

Per non perdere il segnale...

Daniele Cattaneo

Nelle reti in fibra ottica la connessione di segmenti è un aspetto critico perché, se trattato con attenzione, contribuisce a evitare fenomeni di attenuazione del segnale

La fibra ottica ha rivoluzionato le tecniche di progettazione delle reti ampliandone le potenzialità, soprattutto in termini di capacità di banda. Le reti che utilizzano fibra ottica, però,

richiedono particolari accorgimenti in fase di realizzazione, per esempio per quanto riguarda il cablaggio della fibra, un aspetto spesso critico per il corretto funzionamento della stessa rete.

La gestione di una rete in fibra, quindi, deve necessariamente prevedere un elevato standard qualitativo del cablaggio.

Il mercato, fortunatamente, offre un aiuto per la gestione dei guasti nelle reti in fibra perché rende disponibili strumentazioni per l'ispezione della fibra e, spesso, lo stesso strumento è in grado di risolvere alcune classi degli eventuali problemi individuati.

Un'attenzione in più nell'installazione

La realizzazione efficiente di una rete in fibra ottica richiede posa del cavo, terminazione dei connettori a ogni estremo del cavo e realizzazione delle connessioni ai diversi apparati (o dispositivi) utilizzando corti cavetti di raccordo (definiti anche patch cord). Trattandosi di un cavo in fibra ottica è buona norma non generare curvature particolarmente strette del percorso di rete per non causare un'eccessiva

Curvature eccessive di cavi in fibra ottica causano un'attenuazione del segnale

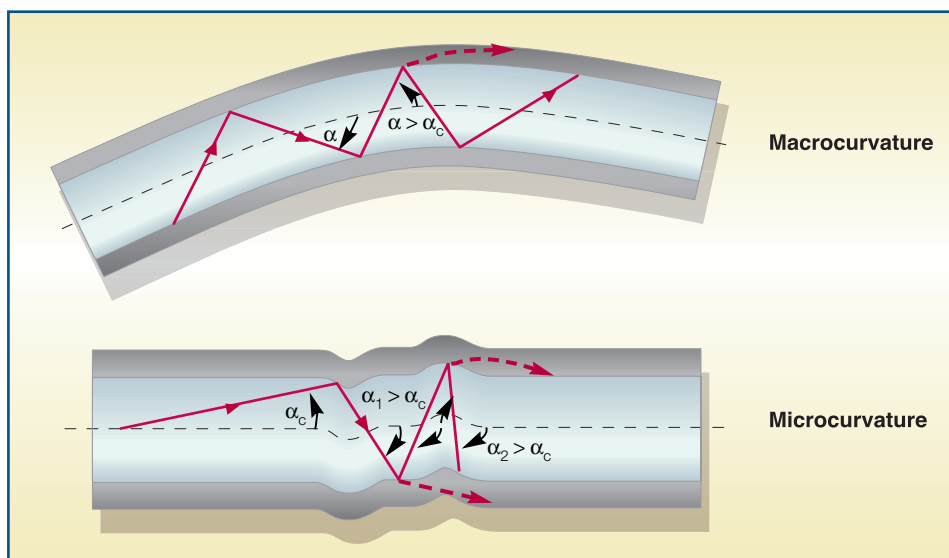
attenuazione nel collegamento; le curvature, infatti, possono causare attenuazione se raggiungono valori tali da far sì che i raggi arrivino all'interfaccia core (tecnicamente si parla di cladding con un angolo minore rispetto all'angolo critico che garantisce la riflessione interna totale). Sono da evitare, in particolar modo, le microcurvature della fibra per non causare perdite di propagazione.

L'attenuazione è un fenomeno significativamente influenzato anche dalle terminazioni dove dispositivi posti alla fine della guida ottica raggruppano le singole fibre che compongono il cavo in fibra: il rischio è la generazione di disturbi modali nei sistemi multimodali.

