

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 19 日現在

機関番号：32657

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16094

研究課題名(和文)個人の快適性を考慮したHEMSにおける情報提供

研究課題名(英文)Information provision function using personal preference data as a function of home energy management system

研究代表者

松井 加奈絵 (Matsui, Kanae)

東京電機大学・理工学部・助教

研究者番号：30742241

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は増加し続ける世帯の電力消費量の効率化が期待されるHome Energy Management System (HEMS) に対し、室内快適性の維持を低コストで行う機能としての情報提示を行うことを目的とする。この目的のために(1)時系列における室内快適性指標データの収集、(2)嗜好性に合わせた情報提示を行う機能を提案した。これらの機能を実装したシステムを用いた実証実験から得た実データによって、個人の温冷感快適嗜好性にばらつきがあるのか、嗜好性に基づいた情報提示により電力消費量、および快適性維持に変化が起きたのか、の2点に対して評価を行った。

研究成果の概要(英文)：This study focuses on maintaining indoor comfort as a function of home energy management system (HEMS) using sensed data collected networked sensors. HEMS have been diffused to conserve electricity consumption in residential area, but residents prefer to maintain indoor comfort even though taking costs. In order to conserve electricity consumption in the area, maintain indoor comfort is one of key issues. Therefore, this study proposed a function to maintain the indoor comfort according to each residents' preference of warm and cold, which indicated Predicated Mean Vote (PMV) using sensed data. Proposed function has three main parts, one is to sense environmental and physical data for PMV calculation and residents' preference by web-questionnaire, second is to store and analyze sensed data to lead each resident's preference pattern and select suitable information for both the indoor comfort and energy conservation, and third is to display them using smartphone and collect evaluation.

研究分野：センサネットワーク

キーワード：HEMS IoT 室内快適性 センシングデータ 嗜好性データ 情報提示 エネルギー効率性 スマートホーム

1. 研究開始当初の背景

1.1 HEMSの普及

スマートメータの普及に伴い、即時性の高い電力消費量データの計測、収集、蓄積が可能となり、データの利活用を用いた効率的な電力消費のあり方が求められるようになった。このような背景において、Energy Management System (EMS) に対する研究、開発、実装が進み、世帯においては Home Energy Management System (以下 HEMS) の導入が進んだ。HEMS の主な目的は電力消費量削減であったため、コストを払ってでも快適性を維持したいと考えるユーザの思考に働きかける機能は重視されていなかった。HEMS の初期投資に対し、電力削減にともなうコスト削減は家庭の電力消費を鑑みて見合うものでない場合が多く、HEMS 導入のメリットは明確ではなかった。しかしながら、世帯の電力消費量は使用家電の増加に伴い年々上昇しており、社会的視点から世帯の電力消費効率化は必須である。HEMS は世帯の電力消費効率化に効果的であるものの、その普及のために、ユーザの目的に合わせた機能実装が必要となる。つまりは、室内快適性の維持を可能とする HEMS の実現が急務であった。

1.2 IoTとスマートホーム

また、HEMS はネットワーク対応計測機器およびセンサで構成されているものであり、即時性の高い電力消費量データを用いて家電の自動制御や見える化といったサービスを提供する。電力消費量計測が主ではあるが、空調や照明といった電力消費量の 70% を占める家電制御を行うためには、室内温度、湿度、照度など様々なデータを利活用し、空間の状態を把握することが必要となる。このように多種多様なデータのセンシングを基本としたスマートホームというコンセプトの基に、家庭内エネルギー管理を行う HEMS が組み込まれるという流れがあった。スマートホームには Internet of Things (IoT) 技術が多く用いられ、低コストで様々なデータを収集、蓄積、解析、活用することが可能となることが想定された。

