

# 特集 | スマートグリッドにおけるHEMS関連通信技術\*

## Communication Technology of Home Energy Management System in Smart Grids

中井有紀  
Yuki NAKAI

榊原久介  
Hisayoshi SAKAKIBARA

Global warming is one of the biggest issues to be addressed in this era and strenuous efforts are being made to shift to renewable energy in order to reduce CO<sub>2</sub> emissions. Furthermore, along with growing concern for energy conservation after the Great East Japan Earthquake, people have become more conscious of how to use energy at home. This circumstance has led to increased public interest in HEMS (Home Energy Management System). HEMS visualizes energy flow, and controls system devices in houses. In order to appropriately control energy, communication is important between/among devices in houses and servers outside houses. Along with the widespread use of PHV/EV in the market, an increase in demand for HEMS is expected in order to avoid the new excessive electrical power load peak caused by charging such vehicles. This paper describes the communication trends of HEMS in terms of the following three points: (1) Communication between HEMS and devices in a house, (2) Communication between HEMS and devices/servers outside a house, and (3) Communication between HEMS and PHV/EV. Additionally, the role of HEMS in smart grids is explained.

Key words : HEMS, EV, PHV, Smart Grid

### 1. はじめに

昨今、地球温暖化防止が大きな問題となっており、CO<sub>2</sub>排出量削減のために、再生可能エネルギーへの移行が進められている。政府の太陽光発電装置設置に対する補助金政策や、太陽光発電電力の固定買い取り制度などの後押しもあり、一般家庭にも太陽光発電が広がりつつある。さらに、東日本大震災の後、節電の意識が高まり、家庭内でのエネルギーの使い方に対する関心が高まっている。

このような中、注目されているのはHEMSである。HEMS (Home Energy Management System) は家庭内のエネルギーの流れの見える化と、宅内機器の制御を行う。エネルギーを制御するためには、宅内機器や宅外のサーバーとの通信が重要なポイントとなる。また、今後増加するPHV (プラグインハイブリッド)・EV (電気自動車) への充電をコントロールし、家庭や地域での電力需要の平準化を行うこともHEMSの機能として必要となってくる。

本稿では、HEMSで使用される通信技術について紹介する。HEMSと宅内機器の通信、HEMSと宅外との通信、電気自動車との通信の動向について紹介し、電力の流れを供給側・需要側の双方から制御し送電網の最適化を図るスマートグリッドにおいてHEMSが果たす役割について解説する。

### 2. HEMSの宅内通信

HEMSは宅内のエネルギー制御機器であり、次の機能のすべてもしくは一部を備えている。

- ① エネルギー需給の見える化
- ② 宅内機器の運転状態の見える化
- ③ 宅内機器の操作
- ④ スマートフォン等からの宅内機器の遠隔操作
- ⑤ 宅内エネルギー消費を最適にする宅内機器の運転制御
- ⑥ 宅外からの電力情報に基づく宅内機器の運転制御

これらHEMSの機能を実現するためには宅内機器との通信が必須である。本章では宅内機器との通信について述べる。

家電の制御は、HA (Home Automation)、赤外線リモコン、あるいはメーカー独自の通信方式によって行われてきた。しかし、HEMSの普及のためにはメーカーを問わず様々な家電と接続する必要があるとして、標準化がすすめられてきた。そして、2012年2月に経済産業省がECHONET Lite<sup>1)</sup>をHEMSの宅内通信の標準インターフェースとして推奨した。

次節からそれぞれの通信の特徴と、海外での標準化動向について紹介する。

\*2013年8月27日 原稿受理

## 2.1 HA

HAは日本電機工業会規格により定められた規格であり、この規格に適合する端子は「JEMA標準HA端子-A」と呼ばれる。エアコンなどを中心に対応機種も多く、広く普及している。HEMSと機器の間は専用線で接続される。通信には、制御信号2本、モニタ信号2本を用いる。制御信号にパルスを送信するたびに機器がオン・オフを繰り返し、モニタ信号により機器のオン・オフ状態を判断する。

HA端子はオン・オフしか制御できないため、例えばエアコンの設定温度を調整するような、電力消費量を調整する制御ができないという問題点がある。

## 2.2 赤外線リモコン

赤外線リモコンを利用して、各種家電機器を制御する方法である。家電とリモコンの間の通信は独自であるため、各プロトコルに対応する必要がある。学習機能を持つ赤外線リモコンであれば、事前に赤外線リモコンに学習させることで、HEMSからオン・オフ以外にも温度など幅広い項目を制御することができる。

