

# Il livello fisico

## *Parte III*

MEZZI TRASMISSIVI.....	1
<i>Introduzione</i> .....	1
<i>Doppino intrecciato (twisted pair)</i> .....	2
Dettagli realizzativi.....	3
Doppino UTP.....	4
Classificazione dei doppini .....	5
<i>Cavo coassiale</i> .....	6
Dettagli realizzativi.....	7
Cavo coassiale a larga banda.....	9

## Mezzi trasmissivi

### Introduzione

Una volta capito quali sono le problematiche teoriche principali legate alla trasmissione dati su un mezzo trasmissivo, passiamo a vedere quali sono i principali **mezzi trasmissivi** attualmente utilizzati.

Ogni mezzo trasmissivo è caratterizzato da precisi valori di larghezza di banda, ritardo di trasmissione, costo, facilità di installazione e manutenzione e altro.

I mezzi trasmissivi possono essere grosso modo classificati in **mezzi guidanti** (che cioè determinano la **propagazione guidata** delle onde elettromagnetiche), come i fili di rame o le fibre ottiche, e **mezzi non guidanti** (nei quali avviene cioè la cosiddetta **propagazione libera**), come la trasmissione radio o i laser via etere. Da notare, comunque, che l'espressione "propagazione libera" non deve trarre in inganno: non significa che le onde elettromagnetiche si propagano come e dove vogliono, in quanto ci sono sempre **ostacoli** alla propagazione, il cui effetto cambia al variare dei materiali, della frequenza delle onde e di tanti altri fattori che non stiamo qui ad elencare.

Nei prossimi paragrafi ci occuperemo dei mezzi guidanti, mentre poi faremo una ampia descrizione dei *mezzi wireless*.

## Doppino intrecciato (twisted pair)

Il **doppino** è il più anziano e tuttora diffuso mezzo di trasmissione. Esso consiste di una coppia di conduttori di rame, tipicamente spessi 1 mm e ricoperti ciascuno da una guaina isolante. Si parla più propriamente di **doppino intrecciato** (*twisted pair*) in quanto i due conduttori sono intrecciati (*binati*) l'uno con l'altro in forma elicoidale:

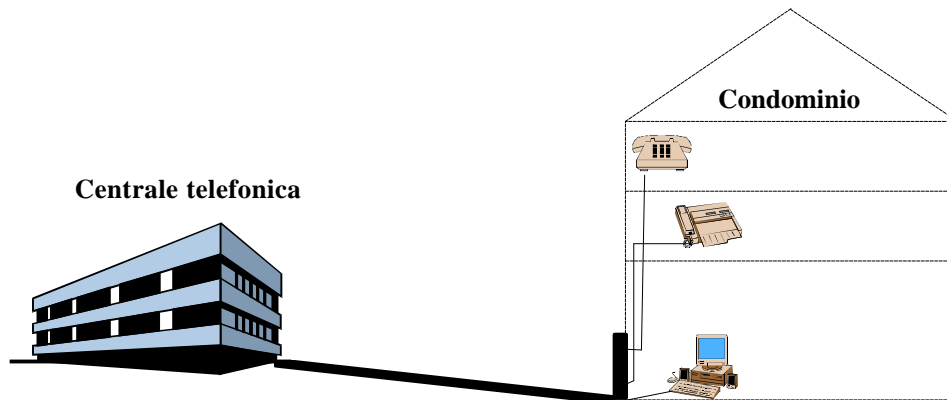


*Doppino di rame*

L'intreccio (o **binatura**) si rende necessario per prevenire fenomeni di interferenza fra coppie adiacenti, noti come **diafonia**. Detto in poche parole, la *diafonia* è quel fenomeno per cui un segnale che transita su una linea di trasmissione si “accoppia” con un'altra linea di trasmissione, fisicamente separata, interferendo con il segnale su di essa. L'*efficienza* di questo *accoppiamento* deve dunque essere ridotta al minimo e questo lo si ottiene appunto intrecciando i due fili anziché lasciarli semplicemente paralleli.

I doppini sono nati come mezzo trasmissivo a banda molto ridotta (ad esempio, la *banda fonica* usata nella telefonia è inferiore a 4 kHz), ma negli ultimi anni hanno raggiunto prestazioni una volta raggiungibili soltanto con i cavi coassiali. I miglioramenti sono stati ottenuti realizzando nuovi materiali isolanti, curando la geometria delle coppie (anche tramite l'adozione di particolari *guaine* esterne) e aumentando la sezione dei conduttori.

