

推薦論文

スケジューリングによる待機電力削減機能を持つ 多機能コンセントの開発

明山寛史^{†1} 川村尚生^{†2} 笹間俊彦^{†2}
菅原一孔^{†2} 齊藤剛史^{†3} 小西亮介^{†2}

近年、遠隔地からの状態確認や、制御を目的とした通信機能を実装した電気製品の開発が試みられている。しかし、この試みはその緒についたばかりであり、すでに利用されている大半の既存の電気製品を制御する手法についての提案は数少ない。そこで我々は、電気製品の通電制御を主たる目的とした「多機能コンセント」と呼ぶ通信機能を持ったコンセントを提案する。多機能コンセントには、それに接続された電気製品の電力供給を ON/OFF する機能や消費電力を測定記録する機能、RFID タグを利用した接続機器の識別機能などが実装されている。本稿では、多機能コンセントによる電力供給機能を用いて、電気製品が電源 OFF 時でも消費する待機電力の削減手法について述べる。削減手法として、利用者が簡便に行うためのスケジューリング機能や、接続機器の使用状況によりスケジュールの実行を自動延長する機能を開発した。この多機能コンセント 27 台を用いて、18 名が在籍する事務所で実環境実験を行った。その結果、年間総電力の 19% の電力が削減できることが分かり、本システムによりエネルギー資源の節約が行えることが確認できた。

Multifunctional Electrical Outlet with Scheduling Functions to Reduce Standby Power Consumption

HIROSHI AKEYAMA,^{†1} TAKAO KAWAMURA,^{†2}
TOSHIHIKO SASAMA,^{†2} KAZUNORI SUGAHARA,^{†2}
TAKESHI SAITOH^{†3} and RYOSUKE KONISHI^{†2}

In recent years, electrical appliances with communication functions have been developed for remote controlling and monitoring. However, whose developments are just started, therefore there are few methods that add existing electrical ap-

pliances to communication functions. In this paper, “Multifunctional electrical outlet” with communication functions is proposed. The main purpose of the development of the proposed outlet is power supply control for electronic appliances. In addition, the proposed outlet has measurement functions of power consumptions and identification of connected electronic appliances by using RFID tag. In this paper, we propose methods to reduce standby energy of electronic appliances. For such occasions, we develop functions of convenience flexible scheduler and automatic extension of power supply schedule. We examined reducing standby energy using 27 proposed outlets in an office of 18 people. As the result, the proposed system is able to reduce electric power of 19% a year of total electric power. We confirm that we are able to save energy by using proposed system.

1. はじめに

近年、遠隔地からの状態確認や、制御を目的とした通信機能を実装した電気製品の開発が試みられている。しかし、この試みはその緒についたばかりであり、すでに利用されている大半の既存の電気製品を制御する手法についての提案は数少ない。そこで我々は、電気製品の通電制御を主たる目的とした「多機能コンセント」と呼ぶ通信機能を持ったコンセントを開発している^{1)–5)}。多機能コンセントには、それに接続された電気製品の電力供給を ON/OFF する機能や消費電力を測定記録する機能、RFID タグを利用した接続電気製品の識別機能などが実装されている。本稿では、多機能コンセントによる電力供給機能を用いて、電気製品が電源 OFF 時でも消費する待機電力の削減手法について述べる。

待機電力の削減については、これまでいくつかの研究が行われている。河口はノート PC や情報家電に組み込むユビキタス基盤ソフトウェア「cogma」を開発している⁶⁾。cogma では待機電力の削減を構想しているが、実現には cogma room と呼ばれる施設と移動ソフトウェアを搭載した電気製品が必要である。つまり、既存の環境や電気製品をそのまま使用

^{†1} 富士通テンテクノロジー株式会社

FUJITSU TEN TECHNOLOGY LIMITED

^{†2} 鳥取大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻

Department of Information and Electronics, Graduate School of Engineering, Tottori University

^{†3} 九州工業大学大学院情報工学研究院システム創成情報工学研究系

Department of Systems Design and Infomatics, Faculty of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

本稿の内容は 2009 年 9 月の FIT2009 第 8 回情報科学技術フォーラムにて報告され、同プログラム委員長により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である。

することはできない．水谷らは工場内にエネルギー計測システムの設備を設置し，ネットワークに接続された PC から消費電力の記録の閲覧を実現している⁷⁾．待機電力の削減については，改善策を実施していると述べているが，システムとしては構築されていない．照明センサや動体センサを設置し，それらと連動した電気製品の電源管理を行う研究もされているが，シミュレーションのみにとどまっている⁸⁾．また，このようなセンサを組み込んだ電気製品⁹⁾も実用化されつつあるが，現状ではまだ主流とはいえない．

本稿では，既存の電気製品を活用しつつ，実用的なシステムの開発を目標とし，ユーザの負担が少ないスケジューリング機能による待機電力の削減方式を提案する．

2. 多機能コンセントシステム

開発する多機能コンセントシステムは，個々の電源コンセントに設置する多機能コンセントと，それらをネットワーク上から管理・制御を行う管理サーバで構成されている．以下に多機能コンセントシステムのネットワーク構成，多機能コンセントの構成と機能を順に述べる．

2.1 ネットワーク構成

大学や企業だけでなく，一般家庭においてもコンセントは 1 カ所ではないため，複数の多機能コンセントからなるシステムの構成が必要となる．これらの多機能コンセントを一括管理するために 1 台の管理サーバを構築する．複数の多機能コンセントからなるシステムのネットワーク構成を図 1 に示す．ユーザは管理サーバにアクセスすることにより，すべての多機能コンセントを制御することができる．管理サーバと多機能コンセント間は，「電力供給を ON に設定」などの基礎的な命令の通信だけを行い，多機能コンセントの操作画面や消費電力をグラフ表示するアプリケーションなどは管理サーバに配置する．

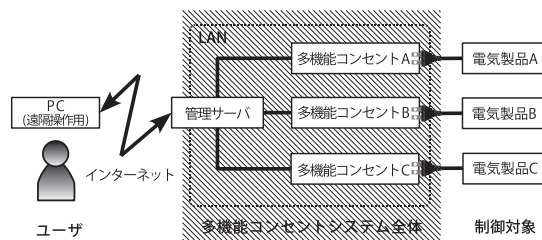


図 1 多機能コンセントシステムのネットワーク構成
Fig. 1 Network configuration of proposed system.

