解説

ホームネットワークにおける HEMS の現状と動向

Current status of Japanese Home Energy Management Systems

丹 康 雄* *北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科

Yasuo Tan* *School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

1. はじめに

ホームネットワークとは、家庭内における様々な活動を支援する ICT システムのことであり、1970 年代後半にマイコンが家電に入ることになって以来、ホームオートメーションやスマートホームなどの名称で繰り返し取り組みが行われてきた。今世紀に入り、一般家庭の常時接続インターネットが普及し、テレビのデジタル化と IP 再送信やビデオオンデマンドの普及、電話の IP 化が進展すると、ようやく現実的なものとして受け止められるようになってきた。しかしながら、これらはいまだに目的ごとに分断された個別のシステムとして家庭内に個別に導入されているような状況であり、トータルに家庭内の活動を支援するようなシステムにはなっていない [1] [2] [5]。そうした家庭内の個別の ICT システムのなかで、2011 年の震災およびその後の原発停止以降、電力を中心とした家庭内のエネルギー管理を目的とする HEMS (Home Energy Management System: 家庭向けエネルギーマネジメントシステム) [3] に対する関心が特に高まっている。本稿では、この HEMS を中心に、ホームネットワークにおける現状と動向について述べる。

2. 技術的な要件と現状

前章で述べたように、ホームネットワークには異なった目的を持つ様々なサービス群がある。HEMS のようなエネルギーマネジメント系や見守り・セキュリティ系、健康・医療系では、利用者のいる場所における温湿度や明るさ、利用者のバイタルデータなど、実世界の情報を取得し、エアコンや照明器具で実世界に働きかけるといった動作を行うことになる。一方、オーディオ・ビジュアル系や情報提供・コミュニケーション系のサービスは、LAN とパソコンやスマートホン・タブレットといった企業内で使われるものと類似したシステムで実現できるが、家庭内の活動ではオフィスのように仕事をする場所が固定されているわけではない

ため、こちらにおいても利用者のいる場所や環境を考慮したサービスが要求され、やはり実世界とのやりとりは重要な要素となってくる。

一般に、ホームネットワークのような実世界指向の ICT システムでは、以下のような五つの要素技術が必要となる。

要素技術 1: 様々なものを通信ネットワークに接続する技術

要素技術 2: 実世界の状況をセンシングする技術

要素技術 3: センシングした情報と過去のデータベースおよび外部からの情報に基づいて制御する技術

要素技術 4: 制御に基づき実世界に働きかけるアクチュエーション技術

要素技術 5: 一連のデータをデータベースに蓄える技術

このうち、要素技術 1 はそもそもがシステムを実現するための基本的な技術であるため、長年にわたり研究開発が行われており、様々な技術が使えるようになってきている。現状は、こうした技術を目的に応じて適切に使えるように整理し、相互接続性を確保する段階にある。HEMS での利用を想定して筆者らが作成した通信技術のガイドラインが (社) 情報通信技術委員会の TR-1043 として Web サイト [4] で公開されている。図 1 に同ガイドラインに記載されている技術の一覧を示す。

要素技術 2 と 4 はそれぞれセンシングとアクチュエーションであり、いずれも本質的にはメカニカルやケミカルな技術の進展に依存して発展することになるが、それと平行して、これらのデバイスに対して共通のアクセス手段を与えるこ

5-7	ECHONET Lite						Layer2の フレーム上 に ECHONET Lite
4	UDP / TCP						
3	IPv4 IPv6			IPv6 6LowPAN	IPv4 IPv6	IPv6 6LowPAN	
2	IEEE802.3 ファミリ	G.9961 G.9972	IEEE1901	ITU-T G.9903	IEEE802.11 ファミリ	IEEE802.15.1 ファミリ PAN7 ロジカル	IEEE802.15.4 IEEE802.15.4e
1	IEEE802.3 ファミリ	G.9960 G.9963 G.9964 G.9972	IEEE1901	ITU-T G.9903	IEEE802.11 ファミリ	IEEE802.15.1 ファミリ	IEEE802.15.4 IEEE802.15.4g
媒体	UTP 光ファイバ	電力線			電波 (2.4/5G)	電波 (2.4G)	電波 (2.4G, 920M) (※)
Ethernet							
ITU-T		IEEE1901	ITU-T G.9903		Wi-Fi	Bluetooth	IEEE802.15.4/4e/4g

