



Il gruppo di attività IEEE Time Sensitive Networks si occupa della prossima generazione AVB, che standardizza i meccanismi necessari per reti Ethernet per compiti di automazione con esigenze di tempo reale

di Peter Fröhlich*, Christian Boiger**, Oliver Kleineberg***

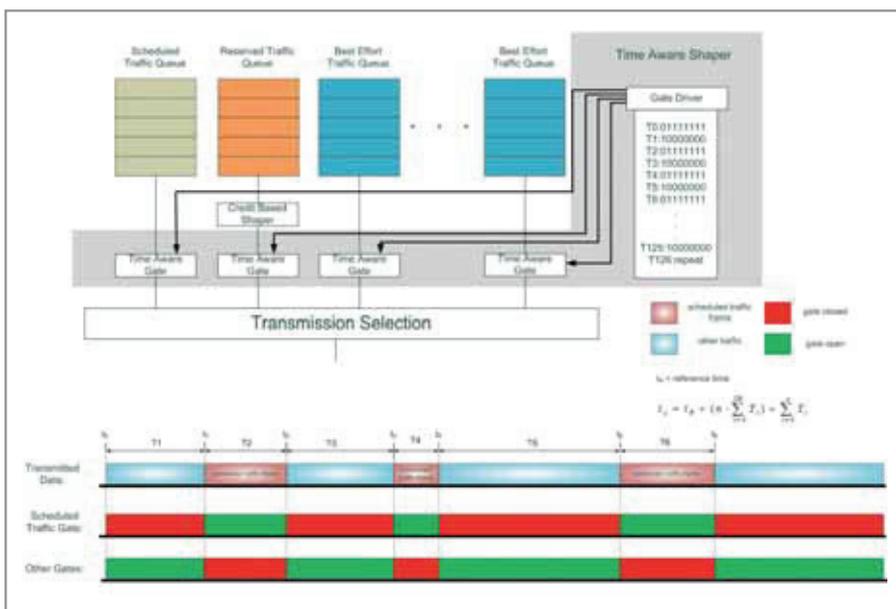
Lo standard Ethernet, definito nella sua sostanza da IEEE 802.3 e 802.1, non è né deterministico né in grado di soddisfare requisiti di realtime; di primo acchito, quindi, sembrerebbe inadatto per compiti di automazione, che richiedono tempistiche programmabili e garantiti tempi di risposta per gli eventi. Tuttavia, Ethernet si è affermata come una tecnologia universale nell'automazione industriale. Tipici esempi sono Profinet, Ethernet/IP, Modbus TCP, e Foundation HSE. Ethernet ha il fondamentale vantaggio di essere estremamente veloce. Se si tiene basso il carico di rete, questo compensa la mancanza di determinismo nella maggior parte delle applicazioni. Molti requisiti dell'automazione industriale sono soddisfatti da meccanismi a livello applicazione, quali la configurazione, il controllo e il monitoraggio del dispositivo, come in Profinet, per esempio. Tuttavia, si trovano molte applicazioni con requisiti tassativi di tempo reale, che richiedono la sincronizzazione degli eventi con risoluzioni significativamente inferiori a 1 ms. Prime fra queste

REALTIME ETHERNET: IMPATTO PROFONDO

È DIFFICILE OGGI IMMAGINARE CHE CI SARÀ UN MOMENTO IN CUI GLI STANDARD PROFINET IRT, ETHERCAT E POWERLINK SARANNO OBSOLETI NELLA LORO FORMA ATTUALE. MA QUESTO È ESATTAMENTE QUANTO SUCCEDERÀ QUANDO IL GRUPPO DI LAVORO IEEE PER RETI SENSIBILI AL TEMPO AVRÀ CONCLUSO I SUOI VARI PROGETTI E QUANDO GLI STANDARD ETHERNET SARANNO INCORPORATI NEI DISPOSITIVI

giono incontrare problemi di comunicazione. Tutte le soluzioni disponibili attualmente soddisfano un importante requisito, ma conducono un'esistenza isolata e, in buona sostanza, non supportano un'integrazione né orizzontale, né verticale di Ethernet.

