

XML を用いた HEMS 管理用ミドルウェアの実装と評価

江村 裕太[†] 西 宏章[†]慶應義塾大学 理工学研究科[†]

1. はじめに

現在、家庭部門におけるエネルギー効率化を実現する手段として、家庭のエネルギー管理を行う HEMS (Home Energy Management System) の普及が進みつつある。HEMS は多くの種類の家電機器を制御可能としている。しかし、従来の HEMS のシステムでは、メーカーやベンダーにより構築されるシステムが異なり、統合化されていないことから、ベンダーを問わずオープンな環境で HEMS 管理を実現するための適切なミドルウェアが必要である。本研究では、XML を用いた HEMS 管理用ミドルウェアを実装した。また、ミドルウェアを HEMS における組み込みマイクロコントローラで動作させた。

2. 関連研究

HEMS の管理を行う手法として、いくつかの関連研究が存在する。TinyOS は、組み込みシステム向けの開発ツールであり、イベントドリブンにより構成要素の接続を表現する。しかし、要素が変更の度にコンパイルをする必要があり動的な制御ができないことや、主にセンサネットワーク向けの利用を想定し、汎用性の高い構造をしていないことが問題点として挙げられる。

関連研究[1]では、Event-Condition-Action ルール(ECAルール)を用いたイベントドリブン方式による、スマートタップの制御を用いた HEMS の構築が提案されている。しかし、XML をはじめとした標準化された命令の記述手法を用いていないことや、スマートタップの管理のみに留まることが問題点として挙げられる。

また、関連研究[2]では、ECAルールとSOAP(Simple Object Access Protocol)を用いた家電制御のためのフレームワークが提案された。また、それらのローカルエリアネットワークでのシミュレーションが行われた。しかし、そのフレームワークは実際の環境でテストされていないという問題点がある。

その他、ペトリネットによるイベントドリブンモデルに従った設計方法は広く受け入れられており、これを応用しつつ、近年様々な技術標準で取り入れられている XML に即した記述形態

Implementation and Evaluation of HEMS Management Middleware Using XML

[†]Yuta Emura, Hiroaki Nishi, Dept. of Syst. Design, Keio University, Yokohama

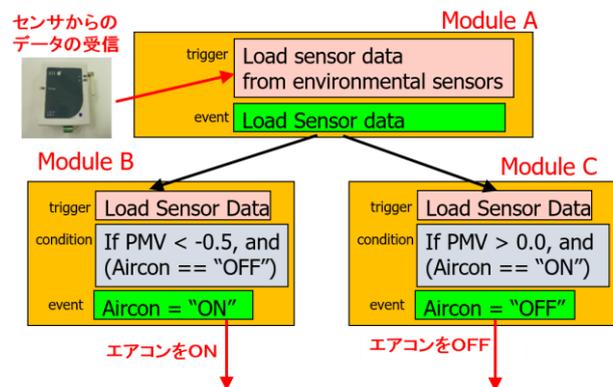


図 1 PMV制御を目的としたモジュール

を採用した。このような観点で設計された関連する制御記述ミドルウェアは他に例がない。

3. ミドルウェアの設計

提案するミドルウェアは、図1に示すように、イベント駆動型プログラミング言語として設計した。ユーザは各イベントのトークンを扱うモジュールを作成する。1つのモジュールはtrigger, condition, eventの3つの要素を持つ。triggerには、そのモジュールの起動条件、すなわちトークンを受け取る条件を指定する。conditionには、triggerによって起動されたモジュールについて、HEMSの制御命令(event)の実行条件を指定する。eventには、HEMSの操作など、ハードウェアへの家電操作の命令や、他のtriggerのタグへのトークンを生成し他のモジュールを起動するといったモジュール連携を行う。これらモジュールを複数作成し、triggerとeventをタグで結合することにより、各モジュール間の関係付けを行い、異なるモジュールを連携することができる。提案するミドルウェアにより、HEMSにおける環境センサネットワークとモジュール、および家電等の制御機器とモジュールとを接続することによって、センサの計測結果や家電の現在の情報に応じた家電の制御を、統合した上で行うことが可能となる。

提案するミドルウェアは、全てマークアップ言語XMLを用いて表現される。提案するミドルウェアの利点として以下が挙げられる。

- ・従来のコンパイラ形式では、条件文を変更した場合に再コンパイルが必要であり、動的に設計を変更できないが、提案手法ではスクリプト形式かつモジュールの動的登録が可能である

ため、何時でも設計内容を変更可能である。緊急のデマンド応答などにも対応する

・XML を用いてモジュールやその関連を記述するスタイルを採用することで、UML や XML を扱う汎用記述ツール、設計ツールや統合環境が利用可能である。また、web アプリケーションとの親和性も高いこと

