

# Smart Energyにおける 無線センサネットワークの活用

佐藤 範之 福井 潔

OKIでは省エネルギー社会を実現するために必要となる省電力ルーティング方式などのセンサネットワーク技術の研究開発を行っている。近年このセンサネットワーク技術をきめ細やかな省エネルギー制御実現のために利用する動きが世界各地で盛んになってきている。とりわけ北米ではEISA2007（2007年エネルギー独立安全保障法）の策定によりNISTを中心にしてSmart Gridの標準化やフレームワーク策定が急速に進められている。Smart Gridはエネルギー消費を抑えるためにデジタル技術を使って効率的に電力供給者から消費者に電力を配送するものである。仮にSmart Gridによって米国の5%の電力が効率化すると自動車5300万台の排出するCO<sub>2</sub>を削減することに相当する<sup>1)</sup>といわれている。このSmart Gridを宅内の家電機器に取り付けられたセンサネットワークと相互接続するためにセンサネットワークの標準であるZigBee<sup>\*1)</sup>ではSmart Energy Profileが策定された。本稿ではZigBeeによるSmart EnergyとSmart Gridに関する標準化の動向をまとめる。

## ZigBee Smart Energy Profile

### (1) ZigBee Smart Energy Profileの標準化

ZigBeeはZigBee Alliance Inc.で規格化が進められている省電力、低コストを追求した無線センサネットワークの通信規格である<sup>2)</sup>。OSI参照モデル上の物理層、MAC層の通信規格であるIEEE802.15.4の上で動作するネットワーク層、トランスポート層相当の通信手順と、特定アプリケーション向けのデータ交換フォーマットなどを規定しているアプリケーションプロファイルなどを規定している。

ZigBee Allianceは2008年6月にSmart Energy Profileを公開した。Smart Energy Profile策定の背景には、家庭内機器を制御するための通信プロトコルに対するユーティリティ会社（電力、ガス、水道などの会社）の非常に大きなニーズがあり、スマートメータのベンダ、ユーティリティ会社から多くの参画があった。

