Réseaux sans fil pour l'automatisation

À l'heure actuelle, une grande partie du coût total d'une usine de fabrication se répartit entre installation, mise en service et reconfiguration. Lorsque la chaîne de fabrication change, ou qu'un équipement est remplacé par un équivalent plus performant d'une marque différente, les coûts d'intervention et d'amortissement augmentent considérablement.

Câblage fixe et incapacité du logiciel à s'adapter à de nouvelles configurations représentent des obstacles majeurs à un redimensionnement aisé. Le côté logiciel est actuellement l'objet de plusieurs études portant sur les architectures orientées service. Quant au problème du câblage, les réseaux sans fil peuvent résoudre ce problème. Dans ce papier, nous examinerons si les technologies radio constituent ou non des alternatives viables aux réseaux filaires, eu égard aux besoins des automates récents.

Motivations

Plusieurs critères peuvent conduire au choix d'un réseau radio.

Obligation

Parfois, le recours à la radio s'impose ; par exemple quand certains équipements, comme les véhicules à guidage automatique, doivent bouger. Autres exemples, certaines lignes où des produits chimiques, des vibrations ou des objets mobiles pourraient endommager les câbles.

Avantages économiques

Dans certaines situations – citons le cas où il faut interroger des capteurs physiquement très éloignés les uns des autres – l'utilisation d'un réseau sans fil n'est pas strictement obligatoire, mais meilleur marché que l'équivalent câblé.
Quelque part, les économies réalisées sont du même ordre que celles qui justifiaient le remplacement d'un réseau point-à-point par un bus de terrain il y a quelques années, à ceci près que la mesure présente est plus radicale (plus aucun câble).

Souplesse

Enfin, ce ne sont parfois pas uniquement les avantages économiques qui plaident pour la migration vers le sans fil, mais aussi la souplesse que l'utilisateur en retire, notamment les redimensionnements sans aucun recâblage.
Combinée avec d'autres briques comme les architectures orientées service, les web services et les technologies agent, le sans fil au niveau physique est la clef d'un système souple et auto-adaptatif.

Comme toute nouveauté technologique, le sans fil présente des avantages et des inconvénients. Voyons de quoi il retourne.

Avantages

Les principaux avantages résident dans la réduction du coût de câblage et une souplesse accrue.

Réduction des coûts de câblage

Puisqu'il n'y a plus de câble, tous les frais de câblage deviennent *de facto* nuls. Plus besoin de passer des heures à tirer des fils, plus besoin de surveiller leur état non plus.

Réduction des coûts d'alimentation

La liberté de placement garantie par la technologie sans fil se voit quelque peu entravée par la nécessité d'alimenter les boîtiers, c'est-à-dire de les connecter à une source électrique. On pourrait essayer de réaliser des économies supplémentaires en se passant de cette alimentation. Dans le domaine des capteurs, recourir à des semi-conducteurs faible consommation permet de fonctionner sur batteries ou bien de collecter de l'énergie radiante.

Meilleure adaptabilité

Le sans fil libère des contraintes imposées par les réseaux câblés. Avec un logiciel adéquat, il devient possible de mettre en service un nouvel appareil à n'importe quel moment, ce dernier se connecte, s'identifie, propose ses services et reçoit alors une partie des tâches à exécuter. Tout cela automatiquement, sans aucune connexion physique.

Inconvénients

En dépit des avantages économiques et structurels, certains experts restent réservés quant

à l'utilisation du sans fil dans un contexte industriel, particulièrement dans les systèmes temps-réel.

