

HEMSにおける省電力アドバイス自動生成のための需要度の推定

向井 政貴^{1,a)} 市川 昌宏^{1,b)} 西尾 信彦^{2,c)}

概要: 近年, 全国的に省電力化への取り組みへの関心が高まってきている. 企業や商店や工場では消費電力が計測できるスマートメータの導入などによって無駄な消費電力を発見し, 省電力化へ努めている. しかし, 省電力化の要求は家庭にも達し始めている. 家庭での省電力化を考えると, 重要なのは家電機器の使い方である. さらに家庭ごとに家電機器の使い方の傾向が異なるため, 家庭毎に合った家電機器の使い方を考慮する必要がある. この家庭毎に合った使い方を考慮しつつ, 省電力化につながるアドバイスをユーザに出すことで, ユーザにできるだけ負担をかけず, 省電力化を達成する手法について研究している. このとき考えなければならない要素として, 家電機器の消費電力と家電機器に対する需要が挙げられる. 今回はこの家電機器に対する需要を需要度として数値化する手法について述べる. 需要度を求めるために, 環境センサから得た学習データによってロジスティック回帰を行った.

キーワード: HEMS, 機械学習, センサ

Estimation of the Needs for Automatic Generation of Power Saving Advice in HEMS

Abstract: Recently, saving energy have attracted attention all over the world. Some companies, stores and factories introduce smart meter, which can measure power consumption, for detecting and cutting waste of the power consumption. How to cut the power consumption of the home electronics is important to cut power consumption at home. Furthermore, the way to use home electronics is depend on the home. Therefore, we have to consider the way to cut power consumption for each home. The aim of this research is giving users advices including the way to use home electronics for saving energy without any burden. power consumption and needs of the home electronics are important factors to consider this problem. In this paper, we propose a method to convert the user needs for the home electronics into value. We used Logistic regression analysis to know the needs of the home electronics from training data which collected from environment sensor.

Keywords: HEMS, Machine Learning, Sensor

1. はじめに

東日本大震災以後, 原子力発電所の運転が停止して電力の供給量が大幅に減少し, 火力発電などのコストの高い発電方法を代替しなければならなくなったことで, 全国的に

省電力化の要求が大きくなっている. 近年では, エネルギーの需要と供給を管理し, 効率的に運用する技術として EMS(Energy Management System) が注目されている. EMS では各機器の消費電力量を計測するスマートメータと呼ばれるデバイスや環境情報を取得できるセンサを使う. スマートメータは各機器のコンセントに接続すると, その機器の消費電力量の計測をする. さらに, コンピュータと通信して計測した消費電力量を逐次蓄積することができる. 環境情報を取得できるセンサは, 対象とする場所に設置することで人の有無や温度の変化を検知することができる. これらのデバイスを使うことで, 各機器の消費電

¹ 立命館大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

² 立命館大学 情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

a) marshi@ubi.cs.ritsumeik.ac.jp

b) icchy@ubi.cs.ritsumeik.ac.jp

c) nishio@cs.ritsumeik.ac.jp

力量を計測・表示することでユーザの省エネ意識を高めたり、環境に応じて機器を操作することができる。

商店や工場などでは、スマートメータによって機器の消費電力をリアルタイムに計測して、その情報を可視化することによって、消費電力を削減することのできる機器を発見し、省電力化を行なっているケースもある。さらに、オフィスでも同様のデバイスを導入することによって、PCやコピー機などの機器の無駄な消費電力を発見し、省電力化を行なっている。

しかし、夏場や冬場の電力需要が高まる時期では商店や工場だけの省電力化では限界がある。そこで、各家庭における省電力化が重要となってきた。

家庭内での省電力化を考えると、家電機器の使い方が重要になる。家電機器の使い方の傾向は家庭毎に異なり、節電は各々の家庭毎に適した方法があると考えられる。そこで、我々は家電毎の電力を計測することができるタップと、環境情報を計測することができる環境センサを用いて家庭内の状況を把握して、そのときの状況に応じた節電アドバイスを出すことを考えている。節電アドバイスを出すうえで考慮しなければならないこととして、家電機器の消費電力と家電機器に対する需要が挙げられるが、本稿では家電機器に対する需要について述べる。

