

Il vostro distributore autorizzato

**NETWORKSUPERVISION**

**Fluke Networks, Inc.**  
P.O. Box 777, Everett, WA USA 98206-0777  
(800) 283-5853 Fax (425) 446-5043

**Western Europe**  
00800 632 632 00, +44 1923 281 300  
Fax 00800 225 536 38, +44 1923 281 301  
Email: info-eu@flukenetworks.com

**Canada** (800) 363-5853 Fax (905) 890-6866  
**EEMEA** +31 (0)40 267 5119  
Fax +31 (0)40 267 5180  
**Other countries call** (425) 446-4519  
Fax (425) 446-5043

**E-mail:** fluke-assist@flukenetworks.com  
**Web access:** <http://www.flukenetworks.com>

©2010 Fluke Corporation. All rights reserved.  
Printed in U.S.A. 02/2010 3593456A

## Indice dei contenuti

1. <b>Introduzione</b> .....	2
2. <b>Panoramica dei Principi di Trasmissione su Fibra Ottica</b> .....	3
• Struttura	
• Riflessione e Rifrazione	
• Analisi dei Segnali	
• Requisiti per una Trasmissione Affidabile	
3. <b>Teoria del Test. Prestazioni di un Cablaggio in Fibra Ottica</b> .....	12
• Standard Industriali sulle Prestazioni	
• Certificazione del Cablaggio	
4. <b>Il Test di Verifica della Fibra</b> .....	26
5. <b>Come Certificare un Cablaggio In Fibra Ottica con OLTS e LSPM</b> .....	27
6. <b>Come Certificare un Cablaggio In Fibra Ottica con un OTDR</b> .....	33
• Strategia del test di Certificazione	
7. <b>I Problemi più Comuni</b> .....	38
8. <b>Come Identificare e Risolvere i Problemi più Comuni con un OTDR</b> .....	41
• Trovare i guasti con l'OTDR	
9. <b>Ispezione e Pulizia delle Superfici Terminali dei Connettori</b> .....	45
• Ispezione	
• Pulizia	
10. <b>Conclusioni</b> .....	48
11. <b>Glossario</b> .....	49
12. <b>Appendici</b>	

## 1. Introduzione

*I collegamenti in fibra ottica oggi devono supportare reti caratterizzate da velocità operative sempre maggiori e con vincoli tecnici sempre più stringenti; diventa, quindi, particolarmente importante la verifica strumentale che i link di dorsale rispettino i limiti imposti dagli standard sull'attenuazione, sempre più severi. L'esigenza di disporre di sempre maggiore capacità di trasporto dati è in continua crescita parallelamente all'evoluzione e all'espansione delle applicazioni di rete. Velocità di trasmissione sempre più alte richiedono strutture di cablaggio idonee a supportare larghezze di banda maggiori. Questa guida al test evidenzia le esigenze di prestazioni del cablaggio e descrive le misure in campo, le tecniche di certificazione e di ricerca guasti e gli strumenti per garantire che il cablaggio in fibra ottica installato possa supportare applicazioni ad alta velocità di cifra come Ethernet a 1 e 10 Gigabit al secondo (Gbps), Fibre Channel e le già annunciate applicazioni Ethernet a 40 e 100 Gbps.*

*Una rete locale (LAN) o una rete aziendale connette utenti che stanno, di norma, in un raggio massimo di 2 ÷ 5 km. Comprende sia il sistema di interconnessione all'interno degli edifici che il cablaggio tra edifici detto anche di 'campus'. Il cablaggio in fibra ottica è utilizzato soprattutto per le interconnessioni su distanze elevate e quando sono richieste alte prestazioni, mentre il cablaggio con cavo in rame a coppie ritorte (twisted pair) si usa prevalentemente per il collegamento fisico dell'utente finale o dei dispositivi periferici. Il cablaggio in rame non può superare la lunghezza complessiva di 100 metri. Per distanze superiori, come la dorsale di edificio, è decisamente preferito il cablaggio ottico.*

*Questo documento esamina le procedure di test, i metodi di analisi della rete e gli strumenti per garantire che il cablaggio in Fibra Ottica installato possa fornire la capacità di trasmissione necessaria per supportare in modo affidabile le applicazioni di rete in ambito LAN o enterprise. La 'Certificazione' ovvero il processo di verifica strumentale delle prestazioni di trasmissione di un sistema di cablaggio installato rispetto ad uno specifico standard, permette di garantire un'installazione di qualità. La certificazione fornisce anche una documentazione ufficiale e la prova che i requisiti stabiliti dai comitati tecnici dei vari standard sono stati pienamente soddisfatti.*

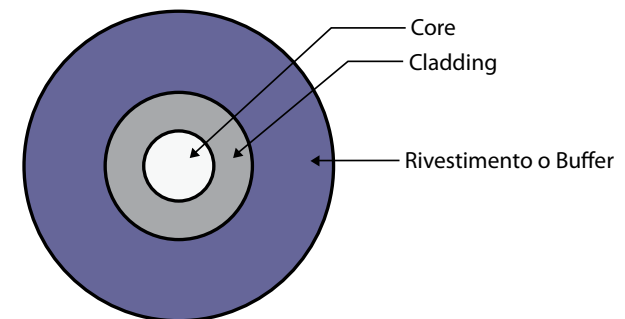
*Le Fibre Ottiche rappresentano un mezzo di trasmissione affidabile ed economico ma, per la natura stessa del mezzo e per la necessità di allineare perfettamente fibre di diametro molto piccolo, è molto facile andare incontro a problemi tecnici di varia natura, dalla contaminazione delle superfici terminali dei connettori al danneggiamento del link. In ogni caso, l'identificazione dei motivi di guasto è molto spesso un'attività che richiede tempo ed il coinvolgimento di molte risorse.*

*Per questa ragione, Fluke Networks ha creato una guida professionale per la risoluzione dei problemi di un impianto in fibra che possa fornire le informazioni necessarie per garantire:*  
1) la verifica di aver raggiunto il necessario livello di qualità dell'installazione e 2) una metodologia di ricerca guasti efficiente che riduca il tempo necessario per l'identificazione della causa primaria di un problema prima di intraprendere ogni azione correttiva. Si fa presente, inoltre, che questa guida non copre argomenti specifici delle applicazioni in tecnologia ottica per telecomunicazioni sulle lunghe distanze.

## 2. Panoramica dei Principi di Trasmissione su Fibra Ottica

### Struttura

Un cavo in fibra ottica consiste in un insieme di fili molto sottili di vetro purissimo progettati per trasmettere segnali luminosi. La **Figura 1** illustra la sezione del filo di vetro rivestito che rappresenta il componente base della struttura di molti cavi ottici. La parte centrale della fibra è chiamata 'core'. Il core è la porzione di fibra che contiene il segnale luminoso da trasmettere. Lo strato di vetro che circonda il core è chiamato 'cladding'. Il cladding serve a trattenere la luce all'interno del core. Lo strato ancora più esterno è il rivestimento primario della fibra chiamato anche 'buffer'. Il buffer, un rivestimento in materiale plastico, garantisce protezione e conferisce robustezza alla fibra di vetro.



**Figura 1** - Sezione trasversale di una fibra ottica

Normalmente il diametro esterno del cladding è 125 micron ( $\mu\text{m}$ ) o 0,125 mm. Il diametro del core nelle fibre ottiche comunemente utilizzate nelle infrastrutture di edificio può essere 62,5, 50 o 9  $\mu\text{m}$ . I diametri più grandi 62,5 e 50  $\mu\text{m}$  identificano fibre di tipo multimodale; le fibre monomodali sono caratterizzate da un diametro nominale del core minore, pari a circa 9  $\mu\text{m}$ .

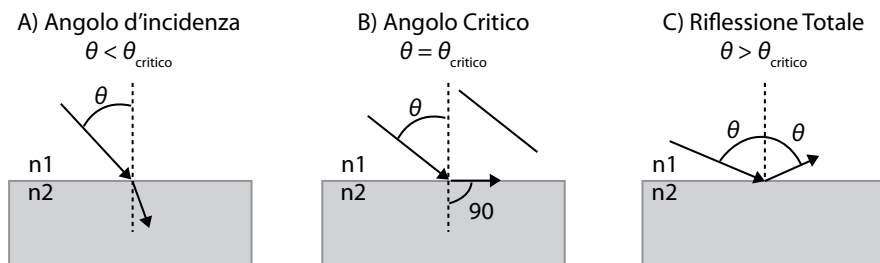
### Riflessione e Rifrazione

Il funzionamento di una fibra ottica è basato sul principio della riflessione totale interna. La Figura 2 illustra questo principio nel caso in cui la luce passi dall'aria all'acqua. Quando la luce arriva alla superficie dell'acqua con un angolo di incidenza  $\theta$  minore dell'angolo critico  $\theta_c$ , penetra nell'acqua ma cambia direzione di propagazione attraversando la superficie di separazione tra i due mezzi (rifrazione). Quando un raggio di luce colpisce la superficie dell'acqua con un angolo maggiore dell'angolo critico, la luce si riflette sulla superficie dell'acqua. Ogni materiale è caratterizzato da un ben determinato indice di rifrazione rappresentato dal simbolo  $n$ . Questo indice, chiamato anche indice rifrattivo, è il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto ( $c$ ) e la velocità nello specifico mezzo ( $v$ ).

$$n=c/v$$

L'indice di rifrazione nel vuoto (lo spazio cosmico) è 1 ( $v = c$ ). L'indice di rifrazione dell'aria ( $n_1$ ) è 1,003, leggermente più alto di quello del vuoto mentre quello relativo

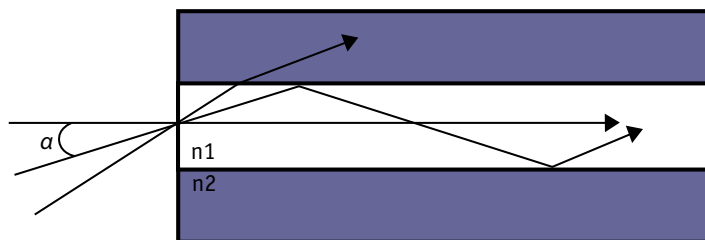
all'acqua è 1,333. Un valore alto dell'indice di rifrazione  $n$  di un materiale indica che la luce in quel materiale viaggia più lentamente. Se ne deduce, per esempio, che la luce viaggia più velocemente nell'aria che nell'acqua.



Il core di una fibra ottica ha un indice di rifrazione più alto di quello del cladding. La luce che colpisce la superficie di separazione tra core e cladding con un angolo di incidenza superiore all'angolo critico viene riflessa e continua a propagarsi entro il core. Questo principio della riflessione totale è alla base del funzionamento di una fibra ottica. L'angolo critico dipende dall'indice di rifrazione dei due mezzi, in questo caso dall'indice di rifrazione del vetro che costituisce il core e del vetro del cladding. L'indice di rifrazione del core è tipicamente circa 1,47 mentre l'indice di rifrazione del cladding è approssimativamente 1,45.

In base al principio appena enunciato, è possibile costruire un cono immaginario con un angolo che dipende dall'angolo critico (vedi **Figura 3**) in modo che, se la luce è iniettata nell'estremità della fibra con un angolo compreso in questo cono, è soggetta al fenomeno della riflessione totale e si propagerà nel core. L'ampiezza di questo cono è legata al concetto di 'apertura numerica', cioè quel valore che indica la capacità della fibra di raccogliere la luce.

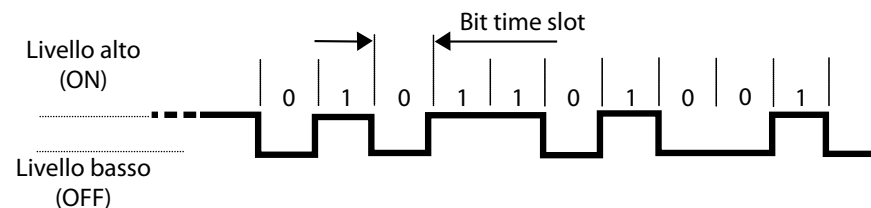
La luce iniettata nell'estremità della fibra con angolazione maggiore dell'apertura del cono, quando raggiunge la superficie di separazione tra core e cladding subisce il fenomeno della rifrazione nel cladding e non proseguirà a propagarsi nel core.



**Figura 3** - Apertura numerica e riflessione totale: la luce che entra nella fibra con un angolo viaggia nel core.

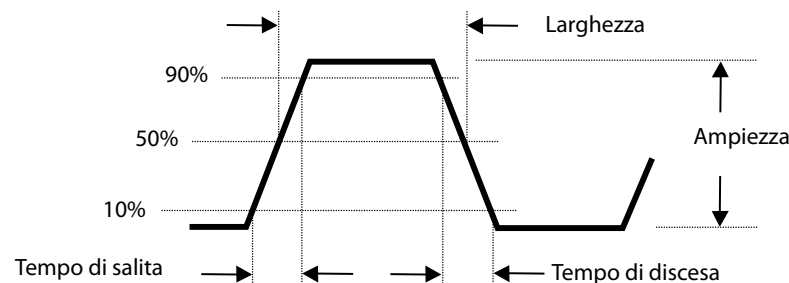
## Analisi dei Segnali

Reti locali come Ethernet e Fibre Channel trasmettono impulsi che rappresentano segnali digitali. Il bit - abbreviazione di binary digit - è l'unità elementare di informazione digitale. Questo elemento può assumere solo due valori: 0 o 1. Un dato numerico viene trasformato in un numero digitale. Altri dati come, per esempio, un carattere alfabetico sono codificati in una stringa di bit. Uno stato 'On' oppure 'Off' può rappresentare elettronicamente il valore di un bit; con la stessa logica una sequenza seriale di impulsi di luce rappresenta l'informazione digitale trasmessa su di un link ottico. Lo stato 'On' rappresenta un bit di valore 1 e lo stato 'Off' rappresenta un bit di valore 0. La **Figura 4** illustra un esempio di informazione digitale come è trasmessa su un cavo in fibra ottica.



**Figura 4** - Un tipico treno di impulsi che rappresenta i dati digitali

La rappresentazione degli impulsi in **Figura 4** è 'ideale'. Nella realtà, gli impulsi hanno un tempo di salita e di discesa diverso da zero. La **Figura 5** descrive le caratteristiche più importanti di un impulso. Il tempo di salita è la quantità di tempo necessaria per portare la luce nello stato di 'On', è definito come il tempo richiesto per passare dal 10% all'90% dell'ampiezza totale dell'impulso. Il tempo di discesa è l'opposto del tempo di salita e rappresenta il tempo necessario per portare la luce dallo stato 'On' allo stato 'Off'. I tempi di salita e di discesa sono parametri critici, determinano la velocità massima alla quale il sistema è in grado di generare e trasmettere impulsi (data rate).



**Figura 5** - Analisi di un impulso

Quando si trasmettono un miliardo o più bit al secondo (data rate di 1 Gbps o più), le sorgenti di luce LED non possono più essere utilizzate a causa del tempo di salita e di discesa caratteristico di questa tecnologia. Per questi sistemi ad alta velocità è necessario utilizzare sorgenti di luce laser. Una sorgente di luce molto utilizzata nelle reti di edificio è il VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) che genera luce con lunghezza d'onda di 850 nm.

## Requisiti per una trasmissione affidabile

Quando la sorgente di luce nell'apparato trasmittente genera un treno di impulsi come quello rappresentato nella **Figura 4**, il link in fibra ottica deve trasportarlo mantenendo un grado di fedeltà sufficiente affinché il sensore nell'apparato ricevente possa associare ad ogni impulso il suo valore corretto di 'On' o 'Off'.

**Per assicurare una trasmissione ed una ricezione affidabile, è richiesto il controllo di almeno due parametri:**

**Channel insertion loss (Attenuazione di Canale):** la massima perdita di segnale (attenuazione) ammessa sul mezzo di trasmissione tra l'apparato trasmittente e il ricevente. Il termine 'canale' definisce il percorso da una estremità all'altra, tra il trasmettitore ed il ricevitore, del segnale nel mezzo di trasmissione. La perdita di segnale complessiva (attenuazione del canale) è costituita dalla somma di tutte le perdite parziali del percorso: lungo la fibra e in ciascuna interconnessione o giunzione.

**Dispersione del Segnale:** Come spiegheremo più avanti, gli impulsi di luce hanno la tendenza ad allargarsi durante la propagazione lungo la fibra a causa di un fenomeno chiamato dispersione. Questo 'allargamento' deve essere limitato per evitare che gli impulsi in fibra si sovrappongano, fondendosi tra di loro verso l'estremità della fibra collegata al ricevitore.

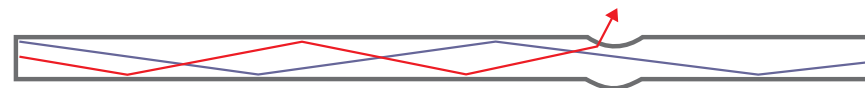
Entrambi questi parametri - perdita (o attenuazione) e dispersione - giocano un ruolo critico nell'ottenere una trasmissione affidabile ed esente da errori. La dispersione non può essere misurata in campo. Gli standard sulle reti definiscono una lunghezza massima per il canale; questo valore dipende dalla velocità del flusso di dati (data rate) e dalla larghezza di banda della fibra ottica. La larghezza di banda della fibra, a sua volta, si determina con misure di laboratorio per caratterizzare la dispersione modale propria delle fibre multimodali.

## Perdita

La perdita o attenuazione, è un parametro legato alle prestazioni molto ben definito negli standard relativi al cablaggio e in quelli relativi alle applicazioni di rete. Il segnale deve arrivare alla fine del collegamento ottico - l'ingresso del sensore nell'apparato ricevente - con sufficiente energia per poter essere rilevato e decodificato. Se il sensore non riesce a 'vedere' chiaramente il segnale, il processo di trasmissione certamente fallirà.

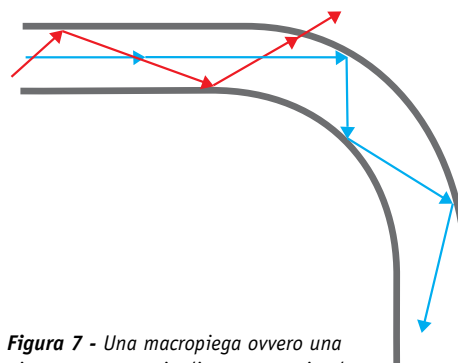
L'attenuazione, cioè la perdita di segnale, in una fibra ottica è causata da diversi fattori intrinseci ed estrinseci. Due fattori intrinseci sono lo scattering o diffusione e l'assorbimento. La forma più comune di scattering, chiamata 'Scattering di Rayleigh', è causata da disuniformità microscopiche all'interno della fibra. Queste disuniformità fanno sì che i raggi di luce siano parzialmente diffusi mentre procedono nel core e quindi una parte dell'energia luminosa si perde. Lo scattering di Rayleigh è responsabile di circa il 90% del totale delle perdite intrinseche nelle fibre ottiche moderne. Questo fenomeno ha influenza maggiore quando la dimensione delle impurità nel vetro è confrontabile con la lunghezza d'onda della luce. Luce con lunghezza d'onda maggiore risente meno di questo fenomeno rispetto alla luce con lunghezza d'onda più corta e, pertanto, sarà soggetta a perdite più contenute.

Le cause estrinseche di attenuazione includono stress meccanici e pieghe legati al processo costruttivo della fibra. Le pieghe, a loro volta, possono essere distinte in due categorie: micropieghe e macropieghe. Le micropieghe sono causate da imperfezioni microscopiche nella geometria della fibra introdotte dal processo costruttivo come, per esempio, l'asimmetria rotazionale, piccole variazioni del diametro del core o ruvidezza della superficie di separazione tra core e cladding. Anche sollecitazioni meccaniche, eccessiva tensione, pressione o attorcigliamento della fibra possono causare micropieghe. La **Figura 6** illustra il fenomeno di micropiega in una fibra e il suo effetto sul percorso della luce.



**Figura 6** - Una micropiega in una fibra ottica causa la fuoriuscita dal core di parte della luce contribuendo alla perdita complessiva di segnale

La causa principale che genera il fenomeno della macropiega è una curvatura della fibra su piccolo raggio. Gli standard così descrivono il minimo raggio di piega ammesso: "I cavi contenenti fino a quattro fibre previsti per il Sottosistema di Cablaggio 1 (cablaggio orizzontale o centralizzato) possono supportare un raggio di curvatura minimo di 25 mm quando non sono soggetti a forze di trazione. Cavi contenenti fino a 4 fibre che sono soggetti a forze di trazione per l'installazione nei condotti possono supportare un raggio di curva minimo di 50 mm con un carico di tiro di 220 N. Tutti gli altri cavi ottici possono supportare un raggio di curvatura minimo pari a 10 volte il diametro esterno del cavo stesso quando non sono soggetti a trazione e 20 volte il diametro esterno quando sono soggetti a forza di trazione fino al valore massimo specificato per quel cavo."