Atténuation

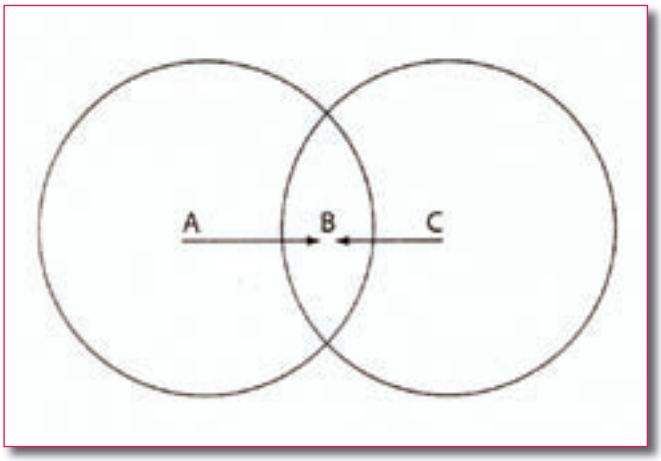
L'atténuation radio est bien plus importante que son équivalent filaire. Elle dépend du type d'antenne utilisée (isotrope ou directive), mais, grossièrement, elle croît exponentiellement, avec un exposant qui, selon le type d'environnement, varie de deux à trois.

Absence de détection de collisions

Les réseaux sans fil ne peuvent fonctionner qu'à l'alternat, puisque, quand un boîtier émet, il ne peut recevoir sur la même fréquence. En outre, la puissance émise sature complètement le récepteur, si bien qu'il est incapable de détecter si une collision a eu lieu. Des protocoles de type CSMA/CD (comme Ethernet) ne peuvent donc être utilisés, quoique de simples protocoles CSMA sans détection de collisions conviennent.

Syndrome du terminal caché

Même les protocoles CSMA purs sont victimes du syndrome du terminal caché. De quoi s'agit-il ? Sur la figure 1, le boîtier B est à portée des boîtiers A et C mais ces deux derniers sont trop distants pour pouvoir communiquer entre eux. Si A initie une communication avec B, C, qui ne reçoit pas A, peut très bien décider d'émettre vers B à son tour, ce qui brouillera le signal de A. On a remédié à ce problème (voir la norme IEEE 801.11) en utilisant un contrôle de flux type RTS/CTS. Quand A veut communiquer avec B, il envoie un paquet court type RTS ; B répond alors par un CTS



Le syndrome du terminal caché.

court et A poursuit son émission. Dans ce contexte, toute station qui reçoit un CTS qui ne lui est pas destiné reste silencieuse pendant le temps indiqué dans les paquets RTS/CTS.

Fading multiple

Les ondes radio sont soumises à de multiples réflexions ou de la diffraction qui provoquent des échos et des interférences souvent destructives à l'arrivée. La solution à ce problème met en jeu ce qu'on appelle la diversité spatiale. La diversité spatiale en réception exploite différentes antennes directives qui captent le signal simultanément. La diversité spatiale en émission consiste à émettre le signal au travers de plusieurs antennes directives. Si, pour des raisons de coût, les boîtiers n'ont qu'une seule antenne, on peut utiliser le protocole dit de « diversité coopérative » où des stations tierces répètent le signal pour le compte de l'émetteur.

Davantage de temps morts

Les temps morts de la couche physique sont plus importants en radio en raison de préambules d'apprentissage plus longs. Le BER (taux d'erreur) est également plus élevé à cause des perturbations du signal évoquées au paragraphe précédent. Ce problème culmine pour de petits messages comme ceux échangés sur les bus de terrain.

Confidentialité

Il existe toujours une possibilité qu'un récepteur pirate vienne écouter le signal radio qui se propage librement. Toutefois, la généralisation d'algorithmes de chiffrement performants pare efficacement cette menace.

Sécurité

En dépit de normes CEM de plus en plus sévères, dans un contexte industriel, les décharges électriques, les moteurs… génèrent des perturbations électromagnétiques importantes. Ceci pose des problèmes de sécurité, les réseaux sans fil pouvant être brouillés fortuitement ou intentionnellement (par une volonté délibérée). Comme les ondes se propagent librement, un pirate peut aisément insérer de faux paquets ou purement et simplement brouiller les communications. Certaines situations sensibles requièrent l'utilisation d'une cage de Faraday.

Prérequis applicatifs

L'automatisation est un vaste domaine hétéroclite où les besoins peuvent varier du tout au tout. Par exemple, comparons :

Un terminal distant qui collecte quelques données et les transmet toutes les minutes à une station de contrôle distante ;

Un réseau sans fil de 50 cm de rayon reliant un contrôleur, des codeurs et des générateurs PWM constituant une boucle de régulation de vitesse d'un moteur alternatif dont la stabilité est essentielle.

