

Mezzi trasmissivi

Lo schema di un sistema di comunicazione ha tipicamente tre componenti:



La trasmissione del messaggio può avvenire secondo tre tecnologie:

- trasmissione di segnali elettrici via cavo, che sfrutta una connessione fisica mediante un cavo conduttore
- trasmissione di segnali ottici tramite un particolare conduttore detto fibra ottica che sfrutta la luce e la sua propagazione.
- trasmissione di segnali wireless che sfrutta dispositivi in grado di utilizzare l'aria come mezzo conduttore.

La connessione con i **cavi in rame**

Caratteristiche elettriche

Per intensità **I** della corrente elettrica si intende la quantità di carica che in un secondo attraversa una data sezione **S** di un conduttore nell'unità di tempo ed è misurata in ampere.

Tutte le apparecchiature elettriche funzionano perché esiste una differenza di potenziale elettrico tra due punti che genera un flusso di corrente. Tipicamente nelle abitazioni e negli uffici la d.d.p è di 220 V, cioè fra i poli delle prese esiste una tensione di 220 V che garantisce un flusso di corrente.

I cavi scelti devono favorire il passaggio di corrente, cioè essere **conduttori**. Anche i conduttori migliori, tuttavia, offrono un **ostacolo**, anche se modesto, al passaggio della corrente che viene definito **impedenza**. L'impedenza di un conduttore è responsabile del degradamento del segnale e provoca il fenomeno della **attenuazione**. L'impedenza, espressa in Ohm è il parametro elettrico più importante per un cavo utilizzato a frequenze elevate e il cavo risulta migliore quanto più l'impedenza è stabile al variare della frequenza (**resistenza**), poiché in tal caso fornisce prestazioni più stabili. Quando avviene una trasmissione a frequenze elevate, l'impedenza d'uscita del trasmettitore, quella di ingresso del ricevitore e quella del mezzo trasmissivo, devono essere uguali e in questo caso si dicono adattati in impedenza.

Oggi i cavi realizzati hanno impedenze comprese tra 50 e 150 ohm e lavorano a intervalli di frequenza tra 100 Hz e 350 MHz.

La **velocità di propagazione** v_p indica la percentuale della velocità della luce nel vuoto dalla quale si propaga un segnale elettrico sul cavo. Il **propagation delay** (ritardo di propagazione) è il tempo che il segnale impiega ad attraversare un cavo e viene analizzato dai tester che misurano la lunghezza dei cavi (Time Domain Reflectometer). In base al tempo che un segnale impiega a percorrere un conduttore se ne ricava la sua misura, o si rilevano eventuali guasti del conduttore, circuiti aperti o cortocircuiti.

L'**attenuazione**, **Insertion Loss**, espressa in decibel, è il rapporto tra la tensione del segnale in ingresso al cavo e il valore misurato all'uscita, cioè all'estremità del cavo; viene testata con un Cable Tester ed è dovuta all'impedenza dei cavi, alla perdita di energia per l'isolamento dei cavi, all'impedenza dovuta ai connettori ecc.

Il **rumore**, o noise, è un segnale estraneo che si sovrappone a un segnale trasmesso e può essere causato dal **Cross-talk** o diafonia, il disturbo indotto in un cavo generato dal passaggio di corrente in un cavo vicino, da **RFI**, disturbi in radiofrequenza causati da dispositivi che usano la stessa

tecnologia come telefoni cellulari, radio, microonde, da **EMI**, disturbi di natura elettromagnetica generati da cavi elettrici, condizioni metereologiche ecc.

La protezione dal rumore viene fatta con la schermatura del cavo.

Un parametro molto importante per la normativa ISO è l'**ACR**, Attenuation to Crosstalk Ratio, che esprime il rapporto tra il segnale attenuato sul cavo e il segnale indotto dal cavo vicino. Questo valore deve essere elevato perchè si possa avere un basso numero di errori.

Le tipologie di cavi in rame più utilizzate sono :

il **cavo coassiale**: thinnet o cavo sottile e thicknet o cavo spesso

il **doppino**: STP (Shielded Twisted Pair) a coppie di fili doppiamente schermate, FTP (Foiled Twisted Pair) a coppie di fili con unica schermatura, UTP (Unshielded Twisted Pair) a coppie di fili non schermati.

Il cavo coassiale

Il cavo coassiale è costituito da un conduttore centrale in rame di sezione di 1mm circa, avvolto da un isolante PVC o teflon ricoperto da una maglia metallica costituita da filamenti di rame, esternamente ricoperto da una guaina. La sua schermatura lo rende immune da disturbi elettromagnetici. Agli estremi detti capocorda sono crimpati dei connettori BNC e il circuito viene chiuso da un terminatore a 50 ohm.

