

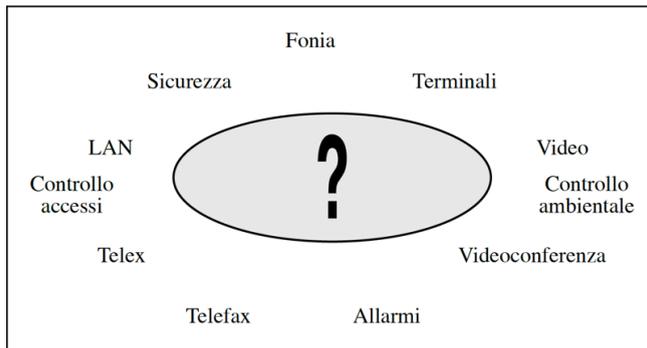
# 4

## IL CABLAGGIO STRUTTURATO DEGLI EDIFICI E DEI DATA CENTER

---

### 4.1 INTRODUZIONE

La trasmissione di segnali all'interno degli edifici riveste oggi un'importanza tale da richiedere la presenza di infrastrutture permanenti al pari di quelle idrauliche o di alimentazione elettrica. La costruzione o la ristrutturazione di un edificio è un'occasione preziosa per predisporre un impianto tecnologico per la trasmissione dell'informazione in tutte le sue varie forme (figura 4.1): reti locali, immagini video, telefonia, allarmi, ecc. Tale impianto tecnologico prende il nome di sistema di cablaggio. Questo capitolo affronta il problema della progettazione razionale di sistemi di cablaggio multifunzionali (sistemi di cablaggio strutturato), analizzando sia gli standard internazionali, sia i principali criteri progettuali.



**Fig. 4.1** – Cosa integrare

Le normative sui sistemi di cablaggio definiscono metodi per cablare un gruppo di edifici costruiti su un comprensorio (campus), cioè su un singolo appezzamento di suolo privato o su un insieme di appezzamenti vicini collegati da opere edilizie permanenti (sovrappassi o sottopassi).

Le normative descrivono:

- le caratteristiche dei mezzi trasmissivi e dei componenti passivi (connettori, permutatori, giunti meccanici, terminatori, prese utente, adattatori, ecc.), in relazione alle velocità trasmissive desiderate;
- la topologia di cablaggio ammessa è quella a stella e le caratteristiche ad esse riferite quali, ad esempio, eventuali livelli di gerarchia, distanze massime, adattamenti tra diverse topologie (bus e anello);
- le regole di progettazione e installazione e le indicazioni sulla documentazione di progetto.

L'esigenza di disporre di sistemi di cablaggio per i sistemi informativi è nata all'inizio degli anni '80 in seguito alla sempre maggiore necessità di connettere apparecchiature elettroniche, in particolare terminali sincroni e asincroni. In quegli anni sono nate anche le prime reti locali Ethernet e Token Ring e, di conseguenza, si sono sviluppati anche i primi sistemi di cablaggio proprietari, ad esempio, IBM cabling system e Digital DECconnect.

Verso la fine degli anni '80 si è assistito ad un'evoluzione delle reti locali, che abbandonarono i mezzi trasmissivi proprietari e iniziarono ad utilizzare in modo sistematico il doppino di rame 24 AWG e la topologia a stella. Questa scelta aveva come obiettivo creare una sinergia con i sistemi di cablaggio per telefonia e nacquero i primi cablaggi "fonia-dati".

Da quel momento l'evoluzione è stata incessante e sorse presto il problema di emettere normative di riferimento per i sistemi di cablaggio. Il primo standard nacque da una proposta congiunta di due comitati americani: l'EIA e la TIA.

Essi proposero uno standard per il cablaggio degli edifici commerciali denominato *EIA/TIA 568*. La maggior parte dei costruttori adeguò ad esso i propri prodotti, e, nel luglio 1991, l'ANSI lo ratificò per gli USA.

Per alcuni anni l'EIA/TIA 568 è stato il riferimento anche al di fuori degli Stati Uniti, ma nel 1994 è stata approvata una proposta di standard internazionale che rappresenta l'evoluzione dello standard americano: l'ISO/IEC 11801. Nella seconda metà degli anni '90 venne ratificata la normativa EN 50173 che è derivata dallo standard internazionale e presentava differenze minime rispetto a questo. Negli anni 2002-2003 il Comitato Elettrotecnico Italiano iniziò a tradurre la

normativa EN 50173 in lingua italiana pubblicandola con il nome CEI EN 50173. Tutti questi standard o normative hanno avuto negli ultimi anni una grande evoluzione apportando notevoli miglioramenti prestazionali per poter soddisfare le maggiori velocità trasmissive caratterizzate dell'evoluzione delle LAN.

È evidente che, per garantire la massima versatilità, i sistemi di cablaggio devono essere progettati pensando agli utilizzi che necessitano della massima banda trasmissiva. Per questo motivo vi è un forte legame tra l'architettura dei sistemi di cablaggio e quella delle reti locali, le cui specifiche sono le più stringenti tra gli attuali servizi di trasmissione dei segnali.

Tra gli standard americani e le normative europee c'è una sostanziale differenza di approccio in quanto la normativa ha un significato molto più forte e restrittivo rispetto allo standard, che è essenzialmente un punto di riferimento per chi produce i componenti passivi, per chi progetta i sistemi di cablaggio e per chi li installa. La normativa assume, al contrario, il significato di "*norma tecnica*", quindi non è obbligatorio applicarla per legge, ma diventa comunque il documento di riferimento in caso di controversie legali tra il committente e l'installatore, per materiali non conformi o lavoro, a suo giudizio, non effettuato a regola d'arte.

Tra Stati Uniti ed Europa c'è una storica diatriba circa i cablaggi schermati e non schermati. Gli Stati Uniti sono da sempre sostenitori del cablaggio non schermato in quanto meno costoso e più semplice da installare, inoltre bisogna considerare le loro condizioni ambientali caratterizzate da una presenza massiccia di TV via cavo e una minor distribuzione della TV via etere con una conseguente riduzione dell'emissione di radio frequenze sul territorio. Al contrario in diversi paesi europei, fatta eccezione per l'Olanda, c'è una grande diffusione di programmi televisivi via etere. Questo fatto è ancor più vero in Italia, dove il territorio è prevalentemente montuoso, quindi, si presta facilmente all'installazione di ripetitori e ponti radio. Negli edifici relativamente vicini alle stazioni di ripetizione del segnale radio/TV, si potrebbero verificare dei problemi di rete a causa dei disturbi di radio frequenze veicolati dal cablaggio non schermato. Nei paesi europei, per ragioni storiche e precauzionali di compatibilità elettromagnetica, c'è quindi un grande interesse per i cablaggi schermati, specialmente in Germania e Francia.

Dall'inizio degli anni '90 fino ad oggi, si è discusso a lungo su quali servizi potessero essere trasportati nei cablaggi strutturati (figura 4.1) e inizialmente si pensava d'integrare diverse tipologie di servizi, ma nel tempo si è capito che alcuni servizi non funzionavano adeguatamente. Per esempio, i cavi per rilevatori di fumi non hanno bisogno di prestazioni trasmissive elevate, ma devono resistere

alle alte temperature – e per un certo tempo al fuoco – per poter inviare i segnali necessari al sistema di controllo centrale. Un altro esempio significativo viene dal segnale TV, esso necessita di cavi con elevate bande passanti e bassa attenuazione alle alte frequenze, anche in questo caso il cablaggio strutturato si è rivelato spesso inadeguato creando dei problemi su alcuni canali trasmissivi. Quest'ultimo problema è stato superato solo recentemente con i cablaggi di categoria 7 o superiore.

I servizi che si sono integrati bene nei cablaggi strutturati sono i seguenti:

- le LAN;
- la fonia analogica;
- la fonia digitale ISDN (Integrated Services Digital Network);
- i flussi ISDN primari basati sullo standard G 703;
- i servizi basati su tecnologia Ethernet: fonia VoIP, videoconferenza, controllo accessi, rilevamento presenze, video sorveglianza, domotica, sensori di vario tipo.

Mentre in una prima fase, all'inizio degli anni '90, Ethernet ha beneficiato del cablaggio strutturato, in quanto ottimizzava gli investimenti integrando fonia e LAN, recentemente la situazione si è ribaltata e attualmente il cablaggio strutturato sta vivendo una seconda giovinezza in virtù di tutti quei servizi che oggi sono basati su Ethernet.

## 4.2 GLI STANDARD E LE NORMATIVE INTERNAZIONALI

Gli standard sono indispensabili alla realizzazione di un cablaggio strutturato, perché contengono delle specifiche che servono a garantire il corretto funzionamento dei vari servizi e, in particolare, stabiliscono:

- la topologia;
- gli elementi facenti parte del cablaggio;
- i mezzi trasmissivi;
- le dorsali;
- il cablaggio di piano;
- le norme di progettazione;
- le norme d'installazione;
- l'identificazione dei cavi;

- la documentazione.

Esistono oggi i seguenti standard per i sistemi di cablaggio strutturato:

- *TIA/EIA 568*: è uno standard americano che definisce le specifiche per il cablaggio strutturato di edifici commerciali;
- *TIA/EIA 570*: è uno standard americano per il cablaggio di edifici residenziali, occupati da una singola famiglia o più occupanti, che possono disporre di un numero ridotto di uffici denominati infatti SoHo (Small Office Home Office);
- *ISO/IEC 11801* è uno standard internazionale per i cablaggi strutturati orientati alla tecnologia dell'informazione;
- *EN 50173* o *CEI EN 50173* è una normativa europea, recepita anche in Italia, per i cablaggi strutturati, che è derivata dallo standard ISO/IEC 11801. Questa normativa si suddivide in 5 parti:
  - *EN 50173-1* tratta le prescrizioni generali per cablaggi strutturati orientati alla tecnologia dell'informazione;
  - *EN 50173-2* tratta le prescrizioni per i cablaggi strutturati negli uffici;
  - *EN 50173-3* tratta le prescrizioni per i cablaggi strutturati negli ambienti industriali;
  - *EN 50173-4* tratta le prescrizioni per i cablaggi strutturati nelle abitazioni;
  - *EN 50173-5* tratta le prescrizioni per i cablaggi strutturati nei Data Center.

Inoltre, per poter realizzare correttamente un sistema di cablaggio, è necessario che tutte le infrastrutture di tipo meccanico ed edile rispondano a determinati requisiti. Questi aspetti sono trattati dallo standard americano *TIA/EIA 569* e dalle normative europee *EN 50174-1*, *EN 50174-2*, *EN 50174-3*.

Infine, lo standard *TIA/EIA 607* e la normativa europea *EN 50310* trattano il problema della realizzazione di un impianto di messa a terra adeguato ad un cablaggio strutturato.

In questo capitolo tratteremo principalmente le normative europee EN 50173 parti: 1, 2 e 5, in quanto di più larga applicazione, ma faremo anche alcuni confronti con gli standard americani TIA/EIA 568 e TIA-942. L'ambiente

industriale necessiterebbe di un trattamento specifico per la diversa tipologia dei materiali che devono essere particolarmente robusti, perché resistenti ai getti d'acqua, alle sollecitazioni meccaniche, alle variazioni di temperatura (alte e basse) e ai campi elettromagnetici. Inoltre, nell'ambiente industriale, vengono impiegati apparati di comunicazione differenti rispetto agli uffici o ai Data Center, perché rispondono alle specifiche dell'*Industrial Ethernet*. Le specifiche dell'ambiente residenziale, trattate nella normativa EN 50173-4, riguardano non solo il cablaggio per la tecnologia informatica, ma anche gli impianti d'antenna e di controllo dell'ambiente che esulano dallo scopo di questo libro. Infine, bisogna considerare che ormai la maggioranza dei sistemi di controllo è basata sullo standard Ethernet, quindi negli edifici, siano essi adibiti ad uffici o di tipo residenziale, è sufficiente rispettare le norme generiche del cablaggio strutturato per la tecnologia dell'informazione.

### 4.3 I PRINCIPI GENERALI E IL MODELLO DI RIFERIMENTO

Gli standard e le normative internazionali specificano i requisiti minimi richiesti per il cablaggio di un edificio o un gruppo di edifici facenti parte di uno stesso comprensorio (la figura 4.2 mostra il modello di riferimento). Tali specifiche si applicano quando si deve progettare e realizzare un cablaggio contestualmente alla costruzione o ristrutturazione organica di un edificio.

La validità minima di un progetto è di dieci anni, ciò significa che durante questo intervallo di tempo non deve essere necessario apportare al cablaggio modifiche sostanziali. Esso deve fornire inoltre un supporto adatto a diversi apparati di telecomunicazione e quindi deve essere indipendente da essi.

Lo standard TIA/EIA 568 precisa i seguenti limiti dimensionali per l'applicazione delle specifiche in esso contenute:

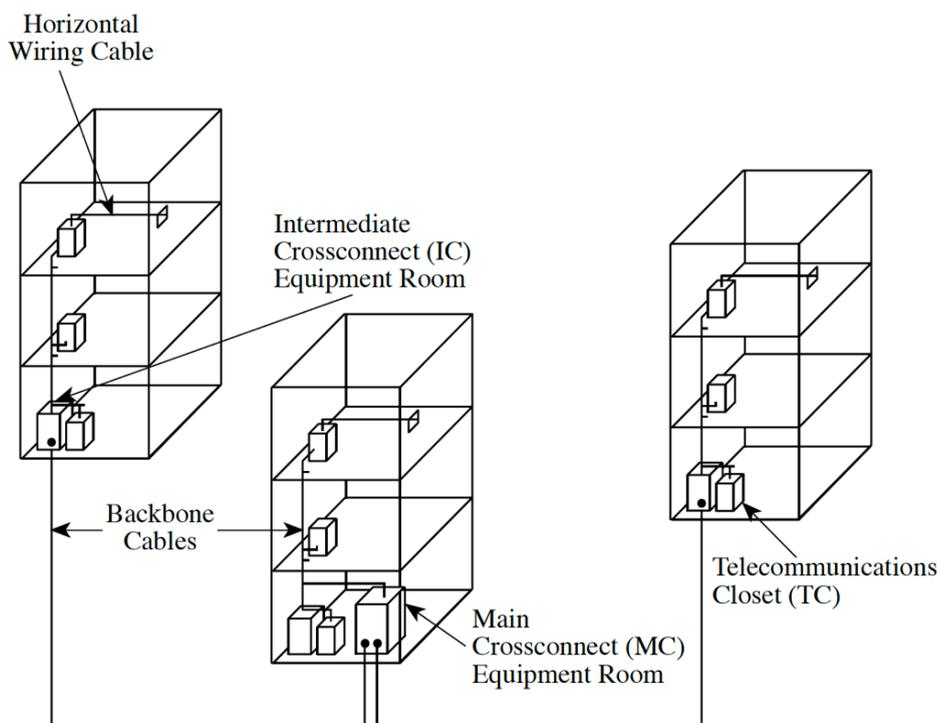
- estensione geografica massima di 3.000 m;
- superficie massima degli edifici di 1.000.000 m<sup>2</sup>;
- popolazione massima degli edifici di 50.000 persone.

I limiti dimensionali hanno ormai sempre meno significato, perché differiscono a seconda degli standard o normative e cambiano nel tempo in funzione delle varie specifiche del livello fisico di Ethernet e del FC (Fibre Channel). Per esempio, la normativa europea EN 50173 specifica dei limiti molto indicativi, affermando che essa si applica ad edifici nei quali la distanza massima, sulla quale devono essere distribuiti i servizi di telecomunicazione, è di 2000 m, ma poi continua affermando che i principi possono, inoltre, essere applicati a

installazioni di maggiori dimensioni. In pratica, demanda alle tecnologie di trasmissione dati la definizione delle distanze massime.

Il fatto che la normativa EN 50173 non ponga dei veri e propri limiti alle distanze sui collegamenti di dorsale, implica che il progettista del cablaggio debba avere anche la conoscenza delle specifiche del livello fisico di Ethernet e del Fibre Channel (caso di cablaggio di Data Center) per poter progettare correttamente un cablaggio strutturato.

L'unico vero limite invariato nel tempo è la distanza massima del canale trasmissivo di piano che è 100 m, perché viene normalmente realizzato con doppini di rame. Infatti tutte le specifiche di livello fisico riferite ai doppini delle LAN, ed in particolare Ethernet, garantiscono un corretto funzionamento del canale trasmissivo fino a 100 m.



**Fig. 4.2** - Modello di riferimento

### 4.3.1 La nomenclatura e le definizioni

Quando si realizza un cablaggio in un comprensorio, bisogna stabilire qual è l'edificio che svolge la funzione di centro stella di comprensorio. Normalmente viene scelto l'edificio dove terminano i collegamenti di dati e fonia dell'operatore di telecomunicazioni. Dal locale tecnico di questo edificio partono le dorsali di comprensorio che terminano a loro volta nel locale tecnico di ogni edificio del comprensorio e da ognuno di questi locali tecnici partono le dorsali di edificio che terminano nei locali tecnici di piano. Infine, da ogni locale tecnico di piano partono un numero più o meno elevato di cavi di piano che raggiungono le varie utenze (figura 4.2).

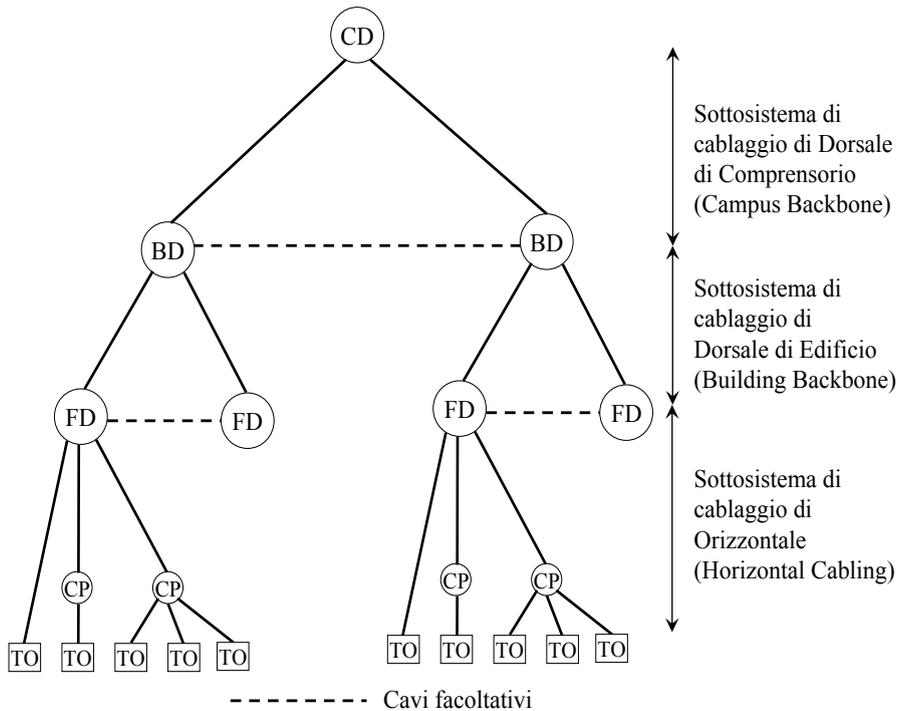
La nomenclatura per definire questi componenti principali di un cablaggio strutturato differisce tra lo standard TIA/EIA 568 e le normative ISO/IEC 11801 o EN 50173.

Riportiamo di seguito le varie definizioni:

- Centro Stella di Comprensorio: *CD (Campus Distributor)* termine ISO/IEC 11801 e EN 50173; *MC (Main Cross-Connect)* termine TIA/EIA 568;
- Centro Stella di Edificio: *BD (Building Distributor)* termine ISO/IEC 11801 e EN 50173; *IC (Intermediate Cross-Connect)* termine TIA/EIA 568;
- Centro Stella di Piano: *FD (Floor Distributor)* termine ISO/IEC 11801 e EN 50173; *HC (Horizontal Cross-Connect)* termine TIA/EIA 568;
- Dorsale di Comprensorio: *Campus Backbone* termine ISO/IEC 11801 e EN 50173; *Inter-building Backbone* termine TIA/EIA 568;
- Dorsale di Edificio: *Building Backbone* termine ISO/IEC 11801 e EN 50173; *Intra-building Backbone* termine TIA/EIA 568;
- Cablaggio di Piano: *Horizontal cabling* termine univoco per tutti gli standard;
- Presa utente: *TO (Telecommunications Outlet)* termine univoco per tutti gli standard;
- Punto di giunzione del cablaggio di piano: *CP (Consolidation Point)* termine univoco per tutti gli standard. Viene realizzato praticamente con un accoppiamento presa/plug RJ45.

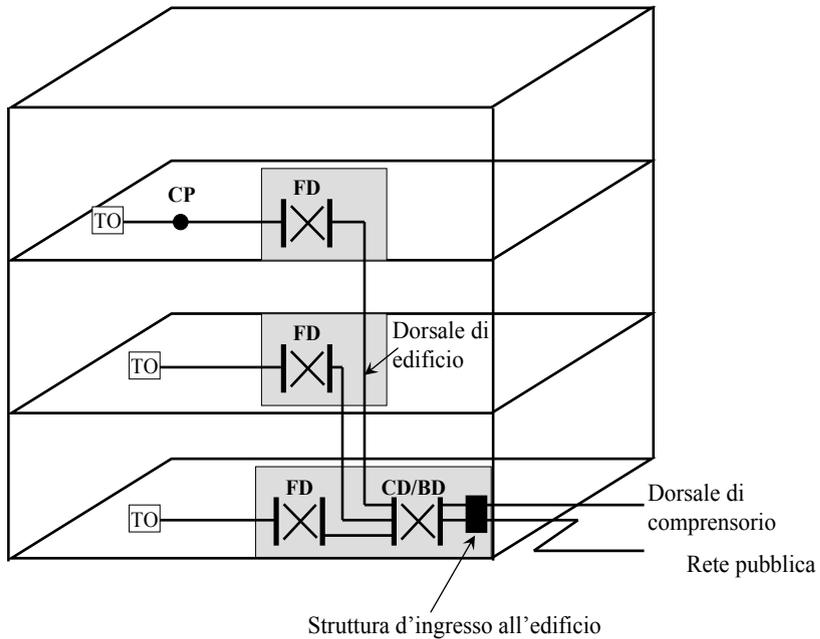
#### 4.4 LA TOPOLOGIA

La topologia del cablaggio è di tipo stellare gerarchica (figura 4.3) e di conseguenza le altre topologie, ad esempio quella a bus e quella ad anello, tipiche di alcuni standard per LAN, devono essere ricondotte ad una topologia stellare.



**Fig. 4.3** – Topologia a stella gerarchica

La radice della stella gerarchica o albero è costituita dal Campus Distributor che è normalmente ubicato in un locale tecnico, il quale svolge spesso anche funzioni di Building Distributor e Floor Distributor se ci sono utenze da servire nel piano dov'è situato (figura 4.4).

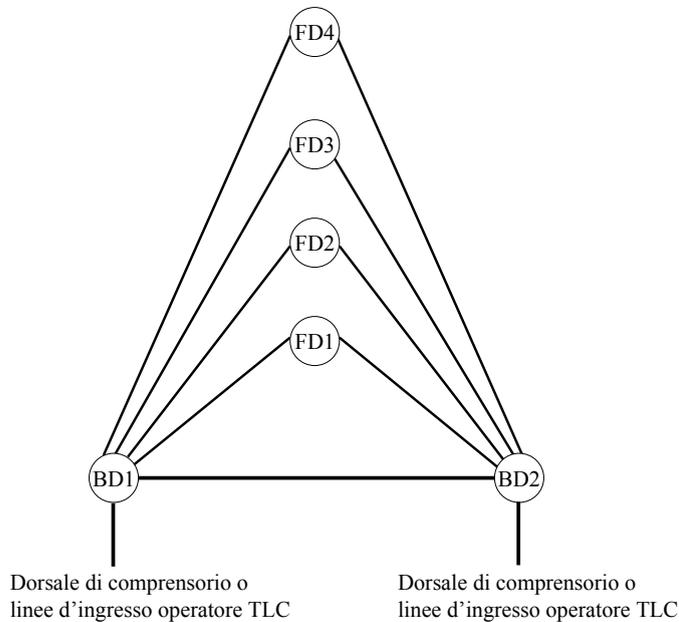


**Fig. 4.4** – Unificazione di funzioni dei locali tecnici

#### 4.4.1 Cablaggio di dorsale Fault Tolerant

Quando si realizzano dei cablaggi in edifici dove sono richiesti servizi ad alta affidabilità, si scelgono due locali tecnici il più possibile distanti fra loro, dove almeno uno di essi è preferibile che sia sopra livello strada, quindi, non a rischio allagamento. Ogni locale di piano deve essere connesso con due dorsali di edificio ai due centri stella ubicati nei locali tecnici di edificio (figura 4.5). Infine bisogna predisporre una dorsale di raccordo tra i due locali tecnici di edificio.

Nel caso di cablaggio di compressorio di tipo Fault Tolerant si realizzano normalmente strutture di dorsali ad anello o più anelli fisici, per contenere i costi di realizzazione dei cavedi e tunnel di connessione tra gli edifici.



**Fig. 4.5** – Dorsali di edificio Fault Tolerant

#### 4.5 PROGETTAZIONE DEL CABLAGGIO

Nella fase progettuale del cablaggio bisogna stabilire:

- i mezzi trasmissivi da impiegare nelle dorsali di compensorio;
- i mezzi trasmissivi da impiegare nelle dorsali di edificio;
- i mezzi trasmissivi da impiegare nel cablaggio orizzontale.

I cavi in fibra ottica contengono in genere un numero di fibre ottiche multiplo di dodici e possono avere una protezione meccanica e antiroditoro di tipo dielettrico o metallica. I cavi con protezione dielettrica dispongono di uno strato di materiale dielettrico che avvolge la corona esterna di tutte le fibre ed è a sua volta ricoperto dalla guaina esterna di materiale plastico. Il materiale dielettrico di protezione può essere costituito da:

- una fascia in poliammide (materiale tipo nylon piuttosto spesso e robusto) che avvolge la corona esterna dell'insieme di fibre ottiche che è a sua volta ricoperta dalla guaina esterna di materiale plastico;

- fiocchi di filati vetrosi che avvolgono la corona esterna dell'insieme di fibre ottiche che sono a loro volta ricoperti dalla guaina esterna di materiale plastico.

