

# 1 Mezzi di trasmissione (transmission media)

Ogni mezzo di trasmissione si comporta come un filtro, passabanda o passabasso.

Direzione della propagazione. I mezzi di trasmissione possono trasportare segnali che fluiscono contemporaneamente in entrambe le direzioni ma sono anche comuni i casi in cui la direzione della propagazione dei segnali è unica. Le tecniche di trasmissioni esistenti possono utilizzare il mezzo in modo bidirezionale o monodirezionale, a seconda della convenienza nei casi specifici.

## 1.1 Mezzi guidati

Si dicono "guidati" quei mezzi di trasmissione in cui l'onda elettromagnetica che trasporta l'informazione si propaga nella stessa direzione del mezzo. In questi casi l'onda viene "incanalata" nel mezzo e costretta a seguire il suo percorso.

### 1.1.1 Doppini telefonici

Il doppino telefonico è stato per un secolo il mezzo di trasmissione per eccellenza. Semplice da produrre e perciò molto a buon mercato, è realizzato in molte forme diverse, alcune delle quali "corazzate" per poter essere posate, applicando grosse forze, in canalizzazioni strette e lunghe. Si trova sia in cavi singoli, comprendenti una sola coppia, che in cavi multipli, in cui trovano posto molte decine di coppie.

Con doppini è cablata la maggior parte dei collegamenti finali dalle centrali telefoniche agli utenti.

Negli ultimi anni si è assistito a grandi sforzi per utilizzare il doppino anche per le comunicazioni di dati ad alta velocità. E' molto migliorata l'elettronica di trasmissione ed anche la qualità dei nuovi cavi prodotti. Questo permette di ottenere velocità fino a poco tempo fa impensabili con questi mezzi di trasmissione. Su distanze di poche decine di metri due coppie di buoni doppini possono supportare velocità di 100 Mbit/s, in un futuro vicino si arriverà a 1 Gbit/s. Il doppino telefonico viene utilizzato in modo bidirezionale nelle reti telefoniche analogiche, mentre è monodirezionale nelle reti locali ad alta velocità e nelle reti telefoniche digitali.

### UTP

Il doppino telefonico classico è costituito da due semplici cavi di rame intrecciati. Da ciò discende il nome di gergo del doppino, che viene anche detto "coppia ritorta" o UTP (**U**nshielded **T**wisted **P**air: coppia (pair) ritorta (twisted) non schermata (unshielded)).

Il fatto che la coppia di fili sia intrecciata permette di ridurre le interferenze sul segnale trasmesso provenienti dall'esterno e quelle che il segnale all'interno del cavo immette nell'ambiente circostante. Infatti ogni cavo costituisce anche un'antenna, che è tanto più efficace quanto maggiore è l'area che copre. Intrecciando i fili il campo elettromagnetico viene "attorcigliato" anch'esso, cancellandosi. Se le caratteristiche geometriche del cavo fossero ideali, l'area coperta dall'antenna sarebbe ridotta a zero. In pratica nei cavi reali, se la geometria del cavo viene controllata accuratamente in fase di produzione, di posa e di uso, i disturbi sono ridotti al minimo possibile.

L'impedenza caratteristica nominale dell'UTP telefonico è di 600  $\Omega$  in banda telefonica, 150  $\Omega$  in banda base. I doppini per dati più comunemente usati al giorno d'oggi hanno impedenza di 100  $\Omega$ .

La norma EIA/TIA 568 elenca le specifiche che devono rispettare i doppini telefonici, suddividendoli in cinque categorie, a seconda della loro qualità (TIA = Telecommunications Industry Association). Le classificazioni sono le seguenti: Categoria 1 (telecommunication): solo per telefonia vocale, che impieghi circuiti che limitano la potenza trasmessa. Lo standard non dà particolari specifiche per questo tipo di doppini.

Categoria 2 (low speed data): per cavi telefonici multipli fino a 25 coppie, linee seriali e ISDN. Banda passante 1 MHz.

Categoria 3 (high speed data): oltre che per fonìa, si usa anche per trasmissione dati, con banda passante di 16 MHz e velocità fino a 10 Mbit/s (p.es. UTP Ethernet - IEEE 802.3 10Base-T (vedi oltre))

Categoria 4: anche per trasmissione dati, a banda passante di 20 MHz e per velocità fino a 16 Mbit/s (p.es. Token ring (vedi oltre)). Attualmente non si trovano più cavi in categoria 4, sostituiti dalla categoria 5 per tutti gli scopi.

