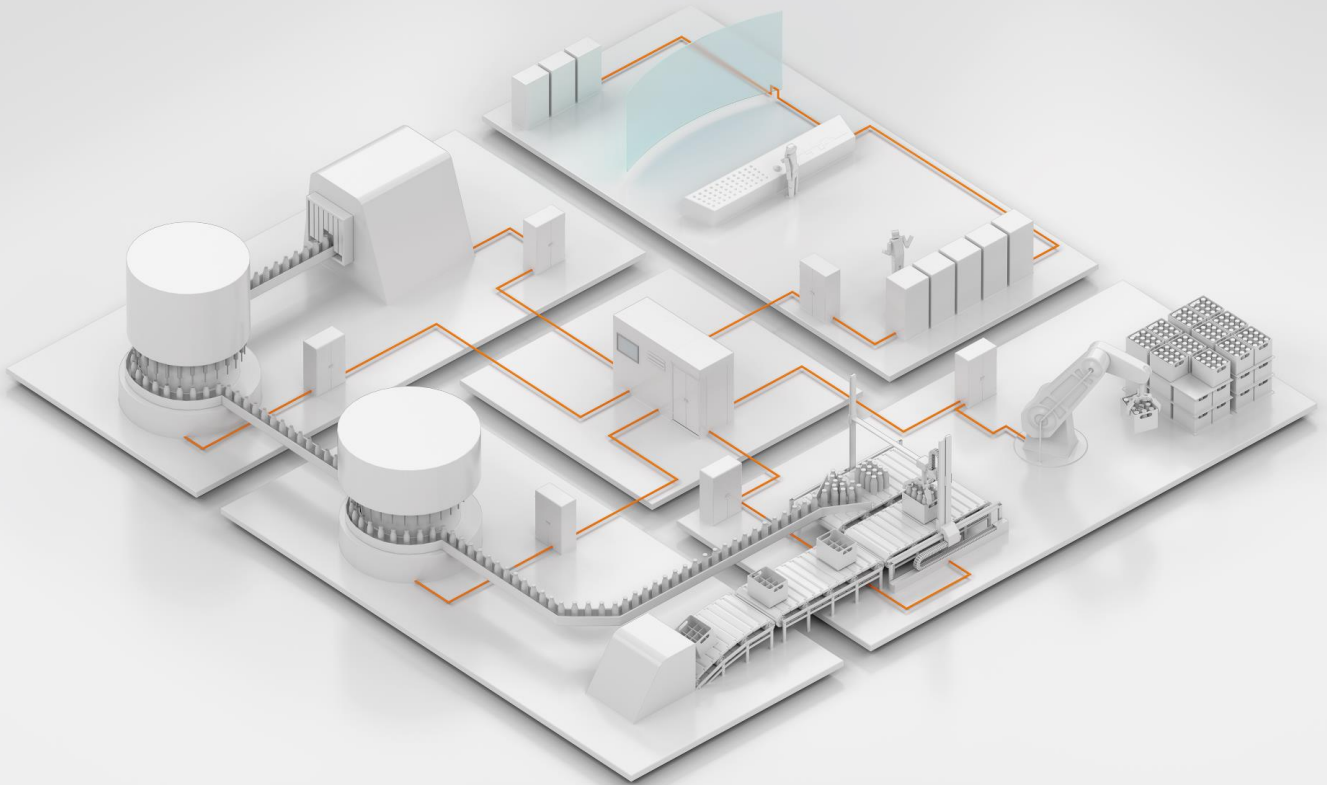


WHITE PAPER



LAPP: progettare reti industriali Ethernet a regola d'arte

LAPP: progettare reti industriali Ethernet a regola d'arte



1

Background

“Con l'avvento dell'IloT, il networking industriale svolge un ruolo ancora più cruciale nel settore manifatturiero. Investire in tecnologie di comunicazione industriale significa ottimizzare i processi mediante la connessione di dispositivi fisici smart, software, sensori e attuatori. Tutto questo porta, infatti, a poter raccogliere, inviare ed elaborare dati, anche a velocità senza precedenti, come tipicamente avviene nel **mondo IT** (Information Technology), per una più elevata capacità produttiva, flessibilità ed un'efficienza energetica potenziata, come richiesto dal **mondo OT** (Operational Technology)” commenta **Simone Albrizio**, che continua “I **sistemi di cablaggio e connessione** devono dunque garantire, anche in applicazioni speciali

ABSTRACT

Le reti di comunicazione, spina dorsale dei sistemi di automazione e controllo, sono in continua e rapida evoluzione.

