

## 東京電力パワーグリッド(株) スマートメーター通信システムの構築と運用

Construction and Operation of Communication System for Smart Meter System of TEPCO Power Grid, Inc.

石間 光英 ISHIMA Mitsuhide 寺井 清之 TERAJ Kiyoyuki 荻田 能弘 OGITA Yoshihiro

各家庭の電力使用量の検針業務を効率化し、電気利用状況の可視化を可能にするスマートメーターの導入が電力会社で進められている。東京電力パワーグリッド(株)のサービスエリア全域では、2020年までに2,910万台の設置が予定されている。

東芝エネルギーシステムズ(株)は、スマートメーターシステムの基盤となる通信システム部分のシステムインテグレーターとして、スマートメーターに実装される通信部、スマートメーターからのデータを集約するコンセントレーター、及びスマートメーターのデータ収集と通信制御を行うヘッドエンドシステムを開発し納入している。対象となる全てのスマートメーターを対象に、安全で高品質の通信が求められることから、国際標準規格に準拠するとともに、無線マルチホップ方式や、データ欠損時の自動再収集技術、最適通信経路制御方式など、様々な技術を採用した。また、PDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルの継続・反復でネットワーク品質の改善を図る運用によって、99%以上の高い接続率を実現している。

The movement toward the introduction of smart meters that can improve the efficiency of metering of electricity consumed in individual homes and visualize electricity usage conditions has recently been accelerated by electric power companies. The installation of smart meters throughout the entire service area of TEPCO Power Grid, Inc., comprising approximately 29.1 million homes, is scheduled to be completed by 2020.

As an integrator of the communication system that serves as a platform for the smart meter system of TEPCO Power Grid, Inc., Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation has developed and been supplying equipment for this purpose. This equipment includes a smart meter communication unit that is implemented in each smart meter, a concentrator that collects smart meter data, and a head end system that consists of a network device and servers to process large volumes of data in conjunction with the meter data management system (MDMS). To satisfy the requirements for safe and high-quality communication of smart meters, the communication system complies with international standards and employs the following technologies: (1) wireless multihop networks, (2) a technology for the automatic re-collection of missing data, and (3) an optimal route control method. Furthermore, continuous repetitions of plan-do-check-act (PDCA) cycles to improve network quality have achieved a high network connection rate exceeding 99%.

### 1. まえがき

東京電力パワーグリッド(株)は、スマートメーターシステムを活用した遠隔検針などの業務を、2015年7月にサービスエリア全域で開始した。スマートメーターは、2014年4月から需要家宅への設置が開始され、2020年までにエリア全世帯にあたる2,910万台が設置される予定である。