Il conduttore interno viene realizzato con due diversi diametri:

il **thicknet**, più spesso, è utilizzato nei backbone Ethernet ed ha una migliore schermatura

il **thinnet**, più sottile, usato negli anni '90 per le vecchie reti trova oggi scarsa applicazione. perché la loro banda passante è ottenuta anche dal doppino in rame.

Il doppino

Il doppino in rame è formato da una o più coppie (pair) di conduttori in rame intrecciati tra loro (twisted) per ridurre gli effetti di disturbi originati da campi magnetici. La corrente di ciascuno dei due conduttori è di uguale intensità e verso opposto quindi i campi magnetici generati sono opposti e tendono ad annullarsi.

Inoltre i fili sono schermati con un foglio di alluminio e con una calza costituita da un reticolo di fili di rame per migliorare la tolleranza ai disturbi elettromagnetici.

Il doppino nato come mezzo trasmissivo per la connessione delle linee telefoniche, viene ormai utilizzato anche per la trasmissione dati e cablaggi strutturati perchè i cavi composti da doppiini hanno costi nettamente inferiori ai cavi coassiali.

Questi cavi vengono classificati a seconda del livello di schermatura in:

UTP (Unshielded Twisted Pair), costituito da un insieme di 4 coppie di fili attorcigliati e avvolti in una guaina. Le coppie non sono ulteriormente schermate, l'impedenza è di circa 100 ohm, può collegare fino a 100 metri di distanza è sensibile ai disturbi elettromagnetici, ma è molto economico. Usa il connettore RJ45 che collega una o due coppie per cavo fonia e tutte e quattro le coppie per cablaggio strutturato;

FTP (Foiled Twisted Pair) quattro coppie di fili attorcigliati con unica schermatura globale. L'impedenza è di circa 100 ohm.

STP (Shielded Twisted Pair) a coppie di fili attorcigliati e doppiamente schermati, per coppia e tutti insieme. L'impedenza è di circa 150 ohm ed è in grado di ridurre il rumore rispetto al cavo UTP, ma è più costoso.

I doppini sono classificati in 7 categorie in base alla applicazione per la quale sono idonei :

La categoria 1 (Telecommunication) comprende i cavi adatti unicamente a telefonia analogica.

La categoria 2 (Low Speed Data) comprende i cavi per telefonia analogica digitale (ISDN) e trasmissione dati a bassa velocità (per esempio linee seriali).

La categoria 3 (High Speed Data) è la prima categoria di cavi adatti a realizzare reti locali fino a 10 Mb/s, in particolare per soddisfare gli standard 10BaseT di 802.3 e Token-Ring a 4Mb/s.

La categoria 4 (Low Loss, High Performance Data) comprende i cavi per LAN Token-Ring fino a 16 Mb/s.

La categoria 5 (Low Loss, Extended Frequency, High Performance Data) comprende i migliori cavi disponibili, per applicazioni fino a 100 Mb/s, su distanze di 100 metri.

La Categoria 6 cavi adatti a reti fino a 1 Gbps per 100 metri

La Categoria 7 cavi adatti a reti fino a 10 Gbps per 100 metri

In base a come vengono connessi ai due capi i cavi si dividono in cavi chiamati "dritti" (**straight through**) in cui i fili colorati sono ordinati secondo una precisa sequenza: quello arancione-bianco corrisponde al primo pin da sinistra, quello tutto arancione al secondo, quello verde bianco al terzo pin e così via per collegare dispositivi di tipo diverso. In tal caso sarà il dispositivo a provvedere all'inversione dei conduttori elettrici in modo che il segnale di trasmissione proveniente da un computer sia smistato sul filo di ricezione del sistema destinatario.

Il cavo "incrociato" (**crossover**) ha la funzione di collegare direttamente due computer o due device dello stesso livello. Si chiama crossover in quanto le coppie di fili di rame dell'UTP sono invertite, perchè in questo modo la parte che trasmette è posizionata da un lato, mentre la parte che riceve è posizionata dall'altro lato.

La fibra ottica

Oltre alla trasmissione di segnali elettrici un secondo fenomeno fisico per trasmettere le informazioni usato è la luce che viene propagata utilizzando un particolare conduttore chiamato fibra ottica, associando all'accensione e allo spegnimento della luce i valori binari di 0 e 1.