Una conoscenza esaustiva nel campo dell'Industrial Communication è dunque strategica per **vincere le sfide della trasformazione digitale**.

Le reti progettate, realizzate e mantenute a regola d'arte contribuiscono in maniera significativa a **migliorare le prestazioni di un impianto**, permettendo un monitoraggio costante ed efficace e, di conseguenza, una riduzione dei tempi di fermo macchina.

Simone Albrizio, Certified PROFINET® Engineer e Product Marketing Manager di LAPP – leader nello sviluppo e produzione di soluzioni integrate nella tecnologia di cablaggio e connessione – ci porta alla scoperta delle **linee guida per la realizzazione di una rete di comunicazione performante**.

o in condizioni ambientali critiche, un'elevata affidabilità nella trasmissione di una sempre maggiore quantità di dati e nel minor tempo possibile.

Per questo motivo, negli ultimi anni, accanto ai tradizionali sistemi Fieldbus su base seriale, si è aggiunta la **tecnologia Ethernet**, che sta divenendo dominante. I trend di mercato dimostrano come la transizione verso quest'ultima sia sempre più rapida: già nel 2018 il numero di nodi Ethernet installati superava quello dei Fieldbus seriali. Nata, infatti, per lo scambio di dati tra i computer negli uffici, Ethernet consente velocità di trasferimento molto più elevate rispetto ai Fieldbus seriali, **fino a 10 GB/s**. L'ambiente di utilizzo più gravoso, condizioni ambientali difficili, temperature di esercizio, disturbi radio e EMC generati dai dispositivi di potenza come Drive Brushless e motori controllati da inverter, creano un ambiente avverso alle comunicazioni dati.



Per superare questi limiti, i principali player del settore industriale hanno “adattato” la tecnologia Ethernet di base per soddisfare i requisiti industriali e garantire le prestazioni necessarie, facendo nascere quello che comunemente conosciamo come **Ethernet industriale**. In ambiente industriale infatti, il **determinismo della trasmissione dati** è fondamentale per il funzionamento delle automazioni. I dati devono partire ed arrivare in tempi noti pre-determinati. Si pensi, ad esempio, al comando di un attuatore dal quale si attende, talvolta in pochi millesimi di secondo, un feedback di operazione eseguita che deve essere acquisita e processata dal PLC o dal PC di controllo. Per il motivo descritto, l'industria usa Ethernet con protocolli appositamente studiati per garantire il determinismo nella trasmissione dei dati in tempo reale” conclude **Simone Albrizio**.



2

Classificazione di Ethernet a partire dalle proprietà

ETHERNET PROTOCOL	Ethernet/ IP 	CC-Link IE 	EtherCAT 	ProfiNET IO 	Modbus/ TCP 	SERCOS 3 	Powerlink 
Mezzo di trasmissione	Cavo in rame cat.5 o sup. o fibra ottica, 100 Mbit / s	Cavo in rame cat.5e o sup, 1 Gbit/s	Cavo in rame cat.5 o sup, 100 Mbit / s	Cavo in rame cat.5 o sup. (specifico per Profinet), 100 Mbit / s	Cavo di rame cat.5 o sup o cavi in fibra ottica GOF	Cavo di rame cat.5 o sup o cavi in fibra ottica POF	Cavo in rame cat.5 o sup 1GBits/s. o fibra ottica GOF
Connettori	RJ45 o M12 per rame ST, SC e LC per fibra ottiche	RJ45	RJ45, M8 o M12	RJ45 o M12 per rame ST, SC e LC per fibra ottiche, anche in versione POF	RJ45 per rame ST, SC, LC, FC per fibra ottiche versione GOF	RJ45 per rame ST, SC, LC, FC per fibra ottiche versione POF	RJ45 o M12 per rame ST, SC, LC, FC per fibra ottiche versione GOF
Topologie	A stella e ad albero Meccanismi di ridondanza possono essere utilizzati in combinazione con una struttura ad anello.	Lineare, ad anello e a stella e una combinazione delle topologie lineare e a stella	A stella, ad albero e lineare e una combinazione delle tre	A stella e lineare, anche combinabili in una topologia a ad albero Meccanismi di ridondanza possono essere utilizzati in combinazione con una struttura ad anello.	Lineare	Ad anello, stella e lineare. Meccanismi di ridondanza possono essere utilizzati in combinazione con una struttura ad anello.	A stella, ad albero, ad anello o combinazioni di tutte queste architetture di rete
Caratteristiche distintive	Utilizza CIP (Common Industrial Protocol)	Componenti di rete Ethernet standard (switch), dispositivi con hardware proprietario. La comunicazione e si basa su Master-Slave mediante token. Solo il componente che dispone del token può inviare e ricevere informazioni.	La comunicazione e si basa su Master-Slave. Uso di infrastruttura EtherCAT su standard Ethernet.	Disponibile in versione Real Time (RT) e inversione deterministica Isocrona Real Time (IRT).	Modbus/TCP utilizza una comunicazione e ETHERNET TCP/IP basata sul modello client/server o master/server. L'unico requisito è che i nodi siano nello stesso campo dell'indirizzo IP.	Comunicazione basata su modello Master- Slave. Sistema aperto, digitale, seriale ed in tempo reale che consente di sfruttare a fondo le caratteristiche dei controllori digitali che comandano gli azionamenti.	Sistema di trasmissione real-time. Componenti di rete Ethernet standard (switch)
Sviluppatore	Rockwell / ODVA	Mitsubishi Electric, CLPA	Beckhoff, ETG	Siemens, PNO	Modicon (gruppo Schneider), Modbus-IDA	Bosch Rexroth AG, consorzio SERCOS	B&R GmbH, Powerlink Standardization Group (EPSPG)