I cavi più robusti e resistenti ai roditori sono quelli con protezione metallica la quale si interpone tra una prima guaina avvolgente le fibre ottiche e quella esterna. La protezione metallica può essere realizzata con:

- una maglia d'acciaio;
- delle lamine d'acciaio;
- un tubo corrugato d'acciaio.

La scelta del tipo di protezione dei cavi in fibra ottica meccanica e antiroditore si effettua in base ai seguenti criteri:

- necessità di avere un cavo con una discreta protezione meccanica e antiroditore, ma completamente dielettrico;
- problemi seri di roditori particolarmente grossi e voraci, in questo caso, si adottano in genere cavi con protezione in corrugato d'acciaio.

Quando si usa un cavo con protezione meccanica di tipo metallico, per essere conformi alle normative elettriche e antinfortunistiche, bisogna effettuare la messa a terra della parte metallica da entrambi i lati. A conferma di questo fatto si cita come esempio l'operatore Telecom Italia, il quale fornisce ai propri installatori un disegno dettagliato di come deve essere effettuata la messa a terra dei cavi con protezione in corrugato d'acciaio.

Da molti anni si sta sempre di più diffondendo la tecnologia VoIP per la fonia. Nei nuovi comprensori dove tale impiego è già stato pianificato, spesso non vengono più previste nella realizzazione del cablaggio le dorsali in rame multicoppia per la connessione dei telefoni dei vari edifici alla centrale telefonica, un tempo ubicata nell'edificio centro stella di comprensorio. Per questa ragione le dorsali di comprensorio si realizzano normalmente con cavi contenenti un certo numero di fibre ottiche (tipicamente 12, 24 o 48). A seguito dell'incessante incremento della banda trasmissiva è consigliabile realizzare le dorsali di comprensorio con cavi contenenti fibre ottiche monomodali. In certi casi, per avere la massima flessibilità e possibilità di scelta nelle dorsali di comprensorio, si posano due cavi dei quali: uno contiene delle fibre ottiche monomodali e un altro contiene delle fibre ottiche multimodali.

Per le dorsali di edificio è normalmente sufficiente prevedere dei cavi con fibre ottiche multimodali e un cavo multicoppie con almeno 25 coppie per ogni

piano per la connessione di sistemi di videoconferenza via ISDN e per l'installazione di stampanti multifunzione operanti anche come fax analogici. In genere nel centro stella di edificio viene installato un fax-gateway che è connesso all'infrastruttura VoIP e fornisce un certo numero di porte fax analogiche. Nel caso di grattacieli, a seguito dell'altezza dell'edificio, e della lunghezza dei cavi, può essere utile prevedere delle dorsali di edificio con fibre ottiche multimodali e monomodali.

Nel cablaggio orizzontale si prevede in genere un cablaggio schermato o non schermato di categoria adeguata alle applicazioni. Molto raramente si realizza un cablaggio in fibra ottica, che prende il nome di Fiber-to-the-Desk, perché i costi sono più elevati e la gestione più complessa.

#### 4.5.1 Il cablaggio di dorsale

Nelle dorsali è preferibile utilizzare le fibre ottiche anche quando le distanze tra i locali tecnici permetterebbero l'impiego di cavi rame. I cavi in fibra ottica, se non dispongono di armature metalliche, sono completamente dielettrici quindi impediscono che un problema elettrico si possa propagare ad altri locali tecnici tramite le dorsali di collegamento, per questa ragione sono preferibili ai cavi rame, inoltre le fibre ottiche sono immuni ai disturbi elettromagnetici.

Le normative internazionali hanno classificato le fibre ottiche multimodali e monomodali in funzione dell'attenuazione e della banda passante:

- per le fibre ottiche multimodali (denominate *MM = Multi Mode*) sono state definite le categorie *OM1, OM2, OM3, OM4* e *OM5* (tabella 4.1);
- per le fibre ottiche monomodali (denominate *SM = Single Mode*) sono state definite le categorie *OS1* e *OS2* (tabella 4.2).

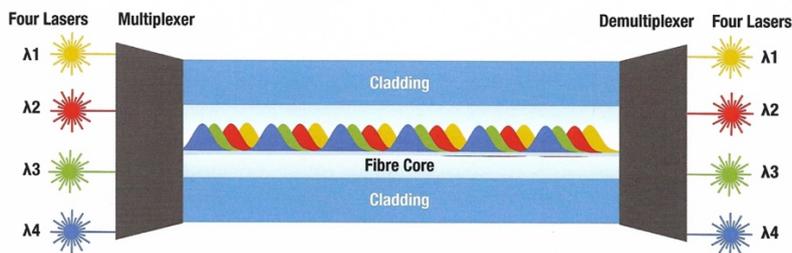
A partire dai primi anni 2000 non si installano praticamente più le fibre ottiche multimodali *OM1* e *OM2*, ma solo quelle *OM3* o *OM4*. A seguito della riduzione dei costi è presumibile che si impieghino sempre più frequentemente le recenti fibre ottiche *OM4*. Le fibre ottiche *OM5*, che sono le ultime nate, sono state sviluppate per poter trasmettere su 4 lunghezze d'onda (figura 4.6) tramite la tecnica *SWDM* (Short Wave Division Multiplexing), sono molto costose e al momento non esistono Transceiver Ethernet *SWDM*, perché a loro volta avrebbero un prezzo eccessivo che non avrebbe mercato.

Nei cablaggi vecchi si trovano ancora fibre ottiche *OM1* e *OM2*, ma la tendenza è quella di sostituirle con quelle *OM3* o *OM4*, perché la banda passante

di queste ultime è nettamente superiore. Al contrario, nell'ambito dell'automazione industriale, dove si usa prevalentemente l'Ethernet a 100 Mb/s, sarebbe preferibile utilizzare fibre ottiche OM1 62.5/125  $\mu\text{m}$ . Questo, perché lo standard Ethernet 100BASE-FX, con questi tipi di fibra garantisce la distanza massima di 2000 m, e viene ammessa un'attenuazione sull'intero canale trasmissivo di 11 dB (tabella 4.4).

Categoria	Diametro del core $\mu\text{m}$	Attenuazione massima dB/Km			Minima larghezza di banda modale MHz x Km			
					Lancio "overfilled"			Lancio Laser effettivo
		850 nm	953 nm	1300 nm	850 nm	953 nm	1300 nm	850 nm
OM1	62,5	3,5	/	1,5	200	/	500	/
OM2	50 o 62,5	3,5	/	1,5	500	/	500	/
OM3	50	3	/	1,5	1500	/	500	2000
OM4	50	3	/	1,5	3500	/	500	4700
OM5	50	3	2,3	1,5	3500	1850	500	4700

**Tab. 4.1** – Categorie delle fibre ottiche multimodali



**Fig. 4.6** – Fibra OM5 (trasmissione su 4 lunghezze d'onda)

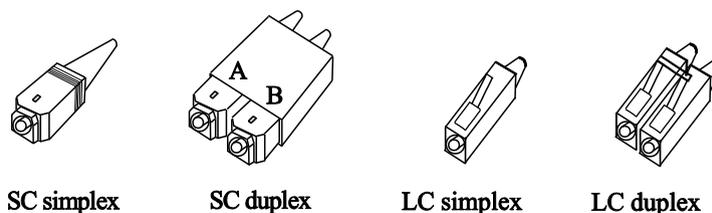
Categoria OS1	
Lunghezza d'onda nm	Attenuazione massima dB/km
1310	1,0
1550	1,0

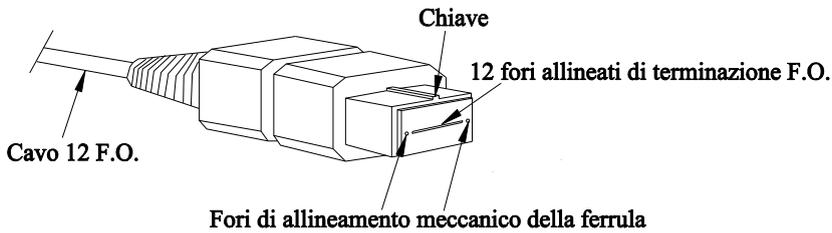
Categoria OS2	
Lunghezza d'onda nm	Attenuazione massima dB/km
1310	0,4
1383	0,4
1550	0,4

**Tab. 4.2** – Categorie delle fibre ottiche monomodali

Dall'anno 1995 gli standard prevedevano solo l'impiego di connettori e bussole/barrel SC (Subscriber Connector), ma negli anni successivi si è imposto il nuovo connettore LC (Lucent Connector) che è più compatto del precedente e nell'emendamento ISO/IEC 11801 del mese di novembre 2008 è stato incluso nello standard (figura 4.7). Per soddisfare le esigenze di flessibilità di connessione nel Data Center lo standard TIA/EIA 568, nell'anno 2008, e la normativa EN 50173-5, nell'anno 2011, hanno inserito il connettore multiplo denominato MPO (Multi-Fiber Push On) o MTP (Multi-Fiber Termination Push On), nel quale vengono terminate 12 fibre ottiche (figura 4.8).



**Fig. 4.7** – Tipi di connettori per fibra ottica utilizzabili



**Figura 4.8:** Connettore multiplo MPO/MTP

Gli standard TIA/EIA 568 ed Ethernet (IEEE 802.3), per differenziare i vari tipi di fibra o di accoppiamento ottico, stabiliscono una serie dei colori, di seguito elencati, che possono essere presenti sull'involucro plastico del connettore o sulla guaina esterna della fibra ottica:

- il colore Beige indica una fibra ottica multimodale 62.5/125  $\mu\text{m}$  OM1;
- il colore Nero indica una fibra ottica multimodale 50/125  $\mu\text{m}$  OM2;
- il colore Acqua (colore tra il verde e azzurro chiaro) indica una fibra ottica multimodale 50/125  $\mu\text{m}$  OM3, tale colore viene utilizzato momentaneamente dai produttori per identificare anche la fibra ottica OM4 in attesa della standardizzazione di un nuovo colore per questo tipo di fibra;
- il colore Verde Lime indica una fibra ottica multimodale 50/125  $\mu\text{m}$  OM5;
- il colore Blu indica una fibra ottica monomodale;
- il colore Verde indica una fibra ottica monomodale dove i connettori, costituenti l'accoppiamento ottico, hanno una lappatura angolata che serve per ridurre i fenomeni di *Return-Loss*.

Le colorazioni standard sono in genere presenti nelle bretelle ottiche e nelle bussole, esse sono molto utili all'installatore o al tecnico di rete, perché forniscono un riscontro visivo immediato sul tipo di fibra ottica o di accoppiamento ottico particolare. La colorazione dei componenti è particolarmente importante ai fini dell'identificazione immediata, perché il mantenimento della categoria, e di conseguenza delle sue caratteristiche, si ottiene solamente se tutti i componenti della connessione end-to-end sono della medesima categoria.

La scelta del tipo di fibra e la relativa categoria dipende essenzialmente:

- dalle distanze tra il centro stella di comprensorio e il centro stella di edificio più distante, nel caso di dorsali di comprensorio, e tra il centro stella di edificio e il centro stella di piano più distante per le dorsali di edificio;
- dallo standard trasmissivo con velocità maggiore che richiede quindi una maggiore banda passante.

Per fare una scelta corretta sul tipo di fibra da impiegare nelle dorsali e per una adeguata progettazione del cablaggio di dorsale è opportuno fare riferimento agli standard di livello fisico di Ethernet e Fibre Channel.

Le normative EN 50173 forniscono dei dati necessari alle scelte progettuali, ma questi dati sono troppo spesso obsoleti, a seguito della veloce evoluzione degli standard trasmissivi, inoltre, basano i calcoli su complesse equazioni di canale, basti pensare che nel 2011 non consideravano ancora i parametri restrittivi del Fibre Channel. Al contrario, lo standard americano TIA/EIA 568, ha un approccio molto più pragmatico e fornisce indicazioni più utili e di facile comprensione. Ciò nonostante anche lo standard americano soffre un po' di problemi di obsolescenza rispetto all'evoluzione delle reti. Per fare quindi una scelta corretta sul tipo di fibra da impiegare nelle dorsali e per una adeguata progettazione del cablaggio di dorsale, è opportuno fare riferimento direttamente agli standard di livello fisico di Ethernet e Fibre Channel e seguirne nel tempo le evoluzioni.

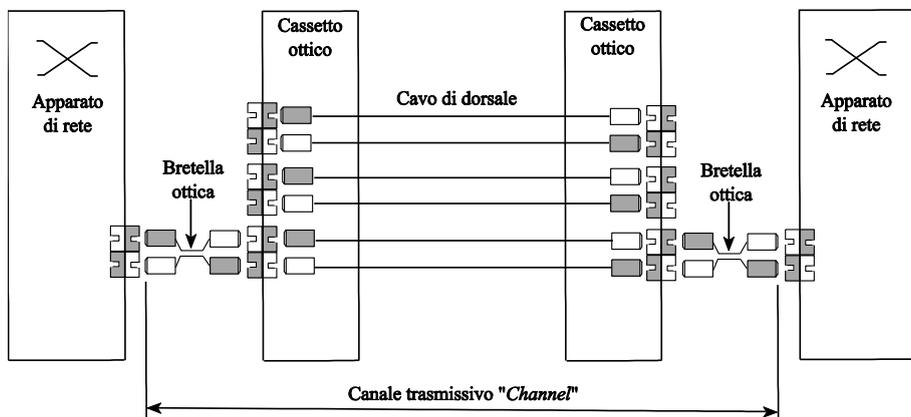


Fig. 4.9 – Canale trasmissivo ottico (channel)

A seguito della scelta fatta, bisogna verificare che l'attenuazione del canale trasmissivo sia nei limiti previsti dagli standard.

Il canale trasmissivo di riferimento che considerano gli standard di rete, è costituito da un cavo in fibra ottica terminato, alle due estremità, dentro due cassette ottiche ai quali è connessa una bretella ottica, denominata anche "cavo di patch ottico" (figura 4.9).

L'attenuazione del canale trasmissivo ottico dipende dalla lunghezza complessiva della fibra, dall'attenuazione dell'accoppiamento ottico di ogni cassetto (figura 4.10), a da eventuali giunzioni presenti lungo la tratta. La formula per calcolare l'attenuazione di canale è la seguente:

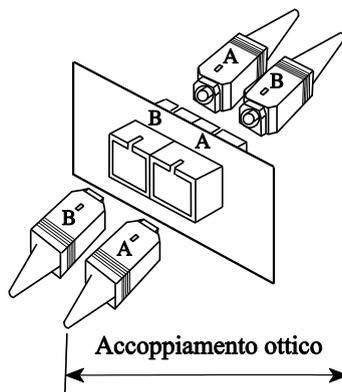
$$\text{Attenuazione} = L T \times a + N a \times 0,5 + N g \times 0,2$$

I parametri contenuti nella formula di attenuazione di canale sono:

- $LT$  è la lunghezza della tratta in fibra espressa in km;
- $a$  è l'attenuazione della fibra, dipendente dalla lunghezza d'onda a cui si opera, espressa in dB/km;
- $Na$  è il numero di accoppiamenti ottici (figura 4.10);
- $Ng$  è il numero di giunzioni (se presenti);
- 0,2 e 0,5 sono invece i valori tipici di attenuazione di giunzioni e accoppiamenti ottici.

Le normative accettano un'attenuazione sulla giunzione di 0,3 dB, ma questo dato è estremamente pessimistico. In realtà, se la giunzione viene realizzata tramite giuntatrice, l'attenuazione non supera in genere il valore di 0,1 dB, mentre, se viene realizzata tramite particolari giunti meccanici denominati "splice", l'attenuazione è in genere compresa tra 0,1 e 0,2 dB. Per quanto concerne l'attenuazione della fibra ottica alle diverse lunghezze d'onda è consigliabile considerare il valore indicato dal produttore, perché anche in questo caso i valori massimi ammessi dalle normative sono pessimistici. Infatti, le fibre ottiche multimodali presenti nel mercato, hanno normalmente delle attenuazioni inferiori di circa 0,5 dB a 850 e 1300 nm rispetto a quelle indicate nelle normative. Le fibre ottiche monomodali OS1 hanno in genere un'attenuazione che è circa la metà rispetto al valore massimo ammesso dalle normative, mentre, il valore di attenuazione delle fibre ottiche OS2, è molto vicino alla realtà.

Il calcolo teorico dell'attenuazione di canale è fondamentale ai fini del progetto e del collaudo, in quanto essa fornisce il valore massimo di attenuazione di tratta ottica che deve essere poi verificato alla fine dell'installazione.



**Fig. 4.10** – Accoppiamento ottico

#### 4.5.2 Le dorsali per le connessioni Ethernet

Dall'inizio degli anni 2000 le dorsali ottiche si realizzano come minimo in GbE (Gigabit Ethernet), soltanto nell'ambito dell'automazione industriale si usa ancora Fast Ethernet con lo standard 10GBASE-FX (100 Mb/s) perché, in questo caso, non sono per il momento necessarie prestazioni trasmissive elevate.

Per progettare correttamente un cablaggio di dorsale in fibra ottica è necessario verificare che l'attenuazione massima di canale non superi i valori indicati nelle tabelle 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 in base alla tecnologia di dorsale Ethernet scelta o prevista come evoluzione futura.

Cablaggio fibra ottica monomodale			
Ethernet	1000BASE-LX	10GBASE-LR	10GBASE-ER
Distanza	2 m – 5 Km	2 m – 10 Km	2 m – 40 Km
Tipo di fibra	OS1 o OS2	OS1 o OS2	OS2
Attenuazione di canale massima	4,57 dB (a 1300 nm)	6,2 dB (a 1300 nm)	10,9 dB (a 1500 nm)

**Tab. 4.3** – Impiego di fibre ottiche SM in Ethernet fino a 10 Gb/s

Cablaggio fibra ottica MM 62,5/125 $\mu\text{m}$ OM1				
Ethernet	100BASE-FX	1000BASE-SX	1000BASE-LX	10GBASE-SR
Distanza	2 m – 2000 m	2 m – 275 m	2 m – 550 m	2 m – 33 m
Attenuazione di canale massima	11 dB (a 1300 nm)	2,60 dB (a 850 nm)	2,35 dB (a 1300 nm)	1,6 dB (a 850 nm)

Cablaggio fibra ottica MM 50/125 $\mu\text{m}$ OM2				
Ethernet	100BASE-FX	1000BASE-SX	1000BASE-LX	10GBASE-SR
Distanza	2 m – 2000 m	2 m – 550 m	2 m – 550 m	2 m – 82 m
Attenuazione di canale massima	6 dB (a 1300 nm)	3,56 dB (a 850 nm)	2,35 dB (a 1300 nm)	1,8 dB (a 850 nm)

Cablaggio fibra ottica MM 50/125 $\mu\text{m}$ OM3				
Ethernet	100BASE-FX	1000BASE-SX	1000BASE-LX	10GBASE-SR
Distanza	2 m – 2000 m	2 m – 550 m	2 m – 550 m	2 m – 300 m
Attenuazione di canale massima	6 dB (a 1300 nm)	3,56 dB (a 850 nm)	2,35 dB (a 1300 nm)	2,6 dB (a 850 nm)

**Tab. 4.4** – Impiego di fibre ottiche MM in Ethernet fino a 10 Gb/s

25GBASE-SR4, 40GBASE-SR4, 50GBASE-SR			
Tipo di Fibra	OM3	OM4	OM5
Distanza	0,5 m – 70 m	0,5 m – 100 m	0,5 m – 100 m
Attenuazione di canale massima	1,8 dB (a 850 nm)	1,9 dB (a 850 nm).	1,9 dB (a 850 nm)

**Tab. 4.5** – Impiego di fibre ottiche MM in Ethernet da 25 Gb/s a 50 Gb/s

100GBASE-SR4, 200GBASE-SR4, 400GBASE-SR16			
Tipo di Fibra	OM3	OM4	OM5
Distanza	0,5 m – 70 m	0,5 m – 100 m	0,5 m – 100 m
Attenuazione di canale massima	1,8 dB (a 850 nm)	1,9 dB (a 850 nm).	1,9 dB (a 850 nm)

**Tab. 4.6** – Impiego di fibre ottiche MM in Ethernet da 100 Gb/s a 400 Gb/s

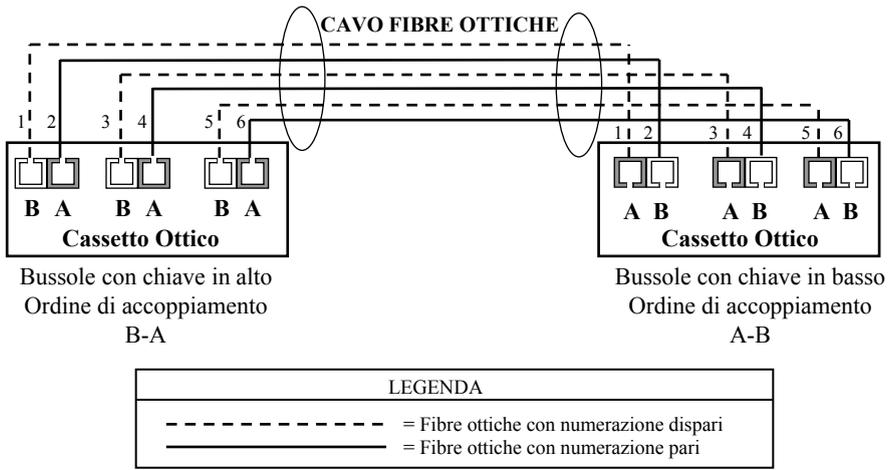
Cablaggio fibra ottica monomodale OS2			
Standard Ethernet	Attenuazione fibra		Distanza
	min	max	
25GBASE-LR		6.3 dB	2 m – 10 Km
25GBASE-ER	10 dB	18 dB	2 m – 40 Km
	10 dB	15 dB	2 m – 30 Km
40GBASE-FR		4 dB	2 m – 2 Km
40GBASE-LR4		6.7 dB	2 m – 10 Km
40GBASE-ER4	9 dB	18.5 dB	2 m – 40 Km
	9 dB	16.5 dB	2 m – 30 Km
50GBASE-FR		4 dB	2 m – 2 Km
50GBASE-LR		6.3 dB	2 m – 10 Km
100GBASE-LR4		6.3 dB	2 m – 10 Km
100GBASE-ER4		18 dB	2 m – 40 Km
		15 dB	2 m – 30 Km
200GBASE-DR		3 dB	2 m – 500 m
200GBASE-LR4		6.3 dB	2 m – 10 Km
400GBASE-DR		3 dB	2 m – 500 m
400GBASE-FR8		4 dB	2 m – 2 Km
400GBASE-LR8		6.3 dB	2 m – 10 Km

**Tab. 4.7** – Impiego di fibre ottiche SM in Ethernet da 25 Gb/s a 400 Gb/s

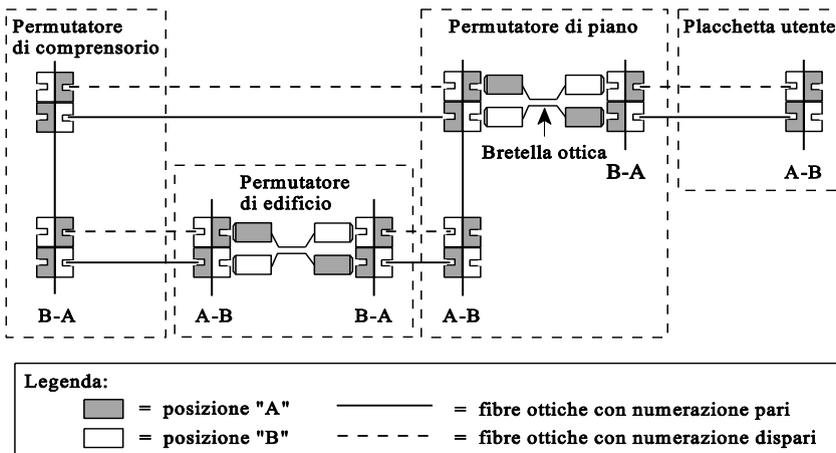
A completamento della progettazione – e per effettuare un’installazione a regola d’arte – può essere estremamente utile seguire le pratiche indicazioni fornite dallo standard americano TIA/EIA 568, che precisa come montare le bussole nei cassette ottici (figura 4.11 e 4.12). Ogni tratta ottica ha un cassetto ottico alle due estremità; in uno dei due cassette bisogna montare le bussole con la chiavetta rivolta verso l’alto mentre nell’altro cassetto le bussole devono essere montate con la chiavetta rivolta verso il basso.

Questa tecnica è un vero e proprio “uovo di Colombo”, perché si realizza un cablaggio senza invertire le fibre ottiche, dove la prima fibra viene terminata in entrambi i cassette ottici al primo connettore partendo da destra, la seconda fibra al secondo connettore e così via fino all’ultimo connettore, ciò nonostante si

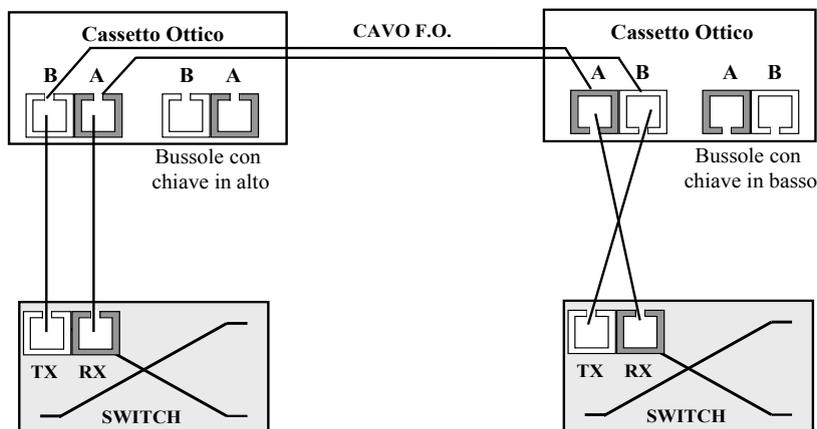
realizza comunque l'inversione delle fibre (TX e RX) tra i due apparati di rete, posti alle due estremità, impiegando delle semplici bretelle ottiche cablate dritte (figura 4.13). Questa intelligente tecnica è sconosciuta alla quasi totalità degli installatori.



