

超小型無線モジュールの研究開発

～用途に応じた通信プロトコルを実装できる無線モジュール～

清水 聡 菊池 典恭
奥山 和典 畑本 浩伸

近年、ZigBee^{®*1)}、Bluetooth^{®*2)}、RFID(Radio Frequency Identification)、UWB(Ultra Wide Band)といった比較的近距离で用いる通信方式が様々な商用システムで使われるようになってきた¹⁾。これらの通信方式は幅広く使われるように規格化されているため、特定顧客・特定用途においては、必ずしも適した方式とはならない。そこで特定顧客・特定用途に適応した方式(通信プロトコル)が実装できる超小型無線モジュールを開発した。本稿では、その機能・性能を説明するとともに、測定結果なども紹介する。

開発の目標

配線の無線化は、電話から進み、LANはもちろん、最近では電源においても研究開発が進められている。特に、電話、テレビ、LANといった、通信が動作の主体であり極めて汎用的なシステムは、無線化が早くから行われている。しかし、我々の周りには、まだまだ多くの配線が残っている。特定用途のシステムや通信が主体でないシステムは、無線化の検討がやっと進んできた、といった状況である。例えば、装置間の通信(M2M: Machine to Machine)や車車間通信(V2V: Vehicle to Vehicle)などは、最近になり大きなトピックとなってきた。

これらのシステムは、市場のボリュームがまだまだ小さいため、製品の単価を押し上げてしまうという課題がある。一方、最近では小型・低価格を求める要求が強くなっている。さらに、無線を扱った製品には、電波法、無線設備規則、ARIB標準規格など、守らなければならない法規がある。これらの矛盾する要求や利用条件を満足するため、共通のプラットフォームでありながら、ファームウェアの書き換えにより、様々な用途に応じて、異なる通信プロトコルが実装できる超小型無線モジュールの研究開発を進めてきた^{2) 3) 4)}。

一方で本無線モジュールの適用例についても検討を進めてきた。本無線モジュールはファームウェアを書き換えることにより様々な用途で使うことができる。既存の方式との差別化を図ることを念頭に置き、小型で比較的

近距离での通信を特長とする既存の無線規格について分析を行った。脚光を浴びているスマートメータなどの用途で使われようとしているZigBeeは、マルチホップ機能により中継通信が可能であるため、空間的に広がる多くの通信端末から情報を収集できる。ただし、短い周期(遅延)で情報を収集するような高速なデータ通信には向かない。BluetoothはノートPCや携帯電話などの比較的少ない通信端末間において高速なデータ通信を行う場合に使用される。これらの無線規格と明確に差別化するために、狭い空間に多くの通信端末が存在する状況において短い周期で情報を収集するアプリケーションをターゲットとした。端末の設置密度と遅延時間の関係を図1に示す。

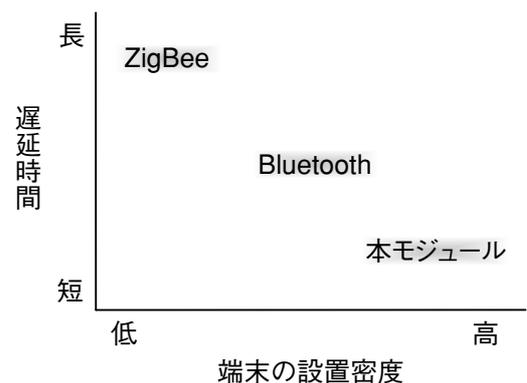


図1 各通信方式の比較

なお、ZigBeeやBluetoothは通信プロトコルとしては別なものであるが、ARIB標準規格としては無線LANなどと同じ「2.4GHz帯高度化小電力データ通信システム」に該当する。したがって本無線モジュールもARIB標準規格の通信諸元を満足しつつ、通信プロトコルは用途に応じて変更できるように設計を進めた。

基本無線モジュールの開発

端末の設置密度が高い状況を想定し、無線化する対象を機器内の配線と設定した。例えば、プリンタや自動販

*1) ZigBeeは、ZigBee Alliance, Inc.の登録商標です。 *2) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標です。

売機等の内部にあるセンサ間の配線が対象である。開発にあたり、メカトロ技術者を中心にヒアリングを行った結果、「機器内のように狭い空間に設置するために小さなサイズを実現し、100個のセンサ情報をそれぞれ1ms周期で収集する」ことができれば、かなり広い範囲で使える可能性があることが分かった。