2.2 多機能コンセントの構成

開発する多機能コンセントは，接続機器の電力供給 ON/OFF，接続機器の消費電力の記録，接続機器の識別の機能を持つ．これらのすべての機能は，ネットワークを介して PC や携帯電話などの端末から遠隔で使用することができる．図 2 に多機能コンセントの構成を示す．

多機能コンセントは，イーサネットのモジュールを内蔵している Microchip 社製の PIC18¹⁰⁾を用いて制御する．多機能コンセントでは，PIC18 上に Web サーバを稼働させ，ネットワークポートを介してインターネットに接続する．PIC18 のシリアルポートに RFID リーダ回路，パラレルポートにリレー回路と電力 IC を接続して多機能コンセントを構成する．また，電力 IC を通じて接続機器の電流，電圧，周波数，消費電力の瞬時値，積算電力，温度などの様々な情報を取得することが可能である．PIC18 内部の通信処理は単独で行っておらず，RFID リーダの回路やリレー回路，電力 IC の制御処理と並行して行われる．この際，通信パケットの取りこぼしが生じないように，これらのすべての処理は細かく分割し，処理時間を考慮してソフトウェアを開発する必要がある．また，このような通信処理と周辺回路の制御などを同時に行うために，十分な処理速度として多機能コンセントは 25 MHz のクロックを使用している．

なお，本稿では有線のインターネット接続を仮定しているが，以下で述べる多機能コンセントの機能は接続方式に依存するものではなく，無線接続などへ変更可能である．しかし通信方式を変更する場合は，そのために追加する電子部品の消費電力への考慮が必要となる．

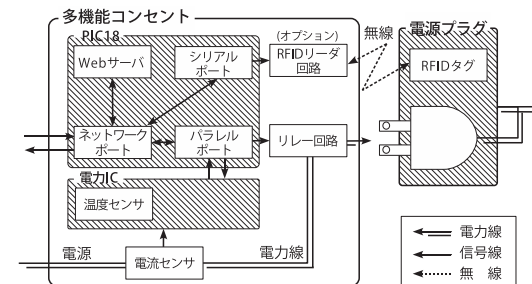


図 2 多機能コンセントの構成
Fig. 2 Configuration of the multifunctional electrical outlet.



図 3 電力供給 ON の画面

Fig. 3 Screenshot of a web browser displaying power supply ON.

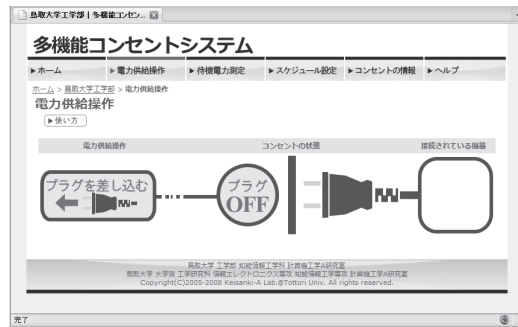


図 4 電力供給 OFF の画面

Fig. 4 Screenshot of a web browser displaying power supply OFF.

2.3 多機能コンセントの機能

2.3.1 電力供給 ON/OFF 機能

電力供給 ON/OFF には、ラッチングリレーからなるリレー回路を使用する。ラッチングリレーは、ON/OFF の切替え時以外では電力を消費しないため、多機能コンセント自身の消費電力を抑えるのに有効である。電力供給 ON/OFF 機能について、WEB ブラウザを用いてシステムにアクセスした結果が図 3 である。

画面中央に「プラグ ON」と表示され、電力供給中であることが分かる。左側の「プラグを抜く」をクリックすると電力供給が ON から OFF へ切り替えられ、図 4 のように「プラグ OFF」と表示される。

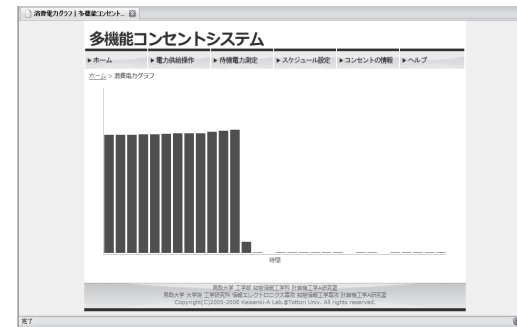


図 5 接続機器の消費電力グラフ

Fig. 5 Screenshot of a web browser displaying power consumption graph.

2.3.2 接続機器の消費電力計測機能

接続機器の消費電力の記録には、電流センサと電力 IC の回路を用いる。電流センサに流れる電流を解析することにより、接続機器の消費電力を計測する。また消費電力のデータは管理サーバに保存され、ユーザの要求に応じて過去の消費電力をグラフ化して表示することもできる。接続機器の消費電力の記録機能について、Web ブラウザを用いてシステムにアクセスした例が図 5 である。グラフの縦軸は消費電力、横軸は時間であり、この図では 1 秒間隔で過去 30 秒間の消費電力の変化を示している。

2.3.3 接続機器の識別機能

接続機器の識別は、オプションの Radio Frequency Identification (RFID) リーダと RFID タグを用いて行うことができる。RFID とは、IC チップを利用した非接触認証技術である。図 2 に示すように、RFID リーダは多機能コンセント内に実装し、RFID タグはプラグに取り付ける。本システムで使用する RFID タグは、電池を必要としないパッシブタグである。パッシブタグは小さなもので 1 辺が 10 mm 以下であるため、プラグに容易に貼り付けることができる。

2.4 多機能コンセントの用途

多機能コンセントには電力供給の ON/OFF、接続機器の消費電力記録、接続機器の識別の 3 つの機能を持たせていることはすでに述べた。これらの機能の組合せ次第で、様々な用途が考えられる。本稿では一人暮らしの高齢者の見守り、盗電防止、待機電力の削減の 3 つの例をあげる。

