

## 通信規格の異なる家電機器と 家電コントローラを相互接続可能にする アダプタの実装方法

佐藤弓子<sup>†</sup> 土井裕介<sup>†</sup> 寺本圭一<sup>†</sup>

スマートハウスには多くの関連通信規格が存在する。異なる通信規格の家電機器を複数スマートハウスに導入する際、通信規格の異なる家電機器とコントローラとの相互運用性が必要になる。相互運用性を持たせるために、今日まで多くの異種ネットワークの統合に関する研究がなされてきたが、家電機器や通信仕様には国特有のものが存在し、最終的には個別に対応しなければならない場合がある。そこで、家電機器の通信規格をコントローラの規格に変換するアダプタを開発する。本稿では ECHONET ミドルウェア仕様を活用し、ECHONET のミドルウェアアダプタ規格に準拠した ECHONET レディ家電を他の通信規格と相互接続する方法について述べる。

## An Implementation of Network Adapter for Home Appliances to Enable Interoperability with Home Controllers on Different Communication Standards

Yumiko Sato,<sup>†</sup> Yusuke Doi<sup>†</sup> and Keiichi Teramoto<sup>†</sup>

There are several communication standards of the smart house. If a user has smart appliances and a controller in his smart house, he expects interoperability between them. However, if the appliances and the controller are on different communication standards, they does not work together. In this paper, we implement an adapter that makes interoperability between smart appliances and a controller with different communication standards.

### 1. はじめに

家電機器をはじめとした機器に通信機能を搭載し、利便性の向上や消費エネルギーの削減をおこなう試みについてはさまざまなものがある。国内では ECHONET コンソーシアムが 1998 年頃[a]から、ホームオートメーションなどを目的として、ECHONET 規格の標準化への取り組みを行っている。より古くは 1970 年中頃に開発された X10 規格により、電源線に重畳されたデジタル信号により機器の制御と状態取得を行うものもあった。

その後、ネットワーク技術や組み込み CPU の進展・普及などにより、さまざまな通信規格が家庭で利用されるようになった。たとえば、一般的なコンピュータなどを接続するための Ethernet や無線 LAN などといったインフラの普及に加え、Zensys 社 Z-Wave, ZigBee Alliance による Smart Energy Profile (SEP) [1]などを含めた様々な仕様が存在する。また、白物家電以外では、DLNA[2]が家庭内の AV 系機器を統合する通信規格として普及している。

ユーザがこれらの規格に対応した家電機器を購入すると、家庭内には複数のネットワークが混在した状態になりうる。この場合、規格ごとに機器を制御するコントローラが必要になり(図 1)、異なる通信規格の機器間での通信はおこなわれないため、各機器は連携動作しない。利便性の向上や消費エネルギーの削減を目的とする場合、より多くの機器が連携することが望まれる。解決策の 1 つとして、それぞれの機器を 1 つの家電コントローラに接続することが挙げられる。

本稿では、家電機器が対応する通信規格を家電コントローラの通信規格に変換するアダプタの実装手法について検討する。特に、ECHONET のミドルウェアアダプタ規格に準拠した ECHONET レディ機器を SEP2.0 アプリケーションのデマンドレスポンス仕様に対応させるためのアダプタの実装について報告する。SEP はスマートグリッド向けのアプリケーション仕様であり、SEP2.0 は SEP1.0 のセキュリティ機能を強化し、さらにアプリケーション仕様を通信媒体仕様と分離、オープン化した規格である。アプリケーションには DRLC (デマンドレスポンス), Pricing, Metering, Messaging などの多くの機能がある。デマンドレスポンスは電力事業者側からのシグナリング(価格変動など)により需要家側の電力消費を間接的に制御する方式のことであり、電力の需給バランスを取るのに有効であると期待されており、SEP2.0 の中でも特に重要視されている。

<sup>†</sup> 東芝研究開発センターネットワークシステムラボラトリー  
Network Systems Laboratory Corporate Research & Development Center Toshiba Corporation  
a) 第 1 回エコーネットフォーラム報告 [http://www.echonet.gr.jp/3\\_forum/forum01.htm](http://www.echonet.gr.jp/3_forum/forum01.htm)

