

# Rame, fibra o ...?

Massimo Giussani

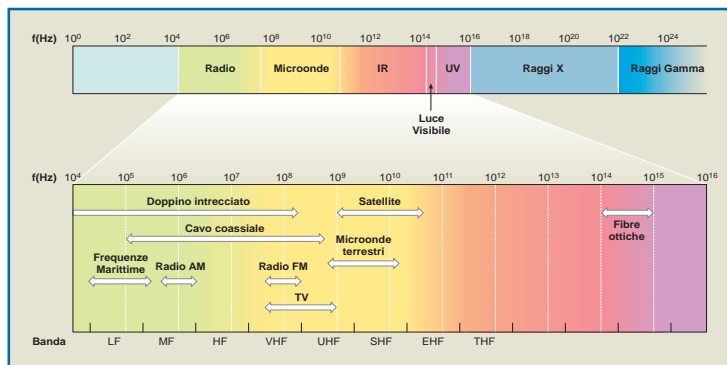
Il trasferimento di informazioni di natura elettrica da un punto all'altro dello spazio può sostanzialmente avvenire in due modi: con una connessione fisica ad hoc tra il sistema ricevente e quello trasmittente, o tramite la propagazione libera nello spazio compreso tra i due sistemi. Tralasciando il caso ideale di una connessione elettrica diretta in grado di trasferire istantaneamente tensione e corrente da un capo all'altro della linea, la trattazione generale non può prescindere dalle leggi che governano la propagazione, guidata o libera, del campo elettromagnetico.

I mezzi di trasmissione utilizzati nella maggior parte dei sistemi di comunicazione commerciali e industriali si possono ricondurre a tre tipi di supporto fisico:

**Dopo aver analizzato vantaggi e svantaggi dei vari mezzi trasmissivi, si consiglia la soluzione migliore per un caso aziendale**

le connessioni su rame (che realizzano linee di trasmissione e guide d'onda), le fibre ottiche (che sono guide d'onda particolarmente efficienti) e lo spazio (nel quale ha luogo la propagazione libera di onde radio, microonde e luce utilizzata nelle comunicazioni wireless). A titolo esemplificativo consideriamo un'area industriale fittizia così composta: un'ampia e trafficata zona di carico e scarico, che richiede la gestione di nastri trasportatori fino agli impianti di stoccaggio e di lavorazione; un impianto industriale per la lavorazione, caratterizzato da condizioni ambientali particolar-

**Le fibre ottiche offrono velocità di trasmissione e attenuazioni adatte ai collegamenti transoceanici ma si prestano bene anche all'impiego in ambienti industriali con un elevato livello di interferenze elettromagnetiche**



**Collocazione spettrale della radiazione elettromagnetica impiegata nei diversi mezzi di trasmissione**

mente severe; una sede separata da una strada pubblica che ospita gli uffici per la gestione aziendale.

I fattori che influenzano la scelta del mezzo trasmissivo sono numerosi: la larghezza di banda pone dei limiti alla massima velocità di trasferimento dati; i ritardi di propagazione, attenuazione e dispersione del segnale incidono sulla massima lunghezza di tratta senza ripetitori; esistono poi dei problemi di riservatezza che affliggono certi mezzi di comunicazione e che richiedono un'ulteriore elaborazione dei segnali per una codifica a prova d'intercettazione; infine, la robustezza del collegamento alle sollecitazioni esterne, meccaniche, termiche, chimiche o elettromagnetiche, deve essere tenuta in debito conto, specie in un ambiente industriale.

## Quando conviene scegliere il rame?

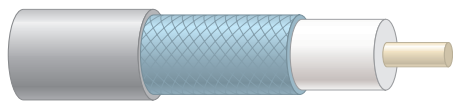
Le connessioni su rame sono sicuramente le più semplici ed economiche da realizzare: a partire dalle linee di alimentazione dei dispositivi sul campo, che possono essere impiegate per veicolare le informazioni utili a sensori e attuatori, per arrivare ai più recenti bus seriali ad alta velocità, impiegati nei server ad alte prestazioni, il rame si può trovare a ogni livello aziendale. Le tipologie di connessione più diffuse sono due: doppino e cavo coassiale. Il primo viene intrecciato per ridurre la sensibilità alle interferenze ed è generalmente identificato dagli acronimi UTP ed STP a seconda che sia schermato o meno.

