



GigaBit-Ethernet

10-GigaBit Ethernet

**Le Opzioni
per i
Sistemi di Cablaggio in Fibra Ottica**

Versione 1.0 – IT / 12.02.02

Wolfgang Rieger
Hans-Jürgen Niethammer
Gianluca Musetti

1. Introduzione

Le nuove applicazioni ad alta velocità di trasmissione come GigaBit Ethernet (1000Base-x) e pure 10-GigaBit Ethernet (10GBase-x) stanno velocemente aggiornando le specifiche delle prestazioni richieste per i sistemi di cablaggio strutturato in fibra ottica.

Lo scopo del presente documento è di descrivere queste nuove indicazioni e specifiche per le fibre ottiche e fornire una guida per la corretta valutazione e scelta delle fibre ottiche da impiegare in un Sistema di Cablaggio Strutturato. Questo documento è incentrato sulle fibre ottiche multimodali, perché si presume che le fibre ottiche monomodali ricopriranno ancora un ruolo secondario nelle applicazioni per reti LAN nei prossimi anni. Una nota sui cavi composti contenenti fibre ottiche monomodali e multimodali assieme alle principali caratteristiche delle fibre monomodali è comunque stata inserita.

2. Importanti Parametri per Fibre Multimodali

Le Fibre Multimodali, sia 50/125 μm sia 62.5/125 μm di tipo "graded index", sono state installate da parecchi anni nei sistemi di cablaggio strutturato per rispondere alle esigenze d'alta velocità di trasmissione dati e le maggiori distanze richieste nelle tratte di dorsale. I parametri più significativi per le fibre multimodali (MMF) sono l'**attenuazione** e la **larghezza banda**. Entrambi i parametri sono definiti per due importanti lunghezze d'onda alle quali funzionano gli apparati attivi di trasmissione per applicazioni LAN: 850 nm e 1300 nm.

La maggior parte dei cavi attualmente impiegati contengono fibre ottiche con le seguenti caratteristiche:

Tipo di Fibra	Attenuazione a 850 nm [dB / km]	Attenuazione a 1300 nm [dB / km]	Banda a 850 nm [MHz*km]	Banda a 1300 nm [MHz*km]
62.5/125 μm	< 3.5	< 1.5	200	500
50/125 μm	< 3.5	< 1.5	500	500

Tabella 1: Attenuazione & larghezza di banda per cavi a fibre ottiche

La norma ISO 11801 stabilisce inoltre la lunghezza massima di una tratta di servizio in fibre ottiche multimodali: 2.000 m (3.000 m invece per fibre ottiche monomodali).

Queste specifiche erano adatte a supportare applicazioni Fast Ethernet, FDDI o ATM. Con l'introduzione di **GigaBit Ethernet**, la distanza massima consentita per quest'applicazione è stata ridotta alle lunghezze seguenti:

Tipo di Fibra [larghezza di Banda @850/1300 nm]	Distanza massima per GigaBit Ethernet	
	@ 850 nm (1000BaseSx)	@ 1300 nm (1000BaseLx)
50/125 μm [500/500 MHz*km]	550 m	550 m
62,5/125 μm [200/500 MHz*km]	275 m	550 m
62,5/125 μm [160/500 MHz*km]	220 m	550 m

Tabella 2: Distanze massime per GigaBit Ethernet su fibre ottiche multimodali attuali

Queste restrizioni che, di fatto, riducono le indicazioni di progetto presenti nelle normative di riferimento, sono causate dalla maggiore banda impiegata ma anche dai nuovi prodotti attivi impiegati negli apparati per GigaBit Ethernet. In questi ultimi sono, infatti, utilizzati VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Lasers) o standard laser per fibre monomodali in sostituzione dei LED, che sono stati impiegati per la realizzazione di apparati per Fast Ethernet, FDDI o ATM.

3. LED, VCSEL e Laser

Come indicato precedentemente, gli apparati per GigaBit LAN (Switch, Media Converter, NIC) con porte ottiche utilizzano VCSEL e laser invece di LED. La motivazione di tale sostituzione risiede nell'impossibilità di realizzare LED sufficientemente veloci per le applicazioni GigaBit.

