Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 104 (2013)
Heft: 8

Artikel: Observation et contrôle d'ouvrages par réseaux de capteurs sans fil
Autor: Decotignie, J.-D. / Dallemagne, Ph. / Sénéclauze, M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856513

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Observation et contrôle d'ouvrages par réseaux de capteurs sans fil

Nouvelles perspectives dans le suivi et la maintenance

Les réseaux de capteurs sans fil sont utilisés dans tous les domaines, de l'industriel au grand public. Ils permettent la collecte d'informations de manière répartie sans nécessiter le moindre câblage, tout en donnant la liberté de placer les capteurs aux emplacements les plus adéquats. L'objectif de cet article est de montrer ce que sont ces réseaux, quels sont leurs avantages et, au travers de trois exemples dans le domaine du bâtiment, comment ils peuvent être mis en œuvre et les difficultés associées.

J.-D. Decotignie, Ph. Dallemagne, M. Sénéclauze

Les réseaux de capteurs et actionneurs sans fil (WSN: Wireless Sensor Networks et WSAN: Wireless Sensor and Actuator Networks) foisonnent d'applications dans tous les domaines, de l'industriel au grand public, en passant par la santé et les transports. Ils permettent la collecte d'informations de manière répartie sans nécessiter le moindre câblage, donnant ainsi la latitude de placer les capteurs aux emplacements les plus adéquats. Ils sont la base de l'« Internet of Things » très en vogue. Ils sont particulièrement intéressants pour observer et diagnostiquer un bâtiment, un pont ou tout ouvrage de génie civil en général.

Cet article présente brièvement les réseaux de capteurs sans fil et leurs principales caractéristiques et avantages avant de décrire trois exemples d'application. Ceci permettra de montrer les avantages retirés et les principales difficultés auxquelles sont confrontés les installateurs. L'article se terminera par quelques perspectives d'avenir dans le domaine.

Des bus de terrain aux réseaux de capteurs sans fil

Les bus de terrain (fieldbus) ont ouvert la voie à une simplification du câblage il y a plus de 30 ans. Dans ces solutions de communication, les capteurs et actionneurs sont connectés au premier niveau d'automatisme par une seule paire de fils au lieu d'une paire par capteur. On les trouve dans de nombreux domaines tels que les transports (voitures, trains, avions), l'industrie (machines-outils et robots) et la domotique, où ils sont progressivement remplacés par des solutions basées sur Ethernet [1]. Au-delà de la réduction des coûts de câblage, ils présentent de nombreux avantages, tels qu'une modularité complète des installations, la possibilité de décentraliser l'intelligence et une meilleure tolérance aux pannes.

Dès le début des années 90, certains ont cherché à supprimer les derniers câbles en utilisant des communications par radio ou optiques, mais ce n'est que dans la seconde moitié de cette décennie que le domaine des réseaux de capteurs sans fil a émergé complètement indépendamment des bus de terrain. Avec l'extension plus récente aux actionneurs (WSAN), on peut considérer que la transition au « sans fil » est complète.

Domaines d'application

Les applications des réseaux de capteurs sans fil sont nombreuses, par exemple:

- dans l'agriculture: pour anticiper ou détecter les conditions d'apparition du gel ou des maladies, ou pour suivre les troupeaux;
- dans l'environnement: pour observer les glaciers, détecter les feux de forêt ou suivre la qualité de l'eau ou de l'air sur de grandes surfaces;
- dans les transports: pour l'observation d'organes en mouvement ou des vibrations dans des structures d'avion;
- dans la santé: pour le suivi de personnes âgées ou l'anti-errance de patients.

Le bâtiment et l'observation de grands ouvrages offrent un terrain intéressant pour ces réseaux. L'article présentera trois réalisations, la détection d'incendie, le maintien du confort des occupants dans un immeuble et la maintenance de ponts suspendus. Ces exemples et les applications mentionnées plus haut ont tous été réalisés concrètement par les équipes du CSEM.

