

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

義久智樹^{†1} 佐野 渉 二^{†2}
藤田直生^{†3} 塚本昌彦^{†3}

各家庭にあるテレビや空調といった電力機器を管理して消費電力を削減するために家庭内 EoD (Energy on Demand) が提案されている。家庭内 EoD では、電力機器がホームサーバに電力を要求し、電力要求が許可されてから給電される。電力機器の制御方法は If-Then ルールで記述されるが、各電力機器の制御ルールを細かく記述する必要があり、利用者が記述することは複雑で困難であった。そこで本研究では、利用者の電力機器の制御方針を優先度に基づいて記述させ、これを変換して各電力機器個別のルールを作成する制御ルール変換方式を提案する。利用者が電力機器のルールを直接作成する必要がないため、従来に比べて簡単に電力機器管理システムを扱える。さらに要求する電力に優先度を付加して電力要求し、給電する電力を決定する 3 個の手法を提案する。

Control Rule Convert Methods for Electrical Appliances Management Systems with Home EoD

TOMOKI YOSHIHISA,^{†1} SHOJI SANO,^{†2} NAOTAKA FUJITA^{†3}
and MASAHIKO TSUKAMOTO^{†3}

Home EoD (Energy on Demand) was proposed to reduce power consumption by managing electrical appliances such as TV or air-conditioner. With home EoD, appliances require electrical power to the home server and power is supplied after the acceptance. The control policies for electrical appliances are described using if-then rules, but the users have to describe them minutely and this is difficult. Hence, we propose control rule convert methods that make the users describe the control policies based on the priorities and that convert the policies into each appliance's rules. Since the users need not to describe rules directly, they can use the electrical appliances management system easily. Also, we propose three methods to determine which request to accept based on the priorities that are added to the required electrical power.

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を消費する電力機器の消費電力削減が求められている。従来、消費電力削減を実施するためには、テレビの電源を切ったり空調を弱にするといったように、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削減を実施しない場合や、気付かないため消費電力削減を実施できない場合といったように、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、筆者が参画する研究プロジェクトでは、エネルギーオンデマンド (EoD) システムと呼ぶ電力機器管理システムを提案している^{1),2)}。特に家庭内の EoD システムである家庭内 EoD を用いた電力機器管理システムにより電力機器を自動的に管理することで、消費電力を効率的に削減できる。

家庭内 EoD では、電力機器が電力を必要とする場合、電力機器がホームサーバに電力を要求し、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、不要な電力消費を抑えたり、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る。家庭内 EoD において、電力機器の制御を利用者毎に柔軟に変更できるようにするため、筆者らは If-Then ルールを用いて制御する EoD システムを提案している^{3),4)}。制御ルールには、条件 (If 節) と、その条件が満たされている場合に実行する動作 (Then 節) を記述する。制御ルールは各電力機器が保持する。例えば、テレビの制御ルールに以下の内容を記述する。実際には XML 等で記述するが、ここでは説明のため文章で記述する。

例 1 テレビの電源をオンにするとテレビが付くようにするため、条件にテレビの電源ボタンをオンにすること、動作に 150W の電力要求することを記述する。電源ボタンをオンにすると、電力が供給され、テレビを付けることができる。

例 2 消費電力削減のために部屋の消費電力に 1kW のキャップ制御を設けており、空調が

^{†1} 大阪大学サイバーメディアセンター
Cybermedia Center, Osaka University

^{†2} 神戸大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kobe University

^{†3} 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University

強になっていて既に 900W 消費している．テレビの電源ボタンをオンにしても上限を超えるため電力が供給されない．空調を中にするると空調の消費電力が 800W になってテレビに電源を供給できる．この場合，条件にテレビの電源ボタンをオンにすることと空調が強になっていること，動作に空調を中にして 150W の電力要求することを記述する．

