

要素技術

Chapter 2

スマートタップの共通仕様化に向けて

Developing Common Specifications of SmartTaps

塚本昌彦（神戸大学）・加藤丈和（京都大学）

家庭内で個々の電気機器に接続し、その電力消費・発電状況を高精度にモニタするネットワークセンサとして開発が進められているスマートタップに関する解説を行い、それらの共通仕様作成に向けた検討について述べる。

家庭内の電気エネルギー消費

ここ数十年、住宅にさまざまな電化製品が蔓延した。電子レンジや食器洗い機、電磁調理器やパソコン、携帯電話、温水洗浄便座まで、20年前、30年前にはまったくなかったようなものが、生活の必需品となり、人々はすでに「電気漬け」の生活から逃れられない状況になっている。「エコ」を実現するために「今日から温水洗浄便座を使うな」と言われたらどうなるだろうか？ 人々が慣れてしまった便利で快適な生活を手放すのは容易ではない。

個々の家庭の電気使用量の総量については電気メーターが管理しているが、個別の機器の使用量についてはまったく管理されていないのが現状である。実は個々の機器の電力消費は生活者にとってはブラックボックスであり、製品を電源につないでスイッチをオンにした瞬間から（本当はつないだ瞬間から）、無限に供給される電気エネルギーを使い続けることができる。仮にその製品に膨大なエネルギーが使用されていたとしたら、生活者はその月の電気代の請求書が来て、びっくりすることになる。それぞれの製品がどれくらいのエネルギーを消費するかについて、生活者の知識とメーカーの示す分りにくいデー

タに頼るしかない。一方、エコを考える生活者はさまざまな「省エネ」テクを駆使してエネルギーを節約している。そのような「省エネ」テクの中には苦勞の割には月間の節約の効果が低いケースがある。どのように生活すればどれくらいの節約ができるのか、生活レベルを落とさずに節約するにはどうすればよいのかなど、「省エネ」にとって非常に重要な情報が、生活者からまったく見えず、本やテレビから得られるノウハウに頼っている点が本質的な問題である。

実は家電製品自体についても、メーカーは一生懸命エネルギー削減の努力をしている。メーカーにとって、洗濯機、冷蔵庫、エアコンなどの家電製品は、基本性能をどれだけ下げずに消費エネルギーを抑えるかが焦点であり、ここ数十年の間に成熟商品についてはある程度行きつくところまで行っているというのが現状である。

このようななかで、家庭内の電力消費の「見える化」や家庭内の電力マネジメント（Home Energy Management System, HEMS）などの取り組みが進んでいる。そのために、個々の家電の電力消費を計測、制御するスマートタップの開発が進んでいる。スマートタップは家庭のコンセントと家電機器の間に入って、傍若無人な家電製品のエネルギー消費を監視し、管理するのが目的である。これまでに多くの企業や研究機関が、さまざまな新しいスマートタップを作っている。本稿ではそのようなスマートタップとその共通仕様化の取り組みについて解説する。

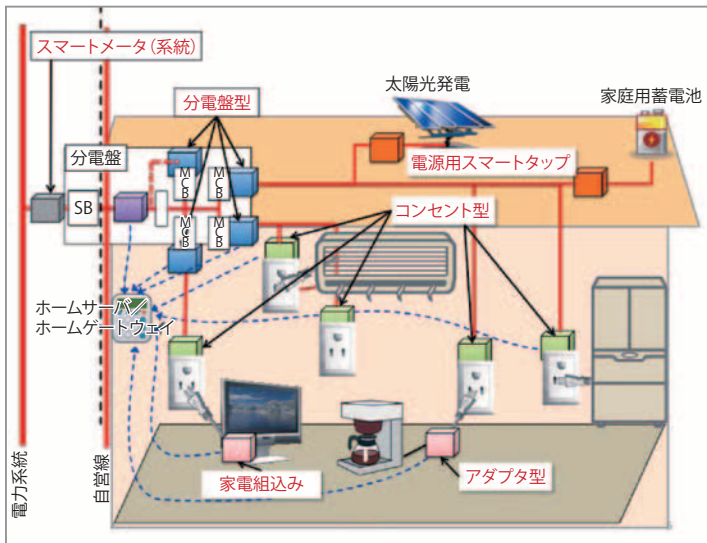


図-1 スマートタップの分類

スマートタップの分類と機能

米国を中心に開発や実証が進められているスマートグリッドでは、スマートメータとそのためのインフラの開発がすすめられている。スマートメータとは、電力会社の次世代計量インフラとされ、従来の電力量計に代わり、家全体の電力メータの読み取り、収集の自動化、電力量情報の通知、デマンドレスポンスなどを自動的に行うシステムである。