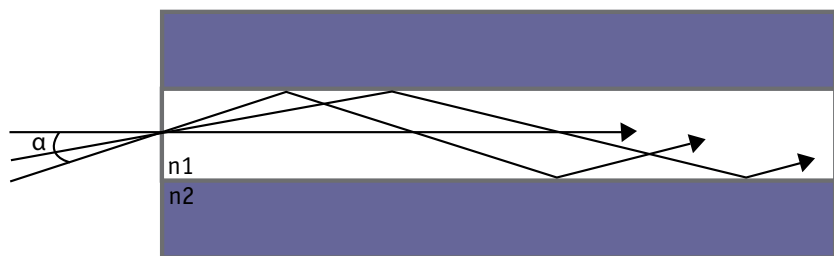
**Figura 7** - Una macropiega ovvero una piega con un raggio di curvatura piccolo causa la fuoriuscita della luce associata ai modi di propagazione di ordine superiore e quindi determina perdita di segnale

La **Figura 7** mostra l'effetto di una piega di piccolo raggio sul percorso della luce nella fibra. Parte dell'energia luminosa appartenente ai modi di propagazione di ordine superiore non sono più riflessi e fuoriescono dal core. L'attenuazione di una fibra è determinata principalmente dalla sua lunghezza e dalla lunghezza d'onda della luce utilizzata. Il valore complessivo delle perdite di un link ottico installato invece, comprende la perdita dovuta alla fibra più la perdita associata ai connettori e alle giunzioni. Le perdite dovute ai connettori e ai punti di giunzione rappresentano il contributo più importante all'attenuazione complessiva dei link ottici relativamente corti, tipici delle applicazioni nelle reti di edificio. Con uno strumento di indagine come un Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) è possibile valutare ed analizzare la perdita di ogni singolo connettore o giunzione.

## La Dispersione

La dispersione indica l'allargamento degli impulsi durante la propagazione lungo la fibra ottica. La dispersione limita la banda della fibra e quindi riduce la quantità di dati che possono essere trasmessi nell'unità di tempo. In questa sede ci limiteremo a discutere della dispersione modale in fibre multimodali.

Il termine 'multimodale' indica che i raggi di luce si propagano nel core secondo molti modi di propagazione contemporaneamente. La **Figura 8** illustra come il principio della riflessione totale interna si manifesta in una fibra ottica multimodale con variazione di indice a gradino (step index). Il termine 'step index' indica che l'indice di rifrazione del core è di uno step (gradino) più alto di quello del cladding. Quando la luce entra nella fibra si divide in diversi percorsi chiamati 'modi'. Il fenomeno della riflessione totale interna descritto in precedenza e illustrato in **Figura 3** fa sì che ogni percorso (o modo) sia confinato all'interno del core. Un modo attraversa la fibra percorrendone l'asse, altri modi si propagano con angoli diversi e rimbalzano più volte in virtù del principio della riflessione totale interna. I modi che procedono rimbalzando molte volte si chiamano 'modi di ordine superiore'. I modi che si propagano con pochi rimbalzi si chiamano 'modi di ordine inferiore'. Il percorso più breve è la linea retta, tutti gli altri percorsi che può seguire la luce (modi) sono più lunghi di quello in linea retta: maggiore è l'angolo (rispetto all'asse), con cui il raggio luminoso entra nella fibra, più numerosi saranno i rimbalzi e più lungo risulterà il percorso effettivo. Percorsi di lunghezza diversa determinano tempi di percorrenza diversi della fibra. Questa disparità tra i tempi di arrivo dei diversi raggi è chiamata anche 'differential mode delay' (DMD) ed è la causa della dispersione, cioè dell'allargamento dell'impulso dovuto alla propagazione nel cavo.



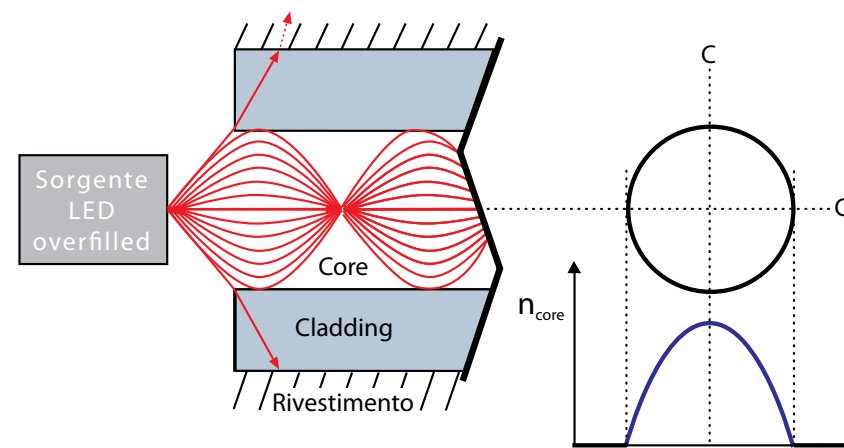
**Figura 8** - La fibra ottica accetta tutta la luce che entra con un'angolazione massima indicata dall'Apertura Numerica. La luce si riflette sulla superficie di separazione tra core e cladding e si propaga secondo percorsi differenti. Questi percorsi sono chiamati modi. La fibra ottica multimodale guida la luce attraverso molti modi, cioè molti percorsi. La luce che entra secondo angoli più ampi segue percorsi più lunghi. Ciò rappresenta i modi di propagazione di ordine superiore.

L'effetto della dispersione aumenta con la lunghezza del link ottico. Se gli impulsi di luce devono percorrere una tratta più lunga, la differenza di percorso tra i diversi modi aumenta, aumenta la differenza tra i tempi di percorrenza della tratta e l'impulso in arrivo sarà più largo. Il risultato è che gli impulsi in arrivo all'estremità di una tratta lunga si sovrappongono tra di loro e il ricevitore non è in grado di distinguerli con certezza né tanto meno decodificare lo stato ed estrarre il valore binario associato. I data rate più alti vengono ottenuti mandando impulsi corti in rapida successione. La dispersione limita la frequenza alla quale gli impulsi possono essere trasmessi, in altre parole, la dispersione limita la banda del cablaggio.



**Figura 9** - Per effetto della dispersione gli impulsi trasmessi possono sovrapporsi alla fine del link (ingresso del ricevitore). Il sensore non è in grado di riconoscere e di decodificare lo stato logico dei singoli impulsi.

Per compensare gli effetti della dispersione tipica delle fibre multimodali step index, sono state sviluppate le fibre multimodali 'graded index'. 'Graded index' si riferisce al fatto che l'indice di rifrazione del core diminuisce gradualmente man mano che ci si allontana dal centro del core. Il vetro nel centro del core ha l'indice di rifrazione più alto e quindi la luce in questa regione viaggia a velocità più bassa e pertanto, i raggi luminosi che seguono il percorso più breve lo percorrono a velocità minore. Se il core è costruito secondo questo schema tutti i raggi di luce raggiungono l'estremità della fibra (il ricevitore) approssimativamente nello stesso istante riducendo l'effetto della dispersione modale. Come mostra la **Figura 10**, la luce in una fibra multimodale graded Index non segue più un percorso rettilineo da una estremità all'altra ma segue un percorso a serpentina; viene riflessa gradualmente verso il centro del core a causa del progressivo diminuire dell'indice di rifrazione del vetro.



**Figura 10** - Fibra multimodale graded index. L'indice di rifrazione del core non è costante all'interno del core. È più alto al centro e gradualmente diminuisce progredendo verso il confine con il cladding. Questa struttura crea percorsi della luce (modi) con andamento a serpentina come illustrato nella parte sinistra della figura. I modi di ordine inferiore (al centro del core) viaggiano a velocità più bassa, mentre i modi più esterni che compiono le distanze maggiori viaggiano a velocità media più alta. Le fibre multimodali graded index quindi sono caratterizzate da una larghezza di banda maggiore.

<sup>1</sup> Lunghezza d'Onda di Taglio: La lunghezza d'onda al di sotto della quale una fibra ottica monomodale cessa di trasmettere su un solo modo.

Le fibre multimodali 'laser-optimized' utilizzate per le più recenti applicazioni su reti ad alta velocità (data rate nel campo dei Gigabit al secondo) sono di tipo graded index e adottano il diametro di core più piccolo, da 50  $\mu\text{m}$ . Il diametro di core più piccolo ontiene ulteriormente l'effetto della dispersione limitando il numero di modi.

La fibra 'monomodale', come indica lo stesso nome, permette solamente un modo di propagazione con luce di lunghezza d'onda maggiore del suo valore di taglio<sup>1</sup>. La lunghezza d'onda di 1310 nm che è utilizzata in molte applicazioni per reti di edificio su fibra monomodale (diametro del core di 9  $\mu\text{m}$ ) è decisamente ad di sopra del valore di taglio che è compreso tra 1150 nm e 1200 nm. Le fibre monomodali, in queste condizioni di impiego, trasmettono gli impulsi senza significativa distorsione perché sono esenti dalla dispersione modale e quindi una maggiore quantità di dati può essere trasmessa nell'unità di tempo su grandi distanze (anche l'attenuazione intrinseca della fibra è minore alle lunghezze d'onda maggiori). Le fibre monomodali, perciò, sono caratterizzate da una banda molto maggiore rispetto alle fibre multimodali.

Anche le fibre monomodali hanno subito un processo evolutivo nel tempo; esistono, inoltre, meccanismi di dispersione e fenomeni di non linearità che non tratteremo in queste note perché non giocano un ruolo particolarmente importante nelle applicazioni per reti di edificio. L'utilizzo di fibra monomodale, al di là dei molti vantaggi, presenta anche qualche importante aspetto negativo: il diametro del core molto piccolo rende difficile il lancio dell'energia luminosa nella fibra; le tolleranze costruttive dei connettori e dei giunti monomodali sono fortemente ridotte per garantire un buon allineamento dei core. Per ultimo bisogna considerare che le sorgenti di luce laser operanti a lunghezze d'onda maggiori sono decisamente più costose dei VCSEL funzionanti a 850 nm.

## Larghezza di banda

La larghezza di banda, caratteristica essenziale per le prestazioni, determina la capacità della fibra ottica di trasportare informazione. In termini digitali, la larghezza di banda si esprime come il bit rate massimo al quale i segnali possono essere inviati su una determinata distanza senza che il singolo bit interferisca con quello precedente o con quello seguente. La larghezza di banda o, semplicemente, la banda si esprime con il prodotto  $\text{MHz}\cdot\text{km}$ . L'interferenza tra bit contigui è causata dal fenomeno della dispersione descritto in precedenza.

La banda può essere definita e misurata in molti modi. Le tre specifiche di banda standardizzate a cui fanno riferimento altrettanti metodi di misura sono: Overfilled Bandwidth, Restricted Modal Bandwidth e Laser Bandwidth detta anche Effective Modal Bandwidth (EMB). Il motivo per cui esistono differenti metodi per definire la banda deriva dalle diverse caratteristiche delle sorgenti di luce utilizzate per trasmettere le informazioni.

La sorgente di luce tradizionale per Ethernet a 10 Mbps e 100 Mbps è stato il Light Emitting Diode (LED), la scelta migliore per applicazioni fino a 622 Mbps. I LED sono caratterizzati da una emissione di luce uniforme che riempie l'intero core della fibra ed eccita tutti i suoi modi di propagazione. Il metodo migliore per valutare la larghezza di banda di una fibra multimodale tradizionale, quando è utilizzata una sorgente LED, è chiamato Overfilled Bandwidth (OFL).

Come è già stato ricordato, un dispositivo LED non può essere modulato alla velocità necessaria per trasmettere un miliardo o più di bit al secondo come richiesto dalle applicazioni 'Gigabit'. La sorgente di luce comunemente utilizzata per supportare velocità di trasmissione dell'ordine del gigabit nelle reti di edificio è il VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) alla lunghezza d'onda di 850 nm. Diversamente dal LED, l'emissione di luce di un VCSEL non è uniforme. Rispetto all'estremità della fibra può variare da VCSEL a VCSEL. Il risultato è che i laser non eccitano tutti i modi di una fibra multimodale ma solo un ristretto sottoinsieme di questi e, cosa ancora più importante, ogni dispositivo attiva un differente sottoinsieme di modi con una differente distribuzione dell'energia luminosa tra questi modi.

Un metodo molto più preciso per garantire larghezza di banda di un link ottico per applicazioni Gigabit è il controllo del DMD (Differential Mode Delay – fare riferimento alla discussione precedente sulla dispersione). Questa tecnica di misura rappresenta l'unica specifica di banda riportata nello standard per data rate di 10 Gbps. La Laser Bandwidth o EMB è calcolata matematicamente dalle misure di DMD.

## Tipi di Fibre

Lo Standard ISO/IEC 11801 ed.2.1 2009 definisce quattro tipi di fibre (OM1, OM2, OM3, OS1) per supportare varie classi di applicazioni di rete. Nel 2010 dovrebbe includere anche la Categoria OS2, che lo Standard ISO/IEC 24702 (Information technology -- Generic cabling -- Industrial premises del 2006) già riconosce.

TIA-492-AAAD2 (pubbl. 5 agosto 2009) introduce la nuova Categoria OM4 che verrà successivamente inclusa da emendamenti anche negli altri standard TIA-568-C, ISO/IEC 11801, EN-50173. Si tratta di una fibra multimodale laser optimized con una modal bandwidth di  $4.700 \text{ MHz}\cdot\text{km}$ . Questa fibra è stata sviluppata soprattutto per coprire le esigenze delle applicazioni Ethernet 40 e 100 Gbps la cui standardizzazione è prevista a breve (IEEE 802.3ba).

		Coefficiente di Attenuazione (dB/km)		Modal Bandwidth minima ( $\text{MHz}\cdot\text{km}$ )		
				Overfilled	Laser	
Lunghezza d'onda (nm)		850	1300	850	1300	850
Tipo di Fibra Ottica	Diametro del core ( $\mu\text{m}$ )					
OM1	50 o 62.5	3.5	1.5	200	500	Non specificata
OM2	50 o 62.5	3.5	1.5	500	500	Non specificata
OM3	50	3.5	1.5	1,500	500	2,000
OM4	50	3.5	1.5	3,500	500	4,700

Tabella 1 – Fibre ottiche multimodali

Telecommunication Industry Association (TIA). TIA, in associazione con EIA Electronic Industries Association, rappresenta l'industria delle telecomunicazioni. TIA è riconosciuta da ANSI American National Standards Institute, come l'ente che apporta il contributo più importante allo sviluppo degli standard volontari.

La tabella che segue fornisce una panoramica delle principali caratteristiche di questi tipi di fibra.

Le fibre ottiche multimodali più vecchie, con una banda overfilled inferiore a 200 MHz•km non sono incluse in questa tabella e non vengono più considerate per il progetto di nuove installazioni. La designazione OM3 si riferisce ad una fibra multimodale a banda larga ottimizzata laser. Tra i differenti standard di trasmissione su fibra per 10 Gbps Ethernet, 10GBASE-SR (trasmissione seriale di 10 Gigabits al secondo con l'utilizzo di VCSEL su lunghezza d'onda corta [850nm]) rappresenta l'implementazione più conveniente per questa applicazione ad alta velocità in una rete locale, nei Data Center o per le SAN (Storage Area Network). Per questa applicazione OM3 è il tipo di fibra preferita.

La fibra monomodale OS2 è anche nota come 'low water peak' ed è caratterizzata dall'aver un coefficiente di attenuazione molto basso alla lunghezza d'onda di circa 1383 nm.

### 3. Teoria del Test – Prestazioni di un Cablaggio in Fibra Ottica

La certificazione rappresenta la forma più completa di misure in campo. Il processo di test di certificazione permette di garantire che il cablaggio installato è conforme con gli standard sulle prestazioni in trasmissione definiti negli standard industriali come quelli emessi dall'International Organization for Standard/International Electrotechnical Commission (ISO/IEC) e dalla già citata TIA.

#### Standard Industriali sulle Prestazioni

Per effettuare una verifica completa e garantire che il cablaggio installato sarà compatibile con i requisiti richiesti dall'applicazione di rete che si intende utilizzare, dovrebbero essere presi in considerazione due gruppi di standard. L'obiettivo della certificazione è, in definitiva, raggiungere la certezza, anche prima che vengano installati gli apparati di rete, che il sistema di cablaggio non sarà causa di malfunzionamenti. I due gruppi di standard tengono conto l'uno delle esigenze dell'altro anche se non sono perfettamente sovrapponibili.

Sono standard orientati alle regole generali dell'installazione e alle specifiche di prestazioni. Gli standard di nostro interesse sono ISO 11801:2002 e ISO/IEC 14763-3, Information Technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Testing of optical fibre cabling, e ANSI/TIA 568 C. Quest'ultimo – revisione 'C' – consiste di quattro parti (Volumi) principali. Volume C.0 Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises fornisce una panoramica generale. Volume C.1 Commercial Building Telecommunications Cabling Systems descrive le regole di progetto raccomandate per gli edifici commerciali e i Volumi C.2 e C.3 descrivono le specifiche di prestazioni per i componenti del cablaggio: C.2 si occupa del cablaggio su cavi in rame bilanciati a coppie ritorte e il Volume C.3 del cablaggio in fibra ottica.

Questi standard contengono le specifiche per il test in campo delle prestazioni di trasmissione post-installazione che dipendono dalle caratteristiche del cavo, dalla lunghezza, dalla qualità dei connettori, dalle patch cord, dal sistema di permutazione, dal numero complessivo di connessioni e dalla cura con cui il sistema è stato installato e mantenuto. Per esempio, curve nel cavo troppo strette, connettori installati male e,

problema molto diffuso, la presenza di polvere, sporcizia ed altri contaminanti sulle superfici terminali delle fibre nei punti di interconnessione, influenzano negativamente l'attenuazione del link.

Gli standard relativi all'installazione indicano come prestazione minima di trasmissione che la perdita misurata sul link sia inferiore al valore massimo ammesso (limite di perdita) che, a sua volta, è basato sul numero di interconnessioni e giunzioni presenti e sulla lunghezza complessiva del link ottico. Questa certificazione deve essere condotta con un insieme di strumenti idoneo per la misura accurata della perdita ottica (Optical Loss Test Set - OLTS), noto anche come metodo della sorgente di luce e del misuratore di energia (Light Source and Power Meter - LSPM). Questi strumenti saranno descritti dettagliatamente più avanti così come l'Optical Time Domain Reflectometer (OTDR). Anche lo strumento OTDR fornisce una buona indicazione della perdita complessiva ma questa misura non è sufficientemente accurata per consentire la certificazione dell'attenuazione del link. L'attività di certificazione comprende anche la documentazione dei risultati dei test; questa documentazione deve fornire tutte le informazioni necessarie per dimostrare le caratteristiche di accettabilità del cablaggio o l'idoneità a supportare specifiche tecnologie di rete.

#### Calcolo del limite di attenuazione del link:

Limite di Attenuazione del Link (dB) =

Limite di Attenuazione del Cavo (dB) + Limite di Attenuazione dei Connettori (dB) + Limite di Attenuazione delle Giunzioni (dB)

Dove:

Limite di Attenuazione del Cavo (dB) =

Coefficiente di Massima Attenuazione del Cavo (dB/km) × Lunghezza effettiva (km)

Limite di Attenuazione dei Connettori (dB) =

Numero di Coppie di Connettori × Limite di Attenuazione della singola Connessione (dB)

Limite di Attenuazione delle Giunzioni (dB) =

Numero di Giunzioni × Limite di Attenuazione della singola Giunzione (dB)

**La Tabella 1** contiene i coefficienti di attenuazione dei vari tipi di cavo; questo coefficiente vale 3,5 dB/km per tutti i tipi di fibra ottica multimodale raccomandati per i sistemi di cablaggio di edificio. Le fibre monomodali per utilizzo all'interno degli edifici hanno un coefficiente di attenuazione di 1,5 dB/km, quelle per applicazioni all'esterno hanno un coefficiente di 1 dB/km o anche inferiore. Gli standard specificano anche il limite massimo di perdita di una coppia di connettori in 0,75 dB e la massima perdita per singola giunzione in 0,3 dB. Un'installazione del cablaggio fatta a regola d'arte dovrebbe, in generale, permettere di ottenere connessioni caratterizzate da valori di perdita molto più bassi dei valori massimi indicati. La stessa cosa si può dire delle giunzioni. Da notare che la lunghezza del link deve essere nota o deve poter essere misurata dallo strumento per poter determinare il limite di perdita.

