

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：14603

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H06980

研究課題名(和文) 居住者の気持ちを認識し動作するスマートハウス制御システムの開発と実環境評価

研究課題名(英文) Development of a smart-house control system aware of the resident's feelings

研究代表者

水本 旭洋(Teruhiko, Mizumoto)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・特任助教

研究者番号：80780006

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、(1)スマートハウス内でユーザが操作した空調機器や照明機器等の操作履歴と環境センサ値などからのユーザの要望を抽出する機構、(2)生体センサや環境センサ値を用いてユーザのコンテキスト(行動や体調など)を推定する機構、(3)ユーザや環境のコンテキストに応じてスマートハウス内の家電を制御する機構を備えたスマートハウス制御システムを、研究代表者の所属研究機関が所有する実験用住宅施設に実装した。

研究成果の概要(英文)：This research realized a smart-house control system consisting of the following mechanisms, (1) extracting the user's demands at home from the appliance control log, for air-conditioners TV, lighting fixture, and environment sensors such as temperature and humidity; (2) Estimating the user's context, which includes activity and health condition, by the wearable biological sensor and environment sensors; (3)Controlling appliances in smart-house depending on the environment and user's contexts.  
The system was deployed on an experimental residential facility.

研究分野：ユビキタスコンピューティング

キーワード：情報システム ユビキタスコンピューティングシステム コンテキストウェアシステム スマートハウス 情報収集システム 機械学習

### 1. 研究開始当初の背景

近年、スマートフォンやパソコンだけではなく、様々な「モノ」をインターネットに接続する Internet of Things(IoT)という考え方が広がっており、IoT に対応した空調機器や給湯器などの情報家電やセンサデバイスが急速に普及している。これらの機器を備えたスマートハウスでは、ネットワークを介して機器の情報取得や制御を行えるため、収集した情報を基に機器を最適に制御することで、ユーザの生活をより快適かつ便利にすることが可能になると期待されている。例えば、ユーザが暑いと感じて空調機器の電源を入れる前に、「部屋を涼しくして欲しい」という気持ちを認識して、空調機器使用の提案やユーザが最も快適だと感じる温度まで空調機器を自動制御することを可能にする。本研究では、そのようなユーザの気持ちや行動を認識し、最適な家電制御を行うことで、ユーザにとって快適な環境を提供できるようなスマートハウスの実現を目指す。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、『スマートハウス内のユーザの気持ちを認識して、ユーザにとって快適な環境を提供してくれるスマートハウス制御システム』を実現することである。本研究では、

- (1) スマートハウス内でユーザが操作した空調機器や照明機器等の操作履歴と環境センサ値などから、「部屋が暑い時に冷房を入れたい」などのユーザの要望を抽出する機構と、
- (2) ユーザの状態(行動や体調など)と環境センサ値からユーザが実際に快適だと感じる環境を推定する機構を備えた(3) スマートハウス制御システムを実装する。

### 3. 研究の方法

(1) スマートハウス内でユーザが操作した機器の操作履歴とスマートハウスのコンテキスト(センサ値や家電の状況)から、「部屋が暑い時には涼しくしたい」といったユーザの要望を抽出するメカニズムを構築する。

(2) スマートハウスやウェアラブルデバイスから収集したセンサ値により、ユーザの快適な環境を推定するメカニズムを構築する。

(3) 上記のメカニズムを基に基づき、スマートハウス内の家電を自動的に操作し、ユーザが望むコンテキストに遷移させるスマートハウス制御システムを実装する。

### 4. 研究成果

(1) を実現するために、スマートハウス内で住民が操作した家電操作ログを収集するシステム、および、スマートハウスに設置された各センサからデータを収集、コンテキストとして蓄積・監視可能なシステムの開発を行った。家電操作ログ収集システムに関しては、現在、多くの住宅で日常的に用いられている

