



di Massimo Giussani

Gli standard, specie se 'aperti', hanno giocato un ruolo fondamentale nell'evoluzione delle reti industriali degli ultimi vent'anni. Le soluzioni proprietarie, che avevano

la propria ragion d'essere, oltre che nell'assenza di alternative, nelle elevate prestazioni conseguibili solo attraverso una soluzione mirata, hanno visto erodere il proprio dominio anno dopo anno a favore di architetture basate su standard condivisi. A spingere il mercato in questa direzione è stato soprattutto il crescente bisogno di condividere i dati con tutti i livelli della struttura aziendale e con altre aziende partner. La 'babele' di protocolli e formati che rendeva possibile un'implementazione efficiente in una moltitudine di contesti tanto specifici quanto isolati, si è rivelata essere un anacronistico ostacolo alle comunicazioni globali d'impresa. In particolare, il domino praticamente incontrastato di Ethernet nelle reti a livello di ufficio si è

poco alla volta diffuso verso il campo, fino al punto da diventare, con le opportune modifiche e integrazioni, una presenza costante nell'offerta di bus di campo di tutti i principali fornitori di automazione. L'apertura di uno standard porta con sé il non indifferente vantaggio per gli utilizzatori di limitare il rischio di 'vendor lock-in', mentre la concorrenza diretta contribuisce a ridurre i costi dell'hardware. Inoltre, quanto più lo standard è diffuso, tanto più facile è reperire personale qualificato in grado di seguirne l'installazione, l'aggiornamento, la manutenzione.

L'incorporazione di uno standard commerciale in prodotti industriali presenta poi l'ulteriore vantaggio di rendere possibile, quantomeno in principio, la convivenza all'interno di una rete industriale di prodotti commerciali soggetti a economie di scala più favorevoli.

Soluzioni su misura

Non sempre, del resto, una rete basata su uno standard, libero o proprietario che sia, costituisce la scelta ottimale: le specifiche di uno standard sono tipicamente il risultato di un compromesso tra costi e prestazioni in quelle che sono le condizioni tipiche di utilizzo della tecnologia. In determinati ma infrequenti ambiti applicativi, il

STANDARD... MA NON TROPPO

IL RICORSO A COMPONENTI E PROTOCOLLI STANDARD OFFRE INDUBBI VANTAGGI SOTTO IL PROFILO ECONOMICO E OPERATIVO, MA NON SEMPRE È POSSIBILE FARE A MENO DI UNA SOLUZIONE PERSONALIZZATA

conseguimento di un certo livello di prestazioni o la realizzazione di determinate funzionalità richiederebbe modifiche inutilmente costose, o prestazionalmente onerose, e la loro implementazione nello standard avrebbe avuto un impatto negativo sulla maggior parte degli utilizzatori. In questi casi, rimane comunque aperta la strada della customizzazione, ossia della modifica dello standard per accomodare, nel limitato ambito applicativo in oggetto, le funzionalità desiderate.

Unitamente alla risoluzione del problema specifico, modifiche di questo tipo possono anche portare a un degrado delle prestazioni locali della rete, il che spiega perché non siano state previste in fase di estensione dello standard.

Per esempio, per evitare interferenze da o su determinati apparati posti nelle vicinanze dei cavi o dei trasmettitori, la soluzione meno indolore potrebbe essere quella di cambiare la frequenza del segnale trasmesso sul canale, riducendo la velocità di trasmissione dei dati. In altri casi potrebbe essere necessario apportare modifiche radicali a porzioni limitate di rete; per esempio per far fronte a disturbi elettromagnetici particolarmente intensi, si potrebbe volere sostituire una connessione cablata in rame con una in fibra ottica.



Condizioni particolari

L'eterogeneità e la grande variabilità delle condizioni di utilizzo sul piano di fabbrica generano tutta una serie di requisiti per la protezione dell'infrastruttura e l'integrità dei dati che difficilmente possono essere contemplati in un singolo standard. L'ambiente di fabbrica è un ambiente ostile dalle molte facce e richiede innanzitutto accorgimenti specifici per la protezione dei componenti più tangibili dell'infrastruttura di rete: cavi, connettori e involucri.

