

# スマートグリッドを支えるネットワーク技術

嶋田 博\*  
中瀬卓也\*\*  
武田 博\*\*\*

## Network Technologies for Smart Grid Application

Hiroshi Shimada, Takuya Nakase, Hiroshi Takeda

### 要 旨

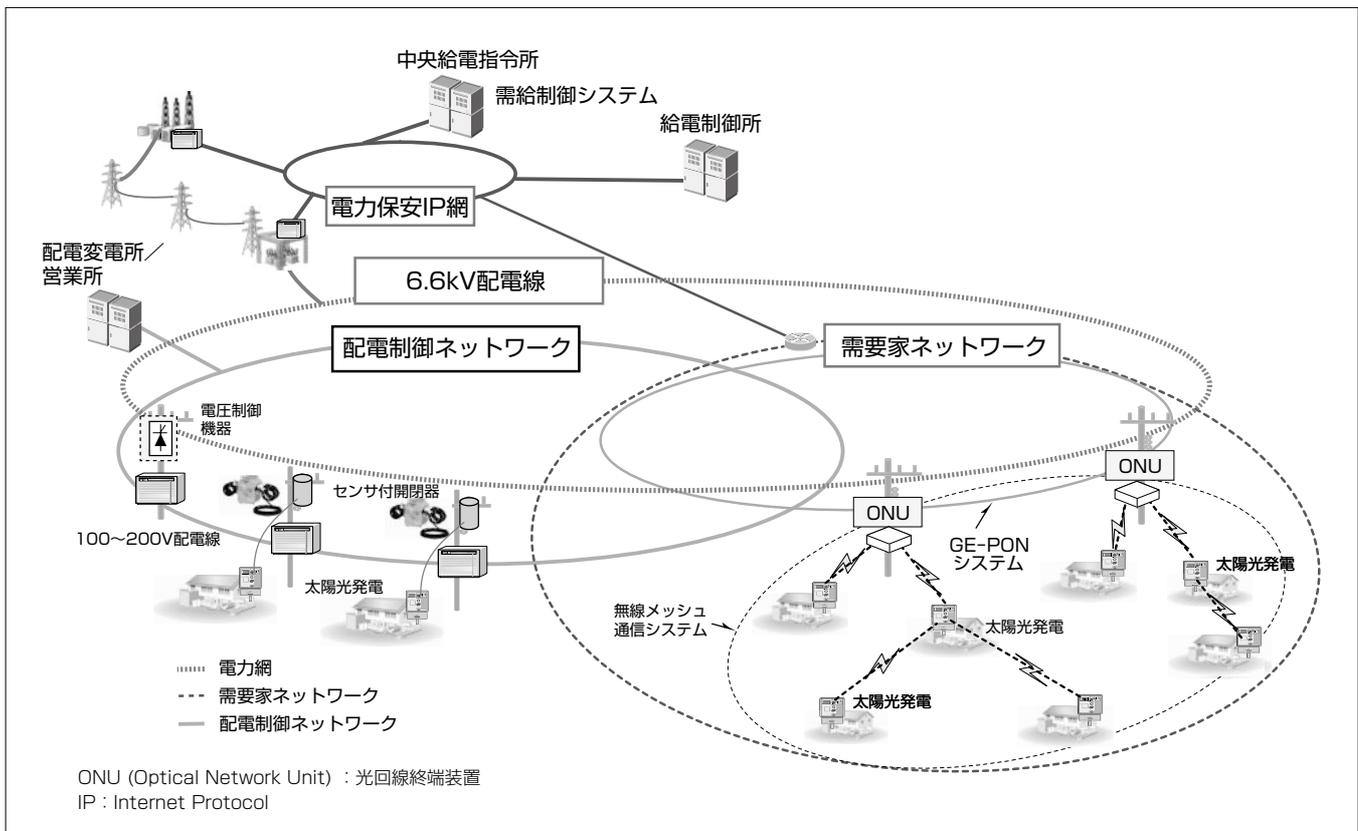
日本においては、太陽光発電が、主に住宅や公共施設の屋根に設置されていく。この結果、天候によって発電量が左右される分散電源が、配電網(6.6kV以下の電力網)に大量に接続されることになる。このときに発生する主な問題としては、(1)、(2)に示すものがある。

