

[研究論文]

長期運用及び定期的利用のための HEMS サービスの開発

有馬一貴¹・金子将之¹・杉村博²

1 博士前期課程電気電子工学専攻

2 電気電子工学専攻

Development of a HEMS Service for Long-term Operation and Continuous Usage

Kazuki ARIMA¹, Masayuki KANEKO¹, Hiroshi SUGIMURA²

Abstract

After the Great East Japan Earthquake, Home Energy Management System (HEMS) is watched with interest to conserve electric power consumption. There is a study to more easily control home electric appliances. Moreover, there is a study of visualization for electric power consumption, water and gas. However, the control is hard to determine whether an appliance or communication is a problem in occurrence of an error, and the visualization has difficulty in continuous use. Requirement specifications are two environmental offers. First environment realizes long-term operation of HEMS. Second environment realizes continuous usage of HEMS. This paper develops a HEMS service for long-term operation and continuous usage. The service is implemented by Raspberry Pi, F-PLUG and ECHONET Lite. The service is estimated by two questionnaires. First questionnaire compares our service with existing services. Second questionnaire estimates our service with four phases.

Keywords: HEMS, gamification, ECHONET Lite, HTML5, long-term operation, continuous usage

1. はじめに

東日本大震災後、原子力発電所の停止により計画停電が行われた。原子力発電に頼らず、より安全に電力を確保するために各家庭の消費電力を削減できる HEMS (Home Energy Management System) への関心が高まった。政府は 2030 年までに全ての住まいに HEMS を設置することを目指している^[1]。HEMS は家庭内で使用するエネルギーを管理するシステムであり、HEMS 対応の家電や住宅設備を「制御」、電気の発電量や使用量、ガス・水道の使用量をモニター画面などで「見える化」が可能となる。

HEMS に対して家電制御に関する研究や、ユーザに対する見える化の研究がある。家電制御に関する研究では、高精度屋内位置情報を利用した直感的な家電操作^[2]、AR を用いた直感的な家電制御フレームワーク^[3]、SNS を利用した家電制御^[4]といった研究がある。文献[2]は、リモコンで家電を指す直感的な動作で制御対象の家電を選択し、操作している。しかし、位置情報サーバや家電操作

サーバの管理が必要となるため、長期間家電を制御する手法としては制御環境の維持リスクが大きい。文献[3]は、AR を用いて家電機器を直感的に制御するフレームワークを提案し、AR オブジェクトをタッチすることによって動作することを確認している。しかし、ユーザに対する評価を行っておらず、長期間利用できる制御方法とは考えにくい。文献[4]は、SNS を利用してホームネットワークに接続されている情報家電やセンサを遠隔制御・監視するシステムを提案している。しかし、高負荷やサービスの停止を検出した際の代替手段が必要であり、緊急時に活用できない可能性がある。

見える化の研究では、Advanced metering infrastructures (AMI) を用いた LabVIEW によるユーザインターフェースの研究^[5]、FRESH research platform を用いた HEMS アプリケーションの研究^[6]がある。文献[5]は、HEMS による測定情報をエンドユーザに向けて提供している。しかし、グラフのみではエンドユーザは節電に向けてどのような行動を取れば良いか判断しにくく、継続的な利用が見込めない可能性がある。文献[6]は、Fraunhofer

Experimental Smart Home (FRESH) というハードウェア及びソフトウェアどちらにも対応したプラットフォームを提案している。しかし、エンドユーザに対して数値またはグラフによる情報提供をしており、継続的に利用される可能性が低いと考えられる。

本論文と関連研究の比較を Table 1 に示す。家庭向けシステムであるにもかかわらず、長期間の運用及び利用を想定している研究は少ないと考えられる。長期運用に関して、HEMS 対応機器の増加による動作状態の管理が困難になるため、ネットワーク家電の動作状態を容易に管理する必要がある。定期的利用に関して、デマンドレスポンスによる電力制御では待機電力の発生及び電力使用が制限されるため、ユーザが自ら節電を行っていく上で HEMS の定期的な活用が不可欠である。本論文では、各家庭での長期運用を可能とし、エンドユーザの定期的利用の向上を目的とした HEMS サービスを開発し、評価する。