Le applicazioni GigaBit Ethernet per fibra ottica disponibili impiegano componenti diversi che operano a diverse lunghezze d'onda:

1000 Base SX	Utilizza VCSEL: quasi un laser multimodale che funziona a 850 nm
1000 Base LX	Utilizza un laser standard monomodale che lavora a 1300 nm

Tabella 3: Applicazioni GigaBit Ethernet su fibra ottica

Una differenza importante nell'impiego di LED, VCSEL e laser risiede nella maniera in cui lanciano impulsi di luce nelle fibre. Un LED realizza una condizione di lancio detta "**Overfilled Launch**" (illumina completamente il nucleo di una fibra multimodale, con molti modi copre l'intero diametro di una MMF). I VCSEL sono più focalizzati dei LED nell'immettere potenza ottica nella fibra. Il diametro del fascio luminoso del laser impiegato per gli apparati 1000BaseLX è ancor più ridotto. I laser generano modi solo al centro della fibra multimodale.

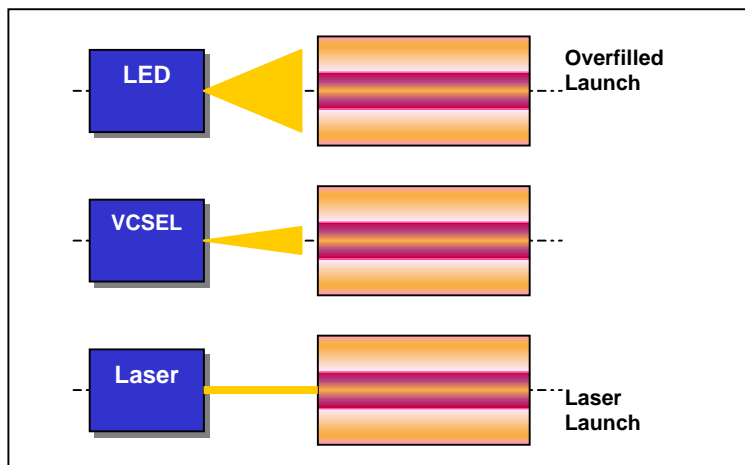


Figura 1: Differenti tipologie di lancio

4. Differential Mode Delay (DMD, ritardo differenziato dei modi)

Il problema principale nella condizione di “**laser launch**” è che le fibre ottiche multimodali attualmente impiegate, sia 50/125 μm sia 62.5/125 μm , presentano esattamente al centro del nucleo (proprio dove è concentrata la luce laser iniettata) delle deformazioni del profilo dell'indice di rifrazione; tali anomalie sono dovute al processo di produzione della fibra stessa.

Nella condizione di “**laser launch**”, la luce è concentrata esattamente al centro del nucleo della fibra, nell'area interessata dalle deformazioni del profilo d'indice. Le conseguenze di tali deformazioni sono diverse velocità di propagazione dei modi di trasmissione da cui consegue un'accentuata dispersione (allargamento degli impulsi). Questo tipo d'effetto nel caso “**laser launch**” in fibre multimodali è chiamato “**Differential Mode Delay**” (DMD, ritardo differenziato dei modi) e riduce la banda effettivamente impiegabile delle fibre multimodali. Quest'effetto impone di limitare la lunghezza di tratta per GigaBit Ethernet.

