

「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術  
の創出と融合展開」

平成24年度採択研究代表者

H25 年度 実績報告
----------------

林泰弘

早稲田大学理工学術院先進理工学部  
教授

協調 EMS 実現手法の創出とその汎用的な実証  
および評価の基盤体系構築

## § 1. 研究実施体制

(1) 早稲田大学先進グリッド技術研究グループ

- ① 研究代表者: 林 泰弘 (早稲田大学理工学術院先進理工学部、教授)
- ② 研究項目
  - ・ 協調 EMS 実現手法の構築
  - ・ 協調 EMS 実証基盤体系の構築
  - ・ 協調 EMS 評価体系の構築

## § 2. 研究実施の概要

本研究は、住宅のエネルギー管理システム(HEMS: Home Energy Management System)と、系統電力による中央制御型の配電ネットワークのエネルギー管理システム(GEMS: Grid Energy Management System)の双方に着眼し、予測・運用・制御の一貫型のエネルギー管理フローに基づく、HEMS と GEMS が協調する新しい EMS の実現手法を創出することを目的として、(a)協調 EMS 実現手法の構築、(b)協調 EMS 実証基盤体系の構築、(c)協調 EMS 評価体系の構築、の三項目を実施項目として掲げている。当該年度は項目(a), 及び(b)を実施し、次年度予定している項目(c)の実施に向けた準備を行った。

上記項目(a)協調 EMS 実現手法の構築においては、HEMS、GEMS それぞれにおける予測<sup>3)</sup>、運用、制御に関する要素技術の開発、及びそれらを統合することによる EMS の枠組みの構築を行った。HEMS、GEMS 両方において重要と考えられる家庭向け太陽光発電システム(PV)、及び負荷電力量の予測技術に関しては、構築したデータベースの中から現在の気象条件などの情報に基づいて類似する過去事例を抽出し、翌日の電力量推移パターンの予測を行う Just-In-Time (JIT) モデリングに基づく予測システムの構築を行った。また、HEMS において重要となる家庭内エネルギー機器の動特性を考慮した数理モデルに基づく機器運用計画技術の開発のため、コージェネレーションシステム(CGS)の試験装置を構築し、予測手法との接続を考慮してエネルギー需要シナリオを用いる確率計画法に基づく運用手法を開発した。また、需給逼迫時などに予測と実際の間乖離が生じた際には、必要に応じて宅内エネルギー機器の自動制御等を即時的に行うことも有用だと考えられるが、各家庭のエネルギー利用パターンから需要家にとっての利便性を損ねない機器制御の優先度を学習することでこの自動機器制御の指針を定める手法を開発した。同様に空調等機器の制御手法として、電気設備のエネルギー消費量削減に加え、住人の熱的快適性を考慮した窓・日射遮蔽ブラインド・断熱ブラインド・エアコンが制御可能なモデルを作成した。また、家庭向け太陽光発電システムが多数連系された高圧、低圧配電系統における電圧管理のための機器運用、制御に関する GEMS 技術開発を行なった。高圧系統においては配電用変電所と配電線に設置される電圧制御装置(LRT、SVR)を対象とし、最適化問題を解くことで運用パラメータを決定するベクトル LDC(Line-voltage Drop Compensator)方式の制御手法を開発した。また、低圧系統における電圧維持を目的として LVR(Low Voltage Regulator)の利用を考え、計算コストの観点から一貫型 GEMS の枠組みと親和性の高いデータに基づく判別問題としての定式化に基づく LDC 制御パラメータの選択手法を開発した。また、これらの要素技術を組合せ、一貫した HEMS、及び GEMS の統合モデルのプロトタイプの構築を行った。

上記項目(b)については汎用ツールである MATLAB/Simulink を用いたシミュレーションモデルの構築を行い、計算機上で GEMS と HEMS を実装し、協調 EMS 手法の基礎検討を実施した。また同様に協調 EMS 実現手法を検証するため、電氣的、通信環境共に自在に設計可能な配電系統模擬装置を導入することで早稲田大学に EMS 模擬シミュレータの構築<sup>2,4,11,14)</sup>を行い、次世代電圧制御機器である LVR の導入効果及び、代表的な電圧制御方式を LVR に適用した際の電圧制御効果等、EMS 実現手法に関する基礎検討を行った。

