

Montée en débit sur Ethernet

La famille des produits compatibles Ethernet d'ABB s'agrandit
Kai Hansen



Les systèmes de contrôle-commande industriel intègrent un grand nombre d'équipements embarqués (capteurs, actionneurs, contrôleurs d'automatismes...) dialoguant avec l'informatique de production et de gestion pour piloter une myriade d'applications: procédés continus, production et distribution d'énergie, construction automobile, climatisation de centres commerciaux... ABB est un grand fournisseur de systèmes de conduite et d'équipements embarqués dédiés à ces applications. Si certaines se contentent d'un contrôle-commande de faible technicité, à base de dispositifs isolés, de plus en plus de clients veulent des équipements communicants, capables de renseigner à la demande et en temps réel les opérateurs d'atelier.

Cette vertu de la «communicabilité» fait partie intégrante de l'offre ABB, au même titre que sa facilité d'emploi et sa fiabilité. Nos clients peuvent choisir leur appareil en fonction des besoins et miser d'office sur la qualité et la performance des communications ABB. Autre critère décisif: l'irrésistible avancée d'Ethernet sur le marché des transmissions industrielles et, dans la foulée, l'enrichissement de la gamme ABB d'équipements compatibles avec ce réseau universel.

L'engouement pour Ethernet chez les Industriels tient en partie à son avantageux rapport performance/coût au regard des solutions de communication traditionnelles et à la coexistence de plusieurs supports physiques (fibre optique, câble et sans-fil) sur le même réseau. Ethernet séduit aussi par sa messagerie TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) qui per-

met de gérer une architecture réseau uniforme: de quoi rationaliser le déploiement et la maintenance des infrastructures, tout en économisant sur la formation et les pièces de rechange.

Les exigences de communication en bureautique ne sont pas les mêmes que dans l'industrie, tout comme les besoins des équipements embarqués sont aussi

variés que les applications les hébergeant. L'une des contraintes caractéristiques du milieu industriel est la réactivité en temps réel. Quand des solutions de communication interviennent dans une boucle de régulation, le temps de réponse acceptable est un paramètre crucial, subordonné aux lois physiques ou chimiques du process sous surveillance: si la régulation de courants

Technologie des systèmes embarqués

alternatifs haute tension, par exemple, se satisfait de temps de réaction de quelques millisecondes, la commande d'axes exige de passer sous la barre de la milliseconde. Pour des réactions chimiques, bien plus lentes, un délai d'une seconde entre la commande d'une action et son exécution est acceptable, mais le respect des strictes contraintes de temps reste de mise. Et pour cause: une fois lancée, la réaction n'attend pas! Les transmissions industrielles doivent s'adapter à ce lot d'exigences, soit en employant une solution unique, soit en multipliant les technologies.

Surenchère technologique

Débit et fiabilité sont les deux grands critères de choix d'une solution de communication. Là encore, chaque application a ses impératifs. Les besoins en bande passante peuvent jouer sur les capacités temps réel d'un système puisqu'un réseau fortement sollicité risque de ne plus réagir dans le délai imparti. Le support physique d'une solution de communication dicte les choix de conception. Ethernet sur cuivre et fibre optique est remarquable d'efficacité et très peu parasité, les pertes dues aux interférences étant minimales. Le sans-fil affiche une moindre fiabilité et davantage de pertes de données. Certes, il incombe au protocole de garantir la réémission des données perdues, mais c'est au détriment du débit et de la réactivité temps réel. Si, par ailleurs, le câble ou la fibre sont gravement endommagés, aucun logiciel ne saura faire aboutir la communication. Cet obstacle ne peut être levé qu'avec des interfaces de communication redondantes, voire tri-redondantes (double ou triple câblage cuivre/optique), ce qui complique l'interface utilisateur.

Ces dernières années, les automaticiens ont plébiscité le bus de terrain pour relier leurs équipements de production et Ethernet pour raccorder terminaux, serveurs et automatismes. La tendance est aujourd'hui à faire descendre Ethernet vers le terrain où il doit concilier trois exigences grandissantes de l'atelier: temps réel, fiabilité et sécurité. D'où l'intérêt de solutions embarquées compatibles Ethernet et l'importance de la normalisation des protocoles de communication sur Ethernet. Parmi les prétendants, les plus prometteurs sont Foundation Fieldbus HSE, PROFINet,

Ethernet/IP, Modbus/TCP et certaines solutions «métiers» axées sur le positionnement et la synchronisation multi-axes (*Motion Control*).