**La Tabella 2** contiene un esempio di applicazione del calcolo del limite di perdita.

Il calcolo si riferisce ad un link di 300 m di fibra OM3 con solo due connessioni alle estremità e nessuna giunzione e con una sorgente di luce a 850 nm.



	Max. perdita per unità di lunghezza o per elemento	Lunghezza/ numero di elementi	Perdita calcolata (dB)
Max. perdita in fibra	3.5 dB/km	0.3	1.05
Max. perdita per connessione	0.75 dB	2	1.5
Max. perdita per giunzione	0.3 dB	0	0.0
Limite di perdita per il link			2.55

Tabella 2 – Calcolo del limite di perdita per un segmento di link da 300 m MM con una sorgente di luce a 850 nm

### Lunghezza d'onda e requisiti sulla direzione di propagazione

- (1) I link appartenenti al Cablaggio Orizzontale o al Sottosistema di Cablaggio 1 (TIA-568-C.0) possono essere testati in una direzione a una sola lunghezza d'onda, 850 nm o 1300 nm per le fibre multimodali, e a 1310 nm o 1550 nm per le fibre monomodali.
- (2) Il cablaggio di Dorsale/verticale (Sottosistema di Cablaggio 2 e Sottosistema di Cablaggio 3) devono essere testati almeno in una direzione ad entrambe le lunghezze d'onda per tenere conto delle differenze di attenuazione. I link multimodali saranno misurati a 850 nm e a 1300 nm; i link monomodali saranno misurati a 1310 nm e a 1550 nm. I link che utilizzano connettori dotati di chiave meccanica per garantire la corretta polarità delle fibre possono essere testati in una sola direzione, quella determinata dalla chiave del connettore.

### Standard relativi alle applicazioni di rete

Per completare la certificazione è necessario anche prendere in considerazione gli standard relativi alle applicazioni di rete come, per esempio, gli standard IEEE 802.3 per Ethernet o gli standard ANSI per FiberChannel (FC). Le applicazioni ad alte prestazioni (data rate nel campo del Gbps e oltre) impongono limiti molto stretti sulla la lunghezza canale e per l'attenuazione complessiva che dipende dal tipo di fibra, dalla relativa banda e dalla sorgente di luce utilizzata dalle apparecchiature di rete. La Tabella 3 contiene la massima distanza supportata e la massima perdita ammessa sul canale per un certo numero di applicazioni di rete tra le più diffuse e per i diversi tipi di fibra già descritte in Tabella 1. La massima lunghezza di canale (massima distanza supportata) è un valore di specifica direttamente correlato con la dispersione. Fin tanto che la lunghezza non supera il massimo stabilito dallo standard, la dispersione non sarà causa di problemi di comunicazione.

La certificazione in campo deve verificare che il canale in fibra ottica non ecceda la distanza massima supportata (il limite di lunghezza). Gli standard sull'installazione già citati, richiedono la misura della lunghezza del cavo per calcolare il 'limite sulla massima attenuazione del link', ma gli stessi standard specificano una lunghezza massima generica che potrebbe essere anche molto superiore a quella imposta dall'applicazione. La Tabella 3 indica che la lunghezza massima è comunque piuttosto limitata e che diminuisce per le applicazioni ad alto data rate, essendo correlata alla larghezza di banda di ciascun tipo di fibra (che dipende dalla dispersione modale caratteristica di quella fibra). Anche il limite della massima perdita sul canale si riduce (diventa più stringente) con i sistemi ad alte prestazioni.

Applicazione	Lunghezza d'onda	OM1		OM2		OM3	
		Dist. (m)	Perdita (dB)	Dist. (m)	Perdita (dB)	Dist. (m)	Perdita (dB)
10/100BASE-SX	850	300	4.0	300	4.0	300	4.0
100BASE-FX	1300	2000	11.0	2000	6.0	2000	6.0
1000BASE-SX	850	275	2.6	550	3.6	800	4.5
1000BASE-LX	1300	550	2.3	550	2.3	550	2.3
10GBASE-S	850	33	2.4	82	2.3	300	2.6
FC 100-MX-SN-I (1062 Mbaud)	850	300	3.0	500	3.9	860	4.6
FC 200-MX-SN-I (2125 Mbaud)	850	150	2.1	300	2.6	500	3.3
FC 400-MX-SN-I (4250 Mbaud)	850	70	1.8	150	2.1	270	2.5
FC 1200-MX-SN-I (10,512 Mbaud)	850	33	2.4	82	2.2	300	2.6
FDI PMD (ANSI X3.166)	1300	2000	11.0	2000	6.0	2000	6.0

Tabella 3 – Massima distanza sul canale e massima perdita ammessa per varie applicazioni su fibra ottica multimodale per tipo di fibra.

Per canale si intende il cablaggio completo, incluse le tutte le bretelle di permutazione (patch cord) e di apparato che collegano i dispositivi attivi - la Figura 11 illustra la differenza tra canale e permanent link. Il permanent link rappresenta la tratta fissa, la parte inamovibile dell'infrastruttura di edificio o del Data Center. L'apparato di rete è collegato al permanent link attraverso le bretelle di permutazione o di apparato. Occorre prestare molta attenzione nella scelta delle bretelle che devono essere costruite con lo stesso tipo di fibra della tratta permanente di cablaggio ottico.

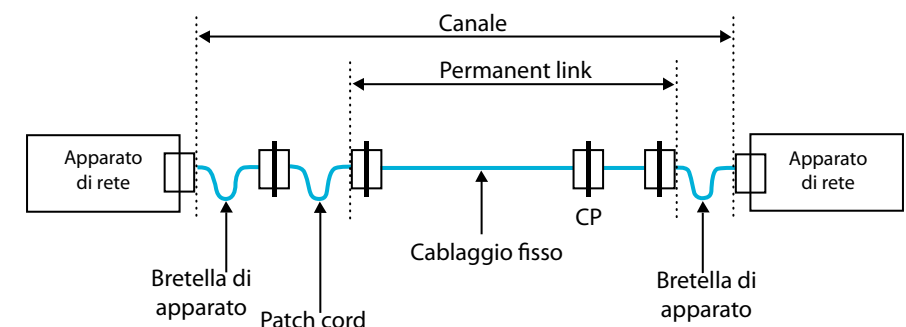


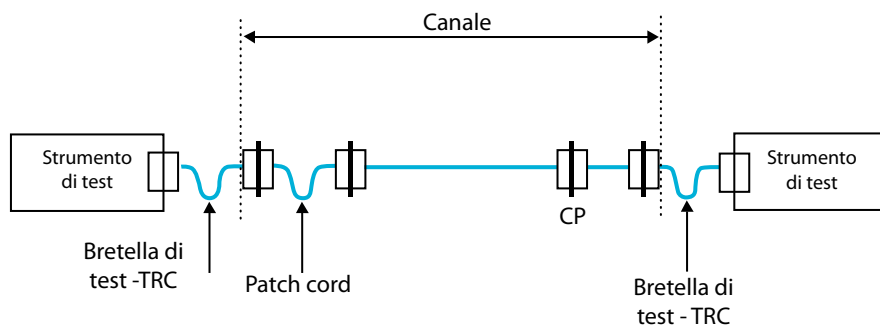
Figura 11 – Il canale è il collegamento completo dal trasmettitore al ricevitore. Il cablaggio fisso – una parte di tutto il canale – è chiamato permanent link. La figura mostra il modello generale di un cablaggio orizzontale che contiene anche connessioni opzionali come il CP (Consolidation Point).

In generale un collegamento in fibra ottica è costituito da diversi segmenti o sezioni e quando il cablaggio viene certificato, gli apparati di rete spesso non sono ancora installati. Verificare ogni segmento rispetto allo standard relativo all'installazione può non essere sufficiente. Garantire che il cablaggio installato supporterà l'applicazione di rete prescelta significa,

infatti, assicurarsi che il canale completo (tutto il collegamento ottico) soddisfi le specifiche di lunghezza e di attenuazione proprie di quell'applicazione, come da Tabella 3. È possibile scegliere tra due metodi per garantire le prestazioni di canale prima che siano attivati i servizi di rete (cioè prima che siano installate le bretelle di permutazione e di apparato).

(1) Calcolare la perdita di canale sommando i contributi di ogni segmento di link che costituisce il canale stesso ed aggiungendo il contributo di attenuazione che ci si aspetta dalle bretelle di collegamento. Lo standard IEC 14763-3 fa delle assunzioni molto precise sulla perdita associata al collegamento tra una bretella di misura, Test Reference Cord (TRC) e il link (0,3 dB; vedi Tabella A3-1) rispetto alla massima perdita di un collegamento realizzato con una normale bretella commerciale (0,75 dB).

(2) Misurare la perdita di canale come illustrato in Figura 12. I connettori alle estremità del canale - il collegamento con le apparecchiature di rete - non sono inclusi nel valore di attenuazione massima di canale. Sostituendo le normali bretelle di apparato con delle TRC (bretelle di test), la perdita relativa ai connettori alle estremità non è compresa nel valore misurato. L'eventuale differenza di lunghezza tra le TRC e la lunghezza totale delle bretelle di apparato introduce un errore nella misura dell'attenuazione molto contenuto di 0,0035 dB/m. Se assumiamo che la perdita di accoppiamento tra il link sotto test e la TRC è più bassa di quella relativa ad una patch cord standard, il test di Figura 12 sottovaluta la perdita complessiva di canale. Fluke Networks ritiene che questa differenza sia molto inferiore alle stime dello standard IEC 14763-3.



**Figura 12** – Le connessioni alle estremità in Fig 12 non sono comprese nelle specifiche di canale. Sostituendo le bretelle di apparato con delle Test Reference Cords (TRCs) per misurare l'attenuazione complessiva di canale e la lunghezza, l'errore nella misura di perdita è rappresentato dalla differenza in lunghezza tra una TRC e la somma delle due bretelle di apparato utilizzate per completare il canale. 1 m di bretella rappresenta 0.0035 dB.

### La polarità di un link in fibra ottica

Le installazioni in ambito reti locali supportano la comunicazione bidirezionale mediante l'uso di fibre ottiche dedicate per ciascuna direzione. Il sistema di cablaggio deve fornire il mezzo per mantenere la corretta polarità in modo che il trasmettitore ad una estremità sia collegato con il ricevitore all'altra estremità del canale. Per garantire la corretta polarità in un sistema di cablaggio in fibra vengono utilizzati diversi metodi. Le linee guida sono descritte nel Annex B di TIA-568-C.0. Sono da preferire i connettori di tipo duplex e i connettori multipli che garantiscono il corretto ordine delle fibre grazie ad un sistema di chiavi meccaniche.

## Certificazione del Cablaggio

### Scelta dello standard di prestazione

**Gli standard definiscono la procedura minima di test che consiste in:**

1. Misura e valutazione dell'attenuazione del link utilizzando un 'Optical Loss Test Set' (OLTS) – alcuni standard chiamano questo metodo di test 'Light Source and Power Meter' (LSPM). OLTS and LSPM sono termini che tendono ad essere usati indifferentemente. In questo documento utilizzeremo la terminologia OLTS per i sistemi di test di certificazione che automaticamente misurano anche la lunghezza del link sotto esame, mentre utilizzeremo il termine LSPM per indicare i sistemi di test che non misurano la lunghezza - e pertanto richiedono qualche calcolo in più per interpretare i valori misurati. La sorgente di luce è collegata ad una estremità del link e il misuratore di energia luminosa è collegato all'estremità opposta.
2. Misura e valutazione della lunghezza del collegamento. La lunghezza deve essere nota per calcolare il valore limite di attenuazione per molti standard sull'installazione: essa determina infatti il contributo della sola fibra al valore globale di attenuazione del link. La lunghezza gioca, inoltre, un ruolo molto importante nella certificazione del link per una ben determinata applicazione di rete. Come evidenziato in Tabella 3, la lunghezza massima di un canale ottico per una data applicazione di rete dipende dal tipo di fibra e dalle sue caratteristiche di banda.
3. Verifica della polarità dei collegamenti

I passi da 1 a 3 costituiscono i requisiti minimi di un test di certificazione e sono conosciuti anche come 'Certificazione di Base' o test di Livello 1 (Tier 1). Il test di Livello 2 (Tier 2) è anche indicato come 'Certificazione Estesa'. La Certificazione Estesa è facoltativa ed include il test di Livello 1 completato da un'analisi del link con OTDR (traccia e/o tabella degli eventi). L'analisi OTDR può essere usata per caratterizzare i componenti del link ottico installato perché fornisce un'indicazione sull'uniformità dell'attenuazione del cavo e la perdita associata ad ogni singolo connettore, ad ogni singola giunzione e ad altri 'eventi' che possono, eventualmente, venire rilevati. L'analisi OTDR fornisce anche una misura dell'attenuazione complessiva del link, sebbene gli standard definiscano che la Certificazione di Base (Tier 1) dell'attenuazione debba essere eseguita utilizzando il metodo OLTS o LSPM che, se utilizzato correttamente, fornisce una misura della perdita molto accurata.

L'utente finale dovrebbe specificare quale standard di test debba essere scelto per definire la procedura di certificazione dell'impianto in fibra ottica. Lo standard di test definisce le misure che devono essere eseguite e i limiti, i massimi valori ammessi per ogni misura. Come già discusso, quando si misurano o si certificano collegamenti che devono supportare applicazioni ad alta velocità (data rate nel campo dei Gbps), gli standard relativi all'applicazione impongono limiti molto precisi per la lunghezza e l'attenuazione massima di canale. Se è necessario certificare il cablaggio per garantire il supporto di queste applicazioni è importante che (a) venga selezionato lo standard relativo a quell'applicazione nell'impostazione (setup) dell'OLTS e (b) venga certificata la configurazione di canale.

## Unità di misura

Il dB o decibel esprime un rapporto tra due livelli di potenza utilizzando una funzione logaritmica. Se indichiamo la potenza in ingresso di un qualsiasi sistema come Pin e la potenza in uscita come Pout, possiamo calcolare l'amplificazione o l'attenuazione del segnale attraverso quel sistema in dB con la seguente funzione:

$$10 \times \log_{10}(P_{out}/P_{in})$$

Si noti che quando Pout, è più grande di Pin, il sistema ha amplificato il segnale e la formula matematica genera come risultato un numero positivo. Se, al contrario, Pout è più piccolo di Pin, il segnale è stato attenuato e la formula restituisce un risultato negativo.

Quando misuriamo un cablaggio passivo siamo sempre in quest'ultimo caso e, poiché lo standard parla di 'perdita', esprimendo i valori ottenuti in dB il segno negativo viene omissis. Un livello di potenza assoluto si esprime, tipicamente, in watt (oppure nei suoi multipli come, per esempio, megawatt nel mondo della generazione dell'energia elettrica o nei suoi sottomultipli come milliwatt o microwatt in campo elettronico).

Nel campo delle telecomunicazioni, un livello di potenza assoluto P è frequentemente espresso come rapporto rispetto a un milliwatt (mW) utilizzando i decibel. Si può applicare la formula riportata in precedenza sostituendo alla potenza di riferimento (la potenza in ingresso) il livello di potenza assoluto di 1mW.

$$1 \text{ dBm} = 10 \times \log_{10}(P/mW)$$

La 'm' nel simbolo dBm indica un livello di potenza riferito al valore di un milliwatt.

*Nota: la scala in dB non è una scala lineare come dimostrano i numeri della tabella.*

Perdita in dB	Potenza in uscita come % della potenza in ingresso	% di potenza perduta	Rapporto Pout/Pin
1	79%	21%	
2	63%	37%	
3	50%	50%	1/2
5	32%	68%	
6	25%	75%	1/4
7	20%	80%	1/5
10	10%	90%	1/10
15	3.2%	96.8%	~1/30
20	1%	99%	1/100
30	0.1%	99.9%	1/1000

**Tabella 4** – Il decibel esprime un rapporto tra due livelli di potenza. Il logaritmo di questo rapporto rende questa unità di misura non-lineare.

## La Certificazione – Il processo e i requisiti degli strumenti

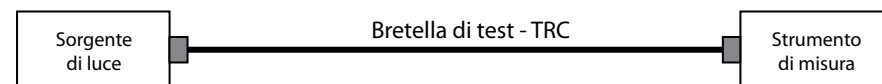
La Tabella 3 dimostra che i limiti per l'attenuazione di canale per applicazioni di rete ad alta velocità sono piuttosto contenuti. Per poter emettere un giudizio di Passato/Fallito con sufficiente confidenza, la procedura di test deve essere seguita con precisione e con apparecchiature OLTS o LSPM adeguate. Quando il limite rispetto al quale deve essere valutata la perdita è, per esempio, di 2,6 dB (10GBASE-S) anche un errore di misura di soli 0,25 dB rappresenta uno scarto che sfiora il 10% del valore massimo. In questa sezione verrà descritta questa procedura e saranno analizzati i requisiti degli strumenti per poter ottenere misure accurate e ripetibili.

Due elementi sono particolarmente critici per l'accuratezza della misura:

- (1) L'impostazione del riferimento per la misura dell'attenuazione
- (2) Le condizioni di lancio dell'energia luminosa nel link sotto esame

## Impostazione del Riferimento – Il principio

Il principio su cui si basa la misura di attenuazione è basato sulla differenza tra due misure di potenza ottica. Le **Figure 13 e 14** illustrano il principio di misura dell'attenuazione di un link in fibra. In **Figura 13** la sorgente di luce è collegata al misuratore di energia luminosa con una bretella TRC (Test Reference Cord). Una TRC è una bretella di alta qualità lunga da 1 a 3 metri con connettori ad alte prestazioni alle estremità. La superficie terminale dei connettori dovrebbe essere trattata dal costruttore con un processo di indurimento che le conferisca resistenza ai graffi e permetta una grande quantità di inserzioni senza apprezzabile degrado delle prestazioni. È molto importante anche che le superfici di accoppiamento di una TRC siano sempre tenute pulite e siano ispezionate con regolarità - e pulite se necessario - più volte al giorno quando si certifica un impianto in fibra.



**Figura 13** – Collegamento di principio per impostare il riferimento in una misura di attenuazione di un collegamento ottico

La sorgente in **Figura 13** lancia la luce nella TRC che trasporta l'energia allo strumento di misura. Lo strumento rileva questo livello di energia e lo esprime, di norma, in dBm. Il livello di energia di riferimento con sorgente LED è compreso tra -18 dBm e -20 dBm. Un valore di -20 dBm corrisponde a 0,01 mW. Quando si misura un collegamento ottico monomodale con una sorgente laser, l'energia di riferimento potrebbe essere -7 dBm che corrisponde, approssimativamente, a 0,2 mW, un livello che è circa 20 volte maggiore della potenza di uscita di un LED. Anche per questo motivo, prestare sempre molta attenzione a non guardare direttamente in una fibra appartenente ad un link attivo - la luce utilizzata per la trasmissione dei dati cade al di fuori dello spettro visibile ma può causare danni permanenti agli occhi !

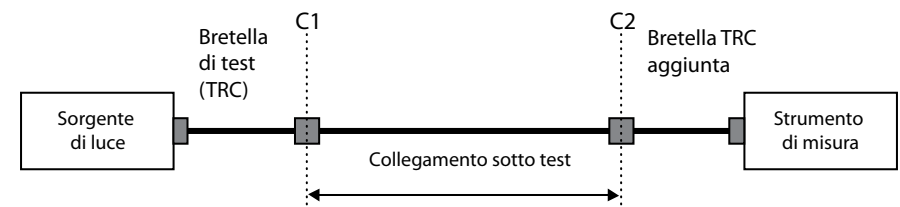
La misura della potenza ottica di riferimento permette di compensare le incertezze che potrebbero trasformarsi in errori di misura (poca accuratezza). L'esatto livello di energia emessa dalla sorgente di luce non è nota e la quantità di luce accoppiata con la TRC varia ogni volta che colleghiamo questa bretella perché varia la perdita relativa al processo di accoppiamento del connettore. Misurando il riferimento non abbiamo la necessità di conoscere né il valore esatto della sorgente né della perdita di accoppiamento della bretella, purché rimanga costante durante tutto il lavoro di certificazione. Per questo motivo, la bretella TRC non deve essere rimossa dalla sorgente di energia luminosa fino al completamento delle misure sull'impianto o fino a che non si imposta un nuovo riferimento.

L'accoppiamento della luce dalla bretella TRC allo strumento di misura è meno soggetto a variabilità perché lo strumento dovrebbe essere equipaggiato con un dispositivo di input ad elevato angolo di accettazione per catturare tutta la luce che proviene dalla TRC. Anche questo accoppiamento deve essere pulito ed il connettore deve essere ben inserito per essere sicuri che la misura del riferimento stabilisca effettivamente 'il riferimento'. Molti strumenti, come i moduli per la misura di perdita/lunghezza da utilizzare con il DTX Series CableAnalyzer™, verificano automaticamente che il livello di potenza del riferimento sia entro il campo accettabile per la sorgente di luce selezionata. Questa verifica fornisce la ragionevole certezza che il riferimento sia valido ma non elimina la necessità di assicurarsi che le bretelle di test siano di alta qualità e che i connettori siano puliti.

