

## SCHEDE DI APPROFONDIMENTO

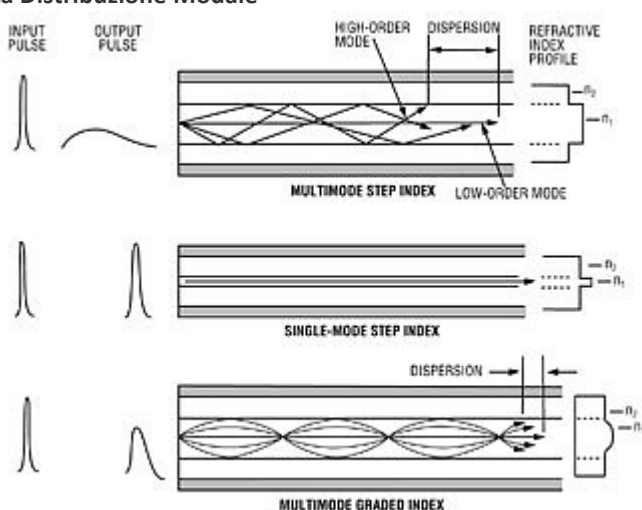
### MISURARE LA FIBRA MULTIMODALE IL CONCETTO DI DISTRIBUZIONE MODALE

#### Introduzione

La distribuzione della potenza all'interno del nucleo di una fibra multimodale è causa di variazione dell'attenuazione ottica. Inoltre, ha un impatto sulla larghezza di banda e sul rumore.

Di recente, l'uso di fibra multimodale con flussi di trasmissione oltre i 100 Mbit/s ha posto un serio problema su come eseguire questa misura, in particolare nell'ambito di reti LAN

#### La Distribuzione Modale



Contrariamente a quanto avviene nella fibra monomodale, la trasmissione della luce nelle fibre multimodo avviene attraverso diversi percorsi, detti, appunto, "modi".

I modi vicini all'asse del nucleo sono i modi di ordine inferiore, mentre i cammini con una maggiore deviazione rispetto all'asse sono modi di ordine superiore.

I modi di ordine superiore sono quelli che generano un'attenuazione maggiore; tutti i modi, nel loro percorso, tendono a diventare di ordine superiore.

Un'altra caratteristica di questa distribuzione modale è che i modi di ordine superiore impiegano maggiore

tempo a transitare nel nucleo, quindi arrivano "dopo" alla fine della rete rispetto ai modi di basso ordine; questo fenomeno è la causa principale che limita la banda passante di una fibra multimodale.

Infine, l'interazione tra questi modi genera rumore, che viene identificato con il termine "rumore modale"

Quando si immette una sorgente luminosa nel nucleo di una fibra multimodale, la distribuzione dei modi dipende da come viene iniettata la sorgente:

- Se vi sarà una quota eccessiva di distribuzione modale di ordine basso, si dice che il nucleo è "under-filled" e l'attenuazione della fibra sarà particolarmente bassa. Questa è una situazione tipicamente ottenibile con una sorgente laser, notoriamente puntiforme. Questa caratteristica è ampiamente utilizzata oggi per ottenere una banda passante maggiore rispetto ai sistemi tradizionali.
- Se invece vi sarà una quota di potenza luminosa nei modi di ordine superiore, si dice che il nucleo è "over-filled", e l'attenuazione sarà particolarmente alta. Questa è la tipica situazione che si ottiene con una sorgente a LED e tipicamente genera una limitazione della banda passante.
- Dopo circa 1-2 km di distanza, la distribuzione modale si stabilizza e diviene indipendente dalla condizione iniziale. Questa situazione è detta di "equilibrio modale" ed è quella che si dovrebbe utilizzare per la caratterizzazione della fibra. È importante considerare che la condizione di equilibrio modale non è coerente con l'uso attuale della fibra multimodale, che viene normalmente impiegata in tratte brevi.

Se si tenta di misurare l'attenuazione di una fibra multimodale prima che si sia generato un equilibrio modale noto, le misure ottenute saranno non-ripetibili, ed una successiva misura porterà a risultati diversi dalla prima.

Pertanto, è condizione necessaria definire in primo luogo le condizioni di distribuzione modale prima di eseguire una misura che possa essere sufficientemente ripetibile.