- (1) 逆潮流が発生し負荷端の多地点で電圧上昇が発生することになり、配電網において、変電所から負荷に向かってリニアに電圧が降下する前提で整備されている電圧調整の設備では、電圧規定値に収めることが困難
  - (2) 経験値のかつ、統計的な需要予測値と、地域単位で計測している電力消費量を基に行ってきた需給制御が困難
- (1)では、配電網の電圧を負荷端の各地点で計測し、無効

電力を最適に制御することが必要となり、このための通信ネットワークが求められる。これを配電制御ネットワークと呼ぶ。

(2)では、需要側の電力消費量を木目細かく計測することが必要となり、このための通信ネットワークが求められる。これを需要家ネットワークと呼ぶ。

三菱電機では、自社内にスマートグリッド実証サイトを構築して実証実験を2010年5月より開始した。実証サイトでは、当社が保有する多様な通信技術をベースに、再生可能エネルギーの導入が進む2020年の電力の送配電網に求められる需要家ネットワーク、配電制御ネットワークを実現している。



### スマートグリッドを支える通信ネットワーク構成例

配電制御ネットワークは、故障からの自動復旧制御のための開閉器、電圧値を計測する電圧センサ(通常、開閉器に内蔵される)、遠隔からの電圧制御を実現する電圧制御機器が接続される。

需要家ネットワークは、各需要家から電力消費量を収集するための無線メッシュ通信システムと、そのシステムによって収集した電力消費量を高速に伝送するGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)システムで構成される。

## 1. ま え が き

天候に左右され発電量が大きく変動する再生可能エネルギーを活用しつつも、安定的な電力供給を行うスマートグリッドでは、配電網での配電電圧の適正值維持を行う配電制御ネットワーク、電力の需給制御のための電力消費量の計測を行う需要家ネットワークの整備が必要である。

本稿では、この二つの通信ネットワークに関する当社の取り組みについて述べる。

## 2. スマートグリッドとしての通信ネットワーク

### 2.1 配電制御として求められる要件

配電システムにおいては、故障からの自動復旧制御を行うための通信ネットワーク(以下“配電自動化ネットワーク”という。)が整備されてきた。主たる用途は、時限的にある区間での開閉器の投入制御であり、通信速度600~1,200bpsのマルチドロップペア線によって構成される。

一方、配電網に再生可能エネルギーが大量に接続されると、逆潮流によって不規則な電圧上昇を生じ、電気事業法で定められた電圧許容幅(101±6V, 202±20V)の範囲内に電圧値を常に維持するため、従来の故障からの自動復旧制御に加え、配電網の電圧値を面的に収集し、遠隔から電圧制御を行える高速な通信ネットワークの整備が必要である。

図1に、この通信ネットワーク(以下“配電制御ネットワーク”という。)の構成例を示す。このネットワークが制御対象とする設備は、従来から整備されている、故障からの自動復旧制御のための開閉器に加え、電圧値を計測する電圧センサ(通常、開閉器に内蔵される)、遠隔からの電圧制御を実現するSVR(Step Voltage Regulator), SVC(Static Var Compensator), SVG(Static Var Generator)等である。

当社では、配電制御ネットワークについて、高速な通信を実現する通信機器を開発中である。

### 2.2 電力の需給制御として求められる要件

電力システムの基幹系統と呼ばれる送電網では、高信頼な自営通信網が整備されている。需給制御では、気象状況(気温, 湿度, 天候)や過去の電力需要データ等から得られた日々の電力需要予測値と、地域単位で計測している電力消費量を基に発電量を制御しており、この通信網が重要な役割を果たしている。

一方、多くの需要家が太陽光発電を導入する、又は一般家庭の一日の消費電力相当の蓄電池を保存する電気自動車が普及すると、需要予測の結果とは異なる電力消費パターンが想定されるため、日々の電力需要

状況を精度良く見積もることができず、これまでの需給制御では対応困難になると考えられている。

このため、各需要家から電力消費量を計測し、これらを基に需給制御を行える高速な通信ネットワークの整備が必要になると考えている。図2に、この通信ネットワーク(以下“需要家ネットワーク”という。)の構成例を示す。

このネットワークは、各需要家から電力消費量を収集するための無線メッシュ通信システムと、そのシステムにより収集した電力消費量を高速に伝送するGE-PONシステムで構成される。