Ampiamente diffusi nelle LAN aziendali, i cavi di categoria 4 e 5 offrono velocità di trasmissione di 10 e 100 Mb/s. I prodotti di categoria 5e e 6 possono essere impiegati per realiz-

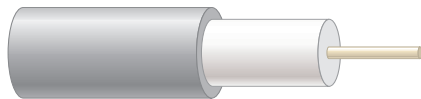
foto: TEC, luglio 1998 - Anno VII - N. 31



a

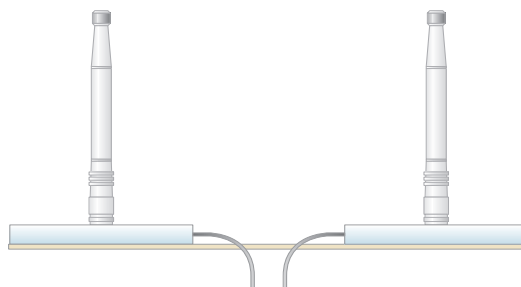


b

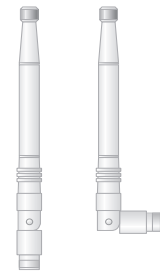


c

**I mezzi di trasmissione possono essere classificati in: linee di trasmissione, come doppino intrecciato a) e cavo coassiale b); guide d'onda, come le fibre ottiche c); collegamenti wireless generati da antenne di vario tipo d)**



d



zare reti Gigabit Ethernet, ma al crescere della banda si riduce la massima lunghezza di tratta oltre la quale il canale diventa inutilizzabile. In particolare, il ritardo di propagazione finito fa sì che il diametro massimo di una rete Ethernet a 100 Mb/s, che utilizzi un cavo Cat5, sia di 250 metri. Altri ritardi e un ragionevole margine di sicurezza riducono tale limite al valore standard di 100 metri. Nel passare alle categorie superiori, 5e, 6 e la più recente 7, la lunghezza di tratta diminuisce drasticamente, mentre la banda cresce con il prezzo, che si fa comparabile a quello delle fibre ottiche.

La schermatura del doppino intrecciato è di norma non necessaria in un ambiente d'ufficio e un economico cavo UTP Cat5 si presta egregiamente alla realizzazione di una rete a 100 Mb/s. Se le interferenze elettromagnetiche non sono eccessive, la schermatura può rivelarsi superflua anche sul piano di fabbrica: si è infatti visto che la differenza di prestazioni tra un cavo UTP e uno STP non giustifica la spesa per dotarsi di un cavo schermato, a patto di avere l'accortezza di utilizzare segnali differenziali, così da annullare le interferenze comuni ad ambo i cavi, e di mantenersi a debita distanza dalle sorgenti più intense d'interferenza elettromagnetica, ossia saldatrici, motori elettrici, linee d'alimentazione.

La schermatura è invece parte integrante del cavo coassiale ed è grazie ad essa che il campo elettromagnetico rimane efficientemente confinato al suo interno, permettendo di raggiungere frequenze di tra-

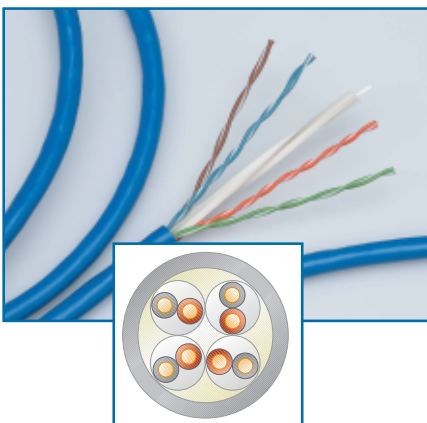
missione superiori di diversi ordini di grandezza al doppino intrecciato. Sebbene storicamente presente nell'evoluzione di Ethernet, il cavo coassiale si incontra raramente nelle sue moderne implementazioni. Rimane comunque un elemento chiave nel mondo delle telecomunicazioni, specie in ambito televisivo. L'ostacolo alla sua diffusione in altri campi è rappresentato dal costo e dalle caratteristiche meccaniche che rendono meno agevole il cablaggio.