**Fig. 4.11** – Fibra ottica con accoppiamenti a chiavi d'inserzione invertite



**Fig. 4.12** – Cablaggio di dorsali in fibra ottica



**Fig. 4.13** – Dimostrazione di inversione TX-RX

#### 4.5.3 Le dorsali per le connessioni Fibre Channel

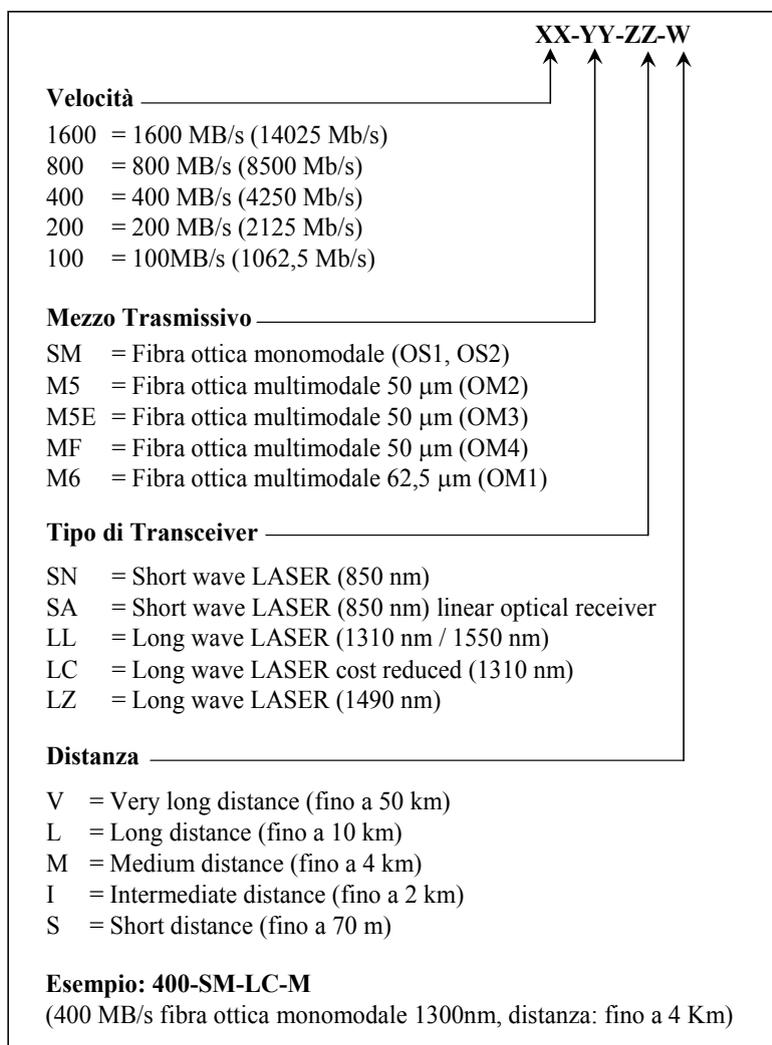
Qualora si realizzino delle dorsali in fibra ottica per connettere dei Data Center in locali differenti di un edificio, o tra edifici differenti di un comprensorio, bisogna scegliere le fibre ottiche più appropriate, in base alla velocità trasmissiva e al tipo di transceiver impiegato. Un tipico esempio di connessione tra due Data Center all'interno di un comprensorio è il caso in cui questi due operino in modalità "Business Continuity".

Lo standard Fibre Channel prevede una particolare nomenclatura per definire le caratteristiche trasmissive che è descritta nella tabella 4.8, inoltre, le velocità, a differenza di Ethernet, sono espresse in MB/s, quindi, la velocità effettiva del livello fisico, espressa in Mb/s, è circa 10 volte superiore per effetto della trasformazione da byte a bit e della codifica di livello fisico.

Analizzando le distanze massime ammesse alle alte velocità riportate nella tabella 4.8 risulta evidente che, mentre nelle dorsali di edificio di connessione tra due Data Center è sufficiente l'installazione di fibra ottica multimodale OM3 o OM4, per le dorsali di comprensorio può essere necessario installare delle fibre monomodali. Spesso si installano sia cavi contenenti fibre ottiche monomodali, sia cavi contenenti fibre ottiche multimodali. All'interno del Data Center per le connessioni tra Server e Storage viene utilizzata preferenzialmente la fibra ottica multimodale, per i costi più contenuti dei transceivers, mentre, per le connessioni

tra Mainframe IBM e Storage, viene utilizzata preferenzialmente la fibra ottica monomodale.

Le distanze massime dipendono principalmente dallo standard di livello fisico o, più precisamente, dal tipo di transceiver dell'interfaccia HBA (Host Bus Adapter) presente sui server, mainframe e apparati di storage (tabelle 4.9 e 4.10). I transceivers che operano alle velocità di 1 e 2 Gb/s (1GFC - 100 MB/s e 2GFC - 200 MB/s) sono ormai obsoleti e non si impiegano più nelle nuove installazioni.



**Tab. 4.8** – Nomenclatura Fibre Channel

Il progetto delle dorsali in fibra ottica per la connessione tra i Data Center deve includere il calcolo dell'attenuazione di canale che deve rientrare nei limiti indicati nelle tabelle 4.11 e 4.12.

Il progettista del cablaggio deve stabilire con il responsabile dei server e del mainframe (spesso sono 2 persone differenti), a quali velocità e con quali standard si intende connettere gli apparati dei Data Center e dove si vuole traguardare in termini di prestazioni future.

	4GFC - 400 MB/s	8GFC - 800 MB/s	16GFC - 1600 MB/s
Fibra ottica monomodale OS1, OS2	400-SM-LC-L 1300 nm 2 m - 10 km	800-SM-LC-L 1300 nm 2 m - 10 km	1600-SM-LC-L 1300 nm 0,5 m - 10 km
	400-SM-LC-M 1300 nm 2 m - 4 km	800-SM-LC-I 1300 nm 2 m - 1,4 km	1600-SM-LZ-I 1490 nm 0,5 m - 2 km
Fibra ottica Multimodale 50 µm OM2	400-M5-SN-I 850 nm 0,5 m - 150 m	800-M5-SN-S 850 nm 0,5 m - 50 m	1600-M5-SN-S 850 nm 0,5 m - 35 m
		800-M5-SA-I 850 nm 0,5 m - 100 m	
Fibra ottica Multimodale 50 µm OM3	400-M5E-SN-I 850 nm 0,5 m - 380 m	800-M5E-SN-I 850 nm 0,5 m - 150 m	1600-M5E-SN-I 850 nm 0,5 m - 100 m
		800-M5E-SA-I 850 nm 0,5 m - 300 m	
Fibra ottica Multimodale 50 µm OM4	400-M5F-SN-I 850 nm 0,5 m - 400 m	800-M5F-SN-I 850 nm 0,5 m - 190 m	1600-M5F-SN-I 850 nm 0,5 m - 125 m
		800-M5F-SA-I 850 nm 0,5 m - 300 m	

**Tab. 4.9** – Fibre Channel limiti delle distanze alle velocità elevate

	1GFC - 100 MB/s	2GFC - 200 MB/s
Fibra ottica monomodale OS1, OS2	100-SM-LC-L 1300 nm 2 m - 10 km	200-SM-LC-L 1300 nm 2 m - 10 km
	100-SM-LL-V 1550 nm 2 m - 50 km	200-SM-LL-V 1550 nm 2 m - 50 km
Fibra ottica Multimodale 62.5 µm OM1	100-M6-SN-I 780/850 nm 0,5 m - 300 m	200-M6-SN-I 850 nm 0,5 m - 150 m
Fibra ottica Multimodale 50 µm OM2	100-M5-SN-I 780/850 nm 0,5 m - 500 m	200-M5-SN-I 850 nm 0,5 m - 300 m
Fibra ottica Multimodale 50 µm OM3	100-M5E-SN-I 780/850 nm 0,5 m - 860 m	200-M5E-SN-I 850 nm 0,5 m - 500 m

**Tab. 4.10** - Fibre Channel limiti delle distanze alle velocità medie

Cablaggio fibra ottica multimodale OM2 (calcolato a 850 nm)					
FC0	100-M5-SN-I	200-M5-SN-I	400-M5-SN-I	800-M5-SN-S	1600-M5-SN-S
Distanza	0,5 – 500 m	0,5 – 300 m	0,5 – 150 m	0,5 – 50 m	0,5 – 35 m
Attenuazione di canale massima	3,9 dB	2,6 dB	2,06 dB	1,68 dB	1,63 dB

Cablaggio fibra ottica multimodale OM3 (calcolato a 850 nm)					
FC0	100-M5E-SN-I	200-M5E-SN-I	400-M5E-SN-I	800-M5E-SN-I	1600-M5E-SN-I
Distanza	0,5 – 860 m	0,5 – 500 m	0,5 – 380 m	0,5 – 150 m	0,5 – 100 m
Attenuazione di canale massima	4,6 dB	3,3 dB	2,88 dB	2,04 dB	1,86 dB

Cablaggio fibra ottica multimodale OM4 (calcolato a 850 nm)					
FC0	100-M5F-SN-I	200-M5F-SN-I	400-M5F-SN-I	800-M5F-SN-I	1600-M5F-SN-I
Distanza	0,5 – 860 m	0,5 – 500 m	0,5 – 400 m	0,5 – 190 m	0,5 – 125 m
Attenuazione di canale massima	4,6 dB	3,3 dB	2,95 dB	2,19 dB	1,95 dB

**Tab. 4.11** – Impiego di fibre ottiche multimodali su Fibre Channel

Cablaggio fibra ottica monomodale				
FC0	100-SM-LC-L	200-SM-LC-L	400-SM-LC-M	400-SM-LC-L
Distanza	2 m – 10 Km	2 m – 10 Km	2 m – 4 Km	2 m – 10 Km
Attenuazione di canale massima	7,8 dB (a 1300 nm)	7,8 dB (a 1300 nm)	4,8 dB (a 1300 nm)	7,8 dB (a 1300 nm)

Cablaggio fibra ottica monomodale				
FC0	800-SM-LC-L	800-SM-LC-I	1600-SM-LC-L	1600-SM-LZ-I
Distanza	2 m – 10 Km	2 m – 1.4 Km	2 m – 10 Km	2 m – 2 Km
Attenuazione di canale massima	6,4 dB (a 1300 nm)	2,6 dB (a 1300 nm)	6,4 dB (a 1300 nm)	2,6 dB (a 1500 nm)

**Tab. 4.12** – Impiego di fibre ottiche monomodali su Fibre Channel

#### 4.5.4 Esempio di progetto delle dorsali di edificio

Nell'esempio rappresentato nelle figure 4.14 e 4.15 si ipotizza di progettare le dorsali in un edificio avente 10 piani fuori terra e 1 sotto terra, le cui caratteristiche principali sono le seguenti:

- altezza dell'edificio 35 m dal livello strada;
- distanza massima di dorsale (tratta BDS – FD10A) 180 m, si veda la figura 4.15;
- due FD per ogni piano fuori terra ubicati nei locali tecnici LTA (Locale Tecnico "A") e LTB (Locale Tecnico "B"), si veda la figura 4.14;
- due BD in ridondanza (principale e secondario) ubicati nei piani -1 e 1 (figura 4.15);
- due montanti di risalita per i cavedi verticali adiacenti ai locali tecnici.

Durante la fase progettuale dell'edificio si deve lavorare a stretto contatto con i progettisti edili per posizionare e dimensionare adeguatamente i locali tecnici.

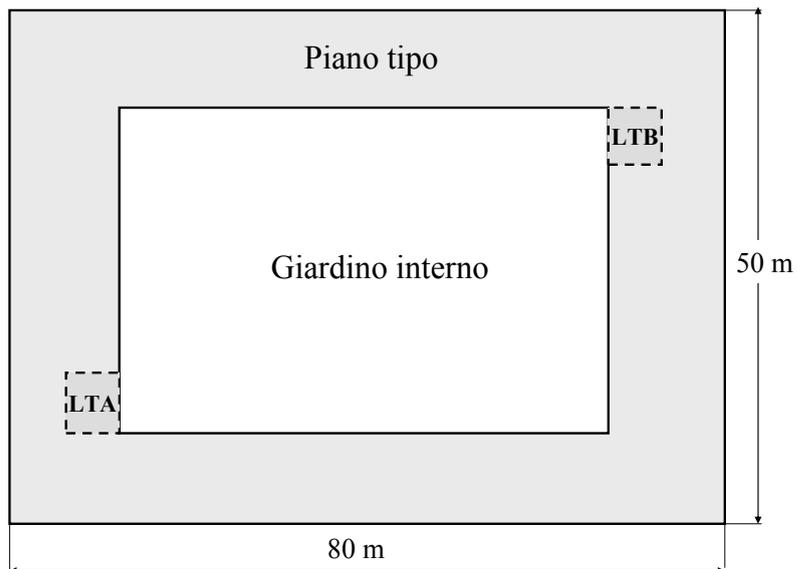
Nell'edificio i servizi informatici sono ad alto rischio di perdite finanziarie in caso di guasto della rete, quindi, la topologia del cablaggio sarà di tipo Fault-Tolerant (figura 4.15).

Le caratteristiche delle dorsali di edificio ed i criteri di progetto sono i seguenti:

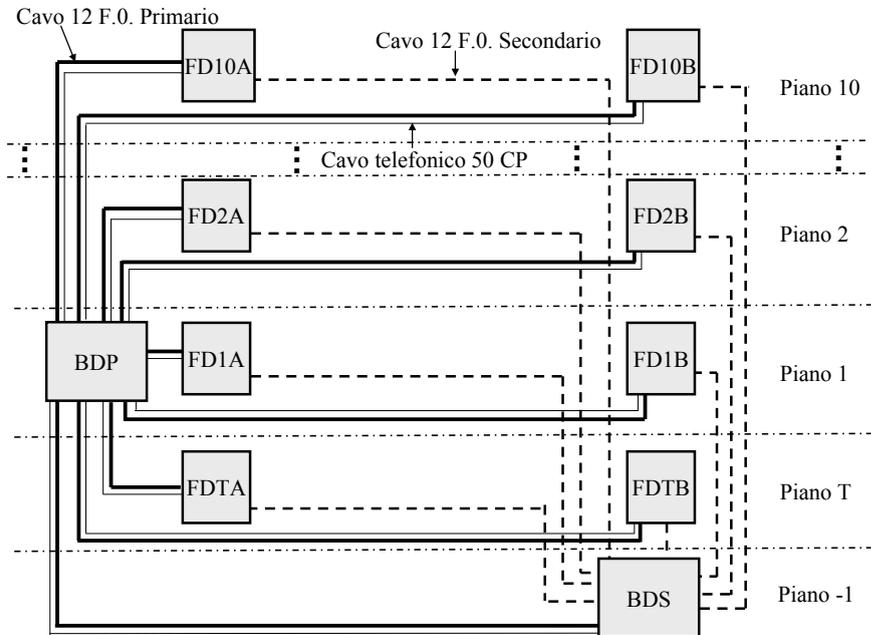
- Si prevedono due accessi di linee dati in fibra ottica di due diversi operatori di TLC che termineranno rispettivamente nei locali BDP (Building Distributor Primario) e BDS (Building Distributor Secondario), transitando in due vie cavi con percorsi fisici differenziati. Gli operatori di TLC entreranno nell'edificio con dei cavi in fibra ottica aventi la protezione antiroditore in corrugato d'acciaio, tali cavi hanno un raggio di curvatura minimo di 30 cm quindi le curve nelle vie cavi dovranno rispettare questo parametro;
- Nelle dorsali ottiche verrà impiegato lo standard 10GBASE-S.;
- Dal locale tecnico BDP partiranno le dorsali primarie in fibra ottica OM3 che termineranno nei vari locali tecnici di piano FDxx (figura 4.15);
- Si prevedono dei cavi multicoppie da 50 coppie per la connessione dei fax e delle videoconferenze ISDN, che partiranno dal locale tecnico BDP e termineranno nei vari locali tecnici di piano FDxx. Per ragioni pratiche, il cavo a 50 coppie verrà terminato alle due estremità entro dei pannelli dotati di prese RJ45, dove è opportuno terminare due coppie in ogni presa (figura 4.16). In tal modo ogni singola presa potrà essere utilizzata per permutare sia linee analogiche (caso dei fax), sia linee ISDN (caso di videoconferenze o linee esterne dedicate). Vari produttori producono dei pannelli con 25 prese RJ45 di cat. 3 già predisposti per la terminazione delle sole due coppie centrali;
- Dal locale tecnico BDS partiranno le dorsali secondarie in fibra ottica OM3 che termineranno nei vari locali tecnici di piano FDxx (figura 4.15);
- Per ragioni di ridondanza di percorso si dovranno prevedere delle vie cavi di raccordo tra i locali tecnici LTA e LTB di ogni piano e i centri stella BDP e BDS. Si dovrà inoltre prevedere una via cavi di raccordo tra i due centri stella;
- Tutti i locali tecnici dovranno disporre di alimentazione doppia proveniente da due diversi UPS (Uninterruptible Power Supply). A supporto degli UPS si dovrà installare un gruppo elettrogeno di potenza adeguata per intervenire in caso di mancanza prolungata dell'energia elettrica (oltre i 10 minuti);
- La tratta più lunga di dorsale ottica è quella di connessione tra il locale tecnico BDS e il locale FD10A (Floor Distributor del 10° piano ubicato

nel locale tecnico “A”) che ha uno sviluppo di 180 m. Considerando l’attenuazione dei due accoppiamenti ottici di terminazione della dorsale e la lunghezza della tratta in fibra ottica, ne consegue che l’attenuazione di canale a 850 nm sarà pari a:  $(2 \times 0,5) + (0,18 \times 3,5) = 1,63$  dB. L’attenuazione di canale sarà quindi conforme alle specifiche dello standard 10GBASE-S, perché è inferiore a 2,6 dB;

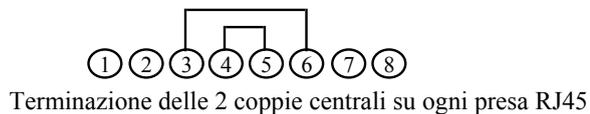
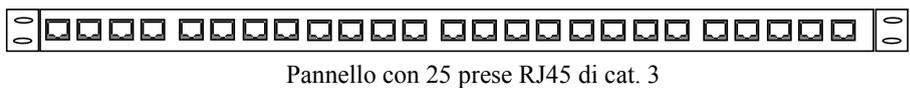
- Le dorsali in fibra ottica verranno realizzate utilizzando un cavo con 12 fibre ottiche OM3 con protezione antiroditore di tipo dielettrico;
- Nel piano terreno dell’edificio c’è anche un Data Center primario che verrà connesso a quello secondario presente in un altro edificio del comprensorio. Le vie cavi che collegano i due Data Center hanno uno sviluppo di 350 m. Dal momento che la velocità alla quale si vuole operare è di 8 Gb/s, si prevede di posare un cavo con fibre ottiche monomodali OS2. Considerando quindi l’attenuazione dei due accoppiamenti ottici di terminazione della dorsale di comprensorio, che collega i due edifici, e la lunghezza della tratta in fibra ottica, ne consegue che l’attenuazione di canale sarà pari a:  $(2 \times 0,5) + (0,35 \times 0,4) = 1,14$  dB. Con un’attenuazione di canale così contenuta si potranno utilizzare sia transceivers 800-SM-LC-L, sia transceivers 800-SM-LC-I.



**Fig. 4.14** – Piano tipo

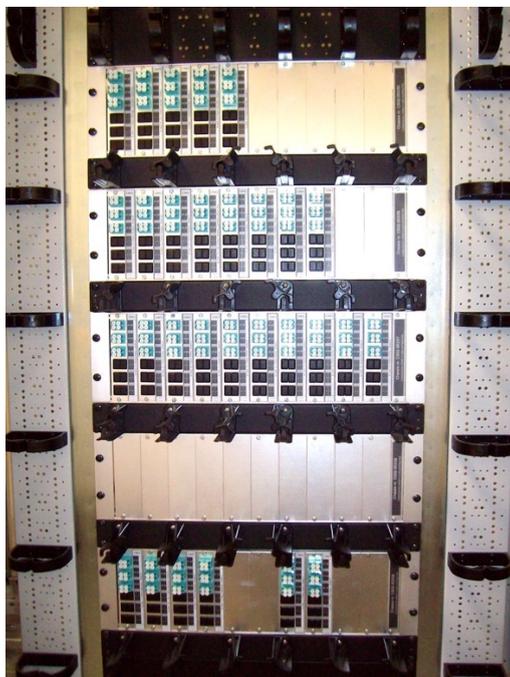


**Fig. 4.15** – Disegno logico delle dorsali di edificio

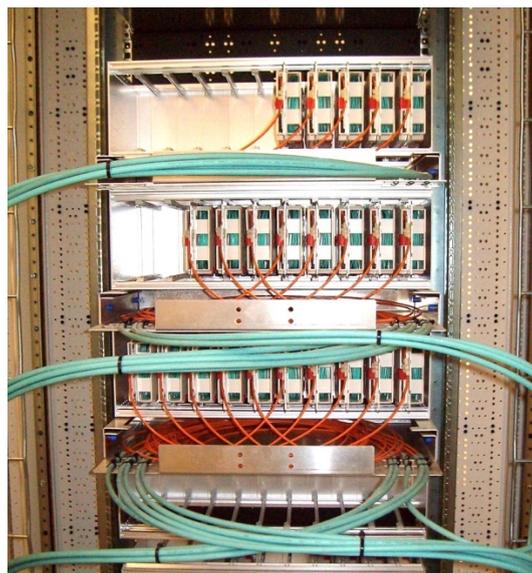


**Fig. 4.16** – Terminazione cavo 50 CP su pannello con prese RJ45

La qualità dell'installazione è importante ai fini di un corretto funzionamento degli apparati di rete nel tempo. Quando in un centro stella di edificio terminano molte dorsali in fibra ottica bisogna cablare il rack in modo ordinato, quindi, a titolo di esempio, riportiamo due fotografie di un'installazione effettuata a regola d'arte (figure 4.17 e 4.18).



**Fig. 4.17** – Rack con terminazione di dorsali ottiche (vista di fronte)



**Fig. 4.18** - Rack con terminazione di dorsali ottiche (vista dal retro)

#### 4.5.5 Storia delle categorie del cablaggio in rame

Per chi approccia oggi alle specifiche del cablaggio di piano in rame non è facile capire il relativo caos che c'è nella definizione delle categorie. Per cercare di mettere un po' di ordine bisogna spiegare la storia degli ultimi 30 anni.

Nell'anno 1989 venne sviluppato il primo draft dello standard americano EIA/TIA 568, che venne ratificato nel 1991, dove non c'era alcun accenno alle categorie, perché vennero definite negli anni successivi. Questo standard forniva delle specifiche per i cavi e il connection hardware, che poteva essere un semplice wiring-block (permutatore di tipo telefonico) o una presa RJ45, questi componenti passivi vennero poi successivamente definiti come appartenenti alla categoria 3.

Nel 1994 vennero definite le prime 5 categorie:

- categoria 1 soddisfa i requisiti minimi della telefonia analogica;
- categoria 2 soddisfa i requisiti minimi della telefonia digitale;
- categoria 3 soddisfa i requisiti minimi dello standard Ethernet 10BASE-T e del Token Ring a 4 Mb/s;
- categoria 4 soddisfa i requisiti minimi dello standard Token Ring a 16 Mb/s;
- categoria 5 soddisfa i requisiti minimi degli standard a 100 Mb/s FDDI TP-PMD e Fast Ethernet 100BASE-TX.

Verso la fine degli anni '90 il comitato TIA/EIA 568 emanò il bollettino tecnico TSB95, ad integrazione dello standard, che richiedeva dei test aggiuntivi per la categoria 5 necessari per il Gigabit Ethernet 1000BASE-TX, senza modificare i parametri di attenuazione e NEXT (Near End CrossTalk) esistenti. Lo standard americano definì successivamente la categoria 5e (enhanced) nella quale vennero leggermente migliorati i vecchi parametri trasmissivi della categoria 5. La categoria 6 ebbe una lunga e tormentata gestazione e ci vollero alcuni anni prima che le specifiche fossero definitive. Solo nell'anno 2002 furono disponibili nel mercato i primi prodotti stabili di categoria 6. Nel frattempo le case produttrici smisero di produrre i cavi e le prese di categoria 5 e produssero in alternativa la componentistica di categoria 5e.

A questo punto della storia del cablaggio assistemmo a due diverse strategie di mercato:

- Lo standard TIA/EIA 568 abbandonò definitivamente la categoria 5 e rimasero quindi le categorie 3, 5e e 6;

- Lo standard ISO/IEC 11801 e la normativa EN 50173 ridefinirono la categoria 5 e la classe D, elevandola ai valori della categoria 5e americana. Definirono, inoltre, le specifiche della categoria 6 e 7 e delle classi E e F;
- Lo standard TIA/EIA non mostrò alcun interesse per la costosa – e forse inutile – categoria 7.

