

Ethernet nel motion control

Armando Martin

L'impiego di Ethernet nei sistemi di controllo del moto è un'interessante alternativa ai bus di campo, rispetto ai quali offre prestazioni elevate unite all'apertura immediata al mondo IT. Le principali proposte raggiungono determinismo, real-time e sincronismo rigido agendo a livello hardware (con tecnologie Asic, FPGA o apparati standard), ai livelli superiori del modello Iso/Osi e alla normativa IEEE 1588 / IEC 61588. Il rovescio della medaglia è che ogni produttore tende a blindare la propria proposta.

Perché mai un sistema motion control dovrebbe basarsi su una rete di comunicazione Ethernet? Cominciamo col dire che Ethernet è una delle tecnologie più amate anche in versione industriale per gli stessi motivi per cui è popolare nel mondo office: prestazioni, flessibilità, facilità di utilizzo e integrazione, larghezza di banda, vasta disponibilità di apparati e componenti, compatibilità con numerosi standard. Va da sé che una tecnologia come Ethernet può essere trasferita sul piano di fabbrica solo con opportuni adeguamenti al cablaggio e alle interfacce elettriche: è necessario renderla resistente alle sollecitazioni meccaniche e termiche, alle interferenze elettromagnetiche, alla polvere e agli agenti chimici. Ma al di là degli aspetti costruttivi, una rete di controllo industriale richiede prevedibilità e ripetibilità nella trasmissione dati (determinismo), ridondanza e un metodo efficiente per l'invio dei messaggi che registrano le variazioni di stato dei dispositivi connessi. I primi due requisiti vengono soddisfatti mediante opportune topologie di rete, mentre la gestione dei messaggi richiede l'intervento ai livelli superiori del modello Iso/Osi. Se parliamo di sistemi motion, però, non necessariamente l'architettura di comunicazione va riportata su Ethernet. Esistono infatti collaudati bus di campo, come Sercos, veloci, rigidamente temporizzati, immuni da interferenze, idonei a garantire la qualità delle prestazioni, soprattutto nel controllo simultaneo e coordinato di numerosi assi, mandrini o servomotori. Per di più, avere porte di comunicazione Ethernet, fieldbus, seriali a bordo dello stesso dispositivo consente di gestire in forma indipendente i task di controllo e di supervisione. L'approccio al motion control si può inoltre appoggiare a tecnologie in grado di coesistere, a vari livelli, con i bus di campo: moduli PoE (Power Over Ethernet), interfacce Ethernet TCP/IP, softPLC - IEC 61131 sostenuti dallo standard "PLCopen Motion Control".

Ad ogni modo, la tendenza a concentrare su Ethernet l'intero sistema di automazione, dal sensore al PC, sembra inevitabile. In primo luogo per la possibilità di integrare su un'unica



piattaforma applicazione motion control, funzioni office, IT, Mes e di controllo remoto. In secondo luogo con il protocollo TCP/IP si possono sfruttare molteplici applicazioni via SNMP, Ftp, SMTP, Mime, Http. In terzo luogo Ethernet offre maggiori ampiezza di banda, dislocazione geografica e soprattutto omogeneità di rete. Ethernet permette di dotare i dispositivi in campo di maggiore intelligenza, e di fornire a macchinari e sistemi la possibilità di comunicare maggiori quantità di dati in modo veloce e deterministico. E comunque, pur con tempistiche e modalità di scambio dati differenti, ciò che conta, nel raffronto Ethernet / bus di campo, è la trasparenza dei dati, il mantenimento delle funzionalità e la stabilità dei requisiti real-time risolvendo il conflitto con le funzioni TCP/IP.

Nel controllo del moto la comunicazione dev'essere veloce, real-time e sincronizzata. Dev'essere garantito un determinismo elevato con tempi di ciclo dell'ordine dei microsecondi, tempi di risposta (nella catena sensore-encoder-azionamento) dell'ordine dei millisecondi, tecnologia di comunicazione univoca, rigida sincronizzazione eventi. In tale contesto, le principali soluzioni real-time adottano lo standard Ieee 1588 che specifica un protocollo, PTP (Precision Time Protocol), con cui vengono sincronizzati i clock dei nodi in rete con una precisione al di sotto del microsecondo. Vi sono comunque modi differenti di raggiungere prestazioni e caratteristiche real-time su Ethernet. Si possono ad esempio adottare protocolli speciali a livello 2 (scambio dati) del modello Iso/Osi accompagnati da librerie di funzioni riutilizzabili in più applicazioni (DLL, Dynamic Linked Library) o specifico hardware *built-in* (Asic / FPGA). Il vantaggio, oltre alle caratteristiche real-time, è la connessione diretta con dispositivi di rete standard. Di contro, l'ampiezza di banda disponibile in questi casi su TCP/IP è modesta, dell'ordine dell'1%, con messaggi scambiati di poche centinaia di byte. Altri approcci basati su protocolli applicativi TCP/IP (UDP/IP) garantiscono larghezza di banda fino al 100%. Tali tecniche consentono di