Figure 1 Exemples de nœuds d'un réseau de capteurs sans fil réalisés au CSEM.

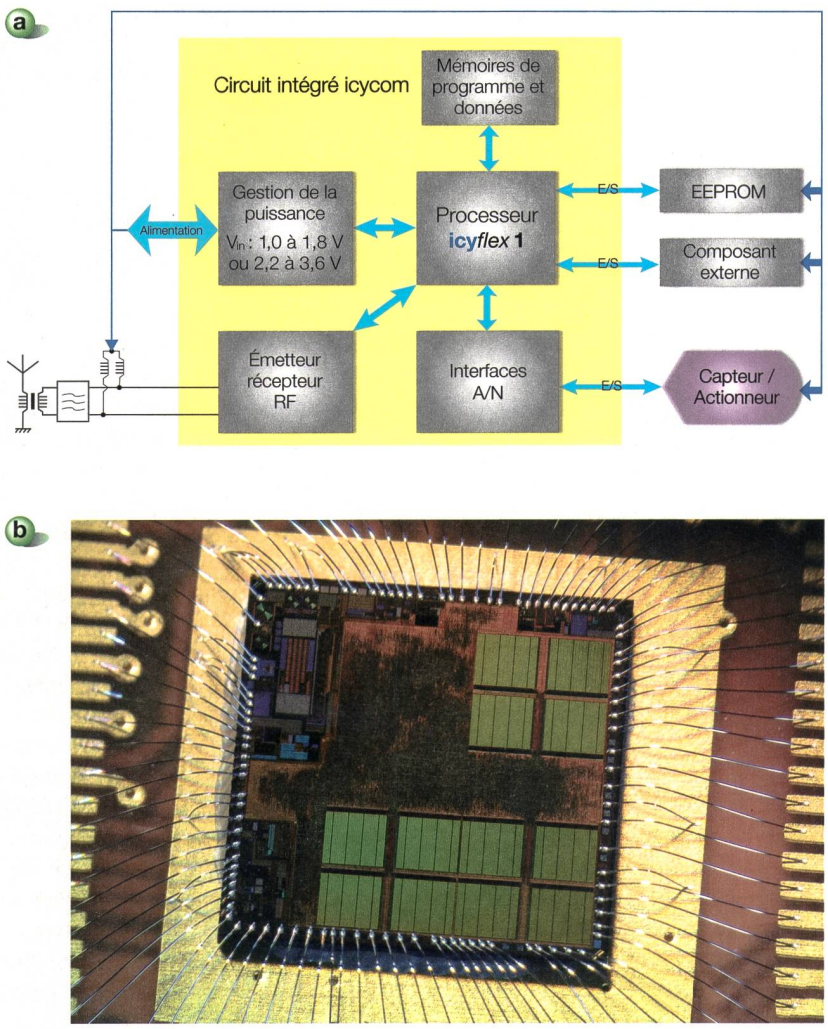

Figure 2 Représentation schématique d'un nœud de réseau de capteurs et actionneurs sans fil (a) et photo d'un circuit intégré du CSEM implantant les fonctions indiquées (b).

Les réseaux de capteurs sans fil

Un réseau de capteurs sans fil est composé d'un certain nombre de nœuds qui contiennent des capteurs et communiquent par radio (figure 1). Chacun des nœuds est formé d'un ou plusieurs capteurs ou actionneurs, de leur électronique d'interface, d'un microcontrôleur et d'un circuit radio émetteur-récepteur (figure 2a). Les parties électroniques peuvent toutes être intégrées sur un seul circuit, tel que le SoC (System on Chip) réalisé au CSEM qui est présenté dans la figure 2b.

Architectures de communication

Dans la plupart des applications, les informations produites par les nœuds sont transmises à un ou plusieurs puits qui constituent des passerelles vers des utilisateurs de l'information connectés par des réseaux filaires[1] (figure 3).