3 Quali parametri occorre tenere in considerazione quando si progetta una rete Industrial Ethernet? Quali sono i vantaggi?

“I **principali parametri** da prendere in considerazione per progettare correttamente una rete Industrial Ethernet, affinché sia adeguata alle necessità di funzionamento delle linee produttive, sono molteplici.

Di seguito alcuni dei fondamentali:

- Posizionamento fisico dei componenti e di conseguenza le varie topologie di rete da applicare;
- Distanza da percorrere;
- Qualità della comunicazione: il carico sulla rete e la profondità della stessa;
- Requisiti EMC (Electromagnetic Compatibility)
- Selezione dei componenti e del mezzo trasmissivo”

Spiega **Simone Albrizio** che aggiunge: “I punti di forza di una rete Industrial Ethernet sono numerosi. In primis, assicura una libertà superiore rispetto ai Fieldbus seriali, nella scelta della **topologia più adeguata** a partire dalle singole esigenze, come vincoli meccanici, vincoli normativi, interfacce M2M etc...”



In tal senso, in relazione a come i dispositivi sono connessi alla rete e ai flussi dei dati che ne derivano, si possono distinguere le seguenti rappresentazioni grafiche di reti industriali esistenti:

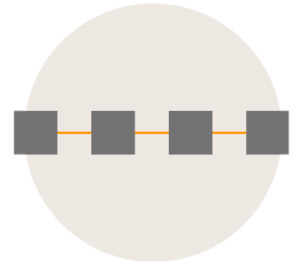
• PUNTO A PUNTO:

è il più semplice in assoluto. Esempio tipico è il collegamento tra un PLC e un sensore. Il limite di questo tipo di collegamento è che se un dispositivo deve comunicare con una serie di altri, è necessario stabilire un collegamento separato con ognuno di essi; ciò vuol dire più costi di cablaggio.



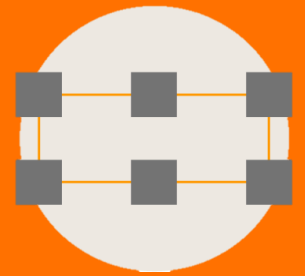
- **LINEARE O A BUS:**

i dispositivi sono tutti collegati in serie ad un solo strumento di trasmissione. Topologia tipica nei sistemi a bus di campo seriale. Il grosso limite di questo genere di connessione è che basta l'interruzione di un punto sulla rete, per perdere la comunicazione con i restanti dispositivi a valle.



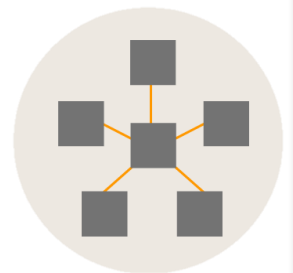
- **AD ANELLO:**

in una topologia ad anello, ogni dispositivo può comunicare con qualsiasi altro tramite due canali (senso orario e antiorario). Il vantaggio principale è la comunicazione tra i dispositivi anche in caso di interruzione di una sezione della rete (Si veda MRP per PROFINET e DLR per Ethernet/IP).



- **A STELLA:**

questa topologia di rete riduce l'impatto di un guasto sulla linea trasmissiva collegando in modo indipendente ciascun dispositivo allo switch, che costituisce il punto centrale della stella. Ogni nodo può comunicare con tutti gli altri e lo switch stesso.



