

Ethernet Industriale

Con gli opportuni accorgimenti, Ethernet può essere utilizzata in ambito industriale non solo a livello di supervisione e controllo ma anche per le comunicazioni con gli I/O

MASSIMO GIUSSANI

Oggi tutto, o quasi, può essere connesso in rete: sensori e attuatori hanno oramai un posto in prima fila anche nell'arena di Ethernet e, di riflesso, nell'Intranet aziendale. Tuttavia, una tecnologia ottimizzata essenzialmente per l'impiego in ufficio non può essere tralata direttamente sul piano di fabbrica: è necessario renderla resistente alle sollecitazioni meccaniche e termiche, proteggendo i dispositivi dalle interferenze elettromagnetiche, dalla polvere e dagli agenti chimici. Si tratta di modifiche da apportare al cablaggio strutturato che si possono estendere fino a far pervenire, insieme ai segnali, anche l'alimentazione dei dispositivi. Ma non è solo il livello fisico a richiedere delle modifiche: un'applicazione di controllo richiede determinismo, ridondanza e un metodo efficiente per inviare un gran numero di messaggi di piccole dimensioni che rappresentano le variazioni di stato dei numerosi dispositivi connessi.

I primi due aspetti vengono affrontati scegliendo in maniera opportuna la tipologia di rete, mentre la gestione dei messaggi richiede di mettere mano ai livelli superiori della pila OSI, quelli che si appoggiano ai livelli fisico e di scambio dati realizzati in tecnologia Ethernet. L'impiego di commutatori per creare domini di collisione separati, di strutture ad albero con rami ridondanti e di protocolli in grado di limitare l'overhead associato a ogni trasmissione dati ci portano così in quello che viene generalmente denotato con il termine 'Industrial Ethernet'. I differenti 'dialetti' proposti dai maggiori produttori si contraddistinguono per le differenti implementazioni dei livelli più alti della pila OSI e, in particolare, del livello di applicazione.

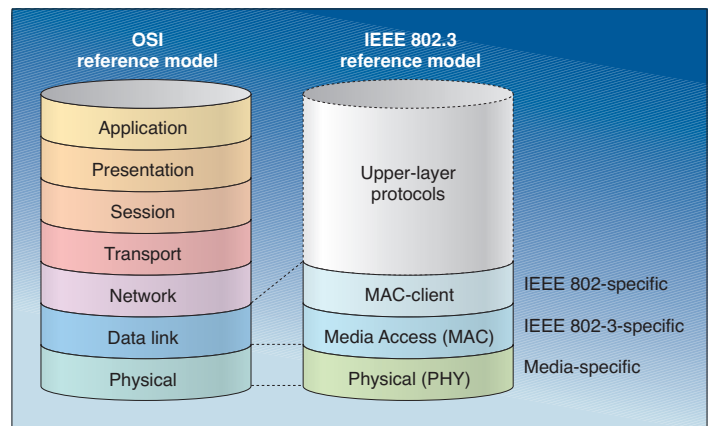


Fig. 1 - Collocazione dello standard Ethernet 'nudo' nella pila ISO OSI

Cablaggio strutturato: dal doppino alla fibra, per tacer del wireless

Ethernet si presenta in diverse forme anche per quanto riguarda il cablaggio: cavo coassiale di diverso tipo, doppino intrecciato schermato o meno, fibra ottica mono o multimodale, collegamenti radio per la versione wireless. Questa diversità permette di scegliere la soluzione più adatta nei vari settori dell'azienda. Per garantire un'adeguata resistenza meccanica e agli agenti chimici si possono utilizzare cavi speciali rivestiti con guaine rinforzate o cavi normali che vengano però fatti passare in canaline per isolarli dall'ambiente esterno. Nonostante l'assenza della maglia protettiva, i cavi non schermati offrono una buona reiezione ai disturbi di tipo elettromagnetico; secondo alcuni installatori sono addirittura da preferirsi ai cavi schermati in quanto non presentano problemi di accoppiamento capacitivo con la maglia percorsa da corrente. Per l'impiego industriale un cavo di categoria 5i o 6, con un rapporto di reiezione di modo comune (Cmrr) di almeno 40 dB e un raggio di piegatura pari ad almeno quattro volte il diametro

