

無線センサネットワークシステムの開発

松生秀正*¹

Development of the Network System by use of Sensors and Wireless Modules

Hidemasa MATSUO*¹

Industrial Technology Division, AITEC*¹

工場内の作業の効率化を促進するため、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、開発費も含めて低コスト、センサの追加・変更にも柔軟に対応可能、メンテナンスが容易、などの特徴がある。食品分野の工場内の温度モニタとして有効であることを確認した。

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ていることからわかるように、産業面でももちろんのこと一般生活の安全・快適性の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、ネットワーク上で活用されていないため、現場で使用する人たち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、食品、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、低消費電力であり、さらに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った。

2. 実験方法

2.1 無線センサネットワーク

図1に無線センサネットワークの基本システムを示す。本研究の最終的な目標は無線伝送部が1:nであるが、今年度は無線伝送部が1:1の基本システムとしている。システムは、センサ信号処理回路、PICマイコン、無線モジュール(送信用、受信用)シリアルインターフェース変換回路、データ表示用パソコンから成る。センサからの信号をワンチップマイコン(PICマイコン)を用いてシリアルデータに変換し、その信号を送信用無線モジュールで特定小電力無線により伝送する。これを受

信用無線モジュールで受信した後RS232Cのデータに変換してパソコンに入力することによりセンサからの情報を表示するシステムである。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、双方向伝送も可能である。

センサとしてはほとんどすべてのものが利用できるが、主に温度、湿度センサを対象としている。サーミスタ、IC温度センサ、湿度センサなどのアナログ出力のタイプ、すなわち直流信号で出力するタイプのセンサは、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、今回は使用していないが、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。また、RS232Cのようなシリアルデータ出力を持つデジタルマルチメータなどの機器の場合は、インターフェース変換回路を作れば、容易にPICマイコンと接続が可能となる。後述する日本酒製造メーカーにおける測定では、シース型温度センサを利用するため、デジタルマルチメータが接続可能になっている。

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)マイコンを採用した。このマイコンはプログラムの変更が容易で少ロット向きである。前年度の研究¹⁾では入出力ch数が多いという特長を持つPIC16F877を採用したが、本年度はそれに比べてA/Dコンバータのch数、I/OPORT

*1 工業技術部 機械電子室

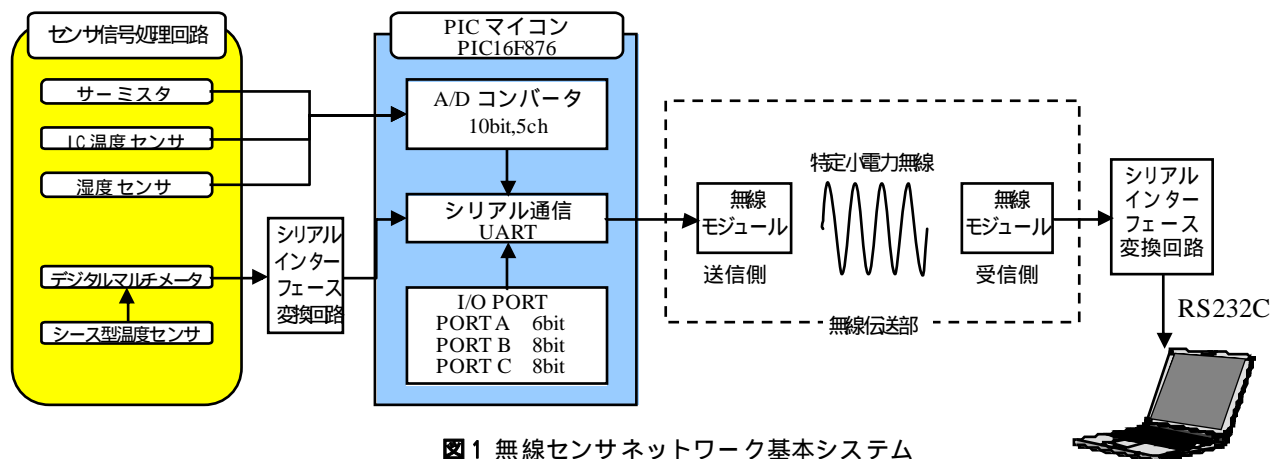


図1 無線センサネットワーク基本システム

の数は減るものの、より小型の PIC16F876 を採用した。

この PIC16F876 は、図 1 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、前年度使用した PIC16F877 (40 ピン) に比べると、比較的小型 (28 ピン) で低電圧駆動 (2.0~6.0V) さらに低コスト (1 個 1,000 円程度) であるという特徴があり、バッテリー駆動も可能であることから、低コストが要求されるセンサネットワークシステムに最適といえる。

接続できるセンサはアナログ出力タイプのセンサで最大 5ch、デジタル出力タイプのセンサで最大 22ch であり、それらは同時に使用可能なので、無線通信は 1 : 1 でも 1 ユニットで複数の異種のセンサからの信号を同時に取り込むことができる。