- **AD ALBERO:**

un albero possiede diversi componenti di distribuzione, in base alle sue dimensioni, e può quindi essere considerato come una stella "allargata". Un esempio di questa topologia è la rete Ethernet di un ufficio che utilizza degli switch come componente di distribuzione. Vantaggio importante delle topologie ad albero è l'elevata scalabilità.



In secondo luogo, ogni dispositivo connesso alla rete può comunicare quando ne ha bisogno, superando il concetto di architettura master-slave tipica dei sistemi Fieldbus seriali. Inoltre, l'Ethernet permette di creare reti pressoché illimitate, con milioni di nodi a favore della massima scalabilità dell'infrastruttura

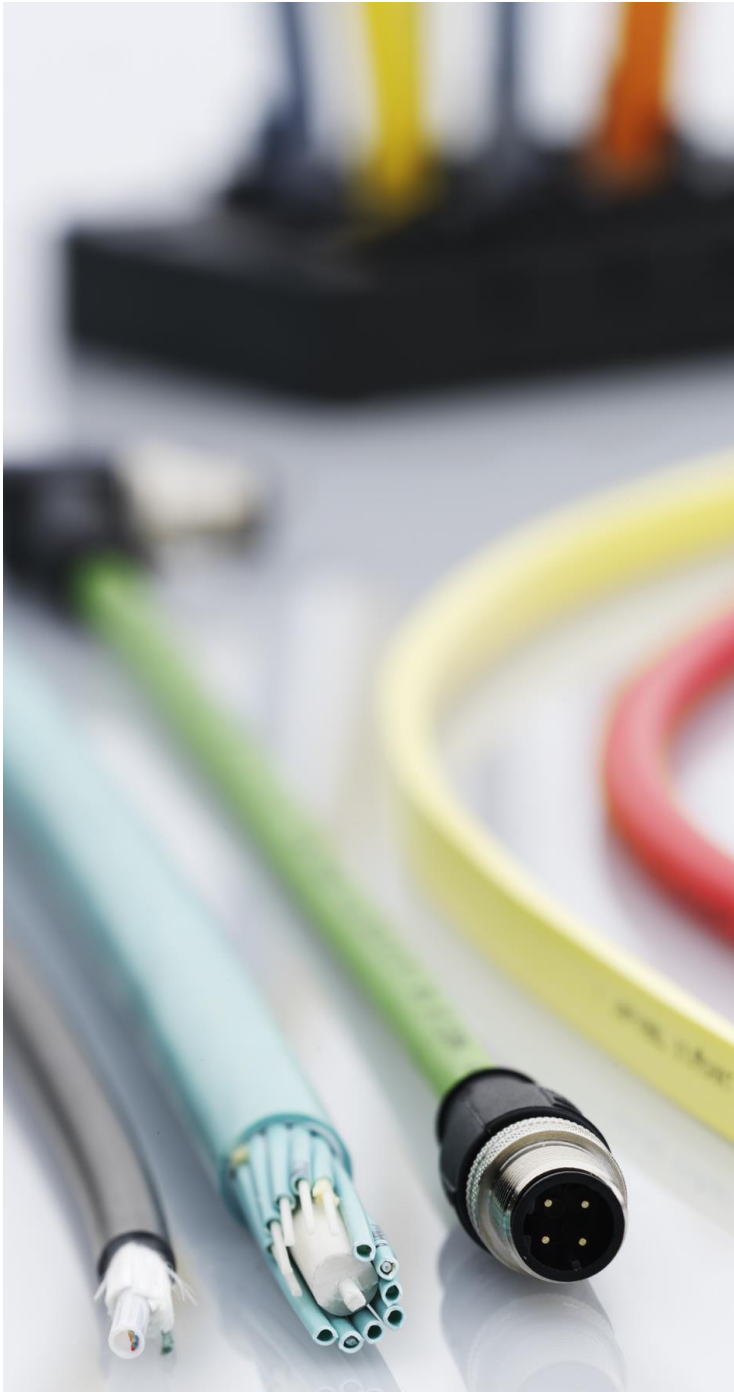
in relazione alle singole necessità operative. Laddove nasce l'esigenza di coprire grandi distanze (considerato il limite fisico di 100m per i cavi di rame), si può optare per la soluzione con **fibra ottica**, che permette la trasmissione anche a Km di distanza.

