

2 ネットワークを用いた電力情報収集システムの開発（第2報）

村河亮利，藤原義也，岩谷 稔，相原 茂*，森合 雅朗**

Monitoring system for electric power over Power Line Communication (2nd report)

MURAKAWA Akitoshi, FUJIWARA Yoshinari, IWATANI Minoru, AIHARA Shigeru and MORIAI Masaki

To save electric power, it is important to switch off each unused electrical apparatus as well as to use power saving equipment. And it is necessary to monitor amount of electricity of each machine. Therefore, a monitoring system of electric power consumption is developed that consists of server and measuring-power-consumption device.

This report is that a calculating algorithm of power consumption is embedded into the microcomputer and protocols connecting server and measuring-power-consumption device are embedded.

キーワード：ネットワーク，電力監視，省電力，電力線通信

1 緒 言

本研究は事業所の省電力を目的に，多数の電気機器の瞬時消費電力を計測し，電力線通信を通じてそのデータを収集するシステムを開発するものである。

昨年度は，電力監視端末エミュレータで負荷の電流を計測し，電力線通信を用いて消費電力をサーバに送信することが可能となった¹⁾。また，FFTを用いた電力計算アルゴリズムを検討し，その有効性を確認した。さらに電力情報収集サーバにて，電力線通信により取得した電力情報を Web ブラウザで表示可能とした。

本年度は，昨年度電力監視端末エミュレータにて動作させたアルゴリズムを制御マイコンに実装した。また，サーバと電力監視端末間のプロトコルを策定し実装した。

2 電力情報収集システム

本システム（図1）は，電力監視端末とサーバ機から構成される。

電力監視端末では，商用電源の電圧計測および電流検出部で負荷の電流計測を行う。計測後，電圧・電流および位相差を基に電力を算出し，電力線を通じてサーバ機に消費電力情報を送信する。通信方式は，新規配線が不要な電力線通信方式(PLC)を用いた。

サーバ機には，各電力監視端末から収集した電力情報

をグラフ表示する機能および消費電力が契約電力を超過した場合に，サーバで切断が必要と判断された電気機器に対する切断促進する LED 点灯機能を搭載した。

なお，電力監視端末には，遠隔で電源を遮断する機能は搭載していない。これは，電力監視端末を低価格化，低消費電力化するためと，コンピュータなど遠隔遮断に適さない機器も多いとの判断による。

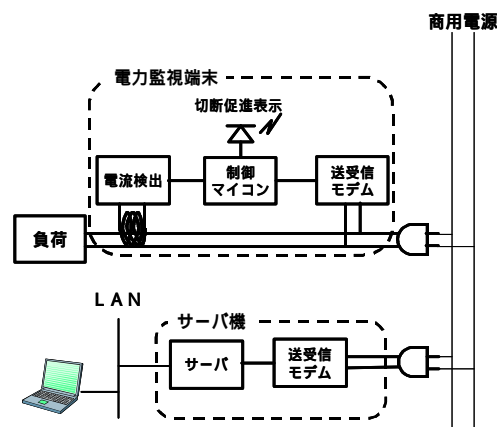


図1 システムブロック

電力監視端末仕様（表1），電力情報収集サーバ仕様（表2），およびこれらの外観を図2に示す。

*テンパール工業（株），**（株）システムアートウェア

表1 電力監視端末仕様

マイコン	PIC16F88(8MHz:内部クロック)
CT	CTL-6-V-Z(URD 社製)
計測範囲	1W-2kW
計測精度	10%以内
計測間隔	可変長(1-268秒) (デフォルト120秒)

表2 電力情報収集サーバ仕様

CPU	ARM7(55MHz)
SDRAM	8MB
FLASH	4MB
LAN	10BaseT/100BaseTx
シリアルポート	1チャンネル(UART)
OS	uClinux
Webサーバ	thttpd