Nel sistema di trasmissione ottica le tre componenti trasmettitore, ricevente e mezzo trasmissivo sono così individuabili

- Tx: la sorgente luminosa che può essere un LED o un laser che converte i segnali elettrici in impulsi luminosi
- il mezzo di trasmissione che è la fibra ottica;
- Rx: il fotodiodo ricevitore che converte gli impulsi ottici in impulsi elettrici

Il rallentamento dello sviluppo e dell'impiego delle fibre ottiche era dovuto all'elevata attenuazione, che nel 1965 raggiungeva ancora i 1000 dB/Km. Soltanto nel 1967 è stato possibile affermare che le fibre ottiche hanno la potenzialità di rivoluzionare le comunicazioni sostituendo il cavo metallico. Infatti in quegli anni fu individuata la causa delle elevate attenuazioni nella non sufficiente purezza del materiale utilizzato. Anche la tecnologia dei trasmettitori e dei ricevitori per fibra ottica ha compiuto grandi passi in avanti in termini di potenza, sensibilità e durata dei dispositivi. I primi cavi sono diventati operativi tra il 1973 e il 1976. La fine degli anni ottanta ha segnato la maturità delle fibre ottiche, e a partire dall'inizio degli anni novanta esse sono state impiegate anche per le reti locali.

Il vetro, se stirato a dimensioni micrometriche, perde la sua caratteristica di fragilità e diventa un

filo flessibile e robusto. Una fibra ottica si presenta come filo di materiale vetroso costituito da due parti : la più interna prende il nome di nucleo (core), e l'esterna di mantello (cladding). Il core ed il cladding hanno indici di rifrazione diversi, ed il primo è più denso del secondo. La differenza negli indici di rifrazione determina la possibilità di mantenere la luce totalmente confinata all'interno del core

Il grande successo delle fibre ottiche è dovuto a diversi fattori tra cui:

- totale immunità da disturbi elettromagnetici, non impiegando materiali conduttori, e trasportando particelle (fotoni) elettricamente neutri;
- alta capacità trasmissiva: sono operative fibre ottiche a 2 Gb/s;
- bassa attenuazione: alcuni decimi di dB/Km;
- dimensioni ridottissime e costi contenuti

Per contro, le fibre ottiche sono unicamente adatte a collegamenti puntopunto, non essendo possibile prelevare o inserire il segnale in un punto intermedio, cosa invece possibile con mezzi trasmissivi elettrici.

La dimensione standard del diametro delle fibre è nell'ordine di micron, e con il rivestimento esterno si giunge a diametri di circa 0.25 mm.

Ogni cavo in fibra ottica è composto da coppie di fibre: una per il trasmettitore Tx e l'altra per il ricevitore Rx per cui la trasmissione è full-duplex e le due fibre sono poste in un unico contenitore fino ai connettori. Ogni cavo può contenere fino a 24 coppie. Si distinguono diverse tipologie di cavi

Cavi a struttura aderente (**tight**) in genere usate all'interno degli edifici

La presenza di un rivestimento aderente rende le fibre meno "libere" dalle sollecitazioni che si scaricano sul cavo e dunque più sensibili a variazioni di temperatura ed alle deformazioni del cavo (ad es. il tiro in fase di posa, le curvature temporanee e permanenti). Presentano il vantaggio di compattezza, leggerezza, flessibilità, operazioni di posa e di connettorizzazione semplificate.

Cavi a struttura lasca (**loose**) in genere usate per installazioni esterne agli edifici e sono poco adatte ai cablaggi verticali, attorno alla fibra è estruso un tubetto termoplastico con caratteristiche di:

- modulo elastico elevato
- basso coefficiente di dilatazione termica
- ritiro contenuto dopo l'estrusione (post-shrinking)

La fibra è libera all'interno del tubetto e quindi disaccoppiata meccanicamente, il che permette al cavo di sopportare carichi più elevati rispetto ai cavi a struttura aderente, senza variazioni dei parametri trasmissivi.

I cavi in fibra ottica possono essere single-mode e multi-mode. Entrambi hanno applicazioni nei sistemi di cablaggio strutturato. I cavi in fibra ottica single-mode trasmettono un singolo raggio di luce per trasportare segnali modulati. Sono normalmente utilizzati in applicazioni che richiedono la trasmissione di segnali su una lunga distanza, ad esempio, tra impianti separati di un Campus.

Il cavo in fibra ottica multi-mode trasporta raggi di luce multipli con diversi angoli di riflessione all'interno del nucleo della fibra. Con un nucleo della fibra che è più spesso della fibra ottica single-mode, la fibra ottica multi-mode è più adatta per i brevi tratti, come quelli tra apparati e pannelli.

Il connettore più comune per le fibre multimode è SC, per le SingleMode è ST, di ultima generazione il connettore LC.

Le perdite causate dalle fibre ottiche si possono classificare in quelle che deformano il segnale d'ingresso che quindi determinano **dispersione** e in quelle che ne riducono la potenza che cioè ne determinano l'**attenuazione**.