2. 問題意識と目的

家庭での省電力には家電機器の使い方が重要である。ユーザが省電力化に取り組もうと思っても、うまく省電力化ができない場合が考えられる。例えば、そんなに電力を消費していないテレビをできる限り点けないように努力しても、労力の割には省電力化できない。さらに、どの程度の暑さからエアコンをつけても省電力化に問題がないかといった判断をユーザ自身がすることはユーザに負担がかかり、非常に困難である。

したがって、家庭内での省電力化に必要なことは、できるだけユーザに負担をかけずに、効果的な省電力化を実行する方法がわかることである。負担をかけない効果的な省電力化の方法は家庭ごとの環境によって変化するため、本研究の目的は、環境に応じて自動的に適切な省電力化のための家電操作アドバイスを判断して、ユーザに提示するHEMSの構築とする。

このような家庭での省電力化の問題に対する研究がいくつか行われている。

3. 関連研究

消費電力可視化による省電力の促進

Enricoら[4]は、3つのビューを使って電力消費の様子を可視化することによって、ユーザに気づきを与えて節電を促すシステムを提案している。この研究では、あくまでもユーザ自身の気づきによって節電を促すの

で、ユーザが可視化された電力消費の様子を理解できない場合は節電行動につながらない。また、電力消費のみに着目しており、そのときどきの環境を考慮していない。

ユーザの快適性を考慮した節電方法の提示による省電力化根路路ら[5]はUMLを拡張したサービス要求モデルによって、ユーザの生活や節電に対する要求に応じて、快適性を損なうことなく行えるであろう節電行動を推薦する手法を提案している。この手法では、「最低限機能を利用する」や「機能効果を向上させる」といった節電を実現するための制約要求とユーザの要求を関係付けることで、ユーザの要求を満たしつつ、節電できる方法を探し出すが、この対応付けはユーザが行わなければならない、ユーザが正しく対応付けを行うことは困難である。

電力供給量の自動制御による省電力化

湯浅ら[3]はユーザが設定した省エネ率のもとで、ユーザの生活の質をできるだけ落とさないように各機器に供給される電力量を制御するオンデマンド型電力制御システムを提案している。機器を特性によっていくつかのクラスに分け、それぞれのクラスごとに優先度曲線を設定する。この優先度曲線に従って各機器への電力供給量を自動制御することによって省エネ目標を達成する。しかし、環境に応じてユーザの要望は変化するものと考えられるが、完全に自動的に電力の供給量が決定されてしまうので、要望に応じた柔軟な制御ができない。

4. 需要度の推定

適切なアドバイスを出すことを考えると、考慮しなければならない要素として、家電に対する需要と消費電力の2つが挙げられる。特に家電に対する需要は、室温や時間帯といったユーザをとりまく環境によって時々刻々と変化するものと考えられる。本論文では、この環境に応じた家電に対する需要をアドバイス提示に利用するために、家電に対する需要を需要度として算出する手法について報告する。

家電に対する需要度を得るために、過去にユーザがどのような環境でどのように家電機器を使用していたかを解析する。過去の実績に従うことで、ユーザ個人ごとに環境に応じた家電機器に対する需要を把握することができる。そのため、前提として家庭内に家電毎の電力を計測できるタップと環境情報を計測できる環境センサが設置されているとする。環境センサは温度、湿度、照度、人感の4つの環境情報を計測することができる。これらセンサとタップによって計測されるデータの詳細を表1に示す。タップとセンサから得られた電力値と環境値は家電機器の使用傾向を表すログとして蓄積、解析される。

表 1 計測データの詳細

センサの種類	計測周期	分解能	単位
温度	1分	0.1	°C
湿度	1分	0.1	%
照度	5秒	1	lux
人感	1秒	-	true/false
電力	5秒	1	W