Table 1 各研究の比較

	制御	見える化	長期運用	定期的利用
研究[2]	○	×	×	△
研究[3]	○	×	×	△
研究[4]	○	×	×	△
研究[5]	×	△	△	△
研究[6]	×	△	△	△
本論文	×	△	○	○

2. 要求仕様

サービスは 2 点の要求仕様を満たす必要がある。1 点目は HEMS 機器の長期運用が可能な環境を提供する。2 点目は HEMS の定期的利用が可能な環境を提供する。

要求 1 点目に対するアプローチを Fig. 1 に示す。長期運用を行なっていくために、HEMS に接続している機器の正常または異常状態を把握し、ユーザに機器のエラーか、通信のエラーかを明確にした情報を提供する。今後の通信機器の増加により、異常が発生した場合の対処法を通信関連企業またはメーカーに確認する判断情報として提供し、複雑化していく環境の長期運用を支援する。

要求 2 点目に対するアプローチを Fig. 2 に示す。定期的な HEMS の利用を促進するために、HEMS によるログ情報を基に変化するゲーミフィケーションを導入する。HEMS の見える化及び制御機能に加えて、エンターテインメント性のあるゲーム機能を付加し、ログ情報以外のアプローチで利用促進につなげる。ゲームをプレイしていく中で節電に対する課題が与えられ、達成していくことによってポイントを蓄積していく。蓄積したポイントは家族で情報共有し、課題達成という動機を増やす。

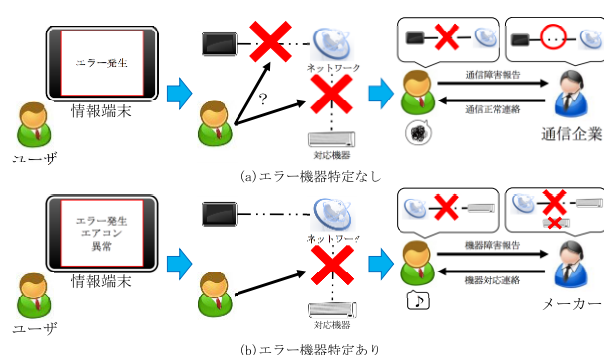


Fig. 1 要求 1 点目に対するアプローチ

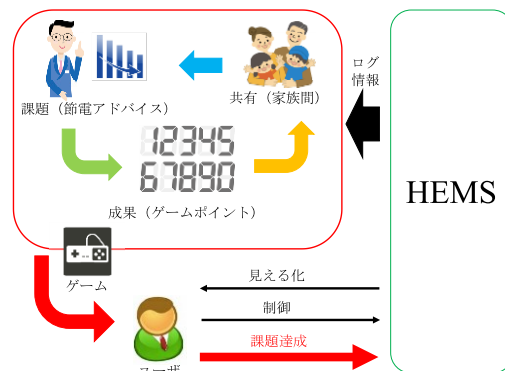


Fig. 2 要求 2 点目に対するアプローチ

3. 実装

本サービスを実装したハードウェア構成図を Fig. 3 に示す。機器の状態を判断するために、通信規格は ECHONET Lite (ISO/IEC 14543-4-3) 国際規格を用いた^[7]。従来 HEMS の利用促進のために、見える化を導入しやすいスマートプラグの F-PLUG を用いた^[8]。機器の状態把握及びゲーム情報の管理、F-PLUG の導入しやすさの 3 点を考慮して Raspberry Pi を用いて実装し、F-PLUG の対応 OS が Windows であったため Windows タブレットを用いた。ECHONET Lite 対応機器と Raspberry Pi は UDP/IP、F-PLUG と家電機器はコンセントにより接続、Raspberry Pi と F-PLUG は Bluetooth で接続され、HTTP 通信で Windows タブレットを通じてエラー表示やゲームを提供する。