赤外線リモコンのため、機器が見える位置にリモコンを設置しなければならないという制約はあるが、エアコンなどはほとんどの製品にリモコンが付属しているため、従来の機器をそのまま制御できるというメリットがある。

## 2.3 ECHONET Lite

### 2.3.1 ECHONET Lite策定の経緯

ECHONET Liteは、エコーネットコンソーシアムによって制定された通信規格である。安心、安全、地球環境に配慮した社会を実現するために宅内で必要となる、白物家電製品、住設機器、センサーに適用可能な比較的低速、低容量で安価なネットワークシステムとして規格化された。2000年にECHONET (Energy Conservation and Homecare Network) が規格化されていた。しかし、OSI参照モデルの下位レイヤまでの規定があり (Fig. 1)、既存の宅内ネットワークを流用することができない、ソフトウェアの実装量が大きくなるなど問題があったため、通信の下位レイヤ (4層以下) を除き仕様を簡素化したECHONET Liteが2011年に策定された (Fig. 2)。

先に述べたようにECHONET Liteは、宅内ネットワークの標準インターフェースに推奨されており、政府の補助金対象となるHEMSには搭載が必須となっている。そのため、今後はECHONET Liteが普及していく

と考えられる。

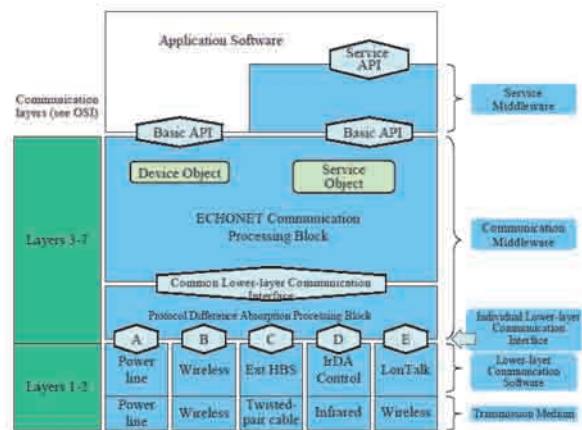


Fig. 1 ECHONET Communication Layer Configuration 1

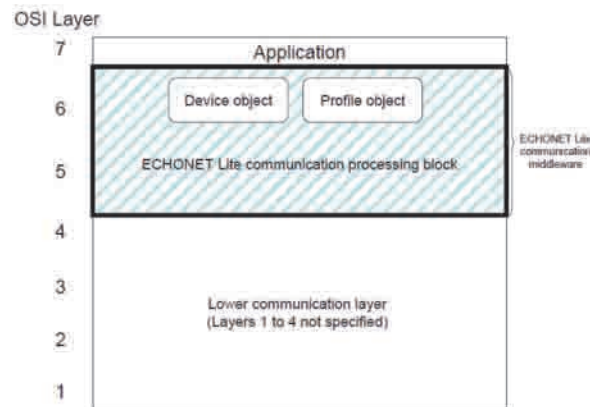


Fig. 2 ECHONET Lite Communication Layer Configuration 1

### 2.3.2 ECHONET Lite概要

オブジェクト指向に基づいた設計思想により、各機器をモデル化し、機器オブジェクトとして定義している。機器オブジェクトには、家庭用エアコン、一般照明、住宅用太陽光発電、蓄電池、電力量メーター、電気自動車充放電システム、など89種類 (releaseC) の白物家電製品、住設機器、センサー類に対応するクラスが用意されている。(Table 1)

コントローラや他の機器からの状態取得や操作は、各機器オブジェクトに定義されているプロパティに対して、Set (設定・制御)、Get (情報取得)、Inf (状態変更通知) することで行う。

機器はレイヤ4以下のアドレスを用いて特定され、個別送信と一斉同報送信ができる。レイヤ4以下の規定はないが、一般的にはUDP/IPが使用されている。物理層は、Ethernet、Wi-Fi、Bluetooth、ZigBeeなどが採用されている。

また、ECHONET Liteは、Plug and Playにも対応している。機器はネットワークに参加したときに一斉

同報にて、自機器の情報を送信する。コントローラは、機器が必ず持っているプロパティに対して一斉同報で問い合わせることにより、接続されている機器を取得する。このように、動的な機器の接続確認が可能な通信仕様となっている。