2.4.1 一人暮らしの高齢者の見守り

接続されている機器の消費電力を記録することにより、ユーザがどのように電気製品を使用しているか知ることができる。たとえばトイレの暖房便座には、人が座ったときに便座を暖める機能、消臭機能、ウォシュレットなどの様々な機能が付いている。これらの機能が動作すると、待機時に比べて多くの電力を消費する。この消費電力の変化を解析するとトイレが利用されたか否かを判定することができる。電気ポットなどの他の電気製品でも同様のことが期待できる。このように、家庭で利用中の電気製品の消費電力をモニタリングすることで、遠隔地で一人暮らしをしている高齢者が普段どおりに生活しているかどうか分かる¹¹⁾。

2.4.2 盗電防止

近年、駅舎やコンビニ、ファミリーレストランなどで、携帯電話やノート PC の充電を無断で行う盗電問題が話題となり、ときには裁判沙汰になっている。多機能コンセントの接続機器の識別機能と電力供給の ON/OFF 機能を用いることにより、指定された機器以外に電力を与えないようにしてこの問題を解決することができる。つまりあらかじめ登録してある、業務に必要な機器が接続されると電源が使用でき、それ以外の携帯電話やノート PC が接続されると電源を使用不能にする。

2.4.3 待機電力削減

電気製品の多くは実際に使用していなくても、電源プラグをコンセントに差し込んでいるだけで待機電力と呼ばれる電力を消費する。この待機電力を削減するには、機器使用前後に電源プラグの抜き差しを行えばよいが、毎回プラグの抜き差しを行うことは煩雑であり、実際に広く行われているとはいえない。これに対し、多機能コンセントは電力供給 ON/OFF 機能を用いることで、プラグを抜き差しすることなく、簡便に待機電力を削減する操作ができる。

待機電力の削減は主に大学や企業など、多くのコンピュータを扱う場面を想定しているが、一般家庭の場合でも、消費電力の約 7% が待機電力によるものであるといわれており¹²⁾、その削減は省エネルギーの観点からも重要である。多機能コンセントを用いて待機電力の削減が行えれば電気代の節約となり、その結果、CO₂ の排出量の削減が期待できる。1990 年に比べて、温室効果ガス排出量の 6% 削減を目指す「チーム・マイナス 6%」と呼ばれる国民的プロジェクトが立ち上げられており、2 万以上の企業や団体が参加している¹²⁾。我々は多機能コンセントが、このプロジェクトの支援ツールとして役立つものと期待している。

3. 待機電力の削減

多機能コンセントの様々な用途についてすでに述べたが、以下では待機電力の削減について述べる。待機電力の削減方式は、ユーザ操作による削減方法とスケジューリングによる自動削減方法の 2 通りを考えている。

3.1 ユーザ操作による削減方法

待機電力の削減方式として、ユーザが多機能コンセントのシステムにアクセスして操作する方法がある。ユーザは電気製品の使用が終わった後、システムにアクセスし、電力供給を OFF に設定する。電気製品を使用する場合も同様にシステムにアクセスし、電力供給を ON に設定する。

3.2 スケジューリングによる自動削減方法

ユーザ操作による削減方法は、接続機器の使用前後に毎回多機能コンセントのシステムにアクセスしなければならず、必ずしも便利とはいえない。この問題を解決するために、スケジューリング機能を実装した。あらかじめ接続機器の使用時間帯が決まっている場合、設定したスケジュールに則り自動的に電力の供給 ON/OFF 操作が行われれば、ユーザの負担を軽減できる。また、自動的に待機電力が削減できれば、ユーザが意識することなく節電を実現できる。

本稿では、スケジュール内の 1 つの電力供給 ON/OFF 制御をタスクと呼ぶ。多機能コンセントは、CPU クロックから時間を測定することができるが、計時機能は内蔵していない。そこで、ユーザが入力したスケジュールを管理サーバは「次のタスクまでの待機時間」に変換し、多機能コンセントに送信する。スケジュールデータの送信の流れの例を図 6 に示す。図 6 は、2009 年 4 月 1 日の 7 時 55 分にスケジュールを設定した例である。ユーザは、毎週水曜日と木曜日の 8 時 00 分に電力供給を ON、20 時 00 分に電力供給を OFF に設定している。また、これらのスケジュールの期限を 2009 年 4 月 1 日から 2009 年 5 月 1 日と設定している。Web ブラウザで設定されたスケジュールデータは管理サーバへ送信され、ファイルに保存される。

管理サーバはユーザが設定したスケジュールデータをもとに、現在から 1 週間分のスケジュールを多機能コンセントに送信する。このとき、多機能コンセント本体は計時機能を内蔵していないので、スケジュールデータの変換が行われる。今、この例では現在時刻は 7 時 55 分であり、次に実行するタスクは 8 時 00 分に電力供給を ON にすることである。図 7 に示すように、現在時刻とタスク実行時刻の差分をとり、「5 分待機してタスクを実行する」

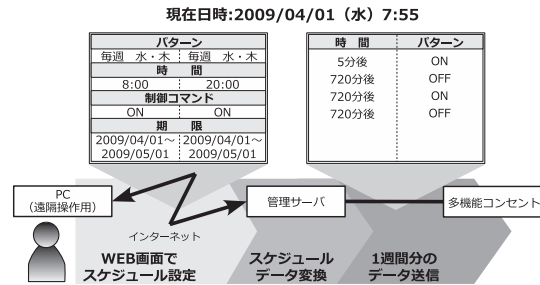


図 6 スケジュールデータの通信例
Fig. 6 Example of schedule data communication.

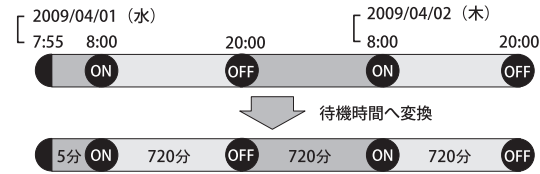


図 7 時刻と待機時間の変換例
Fig. 7 Example of the conversion from clock time to waiting time.

