

無線式巡回点検システム PATCERT

Wireless Data Gathering System PATCERT

吉 武 哲 ^{*1}	白 濱 寿 一 ^{*1}
YOSHITAKE Satoshi	SHIRAHAMA Toshikazu
竹 内 稔 ^{*1}	飯 田 仁 志 ^{*2}
TAKEUCHI Minoru	IIDA Hitoshi

プラント内の設備点検に、新しいコンセプトの巡回方式を用いた無線式巡回点検システムPatcertを開発した。2.45GHzの無線を使って、設備の状態をモニタする温度、圧力、振動等のセンサデータを、離れたところから収集するシステムである。本システムは、特定小電力無線局の移動体識別装置の無線データコレクタ(RDC)、センサのデータを無線データコレクタに送信する無線センサモジュール(RS)、パーソナルコンピュータとの通信インターフェイスであるPCインターフェイス(RP)の3つの機器で、構成される。各種センサのデータは、RDCのキーを押すだけで、RSから最大2m離れたところから、ワイヤレスで収集可能になった。また、データ収集と同時に、センサの設置されているロケーション(タグ番号)や、データの測定時刻も、自動的に入力できるようになった。更に、従来の様に、アナログメータを読み、10キーでハンディターミナルへデータを入力する必要がなくなり、巡回パトロールの負荷の大幅軽減、客観データの収集が可能になった。

本稿では、機器のハードウェア構成と、実際に運用評価した結果について述べる。

Wireless data gathering system PATCERT have been developed for the plant maintenance tools. This system gathers the sensor data (ex. temperature, pressure, vibration) at a distance from the sensors on the equipment using 2.45GHz microwave. It consists of Radio Data Collector(RDC) which is specified low power radio station, Radio Sensor Module(RS) which sends the sensor data to the RDC, PC Interface(RP). The sensor data can be taken only hitting on the button on the RDC. The address where the sensor is located and the measurement time can be taken into the RDC automatically. And objective data can be taken and the burden on staffs who make inspection rounds is reduced drastically, because it is not necessary to read analog meter and input the data into the handy terminal from 10 keys.

This paper describes the hardware of the system and some example of field test.

1. はじめに

化学、製鉄など製造プラントの設備の保全は、生産と同等に重要視されてきている。最近には特にTPM(Total Productive Maintenance)活動などの積極的な生産保全への関心が高まっており、様々な生産管理機器が導入されている。生産管理の一環として、各種モニタリングシステムによる監視、データ解析等がなされているが、膨大なプラント設備全てがカバーできている訳ではなく、パトロールによる人間の五感を含めたデータ収集や点検が大きな比重を占めている。パトロールでは、巡回員が圧力ゲージ、温度ゲージなどを読み、ハンディターミナル



図1 無線データコレクタ(RDC)

*1 横河M & C株式会社 技術本部 RAS-PJT

*2 T&M 第1技術部



図2 無線センサモジュール(RS)

へのデータ入力、もしくはチェックシート上への記入を行っているのが現状である。また、夜間、雨天、強風など、どんな環境でも行わなければならない、巡回員への負担は過大である。これら業務を支援するためのツールとして小型PDA(Personal Data Assistance)が期待されるが、現状では、OA情報処理には便利であるが、巡回のような厳しい作業環境での使用には適さない。一方、当社及びその関連会社では、従来よりマイクロ波方式のデータキャリアシステムの開発、製造、販売を行ってきた。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ それらのマイクロ波通信のノウハウと、センサ計測技術を融合させて、ワンタッチのキー操作だけで、センサのデータが収集できる無線式巡回点検システム

Patcertを開発した。図1に無線データコレクタ(RDC)、図2に無線センサモジュール(RS)を示す。RDCは国内初の無線でデータ収集可能なハンディターミナルであり、通信ボタンを押すだけでRSからセンサのデータを収集することができる。また、ハンディタイプにも関わらず、通信距離は2m以上確保できている。RSは小型ながら熱電対、圧力、振動、1~5VDCの各入力回路を内蔵し、初期設定により切り替えることが可能である。更に、センサへの電源供給能力も持っているため、電源供給のための配線工事もない。RDC、RSとも本質安全防爆対応の設計のため、危険場所での使用も可能である。