Table 1 ECHONET Device Objects

GROUP CODE	GROUP NAME	EXAMPLE OF DEVICE
0x00	Sensor-related device class group	human detection sensor, temperature sensor, gas sensor, electric energy sensor, other 39 device
0x01	Air conditioner-related device class group	home air conditioner, ventilation, air cleaner, fan heater, other 5 device
0x02	Housing/facility-related device class group	electric lock, household solar power generation, battery, electric vehicle charge/discharge system, power distribution board metering, smart electric energy meter, general lighting, other 18 device.
0x03	Cooking/housework-related device class group	electric hot water pot, refrigerator, cooking heater, other 5 device
0x04	Health-related device class group	weighing machine
0x05	Management/control-related device class group	switch
0x06	AV-related device class group	display, television
0x07-0x0D	Reserved for future use	
0x0E	Profile class group	
0x0F	User definition class group	
0x10-0xFF	Reserved for future use	

### 2.4 宅内通信の海外動向

海外の宅内通信の標準化動向を紹介する。北米ではSEP2.0 (Smart Energy Profile 2.0), 欧州ではKNX (Konnex) という通信規格が使われている。

#### 2.4.1 SEP2.0

SEP2.0は、ZigBee Alliance が HomePlug Powerline Allianceなどと協力して策定した規格である。3章で述べる電力需要抑制を行うことを目的とした通信規格であり、電力会社が主体となって電力需要抑制を行えるように考慮されている。そのため、機器のオン・オフだけではなく、機器に対する電力需要抑制の要求や、機器側の電力需要抑制要求の受け入れ可否などを通信できる仕様となっている。HEMSのようなコントローラだけでなく、機器側が自立的に電力需要抑制に対応することを想定した通信規格であることが特徴である。

#### 2.4.2 KNX

KNXはKNX Allianceが策定している規格である。ビルオートメーションのための規格であり、空調、照

明、センサーなどの情報取得、制御が可能である。ECHONET Liteと考え方は似ているが、Plug and Playの機能はなく機器の追加時にはコントローラ側の設定が必要である。欧州でも、一般家庭というよりは、商業施設、公共施設などビルでの導入実績が多い。

### 3. HEMSの宅外通信

本章ではHEMSと宅外との通信について述べる。HEMSが宅外と通信を行うことにより、家単体ではなく地域の電力需要量の調整にもHEMSを活用できるようになる。電力需要量を調整することで、電力ピークを抑えて電力需要量を平準化することにより、計画停電を避け、発電コストも抑えることができる。

電力会社などからの電力削減要求を受け、需要家側が電力の需要量を調整する仕組みをデマンドレスポンスと呼ぶ。

デマンドレスポンスで出される情報をTable 2に示す。これらの考え方は大きく3つに分けられる。①電力逼迫時には、通常時と比べて電力料金が高くなるもの、②電力需要量抑制要求を受け入れるとリベートが受け取れるもの、③強制的に使用できる電力量を制限してしまうもの、である。

Table 2 Menu or Demand Response

MENU of DR	DETAILS	TYPE
TOU (Time of Use)	Power rates are changed by the time zone.	An electricity bill is changed.
CPP (Critical Peak Pricing)	Power rates are made very high when the peak of electric power is expected.	
RTP (Real Time Pricing)	In consideration of the peak of electric power, the power-rates table in every hour is applied.	
PTR (Peak Time Rebate)	Rebate is paid to the consumers who reduced power consumption at the peak of electric power.	Rebate is given.
DLC (Direct Load Control)	Consumers' electric appliances are directly operated at the time of the electric power demand load peak.	Electricity usage is reduced compulsorily.
Capacity change of SB (Service Breaker)	Contract current is changed.	

