

デマンドレスポンスで電力の需給調整に貢献するBEMS技術

BEMS Technologies Contributing to Electricity Supply and Demand Adjustment through Demand Response

三ッ本 憲史 石山 政浩 豊田 勇
 ■ MITSUMOTO Kenji ■ ISHIYAMA Masahiro ■ TOYODA Isamu

温室効果ガスの排出削減を目指したビルの消費エネルギーに対する管理と削減のニーズが増加しており、今までエネルギー管理機能を持たなかった中小ビルへも広がっている。更に、東日本大震災以降の電力需給のひっ迫も重なって、スマートグリッドが持つ需給調整能力への期待が高まっており、デマンドレスポンス (DR) を通したスマートグリッドの需給調整への貢献が注目を集めている。

東芝は、大規模ビル向けにBEMS (Building Energy Management System) を提供してきたが、更に、中小ビルへBEMS機能を遠隔サービスとして提供するための技術と、DRなどのBEMS機能をビル内の消費エネルギーと快適性の両面で導入前に評価するシステムを開発している。

To reduce greenhouse gas emissions, there is an increasing need for energy management and improvement of the electricity consumption of buildings, particularly small- and medium-scale buildings that have not been equipped with a building energy management system (BEMS). Expectations are also rising for smart grid technologies that can maintain the balance of electricity supply and demand in electric power grids because of the tight electricity supply and demand situation caused by the Great East Japan Earthquake. BEMS with demand response (DR) functions for adjustment of electricity supply and demand have been attracting considerable attention as a solution to this issue.

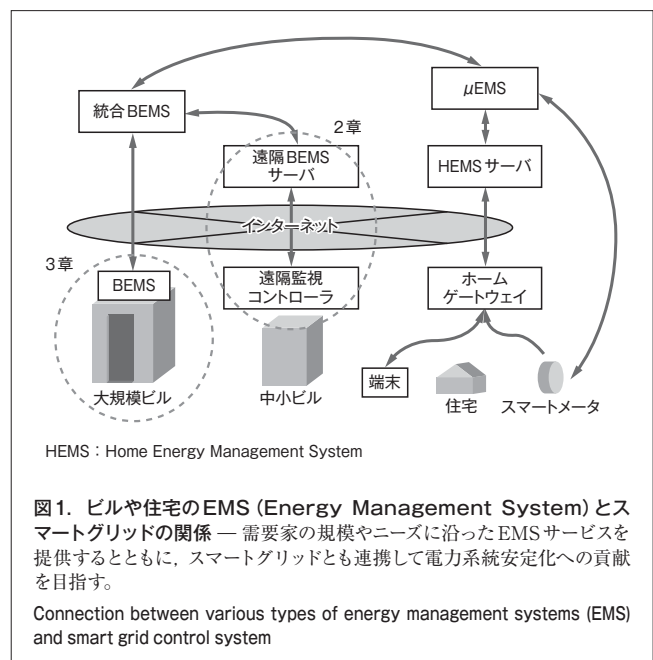
Toshiba has been developing and releasing BEMS for large-scale buildings since the 1970s. We have now developed a Web service system to provide various BEMS functions for small- and medium-scale buildings as a remote monitoring service, and a BEMS function validation and evaluation environment that can simultaneously assess electricity consumption and comfort in a building under DR control.

1 まえがき

地球規模で発生する気候変動への対策として、産業、運輸、家庭など全ての分野で、温室効果ガス排出の削減努力が求められている。しかし、事務所ビルを含む分野では、基準年の1990年度に対して2009年度では30%以上増加しており、温室効果ガス排出量削減策の重要性が増している。

今までBEMSが導入されていなかった中小ビルでも、2009年4月に「エネルギー使用の合理化に関する法律」(改正省エネ法)で規制体系が事業場単位から事業者単位へ変更されたのに伴い、エネルギー管理を導入しようという機運が複数ビルを所有する事業者を中心に高まってきている。エネルギー管理のニーズが高まっている中小ビルに情報通信技術 (ICT) を用いて低コストな遠隔BEMS (Building Energy Management System) サービスを提供する東芝の技術について、2章で述べる。

また、当社は、事務所ビルの温室効果ガス排出量ゼロ化に向けた取組みとして、LED (発光ダイオード) 照明やヒートポンプなど高効率機器の導入、BEMSの省エネ制御機能の強化、太陽光発電 (PV) などの創エネルギー設備や蓄電池などの蓄エネルギー設備を活用するBEMS機能の強化、更に、高断熱