del cavo stesso, rappresenta una scelta adatta alla maggior parte delle applicazioni. La soluzione definitiva al problema delle interferenze elettromagnetiche e dei ritorni di massa è tuttavia rappresentata dall'impiego delle fibre ottiche che negli anni sono notevolmente migliorate anche dal punto di vista della flessibilità e della robustezza meccanica. Oltre ai cavi, anche i connettori devono essere in grado di sopportare sollecitazioni impensabili nell'uso da ufficio, e l'incarnazione industriale di Ethernet prevede per questo due possibili soluzioni: l'impiego di connettori speciali, analoghi a quelli impiegati da bus di campo o interfacce seriali, o l'irrobustimento dei connettori tradizionali per mezzo di gusci protettivi. In entrambi i casi è bene che venga garantita una protezione almeno pari a IP67. Se si decide di utilizzare componenti attivi non predisposti all'uso industriale è buona norma proteggerli da vibrazioni, escursioni termiche, agenti esterni e interferenze per mezzo di armadi dotati del grado di protezione adeguato ed eventualmente climatizzati.

L'alimentazione dei dispositivi e la ridondanza

Uno dei punti di forza delle soluzioni di controllo distribuito basate su bus di campo è senza dubbio la presenza di una alimentazione inclusa nel cablaggio strutturato. Nella sua versione originale Ethernet non supportava questo tipo di funzionalità aggiunta però in seguito con lo standard Ieee 802.3af. Questo standard specifica in che modo utilizzare i terminali della connessione in rame per convogliare potenza ai dispositivi connessi alla rete. Un comune cavo UTP di categoria 5 contiene infatti quattro coppie di doppietti intrecciati: le implementazioni di Ethernet che sfruttano due sole coppie (come 10 Base-T e 100 Base-Tx, ad esempio) lasciano libere connessioni da dedicare all'alimentazione; per le implementazioni che impiegano tutti e quattro i doppietti (come la 100 Base-T4) la tensione di alimentazione viene sovrapposta al segnale. Dal punto di vista della potenza trasferibile, con la tensione massima di 57 V prevista dallo standard si possono convogliare oltre 10 W all'estremo di una tratta di 100 metri di una rete 100 Base-

Tx. In una topologia a stella questo comporta la possibilità di alimentare sensori e attuatori di diverso tipo, videocamere, pannelli operatore e anche computer industriali. La ridondanza è un altro dei punti che la tecnologia