2. ハードウェア構成

図3にRDC、RS、RPのブロック図を示す。RDCは、2.45GHzのキャリア発振器、ASK(Amplitude Shift Keying)変調回路、アンテナ切り替え回路、送信アンテナ、送受信兼用アンテナ、受信回路、BPSK(Binary Phase Shift Keying)復調回路、FSK(Frequency Shift Keying)復調回路、リアルタイムクロック、キーボード、液晶表示器、Ni-Cdリチャージャブルバッテリーモジュール、通信等RDC内部を制御するマイクロプロセッサなどで構成される。RSは、32kB RAM、FSK変調回路、BPSK変調回路、送受信兼用アンテナ、リチウム電池、検波回路、キャリア検出回路、復調回路、リアルタイムクロック、各種センサインターフェイス回路、RS内部を制御する10bitAD変換器内蔵のマイクロプロセッサなどで構成される。RPはRSとほぼ同様の通信回路と、RS232Cインターフェイス回路、バッテリー充放電制御回路で構成される。

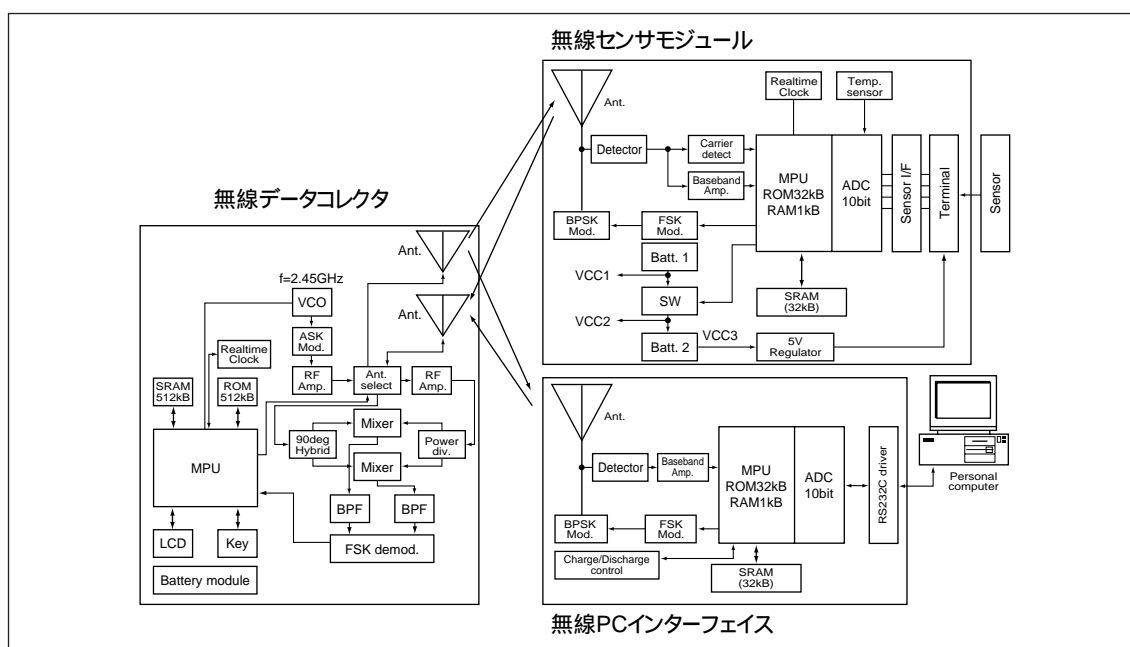


図3 ブロック図

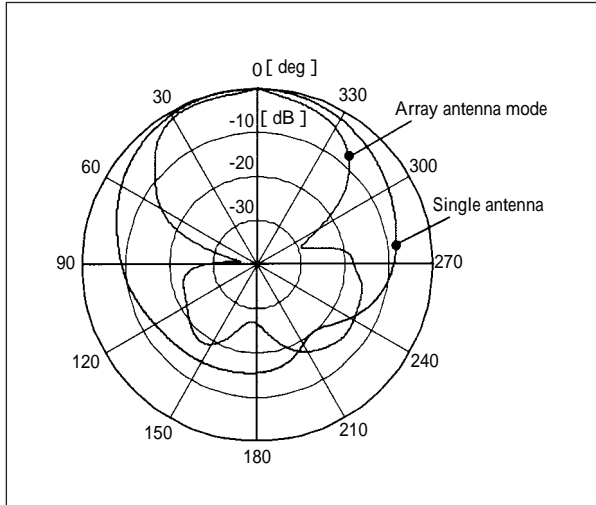


図4 アンテナ指向性

3. 通信原理

3.1 通信方式

RDCの通信キーを押すことでRF系の電源が投入され、2.45GHzのキャリアが送信される。RDCはRCR STD-29 (特定小電力無線局移動体識別装置規格に準拠した、特定小電力無線局であるため、送信と同時に、機器毎に割り当てられた呼出し名称を、FSK変調で送信する。キャリアを検出したRSは、スリープ状態から復帰し、各種回路の電源が投入される。次にRDCからコマンドをASK変調でRSに対して送信する。RSはコマンドを受信して処理を行い、データもしくはアクノリッジをRDCに送信する。RSはキャリア発振器を持っていない。RSからのデータ送信はRDCから送信されている無変調波に対してRS上で変調を行い、RSからRDCへ再放射することで行う。実際、RSは送信データで約300kHzのサブキャリアにFSK変調をかけ、その変調信号で、ダイオードをスイッチングし、アンテナの共振周波数をシフトさせることで無変調波にBPSK変調をかけて再放射している。

3.2 無線データコレクタの小型化とアンテナ切り替え方式

現在、各メーカーから市販されている特定小電力無線局の移動体識別装置(IDタグシステム)のRDCに相当するリーダライタは、据置き型である。RDCを携帯器にまで小型化するポイントは、アンテナの小型化にある。今回は、比誘電率10の高誘電率基板を用いて小型化を行った。しかし、アンテナの面積が小さくなると利得が低下し、