利用者が明示的に制御ルールを記述するため制御内容を理解できるが，各電力機器の制御ルールを細かく記述する必要があり，利用者が記述することは複雑で困難であった．例 1 の場合，電源オン時に要求する電力を利用者が把握して電源ボタンをオンにしたときの制御ルールを記述する必要がある．例 2 では，空調の強や中の消費電力を把握して，テレビに電源を供給する場合には少なくとも中にする必要がある，さらに電力要求する制御ルールを記述する必要がある．これらの例のように電力機器の数が少なければ記述する制御ルールの数も比較的少ないが，多くなると制御方法の組み合わせが多くなって，記述しなければならない制御ルールの数も多く煩雑になる．

そこで本研究では，利用者の電力機器の制御方針を優先度に基づいて記述させ，これを変換して各電力機器の制御ルールを作成する制御ルール変換方式を提案する．利用者が電力機器の制御ルールを直接作成する必要がないため，従来に比べて簡単に電力機器管理システムを扱える．さらに要求する電力に優先度を付加して電力要求し，給電する電力を決定する 3 個の手法を提案する．

以下，第 2 章で関連技術を紹介し，第 3 章で家庭内 EoD を用いた電力機器管理システムを説明する．第 4 章で提案方式の説明，第 5 章で評価を行い，第 6 章で議論を行う．最後に第 7 章で本論文をまとめる．

2. 関連研究

家庭内の電力機器管理システムは HEMS (Home Energy Management System) と呼ばれ，近年活発に研究開発されている．ほとんどの HEMS では，ホームサーバと呼ばれる家庭内の電力機器を管理するサーバが，家庭内の情報ネットワークであるホームネットワークを介して電力機器と通信して，消費電力を管理している．ホームサーバと電力機器の通信に関しては幾つかの標準化が進められているが，HEMS の標準化に向けて決定打が欠けていた⁵⁾．この点に関して，機器間サービス連携の仕様である OSGi (the Open Services Gateway initiative⁶⁾) が提唱されている．OSGi は，ほとんどの計算機で実行できる Java を実行環境としているため，幅広い用途に利用できる⁷⁾．家庭内 EoD においてもサービス

連携の通信方法として OSGi を適用できるが，本研究のように電力機器の制御方針を定義するものではない．

家庭内 EoD に対する注目は高く，幾つかの研究が行われている．家庭内 EoD において，発電所や家庭の太陽光発電といった複数の電力源がある場合，パソコンのような精密機器に対しては安定した発電所からの電源，電灯のように電力が急になってもあまり問題にならない機器に対しては太陽光発電の安い電源を使うといったように，各電力機器に所望の電力源から電力を供給できることが望ましい．そこで通信における回線交換方式と類似した電力網が提案されている⁸⁾．回線交換方式は，現状の電力網からの移行が容易だが，電力源と電力機器の間で物理的に隔離された電力線を確保する必要がある．この問題を解決するために，通信におけるパケット交換方式と類似した電力網も提案されている⁹⁾．

ルールを用いて機器を制御するシステムとして，RFID を感知した場合の動作を ECA ルールで記述する方式が提案されている¹⁰⁾．ECA ルールとは，ある事象 (Event) が起こった場合に条件 (Condition) が満たされていれば動作 (Action) を実行するという 3 項目を記述して状況に応じた動作を指定する記述方式である．しかし，RFID との連携を対象としてルールが設計されており，電力機器管理システムには利用できない．本研究は，電力機器管理システムのための制御ルール変換方式を提案する点が異なる．

3. 家庭内 EoD を用いた電力機器管理システム

本章では，家庭内 EoD を用いた電力機器管理システムについて，システム構成，EoD の方法と順に説明し，従来方式の問題点を解説する．

3.1 システム構成

家庭内 EoD のシステム構成を図 1 に示す．電力網は電力を配信する網であり，主な電力源として発電所が繋がっている．電力線は太線で示している．ホームネットワークは家庭内の情報ネットワークであり，情報線は細線で示している．ホームネットワークにはホームサーバが繋がっており，電力機器管理システムのサーバとしての役割を果たしている．ホームサーバはインターネットにも繋がっている．空調やテレビといった電力機器はスマートタップに繋がっており，スマートタップは電力網とホームネットワークに繋がっている．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空調を中にする，テレビの電源をオンにするといった電力機器の制御が可能である．さらにスマートタップはホームネットワークを介してホームサーバと通信できる．

