

Cablaggio strutturato

Antonio Favari *Consigliere AEIT sezione Trentino - Alto Adige Südtirol*

La digitalizzazione moderna implica la conversione di informazioni in un formato che può essere facilmente trasportato, elaborato e analizzato. Questo processo consente di ottenere prestazioni migliori e più efficienti in vari ambiti, come il business, l'istruzione e la comunicazione

All'interno di qualsiasi azienda si parla di digitalizzazione quale elemento fondamentale per l'innovazione e per mantenere il passo richiesto in tema di aggiornamento tecnologico. Uno dei componenti di questa necessaria prospettiva per il futuro è il supporto fisico per la trasmissione dati. Non è l'elemento determinante, ma al pari della tecnologia degli apparati attivi, della capacità di immagazzinamento dei dati, della continuità dell'alimentazione elettrica tanto per citarne alcuni, il cablaggio strutturato che sia in rame o in fibra è quel componente che permette la corretta comunicazione tra i dispositivi.

Paragonando la rete informatica a una stradale, è intuitivo il risultato che ne verrebbe in termini prestazionali, se un'auto sportiva dovesse correre su un asfalto pieno di buche oppure su un cosiddetto "manto di usura o tappetino" appena steso. E che ne sarebbe se le indicazioni stradali fossero più o meno chiare? Anche il cablaggio strutturato per le reti dati deve essere sviluppato con una competenza specialistica che deve integrarsi con le necessità delle altre «arti» di una infrastruttura di rete informatica.

Nulla differisce rispetto ad altri ambiti progettuali: il cablaggio deve iniziare con un'attenta analisi delle necessità, seguita da un corretto dimensionamento e dalla scelta degli idonei componenti; non ultimo va considerato il piano di manutenzione e amministrazione del sistema. Il tutto deve essere orientato all'ottimizzazione delle scelte sia tecniche che economiche rivolte sia a un'analisi dei costi di impianto, sia dei costi di gestione. Questi ultimi possono essere alla lunga ben superiori a quanto si potrebbe immaginare, ma una buona progettazione complessiva può rendere l'impianto in tutti i sensi equilibrato, efficiente ed efficace. Non dovrebbe essere quindi difficile condividere che la cosiddetta "rete" deve risultare adeguata in termini quantitativi e qualitativi.

I requisiti da assegnare a un cablaggio strutturato devono rispondere alla situazione attuale e soddisfare le tendenze di mercato e di conseguenza le richieste delle tecnologie informatiche che sono in costante evoluzione. L'infrastruttura, che sia in fibra ottica o in rame, deve ottemperare alle esigenze di data center, cablaggi all'interno di uffici/aziende/industrie e, oramai, anche nelle abitazioni. In qualunque caso, ovviamente con proporzionate capacità, l'impianto deve essere versatile per supportare le mutevoli esigenze, sostenere le alte velocità operative, garantire una elevata sicurezza, essere semplice da gestire a volte nascondendo la complessità, non deve creare problemi grazie a una grande affidabilità. L'impianto deve trarre un orizzonte temporale di certo non breve, al fine di ottimizzare l'investimento economico iniziale. Un buon cablaggio consente di gestire al meglio tecnologie sempre più veloci, affrontare le esigenze di una multimedialità diffusa, aggregare esigenze di sicurezza e gestione di impianti, integrare applicazioni quali la videosorveglianza ed essere di supporto ai sistemi wireless che si rendono spesso indispensabili e complementari al cablaggio fisico.

Una inadeguata infrastruttura di supporto può inficiare la funzionalità dei sistemi di rete, rallentare/degradare il traffico, portare a malfunzionamenti di componenti attivi, ridurre le prestazioni, o in sintesi ridurre l'efficienza dei sistemi con conseguente riduzione della produttività dell'utenza.

Sono numerose le normative disponibili che permettono di progettare un idoneo cablaggio strutturato. Queste permettono di sviluppare un'architettura che garantisca il più alto grado di flessibilità in sede di aggiornamento, modifica o estensione del cablaggio. La disponibilità di materiali specialistici garantisce la possibilità di risolvere ogni ambito impiantistico.

Avere le giuste competenze in questo settore (quasi una nicchia) può essere un notevole valore aggiunto per qualsiasi progettista e installatore.

Lo scopo di questo scritto non è quello di spiegare quanto è più o meno facilmente reperibile online, ma di porre evidenza solo ad alcuni dei molti aspetti che sono necessari per affrontare lo sviluppo di un cablaggio, con una certa attenzione a siti e impianti che per tradizione sono impostati senza una visione incentrata su servizi ICT che invece si stanno affacciando con prepotenza anche in questi ambiti, per esempio quelli industriali.

Tra le note, oltre a studi e riferimenti normativi, sono indicati preferenzialmente buoni testi tecnici ad accesso libero.

Standard e riferimenti normativi

Gli standard normativi nell'ambito del cablaggio strutturato dati sono fondamentali per garantire l'efficienza e l'affidabilità dei sistemi di cablaggio utilizzati nelle reti informatiche. Sono innumerevoli le norme che interessano più o meno direttamente il tema di questo testo, ma alcuni dei riferimenti più rilevanti sono i seguenti.

- TIA/EIA-568: questo standard, sviluppato dalla *Telecommunications Industry Association* - TIA e dalla *Electronic Industries Alliance* - EIA, fornisce linee guida per il cablaggio strutturato in edifici commerciali.
- ISO/IEC 11801: questo standard internazionale, derivato dal precedente, definisce i requisiti per i sistemi di cablaggio strutturato utilizzati in ambienti di comunicazione dati: struttura del collegamento, realizzazione, prestazioni e procedure di test. È il riferimento principale per il mondo del cablaggio dati.
- ANSI/TIA-606-B: questo standard fornisce linee guida per la gestione dell'infrastruttura di cablaggio, inclusa l'identificazione e l'etichettatura dei componenti.

In ambito europeo, e quindi il nostro riferimento principale insieme alle norme nazionali, gli standard sono principalmente definiti dall'Ente Europeo di Normazione - CEN e dal Comitato Europeo di Standardizzazione Elettrotecnica - CENELEC. Seguono alcuni standard rilevanti.

- CEI EN 50173: questo gruppo di norme fornisce requisiti per i sistemi di cablaggio strutturato curando requisiti generali, i locali per ufficio, gli ambienti industriali, le abitazioni, i centri elaborazione dati e i servizi distribuiti agli edifici.
- CEI EN 50174: questo standard si concentra sulla progettazione, l'installazione e la manutenzione, ovvero l'esercizio di cablaggi per le infra-

strutture di telecomunicazioni all'interno degli edifici. La parte 1 "specifiche di installazione e assicurazione della qualità" e la parte 2 "pianificazione e criteri di installazione all'interno degli edifici" sono le più utili con la parte 3 "pianificazione e criteri di installazione all'esterno degli edifici".

- CEI EN 50346: questa Norma è il riferimento per le prove del cablaggio installato.
- CEI EN 50600: questo standard definisce i requisiti per i data center, inclusi aspetti come il cablaggio, la sicurezza e l'efficienza energetica.
- CEI EN 50310: questa Norma specifica i requisiti minimi per il collegamento a terra e il collegamento equipotenziale all'interno di edifici in cui si intendono installare apparecchiature per la tecnologia dell'informazione.

In Italia, gli standard normativi sono spesso allineati con gli standard europei per garantire l'interoperabilità e la conformità con le normative comunitarie. Alcuni riferimenti normativi importanti sono i seguenti.

- Norme CEI: il Comitato Elettrotecnico Italiano definisce diverse norme e regolamenti tecnici nel settore elettrotecnico, che possono includere specifiche relative al cablaggio strutturato dati. Da consigliare caldamente la consultazione della norma CEI 64-8 e di quanto emesso dal Comitato Tecnico 306.
- Norme UNI: L'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) sviluppa e promuove le norme tecniche in vari settori, tra cui quelli per la gestione degli edifici.

Per ultimo, ma non ultimo, l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) è un'organizzazione internazionale che sviluppa standard tecnici in diverse aree, inclusa l'ingegneria delle telecomunicazioni. Alcuni standard pertinenti che possono essere utilizzati in questo contesto sono:

- IEEE 802.3 - questo standard definisce le specifiche per reti Ethernet, inclusi i requisiti per i cavi e i connettori utilizzati nelle reti cablate;
- IEEE 802.11 - questo standard riguarda le reti wireless locali (Wi-Fi), ma può essere rilevante per la progettazione di infrastrutture di rete integrate che includono sia cablaggio strutturato che tecnologie wireless.

La trasmissione dei dati - il mezzo

I mezzi trasmissivi fisici attualmente utilizzati per le reti locali sono sostanzialmente la fibra ottica e il cavo Ethernet e informazioni tecniche sono facilmente reperibili, ma qualche accenno va necessariamente sviluppato.