I doppini sono particolarmente usati per le connessioni terminali del **sistema telefonico**, ossia per collegare ciascuna abitazione alla centrale più vicina:



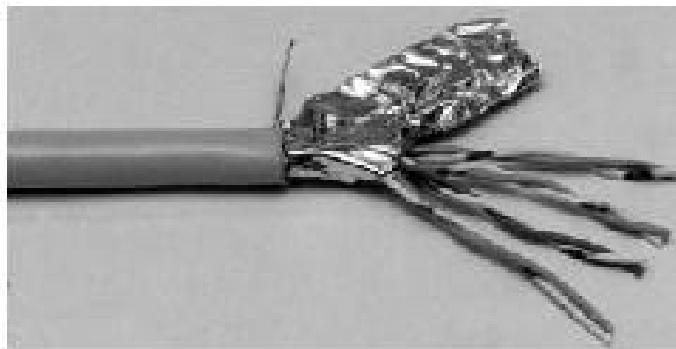
Dato che ci sono molti doppini che corrono in parallelo, per una distanza notevole, verso una centrale telefonica (si pensi, per semplicità, ai doppini provenienti dagli appartamenti di uno stesso palazzo, come riportato in figura), essi vengono affasciati insieme e raggruppati in un'unica guaina protettiva. Grazie all'intrecciamento, non ci sono interferenze apprezzabili tra le varie coppie.

I doppini possono essere (e sono) usati sia per trasmissioni analogiche sia per trasmissioni digitali. Attualmente, essi possono competere nelle medie velocità (**10 - 100 Mbps**) e sulle brevi distanze (inferiori a 100 m) con le fibre ottiche, dato soprattutto il loro basso costo (in proporzione alle prestazioni). La larghezza di banda dipende dalla lunghezza, ma comunque si può trasmettere a diversi Mbps su distanze fino a qualche km, senza l'uso di amplificatori intermedi.

## **Dettagli realizzativi**

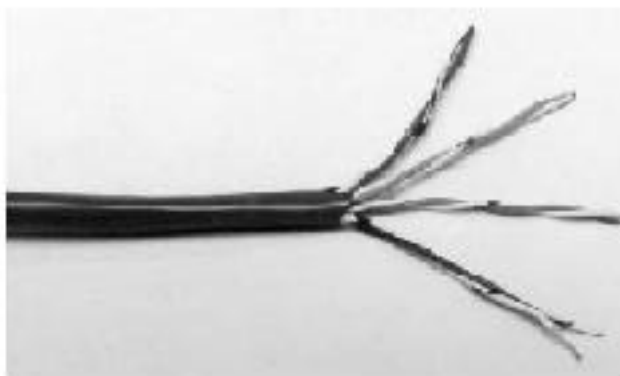
Normalmente, si utilizzano cavi con più doppini (4, 25, 50 e oltre). Esistono in proposito varie versioni:

- **STP** (*Shielded Twisted Pair*): in questa versione, ogni coppia di fili (cioè ogni doppino) possiede un proprio schermo cui si aggiunge uno schermo globale;
- **Screened FTP** (*Foiled Twisted Pair*) o **S-UTP**: versione con un unico schermo (normalmente in foglio di alluminio) per tutto il cavo;



**Cavo FTP: un unico schermo avvolge 4 doppini**

- **UTP** (*Unshielded Twisted Pair*): questa versione è la più semplice, in quanto non è presente alcuno schermo generale esterno.



**Cavo UTP: 4 doppini senza schermo complessivo**

Gli **schermi** possono essere di vario tipo: senza dilungarci troppo in merito, ricordiamo che si possono avere schermi **a foglio** oppure **a calza** oppure **ibridi** (foglio+calza). Il doppino STP, essendo schermato, offre le migliori prestazioni, ma è molto più ingombrante del doppino UTP, per cui, di fatto, non viene usato quasi più.

### **Doppino UTP**

L'UTP è oggi il più popolare tipo di cablatura usato nelle reti locali e non solo: viene infatti usato nella maggioranza delle reti **Ethernet** come pure nelle **Token Ring**. Questa versione di doppino è composta da quattro coppie di fili contenuti in un rivestimento isolante. Ogni coppia è intrecciata per eliminare l'interferenza proveniente dalle altre coppie e da altre apparecchiature elettriche. Si usa una

binatura minima di 6 giri/metro. L'attenuazione massima, per una tratta lunga 100 m, è di circa **10 dB** tra 5 e 10 MHz.

