

スマートグリッドにおけるAMI評価システム

AMI Evaluation System for Smart Grids

大崎 善朗

熊澤 俊光

松井 照久

■ OSAKI Yoshiro

■ KUMAZAWA Toshimitsu

■ MATSUI Teruhisa

スマートグリッドの基盤となるAMI (Advanced Metering Infrastructure) システムは、遠隔検針 (AMR: Automated Meter Reading) システムを発展させたもので、住宅やビル、工場などの需要家と電力系統間の双方向通信を実現する。これにより、これまで電力系統だけで実施していた電力需給制御に加え、需要家と電力系統の協調制御による効率的な電力需給制御が可能になる。実現に向けては、AMIシステムを介してスマートグリッドを管理する μ EMS (Micro Energy Management System) と、HEMS (Home Energy Management System) やBEMS (Building Energy Management System) など様々な需要家内の消費電力制御を行うEMS間の連携が鍵となる。

東芝は、府中事業所内に設置した統合型スマートグリッド評価システム内に電力系統から需要家までをスルーした評価を可能にするAMI評価システムを開発し、AMIシステムによるEMS間連携の評価検証を行ってその有効性を確認した。

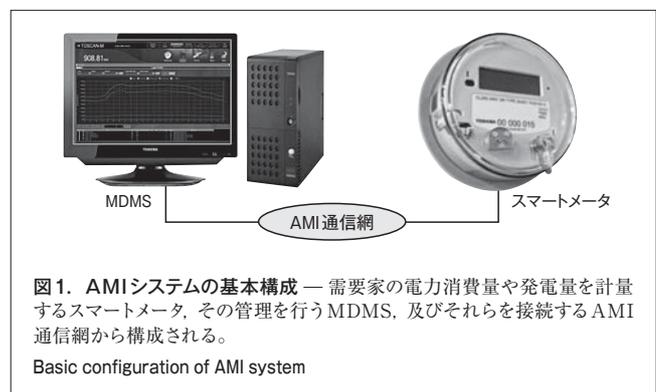
An advanced metering infrastructure (AMI) system, which is being developed based on automated meter reading (AMR) systems, is one of the core technologies for smart grids to realize interactive communication between users, including homes, office buildings, factories, and so on, and power suppliers. It will realize effective control of a whole power system through cooperative control between the users and the power suppliers, in addition to conventional control of power in the power supply system itself.

Toward the realization of the AMI system, Toshiba has constructed an AMI evaluation system in its in-house integrated smart grid evaluation system, which allows the assessment of cooperation among the micro energy management system (μ EMS) that manages whole power systems and other local EMS such as home EMS (HEMS) and building EMS (BEMS), and confirmed the effectiveness of this evaluation system.

1 まえがき

スマートグリッドの開発では、電力系統から需要家までをスルーした開発技術とその動作検証が必要である。スマートグリッドの基盤となるAMI (Advanced Metering Infrastructure) と呼ばれる新たな電力計量システムは、図1に示すように、需要家の電力消費量と発電量をモニタするスマートメータと、スマートメータを運用管理するMDMS (Meter Data Management System) が、AMI通信網により接続されている。電力の消費状況や需給制御情報を電力系統と需要家が交換することで、電力系統の効率的な運用が可能になる⁽¹⁾。

AMI技術は、遠隔検針 (AMR: Automated Meter Reading) 技術を発展させたものであり、電力系統と需要家の双方向通信を可能にするスマートグリッドの重要技術として注目されている。電力系統全体の効率的な運用を実現するためには、AMI技術を利用し、電力系統全体を管理するスマートグリッド監視制御システム (μ EMS: Micro Energy Management System) と、スマートメータの計量対象となる需要家内の電力制御を行うHEMS (Home Energy Management System) やBEMS (Building Energy Management System) の連携が重要である。電力を送る側と使う側の双方が協力して電力を制



御することで、効率の高い電力系統を実現することができる。

そこで東芝は、スマートグリッド全体の協調制御の検証が可能な統合型スマートグリッド評価システム (この特集のp.24-27参照) を構築した。その構成要素である、 μ EMSにより制御される配電系統や、分散型電源及び、蓄電池、電力負荷を模擬する負荷・分散電源模擬装置などから成るスマートグリッド開発シミュレータと、HEMS検証システム、BEMS評価システムをそれぞれ接続するAMI評価システムを構築した。