Tra gli anni 2008 e 2011 tutti gli standard e le normative, pur con tempistiche differenti, definirono la nuova categoria 6A (Augmented). La categoria 6A è oggetto di discutibili diatribe a seguito delle differenze tra le specifiche americane, sulle quali è basato lo standard Ethernet 10GBASE-T (10 Gb/s), e gli standard ISO ed EN i quali richiedono un valore di NEXT migliorativo di 3 dB rispetto a quello americano ed hanno una differente notazione simbolica, infatti, lo standard americano usa la notazione “6A”, mentre, gli standard ISO/IEC ed EN, usano la notazione “6<sub>A</sub>”. Recentemente gli standard ISO/IEC 11801 e la normativa EN 50173 hanno definito una nuova categoria più performante, ma sicuramente più costosa, che si chiama 7<sub>A</sub> (Augmented). Nell’anno 2019 è stata ratificata la categoria 8 in ambito TIA/EIA 568 e le categorie 8.1 e 8.2 in ambito ISO/IEC 11801 e EN 50173, con lo scopo di supportare 25 e 40 GB/s con una lunghezza massima di Channel pari a 30 m. La tabella 4.13 mostra le varie categorie e classi secondo gli standard TIA/EIA 568, ISO/IEC 11801 e la normativa EN 50173; si noti che le categorie 7, 7<sub>A</sub> e 8.2 richiedono l’impiego di cavi con singole coppie schermate e non prevedono l’uso del connettore RJ45, ma possono utilizzare il connettore Tera o GG45.

Le categorie 8, 8.1 e 8.2 richiedono l’impiego di cavi con singole coppie schermate e ammettono una lunghezza massima di Channel di soli 30 m quando la connessione deve operare a velocità superiori a 10 Gb/s, non è inoltre ammesso il Consolidation Point.

Analizzando i costi delle categorie 7, 7<sub>A</sub> e 8 risulta essere più conveniente il cablaggio in fibra ottica pur considerando il maggior costo dei transceivers, inoltre la fibra ottica garantisce maggiori prestazioni ed affidabilità, infatti oggi nei Data Center le connessioni di rete a partire da 10 GB/s sono praticamente realizzate tutte in fibra ottica, a parte rare eccezioni.

I produttori di sistemi di cablaggio hanno approcci tra loro differenti sulle soluzioni di categoria 6A: alcuni offrono una soluzione con le prese RJ45 e il cavo del cablaggio fisso di categoria 6A, altri offrono una soluzione in cui le prese RJ45 sono di categoria 6A e il cavo è di categoria 7. Entrambe le soluzioni sono certificabili come categoria 6A.

La tabella 4.13 mostra le relazioni tra le diverse categorie di cablaggi rame.

Categorie e Classi				
TIA/EIA 568		ISO/IEC 11801 e EN 50173		
Componente	Permanent Link o Channel	Componente	Permanent Link o Channel	Connettore
3	3	3	C	RJ45
5	5	5	D	RJ45
5e	5e	--	--	RJ45
6	6	6	E	RJ45
6A	6A	6 <sub>A</sub>	E <sub>A</sub>	RJ45
--	--	7	F	Non RJ45
--	--	7 <sub>A</sub>	F <sub>A</sub>	Non RJ45
8	8	8.1	I	RJ45
		8.2	II	Non RJ45

**Tab. 4.13** - Categorie e Classi di connessione

#### 4.5.6 Il cablaggio di piano

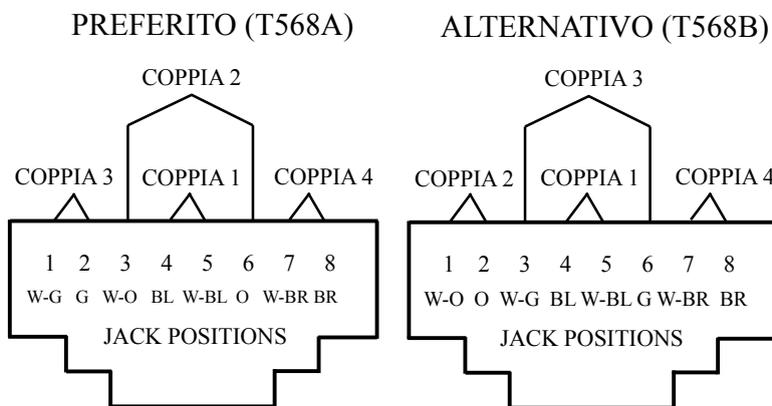
La progettazione del cablaggio di piano è più semplice di quella delle dorsali, perché, indipendentemente dallo standard di rete, le normative stabiliscono che:

- la lunghezza massima del canale trasmissivo è di 100 m, ad eccezione della cat. 8 che viene ridotta a 30 m quando la connessione deve operare a velocità superiori a 10 Gb/s;
- i cavi di patch devono essere di tipo flessibile e possono avere i conduttori da 24, 26 o 28 AWG.
- ogni area di lavoro deve essere servita da almeno due prese RJ45 denominate genericamente TO (Telecommunication Outlet) e, in alternativa, una delle due prese può essere un connettore in fibra ottica duplex di tipo SC o LC.

Le normative definiscono una serie di modelli in cui lo sviluppo massimo del cablaggio di piano, esclusi i cavi di patch, non deve superare la distanza di 90 metri, ma a seconda della presenza del “Consolidation Point” – e delle sue caratteristiche – questa distanza potrebbe subire delle riduzioni (figure 4.20, 4.21, 4.22, 4.23).

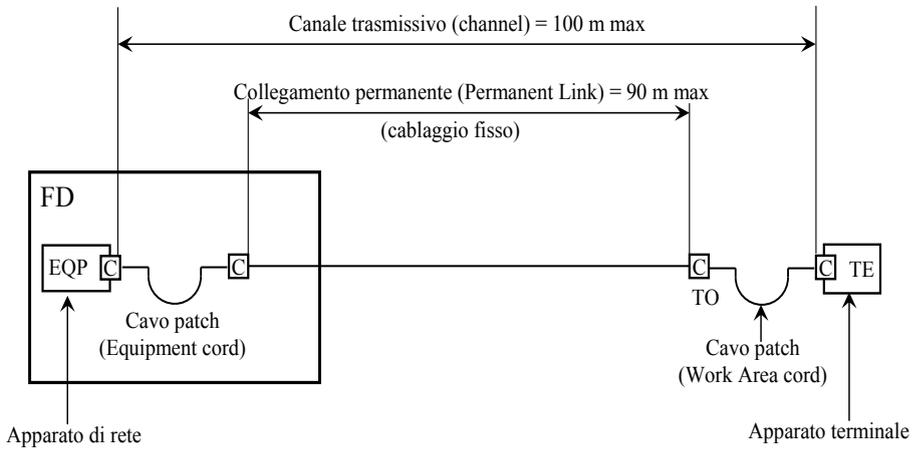
Sul cablaggio orizzontale o di piano c'è un'inspiegabile differenza tra lo standard internazionale ISO/IEC 11801 e la derivata normativa Europea EN 50173, rispetto allo standard americano TIA/EIA 568: quello americano stabilisce la terminazione delle coppie con due possibili varianti (T568A e T568B) in base ai colori delle coppie, mentre gli standard ISO ed EN si limitano a definire la sola posizione delle coppie senza indicarne il colore, sebbene le colorazioni delle coppie: Blu/Bianco-Blu, Arancio/Bianco-Arancio, Verde/Bianco-Verde e Marrone/Bianco-Marrone siano standard in tutto il mondo. Per ragioni pratiche riportiamo solo lo schema di terminazione americano con le due varianti, perché è l'unico sensato (figura 4.19).

Le due varianti dello schema di collegamento T568A e T568B sono equivalenti, quindi l'installatore può scegliere quello che preferisce, ma lo stesso schema di collegamento deve essere utilizzato sia nelle prese lato rack di piano, sia su quelle lato utenze.

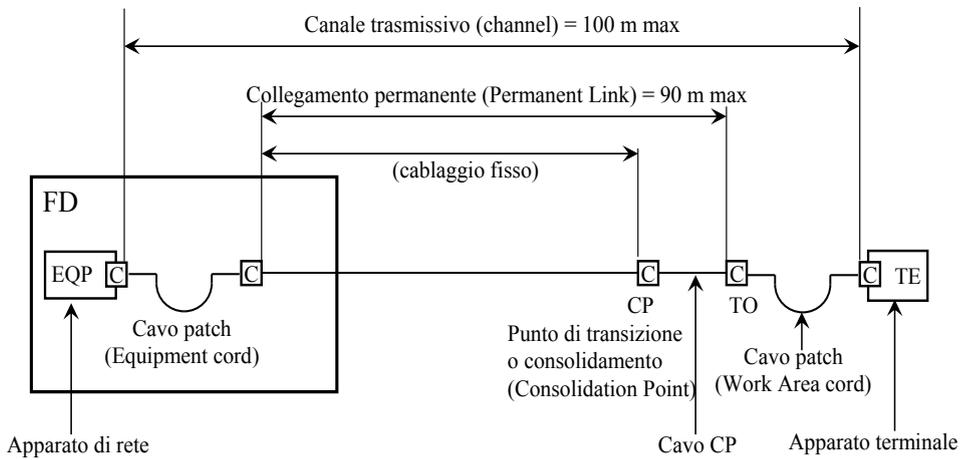


Vista frontale della presa RJ45

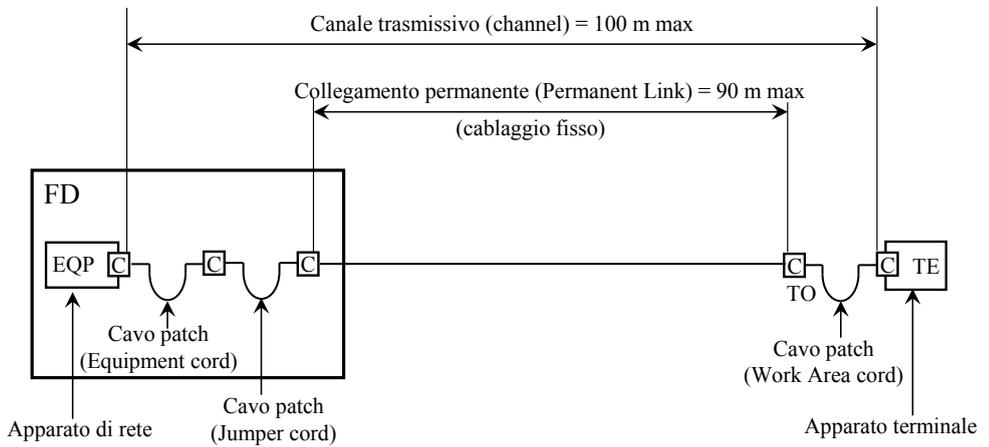
**Fig. 4.19** – Schema di terminazione della presa RJ45



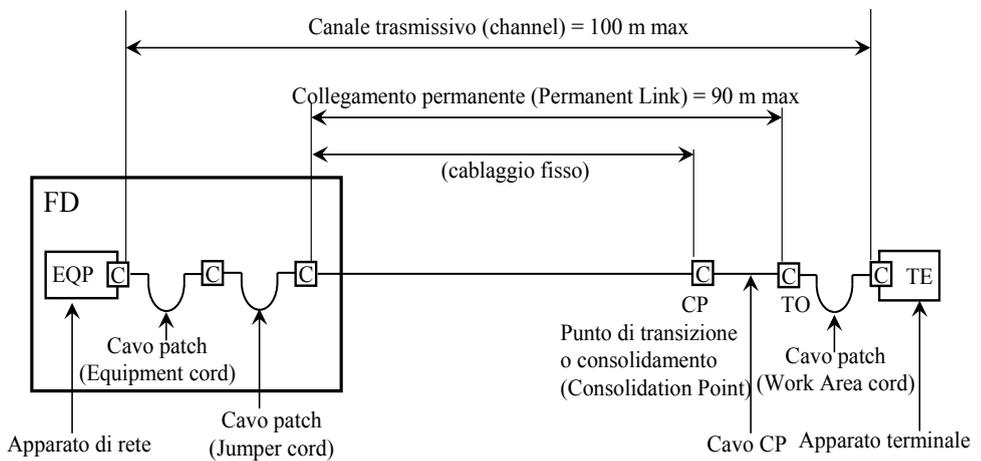
**Fig. 4.20** – Modello “Interconnessione diretta TO”



**Fig. 4.21** – Modello “Interconnessione diretta CP-TO”



**Fig. 4.22** – Modello “Interconnessione indiretta TO”



**Fig. 4.23** – Modello “Interconnessione indiretta CP-TO”

La grande maggioranza dei cablaggi viene realizzata secondo il modello “Interconnessione diretta TO” rappresentata nella figura 4.20 per varie ragioni di seguito descritte:

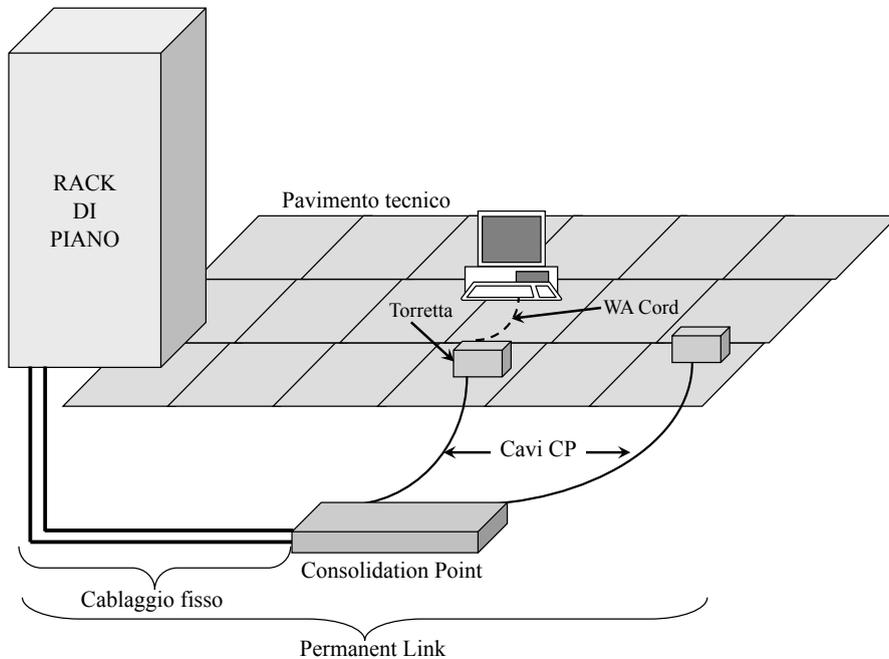
- è semplice da realizzare e da gestire;
- è in assoluto il più affidabile;
- è l’unico modello che offre vere garanzie di mantenimento delle caratteristiche trasmissive di canale della categoria 6A.

In tutti i modelli di interconnessione la parte terminale del cablaggio di piano termina nel posto di lavoro, denominato WA (Work Area), dove si devono installare almeno due prese RJ45, denominate TO (Telecommunication Outlet), ubicate in una scatola di derivazione o in una torretta. Negli edifici open space, per ragioni di flessibilità nella parte terminale del cablaggio, si può installare, tipicamente sotto il pavimento tecnico, un Consolidation Point (figura 4.24) che consiste in un contenitore con 24 o 48 prese RJ45 e serve tipicamente 12 o 24 posti di lavoro.

Da ognuna di queste prese del Consolidation Point si può ripartire con il cavo CP (denominato commercialmente “Zone Cord”) che può essere di tipo solido o a trefoli (cavo di tipo patch), questo si inserisce nella presa CP tramite un connettore e all’estremità opposta il cavo CP viene terminato in una presa RJ45, a sua volta inserita in una torretta o placchetta (figura 4.24).

Il modello “Interconnessione diretta CP-TO” (figura 4.21) riprende il vecchio concetto dei primi standard in cui nel cablaggio di piano veniva ammesso opzionalmente il “Transition Point”. Questo è un punto di transizione del cablaggio dove è possibile giuntare un cavo di sezione circolare con un particolare cavo piatto, con quattro coppie ritorte in linea, adatto per la posa sotto moquettes (under carpet). Nelle ultime versioni degli standard e normative, a questo punto di transizione, è stato dato un significato più ampio e generico ed è stato anche ridefinito con il nuovo termine “Consolidation Point”.

Questo tipo di nuova soluzione va intesa come una predisposizione da installare sotto il pavimento tecnico per servire una determinata area.



**Fig. 4.24** – Impiego del Consolidation Point in ambiente open space

Sebbene le normative non pongano vincoli, può essere sconveniente realizzare tutto un cablaggio di piano con tecnica Consolidation Point, perché questa soluzione ha parecchie controindicazioni di seguito descritte:

- aumentano i punti di possibili guasti del cablaggio e l'eventuale individuazione di una connessione difettosa è complessa, quindi l'affidabilità è scarsa;
- è complesso superare i test di categoria 6A specialmente se il cavo CP è più corto di 10 metri (dato non riportato dalle normative che nasce dall'esperienza in campo);
- il progetto può richiedere il calcolo delle equazioni di canale riportate nella tabella 4.14;
- durante il periodo di vita del cablaggio negli uffici di tipo open space vengono spostati mobili, scrivanie e pareti mobili che possono finire sopra alla piastrella, dov'è installato il Consolidation Point, impedendone l'accesso.

Il cavo CP può essere di tipo solido, come quello del cablaggio fisso, o a trefoli, come i cavi di patch, e può avere dimensioni di 24 o 26 AWG. Il cavo a trefoli da 24 AWG ha in genere un'attenuazione pari a 1,2 volte superiore a quello solido e il cavo a trefoli da 26 AWG ha un'attenuazione pari a 1,5 volte superiore a quello solido. I produttori di sistemi di cablaggio offrono dei cavi CP pre-intestati, denominati tipicamente "Zone Cord", di varie lunghezze, che sono realizzati con cavo di tipo solido il cui impiego non richiede quindi l'applicazione dell'equazione di canale (tabella 4.14).

La normativa EN 50173 richiede una distanza minima di 15 metri tra il locale tecnico di piano (FD) e il Consolidation Point, ma non fornisce indicazioni circa la lunghezza minima del cavo CP. Per il cavo CP sarebbe preferibile utilizzare cavi a trefoli da 26 AWG, aventi una lunghezza minima di 4 metri, perché la maggiore attenuazione di questo tipo di cavo e la sua lunghezza, contribuiscono a ridurre la somma dei fenomeni negativi, quali la diafonia e il return loss, causata dai due accoppiamenti presa/connettore che sono relativamente vicini. La lunghezza minima di 4 metri del cavo CP può essere accettabile per un cablaggio in categoria 5e, ma è normalmente insufficiente nel caso di categorie superiori dove è prudente adottare lunghezze minime comprese tra 10 e 15 metri.

Se nel progetto del cablaggio si prevede l'impiego di un certo numero di Consolidation Point e non si utilizza il cavo con conduttori solidi, bisogna calcolare le equazioni di canale previste dalla normativa EN 50173 per stabilire la lunghezza massima del cavo del cablaggio fisso.

A titolo di esempio, immaginiamo di installare alcuni Consolidation Point in un locale open space dove il cablaggio è di categoria 6, il cavo CP è del tipo trefolato da 26 AWG ed ha, nel caso peggiore, una lunghezza di 10 metri. Vogliamo conoscere la lunghezza massima del cavo del cablaggio fisso di categoria 6, sapendo che alle due estremità ci potrebbero essere dei cavi di patch da 26 AWG aventi una lunghezza di 5 metri/cadauno. Il calcolo da effettuare sarà quindi il seguente (base di calcolo della tabella 4.14):

$$106 - 3 - 10 \times 1,5 - 10 \times 1,5 = 73 \text{ metri}$$

Modello <i>Model</i>		Equazioni del modello <i>Model equations</i>		
		Classe D <i>Class D</i>	Classe E <i>Class E</i>	Classe F <i>Class F</i>
Interconnessione diretta - TO <i>Interconnect - TO</i>	11a	$H = 109 - FX$	$H = 107 - 3^{(a)} - FX$	$H = 107 - 2^{(a)} - FX$
Interconnessione indiretta - TO <i>Cross-connect - TO</i>	11b	$H = 107 - FX$	$H = 106 - 3^{(a)} - FX$	$H = 106 - 3^{(a)} - FX$
Interconnessione diretta - CP - TO <i>Interconnect - CP - TO</i>	11c	$H = 107 - FX - CY$	$H = 106 - 3^{(a)} - FX - CY$	$H = 106 - 3^{(a)} - FX - CY$
Interconnessione indiretta - CP - TO <i>Cross-connect - CP - TO</i>	11d	$H = 105 - FX - CY$	$H = 105 - 3^{(a)} - FX - CY$	$H = 105 - 3^{(a)} - FX - CY$
<i>H</i> Lunghezza massima del cavo orizzontale fisso (m) <i>F</i> Lunghezza totale di bretelle, ponticelli, cordoni di apparecchiatura e di area di lavoro (m). <i>C</i> Lunghezza del cavo CP (m) <i>X</i> Rapporto attenuazione del cavo flessibile (dB/m) / attenuazione del cavo orizzontale fisso (dB/m) <i>Y</i> Rapporto attenuazione del cavo CP (dB/m) / attenuazione del cavo orizzontale fisso (dB/m)				
(a) Questa riduzione di lunghezza serve a fornire un margine assegnato per compensare la deviazione di perdita di inserzione				
Per temperature di funzionamento superiori a 20 °C, H dovrebbe essere ridotto dello 0,2% per °C per i cavi schermati e dello 0,4% per °C (da 20 °C a 40 °C) e dello 0,6% per °C (> 40 °C a 60 °C) per cavi non schermati.				

**Tab. 4.14** – Equazioni di canale della normativa EN 50173

#### 4.5.7 Distribuzione multi utenza

In particolari ambienti come i Call Center, i laboratori o in gruppi di scrivanie adiacenti, può essere utile attrezzare il cablaggio con delle particolari scatole multi presa denominate MUTOA (Multi-User Telecommunication Outlet Assembly = termine TIA/EIA 568) o MUTO (Multi-User Telecommunication Outlet = termine EN 50173). Nella figura 4.25 riportiamo alcune soluzioni di produttori differenti a titolo di esempio.



**Fig. 4.25** – Esempi di MUTOA

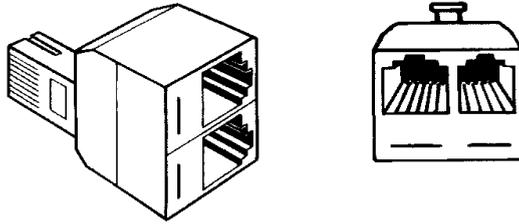
#### 4.6 LA DERIVAZIONE DEI SERVIZI NELLA PRESA RJ45

Gli standard e le normative permettono di derivare più servizi da una singola presa RJ45 attraverso l'impiego di derivatori esterni o cavi a “Y” nel caso in cui questi servizi utilizzino solo 1 o 2 coppie. I servizi tipicamente derivati sono:

- 2 telefoni analogici;
- 2 servizi ISDN BRI (accesso base);
- 2 servizi ISDM PRI (accesso primario);
- 2 ethernet a 10BASE-T o 100BASE-TX;
- 1 ethernet 10BASE-T o 100BASE-TX e un telefono analogico o ISDN.

La derivazione di due servizi da una presa RJ45 deve essere adottata come eccezione e non come regola, perché è meno affidabile rispetto al servizio singolo, sebbene sia utile quando la densità del cablaggio non è sufficiente a soddisfare tutte le esigenze di servizi.

I derivatori o cavi a “Y” vanno inseriti sia nella presa lato rack di piano, sia in quella lato utente. La figura 4.26 mostra un esempio di derivatori a “Y”.



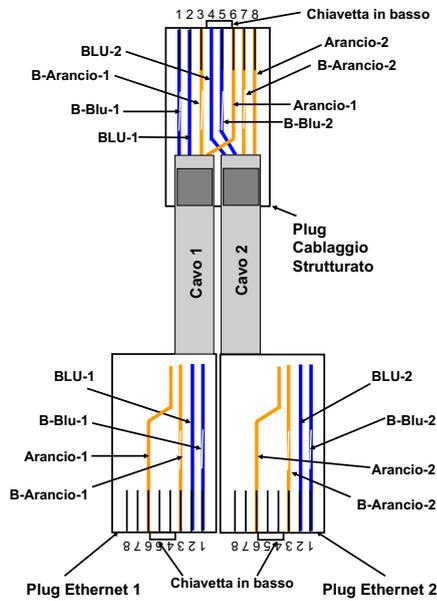
**Fig. 4.26** – Derivatore a “Y”

Per derivare due servizi si possono realizzare dei cavi a “Y” impiegando del cavo flessibile trefolato a due coppie avente i conduttori da 26 AWG. I produttori offrono bobine di cavo a due coppie da 26 AWG con queste due diverse combinazioni di colori:

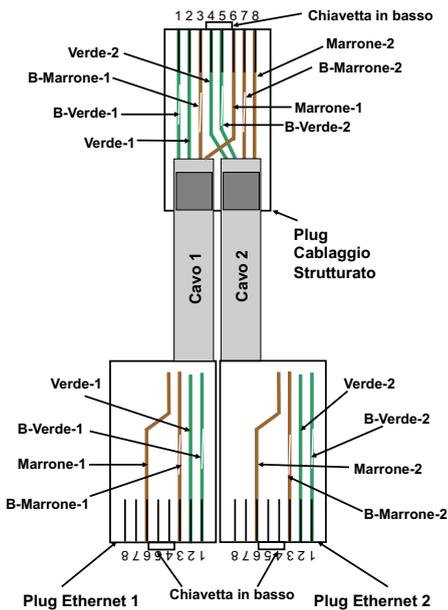
- coppia Arancio – Bianco/Arancio e coppia Blu – Bianco/Blu
- coppia Verde – Bianco/Verde e coppia Marrone – Bianco/Marrone

I cavi flessibili a due coppie da 26 AWG sono preferibili rispetto a quelli da 24 AWG, perché sono più facili da terminare nel connettore che ne deve ospitare due per la derivazione dei servizi. Le successive figure mostrano lo schema di terminazione dei connettori a seconda dei servizi da derivare e del tipo di cavo:

- la figura 4.27 mostra un cavo a “Y”, con le coppie Arancio e Blu, dal quale vengono derivate due servizi ethernet;
- la figura 4.28 mostra un cavo a “Y”, con le coppie Verde e Marrone, dal quale vengono derivate due servizi ethernet;
- la figura 4.29 mostra un cavo a “Y”, con le coppie Arancio e Blu, dal quale vengono derivati un servizio ethernet e un servizio telefonico;
- la figura 4.30 mostra un cavo a “Y”, con le coppie Verde e Marrone, dal quale vengono derivati un servizio ethernet e un servizio telefonico;
- la figura 4.31 mostra un cavo a “Y”, con le coppie Arancio e Blu, dal quale vengono derivate due servizi ISDN PRI;
- la figura 4.32 mostra un cavo a “Y”, con le coppie Verde e Marrone, dal quale vengono derivate due servizi ISDN PRI.



