

Ethernet si raffina

Matteo Marino

Il fieldbus Ethercat (Ethernet control automation technology) è basato su standard in grado di migliorare le prestazioni delle applicazioni in tempo reale, introducendo un buon livello di flessibilità topologica. Tale tecnologia incontra, inoltre, il favore degli operatori del settore, grazie anche al costo ridotto delle soluzioni.

In particolare, Ethercat è basato sulla tecnologia Ethernet ed è stato sviluppato originariamente da Beckhoff Automation; le sue funzionalità si riferiscono alle specifiche IEC/PAS 62407

Le prestazioni di Ethercat costituiscono il 'pezzo forte' del protocollo, raggiungendo livelli che le tipiche reti industriali stentano a esprimere

e includono: sincronizzazione ad alta efficienza degli apparati, opzioni di ridondanza delle trasmissioni e protocolli di sicurezza evoluti (SIL3). L'evoluzione tecnologica di questo protocollo si sviluppa inoltre attraverso Ethercat Technology Group, che ne supporta e ne promuove le soluzioni attraverso l'impegno di produttori (OEM), tecnici e utenti finali associati.

L'organizzazione favorisce inoltre la diffusione di questo bus di campo attraverso i propri uffici, dislocati in tutto il mondo, in grado di fornire strumenti e suggerimenti tecnici a chiunque li richieda.

Una tecnologia allo stato dell'arte

I fieldbus possono essere considerati dei sistemi integrati alla tecnologia d'automazione, mentre però le CPU continuano la corsa verso livelli prestazionali sempre più elevati, i protocolli di rete di tipo convenzionale rischiano di rallentare l'evoluzione delle soluzioni. Un ulteriore aspetto da considerare durante la valutazione dei livelli di efficienza dei bus, è la stratificazione dei 'layer' che compongono l'architettura dei sistemi ciclici, ad esempio i controllori, le espansioni di tipo locale o i 'firmware' dei dispositivi periferici. I tempi di reazione, infatti, possono raggiungere valori cinque volte superiori a quelli dei cicli dei controllori, determinando in-



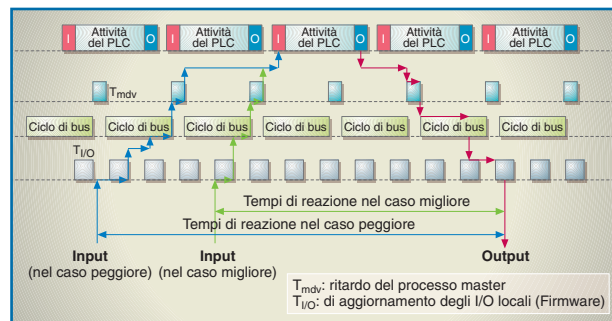
La tecnologia Ethercat viene promossa e supportata nel suo sviluppo da Ethercat Technology Group (ETG)

vitabili e drastiche riduzioni delle prestazioni.

Ethernet è ormai lo stato dell'arte per molte applicazioni fieldbus, ma costituisce sicuramente una novità riscontrarne l'uso in ambiti fino a pochi anni fa di dominio assoluto dei sistemi bus convenzionali. Ne è un esempio eclatante il suo utilizzo a livello di I/O o in ambito di controllo, dove la risposta in 'real-time' costituisce una delle peculiarità maggiormente apprezzata. Ethercat aggiunge un capitolo alla storia di Ethernet, fornendo anche a livello I/O la disponibilità della tecnologia Internet.

Ethernet come punto di partenza

Esistono differenti aspetti che rendono Ethernet una tecnologia in grado di rispondere anche alle esigenze del real-time. Per sfruttarne i vantaggi in tale contesto funzionale è sufficiente disabilitare la procedura Csm/CD a favore del 'polling' o utilizzare switch in grado di regolare adeguata-



Tempi di risposta di un fieldbus di tipo convenzionale

Ethernet si raffina

Matteo Marino

Il fieldbus Ethercat (Ethernet control automation technology) è basato su standard in grado di migliorare le prestazioni delle applicazioni in tempo reale, introducendo un buon livello di flessibilità topologica. Tale tecnologia incontra, inoltre, il favore degli operatori del settore, grazie anche al costo ridotto delle soluzioni.