2. 研究の目的

2.1 センシングデータを用いた室内快適性指標

上述のように、HEMS は電力消費量削減のみならず、ユーザに対する快適性の提供が普及の鍵となる。室内快適性指標は用途に合わせたものが存在するが、本研究では快適性指標のひとつである Predicted Mean Vote (温冷感度指数、以下 PMV) に着目した。PMV は部屋の温冷感に対する指標であり、暑い、寒いといった室内快適性に対する評価を値にて示すものである。PMV は環境データ(室内温度、湿度、照度、風速)、物理データ(着衣量、運動量)から算出されるものであり、建築分野で広く用いられている指標である。

算出するためのパラメータにはセンシングできるデータがあるため、PMV の計算式に動的データを用いることにより、時系列の PMV を取得することが可能となる。また、計測データが増加することによるセンサ等の機材およびデータ運用コストであるが、スマートホームに代表されるように、見守りサービスやセキュリティなど多目的展開が期待される居住空間において、センサ導入が見込まれるため、それらのデータを利活用する手段のひとつとして、本研究が成り立つと位置付けている。

2.2 個人の快適性嗜好性抽出

PMV に対する快適域は定義されているものの、体型や年齢などの個人の持つ条件などにより、快適域は人によって異なる。そのため、個人が好む PMV の値をアンケートから導き、その結果に即した情報提供を行う。PMV は時系列によって推移するため、固定値ではなく、センサによって得られた時系列データを入力し、アンケート回答時と同一のタイムスタンプを有する PMV 値を用い、時系列の嗜好性を収集する。可変する嗜好性に対し、快適性維持のための働きかけとして、本研究では情報提示を用いる。次に、情報提示によって、電力消費量および快適性がどのように変化したのかを定量的、定性的に評価し、その効果を検証する。この研究から以下 2 点を明らかにする。(1) 個人の温冷感快適嗜好性にばらつきがあるのか、(2) 嗜好性に基づいた情報提示により電力消費量、および快適性維持に変化が起きたのか、これらに対して研究の方法にてアプローチする。

3. 研究の方法

本研究の目的に対して、以下 3 点の機能を持つシステムを世帯に設置可能な小型サーバ内に実装した。(1) センサ：即時性の高い PMV 値を算出するための環境データ(室内温度、湿度、照度)および物理データ(着衣量、運動量)、評価に用いるための電力消費量測定センサからデータを収集する。また、嗜好性を収集するための Web アンケートは嗜好性を計測するセンサと定義する。(2) データベース：項目(1)にて収集したデータから PMV を算出、Web アンケートから収集した室内の暑さ、寒さに対するフィードバックと PMV の値を比較することで、嗜好性を PMV 値に従順、暑がり、寒がり、PMV に非従順の 4 パターンに選別する。嗜好性に合わせた情報を夏期、冬期、中間期の季節と PMV パターンのタグを付け蓄積する。情報は、本研究の目的である電力消費量の削減、また快適性維持を目的とした人が居住空間で実施可能な内容である。(3) e-mail 通知および Web ページから情報提示を行う。e-mail 通知はユーザが携帯するスマートフォンの MAC アドレスが小型サーバと同一の Wi-Fi 上に存在するかを確認し、同一上に居る場合に室内に居ると判断し、情報提示を行うための URL が

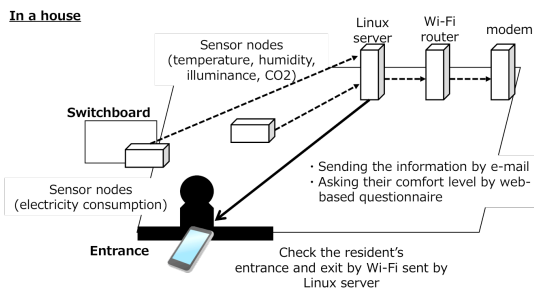


図 1. 全体構成図

(5. 主な発表論文等 学会発表[5]より)

記載されたメールを送るものである。ユーザは指定された URL にアクセスし、情報提示とともに提示された情報を 7 段階で評価する。本評価データは項目 (2) のデータベースに蓄積された情報のランキングに使用され、ユーザにとって価値のないと判断された情報および関連情報の提示頻出を決定する要因となる。