Dopo aver effettuato la calibrazione del riferimento si passa ai collegamenti per la misura vera e propria come mostrato in **Figura 14** e secondo la seguente procedura:

- (1) Per prima cosa, NON rimuovere il collegamento tra la sorgente di luce e la bretella TRC per nessun motivo.
- (2) Collegare la bretella che proviene dalla sorgente di luce ad una estremità del link sotto misura (connettore C1).
- (3) Collegare una seconda bretella TRC ('TRC aggiunta') tra l'altra estremità del link sotto test (C2) e lo strumento di misura. Questa seconda TRC dovrebbe essere dello stesso livello di qualità della prima (utilizzata per impostare il riferimento). Anche questa TRC deve essere ispezionata per assicurarsi che entrambi i connettori siano puliti.
- (4) Effettuare una misura della potenza ottica ricevuta con la sorgente di luce che trasmette, questa volta, attraverso il link sotto test.
- (5) Lo strumento misura la potenza ottica che arriva attraverso il link sotto test e mostra risultato in dBm.

Supponiamo che la misura attraverso il link sotto test sia -23,4 dBm e la potenza di riferimento sia -20 dBm. Facendo la differenza tra queste due misure possiamo ottenere la perdita causata dall'inserimento del link da certificare. Nel nostro esempio, la perdita è  $-20 - (-23,4)$  cioè 3,4 dB. Da notare che la perdita è stata espressa in dB, infatti rappresenta un rapporto tra due livelli di energia e non più una potenza assoluta (che si esprime in dBm). Un OLTS calcola automaticamente in dB la differenza tra la misura e il riferimento e confronta il risultato ottenuto (l'attenuazione del link) con i limiti di riferimento per quella misura. Se la perdita misurata è minore o uguale al valore limite, il test si considera passato.



**Figura 14** – Collegamento della sorgente di luce 'Light Source' e dello strumento 'Power Meter' per la misura dell'attenuazione ottica

## I diversi metodi per impostare il riferimento

La realizzazione pratica del principio sulla misurazione delle perdite, così come illustrata in **Figura 13** e in **Figura 14**, è detta metodo 'one-jumper' cioè ad una sola bretella. Infatti solo una bretella, o una TRC, viene impiegata per impostare il riferimento. Questo metodo è il preferito per le misure di attenuazione di tutti i sistemi di cablaggio di edificio che sono caratterizzati da lunghezze del cavo ottico relativamente contenute ma anche dall'aver parecchie interconnessioni. Come dimostra l'esempio di calcolo della perdita in Tabella 2, in un link corto di 300 m, la massima perdita ammessa per i due connettori è di 1,5 dB sul valore di 2,55 dB a disposizione, cioè la perdita introdotta dalle interconnessioni rappresenta il 59% del totale. Questo esempio sottolinea ulteriormente il fatto che bisogna essere assolutamente sicuri che la misura comprenda tutte le connessioni presenti sul link.

Se analizziamo il metodo illustrato in **Figura 13**, possiamo notare che la TRC non introduce alcuna connessione in più tra sorgente di luce e strumento di misura; la TRC è collegata direttamente alle apparecchiature ma non aggiunge nessun ulteriore punto di collegamento. Seguendo il percorso della luce tra la sorgente e lo strumento in **Figura 14** ci si può facilmente rendere conto che la perdita della connessione C1, la perdita del link da misurare e la perdita nella connessione C2 sono tutte pienamente incluse nel risultato della misura. La misura così effettuata, per l'esattezza, comprende anche la perdita di quella che abbiamo chiamato 'TRC aggiunta' per collegare il link con lo strumento di misura. La massima perdita dovuta a una bretella aggiunta di 2 m è 0,007 dB (in Tabella 1 è riportato che il coefficiente di perdita più alto per le fibre utilizzate nel cablaggio di edificio è 3,5 dB/km o anche 0,0035 dB/m).

Un'altra differenza tra la misura del riferimento e la misura del link è rappresentata dalla connessione tra la bretella aggiunta e lo strumento di misura che è nuova, non è quella presente all'atto dell'impostazione del riferimento. Questa differenza è però molto piccola (ipotizzando che i connettori della TRC siano perfettamente puliti) perché, come abbiamo già detto, lo strumento è equipaggiato, nel bocchettone di input, di lente ad ampio angolo di accettazione per catturare tutta la luce trasmessa dal link sotto esame. Possiamo valutare complessivamente l'errore massimo dovuto all'introduzione della 'bretella aggiunta' in circa 0,01 dB, un valore trascurabile perché dello stesso ordine di grandezza della risoluzione dello strumento di misura.

Il metodo 'one-jumper' può essere applicato solo se il connettore dello strumento di misura è dello stesso tipo di quello montato alle estremità del link sotto test (per esempio, connettori SC). Dopo aver impostato il riferimento, infatti, la bretella TRC deve essere scollegata dallo strumento e collegata ad una estremità del link, ma per poter effettuare questa operazione il connettore del link (C1 in **Figura 14**) deve essere compatibile con quello della TRC.

Per essere sempre in grado di utilizzare il metodo 'one-jumper' con connettori sul link di diversi tipi, molti degli strumenti per la misura di energia ottica di Fluke Networks, incluso il SimpliFiber Pro, sono dotati di adattatore intercambiabile. Una famiglia di bretelle di misura TRC ibride permette di avere sempre il giusto collegamento di misura per sfruttare appieno i vantaggi di precisione del metodo 'one-jumper'.

Gli standard applicabili elencati in Tabella 5 prevedono tre differenti metodi per impostare il riferimento nel test di un impianto in fibra ottica. I nomi di questi metodi nei diversi documenti possono generare un certo grado di confusione. In questo documento utilizzeremo i seguenti nomi: metodo 'one-jumper', metodo 'two-jumper' e metodo 'three-jumper'. I metodi a due e tre bretelle, two-jumper e three-jumper sono discussi nell'Appendice 2.

Nome in questo documento	IEC 14763-3	IEC 61280-4-1 (multimodo)	IEC 61280-4-2 (monomodo)	TIA-526-14A (multimodo)	TIA-526-7 (monomodo)
Ein-Jumper	Un latiguillo	Método 2	Método A1	Método B	Método A.1
Zwei-Jumper	-	Método 1	Método A2	Método A	Método A.2
Drei-Jumper	Tres latiguillos	Método 3	Método A3	Método C	Método A.3

**Tabella 5** – Corrispondenza tra i nomi dei metodi di test nei diversi standard

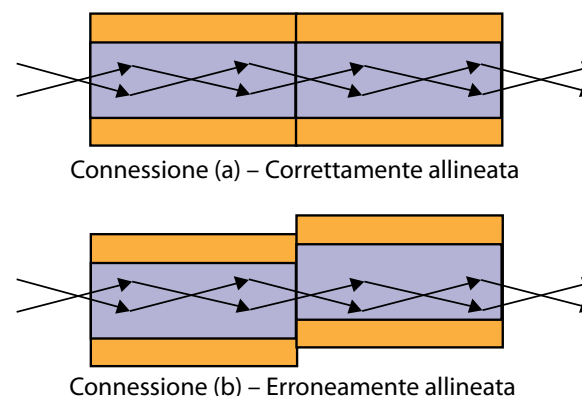
## Condizioni di Lancio

L'obiettivo di ogni misura di certificazione è quello di ottenere un'indicazione di Passato/Fallito su cui, sia l'utente finale che l'installatore, possano fare affidamento. È stato dimostrato che le 'condizioni di lancio' sono il parametro che ha la maggiore influenza sull'accuratezza e sulla coerenza delle misure di perdita sulle fibre ottiche.

Abbiamo ricordato in precedenza che la luce nelle fibre multimodali graded-index si propaga secondo molti modi. Il numero di modi che vengono attivati e l'energia associata ad ognuno di questi modi influenzano le misure di potenza. Se le condizioni di lancio non sono uniformate da un sistema di test ad un altro, ogni strumento darebbe luogo a misure differenti e quindi a risultati diversi per lo stesso test; in questo caso nessun sistema potrebbe definirsi corretto o degno di fiducia.

L'obiettivo è quindi quello di controllare le condizioni di lancio in modo che strumenti diversi, ma conformi, producano risultati all'interno di uno stretto campo di variazione intorno al valore reale di attenuazione.

**Fattori che influenzano le condizioni di lancio.** I LED sono la sorgente di luce preferita per misurare la perdita di un collegamento in fibra multimodale. Abbiamo anche discusso come i VCSEL siano diventati la sorgente di luce preferenziale per applicazioni ad alte prestazioni perché i VCSEL hanno le caratteristiche di modulazione necessarie per fornire impulsi luminosi molto brevi in rapida successione per supportare i data rate richiesti dalle applicazioni a 1 e 10 Gbps.



**Figura 15** – Misurare le due connessioni rappresentate in condizioni di "underfilled launch" può non mettere in evidenza problemi di disallineamento nel cavo ottico.

Purtroppo i VCSEL non sono molto indicati per gli scopi del test perché ogni VCSEL può eccitare un diverso insieme di modi e con energia associata molto variabile. Teniamo presente, inoltre, che la misura di perdita viene realizzata con un flusso di luce costante e non con un segnale modulato. I LED producono un cono di luce che è uniformemente diffuso sulla superficie terminale della fibra, anche oltre la zona del core.

I LED creano la condizione di lancio chiamata 'overfilled launch' a sottolineare che il core è completamente riempito di luce. In questo caso, condizioni diverse di riempimento producono significative variazioni nel risultato della misura. Una sorgente di luce laser, incluso il VCSEL, creano, al contrario, le condizioni di 'underfilled launch' in cui, cioè il core non è completamente riempito di luce. Queste sorgenti, infatti, emettono un cono di luce molto stretto al centro del core. Le condizioni di lancio underfilled possono non evidenziare correttamente i problemi del link e, di conseguenza, possono portare a risultati eccessivamente ottimistici.

La connessione disallineata di **Figura 15 (b)** è un esempio di situazione in cui la misura di perdita con condizioni di lancio underfilled non è in grado di mettere in evidenza tutto l'impatto negativo del cattivo allineamento. Il risultato sarà un valore di perdita minore (valore ottimistico) rispetto a quello che si avrebbe eseguendo il test con una sorgente di luce overfilled.

**Controllo delle condizioni di lancio.** Nel corso degli anni sono stati identificati metodi sempre migliori per controllare le condizioni di lancio a riempimento del core (overfilled) entro campi di variabilità molto stretti allo scopo di ottenere risultati accurati e ripetibili nel processo di misura delle perdite. Gli standard stabiliscono due differenti metodi di misura per caratterizzare e controllare le condizioni di lancio: la Modal Power Distribution e il Coupled Power Ratio.

**Modal Power Distribution (MPD)** misura il livello di potenza relativa trasferita dai diversi modi tra sorgente di luce e TRC. Questa metodologia deve essere soddisfatta dal progetto delle apparecchiature, attraverso l'opportuna selezione dei diodi LED e controllando l'accoppiamento all'interno del sistema generatore di luce tra il LED e il connettore interno per la fibra. (Tutti i moduli di test progettati e costruiti da Fluke Networks a partire dal 2002 soddisfano i requisiti MPD).

**Coupled Power Ratio (CPR)** può essere definita come la misura della quantità di modi attivati in una fibra multimodale. Questa misura è diventata molto popolare perché facilmente realizzabile in campo. Sia la sorgente di luce che la bretella TRC possono essere classificate attraverso l'attribuzione di un indice CPR. Il valore del CPR è misurato come la perdita che si rileva quando una TRC multimodale viene accoppiata ad una bretella monomodale. Se l'energia luminosa nella fibra multimodale è distribuita in maniera significativa nei modi di ordine superiore, la perdita dovuta a questo accoppiamento sarà maggiore rispetto al caso in cui la fibra multimodale trasporta l'energia prevalentemente nei modi centrali. Con la misura di questo parametro possiamo verificare di essere nella condizione di overfilled desiderata quando si utilizza una sorgente di luce compatibile MPD. Gli standard specificano i valori CPR; un indice CPR di 1 è il valore raccomandato per le misure di certificazione dei collegamenti su fibra ottica multimodale.

**Mandrel.** Dal momento che anche un'apparecchiatura di test con sorgente di luce compatibile MPD, se utilizzata con bretelle TRC con indice CPR pari a 1, può fornire risultati non costanti sul test di attenuazione, sono stati introdotti ulteriori accorgimenti per limitare questa variabilità. L'utilizzo di un mandrino (mandrel) per misurare i link in fibra ottica multimodale è utile per ottenere misure di perdita più accurate; un mandrino appropriato, infatti, limita la variabilità della misura e ne incrementa l'accuratezza.

Dimensioni della fibra core/cladding [µm]	900 µm Buf-fered Faser	TRC enfundado de 2,0 (mm)	TRC enfundado de 2,4 (mm)	TRC enfundado de 3,0 (mm)
50/125	25	23	23	22
62.5/125	20	18	18	17

Tabella 6 – Diametri di mandrino accettabili per diversi tipi di cavetti multimodali (cinque spire)

Un mandrino è un piccolo cilindro con un ben preciso diametro che dipende dalla dimensione del core e dalla costruzione della bretella di misura. La Tabella 6 elenca le misure del mandrino in funzione della struttura del cavetto in fibra secondo lo standard ANSI/TIA-568-C.0.

Queste cinque spire di diametro opportuno controllano i modi che verranno iniettati nel link sotto test per misurare la perdita. La TRC collegata alla sorgente di luce deve essere montata sul mandrino come mostrato in **Figura 16** e il mandrino deve restare installato per tutta la fase di test.

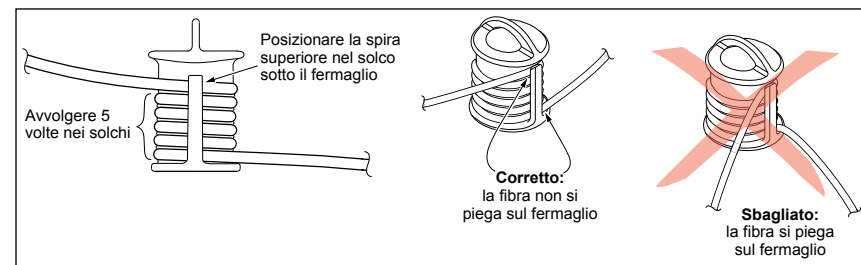


Figura 16 – Come avvolgere correttamente la bretella ottica di test attorno al mandrino

L'utilizzo del mandrino migliora l'accuratezza della misura anche perché permette di ottenere un valore del riferimento molto più realistico. Facendo riferimento alla configurazione di **Figura 13**, la condizione di lancio overfilled alimenta i modi di ordine superiore nel core della TRC e può anche iniettare della luce nel cladding. I modi di ordine più alto nel core e la luce nel cladding, generalmente non sopravvivono che per distanze molto brevi, ma possono raggiungere anche l'estremità opposta della TRC se questa bretella non è soggetta a pieghe. L'ingresso dello strumento di misura ad ampio angolo di accettazione permette di rilevare perfino l'energia di cladding. I modi di ordine superiore e la luce di cladding rappresenta energia che, comunque, non si propagherebbe nel link da testare (a meno che non sia molto corto e perfettamente dritto).

Senza il mandrino lo strumento, durante la fase di impostazione del riferimento, potrebbe misurare dell'energia luminosa che poi non attraverserà il link, cioè, durante l'impostazione del riferimento viene misurata una quantità di potenza ottica superiore a quella che dovrebbe essere e questo porta a sovrastimare la perdita. Nell'esempio discusso in precedenza, abbiamo ipotizzato una misura di -20 dBm come valore di riferimento. Se non si fosse utilizzato il mandrino il livello di riferimento sarebbe stato certamente più alto, per esempio -18 dBm con la stessa sorgente. Con questo valore la perdita calcolata sarebbe stata di [-18-(-23,4)] dB cioè 5,4 dB e non 3,4 dB. In definitiva avremmo sovrastimato la perdita di 2 dB. Errore molto grande dovuto proprio al fatto che l'energia associata ai modi di ordine superiore e ai raggi di cladding partecipa alla definizione del riferimento ma non si propaga nel link da testare.

Metodi futuri per il controllo delle condizioni di lancio Al momento in cui scriviamo queste note, i comitati tecnici degli standard stanno lavorando per definire un metodo che possa migliorare la definizione delle condizioni di lancio oggi controllate da MPD, CPR e mandrino avvolto. Il metodo proposto è basato sul concetto del 'Encircled Flux' (EF), che permette di regolare con precisione e di controllare molto accuratamente i modi iniettati nel link sotto misura. Questo metodo è ancora in fase di studio e si prefigge l'obiettivo di migliorare ulteriormente l'accuratezza e la coerenza delle misure di energia e di perdita nei collegamenti multimodali.

## 4. Il Test di Verifica della Fibra

Il test di verifica di una fibra (che comprende l'ispezione e la pulizia delle superfici terminali) dovrebbe essere effettuato periodicamente nel tempo come procedura standard. Durante il processo di installazione e prima della certificazione, la perdita nei segmenti che costituiscono il cablaggio dovrebbe essere misurata per verificare il livello di qualità della manodopera. Questo tipo di test, di norma, è realizzato con un set di strumenti LSPM. Gli strumenti per la verifica della fibra sono generalmente meno costosi e possono anche essere utilizzati efficacemente per la ricerca dei guasti nei link difettosi. Una veloce verifica del collegamento completo può fornire utili indicazioni per stabilire se il cavo ottico presenta qualche criticismo o se il malfunzionamento rilevato debba essere imputato ad altre funzioni della rete.

Un sistema LSPM quantifica la perdita totale di energia lungo un collegamento in fibra utilizzando una sorgente nota ad una estremità e uno strumento per la misura dell'energia luminosa all'altra. Prima di eseguire il test, tuttavia, come già descritto, deve essere misurato e memorizzato il livello di potenza ottica di riferimento per la misura e il calcolo della perdita. Dopo aver stabilito il riferimento, lo strumento di misura e la sorgente di luce vengono collegati alle estremità opposte del link da testare. La sorgente emette un flusso continuo di luce alla lunghezza d'onda selezionata. All'estremità lontana, lo strumento misura il livello di energia ottica ricevuta e lo confronta con il valore di riferimento per calcolare la perdita (**Figura 17**). Se la perdita totale è all'interno dei parametri specificati per quel link, il test supera la prova.

Durante l'installazione dovrebbe sempre essere calcolata la perdita massima prevista del link ed usata come valore di riferimento per la verifica. Se questo tipo di verifica fosse sempre messo in atto durante la fase di installazione, la produttività del lavoro aumenterebbe e la fase di certificazione sarebbe certamente facilitata.

Storicamente, il metodo LSPM è stato considerato di difficile utilizzo perché richiede il calcolo manuale del limite e deve essere soggetto all'interpretazione di un tecnico esperto. Oggi, gli strumenti più recenti hanno eliminato la necessità dei calcoli manuali dell'attenuazione automatizzando il processo di confronto tra le misure di potenza e i valori di riferimento.

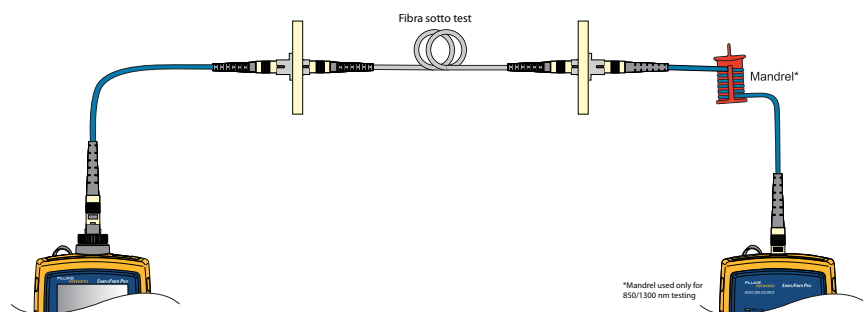


Figura 17 – L'esecuzione di un test LSPM

Anche se molto utile, la verifica di base della perdita del link mediante l'uso di un sistema LSPM, non specifica dove sono collocate eventuali aree critiche del cablaggio e quindi può risultare difficile localizzare con precisione i difetti. Anche nel caso in cui la perdita misurata sia all'interno della soglia specificata, l'LSPM non fornisce alcun avvertimento su eventuali criticismi e dove questi criticismi potrebbero essere posizionati. In altre parole, anche se il link nella sua totalità supera il test, potrebbe succedere che al suo interno singole giunzioni o connessioni non rispettino le specifiche prefigurando un problema in seguito quando, per effetto di aggiunte, spostamenti, modifiche, più punti critici potrebbero ritrovarsi raggruppati insieme nello stesso canale e dar luogo a malfunzionamenti. Un OTDR è lo strumento di test adatto per definire con esattezza la posizione dei punti critici come eccessive perdite o riflessioni.

