

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330372

研究課題名(和文) ライフパターンセンサによる住宅エネルギー管理システム

研究課題名(英文) Home energy management system with life pattern sensor

研究代表者

久代 紀之(Kushiro, Noriyuki)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：50630886

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：住戸におけるエネルギー需給は、居住者の生活パターンにより大きく変動する。ホームエネルギー制御の実現には、居住者の生活パターンを把握するセンサが不可欠である。ライフパターンセンサは、住戸全体の使用電力量を測定するとともに、機器固有の消費電流波形から、当該機器の動作状態を推定し、家電機器の動作を同定するセンサである。我々は、本研究を通じ、ライフパターンセンサとライフイベントに基づきエネルギー需給制御を行うHEMSの制御アルゴリズムの開発を行った。さらに、長期フィールドデータ収集システムを構築し、5軒の住宅に3年間設置した。これらフィールドデータに基づき、センサと制御アルゴリズムの有用性を確認した。

研究成果の概要(英文)：Energy consumption in a home strongly depends on residents' life pattern. For realizing energy management in a home, a sensor to grasp residences' life pattern is indispensable. The life pattern sensor is an activity recognition sensor both for measuring electric power consumption and detecting uses of electronic devices by utilizing high frequency current waveform as a signature of each device. We developed the life pattern sensor and the HEMS algorithm based on life events in this research project. To confirm feasibility of these technologies, we constructed a long-term data collection system and collected field data for 3 years in five houses. Capability of energy demand prediction on the life events and feasibility of energy management by handling life events is confirmed.

研究分野：システム工学、Cyber Physical System

キーワード：Home energy management Life event sensor Algorithm for HEMS Long term field data Activity recognition Embedded software

1. 研究開始当初の背景

天候等の外部条件により大きく変動する再生可能エネルギーの大量導入には、一般住戸を含む電力供給システム全体の需給調整能力の確保が、喫緊の課題である。左記課題を解決する手段として、HEMS (Home Energy Management System)を導入する動きが、さらに活発化することが予測される。

申請者は、企業において25年以上、HEMS要素技術であるコンポーネント、ネットワーク、アルゴリズムの開発に取り組んできた。現在、HEMSを構成する各要素技術は、実用レベルに達したと認識する。

残された大きな課題が、居住者に無理を強いることなく需給調整を実現できる HEMS制御アルゴリズムの開発である。住戸におけるエネルギー需給は、天候や居住者の生活パターンにより、大きく変動することが知られている。居住者の快適性・利便性を維持しつつ需給制御を行うには、居住者の日常の生活パターンを把握し、これに応じた制御を行うことが必須である。

2. 研究の目的

住戸におけるエネルギー需給は、天候や居住者の生活パターンにより、大きく変動することが知られており、需給調整や省エネ制御の実現のためには、居住者の生活パターンの把握は不可欠の要素である。

本研究では、住戸全体の使用電力量を測定するとともに、機器固有の消費電流波形(高調波含む)を特徴量として、当該機器の動作状態を推定し、家電機器の動作履歴から生活パターンを同定するセンサ(ライフパターンセンサ)の開発を目指す。

さらに、ライフパターンセンサを HEMSの制御に導入し、居住者の生活パターンに応じ、快適性・利便性を維持しつつ必要に応じて電力需

給を調整する HEMS 制御アルゴリズムの構築を目指す。

3. 研究の方法

本申請に先立ち、申請者らは、ライフパターンセンサの原理試作を行い、これを実フィールド(5軒)で評価した。この結果、機器の消費電流波形から、動作状態の推定が可能であることを確認した。一方、実用化に向けて、下記課題があることが明らかになった。

- ・ 機器消費電流波形の再現性:機器運転モード(エアコンの冷房、暖房運転等)や負荷状況(掃除機の強中 弱運転等)による消費電流波形の変動(センサが学習すべき消費電流波形の特徴量への影響)

- ・ 機器消費電流波形が電力線を伝搬する際の安定性:機器・センサ間の電力線インピーダンスによる消費電流波形への影響(電力線搬送通信と同等の電力線の伝送線路としての安定性の課題)

これら課題に基づき、本研究期間内に下記の項目を実施し、ライフパターンセンサおよび生活パターンに基づく住宅エネルギー管理システムの需給制御アルゴリズムの開発を行う。