というデータを送信する。2 つ目のタスクは、20 時 00 分に電力供給を OFF にすることである。2 つ目以降のタスクの実行時刻は、前のタスクとの差分時間を送信する。すなわち、2 つ目のタスクは「前のタスクの終了後、720 分待機して実行する」というデータが送信される。スケジュールのデータは管理サーバから多機能コンセントに一括で送信され、ユーザが何らかのスケジュールの変更/追加/削除作業を行うごとにデータの送信が行われる。多機能コンセント内では、すべてのスケジュールデータは上書きされ、再設定を行った時刻から 1 週間分のデータに置き換わる。

スケジュールによる電力供給 ON/OFF の制御は管理サーバではなく多機能コンセントが行う。そのため、管理サーバの電源をつねに ON にしておく必要性がなくなり、管理サーバの消費電力を抑えることができる。管理サーバが送るスケジュールデータは最初に実行するタスクを先頭とし、実行する順番にタスクが並べられている。多機能コンセントはスケジュールデータを受信した後、図 8 に示すようにタスクを実行する。

この作業をまとめると以下ようになる。

1. 管理サーバから送られたスケジュールデータを受信すると、先頭のタスクにポインタ

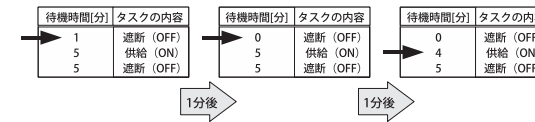


図 8 スケジュールタスクの実行例
Fig. 8 Example of execution of schedule tasks.

を移動する。

2. ポインタが指している待機時間を 1 分減らす。待機時間が 0 分であればタスクを実行し、ポインタを次に進める。
3. すべてのタスクが終了していないければ、1 分待機し 2. を再び実行する。

3.3 電力供給の自動延長

スケジュール機能などにより、電力供給を一時的に OFF にしてはならない場合がある。たとえば、多機能コンセントに PC が接続され、電力供給の OFF 設定が 20 時 00 分にスケジュールされているとする。残業など何らかの理由で、22 時 00 分まで PC を使用したい場合、スケジュールを再設定する必要があり、手間がかかる。また、再設定を忘れた場合、使用中の PC の電源が強制的に OFF にされ、PC 内のデータを破損するなどのトラブルが発生する。このようなトラブルを避けるために電力供給 OFF の時刻を自動的に延長する機能を実装している。システムによって電力供給を OFF に設定する時刻が自動的に延長されれば、スケジュールを再設定する必要がなくなり、ユーザの負担がなくなる。この自動延長を行うために、初期設定として接続機器の待機電力を測定する。自動延長の手法を以下に示す。

1. スケジューリングに則り、指定された時刻まで電力供給 ON を続ける。
2. 電力供給 OFF の設定時刻になると、接続機器の消費電力を測定する。
3. 2. で測定した消費電力の値が、初期設定で記録した待機電力の値よりも大幅に大きければスケジュールを無視して電力の供給を続け、一定時間経過後に再び 2. を実行する。2. で測定した消費電力の値が、初期設定で記録した待機電力に相当するものであれば電力供給を OFF に設定する。

このように多機能コンセントでは、あらかじめ待機電力を測定記録しておき、その値とスケジュールされている電力供給 OFF 時刻での消費電力を比較することにより、電力供給の自動延長を行うことができる。比較する待機電力は、閾値として数 W を待機電力に加算して比較する。これらの設定値は管理サーバの管理テーブルに記録される。図 9 にス

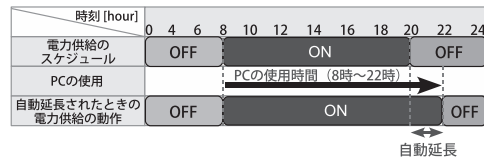


図 9 電力供給の延長動作例

Fig. 9 Example of automatic extension of power supply ON.

スケジュールの動作例を示す。この例では 8 時に電力供給 ON、20 時 00 分に電力供給 OFF にスケジュールされている。しかし、PC が 22 時 00 分まで使用されたため、実際にタスクを実行したのは 22 時 00 分である。つまり 2 時間、電力供給 ON の時間が自動的に延長されている。

4. 実験と考察

4.1 実験用基板

これまでに述べた機能を持つ多機能コンセントを設計し、実験装置を開発した。実際に開発した基板の写真を図 10 に示す。ただし、同図にはオプションの RFID リーダは実装していない。RFID リーダを実装している基板については、参考文献 2)–4) を参照されたい。

図 10 に示すように、多機能コンセント本体のサイズは幅 70 mm、高さ 120 mm、奥行き 40 mm (プラグ突起部を除く) となっており、既存の壁コンセントに容易に設置することができる。接続機器の電源プラグを抜くときに、壁コンセントから多機能コンセントが外れにくいように、側面にプラグの差込口を配置している。

4.2 待機電力の削減実験

待機電力の削減実験の対象として、PC と PC ディスプレイの 3 セットを用いた。PC と PC ディスプレイの 3 セットを 1 台の多機能コンセントに接続するために、テーブルタップを使用した。多機能コンセントの電力供給 ON/OFF 機能を用い、待機電力の削減を行ったところ、図 11 の結果が得られた。

130 秒後に電力供給を OFF に設定することで、約 11 W の待機電力が削減できていることが分かる。多機能コンセントを使用しない場合は、斜線部の待機電力がつねに発生していることになる。

このように電力供給 OFF により PC と PC ディスプレイの 3 セットの待機電力は削減できたが、多機能コンセントを使用すると多機能コンセント自体が電力を消費する。多機

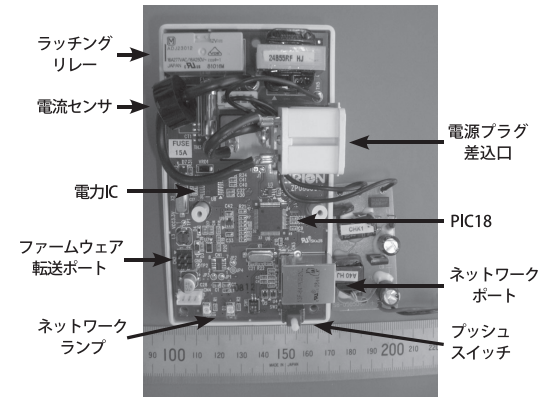


図 10 実験用基板

Fig. 10 The experiment board.

