

自律適応制御を用いたHEMSデータ活用ソリューション

一圓 真澄 小川 雅嗣

要 旨

持続可能な低炭素社会の実現に向け、より効率的かつ安定的なエネルギー活用のためのスマートグリッドの実現が望まれています。そのためには、環境変動下で地理的に離れた複数システムを効率的に制御する技術の確立が必要です。我々は実世界の制御手法として、生物の環境適応メカニズムを基にした、自律適応制御の適用を検討しています。今回は需要側の電力制御に適用し、状況に合わせた柔軟な機器制御によって、利用者に節電を意識させないエネルギーマネジメントシステム (EMS) を目指しています。家庭向け EMS (HEMS) で実証し、照明とエアコンを変化に応じて柔軟に制御しつつ、意図した目標値に電力を制御できることを確認しました。



エネルギーマネジメントシステム／HEMS／省電力／適応制御

1. はじめに

持続可能な低炭素社会の実現に向け、より効率的かつ安定的なエネルギー活用のためのスマートグリッドの実現が望まれています。スマートグリッドによる制御により、需要側で必要な電力量に合わせて供給側のみを発電する従来の制御形態から、情報通信基盤をベースとした需要供給全体を効率的に制御する形態になると考えられています。

我々は、将来の姿として供給側では自然エネルギーをメインにした分散型の制御、また需要側では能動的に電力を抑制しつつも利便性を損なわない制御、更に全体としては双方向の電力融通が可能な配送網をベースにした地産地消型の需給バランス制御の形態を考えています (図1)。

そのためには、新たな制御技術の確立¹⁾が必要とされています。スマートグリッドは、電力の供給から需要までのさまざまなかつ多数なシステムが地理的に分散されて構成されています。そのような複雑かつ時々刻々と状況が変わる環境下では、集中同期型の最適化手法によるリアルタイムな最適制御は実現困難であると考えられます。その問題を解決すべく、集中型と分散型を組み合わせた制御などが研究されています。

我々はスマートグリッド実現に向け、生物の環境適応メカニズム^{2) 3)}を基にした自律適応制御の適用を検討しています。自律適応制御は、複雑かつ変動が多い実世界のさまざまな社会インフラへの適用を想定しており、構成するサブシステムの効率を表す指標を基に、局所的かつ非同期な情報交換でシステム全体の最適化を達成しようとするものです。突発的な環境変動に対してロバストな性質を持ち、安定したシステムを実現できます。この制御手法をベースにし、地産地消の需給制御で電力使用効率を高めるスマートグリッドが実現できると考えています。

我々は、まず需要側の電力制御に自律適応制御を適

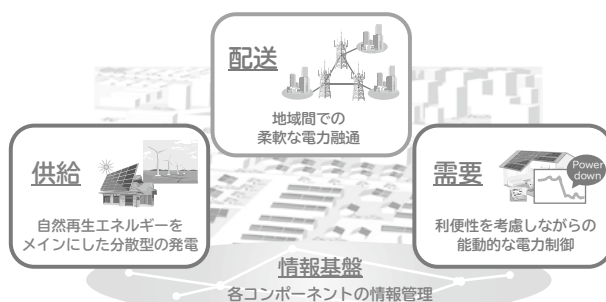


図1 スマートグリッドの姿

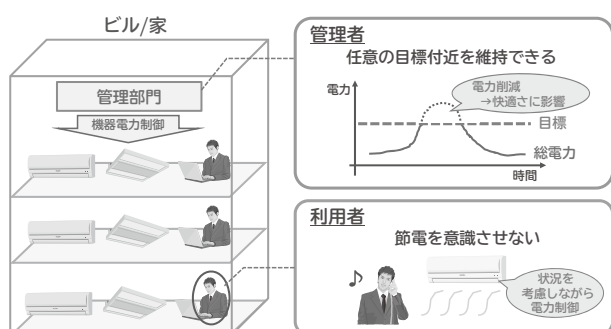


図2 目指す需要側のエネルギーマネジメントシステム

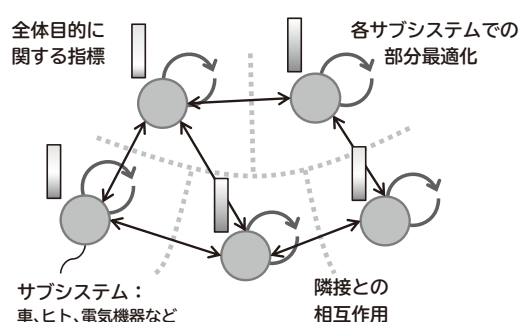


図3 自律適応制御の動作概要

用し、状況に合わせた柔軟な機器制御によって、利用者に節電を意識させないエネルギーマネジメントシステム（EMS）を目指しています（図2）。電力の観点では、意図した目標値付近に総電力が抑制できることで、能動的な電力量やコストの制御の実現を目指します。

