

Quelles applications industrielles pour l'Ethernet à paire unique ou à deux fils ?

A l'origine prisé par le secteur automobile, l'Ethernet à paire unique, également appelé SPE (Single-Pair Ethernet), est de plus en plus utilisé dans les applications d'automatisation industrielle. Texas Instruments explique les spécificités de cette technologie et présente des scénarios d'intégration potentiels.

L'Ethernet industriel est utilisé pour échanger des données entre un automate programmable et des équipements de terrain déployés dans une usine comme les servomoteurs, les capteurs et les actionneurs (photo A). La plupart des réseaux Ethernet reposent sur la technologie 100BASE-TX, qui permet d'échanger des données à une vitesse de 100Mbit/s via deux paires torsadées (quatre brins de cuivre) d'un câble Ethernet de catégorie 5e. Les réseaux Ethernet industriels plus récents sont capables d'atteindre 1000Mbit/s grâce à la technologie 1000BASE-T, qui utilise les quatre paires torsadées (huit brins de cuivre) d'un câble Ethernet de même catégorie. Les technologies 100BASE-TX et 1000BASE-T peuvent fonctionner avec des câbles d'une longueur de 100 mètres entre deux équipements Ethernet (ou deux composants de couche physique PHY).

L'Ethernet à paire unique (SPE), quant à lui, utilise une seule paire torsadée (deux brins) pour transmettre les trames Ethernet sur un câble. Totalement compatible avec les technologies de l'Ethernet industriel 100Mbit/s et 1000Mbit/s existantes au-dessus de la couche physique (PHY), elle permet de les compléter. Selon la vitesse de transmission, l'Ethernet à paire unique peut être employé sur des segments de câble jusqu'à 1 km (figure 1).

Les avantages de l'Ethernet à paire unique

L'Ethernet à paire unique offre des avantages par rapport à d'autres technologies Ethernet :

- Il permet une augmentation de la bande passante par rapport à des technologies de communication à

AUTEUR



Thomas Mauer,
ingénieur système,
Systèmes d'automatisation et de commande industriels, Texas Instruments.

deux fils (CAN Controller Area Network, PROFIBUS, 4-20 mA, Foundation Fieldbus) tout en conservant la même infrastructure de câblage.

- Il améliore la communication dans les environnements bruyants grâce à une séquence de contrôle de trame qui protège les messages.

- Il sécurise par chiffrement la communication des charges utiles des messages.

- Il réduit le câblage nécessaire, et donc le coût lié à l'achat du cuivre et le poids des nouvelles installations
- Il permet d'utiliser la technologie Ethernet dans des applications à facteur d'encombrement limité, comme les bras robotisés

Penchons-nous maintenant sur un nœud Ethernet industriel composé d'un processeur d'application, d'un contrôleur d'accès au support (MAC) et d'un émetteur-récepteur PHY Ethernet, tel qu'illustré par la figure 2.

L'Ethernet industriel nécessite un contrôleur MAC attitré afin que les données de processus soient transmises dans le délai fixé pour le cycle d'échange. Des processeurs spécifiques, tels que ceux de la gamme Sitara de Texas Instruments, sont capables de prendre en charge les standards d'Ethernet industriel multiprotocoles au sein de la couche MAC. La technologie Ethernet physique relève exclusivement de la couche 1 du modèle OSI (Open Systems Interconnection), qui relève du composant PHY. Le SPE est donc mis en place via un composant de couche physique Ethernet spécifique pour le traitement de la couche 1. Les trames Ethernet sont échangées entre celui-ci et le contrôleur MAC au travers de l'interface MII/RMII/RGMII (Media-Independent Interface/Reduced MII/Reduced Gigabit MII). Le processeur d'application utilisé au niveau de l'interface d'en-

● A.- L'Ethernet industriel est traditionnellement utilisé pour échanger des données entre un automate programmable et des équipements de terrain déployés dans une usine (ici une ligne de production équipée de bras robotisés).



trée/sortie des données joue le rôle d'une interface de bande latérale et contrôle la configuration de registre du composant PHY.

