

Technologies clés pour des usines 4.0 – Connectivité

Mark Patrick, Mouser Electronics

À l'avenir, la surveillance en temps réel et la gestion des données seront déterminants pour permettre aux fabricants de rester compétitifs et de protéger leurs marges bénéficiaires. Toute la chaîne de production sera concernée, des sites de production eux-mêmes aux nombreux fournisseurs de matériaux et de composants impliqués. La mise en place d'une industrie 4.0 reposera sur les moyens utilisés pour transférer les données, avec des technologies de communication fiables permettant des connexions numériques vers le cloud.

Dans ce premier article d'une série consacrée aux principaux aspects de l'industrie 4.0, nous vous présentons les nombreuses options de connectivité actuellement disponibles (et celles en passe d'être introduites sur le marché). Pour évaluer chacune d'entre elles, nous prendrons en compte un ensemble de critères : la portée, la bande passante, la consommation électrique et la sécurité.

Protocoles filaires

Depuis de nombreuses années, la communication industrielle repose sur Ethernet, une norme ouverte que se partagent une multitude de fournisseurs. Il existe actuellement de nombreux réseaux Ethernet, variables en fonction du débit de données souhaité ; ceux-ci comprennent des systèmes de câblage structurés en usine, qui offrent une connectivité fiable et robuste et les relient directement à l'infrastructure informatique. Par ailleurs, l'utilisation de modules de convertisseurs de protocoles offre de nouvelles opportunités pour les anciens équipements qui dépendent des protocoles de série hérités (tels que RS485 et RS422), leur permettant d'interagir avec des systèmes basés sur Ethernet.

Comme la plupart des données de capteurs utilisent une bande passante plutôt faible, avec une fréquence d'échantillonnage d'une à deux mesures par seconde, la sortie de chaque nœud de capteur ne représente pas vraiment un problème en soi. Le véritable défi réside plutôt dans la question de l'échelle, avec des milliers de capteurs potentiellement reliés aux serveurs centraux (ou au cloud). La prévalence croissante des caméras et des capteurs d'image, qui génèrent tous des vidéos haute résolution, a également un impact sur la bande passante disponible. Le câblage structuré (de type Cat5 et Cat6) prend en charge des liaisons avec des débits de données de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s et 1 Gbit/s ; il est certifié pour réduire les effets d'interférence électromagnétique (EMI) présents dans la plupart des environnements industriels (qui peuvent éventuellement conduire à une perte de paquets). Quant aux réseaux TSN (mise en réseau sensible au temps), ils permettent d'assurer une communication déterministe, sans aucune incertitude en termes de latence, garantissant la synchronisation complète des étapes de processus industriels complexes.

HART est un protocole bidirectionnel prenant en charge un débit de transmission de données de 1,2 Kbits/s et utilisant des signaux 4 à 20 mA courants dans l'industrie. Il fournit deux canaux (un analogique et un numérique) et offre un haut niveau de fiabilité ainsi qu'une bonne immunité aux champs électromagnétiques. Modbus constitue également une alternative : développé à l'origine pour les contrôleurs logiques programmables (PLC), ce protocole en série est désormais une plateforme de communication open source et libre de redevances pouvant s'appliquer à toute sorte de système industriel. Dans ce cas, les types de données sont représentés selon un Ladder Diagram (schéma à contacts) utilisé pour les API.

Protocoles sans fil

Dans un contexte industriel, le sans-fil présente plusieurs avantages notables par rapport aux applications filaires en raison de sa facilité d'installation (et des coûts de déploiement associés plus faibles), de la flexibilité du système, etc. Toutefois, ces avantages doivent être mis en balance avec certaines vulnérabilités en termes de sécurité et d'éventuels problèmes d'interférence.

WirelessHART est une version sans fil du protocole HART, et une norme approuvée par la Commission électrotechnique internationale sous le code CEI 62591. Elle se distingue par une architecture en maille, où chaque nœud sert de routeur pour les messages provenant d'autres appareils. Une approche basée sur ce protocole évite d'avoir besoin d'un point d'accès ou d'une passerelle : l'architecture réseau est simplifiée et résiste mieux à tout point de défaillance, car les données peuvent être envoyées via un grand nombre de nœuds alternatifs.

Opérant sur la bande ISM sans licence d'une fréquence de 2,4 GHz, les protocoles Bluetooth Low Energy et Bluetooth 5.0 fournissent des liaisons point à point rentables et basse consommation qui peuvent interopérer très facilement. Les terminaux sont faciles à trouver, car chaque tablette et téléphone mobile actuellement disponible sur le marché est compatible Bluetooth. Un protocole de connexion basé sur le réseau maillé a été ajouté à Bluetooth 5.0 afin de permettre la liaison entre de nombreux nœuds, renforçant ainsi la robustesse du réseau industriel.