Si definisce cavo Ethernet un cavo costituito da quattro coppie di doppini binati che vengono successivamente cordati tra di loro. Le coppie hanno passi di binatura diversi tra loro al fine di ridurre le interferenze tra le stesse. I cavi sono costruiti per soddisfare delle classi di prestazioni per *permanent link* di lunghezza massima di 90 m¹ come indicato nella tabella 1.

¹ TIA-EIA-568-B: "Configurazione di test per un collegamento che esclude i cavi di test e i cavi di permutazione", ovvero - per esempio - la parte di circuito permanente tipicamente tra rack e rack o tra rack e postazione di lavoro.

² CEI EN 50173-2: par. 6.2.2.2.

Le prestazioni sono mantenute come indicate precedentemente quando il canale (*channel*), costituito dal *permanent link* e le corde di permutazione, comprese quelle verso gli apparati attivi, non supera i 100 m².

Per quel che riguarda la fibra ottica il riferimento è basato su parametri legati all'attenuazione massima ammessa in relazione alla velocità di trasmissione e alla banda necessaria. Sono due le tecnologie costruttive: multimodale (*Multi Mode - MM*) e monomodale (*Single Mode - SM*) che si distinguono, in particolare, per la modalità della trasmissione del segnale che si attua su lunghezze d'onda che approfittano delle specifiche caratteristiche costruttive del mezzo. Dal punto di vista pratico esse si distin-

Tabella 1

Categoria TIA	Classe ISO 802.3	Standard IEEE (Mhz)	larghezza di banda (Gb/s)	Velocità massima	note/alcune particolarità
5e	D-2000	1000BASE-T	100	1	fino a velocità di 2 e 5 Gb/s
6	E	2.5/5GBASE-T	250	5	massimo 37 m per 10 Gb/s
6A	EA	10GBASE-T	500	10	ottimale supporto PoE++
7	F	10GBASE-T	600	10	non completamente standardizzata - per es.non usa RJ45
7A	FA	10GBASE-T	1.000	10	non completamente standardizzata - per es.non usa RJ45
8.1	I	25GBASE-T	2.000	25	channel <30 m se velocità ≥ 10 Gb/s - usa RJ45
8.2	II	40GBASE-T	2.000	40	channel <30 m se velocità ≥ 10 Gb/s con max 2 connettori GG45/Tera

Figura 1 

Guida applicativa delle fibre multimodali (OS2 copre servizi anche oltre quanto rappresentato)

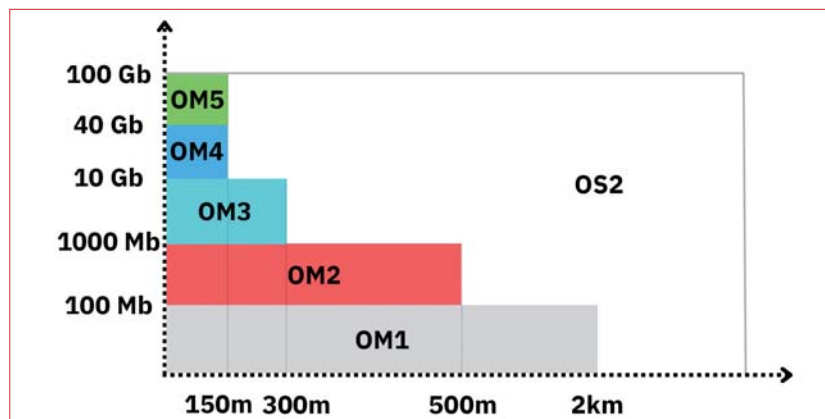


Tabella 2 Caratteristiche fibre MM (multimodali)

Categoria	diametro del core (µm)	attenuazione massima (dB/Km)			Massima larghezza di banda (MHz x Km)			
		850 nm	953 nm	1.300 nm	lancio overfilled			Lancio effettivo laser 850 nm
					850 nm	953 nm	1.300 nm	
OM1	62,5	3,5	-	1,5	200	-	500	-
OM2	50 - 62,5	3,5	-	1,5	500	-	500	-
OM3	50	3	-	1,5	1.500	-	500	2.000
OM4	50	3	-	1,5	3.500	-	500	4.700
OM5	50	3	2,3	1,5	3.500	1.850	500	4.700

guono da proprietà che ne definiscono la “potenza” trasmissiva e quindi il campo di applicazione.

Traducendo e semplificando il concetto per una rapida guida applicativa delle fibre multimodali si possono tenere presenti i seguenti riferimenti indicati nella figura 1.

Di particolare va segnalato che la fibra OM5 è l'unica delle multimodali che consente trasmissioni molto elevate (400 GB/s) grazie alla capacità di trasportare le informazioni con la modalità SWDM (su quattro lunghezze d'onda); tecnologia complessivamente costosa e al momento poco appetibile dal punto di vista tecnico-economico.

Per l'automazione industriale le fibre OM1 e OM2 possono ancora trovare applicazione, laddove è sufficiente una tra-

missione fino a 100BASE-FX.

Un piccolo approfondimento risulta necessario per comprendere meglio come sviluppare la progettazione di una tratta in fibra ottica. Come già espresso, la caratterizzazione prestazionale è definita da attenuazione e larghezza di banda disponibile, laddove quest'ultima è da ritenersi illimitata per le monomodali. Le tabelle 2 (per MM) e 3 (per SM) vogliono riassumere in maniera più dettagliata e tecnicamente approfondita le caratteristiche del mezzo “fibra ottica”. Il corretto approccio alla progettazione fa riferimento al budget disponibile espresso in dB e la tabella 4 vuole rappresentare alcune delle opzioni disponibili con il valore della massima attenuazione ammessa in relazione alla tecnologia che si vuole trasportare.

Tabella 3 Caratteristiche fibre SM (monomodali)

Categoria	diametro del core (μm)	attenuazione massima (dB/Km)		
		1.310	1.383	1.550
OS1	9	1	-	1
OS2	9	0,4	0,4	0,4

Tabella 4

velocità (GB/s)	Standard Ethernet	Tipo di fibra	distanza (m)	Max attenuazione (dB)	Riferimento lunghezza d'onda* (nm)
0,1	100BASE-FX	OM1	2 - 2.000	11,00	1.300
10	10GBASE-SR	OM2	2 - 82	1,80	850
25	25GBASE-SR4	OM3	0.5 - 70	1,80	850
40	40GBASE-SR4	OM4	0.5 - 100	1,90	850
50	50GBASE-SR	OM5	0.5 - 100	1,90	953
100	100GBASE-SR4	OM3	0.5 - 70	1,80	850
200	200GBASE-SR4	OM4	0.5 - 100	1,90	850
400	400GBASE-SR16	OM5	0.5 - 100	1,90	953
100	100GBASE-SR4	OM3	0.5 - 70	1,80	850
200	200GBASE-SR4	OM4	0.5 - 100	1,90	850
400	400GBASE-SR16	OM5	0.5 - 100	1,90	850
25	25GBASE-LR	OS2	2 - 10.000	6,3	1.550
25	25GBASE-ER	OS2	2 - 40.000	18 ^(#)	1.310
25	25GBASE-ER	OS2	2 - 30.000	15 ^(#)	1.310
40	40GBASE-LR4	OS2	2 - 10.000	6,7	1.550
40	40GBASE-ER4	OS2	2 - 40.000	18,5 ^(§)	1.310
40	40GBASE-ER4	OS2	2 - 30.000	16,5 ^(§)	1.310
100	100GBASE-LR4	OS2	2 - 10.000	6,3	1.550
100	100GBASE-ER4	OS2	2 - 40.000	18	1.310
200	200GBASE-DR	OS2	2 - 500	3	1.310
200	200GBASE-LR4	OS2	2 - 10.000	6,3	1.550
400	400GBASE-DR	OS2	2 - 500	3	1.310
400	400GBASE-FR	OS2	2 - 2.000	4	1.310
400	400GBASE-LR8 [§]	OS2	2 - 10.000	6,3	1.550

(#) attenuazione minima 10 dB

(§) attenuazione minima 9 dB

*) riferimento alla finestra operativa di base (attenuazione-lunghezza d'onda)

§) nomenclatura di esempio: 400GBASE = velocità di trasmissione 400 GB/s, LR = “long range” (10 km)

8 = numero di canali: spesso con Wavelength Division Multiplexing

La trasmissione dei dati - sulla trasmissione

Mentre è facile relazionare la velocità (Mb/s) agli apparati attivi, non è così immediato definire la banda impegnata in MHz dai servizi trasmessi sui cavi del cablaggio strutturato. Si può comunque comprendere tale complessità partendo da alcune considerazioni tecnico teoriche di base con cui devono fare i conti le reali tecnologie di trasmissione, tra cui quelle di compressione.