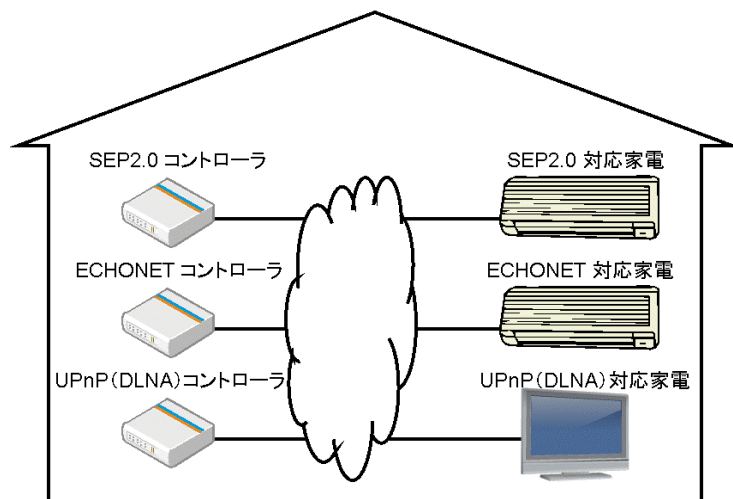


図 1 家庭内における異種ネットワークの混在

## 2. 異種ネットワーク統合に関する研究

異なる通信規格の機器の相互運用を実現するため、2000年頃から家庭内の異種ネットワークをどのように統合するか、という研究が行われてきている。

齊藤ら[3]は IEEE 1394 により構築された AV ネットワークと X10 を適用したホームオートメーションを統合し、ウェブブラウザから統合したインターフェイスとして操作させるホームゲートウェイのアーキテクチャを提案している。この時点では定義されたインターフェイスは HTML による GUI であり、全ての機器についての情報をホームゲートウェイが把握していることが前提であった。

ホームゲートウェイに全ての通信プロトコルを集めることには難しさもある。明示的なプロトコル変換ルールの定義は、通信仕様や機器仕様が増えれば増えるほど組み合わせ数の増加により困難になる。これに対し、家庭の機器を特定のモデル、あるいはネットワークに集約する提案が存在した[4][5][6]。これらは UPnP[7]や URL 表記など、それぞれの抽象度で異種ネットワークの統合を行おうという提案である。

また、一歩進んだ統合へのアプローチとして、機器レベルではなくサービスレベルでの統合を行ったものもある[8]。機器個別の機能は千差万別になるため、機器が持つ機能別にサービスのインターフェイスを実装するものである。なお、抽象度は異なる

が、ECHONET 仕様[9]における機器クラスの定義は、実際には機器側のインターフェイスに相当し、単一の物理的機器が複数の機器クラスを持つことが可能であり、概念的には同種のものとも言える。

以上のようにさまざまな提案が存在するホームネットワークにおいて、通信モデルおよびデータモデルの共有は理想として長い間掲げられてきた。しかし、グローバルに見ると家庭の機器には地域性が存在し、同様に家庭内ネットワークや機器の通信仕様についても個別の国内仕様が存在する、というのが現状である。

## 3. 既存の家電機器を異種ネットワークに接続可能にするアダプタの設計

以上に述べたように、多様な通信仕様を一つに統一することは現実的には困難である。そこで本研究では、個別の家電機器を地域性や個別の国内仕様における通信規格に適合させる変換アダプタを作成し、既存の機器にアダプタを取り付けることで所望の仕様に対応させる手法について検討する(図2)。本稿では、ECHONET ミドルウェア仕様を活用し、ECHONET レディ家電を ZigBee SEP2.0 デマンドレスポンス対応のコントローラと相互接続させる。以下本稿では、図中央に示す SEP2.0-ECHONET アダプタについて検討する。図中の SEP2.0-UPnP(DLNA) アダプタに関しては例示であり本稿では言及しない。

