

## 家庭用エネルギー管理システム・プラットフォームの開発

三好秀和\*・上田雅巳・矢野孝  
野末雄一郎・福井宗一郎・下口剛史

Development of Energy Management System Platform for Households by Applying Information and Communication Technologies — by Hidekazu Miyoshi, Masami Ueda, Takashi Yano, Yuuichirou Nozue, Souichirou Fukui and Takefumi Shimoguchi — Sumitomo Electric Industries, Ltd., and Sumitomo Electric Networks Inc., leading companies in the broadband network equipment market in Japan, have jointly developed an energy management system targeting homes and small offices by applying information and communication technologies which have been accumulated in the Sumitomo Electric Group. This energy management system is comprised of a smart power strip and a power distribution board, both of which can measure electric power consumption and communicate with other devices, a cloud server which manages electric power data collected by sensor devices, and an energy management controller which plays a central role in this system. The major features of this system are 1) supporting various network interfaces, such as power line communications and low power wireless communications, as well as flexible data processing architecture designed for multiple communication interfaces, 2) an intelligent power control mechanism that can reduce power consumption without sacrificing quality of life, and 3) the OSGi open platform which enables easy accommodation of various service applications. This paper also reviews the proof-of-concept experiment held in Japan 2010, where several influential Japanese companies, including Sumitomo Electric, have jointly demonstrated the positive effect of the energy management system. We believe that the energy management service and other new types of home services that utilize information and communication technologies will improve the way of life. We highly expect that the prototype system we have developed can contribute to the future deployment of these services.

Keywords: green by ICT, HEMS, EMS, home gateway, OSGi, smart-grid, micro-grid

### 1. 緒言

ブロードバンドネットワーク機器市場において国内トップクラスのシェアを持つ当社は、20年以上にわたり蓄積してきた情報通信技術を応用し、一般消費者向けエネルギー管理システムの試作開発を行った。本システムの特長は、1) 電力線搬送通信方式や低消費電力型無線通信方式等をサポートすることにより既設住宅への導入やマルチベンダ機器接続を容易にしたマルチセンサネットワークインタフェース、2) 省エネと利便性の両立をもたらす機器連携による電力制御方式、3) システムの中核となるコントローラの機構として、複数のサービスアプリケーションのサポートを容易にするオープンプラットフォームの採用である。本システムは、一般家庭における省エネの実現に寄与すると共に、災害発生等で電力供給不足が発生した場合の消費電力低減にも有効である。以下、その取り組みについて紹介する。

1997年12月に議決された「京都議定書」では、2008年から2012年までの期間中に、先進国全体の温室効果ガス6種類の合計排出量を1990年比で少なくとも5%（日

本では6%）削減することが義務付けられ、日本では2008年4月から第一約束期間に入った。また、2005年4月に閣議決定された「京都議定書目標達成計画」が2008年3月に全面改訂され、国が一体となって地球温暖化対策により一層取り組む姿勢が示された。

一方で、国際電気通信連合（ITU）による「ICTと気候変動に関するFocus Group」の設立や、欧州委員会（European Commission）による機器毎の消費及び待機電力削減目標設定など、標準化団体による省エネに向けた規制強化の動きが加速化している。日本においても経済産業省による「トップランナー規制」に、新たにルータやスイッチといった通信機器が追加され、強制力を持つ省エネ基準として運用が始まっている。

こうした状況の下、ICT業界（ICT：Information and Communication Technology：情報通信技術）に属する当社も何らかの形で社会に貢献できる機会と捉え、2009年より情報・通信技術を応用した一般消費者向けエネルギー管理システム・サービスプラットフォーム技術の開発

に着手してきた。

一般的に、ICT機器の対象として、宅内ではパソコンを含むネットワーク機器やAV機器、オフィスではデータセンタに代表されるサーバやストレージが挙げられる。また、ICTに関連する省エネへの取り組みとしては、①ICT機器自身の省エネ（Green of ICT）、②ICT技術の利活用によるシステム全体の省エネ（Green by ICT）に大別される。当社では、より省エネ効果が期待できる<sup>(7)</sup>と目される②に対して開発を行った。

