

# 計測用センサネットワークの構築

松生秀正\*<sup>1</sup>、浅井 徹\*<sup>2</sup>

## Development of the Sensor Network for Indoor Measurements

Hidemasa MATSUO and Tohru ASAI

Industrial Technology Division, AITEC\*<sup>1</sup>,  
Department of Industry and Labor\*<sup>2</sup>

数多くの種類の異なるセンサを効率的に利用するため、センサと情報収集機器との間のデータ転送を無線化し、低コストのセンサネットワーク基本システムを開発した。このシステムは、センサ、無線モジュール、ワンチップマイコンから成り、特徴は同等の特性を有する市販品に比べて、1)開発費も含めて低コストである、2)センサの追加・変更にも柔軟に対応できる及び、3)メンテナンスが容易、などである。応用分野としては、工場内の環境計測、防災、安全確保、照度管理、食品工業、農業などに有効と思われる。

### 1. はじめに

センサ技術は、すでに数多くのセンサを利用した機器が実用化され、産業面ではもちろんのこと一般生活の安全・向上にも貢献している。しかし、環境、医療・福祉、セキュリティにおけるセンサ機器はそれぞれ単体で利用されることが多く、昨今のネットワーク上で活用されていないため、多くの人々が効率的に運用することができないのが実状である。

そこで本研究では、センサ技術とユビキタス・ネットワークを用いて、事業所、工場、一般家庭などにおいて、環境、セキュリティ、医療・福祉などの分野で活用できる多種多様なセンサと、無線システムを利用することにより、小型、低コスト、低消費電力、かつ拡張性が高く、メンテナンスが容易なセンサネットワークを利用した計測システムの開発を行うことを目標とする。

### 2. 実験方法

#### 2.1 センサネットワークシステム

図1に本研究の最終目標であるセンサネットワークシステムの概念図を示す。温度、湿度、赤外線、音、光などのセンサからの信号をワンチップマイコン（PIC マイコン）によりシリアルデータに変換し、その信号を無線モジュールで微弱無線により伝送し、受信側でRS232Cのデータに変換し、パソコンに入力してセンサからの情

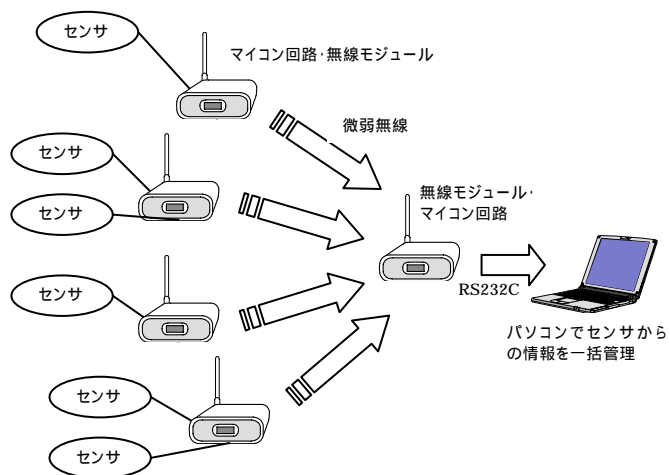


図1 センサネットワークシステム

報を一括管理するシステムを開発する。図1ではセンサからの信号を受け取るだけの一方方向の伝送を示しているが、無線モジュールを変更すれば双方向伝送も可能である。

今年度の目標としては、図1のセンサネットワークシステムのうち、1:1 通信部分の基本システムを製作することとし、最終的に図1の1:N通信のセンサネットワークシステムの開発につなげることが目標である。図2にセンサネットワークの基本システムを示す。センサとし