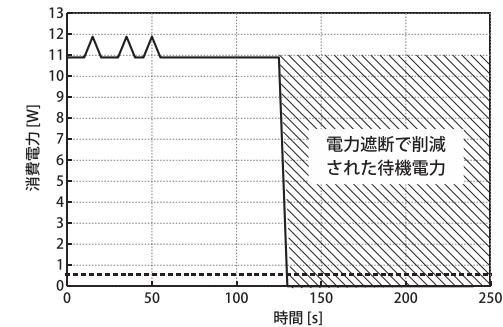


図 11 待機電力の削減実験の結果

Fig. 11 Experimentation result of reduce standby energy.

能コンセントの消費電力はグラフの点線で示した 0.7 W である。例として、表 1 に示すように 1 日 24 時間で PC の使用時間を 10 時間、そのための多機能コンセントによる電力供給時間を 11 時間とした場合を考える。すなわち、電力供給 ON/OFF と PC の使用前後に 30 分の余裕を持たせている。表 1 の条件で、多機能コンセントを使用しない場合の消費電力を図 12 に、使用した場合の消費電力を図 13 に示す。

多機能コンセントを使用しない場合は、11 W の待機電力が 1 日で 14 時間発生するので、154 Wh の電力を消費する。多機能コンセントを使用した場合は、11 W の待機電力が 1 日

表 1 PC の使用時刻と電力供給 ON/OFF 時刻の設定例

Table 1 Schedule time of power supply ON/OFF and time of using PC.

PC の使用時刻	9:00 ~ 19:00
電力供給 ON 時刻	8:30 ~ 19:30

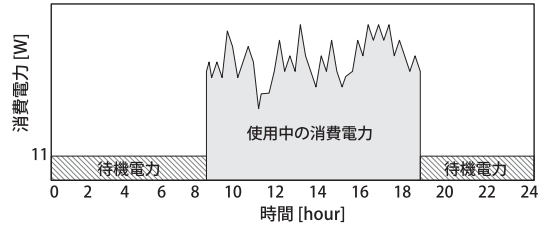


図 12 多機能コンセントを使用しない場合の消費電力
Fig. 12 Power consumption without scheduling.

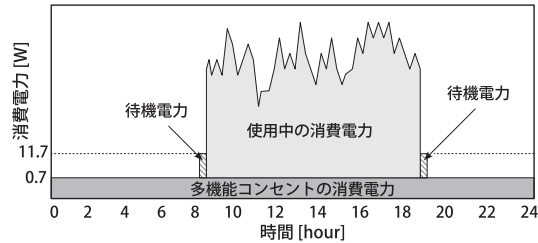


図 13 多機能コンセントを使用した場合の消費電力

Fig. 13 Power consumption with scheduling functions of proposed outlets.

で 1 時間、多機能コンセントの 0.7W の消費電力が 24 時間発生する。つまり、1 日で合計 27.8 Wh の電力を消費する。よって、この場合の待機電力の削減率は以下のとおりである。

$$\frac{154 - 27.8}{154} \times 100 = 81.9 (\%) \quad (1)$$

80%以上の待機電力が削減できたことになり、省電力の効果が確認できる。

4.3 電力供給の自動延長の実験

スケジュールの延長実験の対象として、PC と PC ディスプレイの 3 セットを用いた。これらを多機能コンセントに接続し、スケジュールによる電力供給 ON/OFF を行う。電力供給 ON の自動延長を行うための初期設定として待機電力を測定する。待機電力の測定

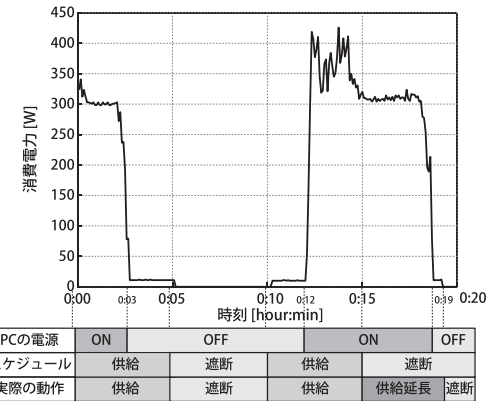


図 14 電力供給の延長実験結果

Fig. 14 Experimentation result of automatic extension of power supply ON.

の流れは以下のとおりである。

1. 多機能コンセントに測定対象の PC と PC ディスプレイの 3 セットを接続し、電源を OFF にする。
2. 待機電力を測定する。測定は 0.1 秒ごとに 10 秒間記録し、100 個のデータを取得する。
3. 100 個のデータの中から最大の値を待機電力として設定する。

今回の実験で行った待機電力の測定結果は、10 W と 11 W 付近であった。最大値を記録するので 11 W を接続機器の待機電力として設定した。さらに、測定した待機電力に閾値を加算した値を比較データとする。現在、閾値はユーザが任意に設定にできるようになっており、今回の実験では 3 W に設定している。

実験はスケジュールによる電力供給の自動延長の動作確認を行う。スケジュールは、0 時 05 分に電力供給 OFF、0 時 10 分に電力供給 ON、0 時 15 分に電力供給 OFF と設定した。実験開始時刻は 0 時 00 分、初期状態は電力供給 ON であり、PC と PC ディスプレイの 3 セットの電源は ON である。

スケジュールした実験結果を図 14 に示す。0 時 03 分に PC の使用が終わり、0 時 05 分に電力供給が OFF になっている。0 時 10 分に再び電力供給が ON になり、PC を使用している。0 時 15 分にスケジュールによる電力供給 OFF の時刻になっているが、PC が使用中であったため電力供給は OFF にならず自動的に延長されていることが分かる。PC の電源が 0 時 18 分頃に OFF になるに従い、0 時 19 分に電力供給が OFF になり、正常に

表 2 実験事務所の機器一覧
Table 2 The Equipment list of a experiment office room.