以下、本稿の2章では全体システム概要、3章は当社が開発したシステムの特長であるマルチセンサネットワーク対応、機器連携制御および複数のサービスアプリケーションの収容を容易にするプラットフォーム技術について記述する。そして4章は実証試験への参画について紹介し、最後5章では全体のまとめおよび今後の展望を記す。

## 2. 全体システム概要

当社システムの構成例を図1に示す。本システムの中心的役割を担うHEMSコントローラ（HEMS: Home Energy Management System）は（写真1）、家庭内センサより、種々のエネルギー情報を収集する。センサの種類としては、①家全体の消費電力をマクロに計測できるスマート分電盤（写真2）、②特定電気機器の消費電力を計測したりリモートから電源をオンオフ制御可能なインテリジェント電源タップ（写真3）、③水の流量を計測できる水量センサ等各種センサデバイス、および④電力を比較的自由に計測できるCTクランプセンサを製品ラインナップに持つ。また、通信方式として、短距離無線通信（Z-Wave<sup>(3)</sup>）



写真1 HEMSコントローラ

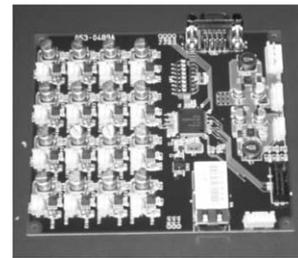


写真2 スマート分電盤コントローラ



写真3 インテリジェント電源タップ

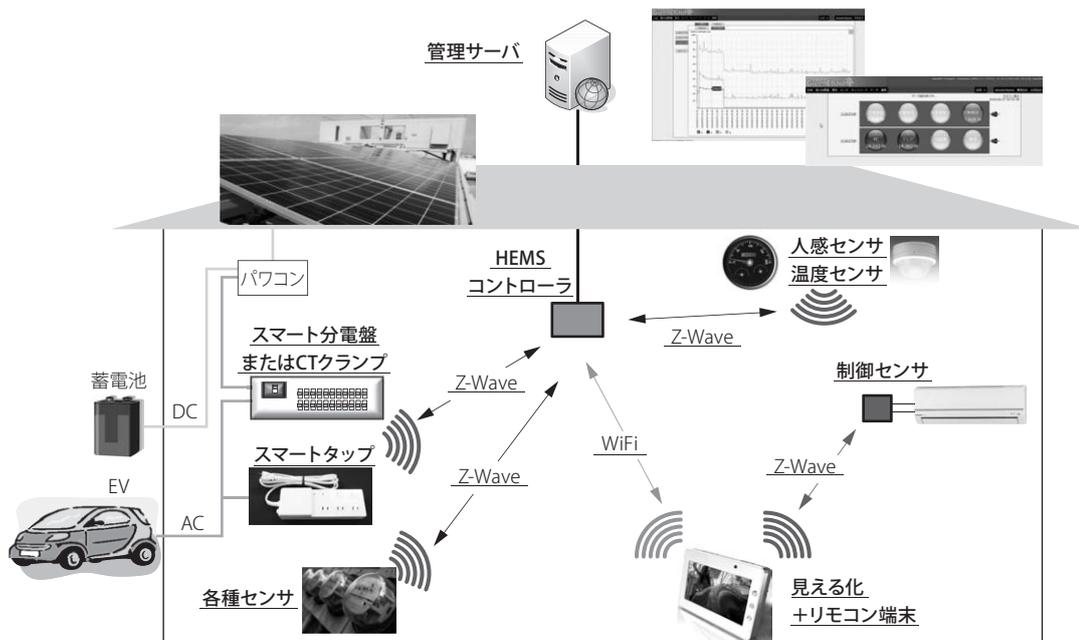


図1 システム構成例

や電力線搬送通信（PLC: Power Line Communication）を採用しており、システム導入にあたり配線工事を必要としない。

HEMS コントローラはセンサからのデータを集約し（一時的な保持）し、定期的にクラウド上の管理サーバへ転送する（長期的な保持）。管理サーバは各家庭のHEMS コントローラから転送されたエネルギー情報を受信し、統計処理を行う。統計処理としては、期間（年、月、週、日）毎の平均、最大、最小の算出や、家庭をある特長（例:住所、所帯数、住戸の大きさ、発電設備の有無など）に基づくバーチャルなコミュニティに分類し、コミュニティ間の比較やコミュニティ平均と自宅との差異を示すことができる。