Les pré-requis d'un réseau radio dans les deux cas seront naturellement totalement différents.

Des technologies radio existent et ont été testées, mais leur capacité à satisfaire tel ou tel critère dépend largement du contexte applicatif. Pour essayer d'y voir plus clair, il est indispensable de trier les applications, de les grouper et de voir quelles solutions sans fil répondent le mieux aux exigences de chaque groupe.

Une fois cette analyse conduite, on arrive plus ou moins à classer les applications comme suit :

Couplage très lâche

Dans ce groupe nous considérons des applications où la radio s'impose surtout parce qu'il faut contacter des sites très éloignés. Typiquement, il s'agit de boîtiers de contrôle déportés qui surveillent des installations distantes et envoient des données et des alarmes à une salle de contrôle centrale : antennes relais, pompes à eau, phares automatiques… généralement des systèmes autonomes qui demandent un entretien périodique. Avec la radio, on peut transmettre des données importantes comme des changements de température, de consommation électrique, de facteur de

puissance, etc. Comme l'envoi d'équipes de dépannage coûte cher, les transmissions radio réduisent le nombre d'interventions et optimisent les visites préventives.

Couplage lâche

Dans ce groupe on rassemble les applications comptant un nombre élevé de capteurs disséminés sur une surface importante. Typiquement, il s'agit de systèmes de chauffage, de climatisation et de ventilation d'usines. L'application met en jeu un ensemble de variables transmises dans des paquets courts et espacés. L'usage de la radio se justifie par le coût de câblage nul et la faculté de pouvoir placer ou déplacer les boîtiers à volonté. Une consommation minime est ici essentielle, chaque capteur devant atteindre une durée de vie de l'ordre de trois à cinq ans. Le prix unitaire est également critique, car on parle d'une multitude de pièces.

Couplage normal

Ce groupe comprend les applications qui requièrent plus de bande passante que les précédentes et où le problème d'autonomie disparaît. Le téléchargement d'une mise à jour logicielle dans une machine CNC est un bon exemple de ce type d'application. La bande passante requise est plus importante puisqu'il y a plus de données à transmettre. Aucune contrainte temps-réel n'existe, et la portée varie entre dix et cent mètres.

Couplage serré

Dans ce groupe, des boîtiers communiquent à faible distance (décamétrique) et échangent des données dans des délais imposés par logiciel. Exemple : un PDA équipé d'un logiciel de supervision pilote et examine un équipement donné, ou bien programme des variables dans un contrôleur de moteur.

Couplage maximal

Ce groupe inclut des applications où les distances sont courtes mais les besoins en bande passante et en fiabilité importants ; c'est le cas d'un réseau interne à un équipement : dans une machine CNC ou un robot on trouve plusieurs boucles de régulation de moteur qui exigent des temps de cycle minimes et une synchronie parfaite (low jitter) ; la portée n'excède pas le mètre. Pour éviter les interférences, le réseau peut être placé dans une cage de Faraday.

Technologies disponibles

Nous passons brièvement en revue les différentes technologies disponibles.

WiMAX

Le WiMAX est un protocole actuellement discuté au sein du groupe IEEE 801.16. Il possède une portée importante (50 kms) et un débit de 75 Mbps par canal, qui le rendent apte à assurer les communications de boucle locale. En multipliant les canaux simultanés, on peut atteindre 350 Mbps. Originellement conçu pour fonctionner entre 10 et 66 GHz, la norme IEEE 801.16a le ramène à des fréquences comprises entre 2 et 11 GHz, où il pourra être utilisé avec ou sans licence. Le principal intérêt de telles fréquences est leur meilleure pénétration des obstacles non-métalliques ou des murs, ce qui signifie des transmissions même sans portée optique.

