

Le Web des objets à la conquête des bâtiments intelligents

Evolution des réseaux de communication des bâtiments

L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments nécessite des systèmes automatiques de plus en plus sophistiqués pour optimiser le rapport entre les économies d'énergie et le confort des usagers. La gestion conjointe du chauffage, de l'éclairage ou encore de la production locale d'énergie est effectuée via de véritables systèmes d'information reposant sur une multitude de capteurs et d'actionneurs interconnectés. Cette complexité croissante exige une évolution des réseaux de communication des bâtiments.

Gérôme Bovet, Jean Hennebert

Dans le domaine des bâtiments, l'efficacité énergétique peut être définie, de façon simplifiée, comme un compromis entre l'énergie économisée et le confort des usagers. Depuis quelques années, des systèmes automatiques de gestion des bâtiments de plus en plus complexes sont étudiés dans le but de l'optimiser.

Historiquement, le contrôle thermique des bâtiments était simpliste, souvent basé sur des thermostats, généraux ou pièce par pièce, visant une température de consigne. Motivées par les coûts croissants de l'énergie et par la prise de conscience de l'importance de la qualité du confort, des stratégies de plus en plus avancées ont été développées. Des sys-

tèmes ont vu le jour pour le contrôle joint du chauffage, de la ventilation et de l'air conditionné (systèmes HVAC). Aujourd'hui, la complexité de ces derniers n'a cessé de grandir incluant le contrôle de l'éclairage, de l'ouverture des fenêtres, des volets, des accès et des systèmes de production locale d'énergie, qu'ils soient de type solaire thermique, photovoltaïque ou géothermique.

Les bâtiments sont devenus « intelligents » et incluent désormais de véritables systèmes d'information reposant sur un grand nombre de capteurs et d'actionneurs interconnectés par le biais de réseaux de communication. La complexité de ces systèmes d'information

croît également, par exemple en permettant la détection du comportement des utilisateurs ou en leur donnant un contrôle plus avancé à travers des applications mobiles. Certains projets de recherche actuels ont pour but d'anticiper les usages fréquents des locaux en incluant de l'algorithmique auto-apprenante. Ces systèmes intelligents seront à même de déterminer quand les employés se rendent généralement dans la salle de pause et ainsi d'activer le chauffage de la pièce avant son utilisation tout en tenant compte de l'inertie thermique.

Cet article propose une synthèse des standards et des nouvelles tendances des réseaux de communication pour les bâtiments intelligents. Parmi ces dernières, un accent particulier est mis sur l'arrivée des paradigmes liés à l'« Internet des objets » et au « Web des objets » qui pourraient prendre une place de plus en plus importante dans la gestion énergétique de ces bâtiments.

Réseaux de communication standards

Depuis les années 1990, divers réseaux dédiés aux bâtiments, tels que BACnet, LonWorks ou, plus connu en Europe, EIB/KNX, ont fait leur apparition et ont été standardisés au fil de leur adoption. Ces réseaux sont dits « ouverts », dans le sens que leur fonctionnement est acces-