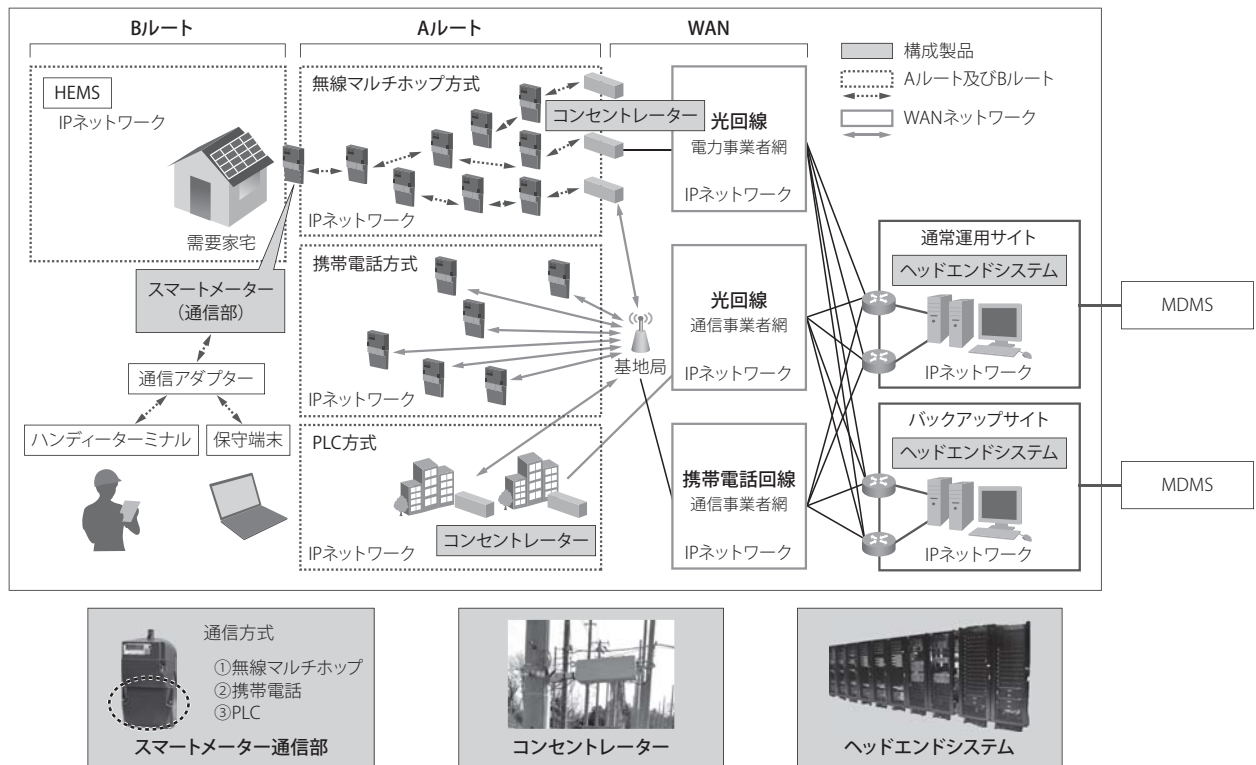
東芝エネルギーシステムズ(株)は、このスマートメーターシステムの基盤となる通信システム部分(スマートメーター通信システム)を手掛けており<sup>1)</sup>、システムインテグレーターとして、システム構築全般の管理・運営を担当するとともに、

システムを構成する製品を開発して納めている。

ここでは、世界最大規模となるスマートメーター通信システムの概要と、ネットワーク品質改善に向けたシステムインテグレーターとしての取り組みについて述べる。

### 2. スマートメーター通信システムの概要

スマートメーター通信システムは、需要家宅に設置されたスマートメーターから、30分ごとの電力使用量(30分検針値)や運用管理に関するイベントを収集し、メーターデータ管理システム(MDMS)と連携している。また、遠隔からスマートメーターの設定や制御を行う機能を提供する。システ



IP: Internet Protocol

図1. スマートメーター通信システムの概要

構成製品としてスマートメーター通信部、コンセントレーター、及びヘッドエンドシステムを納めている。設置場所の条件によって、無線マルチホップ方式、携帯電話方式、及びPLC方式の3種類から最適な通信方式を選択できる。

Overview of communication system for smart meter system of TEPCO Power Grid, Inc.

ムの構成と特徴について、以下に述べる。

## 2.1 システム構成

スマートメーター通信システムは、スマートメーター通信部、コンセントレーター、及びヘッドエンドシステムから構成される(図1)。

### 2.1.1 スマートメーター通信部

スマートメーターに実装する基板に通信部が搭載されている。スマートメーター内部の計量部と通信を行うとともに、Aルートと呼ばれるヘッドエンドシステムとの通信と、Bルートと呼ばれるHEMS (Home Energy Management System)との通信を行う。

Aルートについては、様々な立地の建物に設置された環境下で最適な通信方式が選択できるよう、次の三つの通信方式に対応している。

- (1) 無線マルチホップ方式 スマートメーター間で中継し合い、バケツリレー方式で通信を行う。比較的出力の920 MHz帯の無線を使用する。メーター間の距離

が長くなる低密度のエリアには適さないが、密集した都市部で有効な方式で、通信費を抑えられる。

- (2) 携帯電話方式 携帯電話回線を使用する。郊外や山間部でも安定した通信が可能である。

- (3) PLC (Power Line Communication)方式 電力線を通信回線として使用する。高層の建物や電波遮断の問題がある地下室など、無線通信が困難な集合住宅などで有効である。

### 2.1.2 コンセントレーター

無線マルチホップ方式の適用時において、AルートとWAN (広域通信網)の間のゲートウェイとして、スマートメーターとヘッドエンドシステム間の通信を中継する装置である。