Categoria 5: per le reti dati fino a circa 100 Mbit/s e fino a 100 m (p.es. Fast Ethernet, ATM a 155 Mbit/s, FDDI (vedi oltre)). Potrebbe essere usato anche per il cablaggio in rame di reti a 1 Gbit/s (anche se è probabile che dia problemi).

Categoria 5e (enhanced): introdotta come soluzione transitoria per il cablaggio di reti Ethernet a 1 Gbit/s. Banda passante del mezzo: 100 MHz.

Categoria 6: cablaggio da realizzare per avere una rete Ethernet a 1 Gbit/s affidabile e durevole. Banda passante del mezzo: 200 MHz.

Categoria 7: (sperimentale alla data di questa scrittura) per 10 Gbit Ethernet su rame (se e quando 10 Gbit Ethernet arriverà sul mercato). Dovrebbe supportare una banda passante di 600 MHz. Dovrebbe richiedere un nuovo connettore, diverso dall' RJ-45, e coppie individualmente schermate.

La norma internazionale equivalente alla EIA/TIA 568 è la ISO/IEC 11801, che comprende anche cavi STP e suddivide i mezzi di trasmissioni in "Classi" che possono trovare una certa corrispondenza, anche se non molto diretta, con le categorie della norma EIA/TIA 568.

I doppi telefonici vengono utilizzati nelle trasmissioni dati con una tecnica di trasmissione "bilanciata" ("differential mode"), nella quale viene inviato su ogni filo della coppia lo stesso segnale, ma in opposizione di fase. Ciò significa, per esempio, che quando su un filo c'è 1 V, sull'altro c'è -1V. In questo modo non è necessario riferire a massa il segnale trasmesso e non si catturano interferenze con "loop di massa" che funzionano come antenne riceventi. Il segnale originario è ricostruito in ricezione facendo la differenza fra le tensioni che si misurano sui due cavi. I disturbi sono limitati perché onde elettromagnetiche esterne alla coppia hanno lo stesso effetto su entrambi i fili, il loro effetto viene però annullato dalla differenza fra le tensioni effettuata in ricezione.

Per minimizzare le interferenze è necessario che si mantenga una simmetria perfetta, sia, come visto, nella tecnica di trasmissione elettrica che nella conformazione geometrica della coppia. Le tecnologie di produzione dei doppi moderni sono tali da assicurare una ottima regolarità della geometria del cavo, che non viene molto modificata anche quando il cavo viene sottoposto a stress durante la posa. Ciò significa un valore costante dell'impedenza caratteristica, e quindi una limitazione dei problemi di distorsione del segnale.

## STP

L'STP è il doppino telefonico schermato (**Shielded Twisted Pair**). Esso ha una guaina metallica esterna ("shield"), cui si collega la massa di segnale e che contribuisce a dare maggiore immunità ai disturbi esterni. Si usa in quegli ambienti in cui l'UTP si potrebbe rivelare inadatto per la presenza di radiazioni elettromagnetiche di disturbo, per esempio ove vi siano frequenti accensioni e spegnimenti di grossi motori o di altri considerevoli carichi elettrici induttivi, oppure ove si vuole ridurre i disturbi che il cavo LAN induce in apparecchiature sensibili. Bisogna considerare il fatto che la presenza del conduttore di schermo potrebbe rappresentare più un problema che un vantaggio, se l'installazione non viene fatta a regola d'arte. Infatti le esigenze di schermatura contro i disturbi e di messa a terra per sicurezza elettrica sono contrastanti e si potrebbe presentare il problema dei "loop di terra", che aumenterebbe i disturbi invece che diminuirli.

### *Twinax*

Il doppino schermato usato nel sistema di cablaggio IBM viene di solito chiamato "twinax".

## 1.1.2 Cavi coassiali

Un cavo coassiale è formato da un conduttore centrale e da uno o più schermi cilindrici che hanno lo stesso asse del conduttore centrale (sono, appunto, co-assiali!).

Il cavo coassiale ha caratteristiche molto migliori del doppino riguardo all'attenuazione, che è considerevolmente minore, alla immunità ai disturbi, ed alla banda passante.