ここでは、AMI評価システムの特徴と構成、及びこれを用いた評価検証例について述べる。

2 AMIシステムの概要

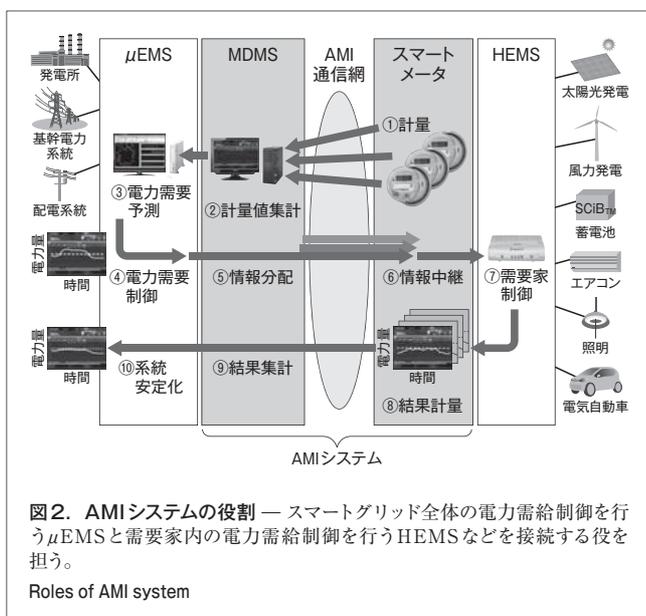
2.1 AMIシステムの役割

図2に示すように、AMIシステムは、スマートグリッド全体の電力需給制御を行うμEMSと需要家内のローカルな電力需給制御を行うHEMSを接続する役を担う。スマートメータで計測された各需要家の電力消費量は、AMI通信網を経由してMDMSで集約された後、μEMSに通知される。μEMSは、電力システムを安定化させるための電力需給計画を立て、MDMSに指示する。MDMSは、指示された計画情報から各需要家に通知する電力需給制御のための情報メッセージ（デマンドレスポンス（DR）情報）を作成し、各需要家のスマートメータに配信する。その結果、電力需給計画はスマートメータ上に記録され、HEMSは必要に応じてその情報を無線などにより読み出すことができる。HEMSは需要家の生活スタイルに合わせて、計画情報を元に需要家内の電力需給制御を行う。

2.2 AMI評価システムの要件

AMIシステムに求められる役割から、AMI評価システムに要求される条件を以下に示す。

- (1) 需要家の電力量計量
- (2) 需要家と電力系統間のDR情報の授受
- (3) 多数の需要家を想定したAMI通信の模倣
- (4) HEMSとの連携
- (5) BEMSとの連携
- (6) MDMSとμEMS間の電力需給情報交換
- (7) μEMSからMDMS, スマートメータ, HEMSまでのスムーズな情報交換
- (8) 進化する通信プロトコル標準などへの適用性
- (9) 様々な検証実験に適用可能な柔軟なシステム構成



3 AMI評価システムの特徴

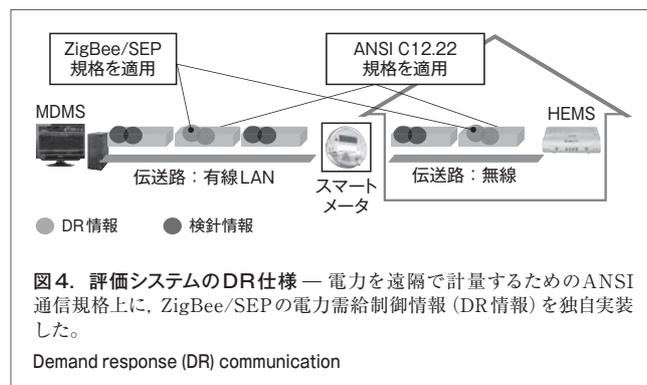
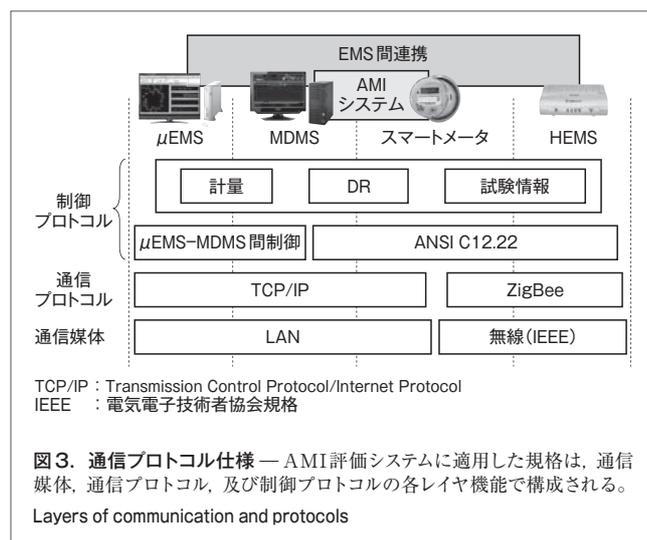
2.2節の要件を基に、統合型スマートグリッド評価システム内に構築したAMI評価システムの特徴を以下に述べる。

