

WebSocket 技術を用いて ASP サービス化した HEMS の性能評価

章 テイリン (大阪大学 基礎工学部情報科学科)
長谷川 剛、村田 正幸、松岡 茂登 (大阪大学 大学院情報科学研究科)

研究背景: エネルギー管理システム (EMS) への注目と HEMS の普及促進

- エネルギー管理システム (EMS): 情報通信技術を用いて電気機器などのエネルギー消費を削減するためのシステム
- 使用エネルギーの可視化 → 具体的な省エネ対策が可能
- 電気機器の自動制御 → エネルギー消費の最適化などによりエネルギー消費の削減を実現
- 様々な管理対象
 - 工場向け: FEMS
 - データセンタ向け: DEMS
 - 商業用ビル向け: BEMS
 - 一般住宅向け: HEMS

特に、HEMS は省エネのための重要なシステムとして注目されており、日本では、経済産業省などが普及促進を図っているが、普及が進んでいない。

研究背景: 従来の HEMS の一般的なモデル

家庭内ネットワーク (HAN) に閉じたサービス

通信機能を備えた電力メータ
サーバが家電機器のエネルギー使用を制御
通信機能を備えた機器を設置
HEMS の操作、エネルギー使用の監視
HEMS サーバ
HEMS コントローラ

家庭内に HEMS サーバを設置する必要があり、コストが高い。
→ HEMS をクラウド化し、ASP サービスとして提供することでコストの削減を図る。

研究背景: クラウド型 HEMS の一般的なモデル

HEMS サーバ
HEMS サーバをクラウド上に設置
インターネット
スマートメータ
ルータ
クラウド上の HEMS サーバと通信し、家電機器の稼働を監視、制御
情報収集ユニット
HEMS コントローラ

HEMS サーバを家庭内に設置するよりは低コストだが、情報収集ユニットのコストが依然として高い。

グループの研究目的: 家電機器の Web of Things (WoT) 化に基づくクラウド型 HEMS の実現

家電機器は、直接 HEMS サーバに接続
HEMS サーバをクラウド上に設置
インターネット
スマートメータ
ルータ
HEMS コントローラ
コントローラは、Web ブラウザ上で動作

家電機器に Web 通信機能を追加するだけで、HEMS の導入が可能 → 導入コストを大幅に削減

本研究の目的: WebSocket 技術を用いた、家電機器の WoT 化に基づくクラウド型 HEMS の構築と性能評価

- 家電機器が直接 HEMS サーバに接続されることにより、サーバが収容するクライアント数は大幅に増加
- 家電機器とサーバ間では、双方を起点とし、数秒～数十秒に一回、エネルギー使用の監視や制御の通信が発生

- HEMS サーバは、大量の通信を安定的かつ低遅延で処理することが求められる。
- 双方向 Web 通信を実現する技術が必要となる。

既存研究によって、双方向 Web 通信を実現するためのプロトコルである WebSocket を用いることで、①、②が実現出来ることが示されている。
→ 本研究では、クラウド型 HEMS のプロトタイプを構築し、実環境における評価を行うことを目的とする。

クラウド型 HEMS の構築 : HEMSサーバとクライアント間の通信 (1)

- HEMS サーバと、各クライアントとの間で行われる通信内容、及び、通信頻度や接続時間を設定
- 各通信は定期的に行われ、その通信頻度や接続時間は、電力制御を行う時間帯によって変化

HEMS サーバ

スマートメータ

家電機器

HEMS コントローラ

今の消費電力は？

〇〇 kW です。

冷房の設定温度を 28°C にして下さい。

LED照明は、ON です。照度は 60 です。

冷房の温度、28°Cにしてください。

冷房の温度、28°Cにしました。

クラウド型 HEMS の構築 : HEMSサーバとクライアント間の通信 (2)

- ECHONET Lite・・・HEMS プロトコルの一種
 - 日本で標準化されている
 - トランスポート層以下の下位層に関する規定なし → 各メーカーが得意とする技術を適用可能
 - ECHONET Lite のフレームは、カプセル化される
- Web 通信には、WebSocket を使用

Application

ECHONET Lite

WebSocket

TCP

IP

家電機器

HEMS サーバ

クラウド型 HEMS の構築 : クライアントのデータベース構成

- HEMS サーバが保持すべき情報は、家電機器ごとに異なる。
- ドキュメント指向型 NoSQL データベースである MongoDB を利用することで、効率よく管理できる。