通信距離が短くなる。その影響を補う方法として、送信時と受信時で、アンテナ動作状態を切り替える方式を開発し、通信距離を伸ばすのに有効であることが確認できた。以下に切り替え方式について説明する。RDCはマイクロストリップアンテナを2枚内蔵している。1枚は送信専用アンテナで、他方は送受信切り替え可能なアンテナとなっている。RSのローコスト・低消費電力を実現するため、RSでの受信は、検波ダイオードで直接検波して増幅するという簡単な方式を採用している。そのため受信感度が悪い。よって、感度の悪いRDCからRSへの通信時は、2枚のアンテナから同位相で送信し、アレイアンテナとして動作させて利得を上げている。図4にアレイアンテナ動作時とアンテナ単体でのアンテナ指向性を示す。アレイの効果で、100°(-3dB)であったものが60°まで指向性が鋭くなっている。アンテナの絶対利得は2.5dB向上した。出力パワーは1アンテナあたり5mWで、合計10mWである。一方、RSからRDCへの通信は、送受信アンテナを分離し、サーキュレータをなくすことでRDCの小型化、キャリア信号の送受信間でのアイソレーションをとり、コストダウン、キャリア対ノイズ比(C/N)の向上が可能となった。出力パワーは5mWである。

4. 仕様

表1にRDCの仕様、表2にRSの仕様を示す。

4.1 通信範囲

通信エリアを図5に示す。原点にRDCを配置したときの通信できるRSの範囲を示した図である。アンテナは面積が小さくなると利得低下が起るが、それは3.2項で述べ

表1 無線データコレクタ仕様

型名	RDC100
制御部	
MPU	16bit
ROM	512kB
RAM	512kB
表示部	液晶 128(W)×64(H)ドット
巡回支援機能	
収集点数	最大1000点
支援表示	巡回ルート逸脱警告、上下限異常警告、電池残量警告他
無線通信部	
無線規格	RCR STD - 29 特定小電力無線局(免許不要)
送信出力 / 電波の型式	送信時: 10 mW / A1D 受信時: 5mW / N0N
周波数	2.445 GHz
誤り検出	CRC-16
電源	NiCdバッテリーモジュール
動作温度範囲	-10 ~ 50
動作湿度範囲	5 ~ 90% (結露なきこと)
保護等級	IEC IP52
防爆規格	本質安全防爆: Exia CT4 取得予定
外形寸法	107 × 186 × 43.5mm

