

安心安全省エネのための既存家電の消費電力監視・制御を実現する智能化電源タップの研究

○後迫弘明, 福井類, 森武俊, 佐藤知正

背景・目的

- 空間知能化や情報家電による消費電力監視・制御システムは手間, コストがかかる
→必要最小限の設備および設定で既存家電による安心安全省エネでコンパクトなシステムの要求
- 既存家電を容易に監視・制御可能で人に近い位置に存在する電源タップへの期待
→人によるマニュアル設定を簡略化し, 電力使用パターンの分析を活用しながら既存家電の電力制御を行うコンパクトな智能化電源タップシステムを実現

システム概要

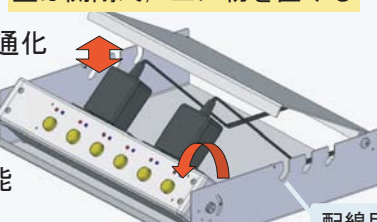
タップ型デバイス「智能化電源タップ」と焦電センサにより得られる消費電力履歴, スイッチ操作情報, 人位置情報から既存家電のオン・オフ制御により以下のサービスを実現する

- A. **安心・安全** 消費電力大で自動オンが危険な機器, 予約機能等でオフにすべきでない機器を自動分類し不適切な操作を排除
- B. **快適** 複数の機器操作の相関関係から一部の操作を補完し人間の操作を簡略化する
- C. **省エネ** 消し忘れ等による電力の無駄を検知し, 機器を自動オフ

智能化電源タップの製作

- システム, ユーザ双方による オン・オフ切換機能
→メカニカルリレーによりシステム, ユーザの切換操作を共通化
- 消費電力データの取得・通信・蓄積機能
→分割型変流器を利用した電流センサにより消費電力を取得
→ZigBee モジュールによりホスト PC にデータを送信し蓄積
- 機器のオン・オフを統括して行えるユーザインタフェース機能
→ユーザ操作入力用にタクトスイッチを採用
→ボックス型のケーシングによりアダプタ等を収納可能にし, TV ラック等ユーザがアクセスしやすい場所に設置可能

蓋は開閉式, 上に物を置ける



タップ部は回転式
後方にアダプタを収納可



消費電力表示用 LED
オン・オフ表示用 LED

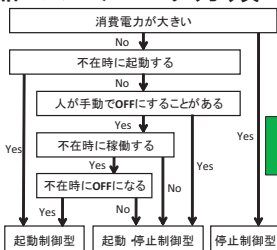
切換用タクトスイッチ

タップ部の大きさは既存の物と同程度

消費電力履歴解析アルゴリズム・解析結果

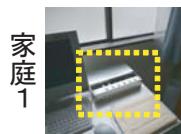
A. 決定木による機器のカテゴリ分類

代表的な家電機器の動作を模擬し, オン不可の停止制御型, オフ不可の起動制御型, その他の起動停止制御型に分類する決定木を作成



- 停止制御型, 起動制御型は分類できた.
- 人の使い方により同一機器でもカテゴリが異なることがわかった

各アルゴリズムと, 20 代独居男性, 30 代夫婦の 2 家庭で取得したデータによる実験結果を示す



C. クラスタリングによる低消費電力状態移行

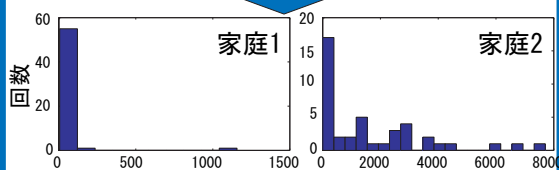
Time	1	2	3	4	5	6
101	off	off	off	off	off	off
102	off	off	off	on	off	off
103	off	off	off	on	off	off
104	off	on	off	on	off	off

クラスタ	平均継続時間
C1	1
C2	2
C3	1

各機器の状態に応じてクラスタリング

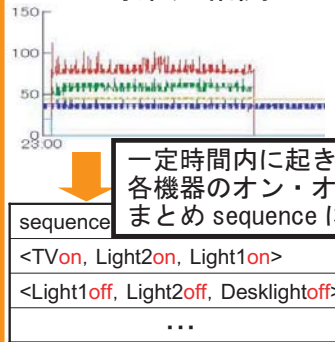
各クラスタの平均継続時間を計算

現在の状態が属するクラスタの平均継続時間 × 係数を越えた時異常
→機器をオフにして移行可能な状態のうち平均継続時間が最長の状態へ移行



正解と自動オフの時間差 [s]
家庭 1 では 20 分以内に 70 回中 57 回
家庭 2 では 1 時間以内に 62 回中 36 回の自動オフが行われた。
→睡眠時の消し忘れ等に有効

B. 時系列相関ルールによるオン・オフ操作の自動補完



相関性の強いルールを抽出

$$Support = \delta(X \cup Y) / N$$

$$Confidence = \sigma(X \cup Y) / \sigma(X)$$

$\delta(X)$: X を含む日数,
N : データ取得日数,
 $\sigma(X)$: X を含む sequence 数

ルールの例

テレビON, フロアライト2ON
→フロアライト1ON
フロアライト1OFF, フロアライト2OFF
→デスクライトON

実験結果

		家庭1	家庭2
自動	補完対象操作	64/72(89%)	45/69(65%)
オン	補完成功操作	57/64(89%)	20/45(44%)
自動	補完対象操作	61/70(87%)	28/62(45%)
オフ	補完成功操作	43/61(70%)	16/28(57%)

補完対象操作の割合は家庭1で88%, 家庭2で55%であることがわかった

補完対象操作のうち家庭1で80%, 家庭2で49%
→一人暮らしの家庭に有効

補完対象操作 = 複数機器を同時に操作した回数 / 全操作回数
補完成功操作 = 正しく補完された操作の回数 / 複数機器を同時に操作した回数

結論

消費電力履歴取得・電力制御機能を有する智能化電源タップを製作し, そのデータからの時系列相関ルール生成や消費電力状態のクラスタリングにより, 人間の電力特性をモデリングした電力制御が可能であることを示した