**Fig. 4.27** – Cavo a “Y” Dual Ethernet (coppie Arancio e Blu)



**Fig. 4.28** – Cavo a “Y” Dual Ethernet (coppie Verde e Marrone)

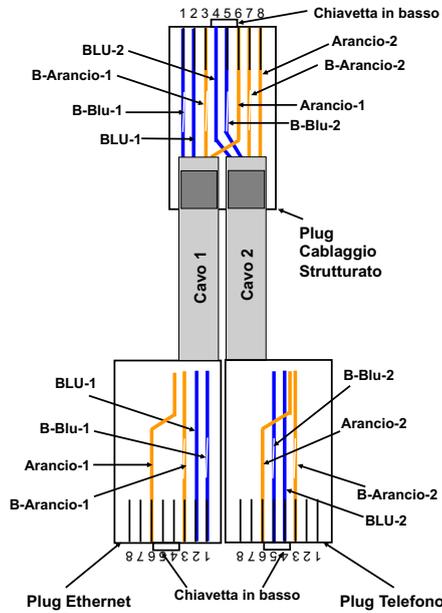


Fig. 4.29 – Cavo a “Y” Ethernet+Telefono (coppie Arancio e Blu)

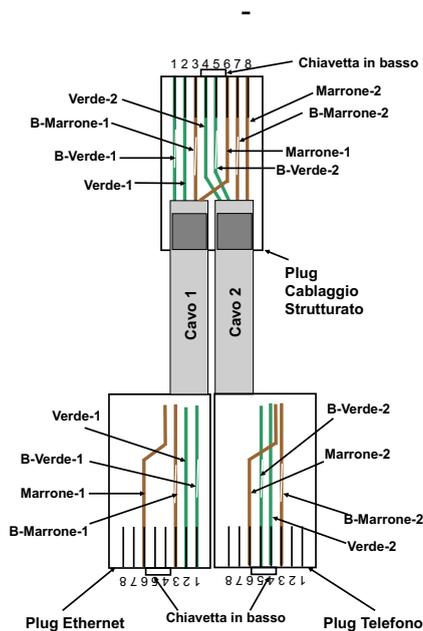


Fig. 4.30 – Cavo a “Y” Ethernet+Telefono (coppie Verde e Marrone)

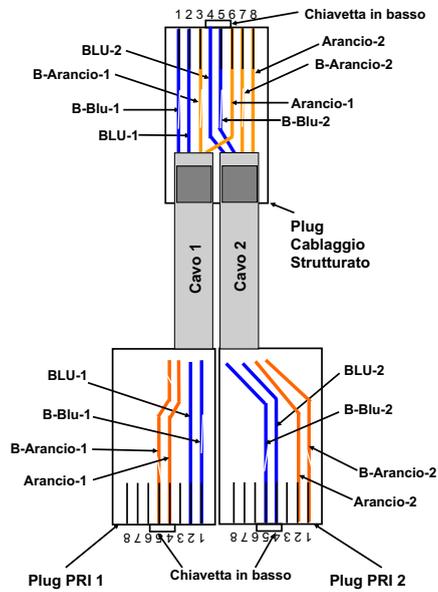


Fig. 4.31 – Cavo a “Y” Dual ISDN PRI (coppie Arancio e Blu)

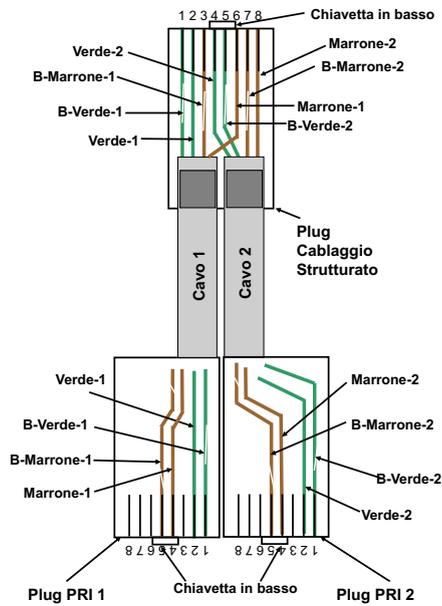


Fig. 4.32 – Cavo a “Y” Dual ISDN PRI (coppie Verde e Marrone)

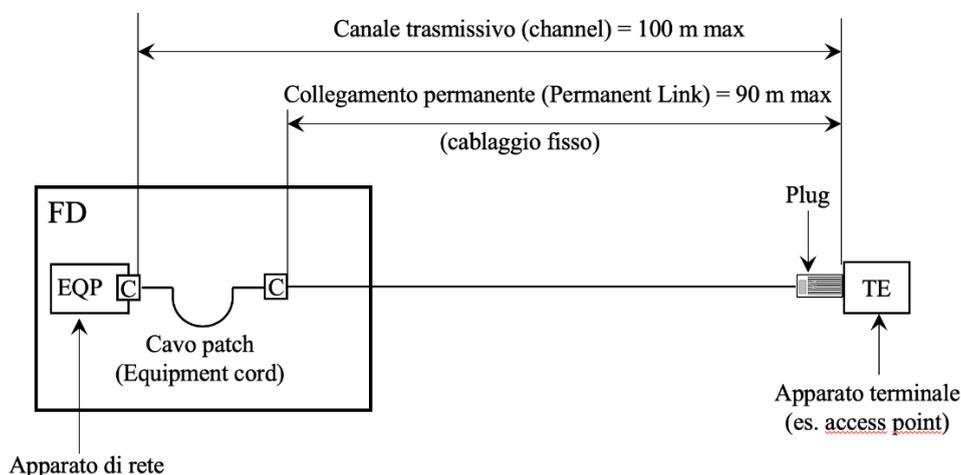
## 4.7 TIA/EIA 568.2 D E LA TERMINAZIONE SUL PLUG

Lo standard TIA/EIA 568.2 D dell'anno 2019 introduce l'uso del plug RJ45 nella terminazione del cablaggio di piano, specificando però che può essere realizzata solo in casi *molto limitati* come, per esempio, la connessione di un access point, di una video camera, di un tornello intelligente per l'accesso ai locali.

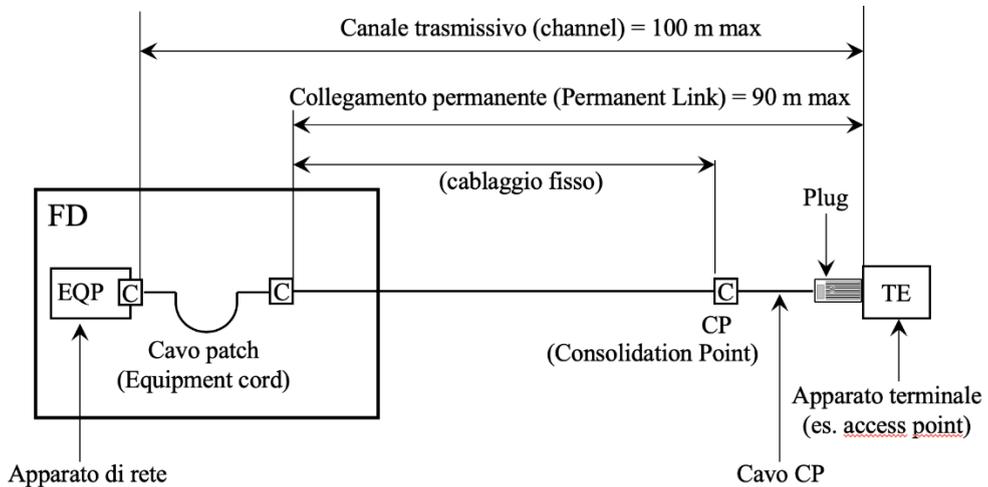
In questo tipo di cablaggio, denominato MPTL (Modular Plug Terminated Link), è ammessa sia la connessione diretta (figura 4.33), sia la connessione con la presenza del Consolidation Point (figura 4.34).

Il cablaggio MPTL richiede un'attenzione particolare durante la fase di collaudo, in quanto bisogna attrezzare lo strumento di test con l'adattatore MPTL che viene fornito come opzione aggiuntiva per questo tipo di connessione. Se si usa il kit standard senza quest'adattatore, i risultati delle misure non sono attendibili. Per il collaudo, visto il costo aggiuntivo dell'adattatore MPTL, si potrebbe procedere nel seguente modo:

- se l'apparato da connettere dispone di una porta Ethernet avente una velocità massima di 1 Gb/s il collaudo potrebbe essere effettuato con il kit standard dello strumento perché una modesta imprecisione dei parametri misurati non ha impatti significativi sulla connessione;
- se l'apparato da connettere dispone di una porta Ethernet avente una velocità superiore a 1 Gb/s (caso comune di access point connessi a 2.5 o 5 Gb/s) è necessario dotarsi dell'adattatore MPTL.



**Fig. 4.33** – Cablaggio MPTL



**Fig. 4.34** – Cablaggio MPTL con Consolidation Point

## 4.8 IL CABLAGGIO INTELLIGENTE

Il cablaggio intelligente è stato inventato a metà degli anni '90 dalla RITT (azienda israeliana) nella modalità denominata oggi "Cross-Connect". L'obiettivo di questa soluzione è facilitare il compito del gestore del cablaggio, tenendo traccia delle permutte dei cavi di patch tra il pannello di terminazione dei cavi di piano e la presunta porta dello switch di rete, in modo il più possibile automatico ed evitare quindi il costante aggiornamento della tabella delle permutte di ogni rack di piano. Non viene però presa in considerazione la permutta lato utente. Il sistema di cablaggio intelligente della RITT e di diversi sistemi oggi concorrenti, usano i modelli di cablaggio con interconnessione indiretta (figure 4.22 e 4.23).

Tutte le soluzioni di cablaggio intelligente necessitano di un cavo di patch particolare che deve poter indicare all'elettronica la propria presenza per tenere traccia della permutazione. Questo cavo è proprietario ed i produttori utilizzano tecniche differenti per segnalare la sua presenza:

- alcuni produttori inseriscono un puntalino dorato esterno al gruppo degli otto contatti elettrici dove vengono terminate le quattro coppie, ma

comunque integrato nell'involucro del connettore; questo puntalino prende il nome di *nono pin*. Su questo pin viene terminato un ulteriore conduttore rispetto a quelli che costituiscono le quattro coppie del cavo di patch;

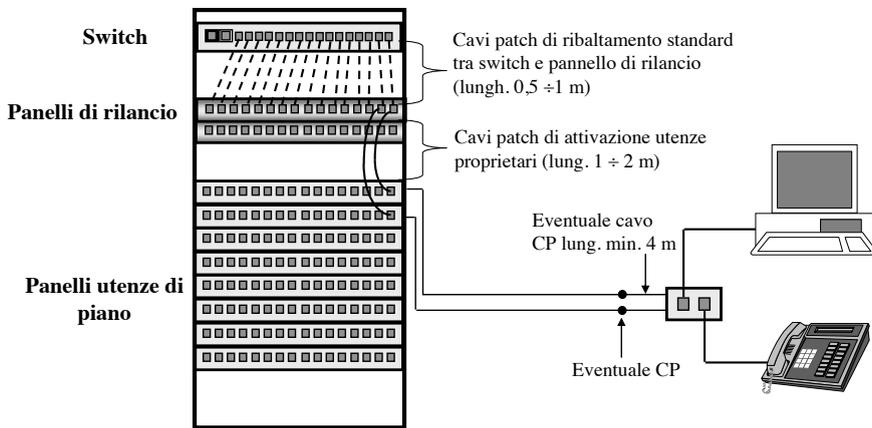
- altri produttori utilizzano una tecnica capacitiva per rilevare la presenza del cavo. Anche in questo caso il cavo è proprietario, perché vengono impiegati dei connettori con una forma esterna particolare che permette all'elettronica del pannello di rilevare la variazione capacitiva.

Nelle soluzioni Cross-Connect (figura 4.35) si ribaltano tutte le 24 porte dello switch su un pannello di rilancio tramite 24 cavi di patch, quindi la porta 1 dello switch verrà ribaltata sulla presa 1 del pannello di rilancio ed in modo analogo le restanti 23 porte. Gli switch ed i pannelli di rilancio hanno entrambi la modularità 24 porte.

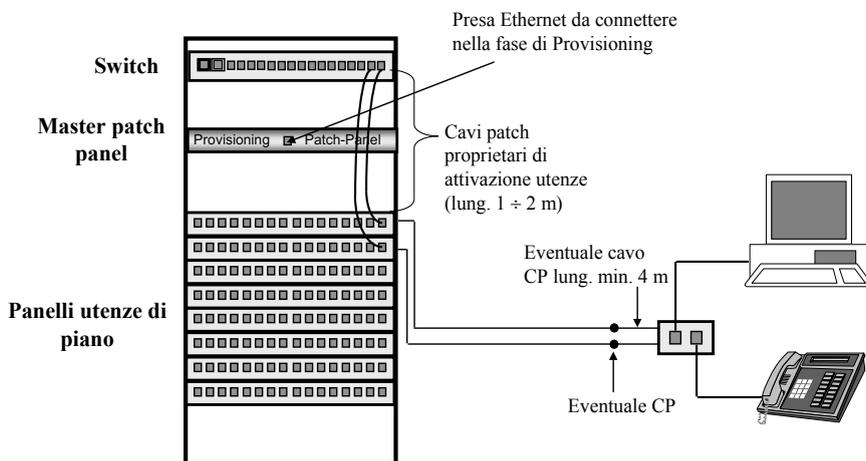
Tutte le porte del pannello di rilancio vengono connesse allo switch tramite dei cavi di patch standard, al contrario, il cavo di connessione tra il pannello utenze e quello di rilancio è proprietario e dispone in genere del "*nono pin*", che permette di tenere traccia del contatto fisico/elettrico delle porte dei pannelli utenze e rilancio.

I pannelli utenze e rilancio, riportano i contatti elettrici di presenza cavo ad un apparato elettronico che invia i dati ad un server centrale, il quale tiene traccia delle connessioni tra pannello utenza e pannello di rilancio e, di conseguenza, le porte dello switch che sono su questo ribaltate.

L'attivazione o lo spostamento di un'utenza su una diversa porta di rilancio dello switch, provoca l'immediato aggiornamento del database del server di monitoraggio.



**Fig. 4.35** – Cablaggio intelligente di tipo “Cross Connect”



**Fig. 4.34** – Cablaggio intelligente di tipo “No Cross Connect”

Esistono infine i sistemi di cablaggio di tipo “No Cross Connect” che adottano i modelli di interconnessione diretta (figure 4.20 e 4.21). Nel sistema di cablaggio intelligente “No Cross-Connect”, ogni pannello utenza ha una parte di elettronica che serve per sentire la presenza del cavo di patch proprietario, tramite tecnica capacitiva, ed attivare i LED presenti in corrispondenza di ogni presa

necessari nella fase di Provisioning. In ogni rack deve essere presente un ulteriore pannello che ha un'elettronica particolare e viene utilizzato solo nella fase di Provisioning (figura 4.36) dei cavi di patch.

Nella fase di Provisioning bisogna effettuare le seguenti operazioni:

- definire sul server quale porta dello switch deve essere connessa ad una determinata porta del pannello utenze (Provisioning della porta);
- collegare la porta dello switch desiderata alla porta Ethernet del pannello di Provisioning il quale rileva via CDP (Cisco Discovery Protocol) o LLDP (Link Layer Discovery Protocol) la porta dello switch;
- il server attiva, a sua volta, il LED della porta del pannello utenze nella quale si deve collegare il cavo di patch;
- si sposta il cavo di patch dalla porta di gestione del pannello di Provisioning a quella del pannello utenze indicata dal LED. Se il cavo di patch viene connesso alla porta sbagliata il server riporta un errore di collegamento.

Questi vari sistemi di cablaggio intelligente, sebbene siano ormai disponibili da almeno 20 anni, non hanno avuto un grande successo, ciò nonostante i produttori continuano a crederci e ad investire. Le ragioni del mancato successo sono le seguenti:

- i sistemi di tipo "Cross Connect" sono quelli più semplici da gestire, ma richiedono circa il doppio di spazio nei rack, inoltre, ancora oggi, non è chiaro e garantito, se a seguito della doppia permuta lato rack e dell'eventuale Consolidation Point, passino i test di channel della categoria 6A a causa della somma dei fenomeni di diafonia e return loss. Il test di channel include tutti i componenti passivi del cablaggio, compresi i cavi di patch, e rispecchia i requisiti minimi di canale degli standard di rete a più alta velocità;
- i sistemi di tipo "No Cross Connect" hanno una gestione del Provisioning e delle sequenze di permutazione piuttosto complessa e meno immediata;
- nel rack di piano si devono utilizzare dei cavi di patch proprietari;
- le aziende sono in genere disposte a fare degli investimenti su hardware e software, ma non sono disposte a spendere denaro per i costi ricorrenti del personale necessario a gestire il software di monitoraggio, quand'anche si trattasse di una sola persona impiegata a tempo parziale;

- dal punto di vista del personale che deve gestire la rete, i sistemi di cablaggio intelligente forniscono un'informazione parziale delle connessioni, perché questa si limita alla permuta dentro il rack di piano, mentre al gestore di rete interessa sapere ogni utenza a quale porta dello switch è connessa. Quest'informazione, al contrario, è facile conoscerla attraverso l'installazione di un semplice pacchetto software che tramite il protocollo CDP o LLDP tiene traccia delle connessioni end-to-end. Si noti, infine, che sulle piattaforme Linux, questo software, che si chiama "*lldpd*", è gratuito perché è open-source. Per le piattaforme Microsoft esistono dei minuscoli programmi applicativi con costi di licenze ridottissimi (da 8 a 10 Euro per PC o Server) che visualizzano graficamente le connessioni con gli apparati vicini.

L'integrazione del protocollo CDP o LLDP è ormai diffusissima anche sui telefoni VoIP e apparati di vario tipo. Interrogando lo switch si può sapere quanti PC o apparati sono ad esso connessi e su quali porte e, interrogando il PC, si può sapere a quale porta dello switch è connesso. Le figure 4.37 e 4.38 mostrano la visualizzazione delle connessioni adiacenti lato PC con sistema operativo Linux e lato Switch.

```
root@ubuntu:/etc/default# lldpdctl
-----
LLDP neighbors
-----
Interface: eth0
ChassisID: Switch_vlan_10 (local)
SysName:   Switch_vlan_10
SysDescr:
  cisco WS-C2950G-24-EI running on
  Cisco Internetwork Operating System Software
  IOS (tm) C2950 Software (C2950-I6Q4L2-M), Version 12.1(22)E1,
  RELEASE SOFTWARE (fcl)
  Copyright (c) 1986-2004 by cisco Systems, Inc.
  Compiled Mon 12-Jul-04 08:18 by madison
Caps:      Bridge(E)
PortID:    FastEthernet0/9 (ifName)
PortDescr: FastEthernet0/9
-----
root@ubuntu:/etc/default#
```

**Fig. 4.37** – Visualizzazione CDP da un PC con S.O. Linux

```
Switch_vlan_10#sho cdp neighbors detail
-----
Device ID: ubuntu
Entry address(es):
  IP address: 10.24.56.47
Platform: Linux, Capabilities:
Interface: FastEthernet0/9, Port ID (outgoing port): eth0
Holdtime : 95 sec

Version :
Linux 2.6.31-22-generic #60-Ubuntu SMP Thu May 27 00:22:23 UTC 2010 i686

advertisement version: 1
Management address(es):
-----
```

**Fig. 4.38** – Visualizzazione CDP da uno switch Cisco

## 4.9 COPERTURA WIRELESS DELL'EDIFICIO

Gli edifici moderni dispongono sia del cablaggio strutturato, sia della copertura wireless che diventa sempre più una parte integrante del cablaggio. La copertura wireless spesso non si limita ai soli piani, ma quando si fa anche uso di telefonia mobile VoIP, si estende anche ai vani scale. In pratica la telefonia mobile VoIP basata su tecnologia wireless 802.11 sta diventando un sostituto della telefonia DECT.

Quando si progetta il cablaggio di un edificio è necessario anche posizionare gli access point wireless e visto che questi vengono spesso montati nel controsoffitto, a patto che non sia di tipo metallico, è necessario prevedere due cavi per ogni access point, sebbene ne sarebbe sufficiente uno solo. Il secondo cavo è utile in caso di guasto o rottura accidentale del primo, perché spesso questi cavi vengono posati in luoghi difficilmente accessibili ed angusti, quindi la posa di un nuovo cavo sarebbe complessa ed onerosa.

La progettazione, che ha come risultato il posizionamento degli access point, è opportuno effettuarla per soddisfare almeno i requisiti degli standard 802.11b/g/n che operano a 2,4 GHz, sebbene molti access point siano del tipo dual-band e possano operare anche a 5 GHz. Lo standard 802.11a, che opera a 5

GHz, nell'ambito Indoor è scarsamente utilizzato per varie ragioni di seguito descritte:

- ha una potenza di uscita in antenna di soli 40 mW, contro i 100 mW degli standard 802.11b/g/n;
- le onde radio a 5 GHz tendono di più a rimbalzare sui muri, invece che attraversarli, rispetto a quelle a 2.4 GHz;
- nei sistemi operativi Microsoft e Linux i driver di rete, nella fase di associazione all'access point, scelgono prioritariamente i canali che operano a 2.4 GHz;
- molti apparati diversi dai PC, come per esempio i telefoni wireless, o i telefoni cellulari che dispongono anche dell'elettronica WLAN (Wireless LAN), operano spesso solo a 2.4 GHz;
- a seguito della ridotta potenza di uscita è mediamente necessario un numero di access point almeno doppio rispetto agli standard 802.11b/g/n.

Il vantaggio che offre lo standard 802.11a consiste in una maggiore disponibilità di banda ed una più semplice pianificazione dei canali radio, perché le interferenze tra questi, per effetto di un diverso sistema di codifica, sono inferiori rispetto agli standard 802.11b/g/n. Inoltre, l'inquinamento sulle frequenze a 5 GHz è quasi nullo.

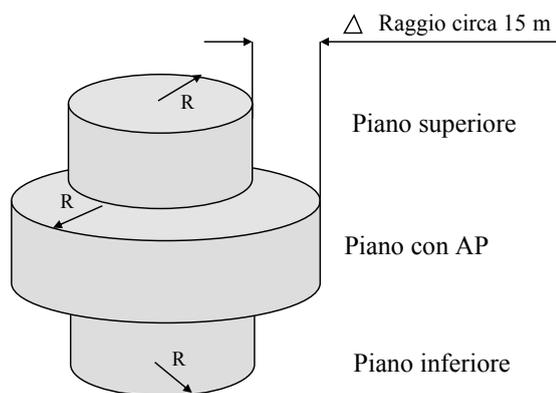
Per le ragioni precedentemente descritte, gli access point si dispongono ad una certa distanza in modo da ridurre le interferenze tra i canali a 2.4 GHz, al contrario, se si progettasse la copertura radio, per funzionare in modo ottimale a 5 GHz si dovrebbero installare almeno il doppio degli access point, i quali, essendo più vicini tra loro, potrebbero creare dei problemi d'interferenza per i canali a 2.4 GHz.

Negli edifici moderni adibiti ad uffici, la maggior presenza di strutture metalliche e cemento armato tende a creare un effetto di tipo "Gabbia di Faraday", quindi aumenta l'immunità alle interferenze di apparati wireless esterni presenti in edifici vicini e semplifica la progettazione e la realizzazione della copertura wireless all'interno dell'edificio. Per contro, questo effetto schermante degli edifici moderni, crea a volte dei problemi alla telefonia cellulare, quindi, in alcuni casi, bisogna installare dei ripetitori GSM nelle zone d'ombra dell'edificio.

Per progettare la copertura wireless di un edificio bisogna lavorare sulle planimetrie dell'edificio e posizionare gli access point basandosi su una serie di criteri che verranno di seguito descritti. Prima e dopo la progettazione è

comunque necessario effettuare una site-survey nell'edificio per verificare in campo la reale propagazione del segnale radio. La site-survey non richiede apparecchiature particolarmente complesse: è sufficiente dotarsi di due access point, per verificare le possibili interferenze tra loro quando sono posizionati ad una determinata distanza, di un'interfaccia di rete wireless seria e di un software che indichi il livello del segnale radio (esistono anche dei software gratuiti open source). In genere questi software indicano col colore verde un segnale di buona o ottima qualità, con il colore arancio un segnale di bassa qualità, ma ancora accettabile e con il colore rosso un segnale di cattiva qualità. Per avere una copertura wireless ottimale sarebbe opportuno che nella gran parte dei luoghi di un edificio ci fosse un segnale di buona qualità.

Quando si progetta la copertura wireless di un piano bisogna considerare che c'è propagazione del segnale anche tra due piani adiacenti, sebbene il segnale, a seconda del tipo di soletta, subisca un'attenuazione di circa 20-25 dB. In un edificio quindi, per effetto dell'attenuazione tra due piani adiacenti, la copertura di una cella è idealmente assimilabile ad una serie di corone circolari concentriche in cui, data una certa corona a partire dal centro lobo dell'access point del piano adiacente, si rileva un segnale di potenza equivalente spostandosi di circa 15 metri verso il centro lobo sul piano, dove arriva il segnale propagato del piano adiacente (figura 4.39).