In particolare, Ethercat è basato sulla tecnologia Ethernet ed è stato sviluppato originariamente da Beckhoff Automation; le sue funzionalità si riferiscono alle specifiche IEC/PAS 62407

Le prestazioni di Ethercat costituiscono il 'pezzo forte' del protocollo, raggiungendo livelli che le tipiche reti industriali stentano a esprimere

e includono: sincronizzazione ad alta efficienza degli apparati, opzioni di ridondanza delle trasmissioni e protocolli di sicurezza evoluti (SIL3). L'evoluzione tecnologica di questo protocollo si sviluppa inoltre attraverso Ethercat Technology Group, che ne supporta e ne promuove le soluzioni attraverso l'impegno di produttori (OEM), tecnici e utenti finali associati.

L'organizzazione favorisce inoltre la diffusione di questo bus di campo attraverso i propri uffici, dislocati in tutto il mondo, in grado di fornire strumenti e suggerimenti tecnici a chiunque li richieda.

Una tecnologia allo stato dell'arte

I fieldbus possono essere considerati dei sistemi integrati alla tecnologia d'automazione, mentre però le CPU continuano la corsa verso livelli prestazionali sempre più elevati, i protocolli di rete di tipo convenzionale rischiano di rallentare l'evoluzione delle soluzioni. Un ulteriore aspetto da considerare durante la valutazione dei livelli di efficienza dei bus, è la stratificazione dei 'layer' che compongono l'architettura dei sistemi ciclici, ad esempio i controllori, le espansioni di tipo locale o i 'firmware' dei dispositivi periferici. I tempi di reazione, infatti, possono raggiungere valori cinque volte superiori a quelli dei cicli dei controllori, determinando in-



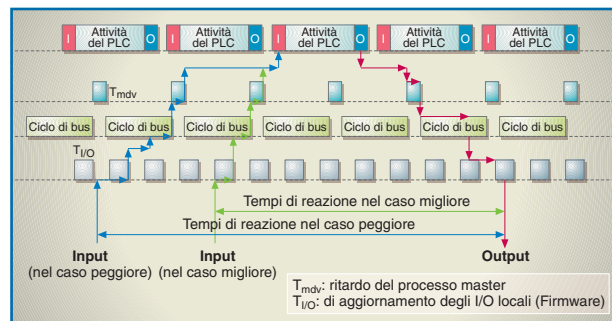
La tecnologia Ethercat viene promossa e supportata nel suo sviluppo da Ethercat Technology Group (ETG)

vitabili e drastiche riduzioni delle prestazioni.

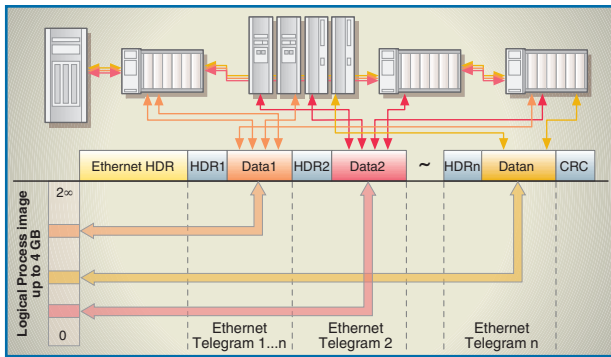
Ethernet è ormai lo stato dell'arte per molte applicazioni fieldbus, ma costituisce sicuramente una novità riscontrarne l'uso in ambiti fino a pochi anni fa di dominio assoluto dei sistemi bus convenzionali. Ne è un esempio eclatante il suo utilizzo a livello di I/O o in ambito di controllo, dove la risposta in 'real-time' costituisce una delle peculiarità maggiormente apprezzata. Ethercat aggiunge un capitolo alla storia di Ethernet, fornendo anche a livello I/O la disponibilità della tecnologia Internet.