化や積極的な自然採光など建物自体の省エネ化技術などの評価及び開発を進めている⁽¹⁾。一方、電力供給者の視点では、電化の進行や産業の発展による需要の増加、再生可能エネルギー

ギー発電の比率増加、大規模災害による電源の喪失など、需給バランスを維持することが困難になってきている。そこで、ICTを用いて電力システムを安定的かつ高効率に運用するスマートグリッドへの期待が高まっている。需給バランスを維持する一つの方策として、需要家が電力消費量を一時的に削減するデマンドレスポンス (DR) も注目を集めており、スマートグリッド監視制御システム μ EMS (Micro Energy Management System) と連携してDRを実行する機能がBEMSに求められている⁽²⁾。DR機能などでスマートグリッドと連携するビルの本社の評価技術について、3章で述べる。

ここで述べる技術の関係を図1に示す。

2 中小ビルのエネルギー管理技術

ここでは、中小ビルで省エネのためのエネルギー管理を行う際の課題と、当社が提供する遠隔BEMSサービスのキーコンポーネントである遠隔監視コントローラについて述べる。

大規模ビルに普及しているBEMSによるエネルギー管理は、中小ビルでは今までほとんど行われてこなかった。これは、エネルギー管理の規模が小さいために、エネルギー管理に必要な人件費やBEMSなど管理装置のコストと、エネルギー管理により得られる省エネ効果のバランスが取れなかったからである。

これまでの管理システムは大規模ビル向けであり、空調・熱源設備、照明設備、電源設備など多量の設備機器を管理できるようにするために高機能なものが必要とされてきた。ビル全体を対象とした中央管理システムは、管理するデータ点数が多いことに加えて、設備機器ごとに異なるベンダーが監視制御システムをそれぞれ設置するために、種々の監視制御装置とのインターフェースをそれぞれ備える必要があったからである。一方、中小ビルはデータ点数こそ少ないものの、設備機器のバリエーションは大規模ビルとあまり変わらない。このために、エネルギーの管理規模あるいはデータ点数に比例して管理システムのコストを下げるのが困難であった。

2.1 遠隔BEMSサービス

当社は、このような課題がある中小ビル向けのソリューションとして、遠隔BEMSサービス(図2)を展開している。ビルのエネルギー管理部門は、BEMS機能を当社のデータセンターからのWebサービスとして利用することで、管理システムの初期投資を抑えることができる。更に、複数のビルの状況を1か所で管理できることから、エネルギー管理のスキルを持った専任者の人件費も抑えることができる。また、このサービス費用は月額制であり、複数のビルのオーナーや管理者が導入しやすい形態となっている。サービス費用を低減するための取組みとして、ビル内に設置された種々の監視制御システムとのインターフェースとなる遠隔監視コントローラを開発した。また、データセンターのクラウド化も進めている。

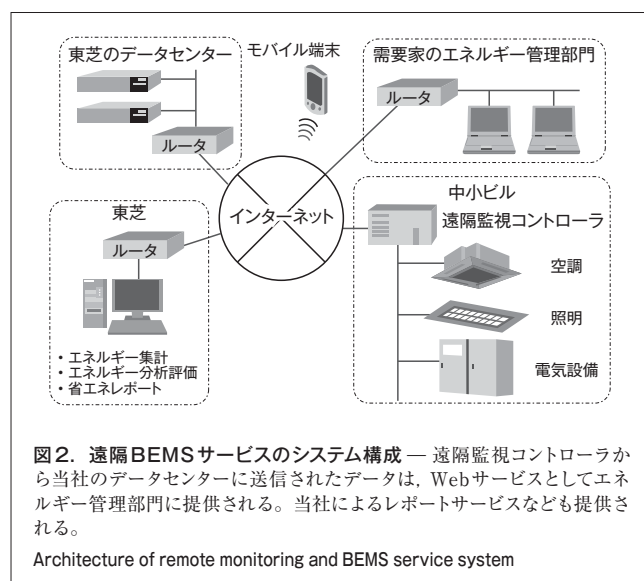


図2. 遠隔BEMSサービスのシステム構成 — 遠隔監視コントローラから当社のデータセンターへ送信されたデータは、Webサービスとしてエネルギー管理部門に提供される。当社によるレポートサービスなども提供される。

Architecture of remote monitoring and BEMS service system

2.2 遠隔監視コントローラ

遠隔BEMSと遠隔監視コントローラはインターネットを介して接続される。この接続プロトコルとして、当社はBACnet/WS (A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks/Web Service)^{(注1)(3)}を採用した。