機器	台数	消費電力 (W)	待機電力 (W)	小計 (W)
スケジュール対象				
PC (NEC 製)	10	最大 185	3 以下	30
PC ディスプレイ (NEC 製)	10	24	3 以下	30
PC (HP 製)	9	最大 185	3 以下	27
PC ディスプレイ (HP 製)	9	30	2 以下	18
プリンタ (NEC 製)	2	最大 1,000	12 ^{*1}	24
電子レンジ (National 製)	1	最大 1,260	0.5	0.5
複合機 (Fuji 製)	2	1,500	11 ^{*2}	22
			待機電力合計	151.5
スケジュール対象外				
複合機 (Fuji 製)	1	1,500	(常時稼動) 11 ^{*2}	11
冷蔵庫 (National 製)	1	120	(常時稼動)	120
HUB (BUFFALO 製)	6	4.5	(常時稼動)	27
			待機電力合計	158
多機能コンセント	27	0.7	(常時稼動)	18.9
多機能コンセント用追加 HUB	4	4.5	(常時稼動)	18
			待機電力合計	36.9

^{*1} 低電力モード使用時・未使用時の待機電力は 65 W 以下。

^{*2} スリープ機能使用時・未使用時の待機電力は 148 W。

延長機能が働いていることが確認できる。現在の消費電力と待機電力を比較することにより、電力供給の延長が実現できた。

4.4 実環境での待機電力削減実験

多機能コンセントを用いて、待機電力削減の実環境実験を行った。この実験では多機能コンセント 27 台を 18 名の職員が在籍する事務所に設置した。事務所で使用している機器の内訳は、PC とその PC の液晶ディスプレイ 19 セット、複合機 3 台、プリンタ 2 台、それらをネットワーク接続する 8 ポート HUB 6 台、冷蔵庫 1 台と電子レンジ 1 台である。本実験ではこれらの機器のうち、HUB を除くすべての機器に対して、多機能コンセントを介して電力供給するように配置した。多機能コンセントとその配線用機材を含めた事務所の機器一覧を表 2 に、それらの機器の配置を図 15 に示す。表 2 には、それぞれの機器の消費電力と待機電力の公称値も示す。事務所のレイアウトはごく一般的なもので、いくつかの机のグループに分かれ、各グループごとにインターネット接続用の 8 ポート HUB と電源コンセントが用意されている。また、これらの電源コンセントの延長コードと HUB をつなぐ LAN ケーブルは床下に配線している。多機能コンセント接続のために HUB の空きポート

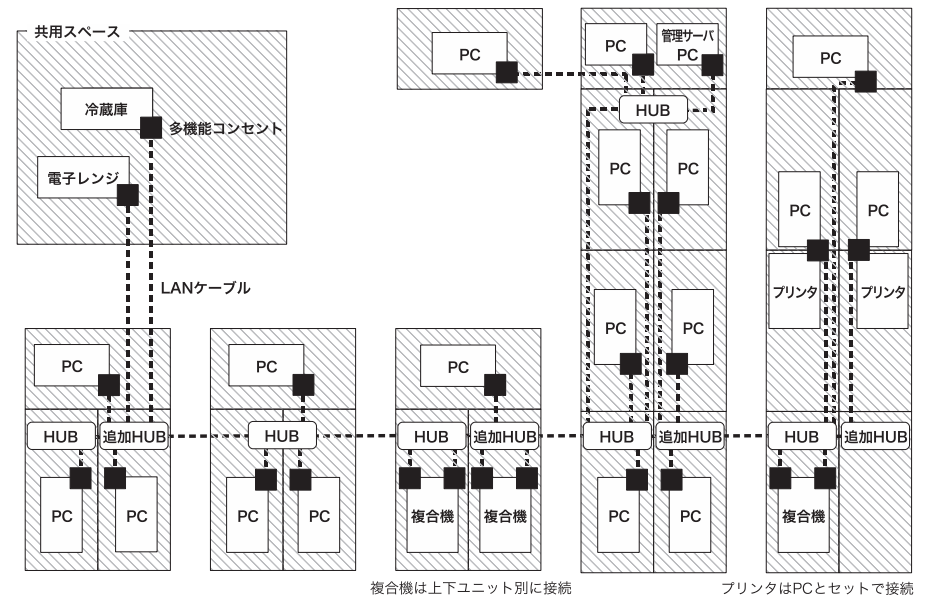


図 15 実験事務所における機器の配置図
Fig. 15 The layout of a experiment office room.

が不足する場合は追加の HUB を用意した。

表 2 から、通常の事務所の待機電力、つまり多機能コンセントを用いない場合の 1 時間あたりの待機電力は、スケジュール対象の機器の待機電力 151.5 W とスケジュール対象外である機器の待機電力 158 W を合計した 309.5 W と推定される。多機能コンセントによるスケジュール設定を行った場合は、スケジュール対象外の機器の待機電力 158 W と多機能コンセント、およびそれらを接続する HUB の消費電力 36.9 W を合計した 194.9 W となり 37%の待機電力を削減することが期待できる。実験では、スケジュール設定を行わない場合と行う場合のそれぞれについて積算電力を測定し、多機能コンセントによる待機電力の削減効果を実証する。3月29日から4月25日までの4週間はスケジュール設定は行わず、4月26日以降は、スケジュールを設定して消費電力を測定した。スケジュールのタスクとして平日は6時00分に電力供給 ON、21時00分に電力供給 OFF となるよう設定し、休日は全日電力供給を OFF とした。ただし、表 2 に示した常時通電が必要な機器についてはス

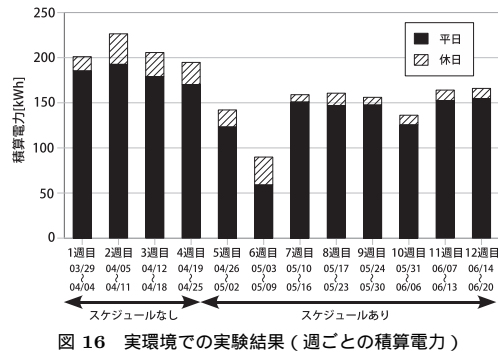


図 16 実環境での実験結果 (週ごとの積算電力)

Fig. 16 Experimental results in real environment (Average power consumption per week).

