

# 家庭内電力測定システムの試作開発及び実証実験

江連 裕一郎・阿部 憲一・伊藤 睦  
山本 透・上野 裕暁

## 要 旨

地球温暖化が社会的に重要な問題となっています。我々は、地球温暖化対策として家庭内の電力使用量を可視化することで電力使用量を削減する行動を促し、結果として家庭からのCO<sub>2</sub>排出量を削減する技術を開発しています。

開発したシステムでは、システム自体の消費電力を抑える無線通信プロトコルなどの機能により、更なるCO<sub>2</sub>排出量の削減を目指しています。更に、試作したシステムで実証実験を実施し、電力使用量を約5.2%削減でき、システムが有用であることを確認しました。

## キーワード

●電力使用量測定 ●可視化 ●マルチホップ ●地球温暖化 ●業務 ●家庭

## 1. はじめに

近年、地球温暖化による地球環境の変化に対する関心が高まっています。異常気象による災害が増えています。温暖化が進むことにより異常気象の数やその強さが増すという関係も指摘されており、地球温暖化を抑止することが各国で急務となっています<sup>1)</sup>。

日本では、地球温暖化ガス排出量の削減目標の達成に向け、様々な取り組みが行われています。たとえば、「COOL BIZ」や「WARM BIZ」の取り組みで、2006年度「COOL BIZ」と2005年度「WARM BIZ」で、推計約255万tのCO<sub>2</sub>排出量が削減されました<sup>2)</sup>。

本稿では、地球温暖化ガス（CO<sub>2</sub>）排出量の削減を目的として我々が開発した、家庭へ手軽にかつ容易に導入できる家庭内電力測定システム、及びその効果を検証するために実施した実証実験について紹介します。

## 2. 家庭内電力測定システム

家庭内電力測定システム（以下、本システム）は、各家電機器の電力使用量などを分かりやすく可視化することで、電力使用量の削減行動を促し、家庭における消費エネルギーを総合的に低減することをめざして開発したシステムです。既存の家電機器に、まったく手を加えることなく簡単に家電機

器ごとの電力使用量が分かる点が大きな特徴です。

## システム構成

以下に本システムの構成を説明します（図1 参照）。

### (1) 電力計測アダプター

電力計測アダプター（以下、アダプター）は、測定対象の家電機器とコンセントの間に挿入するだけで、待機電力のような微少な電力から高精度に測定することができます。

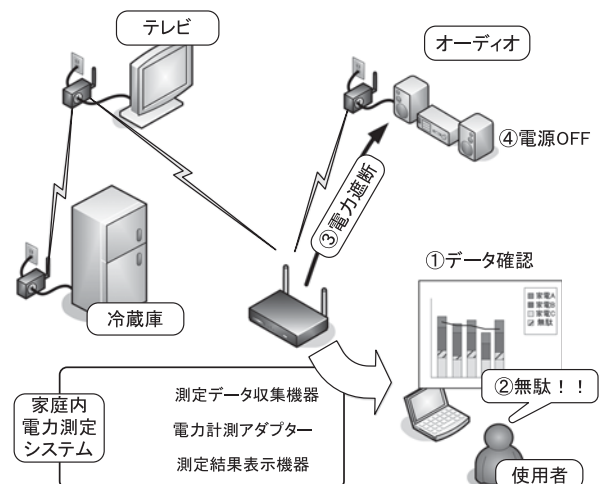


図1 家庭内電力測定システム構成図

測定したデータは無線マルチホップ通信機能を介して測定データ収集機器（以下、収集機器）に通知します。無線マルチホップ通信機能は、収集機器と直接通信できない場所に設置しても近傍のアダプターを介し、バケツリレーのように測定データを転送できます。本システムでは、特に高信頼で省電力なマルチホッププロトコルを開発し実装しました（第3章第1節参照）。更に、無駄な電力を検出する機能や遠隔操作によって電力を遮断する機能が具備されています。