表 2 半定期間隔サンプリング例

温度 (度)	湿度 (%)	利用
28.3	65	OFF
28.6	63	OFF
29.1	67	OFF
29.5	65	ON

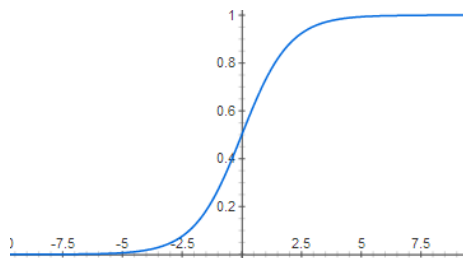


図 1 ロジスティック回帰モデルの形

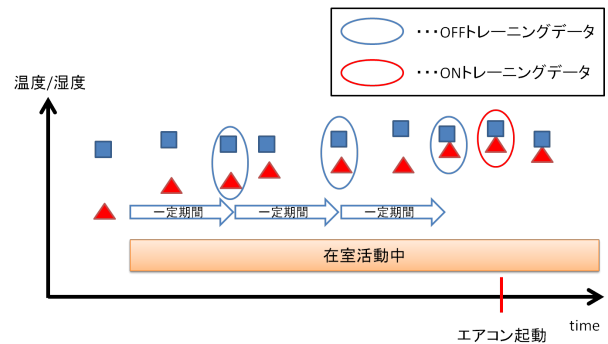


図 2 半定期間隔サンプリング

4.1 ロジスティック回帰

今回、対象家電機器としてエアコンの需要度を算出する手法について述べる。エアコンは家庭のなかで多くの電力を使用する家電であり、節電の対象として非常に重要である。また、今回述べる手法はエアコンのみに限らず、ヒーターや電気カーペットなど、温度に依存して使用する他の家電機器に対して有効であると考えられる。

エアコンに対する需要を考えた時、例えば、25度から27度に温度が変化しても需要はさほど変化しないが、28度から30度に変化すると需要は急激に上昇すると考えるのが自然である。このような温度と需要の関係を表現するモデルとしてロジスティック回帰を使用する。ロジスティック回帰は、目的変数が2値の値をとる場合に適用できるモデルである。説明変数の値に従って2値をとる目的変数の生起確率を求めることができるモデルであり、式1で表される。式1内の y は説明変数 x_i にそれぞれ重み a_i をかけた線形な合成変数であり、式2で表される。ロジスティック回帰モデルの形は、横軸に合成変数の値 y 、縦軸に目的変数の生起確率をとり、例として図1のようにおおそS字の曲線を描く。

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-y)} \quad (1)$$

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (2)$$

この説明変数を環境センサの値、生起確率を需要度として扱う。ロジスティック回帰を用いて、生起確率を求めるためには、まずロジスティック回帰モデルを得るためのトレーニングデータの収集が必要である。以降、このトレーニングデータのサンプリング方法について述べる。

4.2 半定期間隔サンプリング

トレーニングデータは2種類に大別される。1つはエアコンをつけないときの環境値、もう1つはエアコンをつけるときの環境値である。これらをサンプリングし、ロジスティック回帰モデル構築のためのトレーニングデータとする。半定期間隔サンプリングのイメージを図2に示す。半定期間隔サンプリングは、ユーザが在室しており、かつエアコンをつけていない期間において、一定時間毎に環境情報をエアコンをつけないときのデータとしてサンプリングする方法である。ただし、エアコンをつけた際には一定時間が経過していなくても関係なく、その時点の環境情報をエアコンをつけるときのデータとしてサンプリングする。このときサンプリングするデータは、温度と湿度である。従って、トレーニングデータは表2ようになる。一定期間毎に温度と湿度をサンプリングしているが、同じ程度の温度と湿度のトレーニングデータの個数が、暗にそれぞれの温度、湿度であった環境でどの程度の時間を過ごしたかも表現している。

5. 評価

ある家庭一戸に、家電毎に消費電力を計ることができるスマートメータと、環境値を計測することができる環境センサを設置し、需要度の妥当性の検証を行った。スマートメータや環境センサが計測するデータの詳細は表1に示す。検証を行った家の間取りを図3に示す。今回、図3における、「自室」と明記されている部屋で計測されたデータを用いて評価を行った。