Con cavi coassiali sono facilmente ottenibili velocità di 50-100 Mbit/s (cavi in banda base), fino a 450 Mbit/s (usando cavi a banda larga). Se la ricerca avesse continuato a spingere sullo sviluppo di tecnologie su cavo coassiale, si sarebbe probabilmente arrivati anche a velocità molto maggiori. Però, nonostante i cavi coassiali siano un miglior mezzo di trasmissione rispetto ai doppi, essi sono stati via via soppiantati, dai doppi per le applicazioni a bassa / media / alta velocità e dalla fibra ottica per le applicazioni ad altissima velocità o su lunga tratta.

Il doppino ha sostituito il cavo coassiale per:

- maggior costo del cavo coassiale (prima solo rispetto al doppino ed ora anche rispetto alla fibra ottica)
- rigidità ed ingombro del supporto (sia il doppino che la fibra ottica sono più flessibili e più sottili)
- maggior costo del cablaggio e del connettore (solo per il caso del doppino)
- minor flessibilità di utilizzazione: il doppino è usato in molti altri contesti diversi dalle reti di computer, quali: telefonia, tele sorveglianza, acquisizione dati, citofoni ..

Le trasmissioni su cavo coassiale sono di solito bidirezionali.

### Cavi coassiali in banda base

I cavi coassiali per banda base sono adatti ad essere usati con tecnica di trasmissione digitale, cioè, appunto, con segnali in banda base.

#### *Thick Ethernet (RG213)*

È il supporto su cui è nata la rete locale Ethernet (vedi capitolo "Ethernet").

#### *Thin Ethernet*

Usato in alcuni tipi di reti locali Ethernet. Spesso al suo posto è anche utilizzato il più comune RG58, che anziché avere un doppio schermo (foglio più calza) dispone di uno schermo singolo (calza).

L'impedenza caratteristica è di 50 Ω.

### Cavi coassiali a banda larga (broadband coaxial)

I cavi coassiali a larga banda sono prodotti per essere utilizzati con tecniche di trasmissione analogiche. Spesso viene spedito più di un messaggio nello stesso cavo, con tecniche di multiplexazione analogiche (FDM).

#### *Backbone telefonici*

Usati per i collegamenti telefonici fra centrale e centrale, oggi non vengono più posati.

Spesso molti coassiali erano raggruppati insieme, in grossi cavi che ne contengono molte decine.

Hanno il problema della diafonia.

### *Cavi per "cable TV"*

Usato nelle reti di TV via cavo, può trasportare un centinaio di canali televisivi. Ha conduttori di alluminio che costano meno di quelli in rame.

Più della metà delle case USA è collegata con reti di cable TV.

### 1.1.3 Fibre ottiche

Nella fibra ottica si propaga una radiazione luminosa, che è anch'essa un'onda elettromagnetica, ma di una frequenza talmente alta che non viene prodotta dai normali dispositivi elettronici.

Un cavo a fibre ottiche è un sottilissimo filo cilindrico di vetro puro o di plastica, il cui diametro va da 2 a 125  $\mu\text{m}$ <sup>1</sup>.

Le fibre di utilizzo più frequente sono divise in tre sezioni: core (nucleo), cladding (guaina), jacket (rivestimento).

Il core ed il cladding costituiscono la fibra ottica ed hanno caratteristiche ottiche diverse. Il jacket è una ricopertura protettiva che ricopre e protegge una o più fibre ed è "scuro" per la luce della stessa lunghezza d'onda che la fibra utilizza.

Nella fibra viene trasmessa luce visibile od infrarossa; per le telecomunicazioni si usa di solito luce infrarossa perché le lunghezze d'onda che vengono propagate meglio nelle fibre ottiche sono inferiori ai 400 nm (soglia del visibile). Le fibre ottiche sono usate anche per condurre la luce visibile, in applicazioni come gli endoscopi medici ed industriali.

La luce viene emessa dalla sorgente, che può essere un LED od un laser, poi viene immessa nella fibra ottica e viene da essa condotta fino alla destinazione. Il rivelatore della luce in ricezione può essere un dispositivo al silicio fotoreattore, fotodiodo o fototransistor o, molto raramente, un fotomoltiplicatore (dispositivo elettromeccanico). La "conduzione" della luce avviene in modo diverso a seconda del tipo della fibra.

Le prestazioni delle fibre ottiche sono sconvolgenti. Per una singola fibra sono previste velocità teoriche fino a 30 Tbit/s, che corrispondono a 450 milioni di conversazioni telefoniche digitali di buona qualità. Sono state già ottenute velocità di 100 Gbit/s su tratte brevi e 2 Gbit/s su tratte di molti chilometri.