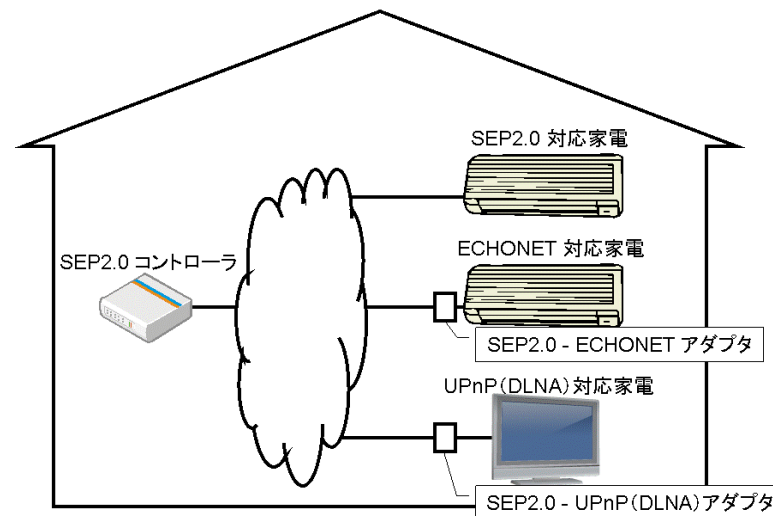


図 2 異種ネットワークへの接続を可能にするアダプタ

SEP2.0 デマンドレスポンスにおいて、コントローラと、SEP2.0 client となるアダプタとの通信は、定期的におこなわれるデマンドレスポンスの有無の確認のみである。アダプタと ECHONET 家電との通信は、(1)機器インターフェイス確認モード、(2)アダプタ初期化モード、(3)オブジェクト構築モード、(4)ECHONET 通信モードの4つのモードからなる。(1)から(3)は ECHONET ミドルウェアの立ち上げにのみ関係するため、独立して実装すればよい。(4)の具体例としてはデマンドレスポンスの有無の確認の際の通信例を図3に示す。図3に示すように、SEP2.0 と ECHONET では通信の方式やモデルが異なっており、変換が必要である。どのような変換が必要なのか、表1に示す ECHONET 通信と SEP2.0 デマンドレスポンス通信のデータの差異から整理する。

表 1 ECHONET と SEP2.0 デマンドレスポンスの情報構造の比較

ECHONET	SEP2.0 デマンドレスポンス
ECHONET オブジェクト (EOJ) 変更対象機器	ID
ECHONET プロパティ (EPC) 変更対象のプロパティ	Offset/type SetPoint/type TargetReduction/type, value
ECHONET データ (EDT) プロパティの値	Offset/value SetPoint/value
-	Duration デマンドレスポンスの継続時間
-	scheduledInterval/start デマンドレスポンスの開始時間

表 1 から、SEP2.0 デマンドレスポンス情報にはデマンドレスポンスの開始時間および継続時間が存在するが、ECHONET にはそれに対応する時間の概念がないことが分かる。このため、デマンドレスポンス情報を取得した際に、ステートレスにデータを変換し、ECHONET 家電に対応する命令を送信しても所望の動作とはならない。したがって、取得したデマンドレスポンスから開始時刻と継続時間を抽出し、開始時刻まで待ってからデマンドレスポンスに沿った ECHONET 命令を送信し、なおかつ継続時間経過後に元の状態に戻す ECHONET 命令を送信する必要がある。

また、このとき送信する ECHONET 命令は、デマンドレスポンスから抽出したものがそのまま ECHONET プロパティで置き換えられない場合がある。本稿で用いた機器の場合、表に示された SetPoint は設定温度そのものに置き換えることが可能であるが、TargetReduction で消費電力を指定された場合には ECHONET プロパティで定義されていないため、そのまま置き換えることが出来ない。したがって、設定温度を現在より何度外気温に近づければどれだけ消費電力が下がるかを示したテーブルを作成する、

あるいは、消費電力を監視して目標値に到達するまで設定温度を外気温に近づけるといったフィードバック処理が必要になる。

以上のように、異なる規格のデータの差異を抽出し、無関係な部分に関しては独立して実装することで流用性を高め、規格間で相互に関係する部分に関しては、関係するデータ間の変換方法を開発することで相互接続を実現できる。