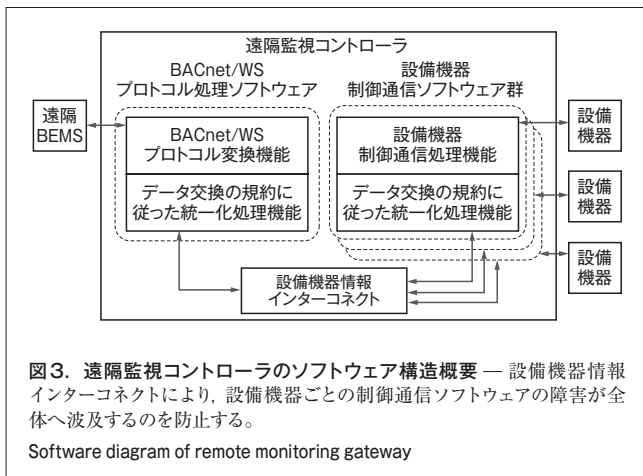
BACnet/WSは設備機器向けのプロトコルであり、Webサービス技術をベースに構築されている。Webサービス技術は、XML (Extensible Markup Language)、WSDL (Web Service Description Language)、SOAP、HTTP (Hypertext Markup Language) などインターネットで使用されているオープンな標準技術を用いて、様々なサービスをネットワークを介して提供できるようにする技術である。Webサービス技術は特定のプラットフォームに依存せず、サービス間の通信仕様を厳格に定めることができるため、インターネット上の様々なサービスとの親和性を高めることが可能になる。

更に、中小ビルでは設備種別ごとの設置台数が少ないという前記の問題に対応するため、当社は、複数種の設備機器を一つのコントローラに接続するためのソフトウェア構造を遠隔監視コントローラに導入した。

このソフトウェア構造の概要を図3に示す。遠隔監視コントローラのソフトウェアは、大きく分けて、接続する設備種別ごとに設けられる設備機器制御通信ソフトウェア群、BACnet/WSプロトコル処理ソフトウェア、及びこれらの中でデータ交換を行うための設備機器情報インターコネクトから構成されている。

遠隔監視コントローラでは、BACnet/WSプロトコル処理ソフトウェアとそれぞれの設備機器制御通信ソフトウェアを、独立したアプリケーションとして動作可能にした。加えて、BACnet/

(注1) BACnetは、米国暖房冷凍空調学会の米国及びその他の国における商標又は登録商標。



WSのプロトコル処理ソフトウェアと、各設備機器制御通信ソフトウェアとの間で必要なデータ交換の規約を策定した。この規約は、それぞれの設備機器の計測点や制御点の操作方法的の違いを隠蔽し、統一された形で操作の定義を提供する。また、計測点や制御点を識別するための識別子については、複数の設備機器が接続されている場合でも、重複しない生成方法を規定した。そして、この規約に添ったデータ交換を行うための設備機器情報インターコネクトを導入した。

この設備機器情報インターコネクトは、接続されるべき他のソフトウェア間の実行独立性を提供しているため、ある制御通信ソフトウェアの障害が、他の制御通信ソフトウェアやBACnet/WSプロトコル処理ソフトウェアの実行に影響を与えることはない。

これらの機構により、各設備機器制御通信ソフトウェアは任意のプログラミング言語で記述可能になり、ソフトウェアの作成がより容易になっている。更に、設備機器情報インターコネクトによって、BACnet/WSプロトコル処理ソフトウェアに変更を加えることなく、様々な設備機器制御通信ソフトウェアを追加することが可能である。また、設備機器情報インターコネクトはソフトウェア間の実行独立性により、新しい設備機器制御通信ソフトウェアを安全に追加することが可能である。