veicolare i bus di campo, o più spesso di raggiungere le caratteristiche real-time, con metodi di indirizzamento diretto (MAC) che sfruttano messaggi prioritari. Vengono così gestiti, in parallelo su TCP/IP, sia il motion control che il normale traffico IT. Fondamentali risultano le prestazioni degli switch (per lo più di tipo built-in), i cui pur brevi tempi di latenza sono compensati dai dispositivi in rete.

In questo panorama si sono affermati determinati standard industriali. Le principali soluzioni Ethernet real-time hanno il livello fisico in comune in modo da condividere la stessa base per connessioni e cablaggi; sono inoltre caratterizzate da tempi di variazione della risposta inferiori al millisecondo, con prestazioni di un ordine di grandezza superiore (microsecondo) per Sercos III, EtherCAT, SynqNet. A contare maggiormente, però, è la capacità della soluzione di adattarsi al meglio a tutti i requisiti applicativi. Esistono, infatti, controlli multi-asse che non richiedono prestazioni formidabili. Alcuni sistemi (EPL, Sercos III, SynqNet) sono specializzati nelle applicazioni con assi multipli, mentre altri (EtherCAT) assicurano operazioni ad alta velocità soprattutto nella gestione degli I/O. Al secondo livello del modello Iso/Osi (scambio dati) alcune proposte (EPL, Ethernet IP, JetSynq, TC-Net 100) utilizzano standard di controllo Ethernet non proprietari, mentre al terzo e quarto livello (software) solo Ethernet/IP è completamente conforme a TCP/IP e alcune soluzioni (Profinet-IRT, Sercos-III, EtherCAT, EPL) impiegano stack software dedicati. Profinet-IRT, Sercos III, SynqNet ed EtherCAT adottano apparati hardware speciali con tecnologia Asic o FPGA. In ultima analisi, i diversi standard Ethernet nel motion control si distinguono per le differenti implementazioni del modello Iso/Osi, il che ne rende piuttosto complessa l'integrazione. Passiamoli comunque in rapida rassegna.

(UDP/IP), mentre la sincronizzazione è conforme a IEC 61588 / IEEE 1588. In Profinet, sponsorizzata da Profibus Trade Organization e derivata da Profibus, non vi è alcuna restrizione per il traffico TCP/IP. Per gli I/O e le altre funzioni real-time fino a 1 ms, vengono usati l'indirizzamento diretto e i messaggi prioritari. Per richieste real-time inferiori a 1 ms e sincronizzazione inferiore a 1 μ s, Profinet impiega switch connessi con topologia daisy chain o ad anello. Profinet IRT richiede una lieve modifica allo stack standard Ethernet per scavalcare il metodo di accesso non deterministico CSMA/CD e adotta un chip Asic che arbitra e discrimina i pacchetti Profinet IRT da quelli standard. Grazie allo sviluppo di profili specifici di Profibus (Profidrive), alla completa definizione delle specifiche, all'integrazione di tipici servizi real-time e delle procedure di Safety e di Security, Profinet IRT ha le carte in regola per essere adottata nelle applicazioni più spinte di automazione e motion control.

Con l'aggiunta del protocollo Cip Motion anche EtherNet/IP (Ethernet Industrial Protocol) diventa protagonista nei sistemi di controllo del moto. Ethernet/IP è uno standard di comunicazione aperto definito da Rockwell Automation e sviluppato da ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) con i suoi più di 250 membri. EtherNet/IP usa il mezzo fisico e i chip commerciali off-the-shelf di Ethernet. Si basa inoltre su Ieee 802.3 a livello fisico e data link, su TCP/IP e sul protocollo CIP (Control and Information Protocol) che fornisce la messaggistica I/O real-time e peer-to-peer per le reti ControlNet e DeviceNet. Ethernet/IP si avvale di meccanismi "time based" nei quali i comandi di controllo sono ricevuti dalle stazioni sul campo in specifici istanti di tempo. Tale caratteristica rende indipendenti le prestazioni della rete da quelle dell'intero sistema. Con l'adozione della tecnologia "Cip Motion", Ether-