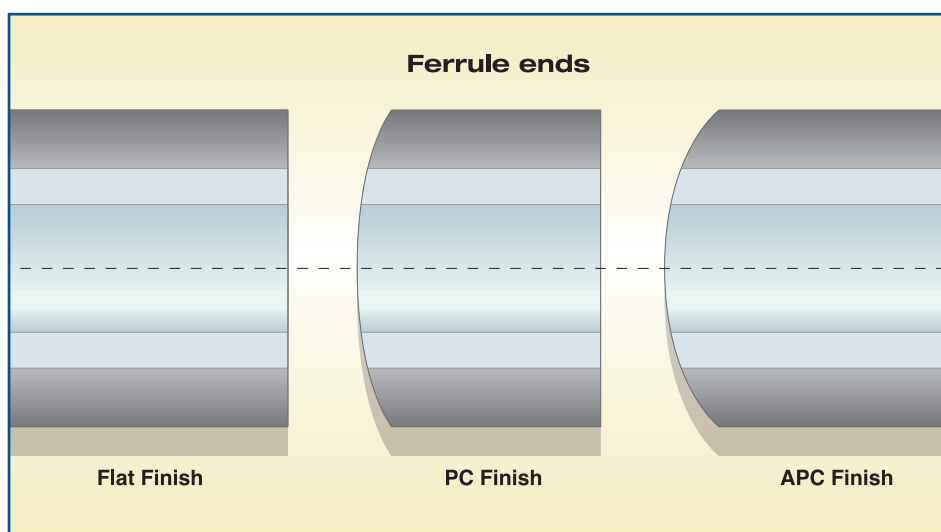
Le perdite nel connettore

Nella rete il percorso tra trasmettitore e ricevitore presenta punti di connessione tra più segmenti di fibra; ciascuna connessione contribuisce alla perdita totale di potenza sperimentata dal segnale trasmesso.

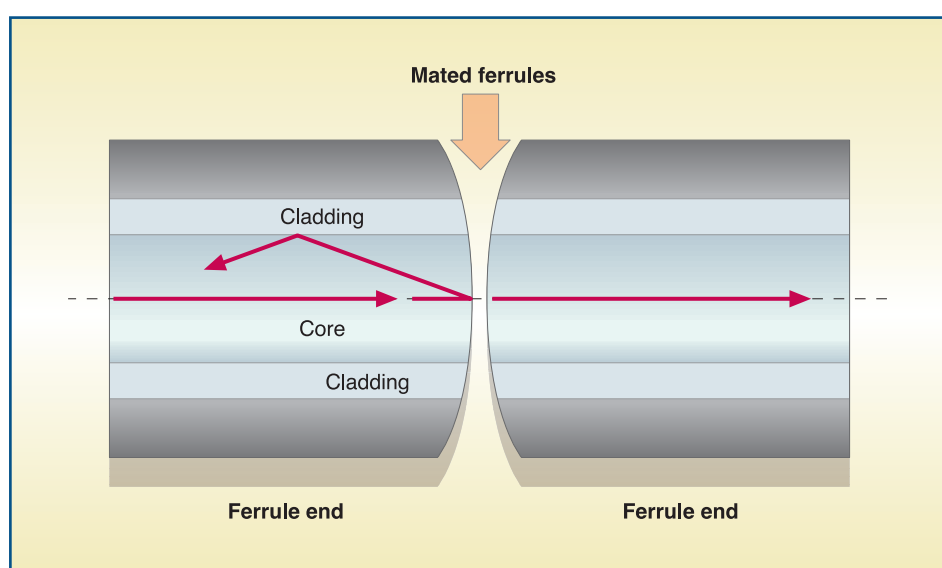
Tecnicamente esistono due tipi di connessione: la giuntura (o splice che consente una connessione permanente tra due tratti di fibra) e l'unione tramite connettore, tra due tratti o con un apparato fisso alla terminazione della linea (consente il riutilizzo della linea rendendola configurabile).