赤外線リモコンの操作について、未知の信号、赤外線方式が異なる信号、環境や位置によって影響を受けた信号について、統計モデルを用いて、操作された家電機器、および、操作されたコマンドを識別可能な手法を考案した。家電制御で用いられる赤外線信号の方式は各社によって異なっているため、複数の会社の赤外線信号を識別することは難しい。また、送信位置や角度、部屋の環境によって、受信時の信号に誤差が生じることから、学習型リモコンに登録した信号の差分のみからボタンの種別まで識別することは難しい。そこで、提案手法では、赤外線信号をパルス幅のシーケンスとして表し、データベースに各家電機器の、各ボタンに対応するパルス幅シーケンスを複数蓄積する。そして、各パルス幅シーケンスの差分(MAEやSAE)を用いて確率分布に従った統計モデルを構築する。モデルの構築は、同一家電の信号か推定する1つのモデルと、同一家電の中から同一のボタン種別か、また、異なるボタン種別かを判定する2つのモデルを構築した。ログ収集時には、受信した赤外線信号とデータベースの各信号との差分を用いて、構築したモデルで家電機器の特定と、ボタン種別の特定を行い、ログを作成する。評価実験において、14種類の家電機器について、合計140種類のボタンから10回信号を収集し、10分割交差検証によりモデルの精度を評価した結果、95%の精度で家電機器の識別を、92%の精度でボタン種別の識別が行えることを確認した。また、登録する信号数が家電種別の識別精度に与える影響を確認したところ、各種別について6個以上の信号を登録することで、誤った判定を大きく減らせることがわかった。

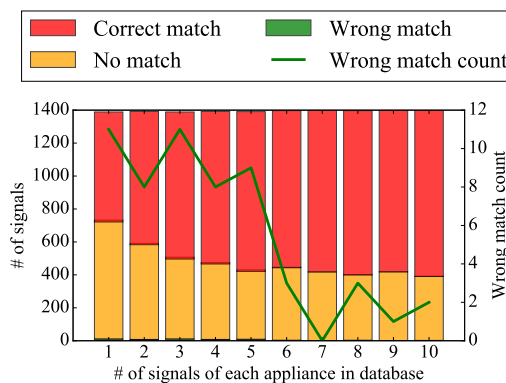


図 1 登録信号による識別精度の影響

この手法について、学会発表[③、⑦]するとともに、特許出願[特願 2017-134155]を行なった。

また、代表者の所属機関が保有する実験用住宅設備において、各部屋に大量に設置されているセンサデバイスを時系列データとして集約し、リアルタイムに可視化、利用可能な機能を備えたシステムを構築した。

(2)を実現するために、人の日常生活行動を推定可能な手法、および、人の健康状態推定可能な手法を開発した。

人の日常生活行動の推定手法に関しては、

(1)で構築したリアルタイムにセンサデータを収集するシステムを用いてデータ収集実験を行い、収集された時系列センサデータを用いて、日常生活行動を推定するモデルを構築した。日常生活行動を推定する手法は多く存在しているが、カメラやマイクを用いた手法はプライバシーに大きな問題あり、また、センサデータを使った手法でも推定する行動の種類が少ないといった問題がある。この手法では、掃除、外出、食事、料理、テレビ視聴といった10種類の日常生活行動を推定するモデルを、消費電力と位置情報といったセンサから収集可能なデータ、また、時間帯やスマートハウスの各エリアに滞在した時間といった時間に関するデータを用いて構築する。夏において、11日間データ収集実験を行い、Leave-one-day-out cross-validationにより、行動認識精度の検証を行った結果、平均82%の精度で10種類の日常生活行動を識別できることを確認した。この手法は学会発表[②、⑤]において発表を行った。