Les caractéristiques essentielles de ces nœuds sont une alimentation sur batterie et une portée de communication insuffisante pour atteindre les puits directement. Les informations sont donc relayées de proche en proche par des nœuds qui servent de relais (routeurs). Ainsi, dans la figure 3a, les nœuds les plus éloignés vont d'abord transmettre l'information aux nœuds qu'ils peuvent atteindre directement (lignes bleues). Ceux-ci vont la relayer vers des nœuds à leur portée et plus proches du puits et ainsi de suite jusqu'à ce que l'information atteigne ce dernier. La figure 3 montre deux autres architectures, l'une dans laquelle les nœuds peuvent atteindre directement un point de collecte (AP) connecté par câble au puits (figure 3b) et l'autre, mixte, qui combine les deux cas précédents (figure 3c).

Si les valeurs mesurées vont des nœuds vers les puits, ces derniers peuvent envoyer des informations de configuration ou même de mise à jour du code à chacun des nœuds. Dans le cas où des actionneurs sont inclus dans le réseau, les consignes seront aussi transportées d'un puits vers les actionneurs.

Avantages de la transmission par sauts multiples

Les avantages de cette communication de proche en proche sont nombreux. Tout d'abord, elle permet de limiter la puissance émise et donc la consommation des nœuds. Comme l'énergie nécessaire à la transmission est proportionnelle à une puissance de la distance qui va de 2 à 4, il est en principe plus avantageux de faire plusieurs sauts qu'un seul. Cela permet d'étendre la portée géographique du réseau, et donc la couverture de la mesure, à l'envi par simple adjonction de nœuds pour autant qu'il n'y ait pas de trous dans la connectivité.

Le principe de la transmission par sauts multiples (multihop) permet aussi une certaine redondance dans le chemin de l'information entre son producteur et son consommateur. On peut ainsi combattre des problèmes de propagation comme l'évanouissement ou contourner des zones où seraient localisés des perturbateurs. Finalement, il est possible de localiser de manière relative les différents nœuds par une mesure des distances entre ceux-ci et donc d'établir une carte.

Optimisation de la consommation

La deuxième caractéristique majeure est l'alimentation par piles. La limitation de la consommation en énergie constitue donc un souci majeur. A titre d'illustration, pour tenir 10 ans sur une pile alcaline de type UM3 (2,6 Ah), il faut consommer un courant moyen de 32 µA. Sachant qu'un émetteur-récepteur nécessite un courant de 15 mA en réception, le taux d'activité ne peut dépasser 0,2 %. Il est évident que, dans ces conditions, le principal défi est d'optimiser la consommation et d'éviter les gaspillages en fonctionnant avec des paramètres qui s'adaptent à l'application.

Autres avantages

Ces réseaux ont d'autres avantages tels que la possibilité d'avoir des nœuds mobiles (l'absence de fils le permet), une taille réduite (quelques cm^3 par exemple pour des dispositifs à porter sur le corps), une bande passante relativement limitée et un coût visé très faible (quelques francs suisses).

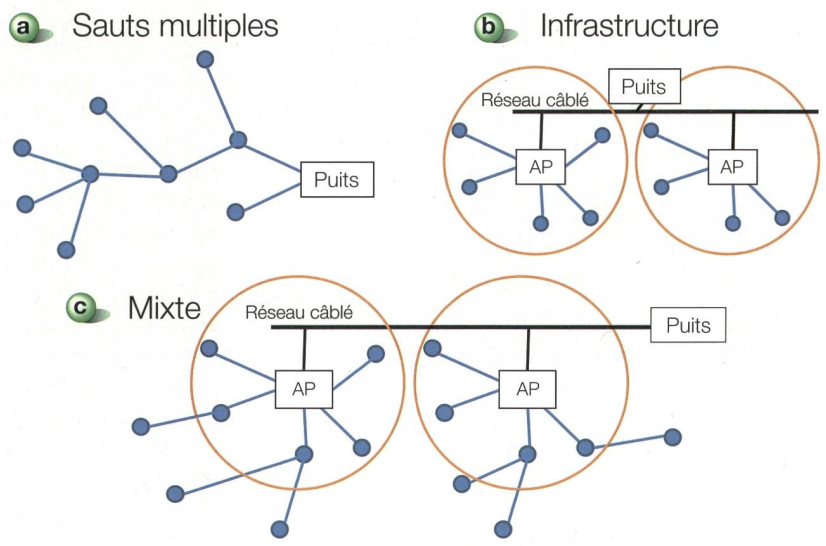

Figure 3 Différentes architectures d'un réseau de capteurs sans fil. Les lignes bleues représentent la connectivité et les cercles la portée depuis le point d'accès (AP).