### In quale caso è meglio affidarsi alla fibra?

Le fibre ottiche rappresentano una scelta ottimale sotto molti punti di vista: offrono una banda amplissima, ritardi di propagazione estremamente brevi, un'attenuazione irrisoria, che consente tratte dell'ordine delle centinaia di km, e un'inaspettata robustezza meccanica. Inoltre, utilizzando un dielettrico per trasmettere il campo E.M., sono del tutto immuni alle interferenze di tipo elettromagnetico che si riscontrano in un ambiente industriale. Le fibre si dividono in due grandi categorie: monomodali e multimodali. La differenza sostanziale sta nel fatto che le prime permettono la trasmissione nel solo modo TEM e offrono velocità più elevate. Le fibre multimodali, per contro, ospitano più modi di trasmissione caratterizzati dalla presenza di una componente del campo lungo l'asse della fibra stessa, come accadrebbe con un raggio di luce che si propaga riflettendosi contro le pareti della fibra. I diversi modi corrispondono sostanzialmente a diversi valori di angolo con cui il raggio luminoso può penetrare nel 'core' per propagarsi all'altro estremo della fibra.

Il vantaggio delle fibre multimodali risiede nella possibilità di sovrapporre più modi in trasmissione. La separazione in ricezione può però essere ostacolata dalla dispersione modale (seguendo percorsi ottici di lunghezza differente i vari modi perdono la sincronia iniziale). Per ovviare a questo inconveniente sono state introdotte le fibre a variazione graduale dell'indice, che modificano i percorsi ottici riequilibrando i ritardi

**Il doppino intrecciato non schermato rappresenta uno dei mezzi di trasmissione più usati per le reti Ethernet a livello aziendale e di fabbrica (in ambienti non particolarmente severi)**



di. La dimensione particolarmente contenuta del core delle fibre monomodali (8-10  $\mu\text{m}$ ) rende difficoltoso il processo di allineamento con i ricevitori e gli emettitori, nonché tra fibra e fibra nelle giunture, cosa che si traduce in un maggior costo dei connettori e del cablaggio. Grazie alla banda elevata e al basso valore di attenuazione (arriva a 0,25 dB/km) questo tipo di fibre si presta alla realizzazione di trasmissioni su grandi distanze, tipicamente per telefonia e per trasmissioni televisive. Il grosso delle perdite avviene in corrispondenza delle giunzioni.

Le fibre multimodali presentano un core le cui dimensioni tipiche sono di 50 e 62,5  $\mu\text{m}$ ; per questo, possono essere utilizzate con connettori meno costosi e con emettitori a LED. Il tutto permette di ridurre il costo del sistema nel suo complesso quando si debbano affrontare connessioni di breve lunghezza come nel caso delle reti locali (LAN). Le fibre in vetro operano principalmente in quelle che sono chiamate le tre 'finestre' nel grafico di attenuazione della silice e che corrispondono sostanzialmente alle lunghezze d'onda di 850, 1.310 e 1.550 nm della radiazione infrarossa. Esiste anche una quarta finestra posizionata attorno ai 1.625 nm, che è al momento poco usata.

Le fibre plastiche permettono la realizzazione di collegamenti locali utilizzando luce visibile con lunghezza d'onda di 660 nm. La maggior lunghezza di tratta rispetto al rame fa sì che i maggiori costi di fibra, cablaggio ed elettronica d'interfaccia vengano almeno in parte compensate dalla semplificazione dell'infrastruttura di rete. Un particolare accorgimento da tenere in fase di cablaggio consiste nel rispettare il raggio minimo di curvatura: se la fibra viene piegata troppo non solo può danneggiarsi permanentemente, ma può dar luogo a un'attenuazione aggiuntiva per via della perdita della condizione di riflessione interna totale, che comporta una parziale trasmissione del raggio luminoso al di fuori del core.

