

省電力プラットフォーム「グリーンタップ」の開発(3)

～電力波形を用いた家電機器特定技術の開発と評価～

岩佐淳史 岩田真琴 甲斐正義 島津秀雄

NECシステムテクノロジー株式会社 システムテクノロジーラボラトリ

1. はじめに

筆者らは、小型省電力環境センサと CPU 内蔵電源タップからなる簡易型 HEMS「グリーンタップ」の開発を進めてきた[1]。HEMS 管理下にある家電機器を的確に省エネ制御するには、家電機器を特定する必要がある。そのため、家電機器に印加される電圧波形、流入する電流波形、および両者の乗算結果として得られる消費電力波形各 1 波形から家電機器を特定する手法を提案・試作し、12 種類 28 機種(※)を 99%の精度で判別可能な性能を得た[2]。

本稿では、提案手法の実用化に向け実施した評価実験結果について述べる。結論として、実生活環境の電力に影響する各種要因を学習させることで、23 種類 73 機種の家電に対して約 95%の精度で判別可能な性能を確認できた。

2. 本手法の概要

従来、消費電力波形の特徴を観察し、家電機器の種類を特定する研究が行われてきた。例えば藤本ら[3]は、分電盤にて家庭全体の消費電力を数時間分記録し、その波形パターンから機器の種類を推定している。また、伊藤ら[4]は、家電機器の消費電力波形をコンセント部分の低コストハードウェアにて個別に計測し、特徴量を抽出し、特徴量データベースとマッチングすることで機器特定を行なっている。

グリーンタップにおいては、利便性と省エネ効果を確保するため、高速(数秒以内)かつ高精度(メーカーや型番まで)な家電機器特定手法が必要なため、新たな機器特定手法の確立を目標とした。開発した手法の概略を図 1 に示す。

本手法は、家電機器に印加される電圧波形、流入する電流波形、及び両者の乗算結果として得られる消費電力波形から独自に定義した 8 種の電気的特徴量である、①電流実効値(二乗平均平方根)、②電流ピーク(最大値と最小値の差)、

③電流尖度(電流一波形を分布と考慮して計算した尖度)、④波高率(電流ピーク値÷電流実効値)、⑤最小電力値(電力波形の最小値)、⑥電流のずれ(電圧波形のピーク地点と電流波形のピーク地点の差)、⑦電流実効値と最小電力値の比率、および、⑧力率を計算し、予め学習したデータから生成した判別木を探索することで、高速かつ高精度に家電機器を特定するものである。

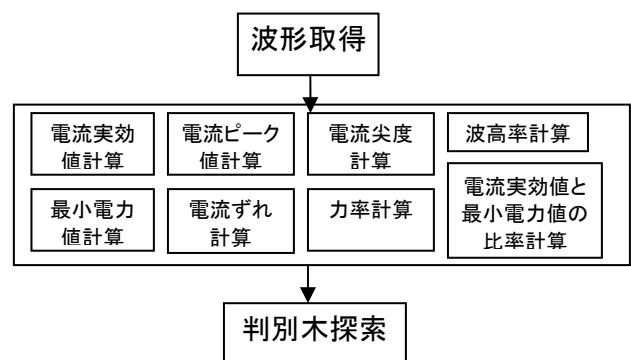


図 1 本手法の流れ

3. 評価内容および評価結果

【実環境における電力波形への影響調査】

実環境下で電力波形に影響する要因として 9 つの要素、①電源電圧変動(85V~115V)、②周辺機器(ヒーター、ドライヤーなど)動作による電源電圧降下、③電源周波数切替(50Hz/60Hz)、④電源周波数変動(±2Hz など)、⑤温度変動(ヒーターによる加熱、アイスノンによる冷却など)、⑥湿度変動(加湿器による加湿など)、⑦電波変動(電子レンジによる電波発生など)、⑧機器動作状態変動、⑨延長タップによる電源ケーブルの延長を想定し、17 種類 38 機種の実験用機器のうちいくつかの波形を取得し、環境による影響を確認した。

このうち②電源電圧降下、⑤温度、⑥湿度、⑦電波、⑨延長タップの 5 つの要素は波形から計算される特徴量に大きな影響は見られないことが確認できた。

しかし、残る 4 つの要素に関しては特徴量への影響が確認でき、結果として判別精度に影響

※本稿での種類とは、液晶テレビ、ヒーターという分類を意味し、機種は A 社の型番 xxx、B 社の型番 yyy という分類を意味する。

があった。一例として電源電圧と特徴量の1つである電流実効値との関連を図2に示す。縦軸は電流の実効値、横軸は機器と電源電圧の組み合わせである。機器によっては電圧に比例するものや反比例するものがあり、電圧の影響を無視して特徴量を計算することができなかった。