Uno studio condotto da VDC Research sugli utilizzatori di reti industriali in Europa, Stati Uniti e Asia, ha raccolto le principali mo-

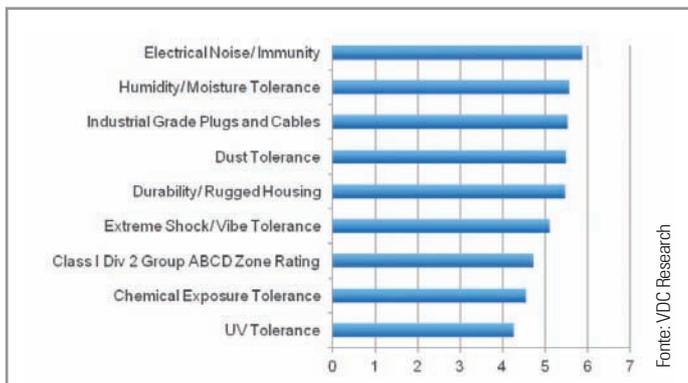


Figura 1 - Ragioni (in ordine di importanza da 0 a 7) dell'adattamento di switch commerciali per l'impiego in applicazioni nel settore industriale e dei trasporti

tivazioni che hanno portato alla modifica di componenti di rete commerciali per un loro utilizzo nei settori industriale e dei trasporti. Come si può vedere dal prospetto di Figura 1, che le ordina per importanza in una scala arbitraria da 0 a 7, tutte le motivazioni sono comprensibilmente connesse alla particolare severità delle condizioni di utilizzo nel piano di fabbrica e riguardano le componenti meccanica ed elettromagnetica dello strato fisico. Un requisito molto comune è quello di ovviare alle disconnessioni o ai falsi contatti causati da vibrazioni, eccessiva umidità o altri agenti esterni; altre volte sono necessarie guaine e leghe metalliche resistenti a temperature estreme o ad agenti corrosivi; altre volte ancora i livelli di tensione e i contatti devono essere ripensati in modo da evitare scariche elettriche negli ambienti a rischio di esplosione.

Personalizzazione multistrato

A seconda dei casi, le modifiche possono coinvolgere uno o più aspetti della tecnologia di rete. A volte può essere necessario duplicare componenti hardware per creare ridondanza, o modificare le interfacce di rete per implementare un più sofisticato meccanismo di correzione degli errori; altre volte potrebbe bastare agire sui protocolli di più alto livello per offrire una maggiore flessibilità o robustezza, per esempio sfruttando un meccanismo di incapsulamento per rendere le modifiche trasparenti agli altri livelli. Spesso la personalizzazione riguarda solo elementi parziali della rete, ma nei casi più estremi può essere necessario sviluppare una soluzione 'custom' da zero, con tutti gli oneri che ne conseguono in termini di tempi e costi di sviluppo.

Per quanto non universalmente condiviso, il modello ISO/OSI (Open System Interconnect) offre una rappresentazione sufficientemente particolareggiata dei vari livelli (o strati) che fanno parte di un sistema di comunicazione. I sette livelli di astrazione che compongono la pila OSI (applicazione, presentazione, sessione, trasporto, rete, collegamento dati e fisico) sono illustrati in Figura 2 insieme alle principali funzioni che possono svolgere, alla tipologia di hardware

in cui tali funzioni sono tipicamente implementate e al tipo di dato trattato. Ogni strato offre un servizio allo strato successivo e utilizza i servizi messi a disposizione dallo strato precedente. Le regole che governano la sintassi e la semantica dei messaggi scambiati tra entità di pari livello definiscono i protocolli di comunicazione. Gli strati più bassi sono tipicamente implementati in hardware o in firmware, mentre i protocolli degli strati superiori sono tipicamente codificati in forma software. Ogni strato opera a un livello di astrazione differente e comunica con gli strati contigui per mezzo di un'interfaccia. Sebbene questo faciliti lo sviluppo indipendente delle diverse parti dell'infrastruttura di rete, determinate modifiche, per essere effettive, finiscono con l'interessare più strati simultaneamente.