In aggiunta, in merito alla **qualità della comunicazione**, sono due i parametri caratterizzanti: il carico sulla rete e la profondità della stessa. Il Carico di rete indica il rapporto tra la quantità di traffico sul link e la portata massima del link stesso (ad esempio 100 Mbit/s). Quest'ultimo è condizionato dal traffico generato, dal numero e dal tempo di ciclo con cui viene interrogato ciascun device. Il punto focale è mantenere il tempo di ciclo del device il più alto possibile, compatibilmente con le esigenze di controllo.

Tempo ciclo	Numero di dispositivi			
	ca. 70	ca. 130	ca. 200	ca. 250
	Profondità di rete			
1 ms	7			
2 ms	14	14		
4 ms	28	28	28	
8 ms	56	56	56	56
16 ms		112	112	112

Infine, **cavi e connettori** rappresentano uno dei principali veicoli attraverso cui possono propagarsi interferenze elettromagnetiche. Risolvere problematiche EMC è possibile scegliendo cavi schermati. La **schermatura** viene realizzata, generalmente, con fogli di alluminio o treccia in rame stagnato che coprono la totalità del cavo, composto tipicamente da conduttori accoppiati e twistati. Per i cavi impiegati ad alte frequenze, ogni singola coppia di conduttori viene schermata con foglio di alluminio, al fine di migliorare sia la schermatura complessiva che i valori di **Crosstalk** (ovvero la riduzione delle interferenze tra le coppie).

Il twist della coppia di conduttori rappresenta un vero valore aggiunto per limitare le interferenze: trovandosi in opposizione di fase, i campi elettromagnetici dei due conduttori si annullano a vicenda, favorendo dunque una riduzione dell'effetto del campo magnetico complessivo. Inoltre, in caso di cavi schermati, è fondamentale anche la presenza un connettore o pressacavo in grado di favorire una corretta connessione/ripresa dello schermo del cavo sull'apparato. Infine, un ulteriore accorgimento è quello di **separare** i cavi ethernet da quelli di potenza, facendoli correre in canaline metalliche separate.



“Nella definizione di un sistema di cablaggio a regola d’arte è di cruciale importanza operare una corretta **selezione dei connettori e dei cavi**, come indicato nel sistema ISO/OSI Livello 1 – Fisico, che li identifica come mezzo trasmissivo. Rispetto ai primi, è possibile acquistare **soluzioni precablate**, o, viceversa, se si decide di procedere al **cablaggio diretto in campo**, è necessario scegliere la **tecnologia di connessione** da utilizzare: saldatura, connessione a vite, crimpatura o perforazione d’isolante. Questa decisione dovrebbe fondarsi su **diversi parametri**, tra i quali possiamo citare l’applicazione, le condizioni ambientali in cui sarà installato il sistema e la tipologia di conduttore. Nelle reti Ethernet, ad esempio, il connettore più utilizzato per i cavi a coppie twistate è l’8P8C (comunemente chiamato RJ45), ossia 8 Posizioni ed 8 Contatti ma, mentre nelle reti a 10/100 Mbit/s sono sufficienti, in quelle Gigabit sono obbligatorie 8 contatti” illustra **Simone Albrizio** che continua

“Per quanto concerne i **cavi**, invece, occorre tenere conto principalmente della tecnologia di comunicazione alla quale saranno abbinati. Alcuni bus Ethernet richiedono geometrie e cordature del cavo secondo specifiche indicate dal consorzio che lo sviluppa. È necessario altresì stabilire il tipo di posa,

valutare il comparto industriale di utilizzo e l’ambiente (es. temperature a cui saranno sottoposti, la resistenza richiesta agli agenti chimici, all’acqua, alle radiazioni UV, disturbi EMC, ecc). In ultimo, bisogna tenere presenti le certificazioni di qualità e quelle per l’export che dovranno rispettare tutti i componenti.”