### 2.1.3 ヘッドエンドシステム

スマートメーターから30分検針値や各種イベントデータを収集し、MDMSへデータ連携を行うシステムであり、サーバー及びネットワーク装置で構成される。スマートメーター設置台数の拡大に合わせて、処理のボトルネックとなるサー

バーをスケールアウトし、最終的には、対象となる全てのスマートメーターに対する処理能力を十分に確保できるよう機能分散構成を取る。

災害に備えて遠隔地にあるバックアップサイトとの間で、リアルタイムにデータ同期を行っている。スマートメーターと双方向で通信し、スマートメーターを管理するほかに、ネットワークの監視・管理も行う。

## 2.2 収集率向上に対する技術

30分検針値は、電気使用料金の算定にも使用される業務上重要なデータである。30分検針値の収集率を向上させ、維持するための主要技術は次のとおりである。

- (1) 欠損時の自動再収集 ヘッドエンドシステムで収集されるまでの間に欠損したデータを、独自のアルゴリズムに基づいて、通信量を抑えながら個別に再収集する。
- (2) 最適通信経路制御 無線マルチホップについては、ルーティングプロトコルにRPL (IPv6 (Internet Protocol version 6) Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) 方式を採用しており、コンセントレーターへの経路に障害が発生したときは、自動で最短の迂回(うかい)路を選択し、通信を継続する<sup>(2)</sup>。
- (3) メンテナンス作業による影響の低減 ヘッドエンドシステムの停止を伴うメンテナンス作業中は、ヘッドエ

ンドシステム内の一時的な保存領域に30分検針値や各種データを蓄積し、システム復旧後は蓄積したデータを基に収集率を回復させ、再収集によるネットワークへの負荷を低減する。

## 2.3 国際標準規格及びセキュリティガイドラインへの準拠

各装置間の伝送には、図2に示す国際標準規格を採用している。相互接続性の確保、交換品や追加ハードウェアとの互換性確保などのメリットがある。また、国際的に認知されているセキュリティ標準を適用し、国内のJESC (日本電気技術規格委員会)の「スマートメーターシステムセキュリティガイドライン」<sup>(3)</sup>に準拠している。

## 3. ネットワークの設計・構築・運用

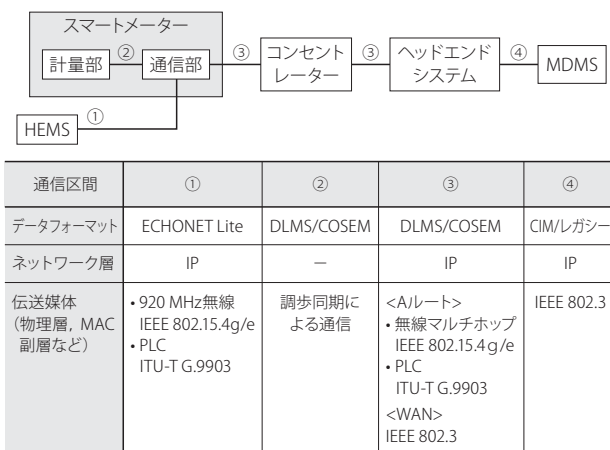
### 3.1 システムインテグレーターの業務概要

システムインテグレーターの役割は、A・Bルートのネットワークが目標性能を維持できるように設計・構築・運用を行うことである。これを実行するために、図3に示すPDCAサイクルを継続して実施している。“構築計画(Plan)”ではネットワーク設計や設備構築計画，“構築・運用(Do)”では品質・性能管理や現地調査作業，“評価・分析(Check)”では品質・性能評価分析と障害要因分析，“対策実施(Act)”では必要な設計変更と設計指針の見直しを実施する。

### 3.2 ネットワーク品質改善に向けた取り組み

無線マルチホップ方式の設計やネットワークの品質維持に際しては、以下の特徴を考慮する必要がある。

- (1) メーター設置密度( $D_m$ )が高いほど品質が向上し、特に集合住宅においては3次元的な設置密度が関係する。



DLMS : Device Language Message Specification  
 COSEM : Companion Specification for Energy Metering  
 CIM : 共通情報モデル  
 MAC : Media Access Control  
 IEEE 802.15.4g/e, 802.3 : 電気電子技術者協会規格 802.15.4g/e, 802.3  
 ITU-T G.9903 : 国際電気通信連合-電気通信標準化部門規格 G.9903