Ethernet come punto di partenza

Esistono differenti aspetti che rendono Ethernet una tecnologia in grado di rispondere anche alle esigenze del real-time. Per sfruttarne i vantaggi in tale contesto funzionale è sufficiente disabilitare la procedura Csm/CD a favore del 'polling' o utilizzare switch in grado di regolare adeguata-



Tempi di risposta di un fieldbus di tipo convenzionale



I dati di processo sono inseriti nei telegrammi

mente la distribuzione dei pacchetti. Tali 'escamotage' risolvono la questione del trasporto tra i nodi Ethernet, trascurando l'aspetto del tempo richiesto per leggere i dati in ingresso o della reindirizzazione dei pacchetti verso gli 'output' o i controllori. Quest'ultimo aspetto dipende esclusivamente dalle modalità implementative. In caso di 'frame' corti, da 84 B, inviati individualmente verso i dispositivi, la percentuale di disponibilità non sarebbe accettabile per le esigenze di un'applicazione real-time, attestandosi solo al 4,8 per cento, degradando a valori non superiori al 2 per cento in caso di tempi di risposta di 10 µs. Attraverso Ethercat gli 'slave' acquisiscono o indirizzano i dati a loro dedicati, mentre i frame, ritardati solo di pochi nanosecondi, passano attraverso i nodi. In conseguenza della inclusione dei dati dei dispositivi sia in entrata, sia in uscita all'interno dei frame, il tasso di disponibilità sale oltre il 90 per cento. Le funzionalità 'full duplex' dei sistemi 100Base TX possono così essere completamente sfruttate alla velocità di 100 Mb/s. Il protocollo Ethernet rimane in tal modo integro (IEEE 802.3) per ogni dispositivo, senza la necessità di introdurre alcun bus suppletivo e determinando la conversione del livello fisico nello standard Lvs (Low voltage differential signaling).

Il protocollo Ethercat

Il protocollo Ethercat è trasportato mediante i frame di tipo Ethernet, che consistono in telegrammi dedicati a specifiche aree di memoria, i quali possono raggiungere dimensioni fino a 4 GB. La sequenza di dati è indipendente dall'ordine fisico dei terminali Ethernet disposti sulla rete, cosicché le

Confronto dell'utilizzo della larghezza della banda

trasmissioni ('broadcast' e 'multicast') e le comunicazioni tra slave possono avvenire in modo idoneo. È possibile, inoltre, sfruttare l'indirizzamento diretto tra dispositivi nei casi nei quali sia richiesto il massimo delle prestazioni, mentre i componenti Ethercat esercitano la funzione di controllori nella specifica sezione della rete.

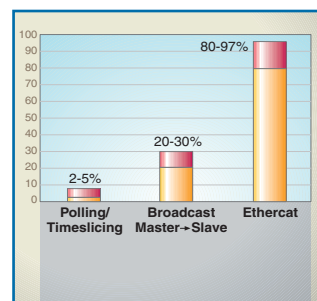
L'impiego di Ethercat non è limitato solo ad applicazioni su singole 'subnet'; grazie infatti alle funzionalità UDP (User Data Protocol), che raccolgono il protocollo Ethercat in pacchetti UDP/IP, è abilitato il controllo di tipo Ethernet estendendo il raggio d'azione. Attraverso tale funzionamento, inoltre, è possibile esercitare trasmissioni tra subnet differenti, per cui le funzionalità dipendono esclusivamente dalle caratteristiche real-time dei controllori e dall'implementazione specifica dei protocolli Ethernet.

Oltre alle trasmissioni di tipo 'master-slave', Ethercat è adeguato a comunicazioni 'master-master', agevolate da servizi come la parametrizzazione, la diagnosi, la programmazione, il controllo remoto e le interfacce comuni.

Le comunicazioni tra slave possono essere intraprese in Ethercat attraverso due specifici meccanismi: il primo contempla la trasmissione all'interno dello stesso ciclo, migliorandone la velocità ma in modo dipendente dalla topologia; il secondo invece si affida al controllo attraverso i master, richiedendo l'intervento di due cicli trasmissivi. Questo secondo approccio è particolarmente robusto e offre elevate prestazioni, grazie alle caratteristiche del protocollo.

Topologia e sincronizzazione

Dal punto di vista topologico la tecnologia Ethercat non presenta particolari limitazioni, adeguandosi alla maggior parte delle configurazioni e degli schemi d'impianto. Inoltre, la flessibilità può essere incrementata scegliendo mezzi trasmissivi differenti, come reti miste in fibra e rame corredati



da adeguati switch e convertitori.

Le dimensioni Ethernet delle reti sono pressoché illimitate; i rami tra differenti dispositivi possono raggiungere 100 m di estensione (100 B-TX) con un numero massimo di elementi pari a 65.535.