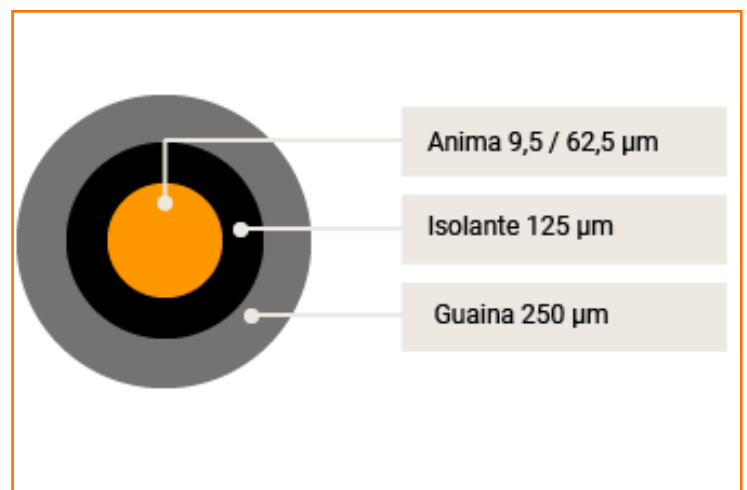
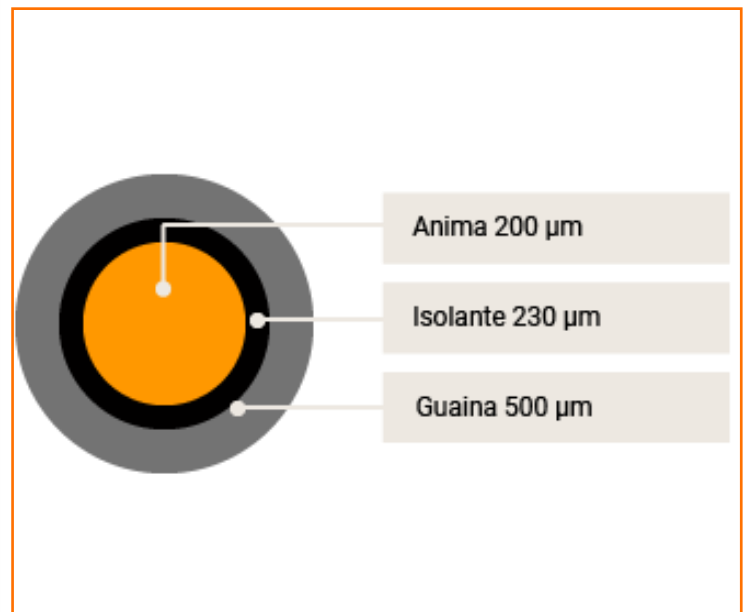
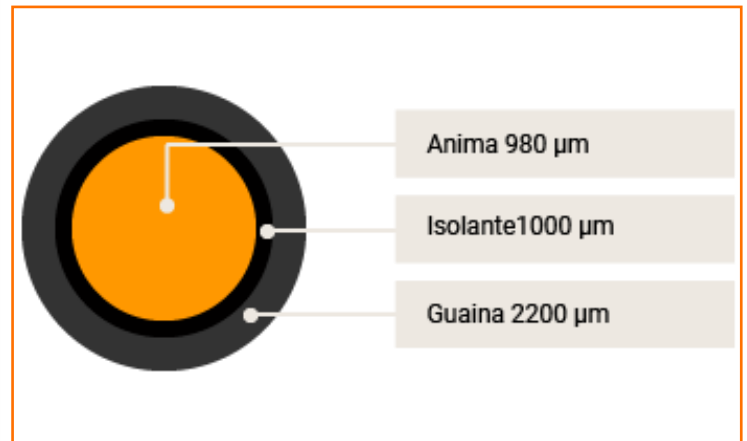
“I cavi per Industrial Ethernet si dividono principalmente in **cavi in rame**, che utilizzano segnale elettrico e **cavi in fibra ottica**, a segnale ottico. I primi rappresentano l’alternativa più accessibile e permettono di distribuire il segnale a più dispositivi contemporaneamente, tuttavia il loro raggio d’azione è limitato ad una lunghezza massima di 100 metri e sono suscettibili ai disturbi elettromagnetici. Tra le cause dell’interferenza EMC, spicca la sempre maggiore presenza di servomotori: diviene, dunque, fondamentale utilizzare cavi in rame a coppie twistate con una doppia schermatura, allo scopo di ottenere il massimo livello possibile di protezione dai disturbi. In tal senso, distinguiamo tra cavi SF/UTP con calza di rame e foglio di alluminio per la schermatura su tutto il cavo e S/FTP con calza di rame per la schermatura su tutto il cavo e foglio di alluminio sulle singole coppie. Al fine di identificare i cavi idonei per le applicazioni industriali, è cruciale verificare la percentuale di copertura (es. 85%) della schermatura in calza di rame indicata dal produttore. Infine, lo standard ISO / IEC 11801-1 specifica i requisiti dei cavi e dei connettori, raggruppandoli in categorie che attualmente vanno dalla Cat. 5 a Cat. 8.2 a seconda della frequenza della trasmissione dei dati.”