**Fig. 4.39** – Propagazione wireless tra piani adiacenti

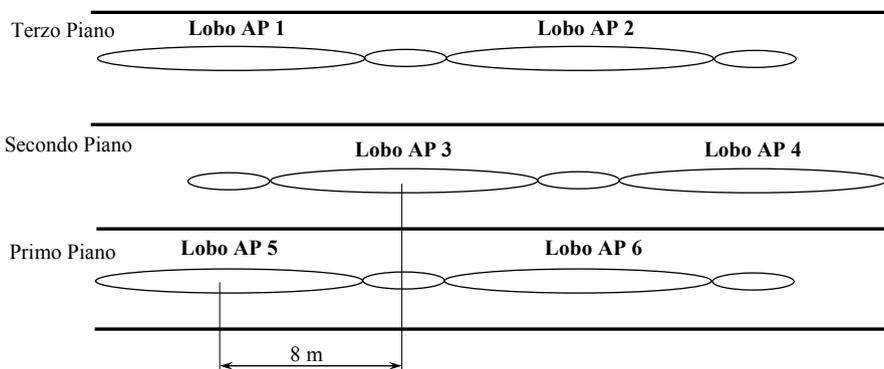
Criteri di progetto per la realizzazione di una copertura wireless in un edificio con gli uffici di tipo open space:

- distanziare gli access point di circa 15-20 metri per semplificare l'assegnazione dei canali radio e ridurre le interferenze tra loro;
- sfasare la posizione degli access point di due piani adiacenti di circa 8 metri (figura 4.40) per ridurre le interferenze tra i piani;
- nei vani scale può essere sufficiente installare un access point ogni 2 piani, in tal modo si riduce il rischio di interferenza tra i canali lungo la tromba delle scale.

I criteri sopra descritti si possono applicare anche in quei piani dove esiste un pavimento tecnico e gli uffici sono realizzati con pareti leggere smontabili in cartongesso o legno. In questa tipologia di uffici gli access point vengono installati nel corridoio che divide in genere le due ali di uffici.

In base ai criteri descritti risulta evidente che la progettazione va effettuata sia considerando il piano orizzontale, sia quello verticale, per evitare interferenze tra i piani adiacenti.

Quand'anche infine la progettazione non fosse perfetta, e nella fase di attivazione della rete wireless si riscontrasse che è necessario spostare di alcuni metri un access point, è sufficiente collegare questo con un cavo di patch, avente una lunghezza di 5 o 7 metri, alla scatola di derivazione posizionata nel controsoffitto e fissare l'access point nel punto ideale del piano.



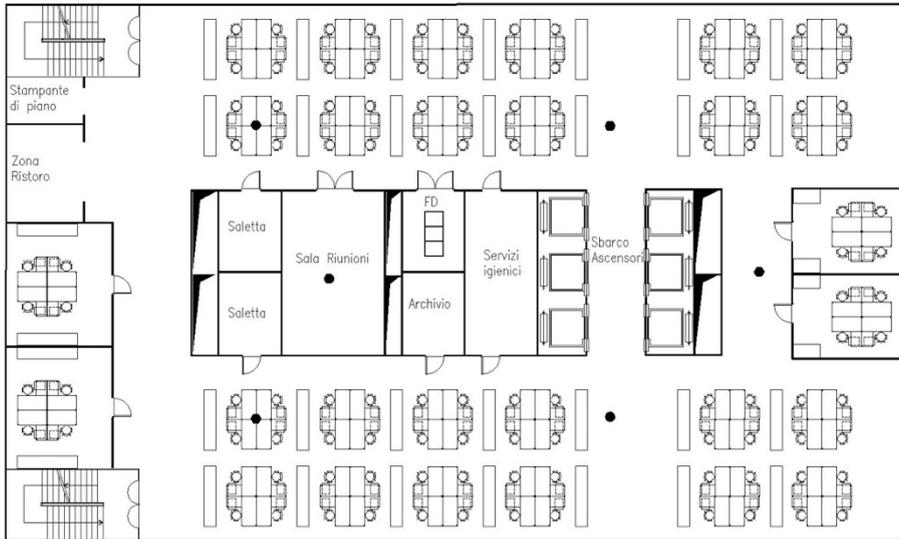
**Fig. 4.40** – Sfasamento di posizione degli Access Point tra piani adiacenti

A titolo di esempio, riportiamo il posizionamento degli access point in un edificio ipotetico con uffici di tipo open space. L'edificio rappresentato nelle figure 4.41 e 4.42 ha una lunghezza di 48 metri e una larghezza di 28 metri, con 112 posti di lavoro per ogni piano uffici.

Le due figure 4.41 e 4.42, rappresentano l'alternanza di posizionamento degli access point dei piani adiacenti. Supponiamo che l'edificio abbia 21 piani fuori terra, escludiamo il piano terreno, del quale non c'è il disegno e dove c'è sicuramente un layout diverso, perché c'è lo spazio dedicato all'ingresso dell'edificio e alla reception. Supponiamo che i piani uffici dal primo al ventunesimo siano modulari, come spesso succede, gli access point verranno posizionati secondo lo schema della figura 4.41 per i piani con numero dispari, mentre lo schema della figura 4.42 verrà applicato per i piani con numero pari.



**Fig. 4.41** – Posizionamento degli AP per i piani con numerazione dispari



**Fig. 4.42** – Posizionamento degli AP per i piani con numerazione pari

#### 4.10 IL CABLAGGIO NEI DATA CENTER

Il cablaggio nei Data Center viene realizzato in gran parte in fibra ottica e in parte minore in rame. Il rame viene utilizzato per le connessioni Ethernet 10/100/1000 Mb/s e per le connessioni a 10 Gb/s con il cavo mini Twinax nel cablaggio di tipo “Top of Rack”.

La normativa Europea EN 50173-5 nel 2007 ha emanato delle specifiche per la realizzazione del cablaggio nei Data Center. Queste specifiche riprendono l’architettura stellare gerarchica della normativa EN 50173-1 per gli edifici, ma cambiano i termini degli elementi di seguito elencati:

- *BEF (Building Entrance Facility)* è la struttura d’ingresso dell’edificio;
- *ENI (External Network Interface)* è l’interfaccia di rete esterna;
- *MD (Main Distributor)* è la distribuzione del cablaggio principale, in pratica è il Centro Stella di Sala;
- *ZD (Zone Distributor)* è la distribuzione del cablaggio di zona, in pratica è il rack di Rete che fornisce la connettività ad una file di rack Server;

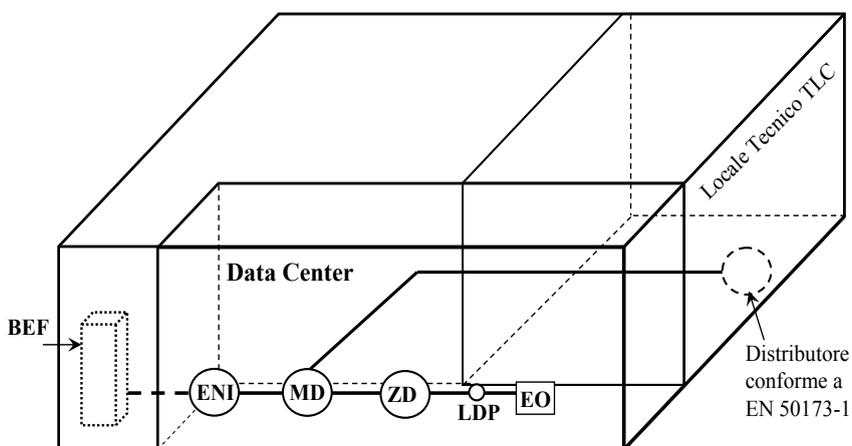
- *LDP (Local Distributor Point)* è il punto di distribuzione locale e corrisponde in genere al pannello di terminazione dei cavi rame e delle fibre nei rack che ospitano i Server, si veda a titolo di esempio la figura 4.45;
- *EO (Equipment Outlet)* è la presa di connessione di rete dell'apparato elettronico (Server, Storage, Mainframe).

La normativa EN 50173-5 prevede due schemi architeturali: il primo di tipo stellare gerarchico senza ridondanze (figure 4.43 e 4.44), il secondo di tipo fault tolerant, ad alta affidabilità, con diversi collegamenti ridondanti possibili (figura 4.46).

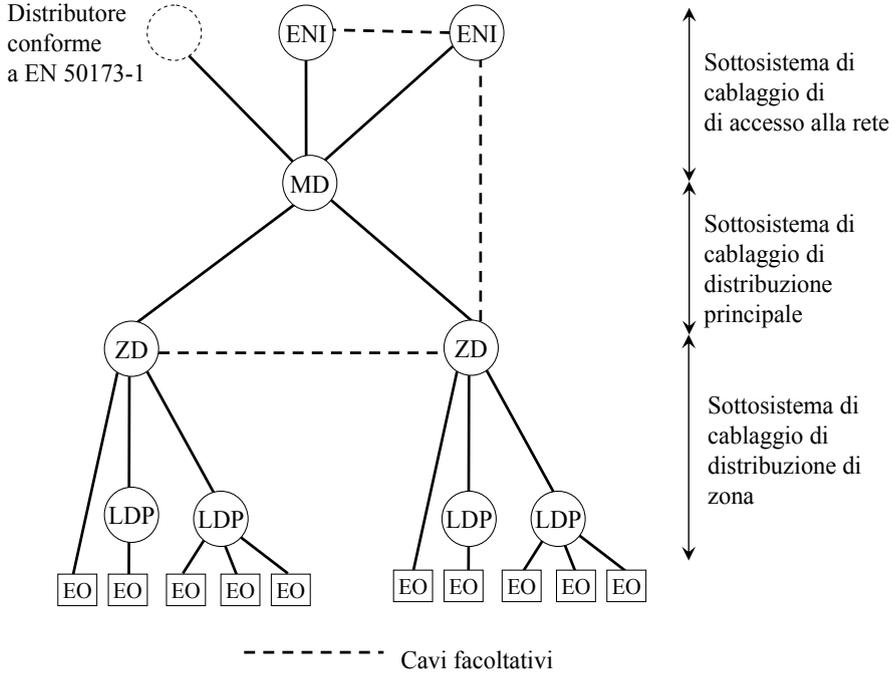
Il Data Center è tipicamente connesso alla rete di edificio o comprensorio attraverso un collegamento tra la distribuzione principale MD e la distribuzione di edificio BD o di comprensorio CD. Questi due tipi di distribuzione del cablaggio BD e CD sono indicati genericamente nelle figure 4.43, 4.44 e 4.46 con il termine "Distributore conforme a EN 50173-1".

L'interfaccia ENI potrebbe essere:

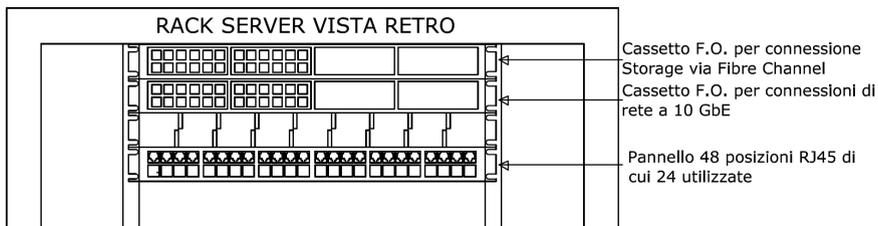
- uno switch locale di tipo Ethernet o Fibre Channel che realizza la connessione verso un secondo Data Center, situato in un altro edificio, che opera con il primo in modalità "Business Continuity";
- un apparato di rete dell'operatore TLC che fornisce la connettività verso il Data Center di Disaster Recovery.



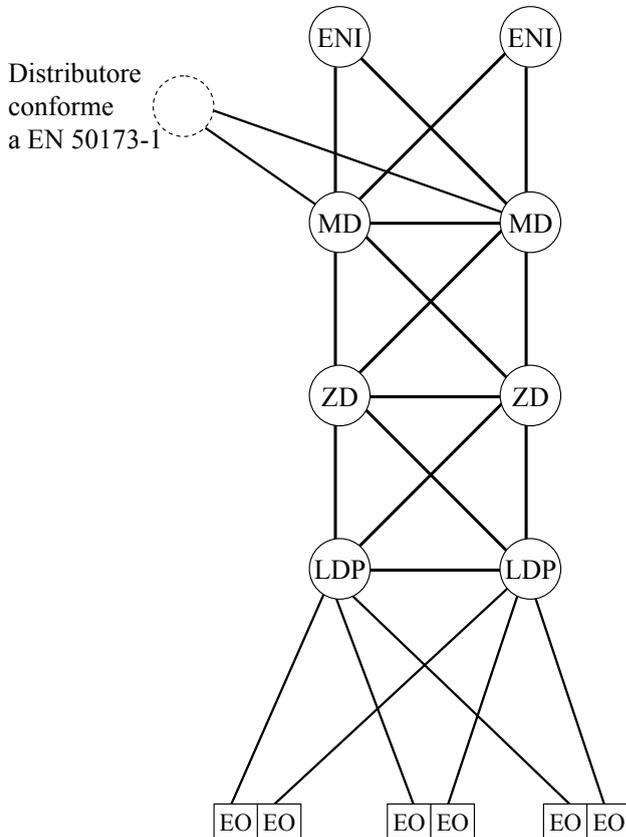
**Fig. 4.43** – Esempio di alloggiamento degli elementi del cablaggio



**Fig. 4.44** – Modello architetturale del cablaggio per il Data Center



**Fig. 4.45** – LDP all'interno del Rack Server



**Fig. 4.46** – Modello architetturale di tipo fault tolerant

Il Data Center durante il suo ciclo di vita subisce cambiamenti frequenti come:

- aggiunta di rack contenenti server;
- sostituzione di server datati;
- inserimento di nuovi sistemi di storage;
- spostamento di server e storage;
- sostituzione di mainframe.

Per tutte le ragioni precedentemente citate – e anche per un maggior ordine del cablaggio – nei Data Center vengono sempre di più impiegati i sistemi di cablaggio pre-intestati basati sui cavi e cassette ottici con bussole e connettori MPO/MTP (figura 4.47). Questi cassette nella parte posteriore hanno una o due bussole MPO/MTP e nella parte anteriore hanno 6 o 12 bussole SC o più frequentemente LC. I connettori MPO e MTP sono equivalenti e compatibili sebbene abbiano piccole differenze meccaniche, in questo capitolo useremo per comodità il termine MPO perché è quello più usato.

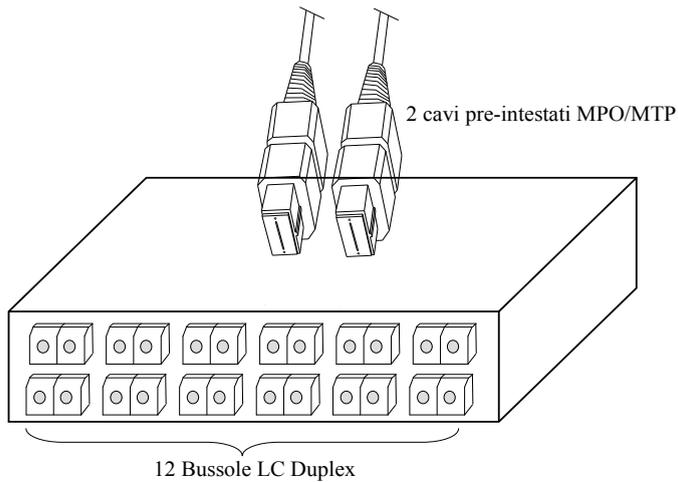
Le connessioni tra gli elementi del Data Center possono essere realizzati tramite cavi pre-intestati multifibre a 12 fibre, terminati alle due estremità sui connettori MPO che, a loro volte, vengono connessi nei cassette ottici MPO – LC (figura 4.47).

Quando si realizzano i collegamenti con i componenti pre-intestati MPO, bisogna prestare molta attenzione alla scelta dei materiali e al calcolo dell'attenuazione totale di canale, soprattutto quando si utilizza la fibra ottica multimodale in cui il Power Budget a disposizione per il cablaggio è molto ridotto. I cassette MPO introducono le seguenti attenuazioni:

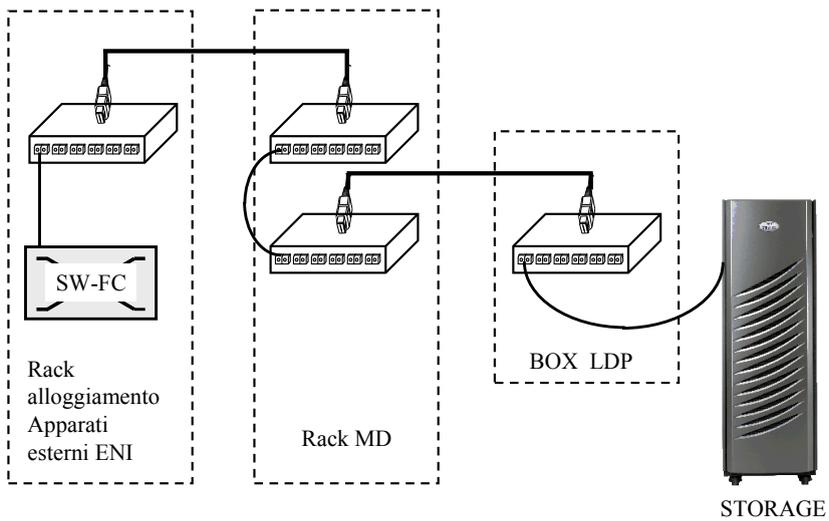
- i cassette multimodali o monomodali introducono un'attenuazione di 0.75 dB;
- i cassette multimodali o monomodali ottimizzati (Optimate o Low Loss) introducono un'attenuazione massima di 0,5 dB. Quando si usano i cassette ottici ottimizzati, bisogna utilizzare anche i cavi trunk MPO-MPO ottimizzati e le bretelle ottiche ottimizzate.

Per meglio comprendere le implicazioni delle attenuazioni introdotte dai sistemi pre-intestati, facciamo un esempio. Osserviamo la figura 4.48 e, per semplificare il calcolo, immaginiamo che le tre zone del Data Center siano connesse con cavi MPO-MPO da 20 metri, quindi, l'attenuazione della fibra è trascurabile. Adesso immaginiamo di andare a connettere lo Storage allo Switch-FC in Fibre Channel con lo standard 800-M5F-SN-I (8 Gb/s). In questo caso, l'intero canale trasmissivo non deve attenuare più di 2,19 dB (tabella 4.10), ma se sommiamo le attenuazioni dei 4 cassette ottimizzati MPO-LC e l'attenuazione della bretella ottica di rilancio nel rack "MD", otteniamo un'attenuazione di canale pari a  $0,5 \times 4 + 0,5 = 2,5$  dB, quindi, l'attenuazione risultante sarebbe un po' fuori dai limiti. Se invece pensassimo di utilizzare lo standard Fibre Channel per fibra ottica monomodale 800-SM-LC-L, che ammette una perdita d'inserzione di 6,4 dB, il canale rappresentato nella figura 4.48 avrebbe un'attenuazione

accettabile anche se usassimo dei cassettei MPO-LC non ottimizzati, perché nel caso peggiore otterremmo un'attenuazione di canale pari a  $14 + 0,5 = 4,5$  dB.

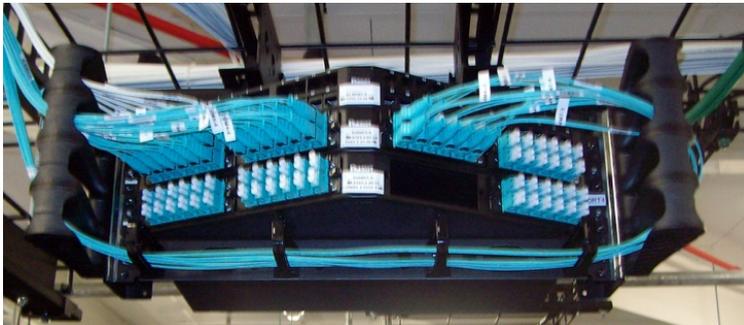


**Fig. 4.47** – Cassetto ottico FAN-OUT MPO – LC



**Fig. 4.48** – Esempio di cablaggio con sistema pre-intestato MPO

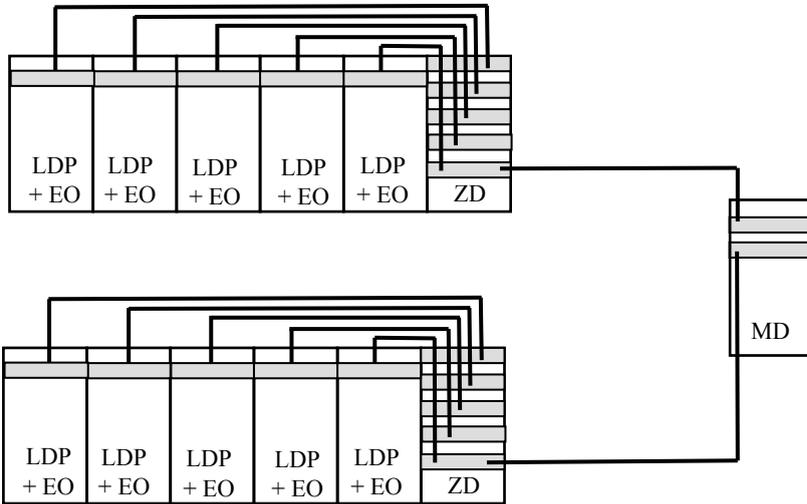
I Data Center hanno in genere due tipologie di cablaggio nelle sale macchine: quella per ospitare i server rack-mountable e quella per collegare gli Storage o il Mainframe IBM. Gli Storage vengono in genere forniti con un rack pre-cablato e hanno in genere gli accessi cavi dall'alto; il Mainframe IBM, a seconda di come viene ordinato, può avere l'accesso dei cavi dal basso (caso più frequente) o dall'alto. Per l'accesso dei cavi dall'alto, si realizza un cablaggio Over-Head utilizzando degli appositi cassettei, si veda a titolo di esempio la figura 4.49.



**Fig. 4.49** – Esempio di cablaggio Over-Head

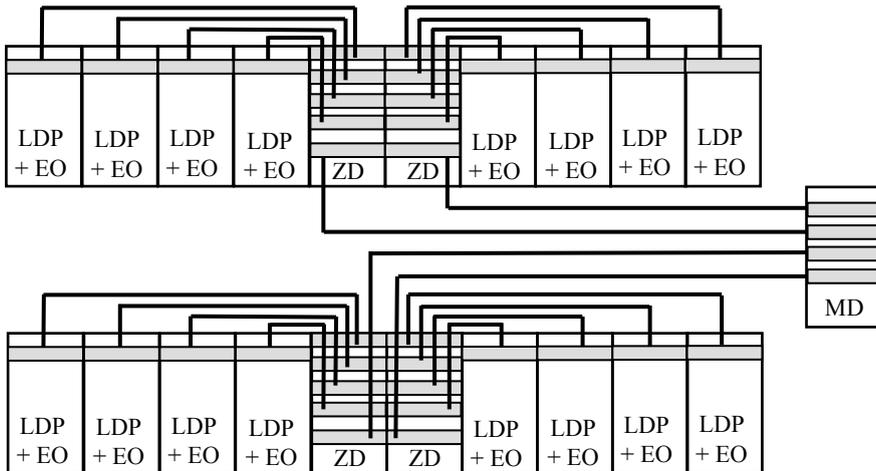
Nel caso di sala macchine per i server rack-mountable esistono tre diverse tecniche di cablaggio: EOR (End Of Row), MOR (Middle Off Row) e TOR (Top Of Rack).

La tecnica EOR è quella più datata ed è utilizzata dove ci sono un certo numero di file di rack. Alla fine della fila ci sono normalmente uno o due rack dove vengono montati gli switch di rete per la connessione dei server. Per avere un'elevata flessibilità si usano tipicamente i sistemi pre-intestati sia in fibra ottica, basati sul connettore MPO, sia in rame. Normalmente il rack fine fila svolge la funzione ZD (figura 4.50). Il rack Server svolge le funzioni di LDP e EO con riferimento alle prese di rete presenti nei vari server (si vedano le figure 4.46 e 4.50). È buona regola inserire al massimo 5 rack Server per fila, se nel rack fine fila, dove vengono ubicati gli switch, si usano pannelli rame e fibra ad elevata densità, si possono realizzare file con al massimo 7 rack Server.

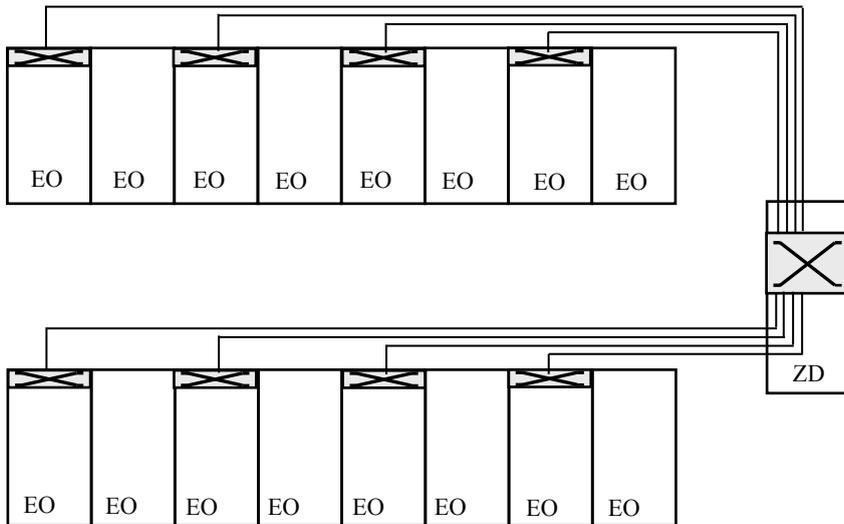


**Fig. 4.50** – Cablaggio End Of Row

La tecnica MOR (Middle Off Row), dove i rack di distribuzione locale di rete sono grosso modo al centro della Fila, è utile quando si devono realizzare file molto lunghe di rack Server (da 8 a 14), in tal caso si posiziona tipicamente una coppia di rack di rete (ZD) in mezzo alla fila (figura 4.51).