HEMS コントローラや管理サーバの保持するエネルギー情報（統計データ含む）は、パソコンやタブレット端末などの表示端末で見える化を実現する（図2）。タブレット端末は無線LAN通信機能付のAndroid OS<sup>(12)</sup> 搭載のタブレット端末（7インチディスプレイ）であり（写真4）、タッチパネル画面で操作することができる。なお、管理サーバは、インターネット経由でのアクセスにも対応しているため、例えば外出先で家庭内のエネルギー情報を閲覧することも可能である。

インテリジェント電源タップは、HEMS コントローラか

らの指令により電源制御（オン／オフ）をすることができる。例えば、ユーザが外出先でエアコンの消し忘れに気づいた場合であっても、ユーザ端末がインターネット接続できる環境にあれば、遠隔操作によりエアコン電源をオフにすることは容易である。この場合、ユーザ端末から管理サーバ経由でHEMS コントローラへ制御要求を伝える。

また、HEMS コントローラ自身の判断により、自律的に電源制御することもできる。また、管理サーバからの電力量削減要求に応じて電源制御を実行する仕組みにも対応しており、将来的にデマンドレスポンスに象徴されるスマートコミュニティ実現に寄与できるシステム設計となっている。なお、HEMS コントローラは、ハードウェアとして独立した製品としてだけでなく、HEMS コントローラの機能をホームゲートウェイやタブレット端末へバンドルソフトウェアとして搭載することも視野に入れて開発を進めている。

以下に本エネルギー管理システムの機能をまとめる。

- ① エネルギー情報の収集（一時的な保持）
- ② 管理サーバへのエネルギー情報転送（長期的な保持、データ解析によるインテリジェント制御）
- ③ 家電オン／オフ制御（外部制御、自律制御）

### 3. システムの特長

#### 3-1 マルチ・センサネットワーク対応

##### (1) 多様化するネットワーク環境

省エネ制御のような一般家庭向けサービスを実現する上において、センサ情報の収集や家電などの機器を含む各種機器の制御が重要となる。これらのセンサや機器は、宅内のさまざまな箇所に設置されるため、これらを接続するためのホームネットワークを構築する必要がある。従来から、センサネットワークやホームオートメーションといった分野において、無線（ZigBee<sup>(2)</sup>、Z-Wave<sup>(3)</sup>など）やPLC（Homeplug<sup>(4)</sup>など）を使ったさまざまな通信手段やそれらを使うためのプロトコルが提案されている。しかし、残念ながらこれらの通信方式やプロトコルは、汎用的に普及するまでには至っていない。その課題として、宅内の監視や制御用途は、情報量は少ないものの、接続する機器の種類が多いために、ネットワーク化に対して低コストでの実現が求められる。また、異なるメーカーの機器やセンサを接続する必要上、マルチベンダ環境に対応した通信プロトコルが必要である。この対策として、宅内の監視や制御用ホームネットワーク構築を目的とし、規格化団体による標準化が進められている。

米国のNIST（National Institute of Standards and Technology<sup>(11)</sup>）においてスマートグリッド応用通信技術として、無線や電力線搬送通信が検討されており、またITU-T G.hnem<sup>(5)</sup>においても将来のネットワークシステムの進化を考慮にいたれたPLCの規格化が議論されている。し