Standard	Data Rate	Wire Pairs	Category					
			Distance	5	6	6A	7	8.1
100BASE-TX	100 Mbit/s	2	100 m	X	X	X	X	X
100BASE-T	1,000 Mbit/s	4	100 m	X	X	X	X	X
10GBASE-T	10Gbit/s	4	55 m		X	X	X	X
10GBASE-T	10Gbit/s	4	100 m			X	X	X
40GBASE-T	40Gbit/s	4	30 m					X

Commenta Simone Albrizio, che continua “Oggi più che mai, inoltre, è possibile valutare anche **la trasmissione dati** tramite fibra ottica, grazie alla disponibilità di versioni più “adatte” ad applicazioni in ambito industriale.

Nello specifico, sulla base delle diverse tecnologie costruttive, è possibile distinguere tre macrocategorie di cavi:

- **Cavi in Fibre ottiche polimeriche (POF- Polymer Optical Fiber)**, relativamente semplici da lavorare. Si connotano per un alto valore di attenuazione, ovvero la perdita di forza del segnale durante la trasmissione tra due punti e sono dunque sconsigliati sulle tratte lunghe.
- **Cavi in Fibre Polimeriche Rivestite (PCF-Polymer Cladded Fiber)**, conosciuti anche con l'acronimo HCS (Hard-Clad Silica optical fiber), richiedono una lavorazione più elaborata rispetto alle fibre POF ma si distinguono per un valore medio di attenuazione che permette di coprire distanze di trasmissione più lunghe e di conseguenza hanno performance migliori rispetto ai cavi POF.
- **Cavi in Fibre di Vetro Ottiche (GOF- Glass Optical Fiber)**, non possono essere lavorati a mano, è necessario avvalersi di macchinari specifici. Presentano una bassissima attenuazione e sono dunque ideali per coprire distanze di trasmissione ancora più lunghe rispetto ai cavi POF e PCF o per gestire un elevato traffico dati.



Rispetto ai corrispettivi in rame, i cavi in fibra ottica possono raggiungere distanze significativamente più lunghe, fino a decine di km e non risentono dei campi elettromagnetici esterni. Tuttavia, come già menzionato, sono più complessi da lavorare, di conseguenza più costosi e non sempre adatti al retrofitting, a causa dello sviluppo tecnologico delle modalità di connessione.

Oggi, l'utilizzo di Ethernet industriale ha reso gli switch il “cuore” delle reti industriali. Qual è il ruolo di questi componenti?

“L’ avvento dei Fieldbus seriali nel mondo industriale, nei primi anni 90, ha introdotto il **concetto di decentralizzazione**. Se nel passato, ogni macchina disponeva di un unico controllore, oggi esse presentano più controllori distribuiti e connessi in rete. È nata dunque la necessità di gestire il traffico di dati in presenza di più nodi, soddisfatta mediante l'utilizzo di **switch di rete**. Rispetto agli hub, questi componenti attivi non si limitano a replicare il segnale, ma agiscono sui frame ricevuti, ovvero i pacchetti Ethernet, instradandoli verso il dispositivo corretto. In altre parole, lo switch controlla la destinazione di ogni pacchetto al fine di evitare la cosiddetta collisione tra questi ultimi. Gli switch si dividono in due categorie: gestiti (**managed**) e non gestiti (**unmanaged**). Rispetto ai tradizionali **switch non gestiti**, che collegano i dispositivi senza possibilità di definire alcun tipo di parametro, gli **switch gestiti** sono configurabili in diversi aspetti e offrono funzionalità avanzate di **prioritizzazione del traffico dati** e di accesso alla rete, mediante diversi protocolli. Tra questi figurano: il **protocollo SNMP** (Simple Network Management Protocol) che rende possibile una supervisione e una



gestione centralizzata di tutti i componenti di una rete; i protocolli di ridondanza quali MRP (Media Redundancy Protocol) che consente di combinare più interfacce LAN a favore di una maggiore larghezza di banda e bilanciamento, oltre a fornire funzionalità di failover, per mantenere la connettività di rete in caso di guasto di una porta; il protocollo **LLDP** (Link Layer Discovery Protocol) che consente ai dispositivi connessi alla rete locale di comunicare reciprocamente la propria identità e caratteristiche. Inoltre, attraverso la tecnologia **VLAN** è possibile segmentare il dominio di broadcast di una LAN, suddividendola in più reti LAN Virtuali, con benefici in termini di ottimizzazione delle infrastrutture ed elevata scalabilità della rete.