松山¹⁾は、このような電力会社の系統運用のスマート化であるスマートグリッドに対して、家庭やオフィスなどの需要家側からの電力マネジメント（HEMS）の次世代インフラ技術である「エネルギーの情報化」を提唱している。「エネルギーの情報化」では、家庭内の個々の家電ごとの電力消費量の計測、制御を行うための機器として「スマートタップ」の研究開発を行っている。また、スマートグリッドにおいても、デマンドレスポンスの自動化のために家庭内の機器を個別に計測・制御する「スマートタップ」と同等の機能を持つデバイスの開発も行われ始めている。

スマートタップが持つべき機能には以下のようなものが挙げられる。

〔計測機能〕 電力関連のさまざまな量を計測する機能。スマートタップの種類により計測対象、サンプリング方式、精度などが異なる。また、計測する値についても、瞬時電流、瞬時電圧、実効電流、実効電圧、有効電力などさまざまである。

〔制御機能〕 電力を制御する機能。制御の種類としては、単なるオン、オフから電流制御、電圧制御などが考えられる。将来的には電力源の切り替えやルーティングを行う電力ルーティング機能も考えられる。

〔通信機能〕 計測データを収集や制御のための、家庭内のホームサーバや外部の

サーバなどへの通信、スマートタップ同士の連携のための通信、さらに接続された家電機器との通信などが考えられる。帯域、通信レート、レイテンシ、同期の有無などを考える必要がある。通信媒体・プロトコル（MAC レイヤ）や通信内容・プロトコル（アプリケーションレイヤ）に選択肢がある。

〔その他の機能〕 その他の機能として、インジケータなどのユーザインタフェースやロギング、また温度や湿度センサなどの電力以外の情報の獲得機能が考えられる。

図-1 に示すように、スマートタップは接続場所によっていくつかの種類に分類できる。また、それぞれの種類のスマートタップの機能を表-1 に示す。大きく分けて、家の設備として、分電盤やコンセントに組み込むタイプと、家電に組み込んだりアダプタとして家電に接続したりするタイプに分けられる。家電組込み型やアダプタ型では、家電ごとに直接計測、制御できる反面、すべての家電に必要となる数が多く、より低価格でなければならない。一方、分電型やコンセント型など家の設備として導入する場合には必要となる数が少ない反面、1 台のスマートタップに複数の機器がつながる可能性があり、個々の電力を直接計測できない場合がある。また、太陽光発電や家庭用蓄電池などの分散型電源が導入された場合

種類	計測対象	価格・機能	通信	電力関連量の計測	制御	用途
スマートメータ (系統)						
スマートメータ (自営)	家全体	高		電力量 逆潮流含む	売買電の制御	電力売買
分電盤型	屋内配線ごと	中	高速・有線 専用線も可	高精度・高密度	異常時オフ 使用可能量を通知	電力監視 使用可能量の 通知
コンセント型	コンセントの 口ごと	中	電力線 or 無線 新築・リフォーム 時には専用線も可	中程度	オン・オフ	センシング
アダプタ型	個々の家電	低	低速 電力線 or 無線 専用線は難	低精度・低密度	デマンド制御 オン・オフ + 連続制御	センシング デマンド制御
組込み型						

表-1 スマートタップの機能。比較のためスマートメータも含んでいる

には、電源ごとの供給電力の計測や制御を行うための、電力源用のスマートタップも考えられる。

これらの機能を備えたスマートタップの基本構造の一例を図-2に示す。電源電力を家電機器等に分配するタップ基本構造に、電圧や電流を計測、制御する部分が付加しており、マイコンで制御する。ホストや他のスマートタップ、家電機器などとの通信機能や実世界のセンシング機能などを持つ。マイコン上でどのようなプログラムを動かして、いかにタップを賢く機能的にするかが最も重要なポイントである。