Strato	Funzione	Hw/Sw	Informazioni
Applicazione	Processo di rete dell'applicativo	Programma (applicativo)	Dati
Presentazione	Rappresentazione Cifratura dati	Gateway (di applicazione)	
Sessione	Connessione e sincronizz. host	Gateway (di trasporto)	
Trasporto	Connessione tra nodi affidabilità dati	Gateway (di trasporto)	Segmenti
Rete	Percorso dati indirizzo logico	Router	Pacchetti
Collegamento Dati	Accesso al mezzo Indirizzo fisico	Switch e Bridge	Frame
Fisico	Codifica, ricetras. bit	Ripetitori, hub Connettori, cavi	Bit

Figura 2 - A seconda delle particolari esigenze da soddisfare la personalizzazione di un'architettura di rete può avere luogo a uno o più livelli del sistema di comunicazione, qui rappresentati nel modello ISO/OSI

Hardware speciale

Molti degli standard utilizzati oggi sono nati come soluzioni proprietarie messe a punto da aziende alla ricerca di una tecnologia competitiva in termini di efficienza, prestazioni, riduzione dei costi o robustezza.

Il protocollo CAN (Controller Area Network), per esempio, è stato sviluppato da Bosch nei primi anni ottanta come bus per applicazioni automotive, ma è stato successivamente standardizzato da ISO ed è oggi utilizzato per una molteplicità di impieghi, in particolare laddove sia richiesta un'elevata immunità alle interferenze elettromagnetiche. In anni più recenti, gran parte dei bus di campo proprietari utilizzati in automazione industriale e controllo di processo hanno incorporato le specifiche proprie della tecnologia Ethernet. Oggi, con l'affermazione degli standard aperti e la maturazione delle tecnologie di rete per applicazioni specifiche (sicurezza, controllo assi, visione artificiale) è più facile che l'attività di personalizzazione delle reti di comunicazione verta su modifiche limitate e circoscritte a contingenze specifiche.

Si presentano tuttavia situazioni in cui una soluzione completamente personalizzata, ossia la creazione di un prodotto, se non addirittura di un'architettura completamente nuova, è l'unica alternativa possibile. Le modifiche degli strati che interessano l'hardware 'pensante' della rete sono le più complesse e costose da apportare e richiedono risorse e tempo che pochi soggetti possono permettersi. Lo sviluppo di una soluzione di rete end-to-end richiede infatti studi di fattibilità, una progettazione dettagliata, personale qualificato per lo sviluppo di hardware e software (in particolare le interfacce di comunicazione e il codice necessario a implementare i protocolli 'custom'), nonché test mirati per la verifica di funzionalità e prestazioni.

I grandi attori che gestiscono il web, come Google, Amazon, Facebook e Baidu, forti di un parco hardware massivo e di budget miliardari, possono permettersi di sviluppare internamente anche parte dell'hardware di rete o di dettare le specifiche di un'architettura su misura ai produttori dai quali si servono. E se le grandi aziende IT



Fonte: Korenix



Fonte: Aeronix

Figura 3 - Due esempi di switch appositamente sviluppati per soddisfare le esigenze di robustezza e ingombro in applicazioni industriali e aeronautiche

sono più interessate a una personalizzazione degli strati alti della pila di protocolli, chi si occupa di controlli e automazione ha esigenze più vicine al campo che riguardano l'immunità ai disturbi e agli agenti esterni, l'efficienza e il determinismo. Quando lo sviluppo 'in-house' è fuori discussione per mancanza di competenze specifiche, è comunque possibile delegare lo sviluppo di una soluzione 'custom'

ad aziende specializzate in tecnologie di comunicazione. Ovviamente la progettazione, lo sviluppo e la realizzazione di hardware, software, cavi, connettori, involucri, pannelli e documentazione specializzata avranno dei costi commensurabili all'estensione della personalizzazione richiesta. In alcuni casi è possibile sfruttare l'offerta pre-

esistente di apparecchiature messe a punto per settori specifici, per esempio hardware di rete in grado di funzionare in intervalli di temperatura estesi e racchiusi in contenitori blindati con grado di isolamento e connettori industriali.

Per garantire il determinismo e la bassa latenza che contraddistinguono certe soluzioni in tempo reale tipiche dell'automazione industriale, è spesso necessario intervenire sullo strato fisico. Nel caso delle varianti industriali di Ethernet questo significa introdurre un sotto-strato di controllo di accesso al mezzo (MAC) ritagliato a misura di applicazione. Per esempio, le operazioni di codifica e decodifica ad alta velocità sono tipicamente implementate in hardware per mezzo di circuiti Fpga o Asic in versione per uso industriale. Il ricorso alle logiche pro-

grammabili, in particolare, riduce i tempi di sviluppo, specie quando il produttore vanta un'offerta di blocchi IP (Intellectual Property) indirizzati alle problematiche del settore industriale (interfacce verso i bus di campo più diffusi, controllo motori, sicurezza).