このように、研究の目的に応じた機能は上述の 3 つの要素から成り立つ。3 つの要素都是、センシング、データ蓄積・解析、情報提示である。つまりは、センシングデータの活用を軸とする商品およびサービスであればこの 3 つの要素を変更することで、他の目的に利用が可能なプラットフォームとして成り立つことを目指した。つまりは、IoT 技術が提供する「計測」、「収集」、「蓄積」、「活用」の 4 段階に基づいて機能を実装した。本研究では、「計測」は PMV の計算に必要な室内温度、湿度、照度を計測するために環境センサを、また風速、着衣量、運動量、室内環境に対する評価、提示情報に対する評価データを収集するセンサとして Web アンケートを用いた。「収集」では環境センサにおいては 920MHz 帯にて小型サーバに設置された同一の電波帯を受信する USB ドングルを用いて通信した。Web アンケートは、同じく小型サーバに設置された Wi-Fi を経由し収集した。このように、IoT のネットワーク環境では必要に応じたマルチプロトコル化が適切である。「蓄積」に用いた小型サーバは、Linux を OS とし、SQLite を用いたデータベースを構築した。今回はデータ形式に CSV を選定したが、運用を考えた場合より軽量なファイル形式の採用もしくは一定のデータの消去や中央サーバへのデータの蓄積を行なう必要がある。次に「活用」であるが、今回は情報提示を用いた。情報提示は見える化のようにグラフで状況を提示するのではなく、どのような行動を取るかによってどのような波及効果があるのかを示すものである。今後は情報家電の普及が期待できるため、このような情報提示のみならず、居住者の快適嗜好性に合わせた空調制御や、照明による温冷感の印象操作などが期待できる。しかしながら、情報提示による行動変容はサービスとして情報提示を行うことが可能な機材、今回はスマートフォンといった普及率が高い機材を

使用、が利用できるため負荷が低い。そのため、比較的導入しやすく、別目的に対しても情報内容を変更することで容易に利用可能である。

4. 研究成果

4. 1 実証実験の結果

本研究の目的である (1) 個人の温冷感快適嗜好性にばらつきがあるのか、(2) 嗜好性に基づいた情報提示により電力消費量、および快適性維持に変化が起きたのか、の 2 点を評価するため、合計 6 世帯にシステムを設置して実証実験を行った。なお実験は、快適性が著しく下がる夏期、冬期に集中的に実施した。項目 (1) に対しては、多くの被験者は PMV 従順型であったものの、暑がりや判別された被験者は寒さに強く暖房を使用しないため、同居する PMV 従順型の被験者は不快に感じているなど、同一世帯内において個人差が見られた。つまりは、室内快適嗜好性には個人差があり、同一の快適域で異なるユーザの快適性を保つことは難しいことがわかった。項目 (2) に対しては、情報提示を行わない場合、嗜好性を考慮しない場合、考慮する場合の ABC パターンに分け、その効果を電力消費量、快適性維持の 2 点から効果を検証した。この場合、パターン A は情報提示の影響を受けない対象群を示し、パターン B は嗜好性を示すフィードバックデータを利用しないランダムな情報提示を行った場合、またパターン C はフィードバックデータを利用した情報提示を行った場合を示す。これらの異なる環境下において、パターン C が A に対し、各々世帯の電力消費量に対して約 5% の削減および、利用者から約 80% の室内快適性の維持に対する向上を得たとの評価を得た。