HEMS クライアント DB

地域No. 31

地域No. 32

地域No. 33

地域No. 34

地域No. 30

家庭No. 100

家庭No. 101

家庭No. 102

家庭No. 103

家庭No. 104

家庭No. : 100

LED 照明の ON/OFF

LED 照明の明るさ設定

MongoDB

コレクション

ドキュメント

フィールド

家電機器の情報を管理

HEMSサーバの性能評価: 実験で想定する HEMS の使用環境

- サーバ、クライアント間の通信
 - ECHONET Lite で規定された、通信ルール (ESV) を使用
 - 家電機器は、30 秒間にランダムなタイミングで全てスイッチが入り、以降、定期的な通信が行われる
 - 通信頻度は、電力消費がピーク時の電力制御例を参考
- 電力制御
 - 使用可能な電力の上限を超過した場合に、各家電機器の電力使用を制御するイベントを想定

通信機器と通信方向	ESV	通信内容	応答要求	通信頻度
家電機器 → サーバ	INFO	稼働状況の通知	無	30 秒に 1 回
サーバ → 家電機器	SetI	制御変更の通知	無	30 秒に 1 回
サーバ → スマートメータ	Get	消費電力の通知	有	30 秒に 1 回

HEMSサーバの性能評価: 実験環境と評価指標

- 実験環境
 - サーバ、クライアントは同一 LAN に設置
 - ネットワーク負荷の評価は、対象外
 - HEMS サーバ
 - CPU・・・4.1 GHz、4コア / 8スレッド
 - メモリ・・・16GB
 - OS・・・Ubuntu Server 13.10
 - WebSocket サーバ・・・Tornado ライブラリ (Python)
 - 家電機器とコントローラ
 - Python による模倣プロセスを実装
 - 一般的な家庭を例に、各家庭は、5台のLED照明器、3台の空調機、及び1台のスマートメータを所有していると想定
- 評価指標
 - サーバプロセスの実メモリ使用量
 - サーバプロセスの CPU 使用率
 - データベースのアクセス時間
 - サーバの応答時間

HEMSサーバの性能評価: 実験環境図

LAN

HEMS サーバ用 計算機

HEMS サーバ

スイッチ

プロセス

クライアント用 計算機

SM (HAN 1)

LED 0 (HAN 1)

LED 1 (HAN 1)

LED 2 (HAN 1)

LED 3 (HAN 1)

LED 4 (HAN 1)

HAN 1

HAN 2

HAN 3

HAN 4

HAN 5

HAN 6

HAN 7

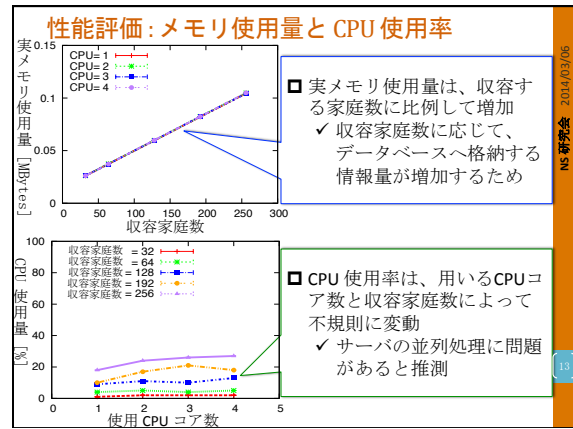
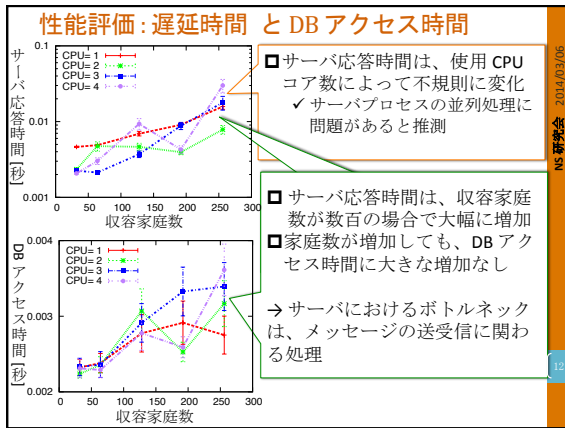
HAN 8

HAN 9

HVAC 0 (HAN 1)

HVAC 1 (HAN 1)

HVAC 2 (HAN 1)



- ### まとめと今後の課題
- まとめ
 - ✓ WebSocket 技術を用いた、家電機器の **WoT化** に基づくクラウド型 HEMS の実システムの構築
 - ◇ サーバ、クライアント間の通信内容の検討
 - ◇ サーバにおけるデータベース構成の検討
 - ✓ 構築した HEMS におけるサーバ負荷の評価実験
 - ◇ サーバにおけるボトルネックは、**メッセージの送受信に関する処理**
 - ◇ サーバプロセスにおける **並列処理** が HEMS サーバに性能に大きな影響を与えていると推測
 - 今後の課題
 - ✓ サーバにおける並列処理を改善し、HEMS サーバ処理負荷の増大を抑制
 - ✓ 広域ネットワークを用いた評価