## 5. Come Certificare un Cablaggio In Fibra Ottica con OLTS e LSPM

Gli standard industriali chiedono che sia effettuato il test con un sistema LSPM o OLTS per certificare che la perdita di ogni link soddisfi i requisiti di prestazione. Come è già stato detto, questo metodo è identificato come certificazione 'base' o di Livello 1 (Tier 1).

È un test che si effettua dalle due estremità del collegamento e che fornisce come risultato il valore assoluto dell'attenuazione, valore che viene confrontato con il dato riportato dagli standard relativi all'installazione del cablaggio e/o dagli standard relativi all'applicazione. Sia lo strumento DTX CableAnalyzer che l'OTDR OptiFiber di Fluke Networks possono essere equipaggiati con i moduli opzionali per il test della fibra multimodale o monomodale che automatizzano gran parte del test e rendono la certificazione di Livello 1 molto semplice.

È bene sottolineare che anche un OTDR fornisce un valore di perdita complessivo per il link ma questa misura si basa sull'analisi dell'energia luminosa riflessa, mentre gli standard chiedono che la certificazione di base sia eseguita con un sistema OLTS o LSPM perché i valori di attenuazione del link ottenuti con l'utilizzo di una sorgente ad una estremità e di un misuratore di energia luminosa all'estremità opposta, se eseguite correttamente, sono molto accurate.

Questi sono i passi che dovrebbero essere seguiti per eseguire un test di certificazione di base (Livello o Tier 1) della perdita e della lunghezza.

- Stabilire i limiti di Passato/Fallito
- Scegliere un metodo di test ed impostare il riferimento
- Eseguire il test e memorizzare i risultati
- Esportare i risultati su LinkWare per la gestione e l'archiviazione; LinkWare è il software gratuito per la gestione dei dati di Fluke Networks, molto diffuso e largamente utilizzato, permette di creare rapporti di test stampati o in formato elettronico.

1. **Stabilire i limiti di Passato/Fallito** in funzione di quelli che sono gli obiettivi della certificazione. In questo esempio, stabiliremo i limiti per l'attenuazione totale ammessa basata su uno standard relativo all'applicazione, utilizzando il tester Fluke Networks DTX Series equipaggiato con i moduli per la misura della perdita in fibra (multimodale) DTX-MFM2. Se fosse necessario certificare un impianto in fibra monomodale occorrerebbe utilizzare i moduli DTX-SFM2.

- a. Dopo aver acceso lo strumento, girare il commutatore rotante sulla posizione 'Setup' e selezionare 'Impostazione Strumento' per inserire il nome dell'operatore, l'identificazione dell'attività, ecc.
- b. Selezionare 'Perdita Fibra' dalla schermata di Setup come mostrato in **Figura 18a**. Da questa sezione è possibile impostare i limiti di misura scegliendo da un elenco di standard. Selezionare l'opzione 'Limite di test' come da Figura 18b. Notare che il tipo di fibra selezionato limita la scelta dei limiti di test. I tipi di fibra più comuni sono inclusi nel menu dello strumento.

Come mostra la **Figura 18b**, sulla stessa schermata è possibile selezionare la voce 'Setup Estremità Remota'. Quando si usa il DTX con la sua unità remota, anch'essa equipaggiata di modulo per il test della fibra, selezionare 'Remoto Intelligente' come abbiamo fatto in questo esempio. In questa configurazione lo strumento automaticamente misura anche la lunghezza del link sotto test. Sempre da questa schermata è possibile dire allo strumento se è necessario misurare il link in entrambe le direzioni. Se siamo in queste condizioni, ricordarsi di non disconnettere mai le bretelle di test TRC dai moduli; lo scambio delle TRC deve essere fatto sempre a livello del punto di interconnessione con il link sotto test.

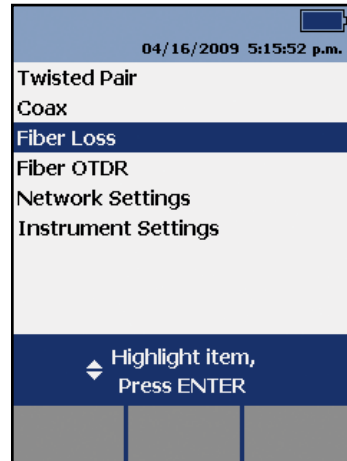


Figura 18a

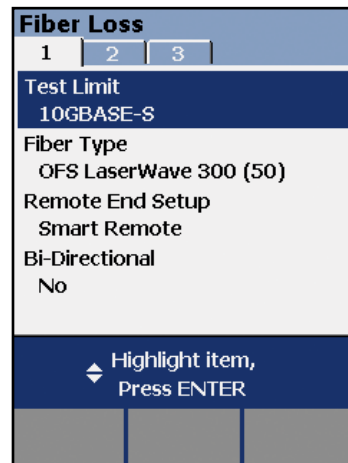


Figura 18b

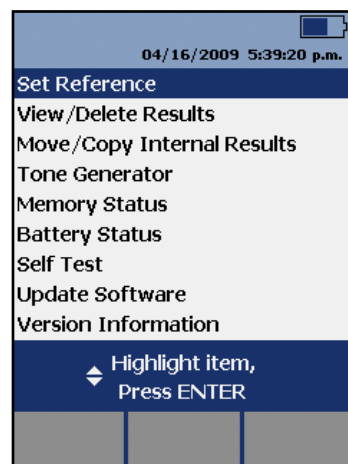


Figura 18c

2. **Scegliere un metodo per impostare il riferimento.** Come abbiamo già avuto modo di sottolineare, l'impostazione del riferimento è un aspetto molto critico per ottenere misure accurate. Lo strumento di misura e la sorgente di luce vengono collegati direttamente tra di loro e viene misurato il livello di energia luminosa emessa per stabilire il 'riferimento', questo passo è indispensabile per permettere il calcolo dell'attenuazione del link. I passi per impostare il riferimento sono i seguenti:

*Step A.* Ruotare Il commutatore sulla posizione 'Special Functions' e scegliere 'Imposta Riferimento'

*Step B.* Premere 'Enter' e collegare le bretelle TRC tra l'unità principale e l'unità remota come indicato sullo schermo quindi premere il pulsante 'test' per effettuare la misura del valore di riferimento.

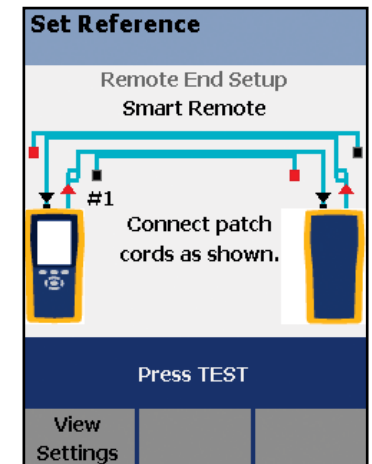


Figura 18d

La discussione sui metodi per l'impostazione del riferimento che abbiamo fatto in precedenza, ha dimostrato la superiorità del metodo 'one-jumper' **Figura 13** e **Figura 14** che è chiamato 'Metodo B' sullo strumento. È importante anche sottolineare che con gli strumenti della serie DTX in configurazione 'Remoto Intelligente', verranno misurate entrambe le fibre che compongono il collegamento di trasmissione con un solo test. Ogni modulo per il test della fibra è dotato sia di sorgente di luce che di sezione di misura dell'energia luminosa. Nella fase di impostazione utilizzeremo due bretelle TRC duplex. Una fibra collegherà l'Output (sorgente di luce) dell'unità principale all'Input (misuratore) dell'unità remota. La seconda collegherà l'Output dell'unità remota all'Input dell'unità principale.

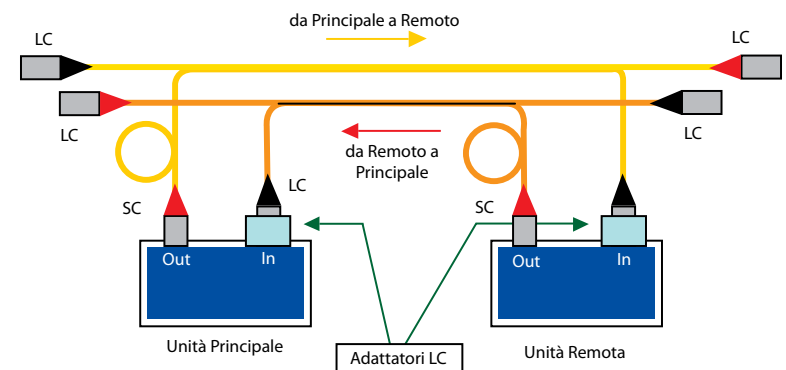


Figura 18e – Rappresentazione schematica dell'impostazione del riferimento con TRC duplex per un link da testare che termina con connettori LC. L'anello vicino al connettore rosso indica il posizionamento del mandrino (per fibra multimodale).



**Nota Speciale:** Le bretelle TRC del DTX usano le seguenti convenzioni per rendere veloci i collegamenti e verificare la polarità del link sotto test: La luce entra nella bretella dal lato del connettore con gommino rosso; la luce esce dalla bretella dal lato del connettore con gommino nero. Così, se ad una estremità della bretella c'è un connettore rosso, all'altra estremità ci sarà un connettore nero. La luce viaggia dal rosso al nero. Lo schema di collegamento sullo schermo del DTX utilizza questa convenzione colore (**Figura 18d**).

La **Figura 18e** mostra una rappresentazione schematica della configurazione per l'impostazione del riferimento. In questa figura sono stati utilizzati colori differenti per identificare le due bretelle duplex. Questi colori non hanno nessun riferimento con le bretelle reali, sono stati scelti solo per rendere la figura più chiara. La bretella gialla collega l'Output (sorgente di luce) del modulo fibra dell'unità principale all'Input (misuratore di luce) dell'unità remota. Uno dei due cavetti che compongono la bretella duplex gialla non è collegato durante la fase di impostazione del riferimento. Allo stesso modo, uno dei cavetti della bretella più scura realizza il collegamento nella direzione opposta. La **Figura 18e** mostra inoltre il posizionamento del mandrino vicino all'estremità con il connettore rosso che deve essere collegato alla sorgente di luce. La bretella duplex ha il cavetto con il connettore rosso più lungo, dopo essere stato avvolto sul mandrino, la lunghezza dei due cavetti della bretella duplex sarà uguale. Le porte di Output dei moduli fibra dello strumento DTX sono sempre equipaggiate con connettori SC. Gli adattatori rimovibili montati sulle porte di Input sono scelti in modo da essere dello stesso tipo dei connettori terminali del link sotto test. L'esempio in **Figura 18e** mostra il caso in cui anche il link sotto test è dotato di connettori LC.

*Step C.* Dopo aver misurato il livello di energia di riferimento, il tester mostra questi valori come si può vedere in **Figura 18f**. Se questi valori sono accettabili, premendo il tasto F2 vengono memorizzati e si può procedere con la certificazione dell'impianto.

i. Valori di riferimento accettabili con DTX-MFM o DTX-MFM2

1. -20dBm livello nominale con LED 62.5 µm
2. -22 dBm livello nominale con LED 50 µm

ii. Valori di riferimento accettabili con DTX-GFM, DTX-SFM, DTXGFM2 o DTX-SFM2

1. -7dBm livello nominale con VCSEL o laser

View Reference	
Remote End Setup: Smart Remote	
850 nm	1300 nm
Input (dBm) -19.16	-19.51
Output (dBm) -18.54	-18.92
Test Method: Method B	
Reference set:	
05/08/2009	4:48:03 p.m.
OK	

Figura 18f

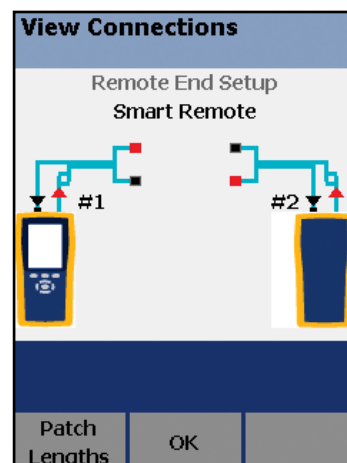


Figura 18g

*Step D.* Disconnettere la bretella di test solamente dalle porte di Input e creare il collegamento che è raffigurato sullo schermo dello strumento (**Figura 18g**). Scollegare i connettori neri dalle porte di Input e collegare il cavetto non utilizzato della bretella duplex (con il connettore nero) alla porta di Input della unità dove è collegato l'altro cavetto della stessa bretella. A questo punto l'unità principale e l'unità remota sono separate e possono essere collegate alle due estremità del link sotto test.

Se dovesse essere necessario testare un link per il quale Fluke Networks non offre o non può offrire gli adattatori come, per esempio, i connettori MT-RJ, consultare l'Appendice 2 per analizzare altri metodi per impostare il riferimento.

#### Linee guida per impostare il riferimento

- Utilizzare esclusivamente bretelle di test (TRC) di alta qualità
- Pulire i connettori della TRC prima di impostare il riferimento
- Lasciare che il tester si scaldi fino alla temperatura interna di regime (circa 10 min. con una differenza tra temperatura ambiente e temperatura di immagazzinamento <11°C)
- Usare preferibilmente il metodo 'one-jumper'
- Inserire il connettore con il gommino rosso all'emettitore di luce (porta di Output)
- Non rimuovere il connettore rosso (sulla sorgente) dopo l'impostazione del riferimento
- Dopo aver impostato il riferimento non disconnettere la TRC dalla sorgente di luce
- Per un link ottico multimodale utilizzare il mandrel appropriato
- L'impostazione del riferimento deve essere ripetuta se lo strumento viene spento
- Assicurarsi di mantenere precise condizioni di lancio per il riferimento

**3. Eseguire il test automatico** - Selezionare 'Autotest'. Lo standard di test selezionato determina i parametri che saranno misurati e i criteri di Passato/Fallito.

**Polarità.** Quando si esegue con successo un Autotest con i Moduli Fibra del DTX, si può garantire anche la corretta polarità.

- Collegare il connettore nero del TRC alla fibra del link che trasmette la luce verso l'altra estremità e che quindi, in seguito, sarà collegato, a questa estremità, al trasmettitore dell'apparecchiatura di rete. (La luce lascia la bretella TRC in corrispondenza del connettore nero; l'estremità rossa dello stesso cavetto è collegata all'Output del tester).
- Collegare il connettore rosso del TRC alla fibra del link sotto test che riceve la luce dall'altra estremità.

Loss (M->R)		PASS
Input Fiber		
1300 nm	Loss: 0.92 dB	
	Limit: 2.30 dB	
	Margin: 1.38 dB	
850 nm	Loss: 0.88 dB	
	Limit: 3.36 dB	
	Margin: 2.48 dB	
Press SAVE when done		
Other Dir.		View Ref.

Figura 19 -

- Quando i collegamenti del link sotto test sono tutti eseguiti, lo strumento emette il caratteristico suono che segnala le connessioni corrette e quindi il rispetto della polarità.

**Lunghezza.** Oltre al valore di attenuazione, lo strumento è in grado di misurare la lunghezza del link. Quando, al momento dell'impostazione (setup), si seleziona uno standard relativo ad una applicazione di rete, questo comprende anche i limiti sulla lunghezza massima ammessa per quell'applicazione in funzione delle caratteristiche di banda della fibra utilizzata del link sotto test. La Tabella 3 fornisce una panoramica di queste relazioni.

Assicurarsi di aver scelto l'adattatore specifico per il test della fibra con un connettore che sia dello stesso tipo di quello della bretella di permutazione o di quello presente sul pannello.

Collegare la bretella di test (TRC) al link (o al canale) da testare.

**Test Bidirezionale.** Se è necessario testare ogni fibra nelle due direzioni, non dimenticarsi di selezionare questa opzione nella schermata di setup dello strumento (vedi **Figura 18b**). Quando il tester avvisa di scambiare i collegamenti per eseguire le misure nell'altra direzione, ricordarsi di invertire i collegamenti delle TRC alle estremità del link. MAI scollegare le bretelle di test dallo strumento.

Risultati del Test. Assicurarsi sempre di aver salvato i risultati prima di passare al test della fibra successiva o di misurare la stessa fibra nell'altra direzione. La Figura 19 mostra i dettagli relativi alla misura di una fibra; notare che ogni fibra è misurata ad entrambe le lunghezze d'onda come richiesto dagli standard relativi all'Installazione.

Gli standard relativi all'applicazione, invece, specificano i parametri di prestazione solo per la lunghezza d'onda relativa alle singole applicazioni. Per esempio, lo standard 10GBASE-S specifica i requisiti di link a 850 nm. I termini fibra di 'Input' o fibra di 'Output' nella schermata dei risultati si riferiscono alla porta dell'unità principale del tester alla quale la fibra è collegata. Il risultato di Figura 19 si riferisce alla fibra collegata alla porta 'Input' dell'unità principale dello strumento. Il titolo sulla schermata 'Perdita (R ->M)' che significa Perdita dall'unità Remota all'unità Principale è un'altra indicazione della fibra a cui i risultati si riferiscono.

Dopo aver testato tutti i link e salvato le misure, i dati possono essere scaricati su un PC e gestiti con il software di Gestione dei Risultati LinkWare. LinkWare permette di gestire ed analizzare i risultati di ogni test sullo schermo del PC. È possibile stampare un Rapporto di Test riassuntivo per l'intero lavoro così come è possibile stampare un rapporto professionale per ogni link analizzato. LinkWare permette di creare o spedire via e-mail i rapporti in formato PDF.

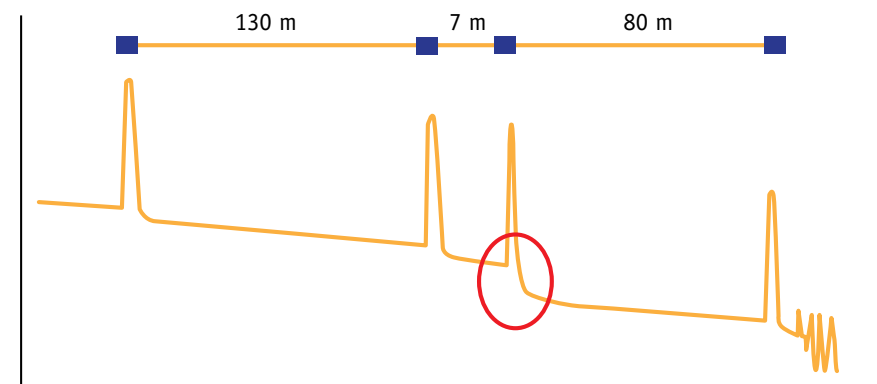
## 6. Come Certificare un Cablaggio in Fibra Ottica con un OTDR

TIA TSB 140 e ISO 14763-3 raccomandano l'utilizzo di un OTDR come test aggiuntivo per garantire che la qualità dell'installazione della fibra sia in linea con le specifiche dei componenti. Gli standard non identificano alcun limite di Passato/Fallito per questo test. Si raccomanda di far riferimento ai requisiti generici per il cablaggio e ai criteri di progetto per lo specifico impianto. Un OTDR può essere utilizzato bi-direzionalmente come tester ad una delle estremità o per la certificazione con una fibra in ricezione.

**Quello che è necessario sapere sugli OTDR.** Una volta gli OTDR erano esclusivamente strumenti da laboratorio perché difficili da usare e poco pratici per l'impiego in campo. Erano grossi, pesanti e, per i tecnici senza specifica esperienza, piuttosto difficili da programmare e da utilizzare per misure accurate. Anche dopo aver effettuato il test, non era facile interpretare i risultati. Tutto questo ha creato intorno a questi strumenti un alone di timore e di confusione. Oggi, comunque, gli OTDR più recenti sono piccoli, leggeri e di facile utilizzo. Anche se oggi un tecnico senza specifica esperienza, può eseguire la ricerca di un guasto come farebbe un esperto, tuttavia può essere ancora utile conoscere le informazioni di base su come uno strumento OTDR svolge il suo compito.

- **Funzionamento di base.** Un OTDR è uno strumento in grado di valutare la perdita, il grado di riflettività e la localizzazione fisica di una serie di eventi. Lo strumento invia impulsi di luce nella fibra e utilizza un fotosensore molto sensibile per rilevare l'energia riflessa e riportarne l'andamento su un grafico in funzione del tempo. Per aumentare l'accuratezza della misura sarebbe utile conoscere le caratteristiche ottiche della fibra e impostarle nello strumento prima di eseguire il test.