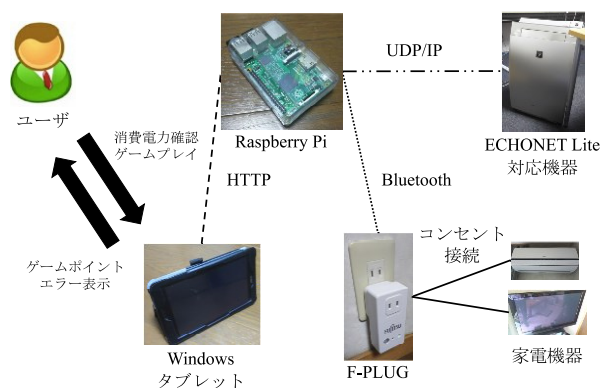


Fig. 3 ハードウェア構成図

本サービスのソフトウェア構成図を Fig. 4 に示す。Raspberry Pi に長期運用のためのエラー表示を提供するためのエラーモジュール、エラー判断モジュールを実装し、定期的な利用のためのゲームを提供するためにゲームモジュール、ゲーム管理モジュールを実装した。エラーモジュールはユーザに対してエラー機器を明確に告知する。エラー判断モジュールは機器の異常か通信の異常かを判断する。ゲームモジュールはユーザにゲームを提供する。ゲーム管理モジュールは HEMS によるログ情報と連動し、ゲーム内容を管理及び変化させる。以下に各モジュールについて詳細を説明する。

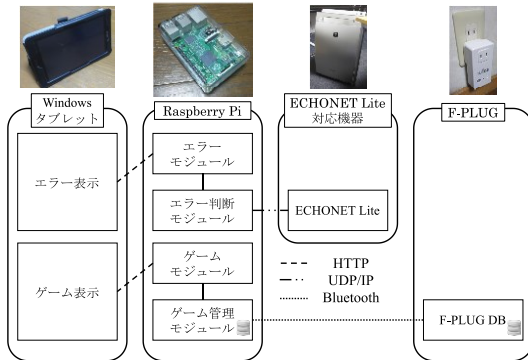


Fig. 4 ソフトウェア構成図

エラーモジュール及びエラー判断モジュールによるエラー表示フローを Fig. 5 に示す。ユーザがサービス起動または接続状態を確認する際に、エラーモジュールはエラー内容をエラー判断モジュールに要求する。エラー判断モジュールはネットワーク内に ECHONET Lite の電文を送信し、受信情報によってエラーが機器または通信かを判断し、エラーモジュールを通じてユーザに提供する。

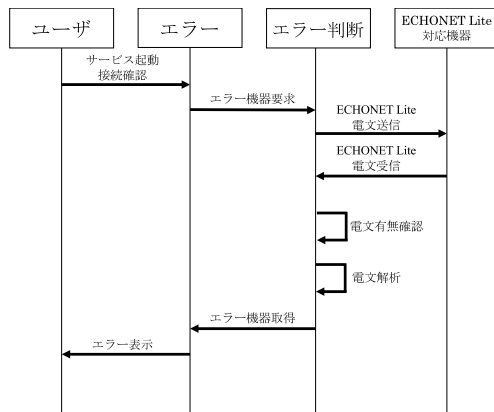


Fig. 5 エラー表示フロー

エラーモジュールの表示例を Fig. 6, Fig. 7 に示す。実装したサービスでは ECHONET Lite 対応の空気清浄機に対応させ、エラー画面を見ながらユーザが対応できるようにした。各手順に従って行い、最終的に確認ボタンによって再度接続確認を行うことによって、エラーに対応できるものとした。

ゲームモジュール及びゲーム管理モジュールによるゲーム表示フローを Fig. 8 に示す。ユーザがゲームを起動

すると、ゲームモジュールを通じてゲーム管理モジュールに消費電力の情報及び前回起動時の情報をゲーム DB から取得する。各情報を基にユーザにゲームを提供し、ログ情報だけではなく、別なアプローチによる動機付けを行う。

