

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月13日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00726

研究課題名(和文) 省エネルギーを目的とした屋内センサネットワークのデータ解析

研究課題名(英文) data analysis of indoor sensor network for energy saving

研究代表者

笹間 俊彦 (SASAMA, Toshihiko)

鳥取大学・工学研究科・助教

研究者番号：80362896

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：人の生活空間には多数の家電の電源アダプタが存在し、厳密ではないが、生活空間のほぼ全てを覆っている。これらの家電(のアダプタ)に付けた各種環境センサの情報は、曖昧でプライバシーを余り侵害しないが、全ての分を集めて解析すれば、どんな生活スタイルで今何をしているのかぐらいは判るはずである。本研究はこうしたセンサ情報から、生活状況の何がどのぐらい判り得るかを種々の解析方法を試験して明らかにした。SVM(Support Vector Machine)では「在室・外出」のような簡易な分類なら可能な事、在室から更に「就寝中・食事中」といった分類は深層学習を使えば約9割の分類精度がある事を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人の生活空間には多数の家電とその電源アダプタが存在する。電源アダプタに各種環境センサを付けてその情報を集めれば、生活者に手間もストレスも与えない形と精度でその生活をモニタリングできるはずである。柔軟で包括的に生活状況(就寝・外出・食事中など)を認識し、その時々に応じて自動で家電の電源をON/OFFできれば、省エネルギーを達成しながら同時に生活を豊かにする事になる。本研究では電源アダプタに付随させた環境センサから、本当に生活状況分類ができるかを検討し、深層学習を使えば約9割の分類精度がある事を明らかにした。更なる分類精度向上、あるいは1割の誤判定込みでどう家電制御するかが今後の課題である。

研究成果の概要(英文)：We have many home appliances in living space and working space, in other words, they cover our lives. Then, unions of these appliances (or these power adapters attached some sensors) can monitor what we are doing, it is not exactly, but to a certain extent we do. In this study, we analyze and classify these sensor data using many methods. In some methods, for example, SVM(Support Vector Machine), we can classify only two patterns such as "in house/out house", and in experiments using deep learning, we can classify more details.

研究分野：ネットワーク

キーワード：人間生活環境 情報システム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

IoT (Internet of Things) やユビキタス・ネットワークという言葉が示すように、現代では生活する家屋内に多数の家電とそれに付随するセンサが存在する。それらは主に温度センサや赤外線センサ等で、監視カメラのようにプライバシーを大きく侵害しない環境センサと呼ばれるものになる。これらの環境センサは、個々では大した情報を持たないが、家屋内全てのデータを統合して解析すれば、大まかになら現在の生活状況(何処で何をしているのか)を判別できる可能性がある。そのように、プライバシーをある程度守った上での生活状況推定ができれば、省エネルギーな家電制御、あるいは、遠隔からの住居者の異常検知(子供の見守りや、老人がいつもと異なる行動をしている時のアラート)等が可能になる。

しかし現状一般に存在するそうしたモニターシステムでは、センサの種類や配置をかなり厳密に設計しなければ十全の機能を発揮せず、更に一端設置した後、実際の状況で実験を行い、取りこぼしを確認しての配置の修正や、センサの反応値の再設定等が必要になる。これでは安価かつ簡易に一般家庭にシステムを導入する事はできない。

本研究では、一般的な環境センサを全て搭載した電源アダプタを作成すると共に、それらからセンサデータを収集するための無線ネットワークとデータ収集サーバを構築した。これらの電源アダプタは、各家電の周囲に、厳密な位置は指定せずに配置するのを理想とする。家電は生活に密着している為、完璧でも厳密でもないが、家庭の全室・全状況をほぼ網羅するようにセンサ情報が取得できるはずである。また、そうして収集したデータの特性解析や機械学習による判断を行えば、厳密なセンサ配置をせずとも、ある程度までの生活状況推定が可能と考え、その推定方法や推定精度を検討した。

2. 研究の目的

本研究では、(1) 多数のセンサノード(電源アダプタ)を無線ネットワークで接続して、センサデータをサーバへと蓄積するシステムを構築する事、(2) 蓄積したセンサデータの分類・学習を行う事(生活状況推定を行う事)、(3) 一般家庭で使い易い形に(1)(2)をパッケージングしたシステム・アプリを開発する事、を目的とした。

