

ANDREA BERGAGLIO
ANGELANTONIO GNAZZO

Le Plastic Optical Fiber e le TLC

1. Introduzione

Le fibre ottiche in plastica *POF (Plastic Optical Fiber)* sono composte, come quelle convenzionali in vetro, da un nucleo (*core*) rivestito da un mantello (*cladding*) avente indice di rifrazione più basso. Il nucleo è normalmente costituito di polimetilmetacrilato (PMMA), rivestito da un sottile strato di polimero fluorurato. Il profilo di indice di rifrazione adottato è quello a gradino *SI (Step Index)*.

La luce si propaga all'interno del nucleo della fibra plastica grazie al mantello, che agisce come uno specchio, riflettendola e guidandola lungo il cammino descritto dalla fibra (figura 1).

La fibra plastica funziona sostanzialmente come una comune fibra ottica in vetro, pur differenziandosi per alcune caratteristiche. In particolare, il diametro del nucleo della fibra plastica è di 980 μm , quindi molto maggiore rispetto a quello di una fibra ottica convenzionale che ha un diametro del nucleo compreso tra 8 μm e 10 μm per quanto riguarda le fibre monomodali, ed un diametro di 50 μm o 62.5 μm se riferito a fibre multimodali.

Le dimensioni generose del nucleo consentono il funzionamento anche in caso di allineamento non perfetto e quindi, non sono necessarie tecniche sofisticate per l'installazione che richiederebbero personale specializzato.

La fibra plastica è trasparente a lunghezze d'onda diverse da quelle della fibra ottica in vetro. Mentre le fibre ottiche in vetro hanno un massimo di trasparenza nella regione vicino all'infrarosso

(800-1600 nm), le fibre ottiche plastiche hanno un massimo di trasparenza, o detto in altri termini un minimo di attenuazione, nella zona corrispondente alla luce visibile.

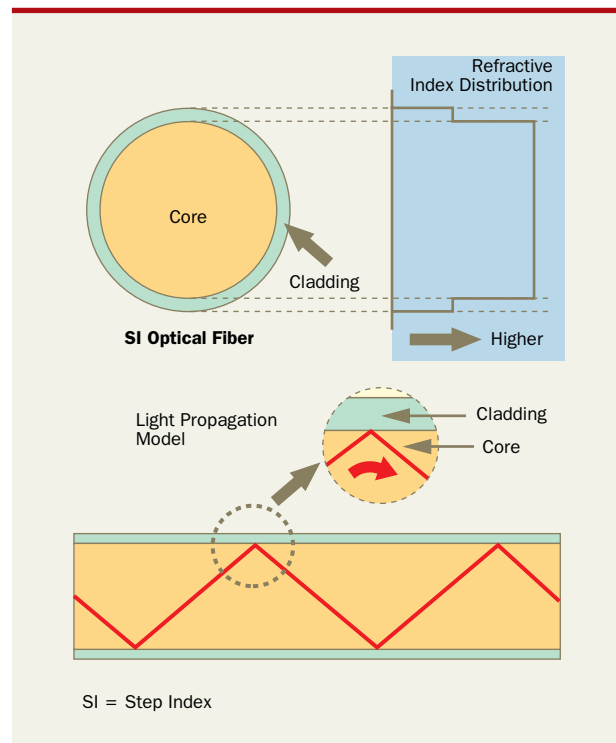


FIGURA 1 ▶ Struttura di una fibra ottica in plastica.

Come si vede in figura 2, vi sono tre finestre di trasmissione corrispondenti ai minimi di attenuazione: 525 nm (luce verde), 575 nm (luce ambrata), 650 nm (luce rossa). L'utilizzo di luce visibile permette anche di verificare immediatamente il funzionamento del cavo: basta controllare se "esce" la luce.

I componenti ottici (LED e i fotodiodi) più utilizzati per la trasmissione sono quelli a luce rossa, perchè più comuni ed economici, anche se sono stati realizzati sistemi di trasmissione a luce verde, con i quali è stato raggiunto il traguardo dei 400 metri di trasmissione su fibra plastica.