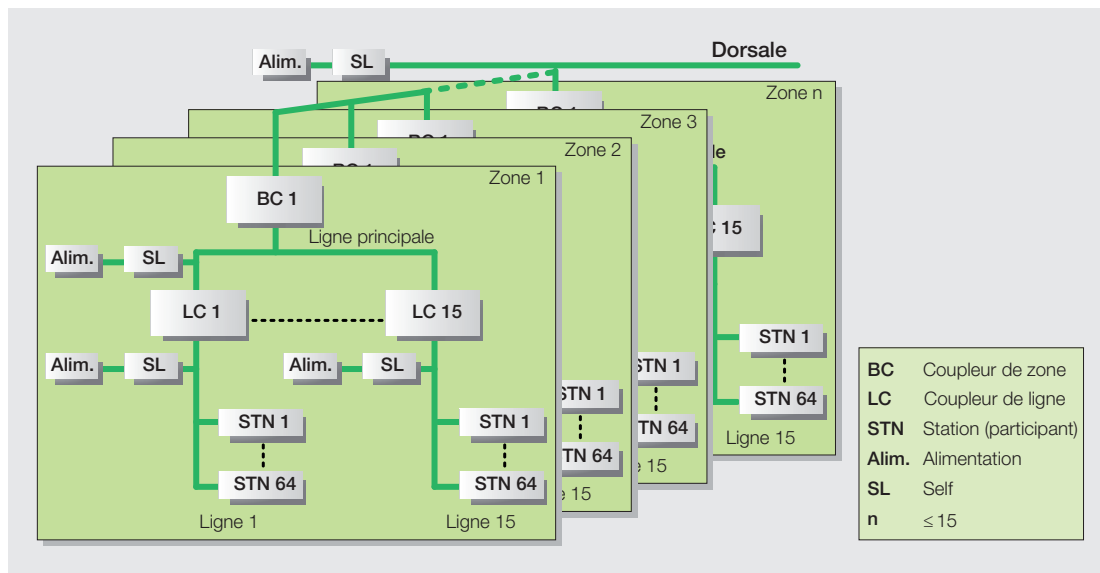


Figure 1 Le réseau EIB/KNX est décomposé en zones, lignes et composants. La paire torsadée nécessite des blocs d'alimentation à différents endroits pour fournir l'énergie nécessaire aux composants.

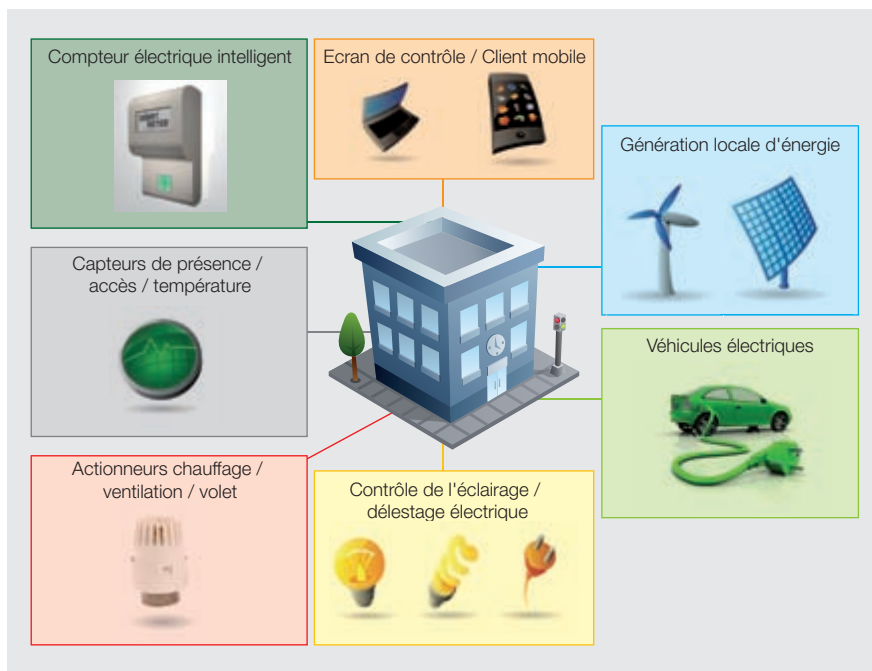


Figure 2 Les bâtiments du futur seront composés d'une grande variété de capteurs et d'actionneurs reliés par des réseaux divers au système de contrôle central.

sible et documenté, permettant ainsi aux producteurs d'équipements de proposer des produits compatibles.

Les spécifications de ces réseaux incluent le protocole de communication, ainsi que les topologies réalisables et les supports physiques pouvant être utilisés. Par exemple, EIB/KNX, qui est basé essentiellement sur une paire torsadée, propose également d'autres méthodes de communication comme le sans fil basse consommation, l'infrarouge, le courant porteur ou encore l'Ethernet [1]. Pour EIB/KNX, l'avantage de la paire torsadée réside dans le fait qu'en plus de transporter les signaux du protocole, la plupart des capteurs et actionneurs peuvent directement être alimentés en électricité par celle-ci. Le désavantage est représenté par la nécessité d'installer des modules d'alimentation à divers endroits du réseau.

Les réseaux de bâtiments diffèrent des réseaux de communication informatiques sur certains points, tout en conservant des concepts en étant issus. Les composants d'automatisation ne produisent que très peu de données et peuvent donc utiliser des supports ayant un faible débit. A contrario, le débit est un facteur important pour les réseaux informatiques. Au niveau de la topologie, les réseaux pour bâtiments sont généralement organisés en sous-réseaux, de manière plus ou moins identique aux réseaux IP. Par exemple, l'EIB/KNX per-

met de décomposer un réseau en trois niveaux hiérarchiques : la zone, la ligne et le composant (figure 1).

Les réseaux pour bâtiments offrent généralement la possibilité de rattacher chaque composant à un ou plusieurs groupes virtuels qui sont comparables à des réseaux dotés de capacités de communication multicast¹⁾. Dans le cas d'un capteur de présence devant piloter de l'éclairage, des stores ainsi que de la ventilation, tous ces éléments font partie d'un même groupe. Lorsque le capteur détecte la présence d'une personne, il émet un télégramme avec, comme adresse de destination, l'adresse du groupe concerné. Cela signifie que tous les composants sont constamment à l'écoute des télégrammes circulant sur le réseau, mais seuls ceux concernés réagiront à la commande [2].