La funzione del connettore è di fatto quella di realizzare un meccanismo di accoppiamento meccanico che attraverso l'esatto allineamento degli assi delle due fibre minimizzi le perdite. In particolare si può agire su tre fattori: le tolleranze del connettore (un connettore per fibra ottica ha, come qualsiasi dispositivo, tolleranze che non permettono grandi scostamenti dal perfetto allineamento), le tolleranze della fibra (la fibra dovrebbe avere un nucleo con sezione perfettamente



Terminazioni PC e APC consentono di ridurre l'energia riflessa verso la sorgente attraverso l'arrotondamento delle terminazioni



Riflessione dovuta alla variazione dell'indice di rifrazione: un gap d'aria tra due terminazioni può causare una maggiore riflessione

circolare centrato esattamente nel mantello, anch'esso perfettamente circolare e se queste condizioni non si verificano, le perdite aumentano) e i tipi differenti di fibra (la maggior parte delle applicazioni utilizza lo stesso tipo di fibra in tutta l'installazione per evitare questo tipo di perdite).

I connettori usati oggi causano perdite intorno ai 0,3 dB, comunque ben inferiori agli 0,75 dB degli standard comunemente accettati. Nel caso di connettori usati nelle fibre monomodali occorre tenere in considerazione le riflessioni del segnale all'interfaccia perché quando due fibre sono separate da un gap d'aria, una parte dell'energia ottica è riflessa verso la sorgente.

Queste riflessioni, definite riflessioni di Fresnel, si hanno sia all'interfaccia vetro-aria quando la luce lascia la prima fibra

sia all'interfaccia aria-vetro quando la luce entra nella seconda fibra.

La luce è riflessa direttamente nel centro della fibra, ovvero nel nucleo, dove si può propagare sino alla sorgente luminosa.

L'energia riflessa rappresenta a tutti gli effetti una perdita per riflessione e, in un'interconnessione di fibre monomodali con terminazione piatta, può ammontare a -11 dB: significa che il raggio riflesso ha un'energia di 11 dB inferiore a quella del raggio incidente.

Per esempio se 500 W di energia raggiungono la ter-

minazione della fibra, 40 W saranno riflessi verso la sorgente; questo livello di energia è sufficiente per interferire con l'emissione di un diodo laser e causare errori.

Come intervenire per ridurre queste perdite? Si utilizza, per esempio, la tecnica del contatto fisico o terminazione PC (Polishing Correctness).

Nel polishing correctness le terminazioni della fibra sono arrotondate durante la rifinitura così la perdita per riflessione può essere abbassata al di sotto di -30 dB (nell'esempio precedente rispetto ai 500 W ora solo 0,5 W sono riflessi verso la sorgente).

Questo accorgimento, infatti, permette alle due fibre di toccarsi nel punto di interconnessione diminuendo la riflessione di Fresnel dovuta ai disadattamenti per variazione del-

l'indice di rifrazione tra aria e fibra; tuttavia possono comunque verificarsi riflessioni minori dovute a tolleranze differenti delle fibre e a piccole imperfezioni nel vetro.

Il secondo aspetto positivo delle estremità arrotondate è far sì che la luce non sia riflessa direttamente verso la sorgente (condizione che si verifica quando l'angolo di riflessione è uguale all'angolo del raggio incidente) e che si perda nella fibra; la terminazione arrotondata, in questo caso, prima limita la quantità di luce riflessa e, poi, instrada nuovamente il segnale in modo tale che non possa raggiungere, per esempio, un diodo laser.

Le terminazioni piatte, che intuitivamente sembrerebbero la soluzione più naturale per eliminare le riflessioni di Fresnel, non sono utilizzate perché la realizzazione di due terminazioni perfettamente piatte e perfettamente parallele tra loro è molto complessa: potrebbe accadere che nella maggior parte dei casi una oppure entrambe le fibre presentino leggere sconessioni ma sufficienti ad evitare che i nuclei delle fibre siano in contatto tra loro. Le terminazioni arrotondate, invece, permettono alle fibre di toccarsi nella zona del nucleo eliminando, almeno, dal punto di vista teorico, il gap d'aria tra i due segmenti.

Le riflessioni possono essere ulteriormente diminuite accentuando l'arrotondamento PC (si parla in questo caso di terminazione APC) in modo che l'angolo di riflessione sia tale per cui il raggio si riflette direttamente nel mantello piuttosto che nel nucleo.

Nel caso di connettori PC la purezza della fibra ottica è una caratteristica particolarmente importante: una piccola impurità all'apice della curvatura della terminazione, infatti, può impedire il contatto delle fibre e l'indice di rifrazione subisce una modifica aumentando la perdita per riflessione: da -11 a -16 dB invece che da -30 a -40 dB.