**Traccia OTDR.** - L'OTDR riporta graficamente la riflettività e la perdita rispetto al tempo in quella che possiamo definire la 'traccia' grafica della fibra. Un tecnico specialistico è in grado di 'leggere la traccia' e spiegarla. Per esempio, sulla traccia in figura, un occhio esperto può facilmente rilevare che ad una estremità della permutazione la perdita dell'interconnessione è eccessiva.



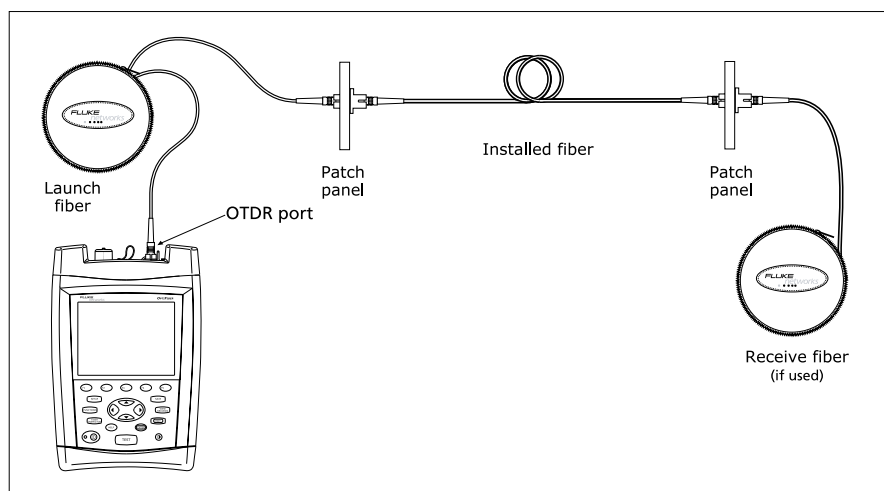


Figura 20 – Esempio di traccia OTDR da cui si rileva un connettore con perdita eccessiva posizionato a 137m

- **Software di analisi degli eventi.** - Gli OTDR più recenti sono dotati di software particolarmente sofisticati che rendono automatica l'analisi della traccia, inoltre permettono l'impostazione automatica dei parametri di test. Gli OTDR di Fluke Networks sono in grado di scegliere automaticamente i parametri di impostazione e non si limitano ad indicare dove sono posizionati gli eventi sulla traccia (eventi riflettivi e di perdita), ma danno anche precise indicazioni su che cosa l'evento rappresenta e aggiungono un'analisi qualitativa di ognuno di essi.
- **Zona morta.** - Rappresenta la più piccola porzione di fibra che l'OTDR è in grado di rilevare. Può anche essere descritta come la distanza, dopo un evento riflettivo, entro la quale un altro evento riflettivo non può essere compiutamente rilevato ed analizzato. Tutti gli OTDR hanno le proprie zone morte e devono essere utilizzati con una fibra di lancio opportuna che permetta di vedere e misurare la prima connessione del link.
- **Dinamica dello strumento.** - Identifica la lunghezza massima di fibra che può essere analizzata. Più è alto il valore della dinamica, più lunga può essere la fibra sotto test. Il rovescio della medaglia è che a valori di dinamica alti corrispondono impulsi inviati dall'OTDR più larghi e quindi zona morta più estesa.
- **Fantasmii.** - Non sono così spaventosi come il nome lascerebbe intendere. Sono eventi sulla traccia causati da fenomeni di eco generato da eventi reali altamente riflettivi nel link sotto test. Gli OTDR di Fluke Networks identificano i fantasmi sulla traccia e forniscono l'indicazione del punto di origine in modo da poter, eventualmente, eliminarne la causa.
- **Effetto guadagno.** - Un altro fenomeno relativo alla traccia OTDR che genera spesso confusione è il cosiddetto 'effetto guadagno'. Molto semplicemente, l'effetto guadagno è un apparente valore negativo di perdita associato ad un evento quando si verifica un cambiamento delle prestazioni ottiche del mezzo.

Normalmente si verifica questo fenomeno quando non c'è corrispondenza tra gli indici di rifrazione di due fibre unite tra di loro o quando si collega una fibra multimodale da 50µm con una fibre multimodale da 62.5µm. Un evento che apparentemente genera guadagno, se misurato nella direzione opposta mostrerà, al contrario, un valore di perdita molto più grande di quello reale.

### Certificazione con OTDR

#### Impostazione dello strumento per il Test di Certificazione con OTDR.

**Impostazione** - Posizionare il commutatore rotante sulla voce 'Setup' e scegliere 'OTDR per fibra' dall'elenco. L'impostazione si sviluppa su cinque schermate.

1. Nella prima, selezionare da quale porta dello strumento si eseguirà il test (multimode MM o singlemode SM), quali limiti di test dovranno essere utilizzati, il tipo di fibra e la lunghezza d'onda.
  - È possibile creare più insiemi di limiti per i test OTDR e selezionarne uno in funzione dell'attività specifica. Ogni test OTDR evidenzierà un 'Passato' (Figura 21) o un 'Fallito' (Figura 22) sulla base del confronto con i limiti selezionati.
2. Sulla seconda schermata, si può impostare la compensazione della fibra di lancio, identificare l'estremità dalla quale si sta conducendo il test e stabilire i nomi che si vuole assegnare alle due estremità della fibra.

OTDR Results		PASS
*HBL LIMIT*		
Multimode 50		
Dual 850/1300 nm		
End 1: DATA CENTER		
✓ Length	55.5 m	
✓ Overall Loss	0.19 dB	
✓ Largest Event	-0.04 dB	
View Trace	View Events	View Limits

Figura 21 – PASS Anzeige eines DTX Compact OTDRs

### Utilizzo della Compensazione della Fibra di Lancio, LFC

- La compensazione della fibra di lancio si usa per semplificare il test e rimuovere dalle misure le perdite e le lunghezze relative alle fibre di lancio e di chiusura.

Mostra sulla traccia dove è collocata la fibra di lancio (e/o di chiusura), ma la elimina dai risultati delle misure di certificazione. Il committente del lavoro di certificazione vuole sapere dove un determinato evento è posizionato nell'impianto, non sulla traccia dello strumento. Quando si abilita la compensazione 'LFC', un connettore che è a 50m dal pannello sarà mostrato a 50m, non a 150m sulla traccia. Dal menu 'Setup' 'OTDR per fibra' abilitare la 'Compensazione della Fibra di Lancio', quindi portare il commutatore rotante sulla posizione 'Special Functions' e scegliere 'Imposta compensazione fibra di lancio'. Scegliere 'Solo lancio' se si vuole utilizzare solo la fibra di lancio, una delle altre opzioni se si utilizza anche una fibra di chiusura.

OTDR Results		FAIL
*HL*		
Multimode 50		
Dual 850/1300 nm		
End 1: DATA CENTER		
✓ Length	312.0 m	
✓ Overall Loss	1.98 dB	
✗ Largest Event	0.78 dB	
View Trace	View Events	View Limits

Figura 22 – FAIL Anzeige eines DTX Compact OTDRs

3. Terzo, impostare le caratteristiche della fibra; nella prima voce, o accettare i valori di default per la fibra selezionata o scegliere 'Definito dall'utente' ed impostare l'indice di rifrazione 'n' e il coefficiente di Backscattering (riflettività) per la fibra sotto test.
4. Scegliere sul menu le impostazioni per 'Portata' e 'Tempo di calcolo medio'.
5. Per ultimo impostare 'Durata impulso' e 'Soglia attenuazione'.

Con DTX Compact OTDR, molte impostazioni come 'Portata', 'Tempo di calcolo medio', 'Durata impulso' e 'Soglia di attenuazione' possono essere impostate su 'Auto'. A questo punto basta portare il commutatore rotante sulla posizione 'Autotest' e, al lancio del test, l'OTDR sceglierà automaticamente le impostazioni più appropriate per la fibra che deve essere misurata.

**Eseguire un Autotest** - Dopo aver programmato lo strumento per il test da eseguire, ruotare il commutatore nella posizione 'Autotest', collegare la fibra di lancio e premere il pulsante 'Test'. Se il risultato è positivo (Passato), premere 'Save', assegnare il nome alla misura effettuata ed eseguire il test sulla fibra seguente. Per vedere la traccia premere il tasto programmabile F1. Anche la tabella degli eventi e i limiti impostati possono essere richiamati sullo schermo attraverso i tasti programmabili.

## Riepilogo della Certificazione Estesa

- Le tracce OTDR caratterizzano i singoli componenti di un link in fibra ottica: connettori, giunzioni e altri eventi che determinano perdita. La certificazione estesa confronta i dati rilevati con le specifiche dell'evento particolare per determinarne l'accettabilità.
- È importante perché permette di identificare aspetti critici che possono non essere rilevabili dalla certificazione di base
- Permette di dimostrare che ogni componente del cablaggio in fibra ottica è stato installato correttamente.

Esattamente come per il primo livello di test, i risultati possono essere scaricati su un PC e gestiti con il software di gestione dei risultati LinkWare. Per ogni collegamento ottico è possibile unire automaticamente i risultati del test OTDR con le altre misure effettuate, purché si sia utilizzato lo stesso identificativo di link. L'opzione FiberInspector disponibile per lo strumento OptiFiber permette inoltre di memorizzare l'immagine della superficie

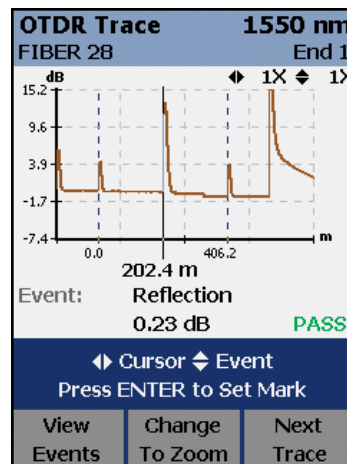


Figura 23 – TRACE Anzeige eines DTX Compact OTDRs (850nm)

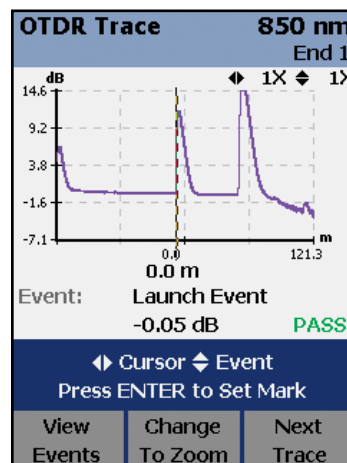


Figura 24 – TRACE Anzeige eines DTX Compact OTDRs (1300nm)

terminale dei connettori (per dimostrare il grado di pulizia) e di allegarla ai risultati dei test e generare, quindi, un rapporto completo e molto professionale che racchiude in un unico documento tutti i dati raccolti dalle varie misure eseguite. Questo documento può essere generato molto facilmente, stampato o spedito in formato PDF.

## Strategia del Test di Certificazione

Ci sono molti modi per eseguire il test di certificazione di un cablaggio in fibra ottica. Gli standard sono chiari nell'indicazione dei test necessari e di quelli facoltativi, nella definizione dei limiti di misura e delle apparecchiature che possono essere usate.

Purtroppo gli standard non danno alcuna indicazione su come il test debba essere condotto per ottimizzare l'efficienza in campo. Sulla base di decenni di lavoro con appaltatori, installatori e tecnici, Fluke Networks ha sviluppato una serie di collaudate procedure pratiche per eseguire la certificazione completa della fibra nel modo più efficiente.

- Assicurarsi che i criteri di progetto e i limiti di test siano stabiliti prima dell'installazione
- Accertarsi della corretta polarità delle singole fibre, delle condizioni delle superfici terminali dei connettori e misurare la perdita con strumenti semplici durante la fase di installazione.
- Eseguire il test esteso utilizzando strumenti per la certificazione di Livello 2 (analisi OTDR) come primo passo della certificazione. Facendo così:
  - Ci si assicura che le prestazioni del connettore soddisfino gli standard generici del cablaggio o i requisiti di progetto del sistema
  - Si qualifica la manodopera relativa alla fase di installazione.
  - Si identificano eventuali problemi per un'immediata risoluzione tramite OTDR.



Figura 25 -

- Successivamente, eseguire il test di base di Livello 1 per il canale rispetto allo standard dell'applicazione. In questo modo si certifica la lunghezza e l'attenuazione complessiva del canale e si valutano i margini nei confronti dello standard.
- Se il test bidirezionale non è richiesto, misurare l'attenuazione di canale alla lunghezza d'onda richiesta dall'applicazione.

## 7. I Problemi più Comuni

Energia luminosa non sufficiente o disturbi sul segnale risultano essere le cause più comuni di malfunzionamento nelle trasmissioni ottiche.

L'interconnessione delle fibre ottiche prevede il passaggio della luce dal core di una fibra al core dell'altra. Il core di una fibra ottica è più piccolo del diametro di un capello umano e pertanto, per minimizzare la perdita di energia luminosa, è necessario ottenere la perfetta collimazione delle due fibre.



Figura 26 –

- **Collegamento di fibre contaminate.** La causa principale di malfunzionamento in un impianto ottico è da ricercarsi nella scarsa pulizia dei connettori. Polvere, impronte digitali ed altre contaminazioni untuose causano valori di perdita molto alti e possono anche determinare danni permanenti sulla superficie terminale del connettore.
- **Troppe connessioni lungo il canale.** Semplice ma importantissimo, durante la fase di progetto è necessario considerare la massima perdita totale ammessa (secondo le normative relative all'applicazione specifica) e il valore di perdita tipico di ogni connessione. Anche nel caso di connettori perfettamente terminati, se lungo lo sviluppo del canale ce ne sono troppi, l'attenuazione può superare il valore di specifica.
- **Cattivo allineamento.** Il modo migliore per ottenere un buon allineamento delle fibre è quello di saldare le due fibre tra di loro con una macchina di fusione molto precisa. Motivi di ordine pratico però, fanno sì che la connessione di due fibre sia molto spesso realizzata per via meccanica con l'utilizzo di connettori ottici. In commercio sono disponibili molti tipi di connettori tutti caratterizzati da vantaggi e svantaggi. Le specifiche di perdita tipica può essere considerato un buon indicatore della loro capacità di allineare correttamente le fibre. Tutte le specifiche utilizzate nel settore della trasmissione dati dovrebbero essere conformi agli standard FOCIS.
  - **Connettori di scarsa qualità o cattiva terminazione.** I connettori di buona qualità hanno tolleranze costruttive molto strette per garantire un preciso allineamento
  - **Geometria della superficie terminale.** Le prestazioni dei connettori ottici dipendono in gran parte dalla geometria della superficie terminale. Questa geometria può essere misurata in laboratorio con strumenti interferometrici di precisione. In campo, i seguenti parametri hanno un peso maggiore nelle misure di attenuazione e di riflettività
- **Ruvidità.** Graffi, buche e scheggiature sono fattori aggiuntivi di perdita e di riflettività.
- **Raggio di curvatura.** La superficie convessa del connettore deve interfacciarsi molto bene con la superficie dell'altro connettore.
- **Centatura dell'apice.** Il core della fibra dovrebbe essere ben centrato in corrispondenza del punto più alto (l'apice) della superficie (convessa) del connettore.

- **Altezza della fibra.** Una fibra che sporge (non lappata completamente) non può collegarsi bene mentre una fibra tagliata sotto la superficie del connettore (o lappata eccessivamente) avrà prestazioni modeste per la presenza di uno strato di aria.
  - **Connettori non ben posizionati.** Un connettore può essere inserito in una bussola ma potrebbe risultare non ben posizionato e quindi non ben collegato con la sua controparte. Spesso la responsabilità è da attribuirsi ai meccanismi di aggancio sui connettori o sulle bussole usurati o danneggiati.
  - **Sistema di gestione dei cavi non appropriato.** Forze di tensione su un connettore possono portare a cattivo allineamento per il fatto che il connettore può arretrare parzialmente, rompersi o scollegarsi.
- **Polarità.** Probabilmente il guasto più semplice in un cablaggio in fibra ottica è l'inversione della fibra in trasmissione con quella in ricezione. Questo problema è, di solito, facile da identificare e risolvere. Qualche volta, tuttavia, i connettori sono uniti in coppia e, per essere invertiti, è necessario rompere il sistema di accoppiamento. Gli standard identificano la polarità con una convenzione sull'etichettatura che raramente porta concreti vantaggi e può generare confusione.
  - La polarità dovrebbe essere identificata con le etichette A e B o con gommini colorati sul connettore.
  - A è per la fibra che trasmette e B è per quella che riceve; OPPURE, rosso per quella che trasmette e nero per quella che riceve.

Anche il sistema di supporto dei cavi, il progetto generale o il danneggiamento del cavo possono causare malfunzionamenti in un cablaggio in fibra. La fibra ha una resistenza alla trazione molto alta, ma se si esagera può essere soggetta a schiacciamenti e rotture.

- **Pieghe.** Macro e micropieghe causate da fascette troppo strette sul cavo o violazioni del raggio minimo di curvatura possono portare a valori di attenuazione alti ed inaspettati.
- **Rotture.** La luce non è in grado di continuare la propagazione lungo la fibra ottica se incontra un punto in cui il vetro è incrinato o ha subito una rottura.
- **Interferenza Intersimbolica (ISI).** Segnali ottici disturbati rappresentano un tipo di problema molto spesso riconducibile ad un progetto di sistema poco accurato. Un sistema che non è stato certificato tenendo conto dello standard relativo all'applicazione di rete, è facile che sia soggetto all'interferenza intersimbolica.
  - Dispersione modale come conseguenza della violazione delle limitazioni sulla distanza massima su fibra multimodale.
  - Riflessioni dovute a troppi connettori altamente riflettivi possono elevare il tasso di errore nella decodifica dei bit per eccessivo return loss.

## Concetti di base sulla Ricerca e Riparazione dei guasti

- **Mantenere il sistema pulito.** Le connessioni sporche sono la causa principale di malfunzionamenti dovute alle interconnessioni e di difficoltà nel test. Pulire le fibre ogni volta che si esegue un'interconnessione. Si può verificare il grado di pulizia utilizzando strumenti come il microscopio FiberInspector per esaminare la superficie di accoppiamento dei connettori.
  - La polvere blocca la trasmissione della luce
  - Il grasso presente sulle dita riduce il grado di trasmissione della luce
  - La sporcizia presente su un connettore si trasmette agli altri connettori
  - Superfici di contatto contaminate rendono difficoltoso il test
  - Ricordarsi di esaminare lo stato delle porte ottiche degli apparati (routers, switches, NICs), anche queste porte possono sporcarsi.
- **Utilizzare l'impostazione di test appropriata.** Eseguire il test nei confronti delle specifiche dello standard permette di ottenere i risultati più accurati, più coerenti, comprensibili e ripetibili.
- Utilizzare i mandrel per fibra raccomandati per aumentare il grado di accuratezza e di ripetibilità della misura.
- Dovrebbero sempre essere utilizzate bretelle di test (TRC) e fibre di lancio di alta qualità; dovrebbe sempre essere evitato l'uso di bretelle qualsiasi o di dubbio livello qualitativo.
  - Tutte le TRC per le misure di attenuazione devono essere fornite con allegati i risultati del test di collaudo.
  - Le bretelle di test dovrebbero rendere semplice il controllo della polarità – Le bretelle di Fluke Networks montano un gommino rosso all'estremità nella quale la luce entra e un gommino nero all'estremità dalla quale la luce esce.
  - Le bretelle dovrebbero essere tenute sempre pulite e sostituite appena mostrano segni di usura.
- Scegliere limiti di test che siano coerenti sia con gli standard sul cablaggio generico che con gli standard sull'applicazione.

## 8. Come Identificare e Risolvere i Problemi più Comuni con un OTDR

Gli OTDR sono gli strumenti più potenti per identificare e risolvere i problemi di un cablaggio in fibra ottica. L'utilizzo intelligente dell'OTDR permette di risparmiare tempo evitando di procedere per tentativi ed eliminando molti errori.

### La ricerca guasti con OTDR porta molti benefici:

- **Il test da una sola estremità.** non è necessario posizionare le apparecchiature di test ad entrambe le estremità del link ottico e questo permette anche ad un solo tecnico di eseguire con un alto grado di efficienza l'operazione di ricerca guasti.
- **Precisa localizzazione del guasto.** Gli OTDR possono identificare con precisione il punto di rotture, pieghe troppo strette, connettori sporchi.
- **La qualificazione di eventi noti come connettori e giunzioni con la loro** posizione sul link, permette di ricavare la perdita e la riflettività associata al singolo evento.