前記①②はユーザーに対してコストメリットを提示し、受け入れ可否を判断させることができるが、③はブレーカ容量を変更するなど強制的に電力の使用量を制限するものであり、計画停電の回避など緊急措置を想定しているものである。

HEMSは、これらの情報を受信し、ユーザーに対して通知を行うとともに、電力料金の高い時間帯に電力を使用しない機器の運転計画を立てる。例えば、蓄電池や電気自動車の充電や、ヒートポンプ給湯器の湯沸かしは電力料金の安い時間帯に充電を行い、電力料金の高い時間帯には蓄電池から放電した電力を家庭内で使い、冷房の設定温度も高めにするなどである。そして、この運転計画は2章で述べた宅内通信によって各機器に指示され、ユーザーの手を介することなく、電力の需要調整が行われることになる。

次節では、デマンドレスポンスの情報の通知方法として、スマートメーターを使用した方法と、インターネットを使用した方法について紹介する。

**3.1 スマートメーターを使用した通信<sup>2)</sup>**

スマートメーターとは、従来の電力計に代わる新しいメーターである。スマートメーターは、宅内の電力消費量を計測し、その結果を電力会社へ通知する。現在の訪問式の検針から通信による検針システムへの移行が考えられている。さらに、電力会社からデマンドレスポンス情報をスマートメーターに配信することも想定されている。

電力会社とスマートメーター間の通信をAルート、スマートメーターと宅内にあるHEMSの間の通信をBルートと呼ぶ (Fig. 3)。

Aルートは920MHz帯特定小電力無線などによる無線メッシュや、PLC (Power Line Communication)、携帯電話回線などが検討されている。BルートはECHONET Liteを使用する。ECHONET Liteでは物理層の規定はないため、PLC、920MHz帯特定小電力無線などスマートメーターによっていくつかの通信方法が採用されると考えられている。

セキュリティを担保するため、Bルートと宅内のECHONET Liteのネットワークを分ける必要がある。

**3.2 インターネットを使用した通信**

インターネットを使ってHEMSにデマンドレスポンス情報を通知する方法もある。これは、Cルートと呼ばれている (Fig. 3)。

スマートメーターを使用した通信では、デマンドレスポンス情報を配信するのは電力会社と考えられているが、インターネット通信ではアグリゲーターと呼ばれる事業者も想定されている (Fig. 4)。アグリゲーターとは、電力会社から電力需要量の調整を委託されている業者であり、電力逼迫時に電力会社からの要求通

りに需要量を調整することにより、電力会社から報酬をもらう。一方アグリゲーターは、各家庭など一般需要家と契約をしており、電力会社からの要求に応じて、各家庭への電力需要抑制の要求を行い、要求に応じた家庭へは報酬を支払い、この差額をアグリゲーター自身の利益とする。アグリゲーターにより蓄電池やPHV・EV (あるいはその充電器) などの機器単位で需要調整を行うことも可能である。

現時点では、電力会社、または、アグリゲーターとHEMSの間の通信規格は標準化の検討段階であるが、ECHONET Liteのペイロードのみを用いた通信や、北米等で採用されているOpenADRなどが候補として挙げられている。インターネットの場合も、セキュリティ上、アグリゲーターとの通信と宅内機器とのネットワークは分離する必要がある、HEMSがその橋渡しを担う。



Fig. 3 Composition of Smart Meter

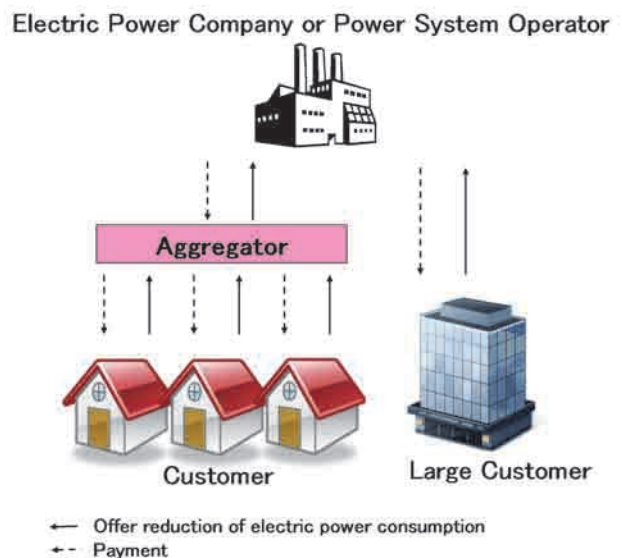


Fig. 4 Role of Aggregator

#### 4. 車両との通信

最後に、今後普及が期待されるPHV・EVとHEMS間の通信について述べる。

車両の充電は家庭の消費電力に占めるが大きく、他の宅内機器と車両の充電を同時に行うと、契約アンペアを越えてしまう可能性がある。HEMSを用いることで、契約アンペア数を増やさずとも、限られた電力の中で機器の稼動タイミングをずらしながら制御することが可能である。また、3章で述べたデマンドレスポンスでも、消費電力量の大きい車両充電は重要な制御対象となる。このため、今後HEMSによる車両の充電制御が重要となってくる。