L'argomento sincronizzazione è di elevata rilevanza, in modo particolare nel caso in cui si impieghino macchinari multi-asse. In tali applicazioni il controllo accurato dei movimenti

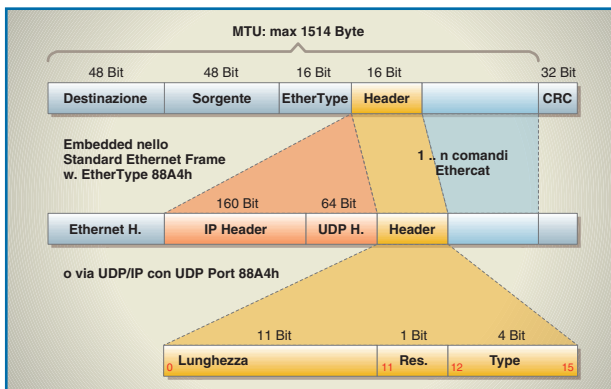
SCHEMA DELLE PRESTAZIONI DI ETHERCAT

Dati di processo

256 I/O digitali distribuiti	
1.000 I/O digitali distribuiti	
200 I/O (16 bit) analogici	
100 servo-assi con 8 byte di input e output ciascuno	
1 fieldbus master-gateway con 1.486 byte in input e altrettanti in output	

Tempi di aggiornamento

11 µs = 0,01 ms
30 µs
50µs <—> 20 kHz
100 µs
150 µs

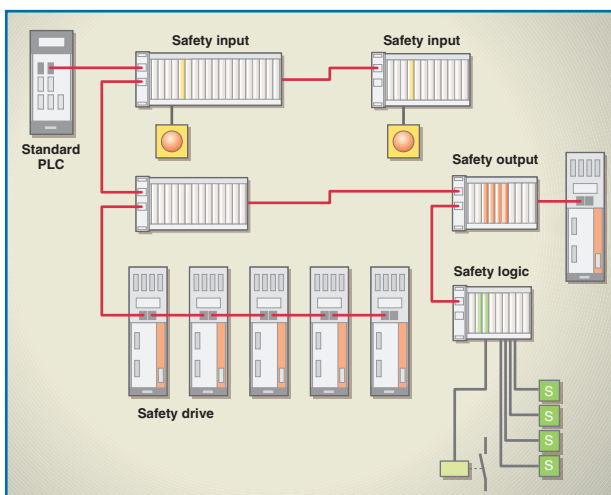


I frame Ethercat secondo lo standard IEEE 803.3

coordinati costituisce uno degli aspetti in grado di influire sulle prestazioni complessive del sistema. Per ottenere, infatti, una perfetta sincronia è necessario agire sull'allineamento dei tempi di 'clock', così come descritto sullo standard IEEE 1588.

Contrariamente a quanto avviene nelle comunicazioni fieldbus completamente sincrone, un allineamento distribuito dei clock determina una buona tolleranza nei confronti dei ritardi. Lo scambio dei dati in Ethercat è completamente affidato all'infrastruttura hardware che, avvalendosi di strutture logiche di comunicazione con configurazione in anello, è in grado di propagare in modo controllato e bilanciato i ritardi nei confronti dei clock dei singoli slave e viceversa, mediante il 'master clock'. In tal modo, si possono ottenere valori di 'jitter' di molto inferiori al microsecondo. Oltre a offrire dei benefici dal punto di vista della sincronia, l'elevata risoluzione nella gestione distribuita dei clock porta vantaggi anche nell'acquisizione dei dati. Un esempio tipico è riscontrabile nei controllori di moto, durante la stima delle velocità che avviene attraverso la valutazione sequenziale delle posizioni reciproche degli elementi in movimento.

Con Ethercat si può utilizzare il 'timing' come estensione lo-



Il sistema Safety over Ethercat

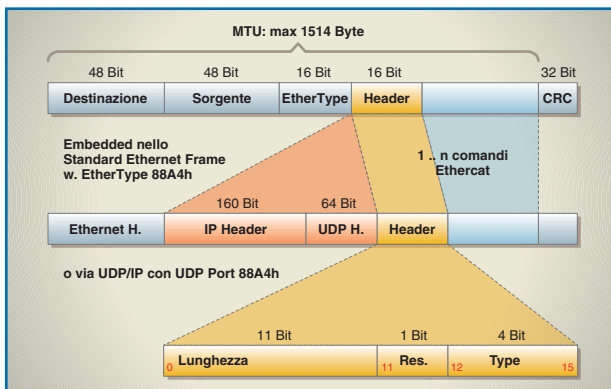
gica dell'informazione, collegandone il valore misurato grazie anche all'ampia larghezza di banda disponibile. Così, l'accuratezza delle misurazioni non dipende dai tempi di jitter dei sistemi di comunicazione.