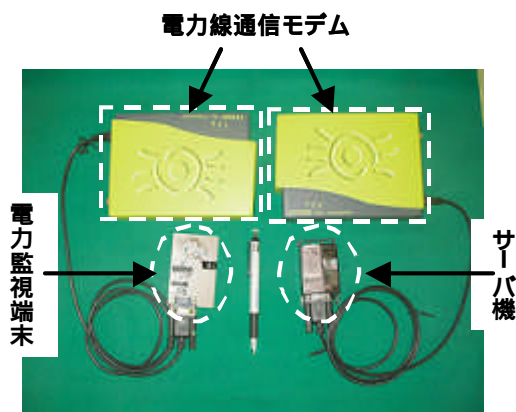


図2 システム外観

3 通信データ

電力線通信による送受信データはコード部(1バイト)とデータ部から構成される。電力情報収集サーバと電力監視端末間の通信コード一覧を表3に示す。

各通信コードの機能および送受信データフォーマットは、4節、5節で述べる。

表3 通信コード一覧

code	Operation	code	Operation
0x00	DHCP	0x03	LED OFF
0x01	電力情報送信	0x04	LED 状況表示
0x02	LED ON	0xFF	シリアルID設定

4 電力情報収集サーバ

昨年度の研究で、電力線通信による電力情報の収集、およびブラウザで電力情報をグラフ表示する機能まで開発を完了した。今年度は、製品化する際に必要となるネットワークアドレス自動設定機能、電力監視端末名の設定機能、LED制御機能、切断促進機能および電力データの管理機能を実装した。

4.1 ネットワークアドレス自動設定管理機能

電力線通信を行うためには、電力監視端末ごとに異なるネットワークアドレスを割り当てる必要がある。ネットワークアドレスを、ユーザが手動で設定・管理すると、誤操作によりアドレスの重複が生じる可能性があり、ユーザインターフェースの観点からも望ましくない。そこで、電力監視端末のネットワークアドレスを自動で設定・管理する機能(以下 DHCP 機能)を開発し、電力情報収集サーバに組み込んだ。

アドレス取得プロトコルを図3に示す。ここで、NIDはネットワークアドレス、SIDは同一ネットワーク内で端末を一意的に識別するためのアドレスである。また、シリアルIDは電力監視端末にあらかじめ割り当てられたユニークな値で、シリアルIDを電力情報収集サーバ・電力監視端末間で送受信することで、重複なくネットワークアドレスを割り当てることができる。

シリアルIDは、製品出荷前に電力監視端末に搭載したPICのEEPROMに電力線通信によって書き込む仕様とし、シリアルID書き込みソフトウェアはLabVIEWを用いて開発した。

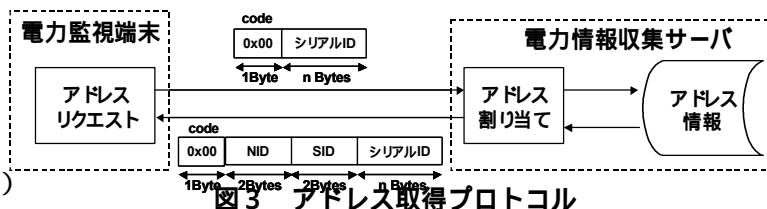


図3 アドレス取得プロトコル

4.2 電力監視端末名の設定およびLED制御機能

ユーザが電力情報を確認する際、DHCP機能により割り当てられたアドレスでは、どの機器の電力情報なのか直感的には分かりにくい。そこで端末名設定機能および端末の切断促進LED点灯・消灯機能を実装した。LEDの点灯・消灯機能は端末名設定時の確認用である。

本システムでは電力監視端末の省電力化のため、電力計測およびサーバへの電力情報送信時以外はスリープ状態になっている。そのため、常にサーバ・端末間での通信ができるとは限らない。そこで図4に示すように、LEDの制御命令はサーバでスプールしておき、電力監視端末から電力情報が送られてきた際に(・),サーバからLED制御命令を送受信する(・)仕様とし