図2. 伝送に適用される国際標準規格

各装置間の接続は、国際標準規格に準拠し、相互接続性や互換性を向上させている。

International standards applied to communication system

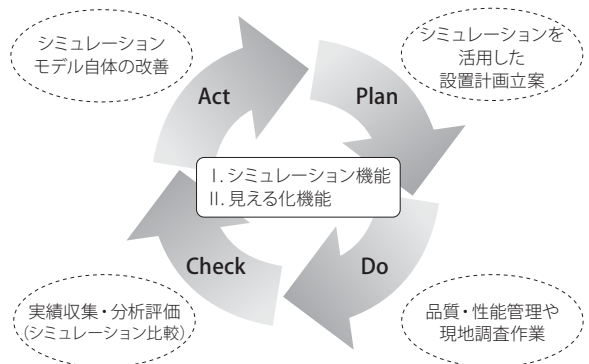


図3. PDCAサイクル

システムインテグレーターの役割としてPDCAサイクルを実施し、通信システムが目標性能を維持できるように、設計・構築・運用している。

Processes in PDCA cycle

- (2)  $D_m$ が一定の値 ( $L_1$ )を下回る場合、品質が維持できない。
- (3)  $D_m$ に応じた、適切な設置間隔でのコンセントレーター設置が必要である。
- (4)  $D_m$ が一定の値 ( $L_2$ )を下回る場合、携帯電話方式の方が経済的に有利になる。
- (5) メーターの交換周期は約10年である。

これらを踏まえると、構築計画に際して、地域ごとに最適な通信方式と最適なコンセントレーター位置を決定し、更に設置展開計画を加味して時間軸の最適化まで行うことは容易ではない。このため、後述する“シミュレーション機能”を用いて最適な設計を行っている。

図4に、これらの要件を加味した通信方式適用のイメージを示す。

また、評価・分析に際しては、実際の設置状況から大量の情報収集・分析を行って、問題の切り分けや対策を立案する必要があるが、これについては、ビッグデータの分析技術と、大量かつ複雑な情報の“見える化機能”を活用して解決した。

当社の持つシミュレーション機能と見える化機能の概要を、以下に述べる。

### 3.2.1 シミュレーション機能

シミュレーション機能は、無線マルチホップ方式の各メーターが、特定の条件下で上位システムにつながるか否かを算定する機能であり、次のような特長を持っている。

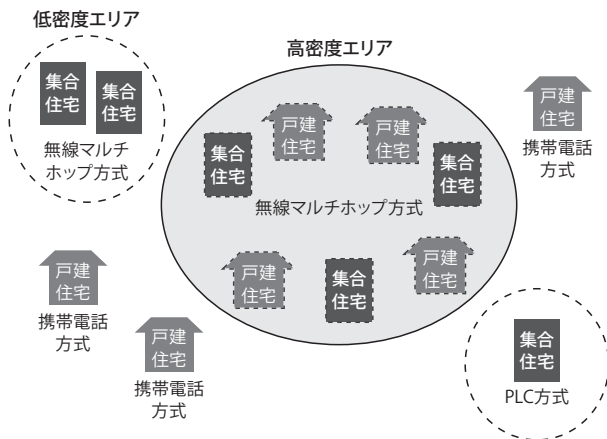


図4. 通信方式の適用イメージ

シミュレーション機能を活用し、地域ごとに最適な通信方式と最適なコンセントレーター位置を決定する。

Application of optimal communication method to each area according to regional characteristics

- (1) 高精度モデル メーターが上位システムとつながるか否かは、電波伝搬モデルを基にした確率計算で求めている。この際使用する電波伝搬モデルは、実際のスマートメーターの現地設置実績から逆算することで、非常に精度の高いものを得ている。更に、メーターの設置条件ごとに複数のモデルを使い分けることで、一層実態に即した計算ができる。