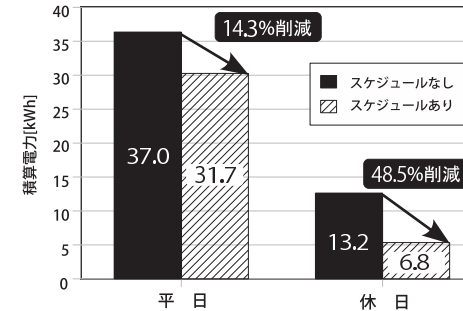


図 17 実環境での実験結果 (1日の平均積算電力)

Fig. 17 Experimental results in real environment (Average power consumption per day).

スケジュール対象から除外する．実験では 24 台の多機能コンセントをスケジュールの対象とした．

以上の条件で実験を行った結果を図 16 に示す．図 16 は、平日と休日を合わせた 1 週間ごとの積算電力である．1 週目は 3 月 29 日から 4 月 4 日であり、12 週目は 6 月 14 日から 6 月 20 日である．5 週目は 4 月 29 日が祝日、6 週目は 5 月 4 日、5 日、6 日が祝日であったため、積算電力が他の週よりも減少している．同様に、10 週目は事務所の特別休暇が 1 日あったため、積算電力が少ない．図 16 の結果は多機能コンセントの消費電力測定機能に基づくものであり、積算電力には HUB と多機能コンセントの消費電力は含まれていない．

この 84 日間の平日 55 日、休日 29 日について、スケジュールを設定しなかった 4 週間と設定した 8 週間の 1 日平均積算電力を計算した結果を図 17 に示す．本実験において消費電力測定に含めていない機器は、スケジュールを設定しない場合は HUB が 6 台、スケジュールを設定した場合は、それに加えて HUB が 4 台と多機能コンセントが 27 台であり、それぞれ 1 日で 648 Wh と 1,533.6 Wh の電力を消費する．図 17 では、これらの HUB と多機能コンセントの消費電力も考慮している．その結果、積算電力は平日が 37.0 kWh から 31.7 kWh、休日が 13.2 kWh から 6.8 kWh に減少し、それぞれ 14.3% と 48.5% の電力削減となり、省電力の効果が確認できた．

次に、休日の日数を年間 120 日 (2009 年の土曜日、日曜日、祝日の日数) と仮定して、図 17 の結果から年間削減率を推定してみる．スケジュールを設定しない場合は、平日の積算電力 37.0 kWh と休日の積算電力 13.2 kWh をそれぞれの日数に応じて計算する．

$$37.0 \times (365 - 120) + 13.2 \times 120 = 10.6 \times 10^3 \text{ (kWh)} \quad (2)$$

スケジュールを設定する場合は、同様に平日と休日の積算電力である 31.7 kWh と 6.8 kWh を日数に応じて計算する．

$$31.7 \times (365 - 120) + 6.8 \times 120 = 8.58 \times 10^3 \text{ (kWh)} \quad (3)$$

これから、1 年間で削減できる電力量は 2.02×10^3 kWh であり、削減率は以下のとおりである．

$$\frac{10.6 \times 10^3 - 8.58 \times 10^3}{10.6 \times 10^3} \times 100 = 19.1(\%) \quad (4)$$

すでに述べたとおり、表 2 に基づいて推定される事務所の待機電力合計は、多機能コンセントによる削減をした場合で 194.9 W であり、休日の消費電力は終日この待機電力として、1 日で 4.68 kWh となる．しかし、図 17 などで示す実測値は 6.8 kWh であり、この 2.12 kWh の増分は、複合機 (FAX) などが稼動したことによる消費電力と推定される．同様に多機能コンセントを使用しない場合の推定待機電力は 309.5 W であり、1 日で 7.43 kWh となるが、実測値は 13.2 kWh と推定より大きく、前述の消費電力から推定した複合機などの稼動消費電力を考慮しても 3.65 kWh の増分があることになる．これは、事務所で使用している機器は、自動で待機電力のモードに切り替わらない場合や、自動であっても待機電力のモードへの切替えが一般に想定されているほど適切には行われない場合が多くあり、そのために消費電力が上がっていると推定できる．多機能コンセントのスケジュール機能によってこれらの消費電力を抑えたことが、今回の実験結果が示す大幅な電力削減の理由と考えている．

5. おわりに

本稿では、多機能コンセントのスケジューリング機能による待機電力の削減について述べた。コンセントに通信機能を持たせたことにより、既存の通信機能を持たない電気製品を活用できるシステムを提案した。

本システムによる、待機電力削減の実験を行った。PCの使用時間を10時間、電力供給ONの時間を11時間とした結果、80%以上の待機電力が削減できた。このように、多機能コンセント自身の消費電力の0.7Wを考慮しても効果が得られたが、今後はこの消費電力をより小さなものにするよう改良を加えていきたい。電力供給の延長実験では、あらかじめ測定した待機電力と比較することで、自動的に電力供給ONの延長処理が実行され、使用後に電力供給がOFFに設定された。多機能コンセントのスケジューリングに則った使用方法をする必要がなく、ユーザにとって負担の少ないシステムが構築できた。さらに、事務所で実環境実験を行った。平日の場合は1日あたりスケジュールを設定しない場合の14.3%、休日の場合は48.5%の電力が削減できた。年間の休日数を120日とすると、19.1%である 2.02×10^3 kWhの電力が削減でき、多機能コンセントシステムによりエネルギー資源の節約が行えることが確認できた。