Wi-Fi

Le Wi-Fi est standardisé sous le code IEEE 802.11. La version b culmine à 11 Mbps, la version g à 54 Mbps avec une portée typique de 30 m en intérieur, 90 en extérieur. Le Wi-Fi est devenu omniprésent si bien que le prix des équipements a chuté considérablement. La norme occupe la bande des 2,4 GHz, à usage général, donc sans licence mais sans protection contre les interférences des satellites, des fours à micro-ondes ou encore des téléphones portables haut de gamme. La bande complémentaire des 5 GHz est moins encombrée mais traverse moins bien les obstacles et sa portée est plus faible. Le nouveau standard IEEE 802.11n devrait augmenter à la fois la portée et le débit. Quant à l'IEEE 802.11e, il cherche à normaliser la qualité de service ainsi qu'à proposer un algorithme déterministe pour arbitrer le dialogue.

Bluetooth

Bluetooth est un ensemble de protocoles fondé sur la norme physique IEEE 802.15.1. Bluetooth 2.0 atteint 2,1 Mbps. La plupart des transceivers consomment une puissance minime et leur portée ne dépasse pas dix mètres, sur la bande libre des 2,4 GHz. Bluetooth est largement moins gourmand que le Wi-Fi, mais sa portée et ses débits bien plus réduits. La faible couverture, que l'on pourrait considérer comme un inconvénient, permet au contraire de réutiliser le même canal à des endroits rapprochés. Bluetooth est une technologie fiable, qui peut être codée dans un simple microcontrôleur, car aucun système d'exploitation n'est nécessaire. La norme est gratuite et libre mais la procédure de certification ne l'est pas.

ZigBee

ZigBee se fonde sur la norme IEEE 802.15.4. Ce réseau utilise également la bande 2,4 GHz. Il offre une portée comparable (10 à 100 m) et un débit plus réduit (20 à 250 Kbps). Ses avantages sont une consommation réduite et une capacité à s'auto(re)configurer. Les cartes ZigBee possèdent un mode « hibernation » dans lequel elles peuvent passer le plus clair de leur temps, ce qui étend leur autonomie jusqu'à plusieurs années sur une simple pile. Le standard prévoit des topologies étoilées ou maillées. Dans ce dernier cas, la portée augmente lorsque des équipements périphériques viennent se rajouter au noyau déjà constitué. Le protocole est conçu pour minimiser la dépense énergétique, les nœuds se désactivant dès qu'ils détectent qu'ils ne peuvent être destinataires d'un message.

ZigBee est encore dans une phase expérimentale, toutefois il est très prometteur pour de futurs réseaux de capteurs économiques à faible consommation.

UWB

Ultrawideband est une technologie qui transmet les informations en utilisant des impulsions électromagnétiques plutôt que des porteuses modulées. Ses concepteurs revendiquent un débit de 500 Mbps et une portée de deux mètres (ou 110 Mbps à dix mètres), tout en assurant un niveau d'interférence nul. L'encombrement spectral du protocole est important (500 MHz ou 20 % de la fréquence centrale) mais la puissance consommée se limite à quelques milliwatts.

On s'attend à ce que le futur USB sans fil fasse appel à cette technologie. Actuellement, deux

versions existent : Cordless Free USB de FreeScale et Certified Wireless USB du WiMedia Alliance. Le groupe IEEE 802.15.3a qui avait la charge de normaliser ce protocole a décidé de se dissoudre après deux ans et demi de discussions infructueuses. Les deux variantes seront donc départagées *in fine* par les caprices des utilisateurs.

NFC

Near Field Communication est une technologie où un maître produit un champ magnétique que l'esclave module pour lui répondre. Les débits sont bas (106, 212 ou 424 Kbps) et la portée maximale de l'ordre de deux mètres. Toutefois, seules des applications type sans-contact (maximum 20 cm d'écart) font appel à cette norme.

RFID

Radio Frequency IDentification est une technologie radio d'identification qui doit remplacer le système de codes barre. Un faisceau micro-onde interroge les RFID, ils répondent par une séquence de bits qui les identifie. Pourquoi les citer ici ? Parce que, si on leur fait transmettre, plutôt qu'un code statique, l'état d'un capteur attaché (température, MEMS…) et qu'ils peuvent collecter de l'énergie disponible à l'entour, leur utilisation pourrait très largement dépasser le strict cadre de l'identification.