2.3 無線モジュール

図 2 に本研究で用いた無線モジュールを示す。前年度の研究 1) では微弱電波と呼ばれる伝送方式を用いた無線モジュールを使用した。今年度は特定小電力無線を利用した無線モジュールを使用した。微弱無線では伝送距離が数 m 程度であったのが、特定小電力無線では数 10m 程度の通信ができ、工場内のデータ転送にはより適していると考えられる。

表 1 に無線モジュールの仕様を示す。この無線モジュールは、1ch で 256 台 (親機 1 台、子機 255 台) まで使用可能で、センサネットワークの形成には十分な台数である。さらに、送受信周波数が 46ch あることから、この無線センサネットワークが近辺に複数あったとしても、周波数の ch を変えることで対応できる。また、定格電圧が 3.3V 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、カタログ値で受信時 35mA 以下、送信時 40mA 以下なので、送信側に限って

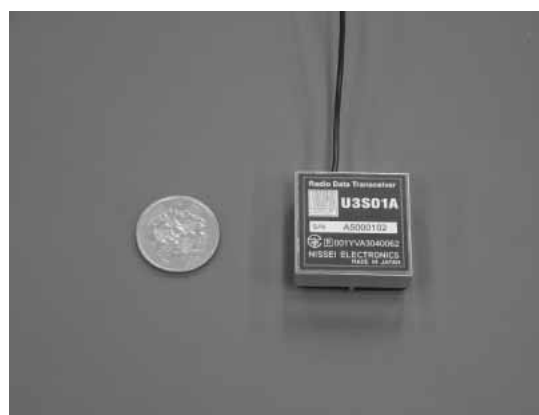


図2 無線モジュール (特定小電力無線)

表1 無線モジュールの仕様

項目	仕様
消費電力	特定小電力無線
伝送内容	デジタル信号
伝送方式	FSK 方式
回路接続形態	1:n (最大 n=255 / 1ch)
送信 (受信) 周波数	429MHz (46ch)
定格電圧	3.3V
消費電流	35mA 以下 (受信時) 40mA 以下 (送信時)

言えば、センサ回路、マイコン回路と併せても数 10mA 以下の電流ですべての回路が駆動可能であり、将来的にはセンサを含めた送信側の電源をいわゆるユビキタス電源 (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、無線局の免許を必要としない特定小電力無線を使用しており、電波法に基づいた技術基準適合証明を受けているので、改造や仕様変更しない限りそのまま製品に組み込んで届出は必要としない。

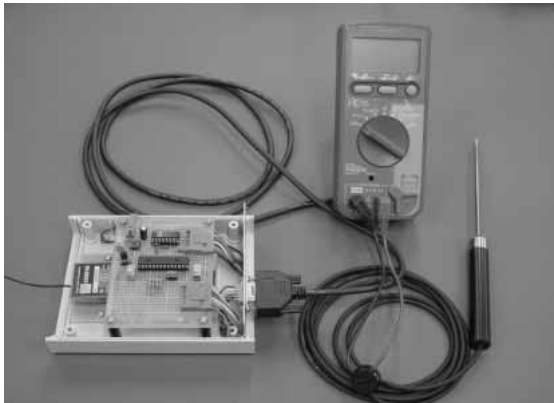


図3 送信側回路

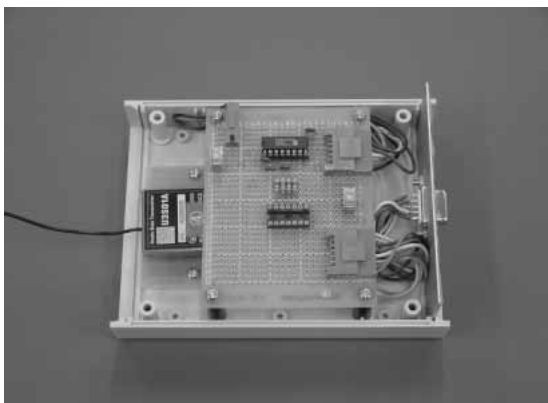


図4 受信側回路

表2 本システムの仕様

項目	仕様
消費電力	DC4.5V, 40mA 以下 (送信側、実測値) DC4.5V, 32mA 以下 (受信側、実測値) 電池駆動可能
伝送距離	数 10m
利用できるセンサの種類	ほとんどのセンサに対応可能 RS232C 出力の外部機器にも対応可能
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 5ch デジタル出力タイプのセンサ 最大 22ch
拡張性	センサの追加・変更は容易
価格	5万円程度 (部品代)

また、伝送距離は数 10m 程度確保でき、見通しが良いところであればそれ以上の場合もある。工場内、事務所内など短距離のデータ転送では最適な無線デバイスと考えられる。

3 . 実験結果及び考察

3.1 無線センサネットワーク基本システム

図3、図4 は本研究で試作したセンサネットワーク基本システムの一部である。図3 は送信側回路、図4 は受信側回路を示した。図3 の送信側回路には、センサとし

てデジタルマルチメータとシース型温度センサが取り付けられている。なお、雰囲気温度を測定する IC 温度センサも取り付けられている。

この基本システムの仕様は表2 のとおりである。

消費電力については、通常の乾電池 3 本で問題なく稼働できる。伝送距離は数 10m であるが、中継器を使えばさらに距離を伸ばすことができ、また見通しの良くない所でも使用可能である。