4. 2 本研究の応用可能性

今回収集したデータに関しては、研究利用目的に応じて使用されたが、IoT 技術を用いて得られる即時性の高いデジタルデータは別目的にも応用が可能である。この応用可能性を検証するために、本研究で実装した機能、また実データを用いて以下 2 点の応用研究を行った。(1) 抽出した嗜好性データを用いた商品推薦サービスに関する研究、(2) 嗜好性データを用いた Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) システムである。項目 (1) に関しては、行動変容のみでは対応できない温冷感度の変化をもたらす商品の提示を行った。例えば、夏期に極端に室内温度が高い場合は空調がない、もしくは使用控えが考えられる。しかしながら、室内熱中症の危険性が高くなり、健康を著しく損なう場合であればエアコンの購入を検討する根拠および商品の URL を提示した。実証実験の結果、高価格の商品推薦は購入につながらなかったが、低価格の商品の購入につながった。この結果から、IoT 技術によって得られた嗜好性データの活用可能性がみられた。

また、項目(2)であるが、室内熱中症およびヒートショックの危険性回避といった健康面での快適性を保つことを目的とした自動空調制御を行った。これらは室内温度が高い、低い、寒暖差が激しいなど温度に由来するものであるため、室内温度計測データを利用し、かつ嗜好性に合わせた空調制御が可能となる。嗜好性に合わせない一律の制御は寒がり、暑がりといった嗜好性を持つ利用者にとっては不快感につながり、また乳児、高齢者など自分自身で温度変化に気付くことが難しい利用者の場合は重篤な健康被害につながる可能性がある。後者は嗜好性よりも年齢特性を考慮する必要があるが、嗜好性データを利用することによって不快感を伴わない空調制御の可能性が見られた。収集したデータは蓄積にコストが掛かるため、多様な商品およびサービス展開に利用されるほうが好ましい。そのため、このような応用可能性について検証を行った。また、本研究にて得られた実データに関しては、研究目的の利用目的に共有可能なよう、匿名化処理を施したデータのみを請求できるようホームページを設置した。詳細については、「5. 主な発表論文等」内の〔その他〕ホームページを参照されたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

オープンアクセスジャーナル

[1] Kanae MATSUI, “An information provision system as a function of HEMS to promote energy conservation and maintain indoor comfort,” Energy Procedia, 2017 vol.105, pp.3213-3218, 2017.

[2] Kanae MATSUI, Yoshiki YAMAGATA, Hiroaki NISHI, “Disaggregation of Electric Appliances Consumption Using Collected Data by Smart Metering System,” Energy Procedia, Elsevier, vol.75, pp.2940-2945, 2015.

〔学会発表〕(計6件)

査読付き国際学会

[1] Kanae MATSUI, Choi HANJONG, “A Recommendation System with Secondary Usage of HEMS Data for Products based on IoT technology,” The International Symposium on Networks, Computers and Communications 2017, Marrakesh, Morocco, IEEE, 2017.

[2] Kanae MATSUI, “Pleasant Sleep Provision System during Warm Nights as a Function of Smart Home,” The International Symposium on Networks, Computers and Communications 2017, Marrakesh, Morocco, IEEE, 2017.

[3] Kanae MATSUI, “HVAC Control System as a Home Energy Management System Function to Prevent Heat Shock in Households,” IEEE

International Conference on Smart Grid Communications, Sydney, Australia, IEEE, 2016.

[4] Choi HANJONG, Kanae MATSUI, “Utilization of Comfortability Data Collected by HEMS for Product Recommendation,” 2016 IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics, Kyoto, Japan, IEEE, 2016.

[5] Kanae MATSUI, “Information Provision System in a Home Energy and Comfort Management System for Energy Conservation,” The International Symposium on Networks, Computers and Communications 2016, Tunis, Tunisia, IEEE, 2016.

[6] Kanae MATSUI, “HVAC System for Maintaining Pleasant Sleep During Warm Nights in Japan,” 2016 IEEE 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), Crans-Montana, Switzerland, pp.893-900, IEEE, 2016.

〔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〕

ホームページ

URL: <https://www.kanaematsui.info/blank>

6. 研究組織

(1)研究代表者

松井 加奈絵 (Matsui, Kanae) 東京電機大学・理工学部・助教, KMD 研究所 リサーチャー, 国立環境研究所 客員研究員
研究者番号: 30742241