La limite théorique du débit de transmission sur câble et fibre Ethernet ne pose pas de problème pour la plupart des applications d'automatisation. N'oublions pas pour autant que la vitesse des unités centrales des dispositifs embarqués peut freiner le flux sur le réseau: une lacune à combler. L'efficacité avec laquelle la pile protocolaire est mise en œuvre dans l'équipement embarqué est LA question épineuse du débat sur le débit. Si la bande passante est bridée par la capacité du processeur à traiter le protocole, rien ne sert de faire migrer une toute petite UC proche du terrain d'Ethernet à 10 Mbit/s au Gigabit sous prétexte d'accroître le débit. Au demeurant, une bande passante de 10 Mbit/s suffit d'ordinaire à ce type d'équipement. Parcourir efficacement les différentes couches de la pile de communication impose de modifier certains protocoles associés traditionnellement à l'Ethernet bureautique ou de les coupler à d'autres protocoles.

Débit et fiabilité sont les deux grands critères de choix d'une solution de communication.

La comparaison des délais d'un trafic UDP/IP exécutant Windows XP sur Pentium 2,5 GHz **1** est éloquent: malgré sa célérité, le processeur passe le plus clair de son temps à traiter le message; sur Giga Ethernet, les retards induits par le réseau sont en effet minimales.

Les aléas du temps réel

Le temps réel pose un problème particulier aux bons vieux réseaux Ethernet sur câble coaxial ou dotés de concentrateurs. Ces systèmes étaient capables de détecter les collisions de sorte que si deux participants décidaient d'émettre au même moment (ou presque), leurs paquets de données respectifs étaient perdus, chacun s'efforçant de retransmettre au bout d'un temps quasi aléatoire. Une succession de collisions augmentait d'autant le temps de propagation qui devenait difficilement

prévisible. Ce point faible a été résolu avec les nouvelles versions d'Ethernet équipées de commutateurs (capables de gérer la priorité des télégrammes) et transmettant en duplex (émission et réception simultanées): les collisions sont évitées. Chaque équipement est relié par un câble dédié au commutateur qui se charge de stocker provisoirement et de transmettre tous les paquets de données. Si le port donnant sur le prochain commutateur ou dispositif est occupé, le commutateur met le paquet en attente, puis l'envoi dès que le port se libère. Ce mécanisme assure une réponse temps réel compatible avec l'immense majorité des applications industrielles. Pour des domaines plus exigeants (commande d'axes, par ex.), il est possible de modifier le protocole de bas niveau Ethernet pour obtenir un système résolument déterministe à découpage temporel, un canal ou cycle de com-



munication temps réel court-circuitant, à intervalles réguliers, la pile TCP ou UDP/IP pour réduire les temps de traitement : un mécanisme adopté par PROFINet et sa fonctionnalité temps réel isochrone (IRT), EtherCAT, Ethernet Powerlink et Sercos III.

Par ailleurs, le temps réel « dur » de la commande d'axes peut être maîtrisé en synchronisant les horloges locales [2]. On utilise pour cela des trames Ethernet standard, même si la technique n'est pas sans difficultés de mise en œuvre. Un nœud du réseau est désigné « horloge maître » pour délivrer la référence temporelle sur laquelle viennent se caler tous les sous-systèmes raccordés. Les protocoles de référence en la matière sont NTP (*Network Time Protocol*), SNTP (*Simple NTP*) et PTP (*Precise Time Protocol*), normalisé IEEE 1588. Un certain nombre de produits ABB se plient à cette standardisation : c'est le cas du contrôleur d'automatismes répartis AC 800M avec SNTP et du robot PicMaster, conforme IEEE 1588. La principale source d'incertitude temporelle dans ce synchronisme d'horloge est la gigue introduite par l'exécution du logiciel horodatant l'arrivée du télégramme Ethernet au nœud. Il est capital que cet horodatage soit le plus rapide possible : il doit

L'efficacité avec laquelle la pile protocolaire est mise en œuvre dans l'équipement embarqué est LA question épineuse du débat sur le débit.

avoir lieu dans le premier programme d'interruption pour Ethernet, voire plus tôt, à savoir dans le matériel, avant démarrage du système d'exploitation des unités embarquées. Une bonne implantation logicielle peut rogner quelques microsecondes au processus, et une solution matérielle prétendre à une précision avoisinant les 100 nanosecondes.