Applications au bâtiment et aux grands ouvrages

Les applications de gestion du bâtiment (ou d'un ensemble de bâtiments) sont nombreuses et variées. Les plus anciennes visent à automatiser des processus comme l'illumination, la ventilation ou la détection d'incendie. Certaines ont aussi permis de maîtriser, voire de réduire la consommation énergétique des bâtiments et d'en optimiser l'utilisation, par exemple du point de vue de la planification tarifaire.

Une autre grande catégorie d'applications est liée à la sécurisation du bâtiment, tant du point de vue des contrôles d'accès, de son utilisation (contrôle de l'air), de son exploitation (surveillance) que de la prévention face aux risques naturels (incendie, inondations, etc.). Plus récemment, le maintien du confort de l'occupant est venu compléter l'objectif de sécurisation et de gestion de l'énergie. Enfin, l'utilisation des ressources du bâtiment est parfois soumise à une réglementation ou est l'objet d'une facturation, ce qui nécessite leur supervision et leur enregistrement.

Le projet Pebble

Dans le cadre du projet européen Pebble (Positive Energy Building through Better Control Decisions)[2], le CSEM a équipé un bâtiment administratif de capteurs de température, d'illumination, de CO_2 et de présence, transmettant leurs données grâce à un réseau de capteurs sans fil à sauts multiples à un système centralisé d'optimisation de l'énergie. Les données sont récoltées de manière périodique ou à la demande.

Ce type de réseau permet de couvrir la totalité d'un bâtiment de taille et de forme quelconque, y compris ses dépendances, son toit et ses soubassements. Ceci est réalisé de manière discrète et sans travaux de génie civil. Les capteurs et les composants du réseau ne nécessitent aucune maintenance et les piles utilisées autorisent une autonomie de plusieurs années, une durée compatible avec les normes d'exploitation des bâtiments de ce type.

L'économie d'énergie peut aller jusqu'à 25 % et dépend du niveau de confort requis par l'utilisateur et des conditions atmosphériques. Les économies par rapport à la situation antérieure peuvent être importantes dans les bâtiments équipés a posteriori, alors qu'elles seront probablement moindres dans un bâtiment dont la conception intègre déjà des mécanismes naturels de ventilation, d'occultation, etc.

Surveillance de l'état des câbles d'un pont suspendu

La structure des bâtiments et ouvrages de génie civil doit parfois être surveillée, aussi bien en surface qu'à l'intérieur. C'est par exemple le cas des centrales nucléaires, des barrages, des ponts et de tout grand ouvrage dont la structure est critique. C'est aussi le cas pour des engins mobiles, comme les avions, les trains rapides, les grands bateaux, etc. Ces applications de « structural health monitoring » ont d'abord utilisé des capteurs isolés, situés en surface. Ces capteurs sont maintenant plus nombreux pour fournir un maillage serré et sont parfois enfouis pour toujours dans la matière même qui compose la structure.

Pour l'Office fédéral des routes, le CSEM, en collaboration avec l'Empa, a déployé sur un pont suspendu un réseau de capteurs sans fil dont chaque nœud est équipé d'un accéléromètre qui permet de mesurer la fréquence de résonnance propre du câble, une valeur très caractéristique de l'état de ce dernier. La transmission des données se fait de nœud en nœud **(figure 4)** jusqu'à un point où l'information est retransmise sur le réseau public. Le système ainsi réalisé peut être installé à demeure ou de manière temporaire en quelques heures. Dans ce type d'application, les piles permettent également une autonomie de plusieurs années.