人の健康状態の推定手法に関しては、健康に関連した生活の質 HRQOL (Health Related Quality of Life) の指標の1つである WHOQOL-BREF のアンケート評価値を、リストバンド型ウェアラブルデバイスとスマートフォンから収集した心拍数や皮膚電位な生体情報、および、家や職場における滞在時間や移動時間といった位置関連情報を用いて、自動的に推定する手法を構築した。この手法では、WHOQOL-BREF を構成する26問の5段階アンケート項目を、生体情報と位置関連情報により推定するモデルを構築し、それぞれのアンケート評価値を用いて、WHOQOL-BREF 評価値を算出する。100日間収集した生体情報と位置関連情報、そして、アンケート評価値を用いて、leave-out-day-out cross-validationにより評価を行い、推定精度を検証した結果、平均64.6%で WHOQOL-BREF を推定可能という結果が得られた。また、アンケート項目について、6問のみ回答をしてもらう場合には82.7%の精度で、9問回答をもらう場合には91.2%の精度で WHOQOL-BREF 評価値を推定可能であることが確認できた。この手法は、学会発表[①、④、⑥]において発表を行った。

(3)を実現するために、スマートハウス内の家電機器をネットワーク経由で操作可能なシステムを実際のスマートハウスに構築した。また、最小の消費電力で目的のコンテキストになるまで、家電を自動制御する手法を構築した。この手法では、コンテキストを有限個のレンジに区切り、各コンテキストをノード、コンテキスト間の遷移をエッジ、任意のコンテキスト間の遷移をグラフ理論の最短経路問題として表し、消費電力が最短になる家電の

操作系列を導出し、これを元にスマートハウス内の家電を制御することで、家電の自動制御によるコンテキスト間の遷移を可能にしている。この手法は、雑誌論文[①]において掲載された。

また、(1)~(2)で構築した手法を用いて、データを収集し、ユーザの快適な環境(コンテキスト)を推定するモデルを構築する予定であったが、実験設備の拡張工事により、データ収集実験が困難であったため、研究期間において構築には至っていない。これに伴い、全てのシステムを統合しての実証実験には至らなかった。

## 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 1件)

①水本 旭洋, 宵 憲治, カレッド エル=ファキ, 安本 慶一, スマートスペースにおける最小コストでのコンテキスト遷移を可能にするデバイス操作系列導出ツール, 情報処理学会論文誌, 査読有, 58巻, 2017, 396-408, URL:[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=177500&file\\_id=1&file\\_no=1](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=177500&file_id=1&file_no=1)

[学会発表] (計 7件)

①Chishu Amenomori, Teruhiro Mizumoto, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, Keiichi Yasumoto, A Method for Simplified HRQOL measurement by Smart Devices, 7th EAI International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare (MobiHealth 2017), 2017

②Teruhiro Mizumoto, Krita Pattamasiriwat, Yutaka Arakawa and Keiichi Yasumoto, Improving Recognition Accuracy for Activities of Daily Living by Adding Time and Area Related Features, The Tenth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2017), 2017

③Yuta Takahashi, Teruhiro Mizumoto, An Identification Method of IR Signals to Collect Control Logs of Home Appliances, 2nd International Conference on Big Data, Cloud Computing, and Data Science Engineering (BCD 2017), 2017

④雨森千周, 水本旭洋, 荒川豊, 安本慶一, WHOQOL-BREFに基づくHRQOL評価におけるスマートデバイスを用いた簡易計測手法の提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2017) シンポジウム, 2017

⑤水本旭洋, Pattamasiriwat Krita, 荒川豊, 安本慶一, 時間関連特徴量の追加による宅内行動推定精度の改善, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2017) シンポジウム, 2017

⑥雨森千周, 水本旭洋, 荒川豊, 安本慶一, 健

康寿命予測システムの実現に向けた HRQOL 簡易計測手法に関する一検討, 2016 年度 情報処理学会関西支部 支部大会, 2016

⑦水本旭洋, 高橋雄太, 前田直樹, 荒川 豊, 安本慶一, 未知の家電制御信号に適応可能な対話型家電操作ログ収集システムの提案, 2016

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: 赤外線リモコンの信号識別方法及び装置

発明者: 水本旭洋, 高橋雄太

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2017-134155

出願年月日: 2017

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

水本 旭洋 (MIZUMOTO, Teruhiro)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・特任助教

研究者番号: 80780006