ヒアリングの結果をもとに、最初に開発した基本無線モジュールの写真を図2に、諸元を表1に示す。

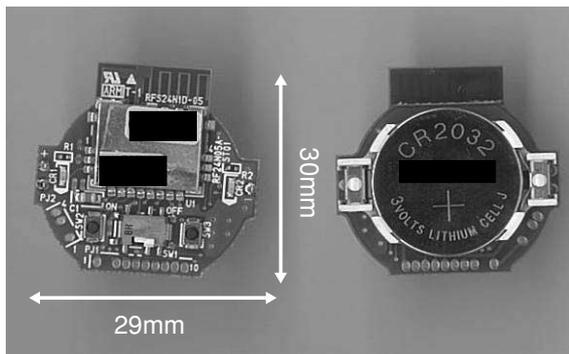


図2 基本無線モジュール

表1 基本無線モジュールの諸元

周波数	2.405GHz ~ 2.477GHz
伝送速度	250kbps、1Mbps、2Mbps
送信電力	0dBm、-6dBm、-12dBm、 -18dBm
変調方式	GFSK

基本無線モジュールはメモリを備えており、ファームウェアの書き換えによって、通信プロトコルを変更することができる。また、コイン電池により駆動し、大きさは切手サイズを実現した。なお、TELEC(財団法人テレコムエンジニアリングセンター)による技術基準適合証明も取得した。

次に、この基本無線モジュールを用いて自動販売機内の伝搬評価を行った⁵⁾。自動販売機の概観と測定ポイントを図3に示す。自動販売機の内部は缶を入れるスペースや制御部を除けば、ほとんどの部分が金属の板やメカから構成されている。測定ポイントは商品選択ボタンやセンサが設置された場所を中心に50箇所とした。その50箇所とアクセスポイント間の伝搬損失をネットワークアナライザにより測定した。結果を図4に示す。これによると、各測定ポイントとアクセスポイント間の伝搬損失は40~70dB程度となっているが、同じ測定ポイントであっても周波

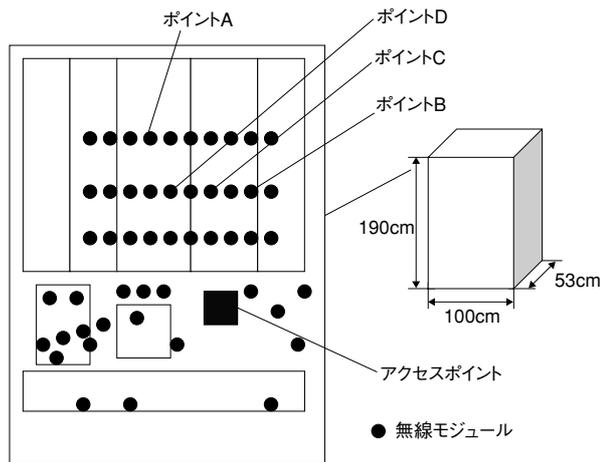


図3 自動販売機の測定ポイント

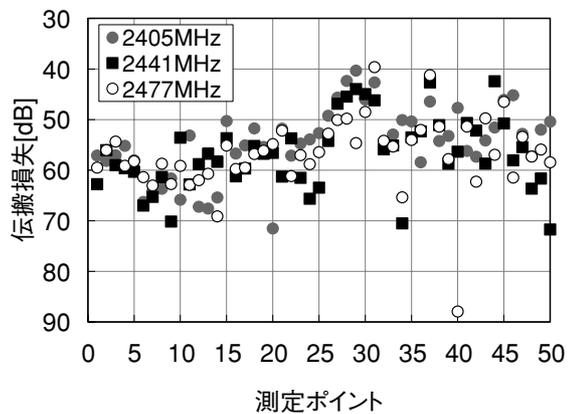


図4 自動販売機の伝搬損失

数によって伝搬損失が大きく異なる場合があることが分かる。これは、自動販売機内では強力なマルチパスが存在し、受信電力は大きく変動することになるが、その干渉状態は電波の位相(周波数)によって異なるためである。