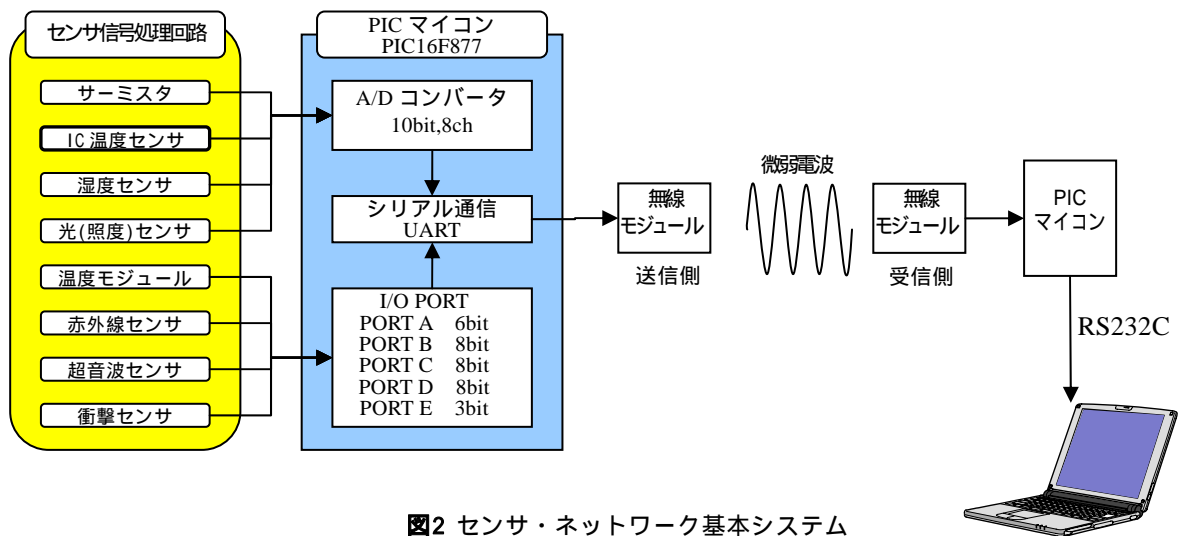


図2 センサ・ネットワーク基本システム

では、サーミスタ、IC 温度センサなどほとんどすべてのものが使用できるが、今回の基本システムでは IC 温度センサを使用した。

サーミスタ、IC 温度センサ、湿度センサ、光センサは信号処理回路により、アナログ出力のタイプ、すなわち直流信号で出力させることができる。このようなタイプのセンサは、ワンチップマイコンに内蔵されている A/D コンバータに直接入力することができる。一方、温度モジュール、赤外線センサ、超音波センサ、衝撃センサなど出力がデジタルまたはパルス出力のタイプのものは、ワンチップマイコンの I/O ポートに直接入力することができる。したがって、アナログ出力タイプのセンサで最大 8ch、デジタル出力タイプのセンサで最大 33ch、同時に使用可能である。

## 2.2 ワンチップマイコン (PIC マイコン)

今回使用したワンチップマイコンは、マイクロチップテクノロジー社の PIC (Peripheral Interface Controller) マイコン (PIC16F877) を採用した。

PIC マイコンは、当初はホビー用として開発されたようであるが、現在では産業面でも数多く使われており、今後も応用範囲が広がるものと思われる。また、ソフトウェアの開発、実行など開発環境面でも低コストで行えるという特徴を持っている。

この PIC16F877 は、図 2 にも示してあるように 10 ビット A/D コンバータ、豊富な I/O ポート、非同期シリアル通信機能 (UART) を内蔵しているため、外部との信号の入出力を扱うには非常に適したマイコンと言える。また、低電圧駆動 (2.0~6.0V)、低コスト (1 個 1,000 円程度) などの特徴もあり、バッテリー駆動も可能で、低コストのセンサネットワークシステムに最適である。

次項で述べる無線モジュールは、デジタル信号を伝送

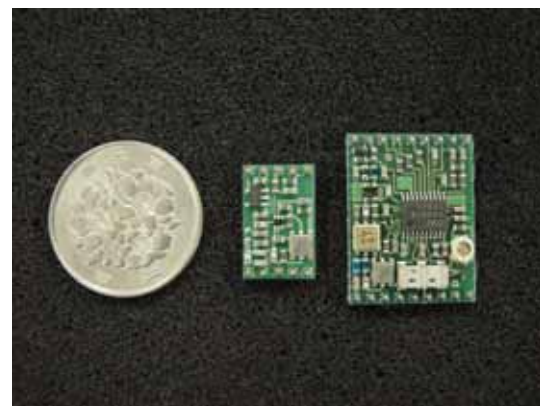


図 3 無線モジュール (中央: 送信用, 右: 受信用)