Il fatto di avere collegamenti relativamente corti, se paragonati a quelli delle fibre in vetro, deriva sia dal fatto che l'attenuazione delle fibre plastiche è circa 1000 volte superiori a quelle delle fibre in vetro, sia dal fatto che, essendo fibre multimodali, hanno il problema di una maggiore dispersione modale e dispersione cromatica.

In particolare, la dispersione modale è un fenomeno dovuto al fatto che il raggio luminoso non viaggia all'interno della fibra secondo un cammino prefissato, ma secondo un numero finito di modi. Vi saranno modi attraverso i quali il raggio arriva più velocemente a destinazione, altri che invece lo fanno arrivare più tardi (il primo caso limite è il modo che percorre la fibra ottica completamente dritto; il secondo caso limite è il raggio che entra nella fibra con angolo uguale all'angolo limite di accettazione, e deve quindi eseguire un numero molto alto di rifrazioni. Ovviamente, un percorso del tutto dritto è più veloce di un percorso a zig-zag). A causa di questo, la forma del segnale originario viene dilatata nel tempo, e se la frequenza è troppo alta può arrivare a confondersi con l'impulso seguente (interferenza intersimbolica), impedendo dunque di leggere il segnale originario. Per ovviare a questo inconveniente, sono allo studio anche per le fibre plastiche materiali e tecniche per realizzare fibre GI (Graded Index), nelle quali l'indice di rifrazione varia con continuità dal centro del core fino al cladding, come mostrato in figura 3. In questo modo si possono raggiungere frequenze di cifra superiori al Gbit/s.

La dispersione cromatica invece è un fenomeno dovuto al fatto che la luce pura che viene trasmessa si compone in realtà di fasci di luce di colore diverso, con lunghezza d'onda e velocità di attraversamento diverse. Si ha lo stesso problema precedentemente descritto: può capitare che il fascio luminoso di colore rosso (il più veloce) si confonda con il fascio luminoso di colore violetto (il più lento) dell'impulso seguente, rendendo impos-

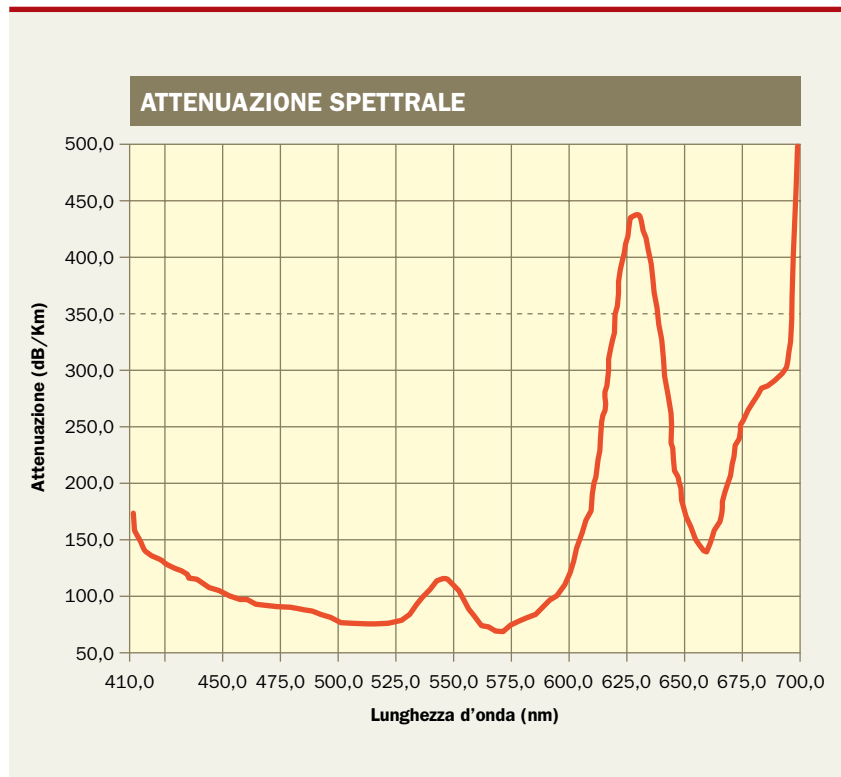


FIGURA 2 ▶ Attenuazione spettrale delle fibre ottiche in plastica.

sibile la decodifica del segnale originario. In generale per risolvere questo problema si utilizzano laser; per contenere i costi di un sistema in fibra plastica vengono invece utilizzati LED.