Détection de fumée et d'incendie dans les bâtiments

Les bâtiments industriels doivent être équipés de détecteurs de fumée et d'incendie. Ces capteurs, installés au plafond des pièces, sont reliés au moyen de câbles à une centrale d'alarme. Le câblage est une opération longue, chère et comportant des risques d'erreur.

Dans le cadre d'un projet CTI (Commission pour la technologie et l'innovation) avec Siemens Building Technologies et l'ETHZ, le CSEM a étudié et

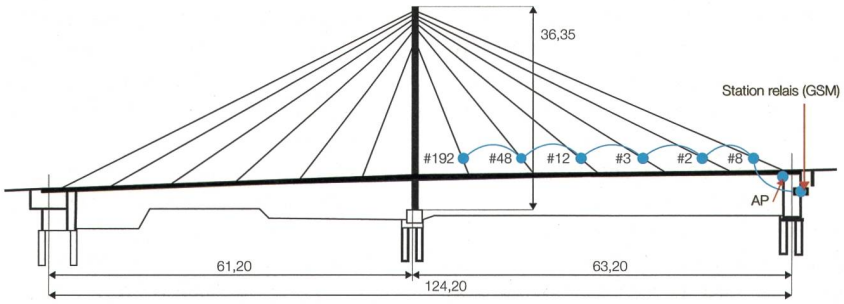

Figure 4 Propagation des informations de nœud en nœud sur un pont haubané.

Figures: CSEM

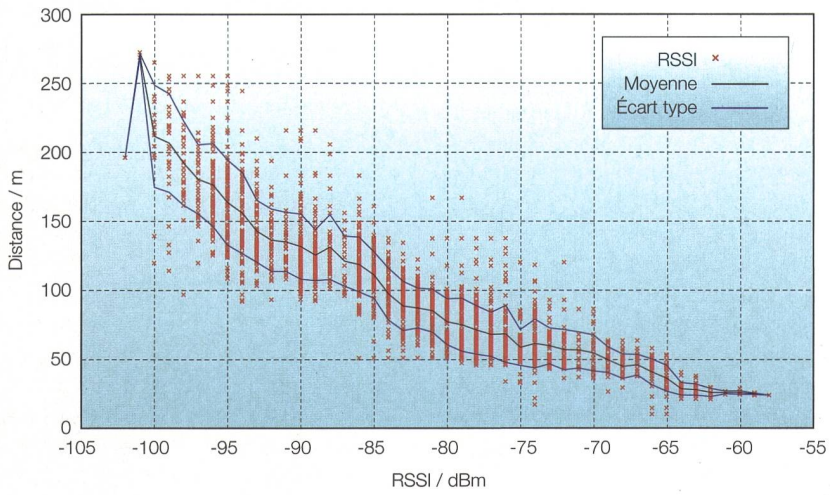

Figure 5 Distance à l'émetteur en fonction de la puissance reçue (Received Signal Strength Identification ou RSSI).

réalisé un réseau de capteurs sans fil pour la connexion des détecteurs. Au-delà des propriétés de basse consommation, un tel réseau doit offrir des garanties de fonctionnement en termes de fiabilité et de délai d'acheminement des informations, et ce, même en présence d'interférences, ce qui constitue un challenge. Le système est aujourd'hui disponible comme produit.

Toutes ces applications nécessitent l'emploi de capteurs et, parfois, d'actionneurs reliés en permanence à leurs systèmes de gestion respectifs. Dans le passé, l'intégration était effectuée uniquement dans des bâtiments en cours de conception, car elle imposait un câblage complexe, dont le coût d'installation est prohibitif lorsqu'il est postérieur à la construction. L'utilisation de réseaux sans fil supprime cet obstacle. Elle rend possible l'instrumentation de bâtiments anciens et facilite celle des nouveaux.