### Quali problemi comporta il wireless?

La propagazione libera nello spazio svincola gli utenti dagli oneri del cablaggio, ma pone al contempo alcuni problemi: da un lato le interferenze spurie o generate da sistemi simili (ad esempio più antenne nello stesso sistema); dall'altro il pericolo d'intercettazione; infine, limiti applicativi imposti dall'assorbimento e dalla riflessione da parte degli ostacoli presenti sul percorso tra trasmettitore e ricevitore.

Il problema delle interferenze può essere attenuato utilizzando potenze di trasmissione superiori e antenne direzionali; per rendere più difficoltosa l'opera d'intercettazione si possono impiegare schemi di trasmissione a distribuzione di spettro e a salto di frequenza. L'adozione di un sistema di crittografia per i dati sensibili trasmessi sulla rete wireless consente di ridurre ulteriormente questo tipo di rischi. Le comunicazioni wireless sono sensibili alla presenza di ostacoli metallici o a ricco contenuto d'acqua; spesso è necessario fare in modo che le antenne si trovino al di sopra del pas-

saggio degli operatori che potrebbero, assorbendo parte delle onde, causare un funzionamento intermittente della rete. Il piano di fabbrica, poi, abbonda di oggetti metallici e di emissioni elettromagnetiche spurie e questo limita seriamente l'applicazione di una connessione wireless in tale ambito. Tutt'altro discorso vale invece per le connessioni all'aperto, dove i vantaggi superano le poche controindicazioni.

### Tirando le fila... e i fili: un caso risolto

Possiamo ora tornare alla nostra ipotetica azienda e valutare, sulla base delle considerazioni appena fatte, quali siano le scelte più adatte per realizzare un'infrastruttura di rete che connetta tutte le zone operative.

Partiamo dalla zona di carico e scarico che si estende per diverse centinaia di metri per consentire l'attracco di chiatte e le manovre ai mezzi pesanti. L'impiego di una connessione in rame e in fibra è sconsigliabile per via delle escursioni termiche cui i cavi superficiali verrebbero esposti. Le successive dilatazioni e contrazioni renderebbero probabili eventuali interruzioni della linea nel giro di pochi anni, mentre un interramento dei cavi avrebbe un costo eccessivo e limiterebbe le possibilità di riconfigurazione e manutenzione della rete. In questo caso una wireless Wlan a dispersione di spettro permette di risolvere il problema di connessione tra impianto di produzione, aree di carico e scarico e magazzini di stoccaggio. Per garantire la massima copertura dell'impianto può essere necessario innalzare una o più torri per le antenne.

Il piano di fabbrica presenta un altro tipo di problematica, quello dell'interferenza elettromagnetica. Le aree che non possono essere coperte con il tradizionale doppino intrecciato possono essere cablate in fibra ottica per aggirare le interferenze elettromagnetiche e si può utilizzare una guaina in grado di resistere agli agenti chimici. Particolare cura dovrà essere rivolta all'impiego di connettori in grado di resistere ai contaminanti presenti sul piano di fabbrica: nel caso dei connettori su rame si possono utilizzare gusci rinforzati oppure armadietti IP65, in cui racchiudere gli elementi attivi dell'infrastruttura di rete. La rete Ethernet sul piano di fabbrica può limitarsi al collegamento dei sistemi di supervisioni ai PLC; le connessioni tra i controllori programmabili e la rete di sensori e attuatori può continuare ad avvenire tramite i più robusti bus di campo. A questo punto resta da prendere in considerazione il cablaggio degli uffici aziendali, che sono separati dalla struttura produttiva da una strada pubblica. Scartando l'idea di chiedere dei permessi all'amministrazione comunale per effettuare i lavori su una strada a traffico sostenuto, si può decidere di utilizzare un collegamento wireless mediante antenne direzionali rivolte verso i due edifici. Per garantire la sicurezza si può adottare una trasmissione a dispersione di spettro, crittografando i dati scambiati su tale collegamento. Il cablaggio degli uffici, invece, può avvenire con un normale doppino intrecciato non schermato (UTP) di categoria 5 o, per le connessioni Gigabit Ethernet, categoria 5e. ■