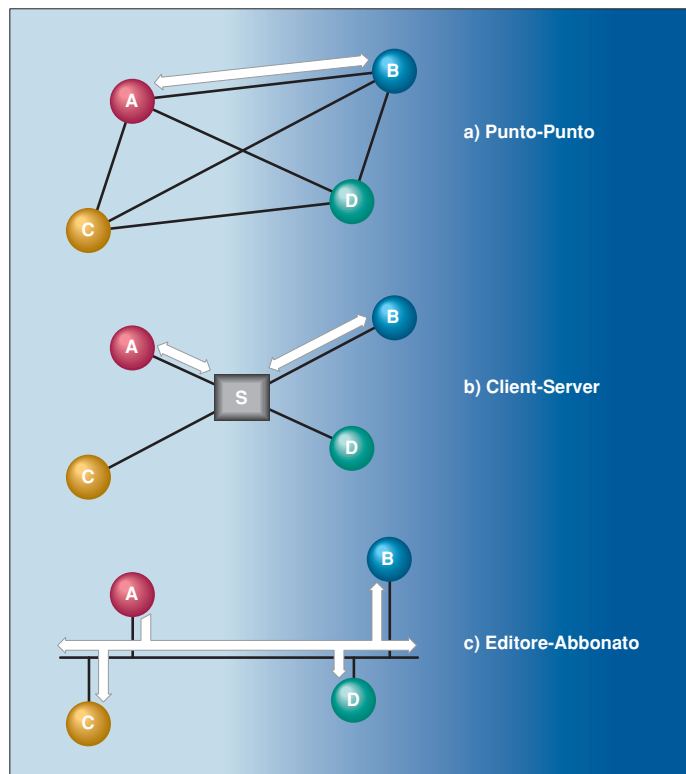


Fig. 2 - Le diverse forme di trasmissione dei messaggi. Le comunicazioni verso il campo traggono vantaggio dalla modalità di trasmissione 'editore-abbonato'

Ethernet 'storica' non aveva interesse a sviluppare. Le esigenze di limitare l'evenienza di costosi fermi macchina ha portato a introdurre delle soluzioni che permettano di tollerare guasti a una parte dell'infrastruttura di rete senza determinare malfunzionamenti 'fatali' per l'applicazione.

Standard	Riferimento Web	Tecnologie assimilate	Propositori e sponsor
Ethernet/IP	www.ethernet-ip.org	DeviceNet, ControlNet	Rockwell, Allen Bradley, ABB, ODVA
EtherCAT	http://www.ethercat.org	-	Beckhoff
Ethernet PowerLink	www.ethernet-powerlink.org	-	B&R (Bernecker+Rainer) e ZHW (Zurich University of Applied Sciences)
High Speed Ethernet (HSE)	www.fieldbus.org	FoundationFieldbus	Fieldbus Foundation
IDA	http://www.ida-group.org	Modbus	Schneider Electric, Jetter, RTI, IDA Group
Interbus on Ethernet	http://www.interbusclub.com	Interbus	Interbus Club
Profinet	http://www.profinet.com	Profibus	Siemens, PNO

Tab. 1 - Alcuni tra gli standard Industrial Ethernet utilizzati nell'industria

Esistono diversi approcci: nel caso dello 'spanning tree' (regolato dalle specifiche 802.1d) i componenti sono connessi in maniera ridondante per mezzo di topologie ad albero i cui rami ridondanti sono disabilitati in fase di configurazione della rete. Un eventuale guasto viene risolto attivando i rami necessari a ripristinare il collegamento interrotto, operazione che però richiede un certo tempo e potrebbe non soddisfare le esigenze di molti utilizzatori industriali. L'approccio noto con il nome di 'link aggregation', o aggregazione dei collegamenti (specifiche 802.3ad), prevede l'impiego di più tratte full-duplex in parallelo nella connessione di ciascuna coppia di elementi. Questo permette tra l'altro di ampliare la banda a disposizione durante il funzionamento normale; in caso di guasto non si perde la funzionalità della rete, ma si verifica solo un rallentamento di una sua tratta.

I livelli superiori della pila OSI

Ethernet come tecnologia 'pura' occupa solo i livelli più bassi della pila ISO OSI. I diversi dialetti parlati tutt'oggi nel mondo dell'Ethernet Industriale si differenziano nei livelli compresi tra 3 (livello di rete) e 7 (livello di applicazione). Una linea comune, almeno in parte, a tutte le implementazioni è rappresentata dalla presenza dei protocolli di secondo e terzo livello resi celebri dalla diffusione di Internet e generalmente noti sotto il nome di stack TCP/IP. Come è noto, il protocollo IP (Internet Protocol) si occupa di gestire le informazioni necessarie all'instradamento dei pacchetti dati in rete, specificando mittenti e destinatari e consentendo ai dispositivi intermedi di scegliere la strada più opportuna per il trasferimento. Il protocollo TCP (Transfer Control Protocol) ha il compito di suddividere i grossi aggregati di dati in blocchi più piccoli, contrassegnandoli con degli identificativi che ne permettano la ricostruzione una volta che tutti i pacchetti siano stati recuperati dal destinatario. Anche se non fa capolino nel nome, un altro importante protocollo è rac-

