

地域エネルギーマネジメントシステムの OpenADR^(†) 2.0b対応

Community Energy Management System Compliant with OpenADR^(†) 2.0b Specification

金子 雄 山田 孝裕 松澤 茂雄

■ KANEKO Yu ■ YAMADA Takahiro ■ MATSUZAWA Shigeo

デマンドレスポンス (DR : Demand Response) とは、電力会社が必要に応じて需要家に対し電力需要の削減を要求することで、電力需要のピークカットを実現するサービスである。電力需要のピークカットにより、発電・配電設備への投資を削減する効果をはじめ、地球温暖化や資源枯渇などの地球環境問題を緩和する効果が期待されている。

東芝は、2010年から横浜スマートシティプロジェクト (YSCP : Yokohama Smart City Project) に参画して、地域エネルギーマネジメントシステム (CEMS : Community Energy Management System) を開発し、DRの実証実験を実施してきた。今回、DRの自動化を目指す通信プロトコルであるOpenADR^(†) 2.0bへ迅速に対応するため、CEMSの既存のデータモデルとOpenADR^(†)のデータモデルを変換する機能を開発した。

The demand response (DR) service is expected to play an important role in reducing the new construction and maintenance costs of power generation and distribution facilities by lowering and shifting consumers' peak electricity usage in response to requests from a power company.

Toshiba has been participating in the Yokohama Smart City Project (YSCP) since 2010. In the YSCP, we have developed a community energy management system (CEMS) and conducted demonstration tests to verify the effectiveness of DR in a real environment. Furthermore, in line with the standardization of OpenADR^(†) 2.0b, a communication protocol specification for automated DR, we have developed a new function to mutually convert the conventional data model of the CEMS for the YSCP into a data model compliant with the OpenADR^(†) 2.0b specification.

1 まえがき

デマンドレスポンス (DR : Demand Response) とは、電力会社がビルや住宅 (ハウス) などの需要家に対して電力需要の削減を要求することで、電力需要のピークカットを実現するサービスである。電力需要のピークカットにより、発電・配電設備への投資削減をはじめ、地球温暖化や資源枯渇などの地球環境問題への効果が期待できる。一方で需要家は、需要削減に協力することで、協力の度合いに応じた報酬を電力会社から得られる。米国ではDRは既に実運用されている。需要削減の要求は電話や電子メールを使用して需要家へ伝えられている。

近年、OpenADR^(†) Allianceにより、DRの自動化を目的とした通信プロトコルであるOpenADR^(†) 2.0 Profile B (OpenADR^(†) 2.0b)⁽¹⁾が策定された。電力会社及び需要家がOpenADR^(†) 2.0bに対応したシステムを導入することで、従来よりも複雑な需要削減の要求 (例えば、数分単位で変動する電気料金) を使用し、すばやく自動的にピークカットを実現できると考えられる。

東芝は、2010年から横浜スマートシティプロジェクト (YSCP : Yokohama Smart City Project)⁽²⁾に参画して、地域エネルギーマネジメントシステム (CEMS : Community Energy Management System) を開発し、DRの実証実験を行ってきた⁽³⁾。

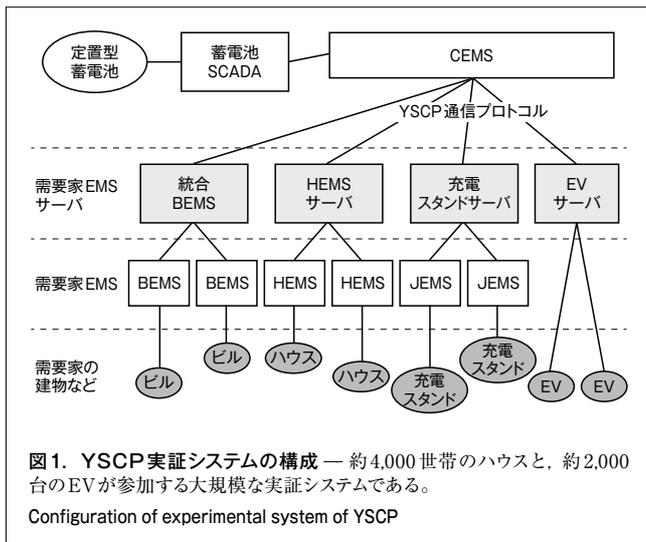
今回、OpenADR^(†) 2.0bを用いたDRの実施を可能にするために、CEMSにOpenADR^(†) 2.0bの通信機能を追加した。また、これまでの実証実験で使用してきた通信プロトコルとの共存を図るため、両プロトコルのデータモデルを変換する機能を開発した。ここでは、CEMSとOpenADR^(†) 2.0bの概要と、CEMSのOpenADR^(†) 2.0b対応のため開発した機能及び動作検証について述べる。