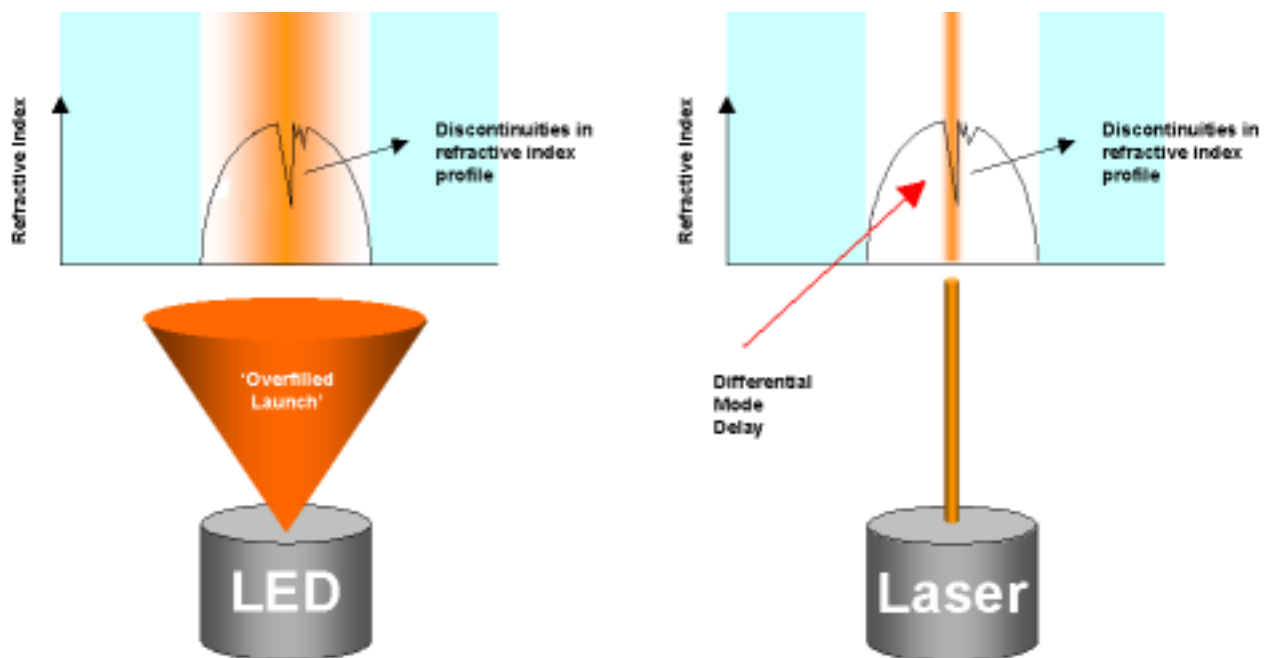


Figura 2: LED launch

Laser Launch

La presenza di quest'effetto implica anche che si debba fare una distinzione fra la banda utilizzabile nella condizione di **Overfilled Launch** e la banda **Effettiva** in condizione di **Laser Launch** per fibre multimodali.

Una nuova generazione di fibre multimodali denominate “**Laser Grade**” prevede un processo di produzione senza indurre deformazioni nel profilo d'indice di rifrazione del nucleo e quindi non presentano effetto DMD in condizione di laser launch.

(Capitolo 7. Una nuova generazione di Fibre Ottiche Multimodali)

5. “Mode Conditioning” per 1000BaseLX

Un modo per superare l'effetto DMD è di modificare la struttura dei modi che si propagano nella fibra (“Mode Conditioning”) nella condizione di laser launch; questo si ottiene sfruttando l'effetto di un “**Offset Launch**” fra una fibra monomodale(Singlemode Fiber, SMF) ed una fibra multimodale (Multimode Fiber, MMF). Questa tecnica è ufficialmente indicata dalla specifica IEEE per 1000BaseLX.

Per realizzare l'effetto di “Mode Conditioning”, il laser launch è ottenuto iniettando la luce laser in un'area del nucleo dove il profilo d'indice è regolare, lontano dal centro della fibra (si veda la figura 3). Questo spostamento del punto di iniezione della luce si può ottenere con una speciale bretella di connessione chiamata “Mode Conditioning Launch Lead” (MCLL), in cui un tratto di fibra monomodale è giuntata in modo non concentrico ad un capo di una bretella multimodale. Un connettore monomodale termina il capo non giuntato della fibra monomodale. La porzione monomodale di questa bretella speciale deve essere connessa al trasmettitore presente sull'apparato attivo di rete LAN. Il trasmettitore (Tx) allora inietta la luce nella fibra monomodale che poi la introduce nella fibra multimodale lontano dalla zona con deformazioni del profilo d'indice di rifrazione (figura 4)