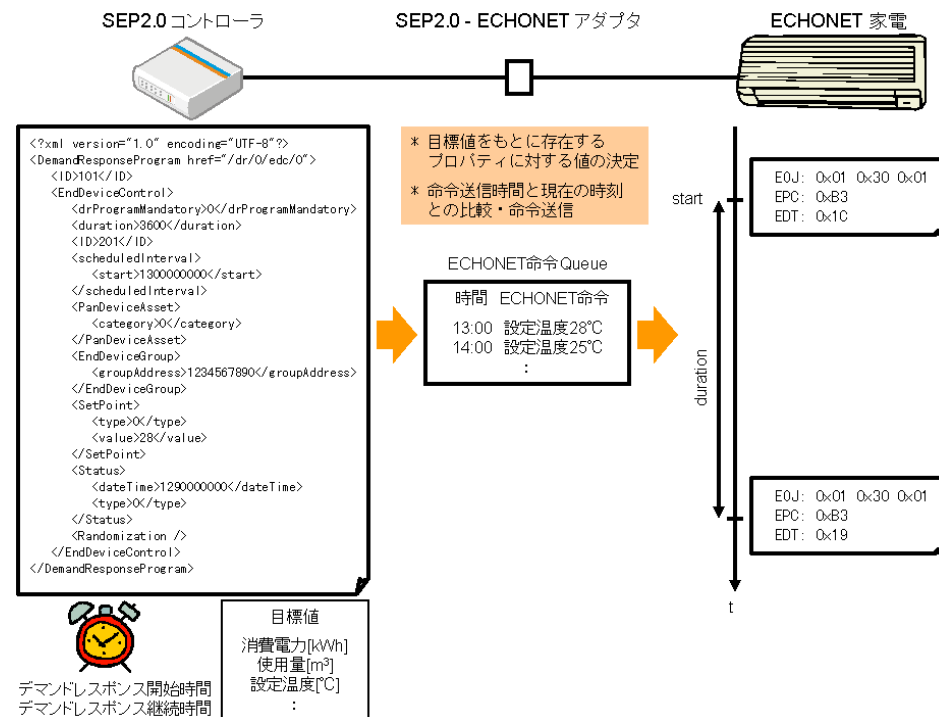


図 3 SEP2.0 デマンドレスポンスのデータから ECHONET 命令への変換

#### 4. アダプタの試作

これまでに示した内容に基づき、ECHONET ミドルウェア仕様を活用して SEP2.0 アプリケーションのデマンドレスポンス対応 ECHONET ミドルウェアアダプタを実装した。ここでは、SEP2.0 におけるアプリケーション仕様への対応を行い、MAC 層やネットワーク層などの下位層は一般的な TCP/IP と Ethernet で実現している。表 2 に示す SEP2.0 コントローラみなしの PC と、アダプタみなしの電源アダプタ型 Linux 組み込み BOX、ECHONET レディエアコンの構成にて試作・検証した。

表 2 使用機材のスペック

	SEP2.0 デマンドレスポンス コントローラ	アダプタ	家電
機種名	Dynabook SS sx/290NK	SheevaPlug 003-SP1001	東芝ルームシェア コンディショナ RAS-251UDR
CPU	Intel Pentium M 1.2GHz	Marvell SoC Kirkwood (88F6281) 1.2GHz	-
OS	Linux2.6.6-2-686	Linux2.6.32-5-kirkwood	-
Ether	Gigabit	Gigabit	-
Serial	-	RS232C/UART	RS232C/UART

今回開発した SEP2.0-ECHONET アダプタにおけるデマンドレスポンスの動作を確認するために、コントローラは、たとえば「ある時間から 20 秒間、消費電力を削減する」というようなデマンドレスポンス要請を 40 秒間隔で作成するデマンドレスポンスコントローラを作成した。アダプタはこのデマンドレスポンスを定期的に取得し、「消費電力を削減する」を「電源を OFF する」という命令に変換する。さらに、命令実行前の状態である「電源 ON」の状態に戻す命令を作成する。そして、指定した時間に変換した「電源を OFF する」という命令をエアコンに送信し、電源を OFF して 20 秒が経過すると「電源を ON する」という命令をエアコンに送信する。