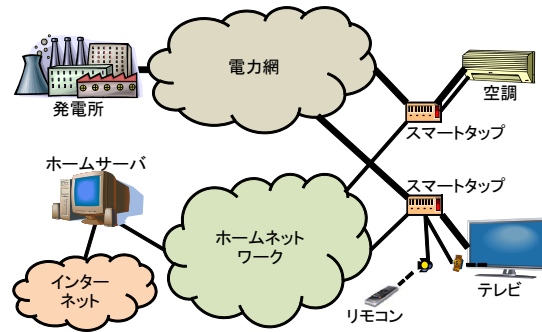


図 1 システム構成図
Fig.1 System architecture

空調とスマートタップが情報線で繋がっているが、将来的に家庭内 EoD が普及すると、電力機器管理のためにスマートタップと電力機器が通信できるようになると考えている。スマートタップの機能が電力機器に内蔵される可能性もある。現状でスマートタップと通信できる電力機器は少ないため、テレビのようにリモコンを介して制御することも考えられる。

家庭内 LAN やホームサーバが近年普及しており、現実的なシステム構成であるといえる。

3.2 EoD の方法

1章で述べたように、家庭内 EoD では、電力機器がホームサーバに電力を要求し、電力要求が許可されてから給電される。例えば、テレビの電源をオンにする場合を考える。スマートタップにリモコンの受信部と送信部がつながっており、送信部がテレビ側のリモコンの受信部を隠す形で取り付けられている。リモコンの電源オンボタンを押すと、スマートタップの受信部が受信してテレビの電源をオンにしようとしていることが分かる。テレビの受信部は覆い隠されているためこの時点では電源が入らない。スマートタップが電力をホームサーバに要求して許可されると、給電を開始する。その後、スマートタップの送信部から電源オンのリモコン信号が送信され、テレビの電源が入る。

3.3 従来方式の問題点

従来、利用者が明示的に制御ルールを記述していたが、各電力機器の制御ルールを細かく記述する必要があり、利用者が記述することは複雑で困難であった。難しかった理由を以下の問題点としてまとめた。

(1) 例 1 で電源オン時に要求する電力を記述するように、利用者が電力機器情報を把握

する必要がある。

- (2) 例 2 でテレビの電源オン時に空調を中にするように、他の電力機器の電力使用状況を考慮する必要がある。
- (3) テレビや空調の制御ルールを記述するように各電力機器の制御ルールを個々に記述する必要がある。

4. 提案方式

前章で述べた従来方式の問題点を解決するために、提案方式では、電力機器情報を制御ルールとは別に管理し、電力を優先度付きで要求し、利用者が記述した電力機器の優先度を制御ルールに変換する。以下に順に説明する。

4.1 電力機器情報の管理

問題点 1 に対して、電力機器の消費電力や、制御の種類等は変わらないものであり、利用者が把握する必要がない。例えば、テレビの電源オン時には 150W の電力が必要であったり、空調には強と中があったり、強は 900W、中は 800W といった電力機器の情報は制御ルールとは別に管理できる。そこで、提案方式では電力機器情報を記述したファイルを用意しておく。後に利用者が電力機器制御の優先度を決定する際に参照できるように電力機器に個別の ID を割り当てる。電力機器情報は、ホームサーバがインターネットから入手したり、説明書を参考に利用者が入力することが考えられ、ホームサーバに保存されている。例えば、XML で記述すると図 2 のような記述が考えられる。

4.2 要求電力優先度と電力機器優先度

問題点 2 に対して、制御ルールで他の電力機器の電力使用状況まで考慮すると、可能な電力使用状況をすべて考慮しなければならず、非常に多くの制御ルールが必要になる。また、電力機器が増えたり減ったりした場合には、すべてのルールを変更する必要がある。例えば、テレビと空調が繋がっているシステムにさらにヒーターを追加すると、再度制御ルールを作り直す必要がある。そこで、提案方式では、制御ルールで要求する電力に優先度を付け、電力が要求される毎に優先度に基づいて供給する電力を決定する。動的に電力が決定されるため、あらかじめすべての電力使用状況を考慮して制御ルールを作成する必要がない。この要求する電力の優先度を要求電力優先度と呼ぶ。要求電力優先度は、あらかじめ利用者が記述しておくことや、デフォルトの値に設定しておくことができる。