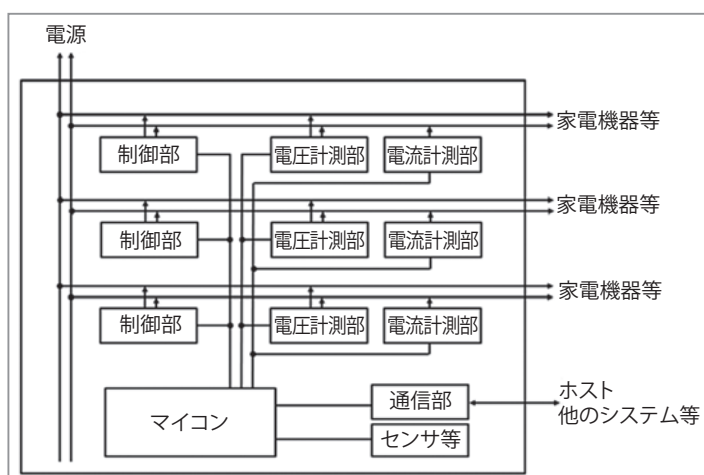


図-2 スマートタップの基本構造例

スマートタップの電力管理機能

スマートタップは電力関連量を計測し、電力を制御することが最も必須の機能である。通常、計測の直接対象は電圧および電流である。電圧としては一般家電で用いられる100V、IHやエアコンで用いられる200V単相、動力系の機械で用いられる200V三相が対象となり得る。

電流としては、15A以下(家電組込み型、アダプタ型)、15A(コンセント型)、20A(分電盤型)、40Aから100A(スマートメータ)という区分が考えられる。

サンプリング周波数については数百Hzから数kHzまでのバリエーションが考えられる。いままでの家庭用の電力計測では1～2kHz程度のサンプリングが行われることが多かった。一般的な家庭用電力は50～60Hzの交流であるため、白熱電灯や電熱機器、交流モータなどの単純な抵抗や誘導負荷ではこれで十分であるが、近年の家電ではインバータやスイッチング電源が組み込まれていることが多く、比較的広帯域な電流波形が現れるため、さらに高周波数のサンプリングが求められる。分解能については、10ビット程度のものが多いが、どれくらいの精度が必要かは使い方によって異なる。サンプリング周波数および精度はADコンバータの性能に依存するので、用途に応じた選定、設定が必要となる。

計測された値の出力としては、瞬時値（電流、電圧）、実効値（電流、電圧）、有効電力、積算電力量などが考えられるが、力率、周波数、家電や状態識別用の特徴量のその他の特徴量や、毎周期、数周期の平均、数周期ごとのサンプルなどの算出周期も考えられる。瞬時値のみを出力し、サーバ等でその他の値を計算するということもあるが、通信速度が遅い場合にはデータを取りこぼしてしまう恐れがある。

電力の制御については、制御なし（計測のみ）、オン・オフ制御、連続制御、力率改善が考えられる。オン・オフ制御を行うには、単純なリレー回路を持てばよいが連続制御や力率改善を行うには、より複雑な制御機能が必要となる。

家電などの多くの負荷機器では、電源線によって制御するよりも、リモコンなどを用いて外部のコマンドによって機器の制御をすることで電力を制御する方法のほうが現実的である。このような機器自体の制御機能としては、赤外線リモコンのほかに、ルームエアコンや暖房設備で用いられる HA 端子、AV 機器や IT 家電のための HAVi や DLNA、白物家電のための ECHONET 規格などが開発されており、これらの機能と連携することも考えられる。しかし、コストの問題などからすべての家電機器がこれらの制御規格に対応することが難しく、スマートタップによる制御が有効な場合も多い。

スマートタップの通信機能

スマートタップは他の機器と通信できることが最も重要な機能の 1 つである。家庭内外に設置されたサーバやホストコンピュータとの通信により、家じゅうの家電機器の消費電力などをどこかに置かれたホストコンピュータなどで見ることができるようになる。スマートタップ同士の通信により、連携した家電機器の制御が可能になる。接続された家電機器との通信により、エネルギーを配慮した節電などのために家電機器を制御することが考えられる。

通信においては、帯域、通信レート、レイテンシ、

同期の有無などを考える必要がある。通信媒体としては、電力線（低速 PLC）、無線（ZigBee）、専用線（LAN）、赤外線通信などがある。アプリケーションプロトコルとしては、どんなデータを送るか、どんなコマンドを受け付けるか、既存のプロトコルの拡張か新規プロトコルかなどの点を考える必要がある。

標準プロトコルとしては、業界標準としてエコーネットコンソーシアムの ECHONET がある。エネルギー節約のための家庭内の家電機器の制御のためのプロトコルを規定している。白物家電を中心としたネット家電の通信方式であり、ホームネットの規格統一である。また、家電向けの短距離無線通信規格を策定する ZigBee Alliance の ZigBee & HomePlug Smart Energy Profile は、ZigBee を使った家庭内でのエネルギー管理の仕様を決めている。