chiuso nella suite: si tratta dello User Datagram Protocol (UDP) che si rivela utile per trasferire dati in piccoli quantitativi e in modo efficiente. Per questo motivo viene usato da diverse varianti di Industrial Ethernet nello scambio dei dati di processo di sensori o attuatori. In linea di massima è possibile identificare tre diversi modi di utilizzare Ethernet in fabbrica: appoggiando i protocolli successivi sullo stack TCP/IP, incapsulando i dati di un bus di campo; utilizzando gateway o proxy che interfaccino una sottorete deterministica ad alta velocità alla rete Ethernet tradizionale; sviluppando nuovi approcci per far viaggiare i dati dei dispositivi di controllo sulla rete, insieme ai pacchetti tradizionali destinati alle applicazioni non deterministiche. Prima di passare a descrivere alcune di queste implementazioni, è utile fare una breve digressione sull'ultimo dei grossi ostacoli che è necessario superare per potersi affacciare sul campo: il determinismo.

L'impiego di una topologia a stella commutata con tratte full-duplex ha ridimensionato considerevolmente questo problema e la separazione dei domini di collisione ha contribuito a renderlo ancora più marginale. Le applicazioni di controllo sono tuttavia molto esigenti da questo punto di vista ma sono state sviluppate varianti in grado di gestire informazioni in tempo reale con latenze comparabili a quelle dei bus di campo. Vengono per questo impiegati protocolli di comunicazione che consentano di scambiare piccole quantità di dati con un ridotto overhead, modalità di trasmissione che non comportino inutili attese tra la trasmissione e la ricezione del messaggio e vere e proprie tecnologie alternative interfacciate alla rete Ethernet per mezzo di gateway e ponti. Una modalità di trasmissione che ben si presta all'impiego nei sistemi di controllo è quella di tipo 'editore-abbonato'. A differenza della modalità

'punto-punto' che richiede una connessione diretta tra i due nodi, e quella di tipo 'client server' che necessita di un server centrale che potrebbe rallentare le comunicazioni, la

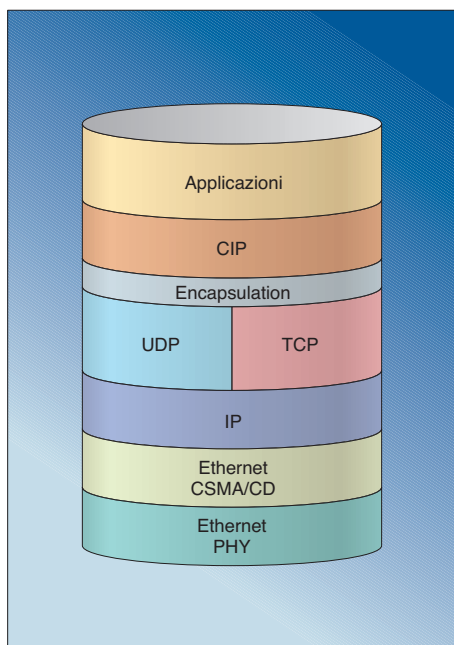


Fig. 3 - Rappresentazione semplificata dell'architettura Ethernet/IP, che sfrutta i concetti sviluppati con DeviceNet e ControlNet

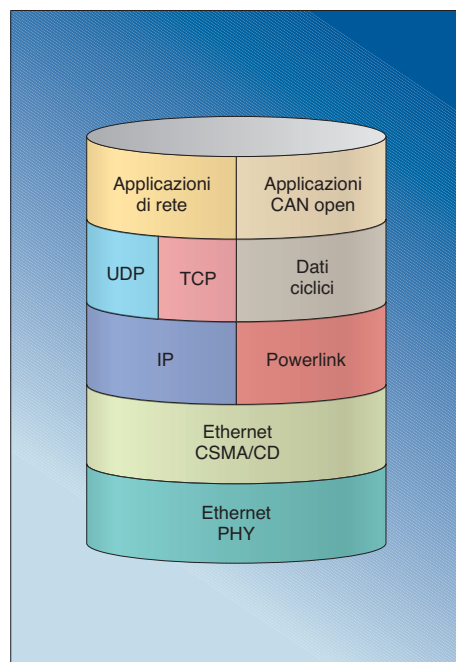


Fig. 4 - Schema dell'architettura Ethernet PowerLink

modalità 'editore-abbonato' prevede l'invio dei dati opportunamente contrassegnati a tutti i terminali simultaneamente e senza richiesta preventiva (figura 2)