需要家ネットワークの基本用途は、30分ごとの電力消費量を計測する自動検針である。将来的には、需要家による賢い電気利用のための電力利用状態の見える化、計画停電リスク低減のための需給制御高度化、省エネルギー支援等の新サービス提供が求められていくと考える。

## 3. 三菱電機の取り組み

### 3.1 配電制御ネットワーク

前述のように、故障からの自動復旧制御を行うための配電自動化ネットワークでは、配電線に沿ってマルチドロップペア線が敷設されており、その通信速度は600~1,200bps程度である。

当社は、低コストかつ短時間で高速な通信網を構築するため、既存のマルチドロップペア線を用いて、ノイズに強く、かつ高レートでのデータ伝送を可能とするOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)変調方式で通信を行うモデム装置(以下“配電制御用OFDMモデム”という。)を開発中である。配電制御用OFDMモデムの仕様を表1に、配電制御ネットワーク構成例を図3に示す。

この配電制御用OFDMモデムでは、表1に示す仕様と、IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)1901に採用された、親機と子機間の確実な通信を行うダイナミックポーリングTDMA(Time Division Multiple

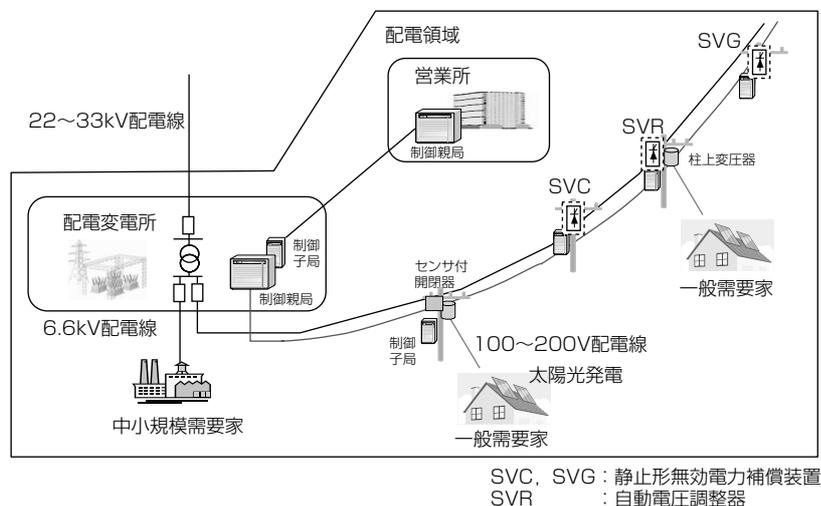


図1. 配電制御ネットワークの構成例

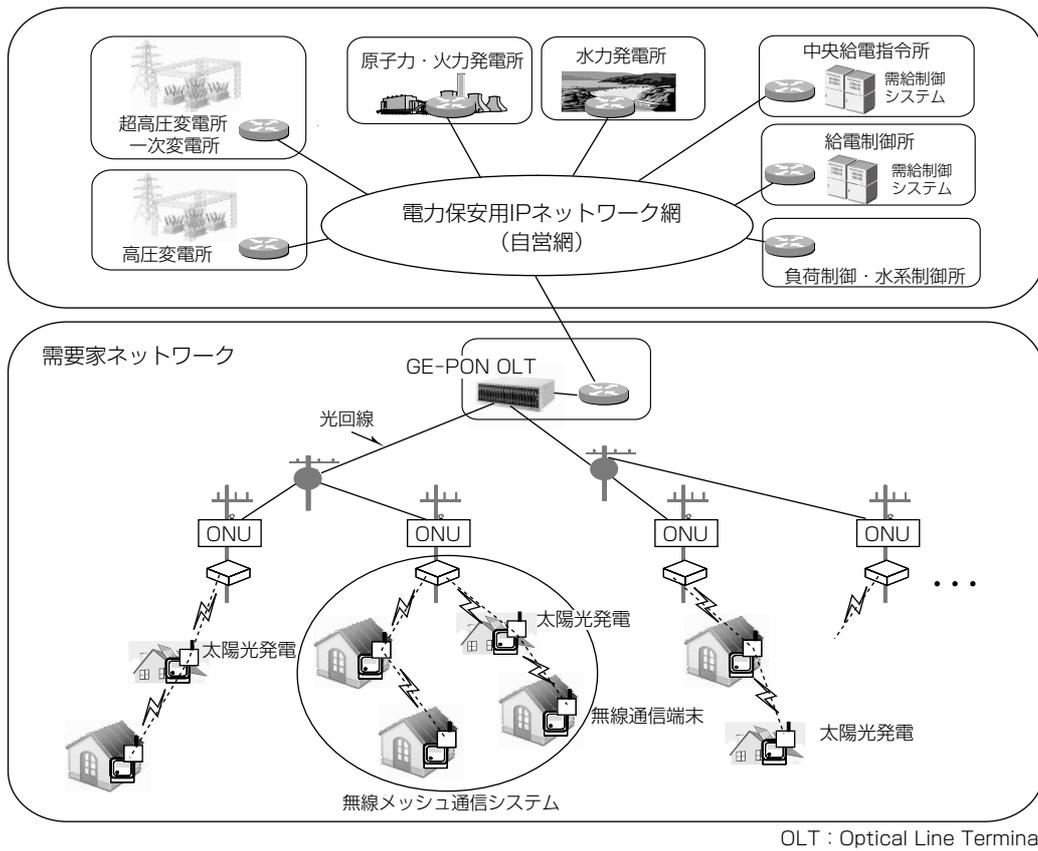


図 2. 需要家ネットワークの構成例

表 1. 配電制御用OFDMモデム仕様

| 項目         | 仕様              |
|------------|-----------------|
| 変調方式       | 適応変調OFDM        |
| 最大伝送距離     | 無中継10km, 中継40km |
| 最大物理速度     | 2 Mbps          |
| 子機接続台数     | 100台            |
| 全子局データ収集時間 | 10秒以内           |

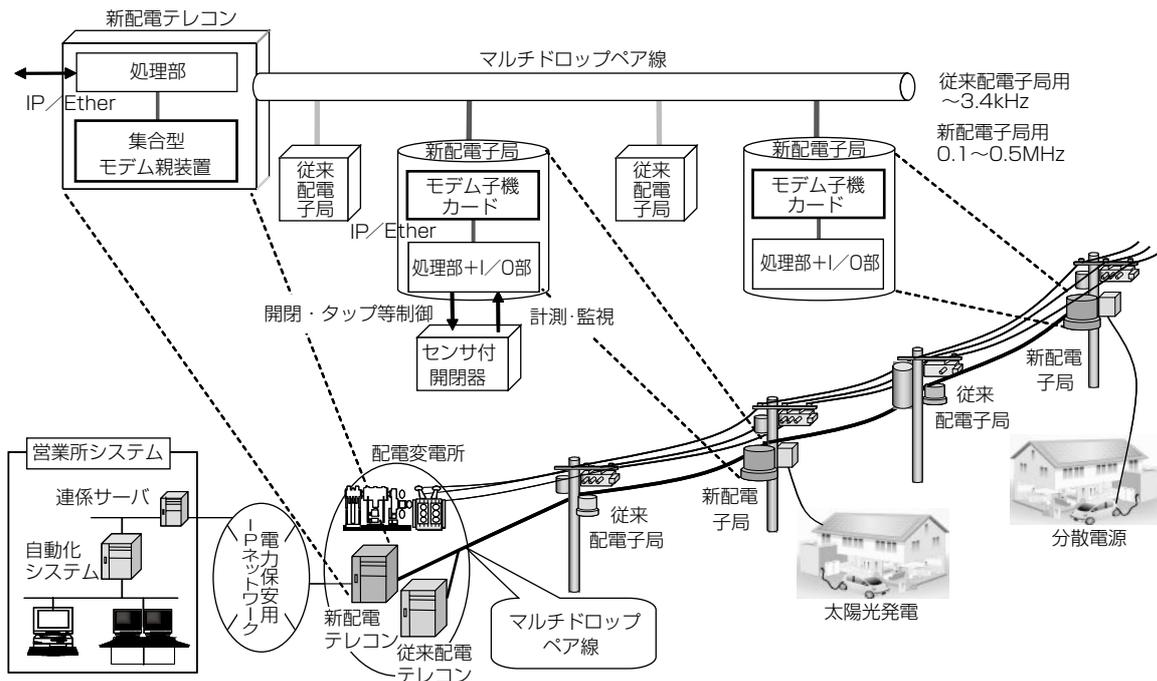


図 3. 配電制御ネットワーク構成例

Access)方式を実現するため、当社が開発した通信LSI (Large Scale Integration) “MAICOD (Mitsubishi Access & Infrastructure Communication Device)”を採用している。