図2 消費電力の見える化



写真4 Android OS 搭載のタブレット端末

かし、これらの標準化では、既存技術との相互接続性は必ずしも保証されていない。また、従来の通信方式は、例えば無線方式を考えた場合、ZigBeeは検針などに使われることが多く、Z-Waveはセンサネットワークやホームコントロールに使われるといった様に、対象となる機器が異なる傾向がある。したがって、外部と接続するインターネット回線と宅内の監視や制御を行うセンサや機器を接続するための通信方式を、現時点で一つの通信方式に統一することは難しく、用途に合わせて使い分けのためのゲートウェイ機能が必要となる。

(2) マルチ・ネットワーク対応

当社では、複数の異なるセンサネットワークに対応すべく各種通信方式とそのプロトコルをサポートしたマルチプロトコル対応HEMSコントローラの開発を行った。複数の異なる通信標準をサポートするため、コマンド体系や収集したデータを保持するデータベースは、特定の標準技術に依存しない中間的なデータ構造になるようアーキテクチャを考案した。現試作機では、通信方式としてZ-Wave、PLC (HomePlug)、および無線LAN、イーサネットに対応しており、新しいインタフェースの追加にも柔軟に対応できる機構となっている。

3-2 機器連携制御による思いやり省エネ

(1) 省エネと利便性の両立

一般的に省エネとユーザ利便性は両立せず、省エネを図れば利便性は低下し、利便性を維持しようとするれば省エネは図れない。従って、生活の快適さを失わずに省エネが図れるような仕組みが望まれる。

オフィスや家庭環境において、情報通信機器の省エネを図るために、未使用時は機器の電源を使用者自身がオフにするという取り組みがある。例えば、オフィスから帰宅時や自宅で就寝時に利用したパソコンの電源をオフにすると、家庭内で共通に利用するネットワークサーバの電源を

オフにするなどである。しかし、これは人間が機器の電源をその都度オフにする必要があり、あまり使い勝手が良くない。特に、共有で利用する機器（例えば、ルータやスイッチングハブなどのネットワーク機器、ネットワークプリンタ、ネットワークサーバ）に対しては、他に利用している人がいるかどうか確認してから電源オフにする必要があり、非常に利便性が悪いと考えられる。その結果、これらの共有機器に対しては、電源は通電状態で放置されるケースが多くなり、電力を無駄に浪費することになる。一般的に、人頼りの省エネの取り組みだけでは、効果が期待できないケースは多々あると考えられる。

(2) 利用形態の連関を考慮した制御

HEMSコントローラが各電気機器間の利用形態の連関を考慮することにより、有る程度利便性を維持したまま省エネを図ることが可能であると考えられる。例えば、複数の端末により共有されているネットワーク機器を考える。もしこのネットワーク機器を利用するすべての端末の電源状態がオフであれば、この機器の電源はオフにしても利便性は低下しない。もし少なくとも一台の端末の電源状態がオンになれば、この機器の電源をオンにすればよい。このようにある機器の状態をもとに他の機器の電源をオンオフ制御する機能を連携制御機能と呼ぶ。連携制御機能では、どの機器とどの機器が利用関係上の関連性を持つのかを把握し、その情報をもとに制御を行う必要がある。

図3では、4つの電気機器に対して、機器Aから機器B、機器Aから機器C、および機器Dから機器Cへの利用関係が存在する場合の制御の例を示す。例えば、初期状態として、電気機器A、B、C、Dすべての電源状態がオンであった場合を想定する。ある時、HEMSコントローラは、機器Aの状態がオンからオフになるのを検出したとする。機器Bは機器Aからしか利用されていないため、HEMSコントローラは機器Bの電源をオフにする。一方、機器Cは機器