La teoria dei segnali insegna che il campionamento di un'informazione può avvenire con diverse modalità. A seguire alcune metodologie di codifica di base con lo scopo di evidenziare come questo passaggio del trattamento del dato possa influire sulla saturazione di uno dei parametri trasmissivi. Questa procedura è oggi un elemento di distinzione tra i gestori di servizi e i produttori di apparati attivi che possono così ottenere un efficientamento della propria infrastruttura con conseguenti vantaggi economici e tecnici complessivi.

Per esempio, la tabella 5 evidenzia come a pari velocità (100BASE) e paragonate ad altre, ci sono delle condizioni legate alla tipologia di codifica di un medesimo segnale che possono saturare o meno la banda del cavo di rete impiegato (tabella 1), ricordando che un sintomo tipico della saturazione di banda è l'apparente rallentamento della velocità di trasmissione.

La codifica "Manchester" è una codifica in cui ogni bit di dati è rappresentato da una transizione di livello, dove 1 è basso-alto e 0 (zero) da alto a basso. Nella tecnologia 100BASE-TX si utilizza una variante (differenziale) dove la codifica si basa su transizioni rispetto allo stato precedente. Nel caso della codifica "MLT-3", i bit "1" e "0" vengono rappresentati in modo diverso: la codifica MLT-3 alterna tra tre livelli di tensione: positivo, zero e negativo.

La codifica "8B6T" prende 8 bit di dati binari e li codifica in 6 simboli ternari. In altre parole, ogni gruppo di 8 bit viene rappresentato da 6 simboli, ognuno dei quali può assumere uno dei tre valori: positivo, zero o negativo.

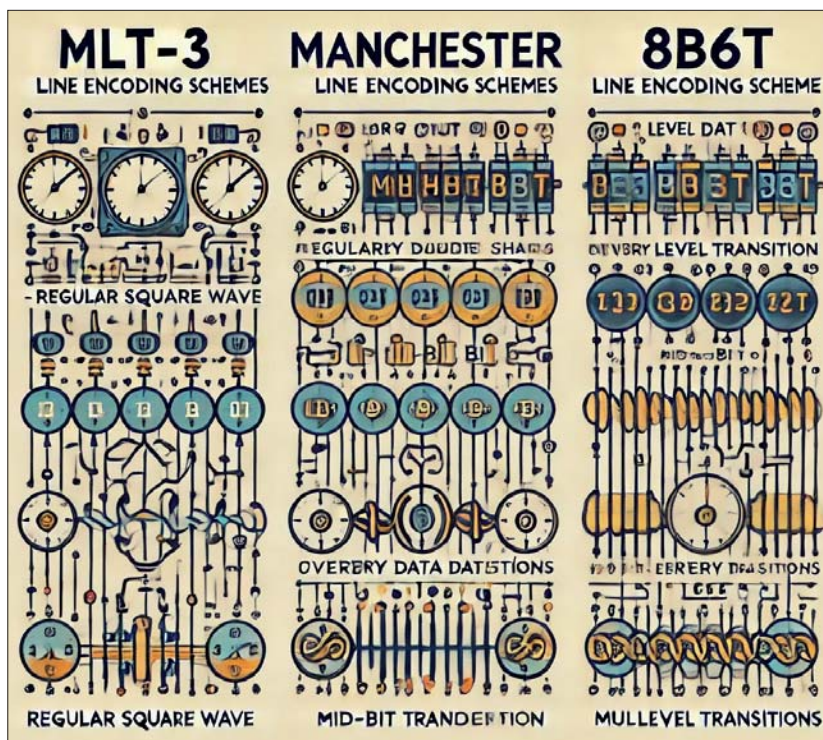
Cogliendo le opportunità dell'intelligenza artificiale (*chatbox*) una rappresentazione comparativa di

Tabella 5 Sistemi base di codifica

Tecnologia (IEEE 802.3)	Data rate (Mbit/s)	Codifica	Banda (MHz)
10BASE-T	10	Manchester	7,5
100BASE-TX	100	MLT-3	32,5
100BASE-TX	100	Manchester	75
100BASE-T4	100	8B6T	12,5
1000BASE-T	1.000	8B/1Q4 PAM5	62,5

Figura 2

L'IA compara metodi di codifica e non è sempre d'aiuto pratico



questi metodi di codifica potrebbe essere rappresentato nella figura 2, ma diversi sono i testi disponibili in rete sulla teoria dei segnali che possono dare una vera spiegazione tecnica.

Quanto sopra esplicitato sinteticamente, evidenzia come non è solo la velocità di trasmissione dei servizi che può saturare il portante.

A completare le informazioni relative a quanto impegnano l'infrastruttura di rete alcuni noti servizi, ecco raccomandazioni ovvero condizioni tipiche d'impiego (tabella 6) da leggere con le precedenti tabelle 1, 2, 3, 4.

La trasmissione dei dati-sui materiali

Per la scelta dei materiali consideriamo come concetto sottinteso che la qualità dei materiali impiegati è sempre un giusto requisito da considerare in fase di progettazione.

Interessante l'analisi presentata in occasione dell'evento europeo BICSI 2024 sui cavi di rete in rame (considerazioni valide anche per le fibre ottiche) le cui conclusioni sono:

- scegli il cavo corretto con una buona capacità di trasporto e verifica TUTTE le caratteristiche;
- installa il cavo corretto in relazione al regolamento costruzioni (CPR)³;
- PoE e PoH⁴ richiedono un buon cavo;
- una buona qualità delle corde di permutazioni equivale a non avere problemi durante l'esercizio;
- la combinazione dei componenti dei circuiti dati

Tabella 6 Velocità impegnata da alcuni servizi

servizi streaming	velocità (Mbit/s)											
	20	15	17,1	16	20÷25							
4k Ultra HD	Youtube	Netflix	3	Disney +	4,4	1,5	Amazon Prime	3	generico	20÷25		
1080p HD										5	5	
720p HD										2,5	3	2,5÷3
480p SD										-	-	1,1
360p SD										-	-	0,7
webinar	-							0,5				
condivisione schermo	-							0,15				
chiamata VOIP	-							0,08				
banda larga	-							1,5				

³ Il "progetto prevenzione incendi" di una struttura determina la classificazione CPR necessaria dei materiali da costruzione installati permanentemente in relazione alle emissioni in caso d'incendio (opacità dei fumi, acidità e corrosività, gocciolamento) raggruppando i cavi in categorie che vanno dalla meno prestante "Eca" alla migliore "Aca". A parte la Eca le altre categorie sono dettagliate per ciascuna delle emissioni citate, vedi - per esempio - la "Guida completa al Regolamento Prodotti da Costruzione applicato ai Cavi Elettrici", ANIE.

⁴ PoH - Power over HDBaseT - Basato sullo standard IEEE 802.3at PoE Plus e retrocompatibile con esso, POH fornisce fino a 100 W di potenza CC su quattro coppie di cavi Ethernet in combinazione con segnali video a una distanza massima di 100 m, sufficienti per alimentare, per esempio, una tipica TV LED.

devono essere della stessa categoria e/o tecnologia ricordando che l'elemento di minor pregio caratterizza, tanto o poco, tutto il circuito declassando tutti gli altri elementi di qualsiasi tipologia siano;

- il 90/95% dei problemi che si riscontrano durante le misurazioni di certificazione o ricerca dei guasti sono riferiti alla non corretta posa dei componenti;
- in ultimo, la scelta progettuale deve essere allineata con le prestazioni necessarie per l'impianto da realizzare, facendo comunque sempre attenzione alle prospettive future, a volte poco percepibili.

Difficilmente si sbaglia progettando con un livello superiore di categoria/tecnologia. La differenza di costo è spesso esigua o contenuta, ma con decisa maggior capacità di rispondere a necessità future. Alcuni cataloghi stanno per esempio eliminando i cavi in rame di cat. 5e che non ha più un orizzonte strategico, oppure i costi dell'elettronica per la trasmissione in fibra ottica per la tecnologia monomodale si sono quasi allineati con quelli della multimodale (già la differenza del costo delle due tipologie di fibre è quasi insignificante) per certi livelli prestazionali. Lo sviluppo dell'elettronica per la trasmissione ottica si sta concentrando su dispositivi mirati per data center limitando la gittata a 500 m, perseguendo l'obiettivo di effettuare la trasmissione multiplata, affinché si possano contenere i costi del prodotto. Bisogna comunque porre attenzione all'efficienza energetica del sistema.

Fatta questa introduzione si possono elencare alcune evidenze utili per perfezionare la progettazione e la realizzazione del cablaggio strutturato in fibra ottica.

I cosiddetti SFP (*Small Form-factor Pluggable*) sono alloggiati negli apparati di rete negli specifici slot rendendo gli apparati stessi compatibili col mezzo trasmissivo e il servizio richiesto. Per le reti in fibra ottica e al pari alle interfacce fisse, sono quei componenti che procedono alla conversione elettrico-ottica e viceversa, consentendo la realizzazione della comunicazione in termini di potenza e velocità in base al servizio richiesto (tabella 4).