本研究は、ジリオン・ネットワークス株式会社との共同研究による成果であり、製品化を進めており、この多機能コンセントのシステムがエネルギー資源の節約のほかに高齢化社会への対応の手助けとなることを期待している。

謝辞 本研究の一部は、鳥取県平成18年度知的財産・ベンチャー発掘支援事業に基づく、ジリオン・ネットワークス株式会社との共同研究として行われたものである。本研究を行うにあたって数々のご協力をいただいた関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 明山寛史, 川村尚生, 菅原一孔, 齊藤剛史, 小西亮介: 多機能コンセントのスケジューリング機能による待機電力の削減, 第8回情報科学技術フォーラム (FIT2009), Vol.1, pp.173-179 (2009).
- 2) 明山寛史, 川村尚生, 菅原一孔, 齊藤剛史, 小西亮介: ネットワークから制御可能な多機能コンセント, 第7回情報科学技術フォーラム (FIT2008), Vol.1, pp.259-262 (2008).
- 3) 明山寛史, 川村尚生, 菅原一孔, 齊藤剛史, 小西亮介: 多機能コンセントを用いた待機電力の削減方式について, 第10回IEEE広島支部学生シンポジウムCDROM論文

集 (2008).

- 4) 明山寛史, 川村尚生, 菅原一孔, 齊藤剛史, 小西亮介: コンセントの多機能化による待機電力の削減, 電気・情報関連学会中国支部第59回連合大会講演論文集, p.224 (2008).
- 5) Akeyama, H., Watani, Y., Kawamura, T. and Sugahara, K.: Multifunctional Outlet with Web Functions, Xi'an University of Science and Technology and Tottori University, pp.39-42 (2007).
- 6) 河口信夫: cogma: コピキタス情報環境を構築する基盤ソフトウェア, 第3回情報科学技術フォーラム (FIT2004) (2004).
- 7) 水谷博成, 布施正史, 項 東輝: エネルギーソリューション, 富士時報, Vol.75, No.6 (2002).
- 8) 関田 格, 新津善弘: センサノードを用いた家電消費電力の削減制御方式, 電子情報通信学会大会講演論文集, p.330 (2008).
- 9) SHARP: 液晶テレビ アクオス, SHARP (online). <http://www.sharp.co.jp/aquos/> (accessed 2010-6-1)
- 10) Microchip Technology Inc.: Microchip PIC18F97J60 Family Data Sheet, Microchip Technology Inc. (online). <http://www.microchip.com/> (accessed 2009-11-17)
- 11) Saitoh, T., Osaki, T., Konisi, R. and Sugahara, K.: Current Sensor Based Home Appliance and State of Appliance Recognition, *SICE Journal of Control, Measurement and System Integration (SICE JCMSI)*, Vol.3, No.2, pp.86-98 (2010).
- 12) チーム・マイナス 6%運営事務局 (環境省地球環境局地球温暖化対策課国民生活対策室): チーム・マイナス 6% (online). <http://www.team-6.jp/> (accessed 2009-11-17)
(平成21年12月7日受付)
(平成22年9月17日採録)

推薦文

査読者1, 2ともにアイデアと現実の地球環境問題への適用ならびに実験の実施について高く評価を行っている。既存研究との比較を綿密に行い、かつ軽微な問題の修正により、論文誌に掲載するに値する論文になることが予想される。本稿は、インターネット経由でコンセントの電源供給をオン・オフする仕組みを考案してシステムを開発し、それが実際に待機電力の削減に効果があることを実証している。既存のものをうまく組み合わせた優れた発想であり、応用範囲も広いと考えられる。論文の記述も、論旨や構成がはっきりしており、実証データも豊富で理解しやすい提示されている。

(FIT2009 第8回情報科学技術フォーラム プログラム委員会委員長 本位田真一)



明山 寛史 (正会員)

昭和 59 年生。平成 22 年鳥取大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年富士通テンテクノロジー株式会社に入社。在学中，組み込み型ソフトウェアの開発に関する研究に従事。現在，カーエレクトロニクス関連技術に関する開発に従事。



川村 尚生 (正会員)

昭和 40 年生。平成 6 年神戸大学大学院自然科学研究科博士課程単位取得退学。同年鳥取大学工学部知能情報工学科助手，現在，同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻教授。エージェントシステム，社会情報システムに関する研究に従事。博士（工学）。電子情報通信学会会員。



笹間 俊彦 (正会員)

昭和 47 年生。平成 13 年大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系ソフトウェア科学専攻博士後期課程修了。同年大阪大学大学院医学系研究科リサーチ・アソシエイト。平成 15 年鳥取大学工学部知能情報工学科助手，現在，同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻助教。無線ネットワークに関する研究に従事。博士（工学）。電子情報通信学会会員。



菅原 一孔 (正会員)

昭和 31 年生。昭和 56 年東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻修士課程修了。同年神戸市立工業高等専門学校電気工学科講師。同校助教授を経て平成 6 年鳥取大学工学部電気電子工学科助教授，現在，同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻教授。計算機工学に関する研究に従事。工学博士。IEEE，電子情報通信学会各会員。



齊藤 剛史 (正会員)

昭和 51 年生。平成 16 年豊橋技術科学大学大学院工学研究科電子・情報工学専攻博士後期課程修了。同年鳥取大学工学部電気電子工学科助手。平成 22 年九州工業大学大学院情報工学研究院システム創成情報工学研究系准教授。画像処理，パターン認識に関する研究に従事。博士（工学）。IEEE，電子情報通信学会，計測自動制御学会各会員。



小西 亮介 (正会員)

昭和 21 年生。昭和 45 年神戸大学工学研究科修士課程修了。同年鳥取大学工学部電子工学科助手。現在，同大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻教授。センサシステムの開発，画像手法を取り入れた音声認識および DSP の計測工学への応用技術に関する研究に従事。工学博士。電子情報通信学会，計測自動制御学会，日本ロボット学会各会員。