

省電力プラットフォーム「グリーンタップ」の提案(4) ～電力波形及び周囲環境情報による家電機器特定手法～

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、小型省電力無線環境センサと CPU 内蔵電源タップからなる簡易型 HEMS 「グリーンタップ」の研究を進めている[1]。家電機器を細かく制御するためには、HEMS 管理下にある機器のメーカーや型番を知る必要がある。しかし、手で HEMS に知らせる場合は設置・維持にコストがかかってしまう。また、機器を登録するまでに時間がかかるほど、家電機器を省電力制御する時間が短くなり、制御機会のロスが発生する。さらに、機器登録忘れや登録ミスなどが発生しやすくなることから、HEMS の利便性や節電効果を大きく損なう可能性がある。

本稿では、機器の電力波形及び周囲環境情報を用いて、HEMS に接続された家電機器の種類を自動的に高速かつ高精度に特定する手法を提案する。

2. 本手法の目標

従来から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なわれてきた。

例えば、藤本ら[2]や田中ら[3]では、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。この方式は、計測に多くの時間を必要とするが、家電機器の種類を汎用的に特定できるメリットがある。

また、伊藤ら[4]では、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。この手法では、単純な回路で容易に算出できる電流の平均値のような属性を特徴量としており、家電機器の種類と数は限定的ではあるが、比較的短時間でメーカー名と型番までを特定できるメリットがある。

「グリーンタップ」では、利便性と節電効果を確保する手法を必要とするが、[2][3]のように汎用性を重視し型番までの詳細な特定を行なわない手法は、時間がかかる点と精度の点から利用が難しい。また、[4]の手法も、対象とする

家電機器が増えた場合、スケーラビリティ確保の点から利用が難しい。そのため、高速(数秒以内)に、かつ高精度(メーカーや型番まで)に家電機器を特定する手法の開発を目標とする。

3. 設計方針

提案する手法では、家電機器の消費電力の波形に注目して、短時間での機器特定が可能な特徴ベクトルを定義する(方針 1)。

さらに、従来手法[2][3][4]では利用していない、家電機器の設置されている周囲の環境にも注目して家電の特定を行なう(方針 2)。具体的には、家電機器の消費電力の変化とともに、その消費電力の変化の前後の周囲環境をセンサノード[5]で計測することで、家電機器の絞り込みを行なう。例えば、消費電力が急増した直後に、温度が上下すればエアコンが稼動した可能性が高い、照度が上昇すればルームライトが点灯した可能性が高いと推測できる。

4. 本手法実現のためのポイント

3章で述べた2つの方針により、家電機器の特定精度は向上すると期待される。しかし、単純に組み合わせただけでは、機器特定の全体所要時間は、周囲環境の計測時間だけ、長くなってしまふと考えられる。

そこで、電力波形と周囲環境情報を使つての機器特定の方法中に、早期に測定可能なデータによる判別を優先的に行なうアルゴリズムを開発した。図 1 に示すように、電力波形と周囲環境の計測のうち、早期に測定可能なものから先に計測と判別を行なわせることで、無駄な待ち時間を短縮できる。

そのため、判別木は、各データの計測時間および特徴量の計算時間をあらかじめ測定し、時間が短い特徴量による分岐を上、長い特徴量による分岐を下に配置するように生成しておく。

判別木を用いたツリー探索においては、データの計測および特徴量の計算に、特徴量ごとの時間差(温度センサデータを取得するまでの時間と照度センサデータを取得するまでの時間など)

が発生するため、各特徴量の計算を並列に処理し、早く計算が終わった特徴量の順に判別木にてツリー探索を行なう。探索が終了した時点でまだ計算中の特徴量は探索不要なため、計算を終了する。

以上の処理により、計算する特徴ベクトルの次元は従来研究と比べ上がっているが、機器判別が完了するまでの処理時間は機器の判別に必要なデータの計測時間と特徴量の計算時間にしか影響を受けないため、全体の処理時間としては高速化される。

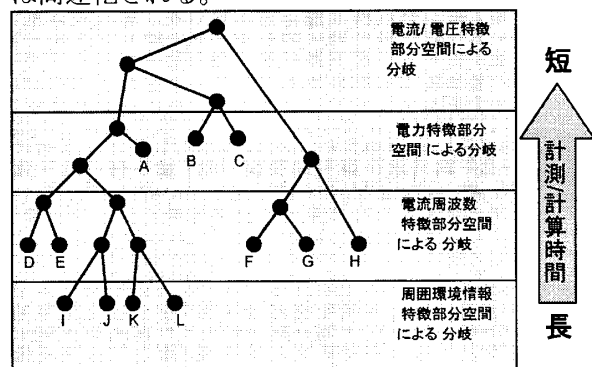


図1 判別木の模式図

5. 実現可能性検証のための試行実験

本手法の実現可能性検証のため、市販の電力計とセンサノード[5]を用いて、試行実験を実施した。

今回の試行実験では、特徴空間として次の4つの特徴部分空間の直積を使用し、電流/電圧データは100kHzでサンプリングした1波形分のデータを使用した。

- 電流/電圧特徴部分空間
電流データ及び電圧データの二乗平均平方根/最大値/最小値/PP値等20種類を特徴空間の基底としている。
- 電力特徴部分空間
電力データの平均値(有効電力)/最大値/最小値/PP値等11種類を特徴空間の基底としている。
- 電流周波数特徴部分空間
電流データからペリオドグラムを用いて推測したスペクトル密度関数を特徴空間の基底としている。
- 周囲環境情報特徴部分空間
照度変化/温度変化/湿度変化/風速変化/加速度変化を特徴空間の基底としている。

22種類の家電機器(ノートPC, 液晶TV, 扇風機など)の特徴ベクトルから事前に判別木を生成した状態で、本手法による特定を行なった結果、あらかじめ用意した家電機器に関してはすべて

一致したため、本手法の実現可能性が確認できた。

6. おわりに

本稿では、電力波形及び周囲環境情報による家電機器特定手法を提案し、高速かつ高精度に機器特定可能なアルゴリズムを説明した。現時点では実現可能性検証のための一実験を行なった段階であるため、今後、対象機器を増やして、機器特定に必要な特徴空間の絞り込み、判別木構築方法の確立、データ取得間隔及びデータ数の最適化、家電機器の効率的な分類方法の調査・確立の研究を進め、「グリーントップ」システムへの実装を経て性能検証を行なっていく予定である。

謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合研究機構(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「グリーントップ」の提案(1)」, 情報処理学会第71回全国大会(2009.3)
- [2] 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 Vol27, No.4, pp.49-54
- [3] 田中昭雄 村越千春 中上英俊 「家庭の電力負荷計測値の要素分解手法について」 エネルギー・資源学会第12回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集 pp.91-94
- [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 Vol44, No.1, pp.95-105
- [5] 山村他, 「省電力プラットフォーム「グリーントップ」の提案(2)~センサデータ予測による無線環境センサの省電力通信方式~」, 情報処理学会第71回全国大会(2009.3)

Proposal of the Energy Management Platform "Green Tap" (1) -- A Method of Tool Detection by the Feature of Power Consumption and Environmental Influence --
Atsushi Iwasa, Makoto Iwata, Masayoshi Kai and Hideo Shimazu, NEC System Technologies, Ltd.
System Technologies Laboratories