※2.4G は、ZigBee-IP のみ対応

図 1 TTC TR-1043 に記載されている通信技術

原稿受付 2014 年 1 月 7 日

キーワード: HEMS, Home-Network, ECHONET, Smart Grid, Smart Meter

*〒 923-1292 能美市旭台 1-1

*Nomi-shi, Ishikawa

クラスグループ	機器
センサ関連機器クラスグループ	ガス漏れセンサ、防犯センサ、非常ボタン、救急用センサ、地震センサ、漏電センサ、人体検知センサ、入室センサ、呼び出しセンサ、結露センサ、空気汚染センサ、酸素センサ、照度センサ、音センサ、投函センサ、重荷センサ、温度センサ、湿度センサ、雨センサ、水位センサ、風呂水位センサ、風呂沸き上がりセンサ、水漏れセンサ、水あふれセンサ、火災センサ、タバコ煙センサ、CO ₂ センサ、ガスセンサ、VOCセンサ、差圧センサ、風速センサ、臭いセンサ、炎センサ、電力量センサ、電流値センサ、水流量センサ、微動センサ、通過センサ、在床センサ、開閉センサ、活動量センサ、人体位置センサ、雪センサ
空調関連機器クラスグループ	家庭用エアコン、換気扇、空調換気扇、空気清浄機、加湿器、電気暖房機、ファンヒーター、業務用パケージエアコン(室内機、業務用パケージエアコン(室外機)
住宅・設備関連機器クラスグループ	電動ブラインド・目よけ、電動シャッター、電動雨戸・シャッター、電動ゲート、電動窓、電動玄関ドア・引き戸、乾水器(服用)、電気温水器、電気便座(温水洗浄便座、暖房便座など)、電気錠、瞬間式給湯機、浴室暖房乾燥機、住宅用太陽光発電、冷水加熱源機、床暖房、燃料電池、蓄電池、電気自動車充電器、エンジン・コジェネレーション、電力量メータ、水流量メータ、ガスメータ、LPガスメータ、分電盤メータリング、スマート電力量メータ、スマートガスメータ、一般照明、ブザー
調理・家事関連機器クラスグループ	電気ポット、冷凍冷蔵庫、オーブンレンジ、クッキングヒーター、炊飯器、洗濯機、衣類乾燥機、洗濯乾燥機
健康関連機器クラスグループ	体重計
管理・操作関連機器クラスグループ	スイッチ(LED・A/H/A端子対応)
AV関連機器クラスグループ	ディスプレイ、テレビ

13.10.31 Appendix Rel.D

図2 ECHONET にみるセンサ、アクチュエータオブジェクト

とがシステムを実現する上では極めて重要である。我が国において、このような標準化を行ってきたのがECHONETコンソーシアムである。ECHONET規格には機器のモデルである機器オブジェクトの定義と、オブジェクト内の変数(プロパティ)にアクセスするためのプロトコルが定義されている。2012年2月には経済産業省が我が国におけるHEMSおよびスマートメーター用の通信規格としてECHONETの最新版であるECHONET Lite規格を選定し、同省が行っている一般家庭向けのHEMS導入補助金も同規格のシステムが対象となったことから、2012年から2013年にかけて急速に製品数が増加している。ECHONETで規定されている機器オブジェクトの一覧を図2に示す。このように、要素技術の2と4に関しても実用化が進んでいるといえる。

残る要素技術3と5は互いに強い関連を持っている。要素技術3は基本的にはセンシングした情報に基づいてアクチュエーションをするための制御であるが、最近のシステムではセンサからの情報のみならず、他の情報、つまり、過去の動作履歴などのデータベースから引き出された情報や、その日のイベント、天気予報などの外部情報を活用して制御を行うようになっている。過去の動作履歴データベースはシステムの稼働に伴い自動的に蓄積される必要があり、これが要素技術5となる。このような情報の蓄積と利活用は、Web2.0の集合知やビッグデータという名前で呼ばれているものと本質的に同じであり、これが従来からあるシステムと現在のシステムとの最も大きな違いとなっている。従来の組込みシステムは基本的には要素技術の2, 3, 4を繰り返すものであったが、現在のシステムは2, 3, 4, 5を繰り返すことで、2で得られた情報が同じでも4では異なる動作をすることになり、より高度なサービスが実現できることになる。しかしながら、この要素技術3と5についてはいまだ研究開発段階にある[1][2]というのが実情であり、この部分で標準的な技術やデータ構造、プロトコルが整備されているわけではない。