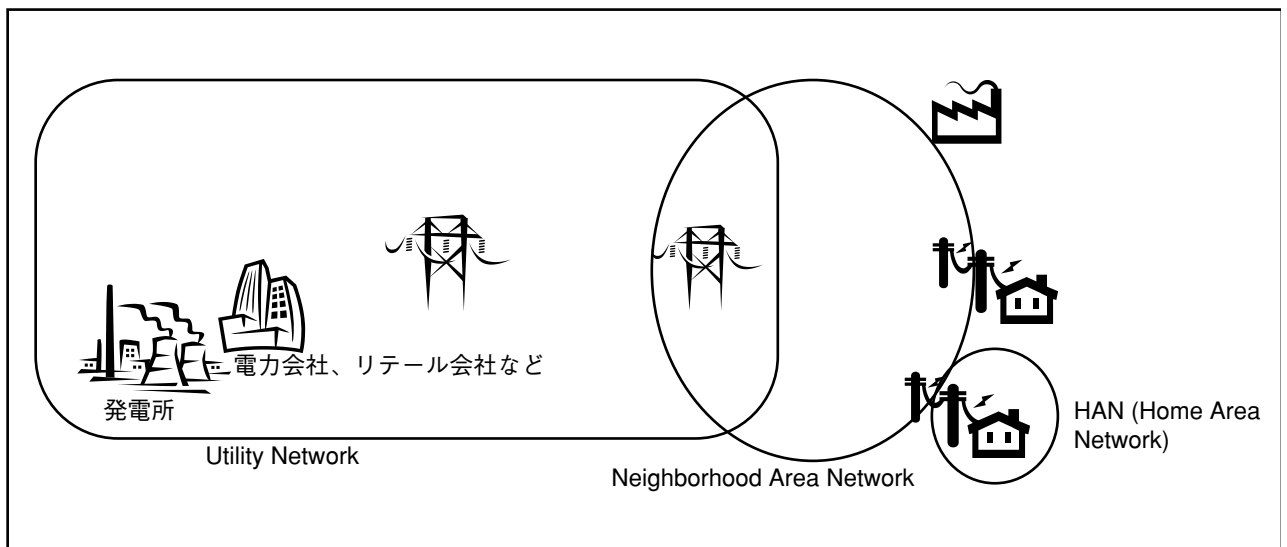


図1 電力会社と家庭内ネットワーク（HAN）の概念図

\* 1) ZigBeeはZigBee Alliance Inc.の登録商標です。

(2) ネットワーク構成

図1は電力会社と家庭内ネットワーク（HAN）の概念図である。ZigBeeは主に家庭内におけるエアコン、ヒートポンプなどの家電機器や検針メータに取り付けられ、家庭内でZigBeeによるセンサネットワークを構成し、電力会社の所有するユーティリティネットワークと接続して、家庭内の各機器と電力会社との双方向通信機能を提供する。

(3) 提供機能

ユーティリティ会社と家庭内の機器との双方向通信機能の提供によって、次にあげる機能を可能とする。

① Demand Response（需要応答）機能

ユーザーが電力会社の提供するDemand Responseプログラムに加入すると、リアルタイムにDemand Responseイベントが電力会社側から発行され、需要が多い時には値段が高くなり、供給が多い時には値段が安くなる。たとえば風力発電による供給がある時間帯に電気自動車への充電を自動的に行うということが可能になる。電力会社側にはピーク電力を分散できるメリットがある。実際にサービスを提供している電力会社はプログラムに加入したユーザーには価格などのインセンティブを提供しているようである。Demand Responseプログラムに加入していても、たとえば来客があるのでエアコンを電気料金問わずに動作させたい場合など、必要に応じて一時的にプログラムからはずれて使用することも可能になっている（図2）。

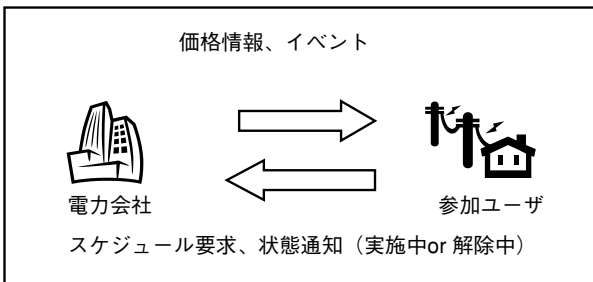


図2 Demand Response機能

② In-premise Display（宅内組込ディスプレイ）

検針機能のついた各機器から使用電力の情報を集め、電力会社の提供する価格情報を基に、現在の使用電力や価格をリアルタイムにユーザーに提供する。可視化によってユーザーの節電行動への効果が期待される。また、電力会社の提供するDemand Responseプログラムへの参加や、一時的な解除などのユーザーとの双方向のインタフェースを提供することもできる（図3）。

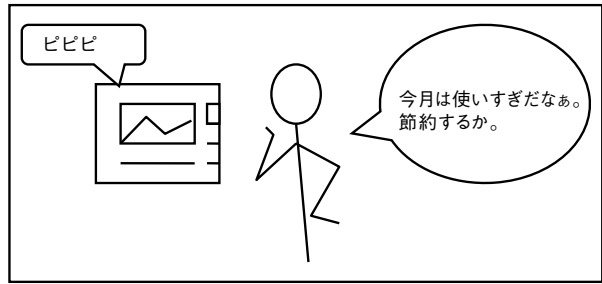


図3 In-premise Display

③ Load Control（負荷制御）

電力の供給が足りないときに電力会社側からLoad Controlイベントが発行され、エアコンの温度を上げたり、優先度の低い機器への電力供給を止めたりして、ユーザー側の機器の消費電力量を制御する機能である。実際には任意加入で、必要なときにはユーザーが手動で機器への電力供給を再開することができるようになっている（図4）。

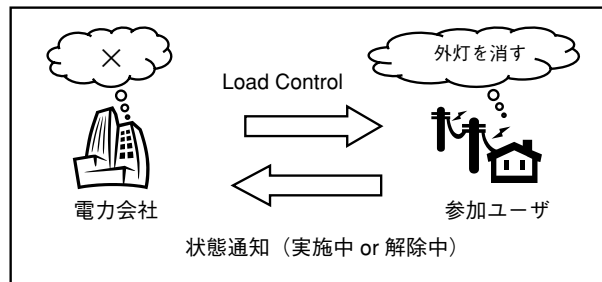


図4 Load Control

④ Smart Appliance（知的装置）

Demand ResponseやLoad Controlは電力会社との相互作用で実現するものであるが、Smart Applianceは宅内の電気の使用状況や電力会社の提供する価格情報を解析して使用電力量や電力料金が低減されるように制御する装置として定義されている。ZigBee Smart Energyプロファイルではインタフェース仕様のみ定義されていて、動作やアルゴリズムはベンダ依存となっている（図5）。