sono le applicazioni di controllo del movimento, ma anche tutti quei processi che richiedono una precisa sincronizzazione temporale. Per queste applicazioni si sono affermati sistemi Ethernet dedicati, i quali, pur utilizzando fisicamente il livello Ethernet, vi sovrappongono un livello protocollare proprio, generalmente non-standard. Esempi di questo sono Profinet IRT, Ethercat o Sercos III. È necessario un supporto hardware specifico per implementare questi componenti, poiché i componenti standard per Ethernet non supportano queste speciali estensioni del protocollo. Questi sistemi non sono dunque conformi agli standard IEEE 802.1 e 802.3 e, in altre parole, si trovano in buona sostanza a essere delle soluzioni isolate per specifiche applicazioni. Powerlink rappresenta un esempio speciale di Ethernet in tempo reale. Si basa su un metodo di porzionamento del tempo, implementato da tutti i nodi della rete sul lato software. Per assicurare le proprietà di tempo reale per questo sistema, sono richiesti degli hub, invece che switch, benché gli hub siano diventati quasi introvabili oggi. Per di più, tutti i nodi di rete devono supportare Powerlink se non si vo-



Il Time Aware Shaper è un'estensione dell'AVB per Generazione 2 (TSN), che permette di garantire tempi massimi di latenza in modo più affidabile.

Il Time Aware Shaper permette di inviare dati critici sotto uno stretto controllo temporale. Questo significa che la rete può mantenere il percorso di comunicazione libero esclusivamente per questi dati a tempi definiti con precisione

IEEE 802 standardizza i nuovi meccanismi in tempo reale

Rispetto al mercato complessivo di Ethernet, si è dedicata poca attenzione a uno sviluppo migliorativo degli standard Ethernet ai fini del piccolo segmento dell'automazione industriale. L'automazione sta ora ricevendo un aiuto da un diverso e molto più ampio segmento applicativo, che richiede meccanismi per la comunicazione in tempo reale, nella forma della trasmissione attraverso la rete di audio e video in streaming. Questo particolare utilizzo richiede anch'esso meccanismi affidabili di sincronizzazione, come l'automazione. In relazione a questa applicazione, lo IEEE 802.1 ha introdotto diversi standard sotto il termine collettivo di AVB (Audio Video Bridging), che introduce in Ethernet migliori capacità di tempo reale. Questi sono: IEEE 802.1AS - sincronizzazione temporale; IEEE 802.1Q-2011 - traffic shaping e stream reservation; IEEE 802.1BA - sistemi AVB. La capacità di tempo reale si ottiene attraverso l'interazione di tutte le tecnologie IEEE 802.1 AVB.

IEEE Std. 802.1BA

IEEE Std. 802.1BA descrive il sistema AVB nel suo complesso. I requisiti relativi a dispositivi conformi AVB sono definiti qui, e viene dimostrata la coesistenza tra AVB e lo standard Ethernet, oltre ad altre tecnologie di rete come IEEE 802.11 wireless LAN.

Tutti i nodi richiedono una base temporale affidabile. Lo standard IEEE 1588-2008, ben affermato nell'area della tecnologia di automazione, è già pronto, da questo punto di vista, per la sincronizzazione temporale, insieme al meccanismo descritto nell'IEEE 802.1AS per AVB, anch'esso basato sul 1588. Formalmente è un profilo IEEE 1588-2008, ma se ne differenzia, per esempio, in relazione alle classi di dispositivi definite (sono specificati esclusivamente i cosiddetti clock ordinari e di contorno o i clock trasparenti con Bmca) e la tecnologia di trasporto supportata: l'IEEE 802.1AS esclude i meccanismi di trasporto del livello 3 specificati nell'IEEE 1588-2008 e utilizza soltanto il Livello 2. Occorre sottolineare che l'IEEE 802.1AS specifica anche il supporto per reti wireless. I nodi della rete determinano il runtime della rete e possono così sincronizzarsi sulla base di un Grand Master Clock. Tutti i dispositivi, switch e terminali abilitati AVB devono essere in grado di gestire la 802.1AS. Questo permette a tutti i dispositivi AVB di operare con una base di tempo comune.

