
 - se **"attiva"** richiede di entrare nella rete; appena trova un AP con lo stesso Service Set Identifier (SSID), si "autentica" e vi si "associa"
 - se **"passiva"** ascolta le beacon, che contengono le SSID, e cerca di collegarsi



3.3.3 - Funzionamento delle wireless LAN

Tipi di frame Wireless LAN:

- Tre classificazioni fondamentali
 - **Management Frame**
 - **Control Frame**
 - **Data Frame**
- Soltanto i frame di tipo **data** sono consistenti con l'analogo frame **Ethernet 802.3** (nella maggior parte dei casi viene limitato a **1518 B**)
- L'accesso al mezzo è di tipo **CSMA/CA, non deterministico**, come per le Ethernet, ma non prevede alcun meccanismo di **collision detection**
- Il meccanismo di **acknowledgwe** dei dati limita la banda disponibile al **50 %**

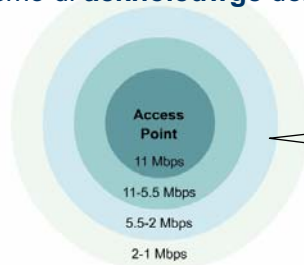
Management Frames

- 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



Adaptive Rate Selection (ARS):

Meccanismo che adatta il data rate ad effetti di degradazione all'interno della rete (segnale basso, interferenza)



3.3.4 - Autenticazione ed associazione

- **Autenticazione:** identifica il **dispositivo** (NIC) presso un **AP**; avviene a livello 2 (punto debole per la sicurezza); si può usare un Authentication Server
- **Associazione:** (conseguente all'Autenticazione) abilita l'utente ad utilizzare i servizi di connettività offerti dallo specifico AP
 - **Unauthenticated e Unassociated:** nodo non connesso alla rete e non associato ad AP
 - **Authenticated e Unassociated:** nodo autenticato, ma non ancora associato ad AP
 - **Authenticated e Associated:** nodo connesso alla rete ed in grado di trasmettere e ricevere dati attraverso l'AP

Lo standard **802.11** utilizza due metodi di autenticazione

- **Open System (SSID matching):** standard di connettività aperta con SSID, utilizzabile in ambienti sicuri e non; sniffer di basso livello sono in grado di scoprire l'SSID
- **Shared Keys** (cifatura WEP, key generated matching) richiede l'uso della **codifica** Wireless Equivalency Protocol (**WEP**): algoritmo abbastanza semplice che usa chiavi da 64 e 128 bit; l'AP è configurato con una chiave criptata ed i nodi che vogliono accedere alla rete attraverso l'AP devono avere la chiave corrispondente; l'uso di chiavi assegnate danno un livello di sicurezza maggiore del primo sistema, ma non sono a prova di bomba

Il problema di ingressi non autorizzati nelle WLAN è demandato in parte anche al lato tecnologico.

- Unauthenticated and unassociated
- Authenticated and unassociated
- Authenticated and associated

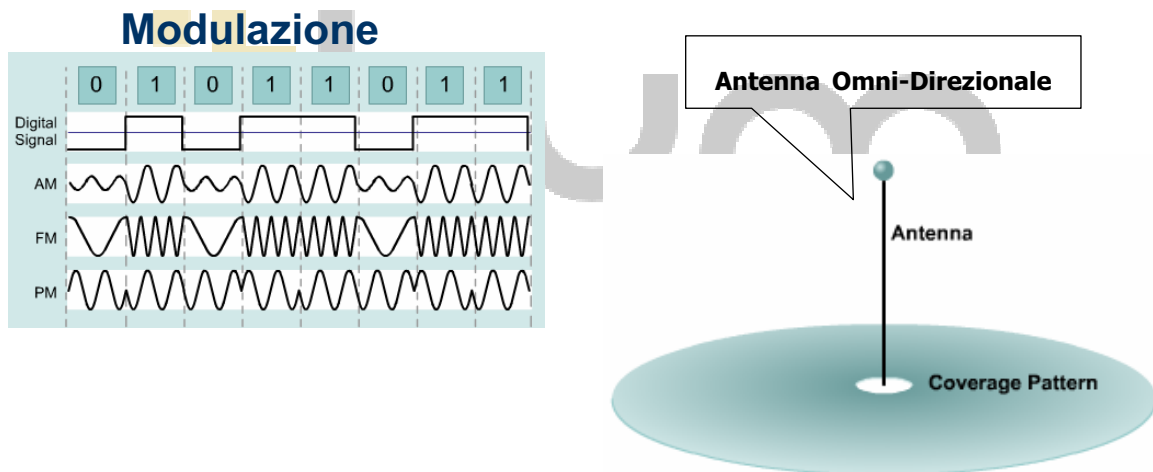


Cap.3 Networking Media

3.3 – Wireless Media

3.3.5 - Onde radio e spettro a microne

- Nei Computer i dati sono costituiti da segnali elettrici
- I trasmettitori radio (antenne) convertono i segnali elettrici in onde radio modulandole opportunamente



Cap.3 Networking Media

3.3 – Wireless Media

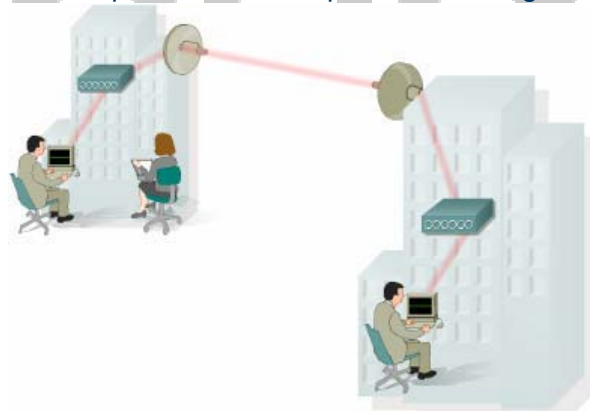
3.3.6 - Segnali e rumori nelle WLAN

I principali problemi di trasmissione sono dovuti al tipo d'Antenna ed alla stazione trasmittente:

- Interferenze a Banda Stretta
- Interferenze a Banda Larga

Site Survey: Dispersione di micro-onde, anche dell'ordine di 1 Watt nello spettro a RF, creano gravi danni alle WLAN

Interferenze dovute a condizioni atmosferiche: Le WLAN sono sensibili a nebbia, alta concentrazione d'umidità, lampi che alterano il percorso dei segnali trasmessi



3.3.7 - Sicurezza nelle reti WLAN

- Tecniche avanzate di sicurezza delegano l'autenticazione a dispositivi più sofisticati che operano al di sopra del Livello 2 (ad esempio Server dedicati)
- Vari livelli di protezione
 - **EAP-MD5 Challenge:** (Extensible Authentication Protocol) autenticazione basata su password (simile al CHAP nel caso Wired)
 - **LEAP:** utilizza lo scambio reciproco di credenziali con chiavi WEP dinamiche (utilizzata negli Access Point Cisco)
 - **User Authentication:** l'autenticazione è a livello di utenza
 - **Encryption:** prevede la cifratura dei dati per la protezione da intrusioni
 - **Data Authentication:** assicura l'integrità dei dati autenticando le periferiche sorgente e destinazione

- EAP-MD5 Challenge
- LEAP
- User Authentication
- Encryption
- Data Authentication

