

論文

# PIC マイコンネットワークモジュールの開発

重松 宏志\* 栗原 秀樹\* 山口 勇\* 山本 克美\*\*

坂巻 佳壽美\*\*\* 乾 剛\*\*\*\*

## Development of PICmicro Network Module

Hiroshi Shigematsu\*, Hideki Kurihara\*, Isao Yamaguchi\*, Katsumi Yamamoto\*\*  
Kazumi Sakamaki\*\*\*, Tsuyoshi Inui\*\*\*\*

Today, products without network functions fail to attract consumers. Manufacturers must invest many resources to add network functions to their products. Such investment is a heavy burden, especially for small manufacturers. We developed a new module for developers of network devices to solve this problem. The module is composed of a main board and an optional board. A developer can select and replace the optional board from among an Ethernet board, a wireless LAN board, and a Bluetooth board. Each optional board has a component that converts serial data into network data. A developer can concentrate on application development with a serial interface by a PICmicro on the main board. By using the module, a developer can develop network devices without network programming skill, and reduce cost and time to develop.

キーワード: PIC マイコン, ネットワーク, シリアルインタフェース, イーサネット, 無線 LAN, ブルートゥース

Keywords: PICmicro, Network, Serial interface, Ethernet, Wireless LAN, Bluetooth

### 1. まえがき

パソコンやネットワークの普及に伴い、自社製品のネットワーク化は中小企業にとっても避けては通れない課題となっている。ネットワーク機器の開発には高度な専門知識と多額の資金が必要である。本研究ではネットワーク対応製品を開発する際、安価で比較的簡単とされる PIC マイコンでのアプリケーション開発に集中でき、開発期間の短縮、開発コストの低減が可能、PIC マイコンネットワークモジュールとその応用システムを開発した。

### 2. PIC マイコンネットワークモジュールの開発

2.1 PIC マイコンネットワークモジュールの概要 モジュールの概要を図1に示す。

右端に示した三種類のコンバータはそれぞれイーサネット, Bluetooth, 無線 LAN のネットワークプロトコルと基板上における IC 同士のシリアル通信規格である UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)との間を相互に変換する機能を有する。接続するネットワークインタフェースにあわせて任意のコンバータを選択し, PIC マイコンが搭載されたメインボードに取り付け使用する。

また, 取り付けたコンバータを介してネットワーク上に

存在するパソコンから PIC マイコン内のアプリケーションプログラムをリモートに書き換えるリモートプログラム機能を実現した。これにより, メンテナンスや開発作業の効率化を図った。

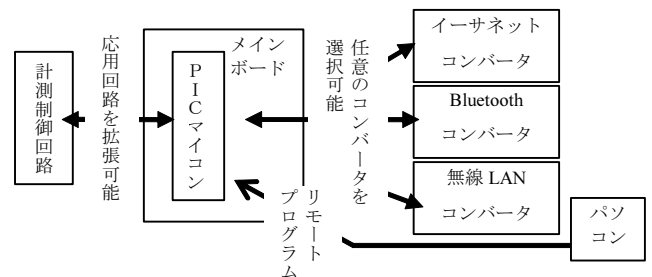


図1. PIC マイコンネットワークモジュールの概要

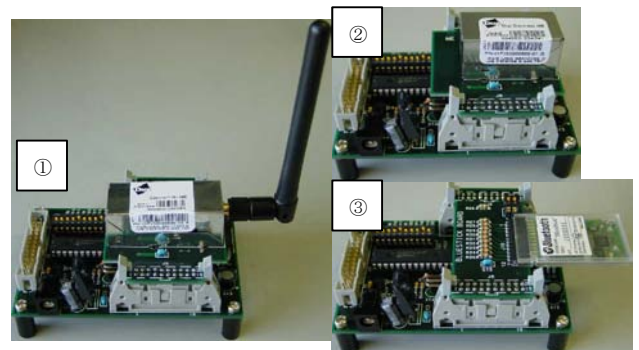


図2. PIC マイコンネットワークモジュールの概観

①無線 LAN、②イーサネット、③Bluetooth

\* エレクトロニクスグループ  
\*\* 経営企画室  
\*\*\* IT グループ  
\*\*\*\* 東京都水道局(前東京都立産業技術研究所)