これらの特徴によって、これまで困難であった複数種類の設備機器の管理を単一の遠隔監視コントローラで行うことが可能になった。

3 BEMS 評価システム

ここでは、スマートグリッドと連携したDRなどを評価するBEMS評価システムと、そのシステムを用いてDR時の消費エネルギーとビル内環境を評価した一例を述べる。

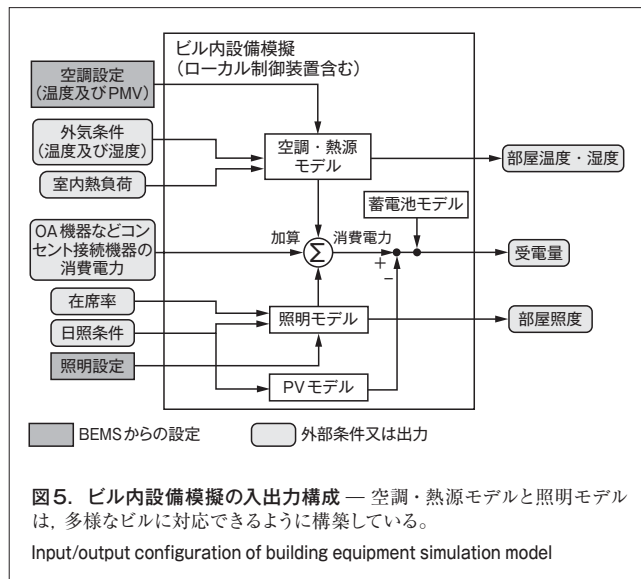
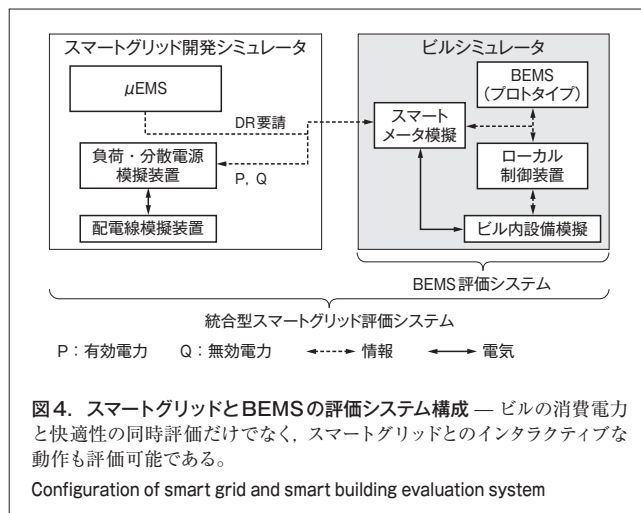
スマートグリッドの構成要素や特性は国や地域によって異なり、DR機能でも同様に、地域の特性を生かした仕組みが必要になる。そこで、スマートグリッドと連携する機能とビル内環

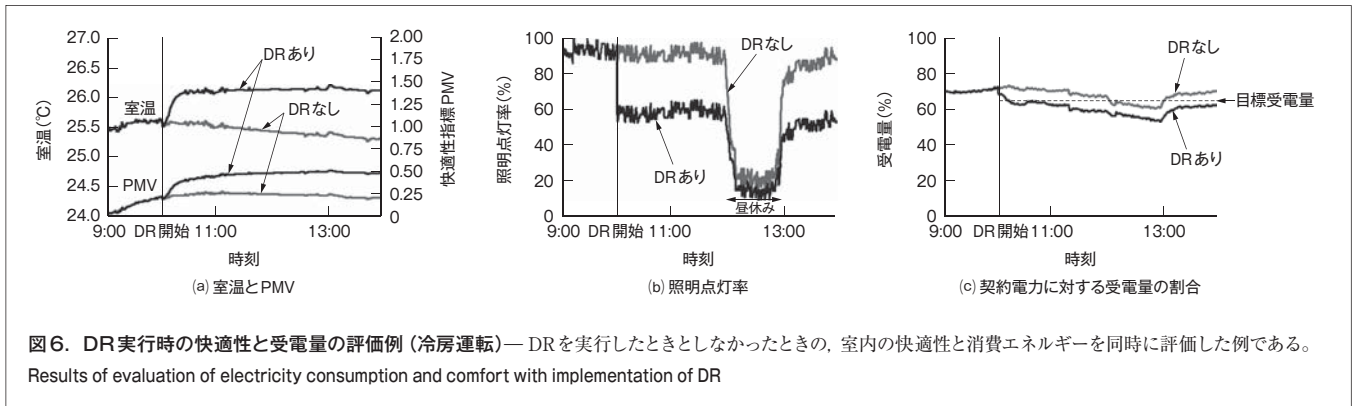
境を事前に評価するBEMS評価システムを構築した。

BEMS評価システム(図4)は、事務所ビルの消費エネルギーの約40%を占めるといわれる、空調・熱源機器や約20%を占めるといわれる照明機器⁽⁴⁾などのビル設備を模擬するビルシミュレータを中心に構成される。ビルシミュレータはスマートメータのソフトウェア模擬機能やμEMSからのDR要請を受信するとともに、消費エネルギーを負荷・分散電源模擬装置に送信する機能を持つ。このように、統合型スマートグリッド評価システムの一部として機能することで、スマートグリッドとのインタラクティブな応答特性も評価できる。