2 YSCP及びCEMSの概要

建物内に存在する空調や照明などの機器をIT (情報技術) を用いて監視制御することで、需要家の利便性と省エネをバランスよく実現するシステムとして、BEMS (Building Energy Management System) やHEMS (Home Energy Management System) がある。CEMSはこれらのシステムと異なり、建物ではなく地域を対象とし、ビルや、ハウス、電気自動車 (EV)、蓄電池などの多種多様な施設の電力需要を管理する。

2.1 YSCP実証システムの構成

YSCPの実証システムの構成を図1に示す。CEMSは電力系統の監視及び需給制御を行うスマートグリッド監視制御システム (μ EMS : Micro Energy Management System)⁽⁴⁾を基盤とするシステムである。後述する需要家EMSサーバや、定置型蓄電池などを制御する蓄電池SCADA (Supervisory



Control and Data Acquisition) と関係することで、太陽光発電 (PV) などの再生可能エネルギーを導入した地域内の電力需給バランスを調節する。ここで“関係”とは、主に電力需要の削減要求 (DR 情報) の通知と、電力消費量データの収集である。

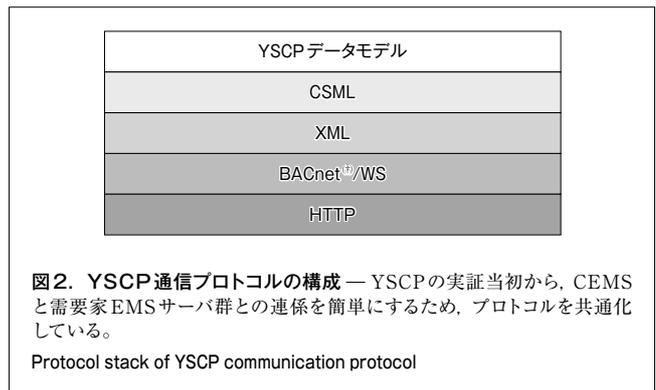
需要家EMSサーバは、複数の需要家の情報を集約し、CEMSと関係するシステムである。ビル群を集約する統合BEMS⁽⁵⁾や、ハウス群を集約するHEMSサーバ⁽⁶⁾など、需要家の種類ごとに存在し、需要家の特性に合わせた機能を備える。例えば統合BEMSは、CEMSから受けたDRを各ビルの調整余力に応じて最適配分する、ネガワットアグリゲーション機能を備える。HEMSサーバは、CEMSから通知されたDR情報を、需要家に対してわかりやすく表示する機能を備える。

需要家EMSは、需要家の建物などにある機器を管理するシステムである。BEMSや、HEMS、EV向けの充電スタンドを管理するJEMS (Jyuuden Energy Management System) などがある。いずれも、需要家EMSサーバと関係するための通信機能を備える。

2.2 YSCP通信プロトコル

CEMSは需要家EMSサーバと通信し、DR情報を伝えたり、電力消費量を収集したりする。需要家EMSサーバは前述のように種類が複数存在し、また複数のベンダーにより提供されている。CEMSと需要家EMSサーバ群の関係を簡単にするため、当社は通信プロトコルを共通化した⁽³⁾。この通信プロトコルを以下、YSCP通信プロトコルと呼ぶ。

YSCP通信プロトコルの構成を図2に示す。DR情報や電力消費量などのデータモデルは、経済産業省「平成22年度地域エネルギーマネジメントシステム開発事業費補助金 (地域エネルギーマネジメントシステム標準化等調査事業)」の成果である共通仕様に準拠した。同様に、この共通仕様に準拠して、データの表現にはCSML (Control System Modeling Lan-



guage)⁽⁷⁾を、WebサービスにはBACnet⁽⁷⁾/WS (Web Service)⁽⁸⁾を採用した。CSMLは、制御システムに関するデータをXML (Extensible Markup Language) で表すための規格である。BACnet⁽⁷⁾/WSは、制御システム向けのWebサービス規格であり、CSMLで表したDR情報や電力消費量をHTTP (Hypertext Transfer Protocol) で送受信できる。