Le tecniche di trasmissione che si usano nelle fibre ottiche sono quasi sempre digitali, molto raramente analogiche.

Un caso particolare "analogico" è l'uso di fibre ottiche come sensori, dato che alcune fibre, opportunamente trattate, possono cambiare le loro proprietà ottiche in funzione di parametri fisici quali la temperatura, l'umidità, e di molte altre grandezze fisiche.

I vantaggi della fibra ottica sono molti ed importanti:

- larghezza di banda: come già detto, è enorme, le trasmissioni possono essere molto più veloci che con mezzi in rame.
- attenuazione: è molto più bassa. Le fibre perciò permettono tratte molto più lunghe (decine, centinaia o migliaia di chilometri)
- dimensioni: le fibre sono più piccole e leggere dei cavi in rame (almeno dieci volte più sottili)
- totale isolamento dai disturbi elettromagnetici (viene trasmessa luce che può essere schermata "pitturando di nero" la fibra)
- diafonia: per la stessa ragione appena illustrata, in cavi con molte fibre c'è totale assenza di diafonia fra fibre vicine
- sicurezza: non ci si può inserire a spiare, a meno di non tagliare la fibra, mentre con i supporti in rame, che emettono onde elettromagnetiche, è possibile, con apparecchiature sensibili, leggere dall'esterno ciò che passa all'interno
- isolamento elettrico: le fibre sono fatte di materiale non conduttivo, per cui non devono essere messe a terra
- resistenza agli agenti ambientali ed atmosferici: le fibre ottiche non si ossidano, conducono poco il calore, non vanno in cortocircuito e non bruciano. Quelle di vetro sono anche resistenti agli acidi.

Gli svantaggi della fibra ottica sono sostanzialmente solo nel costo, che è ancora superiore a quello dei mezzi in rame.

Un costo così alto ha diverse cause, fra le quali:

- l'elettronica: quella che si deve usare con le fibre ottiche è più sofisticata e di uso meno comune, per cui non beneficia di economie di scala
- l'installazione: dato che le fibre si possono rompere o danneggiare più facilmente durante la posa essa va effettuata con maggiori precauzioni e migliori apparecchiature
- l'accoppiamento ed i connettori: i connettori per le fibre ottiche sono molto più costosi. La realizzazione delle connessioni ("terminazione" delle linee) è costosa, perché va effettuata con apparecchiature sofisticate e personale specializzato, se si vogliono mantenere le caratteristiche di bassissima attenuazione del mezzo.

### **Fibre multimodali (multimode)**

Nelle fibre multimodali si può propagare più di una "frequenza" (lunghezza d'onda, o colore, della luce). Nelle fibre di minore qualità ("step index") il core ha indice di rifrazione più alto del cladding, con una transizione netta ("step", gradino) dalle proprietà del core a quelle del cladding. La luce immessa dalla sorgente, nel passare da core a cladding subisce una serie di riflessioni totali. Così viene condotta lungo la fibra ottica. Una piccolissima parte del segnale luminoso viene rifratta e riesce ad uscire dalla fibra. Questa parte è responsabile delle attenuazioni, pur molto piccole, delle fibre multimodali.

Le fibre multimodali step index di uso più frequente hanno diametri di 50  $\mu\text{m}$  e 150  $\mu\text{m}$ , rispettivamente per core e cladding. La maggior parte dei sistemi odierni usa luce infrarossa, prodotta da LED, di lunghezza d'onda di 850 nm. Con tali sistemi si raggiungono i 100 Mbit/s su tratte di pochi chilometri.

Esistono fibre multimodali "graded index", nelle quali l'indice di rifrazione del materiale varia con continuità (non ci sono più un core ed un cladding distinti) e con le quali si ottengono migliori prestazioni.

<sup>1</sup> Un capello umano misura approssimativamente 70  $\mu\text{m}$

## Fibre monomodali (single mode fibers)

Hanno caratteristiche migliori perché in esse si propaga luce monocromatica (ad una sola frequenza), che perciò viaggia nella fibra alla stessa velocità. Questo riduce l'"autointerferenza", dovuta al segnale stesso, che si traduce in distorsione e non permette di raggiungere bit rate più alte.