実フィールドにおいて、機器消費電流波形を長期蓄積可能な評価ツール開発

評価ツールのデータを用いた消費電流波形の再現性と電力線伝搬の安定性評価

上記変動を加味したライフパターンセンサの機器動作推定・生活パターン同定アルゴリズムの開発

実フィールドにおけるライフパターンセンサ性能評価

生活パターンと住戸におけるエネルギー需要の関心の定量的モデル構築

天候等の外部要因を加味したHEMSエネルギー需給制御アルゴリズムの開発

4. 研究成果

前述のアプローチに従って研究を遂行し、下記の成果を得た。

実フィールドにおいて、機器消費電流波形を長期蓄積可能な評価ツール開発

下記3つのサブシステムから構成される長期フィールドデータ収集システムを開発した。

電力情報収集サブシステム: 各家庭の電力関連情報(10秒毎の電圧、電流、力率および消費電力を収集、機器動作状態が変化した際の消費電流波形の収集)の収集

家電機器稼働状態収集サブシステム: 主要な家電機器の運転状態(10秒毎のOn/Offおよび消費電力)の収集

ライフイベント収集サブシステム: 居住者が、Twitter上やつぶやいたライフイベントやWeb上のカレンダーに記入したライフイベントの収集

さらに、開発したフィールドデータ収集システムを5軒に設置し、約3年間のフィールドデータを収集・蓄積した。

評価ツールのデータを用いた消費電流波形の再現性と電力線伝搬の安定性評価

上述の長期フィールドデータ収集システムで収集したフィールドデータの分析結果および宅内電力線模擬装置における実験の結果、下記が判明した。

機器の消費電流波形の安定性: 機器に供給される電圧は、103V程度を中心として、正規分布に従い確率的に変動する。機器に供給電圧により、機器消費電流波形は変動する。消費電流波形の変動は、機器

の電力制御方式に依存し、インバータ方式による機器は、入力電圧の変動には影響を受けない。位相制御方式による機器は、消費電力一定の条件を満足するように消費電流波形が変動することを明らかにした。

電力線伝搬の安定性: 機器の消費電流波形を用いた機器動作の検出は、一種の電力線搬送通信と見做すことができる。一般に、電力線搬送通信においては、電力線のインピーダンスの変動が大きな課題となる。フィールドデータの分析の結果、ライフパターンセンサが、検出対象とする機器の動作時には、電力線のインピーダンスが、純抵抗成分となり、伝送路からの影響を受けないことを明らかにした。

上記変動を加味したライフパターンセンサの機器動作推定・生活パターン同定アルゴリズムの開発

消費電流波形から機器動作を同定するライフパターンセンサのアルゴリズムを組込ソフトウェアとして開発した。上記アルゴリズムにおいては、で判明した位相制御方式の電源回路を利用した機器への対応のための補正機能を付与した。

実フィールドにおけるライフパターンセンサ性能評価

フィールドデータの分析により、機器の消費電流波形は、伝送路の影響が受けないことが判明したため、長期フィールドデータ収集システムにより収集した家電機器の消費電流波形を用いて、で実装したライフパターンセンサの評価を行った。その結果、HEMS制御に適用するに十分な機器同定性能を有することを確認した。また、これら評価を効率的に実施するため、長期フィールドデータ収集システムにて収集・蓄積し

たデータを膨大な波形データを用いて、ライフパターンセンサのアルゴリズムを評価するための評価環境を構築した。

生活パターンと住戸におけるエネルギー需要の関係の定量的モデル構築

フィールドデータに基づき生活パターンを構成するライフイベント(掃除、洗濯、食事の準備等)毎に、必要となる電力量を統計的に抽出した。さらに、居住者のライフイベントの発生の規則性を用いて、将来のライフイベントの発生確率の予測を行うアルゴリズムを開発した。これらライフイベントの発生確率とライフイベント毎に必要な消費電力から、エネルギー需要を予測した。その結果、ライフイベントの発生確率から、エネルギー需要予測ができることを明らかにした。

天候等の外部要因を加味したHEMSエネルギー需給制御アルゴリズムの開発

ライフイベントの予測およびエネルギー需給予測に、気温、時間帯を事前確率として、考慮することで、エネルギー需給予測の確度を向上できることを確認した。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