さらに、左端に示したとおり、アプリケーションプログラムにあわせて別途開発した計測制御回路などの応用回路を拡張することで、各種機能を実現することが可能である。

以上のような構成をとることで、開発者は、安価で、入手性も良く、開発が簡単な PIC マイコンでのアプリケーション開発に集中でき、開発期間短縮とコスト低減を図れる。

図 2 に PIC マイコンネットワークモジュールの概観を示す。なお、以降 PIC マイコンネットワークモジュールを PNM と表記する。

**2.2 PNM の回路** 図 3 に PNM の回路ブロック図を示す。PNM はメインとオプションの 2 つのボードからなる。メインボードは PIC マイコン、信号レベルの変換を行うトランシーバ（汎用ロジック IC）および電源素子を搭載している。オプションボードはコンバータを搭載しており、イーサネット、Bluetooth、無線 LAN の三種類のうち任意に選択して取り付けることができる。図 3 ではイーサネットまたは無線 LAN のオプションボードをメインボードに取り付け、さらに計測制御回路を拡張した時の回路をブロック図化している。矢印が電源系統を白抜き矢印が信号系統をあらわしている。

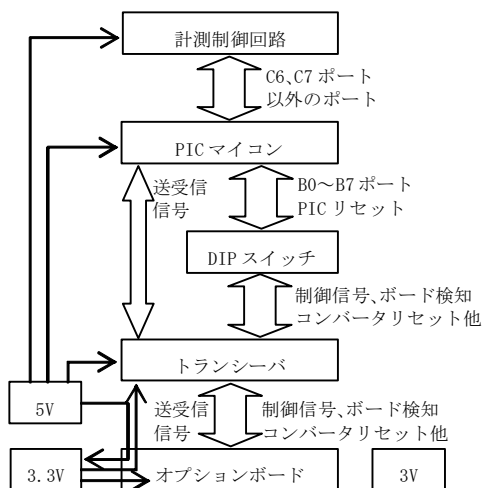


図 3. PNM の回路ブロック図

5V 電源は計測制御回路、PIC マイコンおよびトランシーバに常時供給される。オプションボードが取り付けられてはじめて、イーサネットまたは無線 LAN の時 3.3V、Bluetooth の時 3V の電源素子に 5V 電源が供給されるよう設計されており、オプションボード上のコンバータおよびトランシーバに電源供給される。

計測制御回路には PIC マイコンでデータの送受信に使用される C6, C7 ポート以外のすべての PIC マイコンのポートを接続できるよう設計されている。PIC マイコンとトランシーバの間は、データ送受信信号が直接接続されている。PIC マイコンの B0 から B7 ポートおよびリセットポートは DIP スイッチを介して接続されており、スイッチのオンオフにより接続するか否かを選択できる。DIP スイッチがどのような設定になっても PNM として正常動作するよう設計されて

いる。DIP スイッチを介して接続される信号線を利用することにより、データ送受信のハードウェアフロー制御、オプションボードの有無および種類の検知、コンバータのリセット、PIC マイコンのリセット、PIC マイコンとコンバータ間をトランシーバにおいてアイソレーションする機能などを実現できる。なお、コンバータごとのピン配置の違いはオプションボードにて対応している。また、Bluetooth については、コンバータのリセットおよび PIC マイコンのリセット機能を実装していない。データ送受信はいずれのコンバータの場合でも、UART により 115.2kbps のスピードで行われる。