La famille 802.11 de protocoles Wi-Fi reste une technologie viable pour les déploiements de l'industrie 4.0, notamment en raison de son caractère omniprésent et de son exceptionnelle interopérabilité. Ainsi, les nœuds Wi-Fi à 2,4 GHz et 5 GHz sont facilement disponibles et peuvent fournir des liaisons à bande passante élevée vers un point d'accès situé à proximité. Toutefois, il convient de noter qu'ils affichent une consommation relativement élevée et qu'ils sont peu fiables en termes de sécurité (rendant ainsi l'usine potentiellement vulnérable à l'espionnage industriel, p. ex.). Les canaux dans la bande des 2,4 GHz sont rapidement occupés par la mise en réseau générale, mais la bande des 5 GHz est de plus en plus populaire pour certaines liaisons industrielles.

Technologie cellulaire

Les technologies cellulaires telles que les modems en mode paquet GSM (2G), 3G et 4G LTE peuvent fournir une connectivité sans fil longue portée avec le même niveau de sécurité élevé que les téléphones portables. Bien sûr, comme les protocoles cellulaires n'opèrent pas sur la bande ISM, le coût d'exploitation est considérable – dans de nombreux cas de figure, ils ne seront pas économiquement viables.

La 5G commencera bientôt à être déployée à grande échelle, et certains déploiements privés ont déjà été initiés par de grands acteurs industriels. La 5G permet de prendre en charge une latence nettement plus faible (de 200 ms à moins de 5 ms), bien qu'il n'y ait actuellement aucune disposition dans la norme pour un fonctionnement déterministe (les discussions sur la manière d'intégrer cet aspect dans la norme ne font que commencer). Cela permettra de réagir rapidement à tout problème au sein d'un processus industriel et de réduire la consommation électrique de l'infrastructure industrielle sans fil, avec une configuration et une rupture plus courtes des connexions de données. En tant que dérivé du LTE, l'IdO à bande étroite (NB-IoT) allie la sécurité des liaisons cellulaires et les délais de configuration et les temps d'arrêt plus courts de la 5G, mais affiche une consommation inférieure en raison de sa bande passante limitée.

L'aspect logiciel

Les liaisons de l'industrie 4.0 ne reposent pas uniquement sur le matériel utilisé. Il est possible d'avoir recours à des liaisons IP de base, mais pour la gestion des données dans le cloud, des protocoles de messagerie nettement optimisés sont en train de s'imposer. Malgré leur légèreté (pour répondre aux contraintes des appareils), ils possèdent les fonctions de sécurité et de qualité de service (QoS) requises pour une communication industrielle efficace. Les protocoles MQTT et AMQP sont tous deux

basés sur TCP/IP, tandis que le protocole CoAP a recours à un transfert basé sur UDP/IP plus rationalisé. Ces protocoles peuvent fonctionner sur toutes les liaisons basées sur le matériel et sont tous normalisés : ils sont donc très faciles à intégrer dans un service de l'industrie 4.0 basé sur le cloud. Chacun des protocoles filaires, sans fil et logiciels détaillés peut être combiné pour fournir les données alimentant une base de données (ou éventuellement un modèle de jumeau numérique, comme nous le verrons dans un autre article de cette série). Ces données peuvent transformer radicalement la manière dont un processus industriel est configuré, testé, mis en œuvre et surveillé.

Conclusion

La gestion des données est vitale pour l'industrie 4.0. Des données peuvent être utilisées en temps réel pour identifier les problèmes dans les processus de fabrication au moment où ils surviennent, tandis que de grandes quantités de données historiques (stockées sur les serveurs locaux ou dans le cloud) peuvent également être examinées afin de déceler des tendances. Comme nous le verrons plus tard dans cette série d'articles de blog, les mécanismes de reconnaissance des formes (ou patterns) de l'apprentissage automatique peuvent permettre de déterminer l'état des équipements. Il est également possible de comparer les données avec celles du même type d'équipement sur d'autres sites du monde entier, puis de les regrouper pour améliorer la précision de la maintenance prédictive, etc. Les pièces nécessaires peuvent être commandées à l'avance, et le travail de remplacement peut être effectué à un moment choisi de sorte à minimiser l'interruption des processus de fabrication et d'éviter les temps d'arrêt. Tout ceci nécessite l'utilisation d'une grande variété de capteurs pour surveiller en permanence les équipements connectés aux serveurs – notre prochain article sera consacré à ce thème.