IEEE Std. 802.1Qat

La AVB si basa essenzialmente su flussi che vanno da una sorgente - 'il parlatore' - verso uno o più consumatori 'gli ascoltatori'. Questi flussi di AVB hanno priorità rispetto a tutti gli altri dati della rete. La necessità di banda e il percorso nella rete sono pre-programmati dallo Stream Reservation Protocol (SRP). Ciascuno switch AVB è in questo caso responsabile del controllo della banda disponibile sulle sue porte. Il Parlatore invia un pacchetto, che utilizza per comunicare il suo flusso alla rete. Gli 'ascoltatori' possono registrarsi per ricevere anch'essi il

flusso. Il percorso che i pacchetti dati compiono nella rete è definito nel processo e la larghezza di banda viene riservata. Se la richiesta di un flusso eccede la larghezza di banda disponibile alla porta di uno switch, il flusso non può essere trasmesso. Questo garantisce che vengano create delle relazioni di comunicazione soltanto laddove sia disponibile una costante e garantita qualità del servizio. Allo stesso tempo, l'SRP degli switch determina la latenza massima di un flusso. La AVB specifica due classi di flusso nella generazione 1, che soddisfano diversi requisiti, in relazione al massimo ritardo dal 'parlatore' all'"ascoltatore". La Classe A specifica un ritardo massimo di 2 millisecondi in condizioni normali, mentre la Classe B garantisce una latenza di 50 millisecondi.

Gli standard per la trasmissione audio video sono disponibili per applicazioni industriali con proprietà di tempo reale: la sincronizzazione temporale nello standard IEEE 802.1AS permette la sincronizzazione temporale di tutti i nodi di rete analogamente allo standard IEEE 1588v2. Le differenze sono le seguenti:

	IEEE 1588v2	IEEE 802.1AS
Clock type	Transparent/Boundary/Ordinary clock	Boundary/Ordinary clock
Communication	layer 2 and layer 3	Only layer 2
Working modes	1 step and 2 step	Only 2 step
Delay measurement	End-to-end and peer-to-peer	Only peer-to-peer
Time domains	Several grandmaster, different domains	One grandmaster, one domain
Sync path	Follows path of data communication (e.g. Rstp)	Own sync tree similar to Rstp (Grandmaster = Root)
Wireless	No wireless support	Wireless support over IEEE 802.11v