Le fibre ottiche plastiche trovano il loro impiego soprattutto nel campo dell'automotive, mentre la ricerca è attualmente rivolta nel campo della sensoristica e delle telecomunicazioni.

Nel campo delle telecomunicazioni, attualmente, l'interesse dell'impiego di fibre è principalmente rivolto alle reti a larga banda e all'offerta di servizi video di IPTV all'interno della casa (home networking): in particolare, l'utilizzo delle fibre pla-

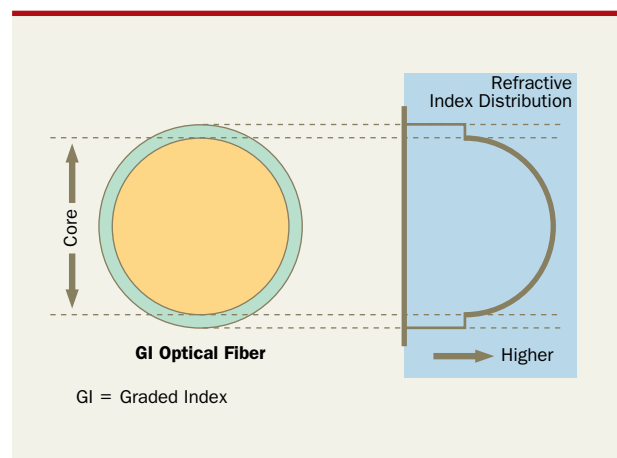


FIGURA 3 ▶ Profilo di indice di rifrazione graduale

stiche (figura 4) riguarda il collegamento tra il modem/router broadband (Access Gateway - AG) connesso ad una delle prese dell'impianto telefonico e il Set Top Box (STB) posizionato vicino la televisione. Le attuali tecnologie permettono facilmente di avere un bit rate pari a quello della tecnologia Fast Ethernet (100 Mbit/s).

Ad oggi, per garantire la comunicazione bi-direzionale tra AG e STB, necessaria per il servizio IPTV, è necessario utilizzare una coppia di fibre plastiche. In futuro, in base alla roadmap presentata da diverse aziende del settore, sarà possibile utilizzare una singola fibra mediante opportune tecniche di moltiplicazione a divisione di lunghezza d'onda WDM (Wavelength Division Multiplexing).

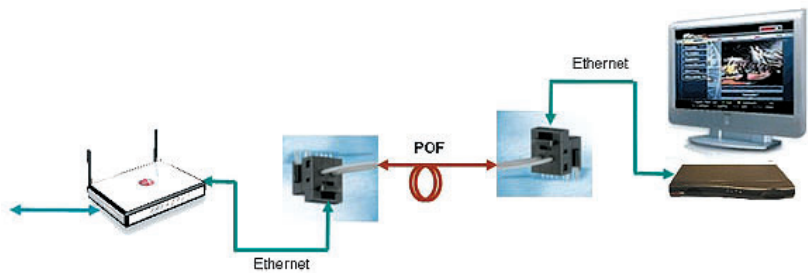


FIGURA 4 ► Utilizzo delle fibre ottiche in plastica (POF) in ambito home networking.

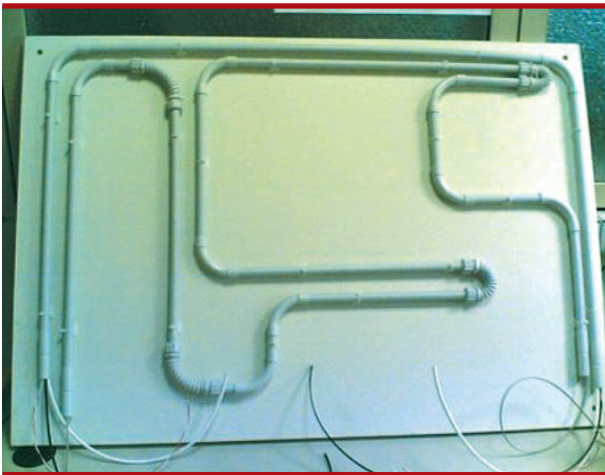


FIGURA 5 ► Pannello utilizzato per misurare le prestazioni della POF in presenza di curvature.