さらに、キャップ制御により消費電力が上限に達した場合、給電する電力機器を取捨選択する必要がある。取捨選択する時に優先する電力機器を設定するため、電力機器に優先度を

```

    Electrical Appliance's Information
    <device id=1>
    <name>テレビ</name> <place>居間</place>
    <command id=0>
    <name>オフ</name> <power>0</power>
    <current>0</current>
    </command>
    <command id=1>
    <name>オン</name> <power>150</power>
    <current>1.5</current>
    </command>
    </device>
    <device id=2>
    <name>空調</name> <place>居間</place>
    <command id=0>
    <name>オフ</name> <power>0</power>
    <current>0</current>
    </command>
    <command id=1>
    <name>弱</name> <power>700</power>
    <current>7.0</current>
    </command>
    <command id=2>
    <name>中</name> <power>800</power>
    <current>8.0</current>
    </command>
    <command id=3>
    <name>強</name> <power>900</power>
    <current>9.0</current>
    </command>
    </device>
    
```

図 2 電力機器情報の記述例

Fig. 2 An example of electrical appliance's information description

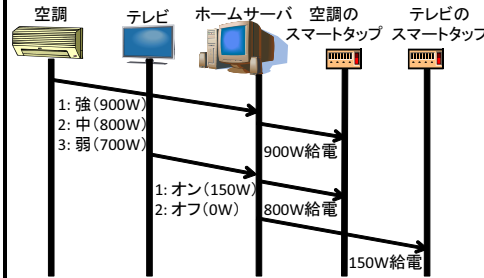


図 3 要求電力優先度を使った例

Fig. 3 An example using request power priority

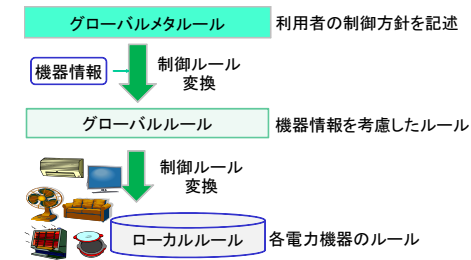


図 4 ルール変換のイメージ

Fig. 4 An image of rule conversion

そこで、電力機器管理システムに接続されている全体の電力機器の制御ルールのもとになる優先度のルールを利用者に記述させる。この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には優先度しか含まれないため、これと電力機器情報を用いて全体の電力機器の要求電力に関する情報を含んだルールを作成する。このルールをグローバルルールと呼ぶ。さらに、各電力機器の制御ルールに分ける。この最終的なルールをローカルルールと呼ぶ。

提案方式では、グローバルメタルールからグローバルルール、グローバルルールからローカルルールとルール変換を行って制御ルールを作成する。変換の手順のイメージ図を図 4 に示す。ホームサーバがグローバルメタルールを保持しており、グローバルルールは変換のための中間ルールである。ローカルルールは各電力機器のスマートタップに送信される。例えば、XML で記述すると、図 5、図 6、図 7 のような記述が考えられる。

4.4 ルールの具体的な変換方法

図 5 のグローバルメタルールでは、DeviceID が 1 すなわちテレビの CommandID が 1 すなわち電源オンの要求電力優先度は 1 番が CommandID が 1 (オン) で 2 番が CommandID が 2 (オフ) であることを示している。また、電力機器優先度は、1 番が DeviceID が 1 (テレビ) で 2 番が DeviceID が 2 (空調) であることを示している。これらの内容は利用者が記述する。

図 6 のグローバルルールでは、一つめのルールがテレビを電源オンしたときに要求電力優先度の高い順に 150W, 0W で電力を要求すること示している。グローバルメタルールから電源オンのときの要求電力優先度はオン, オフの順であり、これらの要求電力は 150W, 0W であることが電力機器情報から判断できるため、グローバルメタルールと電力機器情報から