スマートタップの情報分析、関係動作機能

これまで述べてきたような機能を組み合わせて、スマートタップでいったい何が分かるのだろうか？スマートタップ内、あるいはスマートタップからの情報を集めたホストコンピュータにおいて情報分析を行うことで、さまざまなことが解明できるようになる。

まず最も基本的な機能が電力の可視化である。いつどのような機器でどれくらい電力を消費したかを見えるようにすることで、あるいはさらに課金情報を加味して金額で可視化すれば、ユーザの電力消費行動が抑制でき、省エネにつながる。実際家電機器の不使用时の待機電流や、使用状況による消費電力の違いなどについては通常ユーザからはまったく分からない状況であるし、時間帯による電気料金の違いもユーザは意識しない場合が多いが、これが見えるようになることで大幅な電力の削減行動が促される可能性がある。図-3 に冷蔵庫および電気ポットの 24 時間電力モニタリングの一例を示す。周期的なピークや頻繁な変動など、ユーザにとっては不要な挙動もあるかもしれないし、この挙動を意識した

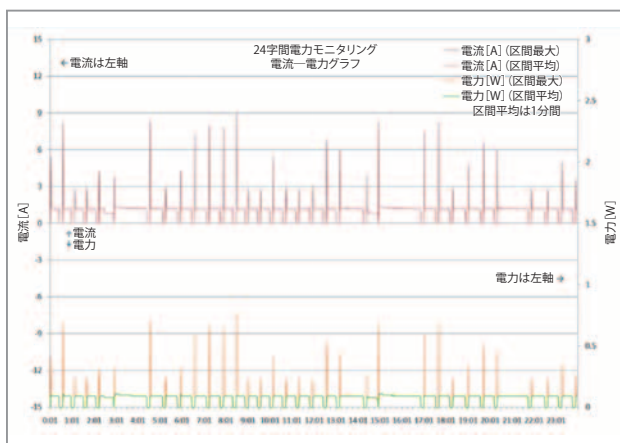
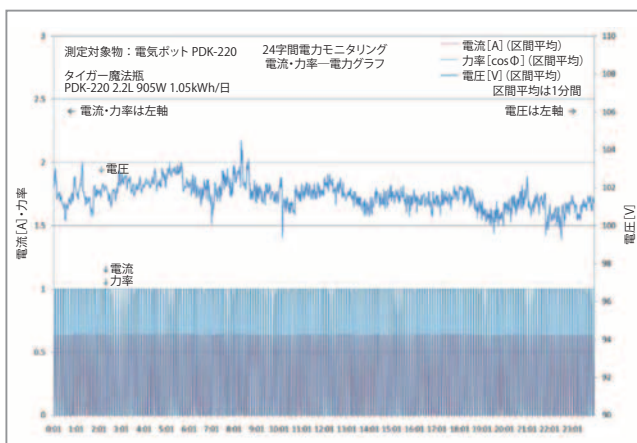


図-3 冷蔵庫および電気ポットの家電機器の電力モニタリング例



ユーザの省エネ行動ということも可能である²⁾。

次にシステム側で行えることとして機器の識別がある。加藤ら³⁾は電力供給開始時 20kHz でサンプリングした電流波形を用いて 16 種類の家電機器を 99.9 % で識別できることを確認した (図-4)。基本的にこれは、家電機器が用いているインバータ特性 (AC アダプタの特性) と負荷特性 (機器の特性) を見るものといえ、両者に分けてデータを解析できればさらに精度の高い識別ができるようになる可能性がある。

さらにシステム側でユーザの識別ができる場合がある。家電の電流波形で使用者を特定できるという話で、たとえば、温水洗浄便座の使用は人によって明らかに使い方が異なる。テレビやオーディオ機器などにも違いがあるかもしれない。ユーザが識別できればその後のユーザの電力消費行動を予想でき、システム側で最適な周辺の家電機器の制御ができるようになる。

もう 1 つ重要なこととして、システム側でユーザの生活形態が分かるという点が挙げられる。時刻、温度、湿度による冷暖房の設定やユーザの移動によって、照明やテレビ、パソコンなどのオン・オフなどが自動化できる可能性がある。また、機器の使用パターンによるユーザの生活形態の推定や、センサと組み合わせるなどして、ユーザの行動のセンシングによる機器使用の予測などが可能となる。前述のように従来から個々の家電機器の省エネ化については各企業が甚大な努力を行っており、多少のことで