Tabella

Soluzione	Principali sostenitori	Tempo di ciclo / sincronizzazione	HW
EtherCat	Beckhoff	30 μ s / <1 μ s	Asic/FPGA
Ethernet PowerLink (EPL)	B&R, Lenze, Pepperl+Fuchs	0,2 ms (8 assi) / <1 μ s	Standard Ethernet
Ethernet/IP – CIP Motion	Rockwell Automation, ABB, ODVA	10 ms / 10 μ s	Standard Ethernet
JetSynq	Jetter AG	1 ms / 1 μ s	Standard Ethernet
Profinet IRT (Isochronous Real Time)	Siemens, PNO, Danfoss, Rexroth, SEW	250 μ s (30 assi) / < 1 μ s	Asic/FPGA
Sercos III	Rexroth	31,25 μ s (8 assi) / <1 μ s	Asic/FPGA
SynqNet	Motion Engineering, Danaher Motion	25 μ s (4 assi) / <1 μ s	Asic/FPGA
TC-Net 100	Toshiba	0,2 ms (8 assi)	Standard Ethernet

Soluzioni Ethernet Industriale per il motion control

Soluzioni "modificate"

Per soddisfare i requisiti necessari nel motion control, Profinet e Ethernet/IP non offrono adeguate prestazioni real-time e sincronismo. Il loro impiego è però favorito da una forte diffusione, sicché sono integrate con specifici *add-on* che li trasformano in protocolli idonei: ProfiNet IRT (Isochronous Real Time) e EtherNet/IP – CIP Motion rispettivamente. Il metodo di accesso a Ethernet scelto da entrambi è TCP/IP

Net/IP combina le potenzialità di Ethernet con le prestazioni richieste dai sistemi (centralizzati o distribuiti) di controllo assi in termini di sincronismo, determinismo, chiusura in tempo reale dell'anello di posizione, larghezza di banda. Cip Motion include un insieme di profili applicativi progettati per consentire il controllo di posizione, la velocità e la coppia intrinseci a un azionamento. Il tutto unito alle tecnologie UDP (User Datagram Protocol), alla prioritizzazione QoS (Quality of Service) e al modulo Cip Sync, compatibile con lo standard IEEE 1588 e basato sul protocollo "Precision Clock Synchrono-

nization" (sincronizzazione del clock di precisione) mappato nel modello a oggetti Cip.

Soluzioni ad alte prestazioni

A differenza di Profinet ed Ethernet/IP che necessitano di estensioni e plug-in, Ethercat, Sercos III e SynqNet sono nate espressamente per il motion control e sono tra le tecnologie più interessanti in fatto di prestazioni real-time, precisione, alto sincronismo. Registrano infatti i tempi di ciclo più bassi (con una soglia minima da 25 a 31,25 μ s) e sincronizzazione inferiore a 1 μ s. Tutte e tre non impiegano apparati di rete standard, ma sono sviluppate con controller dedicati (Asic / FPGA) direttamente collegabili in rete. L'eliminazione dei concentratori riduce i tempi di ciclo, limitando però la flessibilità della topologia. Ethercat, sviluppato da Beckhoff nel 2003 e supportato dagli oltre 140 membri di ETG (EtherCAT Technology Group) secondo lo standard Ieee 802.3, è caratterizzato da topologia lineare e implementazione prevalente via software. Sul lato master necessita un qualsiasi controller Ethernet standard. D'altra parte, i frame di dati vengono elaborati dagli slave con la cosiddetta tecnica "on the fly" (elaborazione al volo) che richiede controller basati su Asic speciali o soluzioni Fpga. Il master è in grado di indirizzare fino a 65.535 slave diversi. Sono supportate comunicazioni broadcast, multicast e slave-to-slave. A livello applicativo, EtherCAT utilizza il protocollo CANopen ("CANopen over EtherCAT"). Il protocollo "Ethernet over EtherCAT" permette l'utilizzo delle attuali tecnologie Ethernet (come TCP/IP) sul canale aciclico. Anche Sercos III è una tecnologia basata sullo standard Ieee 802.3, in particolare su TCP/IP per la parametrizzazione e la gestione di altro traffico, e che opera a 100 Mbps. I dati sono trasferiti in modo deterministico e senza collisioni con un metodo *time-slot* (a intervalli di tempo). Dal punto di vista della topologia, sono possibili sia strutture ad anello che lineari. Se il master e gli slave vengono collegati a (doppio) anello, sussiste una ridondanza contro eventuali rotture del cavo. In contrapposizione a Ethernet standard, i frame transitano attraverso gli slave e da questi vengono elaborati; lo slave inserisce i dati "al volo" nel telegramma. Per la sincronizzazione di tutte le azioni che richiedono una temporizzazione si ricorre ad un segnale inviato dal master. Sercos III è stato sviluppato a partire da Sercos (bus leader negli azionamenti elettrici) ed è supportato dall'associazione Sercos International e.V. che conta circa 70 membri. Sempre a partire dallo stesso standard (Ieee 802.3), SynqNet viene implementata come una rete 100 BaseT progettata secondo un modello centralizzato per sistemi multi-asse. Offre benefici aggiuntivi come il funzionamento autorigenerante, alta immunità ai disturbi, tolleranza agli errori e avanzate funzioni diagnostiche. Sviluppata dalla californiana Motion Engineering, SynqNet è stata rapidamente adottata da numerosi produttori di azionamenti di primaria importanza e conta più di 60.000 installazioni. Semiconduttori, elettronica e macchinari medicali OEM ne costituiscono i principali segmenti applicativi. L'interfaccia di SynqNet è altamente affid-