**2.3 リモートプログラム機能** 図 4 にリモートプログラム機能のタイムシーケンスを示す。パソコンから PNM への何らかの送信に対し、PNM からパソコンに対して返信が行われることを基本として、一連の処理が行われる。

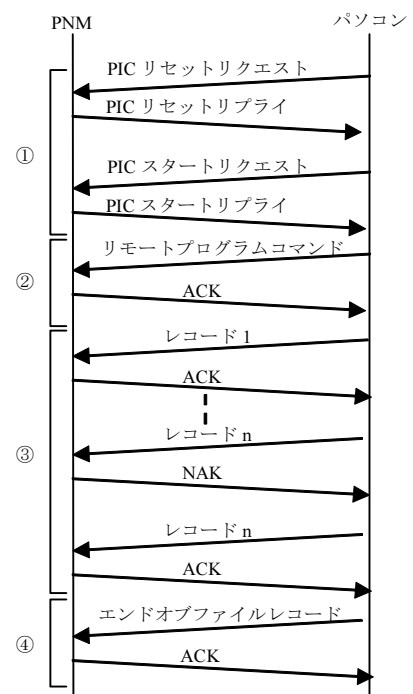


図 4. リモートプログラム機能タイムシーケンス

- ①PICのリセット、②リモートプログラムモードへの移行
- ③アプリケーションプログラムの記録チェックと書込
- ④リモートプログラム機能の終了

図中にて①で示した送受信で PNM に搭載された PIC マイコンがリセットされる。具体的にはコンバータが持つ汎用デジタル I/O の 1 つが PIC マイコンのリセットピンに接続されており、これをパソコンから出力制御することでリセットを行っている。ただし、Bluetooth については、コンバータが汎用デジタル I/O を持たないこと、クラス 2 なので最大でもパソコンを中心として半径 10m 以内に PNM の設置範囲が限られること、1 台のパソコンで最大 7 台の PNM までしか対応できないことから、リモートリセットを行わず、PNM の電源を立ち上げなおすことで、十分メンテナンスや開発作業の効率化を図れると判断した。なお、パソコンか

らのリクエストを受信し、PIC マイコンが自らをリセットするよう開発者がアプリケーションを作成すれば、Bluetooth でもリモートリセットを実現できる。

図中にて②で示した送受信以降、PIC マイコンは送信されてくるデータがすべてアプリケーションプログラムであると判断する。アプリケーションプログラムは米国インテル社の INHX8M フォーマットに従い、レコード単位で送信されてくる<sup>(1)~(3)</sup>。図中にて③で示したとおり、PIC マイコンはレコードを受信するごとにチェックサムを用いて受信誤りがないか調べ、誤りがなければ自らのプログラムメモリにブートローダ機能を用いて書き込み、パソコンに対して ACK を返信する。誤りがあれば NAK を送信し、パソコンに対しレコードの再送信を要求する。最後に、図中にて④で示したとおり、エンドオブファイルレコードを受信し、それに対し ACK を返信することでリモートプログラム機能を終了し、PIC マイコンは書き込まれた新しいアプリケーションプログラムを実行する。なお、パソコン側ソフトは米国 Microsoft 社製 Visual Basic 6.0 を用いて開発した。

**2.4 プログラムの配置と構成** リモートプログラム機能を実現するプログラムや PNM を正常起動させるためのプログラムのサイズを、PIC マイコンのプログラム用メモリ容量の 7% に抑えた。したがって、残り 93% のプログラム用メモリが、開発者にとってアプリケーションプログラム用に自由に使用できるエリアとなる。

PNM でのアプリケーション開発は、米国 CCS 社製 C 言語でのプログラム開発を前提とした。PIC マイコンではプログラム用メモリがページ単位で管理される<sup>(4)</sup>。C 言語による同一ソースコードから生成されるプログラムでも、どのページにプログラムのどの部分を配置するかによって、厳密に言えば若干の動作の違いが生じる。通常、特別な指定をしない限りプログラムは、プログラム用メモリの先頭行から順次配置されていく。リモートプログラム機能を利用せずにアプリケーション開発をした場合も、通常は先頭行から順次アプリケーションが配置されていくこととなる。そこで、リモートプログラム機能を実現するプログラムや PNM を正常に起動させるためのプログラムは、PIC マイコンのプログラム用メモリ空間の末尾付近に配置した。これにより、リモートプログラム機能を利用しない場合のアプリケーションと、利用した場合のアプリケーションとの配置の差、およびそれに起因する動作の差を最小限にとどめた。

リモートプログラム機能を利用したアプリケーション開発をする場合、開発者には 4 つのファイルに分割して機能の提供がなされるようプログラム開発を行った。4 つのファイルのうち 3 つのファイルにはそれぞれ、リモートプログラム機能と PNM 正常起動ルーチンのソースコード、本来開発者が開発したアプリケーションが配置されるエリアの先頭行に暫定的に配置するダミーアプリケーションのソースコード、プログラムの配置情報等が記述されている。残り 1 つのファイルは、開発者がこれら機能を利用するためのフ