Tale collegamento può essere effettuato mediante due adattatori Ethernet/POF, entrambi alimentati da corrente. Alcuni produttori stanno direttamente integrando l'uscita in fibra plastica su modem/router, eliminando almeno uno dei due alimentatori necessari. Altri produttori stanno realizzando dispositivi alimentabili da remoto, tramite la tecnologia PoE (Power over Ethernet): l'alimentazione viene presa direttamente da una coppia di conduttori presenti all'interno del cavo Ethernet, eliminando quindi anche l'alimentatore posizionato vicino il STB.

Anche Telecom Italia, come altri operatori di TLC quali Swisscom, France Telecom e Deutsche Telecom, sta effettuando sperimentazioni in laboratorio e in campo, utilizzando le POF. L'obiettivo è di dimostrare la possibilità di utilizzare la fibra ottica plastica come una delle possibili connessioni all'interno della casa, per la distribuzione di servizi video, per esempio per servizi IPTV anche con contenuti HDTV.

In particolare, come presentato alla POF Conference 2007 (www.pofconference2007.com) che si è tenuta a Torino (10 - 12 settembre 2007), nei laboratori Tilab, sono stati misurati gli effetti della curvatura della fibra sulle prestazioni, utilizzando specifici pannelli (in figura 5 viene mostrato un pannello con 10 curvature a 90 gradi e 2 a 180 gradi). Quando le fibre ottiche sono piegate, mostrano un aumento di attenuazione, che si traduce in minori prestazioni (lunghezza ridotta del collegamento e/o bit rate più basso) per cui è necessario caratterizzarle in quanto in ambiente domestico è possibile che nel cablaggio tra AG e STB siano presenti curve. Queste misure hanno mostrato che per il servizio IPTV, anche in modalità HDTV, non si sono riscontrati particolari problemi: le prestazioni sono infatti più che adeguate anche in presenza di raggi di curvatura fino a 20 mm e per distanze fino a 100 metri.

Inoltre, si sono illustrati alcuni esempi di cablaggio all'interno delle canaline già utilizzate per il cablaggio elettrico all'interno della casa, come mostrato in figura 6. Difatti, essendo la fibra plastica di materiale dielettrico, per migliorare l'impatto estetico del nuovo cablaggio, è possibile allo scopo utilizzare direttamente le canaline elettriche. Le maggiori difficoltà riscontrate derivano dal fatto che, nelle situazioni reali, tali canaline sono già piuttosto "piene" di cavi elettrici e talvolta risulta difficile inserire l'elemento di

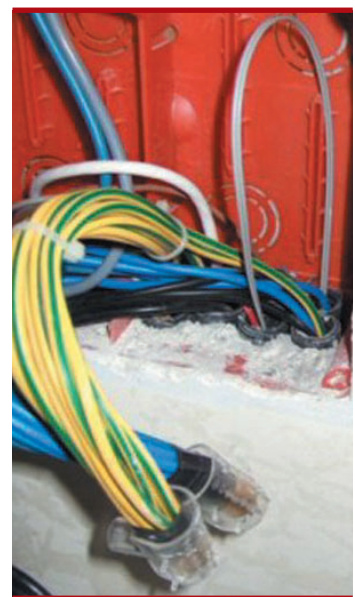


FIGURA 6 ► Esempio di installazione della POF in una canalina elettrica.

traino della fibra. Si noti che le normative vigenti (legge 46/90) richiedono che tali operazioni siano effettuate da parte di personale specialistico (es. un elettricista).