### Trovare i guasti con un OTDR

1. Assicurarsi che sul link ottico non ci siano componenti opto-elettronici attivi.
2. Accendere l'OTDR e collegare alla porta di ingresso una fibra di lancio di buona qualità e pulita (almeno 100m).
3. Collegare la fibra di lancio ad una estremità del canale (non dimenticare di pulire i connettori prima di collegare la fibra)



Figura 27

4. Impostare l'OTDR per il test
  - a. Scegliere il tipo di fibra che deve essere testata e/o le sue caratteristiche dal menu setup.
  - b. Impostare un limite di Passato/Fallito di 0.3 dB per i connettori e 0.1dB per le giunzioni.
  - c. Scegliere il test su Lunghezza d'Onda 'Doppia' dal menu setup dell'OTDR.

- d. Impostare la compensazione della fibra di lancio per semplificare il test spostando il punto di partenza sulla traccia (zero metri) alla fine della fibra di lancio.
  - e. Controllare che i parametri 'Energia Segnale' (larghezza di impulso), 'Risoluzione', 'Portata' siano impostati su 'Automatica'.
  - f. Impostare la soglia di perdita a 0.01dB e scegliere il test su lunghezza d'onda 'Doppia'
5. Far girare il test 'Channelmap' per accertarsi che la composizione del link sia quella attesa per il collegamento selezionato.
- a. Se non si riesce a vedere il collegamento a valle della fibra di lancio, probabilmente il problema risiede in una cattiva connessione a livello del primo patch panel.



Figura 27a

- b. Si dovrebbero vedere tutti i connettori ed i segmenti di fibra che ci si aspetta per quel collegamento. Se così non fosse, probabilmente c'è una rottura o un cavo non collegato.
6. Una caratteristica avanzata dello strumento OptiFiber OTDR è il 'Faultmap' (Figura 27b). 'Faultmap', cioè la mappa dei guasti, utilizza l'analizzatore di eventi per determinare la qualità di ogni connessione senza la necessità da parte dell'utente di programmare o impostare lo strumento. Se 'Faultmap' identifica il comportamento di un connettore come dubbio, viene svolta un'analisi più approfondita per verificare che le prestazioni rientrino nei limiti di accettabilità.
7. A questo punto è possibile commutare su 'Autotest' e lanciare il rilevamento della traccia
- i. Se il display comunica che il test è fallito, esaminare la traccia o la tabella degli eventi per identificare dove è localizzato l'evento incriminato e la natura del guasto.
  - ii. Se la fine della fibra è molto più vicina di quello che dovrebbe essere, la fibra presenta una rottura in quel punto.

- iii. Si può utilizzare un localizzatore di guasti a luce visibile (Visual Fault Locator) o creare una macropiega mentre lo strumento genera una serie di tracce in tempo reale per localizzare la rottura o l'evento fuori specifica.

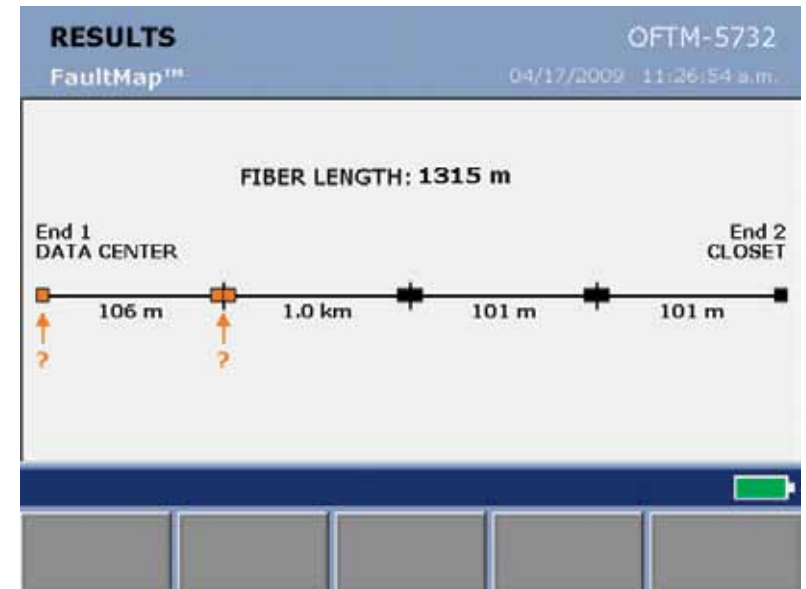


Figura 27b

- iv. Premere il pulsante 'Lunghezza d'Onda Successiva' per analizzare il comportamento della stessa fibra alla lunghezza d'onda maggiore. Questo permette spesso di esaltare l'effetto di eventi modesti, perché le lunghezze d'onda maggiori sono più sensibili nei confronti di certi tipi di perdita.

LOCATION (m)	dB@850nm	dB@1300nm	EVENT TYPE	STATUS
0.00	N/A	N/A	OTDR PORT	
102.14	0.39	-0.22	GHOST SOURCE	PASS
152.72	0.20	0.97	REFLECTION	FAIL
164.11	1.17		LOSS	FAIL
174.58	0.19	0.65	REFLECTION	PASS
204.69	0.00	0.05	GHOST	
226.32	N/A	N/A	END	

Figura 27c Ereignistabelle des FNW OptiFibers OTDRsiv.

- v. Se si è in presenza di connettori che superano i limiti di accettazione e l'evento associato presenta sulla traccia una lunga e ampia coda, probabilmente il problema è una connessione sporca. Si può utilizzare un FiberInspector per ispezionare visivamente i connettori. Assicurarsi di avere a portata di mano un buon kit per la pulizia!
- b. dopo aver pulito e riparato tutti i guasti, testare nuovamente il link.
- i. Se ora il test ha esito positivo, salvare i risultati ed esportarli su LinkWare per l'archiviazione. Se si ha a disposizione l'accessorio opzionale FiberInspector, è possibile salvare sullo stesso rapporto di test anche l'immagine della superficie di contatto pulita.

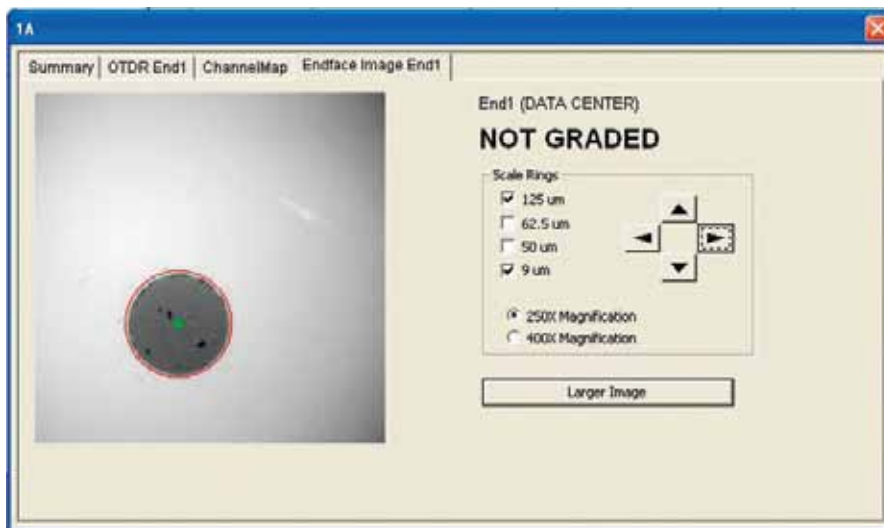


Figura 27d

- ii. Se si vuole fare un confronto diretto tra la situazione prima e dopo un intervento migliorativo, è possibile utilizzare la funzione 'Sovrapposizione Traccia' che sovrappone le tracce (vecchia e nuova) per evidenziare i miglioramenti ottenuti.

Da notare che secondo alcuni documenti tecnici sul test, è possibile anche effettuare una prima ed efficiente ricerca guasti con il kit di misura LSPM. Per esempio, la verifica della polarità può essere effettuata utilizzando la funzione 'Trova Fibra' dello strumento SimpliFiber Pro.

La stessa funzione può essere utilizzata per svolgere l'attività di identificazione delle fibre tra patch panel, attività che altrimenti richiederebbe molto tempo e l'impiego di molte risorse. Utilizzando le sorgenti FindFiber Remote ID, un solo tecnico può portare a termine una verifica completa end-to-end collegandole nella porta (o le porte) che devono essere testate per poi rintracciare le porte corrispondenti all'estremità lontana con il SimpliFiber Pro power meter che permette di 'leggere' i segnali identificatori unici trasmessi dalle sorgenti FindFiber.

Oltre che come strumento che misura un impianto in fibra da una estremità all'altra, un kit LSPM può anche essere utilizzato per restringere il campo di ricerca di una connessione dal comportamento dubbio. Lasciando la sorgente di luce collegata ad una estremità, il tecnico può sistematicamente disassemblare il link scollegando ogni tratto di cui è composto a livello nei punti di interconnessione, ispezionare e pulire la superficie terminale dei connettori e di testare il collegamento fino a quel punto. Se la misura di attenuazione è all'interno dei valori attesi, si può riconnettere il resto della linea (dopo aver controllato e pulito il connettore da inserire) e ripetere la procedura alla giunzione successiva fino ad identificare e correggere il problema.

Un altro problema piuttosto diffuso che può essere identificato con un sistema LSPM è rappresentato dalle fluttuazioni intermittenti di potenza ottica. Se siamo in presenza di uno switch difettoso o di una connessione scadente all'interno di un connettore, le fluttuazioni di potenza che ne derivano creano problemi di comunicazione, inoltre, sono anche difficili da rilevare e identificare perché possono essere estremamente brevi. La funzione 'Min/Max' dello strumento SimpliFiber Pro con il monitoraggio automatico e preciso del livello di potenza presente aiuta il tecnico a garantire la stabilità della trasmissione su quel particolare link. Con l'indicazione dei limiti superiori ed inferiori raggiunti dall'energia misurata su una determinata lunghezza d'onda per tutto il tempo della sessione di test, è possibile ottenere molte informazioni utili ad identificare dove potrebbe celarsi la fonte di guasto.

## 9. Ispezione e Pulizia delle Superfici Terminali dei Connettori

### Ispezione

Una corretta ispezione aiuta a rilevare due delle più comuni (ma anche più facili da evitare) cause di malfunzionamento: superfici terminali delle fibre danneggiate e/o sporche.

Il danneggiamento si presenta sotto forma di scheggiature, graffi, crepe e cavità sul core o sul cladding che possono anche essere causati dal collegamento con un connettore sporco. Piccole impurità depositate sul core possono danneggiare la superficie di contatto durante il processo di accoppiamento dei due connettori.

Fonti di contaminazione sono ovunque, potrebbe essere il tocco delle dita o il pelo di un tessuto, così come la polvere sempre presente o le particelle cariche di energia elettrostatica nell'aria. Anche le porte ottiche sono soggette a contaminazione ma spesso sono trascurate. Inserire un connettore pulito in una porta sporca non solo sporca il connettore pulito ma può comportare malfunzionamenti se non danneggiare la fibra. Anche le coperture di protezione dette anche 'dust caps' (cuffie anti-polvere) che corredano le bretelle ed i connettori nuovi, appena tolti dall'imballo originale, possono essere causa di contaminazione se si considera la natura ed i materiali del processo di produzione.



Il presupposto tipico è che un veloce controllo visivo delle superfici terminali dei connettori è sufficiente per verificare il grado di pulizia. Come abbiamo già ricordato, il diametro del core delle fibre è molto piccolo, può variare da circa 9 a 62.5µm. Messo a confronto, il capello umano medio con un diametro di 90µm, è tra 1.5 e 9 volte più grande! Con core di diametro così piccolo, è impossibile rilevarne i difetti sulla superficie senza l'aiuto di un microscopio.

#### Ci sono due categorie di microscopi per l'ispezione delle fibre:

- **Ottico (Figura 28)** – di forma tubolare e compatto, permette di ispezionare la superficie del connettore direttamente. Molto diffuso perché economico, non permette, comunque, di vedere le fibre all'interno delle porte degli apparati e dei pannelli.
- **Video (Figura 29)** – piccola sonda ottica collegata a un monitor palmare. Le dimensioni della sonda rendono questo strumento eccellente per esaminare porte collocate in posti difficili da raggiungere; lo schermo è sufficientemente ampio da permettere una facile identificazione dei difetti superficiali. Questi strumenti sono anche sicuri perché permettono di osservare l'immagine della fibra e non la fibra direttamente, eliminando il rischio di esporre l'occhio a radiazioni dannose.
- Nell'ambito dell'ispezione delle fibre ottiche - dovendo ostruire all'utilizzatore quello che ad occhio nudo non possibile vedere, la caratteristica più importante è la capacità di rilevamento - in sintesi l'oggetto più piccolo che è in grado di mettere in evidenza.



Figura 28 -



Figura 29 -

#### Pulizia

Superfici terminali delle fibre correttamente pulite possono 'aggiungere' fino a 1.39 dB al limite ammesso di attenuazione (Figura 30). In altre parole, se siamo in presenza di un impianto il cui valore di perdita è 5.0 dB contro un limite di specifica di 4.5 dB, la pulizia accurata dei connettori può aiutare a far scendere il valore di perdita a circa 3.6 dB, e il risultato sarà un test 'Passato' con ampio margine. È anche importante, di conseguenza, scegliere attentamente il metodo e gli strumenti di pulizia cercando di evitare tutti quei comportamenti errati molto spesso applicati.

Uno degli errori più diffusi è forse quello di utilizzare aria compressa da soffiare sui connettori o all'interno delle porte. Anche se potrebbe risultare utile per spostare particelle di polvere relativamente grandi, è inefficace sulle tracce di grasso, residui o piccole particelle cariche di energia elettrostatica e che possono essere altrettanto pericolose come causa di malfunzionamenti.



Figura 30 - Confronto tra superfici di fibra pulita e sporca

Lo stesso problema si verifica quando, per pulire il connettore, si usa la manica della camicia o una pezzuola 'pulita'; infatti, le tracce di tessuto e le cariche statiche che attraggono la polvere, conseguenza dell'uso di questi materiali, probabilmente aumentano il grado di contaminazione piuttosto che ridurlo. Anche l'alcool isopropilico (IPA), da sempre considerato un solvente accettabile, è stato dimostrato non essere all'altezza dei nuovi ritrovati formulati esclusivamente per questi scopi. Soprattutto la scarsa capacità dell'alcool isopropilico di sciogliere i composti non-ionici, come i lubrificanti utilizzati per il tiro dei cavi e il gel di tamponamento delle fibre, e il processo di evaporazione che lascia residui, rendono i solventi specifici la scelta migliore. Quando si usano questi solventi, l'ordine corretto di azione è 'da umido a secco' utilizzando esclusivamente pezzuole pulite, che non rilasciano tracce di tessuto (Figura 31).



Figura 31 - Metodo di pulizia 'da umido a secco'. Mettere una piccola quantità di solvente nel punto di partenza della passata di pulizia. Tenendo la superficie terminale del connettore perpendicolare, strisciare dalla zona inumidita verso quella asciutta.

I sistemi per la pulizia delle fibre variano molto per grado di complessità e prezzo, si passa dalle semplici pezzuole a dispositivi che utilizzano acqua ed ultrasuoni. Il sistema da utilizzare dipende dalle necessità e dal budget a disposizione - anche se, per la maggior parte dei lavori, è sufficiente l'insieme di appositi pannetti, bastoncini cotonati e solvente specifico che viene fornito con i kit di pulizia, ispezione e certificazione delle fibre.

## 10. Conclusioni

L'installazione di un cablaggio è un processo che prevede molti passi. È consigliabile certificare il sistema di cablaggio dopo l'installazione per accertarsi che tutti i link installati soddisfino il livello di prestazioni atteso. È probabile che la certificazione metta in evidenza risultati non conformi o marginali; se si vuole consegnare un sistema di cablaggio di alta qualità, tutti i difetti responsabili del fallimento del test o dei risultati marginali devono essere identificati e corretti.

La famiglia completa di strumenti per la certificazione della fibra di Fluke Networks (Appendice 1) può vantare una storia senza eguali nella fornitura di capacità diagnostiche uniche e particolarmente efficaci per i tecnici di installazione. Conoscendo la natura dei guasti tipici e come le funzioni diagnostiche dello strumento li metta in evidenza, è possibile ridurre significativamente il tempo necessario per correggere un'anomalia, un errore di installazione o un componente difettoso. Anche il personale responsabile del funzionamento della rete può trarre beneficio dalle funzioni diagnostiche dello strumento di certificazione; con l'assistenza dello strumento, è possibile ridurre il tempo di fermo della rete e ripristinare i servizi molto rapidamente.

Si raccomanda vivamente di prendere confidenza con lo strumento e con tutte le sue funzioni - è un investimento modesto che si ripaga ampiamente nel tempo. Fluke Networks, oltre che strumenti di precisione, offre un'ampia gamma di opzioni di supporto tecnico molto qualificato. Per l'installatore, per il proprietario della rete e per il progettista sono disponibili le seguenti fonti di informazione:

- **White papers e articoli sulle informazioni di base** - studi interessanti e consigli utili sugli argomenti di maggiore interesse nell'ambito del cablaggio strutturato
- **Assistenza tecnica senza paragoni** dal Centro di Assistenza Tecnica di Fluke Networks (TAC) altamente specializzato.

**Corsi per la qualifica di Certified Cabling Test Technician (CCTT)** disponibili in tutto il mondo.

**Programma Gold Support** - programma completo di assistenza tecnica e di supporto che include la priorità sulle riparazioni con apparecchio in prestito, calibrazione annuale e priorità nel supporto del centro di Assistenza Tecnica con estensione della copertura agli orari extra e ai weekend.

## 11. Glossario

**Certification testing:** Il processo di verifica delle prestazioni di trasmissione di un sistema di cablaggio installato rispetto ad uno specifico standard; richiede un OLTS per la certificazione di 'Livello 1' (Tier 1) e un OTDR per la certificazione di 'Livello 2' (Tier 2).

**Channel** - Il mezzo di trasmissione da un'estremità all'altra tra il trasmettitore e il ricevitore.

**dB (Dezibel)** - Unità di misura logaritmica utilizzata per esprimere il valore di potenza relativa rispetto ad un livello di riferimento specifico o sottinteso; di solito associato al valore di perdita

**dBm** - Livello di potenza espresso come il logaritmo del rapporto rispetto al valore fisso di 1mW.

**FiberInspector** - Linea di strumenti palmari molto diffusi di Fluke Networks per l'ispezione delle superfici terminali dei connettori e delle porte ottiche, comprende microscopi ottici e con schermo video.

**Gbps** - Gigabit al secondo

**Launch cord fiber** - Bobina di fibra collocata tra il link sotto test e l'OTDR per migliorare la capacità dello strumento di valutare la qualità del primo connettore del link e rilevare difetti nel primo punto di interconnessione.

**LED** - Light Emitting Diode, una sorgente di luce a relativamente bassa intensità.

**Link** - Il cablaggio fisico per la trasmissione.

**Mbps** - Megabit al secondo

**OLTS** - Optical Loss Test Set, strumento per la certificazione di base 'Tier 1' che misura l'attenuazione di un link oltre alla sua lunghezza.

**OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)** - Optisches Rückstreuemessgerät, ein Zertifizierungsgerät für den Tier 2, den Erweiterten Test, um die Qualität einer LWL-Strecke und der Bauteile ortsauflösend zu messen und darzustellen.

**LSPM** - Light Source Power Meter, strumento basilare per la verifica di una fibra composto da una sorgente di luce e da uno strumento di misura dell'energia luminosa per valutare la perdita di un link.

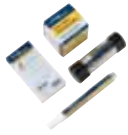








**TRC** - Test Reference Cord, una bretella ottica di alta qualità lunga da 1 a 3 metri con connettori ad alte prestazioni, preferibilmente la superficie terminale dovrebbe essere sottoposta ad uno speciale trattamento di indurimento contro i graffi così da permettere numerose inserzioni senza apprezzabile degrado delle prestazioni.

**VCSEL** - Vertical Cavity Surface Emitting Laser, sorgente di luce utilizzata con le fibre multimodali.

**Verification testing** - Il processo di verifica delle prestazioni di trasmissione di un sistema di cablaggio installato per garantire il rispetto di un valore di soglia minimo.

**VFL** - Visual Fault Locator, sorgente ottica che trasmette luce laser visibile a bassa potenza per rintracciare eventuali rotture in un link in fibra.