Difficultés principales

Le passage d'une technologie câblée à la technologie sans fil pose un certain nombre de problèmes.

Altération de la propagation des ondes

La propagation des ondes est influencée par la configuration du terrain, les obstructions, les réflexions sur les surfaces et bâtiments qui provoquent des évanouissements et par l'atténuation dans le milieu traversé.

La **figure 5** montre la relation entre la puissance reçue et la distance entre un émetteur et un récepteur. Comme illustré, pour une même distance, la puissance reçue et donc la portée peut varier énormément. Des émetteurs proches peuvent être reçus avec une puissance très inférieure à celle d'émetteurs lointains. Qui plus est, ces portées varient dans le temps, par exemple en fonction des conditions météorologiques et de la présence de personnes.

Utilisation multiple de la bande de fréquence

Les communications par radio peuvent être perturbées par d'autres émetteurs. En effet, les bandes de fréquences utilisées sont en général libres (bandes ISM : industrielle, scientifique et médicale) et plusieurs types de communications coexistent.

Ainsi, la bande autour de 2,4 GHz est utilisée par les communications d'ordinateur à ordinateur (Wi-Fi ou IEEE 802.11), par les nombreux accessoires basés sur Bluetooth et parfois pour la téléphonie domestique (DECT 2,4 GHz). Comme il s'agit de l'une des rares bandes disponibles dans le monde entier, elle est aussi exploitée pour les réseaux de capteurs sans fil (par exemple ceux basés sur le protocole ZigBee).

Même si des organismes de normalisation comme l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) édictent des règles qui permettent une meilleure coexistence (EN 300 328), les perturbations sont inévitables. Les taux de perte dans les communications sans fil sont donc nettement plus élevés que dans les communications sur câbles.

Autres difficultés

La sécurité peut aussi être un problème car les communications peuvent être observées et perturbées à distance. Il existe néanmoins un certain nombre de solutions qui permettent une protection efficace [2].

Au niveau de l'offre de solutions, la configuration et la mise en œuvre peuvent s'avérer complexes, par exemple à cause du nombre de capteurs à déployer. Il est aussi difficile de trouver des solutions à très basse consommation permettant des opérations sans maintenance pendant plusieurs années ou même seulement pendant plusieurs mois.

En bref, l'installation d'un réseau de capteurs n'est pas toujours chose aisée. La réalisation d'un réseau fiable sur une longue durée est encore un défi maîtrisé par peu d'acteurs. Une solide expérience en propagation et de bons outils de mise en œuvre sont indispensables au succès des déploiements.

Quelques solutions en présence

Le sujet des réseaux de capteurs et actionneurs sans fil a engendré de nombreuses propositions tant académiques qu'industrielles. Il a été au centre de l'un des pôles nationaux de recherche financés par le Fonds national suisse pour la recherche scientifique (NCCR-MICS, National Centre of Competence in Research - Mobile Information and Communication Systems).

Dans le monde académique, un grand nombre de propositions gravitent autour de TinyOS [3] et de Contiki [4] qui sont des noyaux pour petits systèmes enfouis. Ces solutions ont l'avantage d'être libres de droits et faciles d'accès, même si le manque de documentation peut rebuter nombre de candidats à leur utilisation.

Il existe aussi plusieurs solutions industrielles proposées par les sociétés Ant wireless (ANT+), EnOcean, Millenial net (Meshscape), Adaptive wireless solutions (SensiNet), Silicon labs (Ember), Linear technology (Dust networks Smartmesh) ou encore Libelium (Waspmote). Les grands acteurs du marché, comme Schneider Electric ou Honeywell par exemple, basent leurs solutions sur les normes citées ci-dessous.

Normalisation

Plusieurs solutions ont été normalisées. La norme la plus connue est IEEE 802.15.4 qui, comme toutes celles de la série, ne définit que les couches basses des communications. Elle est proche de la norme IEEE 802.11 (Wi-Fi) dans ses principes tels que l'envoi de balise (beacon), l'accès avec ou sans

contention, ou la possibilité de veille. Elle étend la réduction de consommation avec la possibilité de veiller entre chaque « beacon » et le choix d'une couche physique plus simple et moins rapide.