Incapsulare dati

I vantaggi di impiegare dei protocolli giù rodati e di incapsulare i loro messaggi all'interno dei datagrammi TCP o UDP sono abbastanza chiari: la curva di apprendimento è ridotta dato che è possibile riciclare il know-how maturato in anni di utilizzo del bus di campo prescelto; si possono utilizzare gli stessi dispositivi a fronte di poche modifiche (i profili delle periferiche sono già stati definiti, ad esempio); le comunicazioni da e verso la rete gestionale e il software di supervisione sono praticamente trasparenti, dato che tutto quello che serve è estrarre dai pacchetti IP ricevuti con i metodi tradizionali le informazioni inserite dai dispositivi sul campo. Esistono diversi approcci di incapsulamento che seguono a grandi linee questo tipo di schema. Ethernet/IP (in breve EIP) è la trasfigurazione su Ethernet dei bus di campo DeviceNet e ControlNet; ModBus/TCP rappresenta sostanzialmente un'implementazione del diffuso bus ModBus su stack TCP/IP; recentemente ModBus è stato reso disponibile anche per l'implementazione IDA di cui tratteremo tra poco; la Fieldbus Foundation ha messo a punto uno standard denominato HSE (High Speed Ethernet) che porta i vantaggi del bus di campo H1. Un approccio radicalmente differente è utilizzato dai promotori di Interbus: invece di racchiudere i dati Interbus in un contenitore TCP/IP, si frammentano i dati TCP/IP per inviarli attraverso il canale dei parametri del protocollo Interbus-S. Questo non altera sensibilmente il determi-

simo del bus di campo e permette di inserire in un anello Interbus dispositivi in grado di dialogare con la rete Ethernet a livello di supervisione o di gestione di impresa.