ファイルであり、以降テンプレートファイルと表記する。前述の 3 つのファイルはテンプレートファイルからそこに記述された条件に従い、コンパイル時に呼び出される。

開発者はまず、4 つのファイルをそのままコンパイルし、プログラム書き込み器を利用して PIC マイコンにプログラムを書き込む。その PIC マイコンを PNM に挿入し、テンプレートファイルの #define LOADER\_UPDATE という一文をコメントアウトし、同ファイルの特定箇所通常通りアプリケーションプログラムを記述してコンパイルする。その後、2.3 にて記述したリモートプログラム機能を利用して、PIC マイコンにアプリケーションプログラムを書き込む。以上のように開発者がテンプレートファイルの使用方法を理解するのみでアプリケーション開発が可能な構成とした。

### 3. PNM による電力計測制御システムの開発

開発した PNM の応用システムとして、無線 LAN による電力計測制御システムを開発した。システムの概要を図 5

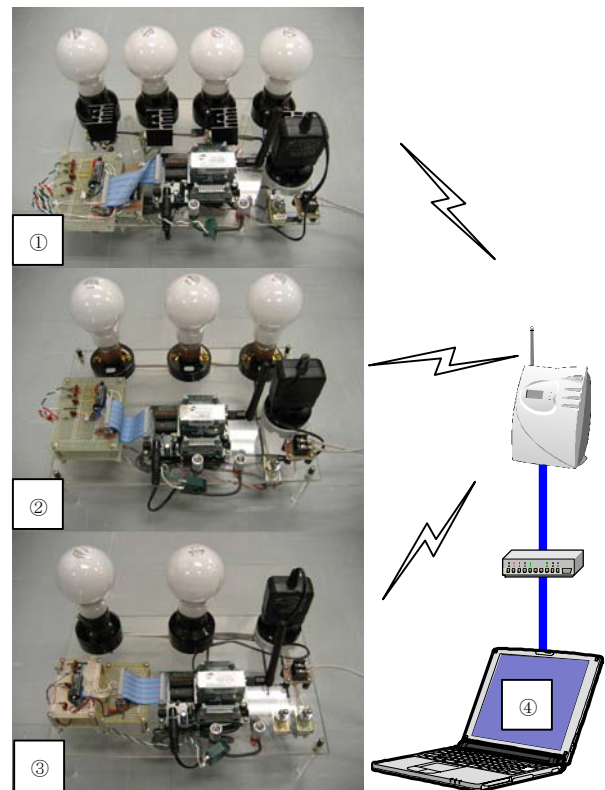


図5. 電力計測制御システムの概要  
①子機0、②子機1、③子機2、④親機

に示す。

システムは親機であるパソコン1台と PNM が搭載された子機3台からなる。各子機に搭載された PNM には無線 LAN タイプのオプションボードを取り付けた。親機と各子機の間はスイッチングハブおよび無線 LAN アクセスポイントを介し、情報通信を行っている。無線 LAN のセキュリティは WPA(Wi-Fi Protected Access)に基づく暗号化により確保されている。子機0には電力計測回路および電力制御回路を拡

張した PNM と、負荷として 100W の電球 4 つが搭載されている。4 つの電球は電力制御回路により 1 つずつオンオフ制御できる。子機 1 には電力計測回路を拡張した PNM と、負荷として 100W の電球 3 つが搭載されている。3 つの電球はスイッチにより一括でオンオフできる。子機 2 には電力計測回路を拡張した PNM と、負荷として 100W の電球が 2 つ搭載されている。2 つの電球はスイッチによりそれぞれオンオフできる。親機には米国 Microsoft 社製 Visual Basic 6.0 と同社製 Excel 2002 を組み合わせて作成したアプリケーションソフトが搭載されている。

親機アプリケーションの命令により、各子機は搭載された電球の消費電力を計測し、1 秒おきに親機に対し計測結果を通知する。親機アプリケーションは各子機から送られてくる消費電力を記録し、リアルタイムにトレンドグラフ表示するとともに、3 つの子機の総消費電力を計算して、500W を超えないよう、子機 0 に対し電球のオンオフ制御を命令する。

図 6 に電力計測制御システムによる負荷制御の様子を示す。実際にシステム稼働させたときの親機アプリケーションプログラムによるトレンドグラフ表示の一部拡大図と、そのときの各子機に搭載された電球のオンオフ状態を図示した。図中の白丸は電球がオンしている状態を、黒丸はオフしている状態を表している。子機 0 の電球をすべてオンし、子機 1 および子機 2 の電球をすべてオフした状態から計測結果の記録を開始した。この状態から子機 1 および子機 2 のオン状態の電球の数を、1 つずつ 5 つオン状態になるまで、子機 1 と子機 2 のスイッチを使って、5 分おきに増やしていった。オン状態の電球が増えるに従い、子機 0 の電球が徐々にオフ状態になっている様子が見て取れる。総消費電力が 500W を超えないよう負荷制御している。