## (2) 測定データ収集機器

収集機器は、アダプターから通知される測定データを収集、集計し、グラフや表などに加工して、無駄に電力を使用している家電機器を分かりやすく表示します。また、省エネルギー方法の例や豆知識などの情報も保持、表示します。表示に関しては、収集機器においてWebサーバ機能と無線LANアクセスポイント機能を動作させ、無線LANインタフェースとWebブラウザ機能を具備する測定結果表示機器（以下、表示機器）から接続することで表示が可能となります。

## (3) 測定結果表示機器

表示機器は、Webブラウザを介して収集機器のネットワーク設定やアダプターの名称設定などの初期設定、測定結果や豆知識の参照を行うことができます。また、測定結果を確認し、家電機器で無駄に電力を使用していると判断した場合は、表示機器から遠隔操作により電力遮断を行うことができます。汎用PCやPDA及びゲーム機器など、無線LANインタフェースとWebブラウザ機能を具備する機器であれば、表示機器として使用できます。

## 3. 家庭内電力測定システム機能

本システムの主な機能と特徴を紹介します。

### 3.1 高信頼省電力マルチホッププロトコル

収集機器とアダプター間で測定データを通知、収集する際に用いる省電力でありながら信頼性の高い通信プロトコルについて説明します。

本システムでは、無線マルチホッププロトコルにてデータ

収集を行います。無線マルチホッププロトコルでは、機器同士が通信を行う際に他の機器から送信されたデータを無線通信部で中継します。他の機器からのデータをもれなく中継するために、無線通信部は常時稼働していることが一般的であり、少ないながらも常に電力を消費します。しかし、本システムは家庭内の電力使用量を削減することが目的であるため、構成機器の電力使用量も最小限にとどめるような無線通信の省電力化が必須です。

そこで従来技術として、無線通信部の電力使用量を抑えるために、各機器の時刻を同期させた上で、決められた時刻に無線通信部を間欠動作させ、無線通信部分の電力使用量を抑えるプロトコルが提案されています<sup>3)</sup>。しかし、無線通信動作中に全機器が各々測定データや制御情報を送信するため、稼働時間を短くすればするほどパケットの衝突確率が上がり、信頼性が損なわれるという課題があります。

この信頼性の課題を解決するための従来技術として、各機器に通信時間を割り当てる時分割接続方式が提案されていますが、これには信頼性は向上するものの稼働時間が長くなり、電力使用量が増加するという課題があります。

上述の背反する課題を解決するために、高信頼省電力マルチホッププロトコルでは、アダプターを間欠動作させるだけではなく、無線通信部の稼働時間を図2のように、電力使用量を通知するための上り区間(t1)と、収集機器からアダプターへの設定や再送要求を行うための下り区間(t2)に分けました。更に、送信パケットの衝突確率を低くするために、各機器か

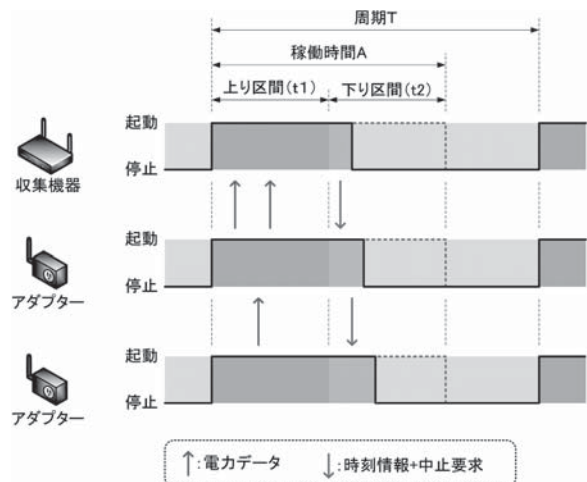


図2 実装プロトコルの通信タイミング

ら送信する測定データや制御情報のパケット長を短くし、送信タイミングをずらしています。

また、紹介した従来技術においては、全機器の時刻同期を正確に行うことが必要となりますが、本プロトコルにおいては無線通信部の稼働時間に猶予時間を設けているため、各アダプター間の時間のずれを吸収できます。電力使用量は多少増加するものの、機器の正確な時刻同期回路が不要となり、これによりコストを抑えられます。