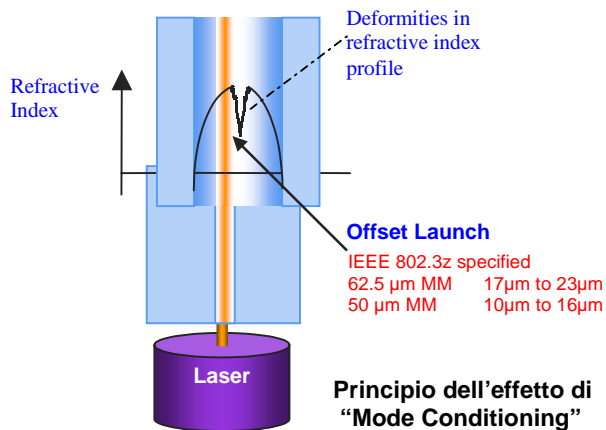


Figura 3: Offset Launch

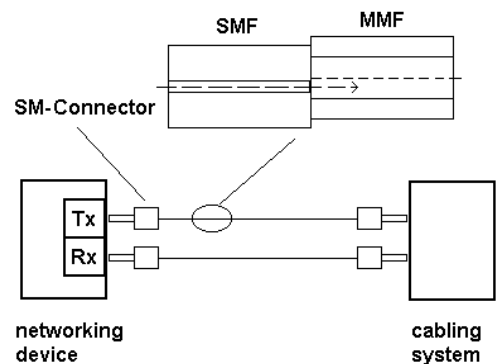


Figura 4: Tecnica della bretella MCLL

Le bretelle “Mode Conditioning Launch Leads” dovrebbero essere utilizzate nelle dorsali ottiche e sistemi di cablaggio esistenti per raggiungere la massima distanza di 550m per GigaBit Ethernet (1000Base LX). Il costruttore delle bretelle Mode Conditioning Lead deve essere attentamente selezionato perché l'accuratezza della realizzazione influenza direttamente le prestazioni della bretella. Solo produttori di alta qualità sono in grado di realizzare prodotti affidabili ed efficaci. La figura 5 mostra il prodotto AMP NETCONNECT Mode Conditioning Launch Lead.



Figura 5: AMP NETCONNECT MCLL

6. ISO 11801 –2ª Edizione: Nuove definizioni di “Fiber Link”

I comitati internazionali che lavorano sulla definizione dei Sistemi di Cablaggio Strutturato hanno riconosciuto la necessità di nuove indicazioni per le applicazioni GigaBit e stanno approntando nuove definizioni per i sistemi a fibre ottiche da inserire nelle prossime edizioni delle normative. La pubblicazione degli aggiornamenti è attesa per l'anno in corso.

Analogamente ai Sistemi di distribuzione con cavi in rame a coppie incrociate, dove sono disponibili differenti categorie di prestazioni (Cat.5e, Cat.6 e Cat.7), ci saranno in futuro classificazioni diverse per i canali di comunicazione in fibra ottica. Le seguenti classi di canale di trasmissione ottico sono specificate nell'ultima proposta di standard per l'ISO/IEC 11801:

- OF 300:** Supporta applicazioni su link in fibra ottica per almeno 300 m
- OF 500:** Supporta applicazioni su link in fibra ottica per almeno 500 m
- OF 2000:** Supporta applicazioni su link in fibra ottica per almeno 2000 m

L'attenuazione del canale di trasmissione (channel) è specificata nella tabella seguente:

Channel	Attenuazione - Multimodale [dB/km]		Attenuazione – monomodale [dB/km]	
	850 nm	1.300 nm	1.310 nm	1.550 nm
OF 300	2.55	1.95	1.80	1.80
OF 500	3.25	2.25	2.00	2.00
OF 2000	8.50	4.50	3.50	3.50

Tabella 4: Attenuazione dei Canali di Trasmissione in Fibra Ottica (Fiber Channel) (proposta 2ª edizione ISO 11801 ottobre 2001)

L'attenuazione dei cavi è definita dai seguenti valori:

Lunghezza d'onda	OM1, OM2, OM3 Multimodali		OS1 monomodali (Singlemode)	
	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm
Attenuazione	3,5 dB/km	1,5 dB/km	1,0 dB/km	1,0 dB/km

Tabella 5: Attenuazione dei Cavi ottici (proposta 2ª edizione ISO 11801 ottobre 2001)

Sono state aggiunte nuove definizioni di fibre ottiche nella proposta 2ª edizione ISO/IEC 11801 ed EN50173. OM1, OM2 e OM3 specificano i tre tipi di fibre multimodali e OS1 specifica le fibre monomodali che trovano impiego nello standard.