設ける。これを電力機器優先度と呼ぶ。電力機器優先度も、あらかじめ利用者が記述しておくことや、デフォルトの値に設定しておくことができる。

例えば、空調を強でオンにしたとき、一番高い要求電力優先度 1 が強の 900W、次の要求電力優先度 2 が中の 800W、要求電力優先度 3 が弱の 700W とする。図 3 に示すように、この時点では 900W 給電される。後にテレビをオンにすると、テレビの電力機器優先度が空調より高い場合、空調が要求した電力の要求電力優先度が低い中の 800W になってテレビに 150W 給電することになる。テレビの電力機器優先度が空調より低い場合には、テレビの電源を入れられない。

4.3 制御ルール変換

問題点 3 に対して、以上に述べた電力機器情報と要求電力優先度、電力機器優先度から制御ルールを作成できる。利用者が記述するのは、基本的には要求電力優先度と電力機器優先度のみであり、優先する順番を決定するだけでよく、制御ルールを記述するよりも簡単に電力機器管理システムを利用できる。ただし、キャップ制御をする場合にはその上限値も記述する必要がある。

```

Global Meta Rule
<demandpriority>
  <device id=1>
    <command id=1>
      <priority value=1 id=1/>
      <priority value=2 id=0/>
    </command>
  </device>
  <device id=2>
    <command id=3>
      <priority value=1 id=3/>
      <priority value=2 id=2/>
      <priority value=3 id=1/>
      <priority value=4 id=0/>
    </command>
  </device>
</demandpriority>
<devicepriority>
  <priority value=1 id=1/>
  <priority value=2 id=2/>
</devicepriority>
    
```

図5 グローバルメタルールの例
 Fig.5 An example of global meta rule

```

Global Rule
<globalrule>
  <if>(DeviceID=1)&&(CommandID=1)</if>
  <then>RequestEnergy(150,0)</then>
</globalrule>
<globalrule>
  <if>(DeviceID=2)&&(CommandID=3)</if>
  <then>RequestEnergy(900,800,700,0)</then>
</globalrule>
    
```

図6 グローバルルールの例
 Fig.6 An example of global rule

```

Local Rule for TV
<localrule>
  <if>(CommandID=1)</if>
  <then>RequestEnergy(150,0)</then>
</localrule>
    
```

```

Local Rule for Air-conditioner
<localrule>
  <if>(CommandID=3)</if>
  <then>RequestEnergy(900,800,700,0)</then>
</localrule>
    
```

図7 ローカルルールの例
 Fig.7 An example of local rule

グローバルルールに変換できる．二つめのルールが空調を強にしたときに900W, 800W, 700Wの順で電力を要求することが示されている．

図7のローカルルールでは，左側がテレビのローカルルールであり，右側が空調のローカルルールである．グローバルルールから各機器に関するルールを抜粋することでローカルルールを作成できる．それぞれの制御時に要求される電力が記されている．

筆者らは，電力機器情報，電力機器優先度，要求電力優先度の入力やルール変換をWebブラウザ経由で行えるシステムを開発し，ルール変換が可能であることを確認している．開発したルール変換システムのスクリーンショットを図8に示す．ルール変換リンクをクリックすると，デバッグ情報を表示してルール変換が行われる．ローカルルールテストのリンクは，ローカルルールが正常に動作しているかを試験するためのリンクである．

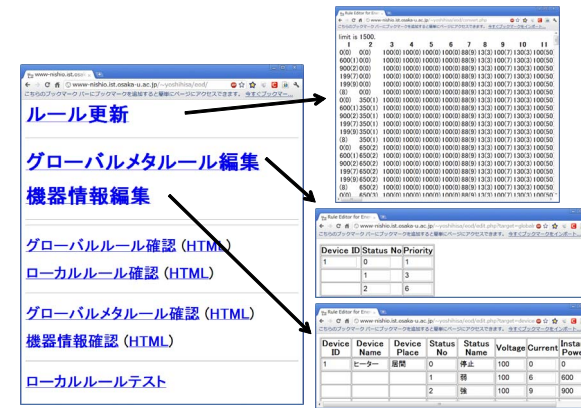


図8 ルール変換システム
 Fig.8 A rule convert system

4.5 供給する電力の決定方法

前節で提案した制御ルール変換により，各電力機器の要求する電力が決定される．次に，電力を要求したどの電力機器にいくらの電力を供給するかを決定する方法を提案する．

電力機器 $i = 1, \dots, N$ の要求電力優先度 $j = 1, \dots, M_i$ の電力を $P_{i,j}$ で示す．ここでは簡単のため，電力機器の識別子が小さいほど電力機器優先度が高いとする．供給電力の上限を U とする．3種類の供給する電力の決定方法があり，以下に説明する．