一方で、電力を抑制すると快適さに影響することになります。その際、使用機器に関する状況に合わせながら機器間の電力割り振りを最適にして、快適さの劣化を最小限にすることで、利用者に対して意識させない節電を実現することを目指します。

本稿では、需要側への自律適応制御の適用可能性の検証として実施した、家庭向けEMS（HEMS）の実証評価について報告します。HEMS実証では、自律適応制御による総電力の抑制と環境変動の追従性を評価するために、米国ニューメキシコ州ロスアラモス郡の実証家屋にて制御実証をし、照明とエアコンを変化に応じて柔軟に制御しつつ、意図した目標値に電力を制御できることを確認しました。

2. 自律適応制御について

自律適応制御は生物の環境適応メカニズムを基にしており、局所的な効率指標を使った分散計算の繰り返しにより、動きながらシステム全体を最適状態に近づけていく制御手法です（図3）。

システムを構成しているサブシステムのみの制御目的（効率性、快適性、安全性など）をベースにした指標で動作することを特徴としており、特定の環境向けの設定を排するので複雑な制御ルールが必要ありません。

また、この指標を基に周辺サブシステム同士の局所的な

分散計算で全体最適に近づけます。変動に対する再計算を局所的に対応するので、即応性を持ちます。更に計算が軽量であるため、サブシステムの数に対するスケーラビリティを持ちます。

3. HEMSへの自律適応制御の適用

自律適応制御をHEMSに適用すると、デマンドレスポンスなどの電力制約がある状況で、快適度の劣化を最小限にする機器制御が実現できます。各機器をサブシステムと見なし、制御目的を快適性に関する指標として制御します。今回、ユーザー希望設定値と実際の温度の乖離を指標として定義しました。

各機器の電力、設定値、実際の室温計測値を自律適応制御に逐次入力することで、状況の変動に合わせてながら機器全体の電力を目標値に抑制しつつ、快適さの劣化が最小限になるように機器が動作します（エアコン、LED照明の設定値を自動的に変更する）。

制御目的をベースにした制御なので、エアコンの入出力特性などを考慮する必要がなく、容易にさまざまな家庭に適用できます。また、自律適応制御は制御機器数に対してスケーラブルなので、HEMSの仕組みを基に地域や街単位のEMSにまで拡張できると考えています。

4. HEMSでの実証評価

実証家屋にて機器を自律適応制御で制御し、以下の観点で評価を実施しました。

- ・家屋全体の消費電力を意図した目標値に抑制できるかの検証

- ・電力抑制下で、環境の変動（機器の希望設定値、優先度の変更）に追従して制御できるかの検証

(1) 実証時の構成

今回の実証では、複数種類ある家電のうち、自律適応制御の特性に合う以下の家電を制御対象としました。

・エアコン（8台）

家庭用のエアコン。動作モードは暖房で、風量は最も弱いものに固定し、設定温度を18～32℃の間で制御します。

・LED照明（10台）

調光設定は固定にし、輝度設定を1～10のレベルで制御します。

その他の家電（液晶テレビ、冷蔵庫、給湯器など）は制御対象とはしません。

(2) システム構成

制御システムとしては、自律適応制御モジュールを家屋のHEMSと結合する形態で実現しました（図4）。HEMSでは各家電からの情報の取得と、各家電への制御命令を行い、データ保持や制御命令はデータベース（DB）を介して行われます。自律適応制御モジュールは、DBを介して必要な機器のデータ及び制御命令を入出力します。実装の形態は集中型ですが、自律適応制御モジュール内で仮想的な機器を生成し、それらのなかで分散的に計算を行っています。

(3) 評価シナリオ

実証評価は以下のシナリオで実施しました。

1) 初期設定

LED照明は設定輝度レベルを2台ずつ5、6、7、8、9に、エアコンは設定温度を2台ずつ22、23、

24、25℃に設定します。全機器とも優先度は同じに設定します。

2) 目標消費電力の設定

家屋全体の消費電力の目標値を段階的に5,000W、3,500Wに設定します。

3) 機器の優先度の変更

ある1台のエアコンと1台のLED照明の優先度を高く設定します。

4) 優先度設定の解除

優先度設定をすべて同じに設定します。

5) 消費電力の抑制解除

5. 結果

家屋全体の電力推移グラフと各機器の設定値の推移グラフから評価観点を考察します。

図5は機器ごとの電力の推移を示しています。

目標値の設定に応じて各機器の電力が制御され、総電力が目標値付近になっていることが分かります。また、機器の優先度を変更しても、総電力は指定した目標値を維持されていることが分かります。これらの結果から、家屋全体の電力を意図した目標値に能動的に抑制できていると言えます。