動作結果を図 4 に示す。左がデマンドレスポンスに基づく運転計画であり、右が家電の動作実績を示す。横軸は時間を表し、グラフの中央の縦線が現在時刻、左が過去、右が未来である。縦軸は電源の ON/OFF を表し、上が ON、下が OFF である。図から、デマンドレスポンスにあわせて機器が動作しているのが確認できる。

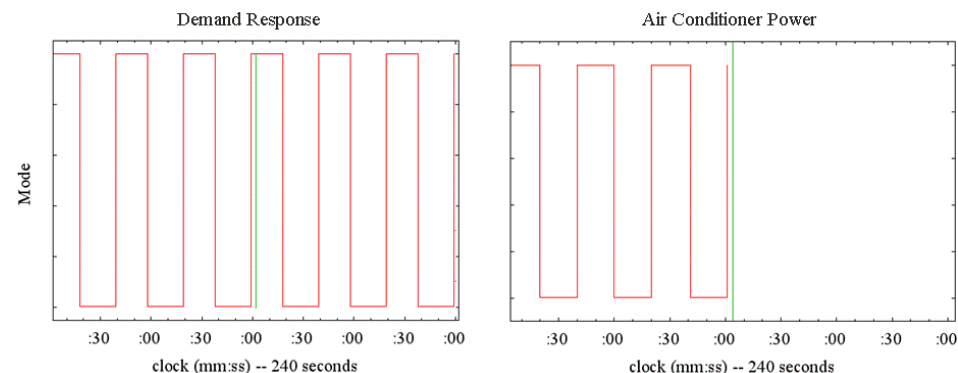


図 4 アダプタ使用時のデマンドレスポンスと家電機器の動作

#### 5. おわりに

家電機器を通信規格の異なる家電コントローラと相互接続するための実装手法として、ECHONET ミドルウェア仕様を活用し、ECHONET レディ家電を SEP2.0 デマンドレスポンスコントローラと相互接続可能にするアダプタを試作し、動作を確認した。このアダプタの働きによって、家電機器を異なる規格のコントローラに接続させることができ、利便性の向上や消費エネルギーの削減を目的とした機器の連携動作を実現できる。また、メーカーがアダプタを開発・導入した場合は、新規規格に合わせた家電を作成せずとも既存の家電を所望の通信規格対応家電にでき、開発コストが削減できる可能性がある。あるいは、ユーザがアダプタを導入した場合は、通信規格に合わせた家電機器の購入に縛られることがなくなり、より自由に家電機器を選択できる可能性がある。

今後は、同様の手法でより多くの通信規格へ対応し、コントローラの規格に合わせて機器の通信規格を自由に選択可能なアダプタを実現する予定である。

## 参考文献

- 1) ZingBee ZigBee Smart Energy - <http://www.zigbee.org/Home.aspx>
- 2) Digital Living Network Alliance - <http://www.dlna.org>
- 3) T. Saito et al.: Home Gateway Architecture and Its Implementation, IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 46, No. 4, pp.1161-1166, (2000)
- 4) D.-S. Kim et al.: Design and Implementation of Home Network Systems using UPnP Middleware for Networked Appliances, IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 48, No. 4, pp. 963-972 (2002).
- 5) T. Nakajima et al.: A Virtual Overlay Network for Integrating Home Appliances, Proceeding of the 2002 Symposium on Applications and the Internet (SAINT'02).
- 6) K.-D. Moon et al.: Universal Home Network Middleware Guaranteeing Seamless Interoperability among the Heterogeneous Home Network Middleware, IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 49, No. 3, pp. 546-553 (2003).
- 7) UPnP Forum - <http://www.upnp.org/>
- 8) H. Igaki et al.: A Service-Oriented Framework for Networked Appliances to Achieve Appliance Interoperability and Evolution in Home Network System, Proceedings of the 2005 Eighth International Workshop on Principles of Software Evolution (IWPSE'05)
- 9) ECHONET Consortium - <http://www.echonet.gr.jp/>