はさらに省エネ化を行うことは難しいという状況にあるが、生活パターンとのマッチングについてはまだまだ不十分な状況にあり、スマートタップの情報分析によりさらに削減することが可能となる。

スマートタップの共通仕様化に向けての活動

これまでさまざまな研究機関や企業がさまざまなスマートタップを発表している。図-5 に筆者らが開発にかかわったスマートタップを示す。(A) は情報通信研究機構 (NICT) で開発したもの、(B) は京大松山研で開発したもの、(C) は神戸大塚本研で開発したものである。また、ほかにもさまざまな企業や研究機関でスマートタップが提案され (表-2)、実証実験や研究開発が行われている。これらのスマートタップはそれぞれ性能が異なり、サポートしている通信やデータフォーマットも異なるため、家庭内で異なるスマートタップを使用する際には相互運用性の問題が生ずる。スマートタップ間でデータ交換を行うためには専用のプロトコルが必要となる。LonWorks や oBIX (Open Building Information eXchange) などのビル間情報管理で用いられているプロトコルや前述の ECHONET, ZigBee などの標準をベースに規定していく必要がある。低性能なマイコンでも処理できるよう、できるだけ単純なプロトコルでできるだけコンパクトなデータフォーマット

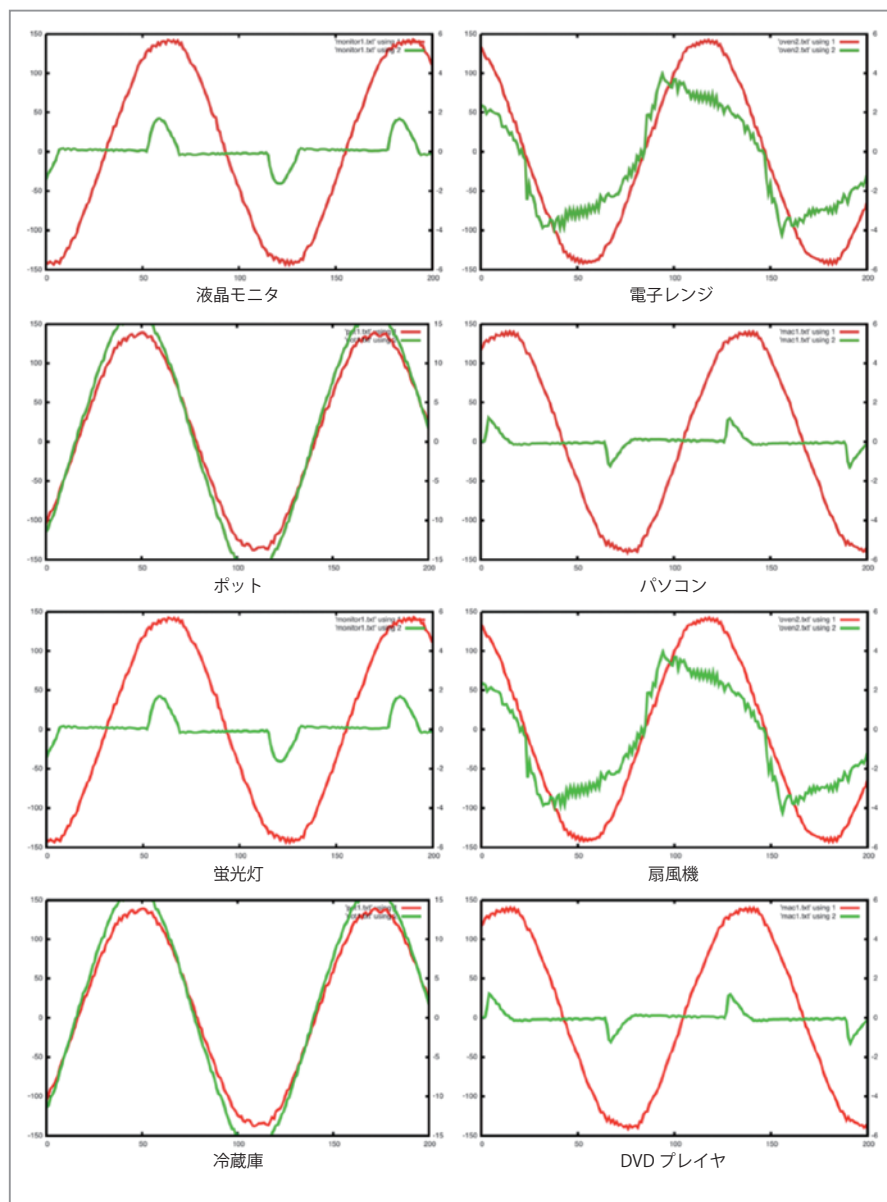


図-4 さまざまな家電機器の起動波形

トが望まれるが、実際にどのような情報を交換するかについては現時点ではほとんど業界のコンセンサスがない状況である。

「エネルギーの情報化 WG」^{☆1}では、このような機能や通信方式の異なるスマートタップ間の相互運用性の確保や次世代スマートタップの共通仕様の策定、標準化のために、スマートタップ共通仕様タスクフォースを立ち上げて、使用検討や実証実験を進めている。