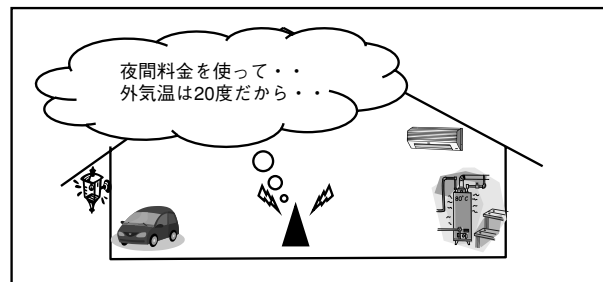


図5 Smart Appliance

## ⑤ 拡張予定の機能

2008年12月時点で公開されている仕様では電力のプリペイド機能や高度な検針機能は予約だけされていて、未定義となっている。今後拡張される予定である。

## ⑥ その他

ZigBee Smart Energyプロファイルは主に電力の検針、制御機能を提供しているが、そのほかに水道、ガスの検針結果やCO<sub>2</sub>排出量などの情報の伝達機能も提供している。米国では日本と異なり、電力とガスの両方を扱う会社が存在する。既にガスメータに組み込まれたZigBeeの認証商品も存在している。

## 北米におけるEISA2007とNISTの役割

EISA2007ではTitle XIII, セクション1305においてNISTの役割を次のように定義している<sup>3)</sup>。

「Smart Gridデバイスやシステムの相互接続性を達成するために、情報マネジメントのためのプロトコルや基準となる標準を含むフレームワークの策定をコーディネートすることを優先的責務とする。」

さらに、米国エネルギー省 (DOE) においては、Smart Grid Task Forceが結成され、NISTのSmart Grid Working Groupと連携してSmart Gridが推進されている。また並行して、ユーティリティ会社、スマートメータベンダはUtilityAMIという業界団体をつくり、標準化を推進している。

このように北米では、政府、業界ともに国内におけるSmart Gridを推進しており、その実現のために現在使われているメータをSmart Grid対応のSmart Meterに置き換える市場が注目されており、その数は、5年間で100万台ともいわれている、非常に大きな市場である<sup>4)</sup>。

## 関連する標準化団体と動向

関連する標準化団体として、IEC、ANSI、IEEE、ZigBee Allianceが挙げられる。以下では、それぞれの動向を解説する。

### (1) IEC

IEC TC (Technical Committee) 57でSmart Gridに関する標準を策定している。既に策定している標準としては、IEC61850, 619870, 61968などがある。IEC61850は発電所、変電所内の通信ネットワークおよびシステムのアーキテクチャを規定し、IEC619870, 61968

\*2) HomePlugはHomePlug Alliance Inc.の登録商標です。

ではCIM (共通情報モデル) にてコンポーネントのインタフェース定義をしている。

### (2) ANSI

ANSIではスマートメータ間の通信プロトコルを標準化している。ANSI C12.19 (Utility Industry End Device Data Tables) でメータ内のデータテーブルの抽象化と共通フォーマットの定義を行っている。ANSI C12.18 (Protocol Specification for ANSI Type 2 Optical Port), C12.21 (Protocol Specification for Telephone Modem Communication) では赤外線ポートやモデムによるPoint-to-Pointの通信プロトコルを規定している。ANSI C12.22 (Protocol Specification for Interfacing to Data Communication Networks) ではさらにネットワーク上の通信プロトコルを規定している。C12.22はC12.19を参照していて、C12.19で定義されているデータテーブルやフォーマットをC12.22で規定されている通信手順に従って伝送するように策定されている。C12.19, C12.22はそれぞれ2008年12月に改定される模様である。