一般の職場や家庭での使用を目的とするため、(1)においても価格の安さや設置の簡易性を求め、無線での自動接続を基本とする。(2)や(3)についても、人の手による調整ができるだけ不要となるように検討した。複雑な処理や選択をユーザに求めず、基本は自動設定とし、自動判定できなかった場合も、少数の選択肢を提示し、ユーザはそれを選ぶ(設定する)だけとするのが理想である。

3. 研究の方法

研究室内の各居室や自宅においてセンサネットワークを構築して実際の生活データを蓄積し、そのデータの解析を SVM(Support Vector Machine)、HMM(Hidden Markov Model)、深層学習等を用いて行った。

おおよそ、2016年までは SVM を含むクラスタ分析、2017年からは HMM や深層学習について検討した。

2016年までは Zigbee による無線センサネットワークを構築、2017年からは WiFi による無線センサネットワークを構築して生活データの収集を行った。

4. 研究成果

研究目的の(1)については、当初は Zigbee 通信による無線ネットワーク構築を目指したが、センサノード数が10個以上に増加した場合に通信が安定しなかった。ネットワークを構築するプロトコル自体の独自実装や、ハードウェアキットの変更等を試みたが、不安定の原因の特定や解決には至らなかった。その為、この数年の一般技術で通信速度が向上かつ安定してきた WiFi による無線ネットワーク構築を行った。

(2)については、「在室・不在」といった簡易かつ大枠な生活状況推定なら SVM(Support Vector Machine)を含むクラスタ分析やノイズフィルタリング処理でも分類可能だが、それ以上は難しい事を明らかにした。細かく分類しようとした場合、センサデータ上では区別しにくい生活状況のペアが存在し、分類結果上では数分毎に状況が切り替わっていたりした。時系列的な情報を含めた解析を行えばそうした「結果が暴れる」といった誤判定は除けると考え、HMM や深層学習を用いた実験を行った結果、多少は細かい分類まで可能な事を明らかにした。細かい分類においては、単純な深層学習では、上述の曖昧なデータの部分も含め、ノイズによる誤判定と思われるエラーが目立ったが、時系列情報を含む RNN(Recurrent Neural Network)や LSTM(Long Short-Term Memory)を使う事で精度が向上した。

(3)については研究の進捗が遅れ、満足なアプリが開発できなかった。基本は WEB アプリとし、センサデータの収集サーバと同一サーバ内で、ブラウザからのアクセスで様々な設定を行うようにしたが、一般のユーザに使い易いものには至らなかった。その他、制御の指標として快適

性の検討を行ったり、より厳密な在室判定をスマホアプリと連動して行う手法を検討した。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- (1) Sho Kimura, Toshihiko Sasama, Takao Kawamura, Kazunori Sugahara, Evaluation of Behavior Estimation Using Ward's Method in Multifunction Outlet System, International Journal On Smart Sensing and Intelligent Systems (S2IS), 査読有(学会発表), vol.9 pp.920-934, 2017
- (2) Zhao ShiJie, Toshihiko Sasama, Takao Kawamura, Kazunori Sugahara, Detection of Irregular Behavior in Room Using Environmental Sensors and Power Consumption of Home Appliances Learning in HMMs, International Journal of New Media Technology(IJNMT), 査読有(学会発表), vol.5 pp.94-98, 2017

〔学会発表〕(計 5 件)

- (1) Sho Kimura, Evaluation of Behavior Estimation Using Ward's Method in Multifunction Outlet System, The 4th International Conference on New Media 2017 (CONMEDIA 2017), 2017
- (2) Zhao ShiJie, Detection of Irregular Behavior in Room Using Environmental Sensors and Power Consumption of Home Appliances Learning in HMMs, The 4th International Conference on New Media 2017 (CONMEDIA 2017), 2017
- (3) 木村 祥, 省エネルギーを目指した家電制御への快適性指標の導入, 電気・情報関連学会中国支部第 67 回連合大会, 2016
- (4) 橋本 知樹, 多数のセンサと SVM を用いた家電の電源制御システム, 電気・情報関連学会中国支部第 66 回連合大会, 2015
- (5) 武田 真悟, 多機能コンセントシステムを用いた非可聴音を利用した部屋推定による省電力手法に関する研究, 電気・情報関連学会中国支部第 66 回連合大会, 2015

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：菅原 一孔

ローマ字氏名：(SUGAHARA, kazunori)

所属研究機関名：鳥取大学

部局名：工学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：90149948

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。