実証実験において、高信頼省電力マルチホッププロトコルの動作を確認しました。収集機器にて収集した電力使用量測定データパケットの到達率は約98.7%であり、無線区間でパケットのロスが発生する状況下でも、再送制御により測定結果の欠損はありませんでした。また、無線通信部を常に起動している場合と比べて約17%の電力使用量を削減できました。

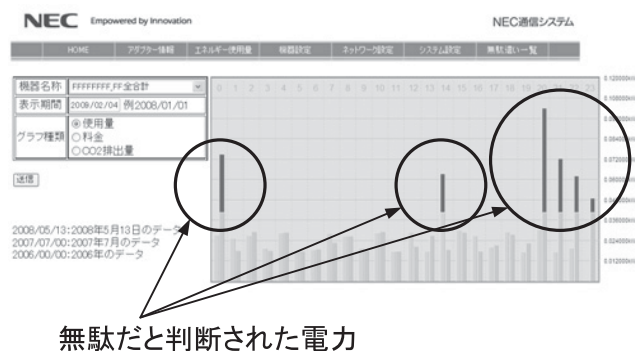
### 3.2 電力遮断機能

電力遮断機能は、アダプターに接続されている家電機器の電力を遮断することで、省エネルギー行動を支援する機能です。

システムによる自動遮断機能、使用者の判断による遮断機能、タイマー制御による遮断機能の3種類があります。システムによる自動遮断機能は、電力使用量の推移や家電機器の種類などから無駄な電力を検出し、該当の家電機器を遠隔操作で自動的に遮断します。使用者の判断による遮断機能は、可視化画面から家電機器が無駄に電力を使用していると判断した場合に、表示機器から家電機器を遠隔操作で遮断します。タイマー制御による遮断機能は、使用者が表示機器から電力遮断する時間や電力遮断を解除する時間を設定し、設定時間になったら収集機器から遠隔で家電機器を操作する機能です。

### 3.3 可視化方式

可視化方式では、単に電力測定結果を表示するだけでなく、画面上で電力使用量の無駄を容易に判断できるように工夫しました。図3は、1日の測定結果を1時間ごとに表示しています。これにより、各家庭で電力使用量の傾向を直感的に分かる形で見ることができ、どの家電機器の電力使用量が高いかを容易に判断できます。更に、現在と過去の電力使用量を同一画面上で比較することが可能です。



無駄だと判断された電力

図3 測定結果（電力使用量）の時系列表示

また、使用者が表示内容を見ることで、節電などの省エネルギー行動に結び付くように工夫をしています。電力使用量グラフにて、電力使用量の推移から無駄な可能性がある電力使用量の部分を異なる色によって表示します（図3丸印）。さらに、各アダプターの情報表示画面で、無駄であることを色で判断できるようにしています。

## 4. 実証実験

本システムの効果を確認するために、実証実験を実施しました。実証実験に使用した試作システムを図4に示します。

### 4.1 実証実験手法

実証実験は、2008年11月24日から12月21日までの4週間で実施しました。世帯数については社員宅10世帯が参加し、実施場所は関西地区と関東地区のそれぞれ5世帯で実施しました。各家庭にアダプターを5台ずつ配布し、電力遮断機能は使用者の判断による遮断機能のみ使用しました。

### 4.2 二酸化炭素排出量の削減効果

電力使用量の可視化期間と通常期間（可視化しない期間）における全家庭の電力使用量を合計したグラフを図5に示します。図5では、通常期間より可視化期間における電力使用量は約5.2%減少しており、短期間の実証実験においても削減効果があることが分かりました。