配電制御ネットワークでは、配電制御用OFDMモデムは、配電変電所に配置される遠隔監視制御局(新配電テレコン)内に親機と、配電網のある柱上に配置される被制御局(新配電子局)内に子機が設置される。また、従来からの配電自動化ネットワークでは3.4kHz以下の周波数帯域が利用されており、このモデムが利用する100kHz以上の周波数帯域と重ならないため互いに干渉せず通信可能である。つまり、従来からの配電自動化システムの運用を継続しつつ、新ネットワークに移行することが可能である。

### 3.2 需要家ネットワーク

#### 3.2.1 GE-PONシステム

需要家ネットワークでは、数百万から数千万の需要家からの電力消費量の収集に加えて、今後、停電リスクの低減のための需給制御の高度化、省エネルギー支援の新サービス提供等のため、供給側と需要側の間で、より詳細な情報のやり取りが想定されることから、GE-PONのような大容量データの高速度伝送を特長とするシステムが求められると考える。

需要家ネットワークへのGE-PONシステムの適用例を図4に示す。ここでは、無線メッシュ通信システムにより収集される各需要家からの電力消費量を、需要地点から供給地点へ高速に送信するための通信ネットワークとしてGE-PONシステムを活用する。

当社のGE-PONシステムは、主にブロードバンド通信市場において、国内出荷量としてシェアNo.1<sup>(注1)</sup>の実績があるが、ブロードバンド通信では屋内設置を前提としたONU(Optical Network Unit)を利用しており、今般、需要家ネットワーク向けに、屋外設置向けのONU装置の開発を行った。

ONUの主な特長は次のとおりである。

- (1) 柱上への設置を考慮し、筐体(きょうたい)の小型化を実現
- (2) 広温度範囲対応光送受信機を搭載、放熱対策として金属筐体を適用し、屋外設置による厳しい温度条件(-10~60℃)での動作を保証

- (3) 雷サージ対策を強化し、落雷による故障を防止
- (4) 低消費電力ICの採用、ACアダプタの力率改善によって待機時省電力化を実現(7VA以下)

(注1) 2010年、当社調べ

#### 3.2.2 無線メッシュ通信システム

すべての需要家との間で新設する通信ネットワークとしては、有線通信システムと比較して低コストかつ短期間で構築可能な無線通信システムの適用が考えられる。さらに、需要家に設置する無線通信端末としては低消費電力化が求められることから、無線通信端末の送信出力を抑えられる無線メッシュ通信システムが有望である。

図5に、無線メッシュ通信システムの構成例を示す。一般的に、無線メッシュ通信システムにおいては、無線通信端末が、自律的に、通信経路を構築してデータを送信する。当社では、特定小電力無線を用いて500軒の30分間隔の