**Fig. 4.51** – Cablaggio Middle Of Row



**Fig. 4.52** – Cablaggio Top Of Rack

Il cablaggio Top Of Rack viene tipicamente impiegato nei Data Center dove si adotta la tecnologia convergente FCoE (Fibre Channel over Ethernet), in cui i server hanno una sola coppia di schede di rete (per ragioni di ridondanza) a 10 Gb/s denominate CNA (Converged Network Adapter) che integra le funzioni di connettività alla rete aziendale e ai sistemi di storage. Nel cablaggio TOR ci può essere uno switch ogni rack, oppure, per ottimizzare i costi e le risorse, ci può essere uno switch ogni 2 o 3 rack, a seconda della densità dei server presenti. Lo switch in testa al rack connette direttamente tutti i server (figura 4.52).

#### 4.10.1 Lo standard americano TIA-942

Lo standard americano TIA-942 si differenzia da quello europeo in quanto usa una diversa terminologia, dà delle indicazioni utili circa l'organizzazione logica del Data Center, fornisce dei suggerimenti pratici utili, ma adotta lo stesso modello stellare gerarchico della normativa Europea EN 50173-5.

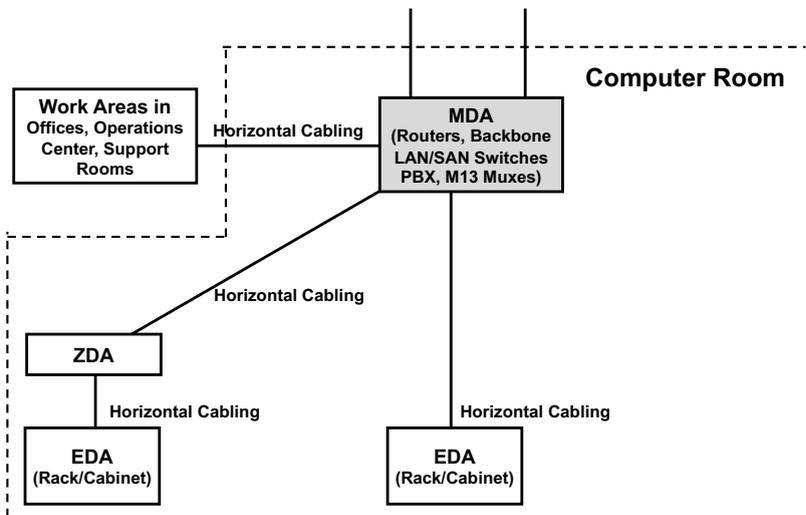
Gli elementi logici dell'architettura del cablaggio sono i seguenti e sono anche rappresentati nella figura 4.54:

- *Entrance Room* è il locale adibito agli accessi degli operatori TLC, in questo locale sono presenti gli apparati degli operatori denominati *ENI (External Network Interface)*;
- *MDA (Main Distribution Area)* è la distribuzione principale di sala, ovvero il Centro Stella di Sala costituito, in genere, da un insieme di rack nei quali è presente il *Main Cross Connect (MC)*, costituito da un certo numero di pannelli rame e fibra di permutazione;
- *HDA (Horizontal Distribution Area)* è la distribuzione di zona o isola con l'insieme dei pannelli di permuta rame e fibra denominati *HC (Horizontal Cross Connect)*, in pratica, è il rack di Rete che fornisce la connettività ad una fila di rack Server;
- *ZDA (Zone Distribution Area)* è il punto di distribuzione verso le porte di rete dei Server costituito dai punti di permutazione del *Consolidation Point (CP)* e corrisponde, in genere, al pannello di terminazione dei cavi rame e delle fibre nei rack che ospitano i Server, si veda a titolo di esempio la figura 4.45;
- *EDA (Equipment Distribution Area)* è la distribuzione delle connessioni di rete agli apparati elettronici (Server, Storage, Mainframe) costituita dalle varie prese *EO (Equipment Outlet)*.

Lo standard TIA-942 fornisce una serie di specifiche ed indicazioni utili per il progettista del cablaggio, di seguito elencate:

- Il Data Center deve disporre almeno di una MDA (Main Distribution Area);
- Il cablaggio overhead è preferibile, perché migliora l'efficienza del sistema di cooling (si intende preferire le vie cavi su canalizzazioni aeree);
- Bisogna minimizzare il cablaggio sotto pavimento:
  - Nel cablaggio sotto pavimento bisogna ridurre al minimo l'impatto con il flusso di aria fredda del cooling;
  - Bisogna progettare i percorsi sotto pavimento per ridurre l'impatto sul cooling;
  - I percorsi sotto pavimento dovrebbero essere opposti ai flussi di aria fredda;

- Le dimensioni delle canaline devono essere appropriate per ridurre l'impatto sul cooling;
- Per il cablaggio rame si raccomanda l'uso di categoria 6A;
- Per il cablaggio fibra si raccomanda l'uso di categoria OM4;
- Lo standard fornisce indicazioni sulla progettazione sia per i Data Center di grandi dimensioni, con ridondanze di collegamenti (figura 4.55), sia di piccole dimensioni (figura 4.53).



**Fig. 4.53** – Data Center di piccole dimensioni

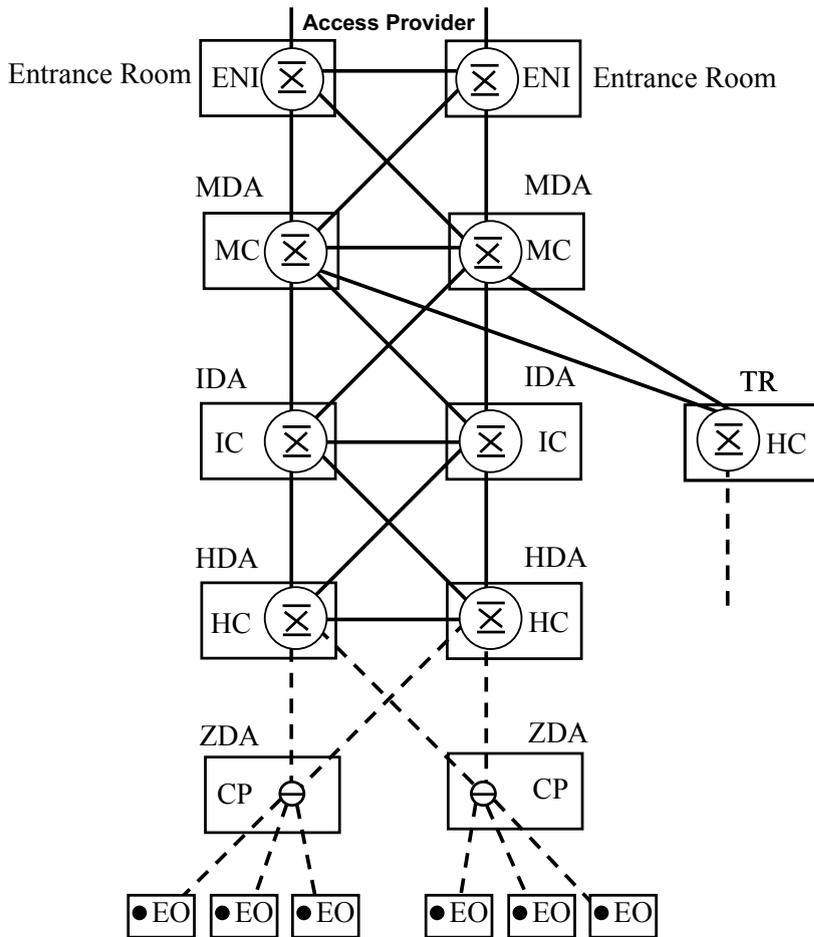


Fig. 4.54 – Modello architetturale di tipo fault tolerant TIA-942

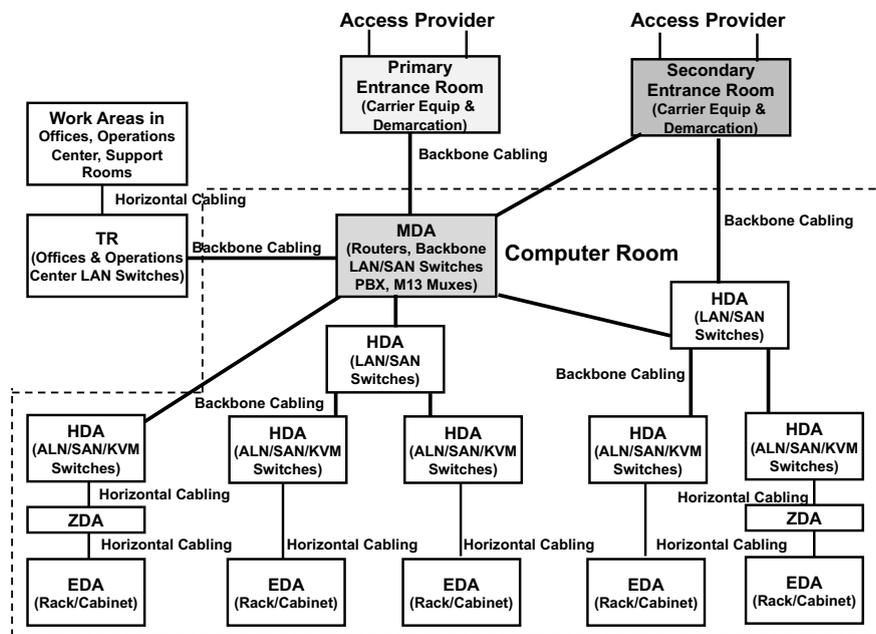


Fig. 4.55 – Data Center di grandi dimensioni

#### 4.10.2 I sistemi pre-cablati e il cablaggio parallelo

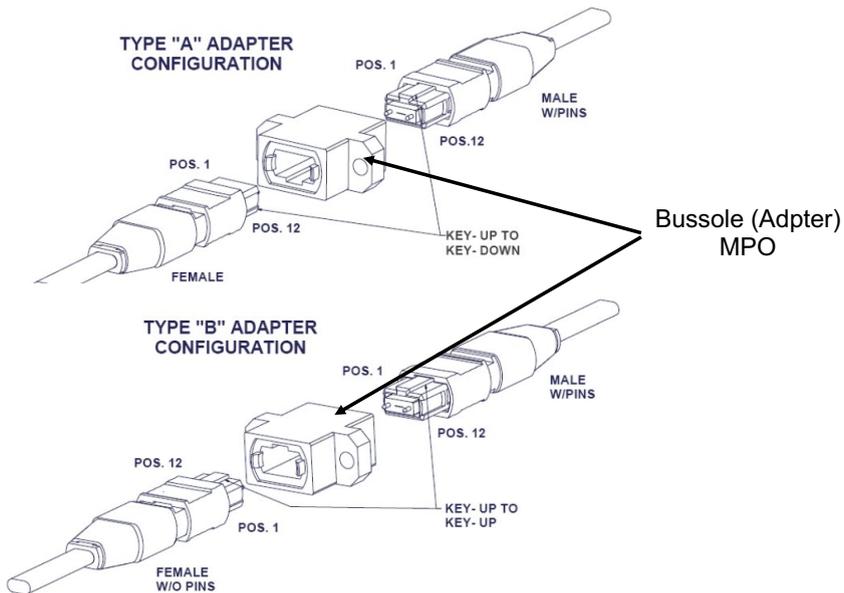
Le specifiche dei sistemi pre-cablati e del cablaggio parallelo non sono affrontate dalla normativa europea EN 50173-5 e nemmeno dallo standard americano TIA-942, ma sono trattate solo nello standard americano TIA/EIA-568-C0-V2 che tratta in genere i sistemi di connessione e terminazione della fibra ottica.

Siccome nei Data Center si usano in genere sistemi pre-cablati, è importante conoscere gli aspetti più importanti dello standard TIA/EIA-568-C0-V2 per evitare clamorosi errori che sono molto frequenti.

Il connettore MPO può essere di tipo Maschio quando dispone dei due Pin di allineamento o di tipo Femmina quando dispone dei due forellini di allineamento.

L'accoppiamento ottico tra due connettori MPO tramite una bussola avviene connettendo un connettore MPO-Maschio e un connettore MPO-Femmina, dove a sua volta la Bussola può essere di tipo "A" o di tipo "B" (figura 4.56).

La connessione di tipo “A” non è invertente mentre quella di tipo “B” è invertente, per collegare due apparati in fibra ottica bisogna usare un cavo invertente, in quanto è necessario accoppiare correttamente emettitore e ricevitore (TX e RX).



**Fig. 4.56** – Accoppiamenti ottici tramite connettori MPO

Lo standard definisce tre tipi di cavi pre-intestati MPO-MPO:

- Cavo di tipo “A” (figura 4.57) che è non invertente ed è caratterizzato da una terminazione dritta avente a un’estremità la chiave rivolta verso l’alto e, all’estremità opposta, la chiave rivolta verso il basso. Questi cavi vengono generalmente utilizzati nelle connessioni dove alle due estremità si collegano due cassette Fan-Out;
- Cavo di tipo “B” (figura 4.58) che è invertente ed è caratterizzato da una terminazione dritta avente a un’estremità la chiave rivolta verso l’alto e, all’estremità opposta, la chiave rivolta verso l’alto. Questi cavi vengono generalmente utilizzati nel cablaggio “Parallelo”;

- Cavo di tipo “C” (figura 4.59) dove le fibre vengono invertite a coppie. Questi cavi sono utilizzati raramente.

Il cablaggio “Parallelo” è utilizzato per le connessioni a 40, 100, 200 Gb/s, nelle quali vengono utilizzate le 8 fibre ottiche più esterne (1,2,3,4 e 9,10,11,12).

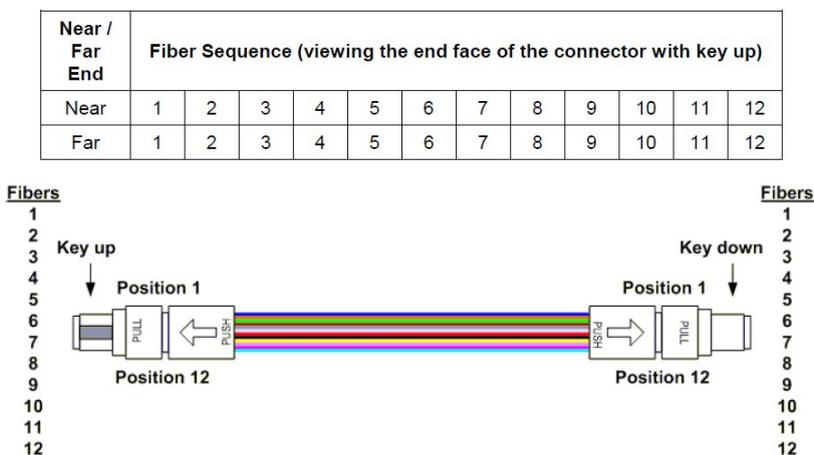


Fig. 4.57 – Cavo MPO-MPO di tipo “A”

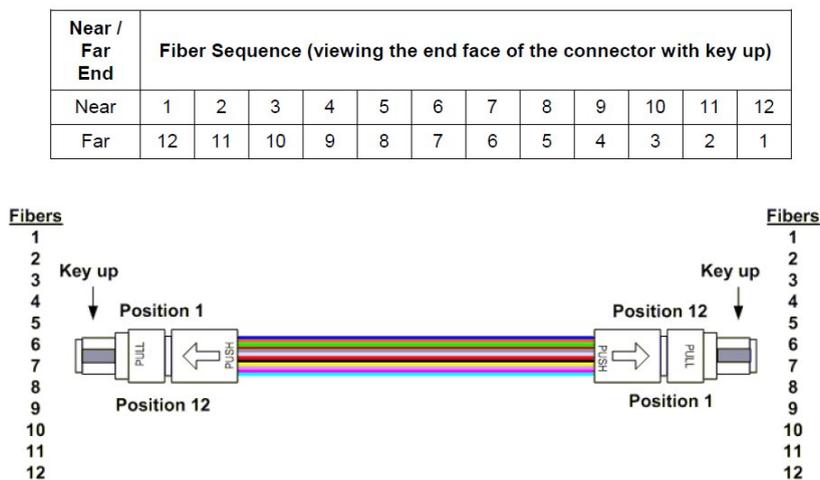
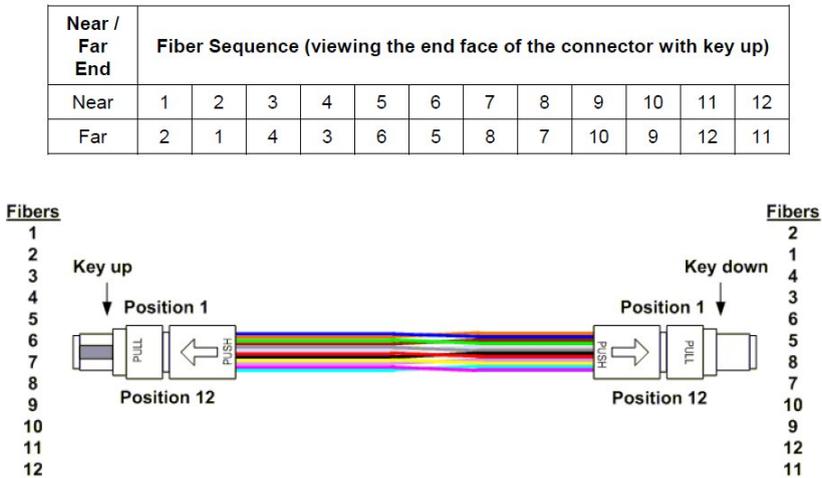


Fig. 4.58 – Cavo MPO-MPO di tipo “B”



**Fig. 4.59** – Cavo MPO-MPO di tipo “C”

Inizialmente i cavi MPO-MPO venivano utilizzati solamente per connettere i cassette FAN-OUT, dove per ogni cavo si ottenevano 6 connettori LC Duplex e i cassette si presentavano con un connettore MPO Maschio, quindi il cavo del cablaggio fisso doveva essere di tipo Femmina-Femmina.

Con l’avvento delle connessioni Ethernet a 40 e 100 Gb/s bisognava obbligatoriamente predisporre un cavo per il cablaggio fisso di tipo Maschio-Maschio, in modo da ripartire dal pannello con le bussole presenti nel rack con un cavo Femmina-Femmina, per connettere l’apparto di rete che, a sua volta, dispone di un connettore Maschio. Sarebbe stato ragionevole standardizzare il connettore Maschio anche per i cassette FAN-OUT, in modo da non creare confusione ai progettisti e agli installatori, ma forse per ragioni commerciali questa nuova standardizzazione – che avrebbe unificato i due diversi tipi di collegamenti presenti nel Data Center – non è avvenuta e questo fatto crea parecchie confusioni e produce errori a volte difficilmente rimediabili.

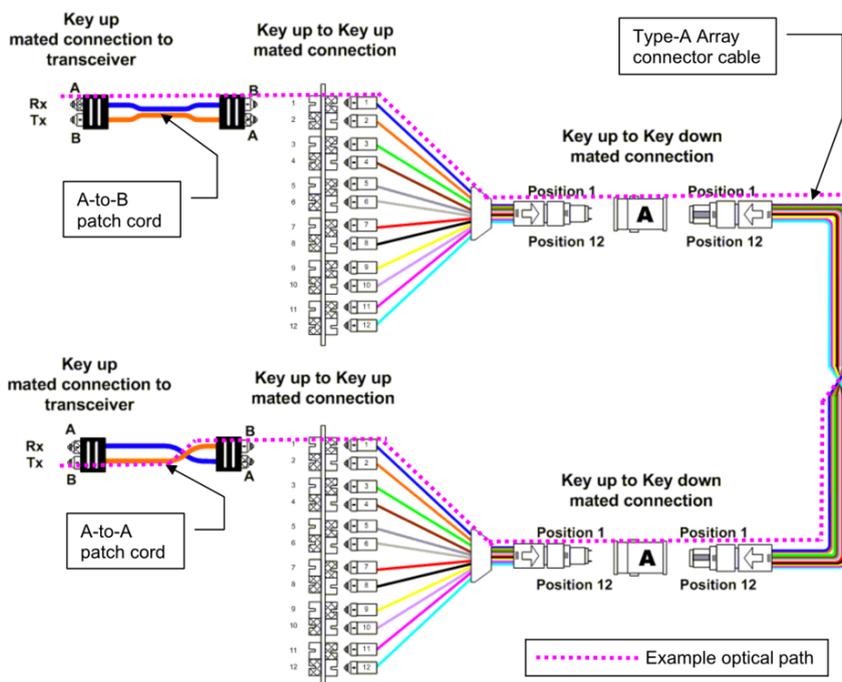
Sarebbe, inoltre, stato ragionevole standardizzare solo il cablaggio fisso di tipo “B”, così alle estremità per collegare due apparati di rete si sarebbero potute utilizzare, indifferentemente, una coppia di cavi di patch di tipo “A” o di tipo “B” (invertire due volte con i cavi di patch equivale a non invertire), in quanto l’inversione si effettua nel cavo del cablaggio fisso. Purtroppo anche quest’unificazione non è avvenuta, creando parecchia confusione.

Analizziamo ora il cablaggio con cassette FAN-OUT pre-intestati, dove dobbiamo purtroppo constatare che esistono ben quattro soluzioni, delle quali tre sono standard, ma scarsamente utilizzate, ed una è una versione modificata del cablaggio di tipo “A” e ad oggi è quella più utilizzata da diversi produttori.

Il cablaggio di cassette FAN-OUT di tipo “A” è di tipo non invertente, per cui richiede una bretella dritta da un lato ed una invertente dal lato opposto (figura 4.60). Esiste poi una versione di tipo “A” modificata dove l’inversione viene effettuata all’interno del cassetto “Flipped”, mentre all’estremità opposta si deve prevedere un cassetto “Straight” (figura 4.61).

Il cablaggio di cassette FAN-OUT di tipo “B” è di tipo invertente (inversione realizzata con il cavo MPO-MPO di tipo “B”), quindi alle due estremità si possono utilizzare sia coppie bretelle di tipo “A”, sia di tipo “B” (figura 4.62).

Il cablaggio di cassette FAN-OUT di tipo “C” è di tipo invertente (inversione realizzata con il cavo MPO-MPO di tipo “C”), quindi alle due estremità si possono utilizzare sia coppie bretelle di tipo “A”, sia di tipo “B” (figura 4.63).



**Fig. 4.60** – Cablaggio di tipo “A”

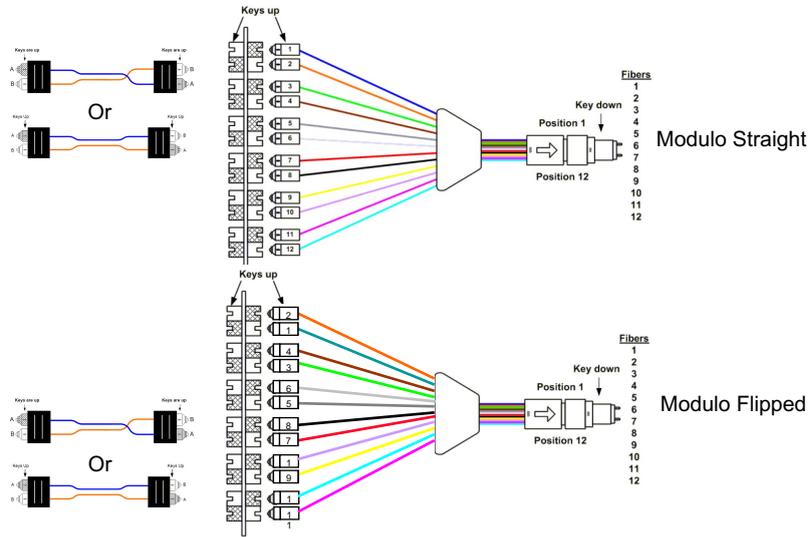


Fig. 4.61 – Cablaggio di tipo “A” modificato

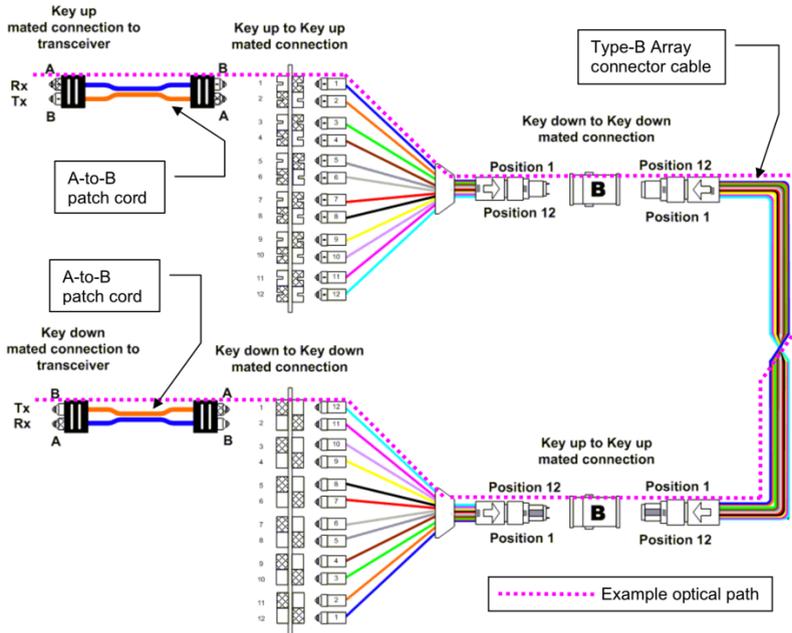
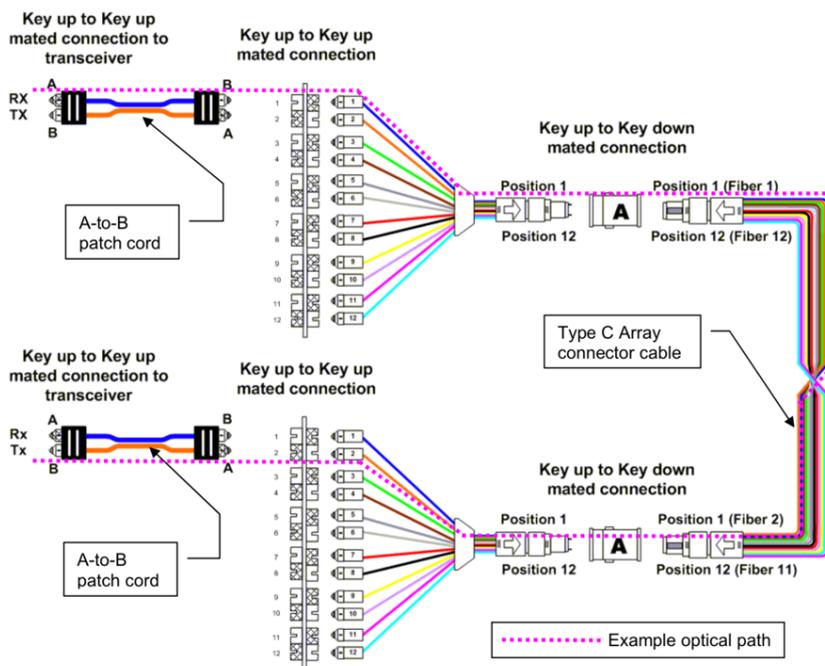


Fig. 4.62 – Cablaggio di tipo “B”



**Fig. 4.63** – Cablaggio di tipo “C”

Il cablaggio parallelo utilizzato per connettere apparati di rete a 40 e 100 Gb/s richiede, innanzitutto, che il cavo del cablaggio fisso (denominato anche cavo di trunk) sia obbligatoriamente di tipo Maschio-Maschio e prevede due soluzioni:

- Cablaggio di tipo “A” dritto (figura 4.64);
- Cablaggio di tipo “B” invertente (figura 4.65).