現在は第1段階として、スマートタップによる電力センシング、見える化の機能の相互運用とスマートタップによる省エネ効果の確認を目指した実証実験として、京都市の四条烏丸のワンルームマンションの一室に多種の方式の異なるスマートタップを導入した見える化実験を行っている。

電力の見える化では、スマートタップで計測した電力データをホームサーバに集約し、ユーザに提示することが目的となるため、通信プロトコルやデータフォーマットの違いはホームサーバでコンバートすれば解決できる。このような複数のリソースからの情報統

☆1 エネルギーの情報化 WG : <http://www.i-energy.jp/>

合を行うためのサービスプラットフォームとして、OSGi (Open Services Gateway initiative) アライアンスの OSGi フレームワークを利用した統合プラットフォーム (図-6) により相互接続の実証実験を行っている。

次世代スマートタップと共通仕様のための課題

現段階のスマートタップは、家電ごとの電力消費の見える化が中心であり、家電の制御機能としては、ユーザからの指令によるオン・オフ制御くらいであった。このような電力の見える化だけでもユーザへの意識付けによりある程度の省エネ効果が見込めるが、その効果はユーザのモチベーションに強く異存し限定的なものである。

よりドラスティックな電力使用量の削減のために、エネルギーの情報化 WG では「エネルギーオンデマンド」というコンセプトを提唱している。エネルギーオンデマンドでは、家電のスイッチをいれたときに即座に電源がオンになるのではなく、まず電力を要求するパケットがホームサーバに送られる。ホームサーバではそのときの電力使用量や太陽光発電や蓄電池などの分散電源の供給能力、ユーザの行動パターンなどから、その時供給できる電力や電力源を調停し、その結果に応じて家電への電力供給を行う。この「エネルギーオンデマンド」の考え方により、ベストエフォート型の電力供給や、商用電力の使用量のある一定値までに制限する CAP 制、ある電力源の電力のみを使用する由来別電力使用などを導入することができ、ユーザの設定によって設定分の電力消費量を削減することが可能となる。

このような「エネルギーオンデマンド」を実現するために次世代のスマートタップに要求される機能としては、1. ユーザの行動パターンや電力使用パターンを学習するためのより高密度な電力データの収集、2. 家電への電力供給量や電源からの電力供給量を制御するための連続電力制御、3. 好きな電力源からの電力を利用する由来別電力制御が挙げられる。

1 に関しては、「エネルギーオンデマンド」によっ



図-5 スマートタップの事例

て電力を一定量削減できるが、それによってユーザの生活の質 (QoL) が損なわれては持続的な電力使用量削減は難しい。そのためのユーザの電力使用パターンなどから、そのユーザの嗜好を解析し、電力使用の優先順位を決定することが重要である。そのために、スマートタップからの電力データ収集の密度を上げることはもちろん、人の存在の有無や行動パターンなどはプライバシー情報であるため、無線通信や PLC などを用いて情報交換する場合にはセキュリティを考慮する必要がある。さらに、業者が管理する外部のサーバにデータを蓄積する場合には、どのような情報を外部に蓄積するかなどのプライバシーコントロールが必要となる。スマートメータによって得られるデータの所有権・利用権については、電力会社か需要家かといった議論があるのに対し、スマートタップによって得られるデータの所有権・利用権は 100% 需要家であると考えるのが自然であり、需要家がプライバシーレベルを設定し、そのレベルで受けられるサービスを事業者から受けるといった明