4.5.1 利用者優先度重視法

利用者優先度重視法では，要求電力優先度および電力機器優先度を重視し，電力機器優先度の高い順に要求電力優先度の最も高い電力を供給する．ただし，電力上限を超える最後の電力機器に対しては，要求電力優先度を下げて給電できるようにする．以下の手順で給電する．

- (1) 電力機器の識別子 $I = 1$ ，総供給電力 $S = 0$ とする．
- (2) $P_{I,1} + S \leq U$ であれば電力機器 I に $P_{I,1}$ を給電する．そうでなければ4へ．
- (3) I に1, S に $P_{I,1}$ を加えて2へ．
- (4) $P_{I,J} + S \leq U$ を満たす最小の J を求め，電力機器 I に $P_{I,J}$ を給電する． $I_{last} = I$ とする．

電力機器 I_{last} 以外の電力機器を最も高い要求電力優先度で利用できるが，各電力機器で大

きな電力を消費するため、利用できる電力機器の数が少なくなる傾向がある。

4.5.2 利用電力機器数重視法

利用電力機器数重視法では、利用できる電力機器の数を重視し、電力機器優先度の高い順に要求電力優先度の最も低い電力を供給する。以下の手順で給電する。

- (1) 電力機器の識別子 $I = 1$, 総供給電力 $S = 0$ とする。
- (2) $P_{I,M_I} + S \leq U$ であれば電力機器 I に P_{I,M_I} を給電する。
- (3) I に 1 , S に P_{I,M_I} を加えて 2 へ。

消費電力を抑える目的から総供給電力を小さく抑えられる。

4.5.3 最大電力供給法

最大電力供給法では、利用できる電力機器の数を重視しつつ電力上限を超えないように要求電力優先度の高い電力を供給する。まず電力機器優先度の高い順に要求電力優先度の最も低い電力を供給すると考え、次に電力上限を超えないように要求電力優先度の高い電力を供給していく。以下の手順で給電する。ただし $\sum_{i=1}^N P_{i,M_i} > U$ であれば利用電力機器数重視法と同じになるため、 $\sum_{i=1}^N P_{i,M_i} \leq U$ と仮定する。また、電力機器 i に現在給電すると考えている要求電力優先度を R_i とする。

- (1) $R_i = M_i$ となり、 $S = \sum_{i=1}^N P_{i,R_i}$ とする。
- (2) $\min_{i,R_i > 1} (P_{i,R_{i-1}} - P_{i,R_i})$ を与える I を求める。
- (3) $P_{I,R_{I-1}} + S - P_{I,R_I} \leq U$ であれば $R_I = J$ とする。そうでなければ 5 へ。
- (4) 2 へ。
- (5) 電力機器 i に P_{i,R_i} を給電する。

5. 評価

提案方式において、制御ルール変換にかかる時間は短く、大きな問題にならない。例えば、筆者の計算機環境 (Intel Core i7 2.7GHz, 8G バイトメモリ) でテレビと空調のルールを変換するのに 1 秒かからなかった。またルールのデータサイズは記号化方式に依存し、バイナリデータで実現すれば非常に小さくなると考えられる。そこで本章では、供給する電力の決定手法の性能を調査するため、コンピュータシミュレーションを用いて利用できる電力機器の数と最大供給電力を評価する。