L'alliance ZigBee [5] utilise cette base pour définir les couches hautes, le routage et les profils applicatifs. L'Internet Engineering Task Force (IETF) utilise la même base, combinée avec la couche d'adaptation IP 6LoWPAN et ROLL/RPL pour le routage.

Parallèlement, la Commission Electrotechnique Internationale (CEI/IEC), qui a déjà normalisé les bus de terrain, s'occupe de la normalisation de solutions sans fil, comme WirelessHART (IEC 62591) et WIA-PA (IEC 62601). ISA 100.11a (IEC 62734) est en passe d'être normalisée à son tour. Ces trois propositions se basent sur IEEE 802.15.4 pour la couche physique sans retenir la sous-couche MAC (Medium Access Control).

L'idée de base pour le MAC est d'organiser les échanges sous forme de créneaux temporels de durée constante permettant d'échanger un message et sa quittance. Chaque créneau est propriété d'un seul émetteur (à quelques exceptions) pour éviter les collisions. L'attribution des créneaux est centralisée, ce qui limite les modifications dynamiques du réseau. Ces solutions sont particulièrement adaptées au domaine industriel dans lequel les configurations sont statiques.

Il existe aussi des solutions dédiées à des domaines particuliers comme les compteurs d'énergie (EN 13757-5 Wireless M-Bus) ou les réseaux corporels (IEEE 802.15.6). Cette tendance à la spécialisation invite à penser que toutes ces solutions devront durablement cohabiter dans l'avenir car aucune proposition ne couvre tous les besoins de manière optimale à ce jour. Pour cette raison, les déploiements du CSEM se font avec une technologie, WiseNET [6], qui lui est propre.

Conclusions et perspectives

Il existe de nombreuses applications des réseaux de capteurs (et actionneurs) sans fil et leurs avantages sont indéniables, même si l'utilisation de la transmission par radio nécessite des compétences nouvelles par rapport aux solutions câblées. Ces réseaux ne sont qu'au début de leur utilisation généralisée. Même si de bonnes solutions existent aujourd'hui, de nombreuses améliorations et extensions sont en cours.

Les recherches se font dans plusieurs directions. La diminution de la consommation reste un point central. L'objectif est de se rapprocher de la limite théorique en réduisant la consommation d'un facteur 100 ou plus. Cela permettra aux nœuds de s'alimenter en récupérant l'énergie dans leur environnement de manière moins limitée qu'aujourd'hui. Parallèlement, les débits vont augmenter pour des consommations identiques ou réduites, ce qui permettra de mesurer des phénomènes de plus en plus rapides.

Les garanties de latence, de temps de réponse et de fiabilité sont aussi un point important. Si des processus doivent dépendre d'informations transmises par radio, il est nécessaire de se prémunir contre les pertes d'information dues aux interférences et autres perturbations des communications. Rendre les communications plus robustes est donc indispensable.

Les réseaux de capteurs sans fil peuvent rendre de très grands services dès aujourd'hui. Les quelques applications présentées dans cet article en sont des exemples. Les progrès attendus devraient permettre une généralisation de ces réseaux dans tous les aspects de la vie quotidienne et la Suisse joue un rôle important dans le domaine. En effet, l'une des six propositions de projets phares retenues en phase finale par l'Union européenne, le projet « Guardian Angels » [7] dirigé par l'EPFL, était axée sur le sujet. Si elle n'a finalement pas été retenue, cela montre néanmoins le grand intérêt porté à ce domaine.