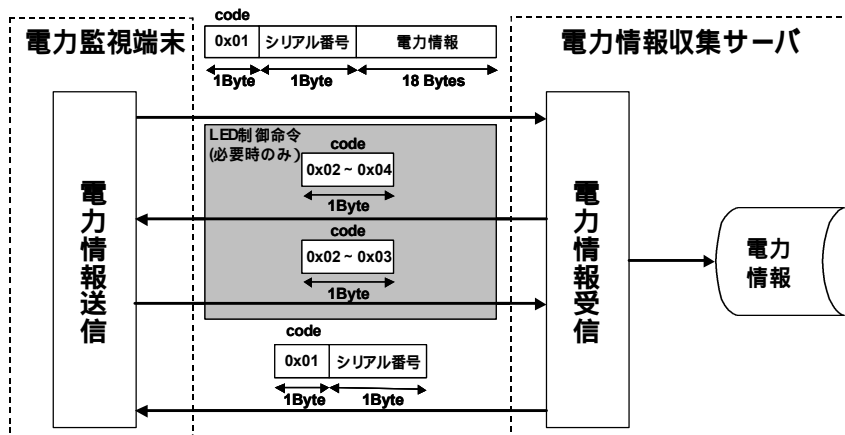


図4 電力情報送信およびLED制御プロトコル

た。は の確認応答(ACK)である。このプロトコルを従来の同期通信方式を用いて実装した場合、ユーザは応答が戻るまで待つかりロードを行わなくてはならない。そこで、LEDの点灯・消灯機能を非同期通信が可能な Ajax (Asynchronous JavaScript + XML)により実装した。AjaxはWebブラウザに実装されているJavaScriptのHTTP通信機能を使用し、非同期通信によりサーバとXML形式データの送受信を行いながら処理を行うWebアプリケーションの実装形態である。この技術は、「Google Maps」のインターフェイスとして利用されていることで有名である。

これにより、ユーザは電力監視端末からの応答を待つことなく次の操作を行うことができ、さらに電力監視端末へのLEDの点灯、消灯命令が実行された時点で、自動的にユーザのブラウザにLEDの点灯状態が反映される。

4.3 切断促進機能

本システムでは、電力監視端末に切断促進LEDを搭載し、電力監視端末で計測した電力があらかじめ設定した閾値を超えた場合に、LEDを点灯させることができる。電力の閾値は電力監視端末ごとに指定できる仕様とし、閾値設定および機能の有効化・無効化をブラウザで切り替えるGUIを作成した。

4.4 電力データの管理機能

本研究で用いた電力情報収集サーバは、メモリ領域をRAMディスクと共用しており、RAMディスクの空き容量が少なくなった場合、システムが動作不能となってしまう。

そこで、サーバ機のディスク空き容量が少なくなると、電力情報を自動的にFTPサーバにアップロードする機能を実装した。

また、FTPサーバを用意できない場合、RAMディスク空き容量が少なくなると古いデータを自動削除する機能も選択可能とした。

昨年度開発した電力監視端末エミュレータにて電力データを連続送信し、ファイルアップロードおよび古いデータの自動削除機能が正常に動作することを確認した。

5 電力監視端末

昨年度電力監視端末エミュレータで行ったFFTを用いた電力計測アルゴリズムを制御マイコン(PIC16F88)に実装した。電力監視端末の消費電力を低減するため、制御マイコンも低消費電力のものを選定した。このためサンプリング間隔内に実行可能な演算量に制約があり、電力計測アルゴリズムにFFTのバタフライ演算を応用したアルゴリズムを採用した。そのフローチャートを図5に示す。

図5に示すように、サンプリング間隔内では処理時間の短い加算演算のみを行い、サンプリング終了後に処理時間の長い積和演算を行っている。また、三角関数や平方根等の処理は、選定した制御マイコンのプログラム領域をオーバーするため、サーバで処理する仕様とした。サーバに送信する電力情報のデータフォーマットを図6に示す。

