

家庭内 EoD における制御ルール数削減のためのルール変換方式

A Rule Conversion Scheme to Reduce Control Rules for Home EoD

義久 智樹† 藤田 直生‡ 塚本 昌彦‡
Tomoki Yoshihisa Naotaka Fujita Masahiko Tsukamoto

1. はじめに

冗長なエネルギー消費を抑えるため、各家庭にあるテレビや空調といった電力機器の消費電力削減が求められている。消費電力削減を実施するためには、従来、基本的には、人手で電力機器を管理する必要があった。管理とは、電力機器の状態把握と制御を意味する。人手で電力機器を管理していると、手間がかかるため消費電力を削減できるにもかかわらず実施できないことがある。このため、家庭内エネルギーオンデマンド (EoD, [1]) システムと呼ぶ家庭内電力機器管理システムが提案されている。家庭内 EoD では、電力機器が電力を要求し、電力要求が許可されてから給電される。家庭内の消費電力をホームサーバが制御しているため、家庭内の電力機器の総消費電力がある値を超えないように制御するキャップ制御を行え、総消費電力を上限以下に抑えられる。例えば、電力削減の観点からある家庭で総消費電力を 800W 以下に抑えている場合、テレビに関して以下の制御が考えられる。

- [例 1] 空調 (300W) と冷蔵庫 (500W) が動作している状況で、テレビ (200W) を点けようとする。テレビを点けると総消費電力が上限を越えるため、テレビに給電しない。
- [例 2] 電灯 (150W) と冷蔵庫が動作して 650W 消費している。テレビを点けようすると、電灯をオフにして、テレビに給電する。テレビの明かりがあるため電灯がオフでも問題ない。
- [例 3] テレビと冷蔵庫が動作して 700W 消費している。テレビの輝度を上げようすると、中輝度 (300W) までは上げられるが、高輝度 (400W) にはできない。

上記のような制御方針を一般利用者が容易に記述できるようにするため、文献[2, 3]では、利用者が総消費電力の上限および、電力機器間の優先度と要求する状態の優先度のみを記述し、これらの優先度から制御ルールを生成する制御ルール変換方式を提案している。あらゆる状況に関して、上限を越えないように優先度に基づいて制御ルールを生成している。しかし、網羅的に状況を考慮しているため、生成される制御ルールの数が多くなっていた。多数の制御ルールがあると、制御ルールの走査に時間がかかったり、保存するために大容量の記憶装置が必要になるといった問題が発生する。

そこで、本研究では、家庭内 EoD における制御ルール数削減のためのルール変換方式を提案する。提案方式では、優先度をつけて電力を要求する制御ルールを生成し、利用者による操作が同じ複数の制御ルールを一つにまとめることで、生成される制御ルールの数を削減する。

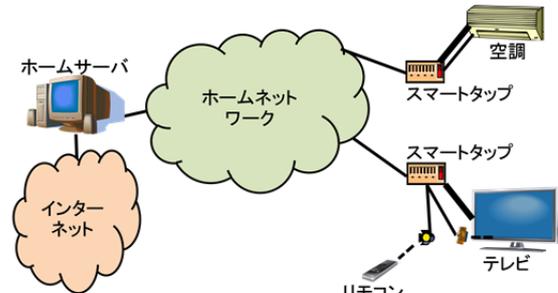


図 1: 家庭内 EoD を用いた電力機器管理システム

2. 家庭内 EoD を用いた電力機器管理システム

2.1 システム構成

図 1 に家庭内 EoD を用いた電力機器管理システムのシステム構成を示す。家庭内にはホームサーバがあり、インターネットおよびホームネットワークに繋がっている。ホームネットワークにはスマートタップが繋がっており、電力機器の電源プラグはスマートタップに繋がっている。スマートタップは、電力機器への電力供給の開始、停止を制御できる。また、スマートタップは、電力機器と通信して電力機器の状態を変更できる。例えば、空調と通信して空調をオフにしてから給電を止めたり、空調を弱にして空調の消費電力を下げたりできる。現状、スマートタップと直接通信して制御できる電力機器は少ないため、リモコン通信を利用した制御が考えられる。スマートタップとホームサーバはホームネットワークを介して通信できる。

2.2 制御ルール変換

制御ルール変換を用いることで、利用者が記述した総消費電力の上限および、電力機器優先度と要求状態優先度から制御ルールが生成される。詳細は文献[2]に記述しているが、これらの優先度を記述したルールをグローバルメタルールと呼ぶ。グローバルメタルールと電力機器の消費電力等の情報を用いて生成される家庭内全体の電力機器の制御ルールをグローバルルールと呼ぶ。さらに、グローバルルールを各電力機器用に分けた制御ルールをローカルルールと呼ぶ。例えば、1 章の例のグローバルメタルールと電力機器情報の例を表 1 に示す。実際には XML 等で記述されるが、可読性を高めるため、表形式でまとめて示す。電力機器情報には電力機器と状態と消費電力等が記述されており、グローバルメタルールには 2 種類の優先度が記述されている。優先度は値が小さいほど高く優先されることを示す。

従来、各電力機器が取りうるすべての状態において、電力が要求された場合のローカルルールを記述していたため、表 1 の場合、72 個のグローバルルールが生成され、それぞ