Noriyuki Kushiro, Can residents manage energy in a home by knowing their own life event?, Intelligent Decision Technologies Vol.9, No.4, pp.365 - pp.377, 2015, DOI 10.3233/IDT-140230(査読有)

Noriyuki Kushiro, A Basic Study for Realizing a Life Event Sensor for Home Energy Management System, Knowledge-Based Information Systems in Practice, Smart Innovation, System and Technologies, Vol.30, pp.21-pp.38 Springer, 2015, DOI:10.1007/978-3-319-13545-8_2(査

読有)

Noriyuki Kushiro, Taichi ide, Makoto Katsukura and Toshiyasu Higuma: A Long Term Data Collection System for Life Pattern sensor, 17th International Conference in Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems - KES2013, Procedia Computer Science, Vol. 22, pp.485-pp.493, 2013, DOI:10.1016/j.procs.2013.09.127(査読有)

久代紀之、井手太一、勝倉真、樋熊利康: ライフパターンセンサ開発のための長期フィールドデータ収集システム、第12回情報科学技術フォーラム、第4分冊、pp.79-pp.85, Sep.2013(査読有)

[学会発表](計8件)

近藤貴裕、久代紀之、小川雄喜、樋熊利康: HEMS データを用いた住居内消費電力予測、情報処理学会全国大会、3-10/Mar., 慶応義塾大学, 日本, 2016

Noriyuki Kushiro, Takahiro Kondo, Yuki Ogawa and Toshiyasu Higuma, Home Energy Management by Handling Life Event -Can residents manage energy by knowing their life event?, IEEE Conference on Consumer Electronics, pp.459-pp.460, DOI: 10.1109/ICCE.2016.7430690 9-11/Jan., Las Vegas, USA, 2016

友永一生、久代紀之: ライフイベントセンサの組込実装と評価、電子情報通信学会研究会 人工知能と知識処理研究会、信学技報 115(337), pp.67-pp.72, 4/Dec., 九州工大, 日本, 2015

久代紀之、井手太一、近藤貴裕、小川雄喜、樋熊利康; ライフイベントセンサを用いた消費電力予測、第14回情報科学技術フォーラム、14(4), pp.519-pp.520, 15-17/Sep, 愛媛大学, 日本, 2015

Noriyuki Kushiro, Kazuki Tomonaga, Taichi Ide, Yuki Ogawa and Toshiyasu Higuma: "Can Electric Devices be Identified from Their Signatures of Waveform?", IEEE Consumer Communications and Networking Conference, pp.531-pp.536, DOI:10.1109/CCNC.2015.7158030, 9-12/ Jan., Las Vegas, USA, 2015

Noriyuki Kushiro, Kazuki Tomonaga, Taichi Ide, Yuki Ogawa and Toshiyasu Higuma, Feasibility Study for Life Event Sensor on Big Field Data, IEEE International Conference on Consumer Electronics, DOI: 978-1-4799-7543-3/15, 9-12/Jan., Las Vegas, USA, 2015

井手太一、久代紀之、樋熊利康、勝倉真：
消費電流波形からライフイベントを同
定するライフパターンセンサ実用化に
向けた課題解決 - 長期フィールドデー
タ収集システムにより収集されたフィ
ールドデータ解析結果、情報処理学会全
国大会,11-13/Mar.,東京電機大学,日本,
2014

Noriyuki Kushiro, Taichi Ide, Makoto
Katsukura and Toshiyasu Higuma: A
Long-term Data Collection System for
designing Life Pattern Sensor, 17th
International Conference in
Knowledge Based and Intelligent
Information and Engineering Systems
KES2013, 9-11/Sep., Kitakyushu,
Japan,2013

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1)研究代表者

久代 紀之 (Kushiro, Noriyuki)

九州工業大学大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：50630886

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

研究者番号：

(4)研究協力者

樋熊利康 (Higuma, Toshiyasu)

三菱電機(株)住環境研究開発センター

小川雄喜 (Ogawa, Yuki)

三菱電機(株)住環境研究開発センター

勝倉真 (Katsukura, Makoto)

三菱電機(株)住環境研究開発センター

井手太一 (Ide, Taichi)

九州工業大学大学院 情報創成工学専攻

友永一生 (Tomonaga, Kazuki)

九州工業大学大学院 情報創成工学専攻

近藤貴裕 (Kondo, Takahiro)