Alla luce dell'effetto DMD che si rileva con VCSEL e laser nell'implementazione d'applicazioni GigaBit, il prossimo standard darà indicazioni più dettagliate sulla banda disponibile nelle connessioni in fibra ottica. Sarà sottolineata la distinzione fra banda disponibile con condizione di "Overfilled launch" (LED) e la banda effettivamente disponibile in condizione di "laser launch" (qui puntualizzata per le fibre OM3 che è la tipologia multimodale dedicata al supporto dell'applicazione 10GigaBit Ethernet):

Tipo di Fibra	Diametro del nucleo [µm]	Banda "Overfilled Launch" MHZ * km		Banda "Laser Launch"
		850 nm	1.300 nm	850 nm
OM 1	50 or 62.5	200	500	n.A.
OM 2	50	500	500	n.A.
OM 3	50	1.500	500	2.000

Tabella 6: Tipi di fibre e bande disponibili (proposta 2ª edizione ISO 11801 ottobre 2001)

Note:

I cavi AMP NETCONNECT esistenti sono conformi alle indicazioni del nuovo standard:

- I cavi AMP NETCONNECT con fibre 62,5/125 µm offrono una banda di 200/600 MHZ*km @850nm/1300nm, eccedendo le specifiche OM1.
- I cavi AMP NETCONNECT con fibre 50/125 µm offrono una banda di 500/500 MHZ*km @850nm/1300nm, conformemente alle specifiche OM2.

Quindi, i sistemi in fibra ottica AMP NETCONNECT esistenti sono conformi alle indicazioni presenti nella prossima edizione degli standard.

7. I Cavi del Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus

AMP NETCONNECT ha reso disponibile una nuova gamma di cavi ottici che contengono fibre 50/125 μm di tipo **laser grade**. Queste fibre d'elevata qualità sono state selezionate per aumentare le prestazioni dei Sistemi di Cablaggio in Fibra Ottica AMP NETCONNECT:

- I cavi del Sistema **AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus** offrono una banda modale di 600/1200 MHz*km @ 850/1300 nm. Questi parametri eccedono notevolmente le nuove specifiche indicate per fibre OM2.
- I cavi del Sistema **AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus** sono costruiti impiegando fibre d'alta qualità con procedure controllate per garantire un profilo d'indice di rifrazione ottimale. Per questo non sono presenti l'effetto DMD e le limitazioni di distanza per GigaBit Ethernet. I cavi **AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus** sono in grado di supportare l'applicazione GigaBit Ethernet per una distanza di 750m/2000m @ 850/1300 nm.
- I cavi del Sistema **AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus** non richiedono l'impiego di bretelle MCLL per supportare 1000BaseLX. Questo consente una migliore gestione delle risorse economiche poiché le bretelle MCLL sono costose.

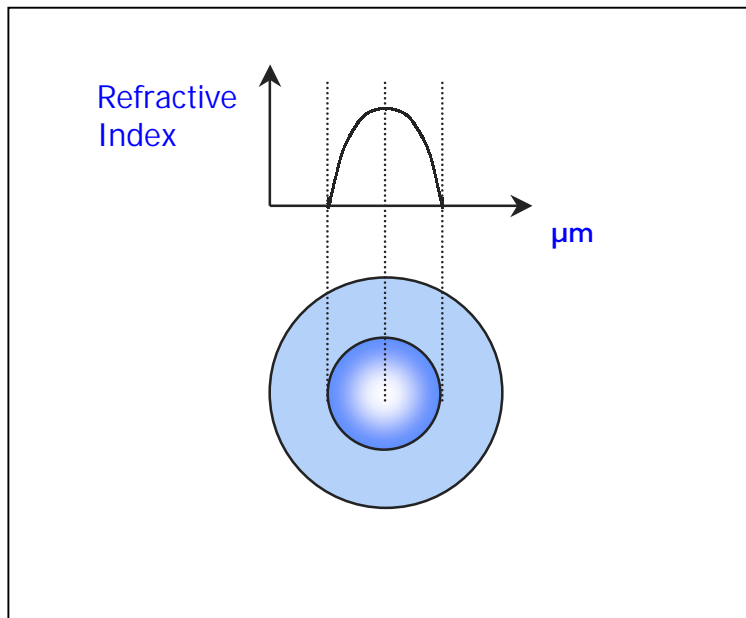


Figura 6: Profilo d'indice di rifrazione ottimale delle fibre OM2 Plus

Nella tabella seguente sono riportati i valori di riferimento e le specifiche delle fibre presenti nei cavi del Sistema **AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus**:

Comparazione: Fibre standard ISO 11801 OM2 ↔ Fibre AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus		
	Banda Modale [MHz*km] 850 nm	Banda Modale [MHz*km] 1300 nm
ISO 11801 [OM2]	500	500
NETCONNECT [OM2 Plus]	600	1200