3 OpenADR⁽⁹⁾ 2.0bの概要

OpenADR⁽⁹⁾ 2.0bは、2013年にOpenADR⁽⁹⁾ Allianceにより策定された通信プロトコルで、VTN (Virtual Top Node) とVEN (Virtual End Node) という機能を定義している。VTNはDR情報を作成し、VENに対して送信する。OpenADR⁽⁹⁾ 2.0bのDR情報は、例えば、需要削減の度合いや、ある1日における15分単位の電気料金を含む。VENはDR情報を受信し、DR情報に応じた処理を行う。OpenADR⁽⁹⁾ 2.0bは、DR情報を受信した後のVENの処理を具体的に定義していないが、一般的には、建物の空調や照明を停止するなど、電力需要を削減する処理を行うことが想定される。

VTNはVENからレポートを収集できる。レポートとは、電力消費量や、空調や照明などの機器状態の記録である。レポートを収集するためには、VTNはまず、VENが提供できるデータのID (識別番号) や更新間隔などのレポート能力を、VENから取得する必要がある。次に、レポート能力で定義されたデータIDなどを用いて、レポート要求をVENに送信する。レポート要求は、どのデータを、どのくらいの頻度で取得したいかという情報である。レポート要求を受信したVENは、その要求内容に従い、VTNにレポートを送信する。

OpenADR⁽⁹⁾ 2.0bは、DR情報やレポートをXMLで表現する。そのため、XMLスキーマを定義している。OpenADR⁽⁹⁾ 2.0bのプロトコル構成を図3に示す。OpenADR⁽⁹⁾ 2.0bのデータモデル及びXMLスキーマは、Energy Interoperation⁽⁹⁾やEMIX (Energy Market Information Exchange)⁽¹⁰⁾などをベースとしている。XMLで表現されたDR情報やレポートは、HTTP又はXMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol)



図3. OpenADR[®] 2.0bのprotocolsの構成 — OpenADR[®] 2.0bのデータモデルはEnergy InteroperationやEMIXなどをベースとしており、YSCP通信プロトコルにおけるデータモデルとは異なる。
Protocol stack of OpenADR[®] 2.0b

で送受信される。

OpenADR[®] Allianceは、各ベンダーが開発したVTNやVENの相互接続性を高めるため、テスト仕様を定め、更に、テスト仕様に準拠したテストツールを開発している。当社が開発したVTNとVENは、このテストツールを使用したテストに合格し、OpenADR[®] AllianceからOpenADR[®] 2.0b準拠の認証を取得済みである^{(11), (12)}。

4 CEMSのOpenADR[®] 2.0b対応

4.1 データ変換機能

CEMSをOpenADR[®] 2.0bに対応させるため、次の二つの要件を考慮した。

- (1) CEMSが関係している全ての需要家EMSサーバがOpenADR[®] 2.0bに対応するわけではない。一部の需要家EMSサーバとは、YSCP通信プロトコルによる通信を行う。したがって、CEMSはYSCP通信プロトコルとOpenADR[®] 2.0bの両方を使用できなくてはならない。
- (2) 既にCEMSは電力需要を予測し、DR情報を作成する機能（DR情報作成機能）を備えている。OpenADR[®] 2.0bへの対応にあたり、このDR情報作成機能の変更は、最小限に抑えたい。

この要件を満たすため、既存のCEMSに、YSCP通信プロ

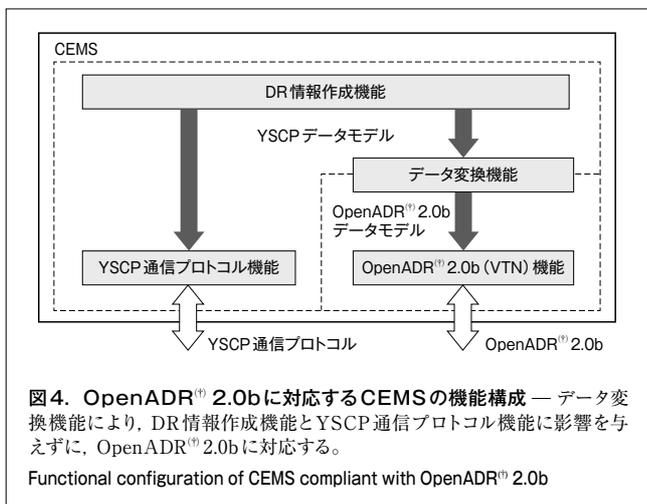


図4. OpenADR[®] 2.0bに対応するCEMSの機能構成 — データ変換機能により、DR情報作成機能とYSCP通信プロトコル機能に影響を与えずに、OpenADR[®] 2.0bに対応する。
Functional configuration of CEMS compliant with OpenADR[®] 2.0b