Sono sostanzialmente suddivisi in tre tipologie di emettitore: LED, VSCL (simile al laser), LASER. Ciascuna è caratterizzata per l'impiego richiesto in termini di potenza e velocità di trasmissione. Importante è l'abbinamento di SFP e mezzo trasmissivo. La figura 3 raccoglie una rappresentazione della distribuzione dell'indice di rifrazione per le principali fibre ottiche multimodali, da cui si deve evincere soprattutto che per le fibre ottiche OM1 e OM2 non deve esserci un emettitore laser per non incorrere in una usura accelerata, se non un danneggiamento dell'SFP. Questo perché il laser è concepito per un canale trasmissivo concentrato nel centro della fibra ovvero per fibre monomodali o per le multimodali OM3, OM4 e OM5. ITU caratterizza uno standard delle fibre ottiche secondo le modalità costruttive che, in base all'utilizzo, sono tarate sulle lunghezze d'onda sulle quali lavorano: G651, G652, G653, G654, G655, G656, G657. Tra cui G652 e G657 sono le tipologie più usate.

È quindi necessaria particolare attenzione, per esempio in caso di aggiornamento tecnologico, qualora si voglia sfruttare un mezzo esistente soprattutto se datato o nato per servizi di automazione industriale. Ulteriore considerazione riguarda l'uso delle bretelle di permutazione che devono essere sempre allineate tra di loro in modo da non avere inopportune attenuazioni conseguenti, per esempio, all'abbinamento di diversa tipologia ovvero MM con SM.

Ancora in relazione ai materiali per le reti ottiche è opportuna valutazione la scelta della tipologia di connettori e in particolare alla lavorazione delle teste degli stessi. A riassumere le peculiarità la tabella 7 elenca le perdite caratteristiche dei connettori più diffusi.

Vista la contenuta differenza di costo i connettori lavorati UPC sono da preferire decisamente rispetto a quelli PC (poco diffusi).

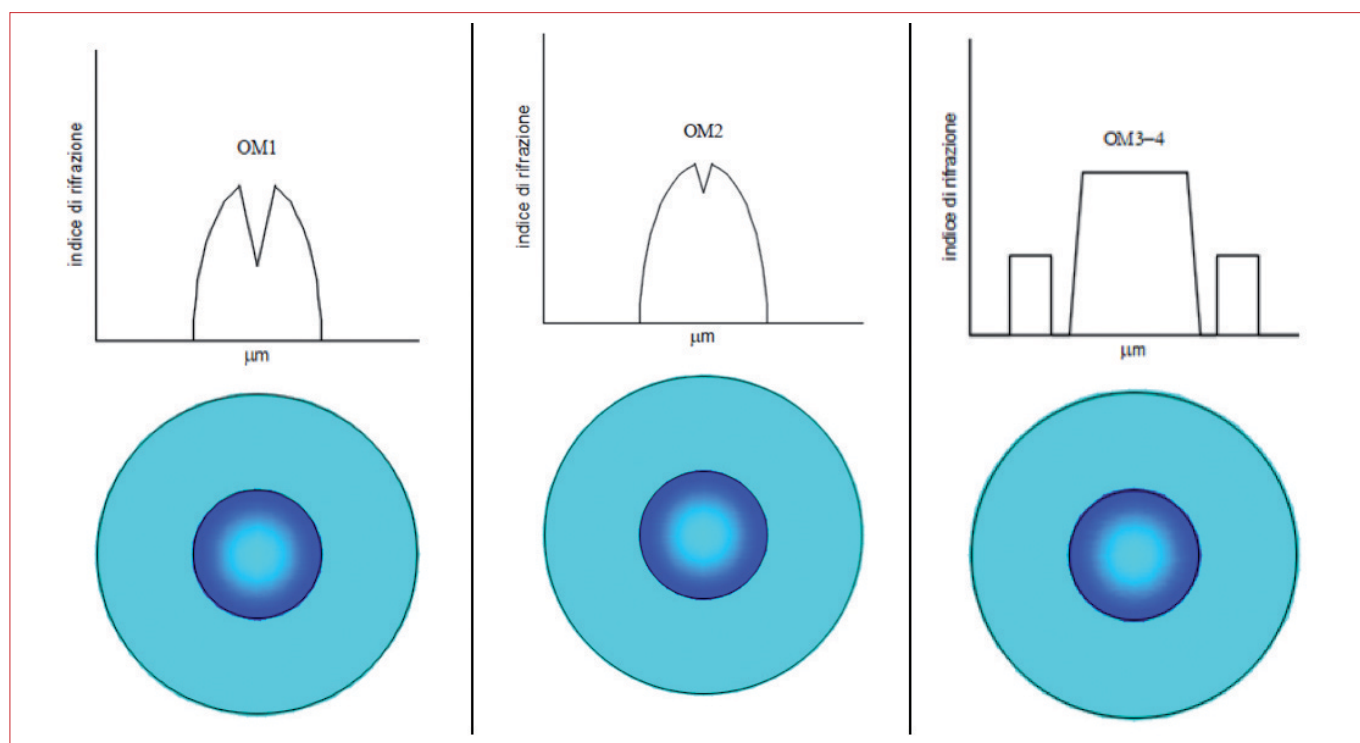


Figura 3

Rappresentazione dell'indice di rifrazione caratteristico delle fibre ottiche multimodali suddivise per tipologia costruttiva

Tabella 7

ATTENUAZIONI DEI CONNETTORI PER FIBRA OTTICA (dB) - serie ISO11801

	IL (Insertion Loss)*				RL (Return Loss)#			
	MM-PC	SM-PC	SM-UPC	SM-APC	MM-PC	SM-PC	SM-UPC	SM-APC
SC	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,3	> 45	> 45	> 50	> 60
LC	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,3	> 35	> 45	> 50	> 60
MPO	< 0,5	< 0,7		< 0,7	> 25	> 30		> 50

* Perdita di inserzione (attenuazione dovuta alla connessione)

Perdita di riflessione (attenuazione dovuta alla riflessione del segnale in corrispondenza della connessione)

I connettori APC sono invece utilissimi per collegamenti DWDM e in ogni caso dove è impiegata un'elevata potenza ottica (per esempio, in collegamenti geografici > 5/10 km). La specifica attenuazione di riflessione evita che il trasmettitore sia investito da una eccessiva potenza di ritorno. Quest'ultimo elemento può portare anche a guasti o riduzione della vita attesa del trasmettitore stesso.

La figura 4 vuole invece evidenziare l'aspetto meccanico della testa dei connettori citati, che spiega il risultato tecnico indicato nella tabella 7: PC (lavorazione base), UPC (lappatura approfondita), APC (lavorazione con angolo 8°).

Va ricordato che la continuità del servizio secondo i parametri di progetto necessita di pulizia periodica dei connettori: laddove l'ambiente di installazione è pulito, l'attività andrebbe svolta con periodicità biennale, mentre in spazi meno "ordinati/puliti", quali possono essere quelli industriali, è preferibile procedere annualmente. Le impurità che possono depositarsi o introdursi nel punto di connessione sono in grado di degradare sensibilmente la qualità della trasmissione dati fino al punto di compromettere il servizio attivo.

Progettazione Caratteristiche/valutazione Cavi (rame e fibra)

Nella realizzazione di un cablaggio orientato ai servizi futuri riveste particolare importanza la capacità di sostegno della portata di telealimentazione dei dispositivi (*Power over Ethernet* - PoE). Probabilmente siamo abituati ad avere sulla scrivania un telefono VOIP o vedere installato un *access point* per i servizi Wi-Fi o avere una camera statica per la videosorveglianza. Questi dispositivi sono alimentati dagli apparati attivi con capacità PoE e assorbono al massimo 12,95 W (porta switch da 15,4 W) secondo lo standard IEEE 802.3af. Già una camera motorizzata o per

rilevazione incendi o un videotelefono come alcuni sistemi di allarme, hanno maggiori esigenze e fanno riferimento allo standard IEEE 802.3at (PoE+ - 25,5 W - 30 W). Periferiche wireless multi-radio o sistemi di video conferenza possono necessitare di 51 W (porta 60 W) e fanno riferimento allo standard IEEE 802.3bt (tipo 3). Molto interessante è infine lo standard IEEE 802.3bt (tipo 4 - 71,3 W - 90 W) che permette di alimentare laptops o monitor e apparecchi di illuminazione LED per esempio. Questi ultimi standard chiedono una nuova attenzione, soprattutto in certi ambiti, rivolta a:

- l'alimentazione dei rack dati viste le significative potenze dei singoli apparati attivi anche superiori a 1.000 W (attualmente circa 200 W);
- la dissipazione ammessa dalle corde di permutazione e dai cavi di rete; questi ultimi necessitano di eventuali declassamenti della lunghezza massima ammessa e particolare studio del sistema di posa;
- una rivalutazione del numero di prese di energia privilegiate presso le utenze finali visto che i tipici oggetti sulle nostre scrivanie potranno essere telealimentate.