以上のように、ホームネットワーク関連の技術については、いわば「足回り」が固まってきたところであり、今後、

サービスの実現という、本質的な難しさを含んだ技術課題が中心的研究開発対象となってくる段階にある。

3. HEMSの形態

もともと、HEMSには家庭内だけで閉じて省エネを行う狭義の意味でのHEMSと、電力事業者側の供給能力と連携して制御を行う広義の意味でのHEMSがある。狭義の意味でのHEMSにおいては電力事業者は電源の供給元の一つに過ぎず、家庭内の太陽電池、風力発電、燃料電池、コジェネ(エンジンによる発電)による電力で不足する分を購入するだけの相手となる。しかし、家庭内の電力需要の変動は大きいという、太陽光などは日中、家庭内であり電力を必要としないときに発電し、夕方以降の需要が高まる時間帯には発電しないという特性がある。これを家庭内の蓄電池で平準化して利用しようとする、コスト高なシステムとならざるを得ない。そのため、太陽電池のような自然エネルギー由来の電力の余剰分は電力系統に戻して他の消費者に回し、その分の対価を金銭で得る売電という手段がとられるようになっている。このしくみがうまく働いている間は、家庭内に蓄電池などの設備を持たなくても終日電力が安定して利用でき、また、太陽電池が発電した電力も有効活用されることになる。

しかしながら、この運営形態には大きな問題が存在する。そもそも電力というものは、供給と消費が同時に行われなければならない。物流のようにどこかで一時的に保管するということができない。気まぐれな自然エネルギー由来の電力の増減に応じ、電力事業者は瞬間的に発電量を調整する必要がある。これに失敗すると大停電が生じることになる。また、我が国の送配電網は大規模発電所から末端の家庭に向けてツリー状に配送するようなくみとなっており、逆方向に電力を流すことは元々考慮されていない。少数の太陽電池が稼働している間は大きな問題にはならなかったが、再生可能エネルギーへの関心の高まりを受けて、今後システムが破綻する可能性は高まっている。これを回避するには需要家側の負荷機器および創エネ・蓄エネ機器と電力事業者のシステムを連携させる広義の意味でのHEMSが結局は必要とされる。

こうしたHEMSを制御するコントローラとなる装置として、電力計をインテリジェントにしたスマートメーター(以後SM)を活用することは一つの有力な選択肢となる。SMは電力事業者と家庭を行き来する電力量を計測するだけでなく、電力量の検針のために電力事業者側とは通信路を必要とすることから、これを通じて制御情報をやりとりし、必要に応じて電力を遮断したり、また、家庭内の機器への制御コマンドを送ったりすることができる位置にある。一方で、現在の家庭は電話やブロードバンドインターネットなどの通信網にも加入しており、これらの家庭内の端点

となる装置、例えばホームゲートウェイ（以後 HGW）と呼ばれるような機器も HEMS のコントローラとして働くのに適切な位置にある。さらに、家庭内に HGW でも SM でもないコントローラ（この装置自体のことを HEMS と呼ぶこともある）を設置することも可能である。これが HGW と SM との間の通信路を有していれば、実現できる機能は HGW や SM が行った場合と変わらないものとなる。

実際にどのようにコントローラが実現されるかは最終的にはどこにコストをかけるかという観点で決まる。社会資本として SM と SM 網に投資をするのだというコンセンサスがあれば SM を活用することになるし、HGW の普及度合いがすでに高ければ HGW を用いる形態が妥当な選択肢となる。一方、いずれも期待できない場合には SM は遠隔検針と遮断器制御のみ、また、HGW は通信路の確保のみとして、コントローラは別途導入する形態が現実的となる。

4. 我が国の事情

ホームネットワークの分野において我が国は些か特殊な状況にある。一つには、もともと家電大国としてビジネス的にも技術的にも世界をリードしてきたうえに、一部の富裕層向けに理想的なシステムを開発するのではなく、広く世界に普及させようとする技術開発に注力しているという点で国際的にみても大きな影響力を有している。一方で、我が国は社会制度などのしくみの点で諸外国とは異なるところが多く、これがホームネットワークにおいても特異な制約となっていることが少なくない。HEMS においては、電力事業の制度との整合性が問われることが大きな課題となる。

我が国においては第二次世界大戦以降、電力は国有でも、自由な民営でもなく、特定の公営的な性質を持つ企業が地域独占で電力を提供する形態となっている。これはいち早く安定した電力供給網を整備するという点では有効な施策であったが、分散電源に向かおうとする現状となつてはいくつかの課題が明らかになってきている。ここ数年の HEMS 議論において表面化してきた SM の A、B、C ルートに関する議論もその一つである。我が国では電力事業者が SM から情報を取得する通信路を A ルート、SM から家庭内への機器（例えば HGW）への通信路を B ルート、電力事業者が A ルートを經由して取得した情報を事業者間のインタフェースを通じて他のサービス事業者等に渡し、それに基づいて HGW を經由して家庭の中に情報や制御コマンドが来る経路が C ルートと呼ばれている。