	タイプ	計測データ	通信	制御	その他機能
京大松山研	プラグアダプタ型	電力計測 家電認識	無線 (ZigBee)	電力量制御 (半導体リレー)	家電識別, リモート制御
神戸大塚本研	プラグアダプタ型	電力計測	有線 LAN 無線 (WiFi)	オン・オフ制御 (機械式リレー)	家電認識, 制御ルール センサ連携
NTT Docomo	プラグアダプタ型	電力計測	無線 (WiFi)	なし	
NEC システムテクノロジー	テーブルタップ型 プラグアダプタ型	電力計測 温度, 湿度 家電認識	無線 LAN	オン・オフ制御 リモコン制御	センサノードと連携, 家電識別 制御ルール
鹿島エレクトロ産業	プラグアダプタ型	電力計測 温度	無線	?	温度計測ユニットと連携
富士通	テーブルタップ型	電力計測	USB	なし	USB 給電
エネゲート	プラグアダプタ型	電力計測 (交流・直流)	特定小電力無線	オン・オフ制御 (機械式リレー)	交流用, 直流用を開発
オムロン	プラグアダプタ型 分電盤型	電力計測	無線 (ZigBee) 電力線 (PLC)	オン・オフ制御 リモコン制御(JEMA)	インホームディスプレイセンタ サーバ連携
ローム	プラグアダプタ型	電力計測	無線 (2.4GHz)	オン・オフ制御 電力量制御 (半導体リレー)	
住友重工	テーブルタップ型	電力計測	無線 (Z-wave) 電力線 (PLC)	オン・オフ制御	
P 社	埋込コンセント型	電力計測	特定小電力無線	オン・オフ制御	
Control4 (米)	プラグアダプタ型	電力計測	無線 (ZigBee, WiFi)	オン・オフ制御	スマートサーモスタッド
Teridian (米)	プラグアダプタ型	電力計測	無線 (WiFi), 有線 (USB)		

表-2 主なスマートタップの仕様

快なサービスモデルを作ることができる。

2 に関しては、電力量を連続的に制御するためには、オン、オフの制御だけでなく、インバータ制御などのより高度な制御や、家電自身の制御機能との連携、家電へのスマートタップ機能の組み込みなどが必要となる。

3 に関しては、商用電力、太陽光発電、蓄電池といった電力の由来によって使用する電力を決めていくという電力フロー制御の技術である。これは、電力カラーリングとも呼ばれるチャレンジングな研究であり、電力に ID を振ってその宛先を制御するという電力の情報化の根幹とも言える技術である。これによって「エネルギーオンデマンド」の実現だけでなく、情報通信分野で培ったさまざまな技術を電力マネジメントに応用することが可能となる。現在次の 3 通りの方式が考えられている。

〔回線交換方式〕マトリクススイッチによって、電力供給の経路を切り替える^{3~5)}。

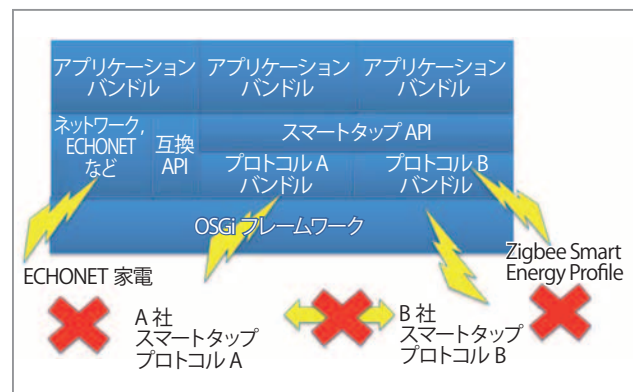


図-6 OSGi フレームワークによる異種スマートタップの相互接続

〔電力パケット方式(時分割・符号化方式)〕電力をパケットにして宛先を選択して送る手法⁶⁾。

〔分散協調制御方式(仮想化方式)〕各家電機器や各電源などにスマートタップを分散配置し、各スマートタップの連携により、送り元の電力源の供給電力量と送り先の家電機器の使用電力量が一致するように制御する^{7, 8)}。

〔回線交換方式〕や〔電力パケット方式〕による電力

フロー制御では、現状のスマートタップによる単なる電力計測・制御の機能だけでなく、電力の宛先を制御する「電力ルータ」と言えるようなスマートタップの発展デバイスが必要となる。また、「分散協調制御方式」では、多数のスマートタップ群全体で1個の「電力ルータ」を構成していると考えられることもでき、分散配置されたスマートタップ間のリアルタイム同期・連携制御が必須となる。

また、塚本らはスマートタップ間の連携制御をルール制御により行うシステムを開発している。どのような状況でどのような動作を行うかを各スマートタップにルールとして記述し、メッセージをお互いやりとりし合うなどして、ルールに基づく連携を可能にする。ルールベースのデバイス間連携は、ユビキタスコンピューティングの基盤技術の1つでもあり、今後の浸透が期待される。