Nei primi due standard le coppie energizzate sono solamente due, mentre negli altri casi sono necessariamente tutte e quattro.

L'attenzione per la modalità di posa dei cavi di rete, alla luce dei sempre più presenti servizi PoE, non è più trascurabile, conseguentemente alla dissipazione termica dei conduttori che implica risvolti legati alle prestazioni fisiche dell'isolante e alla disponibilità di energia ai dispositivi terminali telealimentati.

La posa dei cavi, ammessa per un massimo di 24 cavi per fascio (indipendentemente dal tema PoE), deve contemplare materiale idoneo: i costruttori indicano la capacità in W dei prodotti e non è inusuale trovare che per PoE fino al tipo2 (max 30 W) è ammesso un fascio di 24 cavi,

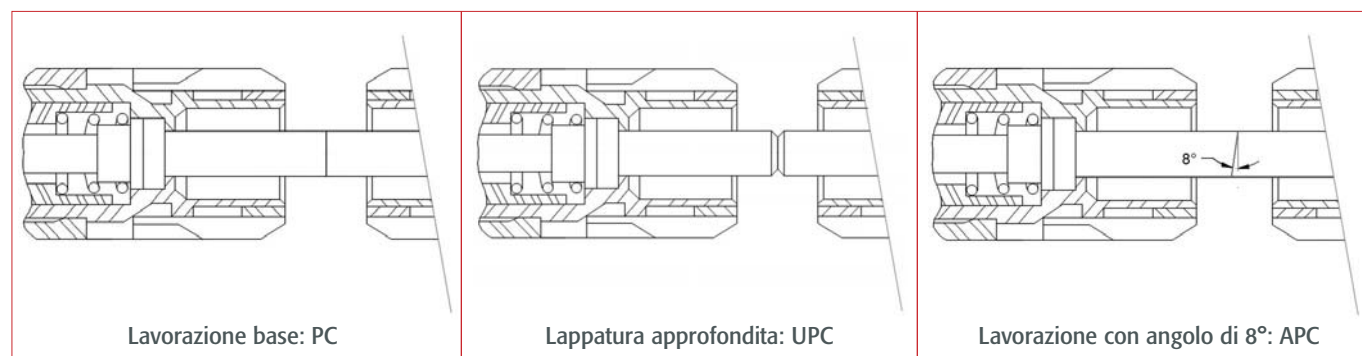


Figura 4 Rappresentazione della connessione di due terminazioni sulla base della meccanica del connettore SC (CEI EN IEC 61754-4) con evidenza della lavorazione della testa della fibra

mentre per un tipo 4 (max 90 W) il fascio è limitato a 12 cavi. La distanza tra i fasci dovrebbe essere pari ad almeno il 30% del diametro del fascio stesso. La qualità dei materiali è anche in questo caso un elemento determinante in fase progettuale e installativa.

La tabella 8 riassume le categorie di telealimentazione che devono essere gestite e indicate anche nei rack al fine di avere presente se è possibile allacciare un dispositivo. Le categorie RP1 e RP2 non sono di facile gestione e infatti per le nuove installazioni è obbligatorio applicare la categoria RP3 ovvero partire dal presupposto che ogni singolo conduttore degli 8 costituenti un cavo dati, debba sopportare una corrente ≤ 500 mA ovvero essere allineato con la massima corrente ammissibile per sistemi PoE.

Il riflesso di questo aspetto tecnico riguarda il calcolo termico (dissipazione), ma anche la capacità di trasferire l'energia fino al dispositivo terminale: con l'aumentare della temperatura il collegamento non può più garantire i 90 m di *permanent link* o i 100 m di *channel*, in quanto aumentano le perdite lungo il cavo. Questa condizione può influenzare anche un servizio attivo terminato su tratte lunghe successivamente all'attivazione di nuovi dispositivi PoE che innalzano la temperatura di un fascio comune.

Tale condizione si esplica con un declassamento della lunghezza massima ammessa del collegamento che è possibile calcolare. La tabella 9 è un riferimento indicativo, ricordando che il limite massimo di temperatura ammesso per i cavi di rete è di 60 °C.

Ulteriore condizione che può ridurre la lunghezza del canale al fine di mantenere le prestazioni tra-

5 American Wide Gauge - AWG: unità di misura della sezione dei cavi di rete che fa riferimento al numero di passaggi di trafilatura del conduttore.

6 CEI EN 50174-2 6.4.

Tabella 8 CEI EN 50174-1 4.3.3.1				
categoria	$i_{c-media}$	i_c	Controlli richiesti durante	
			Collegamento di apparecchiature di alimentazione da remoto	Pianificazione della successiva installazione del cablaggio
RP1	≤ 212 mA	≤ 500 mA	SI	SI
RP2	> 212 mA	≤ 500 mA	SI	SI
	< 500 mA			
RP3	-	≤ 500 mA	NO	SI

RP = Remote Powering

smisive, è l'impiego di cavi di permutazione di sezione diversa da AWG⁵ 24 (la tabella 10 converte AWG e mm² per avere una più immediata sensazione delle grandezze dei singoli conduttori del cavo dati). Si applica un fattore di declassamento (dichiarato dal costruttore delle *patch*) che fa riferimento a un valore di 1,20 qualora si utilizzi per esempio un cavo di permutazione con AWG24 per considerare le sole perdite della connessione presa-spina.

Sia TIA che ISO hanno sviluppato un metodo di calcolo. Facendo riferimento a ISO, la determinazione della lunghezza di collegamento permanente (PL) si modifica applicando l'equazione di canale suddivisa per classe⁶.

Per via semplificata, giusto per avere un orientamento, la seguente formula può essere d'aiuto per calcolare il limite di un collegamento permanente, ovvero del canale comprensivo di due corde di permutazione di lunghezza standard:

$$L = (103 - (k1 \cdot I1) - (k2 \cdot I2)) + I1 + I2$$

dove

L = nuova lunghezza massima del canale

K = coefficiente di declassamento relativo alla sezione della corda (per es., il valore comunicato dal

Tabella 9 Declassamento della lunghezza con l'aumentare della temperatura di esercizio	
T (°C)	Permanent link (m)
20	90
25	88
30	85
35	83
40	80
45	78
50	75
55	73
60	70

Tabella 10	
AWG	mm ²
23	0,25816
24	0,20473
26	0,12876
28	0,08098
30	0,05093
33	0,0254
36	0,01267

Tabella 11			
PERMANENT LINK*	CORD	CORD	CHANNEL§
	AWG24#	AWG28#	
	1,2	4	
lunghezza (m)	lunghezza (m)	lunghezza (m)	lunghezza (m)
80,6	2,0	5,0	87,6

*) massimo 90 m
 #) valori di declassamento
 §) massimo 100 m

costruttore 1.9/1.95 è valido per AWG28)

L = lunghezza della corda di permutazione

Un esempio pratico che vede impiegare un cavo di permutazione AWG24 da 2 m e uno AWG 28 da 5 m, limita il PL a 80,6 m e il canale sarà quindi ammesso se inferiore a 87,6 m (tabella 11).

Sono diverse le situazioni installative e di conseguenza le scelte progettuali da considerare nel dimensionamento e nell'esercizio di una rete dati in rame. Ne sono state affrontate alcune.

Il cablaggio strutturato - l'utilità

Il cablaggio strutturato deve costituire un'infrastruttura modulare, scalabile e flessibile per soddisfare facilmente le esigenze in rapida evoluzione. È pertanto necessario sviluppare il cablaggio secondo il criterio più adatto alle esigenze anche future dell'infrastruttura tecnologica.

Sebbene il cablaggio punto-punto sembri essere il metodo più semplice ed economico per fornire connessioni, per diverse ragioni questo tipo di cablaggio dovrebbe essere usato solo per connessioni all'interno dello stesso armadio oppure di due armadi, telai o rack adiacenti (cavi raccomandati di lunghezza inferiore a 7 m, massimo 10 m). I continui cambiamenti delle interconnessioni richieste aumentano sia la pianificazione, sia le risorse operative necessarie per ogni cambiamento e aumentano il rischio di interferire con altre infrastrutture.

L'approccio strutturato consente inoltre di prevedere in modo più accurato il tempo necessario per implementare le modifiche e il ripristino del sistema, con conseguenti modifiche più facili e veloci che introducono meno rischi e consentono un migliore funzionamento complessivo del sistema.

Un cablaggio specifico per determinate applicazioni deve avere comunque un approccio infrastrutturale fisso e strutturato in conformità con l'architettura del sottosistema di cablaggio delle norme della serie EN 50173, che restano il riferimento di base per le infrastrutture dati.

I contenitori dove si realizzano le permutazioni devono offrire la gestione dei cavi posteriori e la gestione dei cavi di collegamento laterali. La progettazione e la selezione di armadi/cornici/telai a connessione incrociata deve tenere in considerazione la massima capacità di cablaggio prevista e la densità richiesta all'interno degli stessi, con l'obiettivo di ridurre al minimo l'interruzione del flusso d'aria alle apparecchiature attive.