図6と図7は、各機器の設定値の推移を示しています。

初期設定から抑制が開始されるまでは、各機器とも希望設定値どおりで動作をしています。次に電力抑制が開始されてからは、両機器とも設定値が均等に制御されていることが分かります。エアコン、LED照明とも電力を使用しない方向に設定値が制御されています。途中で優先

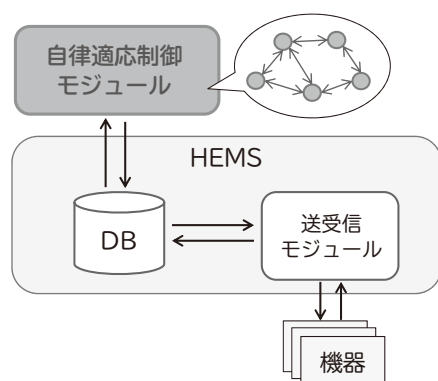


図4 実証時のシステム構成

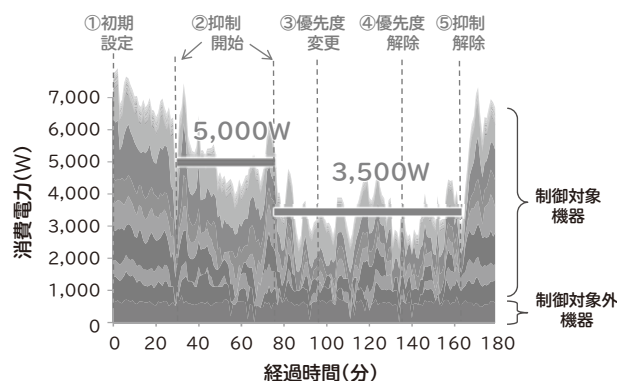


図5 機器の消費電力の推移

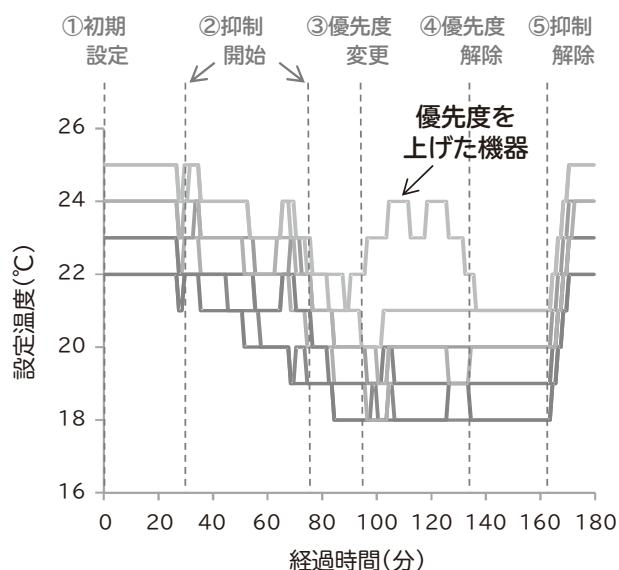


図6 エアコンの設定温度の推移

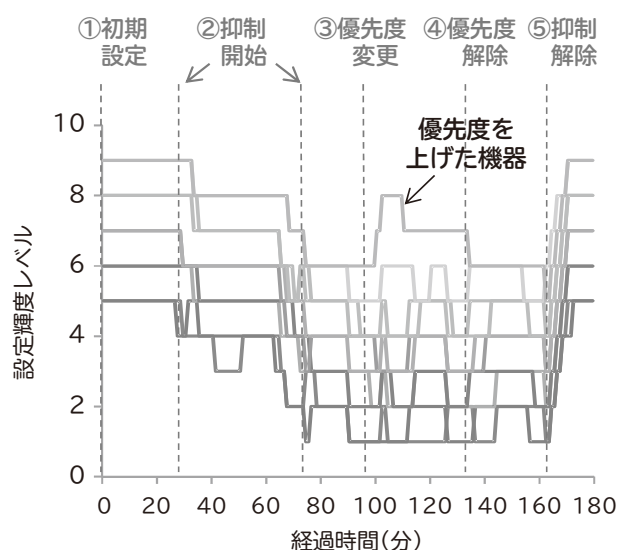


図7 LED照明の設置輝度の推移

度設定を行ってからは、優先度を高くした機器のみの設定値が高めに制御されていることが分かります。すなわち、優先度を高くした機器の設定値を、希望設定値に近づけるような制御がされています。これらの結果から、機器の設定値と優先度の変更を伴う状況の変化に対して、制御が追従できていると言えます。