Parlando di prestazioni

Le prestazioni di Ethercat sono apprezzabili grazie sia all'integrazione hardware all'interno degli slave, sia all'accesso diretto alla memoria del controllore del fieldbus da parte dei 'master'. I processi del protocollo hanno origine a livello hardware, così da non essere soggetti né ai 'runtime' degli 'stack', né alle prestazioni tipiche delle CPU, né all'implementazione del software. Ne è un esempio l'impiego in reti dotate di un migliaio di I/O, il cui aggiornamento può essere esercitato in soli 30 µs includendo i tipici tempi di ciclo. Inoltre, con un singolo frame di tipo Ethernet si possono trasferire fino a 1.486 B, pari a circa 12 mila dati di I/O in un tempo di circa 300 µs. Ethercat esprime prestazioni elevate anche nei casi di utilizzo del fieldbus per il controllo delle posizioni di assi in movimento. Infatti, 100 µs è il lasso temporale necessario perché il fieldbus comunichi con 100 servoassi, fornendo loro le informazioni sui valori di comando, sui dati di controllo e rilevandone lo stato e la reciproca posizione. Il processo di clock distribuito rende robuste e stabili le applicazioni di controllo del moto, fino a raggiungere intervalli di asincronia tra gli assi di solo 1 ms. Oltre a ciò, Ethercat possiede una larghezza di banda sufficientemente ampia da favorire scambi di informazioni asincrone di tipo TCP/IP, per scaricare parametri o per fornire dati di diagnostica distribuita. Le prestazioni del protocollo costituiscono proprio il 'pezzo forte' di tale fieldbus, raggiungendo livelli che le tipiche reti industriali difficilmente riescono a esprimere. Così, il bus non costituisce più la 'Cenerentola' del controllo sul campo, grazie anche alla sua scalabilità e alla velocità estensibile fino a 1 Gb/s.

Sicuri con Ethercat

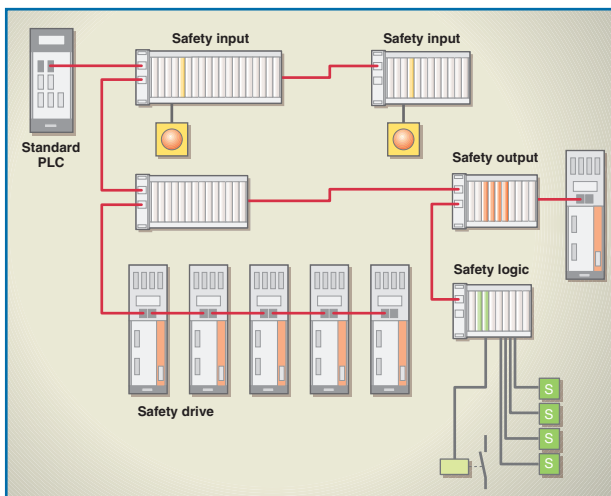
Attraverso il protocollo SoE (Safety over Ethercat), questo protocollo genera trasmissioni con un livello di sicurezza adeguato a molte applicazioni. La valutazione eseguita dall'agenzia tedesca TÜV (German Technical Inspection Agency) ha certificato formalmente la disponibilità del protocollo di sicurezza del bus per impieghi fino al livello SIL3, in accordo con la normativa IEC 61508. Ethercat è utilizzato come sistema a singolo canale per trasferire tutte le informazioni comprese quelle relative alla sicurezza, mentre il mezzo di trasporto non costituisce una variabile rispetto alle trasmissioni. Il frame di sicurezza contiene i dati di tale processo, mentre le informazioni di 'back-up' sono contenute nei dati di processo. Tali informazioni sono analizzate successivamente in modalità sicura nel dispositivo bus a livello applicativo.