本システムでは、ほとんどのセンサに対応できる。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。市販品の無線システムでは、温度、湿度に限定されている場合が多い。無線通信は 1 : 1 であるが、1 つのシステムで接続できるセンサはアナログタイプのものであれば同時に 5ch まで使用できる。

拡張性とは、一度設置したセンサの追加や変更が容易にできるという意味である。市販品の同等の性能を有する無線データ転送システムでは、センサの追加や変更はまず不可能であり、追加や変更する場合は改めてシステムを 1 セット購入する必要がある。

コストの点では、本システムは部品代だけで 5 万円程度であるが、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、トータルのコストも低く抑えられる。

3.2 日本酒醸造工程への応用

日本酒の醸造工程の中で、こうじづくりと呼ばれる重要な作業がある。これはこうじむろの中で、こうじ菌をふりかけた蒸し米の温度調整を手作業で行い、米のデンプンを糖分に変える作業である。こうじづくりは、朝 9 時ごろから始まり、翌日の昼頃まで続けられるが、こうじ菌をふりかけた蒸し米は自然に温度上昇するため、蒸し米の温度を常に監視して、ある温度に到達した時点で手作業で蒸し米の温度を調節する必要がある。

現在、温度の監視は、控え室から数 10m 離れたこうじむろまで温度センサの表示を確認するためわざわざ行かなくてはならず、控え室で温度が確認できればその労力

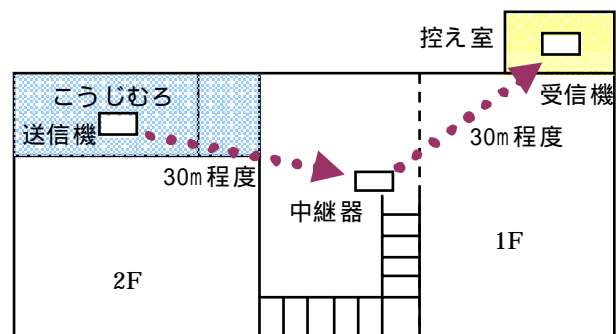


図5 工場内略図



図6 こうじむろ内部



図8 控え室にて(温度を確認しているところ)

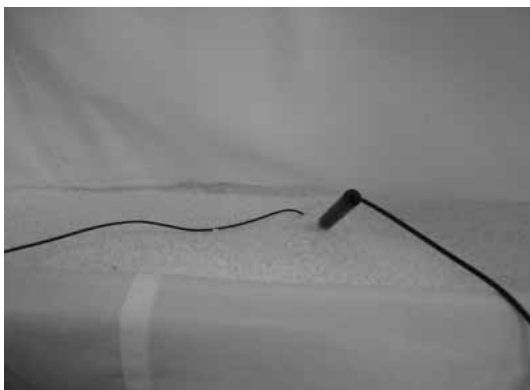


図7 温度センサ(左:企業所有、右:当方所有)

の省力化が図れる。

そこで、本システムを用いてこうじむろ内部の蒸し米の温度を、数 10m離れた地点で測定できるかどうか図3、図4に示した試作装置を使って実際の作業現場で確認した。

図5は日本酒製造メーカー工場内の略図である。こうじむろは2階、控え室は1階で全く見通しがきかないため、中継器を使って通信を行った。また、こうじむろは密閉状態がよく、有線の場合センサ回路からの線が外へ容易に取り出せないようになっている。それに加えて配線により作業に支障が出る可能性もあるため、こうじむろ内部の蒸し米の近くに無線装置(送信側)を置くことにした。図6はこうじむろの内部のようす(白い布の下に蒸し米がある)、図7は蒸し米にシース型の温度センサを刺しているところである。図8は、控え室でこうじむろ内の蒸し米の温度を確認しているところである。

その結果1:1の無線通信ではあるが、日本酒の製造工場内で中継器を用いて数 10mの距離で温度データの無

線通信ができることを確認した。コストの面では、パソコンを除いて送受信機など部品代だけで5万円程度で製作でき、市販品(販売価格)に比べて同等かそれ以下の費用であった。メンテナンスの点では、一度設置すれば後は電池の交換だけで済み、設置場所も容易に変更できる。

課題としては、無線通信時のノイズの影響と考えられるデータ落ちが見られたため、ノイズを低減させるための回路の改善を行い、安定した無線通信ができるよう改良を要する。さらに、パソコンではなく単に液晶などによりデータを表示させるシステムもつくりあげていく予定である。

4. 結び

日本酒の醸造工場内で中継器を用いて数 10mの距離で温度データの無線通信ができることを確認した。システムの拡張性という点についても、温度センサだけでなく、汎用的なデジタルマルチメータも利用でき、幅広くセンサ、計測器が利用できる見通しである。食品関係をはじめとする工業分野はもちろんのこと、農業分野へも成果普及を図る。

謝辞

本研究の遂行にあたりご協力頂いた山崎合資会社代表社員の山崎厚夫様、営業部長の山崎久義様に感謝いたします。

文献

- 1) 松生, 浅井: 愛知県産業技術研究所研究報告, 4, 62(2005)