GSM 2G et 3G

Le GSM traditionnel, bien connu de tous les utilisateurs de téléphones portables, évolue vers des couvertures et des débits élargis, au travers de normes comme EDGE, GPRS ou UMTS. Le principal revers de cette technologie est la nécessité de faire appel à un opérateur pour acheminer les communications. Leur qualité de service peut se révéler insuffisante pour des réseaux couplés.

Cependant, dans le cadre de la surveillance d'installations distantes (alimentation en eau, antennes, éoliennes, centrales solaires…) où le coût d'entretien est élevé, le GSM est une bonne solution. Le trafic généré est minime (quelques bits à la seconde voire à la minute) et une interruption momentanée du trafic n'est pas prohibitive. Dans ce contexte, un boîtier GSM se révèle très utile pour minimiser le nombre de visites de contrôle.

Autres

D'autres technologies existent, mais ont été ici délibérément omises, soit parce qu'elles sont encore balbutiantes, soit parce que leur usage en automatisation paraît douteux. WiBro (Wireless Broadband) est une norme sud-coréenne qui procure un accès internet sans fil haut débit avec authentification pour des abonnés fixes ou mobiles. Il est trop tôt pour se prononcer quant au succès de cette initiative. Le DECT est très utilisé dans les téléphones sans fil et quelques propositions ont vu le jour pour l'adapter à l'automatisation. Enfin, l'IrDA est un réseau infrarouge qui a connu un franc succès lors de son lancement, mais dont le défaut réside dans l'obligation d'une portée optique à l'intérieur d'un cône plus ou moins ouvert.

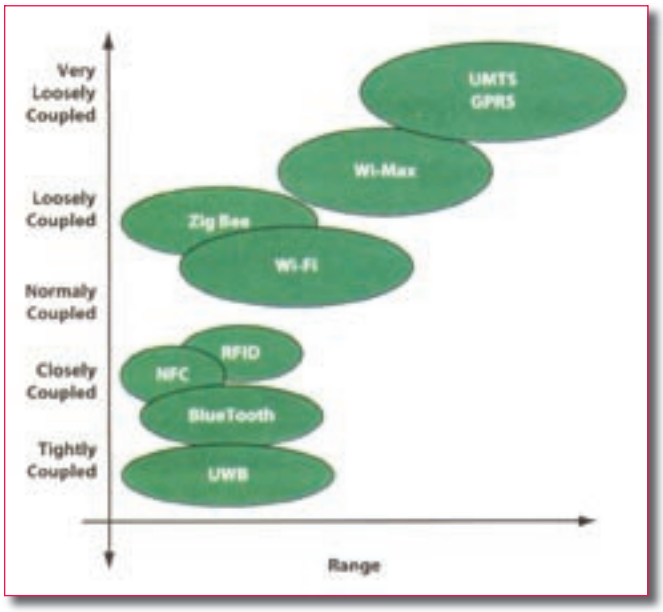
Réseaux sans fil pour l'automatisation

Comme nous l'avons vu, il existe un grand nombre de normes et leur intérêt dépend directement de leur adéquation avec une application spécifique. La figure 2 présente un diagramme qualitatif qui essaie de relier les différentes technologies avec les groupes d'applications que nous avons définis et la portée à couvrir. De cette figure, nous pouvons conclure qu'il n'y a guère de solutions idoines pour les systèmes à couplage maximal. ZigBee ne convient pas en raison de son débit trop lent ; les économies d'énergie réalisables grâce à cette norme dérivent directement de la capacité à placer les nœuds dans un état passif, état incompatible avec l'activité permanente des réseaux extrêmement couplés. NFC ferait un bon candidat mais ses performances sont limitées. UWB et Bluetooth tiennent la corde, particulièrement UWB en raison de ses meilleures performances (espérées). Toutefois, si Bluetooth existe aujourd'hui bel et bien, UWB n'en est qu'à ses débuts.