In riferimento ai data center, il cablaggio generico

in conformità con la norma EN 50173-5 utilizza percorsi e spazi predefiniti che sono specificamente destinati a supportare le richieste mutevoli e fornisce:

- a. scalabilità attraverso un design modulare;
- b. un maggiore livello di flessibilità con spostamenti, aggiunte e modifiche delle apparecchiature;
- c. un livello di coerenza con la metodologia di progettazione del cablaggio generico per altri servizi come la distribuzione dell'alimentazione e il controllo ambientale;
- d. il supporto per un'ampia gamma di applicazioni nel data center.

I sistemi di cablaggio mirano a evitare l'impatto dell'uso incontrollato di cavi punto-punto, utilizzando cavi fissi all'interno di percorsi di cavi definiti tra i pannelli (*patch panel*) in corrispondenza di posizioni di patch designate. Ciò semplifica notevolmente le modifiche al cablaggio, gestendo i cambiamenti nelle postazioni di *patch* piuttosto che scollegando, spostando e ricollegando cavi discreti sotto il pavimento o negli spazi del soffitto.

Per approfondire i vantaggi di un cablaggio, appunto strutturato, lo si può estrapolare da quanto indicato nella norma CEI EN 50600-1, in relazione alla classificazione dell'architettura e al concetto di ridondanza di tutte le infrastrutture di cablaggio di telecomunicazione per la definizione della Classe di disponibilità complessiva scelta per le strutture e le infrastrutture di data center:

- Classe 1: utilizza una connessione punto-punto (cioè cavi per apparecchiature) per il canale di trasmissione o un'infrastruttura di cablaggio fissa in una configurazione a percorso singolo.
- Classe 2: deve utilizzare un'infrastruttura di cablaggio fissa in sottosistemi di cablaggio per la progettazione del canale di trasmissione con un'architettura a percorso singolo con ridondanza sull'interfaccia di rete esterna (*provider*), unitamente ad altri criteri.
- Classe 3: deve utilizzare un'infrastruttura di cablaggio fissa in sottosistemi di cablaggio per la progettazione del canale di trasmissione con una configurazione di ridondanza multi percorso che utilizza diversi percorsi fisici.

Sistema equipotenziale di terra

Tutti gli elementi metallici dell'infrastruttura di comunicazione devono essere collegati a terra tramite un sistema equipotenziale a bassa impedenza. Ciò riguarda le canalizzazioni metalliche, i telai di supporto, i box di protezione dalle so-

vratensioni, i sistemi di schermatura dei cablaggi, i telai degli apparati. Le raccomandazioni per effettuare correttamente l'equipotenzializzazione di terra sono riportate nelle norme CEI EN 50310 e CEI 101-1.

Dal punto di vista delle influenze esterne e in particolare per i cavi dati, la norma ISO/IEC 11801-1 (vedi anche EN 50173-1, EN 50174-2, EN 50310-CEI 64/8) classifica 3 ambienti definiti E1, E2, E3. È compito del progettista identificare la tipologia di ambiente nel quale vengono installati i componenti del cablaggio strutturato con lo scopo di identificare le caratteristiche idonee e, laddove possibile, effettuare delle misurazioni che possono essere risolutive per tale obiettivo (tabella 12).

E1 sono la stragrande maggioranza degli edifici, in cui il campo elettrico è fino a 3 V/m. E2 è un ambiente industriale leggero, ma anche in questo caso, il campo elettrico è fino a 3 V/m. E3 è un ambiente industriale "pesante" dove il campo elettrico è fino a 10 V/m.

Il cablaggio UTP è progettato per supportare disturbi fino a 3 V/m, idoneo per essere installato in ambienti E1 ed E2. Solo in caso di ambienti E3 viene consigliato l'uso di sistemi di schermati nel caso non ci sia la disponibilità di una conduttura come successivamente descritto.

La regola di base (CEI 64-8 A.444.9), in relazione alle prescrizioni per la sicurezza elettrica e per la coesistenza tra cavi di energia e dati (di segnale), riferisce che "i circuiti di categoria 0 e I non devono essere contenuti nelle stesse condutture, a meno che ogni cavo non sia isolato per la tensione più elevata presente o ogni anima di cavo multipolare non sia isolata per la tensione più elevata presente nel cavo. Quale alternativa la soluzione è la compartimentazione dei livelli di tensione con setto di separazione in canali oppure con tubo protettivo" (il tubo compromette manutenzione, rimozione e nuove implementazioni). Questa modalità operativa non risolve automaticamente problemi di interferenza che possono intervenire nei circuiti dati o simili.

Portando ad esempio, un cavo elettrico FG 0,6/1 kV può coesistere nella medesima conduttura con un cavo dati F/UTP, se osserviamo solo le prescrizioni di sicurezza e se il cavo dati è costruito per tensioni verso terra pari ad almeno 400 V (se marcato CE lo è) e si è in presenza di un sistema massimo 400 V.

Dal punto di vista dell'immunità alle interferenze elettromagnetiche, ci sono necessarie considerazioni da affrontare avendo quale riferimento generale

Tabella 12

resistenza alle emissioni elettromagnetiche esterne secondo ISO/IEC 11801-1			
	classificazione ambiente		
	normale uffici	industriale leggero	industriale pesante
influenza elettromagnetica	E1	E2	E3
scariche elettrostatiche - contatto (0,667 μC)	4 kV	4 kV	4 kV
scariche elettrostatiche - aria (0,132 μC)	8 kV	8 kV	8 kV
radiofrequenza irradiata, modulazione di ampiezza (RF-AM)	3 V/m a 80÷1.000 MHz	3 V/m a 80÷1.000 MHz	10 V/m a 80÷1.000 MHz
	3 V/m a 1.400÷2.000 MHz	3 V/m a 1.400÷2.000 MHz	3 V/m a 1.400÷2.000 MHz
	1 V/m a 2.000÷2.700 MHz	1 V/m a 2.000÷2.700 MHz	1 V/m a 2.000÷2.700 MHz
radiofrequenza condotta (RF)	3 V a 150 kHz÷80 MHz	3 V a 150 kHz÷80 MHz	10 V a 150 kHz÷80 MHz
transitori elettrici rapidi/scariche in corrente alternata inclusi i conduttori di protezione	1.000 V	1.000 V	2.000 V
scariche linee di segnale/dati/controllo	500 V	500 V	1.000 V
sovratensioni (transitori verso terra) segnali/verso terra	500 V	1.000 V	1.000 V
campi magnetici (50/60 Hz)	1 A/m	3 A/m	30 A/m
campi magnetici (60÷20000 Hz)	-	in studio	in studio
cavi di rete idonei	UTP	UTP	FTP - SFTP

che la potenza dei campi elettromagnetici generati dai cavi dati adiacenti (gestione del cosiddetto *Alien Crosstalk*), decresce in modo esponenziale con l'aumentare della distanza tra gli stessi. Si conferma la possibilità di coesistenza se sono ottemperate tutte le condizioni di seguito elencate, laddove l'ambiente elettromagnetico sia conforme alla norma EN 50173-1, classe E1:

- il circuito di energia è monofase (≤ 20 A) e costituito da un cavo multipolare oppure più cavi unipolari

legati insieme o intrecciati tra loro; la corrente totale dei cavi deve essere ≤ 100 A;

- i cavi dati hanno una attenuazione di accoppiamento tra 30 e 100 MHz superiore o uguale a 40 dB.