Différents standards SPE

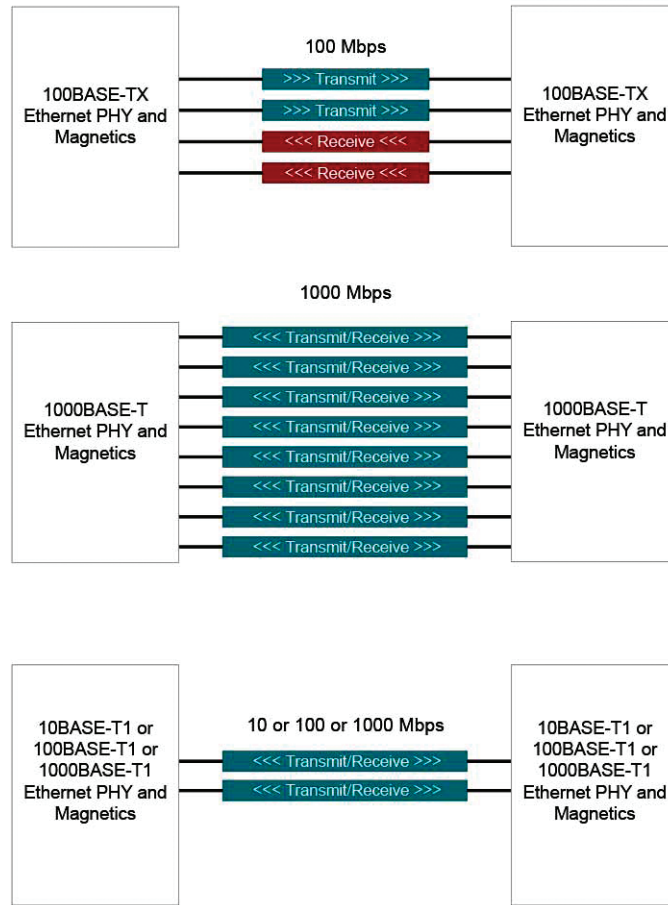
Il existe différents standards SPE, avec des débits de transmission et des portées variables (figure 3):

- IEEE 802.3cg 10BASE-T1 (débit de 10Mbit/s, portée de 1 000 mètres), utilisé pour les capteurs et actionneurs distants échangeant peu de données. Cette fonction était précédemment gérée par des composants analogiques, par exemple des interfaces 4-20mA dans les applications de traitement et d'automatisation industrielles. Ce standard permet de réutiliser des infrastructures de câblage à deux conducteurs existantes.
- IEEE 802.3bw 100BASE-T1 (débit de 100Mbit/s, portée de 15 mètres), utilisé pour les capteurs, les actionneurs et les servomoteurs dont le cycle d'échange de données type est compris entre 31,25µs et 4ms. Ce standard est adapté aux applications d'automatisation industrielle avec des communications à courte distance et aux applications de robotique. Avec une portée inférieure à l'Ethernet 100BASE-TX, il permet de réduire le coût du câblage dans le bras d'un système robotisé, par exemple.
- IEEE 802.3bp 1000BASE-T1 (débit de 1 000Mbit/s, portée de 40 mètres), utilisé pour les caméras échangeant un grand volume de données comme les caméras IP (Internet Protocol) par exemple. Ce standard, qui cible les applications d'automatisation industrielle avec une portée inférieure à l'Ethernet 1000BASE-T, réduit le coût du câblage (puisque'il ne nécessite qu'une seule paire torsadée au lieu de quatre).

Toutes les spécifications IEEE 802.3 énumérées ci-dessus concernent des communications point-à-point. L'IEEE travaille également sur une norme relative à l'accès multiple (multi-drop), où plusieurs composants de couche physique Ethernet sont reliés à un réseau Ethernet à paire unique.

1 LES TECHNOLOGIES DE COUCHE PHYSIQUE PHY A 100MBIT/S, A 1000MBIT/S ET EN MODE SPE

En fonction de la technologie Ethernet (100BASE-TX, 1000BASE-T, Single Pair Ethernet), le débit de données et le type de câble à paires torsadées nécessaire varient.



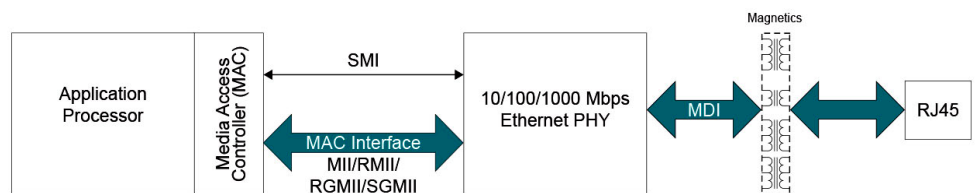
Généralement, les composants de couche physique développés pour les normes 802.3 ne prennent en charge que l'un des protocoles T1 et ne sont pas rétrocompatibles avec les versions antérieures de la norme 802.3. Il faudra donc sélectionner le composant de couche physique en fonction de votre scénario d'utilisation. Parfois, les fournisseurs proposent des versions compatibles broche à broche, ce qui facilite le développement de produits.