このように、より効果的な電力削減を実現するための次世代のスマートタップには、より高密度なデータ収集、高度な制御機能といったスマートタップ単体の機能の向上だけでなく、スマートタップ間の同期やリアルタイムの連携が必要となり、スマートタップ間で連系するための共通仕様、標準化が必要となる。そこで今後このような次世代スマートタップの研究開発を進めるとともに、エネルギーの情報化WGやスマートタップ共通仕様タスクフォースでは次世代スマートタップの共通仕様や標準化について検討、実証を進めていく予定である。

まとめ

電力のタップやコンセントに電力系や通信機能を入れることは技術的には簡単なことである。そしてそれらを使って家庭内の電気機器の電気使用量を可視化することは、家庭内のエネルギー使用量削減に向けての着実な一歩になることは比較的自明である。しかし家庭内のすべての電気機器の状況を完全に把握するためには、家庭内のすべてのコンセントやテーブルタップをスマートタップに置き換える必要が

あり、それによってもたらされるメリットに比べるとコストがかかる。分散電源の利用など、家庭内電力システムの将来を考えると、スマートタップに求められる機能は高度なものになるが現状とのギャップは大きい。段階的なステップを見据え、戦略的に共通仕様を考えていく必要があるが、そのためにはまだまだ業界の運用経験は貧弱である。今後この分野に企業や研究者が積極的に参入し、移行のプロセスを加速していくことが重要だと考える。

参考文献

- 1) 松山隆司：エネルギーの情報化 (i-Energy) ～電力ネットワークと情報ネットワークの統合による安全・安心なエコライフの実現を目指して～, ITU ジャーナル, Vol.38, No.12 (2008).
- 2) 南 靖彦, 藤田直生, 義久智樹, 塚本昌彦：家電機器の利用状況と電力特性に基づく最大消費電力削減に関する評価, 電子情報通信学会 2010 年総大会, BS-8-7 (2010).
- 3) KATO, T., Cho, H. S., Lee, D., Toyomura, T. and Yamazaki, T.: Appliance Recognition from Electric Current Signals for Information-Energy Integrated Network in Home Environments, International Journal of Assistive Robotics and Systems (IJARS), Vol.10, No.4, pp.51-60 (2009).
- 4) 藤本 圭, 小山洋一, 岡部寿男：電力経路制御における電源側主導資源予約, 電子情報通信学会 2010 年総大会, BS-8-2 (2010).
- 5) 柴田知輝, 藤本 圭, 岡部寿男：オンデマンド型家庭内電力ネットワークのための電力ルーティングスイッチ, 電子情報通信学会 2010 年総大会, BS-8-3 (2010).
- 6) 宅野嗣大, 小山めぐみ, 引原隆士：多入力多出力電力変換回路による電力パケットルーティング, 電子情報通信学会 2010 年総大会, BS-8-4 (2010).
- 7) 林宗一郎, 加藤丈和, 松山隆司：分散スマートタップ群を用いた協調的計測による電力フロー推定 2—ネットワークトモグラフィによる電気配線のトポロジー推定—, 電子情報通信学会 2010 年総大会, シンポジウムセッション「情報通信とエネルギー管理の統合技術」, BS-8-6 (2010).
- 8) 加藤丈和, 林宗一郎, 松山隆司：分散スマートタップ群を用いた協調的計測による電力フロー推定 1—間歇的電流計測からの連続的電力変動推定—, 電子情報通信学会 2010 年総大会 シンポジウムセッション「情報通信とエネルギー管理の統合技術」, BS-8-5 (2010).

(平成 22 年 7 月 5 日受付)

塚本 昌彦 (正会員) tuka@kobe-u.ac.jp

1987 年京大・工・数理卒業, 1989 年同大院・工・応用システム科学修士修了, シヤープ, 大阪大学を経て 2004 年より神戸大・工・電気電子工学専攻教授, 京都大学博士 (工学), NPO ウェアラブルコンピュータ研究開発機構構理事, ウェアラブル・ユビキタスコンピューティングの健康・エコ・エンターテインメントなどへの応用の研究に従事。

加藤 丈和 tkato@vision.kuee.kyoto-u.ac.jp

2001 年産業技術総合研究所特別研究員, 2003 年和歌山大・システム工・助手, 2006 年同講師, 2008 年情報通信研究機構専攻研究員, 2009 年より京大院・情報・特定研究員, パターン認識, データマイニング, コンピュータビジョン, エネルギーの情報化に関する研究に従事, 電子情報通信学会, IEEE 学会各会員。