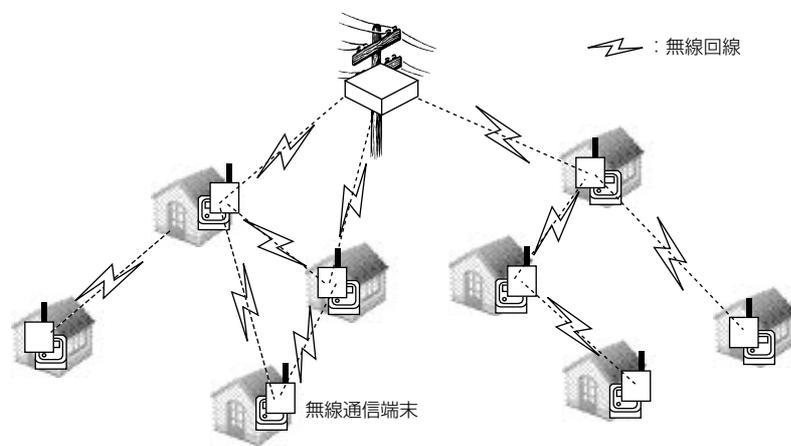


図5. 無線メッシュ通信システムの構成例

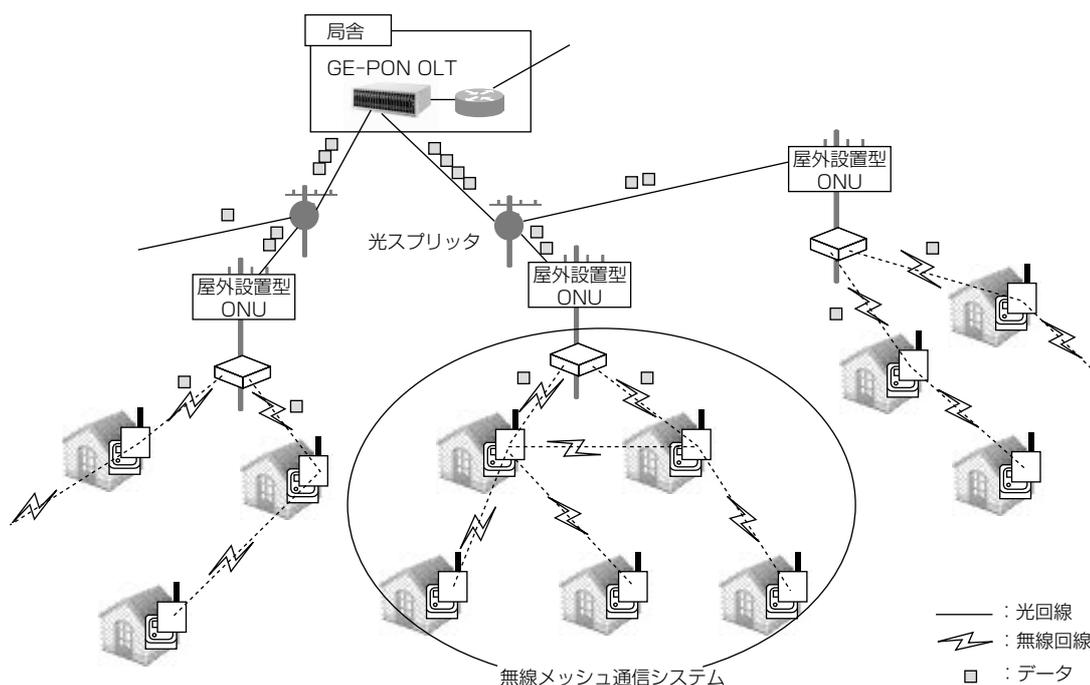


図4. 需要家ネットワークへの適用例

自動検針を実現する無線メッシュ通信試作システムを開発し、2010年5月より開始したスマートグリッド実証実験において、そのシステムの動作を検証している。このシステムの主な課題は次のとおりである。

#### (1) 無線帯域活用の効率化

システムを構成する無線通信端末が多くなると、各無線通信端末からの通信タイミングが重なり衝突する確率が高まり、衝突による不到達信号及びそれを補う再送信号が増加し、無線ネットワークの有効スループットが低下してしまう。近距離通信による省電力性を損なわずに、無線帯域を効率的に活用可能なトラフィック制御技術が必要となる。

#### (2) 障害発生時の通信経路再構築の効率化

無線メッシュ通信システムでは、無線環境の変動による通信障害発生時、すべての無線通信端末が自律的に障害を検知して通信経路の復旧処理を行う。このとき、システムを構成する無線通信端末が多くなると、復旧までに時間がかかってしまう。メッシュを構成する端末数が多くても、通信経路再構築にかかる時間が増大しない経路制御技術が必要となる。

### 4. む す び

スマートグリッドを支える通信ネットワークとして、多

くの需要家が再生可能エネルギー電源を導入することによって必要となってくる配電制御ネットワーク、需要家ネットワークの要件を説明し、これらの通信ネットワークに関する当社の取り組みについて述べた。

今後も、当社が保有する多様な通信技術とスマートグリッド実証実験などで得た知見を基に、事業へ向けた通信ネットワークに関する技術開発を進めていく。

### 参 考 文 献

- (1) 福井伸太：21世紀の電力流通を支える最新技術，三菱電機技報，**83**，No.11，672～676（2009）
- (2) 三菱電機広報：スマートグリッド実証実験「自動検針用無線メッシュネットワーク技術」  
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2011/0216-a.html>
- (3) 長瀬平明：暮らしを支えるネットワークの現状と展望，三菱電機技報，**83**，No.6，352～356（2009）
- (4) Shimada, H.: A NEW NETWORK SYSTEM UTILIZING HIGH SPEED PLC TECHNOLOGY, CIGRE SCD2, D2-03 B03（2009）
- (5) 水谷良則，ほか：産業用電力線通信LSI及び装置，三菱電機技報，**82**，No.11，715～719（2008）