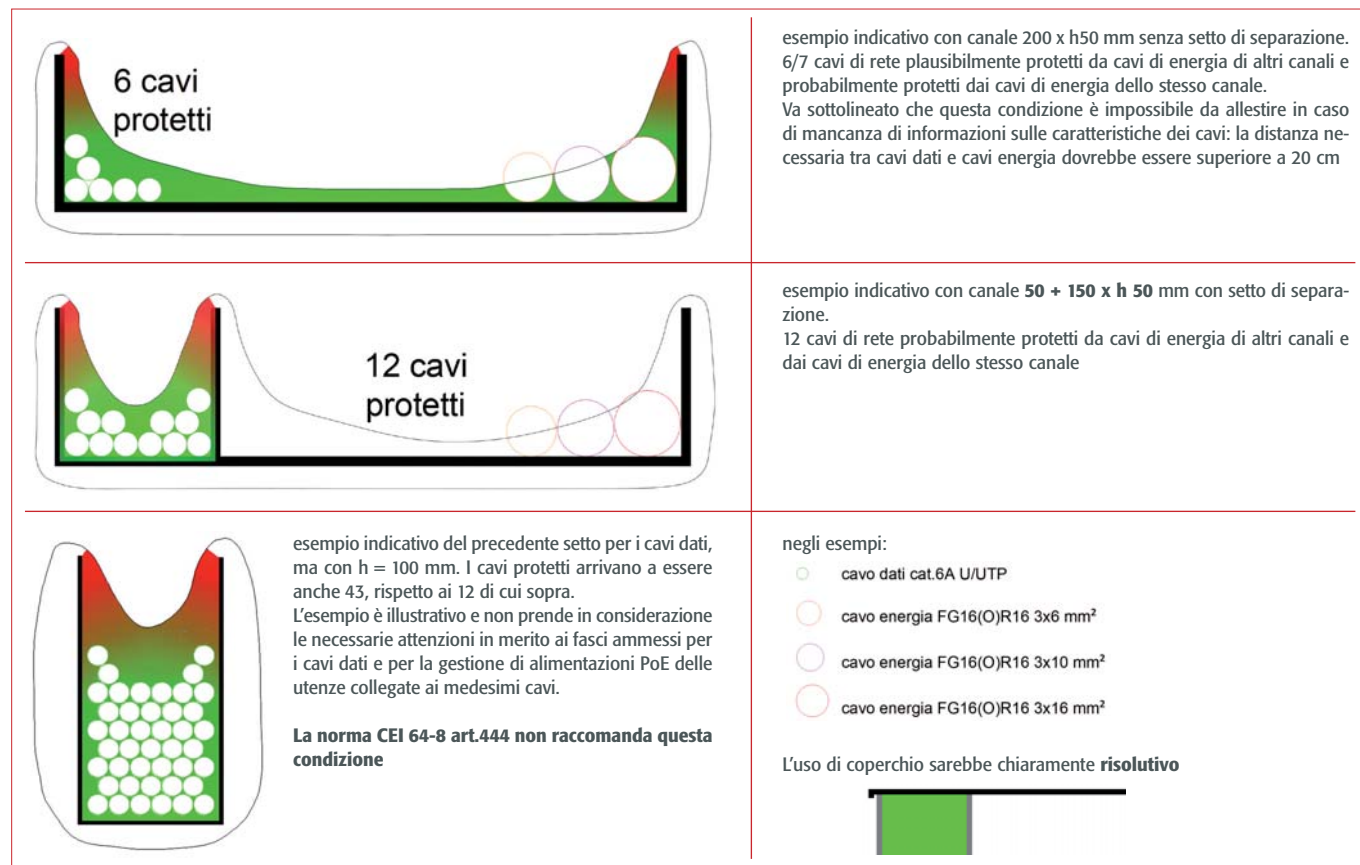
Resta sottinteso che il cablaggio per le telecomunicazioni è conforme alle istruzioni fornite dal costruttore delle apparecchiature di trasmissione e dei terminali.

Nell'esempio citato la distanza tra cavo dati e quello di energia dovrebbe comunque essere di almeno 5 cm; qualora non si avessero informazioni sui cavi si dovrebbero mantenere 20 cm. Quale interessante riferimento in caso di mancanza di informazioni dei cavi dati (secondo le specifiche della categoria 5 e superiori), il sistema di confinamento dei cavi di potenza indica che le distanze di separazione sono quelle della tabella 13.

Alcune considerazioni sono rappresentate in forma grafica attraverso la figura 5. La colorazione rappresenta la qualità della schermatura del canale metallico (verde = efficace-rosso = meno efficace) e la linea sottile l'area di influenza del canale in relazione alla schermatura.

Resta inteso che la soluzione da perseguire è quella di avere canali distinti e a livelli diversi specifici per tipologia di cavo (energia, segnale, trasmissione dati) e che le forme chiuse sono le migliori e che l'utilizzo di coperchi migliora palesemente la prestazione di compatibilità elettromagnetica della passerella.

Tabella 13	
distanza minima tra cavo energia e cavo dati	
senza informazioni sui cavi	
senza barriera elettromagnetica	20 cm
passerella a filo (maglia 5 x 10 cm)	15 cm
passerella metallica perforata	10 cm
tubo metallico	0 mm



▲ Figura 5

Tutto quanto espresso è al netto di eventuali valutazioni per la protezione contro le scariche atmosferiche.

Un ulteriore aspetto tecnico da considerare è la modalità di messa a terra degli schermi dei cavi dati (di segnale in generale). Per ottenere l'effetto auspicato è necessario considerare che, se lo schermo non è collegato a terra, è come se non ci fosse, e solo collegando entrambi gli estremi a terra si ottiene l'eliminazione dei disturbi esterni, ovvero i disturbi reciproci tra i cavi dati. Vincolare a terra solo un lato del cavo risponde solamente alle prescrizioni di sicurezza (figura 6).

Come concretizzare la messa a terra dello scher-

mo può apparire scontato, ma non è così facilmente ottenibile lato remoto. Nei casi in cui la presa dati terminale sia installata in un pannello di permutazione predisposto, la messa a terra dello stesso e del rack è cosa da poco. Se prendiamo ad esempio un punto dati presso una scrivania, la presa potrebbe essere messa a terra con la presa di energia? Non è il massimo e andrebbe collegata al nodo di terra più vicino. Nel caso di un collegamento terminato con componente MPTL⁷ al servizio di un *access point* Wi-Fi o una videocamera come si può raggiungere il risultato? La ri-

7 *Modular Plug Terminated Link - MPTL*. Componente che consente di collegare il cavo direttamente a un dispositivo, in modo che possa essere collegato a una rete senza installare una presa aggiuntiva.

Figura 6 ▶

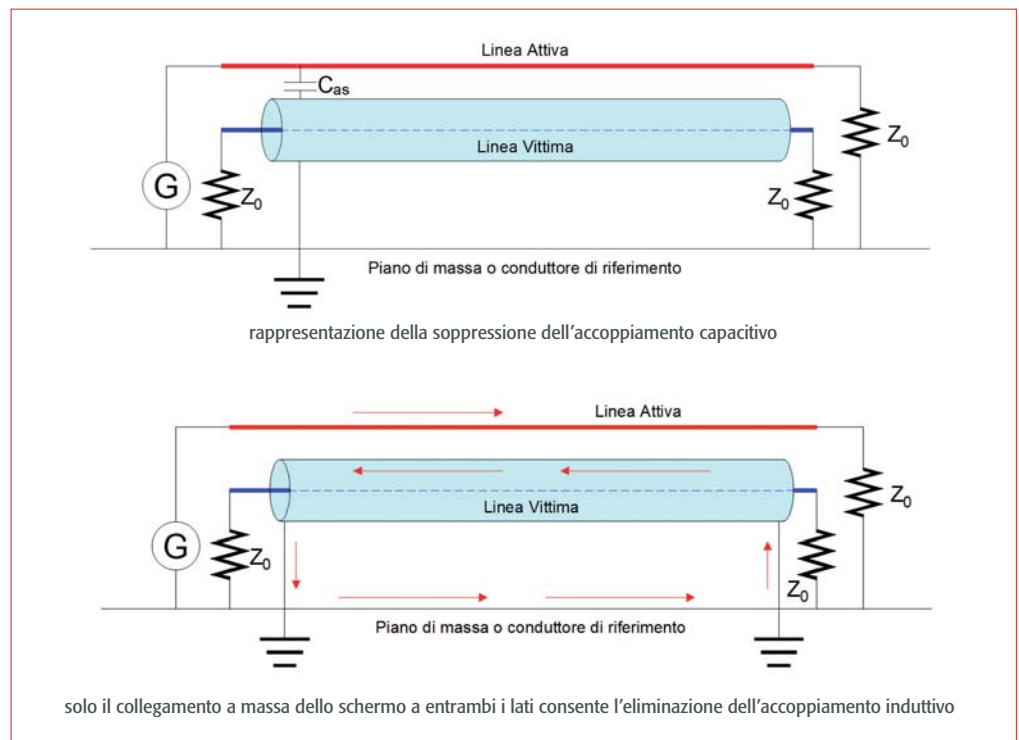


Tabella 14

Requisiti di resistenza in corrente continua per i collegamenti di messa a terra dedicati alle telecomunicazioni

connessioni tra	requisito massimo $m\Omega/m^*$
qualsiasi punto della rete di collegamento e la terminazione principale di messa a terra	1,67
qualsiasi sbarra di messa a terra primaria e una sbarra di messa a terra secondaria connessa	1,67
qualsiasi punto di connessione alla rete di messa a terra all'interno di una zona e la sbarra di messa a terra secondaria	1,67
sbarra di messa a terra primaria o sbarra di messa a terra secondaria all'acciaio strutturale	1,67

* basato sulla lunghezza del collegamento di messa a terra più corto tra due punti

Requisiti di resistenza in corrente continua per le reti di protezione

connessioni tra	requisito massimo $m\Omega/m^*$
tutte le apparecchiature di telecomunicazione e il più vicino terminale di rete per il collegamento protettivo	2,5

* basato sulla lunghezza più corta tra due punti

sposta potrebbe essere “attraverso il dispositivo”, sempre che venga impiegata una bretella di permutazione schermata, ma le periferiche citate e anche le *docking station* non danno tipicamente continuità allo schermo verso terra.