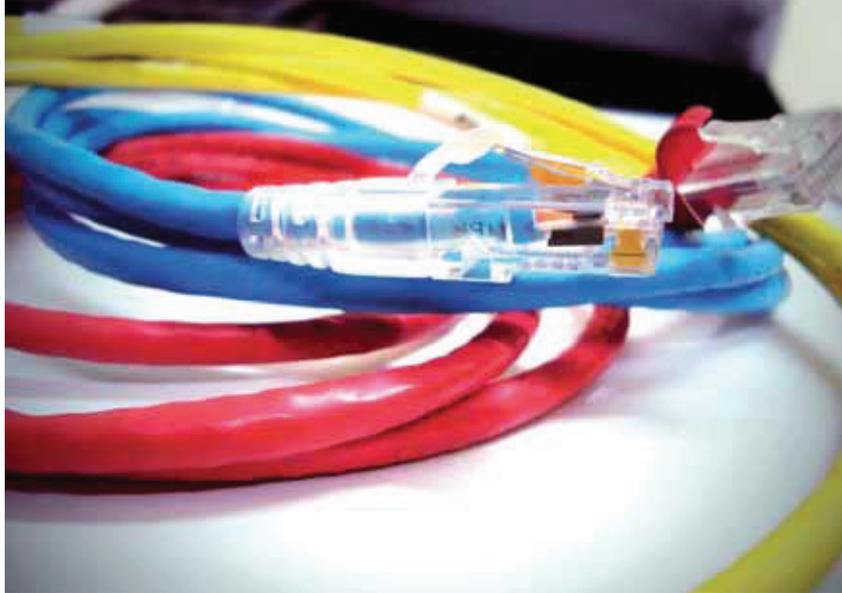
IEEE Std. 802.1Qat

La massima priorità deve essere garantita al traffico di dati AVB per la trasmissione vera e propria dei dati. Allo stesso tempo, tuttavia, il traffico ordinario non deve arrivare a fermarsi in attesa di flussi con priorità più alta. I miglioramenti dell'inoltro e la pianificazione dello standard IEEE 802.1Qav descrivono i Credit-Based Shapers, che utilizzano switch abilitati AVB, in luogo del controllo dello switching precedentemente utilizzato con priorità fisse. Questo metodo permette ai frame provenienti da flussi con priorità più alta di avere la precedenza durante la comunicazione, rispetto a frame standard Ethernet con priorità inferiore. Esso alimenta il traffico di dati nella rete in modo tale da lasciare spazi sufficienti tra i pacchetti AVB ad alta priorità per trasferire il restante traffico di dati. I frame AVB ad alta priorità possono così occupare al massimo il 75% della banda della porta di uno switch, in un determinato intervallo di tempo. Il credit value viene ridotto quando i frame AVB vengono spediti e riportato al valore originario se, nel frattempo, è stato trasmesso un pacchetto dati a priorità inferiore. Ogni nodo AVB deve implementare questo meccanismo, oltre, naturalmente, a tutti gli altri standard AVB. Con questo metodo, vengono alimentati alla sorgente soltanto quei quantitativi di dati che possono essere trasferiti in rete in modo compatibile. La pre-pianificazione, attraverso lo Stream Reservation Protocol garantisce la disponibilità della capacità necessaria. Gli standard IEEE Std. 802.1Qat e 802.1Qav sono stati nel frattempo incorporati nel documento 802.1Q-2011. I principali produttori di chipset Ethernet per terminali e componenti di infrastrutture stanno anche collaborando nello sviluppo di questi standard. Proprio per questo vi è una importante opportunità: per la prima volta, Ethernet standard supporta meccanismi più raffinati per

il traffico dati in tempo reale. Sono già disponibili sul mercato i primi prodotti compatibili con la Generazione 1 dello standard.

leee 802 scopre l'automazione industriale

Perché Generazione 1? Perché è in preparazione una seconda generazione, che disporrà di nuove e più potenti opzioni. Nella definizione degli obiettivi e dei meccanismi estesi di questa seconda generazione sono coinvolti rappresentanti di rilievo di Hirschmann Automation & Control, Siemens e dell'Università di Deggendorf. Le estensioni proposte si concentrano sui requisiti dell'automazione industriale. Nel frattempo, comunque, stanno partecipando attivamente al gruppo di lavoro anche rappresentanti dei principali pro-



Fonte: www.morguefile.com



Fonte: www.morguefile.com

duttori automobilistici e dei loro fornitori. Il loro obiettivo è riuscire a utilizzare tecnologie in tempo reale nelle applicazioni Ethernet a bordo di autoveicoli. Con questo scopo sono già partiti diversi progetti nel gruppo di lavoro leee 802.1. Il progetto leee P802.1ASbt specifica le estensioni e i miglioramenti all'leee Std. 802.1AS. Questo include problematiche legate alla tolleranza di errori nella sincronizzazione temporale, la specifica di meccanismi di ridondanza per la sincronizzazione temporale ed il supporto di domini a tempo multiplo per diversi tempi di trasmissione.