表 1 無線モジュールの仕様

項目	特性	
伝送内容	デジタル信号	
変調 (復調方式)	FSK 方式	
送信 (受信) 周波数	315MHz	
定格電圧	3V ± 10%	
消費電流	送信側	受信側
	2mA 以下	10mA 以下

するタイプなので、たとえばアナログ出力タイプのセンサからの信号は、この PIC マイコンの A/D コンバータでデジタルに変換した後、C 言語プログラムによりシリアル通信機能の UART から無線モジュールにデータを送り、送信用無線モジュールから無線通信を行う。

デジタル出力またはパルス出力タイプのセンサは、直接 I/O ポートに入力することができ、PIC マイコンでプ

ログラム処理により、無線モジュールにデータを送ることができる。

受信の場合は、受信用無線モジュールからの信号を PIC マイコンに入力し、C 言語プログラムによりそれらのデータをシリアルデータに変換して RS232C のラインに伝送する。

### 2.3 無線モジュール

図 3 に本研究で用いた無線モジュールを示す。これらの無線モジュールは、車のキーレスエントリーなどで用いられているものと同様のもので、図 3 からわかるとおり、1:1 通信の極めて小型の無線回路である。

表 1 に無線モジュールの仕様を示す。これらの無線モジュールは、いわゆるホビー用ラジコン機器のようにアナログ信号を送信するものではなく、信号の on/off すなわちデジタル信号を送信する形式となっている。表 1 の FSK 方式とは、いわゆる周波数変調方式のことで、315MHz の周波数をわずかにずらして信号の on/off を伝送している。定格電圧は 3V なので、マイコン回路などと同様に低電圧のバッテリー駆動が可能である。消費電流は、送信側で 2mA 以下で、センサ回路、マイコン回路と併せても数 10mA 以下の電流で送信側のすべての回路が駆動可能であり、将来センサを含めた送信側の電源をいわゆるコピキタス電源( AC 電源を用いない、どこでも使える電源 ) とすることも可能である。

この無線モジュールは、微弱無線という無線局の免許を必要としない無線で、伝送距離は数 m 程度であるが、簡単に回路に組み込んで使用できる特徴がある。また、出力も弱いので周辺の機器への影響も少ない。また、赤外線通信に比べて、指向性もそれほど強くなく、障害物にも強い、などの特徴がある。