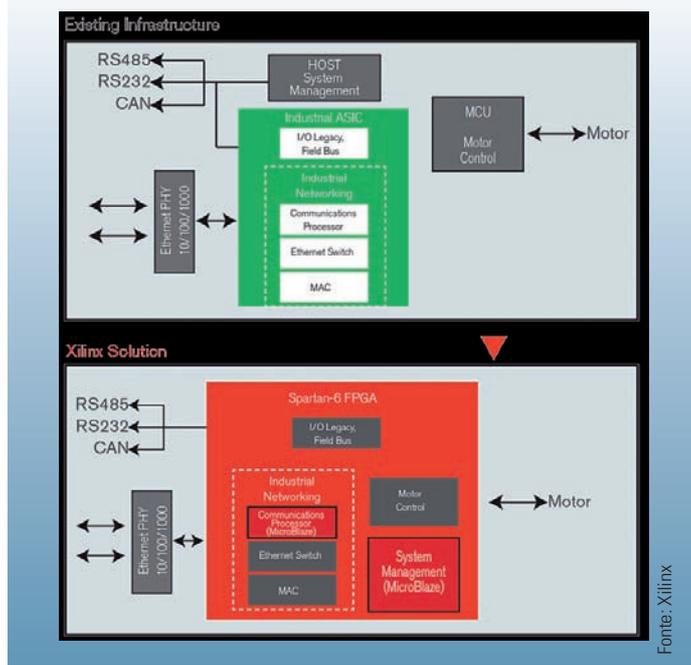
Personalizzare hardware di rete a questo livello porta sicuramente benefici dal punto di vista delle prestazioni, ma ha dei costi che per essere giustificabili necessitano di robuste motivazioni.

Modificare software e protocolli

La personalizzazione del software di rete è più accessibile specie quando non si richiede la modifica dell'hardware sottostante. Sviluppare 'ex novo' il proprio protocollo o stack di protocolli è relativamente raro e, quando avviene, è più frequente che riguardi i livelli di astrazione più alti, dove le modifiche sono principalmente in software. Il vantaggio di questo approccio è che le funzionalità aggiuntive finiscono con l'essere supportate da hardware standard, con conseguente contenimento dei costi di implementazione e ampliamento del bacino di potenziali utilizzatori-clienti. Operare a questi livelli consente comunque di apportare modifiche significative al comportamento della rete: per esempio, cambiare il protocollo di trasporto dallo standard TCP a quello UDP permette di spostare l'enfasi delle comunicazioni dall'affidabilità della ricezione (a discapito delle prestazioni) alla bassa latenza richiesta dalle comunicazioni in tempo reale.

Alcune varianti industriali di Ethernet (Ethernet/IP in primis) implementano funzioni in tempo reale con protocolli di alto livello che si appoggiano alla suite di protocolli IP e alla tecnologia Ethernet tradizionale.

La comunicazione con protocolli diversi da quelli previsti da uno standard di rete può avvenire anche introducendo dei convertitori di protocollo. Si tratta di una soluzione molto frequente, che viene utilizzata per incorporare nelle reti più moderne dispositivi che dia-



Fonte: Xilinx

Figura 4 - Il ricorso alle Fpga permette di sviluppare hardware su misura con un elevato grado di flessibilità e l'inclusione di blocchi IP che risultano in elevati livelli di integrazione

logano attraverso interfacce o protocolli altrimenti incompatibili. Sul mercato sono disponibili convertitori di protocollo per tutti i principali bus di campo (CAN, Controlnet, Devicenet, Foundation Fieldbus, Modbus, Profibus ecc.), interfacce seriali (RS232, RS422, RS485) e persino anelli di corrente 4-20 mA.