La fibra monomodale è una vera e propria guida d'onda, la luce non subisce riflessioni ma viene guidata "tutta" attraverso il core. Ciò avviene perché il diametro della fibra è dell'ordine della lunghezza d'onda della luce usata (1500 nm).

La fibra monomodale è più costosa della multimodale, perché deve essere costruita con diametri del core molto più piccoli. Inoltre per produrre la luce in una fibra monomodale è necessario un laser, per cui i sistemi che usano questo tipo di fibra sono molto più costosi. Attualmente la fibra monomodale è tanto scesa di prezzo rispetto alla multimodale da giustificare la sua installazione in tutte le reti, visti i suoi grandi vantaggi dal punto di vista tecnico.

## Installazione delle fibre ottiche

L'installazione delle fibre ottiche è un processo delicato, di solito eseguito solo da parte di personale specializzato. La fibra non può essere piegata ad angoli troppo acuti, perché oltre una certa curvatura smette improvvisamente di propagare la luce. E' complicato dividere tratte in fibra ottica e realizzare le terminazioni delle tratte. Esse infatti, per non dare luogo ad attenuazioni inaccettabili, devono avere delle tolleranze dimensionali molto strette. Attualmente tutte le fibre ottiche utilizzate possono essere utilizzate solo in modo unidirezionale, con la luce che si propaga in una sola direzione. Perciò le comunicazioni su una singola fibra devono essere half duplex e per avere comunicazioni full duplex è necessario usare due fibre.

## 1.2 Mezzi non guidati

I mezzi non guidati sono quelli in cui l'onda elettromagnetica che trasporta l'informazione si può propagare in tutte le direzioni. Perché ciò accada è necessaria un'antenna per trasmettere ed una per ricevere.

### 1.2.1 Onde elettromagnetiche via "etere"

I collegamenti fatti via "etere" non richiedono la posa di cavi fra la sorgente e la destinazione, ciò è un indubbio vantaggio che fa spendere grossi sforzi alle aziende di telecomunicazioni per realizzare sistemi "wireless". Il prezzo da pagare è la presenza di molti disturbi, che significano comunicazioni più lente e sistemi più complicati e quindi più costosi.

Per mezzo di onde elettromagnetiche si trasmettono, senza passare attraverso fili: la radio, la televisione, le comunicazioni per aerei, navi e servizi di emergenza, comunicazioni fra radioamatori, ponti radio telefonici e televisivi, telefonia mobile, comunicazioni con satelliti scientifici, militari, di telefonia e televisivi, radar, segnali di radioastronomia provenienti dal profondo dell'universo.

Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche è perciò molto utilizzato, ed è anche molto "inquinato". La banda a disposizione è vasta, ma non inesauribile, cosicché le frequenze che si possono utilizzare sono regolamentate, a livello nazionale ed internazionale, ed i diritti per la loro utilizzazione, concessi dal Governo, hanno di solito un costo notevole.

Nel campo delle microonde l'assegnazione di alcune bande di frequenza è ancora dinamica, per cui è possibile che alcune bande siano riservate a sistemi per la trasmissione dati, sia basati su satellite, sia basati su reti di antenne a terra.

Per quanto riguarda i collegamenti a breve distanza, esistono già sul mercato reti locali wireless (senza fili) che possono funzionare alla velocità di 10 Mbit/s, tipica della rete locale Ethernet, e si possono spingere fino a 150 Mbit/s.

#### Ponti radio

Sono collegamenti fra due antenne, usati per esempio nelle comunicazioni interurbane fra le centrali telefoniche.

Nei collegamenti terrestri a microonde le due antenne devono essere "in vista", cioè non ci devono essere montagne nel mezzo.

#### Satelliti

Le comunicazioni tramite satellite utilizzano dei link a microonde fra il ricetrasmittitore sul satellite (transponder) e l'antenna a terra. Le comunicazioni in un verso e nell'altro usano diverse frequenze. Le frequenze sono stabilite da accordi internazionali e sono suddivise in tre bande.

I satelliti possono essere geostazionari, cioè rimanere in orbita sempre sopra stesso punto della terra, se sono in orbita all'altezza di 36 000 km. Se invece sono su orbite più basse illumineranno punti diversi della terra e le stazioni a terra dovranno essere equipaggiate per "seguirli" ("tracking" del satellite). Le bande di frequenza in cui trasmettono i satelliti sono stabilite dai Governi in base ad accordi transnazionali.