## 3 . 実験結果及び考察

図 4、図 5 は本研究で製作したセンサネットワーク基

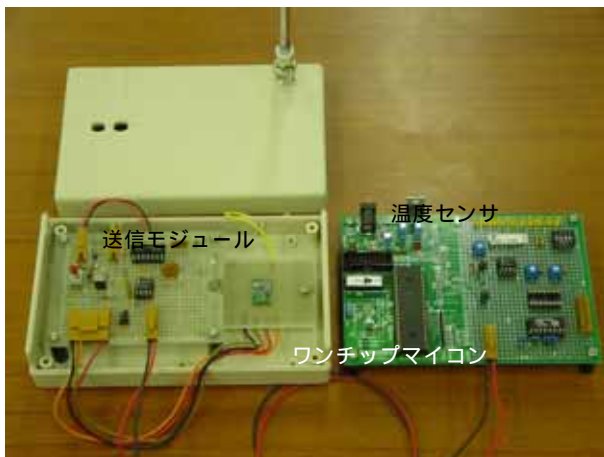


図 4 送信側回路

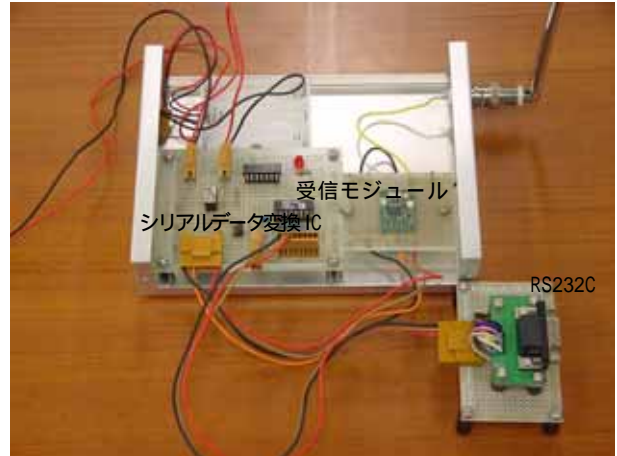


図 5 受信側回路

本システムの一部である。図 4 は送信側回路、図 5 は受信側回路を示した。PIC マイコンには 8 ピンから 40 ピンのパッケージがあり、本研究では PIC16F877 という 40 ピンの比較的サイズの大きいものを使用したが、使用するセンサによってはもう少しサイズの小さいものも使用できるため、さらにコンパクトにすることが可能である。

この基本システムの仕様・特徴は以下のとおりである。

#### (1)センサの種類

ほとんどのセンサに対応可。すなわち、センサ信号の出力形式さえわかればどのようなセンサでも接続可能である。

#### (2)低消費電力 ( DC5V, 50mA 以下、送信側 )

#### (3)伝送距離 数 m

#### (4)接続できるセンサの数

アナログ出力タイプ 最大 8ch

デジタル出力タイプ 最大 33ch

#### (5)価格 2 万円程度 ( 部品代 )

#### (6)PIC マイコンのソフトウェアの開発も低コストで簡単に実行できるため、ソフトウェア開発の負担が軽減

表 2 市販品との比較

項目	当 所	市販品
利用できるセンサの種類	ほとんどのセンサに対応可能	温度、湿度に限定されている場合が多い。
接続できるセンサの数 (CH)	アナログ出力タイプのセンサ 最大 8CH デジタル出力タイプのセンサ 最大 33CH	2CH 程度
拡張性	センサの追加・変更は容易	センサの追加・変更は不可。新たにシステム (セット) を購入する必要がある。
価格	2 万円程度 ( 部品代 )	送受信セットで 4~5 万円程度。

できる。

(7) センサと情報収集機器間の配線（有線）がなくなり、配線費用が不要となり、メンテナンスも容易になる。

**表 2** に市販品との比較を示す。

以上のことからこの研究についてまとめると以下のとおりである。

- 1) 目標の一つである低コストのシステムを開発するという点については達成した。
  - 2) システムの拡張性という点についても、ワンチップマイコン（PIC マイコン）を使用することにより、汎用的な多種多様なセンサが利用できる。
  - 3) 本システムの応用としては、センサを利用するすべての分野で適用できるが、主に食品工業、農業など、温度、湿度、水分など異なるセンサを数多く使う分野で有望である。  
今後の課題としては以下のとおりである。
- 1) 本文では述べなかったが、受信側無線モジュールに対して周辺からのノイズの影響が少なからずあるので、ノイズの影響を低減するためフィルタを付加するなどの対策が必要である。

2) 今回の研究では、1:1 通信の無線モジュールを用いたが、このシステムを同じ地域で複数使用する場合は混信する可能性があるため、多チャンネル使用できる（周波数が異なる）無線モジュール、いわゆる 1:N 通信が可能な無線モジュールを使う必要がある。

3) 今回使用した無線モジュールの伝送距離は数 m 程度であったが、さらに距離を延ばす必要がある場合、たとえば 100m 以上必要な場合は、コストは高くなるものの、他の無線モジュールまたは無線機器で対応可能である。

## 4 . 結 び

本研究では、センサの有効利用のため、センサと情報収集機器との間を無線化し、多種多様なセンサが利用できるようセンサネットワークの基本システムを作製した。工場内の環境計測、防災、安全確保、照度管理、医療・福祉などに有効と思われるが、食品工業、農業分野でのニーズも高いと思われる。今後はこれらのニーズに合わせてシステムを改良していきたいと考えている。