トコルのデータとOpenADR[®] 2.0bのデータを変換するデータ変換機能を追加した(図4)。これにより、YSCP通信プロトコルを使用する需要家EMSサーバに対しては、従来どおり、YSCP通信プロトコル機能を経由してDR情報を送信できる。また、OpenADR[®] 2.0bを使用する需要家EMSサーバに対しては、データ変換機能を利用し、OpenADR[®] 2.0bのDR情報に変換して送信できる。

一方、図4の構成であれば、DR情報作成機能は従来どおり、YSCPデータモデルに準拠したDR情報を作成すればよい。DR情報作成機能に必要な修正は、需要家EMSサーバの通信プロトコルに応じて、データ変換機能を使うかを判断する処理だけでよい。

DR情報の変換処理については、次節で詳しく述べる。以下では、YSCPのDR情報をYSCP-DR、OpenADR[®] 2.0bのDR情報をOADR-DRと記す。

4.2 DR情報の変換

YSCP-DRとOADR-DRの変換表を表1に示す。YSCP-DRとOADR-DRで、同じ意味を持つデータ項目を変換する。例えば、YSCP-DRがDRの対象期間 (Datatime) を開始時刻と終了時刻で指定する一方、OADR-DRはDRの対象期間を開始時刻 (dtstart) と時間 (duration) で指定するため、絶対時

表1. YSCP-DRとOADR-DRの変換

Conversion between DR data of YSCP and those of OpenADR[®] 2.0b

| YSCP-DR | OADR-DR |
|------------------|---|
| GatewayID | eiTarget.venID |
| MessageID | eiEvent.eventDescriptor.eventID |
| UsagePointID | eiEvent.eiTarget.resourceID |
| DataEditingTime | eiEvent.eventDescriptor.createdDateTime |
| NotificationTime | eiEvent.eiActivePeriod.eiNotificationTime |
| DRType | 表2を参照 |
| UnitSymbol | eiEvent.eiEventSignals.eiEventSignal.itemBase |
| DataID | eiEvent.eiEventSignals.eiEventSignal.intervals.interval.uid |
| Value | eiEvent.eiEventSignals.eiEventSignal.intervals.interval.streamPayloadBase |
| BaselineValue | eiEvent.eiEventSignals.eiEventBaseline.intervals.interval.streamPayloadBase |
| Datatime | eiEvent.eiActivePeriod.properties.dtstart 及び eiEvent.eiEventSignals.eiEventSignal.intervals.interval.duration |

表2. DRTypeとsignalNameの変換

Conversion between DR types of YSCP and signal names of OpenADR[®] 2.0b

| DRType | signalName |
|--------|----------------------|
| CCP | BID_LOAD + BID_PRICE |
| PTR | BID_PRICE |
| CPP | ELECTRICITY_PRICE |
| TOU | ELECTRICITY_PRICE |

CCP : Capacity Committed Program
PTR : Peak Time Rebate

刻と相対時間の変換を行う。

DR情報の種類の変換表を表2に示す。DR情報の種類は、YSCP-DRではDRType、OADR-DRではsignalNameという項目で指定する。例えば、YSCP-DRでは、電気料金の変動幅の大小でCPP (Critical Peak Pricing) とTOU (Time of Use) という区別を設けているが、OADR-DRではCPPとTOUを区別しないため、いずれもELECTRICITY_PRICEに変換する。

OADR-DRのデータ項目のいくつかは、YSCP-DRには存在しない。例えば、OADR-DRは任意のコメントを格納するデータ項目を持つが、YSCP-DRにそのようなデータ項目はない。OADR-DRだけが持つデータ項目で、かつ値を固定しても問題のないデータ項目は、データ変換時に自動生成することで対応した。

4.3 動作検証及び考察

OpenADR^(*) 2.0bのVTNの機能と、データ変換機能をCEMSに導入した。また、VENを需要家EMSサーバの一つである統合BEMSに導入した。CEMSと統合BEMSの間でOpenADR^(*) 2.0bの通信を行い、OADR-DRを送受信できることを確認した。