### (3) IEEE

IEEE802.15.4gとして、Smart Utility Networkのための物理レイヤMACレイヤの標準化が検討されている(2008年12月現在)。メッシュネットワークの技術を使って半径数キロメートルのエリアのHome networkを集約し、Utility Networkに接続することを想定している。IEEE802.11よりも遅延を許容する一方で、通信距離、信頼性を向上させ、IEEE802.15.4と比較してフレームサイズの大きなフレームをIEEE802.15.4を拡張することによって扱えるようにしようとしているが、まだ要件の整理が開始された段階である<sup>5)</sup>。

### (4) ZigBee Alliance

ZigBee Allianceは、宅内のPLC (Power Line Communication:電力線通信) の標準化を進めているHomePlug<sup>\*2)</sup> Alliance と、Smart Energy分野のHANにおける共通のアプリケーションレイヤの標準を策定することを2008年8月に発表した<sup>6)</sup>。これは先行して策定中のSmart GridにおけるHANの標準仕様である、ZigBee Smart EnergyプロファイルをベースラインとしてHomePlugの機器とシームレスに相互接続を行いSmart Gridに利用することを目的にしている。

## 北米以外の各国の動向

スウェーデンでは前述したユーティリティネットワークにスマートセンサネットワーク技術であるZigBeeを適用したという報告がある<sup>7)</sup>。また、イタリアでは2000年にENEL Telegestoreプロジェクトにおいて、2700万台のスマートメータを21億ユーロ投資して設置し、年間500万ユーロのコスト削減につながったとの報告がある<sup>8)</sup>。

北米、欧州だけではなく、オーストラリア、中国、インドなどでもMetering展示会の中で、無線センサネットワークのSmart Energyへの適用が取り上げられており、各地で盛り上がりを見せている。

## ま と め

ZigBee AllianceにおけるSmart Energyプロファイルの標準化動向と共にSmart Gridに関する周辺の標準化動向を報告した。OKIの保有するZigBeeに代表される無線センサネットワークや、センサネットワークを通じて集めた情報から意味のある情報を抽出するコンテキストウェア技術、さらにそれら情報を活用して機器を適切に制御する省エネルギー技術は、今後Smart Grid関連領域への適用が大いに期待されている技術である。 ◆◆

## 参考文献

- 1) L.D. Kannberg, M.C. Kintner-Meyer, D.P. Chassin, R.G. Pratt, J.G. DeSteele, L.A. Schienbein, S.G. Hauser, W.M. Warwick : GridWise: The Benefits of a Transformed Energy System, Pacific Northwest National Laboratory under contract with the United States Department of Energy, p.25. (2003-9)  
URL:<http://www.pnl.gov/energy/eed/etd/pdfs/pnnl-14396.pdf>
- 2) ZigBee Alliance Inc.: ZigBee Smart Energy Public Application Profile (2008)  
URL:[http://www.zigbee.org/en/spec\\_download/download\\_request\\_se.asp](http://www.zigbee.org/en/spec_download/download_request_se.asp)
- 3) Gerald J. Fitz Patrick (NIST) : NIST Roles under 2007 EISA on Smart Grid Networks, IEEE P802.15 Working Group (2008-7)
- 4) Chris Knudsen (Pacific Gas & Electric) : Utility view of NAN drivers and requirements, IEEE P802.15 Working Group (2008-7)
- 5) Geroge Flammer: Wireless Neighborhood Area Networks - WMAN, IEEE P802.15 Working Group (2008-7)  
URL:[http://www.ieee802.org/802\\_tutorials/index.html](http://www.ieee802.org/802_tutorials/index.html)
- 6) URL:<http://www.zigbee.org/en/press/index.asp>

(2008-12参照)

7) Tomas Arnewid : Goteborg - The First ZigBee City?, ZigBee Alliance Paris Open House (2007-5)  
URL:[http://www.zigbee.org/en/events/documents/May2007\\_Open\\_House\\_Presentations/01\\_Keynote\\_Arnewid.pdf](http://www.zigbee.org/en/events/documents/May2007_Open_House_Presentations/01_Keynote_Arnewid.pdf)

## ● 筆者紹介

佐藤 範之 : Noriyuki Sato. 研究開発センタ ユビキタスシステムラボラトリ パーソナルエリアネットワーク研究チーム  
福井 潔 : Kiyoshi Fukui. 研究開発センタ ユビキタスシステムラボラトリ パーソナルエリアネットワーク研究チーム