Les étiquettes RFID, si on les utilise pour transmettre l'état de capteurs MEMS intégrés, peuvent satisfaire des systèmes normalement ou fortement couplés. Toutefois, elles ne s'adaptent pas aux réseaux extrêmement couplés en raison de leur temps de réponse excessif.

ZigBee répond mieux aux communications de faibles quantités de données à intervalles réguliers. Ce qui constitue un inconvénient à son utilisation dans les réseaux extrêmement couplés devient un avantage dans le cadre de réseaux à couplage faible ou normal.

La norme Wi-Fi se situe dans la moyenne. Les améliorations attendues, particulièrement IEEE 802.11-n et -e pourraient en faire un candidat potentiel pour les réseaux normalement ou fortement couplés. En ce qui concerne les réseaux très lâches, les solutions spécifiques semblent inintéressantes, en raison d'une part de leur coût de développement, et d'autre part de la difficulté à obtenir une licence sur une bande autre que les bandes à usage général. Passer par les services d'un opérateur de télécommunications paraît tout à fait envisageable : l'UMTS et le GPRS peuvent subir des interruptions, mais leur portée est quasiment illimitée.



Panorama des solutions sans-fil.

Cohabitation de plusieurs technologies

Dans la pratique, un certain nombre de ces normes seront amenées à fonctionner simultanément.

Ainsi, dans le cadre d'un robot mobile équipé de systèmes de vision, la transmission vidéo pourra se faire à l'aide du Wi-Fi qui offre la bande passante nécessaire ; en revanche, la transmission des informations capteur ou des alarmes, qui ne demandent pas autant de débit mais une fiabilité accrue, emploiera de préférence ZigBee ou Bluetooth.

Le même système peut chevaucher plusieurs groupes et exiger plusieurs réseaux. Par exemple, supposons qu'un régulateur de moteur se compose d'unités séparées. Ces unités sont embarquées dans les capteurs et les actuateurs du moteur qu'elles contrôlent, et reliées par un réseau sans fil. Les exigences de la boucle de positionnement (30 Hz), de la boucle de régulation de vitesse (2 kHz) et de la boucle de régulation de courant (10 kHz) diffèrent toutes.

Bluetooth, ZigBee et Wi-Fi reposant tous sur une norme CSMA, ils ne devraient pas se brouiller l'un l'autre. En réalité, c'est faux. Des études poussées sont actuellement en cours pour déterminer la compatibilité des différents protocoles entre-eux, sachant qu'ils partagent souvent les mêmes bandes de fréquences.

Topognosie

Les réseaux sans fil possèdent une propriété supplémentaire, inattendue : des progrès récents montrent qu'il est possible de localiser un boîtier émetteur en mesurant et en corrélant les signaux reçus au point d'accès.

Cette topognosie*, au départ, a été développée pour des questions d'urgence sur les réseaux cellulaires. Selon les directives américaines du FCC, transposées dans d'autres pays, les opérateurs doivent pouvoir localiser au moins deux-tiers des appels d'urgence dans un rayon de cent mètres. Equiper chaque boîtier d'un récepteur GPS paraît infaisable (pour des raisons de coût, de réception impossible en intérieur et de modification des boîtiers). La solution la plus commode consiste à mesurer les temps de propagation et les angles, puis de filtrer toutes ces données pour obtenir une estimation de la position. Cette méthode n'impose aucune modification aux téléphones portables. Elle est aussi appliquée en Wi-Fi.

Avec la disponibilité de tels systèmes topognosiques, de nouvelles applications et de nouveaux services sont envisageables, comme la publicité de proximité, le suivi et la gestion de flotte, l'urgence et la facturation itinérante.