Le recenti normative hanno modificato l'approccio utilizzato in passato. Con l'approccio tradizionale si tendeva a misurare in condizioni di equilibrio modale, ad esempio mediando più misure effettuate. Il nuovo indirizzamento, invece, tende a svolgere le misure in condizione di sorgente "over-filled", cioè nel caso peggiore, anche perché questa condizione è coerente con la maggior parte delle situazioni reali di breve distanza e con sorgente LED.

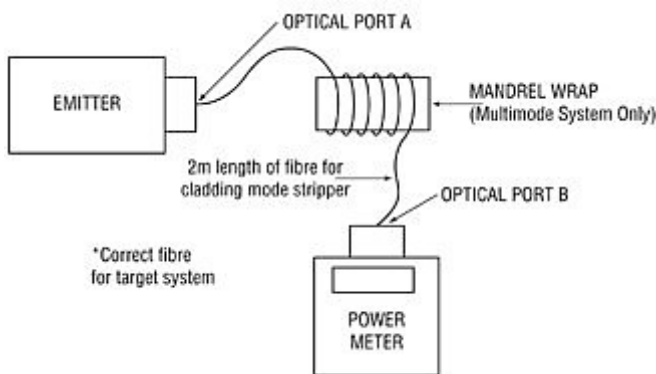
Da notare che i nuovi standard si concentrano principalmente sulla fibra OM3, essendo anche noto che una sorgente pienamente rispondente ai criteri CPR con la fibra OM3 non lo è invece con la OM1.

## Il CPR

Il CPR (Coupled Power Ratio) è il rapporto tra la potenza ottica in un nucleo multimodale e la potenza presente in un nucleo monomodale quando questo è connesso a una fibra multimodale. In modo quantitativo, il CPR misura la distribuzione modale. Il CPR si può esprimere in dB, ma più di frequente con un numero tra 1 (over-filled, modi di ordine superiore) e 5 (underfilled, modi di ordine inferiore). Per esempio, se la potenza in una fibra multimodale è -21 dBm, e la potenza accoppiata da questa fibra in una fibra monomodo diviene -41dBm, il CPR vale -20dB

I nuovi standard definiscono che la sorgente di misura di un impianto multimodale sia di tipo overfilled, cioè di classe CPR 1, con una data lunghezza d'onda. Pertanto si utilizza una sorgente LED propriamente caratterizzata e i risultati di attenuazione misurati rappresenteranno il caso peggiore.

## Il Mandrino di Avvolgimento



Un mandrino di avvolgimento è costituito tipicamente da 5 spire di bretella ottica multimodale avvolte su un mandrino.

La funzione di questo dispositivo è di eliminare i modi di trasmissione di ordine superiore, che sono la causa principale di instabilità della misura.

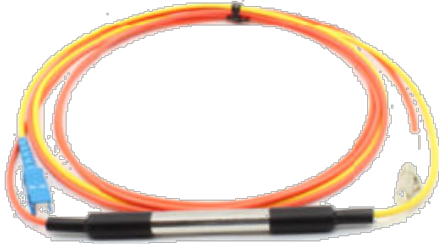
L'uso congiunto di un CPR definito e di un mandrino di avvolgimento consente l'ottenimento della migliore ripetibilità della misura.

Si noti che il mandrino di avvolgimento non ha effetti sul CPR, ma solo nell'eliminazione dei modi di trasmissione di ordine superiore. Senza il mandrino, i risultati della misura saranno maggiormente instabili.

Gli standard definiscono il mandrino di avvolgimento come 5 spire non sovrapposte. Per fibre OM1 (62,5/125), il diametro dovrebbe essere di 20 mm. Per le fibre 50/125 esiste tuttora un totale disaccordo nel mondo accademico e industriale. In Europa si indica 15 mm di diametro, negli Stati Uniti 25 mm.

## Le bretelle di riferimento a condizionamento modale (mode conditioning)

In alternativa all'uso del mandrino di avvolgimento, talvolta poco pratico, è ora diffuso e consigliabile l'uso di bretelle di riferimento a condizionamento modale. Questa tecnica è anche nota come "encircled flux".



Sostanzialmente, si tratta di bretelle di riferimento ibride, in quanto costituite da una sezione monomodale (da inserire nello strumento di misura) e da una sezione multimodale (da inserire nella rete da misurare) accoppiate tra loro da un dispositivo che consente di condizionare i modi riducendo quelli di ordine superiore.