

# 「PIAX対応型エネルギーコントロールゲートウェイの研究開発」(150202003)

## Research and Development for PIAX-adaptive Energy Control Gateway

### 研究代表者

山中 直明 慶應義塾大学

Naoaki Yamanaka Keio University

### 研究分担者

山田 芳幸<sup>†</sup>

Yoshiyuki Yamada<sup>†</sup>

<sup>†</sup>マウンテンフィールズ株式会社

<sup>†</sup>Mountain Fields Corporation

高島 研也<sup>††</sup>

Kenya Takashima<sup>††</sup>

<sup>†</sup>株式会社フォーサイ

<sup>††</sup>Foci Corporation

研究期間 平成 26 年度～平成 27 年度

## 概要

PIAX オーバーレイネットワーク基盤を活用して、各家庭に設置されたゲートウェイが各家庭のポリシーに従い、自律分散でダイナミックに電力の需給制御を行い、スケール性・高速ローカル制御性を両立させる電力需給制御プラットフォームを構築した。更に、電力の需給マッチングソフト、太陽光発電監視システムを開発し、一部事業導入に成功した。開発したソフトは、各検証システムを構築し機能動作検証を実施し、逐次商用システムに導入できる目途を立てた。

### 1. まえがき

現在のスマートグリッドでは、電力網全体でのビルや家庭間に跨る電力の需給調整用で、(a)NAT/ファイアウォール対応、(b)高速で変化する需給に対応するスケール性、(c)セキュリティ、を満足するプラットフォーム(PF)が存在しない。本研究開発では、PIAX オーバーレイネットワーク(PIAX-ON)を PF として、自律分散制御により電力の需給マッチングを実現する通信アプリケーションソフトウェアを開発することにより、電力網全体でのビルや家庭間に跨る電力の需給調整を実現することを目指した。具体的には、PIAX-ON を活用し、センターサーバでは実現できない高速でダイナミックな自律分散制御によるベストミックスエネルギーの需給マッチングシステムを実現した。更にそれらを導入する PF として太陽光発電監視システムを実用化した。

### 2. 研究開発内容及び成果

本研究開発の概要を図 1 に示す。発電源および消費源のゲートウェイ(GW)が PIAX 仮想電力網上においてエージェントとしてアブストラクションされ、需給マッチングポリシーに基づき M2M の自律分散的な需給マッチングが実行される。エージェント間の NAT を超えたコネクション確立手法として WebRTC を採用、PF 上に実装した。

#### P2P マッチング制御ソフトウェアの研究開発

ユーザの要求する需給マッチングポリシーに従って需給制御を行うプロトタイプソフトウェアとして、①送電距離最小化需要制御アルゴリズム、②太陽光発電の予測誤差を補う PV バッテリー制御アルゴリズム、③スケーラビリティに優れた大規模電力分散協調アルゴリズム、④雲量を用いた太陽光発電予測アルゴリズム、⑤ユーザ満足度に基づく需給マッチングアルゴリズムを開発し、海外研究機関との連携やシミュレーションにより有効性を確認した。

また、各種 GW 間での電力の需給制御に必要なデータ交換用にアブストラクション API を開発した。PIAX-ON 上における上記アルゴリズムおよびアブストラクション API の実装として、JGN-X を用いた大規模網において WebRTC を用いたセキュアな PIAX 仮想電力網の実験システムを構築し、運用の有効性を確認した。

#### PIAX PF の性能改善の研究開発

PIAX2.0 上での上の不具合(ロバスト性：通信イベントの消滅、通信処理輻輳；通信処置遅延の悪化)を負荷試験により実証、PIAX3.0 開発へのフィードバックとした。上記に基づき、PIAX3.0 の性能を評価(図 2 に評価結果およびシミュレーション実行例を示す)、太陽光発電監視システムの商用化に向けた PIAX3.0 の性能改善を図った。また、高度な需給マッチング実現に向けて PIAX3.0 の機能を拡張、従来の Skip-graph 属性値に対応付けされた LL-Net オーバレイでは 2 次元検索までが限界であったが、z-order 変換を用いた多次元検索オーバレイ形成することにより多次元検索を可能とした。

#### 太陽光発電監視システムの試作研究開発

GW の需給マッチングポリシーの初期化機能、太陽光発電に関する機能(定期的な発電量モニタリング、保守運用監視端末への発電情報の表示、PCS (Power Conditioning System)等の運用監視)を備えた PIAX 対応 GW ソフトおよび運用監視端末での GUI 表示機能を開発した。

中容量用に向けて、発電情報の高速処理プログラムおよび転送機能を実装、またクラウド PF との連携により、1000 台以上の GW を収容可能なスケーラビリティを有する太陽光発電所データベース(DB)サーバソフトを開発した。また、メガソーラ用に向けて、上記に加えメガソーラ用 PCS メーカー主要 5 社に対応した太陽光発電所 DB サーバとの中継機能、ビッグデータ解析処理による太陽光パネルの故障検出機能を開発した。

図 3 に、3 者間で開発したソフトを統合した最終検証システム実施の様子を示す。複数の太陽光発電所(中容量・メガソーラ)エミュレータに加え、メガソーラ実運用設備をインターネット経由で接続し、PIAX-ON における本研究開発システムの運用を実証した。

### 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

今後は、早期導入を推進した GW について研究分担者を通してメガソーラへの適用数を増やすとともに、住宅デベロッパの HEMS との連携を展開していく。高速の検索マッチングを PIAX-ON 上で行う技術については、例えば