Una mappa di massima dello spettro elettromagnetico:

Frequenza Inferiore	Frequenza superiore	Sigla	Scopo
3 kHz	30 kHz	VLF	Very Low Frequency trasmissioni sottomarine
30 kHz	300 kHz	LF	Low Frequency broadcast radiofonico (ora non più in uso)
300 kHz	3 MHz	MF	Medium Frequency

			broadcast radiofonico AM (usato da pochi, in dismissione per le dimensioni ed il costo dei trasmettitori)
3 MHz	30 MHz	HF	High Frequency comunicazioni e broadcast radiofonico AM a lunga distanza
30 MHz	300 MHz	VHF	Very High Frequency TV, broadcast radiofonico FM, comunicazioni mobili
300 MHz	3 GHz	UHF	Ultra High Frequency telefonia mobile analogica e digitale, reti locali wireless, microonde
3 GHz	>	SHF	Super High Frequency, microonde Telefonia mobile; satelliti; radar; TV digitale broadcast

### 1.2.2 Raggi infrarossi

Esistono da lungo tempo sistemi "senza fili" (wireless) che trasmettono dati con un collegamento ottico fra un trasmettitore (LED) ed un ricevitore (fototransistor) attraverso l'aria libera (p.es.: il telecomando del televisore).

Esistono degli standard, emessi dall'associazione IrDA (Infrared Device Association), per il collegamento a bassa velocità via raggi infrarossi di un computer con la sua tastiera, stampante e con le altre periferiche. Esistono anche dei prodotti sul mercato (p.es. Telefoni cellulari con porta ad infrarossi per il collegamento al computer).

I sistemi in infrarosso possono lavorare con due modalità molto diverse: a radiazione dispersa (dispersed) o in vista (line of sight).

A seconda del tipo di modalità di trasmissione e della velocità richiesta possono avere due tipi di emettitori: LED e laser.

Di solito vengono usati raggi infrarossi perché, oltre a non disturbare gli umani, sono meno direzionali, necessitando di un allineamento meno preciso fra trasmettitore e ricevitore.

Esiste uno standard per reti locali che prevede l'utilizzazione di raggi infrarossi alla velocità di 2 Mbit/s.

Sono anche in commercio sistemi che permettono di estendere da edificio a edificio, per mezzo di un link ottico in aria, reti locali da 10 Mbit/s a 1 Gbit/s, ma sono molto costosi, non standardizzati e non molto affidabili. In questi casi, oltre ai normali problemi presenti anche con gli altri mezzi, ci sono anche l'allineamento e (non ridete) la nebbia!

### 1.2.3 Il corpo umano?

Alcune ricerche stanno valutando la possibilità di utilizzare lo strato sottilissimo di sudore che copre la pelle di tutti gli umani per trasmettere i segnali che collegheranno i dispositivi della nostra "Personal Area Network". Essa potrà comprendere: il telefono cellulare impiantato sottopelle, l'orologio - computer 986 a 100 GHz, gli occhiali 3D, l'elettrocardiografo mobile e chi più ne ha .. (MAH, è il progresso! ;-). I segnali vengono trasmessi a frequenze basse (sotto 1 MHz), con correnti dell'ordine del pA e bassissime potenze in gioco. Ciò non causa problemi di salute e limita quelli di "spionaggio". Le prestazioni potranno essere analoghe a quelle di un modem a 2400 baud. Scambieremo i biglietti da visita elettronici mentre ci diamo la mano?

### 1.2.4 Mezzi per interfacce parallele

Per collegare due sistemi con un link parallelo è necessario utilizzare un cavo che comprenda tanti fili quanti sono i bit da spedire in parallelo, più alcuni altri fili, che servono ad assicurare la corretta temporizzazione delle comunicazioni ed a regolarne il flusso (fili per l'handshake).

Nelle trasmissioni parallele la maggiore difficoltà consiste nel sincronizzare adeguatamente tutti i bit. Essi sono trasmessi su fili diversi, che hanno impedenze caratteristiche leggermente diverse. Ciò significa che le onde elettromagnetiche che trasportano ciascuno dei bit hanno velocità leggermente diverse, perciò ritardi diversi nell'attraversare il mezzo di trasmissione.

La sincronizzazione dei segnali potrà perciò essere un problema; il fenomeno (detto "time skewing") ha ovviamente effetti più evidenti su distanze grandi, con impedenze dei fili molto diverse (cavi di bassa qualità) e con comunicazioni ad alta velocità. Per questo le interfacce parallele si usano di solito su distanze brevi, fino ad alcuni metri.