Tabella 7: Banda modale: confronto fra fibre conformi alla proposta 2^a edizione ISO 11801 ottobre 2001 OM2 e NETCONNECT OM2 Plus

Comparazione delle lunghezze di supporto dell'applicazione GigaBit Ethernet: Fibre ISO 11801 standard OM2 ↔ Fibre AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus		
	850 nm (1000BaseSX)	1.300 nm (1000BaseLX)
ISO 11801 [OM2]	550 m	550 m
NETCONNECT [OM2 Plus]	750 m	2000 m

Tabella 8: Lunghezza della distanza per supporto dell'applicazione GigaBit Ethernet: confronto fra fibre conformi alla proposta 2^a edizione ISO 11801 ottobre 2001 OM2 e NETCONNECT OM2 Plus

I cavi del Sistema **AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus** consentono di supportare l'applicazione GigaBit Ethernet fino a 2000 m. Questo dato è conforme alle indicazioni presenti nelle normative esistenti e di prossima pubblicazione e dovrebbe essere recepito nelle specifiche delle nuove realizzazioni di cablaggi strutturati. Le fibre Laser Grade OM2 Plus sono anche in grado di supportare l'applicazione **10 GigaBit Ethernet** con protocollo di trasmissione seriale fino ad una distanza di **110 metri** e sono perciò utilizzabili, almeno in edifici di dimensioni contenute, anche per la realizzazione di una dorsale con ampie capacità di crescita del traffico, in alternativa alle fibre tipo OM3.

Note:

Attenzione:

Ci sono altre fibre disponibili da altri produttori che offrono bande modali di 600/1200 MHz*km @ 850/1300 nm ma che non presentano profili d'indice di rifrazione ottimizzati. I cavi realizzati con tali fibre risentono ancora dell'effetto DMD e non sono in grado di estendere il supporto dell'applicazione GigaBit per le distanze raggiunte dal Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus.

8. I Cavi del Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade OM3

Si attende il completamento dello standard per il 10GigaBit Ethernet nella seconda metà del 2002. I primi apparati operativi sono vicini al rilascio sul mercato. Le applicazioni 10Gbase saranno le prime versioni di Ethernet non focalizzate solamente sulle LAN ma spazieranno in ambito di MAN e WAN. Sono stati proposti 4 PMD per coprire i diversi ambiti di impiego:

PMD	Denominazione	Tipo di Fibra	Distanza [m]	Impiego
1550 serial	10GBase-ER/EW	SMF	2-40.000	WAN
1310 serial	10GBase-LR/LW	SMF	2-10.000	MAN, dorsale di Campus
1310 WWDM	10GBase-LW4	SMF	2-10.000	MAN, dorsale Campus
“	10GBase-LX4	MMF	2-300	Dorsale d’Edificio, FTTD
850 nm serial	10GBaseSR	MMF 62,5/125 µm [160MHz*km]	2-26	Equipment Room
“	10GBaseSR	MMF 62,5/125 µm [200MHz*km]	2-33	Equipment Room
“	10GBaseSR	MMF 50/125 µm [400MHz*km]	2-66	Equipment Room
“	10GBaseSR	MMF 50/125 µm [500MHz*km]	2-82	Equipment Room
“	10GBaseSR	MMF 50/125 µm [Laser BW 2000MHz*km]	2-300	Dorsale d’Edificio , FTTD

Tabella 9: PMD dell’applicazione 10 GigaBit Ethernet

La tabella precedente mostra gli evidenti limiti di distanza su cui le fibre multimodali sono in grado di supportare 10GigaBit Ethernet. Per una distanza di 300 m (che consente la realizzazione di dorsali di edificio o un sistema FTTD centralizzato) con MMF esistenti, è necessario utilizzare PMD con tecnologia WWDM. Questo consente l’impiego dei sistemi di cablaggio esistenti ma sarà necessario acquisire prodotti attivi costosi. Per nuovi sistemi di cablaggio la prossima 2^a edizione di ISO 11801 definisce un nuovo tipo di fibra MMF, sviluppata per supportare la trasmissione del protocollo 10GigaBit Ethernet fino a 300m con un PMD seriale funzionante a 850 nm. La tipologia di queste fibre è chiamata (capitolo 6 per le definizioni dei tipi di fibra). Il vantaggio di impiegare le fibre OM3 sta nella possibilità di impiegare apparati attivi costruiti con trasduttori a 850 nm, dal costo più contenuto rispetto agli apparati con tecnologia WWDM.