Hétérogénéité des réseaux

Les systèmes de contrôle devenant toujours plus complexes, il est souvent nécessaire de faire appel à des services se trouvant en dehors du réseau du bâtiment : par exemple services de prévisions météo afin de les intégrer dans les réglages de climatisation ou base de données contenant des informations d'accès aux locaux. La solution consiste alors à introduire des passerelles permettant d'interconnecter les réseaux du bâtiment vers le monde Internet. Ces passerelles, plus ou moins complexes, sont chargées

d'assurer la traduction des télégrammes propres au réseau du bâtiment vers des paquets IP, tout en possédant une table de routage ou en offrant des tunnels vers un équipement spécifique.

Un autre argument en faveur de l'hétérogénéité des réseaux dans les bâtiments provient de la nécessité d'installer de nouveaux équipements afin de permettre une évolution du système global d'automatisation (figure 2). Ceci peut amener à devoir établir un nouveau type de réseau au sein du bâtiment, par exemple lorsqu'il est difficile ou trop coûteux d'étendre le réseau actuel par la pose de nouveaux câbles. Il est dès lors envisageable d'étendre le système de contrôle du bâtiment avec des composants connectés au réseau Ethernet/IP câblé ou sans fil.

L'hétérogénéité est également motivée par le souci de réduire l'empreinte énergétique des capteurs et actionneurs ainsi que de leur réseau. Le standard EnOcean connaît actuellement une adoption croissante en proposant un réseau de bâtiment sans fil, avec des capteurs basse consommation capables d'être auto-alimentés [3].

De manière générale, les réseaux IP se sont beaucoup répandus et ont tendance à devenir les épine dorsales de toutes les communications dans les bâtiments. L'utilisation, à l'aide de passerelles, d'un réseau IP comme dénominateur commun entre les différents réseaux de bâtiment est dès lors recommandée. En suivant ce principe, chaque réseau de bâtiment ne nécessite qu'une seule interface vers le standard IP. L'utilisation du réseau IP permet également une intégration aisée des logiciels en charge du contrôle intelligent du bâtiment, prenant en compte non seulement les informations provenant des capteurs, mais également les prévisions météo, la planification d'utilisation des salles et autres signaux utiles pour le contrôle.

Un problème persiste néanmoins avec les passerelles commercialisées. Les télégrammes des réseaux dédiés sont en effet simplement encapsulés dans les paquets IP. Tout système souhaitant interagir avec les équipements à travers ces passerelles doit connaître les détails des protocoles sous-jacents. De façon générale, il manque, dans le monde du contrôle des bâtiments, un protocole standard au niveau applicatif permettant un adressage simple des capteurs/actionneurs ainsi qu'une évolution et une ouverture

vers des services plus évolués. Les paradigmes de l'Internet des objets et du Web des objets pourraient offrir une solution avantageuse dans cette direction.

L'arrivée du Web des objets

L'Internet des objets fait référence à la tendance actuelle à connecter des objets de la vie courante au monde IP. Déjà disponible pour les smartphones ou les tablettes, cette capacité est envisagée pour des objets divers tels que les téléviseurs (divertissement), les véhicules (sécurité), les réfrigérateurs (maintenance) ou encore les machines à café (commandes de capsules). Par extension, les capteurs et actionneurs IP qui sont utilisés pour le contrôle des bâtiments rentrent aussi dans la définition de l'Internet des objets. Par ailleurs, l'évolution actuellement envisagée du protocole IPv4 vers IPv6 supporterait les besoins accrus en termes d'adressage des objets.

Le Web des objets quant à lui se réfère à l'utilisation des paradigmes des applications Web pour adresser et consommer des services exposés par les objets. Autrement dit, le Web tel que nous le connaissons est repris et étendu de sorte à ce que les objets exposent leurs services selon un principe similaire aux pages Web consommées par nos navigateurs [4].

Plus précisément, le Web des objets propose d'utiliser les standards du protocole HTTP et des services Web allégés de type REST (Representational State Transfer). L'objet est donc considéré comme une ressource d'un point de vue

Projets en cours

Une première étape vers le Web des objets appliqué à l'automatisation des bâtiments

Le projet de recherche Green-Mod (EIA-FR et EPFL), financé par la Fondation Hasler, ainsi que le projet HES-SO « Energy-Efficient Web of Things », visent l'élaboration de systèmes pour le contrôle avancé des bâtiments.