3.1 通信プロトコル仕様

AMI評価システムで使用したプロトコル仕様を図3に示す。μEMSからMDMS, スマートメータまでの間は、汎用的な方式とした。有線LANを用いることで、様々なスマートグリッドの形態に対応した実験が行える。また、電力計量のための制御プロトコルは、開発実績のあるANSI C12.22（米国規格協会規格C12.22）をプラットフォームとして使用し、AMI評価システムの早期実現を図った。ANSIプロトコル上には、標準の計量機能に、DR機能及び、μEMSとHEMS間で試験に応じた情報を交換するための試験情報機能を追加することで、新たな電力需給制御実験への早期対応を可能にした。

3.2 DR機能

需要家に対して需要の抑制などを要請するDR機能は、電力削減や余剰時の電力消費量を比率値で指定し、制御を時刻の範囲で指定する方式とした。通信は、図4に示すように、MDMSとスマートメータ間には有線LANによる通信を、ス



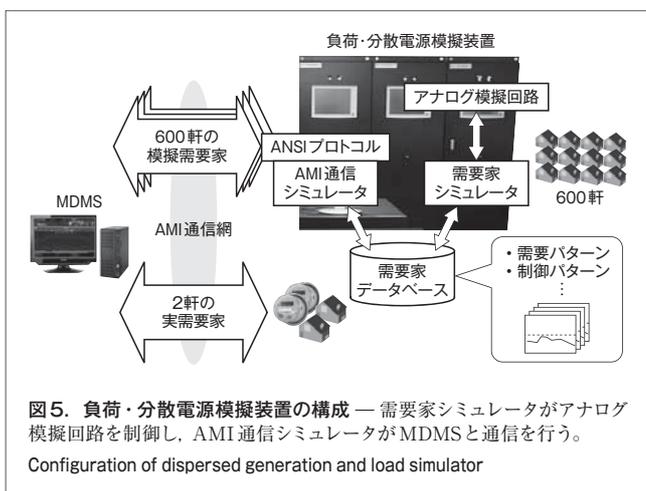
スマートメータとHEMS間には無線によるパケット通信を用いている。また、スマートメータとMDMS間で通常用いられるANSI C12.22規格をスマートメータとHEMS間にも適用し、スマートメータとHEMS間で用いられるZigBee/SEP (Smart Energy Profile)^(注1)規格の電力需給制御情報をスマートメータとMDMS間にも適用した。規格を統一することにより、スマートメータの負荷を低減するとともに、MDMSからスマートメータ、HEMSまでの間における情報の流れをスムーズ化している。

今回は電力消費量を比率値で抑制する方式を採用したが、ソフトウェアの変更により他方式への転換もできる構成にした。これにより、時間帯別料金指定のTOU (Time of Use) や需要ピーク時料金のCPP (Critical Peak Pricing) など電力価格に基づく需給制御方式の実験も可能である。また、 μ EMSの情報(ビット列)をそのままANSI規格上で転送できる試験情報機能により、 μ EMSとHEMS間で情報を自由に交換できる仕組みも備えた。これにより、新たな電力需給制御情報を用いた様々なDR実験の早期実現が可能である。

4 AMI評価システムの構成要素

4.1 負荷・分散電源模擬装置

この装置は、電力消費動作及びスマートメータ通信を含む需要家を模擬する装置で、装置内の需要家データベースに基づいてアナログ模擬回路を制御し、実際の電力の入出力として需要家の模擬を行う。図5に示すように、この装置は600軒の需要家の模擬が可能で、更にスマートメータが実装された2軒の実需要家をMDMSと接続して、最大602軒の模擬実験を行うことができる。AMI通信網を介したMDMSからの電力需