## Appendice 1 – Strumenti Fluke Networks per il Test della Fibra

	Verifica		Ricerca guasti			Certificazione		
	Prova della connettività	Prova della polarità	Verifica della perdita sull'intero link per accertarsi che il bilancio di perdita calcolato non è stato superato	Controllo pulizia o rottura della superficie di collegamento	Pulizia	Identificazione Guasti	Basic (Tier 1)	Estesa (Tier 2)
Prodotti Specialistici per la Pulizia delle Fibre 					✓			
VisiFault (VFL) Rotlichtquelle 						✓		
FindFiber Remote ID 	✓	✓						
SimpliFiber Pro Optical Loss Test Kit 	✓	✓	✓					
CertiFiber OLTS 			✓	✓			✓	
FiberInspector Video Mikro-skop 				✓				
DTX Series mit Fiber Modulen 							✓	
DTX Compact OTDR 								✓
OptiFiber OTDR 				✓		✓		✓

## Appendice 2 – Metodi per l’Impostazione del Riferimento di Test

Abbiamo analizzato la teoria della misura dell’attenuazione di un link in fibra ottica nel paragrafo ‘La Certificazione – Il processo e i requisiti degli strumenti’ della sezione ‘Certificazione del Cablaggio’ del Capitolo 3 ‘Teoria del Test – Prestazioni di un Cablaggio in Fibra Ottica’. La misura della perdita di un cablaggio ottico installato si deriva dal confronto di due misure di potenza. La ‘misura del riferimento di test’ stabilisce il livello di energia luminosa nelle condizioni di ‘attenuazione zero’, il livello di riferimento con il quale si confronta la misura effettuata attraverso il link da certificare. La differenza tra questi due livelli di potenza rappresenta la perdita del link. Abbiamo anche sottolineato come sia assolutamente importante che la misura della perdita sia eseguita con la stessa sorgente e nelle stesse condizioni di lancio utilizzate per la misura del valore di riferimento.

Molti standard raccomandano che, per i sistemi di cablaggio strutturato, la misura del riferimento sia effettuata con il metodo ‘one-jumper’. I sistemi di cablaggio di edificio o di campus sono caratterizzati da lunghezze relativamente contenute e dalla presenza di più connessioni. I link in fibra delle reti di accesso o di lunga distanza, in generale, hanno solo i due connettori alle estremità del cavo che può essere centinaia di volte più lungo di un cavo tipico del cablaggio aziendale. È quindi molto importante che il test del cablaggio di reti locali tenga accuratamente conto del contributo alla perdita globale di ogni connessione. La valutazione dei differenti metodi per impostare il riferimento di test parte innanzitutto dal modo con cui questi metodi tengono conto dei due connettori alle estremità del link sotto test, mentre sono assolutamente equivalenti per quanto riguarda la valutazione dei connettori o delle giunzioni che eventualmente fossero presenti all’interno del link, tra i due connettori posizionati alle estremità. La Tabella 2 mette in evidenza che per un semplice link di 300 m con solo due connettori alle estremità, la perdita ammessa per queste due connessioni è 1,5 dB su un budget complessivo (il limite massimo per il link) di 2,55 dB. La perdita dei connettori è il 59% del budget totale per quel link.

### Il metodo ‘one-jumper’

Facciamo riferimento ai commenti della Figura 13 e Figura 14. La perdita relativa ad entrambe le interconnessioni del link sotto test è accuratamente compresa nella misura. La critica a questo metodo si basa su due elementi:

- a. I connettori dello strumento di test devono essere dello stesso tipo di quelli presenti sul pannello di terminazione del link da testare.
- b. È necessario aggiungere una seconda bretella di test per collegare lo strumento di misura all’estremità remota del link; la qualità e le prestazioni di questa bretella possono essere sconosciute.

### Fluke Networks ha affrontato questi aspetti critici in molti modi.

1. I moduli per il test della fibra degli strumenti della famiglia DTX così come altri strumenti LSPM di recente produzione come il SimpliFiber Pro sono dotati di adattatori intercambiabili sul misuratore di energia ottica. Questi strumenti adottano come

equipaggiamento standard il connettore SC ed offrono come opzione adattatori e bretelle di test per eseguire misure con il metodo preferito ‘one-jumper’ anche su impianti equipaggiati con connettori ST, LC o FC.

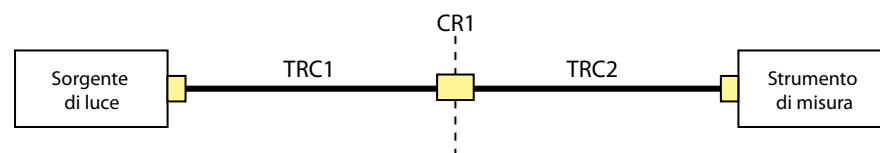
2. Tutte le bretelle di test sono costruite con le stesse rigorose specifiche e con le estremità dei connettori sottoposte ad un processo brevettato di indurimento per garantire resistenza ai graffi e garantire anche la geometria più idonea per un’ottimale accoppiamento della luce. Il valore di perdita complessivo associato a queste bretelle è di 0,1 dB.

Nel caso dei moduli per il test della fibra della serie DTX, le TRC sono costruite come bretelle duplex. La bretella che si aggiunge per realizzare la misura con il metodo ‘one-jumper’ è quella connessa e quindi è dello stesso livello qualitativo e ha le stesse prestazioni di quella utilizzata per impostare il riferimento. Avere la bretella ‘attaccata’ garantisce al tecnico di test, in campo, la disponibilità certa di una bretella di alta qualità.

Ovviamente, esistono casi in cui il metodo ‘one-jumper’ non può essere utilizzato per l’impostazione del riferimento di misura. Il caso più diffuso si riferisce a sistemi che utilizzano il connettore MT-RJ. Per prima cosa illustreremo il metodo a due bretelle, ‘two-jumper’, poi analizzeremo un adattamento del metodo two-jumper che chiameremo metodo ‘one-jumper modificato’ perché, come il metodo ad una sola bretella, soddisfa la necessità di tenere conto in modo appropriato e con la necessaria accuratezza anche della perdita della connessione terminale del segmento sotto misura.

### Il metodo ‘two-jumper’

La Figura A2-1 illustra i collegamenti per la misura del riferimento con il metodo a due bretelle (two-jumper). La sorgente di luce è collegata alla bretella di test TRC1 mentre lo strumento di misura è collegato ad una bretella simile TRC2. Per poter effettuare la misura del riferimento, le due bretelle sono collegate tra di loro per mezzo di una bussola appropriata (CR1). Si raccomanda di utilizzare bussole costruite per applicazioni monomodali perché costruite con tolleranze meccaniche più strette e questo garantisce un migliore allineamento dei core delle fibre e una maggiore ripetibilità delle misure.

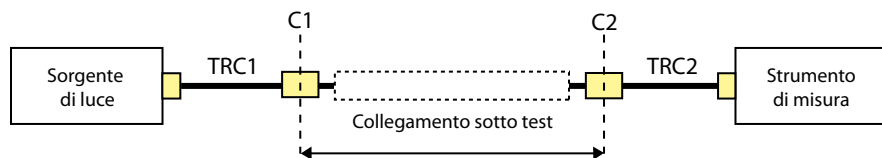


**Figura A2-1** Metodo a due bretelle ‘two-jumper’ – Nella misura del riferimento per il test è compresa la perdita nella connessione tra la bretella di test 1 (TRC1) e la sorgente di luce, la perdita nella bretella TRC1, la perdita nella connessione CR1, la perdita nella bretella TRC2 e la perdita nella connessione tra TRC2 e lo strumento di misura dell’energia luminosa..

Ripeteremo l’analisi della misura del riferimento di potenza già svolta nella descrizione del metodo one-jumper illustrato in Figure 13. È importante sottolineare ancora una volta l’importanza delle condizioni di lancio dalla sorgente di luce nella bretella TRC1. Non è stato riportato in figura il mandrel, ma l’utilizzo di questo componente è indispensabile

per ottenere risultati affidabili e ripetibili. L'analisi segue tutto lo sviluppo del percorso della luce tra la sorgente e lo strumento di misura.

L'accoppiamento dell'energia luminosa dalla sorgente alla bretella TRC1 dipende certamente dalle condizioni della connessione tra lo strumento e TRC1. Questa connessione non è necessario che sia perfetta e non è necessario nemmeno conoscerne in dettaglio le condizioni di stato, purché rimanga intoccata per tutta la durata del test. Il collegamento tra sorgente e TRC1, pertanto, non deve essere modificato in alcun modo. La perdita associata alla sola fibra in entrambe le bretelle TRC (molto corte) è piccola; ricordiamo che la perdita tipica per la lunghezza d'onda di 850 nm è circa 0.0035 dB per metro. Per la lunghezza d'onda di 1300 nm la perdita è 0.0015 dB per metro. Ipotizzando di non maltrattare queste bretelle, la perdita associata alla sola fibra non cambia durante la fase di test dei link ottici della rete. Un certo valore di perdita si può ipotizzare nella connessione CR1 tra le due bretelle di test; discuteremo più avanti dell'influenza di questo valore sulla misura. Un altro elemento di perdita è rappresentato dalla connessione tra TRC2 e lo strumento di misura. Utilizzando questo metodo, non è necessario toccare questa connessione quando si collegano i link da misurare. Guardiamo la Figura A2-2 che schematizza i collegamenti per la fase di test.



**Figura A2-2** Misura della perdita ottica con il metodo two-jumper – La 'differenza' tra il livello di energia di riferimento e il valore misurato rappresenta la perdita nel link sotto test, la perdita nella connessione C2 e la differenza tra la perdita in CR1 e quella relativa a C1. Questa differenza può variare; l'attenuazione totale relativa a C1 non è compresa nel risultato del test.

Esaminiamo dettagliatamente la differenza nelle misure di perdita tra l'impostazione del riferimento e la misura con il link ottico per verificare come e se questa differenza rappresenti accuratamente l'attenuazione del link sotto test. La differenza tra le due misure comprende interamente il segmento di link sotto test, comprende la connessione C2 ma non comprende la connessione C1. La misura del riferimento include la perdita associata alla connessione CR1; durante la fase di test del link, in pratica misuriamo la differenza tra la connessione (di riferimento) CR1 e la connessione C1. Questa differenza non è uguale alla perdita della connessione C1, inoltre non può essere conosciuta o stimata. Il metodo di misura a due bretelle, two-jumper, quindi, non permette di valutare completamente il link ed entrambe le connessioni alle due estremità.

Se si sta eseguendo il test rispetto ad uno standard relativo all'applicazione, il risultato è probabilmente più basso di circa 0,5 dB. Questo valore non è accettabile quando i limiti del test sono compresi tra 2,6 e 3,5 dB. Un'incertezza di 0,5 dB rappresenta un errore dal 14% al 20%.

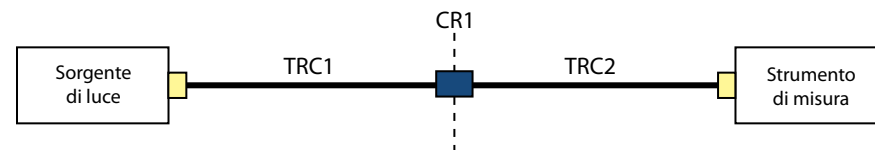
Se si è scelto di eseguire il test rispetto ad uno standard relativo all'installazione, questo metodo può, fino ad un certo punto, essere adattato escludendo la connessione C1 dal conteggio delle connessioni del link. Il calcolo del limite di test così esclude il valore

relativo ad una connessione. Abbiamo detto 'fino ad un certo punto' perché il grande vantaggio della misura con LSPM si basa proprio sul fatto che permette di valutare accuratamente il contributo di ogni elemento del link.

## Il metodo 'one-jumper modificato'

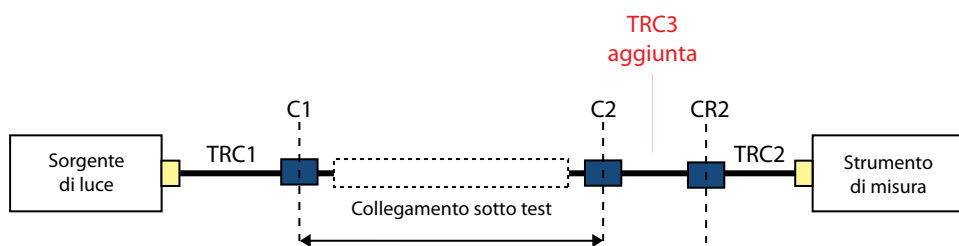
È possibile correggere l'errore introdotto dal metodo two-jumper aggiungendo una terza bretella (TRC3) quando si effettua la misura come mostrato in Figura A2-4. La misura del riferimento per questo metodo si esegue esattamente come per il metodo two-jumper appena analizzato e come mostrato in Figura A2-3.

In Figura A2-3 e A2-4 sono stati utilizzati colori diversi per le connessioni per sottolineare che i connettori sugli strumenti e quelli presenti alle estremità del link possono essere di tipo diverso. Fluke Networks raccomanda questo metodo quando sono presenti connettori come MT-RJ per i quali il 'vero one-jumper' non potrebbe essere utilizzato. Le bretelle di test, in questo caso, sono bretelle ibride, cioè sono terminate con connettori diversi alle due estremità. TRC3 per le applicazioni MT-RJ deve avere i pin di allineamento installati per accoppiarsi correttamente con le due connessioni standard. Da Fluke Networks è disponibile un kit di bretelle per il test dei sistemi MT-RJ. Sottolineiamo ancora una volta che l'adattatore rimovibile sullo strumento di misura deve essere considerata la soluzione da preferire, per poter utilizzare il metodo 'one-jumper' tutte le volte in cui questa alternativa è percorribile.



**Figura A2-3** - Il metodo 'one-jumper modificato' utilizza esattamente la stessa procedura di impostazione del riferimento del metodo two-jumper. Da sottolineare che le TRC sono bretelle ibride terminate ad una estremità con un connettore compatibile con l'apparecchiatura di test e all'altra con un connettore dello stesso tipo di quello utilizzato dal link sotto test. La figura evidenzia i diversi tipi di connettori utilizzando colori diversi.

L'analisi degli elementi di perdita secondo lo schema di Figura A2-4 evidenzia che la perdita della connessione C1 questa volta è interamente compresa, così come la perdita del link e della connessione C2. Ad essere precisi, la misura comprende anche la perdita introdotta dalla fibra di TRC3, la bretella aggiunta, e la differenza tra la perdita di CR1 e CR2. La perdita della bretella TRC3 lunga un metro è molto contenuta (con luce a 850 nm questa perdita è 0,0035 dB). La differenza tra le due connessioni, entrambe di riferimento è meno di 0,05 dB – metà del valore di specifica di perdita totale per le bretelle di riferimento. L'errore osservato o incertezza di misura del metodo two-jumper è stato approssimativamente ridotto a un decimo del valore originale utilizzando il metodo 'one-jumper modificato'.

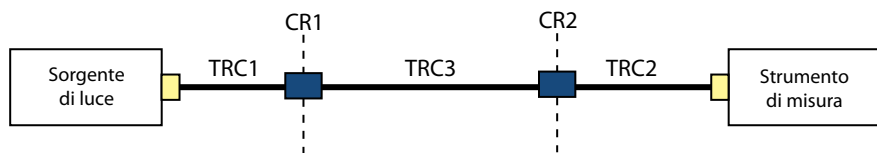


**Figura A2-4** Il metodo 'One-jumper modificato' per la misura della perdita ottica – La 'differenza' tra il livello di potenza di riferimento e il valore misurato rappresenta la perdita del link sotto test, la perdita delle connessioni C1 e C2, la perdita della fibra della bretella TRC3 e la differenza tra le perdite associate alle connessioni CR1 e CR2 (due connessioni di riferimento).

### Il metodo 'three-jumper'

Lo standard ISO/IEC 14763-3 enfatizza il metodo a tre bretelle (three-jumper) come un metodo generico che può essere applicato indipendentemente dal tipo di connettore utilizzato alle estremità del link da misurare o presente sullo strumento di test. La Figura A2-5 mostra il collegamento per il riferimento. Come si può dedurre dal nome, questo metodo prevede l'utilizzo di tre bretelle per la misura del riferimento. Dopo aver impostato il riferimento si rimuove la bretella centrale (TRC3 in Figura A2-5) e si 'sostituisce' questa TRC con il link da testare come illustrato in Figura A2-6. 'Sostituire' significa che la sorgente di luce con TRC1 attaccata si sposta ad una estremità del link sotto test e lo strumento di misura con TRC2 si sposta all'estremità opposta dello stesso link.

Nella misura del riferimento per il test è compresa la perdita nella connessione tra la bretella di test 1 (TRC1) e la sorgente di luce, la perdita nelle bretelle TRC1, TRC2 e TRC3, la perdita nelle connessioni di riferimento CR1, CR2 e la perdita nella connessione tra TRC2 e lo strumento di misura dell'energia luminosa.

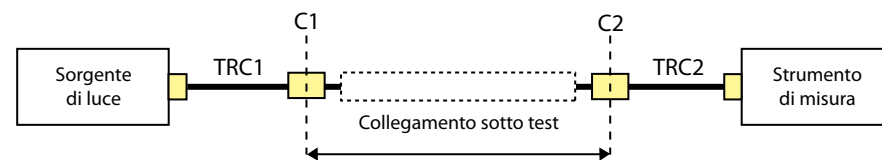


**Figura A2-5** - Metodo 'Three-jumper' – Nella misura del riferimento per il test è compresa la perdita nella connessione tra la bretella di test 1 (TRC1) e la sorgente di luce, la perdita nelle bretelle TRC1, TRC2 e TRC3, la perdita nelle connessioni di riferimento CR1, CR2 e la perdita nella connessione tra TRC2 e lo strumento di misura dell'energia luminosa.

L'analisi degli elementi di perdita secondo lo schema di misura riportato in Figura A2-6 dimostra che le componenti di perdita del link da misurare sono tutte comprese nel risultato ma per quanto riguarda i connettori alle estremità del link, non abbiamo misurato le perdite associate a C1 e C2, bensì la differenza tra il comportamento di CR1 e C1 e tra CR2 e C2. Le componenti di perdita misurate del link sono la perdita della fibra ed eventuali connessioni interne e giunzioni, se presenti. L'attenuazione totale di entrambi i connettori alle estremità non è compresa nel risultato della misura.

**Il documento IEC 14763-3 specifica la seguente formula per calcolare la condizione di 'Passato' o 'Fallito' per questo test di attenuazione:**

$$\text{Perdita del link} = (\text{Perdita nel tratto sotto test}) + \text{Perdita (C1-CR1)} + \text{Perdita (C2-CR2)} \quad (\text{A2-1})$$



**Figura A2-6** - Misura della perdita ottica con il metodo 'Three-jumper' – La 'differenza' tra il livello di potenza di riferimento e il valore misurato rappresenta la perdita del link sotto test, la differenza tra la perdita della connessione di riferimento CR1 e C1 e la differenza tra la perdita della connessione di riferimento CR2 e C2. La perdita effettiva nelle connessioni C1 e C2 non è inclusa nel risultato della misura.

**Se la perdita nelle connessioni CR1 e CR2 fosse zero, questa formula darebbe il risultato voluto:**

$$\text{Perdita del link} = (\text{Perdita nel tratto sotto test}) + \text{Perdita (in C1)} + \text{Perdita (in C2)}.$$

Lo standard definisce anche i limiti di perdita ammessi per i 'connettori da test' che in questo documento abbiamo chiamato 'connettori di riferimento' – vedi Tabella A2-1.

	Limite per un connettore di riferimento	Limite di misura per connettori accoppiati con un connettore di riferimento
<b>Multimodale</b>	0.1 dB	0.3 dB
<b>Singlemodale</b>	0.2 dB	0.5 dB

**Tabella A2-1** Definizione della massima perdita nelle connessioni con connettori di riferimento come specificato nel documento IEC 14763-3.

**Se inseriamo i valori della Tabella A2-1 per le fibre multimodali nella formula (A2-1) riportato sopra, otteniamo:**

$$\text{Perdita del link} = (\text{Perdita nel tratto sotto test}) + (0,3 - 0,1) + (0,3 - 0,1), \text{ ovvero:}$$

$$\text{Perdita del link} = (\text{Perdita nel tratto sotto test}) + 0,4$$

In sintesi, lo standard introduce un 'fattore di correzione' di 0,4 dB per tenere conto del fatto che la perdita effettiva delle connessioni terminali del link sotto test non sono misurate dal metodo 'three-jumper'. La qualità delle bretelle di test è, pertanto, molto critica:

- Eseguire il test con bretelle peggiori determina limiti più facili da raggiungere
- Eseguire il test con bretelle migliori determina limiti più difficili da raggiungere
- Questo comportamento, che sembra andare contro logica, può creare problemi concreti

I possessori dello strumento DTX hanno la possibilità di misurare le bretelle, ma questa procedura aggiuntiva rappresenta un grosso fastidio per chi esegue il test ed è facile supporre che questa attività non sarà effettuata in campo. Per questo motivo Fluke Networks non raccomanda l'utilizzo di questo metodo tutte le volte in cui è possibile utilizzare un metodo alternativo caratterizzato da minori incertezze (che significa maggiore accuratezza) e consiglia l'utilizzo del metodo 'one-jumper'.