Le premier site test en lien avec ces deux projets sera le bâtiment du Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment (LESO-PB) de l'EPFL. Celui-ci est déjà équipé d'un réseau EIB/KNX avec un ensemble de capteurs utilisés pour le réglage du climat à l'intérieur du bâtiment. Le projet Green-Mod nécessite une plus grande diversité de capteurs qui seront installés à des endroits parfois peu accessibles, sans possibilité de branchement au réseau EIB/KNX ou à une alimentation électrique.

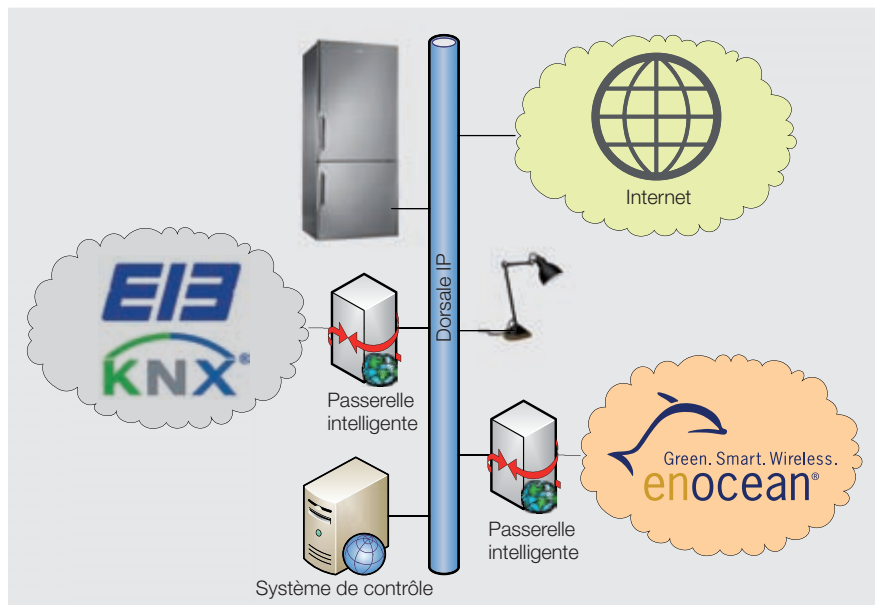
Un nouveau réseau basé sur EnOcean sera donc mis en place. Les réseaux EIB/KNX et EnOcean seront reliés à l'épine dorsale IP à l'aide d'une passerelle intelligente, ce qui permettra d'agréger les données des différents réseaux vers le système de contrôle. Les résultats de cette intégration permettront de déterminer si le paradigme du Web des objets peut réellement s'adapter aux contraintes du monde de l'automatisation des bâtiments.

du Web, amenant aux notions d'Architectures Orientées Ressources (ROA). Le protocole HTTP, omniprésent dans le Web, est non seulement utilisé pour le transport, mais aussi comme couche applicative [5]. Les ressources sont manipulées à l'aide des méthodes offertes par HTTP, comme GET pour récupérer une valeur, POST pour la modification, PUT pour insérer de l'information et DELETE pour en supprimer. L'adressage des ressources, donc des objets, se fait à travers des URI (Uniform Resource Identifier), de la même manière que pour des pages Web. Par exemple, un GET sur l'adresse « http://lampe.bureau.maison/statut » permettrait de récupérer l'état, allumé ou éteint, de la lampe située dans le bureau de la maison.

Le Web des objets et les bâtiments intelligents

La plupart des réseaux dans les bâtiments considèrent leurs composants comme des ressources. Une intégration des concepts d'Internet et de Web des objets est donc envisageable selon les modalités décrites ci-dessus. L'utilisation du protocole HTTP et des services Web de type REST permettrait d'uniformiser la couche applicative et de simplifier le développement d'applications pour les bâtiments intelligents. Dans cette vision, l'épine dorsale qui assure l'interconnexion des différents réseaux ne se base plus uniquement sur l'IP, mais également sur les standards du Web qui en font sa force. L'approche peut être comprise comme la mise à disposition d'une plate-forme autorisant la conception d'applications variées en capitalisant sur les meilleures pratiques du développement d'applications Web.