## **Classificazione dei doppini**

I parametri elettrici di qualsiasi cavo variano al variare della frequenza. Occorre pertanto chiedersi, per una data applicazione, a quale frequenza sia opportuno analizzare i parametri per decidere se un cavo sia adeguato all'applicazione stessa. Questo dipende dalla **codifica** fatta a livello fisico (cioè dal tipo di segnali elementari usati per rappresentare i singoli bit) e, dovendo valutare l'utilizzabilità di un cavo, bisogna analizzarne le caratteristiche elettriche in corrispondenza della frequenza fondamentale di trasmissione utilizzata dallo standard di trasmissione scelto.

Viceversa, dovendo realizzare un'infrastruttura di trasmissione di segnali, il che significa installare cavi adatti a più applicazioni, sarebbe necessario considerare un elevato numero di valori dei parametri elettrici, a tutte le frequenze interessate dalle possibili applicazioni. Per evitare questa operazione, si ricorre ad una classificazione dei cavi di uso più comune. Tale classificazione prevede cinque categorie, in base alle applicazioni per le quali i cavi sono idonei:

- **categoria 1** (*Telecommunication*): comprende i cavi adatti unicamente a telefonia analogica;
- **categoria 2** (*Low Speed Data*): comprende i cavi per telefonia analogica e digitale (ISDN) e trasmissione dati a bassa velocità (per esempio linee seriali);
- **categoria 3** (*High Speed Data*): è la prima categoria di cavi adatti a realizzare reti locali fino a 10 Mbps (in particolare per soddisfare gli standard 10BaseT di IEEE 802.3 e Token-Ring a 4Mbps);
- **categoria 4** (*Low Loss, High Performance Data*): comprende i cavi per LAN Token-Ring fino a 16 Mb/s;
- **categoria 5** (*Low Loss, Extended Frequency, High Performance Data*): comprende i migliori cavi disponibili, per applicazioni fino a 100 Mbps, su distanze di 100 metri.

La **categoria 1** è quella dei cavi peggiori, la **categoria 5** quella dei cavi migliori. Ogni categoria è inoltre idonea a fornire tutti i servizi offerti dalle categorie

inferiori. Attualmente, i costi della categoria 5 sono abbastanza accessibili, per cui è opportuno preferirla sempre a tutte le altre.

Ogni categoria è definita da un insieme di **parametri elettrici**, alcuni dei quali, fortemente dipendenti dalla frequenza (come attenuazione e diafonia), sono espressi in termini di punti di una curva per diversi valori di frequenza. Proprio le **curve di attenuazione** e la **diafonia** variano moltissimo al variare della categoria. In particolare, al crescere della categoria e a parità di frequenza, l'attenuazione tende sempre più ad un valore costante e la diafonia si riduce. Entrambe queste proprietà sono più che desiderabili.

I cavi di categoria 5 rappresentano oggi lo stato dell'arte nel campo del cablaggio delle LAN. Tutti gli standard di rete a velocità di 100 Mbps o maggiori con trasmissione su due coppie prevedono l'uso di cavi di categoria 5. Tuttavia, poiché gli **standard per i cablaggi strutturati negli edifici** impongono la posa di cavi a 4 coppie per ogni presa, alcuni recenti standard per LAN a 100 Mbps prevedono l'utilizzo di tutte e quattro le coppie, suddividendo su di esse la trasmissione dei dati. Questo riduce la banda necessaria e consente di operare anche su cavi di categoria 3.

## Cavo coassiale

Il **cavo coassiale** ha avuto per lungo tempo notevole diffusione nelle reti locali; per esempio è stato utilizzato in due diverse versioni dello standard IEEE 802.3 (Ethernet) e per il collegamento di terminali IBM. Ora è caduto in disuso nelle LAN, eliminato dallo standard ISO/IEC 11801 per i cablaggi strutturati e sostituito dalle fibre ottiche nella fascia ad *alte prestazioni* e dai doppini in quella a *medie prestazioni*, mentre continua ad essere utilizzato nelle reti geografiche (WAN).