表2 無線センサモジュール仕様

型名	RS100
制御部	
MPU	16 bit
ROM	32 kB
RAM	32 kB
表示部	LED 黄
AD変換部	
AD変換分解能	10 bit
変換レート	最大20 ksp/s
定周期計測間隔	1分～30日
対応センサ	
温度	熱電対JIS K, T
圧力	専用マイクロ圧力センサ
振動	専用振動センサ
電圧入力	1～5VDC
演算処理機能	最大最小値検出, 実効値演算, 平均値演算
電池寿命	電池寿命5年以上(動作条件: 10秒/日, 25℃)
動作温度範囲	-20～60
動作湿度範囲	5～90%(結露なきこと)
保護等級	IEC IP65
防爆規格	本質安全防爆: Exia CT4 取得予定
外形寸法	80 x 120 x 40mm

た方式でRDCアンテナの利得低下を抑え、更に、RSのアンテナ基板の誘電正接 \tan のアンテナ放射効率への影響を解析し⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾、携帯器ながら2mの通信距離を確保している。 \tan とアンテナ放射効率の計算結果を図6に示す。採用した基板材質の \tan は0.01で、 \tan が0.03の通常のガラスエポキシ基板(FR-4)を使用した場合と比較し、放射効率が約2倍に向上することが分かる。

4.2 本質安全防爆

本システムは化学プラントのような危険場所での使用を想定し、RDCとRSは本質安全防爆の取得を予定している。特に、RDCはマイクロ波回路が内蔵されているため消費電流が大きく、更に液晶のコントラスト用電圧も必要であるため、設計上、困難である。今回は各種電源をアイソレーションすることで解決した。

4.3 定周期計測機能

RSは、あらかじめ設定された周期でデータを計測する機能を持つ。設定はRDCからコマンドを送ることで行われる。この機能によって、巡回と巡回の間のデータを自動的に測定収集することが可能になる。

4.4 無線センサモジュールのバッテリー寿命

RSは、RDCからのアクセス時、もしくは定周期計測時以外はスリープ状態とすることで、1日10秒のアクセス、外気温25℃の使用条件で5年以上の長寿命を実現した。RSはセンサへの電源供給機能を持つ。RSに接続され

る専用センサも低消費電力設計されている。またバッテリーは回収交換可能として、可能な限りリサイクルできるように対応している。

5. システムの運用方法

図7にシステム構成図を示す。

5.1 無線センサモジュールの現場設置準備

RSの初期設定を行う。初期設定項目はタグ番号、センサの種類、上下限值、定周期計測の有無、演算処理方法等である。これらは、パーソナルコンピュータ(PC)上の専用ソフトウェアのビルダー機能を使って、容易に作成できる。作成した設定情報はRDCを使って無線でRSに書込まれる。初期設定が終わったRSを現場に設置する。

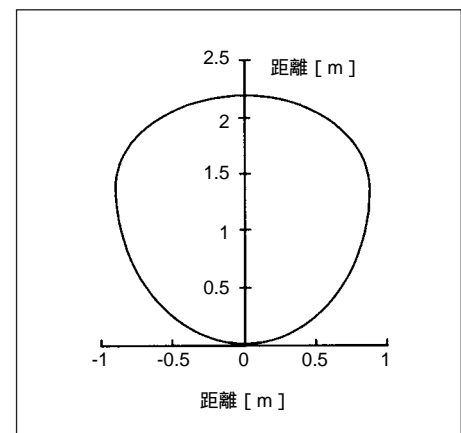
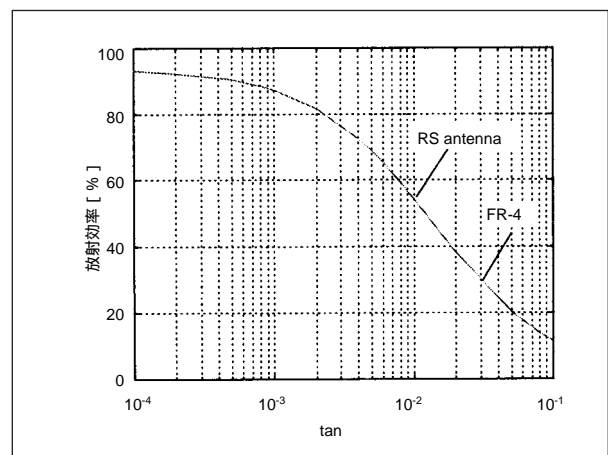