Il semble que l'on ait accordé que peu d'attention aux accéléromètres ou aux dispositifs semblables destinés à calculer une position relative. Quelques MEMS incorporent des accéléromètres qui pourraient tout à fait prendre place dans des capteurs. Pas besoin d'être grand expert pour deviner que ces systèmes seraient sujets à une erreur cumulative, mais ils seraient cependant très peu victimes d'interférences. Comme les technologies qui produisent une position absolue (GPS, triangulation radio) sont souvent indisponibles en intérieur, un mélange des deux approches, par exemple au travers d'un filtrage de Kalman, pourrait constituer un moyen terme satisfaisant. L'accéléromètre pallierait le système radio lors d'une coupure (même brève), et inversement, le système radio apporterait une correction aux dérives de l'accéléromètre.

Parmi ces nouvelles applications topognosiques, attardons nous sur les suivantes :

Guidage de VAL

La topognosie est fondamentale au guidage des véhicules automatiques légers (VAL). Habituellement, la position d'un VAL est calculée à partir de codeurs incrémentaux (qui sont sujets aux erreurs cumulatives) et d'un système de positionnement absolu. Ce dernier peut consister soit en un dispositif de triangulation, soit en des capteurs répartis le long de la voie. Des progrès récents ouvrent la possibilité d'un positionnement absolu radio facile.

Entretien et dépannage

Dans le cadre d'une intervention de dépannage, il serait très commode que le technicien soit équipé d'un assistant personnel sans fil qui l'emmène directement jusqu'à l'équipement en panne. Il n'est pas surprenant que ce genre d'appareil prenne de l'importance même au niveau industriel, particulièrement comme interface homme-machine de télésurveillance d'une chaîne, ou pour permettre aux dirigeants de visualiser l'état d'une usine à distance, au travers de l'ERP de l'entreprise.

L'utilisation des PDA se généralise dans les hôpitaux et les centres de soins, où les médecins reçoivent ou envoient depuis leur assistant les données médicales (régime alimentaire, médication, etc.) de chaque patient, données qui sont stockées sur le serveur central de l'établissement. Dans les restaurants, les serveurs en usent pour noter les commandes. En logistique et gestion de stocks, ils pourraient être utilisés dans le cadre des inventaires.

En général, l'entretien et le dépannage impliquent des déplacements et les PDA sont idéaux de par leur poids, leur taille et leur capacité à communiquer. Munis de ces terminaux, les techniciens peuvent échanger des données avec les serveurs, ou se laisser guider jusqu'à un capteur ou actuateur défectueux grâce à la topognosie du réseau.

Suivi

Recourir à la localisation HF pour suivre des produits ou des matériaux dans leurs différentes phases de transformation permettrait une meilleure gestion et un suivi plus efficace des étapes de fabrication. Une intégration quasi-totale pourrait être obtenue si l'on savait localiser les étiquettes RFID. De telles étiquettes actives, autoalimentées par des collecteurs d'énergie, et reliées à un localisateur constitueraient un atout important pour la gestion d'un site manufacturier.

Urgence – localisation d'individus

Même la localisation d'individus est envisageable sur une zone de couverture, et des systèmes

*Du grec *Ã´topos*, le lieu et *gnÃ´sein*, aoriste de *gignÃ´sco*, je sais, je connais.

comme l'Ekahau Wi-Fi sont déjà commercialisés.

Jeux et divertissements

L'industrie du jeu électronique parie beaucoup sur le « mobiciel ». Ces jeux s'exécutent sur un terminal portable type téléphone ou assistant personnel, et utilisent le GPS pour transformer le monde réel en arène virtuelle. Des projets envisagent de créer des scenarii plus intelligents, dans lequel les joueurs explorent un monde de type fantasy (médiéval) et doivent résoudre des énigmes.

L'inclusion du domaine ludique dans cet article s'explique par la croissance attendue en terme de terminaux et de services géolocalisés. Jusqu'à présent, le recours au GPS a cantonné ces applications à l'air libre, mais les progrès récents des réseaux sans fil pourraient se révéler intéressants dans ce contexte.

Autoalimentation : contraintes et solutions

Les équipements sans fil des capteurs/actionneurs sont tributaires de leur autonomie. L'entière liberté dont dispose l'utilisateur pour disposer ses équipements disparaît ou se réduit lorsqu'il faut relier ceux-ci à une source d'énergie. Quoique les prises de courant ne manquent pas dans les usines, elles coïncident rarement avec la position des capteurs.