†大阪大学サイバーメディアセンター
Cybermedia Center, Osaka University

‡神戸大学大学院工学研究科,
Graduate School of Engineering, Kobe University

れの電力機器が電力を要求した場合の制御ルールがローカルルールとして各電力機器のスマートタップに配信されていた。1章の例のローカルルールは表2のようになる。

3. 制御ルール数削減のためのルール変換方式

提案方式では、生成される制御ルールの数を削減するため、優先度をつけて電力を要求するローカルルールを生成する。この優先度を EoD 優先度と呼ぶ。

3.1 EoD 優先度

EoD 優先度は、要求する電力に対する優先度である。小さいほど EoD 優先度は高く、電力が供給されやすい。例えば、表1の上から順番に高い EoD 優先度を与える。テレビを通常輝度で点けるための電力の EoD 優先度は7になる。電力機器の周りに人がいたり雨が降っているといった環境状況も考慮すると、電力機器優先度と状態優先度から一意に EoD 優先度が決まるとは限らない。ホームサーバは、要求された電力の優先度を記憶しておき、電力要求が来る度に優先度の高い順に電力を供給する。要求した電力が供給されない場合には、同じ EoD 優先度で、状態優先度の低い状態の電力で要求する。これにより、要求された電力と状態の違いを検出でき、電力が供給できるようになれば要求された電力を供給することが可能になる。電力要求時に EoD 優先度に基づいて動的に供給電力が決まるため、利用者による操作が同じ複数のローカルルールを一つにまとめることができ、生成されるローカルルールの数を削減できる。

3.2 具体例

提案手法を用いて生成した1章の例のローカルルールを表3に示す。ルール O1 と O2 がルール N1 にまとめられ、ローカルルールの数が減っている。ルール N3 を考えると、利用者がテレビの操作をする前に冷蔵庫がオンになっている。この EoD 優先度は3になる。利用者がテレビを高輝度で点けようとする、テレビのスマートタップは、ホームサーバに EoD 優先度5で400W 要求する。しかし、総消費電力が上限を越えるため、状態優先度を下げて中輝度で点けようとし、EoD 優先度5で300W 要求する。この場合、総消費電力が上限を越えないため、給電される。さらにその後、冷蔵庫をオフにすると、ホームサーバはテレビの EoD 優先度が5であることから、本来400W 供給すべきであると認識し、400W 給電してテレビを高輝度にできる。

3.3 提案方式の利点と問題点

提案方式を用いることで、利用者による操作が同じ複数のローカルルールを一つにまとめられる。ローカルルールの数を減らすことで、すべてのローカルルールを走査する時間を短縮でき、保存に必要な記憶容量を削減できる。また、要求時に供給されなくても、後で供給できるようになれば給電することが可能になる。ホームサーバは過去に要求された電力の EoD 優先度を記憶しておく必要があるが、EoD 優先度のデータ量は小さく、それほど問題にならないと考える。また、要求した電力が供給されなければ電力を下げて要求しなすとといったように、動的に要求する電力

表1：グローバルメタルールと電力機器情報の例

電力機器	電力機器優先度	状態	状態優先度	消費電力
空調	1	オン	1	300W
		オフ	2	0W
冷蔵庫	2	オン	1	500W
		オフ	2	0W
テレビ	3	高輝度	1	400W
		中輝度	2	300W
		通常輝度	3	200W
		オフ	4	0W
電灯	4	オン	1	150W
		オフ	2	0W

表2：1章の例を実現する従来方式で生成したテレビのローカルルール

ルール	If 節				Then 節			
	テレビの操作	空調	冷蔵庫	電灯	空調	冷蔵庫	テレビ	電灯
O1	通常輝度へ	オン	オン	オフ	オン	オン	オフ	オフ
O2	通常輝度へ	オフ	オン	オン	オフ	オン	通常輝度	オフ
O3	中輝度へ	オフ	オン	オフ	オフ	オン	中輝度	オフ
O4	高輝度へ	オフ	オン	オフ	オフ	オン	中輝度	オフ

表3：1章の例を実現する提案方式で生成したテレビのローカルルール

ルール	If 節	Then 節
N1	通常輝度へ	EoD 優先度7で200W
N2	中輝度へ	EoD 優先度6で300W
N3	高輝度へ	EoD 優先度5で400W

が決まるため、給電されるまでの時間が長くなる可能性がある。

4. まとめ

本論文では、家庭内 EoD における制御ルール数削減のためのルール変換方式を提案した。優先度をつけて電力を要求する制御ルールを生成することで、複数の制御ルールを一つにまとめて、生成される制御ルールの数を削減できる。今後、実システムの構築や、遅延等の性能評価、環境状況に応じて制御方針を変えることを考えている。

謝辞

本研究の一部は、独立行政法人情報通信研究機構 (NICT) の委託研究「情報通信・エネルギー統合技術の研究開発」の助成によるものである。

参考文献

- [1] 松山隆司, エネルギーの情報化とは: 背景, 目的, 基本アイディア, 実現手法, 情報処理, Vol. 51, No. 8, pp. 926-933 (2010).
- [2] 義久智樹, 佐野渉二, 藤田直生, 塚本昌彦: 家庭内 EoD を用いた電力機器管理システムのための制御ルール変換方式, 情報処理学会研究報告 (2011-GN-82・2011-CDS-3・2011-Bccgr-27), pp. 1-8 (2011).
- [3] T. Yoshihisa, N. Fujita, M. Tsukamoto: A Rule-based Home Energy Management System, Proc. of FTRA International Conference on Advanced IT engineering and Management (AIM 2012) (2012).