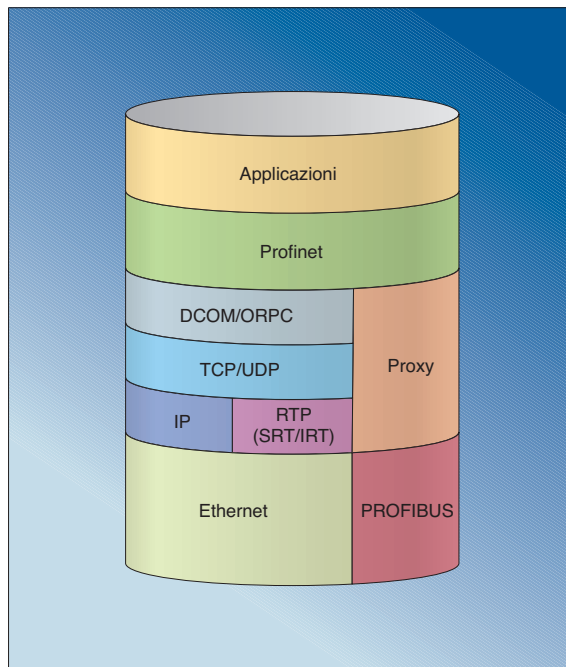


Fig. 5 - Schema dell'architettura Profinet

E' possibile che la attesa futura implementazione di Sercos in tecnologia Ethernet a 100 Mbit utilizzi un approccio simile per non alterare il determinismo necessario alle applicazioni di controllo assi. La figura 3 mostra l'architettura di una parte dei protocolli impiegati da Ethernet/IP: un protocollo di incapsulamento interfaccia TCP e UDP con il Control and Information Protocol (CIP) utilizzato anche da DeviceNet e ControlNet. Il sistema utilizza un modello a oggetti per distinguere i dati provenienti da questi due bus da quelli giunti da Ethernet. Il protocollo TCP viene impiegato per veicolare le informazioni di tipo non deterministico, mentre per i dati critici che devono essere resi disponibili in tempo reale o quasi ci si appoggia al più leggero UDP. Lo schema di scambio delle informazioni è di tipo editore-abbonato e in quanto tale offre una trasmissione multicast molto efficiente.

Il contatto tra mondi differenti

Come esempio del secondo approccio all'Ethernet industriale, citiamo brevemente gli standard Profinet e Ethernet Powerlink (figura 4). Si tratta di due implementazioni per certi aspetti simili che separano il mondo strettamente deterministico associato agli I/O e al campo da quello più 'rilassato' della rete Ethernet tradizionale ai livelli superiori. Powerlink utilizza una topologia ad albero con dei tradizionali hub Fast Ethernet e sfrutta un'architettura di tipo master-slave con interrogazione (polling) dei dispositivi. La separazione tra i componenti in tempo e i dispositivi tradizionali che non richiedono un determinismo spinto è di

Glossario Essenziale

CIP	Control and Information Protocol
COM	Component Object Model
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection
DCOM	Distributed Component Object Model
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
FTP	File Transfer Protocol
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IDA	Interface for Distributed Automation
IP	Internet Protocol
IRT	Isochronous Real-Time
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
OPC DX	OPC Data eXchange
ORPC	Object-oriented Remote Procedure Call
RTP	Real-Time Protocol
RTPS	Real-Time Publish-Subscribe
SNMP	Simple Network Management Protocol
SRT	Soft Real-Time
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol

fatto fisica, in quanto le sottoreti in tempo reale dialogano con la rete Ethernet tradizionale attraverso opportuni ponti. I messaggi provenienti dai dispositivi critici hanno la precedenza sui comuni pacchetti TCP/IP che viaggiano in rete. Profinet è un'implementazione basata su tecnologia Ethernet che utilizza la tecnologia DCOM (Distribute Component Object Module) per interfacciare il mondo di Ethernet TCP/IP a quello dei dispositivi Profibus dislocati sul campo. In questo caso il 'ponte' tra i due mondi è rappresentato dal software che provvede a traslare in una lingua franca le informazioni provenienti dai dispositivi compatibili con il sistema. La descrizione dei dispositivi viene effettuata in XML e risulta indipendente dal particolare produttore o sistema operativo utilizzato. Ovviamente tutti i dispositivi della rete che si affacciano sul campo devono essere compatibili con la modellizzazione DCOM. Come per altri standard precedentemente illustrati, anche Profinet permette di utilizzare i protocolli di tipo più consoni alle informazioni da

Subscribe) che si appoggia a sua volta alla coppia UDP/IP (figura 6). IDA permette di realizzare sistemi di automazione distribuita imperniati su un sistema di comunicazione orientato agli oggetti. I metodi associati a questi oggetti permettono il trasferimento di dati in tempo reale o di informazioni non critiche. La gestione dei dispositivi tramite Web avviene tramite il tradizionale protocollo Http e la descrizione XML dei profili di periferica. Il middleware provvede a verificare l'ingresso o la terminazione di applicazioni consentendo il passaggio dei messaggi ai dispositivi secondari quando quelli primari vengono a mancare; in breve, consente la sostituzione a caldo (hot-swap) dei dispositivi. EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) è una soluzione proprietaria basata su Ethernet le cui caratteristiche di determinismo si riassumono nei 30 microsecondi sufficienti, secondo il produttore, a elaborare 1.000 punti di I/O. Il segreto di queste prestazioni risiede nella realizzazione di una sottorete dedicata che provvede a raccogliere i dati da tutti i dispositivi sul campo e a creare un unico messaggio con le informazioni collettive. Gli I/O sono connessi in una configurazione ad anello aperto a una stazione host per mezzo di un bus proprietario (E-bus). Il pacchetto Ethernet viene convertito nel formato E-bus, viaggia nella sottorete, passa per tutti i dispositivi e ritorna, opportunamente aggiornato, all'host. Durante il passaggio da un I/O all'altro esso viene