図5 通信エリア

図6 \tan の放射効率への影響

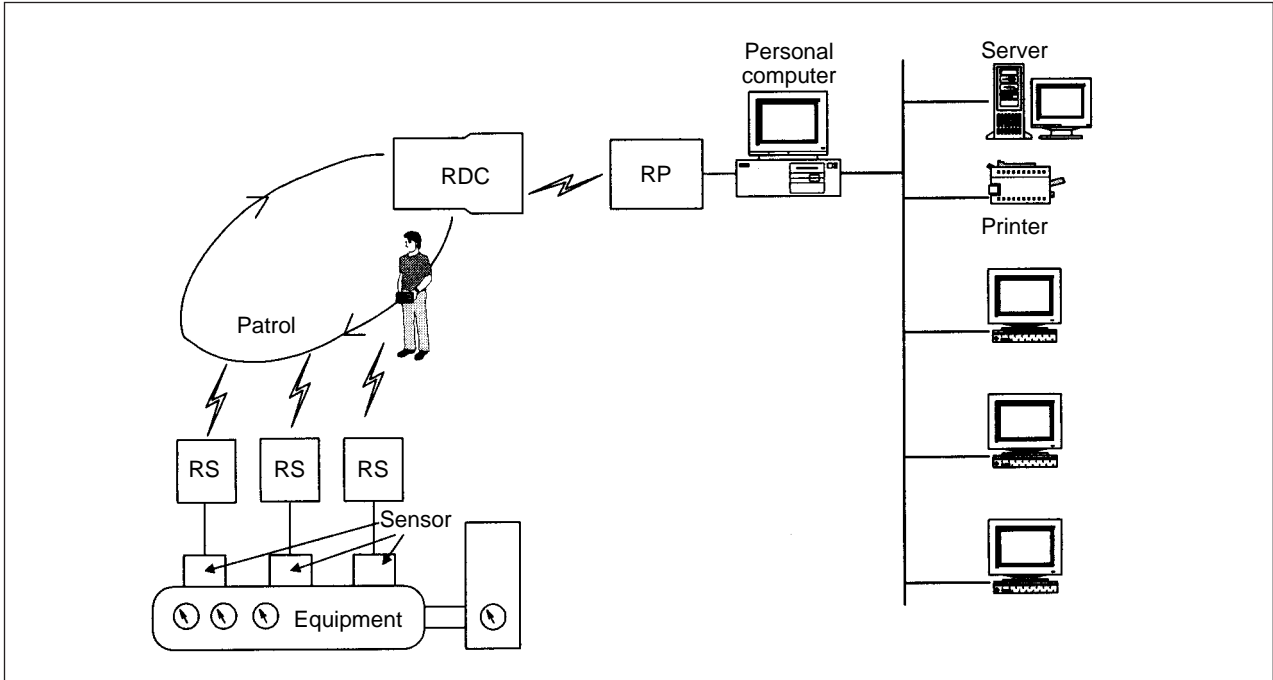


図7 システム構成

5.2 巡回時

巡回前にPCから巡回ルートデータをRDCにダウンロードし、巡回パトロールスタッフはルートデータに従って巡回する。データ測定ポイントでRDCからRSにコマンドを送信し、それに応答してRSはセンサデータをRDCに送信する。突発的な巡回の場合でも対応できるように、巡回ルートデータをダウンロードしていない場合でもデータ収集は可能である。

5.3 巡回後

収集したデータをPCにアップロードする。データはデータベースに保存されタグ番号ごとに管理される。必要に応じてデータトレンドグラフ表示画面でデータの傾向を管理し、日報作成作業を行う。