I frame Ethercat secondo lo standard IEEE 803.3

coordinati costituisce uno degli aspetti in grado di influire sulle prestazioni complessive del sistema. Per ottenere, infatti, una perfetta sincronia è necessario agire sull'allineamento dei tempi di 'clock', così come descritto sullo standard IEEE 1588.

Contrariamente a quanto avviene nelle comunicazioni fieldbus completamente sincrone, un allineamento distribuito dei clock determina una buona tolleranza nei confronti dei ritardi. Lo scambio dei dati in Ethercat è completamente affidato all'infrastruttura hardware che, avvalendosi di strutture logiche di comunicazione con configurazione in anello, è in grado di propagare in modo controllato e bilanciato i ritardi nei confronti dei clock dei singoli slave e viceversa, mediante il 'master clock'. In tal modo, si possono ottenere valori di 'jitter' di molto inferiori al microsecondo. Oltre a offrire dei benefici dal punto di vista della sincronia, l'elevata risoluzione nella gestione distribuita dei clock porta vantaggi anche nell'acquisizione dei dati. Un esempio tipico è riscontrabile nei controllori di moto, durante la stima delle velocità che avviene attraverso la valutazione sequenziale delle posizioni reciproche degli elementi in movimento. Con Ethercat si può utilizzare il 'timing' come estensione lo-



Il sistema Safety over Ethercat

gica dell'informazione, collegandone il valore misurato grazie anche all'ampia larghezza di banda disponibile. Così, l'accuratezza delle misurazioni non dipende dai tempi di jitter dei sistemi di comunicazione.

Parlando di prestazioni

Le prestazioni di Ethercat sono apprezzabili grazie sia all'integrazione hardware all'interno degli slave, sia all'accesso diretto alla memoria del controllore del fieldbus da parte dei 'master'. I processi del protocollo hanno origine a livello hardware, così da non essere soggetti né ai 'runtime' degli 'stack', né alle prestazioni tipiche delle CPU, né all'implementazione del software. Ne è un esempio l'impiego in reti dotate di un migliaio di I/O, il cui aggiornamento può essere esercitato in soli 30 µs includendo i tipici tempi di ciclo. Inoltre, con un singolo frame di tipo Ethernet si possono trasferire fino a 1.486 B, pari a circa 12 mila dati di I/O in un tempo di circa 300 µs. Ethercat esprime prestazioni elevate anche nei casi di utilizzo del fieldbus per il controllo delle posizioni di assi in movimento. Infatti, 100 µs è il lasso temporale necessario perché il fieldbus comunichi con 100 servoassi, fornendo loro le informazioni sui valori di comando, sui dati di controllo e rilevandone lo stato e la reciproca posizione. Il processo di clock distribuito rende robuste e stabili le applicazioni di controllo del moto, fino a raggiungere intervalli di asincronia tra gli assi di solo 1 ms. Oltre a ciò, Ethercat possiede una larghezza di banda sufficientemente ampia da favorire scambi di informazioni asincrone di tipo TCP/IP, per scaricare parametri o per fornire dati di diagnostica distribuita. Le prestazioni del protocollo costituiscono proprio il 'pezzo forte' di tale fieldbus, raggiungendo livelli che le tipiche reti industriali difficilmente riescono a esprimere. Così, il bus non costituisce più la 'Cenerentola' del controllo sul campo, grazie anche alla sua scalabilità e alla velocità estensibile fino a 1 Gb/s.

Sicuri con Ethercat

Attraverso il protocollo SoE (Safety over Ethercat), questo protocollo genera trasmissioni con un livello di sicurezza adeguato a molte applicazioni. La valutazione eseguita dall'agenzia tedesca TÜV (German Technical Inspection Agency) ha certificato formalmente la disponibilità del protocollo di sicurezza del bus per impieghi fino al livello SIL3, in accordo con la normativa IEC 61508. Ethercat è utilizzato come sistema a singolo canale per trasferire tutte le informazioni comprese quelle relative alla sicurezza, mentre il mezzo di trasporto non costituisce una variabile rispetto alle trasmissioni. Il frame di sicurezza contiene i dati di tale processo, mentre le informazioni di 'back-up' sono contenute nei dati di processo. Tali informazioni sono analizzate successivamente in modalità sicura nel dispositivo bus a livello applicativo.