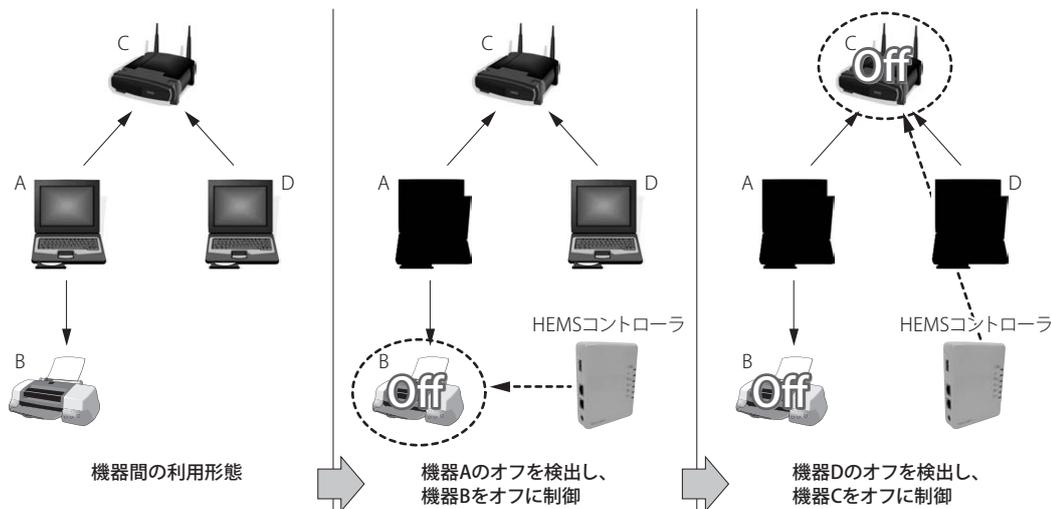


図3 機器連携制御の例

Dからも利用されているため、HEMS コントローラや機器 Cは電源をオフにはしない（その後、機器Dがオフになれば、機器Cはオフにする）。

電源をオンにする場合も同様に、機器間の連関を考慮することにより、自動連携制御が可能である。このように、機器と機器の利用関係に基づき、電源を連携制御することにより、省エネとユーザ利便性の両立が図られる。

**3-3 複数のサービスアプリケーションのサポート**  
 家庭内におけるブロードバンド接続は、ホームゲートウェイ（HGW: Home Gateway）と呼ばれる小型の装置を起点に提供される。HGWは、家庭におけるブロードバンド接続の玄関口、ホームネットワークのバックボーンスイッチ、さらには各種アプリケーション・サービスのサーバとして非常に重要な位置を占める。このHGWに対して様々なセンサデバイスを接続し、センサデバイスから得られる様々な情報（消費電力情報など）を取得し、各種用途に活用するアプリケーションが考えうる。またネットワークを通過するパケットからは、様々なネットワークの状態に関する情報が取得でき、これらはトラブル解析の重要な情報源である。前者の例としては、例えばドアの開閉センサや電灯のオン／オフ情報を利用した、高齢者の見守りや、ホームモニタリングのサービス、後者の例としてはネットワークの保守サービスなどが考えられる。米国では大手通信事業者のVerizon Wireless社やAT&T社などを中心に、新たなビジネス機会ととらえ、様々なホームネットワークサービスの提供に向けた動きが活発化しつつある<sup>(6),(8)</sup>。

今回試作したHEMS コントローラは、HGW的な機能を実装することを設計コンセプトとしており、アプリケーション提供のフレームワークとして、OSGi（OSGi: Open Services Gateway Initiative<sup>(9)</sup>）を採用した。OSGiとは、様々な携帯機器や通信機器に対して、ブロードバンド・サービスを提供する為の共通技術仕様で、OSGi アライアンスが主導する。各種サービスを提供するための基本的な

フレームワークである、アプリケーションの導入、サービスの開始・停止、アプリケーションの削除などを機器のリブートなしで実現できるように設計されたものである。

#### 4. 実証試験への参画

これまでの章で述べた試作機器の有効性と適用可能性を検証することを目的とし、産学協同の実証実験プロジェクトに参画したので、それに関して紹介する。

2010年度に「けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議会」の「エネルギーの情報化WG」（主査：京都大学松山教授）<sup>(10)</sup>による「四条スマートマンションルーム実証実験」プロジェクトが実施され、京都大学が中心となり数社の企業が参画した<sup>(11)</sup>。京都市内の1LDK（33平米）のマンションルームを借り上げ、約30種類の全ての電気機器に、参加団体がそれぞれ開発したスマート電源タップ延べ50台を取り付け、被験者による実際の生活を行い、電気機器の消費電力データ収集、および、その見える化による省エネ効果の検証を行った。