L'Ethernet à paire unique permet également de faire coexister l'alimentation électrique et la transmission de données sur une seule paire torsadée; c'est ce que l'on appelle une architecture PoDL (Power over Data Line) et une couche physique avancée (APL). Grâce à l'approche PoDL/APL, il est possible d'alimenter un capteur ou un actionneur jusqu'à 1 000m de distance avec le câble utilisé pour la transmission de données, tout comme avec l'interface 4-20mA mentionnée précédemment.

L'Ethernet à paire unique peut fonctionner dans une topolo-

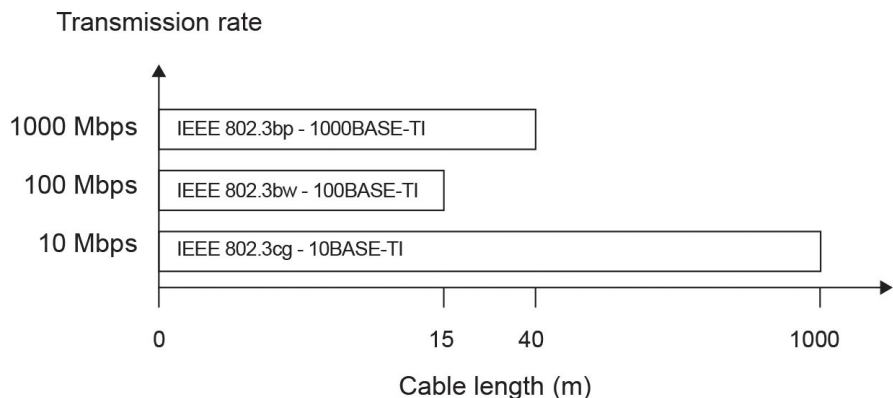
2 MISE EN ŒUVRE GÉNÉRALE D'UN SYSTÈME DE COMMUNICATION ETHERNET

Un nœud Ethernet industriel est généralement composé d'un processeur d'application, d'un contrôleur d'accès au support (MAC) et d'un émetteur-récepteur PHY Ethernet.



3 PORTÉE ET DÉBIT DES DIFFÉRENTS STANDARDS SPE

Il existe différents standards SPE, avec des débits de transmission et des portées variables.





• B.- Ce capteur est un équipement typique pouvant utiliser l'interface Ethernet à paire unique 10BASE-T1 avec une portée maximale de 1000m.

gie en étoile, en ligne, ou toute combinaison des deux incluant des hubs et des commutateurs réseau.

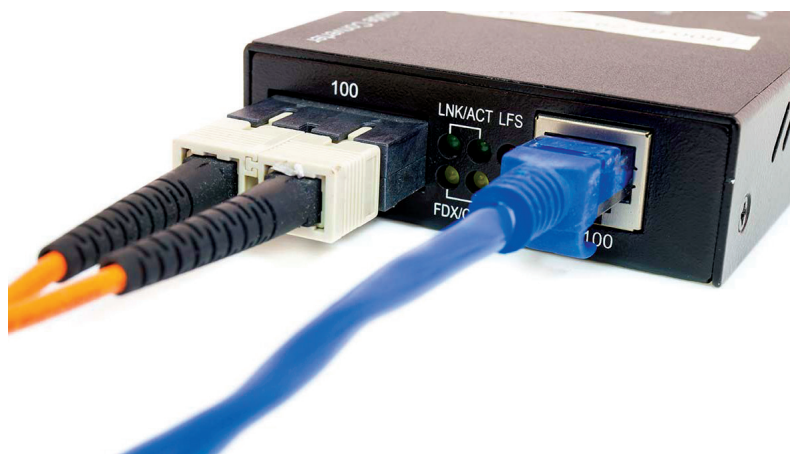
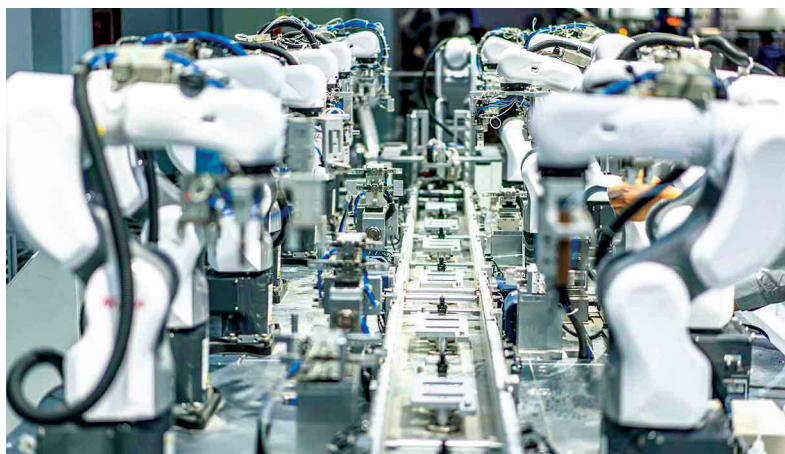
Quelques exemples d'usage de l'Ethernet SPE