今回、ロジスティック回帰モデル構築のためのトレーニ

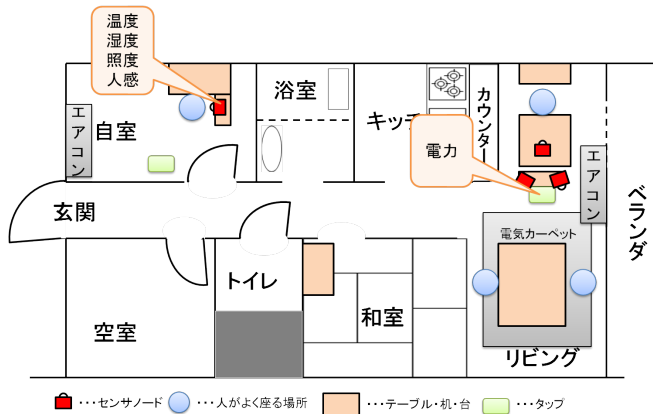


図 3 評価を行った家の間取り

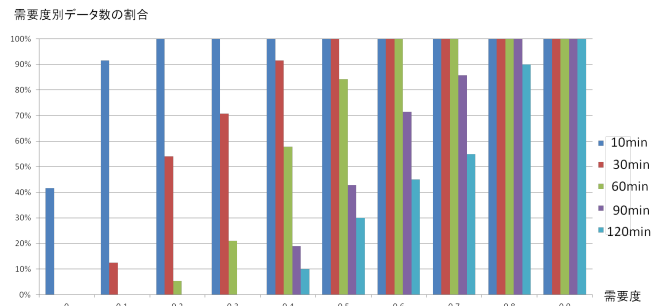


図 4 需要度別のエアコンをつけた回数の累積割合

ングデータを得る手法として、半定期間隔サンプリングを用いた。この手法で用いる最適な一定期間を知ることが必要である。そこで、一定期間をいくつか変化させた半定期間隔サンプリングを使って収集したトレーニングデータを用いて構築したロジスティック帰帰モデルに対して、テストデータとして、ユーザが在室かつエアコンを点けていない期間における温度と湿度を与え、需要度を推定する。

まず、エアコンをつけた全回数に対する需要度別に分けたエアコンをつけた回数の割合を計測する。計測した結果を累積したものを図 4 に示す。エアコンをつけなかったときに対しては、一定間隔でテストデータをサンプリングし、そのサンプリングした全データに対する需要度別に分けたエアコンをつけなかった回数の割合を計測する。計測した結果を累積したものを図 5 に示す。

この結果、需要度別にエアコンをつけなかったときの累積割合とエアコンをつけたときの累積割合の差をとると、判定期間隔サンプリングの一定期間を 120 分に設定したものの、需要度が 0.7 以下の累積割合の差が最も大きい。したがって、半定期間隔サンプリングの一定期間を 120 分とし、需要度 0.8 を境として、エアコンのつける、つけなないを判断すると最もエアコンをつけるときとつけなないときを判別できる。

6. 今後

アドバイスを提示するために、今回提案した需要度に加えて、家電の消費電力を考慮した家電の優先度の算出手法の考案が必要である。1 日に使用可能な電力プランの決定や目標達成失敗時のプランの修正方法を考案する。さらに、アドバイスに対するユーザの応答に応じたアドバイスの修正も行う必要がある。

参考文献

[1] 岩田真琴, 甲斐正義, 島津秀雄. 省電力プラットフォーム「グリーンタップ」の開発 (1). 全国大会講演論文集. ”3-

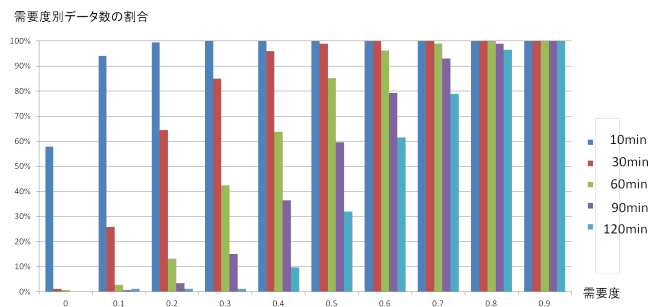


図 5 需要度別のエアコンをつけなかった回数の累積割合

19”-”3-20”. 一般社団法人情報処理学会. 2009.

[2] 岡村将誉, 三井浩康. ホームネットワークシステムを用いた消費電力抑制システムの提案. 全国大会講演論文集. 259-261. 一般社団法人情報処理学会. 2011.

[3] 湯浅健史, 加藤丈和, 松山 隆司. スマートタップネットワークを用いたオンデマンド型電力制御システム. 電子情報通信学会技術研究報告. 31-36. 2011

[4] Enrico Costanza, Sarvapall D. Ramchurn, Nicholas R. Jennings. Understanding Domestic Energy Consumption through Interactive Visualisation: a Field Study. Ubi-Comp. 216-225. 2012.

[5] 根路銘崇, 高橋麻美, 松沢裕史, 沼尾雅之. サービス要求モデルに基づく電力消費最適化手法の提案. 情報処理学会研究報告. ソフトウェア工学研究会報告. 1-8. 2011.