leee P802.1Qbv

Lo Shaper standardizzato per l'AVB di Generazione 1 rende possibile determinare la massima latenza possibile del flusso. La garanzia di latenza che ne deriva è nella gamma di pochi millisecondi. Il progetto di standardizzazione leee P802.1Qbv definisce il nuovo Shaper a base temporale (Time Aware Shaper), che descrive sia l'immissione su base temporale di messaggi nella rete, che il routing su base temporale dei messaggi nella rete (verso gli switch). Ne risulta una latenza minima garantita per questo nuovo tipo di traffico, (Scheduled Traffic). Il collegamento di questo metodo con gli switch cut-through riduce ulteriormente la latenza. Possono essere ottenute latenze dell'ordine di pochi microsecondi in reti Gigabit per ogni switch cut-through.

IEEE P802.1Qbv: Questo progetto definisce essenzialmente le estensioni per il Shortest Path Bridging (SPB). SPB è un protocollo di routing di Livello 2, che permette la comunicazione attraverso il percorso più breve in una rete. Questo consente di utilizzare la rete in modo più efficiente e di ottenere un migliore tempo di riconfigurazione, ad esempio, rispetto al protocollo Rapid Spanning Tree. Le estensioni rendono

possibile, da una parte, utilizzare l'AVB in combinazione con l'SPB e di utilizzare il suo SPB, mentre, dall'altra parte, vengono definiti nuovi meccanismi che permettono di identificare e utilizzare percorsi ridondanti all'interno della rete, in base ad un algoritmo di routing.

leee P802.1Qbv

Viene definito un meccanismo di prelazione all'interno di questo progetto per migliorare la convergenza tra classi di traffico esistenti e ridurre la latenza del traffico dati. Questo meccanismo permette allo switch di interrompere la trasmissione di frame di dati già in transito per trasmettere frame con priorità più alta. La trasmissione del frame interrotto viene quindi ripresa.

Dato che questo tipo di meccanismo richiede un supporto nei livelli inferiori del modello ISO/OSI, sono necessarie delle modifiche negli standard leee 802.3, alle quali sta lavorando il nuovo gruppo di studio leee 802.3 DMLT: il gruppo di studio Distinguished Minimum Latency Traffic in a Converged Traffic Environment, fondato nel novembre 2012, dovrà esaminare i meccanismi per ridurre la latenza e migliorare la convergenza di diverse classi di traffico in una rete. Il piano prevede che il gruppo di studio operi in stretta cooperazione con il gruppo leee 802.1 allo sviluppo di una concezione complessiva, che permetta in buona sostanza di soddisfare i requisiti del settore automobilistico e dell'industria. In base alle ultime indicazioni, il gruppo di attività AVB è stato rinominato gruppo di attività Time Sensitive Networking (TSN) nel novembre 2012.

Verso la fase finale

I meccanismi di tempo reale forniti da AVB o TSN in futuro formano la nuova base dello standard Ethernet, sulla quale potranno svilupparsi i protocolli di applicazioni industriali. I protocolli speciali, come Profinet IRT ed altri, che sono ancora necessari oggi pur non essendo conformi allo standard Ethernet, diverranno così obsoleti. Questo avverrà perché i protocolli standard come Profinet RT, Ethernet/IP e Modbus/IP potranno utilizzare meccanismi di tempo reale di AVB/TSN disponibili nei chipset Ethernet. Gli utilizzatori finali dovranno pazientare ancora per un po' di tempo.

Tuttavia, per i costruttori di dispositivi, è arrivato il momento di misurarsi con l'AVB di Generazione 1 e di preparare i loro prodotti e i loro protocolli per il passaggio alla seconda generazione (TSN).

Note

* Peter Fröhlich direttore business development di Hirschmann Automation & Control a Neckartenzlingen, professore di sistemi integrati all'Università di Deggendorf

** Christian Boiger, assistente di ricerca all'Università di Deggendorf

*** Oliver Kleineberg, program manager di Tofino Security presso la Byres Security Inc