I convertitori rappresentano un mezzo economico per integrare dispositivi o porzioni di rete 'legacy' nelle reti di più moderna concezione. Convertitori e interfacce consentono anche di inserire porzioni di rete ad hoc per risolvere problemi di comunicazione limitati alla



Figura 5 - L'adattamento di soluzioni commerciali con connettori di grado industriale resistenti a vibrazioni e agenti esterni è una delle personalizzazioni più frequenti

applicazioni a cui hanno pensato gli estensori dello standard. Immunità ai disturbi elettrici e incremento del grado di protezione IP (International Protection, IEC 60529) sono le modifiche più frequentemente



Figura 7 - Involucri con protezione di grado industriale rendono possibile utilizzare apparecchi destinati al settore consumer nell'ambiente ostile della fabbrica

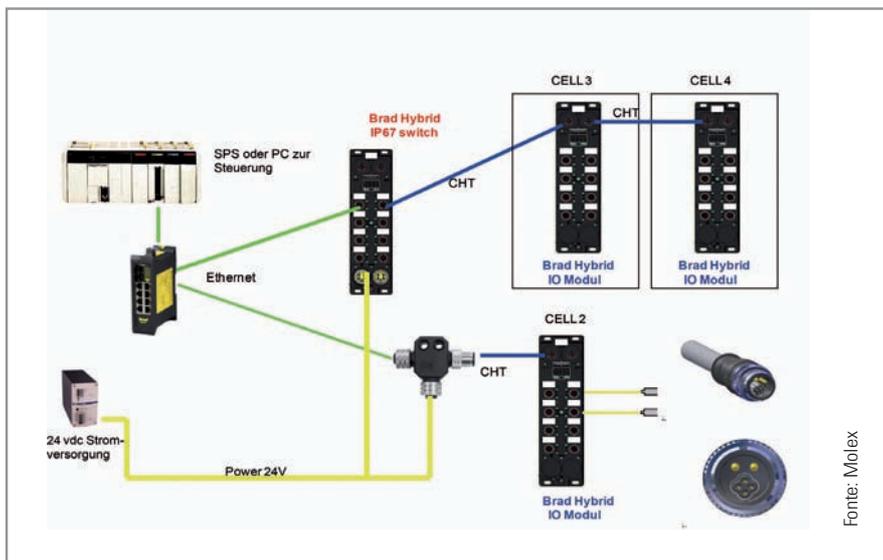


Figura 6 - La scelta del connettore permette di semplificare il cablaggio incorporando in un unico cavo le connessioni di segnale e alimentazione

particolare applicazione; esempi in questo senso possono essere l'introduzione di una tratta in fibra ottica per evitare interferenze, comunicazioni 'Line Of Sight' tra edifici separati da una strada pubblica, un collegamento satellitare o un più insolito canale di comunicazione per connettore postazioni remote.

Cavi, connettori e involucri

Le customizzazioni dello strato fisico, in particolare della parte meccanica, sono quelle più comuni nell'industria di automazione e controllo di processo. Spesso infatti il problema è quello di sopportare condizioni più severe di quelle previste per la maggior parte delle

richieste. La loro implementazione richiede di agire su involucri, cavi, connettori, schede elettroniche, alimentatori e, in certi casi, anche sui protocolli di comunicazione.

I connettori più usati sono varianti industriali di RJ45, connettori circolari M8 e M12 per segnale, M12, M16 e M23 per alimentazione. A seconda del campo d'impiego potrebbe poi essere necessario utilizzare materiali speciali: resistenti alla corrosione nell'industria chimica, sterilizzabili in quella farmaceutica e alimentare. Altre volte invece le modifiche riguardano il genere o la piedinatura dei connettori o l'incorporazione di più linee, per esempio di segnale e alimentazione, in un unico cavo con l'ausilio di connettori ibridi. Accorgimenti di questo tipo rendono possibile collegare sensori, encoder e videocamere di sorveglianza con un unico cavo resistente agli agenti aggressivi, con significative riduzioni dei costi di cablaggio. Quando la rete si appoggia a uno standard commerciale, come Ethernet, il

ricorso a contenitori di grado industriale, con il relativo corollario di connettori e cavi, mette gli utilizzatori industriali in condizione di trarre vantaggio dalle economie di scala dei prodotti destinati al mercato di massa. Bisogna però considerare che gli involucri di grado industriale hanno prezzi commisurabili al volume e al grado di protezione.

Talvolta un prodotto appositamente pensato per lavorare in ambienti ostili può risultare molto più economico della somma dei costi di acquisizione della controparte di grado commerciale e del corrispondente involucro di protezione e degli eventuali costi di implementazione della conversione di protocollo.