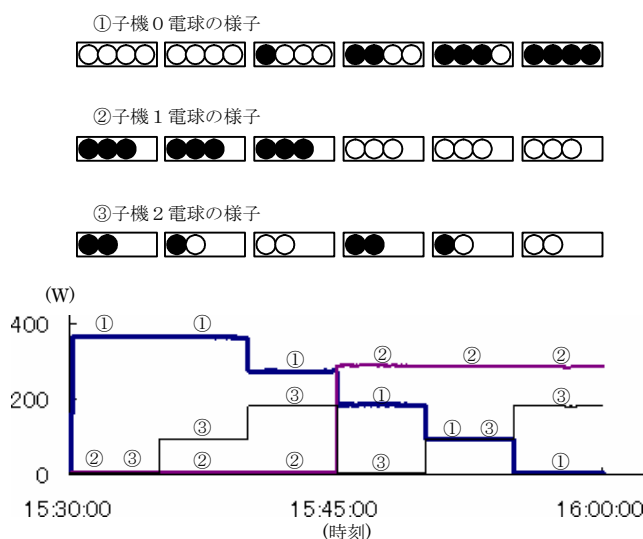


図 6. 電力計測制御システムによる負荷制御の様子

## 4. 結果

第三章で述べたようにパソコン 1 台と PNM 3 台からなる計測制御システムを構築し、PNM の動作検証を行った。無線 LAN だけでなくイーサネット、Bluetooth についても同様に動作検証を行った。いずれのインタフェースを利用した場合でも、当該システムでは各 PNM からパソコンへ 1 秒おきに電力計測結果 10 バイト<sup>(5)(6)</sup>、パソコンから PNM へ制御が必要と時のみ制御情報 1 バイトが送信される。このような情報量の少ないシステムであれば、PNM を用いて構築可能であることを確認した。パソコンの仕様は Windows XP Home Edition, Pentium4-2.2GHz, DDR-RAM256MB, Intel 845 Chip Set である。

電力計測制御システムの電力測定の精度は 50Hz, 100V の安定化電源および擬似負荷装置を用い、5A の正弦波電流を計測して求めた<sup>(7)</sup>。横河電機(株)デジタルパワーメータ WT1600 の測定値と比較した場合、力率 1 のとき誤差約 -0.1%、力率 0.5 のとき誤差約 1.7%となった。

## 5. まとめ

音声や映像を取り扱うネットワークシステムや不特定多数のアクセスが発生するサーバーシステムと違い、計測制御分野でのネットワークシステムの多くは、特定の比較的少ない情報量のやり取りで成り立っている。第三章に示した電力計測システムのように、アプリケーションに要求される仕事量や通信情報量が少なく、厳格なリアルタイム性を要求されないアプリケーションであれば、PNM を用いたシステム構築は十分可能である。

PNM によるシステム構築は、ネットワークプロトコルの実装技術を必要としないため、コスト削減、開発期間短縮が可能である。ネットワークシステム開発に必要とされる技術的なハードルを、従来のシリアルインタフェースによるシステム構築レベルにまで下げることができる。以上の特徴を持ったネットワーク製品の開発環境が開発できた。

(平成 18 年 10 月 20 日受付, 平成 18 年 12 月 4 日再受付)

## 文 献

- (1) Microchip Technology Inc. : "Implementing a Bootloader for the PIC16F87X" (2000)
- (2) Microchip Technology Inc. : "Downloading HEX Files to PIC16F87X PICmicro Microcontrollers" (1998)
- (3) Microchip Technology Inc. : "A Flash Bootloader for PIC16 and PIC18 Devices" (1998)
- (4) Microchip Technology Inc. : "PIC16F87XA Data Sheet" (2003)
- (5) Analog Devices Inc. : "Active Energy Metering IC with Serial Interface" (2001)
- (6) Stephen English and David Smith : "A Power Meter Reference Design Based on the ADE7756" (2001)
- (7) 重松宏志, 山本克美, 金岡威, 佐藤正利 : 「Bluetooth(無線通信)による電力計測システムの開発」, 東京都立産業技術研究所研究報告, No. 6, pp. 103-104 (2003)