I nuovi cavi del Sistema **AMP NETCONNECT Laser Grade OM3** sono conformi alle indicazioni presenti nella definizione di fibre OM3 nella prossima 2^a edizione di ISO 11801.

9. Guida alla Scelta delle Fibre Ottiche

Le informazioni tecniche fornite nelle sezioni precedenti consentono ai soggetti coinvolti nel progetto di un sistema di cablaggio di:

- Scegliere la tipologia di fibre ottiche presenti nei cavi e pianificare l'evoluzione degli apparati attivi nell'ambito di nuovi progetti. Identificare correttamente la fibra ottica appropriata consente di pianificare al meglio la crescita delle applicazioni supportabili dal sistema di cablaggio.
- Fornire una guida per l'aggiornamento di impianti esistenti.

Le tabelle seguenti riassumono le opzioni e le scelte possibili
I cavi a fibre ottiche AMP NETCONNECT sono colorati in rosso.

9.1. Supportare applicazioni GigaBit su fibre ottiche esistenti

La tabella seguente mostra la massima distanza raggiungibile da GigaBit Ethernet e 10GigaBit Ethernet su sistemi realizzati con le MMF esistenti:

Tipo di Fibra [Banda @ 850/1300 nm]	GBE		10GBE	
	1000BaseSX	1000BaseLX	10GBaseLX4	10GBaseSR
50/125 μm [500/500 MHz*km]	550 m	550 m **	300 m	82 m
50/125 μm [400/500 MHz*km]	275 m	550 m **	300 m	66 m
62.5/125 μm [200/600 MHz*km]	300 m	550 m **	300 m	33 m
62.5/125 μm [200/500 MHz*km]	275 m	550 m **	300 m	33 m
62,5/125 μm [160/500 MHz*km]	220 m	550 m **	300 m	26 m

Tabella 10: Distanze massime per GigaBit Ethernet / 10 GigaBit Ethernet su MMF esistenti

** = Si richiede l'impiego di bretelle MCLL

in rosso = cavi dei Sistemi AMP NETCONNECT

Per distanze superiori a quelle indicate, vi è la necessità di posare nuovi cavi per supportare le applicazioni GigaBit.

9.2. Progettare nuovi sistemi di cablaggio per applicazioni GigaBit

Per scegliere la fibra giusta nella realizzazione di un sistema di cablaggio si deve necessariamente tenere conto dell'evoluzione delle tecnologie supportate verso le applicazioni GigaBit, fin dalle premesse del progetto. Si deve anche prendere in considerazione i nuovi tipi di fibra definiti dalla prossima 2ª edizione di ISO 11801.

La tabella seguente mostra le lunghezze massime per tipologia di fibra e applicazioni, e permette di confrontare le distanze superabili con cavi specificati da ISO e i cavi dei Sistemi AMP NETCONNECT.