- (2) 大規模高精度解法 メーターの接続確率は、最大2,910万台のそれぞれについて算出可能である。これを実現するため、独自の定式化に基づく大規模数値解法アルゴリズムを活用している。

### 3.2.2 見える化機能

時間経過ごとにダイナミックに変化する、ネットワークの複雑な現象の分析を可能とするために、以下の見える化機能を実現している。

- (1) 2,910万台規模のメーター表示機能
- (2) 3次元表示を含む高度なGUI (グラフィカルユーザーインターフェース) 機能
- (3) ネットワークの各種状況の時間経過に対するアニメーション表示機能

これらの関係を表1に示す。

### 3.3 ネットワーク運用の概況

最終設置台数の2,910万台に対して、表2に示すように、2018年5月時点で1,699万台が設置され、全体の接続率は99.59%に達している。また30分検針値の収集率も99.96%と高く、ネットワークが安定に機能していることが分かる。

表1. ネットワークの設計と評価における特長

Characteristics of network design and evaluation

項目	要件	東芝の特長
Plan : ネットワーク設計	無線マルチホップ方式の接続確率算出	実際の接続状態をシミュレーションにフィードバックすることで、更に高い精度を実現 <b>&lt;高精度モデル&gt;</b> 実際の接続実績から求めた電波伝搬モデルを適用することで、実態に非常に近い算出が可能 <b>&lt;大規模高精度解法&gt;</b> メーター接続確率算出には、大規模数値解法を用いた高精度解法を所有
	メーター通信方式決定	年度ごとの接続確率と経済性を考慮して、携帯電話方式では無線マルチホップ方式の適用を決定 上記モデルと解法を用いたシミュレーターにより、年度ごとの接続率を高い精度で推定可能
Check : ネットワーク評価	ネットワーク設計に対して、実際の接続実績を確認し必要な対策を実施	ネットワーク接続状況を見える化し、分析・対策を容易化

表2. スマートメーターの設置台数及び接続率

Number of installed smart meters and network connection rates

時期	携帯電話方式+無線マルチホップ方式+PLC方式					
	設置台数	接続率	30分以内 収集率	48時間以内 収集率	下り (2回の 論理和)	全こま そろい率* (30日間)
2018年5月	16,995,480	99.59%	99.14%	99.96%	99.34%	98.96%

\*直前までの期間において、30分ごとのこま(48こま/日)が欠損なく収集されている割合

#### 4. あとがき

東京電力パワーグリッド(株)のサービスエリア全世帯を対象に展開しているスマートメーターシステムに適應するため、無線マルチホップ方式、携帯電話方式、及びPLC方式の3種類の通信方式に対応するスマートメーター通信システムを構築した。地理的な条件や建物の状況に応じて最適な通信方式を選択することで、高いエリアカバー率を得ることが可能となる。

このシステムの柔軟性に加え、高精度のシミュレーションや見える化の機能を活用して、顧客の協力を得ながらネットワークの設計・構築・運用を進めてきた。その結果、2018年5月で、スマートメーター設置台数1,699万台に対し、99.59%という高い接続率を実現した。

今後も、2,910万台のスマートメーター設置に向け、顧客との信頼関係と良好なコミュニケーションを維持しながら、PDCAによるネットワーク品質改善を継続し、システムの安定運用及び信頼性向上を図っていく。

#### 文献

- (1) 小林崇裕, ほか. スマートグリッドにおけるAMIシステム, 東芝レビュー. 2013, **68**, 8, p.10-13.
- (2) 米山清二郎, ほか. 低コストで安定したスマートグリッド通信を実現するスマートメーター用無線メッシュネットワーク通信ユニット, 東芝レビュー. 2012, **67**, 7, p.28-32.
- (3) JESC Z0003 : 2016. スマートメーターシステムセキュリティガイドライン.



石間 光英 ISHIMA Mitsuhide  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
府中工場 スマートメーター通信システム部  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



寺井 清之 TERAI Kiyoyuki  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
府中工場 スマートメーター通信システム部  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



荻田 能弘 OGITA Yoshihiro, D.Eng.  
東芝エネルギーシステムズ(株)  
電力流通システム事業部 スマートメーターシステム技術部  
博士(工学) 電気学会・IEEE会員  
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.