Dettaglio non insignificante è quello per cui è necessario rispettare dei parametri elettrici per i collegamenti di messa a terra dei cavi dati schermati. Storicamente una prima prescrizione facente parte di una datata guida di installazione del cablaggio di IBM indicava il limite di 1 V RMS tra terminale e il più vicino punto di messa a terra. La causa di tensione superiore doveva essere rimossa prima della messa in servizio del cavo.

Attualmente è la norma CEI EN 50310 a dettare legge e l'imposizione tecnica si trasferisce al valore di resistenza del collegamento di messa a terra. Questi valori, qualora rispettati, soddisfano indirettamente il requisito minimo della vecchia indicazione IBM (tabella 14).

Se la considerazione appena espressa può essere tecnicamente condivisibile, la metodologia di certificazione dei punti dati può risolvere la mappatura del cavo positivamente sia nelle misure del collegamento permanente che del canale, pur non sapendo se lo schermo è effettivamente solidale con l'impianto di messa a terra. Plausibilmente se quest'ultimo aspetto è rispettato, gli altri parametri delle misure di certificazione rientrano sicuramente nello standard, ma se così non fosse potremmo avere dei risultati non attendibili, ovvero un circuito dati non rispondente ai requisiti normativi?

Etichettatura (amministrazione di sistema)

Per chi è avvezzo all'impiantistica elettrica, l'utilità di schemi e apposizione di etichette⁸ sui componenti di un quadro e/o di linee elettriche non può avere difficoltà a comprendere che anche una infrastruttura dati può avere benefici assoluti di questa modalità operativa.

Quindi, affrontare questa tematica vuole fornire un riferimento che definisce le caratteristiche e le procedure per l'etichettatura di tutti i componenti presenti all'interno di una infrastruttura dati grande o piccola che sia. In conformità alla norma ANSI/TIA 942-B, l'amministrazione delle telecomunicazioni soddisfa i requisiti della norma TIA-606-C che è il riferimento assoluto. Nella sua

⁸ CEI 64-8 5.1.4.2 indica che “Le condutture elettriche devono essere disposte o contrassegnate in modo tale da poter essere identificate per le ispezioni, le prove, le riparazioni o le modifiche dell'impianto”.

completezza lo standard si applica mediante assegnazione di identificatori ai componenti dell'infrastruttura e la specificazione di elementi informativi che costituiscono dati per ciascun identificatore, definendo le relazioni tra questi dati per ottenere informazioni sulla situazione dell'infrastruttura. L'etichettatura accoglie le esigenze di scalabilità dei sistemi infrastrutturali di telecomunicazione e consente l'implementazione modulare di diversi elementi dello standard a seconda delle dimensioni dell'infrastruttura TLC.

L'identificatore è l'elemento fondamentale ed è un insieme unico di numeri, lettere o una combinazione di entrambi che non vengono ripetuti all'interno di un database di amministrazione di sistema. Andrebbe inserito nel database amministrativo e su un'etichetta apposta sul componente.

Rinegoziazione della trasmissione dati

Una breve quanto utile analisi: l'efficienza energetica del sistema “rete” composto da apparati attivi e cablaggio fisico.

Il cavo rappresenta un mezzo essenziale che, grazie alla sua qualità e prestazioni determina come i dispositivi di rete comunicano tra loro. La trasmissione è adattativa. Il che significa che i dispositivi tendono a regolarsi automaticamente.

Gli apparati attivi sono in grado di sopperire a difetti del cablaggio fisico grazie alla cosiddetta rinegoziazione della trasmissione dei dati. Di principio il protocollo TCP è sviluppato per questo compito con fabbisogno di energia elettrica supplementare di base che si può attestare tra il 10 e il 30%. Numerosi sono gli studi che hanno poi apportato reali miglioramenti affinché siano contenuti i “danni” energetici della rinegoziazione. Rinegoziazione evitabile con un cablaggio ben fatto al netto di alcune realtà: la trasmissione su fibra ottica è tipicamente pulita, mentre la trasmissione Wi-Fi come altre reti “ad hoc” sono intrinsecamente sporche, giusto per citare due esempi facili da identificare.

Inefficienza energetica può voler dire maggiori e inutili consumi energetici che possono avere ricadute sui sistemi di climatizzazione in ambienti quali i data center, i locali tecnici, ma non solo. Importante evidenziare che la cancellazione digitale permette però di recuperare l'informazione solamente nel caso il disturbo sia arrecato da una coppia sull'altra del medesimo cavo dati. Qualora l'interferenza sia determinata da una fonte esterna, compreso un altro cavo di rete, questa tecnologia non può essere d'aiuto.

Conclusioni

La qualità della progettazione, la scelta e la posa dei materiali, una buona manutenzione sono tante piccole componenti che consentono di attivare e avere la disponibilità di un impianto di trasmissione dati sempre efficiente e all'altezza delle aspettative per le esigenze attuali e future.

All'interno di edifici industriali, anch'essi raggiunti dalla digitalizzazione, va sviluppata un'adeguata infrastruttura, meglio dedicata, frequentemente per nulla sviluppata se non in impianti di recente costruzione.

Oltre alla necessaria attenzione verso l'opportuna applicazione delle metodologie di posa dei com-

ponenti, non va trascurata la convivenza della rete dati con la distribuzione elettrica, la sempre più diffusa presenza di sistemi telealimentati, la cura della documentazione (etichettatura, schemi) anche con l'ausilio di sistemi di amministrazione informatizzati laddove adeguati alle necessità.

In ultimo va evitata l'introduzione di una inefficienza energetica complessiva, oggigiorno non tollerabile in questo settore tecnologico.

Confucio: "Chiunque faccia un lavoro senza passione, lo fa male."

BIBLIOGRAFIA

- [1] Che differenza c'è tra gli standard TIA 568, ISO/IEC 11801, CENELEC 50173? La certificazione può ritenersi valida se riferita a uno qualsiasi di questi standard?, *Cabling & Wireless*, 2017: www.cabling-wireless.com/che-differenza-ce-tra-gli-standard-tia-568-isoiec-11801-cenelec-50173-la-certificazione-puo-ritenersi-valida-se-riferita-ad-uno-qualsiasi-di-questi-standard/
- [2] G. Pircher: *Calcolo fibra ottica*, 2024 - https://tonifavari.zohosites.com/Fibra_Ottica_calcolo.pdf
- [3] V. Balestrini: Let's Talk about Cable, *BICSI*, Roma, 14 maggio 2024.
- [4] B. Wang et. al.: Computational energy cost of TCP, *Proc. IEEE INFOCOM*, Hong Kong, 2004, pp. 785-795.
- [5] J. Border et. al.: Performance enhancing proxies intended to mitigate link-related degradations, *RFC 3135*, 2001.
- [6] M. Hashimoto, G. Hasegawa, M. Murata: Efficiency Analysis of TCP with Burst Transmission over a Wireless LAN, *Energy*, 2011.
- [7] M. Usman, D. Kliazovich, F. Granelli, P. Bouvry, P. Castoldi: *A Transport Layer Approach to improve Energy Efficiency*, 2016.
- [8] R. Bolla, R. Bruschi, O.M. Jaramillo Ortiz, P. Lago: *An Experimental Evaluation of the TCP Energy Consumption*, 2008.
- [9] F. Bertocchi, A. Giovanardi, G. Mazzini, M. Zorzi: *UDP and TCP Performance Investigation in Energy Efficient Ad Hoc Networks*, 2004.
- [10] A. Seddik-Ghaleb, Y. Ghamri-Doudane, S.M. Senouci: *TCP Computational Energy Cost within Wireless Mobile Ad Hoc Network*, 2008.
- [11] W. Seok et. al.: Analysis on Effect of TCP Retransmission to Energy Consumption on End-to-End Data Transfer, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 2016.
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Small_Form-factor_Pluggable
- [13] <https://it.wikipedia.org/wiki/VCSEL>
- [14] ITU standard e principali raccomandazioni, www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0b/04/T0B040000552C01PDFE.pdf
- [15] CEI EN 50174: *Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato*.
- [16] CEI EN 50174: *Tecnologia dell'informazione - Sistemi di cablaggio strutturato-Parte 5: centri di elaborazione dati*.
- [17] CEI EN 50600-1: *Tecnologia dell'informazione - Servizi e infrastrutture dei data center - Parte 1: Concetti generali*.
- [18] CEI 64-8 A.444.9.3: maggiori approfondimento in CEI EN 50174-2 cap.6.
- [19] ANSI/TIA 942-B: *Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers (and computer rooms)*.
- [20] TIA-606-C: *Administration Standard for Telecommunications Infrastructure*.
- [21] <https://teoriadeisegnali.it/libro/html/libro-19.3.html>