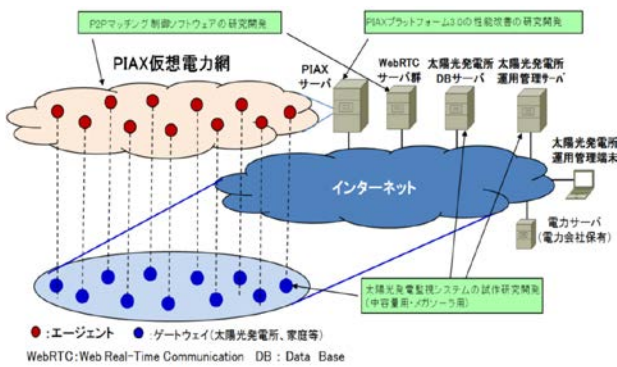


図 1. PIAX 対応型エネルギーコントロールゲートウェイ

	200peer (2peer × 100node)		2,000peer (20peer × 100node)	
	検索遅延 (平均)	検索成功率	検索遅延 (平均)	検索成功率
PIAX2.0	168ms	99%	148ms	50%
PIAX3.0	224ms	100%	372ms	100%

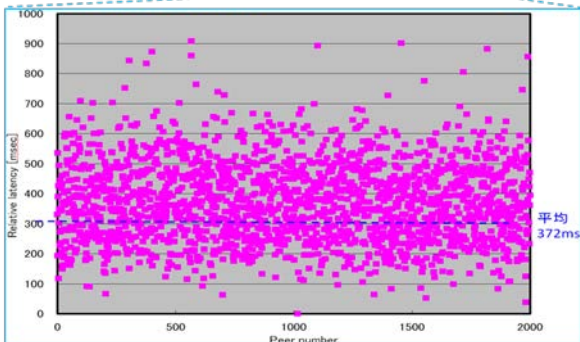


図 2. PIAX2.0 および 3.0 の評価結果

太陽光発電の出力量変化に応じて、近隣の蓄電池の充電量・充電速度を高速かつリアルタイムに追従させ電力システム全体への負荷を低減するシステムの開発等の展開を進めていく。さらに、高度な情報処理技術を用いて、大量かつ状況に応じて出力パターンが偏在的な太陽光パネルから故障を推定する技術をオープンソフト化し、他社の監視システムへの普及を目指す。既に、発電量をディープラーニング技術により、木陰や方角の異なるモジュールにおいても推定する手法は、事業展開を議論中である。

波及効果として、電力網だけではなく、コンテンツ・ビデオ・センサーデータといった IoT のデータの取引 PF への適用を視野に入れている。これは、当初予定していない成果展開であり、大変多くの企業から注目されている。本技術は、プロジェクト開始時には全く考えていなかった部分も多いが、プロトタイプ、デモ、新聞報道を通して多数の問い合わせを受け、実際のビジネスモデルに展開する予定である。既に、米国のクラウドシステムベンダと連携することが内定している。

また、PIAX を用いた高速の電力需給マッチング技術についても、1000 ノード以上で 1 分を切る高性能なシステムへ進化させ、複数の発電事業ベンダとの連携を推進する。更に、海外においても展開を図っており、シンガポール・米国のプロジェクトへ打診済、米・仏の大学へソフトウェア開示から共同研究に移行等、積極的に成果展開を実施中である。

#### 4. むすび

本研究開発では、PIAX-ON を活用し、スケーラビリティと高速ローカル制御を可能とするエネルギー制御 P2P ネットワークを実現した。社会実装を目指し、国内外の大



図 3. 最終検証システム実施の様子

手企業や研究機関とのコンソーシアム活動を積極的に展開、高速モニタ性能を有する大規模および中小規模の GW を開発・実用化し、それらの PF 上に実装した。また、IoT のトレード PF など電力以外への応用等、成果を多分野へも展開していく。

#### 【誌上发表リスト】

- [1] M. Endo, K. Asami, R. Kutsuzawa, S. Yamanamoto, M. Tanaka, H. Takeshita, E. Oki, and N. Yamanaka, "Distributed Real-Time Power Cooperation Algorithm for Residences Based on Local Information in Smart Grid", Journal of Energy Engineering
- [2] K. Asami, M. Endo, R. Kutsuzawa, S. Yamamoto, K. Takashima, H. Takeshita, and N. Yamanaka, "Demand and Supply Matching Method in Smart Grid by Distributed P2P Communication", The 21st Asia-Pacific Conference on Communications Latest Results Workshop pp497-502 Oct 2015
- [3] K. Asami, A. Yamashita, J. Matsumoto, R. Kutsuzawa, N. Takemura, H. Takeshita, and N. Yamanaka, "Power Matching Method in Smart Grid Considering User Satisfaction by PIAX Platform", 17th International Conference on High Performance Switching and Routing June 2016

#### 【申請特許リスト】

- [1] 高島研也、小野秀貴、「データ収集および分析システム」、日本、2016年3月31日、出願番号 2016-071260

#### 【報道掲載リスト】

- [1] "太陽光パネル遠隔監視、マウンテンフィールド小規模の施設"、日経産業新聞、(2015年8月7日)
- [2] "小規模太陽光発電クラウドで常時監視 慶大など PCS 異常を通知"、電気新聞、(2015年8月11日)
- [3] "太陽光発電所向け遠隔監視システム 故障・盗難を通知"、日刊工業新聞、(2015年9月22日)

#### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.yamanaka.ics.keio.ac.jp/>