以下に、DR時のビル内環境を評価した例について述べる。ビル内設備とその制御装置及びオフィス環境を模擬するビルシミュレータは、BEMSから出力される空調・照明設定と外気温度などの外部条件に基づいて、部屋の温度や照度などの快適性と消費エネルギー(受電量)を評価できる(図5)。

ビルシミュレータに対して、外気条件と室内熱負荷の実測





値、及び在席率とOA機器などコンセントに接続された機器の消費電力の推定値を入力して行ったシミュレーションの結果を**図6**に示す。シミュレーションは、通常の空調・照明設定のケースと、午前10時からのDR実行を想定して空調・照明設定を変更したケースの2ケースである。

DR時のケースでは、DR実行中でも室内の快適性を維持しながら、受電量(=消費電力-PV発電量)をDR開始時点から10%以上削減し続けることを目標として、空調設定(PMV(Predicted Mean Vote)目標値)は0.5、照度設定は通常時の60%にそれぞれ設定した。ここで、PMVは部屋の温度、湿度、輻射(ふくしゃ)温度、風速、在室者の活動量、及び着衣量に基づいて計算される快適性指標であり、0を中心としてプラス側が温感、マイナス側が冷感を表す⁽⁵⁾。室温とPMVが目標値に落ち着くまでに15分程度要する(**図6(a)**)のに対して、照明点灯率は即応性が高い(**図6(b)**)。その結果、DR開始後10分程度で受電量を目標レベルまで低減できることを確認した(**図6(c)**)。

BEMS評価システムは、様々な運用シナリオに対して消費エネルギーと室内の快適性を同時に評価できる。更に、天気予報(外気条件や日照条件)とビルの熱負荷予測値などを用いることで、DRにより削減可能な受電量(DR余力)を予測することもできる。DR余力の予測値を需要家と供給側で共有することにより、需要家にとっては快適性が損なわれないことが、また、供給側にとっては需給調整能力の高いDRを実現できることが期待される。

4 あとがき

ICT技術を活用して電力系統の高度な運用を実現するスマートグリッドに対する需要家側の取組みとして、今までエネルギー管理をしていなかった中小ビルに対してBEMS機能を遠隔サービスで提供するためのキーコンポーネントである遠隔監視コントローラと、大規模ビルのDR機能を事前に評価するBEMS評価システムについて述べた。

当社は、様々な規模のビルを、単独のビルではなくビル群としてエネルギー管理をすることにより、その地域における効率的なエネルギー利用の実現を目指している。更に、ビル群としてスマートグリッドと連携することにより、電力供給側と需要家の協調を目指している。このような需要家協調型スマートグリッドで中心的な役割を担うビル群管理センター(**図1**の統合BEMS)を、横浜市が中心となって進めている「横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)」で実証予定である。

文献

- (1) 西村信孝 他. ビルのゼロエミッション化を目指すスマートファシリティ. 東芝レビュー. **65**, 5, 2010, p.2-6.
- (2) 余語将成 他. 災害に強い住宅やビルの実現を目指すエネルギー管理ソリューションHEMS及びBEMS. 東芝レビュー. **66**, 8, 2011, p.17-20.
- (3) ANSI/ASHRAE Standard 135-2008 Annex N : 2008. BACnet/WS Web Service Interface.
- (4) 省エネルギーセンター. “オフィスビルの省エネルギー”. <http://www.eccj.or.jp/office_bldg/index.html>. (参照2011-10-15).
- (5) 花田雄一 他. 生活者の行動を優先した快適空調制御システム“ニューロPMV™制御”. 東芝レビュー. **62**, 6, 2007, p.24-27.



三ツ本 憲史 MITSUMOTO Kenji

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御システム開発部主務。エネルギーシステムの運用最適化と制御に関する開発に従事。電気学会、IEEE、計測自動制御学会会員。Power and Industrial Systems Research and Development Center



石山 政浩 ISHIYAMA Masahiro, D.Eng.

研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー主任研究員、博士(工学)。インターネット技術の研究・開発に従事。情報処理学会、ACM会員。Network System Lab.



豊田 勇 TOYODA Isamu

スマートコミュニティ事業統括部 ソリューション技術第二部 参事。IT技術を活用したエネルギー管理と省エネシステムの開発に従事。Smart Community Div.