Les solutions au problème de l'alimentation passent soit par une réduction de la consommation, soit par le remplacement de la source principale par une source autonome alternative. Elles consistent en :

Batteries

Les batteries conviennent lorsqu'elles procurent une autonomie de trois à cinq ans. Elles sont employées, par exemple, dans les capteurs de température disposés dans les bâtiments afin de réduire les coûts de chauffage, de climatisation et de ventilation.

Champ micro-onde

C'est la solution adoptée par les RFID qui puisent l'énergie nécessaire à leur fonctionnement directement du champ électromagnétique généré par l'appareil interrogateur.

Collecteurs d'énergie

Il s'agit ici de la technique la plus passionnante. Dans cette catégorie se placent des dispositifs qui pallient à l'absence d'alimentation en recherchant quel type d'énergie est disponible à l'environ, et en la convertissant en électricité. On peut penser à des bobines et des aimants pour recueillir l'énergie magnétique créée par une machine en mouvement comme un moteur, une pompe ou un ventilateur, mais aussi à des générateurs piézoélectriques qui transforment une pression en tension, ou bien des thermocouples lorsqu'existe un gradient de température. Pourquoi pas aussi des micro-éoliennes dans un courant d'air ou bien des petits panneaux solaires ?

Conclusion

Nous avons passé en revue la plupart des technologies sans fil actuelles et discuté de leur adéquation avec une utilisation en automatisation. Nous avons groupé les applications en classes selon divers critères, comme la bande passante, la latence maximale, la portée, la sécurité, la confidentialité et le synchronisme.

Pour des systèmes très peu couplés et très étendus, des solutions comme l'UMTS ou le GPRS sont les mieux placées. Dans des conditions intermédiaires, des réseaux comme Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee conviennent, mais leur utilisation simultanée peut conduire à des brouillages puisqu'ils fonctionnent sur les mêmes fréquences. Enfin, seul UWB paraît pouvoir satisfaire les critères drastiques des applications extrêmement couplées.

La liberté de positionnement des capteurs octroyée par l'utilisation de la radio est tempérée par la nécessité de les alimenter. Des réponses à ce problème existent ou sont en cours de développement, parfois grâce à des méthodes originales de conversion d'une énergie environnante.

Malgré un certain scepticisme initial, la radio se place comme complément des réseaux filaires. De nouvelles technologies, comme la topognosie, voient le jour, avec des débouchés non seulement ludiques mais aussi pratiques, par exemple la possibilité de guider un dépanneur vers tel ou tel endroit d'une usine. La topognosie est une nouveauté qui devrait révolutionner les domaines du suivi, de la logistique, de l'urgence ou de l'entretien.

Au-delà du champ strict de l'automatisation, les réseaux sans fil ouvrent des perspectives stupéfiantes. Peut-être que les ordinateurs portables seront, dans l'avenir, composés d'une mosaïque de sous-systèmes autonomes communiquant entre eux par un microréseau extrêmement couplé.

Changer un processeur, augmenter la mémoire vive ou rajouter un périphérique deviendrait alors aussi simple que de le ranger à l'intérieur du boîtier. Des phrases comme *« Pouvez-vous me prêter quelques instants votre processeur ? Pourriez-vous me dépanner d'un peu de mémoire vive ? Pourrais-je emprunter votre disque dur ? »*, quelqu'absurdes qu'elles puissent paraître actuellement, deviendraient routinières.

Carlos Cardeira, IDMEC, Instituto Superior Técnico, Armando W. Colombo

Ronald Schoop, Schneider Electric Gmbh, Germany

Avec l'accord de la revue ATP International (Automation Technology in Practice) qui a publié cet article dans son édition 3/2006.

Les auteurs tiennent à remercier la Commission européenne et les partenaires du réseau d'excellence Innovative Production Machine and Systems (I*PROMS ; http://www.iproms.org) et le projet européen Virtual Automation Network (VAN ; http://www.van-eu.org) pour leurs contributions.