5.1 評価環境

要求する電力や要求電力優先度が異なる様々な電力機器があるが、あらゆる環境のもとで

評価を行えない。そこで本評価では、パソコンやテレビ等の消費電力を参考にし、各電力機器は要求電力優先度の高い順に、100W, 80W, 60W の電力を要求する環境を想定する。すなわち、 $P_{i,1} = 100, P_{i,2} = 80, P_{i,3} = 60$ ($i = 1, \dots, N$) となる。 N は電力機器の数である。また、キャップ制御により、10%の消費電力を削減できるように、供給電力の上限 $U = 90N$ とした。電力機器の数が上がるほど上限も大きくなるが、利用できる電力機器の数を確保するために、電力機器の数が上がるほど上限も大きくすることは自然と考える。

5.2 利用できる電力機器の数

電力機器の数を変化させ、電力が供給されて利用できる電力機器の数を評価した。結果を図 9 に示す。横軸が電力機器の数、縦軸が電力が供給された電力機器の数である。「優先度」は利用者優先度重視法、「機器数」は利用電力機器数重視法、「電力」は最大電力供給法を示す。各要求電力優先度で電力が供給された電力機器の数を積み上げて電力が供給された電力機器の数を示している。

このグラフより、利用電力機器数重視法や最大電力供給法では、すべての電力機器を利用できているが、利用者優先度重視法ではすべての電力機器を利用できない場合がある。例えば、電力機器が 5 個の場合、利用者優先度重視法では 4 個の電力機器にしか給電できていない。これは、要求電力優先度が高く、大きな電力を各電力機器に供給するため、すべての電力機器に給電する前に上限に達したためである。ただし、要求電力優先度 1 すなわち最高の優先度の電力が供給されている。

また、利用電力機器数重視法と最大電力供給法で利用できる電力機器の数は同じだが、要求電力優先度の満たされ方が異なることが分かる。例えば、電力機器が 5 個の場合、利用電力機器数重視法ではすべて要求電力優先度が 3 の電力が供給されているが、最大電力供給法では、要求電力優先度 1 が 3 個、2 が 1 個、3 が 1 個になっている。これは、最大電力供給法では、上限を超えない最大の電力を供給しており、要求電力優先度の高い電力を供給できるためである。

5.3 最大供給電力

最大電力供給法では、利用電力機器数重視法に比べて、要求電力優先度の高い電力を供給できるが、最大供給電力が大きくなる。最大供給電力とは、給電している電力機器に要求された電力の合計であり、最大時に供給する電力となる。どの程度大きくなるのか調査するために評価を行った。結果を図 10 に示す。横軸が電力機器の数、縦軸が最大供給電力である。

このグラフより、最大電力供給法の最大供給電力が最も大きいことが分かる。これは、最大電力供給法では供給電力の上限に近くなるように要求電力優先度を調整して電力を供給

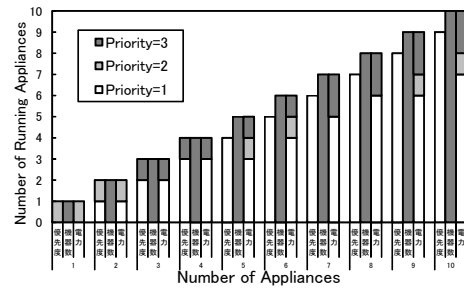


図 9 利用可能電力機器数

Fig. 9 The number of running appliances

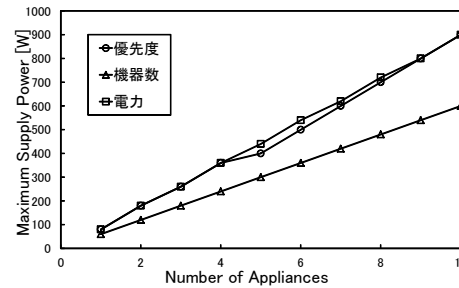


図 10 最大供給電力

Fig. 10 Maximum supply power

しているためである。

6. 議 論

6.1 提案方式の特徴

従来方式と比べて提案方式の特徴は 2 点ある。

まず、提案方式では、要求する電力に優先度を付け、電力が要求される毎に優先度に基づいて供給する電力を決定している。要求する電力を決定するために、利用者が電力機器の制御方針を優先度に基づいて記述する。これにより、利用者が直接制御ルールを記述する従来方式に比べて、提案方式では優先する順番を決定するだけでよく、制御方針の記述を簡単化できる。