Ethernet, protocole sûr

Si le système sous contrôle présente un risque sanitaire pour la population ou l'environnement, les pouvoirs pu-

blics veulent s'assurer que des mesures et organes de sécurité ad hoc sont opérationnels, en conformité avec les normes internationales, dont la CEI 61508 définissant des niveaux SIL (*Safety Integrated Level*) pour l'équipement et la communication. Des niveaux 2 et 3 de sécurité sur l'échelle SIL sont la règle dans la chimie, la pétrochimie, la production pétrolière en mer et les industries mécaniques.

Les réseaux Ethernet peuvent aussi être sécurisés. Sachant qu'il est impensable d'appliquer la CEI 61508 à tous les matériels et logiciels embarqués dans un réseau Ethernet, la certification sécurité s'appuie sur la notion de canal « gris » : il peut s'agir, par exemple, d'une couche applicative ou « profil orienté sécurité » venant se greffer à l'architecture TCP/IP existante [3]. Très bien maîtrisée, cette couche imbriquée sait détecter toutes les erreurs se produisant dans le canal gris, à l'image de PROFIsafe (PROFINet) et de CIP Safety (Ethernet/IP).

Mise en œuvre

Certains produits s'accommodent d'une carte Ethernet classique mais, dans le cas des équipements ABB, Ethernet est d'habitude intégré dans un matériel spécialement conçu à cet effet. Des processeurs compatibles Ethernet, appelés à fonctionner à des températures ou dans des conditions extrêmes, sont proposés par un certain nombre de fournisseurs : PowerPC de Motorola ou IBM, ColdFire ou puces ARM. Les exigences fonctionnelles conditionnent le choix du processeur ; nombreuses sont les variantes disponibles avec différents niveaux de gestion de la communication. On trouve aujourd'hui des puces dédiées aux déclinaisons *Motion Control* d'Ethernet, sous forme d'ASIC intégrant une unité centrale ARM ou de FPGA gérant les protocoles Ethernet de bas niveau.

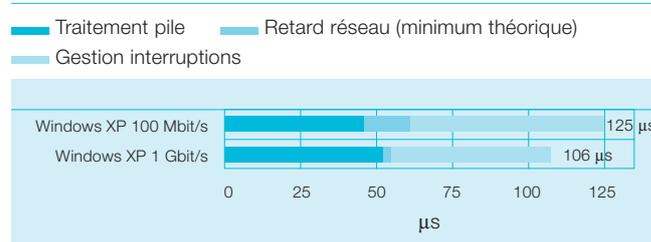
Tendances

La pénétration d'Ethernet dans l'usine est incontournable, comme en témoigne le nombre d'appareils ABB équipés de ce réseau. Parallèlement à son essor, de plus en plus de dispositifs embarqués ABB seront développés pour tirer parti de ses hautes performances.

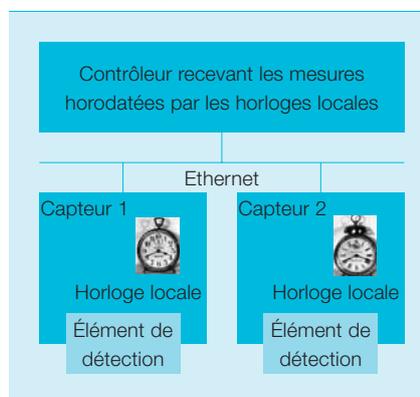
Kai Hansen

ABB AS
Billingstad (Norvège)
kai.hansen@no.abb.com

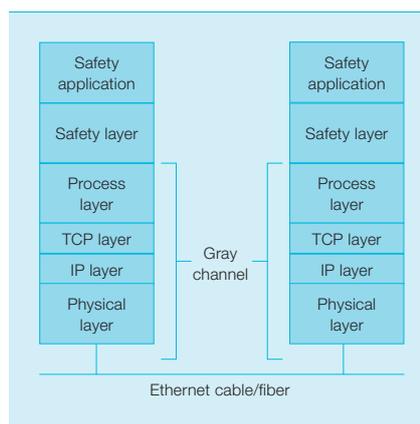
1 Comparaison des délais d'un trafic UDP/IP sous Windows XP, sur Pentium 2,5 GHz [1]



2 Les strictes exigences temps réel de la commande d'axes haut de gamme peuvent être satisfaites par la synchronisation des horloges locales.



3 Les différentes couches de la pile de communication



Bibliographie

[1] G. Prytz, S. Johannessen. "Real-time Performance Measurements using UDP on Windows and Linux", ETFA 2005.