Références

[1] J.-D. Decotignie : Ethernet industriel, quelle réalité ? Bulletin SEV/VSE 11/2006, pp. 25-29, 2006.
[2] R. Di Pietro et al. : Data Security in Unattended Wireless Sensor Networks. IEEE Trans. on Computers, Volume 58, Issue 11, pp. 1500-1511, 2009.
[3] www.tinyos.net/.
[4] www.contiki-os.org/.
[5] www.zigbee.org/.
[6] A. El-Hoiydi et al. : The Ultra Low-Power WiseNET System. IEEE Proceedings of the Conference on Design, Automation and Test in Europe DATE'06, pp. 971-976, 2006.
[7] D. Briand et A. Ionescu : La récolte d'énergie pour les micro- et nanosystèmes autonomes. BulletinSEV/VSE 6/2012, pp. 30-35, 2012.

Informations sur les auteurs

Prof. Dr **Jean-Dominique Decotignie** est le chef du secteur « Wireless embedded systems » au CSEM à Neuchâtel. Il est aussi professeur titulaire à l'EPFL où il enseigne les systèmes et réseaux en temps réels. Ses recherches actuelles portent sur les réseaux sans fil sous fortes contraintes de consommation, de sûreté et de temps. Il est aussi le « convenor » du groupe de standardisation internationale à l'IEC sur les communications industrielles sans fil.

CSEM, 2002 Neuchâtel, jean-dominique.decotignie@csem.ch

Dr **Philippe Dallemagne** est membre du groupe « Wireless embedded systems » du CSEM. Il participe à la gestion et au développement de projets dans plusieurs domaines comme la communication en temps réel, les réseaux de capteurs sans fil, la reconfiguration robuste de logiciels et la tolérance aux fautes. Il a contribué à la normalisation de protocoles à l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Il est également le représentant national de la Suisse auprès du Comité technique 5 de l'IFIP (International Federation for Information Processing).

CSEM, 2002 Neuchâtel, philippe.dallemagne@csem.ch

Martin Sénéclauze a reçu son diplôme d'ingénieur en informatique de l'EPFL en 1998. Il est employé depuis au CSEM où il exerce actuellement le rôle de chef de projet dans le secteur des systèmes de communication sans fil embarqués.

CSEM, 2002 Neuchâtel, martin.seneclauze@csem.ch

[1] Il existe également des applications, comme les réseaux entre les véhicules, au sein desquelles les nœuds communiquent entre eux sans la présence d'un puits. En outre, il est aussi possible de mélanger des nœuds câblés et des nœuds sans fil.

[2] Le projet FP7 Pebble est partiellement financé par la Commission européenne (Grant number FP7-ICT-2009.6.3).

Zusammenfassung **Monitoring und Steuerung bei Bauwerken mit drahtlosen Sensornetzen**

Neue Perspektiven im Bereich Überwachung und Wartung

Drahtlose Sensornetze kommen in allen Bereichen zum Einsatz: von der Industrie über Hochbau, Tiefbau, Gesundheitswesen und Transport bis hin zur Unterhaltungselektronik. Sie erlauben die weiträumige, drahtlose Erfassung von Informationen.

Dieser Artikel erläutert die Eigenschaften solcher Netze und zeigt anhand von drei Anwendungsbeispielen bei Gebäuden und Bauwerken einige ihrer Vorteile auf: Geschwindigkeit und Flexibilität beim Aufbau, Wartungsfreiheit, relativ geringe Kosten, mehrjährige Autonomie, usw.

Die drahtlose Technologie ist jedoch auch gewissen Schwierigkeiten ausgesetzt, wie beispielsweise Umgebungseinflüssen, die die Wellenausbreitung beeinträchtigen oder anderen Sendern, die das Signal stören. Daneben können sich angesichts der Vielzahl an Lösungen auch die Konfiguration und Umsetzung als komplex erweisen. Die Einführung eines langfristig zuverlässigen Netzes ist also eine Wissenschaft für sich.

Auch wenn heute bereits gute Lösungen verfügbar sind, so sind doch zahlreiche Verbesserungen in Arbeit, besonders um die Zuverlässigkeit der Kommunikation zu erhöhen und um den Verbrauch im Hinblick auf eine Selbstversorgung durch die Rückgewinnung von Energie aus der Umwelt zu senken.

CHe