Per poter aumentare la velocità di trasmissione, alcune interfacce parallele hanno le linee di trasmissione terminate. Esistono diversi standard per la comunicazione parallela, alcuni prevedono cavi con linee di trasmissione terminate, altri no.

La forma tipica dei cavi per interfacce parallele è quella del cavo multipolare (un cavo con una guaina esterna che fa da schermo e con dentro tanti fili, nelle interfacce più veloci organizzati a coppie intrecciate) o del flat cable (piattina: un cavo piatto con i fili paralleli l'uno all'altro, che viene terminato con connettori a vampiro).

### 1.2.5 Relazioni fra cablaggio e mezzo di trasmissione

Il doppino è di solito usato con cablaggi a stella o ad albero, perché la rete telefonica interna negli edifici, che usa UTP, è sempre a stella, con il centralino telefonico come concentratore. Inoltre il doppino costa poco, per cui non è così importante la spesa in più dovuta alla maggiore lunghezza di cavo che si deve utilizzare con un cablaggio a stella.

Il cavo coassiale viene più spesso usato in collegamenti lineari, anche se esistono anche per esso dei "concentratori" per il cablaggio a stella (vedi oltre: multiport repeater).

La fibra ottica viene attualmente usata quasi esclusivamente nelle "dorsali" di reti locali complesse cioè in rami della rete ad alta velocità che collegano, con cablaggio lineare, i nodi più importanti della rete. Inoltre essa viene usata estesamente nelle dorsali di reti geografiche cittadine o regionali e in tutti i collegamenti fra le centrali telefoniche, che devono essere ad alta velocità, dovendo concentrare tutto il traffico delle telefonate interurbane.

### 1.3 *Curiosità*

#### Cavi transatlantici

Il primo cavo telegrafico transatlantico fu posato nel 1858, il segnale che raggiungeva l'altro capo era debolissimo, le trasmissioni quasi impossibili; dopo tre settimane di "funzionamento" l'isolamento del cavo si ruppe. Oggi sono funzionanti molti cavi transoceanici, molti dei quali in fibra ottica.

#### "Etere"

In tempi "prescientifici" era difficile pensare che le "forze" si potessero trasmettere a distanza, nel vuoto, anche in assenza di materia. Per questo si ipotizzava l'esistenza di "fluidi" invisibili e senza massa che provvedevano a trasportare a distanza le forze. Così nacque il "flogisto" che avrebbe trasportato il "fuoco" (in seguito individuata come "energia termica") e l'"etere" che sarebbe stato responsabile dell'azione a distanza dei campi elettrici e magnetici. Nell'ottocento l'osservazione sperimentale provò la non esistenza di questi fluidi. Nonostante l'etere sia "scomparso" da più di un secolo si usa ancora parlare di trasmissioni "via etere" intendendo via aria o vuoto.

Nel 1864 James Maxwell predisse l'esistenza di onde elettro-magnetiche che viaggiassero alla velocità della luce; il celebre esperimento di Michelson e Morley che provò che la non esistenza dell'etere è del 1887. Nel 1895 Guglielmo Marconi, nella sua villa di Sasso (Marconi) trasmise il primo segnale radio, nel 1901, a Londra, trasmise il primo segnale oltre l'Atlantico.

#### La scoperta delle fibre ottiche.

L'idea di realizzare vetri che conducessero la luce molto lontano era contemplata già da molto tempo, ma i vetri sperimentali prodotti allo scopo non funzionavano.

Nel 1966 Kao e Ockam dimostrarono con argomentazioni non sperimentali, interamente basate sulle teorie della fisica, che la cosa era possibile e che non era stata realizzata precedentemente solo perché servivano fili di vetro di diametro molto piccolo e perché nei vetri prodotti erano presenti troppe impurità. In brevissimo tempo, dopo la pubblicazione del loro lavoro, le case costruttrici di vetro migliorarono le tecnologie costruttive e furono in grado di realizzare le prime "fibre ottiche", che furono disponibili commercialmente sin dai primi anni '70. La prima trasmissione di un segnale digitale in una fibra ottica avvenne per opera di tecnici della Corning Glass, nel 1971.

#### Riferimenti

"Cabling FAQ", disponibile in: <http://www.cis.ohio-state.edu/hypertext/faq/usenet/LANs/cabling-faq/faq.html>