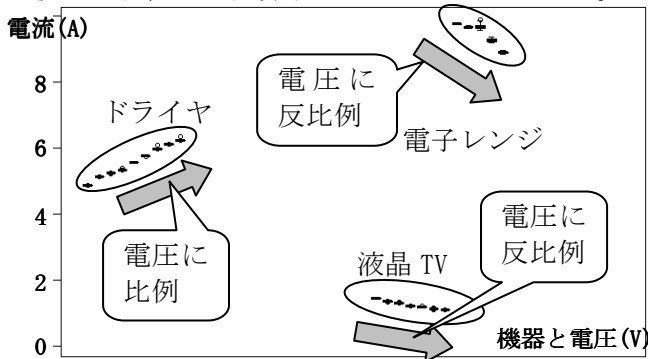


図2 電圧と電流実行値の関連

同様に電源周波数や動作状態に関しても特徴量への影響が確認され、判別には各環境下での学習が必要とわかった。

各要素の特徴量への相関と判別精度への影響から、特徴量に影響ないもの、判別に影響無いもの、判別に影響有るものの3種類に分別したまとめを図3に示す。

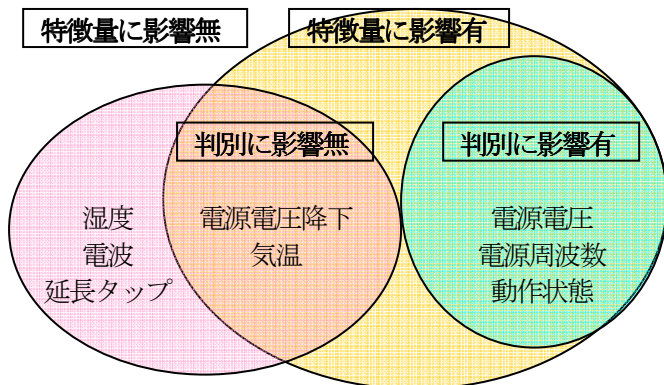


図3 各要素の影響まとめ

【実環境における判別精度評価】

まず、電源電圧と電源周波数に関してどの程度の学習を行えばよいかを確認するため、一般の14世帯にて電圧の分布を調査した(図4)。同様に周波数に関しても確認したところ、電源電圧は95V/100V/105Vの3点程度、周波数に関しては50Hz環境で1点、60Hz環境で1点学習すれば十分であることがわかった。

次に、14世帯の所有家電23種類73機種種の電力波形を収集し、前記各要素の影響を考慮して学習させて実験した結果、約95%の判別精度を確

認できた。

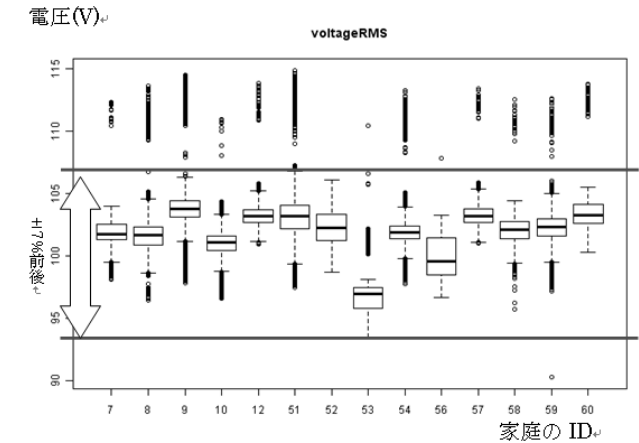


図4 家庭の電圧分布

4. おわりに

本手法は73機種種の家電機器に対して、実環境下の様々な変動要因を加味しても、約95%の判別率を確認でき、十分実用に耐えうる方式であることが確認できた。

謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から受託したプロジェクト「インテリジェントタップを用いた簡易型HEMSの研究開発」の一環として実施されたことを記し、ここに感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 岩田他, 「省電力プラットフォーム「グリーンタップ」の開発(1)」, 情報処理学会第73回全国大会(2011.3)
- [2] 岩佐他, 「省電力プラットフォーム「グリーンタップ」の提案(4)」, 情報処理学会第71回全国大会(2009.3)
- [3] 松本光崇 藤本淳 榎本忠保 「家電の電力消費の内訳を解析するシステムの検討」 エネルギー・資源学会誌 Vol127, No. 4, pp. 49-54
- [4] 伊藤雅仁 大亦寿之 井上智史 重野寛 岡田謙一 松下温 「消費電力波形の特徴を利用した家電機器検出手法と制御システム」, 情報処理学会論文誌 Vol144, No. 1, pp. 95-105

Development of the Energy Management Platform “Green Tap” (3)

†Atsushi Iwasa, Makoto Iwata, Masayoshi Kai and Hideo Shimazu, NEC System Technologies, Ltd.