(注1) ZigBeeは、ZigBee Allianceが策定する近距離無線規格で、仕様はIEEE 802.15.4 (電気電子技術者協会規格 802.15.4)で規格化されている。SEPは、上位アプリケーション仕様の一つで、エネルギー管理を行うための仕様。

給制御情報は、需要家データベースを介する構成にした。これにより、ANSIプロトコルの処理を行うAMI通信シミュレータと需要家シミュレータの独立性を保っている。AMI通信シミュレータの通信プログラムの交換を独立して行うことで、様々なスマートグリッドに対応できる構成にした。

4.2 スマートメータ

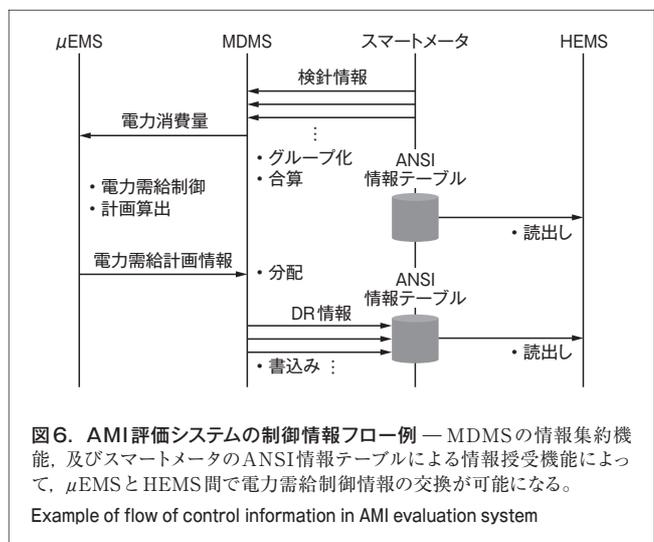
スマートメータ内に、ZigBee/SEPなど電力制御手順の動向を踏まえた情報を、ANSI規格の情報テーブルとして独自に実装した。ANSI情報テーブルを介してMDMS側からは書込みを、HEMS側からは読出しを行って情報を授受することで、電力設備であるスマートメータと私設設備であるHEMSとの独立性を高める工夫をしている。

4.3 MDMS

MDMSとスマートメータ間のAMI通信機能に加え、 μ EMSとの情報交換を行う通信機能を実装するとともに、各需要家の電力消費量をグループ化し集約(合算)する機能を備えた。MDMSと μ EMS間の情報交換を集約した情報で行うことで、 μ EMSの処理負荷を軽減することができる。 μ EMSから発信される電力需給計画情報は、DR情報として、MDMSから対象グループ内の全需要家に一斉に配信(分配)する方式を採用した。

4.4 AMI評価システムの制御情報フロー

図6は、AMI評価システムの制御情報フローの例である。開発したMDMS情報の集約・分配機能、及びスマートメータにおけるANSI情報テーブルの動作状況を示している。スマートメータの検針情報はMDMSで合算され、電力消費量として μ EMSに通知される。 μ EMSの電力需給計画情報は、DR情報としてMDMSから全スマートメータに配信されている。ANSIプロトコルを需要家側にも適用したことで、スマートメータのANSI情報テーブルを介して、HEMSからDR情報を読み出すことができるようになった。