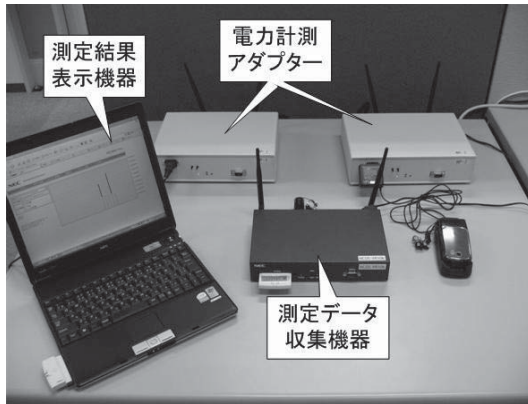


図4 試作した家庭内電力測定システム

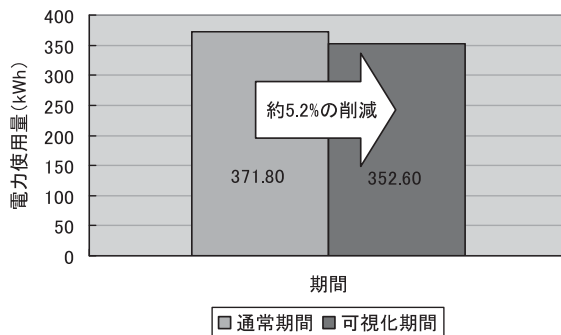


図5 期間別の電力使用量

家庭内の電力使用量を約5.2%削減できると想定した場合、1家庭当たりの年間電気使用量を算出すると4,680kWh<sup>4)</sup>となるため、年間約243.4kWh (CO<sub>2</sub>換算で、133.9kg) を削減できます。また、近年の環境意識の向上により、省エネモニタリングシステムの導入を希望する世帯の割合が36.7%となっています<sup>5)</sup>。このことから、全国5,110万世帯のうち2,000万世帯の家庭に本システムが導入された場合、267.8万tのCO<sub>2</sub>排出量を削減すると見積もることができ、「COOL BIZ」及び「WARM BIZ」の削減量と同等の効果が期待できます。

## 5. 終わりに

本稿では、家庭内電力測定システムの試作開発と実証実験について紹介しました。

実証実験では、電力使用量を可視化することで家庭内の電力使用量が約5.2%削減され、本システム導入の効果を確認で

きました。また、アダプターを設置していない家電機器に対する節電意識も高まることから、継続的に使用することで家庭全体の電力使用量の削減が期待できます。

今後は、より手軽に家庭へ導入するために、機器の小型化や家庭に受け入れられやすいデザインへの変更、設置方法の改善を行います。また、無駄な電力の自動遮断機能やタイマーによる遮断機能の充実を行い、省電力やCO<sub>2</sub>削減により効果的な家庭内電力測定システムの提供を目指します。

なお、本システムの開発及び実証実験の一部は、環境省の地球温暖化対策技術開発事業として実施中のものです。

### 参考文献

- 1) 環境省「STOP THE 温暖化2008」  
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/stop2008>
- 2) 環境省「COOL BIZ&WARM BIS」  
<http://www.env.go.jp/earth/info/coolbiz/>
- 3) 小牧省三;「無線LANとユビキタスネットワーク」, 丸善株式会社, 2004.
- 4) 資源エネルギー庁;「電力需給の概要」, 2004.
- 5) 総務省;「平成15年版 情報通信白書」, 2003.

### 執筆者プロフィール

江連 裕一郎  
NEC通信システム  
R&D NCOSラボラトリ  
電子情報通信学会正員

阿部 憲一  
NEC通信システム  
R&D NCOSラボラトリ  
主任  
情報処理学会会員

伊藤 睦  
NEC通信システム  
R&D NCOSラボラトリ  
シニアマネージャー  
電子情報通信学会正員

山本 透  
NEC通信システム  
ネットワークプラットフォーム開発事業  
本部  
第一ネットワークプラットフォーム事業  
部  
第二開発部マネージャー

上野 裕暁  
NEC通信システム  
ネットワークプラットフォーム開発事業  
本部  
第一ネットワークプラットフォーム事業  
部  
第二開発部主任