今回の開発を通して、通信プロトコルが想定するユースケースが異なる場合、データの変換が難しいことがわかった。以下に例を示す。

- (1) YSCP通信プロトコルは、通知済みのDR情報をキャンセルすることは想定していないが、OpenADR^(*) 2.0bはこれを想定しており、キャンセルを指定するためのデータ項目を用意している。DR情報のキャンセルを自由に選択するためには、DR情報作成機能を拡張し、キャンセルするかどうかを示す情報をデータ変換機能へ与える必要がある。
- (2) YSCPは電力消費量の他に、売電量やPV発電量などの情報を収集することを想定しており、これらの種類を指定するためのデータ項目を用意している。一方、OpenADR^(*) 2.0bに同様のデータ項目は存在しないため、情報の種類を指定するためには、独自仕様の策定が必要となる。例えば、データIDの一部に、情報の種類を指定する文字列を埋め込む、などの独自仕様が考えられる。

5 あとがき

YSCP向けに開発したCEMSのOpenADR^(*) 2.0b対応について述べた。YSCP通信プロトコルとOpenADR^(*) 2.0bのデータを変換する機能を開発することで、両方の通信プロトコルに対応するCEMSを迅速に実現した。

この研究の成果の一部は、平成23年度及び平成24年度の経済産業省「次世代エネルギー・社会システム実証事業費補助金(次世代エネルギー・社会システム実証事業)」によるものである。

文献

- (1) OpenADR Alliance. OpenADR 2.0 Profile Specification B Profile OpenADR Alliance, 2013, 106p.
- (2) 新エネルギー導入促進協議会. “横浜スマートシティプロジェクト (YSCP)”. JAPAN SMART CITY PORTAL (JSCP). <<http://jscp.nepc.or.jp/yokohama/>>. (参照2015-06-04).
- (3) 松澤茂雄 他. Webサービス技術を用いて地域需要家の連携を実現するCEMS. 東芝レビュー. 66, 12, 2011, p.12-15.
- (4) 吉村吉彦 他. スマートグリッド監視制御システム μ EMS. 東芝レビュー. 65, 9, 2010, p.6-9.
- (5) 松澤茂雄 他. 横浜スマートシティプロジェクトでのネガワットアグリゲーションの取り組み. 東芝レビュー. 70, 2, 2015, p.8-12.
- (6) 堀部美千子 他. グローバルHEMSプラットフォームと事業モデルの構築に向けて. 東芝レビュー. 67, 9, 2012, p.11-16.
- (7) ASHRAE Standing Standard Project Committee 135. ANSI/ASHRAE Addendum t to ANSI/ASHRAE Standard 135-2008. ASHRAE, 2010, 60p.
- (8) ASHRAE Standing Standard Project Committee 135. ANSI/ASHRAE Addendum c to ANSI/ASHRAE Standard 135-2004. ASHRAE, 2006, 42p.
- (9) OASIS Energy Interoperation Technical Committee. Energy Interoperation Version 1.0 OASIS Standard. OASIS, 2014, 147p.
- (10) OASIS EMIX Technical Committee. Energy Market Information Exchange (EMIX) Version 1.0 Committee Specification 02. OASIS, 2012, 81p.
- (11) OpenADR. "TOSHIBA CORPORATION | T-DRAS". OpenADR Homepage. <<http://products.openadr.org/product/toshiba-corporation-t-dras/>>. (accessed 2015-06-04).
- (12) OpenADR. "TOSHIBA CORPORATION | T-VEN". OpenADR Homepage. <<http://products.openadr.org/product/toshiba-corporation-t-ven/>>. (accessed 2015-06-04).

- OpenADRは、OpenADR Allianceの米国及びその他の国における商標。
- 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。



金子 雄 KANEKO Yu

研究開発統括部 研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー研究主務。スマートコミュニティにおけるネットワークシステムの研究・開発に従事。情報処理学会会員。
Network System Lab.



山田 孝裕 YAMADA Takahiro

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 系統ソリューション技術部参事。スマートグリッドシステムのエンジニアリング業務に従事。
Transmission & Distribution Systems Div.



松澤 茂雄 MATSUZAWA Shigeo

社会インフラシステム社 ソリューション推進室 事業開発部主幹。スマートコミュニティにおけるシステム開発に従事。電子情報通信学会会員。
Solution Promotion Div.