実証の目的のひとつとしては、現状で各社間の整合が取れていない通信手段や通信プロトコルの仕様をサーバ側でOSGi上のバンドル部分で吸収する機構の動作検証であり、複数種類のスマート電源タップを混在させた環境で共存して同時運用可能であることを実証した。もうひとつの目的としては、消費電力の見える化による省エネ効果の検証であり、夫婦2名が2ヶ月間生活した実験の中で、消費電力を見える化しない場合に対して、見える化をすることにより、10%の消費電力削減は容易であり、最大ケースでは23%の削減ができたという結果が得られ、見える化による省エネ効果が実証できた。

なお、このマンション実証実験の内容に関しては、2010年8月に新聞各社やテレビ各局向けに報道発表が行われた。さらに9月に開催された「エネルギーの情報化WG」シン

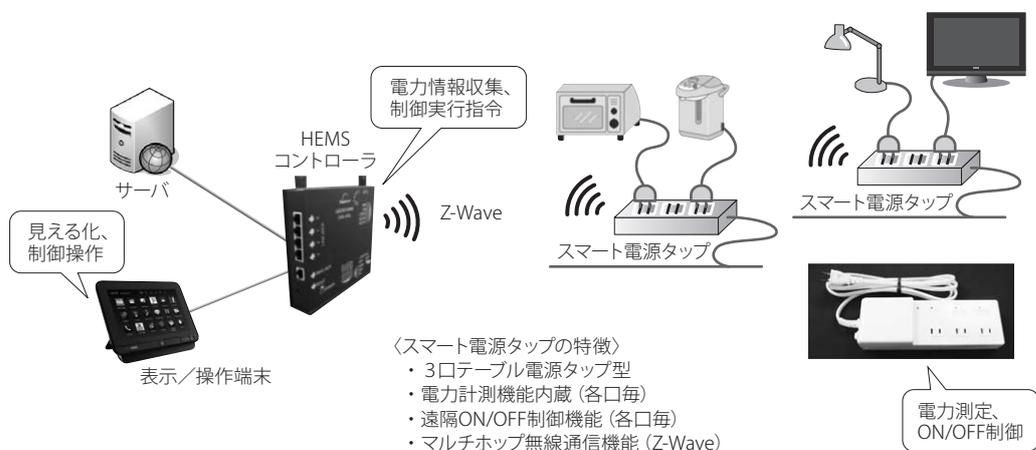


図4 実証実験デモ構成

ポジウムでは、実験マンションのデモ公開および各社取り組みの展示が行われた。図4に当社のデモ展示のシステム概要を示す。

## 5. 結 言

一般家庭や中小規模オフィス向けの用途を想定して今回開発した HEMS コントローラ基盤および試作システムの概要について紹介した。インテリジェント電源タップを初めとするセンサデバイスによる消費電力量を HEMS コントローラにて収集、見える化を実現すると共に、コントローラ上でのインテリジェントな判断により、ユーザ利便性は保ったまま省電力の制御を行うことも実現した。またコントローラ機能をクラウド上のサーバに置く想定に基づいたプラットフォームの設計とした。センサとの通信方式は有線／無線合わせて複数の方式が存在するが、これらを統合して扱えるアーキテクチャとし、さらに、省エネのみならず、防犯、セキュリティ、ネットワーク保守等、種々のアプリケーションを統合して扱えるマルチプラットフォーム機構の開発を行った。産学協同の実証実験プロジェクトに参画し、開発した試作システムを実際に稼働させ、有効性の検証を行った。