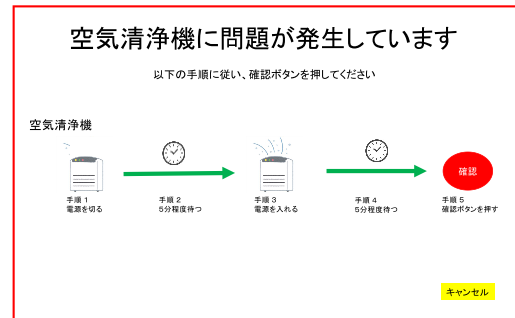


Fig. 6 エラー表示 (機器異常時)

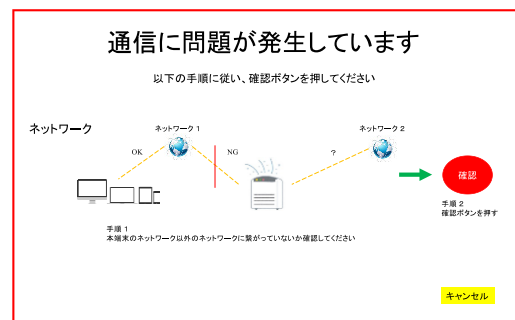


Fig. 7 エラー表示 (通信異常時)

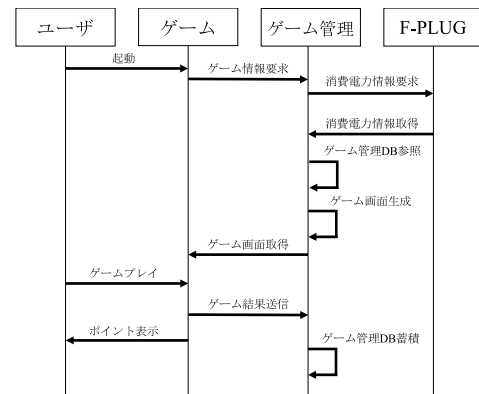


Fig. 8 ゲーム表示フロー

ゲームモジュールの表示例を Fig. 9 に示す。ゲームは幅広い世代に対応するために RPG とし、起動する度に増やすことのできるポイントは、起動だけではなくゲーム内のキャラクターに話しかけることによって加算される。

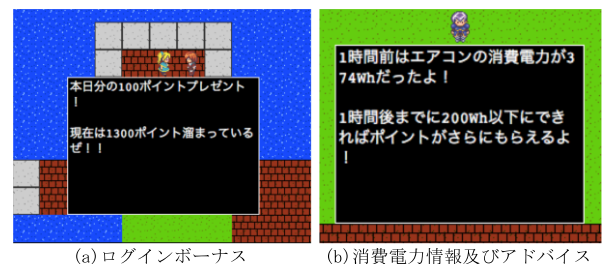


Fig. 9 ゲーム表示

4. 評価

各要求が満たされているか評価するために、それぞれに対してアンケート調査を行った。

長期運用を行いやすいか20代男性5人に対してアンケート評価を行った。実装サービスの紹介動画を作成し、「機器または通信のどちらがエラーの原因か判断しやすいか」「エラー時の対応がわかりやすいか」の2項目に対して、4段階評価とした。紹介動画は2分間の実装サービスの長期運用、定期的利用の2つの特長に関する動画とした。アンケート結果を Fig. 10 に示す。エラー原因の判断しやすさは「とても判断しやすい」が2人、「判断しやすい」が3人と判断しやすいと感じる結果となった。また、エラー対応のわかりやすさは「とてもわかりやすい」が3人、「わかりやすい」が2人とわかりやすいと感じる結果となった。考察として、家電機器のエラー表示はエラーコードのケースが多く、エンドユーザが取扱説明書を基にエラーコードが何を意味しているのか把握する必要があるため、テキストによる明記の効果があつたと考えられる。「判断しやすい」の票数が多いことについては、テキストだけではなく画像による視覚的な表示が不足していると考えられる。