Voici quelques exemples d'implémentation de l'Ethernet à paire unique.

• **Exemple n°1:** Un capteur ou un actionneur (photo B) à faible débit de données dans une application d'automatisation industrielle utilisant une interface 10BASE-T1, avec une portée de 1000m. Les débits de données et les vitesses de traitement des capteurs et des actionneurs sont

faibles. Il est donc possible de concevoir de tels systèmes avec un microcontrôleur avec contrôleur MAC intégré. Le capteur ou l'actionneur utilise un composant de couche physique Ethernet 10BASE-T1 externe. Ce scénario est courant sur les applications point-à-point dans lesquelles l'unité de commande et les capteurs se trouvent éloignés de plusieurs centaines de mètres, et ne sont pas organisés selon une topologie en chaîne. Dans ces situations, il est possible d'utiliser les technologies PoDL ou APL. Le système présenté ici peut remplacer les appareils dotés d'interfaces 4-20 mA préexistantes

• C.- Les servomoteurs, capteurs ou actionneurs disposés le long d'une ligne de production utiliseront généralement une interface SPE 100BASE-T1, avec une portée de 15 mètres.



• D.- Un convertisseur multimédia agit en tant que pont entre un réseau Ethernet à deux ou quatre paires torsadées et un réseau SPE.

tout en réutilisant l'infrastructure de câblage.

• **Exemple n°2:** Un servomoteur, un capteur ou un actionneur (photo C), aux débits de données typiques dans une application d'automatisation industrielle, utilisant une interface 100BASE-T1, avec une portée de 15 mètres. Le recours à un servomoteur, un capteur ou un actionneur est un scénario classique impliquant des protocoles de communication d'Ethernet industriel (PROFINET, Ethernet/IP) sur des réseaux d'automatisation d'usines. L'équipement est généralement doté d'un commutateur réseau à trois ports, dont deux ports physiques Ethernet et un port hôte vers l'application. Un tel équipement nécessite une puissance de traitement supérieure et une interface MAC spécifique. C'est la raison pour laquelle ils embarquent un microprocesseur.

• **Exemple n°3:** Une application de convertisseur multimédia (photo D), qui agit en tant que pont entre un réseau Ethernet à deux ou quatre paires torsadées et un réseau SPE. Un convertisseur multimédia ne comprend pas de contrôleur MAC. Le composant de couche physique Ethernet T1 se connecte directement, via l'interface MII, à un composant de couche physique Ethernet à deux ou quatre paires torsadées. Le convertisseur multimédia agit comme un convertisseur de protocole.

Conclusion

L'Ethernet à paire unique fonctionne sur la couche 1 du modèle OSI, c'est-à-dire la couche PHY. La couche 2 (MAC) et les couches supérieures ne sont pas affectées par les différents standards SPE. Le développeur choisira les composants de couche physique à utiliser en fonction de son scénario d'utilisation, en se basant sur le débit de données et la portée nécessaires. La technologie SPE permet à l'opérateur du réseau de réutiliser le câblage existant, ou de réaliser des économies sur les coûts du câblage pour de nouvelles installations. La fonction PoDL offrant en outre la possibilité d'alimenter en électricité les dispositifs distants, l'Ethernet à paire unique est en mesure de substituer aux traditionnelles interfaces analogiques une interface numérique fonctionnant par paquets de données. ■