È preferibile usare la soluzione di tipo “B”, perché alle due estremità si possono usare cavi di patch Femmina-Femmina sia di tipo “A”, sia di tipo “B”, sebbene sia consigliabile scegliere quest’ultimo, perché essendo invertente può essere usato anche per collegare direttamente due apparati attivi.

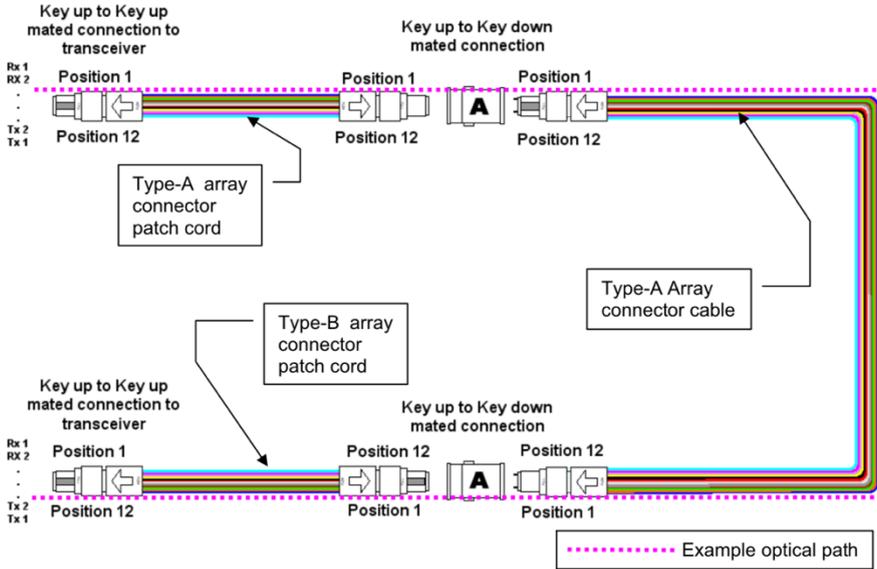


Fig. 4.64 – Cablaggio Parallelo di tipo “A”

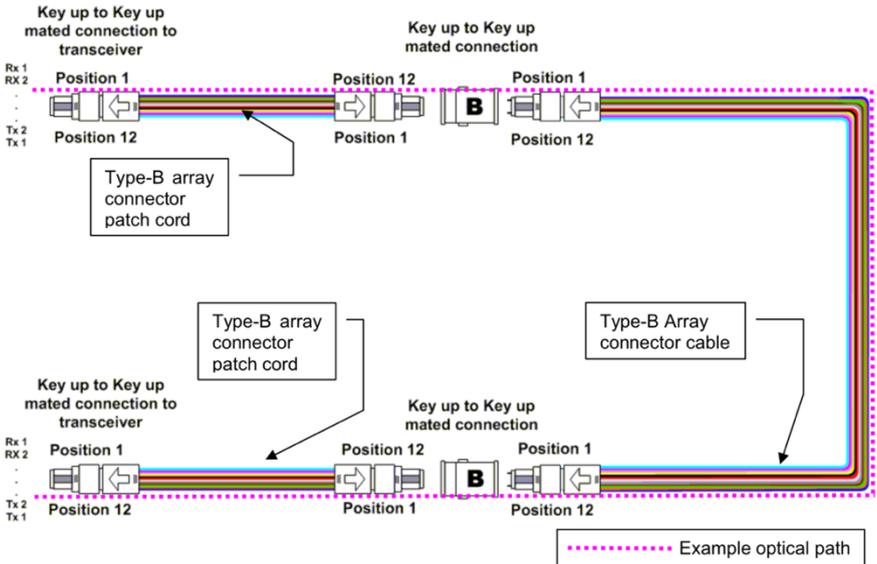


Fig. 4.65 – Cablaggio Parallelo di tipo “B”

In un Data Center c'è una grande presenza sia di sistemi pre-intestati con cassette FAN-OUT, sia cablaggio parallelo MPO-MPO per le connessioni a 40 e 100 Gb/s. Per semplificare la progettazione, l'acquisto e l'installazione di cavi MPO-MPO, è consigliabile usare prodotti con connettori in cui si possa invertire sia il genere (Maschio o Femmina), sia la polarità (A o B). Nel mercato esistono due prodotti estremamente flessibili:

- Panduit Pan-MPO dove, con una leggera pressione sul coperchietto che possiede la chiave d'inserzione, è possibile smontarlo e rimontarlo cambiando la posizione della chiavetta, facendolo così diventare di tipo "A" o "B" ed estraendo o retraendo i pin, inoltre, con un piccolo attrezzo in dotazione, il connettore può diventare Maschio o Femmina;
- Senko MPO dove, con una rotazione meccanica della parte finale del connettore, si può invertire la polarità (A o B) e sfilando o infilando i pin, con un'apposita pinzetta in dotazione, è possibile far diventare il connettore Maschio o Femmina.

#### 4.10 LE INFRASTRUTTURE PER IL CABLAGGIO

Il cablaggio strutturato comporta la posa di una considerevole quantità di cavi e l'installazione di armadi contenenti i pannelli di permutazione e le apparecchiature attive. Inoltre, in corrispondenza degli armadi di piano, convergono i fasci di cavi dei cablaggi orizzontali, fasci che raggiungono diametri dell'ordine delle decine di centimetri. Tutto ciò crea seri problemi se l'edificio non è stato adeguatamente progettato. Lo standard EIA/TIA 569 e la normativa EN 50174, definiscono le caratteristiche minime per le infrastrutture edilizie degli edifici in cui devono essere installati sistemi di cablaggio strutturato.

Il principale problema che si incontra normalmente nella realizzazione di un cablaggio strutturato, è l'inadeguatezza delle canalizzazioni o delle tubazioni per il cablaggio orizzontale. Esse devono poter ospitare un numero di cavi crescente man mano che ci si avvicina all'armadio di piano. Lo standard TIA/EIA 569 fornisce un'interessante tabellina (tabella 4.15), la quale, in base al numero di cavi e al loro diametro, indica il diametro minimo del tubo che garantisce una installazione dei cavi adeguata senza provocare loro stress e danni. Quindi viene garantito indirettamente il mantenimento delle prestazioni trasmissive.

Diametro del tubo (mm)	Diametro dei cavi (mm)									
	3.3	4.6	5.6	6.1	7.4	7.9	9.4	13.5	15.8	17.8
15.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20.9	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0
26.6	8	8	7	6	3	3	2	1	0	0
35.1	16	14	12	10	6	4	3	1	1	1
40.9	20	18	16	15	7	6	4	2	1	1
52.5	30	26	22	20	14	12	7	4	3	2
62.7	45	40	36	30	17	14	12	6	3	3
77.9	70	60	50	40	20	20	17	7	6	6
90.1							22	12	7	6
102.3							30	14	12	7

**Tab. 4.15** - Massimo numero di cavi ospitabili nei tubi

Dimensione canalina mm	Diametro cavo mm	Numero di cavi	Diametro cavo mm	Numero di cavi
100 x 80	6	70	7	52
120 x 80	6	84	7	62
150 x 80	6	106	7	78
200 x 80	6	140	7	104
300 x 80	6	212	7	156

**Tab. 4.16** - Massimo numero di cavi ospitabili nelle canaline

I criteri di dimensionamento dei tubi dello standard TIA/EIA 569, sono decisamente validi e facilitano effettivamente l'installazione dei cavi, quindi, è consigliabile applicarli anche per il dimensionamento delle canaline. Basandosi sui medesimi principi, la formula risultante, con qualche approssimazione e margine di sicurezza, è la seguente:

*la canalina deve avere una sezione minima pari a 4 volte la somma delle sezioni di tutti i cavi che si devono posare.*

La tabella 4.16 è basata sulla formula enunciata e indica il numero di cavi che si possono posare nei vari tipi di canaline, arrotondato al numero pari immediatamente inferiore al numero massimo calcolato.

Lo standard TIA/EIA 569 fornisce delle ulteriori indicazioni, rispetto a quelle già descritte, che sono molto utili quando si installano i cavi dentro i tubi:

- bisogna predisporre una scatola d'ispezione ogni 30 metri, o quando ci sono più di 2 curve consecutive a 90°, o quando c'è una curva a gomito;
- quando si realizzano delle curve queste devono avere un raggio minimo pari a 6 volte il diametro del tubo;
- quando si realizzano delle curve con tubi il cui diametro è superiore a 50 mm, o se dentro questi bisogna inserire la fibra ottica, il raggio minimo di curvatura deve essere pari a 10 volte il diametro del tubo.

Se i cavi rame sono del tipo non schermato e viaggiano paralleli per più di 15 metri con quelli di alimentazione, per ridurre le interferenze elettromagnetiche si possono distanziare secondo la tabella 4.17 dello standard TIA/EIA 569, sebbene queste distanze nella pratica siano risultate eccessive e, in molti casi, si è dimostrato che si potevano ridurre almeno della metà. Per non complicare ulteriormente i criteri di progetto, riguardo alle distanze minime dei cavi UTP da quelli di potenza, non citiamo i valori ed i criteri della normativa EN 50174, perché questi continuano a cambiare a seconda delle versioni e sono esageratamente elevati. Nessuno di questi criteri e valori indicati dai vari standard e normative è confortato da prove e test, quindi sono puramente indicativi.

Se i cavi sono schermati, a seguito del tipo di alimentazione e della potenza presente negli uffici adibiti ad uffici, non sono necessarie distanze di guardia tra i cavi del cablaggio e quelli di alimentazione, ma è sufficiente rispettare le norme d'isolamento e separazione elettrica per la sicurezza fisica.

I rack che ospitano i componenti del cablaggio e gli apparati di rete dovrebbero avere i seguenti requisiti minimi:

- se vengono installati nei locali tecnici di piano dovrebbero avere un'altezza compresa tra 42 e 47 unità-rack, una larghezza e una profondità di 80 cm (requisiti minimi della normativa EN 50174-2 del 2018);
- se vengono installati nei locali di centro stella dovrebbero avere un'altezza compresa tra 42 e 47 unità-rack, una larghezza di 80 cm e una profondità di 100 cm, perché nei centri stella oltre agli switch centrali

possono essere presenti anche dei server; devono inoltre essere dotati di montanti sufficientemente robusti sia anteriori sia posteriori;

- devono avere delle canaline attrezzate di prese di alimentazione adeguate alla potenza elettrica degli apparati di rete.

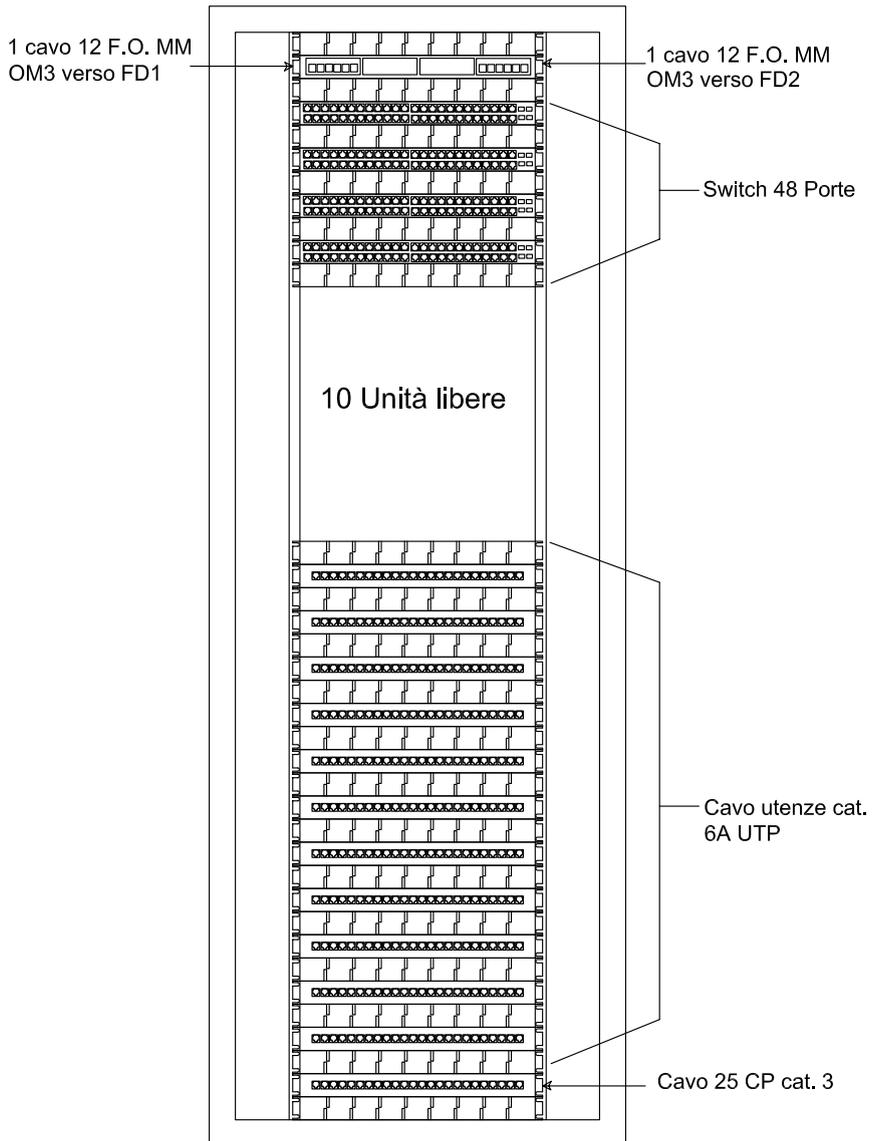
Nella fase di progetto bisognerebbe fare un disegno dettagliato del rack, che mostri il montaggio dei vari componenti, da fornire all'installatore (figura 4.66).

Situazione	Distanza minima		
	< 2 kVA	2 - 5 kVA	> 5 kVA
Linee elettriche non schermate in prossimità di canaline aperte o non metalliche	127 mm	305 mm	610 mm
Linee elettriche non schermate in prossimità di canaline metalliche con collegamento di terra	64 mm	152 mm	305 mm
Linee elettriche schermate in prossimità di canaline metalliche con collegamento di terra	-	76 mm	152 mm

**Tab. 4.17** – Distanze minime tra i cavi UTP e quelli di alimentazione

Riportiamo infine alcuni aspetti importanti riportati nell'ultima versione della normativa EN 50174-2 del 2018:

- A seguito del sempre maggiore impiego di connessioni PoE (Power over Ethernet) è preferibile:
  - l'uso di cavi di cat. 6A in quanto avendo una sezione da 23 AWG hanno una minore resistenza elettrica rispetto ai cavi di cat. 5E e 6 da 24 AWG;
  - I cavi rame dovrebbero essere raccolti in fasci da 24 cavi al massimo per fascio, per ridurre il riscaldamento dei medesimi dovuto ad un uso elevato delle connessioni Ethernet PoE.
- La temperatura ambiente impatta sull'attenuazione dei cavi rame e, a seconda dei valori, può essere necessario ridurre la lunghezza massima del canale trasmissivo attenendosi ai valori riportati nella tabella 4.18.



**Fig. 4.66** – Esempio di progettazione di un rack di piano

		Total length of cords m		
		10	15	20
$T_{global}$ °C	Channel length m			
	20	100	98	95
25	98	96	93	
30	97	94	91	
35	95	92	89	
40	93	90	87	
45	90	87	85	
50	86	84	82	
55	83	81	79	
60	80	78	76	

**Tab. 4.18** – Riduzione della lunghezza Channel su base temperatura

#### 4.11 IL COLLAUDO DEL CABLAGGIO

Il cablaggio deve essere collaudato in tutte le sue parti:

- nelle dorsali ottiche bisogna effettuare i test di attenuazione di tratta alle varie lunghezze d'onda e di Return Loss. L'attenuazione di tratta non deve superare i dati del progetto e il Return Loss deve avere un valore minimo di 20 dB per la fibra ottica multimodale e 35 dB per la fibra ottica monomodale;
- nel cablaggio orizzontale bisogna testare ogni singolo cavo in base alla categoria del cablaggio;
- nei Data Center, se c'è presenza di cablaggio in fibra ottica pre-intestato MPO, è opportuno verificare che l'attenuazione di canale dei casi peggiori non superi i valori di progetto.

Oltre al collaudo strumentale è importante effettuare anche un collaudo visivo, perché una buona installazione ordinata offre delle vere garanzie di buon funzionamento.

Purtroppo il collaudo strumentale ci assicura solo che, al momento del test, i valori rientrino nei parametri previsti dagli standard, ma se l'installazione è fatta male ci potrebbero essere dei problemi intermittenti. Il controllo visivo va fatto

quindi in tutti i rack e su qualche presa utente presa a campione, per assicurarsi che la qualità dell'installazione sia buona.

#### 4.12 LA DOCUMENTAZIONE DEL CABLAGGIO

La documentazione del cablaggio è un aspetto spesso dimenticato e ignorato, ma ricopre una notevole importanza nelle varie fasi di progettazione, realizzazione e manutenzione.

Bisognerebbe pertanto documentare quanto segue:

- la planimetria contenente l'ubicazione dei locali tecnici, delle vie cavi (canaline) e eventuali posizioni degli Access Point (si veda a titolo di esempio la figura 4.68);
- lo schema delle dorsali verticali (si veda a titolo di esempio la figura 4.67);
- l'attrezzaggio dei rack (si veda a titolo di esempio la figura 4.66);
- l'identificazione dei punti rete utente;
- eventuali fotografie di problematiche avvenute in fase d'installazione;
- le registrazioni delle prove di accettazione del cablaggio installato (test cavi rame e Fibre ottiche);
- la prova di conformità alla specifica di installazione da parte dell'installatore del cablaggio o dell'appaltatore;
- i certificati di consegna.

È utile e consigliabile stabilire con il cliente i criteri di numerazione di rack, locali tecnici, pannelli, cavi e prese utente.

Ai fini della manutenzione del cablaggio strutturato, ogni volta che si apporta una modifica o un'aggiunta di cablaggio, bisogna aggiornare la documentazione.

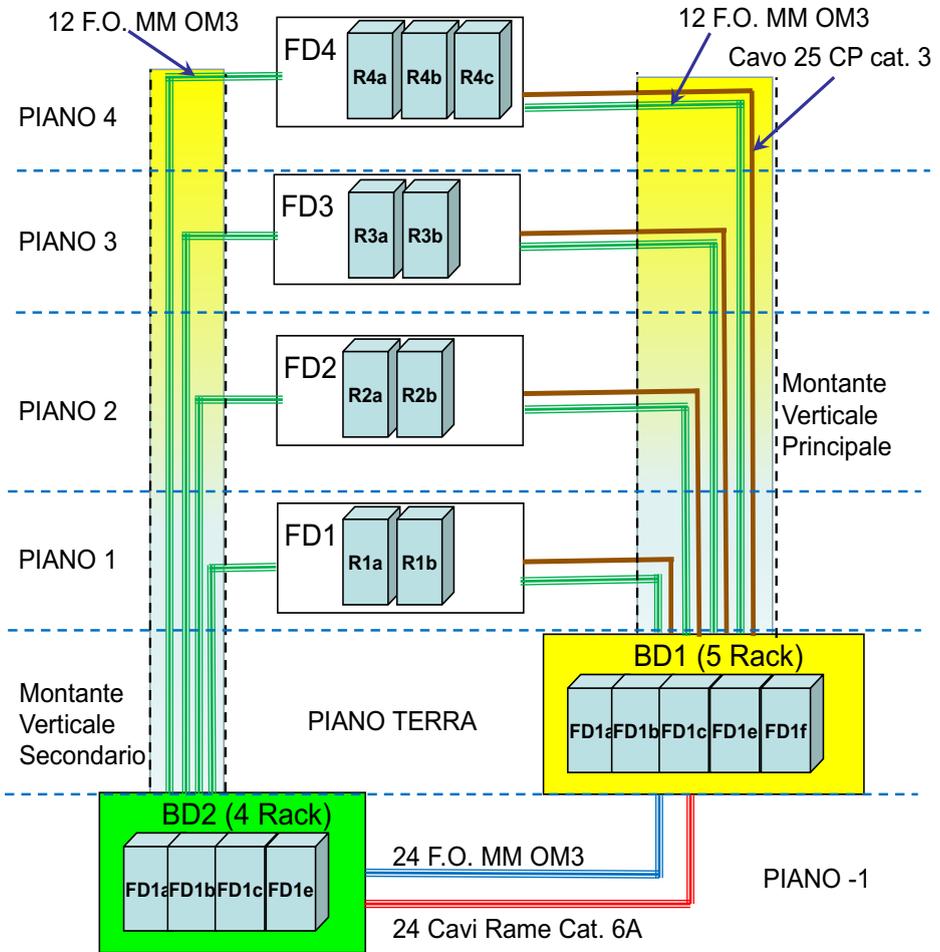


Fig. 4.67 – Esempio di disegno logico delle dorsali di un edificio



## RINGRAZIAMENTI

Un particolare ringraziamento a Roberto Cornero (CEO di Synapsis) per aver fornito delle indicazioni pratiche utili e ad Alessio Durante (Ingegneria Informatica al Politecnico di Torino) per la correzione delle bozze.

## NOTE DI REVISIONE E AGGIORNAMENTO

Questo capitolo è stato rivisto ed aggiornato il 8 Dicembre 2019.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] ANSI/TIA-568-A, Commercial Building Telecommunication Cabling Standard
- [2] EIA/TIA-569, Commercial Building Standard for Telecommunication Pathways and Spaces, October 1990
- [3] ANSI/TIA-568-C.0, Generic Telecommunication Cabling for Customer Premises, February 2009
- [4] ISO/IEC 11801, Information technology - Generic cabling for customer premises,
- [5] TIA-942, Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers
- [6] EN 50173-1, Information technology - Generic cabling systems - Part 1: General requirements
- [7] EN 50173-2, Information technology - Generic cabling systems – Part 2: Office premises
- [8] EN 50173-5, Information technology - Generic cabling systems - Part 5: Data Center
- [9] EN 50174-2 Information technology - Cabling installation - Part 2: Installation planning and practices inside buildings
- [10] IEEE Std 802.3™-2018, Specifiche Ethernet per velocità fino a 400 Mb/s
- [11] IEEE Std 802.3™-2018 Amendment 3, Media Access Control Parameters for 50 Gb/s Specifiche Ethernet
- [12] Fibre Channel - Physical Interface-5 - (FC-PI-5) REV. 6.10 January 2011

## INDICE DEI PARAGRAFI

4.1	INTRODUZIONE .....	1
4.2	GLI STANDARD E LE NORMATIVE INTERNAZIONALI.....	4
4.3	I PRINCIPI GENERALI E IL MODELLO DI RIFERIMENTO .....	6
4.3.1	La nomenclatura e le definizioni.....	8
4.4	LA TOPOLOGIA.....	9
4.4.1	Cablaggio di dorsale Fault Tolerant.....	10
4.5	PROGETTAZIONE DEL CABLAGGIO .....	11
4.5.1	Il cablaggio di dorsale.....	13
4.5.2	Le dorsali per le connessioni Ethernet.....	19
4.5.3	Le dorsali per le connessioni Fibre Channel.....	23
4.5.4	Esempio di progetto delle dorsali di edificio .....	27
4.5.5	Storia delle categorie del cablaggio in rame .....	32
4.5.6	Il cablaggio di piano.....	34
4.5.7	Distribuzione multi utenza.....	41
4.6	LA DERIVAZIONE DEI SERVIZI NELLA PRESA RJ45 .....	42
4.7	TIA/EIA 568.2 D e la terminazione sul plug.....	47
4.8	IL CABLAGGIO INTELLIGENTE .....	48
4.9	COPERTURA WIRELESS DELL'EDIFICIO .....	53
4.10	IL CABLAGGIO NEI DATA CENTER.....	58
4.10.1	Lo standard americano TIA-942.....	66
4.10.2	I sistemi pre-cablati e il cablaggio parallelo .....	70
4.10	LE INFRASTRUTTURE PER IL CABLAGGIO.....	78
4.11	IL COLLAUDO DEL CABLAGGIO .....	83
4.12	LA DOCUMENTAZIONE DEL CABLAGGIO .....	84