In generale, un cavo coassiale offre un miglior isolamento rispetto al doppino e quindi consente velocità di trasmissione maggiori su distanze superiori. Nonostante questo, esso è stato quasi ovunque soppiantato dal doppino per diverse ragioni, tra cui:

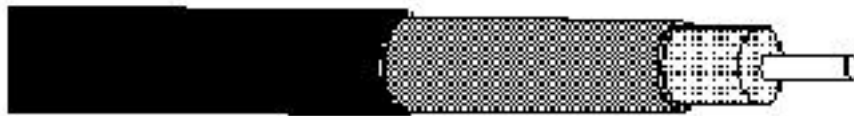
- maggior costo dei materiali (soprattutto i connettori) e maggior difficoltà di installazione;

- maggior ingombro: un cavo per Ethernet 10Base2 trasporta un singolo segnale ed occupa circa lo stesso spazio di un doppino a quattro coppie, che può trasportare quattro segnali;
- minor flessibilità: il cavo coassiale è adatto soltanto ad alcuni servizi, quali LAN o televisione via cavo, mentre per numerosi altri, quali telefoni, citofoni, apriporta, controllo accessi, ecc., è previsto soltanto l'utilizzo del doppino.

Il cavo coassiale rimane comunque in uso per la TV via cavo e in molte LAN.

## Dettagli realizzativi

Un cavo coassiale è formato da un **conduttore centrale** e da uno o più schermi (calze, fogli). In una versione semplice, troviamo un conduttore centrale rigido in rame, circondato da uno strato isolante, all'esterno del quale vi è una **calza metallica** molto fitta (che funge da schermo), il tutto avvolto da un rivestimento esterno di plastica:



*Cavo coassiale*

Questo è il caso del cosiddetto cavo **thin Ethernet** (*Ethernet sottile*), previsto dallo standard IEEE 802.3 10Base2. 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).



*Cavo Thin Ethernet*

Un caso con più schermi è invece quello del cavo **thick Ethernet** (*Ethernet spesso*, **RG213**), in cui si effettua una schermatura a quattro strati:



### **Cavo Thick Ethernet**

Questo cavo è caratterizzato da ottimi parametri elettrici, ma è costoso, difficile da porre in opera e con notevoli problemi legati ai raggi minimi di curvatura ammessi.

In generale, la coassialità dei conduttori e la schermatura che il conduttore esterno offre nei confronti di quello interno rendono il cavo coassiale più immune ai disturbi elettromagnetici rispetto ai doppini non schermati; tuttavia, a causa di interferenze di vario genere, si potrebbe generare una corrente di disturbo lungo lo schermo, il che potrebbe portare ad errori nella ricezione del segnale.

Ci sono due tipi di cavo coassiale, per ragioni storiche più che tecniche:

- **baseband coaxial cable** (cavo coassiale in banda base): è il cavo è usato per la trasmissione digitale; consente velocità da 1 a **2 Gbps** fino a circa 1 km. Per distanze superiori, si devono interporre amplificatori tra più spezzoni di cavo. Presenta una impedenza caratteristica da **50 Ω**;
- **broadband coaxial cable** (cavo coassiale a banda larga): è usato per la trasmissione analogica (ad esempio, è il cavo standard della TV). L'impedenza caratteristica è di **75 Ω**.

Il termine **baseband** (banda base) significa che l'intera banda passante è usata per una singola trasmissione, di tipo digitale. Il termine **broadband**, invece, assume vari significati a seconda delle applicazioni: nella telefonia, ad esempio, indica qualunque trasmissione più ampia di 4 kHz, mentre invece nella trasmissione dati si riferisce più genericamente a un cavo su cui viaggia un segnale analogico che, con opportune tecniche di **multiplazione**, viene usato per effettuare contemporaneamente più trasmissioni distinte, separate in differenti bande di frequenza.



## Cavo coassiale a larga banda

Soffermiamoci con qualche dettaglio in più sul cavo coassiale a banda larga (da 75  $\Omega$ ). Esso offre una banda di **300 MHz** e può estendersi fino a quasi 100 km. La banda totale è suddivisa in **canali** di banda più piccola (ad esempio, nel caso della trasmissione di segnale televisivi, 6 MHz per ciascun segnale TV) indipendenti gli uni dagli altri. Mentre un canale porta un segnale TV, un altro può portare una trasmissione dati (ovviamente con apparecchiature di conversione digitale/analogica e viceversa), tipicamente a 3 Mbps.



*Moltiplicazione FDM (Frequency Division Multiplexing) di più trasmissioni su un unico mezzo trasmissivo*

Tecnicamente, il cavo broadband è inferiore al baseband per la trasmissione digitale, ma ha il vantaggio di essere già in opera in grandi quantità (TV via cavo). Dunque, attraverso esso, le compagnie pay-TV prevedibilmente entreranno in competizione con quelle telefoniche per l'offerta di servizi trasmissione dati.

Autore: **Sandro Petrizzelli**

e-mail: [sandry@iol.it](mailto:sandry@iol.it)

sito personale: <http://users.iol.it/sandry>