4. 評価

HEMS が実装された環境である、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスに建設された実験住宅コエボハウスにおいて、提案するミドルウェアを組み込みマイコンボード Raspberry Pi に実装した。コエボハウスは、木造1階建ての実験住宅であり、温湿度照度センサ、二酸化炭素濃度センサ、風向風速センサ、気象センサといった各種センサの他、全空調、温水器、デシカント、温水パネル、窓開閉、ブラインド開閉など様々な制御が行える。また、居住者の活動量計測や室内位置センシングも行う。提案したミドルウェアはこれらのセンサ情報や制御媒体を利用可能である。

ミドルウェアの実装には、C++および Python を用いた。ユーザが実際にコエボハウスにおいて HEMS の制御を行う際、XML によるテキストベースの簡潔な制御文により制御可能である。

環境センサ(温度、湿度)から計測により計算さ

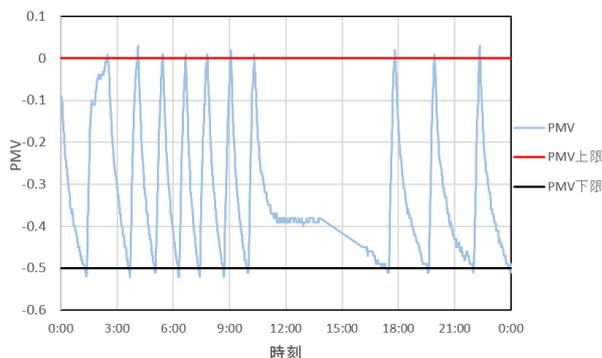


図 2 エアコンの PMV 追従制御の結果

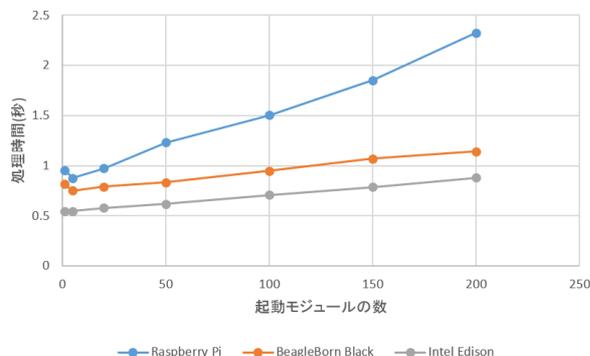


図 3 複数の Linux ボードにおける、起動モジュールの数と処理時間の比較

れる快適性指標 PMV(Predicted Mean Vote:予測温冷感申告)を用いて、指定する PMV 幅に収まるようにエアコンの電源を自動的に変更するモジュール(図 1)を作成し、エアコンの PMV 追従制御を行った。PMV の上限値を 0.0, 下限値を-0.5 と設定した上で、ミドルウェアを実際に動作させた。結果、図 2 に示すように、室内快適性を損なわないようエアコンを制御することができた。以上より、提案ミドルウェアを用いて、快適性を制御によって維持できるという結果を得た。

次に、動作時間の評価を行った。モジュールを上限を 200 個として直列に接続した上で、それらを全て起動させた場合の、実装したミドルウェアの動作時間の計測を行い、比較を行った。また、実装する Linux ボードの性能による比較を行った。比較のため使用したマイコンボードは、Raspberry Pi Model-B, BeagleBone Black, Intel Edison の 3 種類である。図 3 の結果より、起動するモジュールの数が大きくなるにつれ、いずれの Linux ボードにおいても 1 サイクルの処理時間が線型的に長くなること、また、多くのモジュールを処理させても、動作時間は 3 秒を超えず、HEMS の動作に影響を及ぼさない程度の遅延であることが確認された。

5. 結論

本研究では、XML を用いた HEMS 管理ミドルウェアを提案した。提案手法では、HEMS において制御のタグ、条件、および内容を一つのモジュールとして XML 形式でまとめ、イベント駆動型プログラミング言語を用いることで、HEMS における家電の制御文が簡潔に表され、さらに動的に設計を変更できる。さらに、モジュールを組み合わせることで HEMS の家電を簡単に管理することができる機構とした。また、提案したミドルウェアを住宅に実装し、HEMS 環境において実際にエアコンの PMV 追従制御を行った。実験の結果、設計したミドルウェアの動作、遅延は、HEMS の管理を適切に行うために十分であることが示された。

6. 謝辞

本研究は、セコム科学技術振興財団研究助成、科研費基盤 B(24360230) (25280033)、国交省住宅・建築物技術高度化の一環としてなされた。

参考文献

- [1] T. Yoshihisa, N. Fujita, N. Tsukamoto, "HEMS Toolkit: A Toolkit for Constructing a Home Energy Management System," 8th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2011.
- [2] C. Y. Leong, A.R. Ramli, T. Perumal, "A rule-based framework for heterogeneous subsystems management in smart home environment" IEEE Transactions on Consumer Electronics, Issue Date: August 2009