### § 3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

- 1 Akira Yoshida, Yoshiharu Amano, and Koichi Ito, “Optimal Operation of a Residential Photovoltaic/fuel-cell Energy System using Scenario-based Stochastic Programming”, Proc. 26th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS) 2013, 2013.
- 2 Khoa Le Dinh, and Yasuhiro Hayashi, “Coordinated BESS control for improving voltage stability of a PV-supplied microgrid”, Proc. 48th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Ireland , 2013.
- 3 Genta Kikuchi, Yu Fujimoto, Yasuhiro Hayashi, Yoshikane Kojima, and Shunji Nakao, “Photovoltaic Output Prediction Based on a Collection of Quantile Regression Models”, Proc. 23rd Photovoltaic Science and Engineering Conference, 2013.
- 4 Khoa Le Dinh, and Yasuhiro Hayashi, “Online optimal power flow based on HPSO-TVAC coordinates with centralized BESS and LRT control to stabilize voltage in a PV-supplied microgrid”, Proc. IEEE Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) Europe, Denmark, 2013.
- 5 Hiroshi Kikusato, Naoyuki Takahashi, Jun Yoshinaga, Yu Fujimoto, Yasuhiro Hayashi, Shinichi Kusagawa, and Noriyuki Motegi, “Method for Determining Line Drop Compensator Parameters of Low Voltage Regulator using Support Vector Machine”, Proc. IEEE 5th Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) Conference, 2014.
- 6 Naoyuki Takahashi, Hiroshi Kikusato, Jun Yoshinaga, Yasuhiro Hayashi, Shinichi Kusagawa, Noriyuki Motegi, “Dynamic Voltage Control Method and Optimization for LVR in Distribution System with PV Systems”, Proc. IEEE 5th Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) Conference, 2014.
- 7 Shinya Yoshizawa, Yuya Yamamoto, Jun Yoshinaga, Yasuhiro Hayashi, Shunsuke Sasaki, Takaya Shigetou, and Hideo Nomura, “Novel Voltage Control of Multiple Step Voltage Regulators in a Distribution System,” Proc. IEEE 5th Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) Conference, Washington, 2014
- 8 Tomoaki Shoji, Wataru Hirohashi, Yu Fujimoto, Yoshiharu Amano, Shin-ichi Tanabe, and Yasuhiro Hayashi, “Home Energy Management Based on Bayesian Network Considering Priority of Home Appliances”, Proc. International Conference on Electrical Engineering (ICEE) 2014, 2014 (to appear).
- 9 Shinya Yoshizawa, Hayato Homma, Yu Fujimoto, Shinji Wakao, and Yasuhiro Hayashi, “A Novel Grid Energy Management System in Distribution System with PVs,” Proc. International Conference on Electrical Engineering (ICEE) 2014, 2014 (to appear)
- 10 Yuya Yamamoto, Shinya Yoshizawa, Jun Yoshinaga, Yasuhiro Hayashi, Shunsuke Sasaki, Takaya Shigetou, Hideo Nomura, “Effectiveness of Optimization Updating the Control Parameters

of the Advanced SVRs”, Proc. International Conference on Electrical Engineering (ICEE) 2014, 2014 (to appear)

11 Khoa Le Dinh, and Yasuhiro Hayashi, “Optimal BESS Placement and Sizing Based on HPSO-TVAC to Stabilize Voltage in PV-Supplied Micro-grid”, Proc. International Conference on Electrical Engineering (ICEE) 2014, 2014 (to appear).

12 Yuya Yamamoto, Shinya Yoshizawa, Jun Yoshinaga, Yasuhiro Hayashi, Shunsuke Sasaki, Takaya Shigetou, Hideo Nomura, “Verification of Efficiency of Search Methods Determining Optimal Control Parameters of Advanced SVRs”, Proc. IEEE Energy Conference, 2014 (to appear)

13 Tomoaki Shoji, Wataru Hirohashi, Yu Fujimoto, and Yasuhiro Hayashi, “Home Energy Management System Based on Bayesian Network Considering Resident Convenience”, Proc. 13th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, 2014 (to appear).

14 Khoa Le Dinh, and Yasuhiro Hayashi, “Experiment with an OPF Controller Based on HPSO-TVAC for a PV-Supplied Microgrid with BESS”, IEEE Power and Energy Society General Meeting, , Washington DC, USA, 2014 (to appear).

### **(3-2) 知財出願**

①特許出願件数(国内 0 件)

②CREST 研究機関累積件数(国内 0 件)