Dans l'attente de capteurs et d'actionneurs qui fonctionneront directement en mode Internet et Web des objets, une première étape sera probablement l'intégration de passerelles « Web des objets ». Ces passerelles intelligentes auront pour but de cacher au reste des systèmes le fait que les objets sont présents sur un réseau spécifique en traduisant les requêtes Web dans le protocole du réseau (figure 3). Grâce à elles, les systèmes souhaitant interagir avec les objets sur les réseaux de bâtiment peuvent se baser sur le paradigme du Web des objets, et donc sur le protocole HTTP, plutôt que devoir connaître le fonctionnement du protocole du réseau de bâtiment.



Figures: EIA-FR

Figure 3 L'utilisation de passerelles intelligentes expose les fonctionnalités des composants sous forme de services Web et permet une élaboration beaucoup plus simple des logiciels de contrôle.

Conclusion

Nos bâtiments sont devenus « intelligents », embarquant un nombre toujours plus grand de capteurs/actionneurs interconnectés par le biais de réseaux de communication et utilisant des logiciels de contrôle de plus en plus complexes. Les besoins et les technologies évoluant, les réseaux de communication deviennent souvent hétérogènes. Ainsi, divers réseaux peuvent coexister au sein d'un même bâtiment, rendant difficile le développement d'applications de contrôle global.

L'adoption croissante des réseaux IP, l'arrivée d'IPv6, ainsi que l'émergence du Web des objets offrent l'opportunité de développer des plates-formes applicatives ouvertes et évolutives pour le monde du bâtiment.

Références

- [1] W. Kastner, G. Neuschwandtner, S. Soucek and H. Newman : Communication systems for building automation and control. Proceedings of the IEEE, Vol. 93, No. 6, June 2005.
- [2] ABB : KNX Flash – Découvrir KNX. [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/1972413c4348b5cfc125764000289f2c/\\$file/2cdc500043b0301.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/1972413c4348b5cfc125764000289f2c/$file/2cdc500043b0301.pdf).
- [3] EnOcean Technology – Energy Harvesting Wireless. White paper. http://www.enocean.com/fileadmin/redaktion/pdf/white_paper/WP_EnOcean_Technology_en_Jul11.pdf.

Zusammenfassung

Das Web der Dinge erobert Smart Buildings

Entwicklung der Gebäudekommunikationsnetzwerke

Die Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäuden erfordert immer intelligentere automatische Systeme, um Energieeinsparungen und Komfortgewinn für die Nutzer möglichst optimal aufeinander abzugleichen. Die gemeinsame Steuerung von Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Zutrittskontrolle oder auch der lokalen Energieerzeugung erfolgt durch Informationssysteme, die über zahlreiche, miteinander vernetzte Sensoren und Aktuatoren verfügen. Diese wachsende Komplexität kann nur realisiert werden, wenn die Gebäudekommunikationsnetzwerke ebenfalls erweitert werden.

Durch Erweiterungen oder Einsatz neuer Technologien kommt es aber manchmal vor, dass unterschiedliche Netzwerke gleichzeitig in einem intelligenten Gebäude betrieben werden, die die Entwicklung global gesteuerter Anwendungen erschweren.

Die zunehmende Akzeptanz von IP-Netzwerken, die sich kontinuierlich zum Rückgrat sämtlicher Kommunikationseinrichtungen in Gebäuden entwickeln, die Ankunft von IPv6 sowie das Aufkommen des Webs der Dinge, eröffnen nun die Möglichkeit, offene und entwicklungs-fähige Anwenderplattformen für die Gebäudekommunikation zu konzipieren. CHe

- [4] A. Kamlaris, V. Trifa and A. Pitsillides : The smart home meets the Web of Things. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, Vol. 7, No. 3, pp. 145-154, May 2011.
- [5] D. Guinard : A Web of Things Application Architecture – Integrating the Real-World into the Web. PhD thesis 19891, ETHZ, August 2011.

Informations sur les auteurs

Gérôme Bovet, MSc. en ingénierie des technologies de l'information et de la communication, est doctorant ainsi que chargé de cours à l'EIA-FR (Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg). Ses recherches sont orien-

tées vers l'intégration de l'Internet des objets et du Web des objets au sein des bâtiments intelligents.

EIA-FR, 1705 Fribourg, gerome.bovet@hefr.ch

Prof. Dr **Jean Hennebert** est professeur à l'EIA-FR, ainsi que chargé de cours à l'Université de Fribourg où il dirige des thèses de doctorat. Il est titulaire d'un Master en ingénierie électrique et télécommunications (FPMS Mons, Belgique), ainsi que d'un doctorat obtenu auprès de l'EPFL.

EIA-FR, 1705 Fribourg, jean.hennebert@hefr.ch

¹⁾ Le multicast (ou la multidiffusion) est une diffusion d'un émetteur unique vers un groupe de récepteurs.