HEMSと車両間の通信には2通りある。一つは充電器を経由して通信する方法であり、もう一つは、車両から携帯電話回線によりセンターに接続し、そこからインターネット経由でHEMSに接続する方法である。後者は車両メーカー固有の形式となるため、ここでは前者についてのみ紹介する。一般的な充電方式は、AC充電とDC充電で使用される通信規格が異なるため、それぞれについて紹介する。

##### 4.1 AC充電

現在国内車両メーカーで市販されている一般的なPHV・EVに搭載されている普通充電（AC充電）の充電規格は、IEC61851-1のMode3充電方式である。

充電ケーブルには、電源線とは別にCPLT（Control Pilot）と呼ばれる通信線を搭載しており、充電器と車両との通信を行う。充電器側は電圧値およびPWM（Pulse Width Modulation）により、車両に対して充電許容電流量を通知する。一方、車両はCPLTラインの電圧値を制御することにより、充電開始など充電モードの通知を行う。

この方式では、PWMを使用しているため、充電電力量の指示以外は伝えられない。より高度な充電制御を行うためには車両の情報が必要であり、ISO/IEC15118では、CPLTに高周波を重畳させ、高度な通信を行う方法が規格化されている。車両から電力網への通信インターフェース（課金・支払い、負荷平準化、顧客サービスなど）を対象とし、3つのパートに分けて検討が進められており、電力会社の都合だけでなく車両の都合も考慮したデマンドレスポンスへの対応ができると期待されている。

##### 4.2 DC充電

急速充電（DC充電）として日本のEVおよび、一部

のPHVに搭載されているのが、CHAdeMOの充電方式<sup>3)</sup>であり、CHAdeMO協議会が策定している規格である。

通信インターフェースには制御信号線およびCAN通信を採用している。充電器と車両間の通信は、車両内のCANのネットワークには参加しておらず、ゲートウェイで他の車載機器とは分離されており、車両の充電用ECUと充電器側の制御ユニットが一对一で通信を行う。車両との通信により、車両電池の最大電圧、電池容量や、充電器の最大出力電圧、最大出力電流なども送受信できる。

CHAdeMOは、車両から家へ電力を戻すV2H（Vehicle to Home）にも対応しており、HEMSを使って制御することにより、車両を家庭用蓄電池のように使用することも可能である<sup>4)</sup>。

#### 5. おわりに

HEMSに関連する通信技術について、HEMSと宅内機器の通信、HEMSと宅外機器の通信、電気自動車との通信という切り口で紹介してきた。

日本の電力事業は、2016年の小売自由化、2018～20年をめどに発送電の分離が計画されており、ここ数年で大きく変化すると考えられている。気象状況等で発電量が大きく変動する自然エネルギーの導入も促進され、これまで以上に系統電力の安定化が難しくなり、電力の需要家側が発電量に合わせて需要量を調整するデマンドレスポンスの導入が進むと考えられている。

デマンドレスポンスを実現するためには電力会社、家庭内の各機器、大きな電力負荷である車とHEMSをつなぐ通信が核となる。今後も各種標準化の動向を押さえつつ、エネルギーマネージメント・スマートグリッドの核となるHEMSを開発してゆきたい。

以上

<参考文献>

- 1) エコーネットコンソーシアムHP  
<http://www.echonet.gr.jp/>
- 2) JSCAスマートハウス・ビル標準・事業促進検討会  
第3回会合資料  
[http://www.meti.go.jp/press/2013/05/20130515004/  
20130515004.html](http://www.meti.go.jp/press/2013/05/20130515004/20130515004.html)
- 3) CHAdeMO協議会HP  
<http://www.chademo.com/wp/japan/>
- 4) 中井有紀：技術総合誌OHM，第99巻，2012年12月号，p.50

---

<著者>



中井 有紀  
(なかい ゆき)  
技術開発センター  
マイクログリッド事業開発室  
豊田市実証・新宿実証プロジェクトに従事



榊原 久介  
(さかきばら ひさよし)  
空調冷熱技術2部 製品開発室  
HEMS開発に従事