次に、提案方式では、電力機器情報を利用し、利用者が記述した電力機器優先度および要求電力優先度を交換して各電力機器個別のルールを作成する。これにより、すべての電力機器の制御ルールを記述する従来方式に比べて、提案方式では記述の量を低減できる。

4 章では一例として XML による記述を挙げたが、利用者が XML を直接記述するのではなく、Web インタフェースでリストから要求電力優先度と電力機器優先度を選択する等でこれらを決定することも可能である。筆者の計算機環境で実験したところ、ルール変換や供給する電力を決定するのにかかる時間は 1 秒以下であり、大きな問題にならない。

6.2 ルール変換のタイミング

ルール変換は、利用者が電力機器優先度や要求電力優先度を変更した際に行い、生成されたローカルルールを各スマートタップに配信する。これらの優先度を変更するのは、電力機器が増減した時など利用者の制御方針が変わった場合であり、秒単位ほど頻繁に発生するわ

けではないと考えられる。

将来的には天候や時間によって優先度が変わること考慮し、これらの項目をルールに含める予定である。

7. ま と め

電力機器管理システムにより電力機器の消費電力を削減するため、家庭内 EoD と呼ばれるシステムがある。本研究では、家庭内 EoD において、各電力機器の制御ルールを細かく記述する必要があった従来の問題点を解決するため、利用者の電力機器の制御方針を優先度に基づいて記述させ、これを交換して各電力機器のルールを作成する制御ルール変換方式を提案した。利用者が電力機器のルールを直接作成する必要がないため、従来に比べて簡単に電力機器管理システムを扱える。

今後、ルールエディタやルールビューワといったツール群を充実させ、利用者が簡単に家庭内 EoD を行えることを目指して研究開発をすすめる。

謝 辞

研究プロジェクトにおいてご議論いただいている京都大学松山隆司教授、岡部寿男教授、引原隆士教授をはじめ、エネルギーの情報化ワーキンググループの各位に深謝する。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, 基本アイデア, 実現手法, 情報処理, Vol.51, No.8, pp.926-933 (2010).
- 2) 岡部寿男, 情報通信・エネルギー統合技術の研究開発, システム/制御/情報, Vol.55, No.6 「エネルギーシステムの新展開 - ICT による消費情報の収集と利用」特集号, pp.221-226 (2011).
- 3) 義久智樹, 藤田直生, 塚本昌彦, 消費電力削減のためのルール制御型スマートタップを用いた家電機器管理システム, 第 54 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, pp.483-484 (2010).
- 4) 義久智樹, 高橋真喜人, 藤田直生, 塚本昌彦, マルチ電源環境におけるルールを用いた電力管理システム, 第 55 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, pp.107-108 (2011).
- 5) K.Wacks, The Successes and Failures of Standardization in Home Systems, Proc.

- IEEE International Conference on Standardization and Innovation in Information Technology, pp.77–88 (2001).
- 6) The OSGi Alliance: OSGi Service Platform, Release 4, Version 4.2; <http://www.osgi.org/> (2007).
 - 7) C.-S. Yang, M.-Y. Liao, and C.-X. Chen, Design and implementation of HEMS based on RFID and OSGi, Proc.International Conference on Anti-Counterfeiting, Security, and Identification in Communication, pp.250–253 (2009).
 - 8) T. Shibata, K. Sakai, and Y. Okabe, The Design and Implementation of an On-demand DC Grid in Home, Proc.IEEE/IPSJ International Symposium on Application and the Internet (SAINT2011) (2011).
 - 9) T. Takuno, M. Koyama, and T. Hikihara, In-Home Power Distribution Systems by Circuit Switching and Power Packet Dispatching, Proc.IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm), pp.427-430 (2010).
 - 10) T. Yoshihisa, Y. Kishino, T. Terada, M. Tsukamoto, R. Sagara, T. Sukenari, D. Taguchi, and S. Nishio, A Rule-Based RFID Tag System Using Ubiquitous Chips, Proc.IEEE International Conference on Active Media Technology (AMT'05), pp. 423–428 (2005).