定期的利用を行いやすいか20代男性15人に対してアンケート評価を行った。内容は Panasonic のスマート HEMS^[9]、東芝のフェミニティ倶楽部^[10]、富士通の F-PLUG、実装サービスの各サービスの紹介動画を視聴し、「おもしろいと感じたか」「継続して利用すると感じたか」の2項目とした。紹介動画はそれぞれ2分間とし、スマート HEMS、フェミニティ倶楽部、F-PLUG に関しては HEMS の主な機能である見える化、制御機能の2点を動画の内容とした。実装サービスは長期運用の評価に使用した動画を用いて比較した。アンケート結果を Fig. 11 に示す。「おもしろいと感じたか」に関して実装サービスが9人と最も多く、「継続して利用すると感じたか」に関しても実装サービスが8人と最も多い結果となった。アンケート後のインタビューでは、「子供や高齢者にも対応していると良い」という意見があつた。考察として、スマート HEMS とフェミニティ倶楽部を数人選択していることから、HEMS の認知度が低く、主な機能だけでもおもしろさや継続して利用できる可能性を感じられると考えられる。F-PLUG を数人選択していることから、導入時の規模やコストを重視していると考えられる。

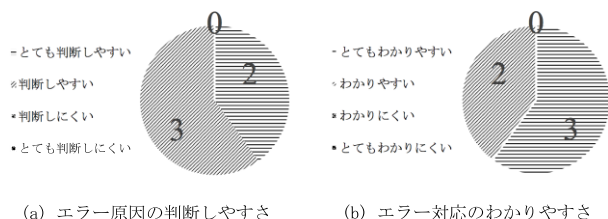


Fig. 10 長期運用に対するアンケート結果

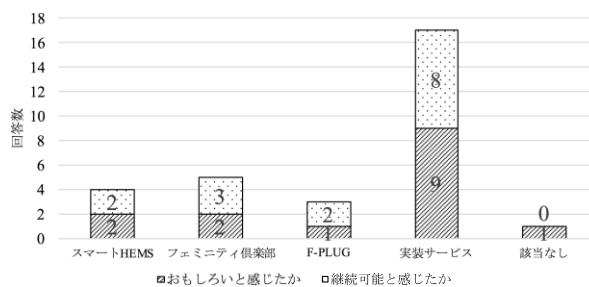


Fig. 11 継続利用に対するアンケート結果

5. 終わりに

本論文では長期運用及び定期的利用のための HEMS サービスを開発し、評価した。評価結果より、ECHONET Lite 及びゲーミフィケーションによる長期運用及び定期的利用の可能性を示した。今後はより多くの評価を行い、サービスの改善を行っていく。

参考文献

- [1] 内閣官房 国家戦略室, グリーン政策大綱 (2012)
- [2] 米田純, 荒川豊, 玉井森彦, 安本慶一, “高精度屋内位置情報を利用した直感的な家電操作手法の提案”, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス & システム (CDS), Vol.5, No.1, pp.30-37 (2015)
- [3] 細野友章, 金丸幸弘, 鈴木秀和, 渡邊晃, “AR を用いた直感的な家電制御フレームワークの提案”, 第76回全国大会講演論文集, Vol.2014, No.1, pp.515-516 (2014)
- [4] 大野淳司, 安本慶一, 玉井森彦, “SNS を利用した情報家電の遠隔制御・監視システムの提案”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, No.44, pp.73-79 (2012)
- [5] ER. Diaz, E. Palacios-Garcia, M. Savaghebi, JCV. Quintero, JM. Guerrero: "Development and Integration of a HEMS with an Advanced Smart Metering Infrastructure", 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), No. 2, pp. 544-545 (2016)
- [6] B. Lim, K. Roth, S. Nambiar, H. Rayakota: "Rapid Prototyping of Energy Management Applications with FRESH", 2014 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, No. 11, pp. 209-221 (2014)
- [7] エコネットコンソーシアム:
<http://www.echonet.gr.jp/> (2016)
- [8] 富士通 F-PLUG:
<http://www.bsc.fujitsu.com/services/f-plug/> (2016)
- [9] Panasonic スマート HEMS:
<http://www2.panasonic.biz/es/densetsu/aiseg/> (2016)
- [10] 東芝 フェミニティ倶楽部:
<http://feminity.toshiba.co.jp/feminity/> (2016)