さらに、今回開発したシステムは、災害発生等により電力供給に不足が発生した場合にも、一般家庭での電力消費を抑えるのに非常に有効であると考えている。

省エネ制御に関しては今回一通りの検討を行ったが、今後、温室効果ガス削減が社会的課題であり、各家庭で太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの導入が急速に進み、これに伴い蓄電池の設置が進むことが予想される。したがって、省エネだけでなく、不安定な電力源を含む創エネや蓄エネを含んだエネルギー管理技術およびそのシステムがますます重要になってくると考えられる。今後は、今回開発したエネルギー管理システムを拡張することにより、社会の要請に対応できる高度な HEMS システムにも対応していく予定である。

また、将来ますます少子高齢化社会が進み、一人暮らしの高齢者が増加していく中で、防犯や見守りあるいはホームオートメーション等、安心・安全および快適な暮らしを実現するサービスアプリケーションが重要になってくることが想定され、これらを実現するために、本プラットフォーム技術が活用される場面が増えることが期待される。

今回開発したシステムを第一ステップとして、安心・安全でサステナブルな社会実現のために寄与する ICT 技術開発および製品開発を進めていく所存である。

## 用語集

### ※1 ホームエネルギー管理システム

宅内の発電、蓄電、負荷機器を最適に管理・制御することで省エネ効果の向上や、電力コストの低減を図るシステム。また、系統からの電力消費を平準化（ピークカット）や、電力消費を含む各種情報の収集により利用者の生活パターン改善にも活用できる。

### ※2 HEMS コントローラ

ホームエネルギー管理システムの中核となる機器であり、スマート分電盤やインテリジェント電源タップからの計測データの収集や、インテリジェント電源タップ経由での負荷機器の制御をおこなう。

### ※3 スマート分電盤

分電盤は交流電力を各種の利用目的に応じた配線系統に分けて給電する装置で、それぞれの給電電力の上限値を多数のブレーカによって管理している。スマート分電盤は、これに多様なセンサーや通信機能を付加して高機能化したもので、配線ごとの消費電力量をリアルタイムで計測し HEMS コントローラへ送信する機能を持つ。

### ※4 インテリジェント電源タップ

コンセント毎に消費電力量を計測し HEMS コントローラに送信する機能を持つ。また、HEMS コントローラと連携して、遠隔からコンセントをオンオフする機能も持つ。

## 参 考 文 献

- (1) NIST: National Institute of Standards and Technology  
<<http://www.nist.gov/>>
- (2) ZigBee アライアンス <<http://www.zigbee.org/>>
- (3) Z-Wave アライアンス  
<<http://www.z-wavealliance.org/modules/AllianceStart/>>
- (4) Homeplug Powerline アライアンス  
<<http://www.homeplug.org/home/>>
- (5) G.hnem Home Networking Aspects オン Energy Management, ITU-T SG15
- (6) Verizon News Release, <<http://newscenter.verizon.com/press-releases/verizon/2010/new-verizon-home-monitoring.html>>
- (7) 経済産業省、グリーンITイニシアチブ
- (8) CEPro, AT&T Acquires Xanboo, Developer of Home Automation Platform, December 06, 2010  
<[http://www.cepro.com/article/att\\_acquires\\_xanboo\\_enters\\_home\\_automation\\_biz/](http://www.cepro.com/article/att_acquires_xanboo_enters_home_automation_biz/)>
- (9) Open Services Gateway Initiative アライアンス  
<<http://www.osgi.org/>>
- (10) エネルギーの情報化WG <<http://www.i-energy.jp/>>
- (11) スマートマンションルームにおけるエコ生活実証実験の報道機関向け公開について  
<<http://www.i-energy.jp/data/2010-08-25-press.pdf>>
- (12) Android <<http://www.android.com/>>

執筆者

---

三好 秀和\* : 情報通信研究所 主席  
エネルギー・マネジメントシステムの  
開発に従事



上田 雅巳 : 情報通信研究所 グループ長

矢野 孝 : 住友電工ネットワークス㈱ 営業技術部 部長

野末雄一郎 : 住友電工ネットワークス㈱ 営業技術部 副部長

福井宗一郎 : 住友電工ネットワークス㈱ 営業技術部 グループ長

下口 剛史 : 住友電工ネットワークス㈱ 宅内伝送機器部 部長

---

\*主執筆者