Occorre evidenziare che nel caso in cui le POF non siano inserite nelle canaline pre-esistenti, l'impatto estetico risulta ridotto rispetto al cavo per Ethernet (per es. UTP cat. 5), proprio grazie alle dimensioni inferiori. Il cablaggio quindi risulta più agevole anche qualora si decida di posare le fibre per esempio sul battiscopa.

In generale, quindi, le POF utilizzate per il servizio IPTV non possono essere considerate una soluzione autoinstallante da parte del cliente. Tuttavia, il collegamento punto-punto mediante POF tra AG e STB consente di garantire livelli di qualità del servizio del tutto adeguati, a differenza di quanto attualmente non si possa fare utilizzando tecnologie quali powerline e WiFi. È importante notare, inoltre, che l'utilizzo delle POF non presenta criticità di interferenza/coesistenza né di inquinamento elettromagnetico.

In prospettiva, sempre in merito al servizio IPTV, occorre definire una soluzione di connettività basata sulle POF che garantisca il funzionamento del servizio anche in configurazione "multi-room", ovvero in uno scenario in cui all'AG devono essere connessi due o più STB per la visualizzazione di più canali video contemporaneamente. A tale scopo, sono stati avviati studi di fattibilità preliminari anche in collaborazione con alcuni fornitori.

Infine, nel medio - lungo periodo sarà interessante valutare anche l'ipotesi di utilizzare la POF come dorsale della Home Network, affiancandola ad una tecnologia, preferibilmente wireless (per esempio UWB o onde millimetriche a 60 GHz), per garantire la connettività tra tutti gli apparati presenti all'interno della casa.

In conclusione, i risultati finora ottenuti hanno mostrato buone prestazioni per quanto concerne la distribuzione del servizio video, anche se per utilizzare questa tecnologia lo scotto da pagare è quello di fare effettuare un nuovo cablaggio all'interno della casa, fattibile anche all'interno delle canaline elettriche preesistenti, da un tecnico specializzato, come previsto dalla già citata legge 46/90.

andrea.bergaglio@telecomitalia.it

angelantonio.gnazzo@telecomitalia.it

— ACRONIMI

AG	Access Gateway
GI	Graded Index
POF	Plastic Optical Fiber
PoE	Power over Ethernet
SI	Step Index
STB	Set Top Box
WDM	Wavelength Division Multiplexing



Andrea Bergaglio, laureato in Ingegneria Elettronica, nel 1996 è entrato in CSELT (oggi TILab), dove fino al 2003 si è occupato della progettazione e dello sviluppo software di applicazioni per la gestione di apparati di rete (NT1Plus per ISDN) e per l'esercizio e la manutenzione della stessa rete. Da oltre un anno, si occupa di tematiche di home networking, essenzialmente con

l'obiettivo di analizzare e sperimentare le tecnologie di connettività per la rete domestica di interesse per il contesto di servizio triple play di Telecom Italia, in relazione alle evoluzioni previste nello scenario NGN2. L'attenzione delle attività è focalizzata sulla ricerca delle tecnologie wired e wireless da adottare per la distribuzione del segnale video all'interno della casa, per servizi di tipo IPTV. Attualmente è responsabile del progetto di "Home Network - Innovation".



Angelantonio Gnazzo, laureato in fisica, nel 1988 è entrato in CSELT (oggi TILab) dove, fino al 1996, ha lavorato nel campo delle tecnologie per le fibre ottiche e ottica integrata. Ha contribuito al progetto e alla realizzazione di fibre ottiche speciali e di dispositivi quali, per esempio, i diramatori di potenza, gli amplificatori integrati e i dispositivi selettivi in lunghezza d'onda. Fino al 2000, la sua attività ha riguardato gli aspetti di misura sui portanti fisici e

sugli impianti di telecomunicazione. Poi ha lavorato su tematiche di "home networking", con particolare attenzione alle attività riguardanti lo studio e l'integrazione delle reti e dei terminali. Ha partecipato a diversi progetti nazionali ed europei, nonché seguito gruppi di normativa. Attualmente è responsabile del laboratorio di Home Networking di Telecom Italia Lab.