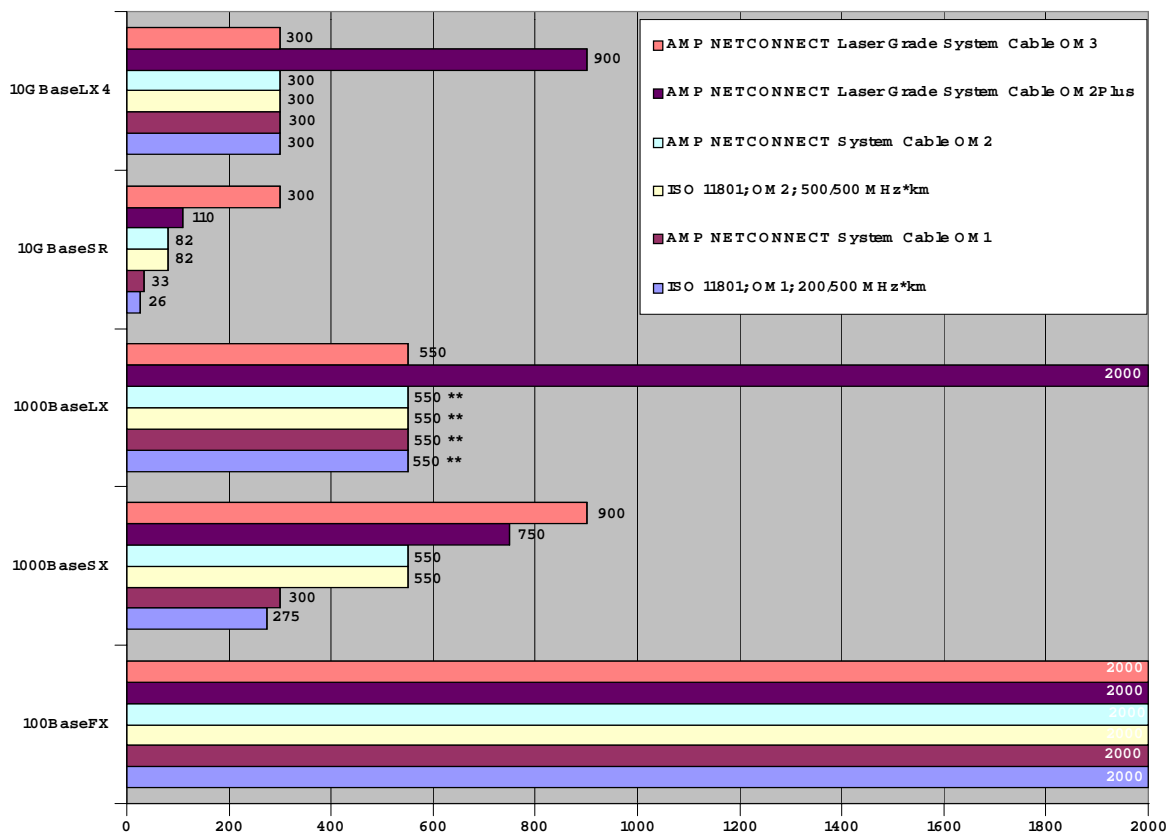


Figura 7: Lunghezze di distanza confrontate per tipologia di fibra e applicazione

** = Richiede l'impiego di bretelle MCLL

10. Conclusioni

Il Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade deve essere considerato in primo luogo nel progetto di un nuovo sistema di cablaggio. In base alle applicazioni e alle distanze previste, sono disponibili varie opzioni che consentono di scegliere il sistema adatto per le necessità di comunicazione:

I cavi del **Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus** con una distanza massima supportabile per GigaBit Ethernet 1000BaseSX di 750 m supera ampiamente le specifiche indicate da IEEE definite facendo riferimento a fibre ISO 11801 OM2 (550 m).

I cavi del **Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus** consentono di realizzare un canale ottico di classe OF-2000 per GigaBit Ethernet 1000BaseLX (con le fibre ISO 11801 OM2 si ottiene: OF-500) senza impiego di bretelle MCLL.

I cavi del **Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade OM2 Plus** consentono di realizzare un canale ottico di classe OF-500 per 10GigaBit Ethernet 1310nm WWDM (non è previsto per le fibre ISO 11801 OM2 l'impiego di tale applicazione).

I cavi del **Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade OM3** con una lunghezza massima di supporto di GigaBit Ethernet 1000BaseSX di 900 m supera le indicazioni di distanza indicate da IEEE con riferimento a fibre ISO 11801 OM2 (550 m).

I cavi del **Sistema AMP NETCONNECT Laser Grade OM3** consentono di realizzare un canale ottico di classe OF-300 per 10GigaBit Ethernet 10GbaseSR.

Le fibre ottiche monomodali (OS1) dovrebbero essere prese in considerazione almeno anche per l'area di dorsale di comprensorio (campus). Per questo motivo si sta valutando la possibilità di proporre anche cavi compositi, contenenti fibre multimodali e fibre monomodali, da impiegare sulle dorsali di connessione fra edifici. All'atto dell'installazione si può prevedere di terminare e utilizzare solamente le fibre MMF. Le fibre monomodali SMF possono essere terminate in un secondo tempo, quando effettivamente ci sarà la necessità riducendo i costi di installazione. In alternativa è possibile prevedere la posa contemporanea di un cavo ottico MMF e uno SMF attestando e utilizzando solo il primo. AMP NETCONNECT è in grado di offrire cavi monomodali e a richiesta cavi compositi con combinazioni di fibre multimodali e monomodali.

Per maggiori informazioni potete metterVi in contatto con AMP NETCONNECT.