6. フィールドテスト結果

試作品⁷⁾を使って、数社でフィールドテストを行っているが、ここでは横河電機(株)本社工場のフィールドテスト状況を示す。97年2月に運用開始し、現在に至っている。巡回ルートデータに従ってデータを収集している。Patcertを使った巡回では、1週間に2~3回程度である。巡回と巡回の間は、定周期計測機能を使って自動計測を行い、補っている。センサの内訳は、振動センサ8点、圧力センサ5点、温度センサ5点、1~5VDC入力2点となっている。ポンプの振動データを図8に示す。4月末に運転を停止してオーバーホールを行い、運転再開している。興味あるトレンドグラフが得られている。また

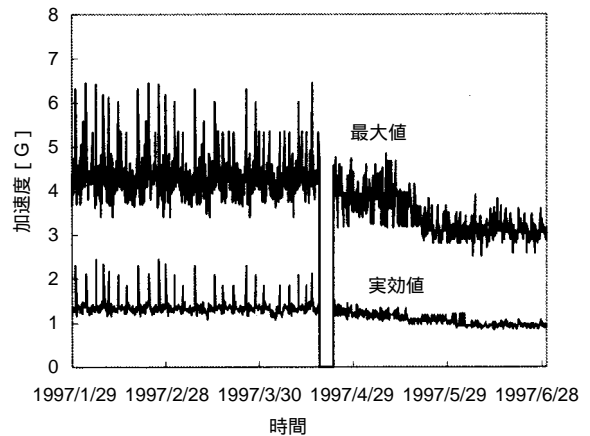


図8 ポンプ振動

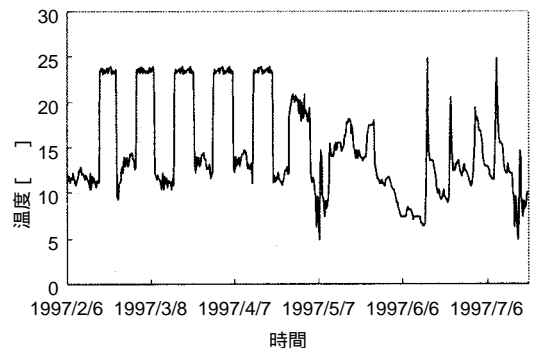


図9 空調機器シェル温度

図9に空調機器シェル温度の測定例を示す。4月中旬までは暖房運転が定期的に動作し、5月初旬から試運転を経て、冷房動作に切り替えた空調機のデータである。

7.むすび

無線式巡回点検システムPatcertを開発し、そのハードウェア概要、仕様、特性、フィールドテスト結果を報告した。本システムは今までにない巡回パトロール用ツールとして、広く認知され、巡回員の負荷軽減に大きく寄与していくと期待される。尚、本論文の内容の一部は、(財)製造科学技術センターが実施したIMS国際共同研究プログラムの研究開発で行われたものである。

参考文献

- (1) 永田,吉武,中馬,秋山."防爆型マイクロ波IDタグシステム". 横河技報, Vol. 38, No2, pp. 59-62, 1994
- (2) 永田,吉武,中馬,高井,秋山. スペクトラム拡散技術を応用した防爆型マイクロ波IDタグシステム - 電子情報通信学会春季大会, B-354, 1994年3月
- (3) 永田,吉武,高井,秋山."横河データキャリアシステム FD100 シリーズ". 横河技報, Vol. 40, No. 1, pp. 1-4, 1996
- (4) C. A. Balanis, "Antenna Theory", J. WILEY & SONS, INC., 1997.
- (5) K. R. CARVER, J. W. MINK, "Microstrip Antenna Technology", IEEE AP Vol. AP-29, No. 1, pp. 2-24, January 1981
- (6) Y. SUZUKI, T. CHIBA, "Designing Method of Microstrip Antenna Considering the Bandwidth", TRAN. of the IECE of JAPAN, VOL. E67, No.9, September 1984
- (7) 吉武, 関口, 竹内. 無線データ収集システム. 第36回計測自動制御学会学術講演会, 211A-5, 1997年7月