A ルートは電力事業者が検針をして電気料金を適切に請求するための通信経路であるから、ここを独自の網で運用したいという意向が電力事業者から出てくることは不自然ではない。技術的には逆に A ルートを廃止して B ルートから電力情報を HGW に送り、通信網の側から電力事業者へと送る逆の C ルートというものも考えられるが、電力事業

者のビジネスの根幹部分を通信事業者のサービスに依存することになり、国内では慎重論が強い。とはいえ、A ルートを完全に自前の設備で整備するのか、通信事業者のサービスを買って整備するのかは国内の電力事業者でも判断が分かれている。一方、B ルートを設けることに関しては、当初は電気事業連合会として全事業者が反対を表明していた。しかしながら、経済産業省の強い指導もあり、一定の条件（接続される相手は一台に限るなど）のもとに整備されることとなった。また、C ルートは他社との連携によってサービスを提供する経路となるため慎重論が強いが、自らもブロードバンドサービスを提供している電力事業者にとっては魅力的なものであり、今後に期待がかかる。実のところ、こうしたルートごとの細かな議論が生じていること自体が我が国の特殊性であり、我が国のメーカーも諸外国では最初から C ルートを活用したシステムを構築するなど、より制約の少ない開発を行っている。

2011 年の震災と原発事故までは我が国の電力事業者はいわば一並びで電気事業連合会としての動きをみせ、経営基盤も盤石で電力供給の安定度も極めて高かったため、インテリジェントな SM を用いた高度な HEMS への期待があった。しかし、事故以後は盟主東京電力が原子力損害賠償支援機構とともに再建中の身となり、また、原発が止まって国内の電力事業者の経営を圧迫している。更に、政治的な判断で SM の導入時期の期限が決められるなど、外的な締め付けも強くなったことを受けて、現状、我が国の SM は最低限の機能しか持たず、HEMS のコントローラにはなりえないような形で導入が進む方向にある。一方で、通信事業者の HGW がコントローラとなる形態は、通信事業者の持つ影響力が大きくなりすぎるなど警戒されている面もあり、現状での我が国の HEMS コントローラは、ほとんどの場合、独立した機器として存在する形態をとっている。

この形態はあくまでも現在の日本の状況に依存したものであり、諸外国での展開においてはより最適な形を考える必要がある。また、今後の我が国の HEMS においても国際的な動向を考慮しながら再検討をする必要があろう。

5. おわりに

本稿では、HEMS を中心にホームネットワークの現状について述べた。誌面の関係上、各種の電池や電力制御装置など、HEMS 関連のデバイスについては詳しく触れることができなかったが、いずれも急速に能力を向上させているのに加え、高圧（380 [V] 前後）の直流で互いに接続し、間の AC/DC 変換を排除することができるようシステムが実現されつつある。

また、2 章で述べたように、制御とデータの蓄積のしくみについてはこれからの発展が期待されており、我が国の中央省庁においても 2013 年度からは HEMS 等で取得した

データの利活用方法に関する検討に議論と政策の中心が移りつつある。この分野は Google や Apple, FaceBook に代表される米国企業が得意とするところであり、日本企業が今後シェアをとれるかは予断を許さないところがある。アンコンシャスロボットとしての家に対して、日本のロボット関連学会や産業界からの貢献も大いに期待したい。

参 考 文 献

- [1] 丹康雄: ECHONET Lite 時代を迎えたスマートハウス構築のためのホームネットワーク技術 2013. 株式会社インプレス R&D, 2012.
- [2] 丹康雄: “ホームネットワークの現状と標準化動向”, 電子情報通信学会通信ソサエティマガジン B-plus, vol.22, no.22, pp.90-98, 2012.
- [3] 丹康雄: “HEMS 住宅に必要な設備”, スマートエネルギーネットワー

ク最前線, pp.274-283, 株式会社エヌ・ティー・エス, 2012.

- [4] 情報通信技術委員会: ホームネットワーク通信インタフェース実装ガイドライン, <http://www.ttc.or.jp/j/info/release/20121109/>

- [5] 丹康雄 監修, 宅内情報通信・放送高度化フォーラム 編: ホームネットワークと情報家電, 株式会社オーム社, 2004.

丹 康雄 (Yasuo Tan)

1993 年東京工業大学大学院理工学研究科博士後期課程修了, 博士 (工学), 同年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科助手, 同情報科学センター助教授, 情報科学研究科助教授を経て 2007 年教授, 現在に至る. ホームネットワークに関する研究, 標準化に従事する. 情報通信研究機構招聘専門員.