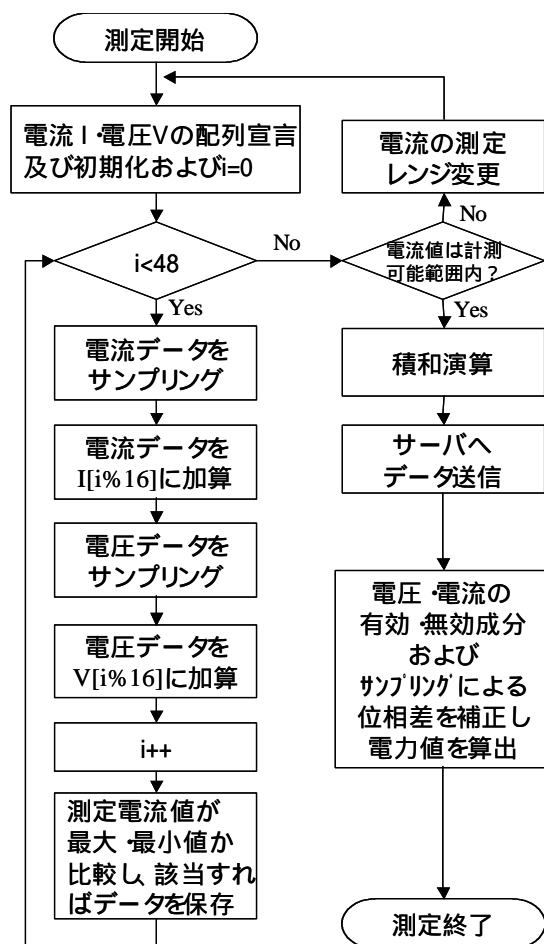


図5 電力計測アルゴリズムのフローチャート

電流 sin値	電流 cos値	電圧 sin値	電圧 cos値	増幅率	位相差
4Byte	4Byte	4Byte	4Byte	1Byte	1Byte

図6 電力情報のデータフォーマット

6 システム動作検証

策定した通信プロトコルがシステムとして動作するか通信負荷試験およびシステム統合試験を行った。

6.1 通信負荷試験

昨年度開発した電力線監視端末エミュレータを改良し、サーバが100台分の電力情報データを受信することを想定した通信トラフィックの負荷試験を行った。タイムアウト発生時の再送処理を含めて約42秒

で全ての処理が完了し、正常動作することを確認した。

6.2 システム統合試験

電力監視端末に負荷を接続し、負荷の消費電力を変化させデータ収集が正常に行われることを確認した。また瞬時消費電力をグラフ化し、GUIに表示できることを確認した。

7 結 言

昨年度電力監視端末エミュレータにて動作させたアルゴリズムを、制御マイコンに実装した。また、サーバと電力監視端末間のプロトコルを策定し、実装した。

(サーバ機)

1. 電力監視端末に自動でネットワークアドレスを割り当てるDHCP機能を開発
2. 電力監視端末に任意の端末名を付け、サーバ内で管理する機能を付加
3. 電力監視端末で計測した電力が、あらかじめ設定した閾値を超えた場合、自動的に電力監視端末のLED点灯を行い、電力切断促進を行う機能を付加
4. 電力監視端末100台に相当する通信トラフィック負荷試験を、電力監視端末エミュレータからサーバに対して行い正常動作を確認

サーバにて処理

(電力監視端末)

5. 制御マイコンにFFTのバタフライ演算を応用した電力計測アルゴリズムを実装

実装後、電力監視端末とサーバの統合試験を行い、正常動作を確認した。

この成果を基に、今後製品化へ取り組んでいきたい。

文 献

- 1) 村河亮利, 藤原義也, 岩谷 稔, 相原 茂, 森合雅朗: 広島県立西部工業技術センター研究報告書, 48(2005), 5-8