abile come dimostrato da test eseguiti con più di 75.000 assi. Il metodo di accesso si basa su elettroniche built-in in ogni dispositivo. Sullo stesso mezzo fisico, SynqNet può convivere con un altro protocollo, realizzando in pratica due connessioni Ethernet: una per i messaggi entranti, un'altra per quelli uscenti.

Soluzioni standard Ethernet

Alcune versioni real-time sfruttano in pieno le piattaforme Ethernet standard. Non richiedono hardware specifico e adottano apparati di rete standard (hub, switch, router) con metodi di sincronizzazione IEC 61588. Le prestazioni real-time variano da 0,2 a 1 ms per i tempi di ciclo e sincronizzazioni dell'ordine di 1 μ s. A fronte di indiscutibili benefici, non tutte queste soluzioni sono significativamente diffuse e supportate. Non possono inoltre sfruttare l'ottimale accoppiamento di interfaccia con un bus di campo originario (come ad esempio nel caso di Profibus-Profinet, ControlNet-Ethernet/IP, Sercos-Sercos III ecc.). Nell'ambito di queste soluzioni, EPL (Ethernet PowerLink) aderisce anche allo standard IEC 61784-2 ed è supportato da numerose compagnie aderenti all'EPSG (Ethernt Powerlink Standardization Group), tra cui B&R che la sviluppò nel 2001. Fra i maggiori vantaggi di EPL vi è la possibilità di implementare il protocollo in ogni hardware e chip standard Ethernet. Concepita principalmente per il motion control vanta più di 60.000 installazioni. EPL sovrappone al meccanismo CSMA/CD quello degli intervalli di tempo (time slot). Con tale tecnologia il controllore master assegna allo slave un particolare intervallo di comunicazione, lasciando la rimanente parte della comunicazione alle transazioni asincrone. Il metodo di accesso si basa su un segmento chiuso con un master che fornisce sincronizzazione e time slot, uno dei quali assicura l'apertura per piccoli messaggi TCP/IP (1% della larghezza di banda). Promosso dalla tedesca Jetter AG, JetSync è un altro protocollo che non richiede hardware specifico. Tra i punti di forza vanno segnalati: sincronizzazione assi tramite Ethernet TCP/IP (con jitter inferiore a 10 μ s), nessun limite teorico al numero di nodi in rete, mantenimento e completezza con Ethernet TCP/IP, utilizzo di componenti standard IT come gli switch, gestione intelligente dell'errore. La comunicazione asincrona (TCP/IP) può essere applicata in runtime, ad esempio per accedere al web server a bordo dell'azionamento. Se è l'alta velocità l'esigenza primaria, una soluzione idonea può essere TC-Net 100 (100 Mbps), rete di comunicazione promossa da Toshiba e certificata a livello internazionale dallo standard IEC/Pas 6206. Ideale per applicazioni time-critical, TC-Net 100 ha caratteristiche convergenti con quelle di EPL. Dispone comunque di un metodo di accesso basato su segmento chiuso. I tempi di ciclo e di sincronizzazione sono assegnati da un master. Uno slave invia a intervalli messaggi ad alta, media e bassa priorità. Questi ultimi possono essere in formato TCP/IP e transitano attraverso router.

readerservice.it - n. 47