6. むすび

節電を意識させずに意図した電力を削減できるEMSを目指し、自律適応制御による総電力の抑制と環境変動の追従性を評価するために、実証家屋にてエアコンとLED照明の制御実証を実施しました。

電力に関しては、意図した目標値付近を維持できることを確認しました。また、機器の設定値や居住者が入力する優先度の変化に対しても、追従して制御できることを確認しました。これら結果から、HEMSにおける機器構成にて、状況の変化に対応しながらの能動的な節電が可能であることを確認することができました。

なお、本研究の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証」の委託業務の成果です。

参考文献

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁：低炭素電力供給システムに関する研究会報告書, 2009.7
- 2) M. Yano, S. Hibiya, M. Tokiwa and Y. Makino: Real-time Control of Walking of Insect; Self-organization of the Constraints and Walking Patterns, Distributed Autonomous Robotic Systems, vol.5, pp.444-451, 2002
- 3) Y. Yoshihara, N. Tomita, Y. Makino and M. Yano: Autonomous Control of Reaching Movement by 'Mobility' Measure, Journal of Robotics and Mechatronics, vol.19, No.4, pp.448-458, 2007

執筆者プロフィール

一圓 真澄

クラウドシステム研究所
主任

小川 雅嗣

クラウドシステム研究所
主任研究員

関連URL

NEC、異常気象・災害・事故など事前想定が困難な環境変化に対応するIoTシステム向け「自律適応制御技術」を開発

http://jpn.nec.com/press/201507/20150717_02.html

NEC 技報のご案内

NEC 技報の論文をご覧くださいありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.68 No.2 ICTが拓くスマートエネルギーソリューション特集

～ICTとエネルギーの融合を目指して～

ICTが拓くスマートエネルギーソリューション特集によせて
NECの目指すスマートエネルギービジョン

◇ 特集論文

一般需要家様向けソリューション

データ活用で進化するNECのクラウド型HEMSソリューション
自律適応制御を用いたHEMSデータ活用ソリューション
クラウド型EV・PHV充電インフラサービス
“電気をためて、賢く使う”を実現する小型蓄電システム
軽量で長寿命を誇る通信機器用リチウムイオン二次電池パックの開発

企業様向けソリューション

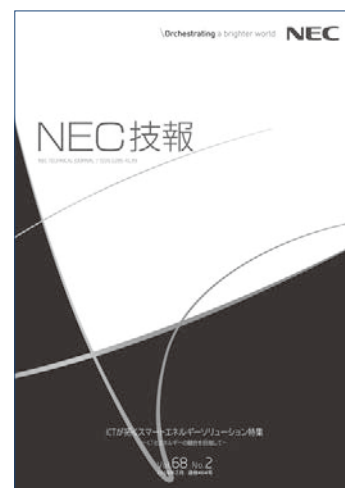
大林組技術研究所に導入したスマート化システムとNEC玉川事業場9号館への展開
データセンターの空調電力を削減する冷却技術
玉川スマートエネルギー実証
携帯電話基地局のエネルギー使用を最適化するEMSソリューション

エネルギー事業者様向けソリューション

電力サプライヤーソリューションの中核を担う電力需給管理システムの開発
インバリアント解析技術(SIAT)を用いた発電所向け故障予兆監視ソリューション
Situational Intelligenceによるリソース最適化
分散蓄電池による電力需給調整ソリューション
クリーン・高信頼性・再生可能な将来を目指した電力グリッド向けエネルギー貯蔵装置の活用
電力の安定供給を支える系統安定化ソリューション ～イタリア ENEL 様向け系統用蓄電システムへ
スマートメーター通信システム(AMI)における実績

技術開発・標準化

国連CEFACT標準のメソドロジー
OpenADR(自動デマンドレスポンス)とNECの取り組み
標準手順を用いた蓄電池遠隔制御の実証
1つのセンサーで複数機器の消費電力や利用状況を見える化する電力指紋分析技術
デジタルグリッドが実現するインバランス削減ソリューション
レジリエントなマイクログリッド管理ソリューション
高エネルギー密度リチウムイオン電池の安全性技術
NECエナジーデバイスのLIB電極の特長と生産実績



Vol.68 No.2
(2016年2月)

特集TOP