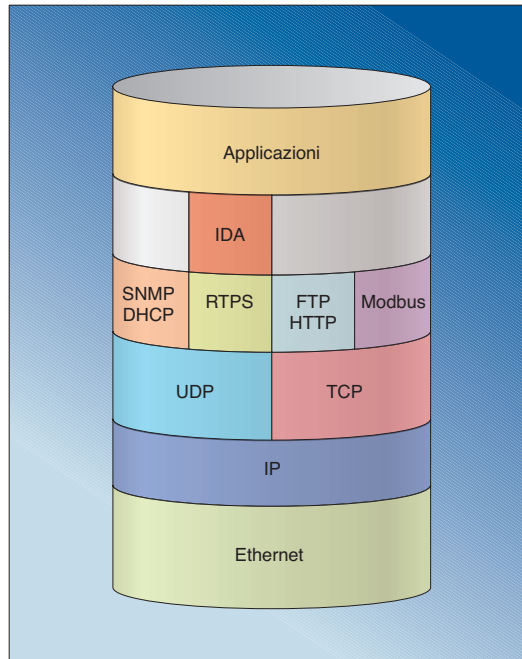


Fig. 6 - L'architettura IDA, a differenza delle precedenti, non si appoggia ad alcun bus di campo preesistente ma sfrutta un protocollo editore-abbonato in tempo reale (RTPS)

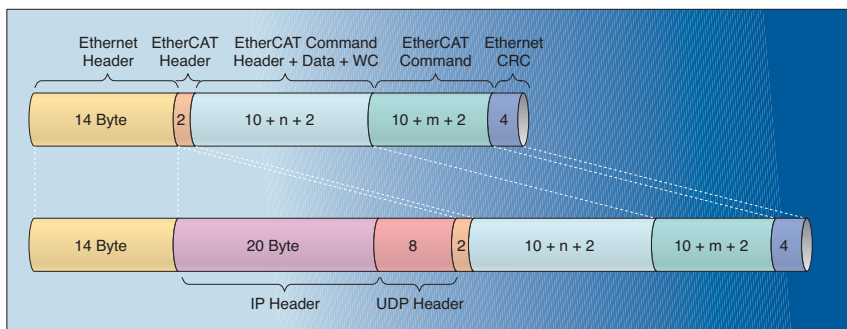


Fig. 7 - EtherCAT è una soluzione proprietaria altamente scalabile

trasferire: bus di campo per gli I/O in tempo reale deterministiche, UDP/IP per i sistemi di controllo e supervisione senza pretese di determinismo e il classico connubio TCP/IP per le informazioni non critiche.

Nuovi approcci: RPTS e EtherCAT

A differenza delle precedenti implementazioni, IDA (Interface for Distributed Automation) non si appoggia ad alcuna soluzione fieldbus preesistente. Per implementare le comunicazioni in tempo reale viene impiegato un protocollo di tipo editore-abbonato, RTPS (Real-Time Publish

infatti letto dall'unità FMMU (Fieldbus Memory Management Unit) integrata su ciascun dispositivo e, se richiesto, viene anche modificato nel giro di una frazione di microsecondo. Il risultato è che i telegrammi subiscono un ritardo minimo e possono indirizzare migliaia di dispositivi in ciascuna sottorete. Il sistema risulta estremamente scalabile (migliaia di nodi per un'estensione di chilometri) e, visto che il contenuto di informazioni del pacchetto Ethernet non viene alterato, quest'ultimo può essere riconvertito nel momento in cui dovesse essere richiesta un'informazione critica. ■