Controlli scrupolosi

L'installazione dei connettori avviene per giunzione sfruttando un'appendice prelappata dello stesso connettore oppure realizzando la lappatura direttamente in sede di installazione.

Quando si utilizzano connettori prelappati spesso non si controlla la ferrula perché ne è data per scontata la qualità di fabbricazione dal momento che il connettore è lavorato dal costruttore in ambiente controllato. Quando invece il connettore è lappato sul campo la ferrula è sottoposta dall'installatore a ispezione con lente d'ingrandimento oppure con microscopio a 100 ingrandimenti.

Nonostante il buon lavoro degli installatori, è statisticamente dimostrato che un'elevata quantità di malfunzionamenti di reti in fibra ottica ha come prima causa la pulizia della ferrula seguita da lappatura insufficiente, connettori guasti, mancanza di etichettatura (operazione con cui si definisce chi è il trasmettitore e il ricevente), ferrula rovinata, cattiva giunzione e curvatura eccessiva.

Probabilmente l'utilizzo di microscopi più potenti permetterebbe di ispezionare con maggior rigore la qualità della lappatura o la pulizia del core della fibra, ossia dove viaggia il segnale luminoso. In generale un microscopio a 250 ingrandimenti è più che sufficiente per fibre multimodali mentre sono consigliati 400 ingrandimenti per fibre monomodali.

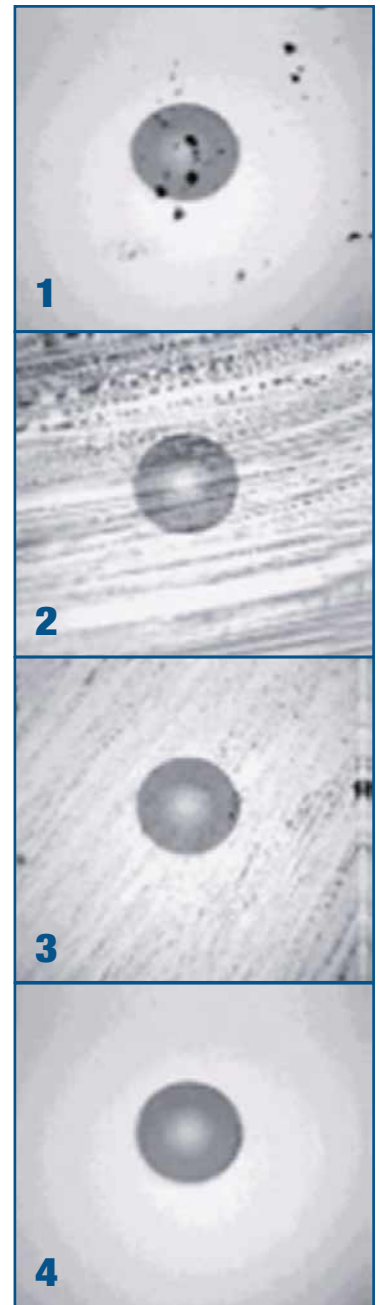
Intervenire subito può evitare ulteriori processi di ispezione a installazione terminata quando i malfunzionamenti, come l'attenuazione ottica, sono evidenziati al momento del collaudo oppure dalla messa in funzione del sistema (in pratica dal collegamento degli apparati).

A questo punto non sono più ispezionate le ferrule perché la ispezione richiede troppo tempo e perché ogni occasione di contatto tra operatore e connettore potrebbe provocare depositi di sporco.

L'installazione di un connettore sporco, inoltre, potrebbe sporcare anche l'adattatore:

per questa ragione si provvede spesso alla pulizia delle ferrule delle bretelle di collaudo, non solo perché darebbero un'attenuazione elevata ma anche perché contaminerebbero le terminazioni in misura.

D'altronde le bretelle di test potrebbero, a loro volta, essere contaminate da altri connettori sporchi per cui si genererebbe un effetto a catena se non si pulissero preventivamente i connettori prima della connessione. ■



1) connettore sporco
2) connettore pulito con un dito
3) connettore pulito con maglietta
4) connettore pulito con apposito kit di pulizia