5 AMI評価システムを用いた実験例

統合型スマートグリッド評価システムにおいて、AMIシステムを活用した評価実験を実施した。

5.1 実験のシナリオ

需要家の電力消費量が高まる夏の時期において、需要家の電力消費量に応じたDR情報を配信し、電力需要を削減するケースを想定した。

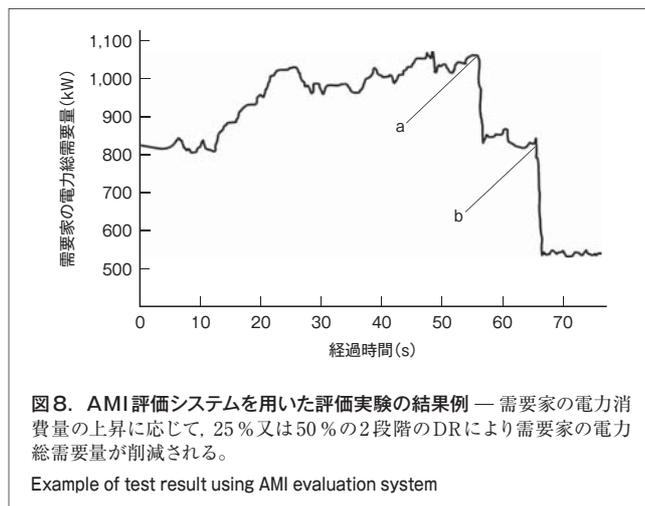
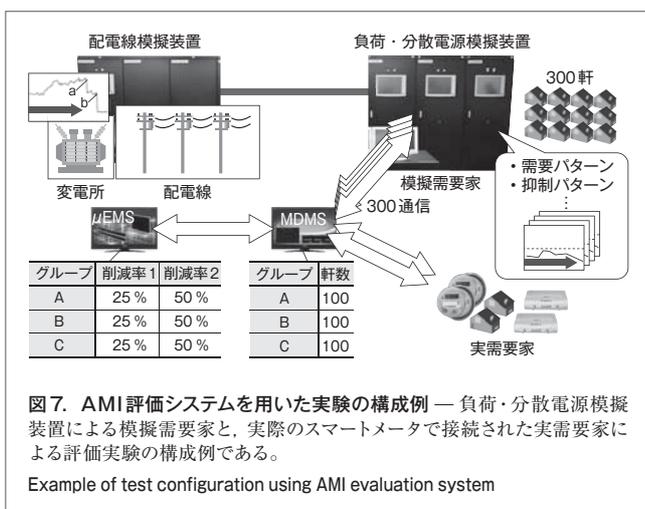
図7は、この評価実験における構成を示している。模擬の需要家は、負荷・分散電源模擬装置単位にA, B, Cそれぞれ100軒ずつのグループ構成とし合計300軒である。μEMSには、需要家の電力消費量に応じて25%又は50%の電力需要削減を指示する設定を行った。需要家は、電力需要計画情報によってMDMSが配信するDR情報による電力需要削減に応じるものとする。負荷・分散電源模擬装置の需要家データベースには、電力消費量に対しこの電力需要削減に応じる設定を行った。

AMI評価システムでは、動作経過を短時間で確認するため、時間を圧縮した評価が可能である。この評価実験では、各需要家が通常15分に1回の周期で行う電力計量通知を、90倍の高速周期となる10秒で行った。

5.2 実験結果

評価実験の結果として、300軒の模擬需要家が接続される電力系統内の電力消費量の推移を図8に示す。評価時刻のaとbは、μEMSがそれぞれ25%と50%の電力消費削減を指示する電力需要計画情報を発行し、MDMSが全需要家へのDR情報を配信した時間である。それぞれ、需要家の電力総需要量が削減されているようすを確認できる。

このように、今回構築したAMI評価システムを用いることで、想定した300軒の需要家へのDRが実施されたことを確認できた。これは、AMI通信による電力消費量の収集と全需要家へのDRが問題なく機能したと考えられる。また、時間を圧



縮した高負荷な評価を通して、実時間の評価に対しても十分な性能を持つことが確認できた。

6 あとがき

ここでは、統合型スマートグリッド評価システムにおけるAMI評価システムの構成と、それを用いた電力需給制御の実験事例について述べた。この実験例における電力系統と需要家は、ともに基礎的な論理に従ったものであり、今後、AMI評価システムの汎用性や拡張性を生かし、電力価格に基づいた方式の評価など、複雑な評価にも応用できると考えている。

現在進行している様々なスマートグリッドの実証実験にこのシステムを活用し、社会のニーズにより適したスマートグリッドシステムの実現に寄与する技術開発を進めていく。

文献

- (1) 新田恵子 他. スマートグリッドの基盤となるAMIシステム. 東芝レビュー. 65, 9, 2010, p.19-22.



大崎 善朗 OSAKI Yoshiro

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 電力蓄電ソリューション・配電システム開発部主査。エネルギーシステムにおける通信システムの開発に従事。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



熊澤 俊光 KUMAZAWA Toshimitsu

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 電力蓄電ソリューション・配電システム開発部主査。エネルギーシステムにおける需給制御方式の開発に従事。情報処理学会、資源エネルギー学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



松井 照久 MATSUI Teruhisa, D.Eng.

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 電力蓄電ソリューション・配電システム開発部、博士(工学)。エネルギーシステムにおける通信システムの開発に従事。

Power and Industrial Systems Research and Development Center