Infine, alcuni switch managed consentono di integrare la funzione **NAT** (Network Address Translation), che permette ai dispositivi di effettuare la mappatura statica 1:1 di un indirizzo IP interno della LAN ad un indirizzo IP esterno della WAN. Diversi i benefici garantiti: da un lato, gli OEM possono produrre macchine aventi lo stesso indirizzo IP, senza dover configurare ad hoc la rete del cliente finale e, dall'altro, NAT 1:1 assicura un'ottimizzazione dei tempi e dei costi d'installazione, senza dover adattare gli indirizzi IP già utilizzati. In altre parole, la comunicazione può avvenire sia da rete LAN che rete WAN rendendo non necessari protocolli dedicati.

In ultimo, occorre ricordare che ogni “passaggio” da uno switch introduce un ritardo nella trasmissione, di cui bisogna tener conto al fine di ridurre la probabilità di collisione tra pacchetti e migliorare il throughput complessivo della rete.

Per far ciò, gli switch utilizzano varie modalità di funzionamento:

- **Store & Forward:** permette la trasmissione contemporanea di numerosissimi pacchetti, salvandoli in memoria fino a che l'interfaccia non sia tornata disponibile per la trasmissione, per evitare il problema delle collisioni.
- **Cut-Through:** non appena lo switch riceve gli indirizzi del destinatario (14° byte), inizia subito a trasmettere il resto dei dati che riceve direttamente, senza fare controlli o elaborazione sui dati che ha ricevuto.
- Altra modalità simile è quella **Fragment-free** che differisce dalla Cut-Through solo per la definizione dell'instradamento controllando 64byte iniziali (rispetto ai 14byte del Cut-Through). Ciò, chiaramente, comporta un dispendio maggiore in termini di tempi, rendendo questo meccanismo poco sfruttato.”

7 LAPP: il tuo nuovo Partner per Industrial Communication.

“Guardando al futuro, oltre ad ampliare il portfolio di prodotti attivi per reti ethernet, come switch managed, unmanaged, Nat e Poe e soluzioni certificate PROFINET, LAPP ha dato il via ad un programma di formazione a livello mondiale dedicato all’Industrial Communication, al fine di operare sul mercato in qualità di esperti affidabili per installatori, progettisti ed integratori. Il progetto formativo prevede due percorsi: uno attivo per i dipendenti, partner e clienti e un secondo, più specifico, creato ad hoc per figure interne ovvero i **LAPPExpert**, “ambasciatori LAPP” in ambito Industrial Communication.

Il primo è sviluppato in collaborazione con il Fraunhofer Institute for Embedded Systems and Communication Technology e si declina in webinar, moduli di e-learning disponibili in 10 lingue, seminari in classe e “boot camp”. Siamo estremamente soddisfatti: l’iniziativa è molto apprezzata, in particolar modo per la sua elevata rilevanza pratica e stiamo registrando un tasso di successo nelle prove finali dell’85%.



A questo training si affianca un’iniziativa strategica della durata di due anni che si articola in diversi moduli erogati dall’Institute for Control Engineering of Machine Tools and Manufacturing Units dell’Università di Stoccarda, volta alla formazione dei LAPPExpert, provenienti da 15 Paesi tra Europa, America e Asia.

Il percorso ha la finalità di potenziare le skill del Team, quale elemento chiave per raggiungere gli ambiziosi obiettivi del Gruppo. Acquisire la massima competenza in ambito Industrial Communication è fondamentale per LAPP, sempre in prima linea al fianco dei Clienti per accompagnarli nei loro investimenti in innovazione.” commenta **Simone Albrizio**, che conclude “LAPP vede nell’expertise del suo Team una **leva competitiva** importante: è per questo che, in Italia, alcuni collaboratori selezionati hanno preso parte anche al **Corso di Formazione CPNE** presso il Genoa Fieldbus Competence Centre. A conclusione dei moduli, i referenti LAPP hanno conseguito il titolo di **Certified PROFINET Engineer**. Un riconoscimento a livello internazionale che attesta le elevate competenze dell’Azienda nella progettazione e realizzazione di reti PROFINET® e che contribuisce a posizionare LAPP come un partner tecnologico in grado di offrire non solo prodotti, ma anche servizi ad alto valore aggiunto.”

I **moduli e-learning** dedicati all’Industrial Communication sono disponibili gratuitamente all’indirizzo www.lappgroup.com/elearning.



Lapp Italia S.r.l.

Via Lavoratori Autobianchi, 1 - Edificio 20

20832 Desio (MB) - Italia

Tel: +39 0362 4871

www.lappitalia.it

marketing.lit@lappitalia.it

LAPP ITA 

LAPP ITA 

LAPP ITA 