Il rapporto tra la potenza ottica trasmessa e quella ricevuta, dopo una lunghezza di fibra di riferimento, definisce l'attenuazione della fibra stessa, che è una funzione della lunghezza d'onda, del tipo di fibra, e delle eventuali sollecitazioni meccaniche che agiscono sulla fibra.

Le perdite per attenuazione possono essere raggruppate in due categorie:

- perdite dovute alla realizzazione tecnologica;

-perdite dovute all'interconnessione tra fibre ottiche;

La connessione wireless

La tecnologia wireless utilizza dispositivi in grado di comunicare messaggi utilizzando l'etere come mezzo conduttore e realizzando reti senza fili.

I metodi più utilizzati sono:

raggi infrarossi

onde radio

La tecnologia a raggi infrarossi è molto semplice ma ha il grosso svantaggio di essere sensibile agli ostacoli e quindi utilizzabile solo in spazi aperti.

Le onde radio invece sono in grado di passare attraverso muri o stanze. Il protocollo IEEE che regola le reti wireless a onde radio è il numero 802.11.

Molto usato nelle reti locali questo tipo di trasmissione è comunque soggetto ad una maggior frequenza di errori, dovuti a interferenze esterne. Inoltre si richiede che i vari PC siano abbastanza vicini tra loro per evitare che il segnale si attenui. Accanto a questo, che forse rappresenta l'handicap maggiore di una rete wireless, si possono constatare diversi vantaggi.

Primo fra tutti la semplicità del cablaggio, se così si può dire, visto che non c'è bisogno di tirare cavi, montare canaline e armadi di cablaggio, con conseguente eliminazione di tutti i problemi connessi alla riorganizzazione degli spazi nei vari ambienti dove sono situati i computer, i server ed i dispositivi di accesso. Cambiando poi la posizione di una postazione di lavoro non occorre effettuare alcuna modifica sui dispositivi di interconnessione. Gli home computer possono inoltre accedere facilmente alla posta elettronica e ad Internet senza avere una posizione fissa vicina all'appresa telefonica. Altro vantaggio non indifferente riguarda la possibilità di realizzare una rete mista, aggiungendo cioè ad una rete cablata una WLAN.

Le modalità di trasmissione wireless possono essere:

IBSS (Independent Basic Service Set) connessione peer to peer senza infrastruttura

EES (Extended Service Set) con un Access Point connesso alla rete cablata o a Internet.

Per realizzare una rete wireless c'è necessità di garantire la compatibilità attraverso i vari dispositivi attraverso un Access Point che ha la funzione di concentratore e collegatore tra la rete wireless e la Lan cablata.

Un **Access Point (AP)** è un dispositivo elettronico di telecomunicazioni che permette all'utente mobile di collegarsi ad una rete wireless direttamente tramite il suo terminale se dotato di scheda wireless. Se esso viene collegato fisicamente ad una rete cablata (oppure via radio ad un altro access point), può ricevere ed inviare un segnale radio all'utente grazie ad antenne e apparati di ricetrasmisione, permettendo così la connessione sotto forma di accesso radio

Un Access Point IEEE 802.11 può normalmente comunicare con circa 30 client nel raggio di circa 100 m, anche se il range di copertura può scendere sensibilmente in presenza di ostacoli fisici nella linea di vista.

Un access point può funzionare diverse modalità. Non tutti i dispositivi supportano tutte le modalità, e alcuni possono operare in più modalità contemporaneamente.

- **Root Mode:** è la modalità standard di funzionamento dell'Access Point, in cui esso è collegato alla rete wired e funziona da punto di accesso alla rete per i nodi mobili wireless (Laptop, Cellulari, Palmari, ecc.). Utilizzato in questa configurazione l'Access Point si comporta come uno hub wireless.
- **Bridge Mode:** crea un link wireless tra due (point-to-point) o più (point-to-multipoint) access point, ciascuno dei quali è collegato ad un segmento di rete cablata. In questo modo i diversi segmenti di rete cablata vengono interconnessi.
- **Repeater Mode:** configurazione utilizzata per aumentare il raggio di copertura di una rete wireless quando vi sono difficoltà di raggiungimento con il cablato di una determinata zona.

questo comporta una drastica riduzione del throughput.

I problemi principale per una rete senza fili sono le collisioni, gestite attraverso un protocollo di livello 2 il CSMA/CA e la sicurezza. I segnali radio, infatti, essendo diffusi nell'atmosfera, possono essere intercettati senza difficoltà; di conseguenza è necessario prendere contromisure di tipo crittografico e ciò può avvenire tramite l'utilizzo di chiavi WEP, accertate poco sicure e successivamente sostituite con le chiavi WPA o con tecniche di filtraggio dell'accesso tramite accredito del MAC.