さらに測定ポイントの中からA~Dの4箇所を選び、周波数ごとのパケット誤り率を求めた。本測定の時点では、図2に示した無線モジュールの開発作業を平行して進めていたため、図4に示した伝搬損失と、表1に示した無線モジュールの諸元から計算機シミュレーションによりパケット誤り率を算出した。なお、パケット長は81bitとした。結果を図5(次ページ)に示す。この結果からも、同じ測定ポイントであっても周波数によって大きくパケット誤り率が異なることが分かる。つまり、パケット誤り率を低減させるためには、無線モジュールごとに適

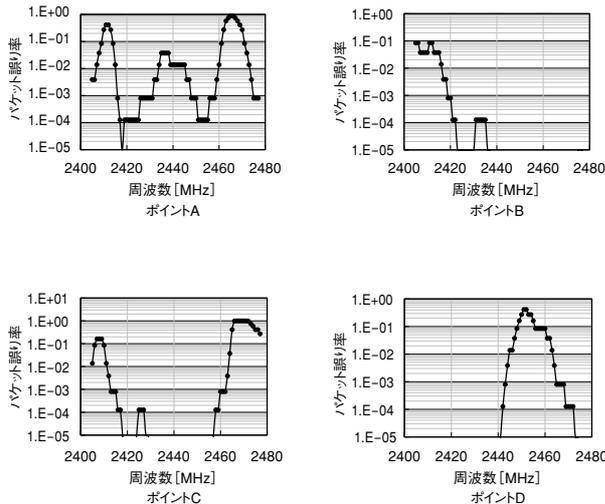


図5 各測定ポイントにおける周波数ごとのパケット誤り率

切な周波数を割当てる必要があるということになる。ここでは仮にパケット誤り率の目標値を 10^{-4} 以下と設定した場合、適切な周波数を割当てることにより、A~Dの全てのポイントで目標値を達成できることを確認した。もちろん、図2に示した基本無線モジュールは、周波数割当アルゴリズムを実装し動作させることも可能である。

センサ通信用無線モジュールの開発

基本無線モジュールの測定結果により、利用する周波数を適切に割当てることができれば、特性としては問題ないことが確認できたため、次に、インターフェースとしてセンサの入出力ポートを備え、かつ伝送品質向上のため外部アンテナを接続できるセンサ通信用無線モジュールの開発を進めた⁶⁾。その写真を写真1に示す。左側が無線モジュールで右側が専用のアンテナである。いずれもサ

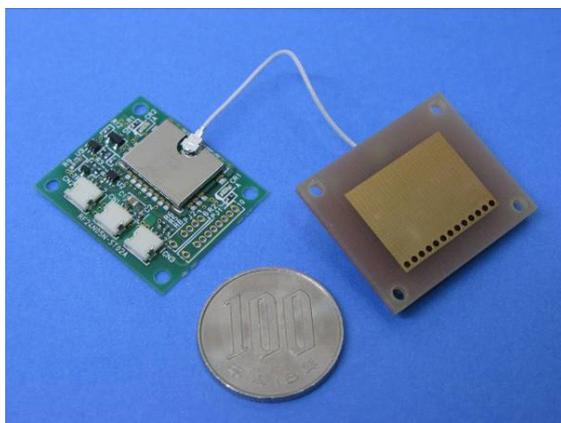


写真1 センサ・外部アンテナが接続可能な無線モジュール

イズは25mm×30mmとなっている。無線モジュールにある3つのコネクタのうち、2つはセンサの入出力ポート用であり、残りが電源用である。初期設定時の作業を容易にするため、センサの感度調節なども無線を介して行うことができる。またアンテナは、設置の周囲に金属があっても特性が劣化しにくくなるように配慮し、特別な設計を行った。

既に、この無線モジュールを100個準備し、各無線モジュールから1ms周期でセンサ情報が収集できることも確認済みである。なお、通信に関わる諸元は表1に示したものと同一である。

超小型無線モジュールの開発

機能、性能を維持しつつ、さらなる小型化を進め、写真1のセンサ通信用無線モジュールに対して1/3の面積となる超小型無線モジュールも開発済みである。その写真を写真2に示す。サイズは9mm×27mmで、通信諸元は表1と同じである。接続できる入出力ポートを1つに限定したが、それ以外の機能は写真1のセンサ通信用無線モジュールと同じである。既に、これに合わせたアンテナも設計・製造済みであり、今後、評価を進めていく予定である。

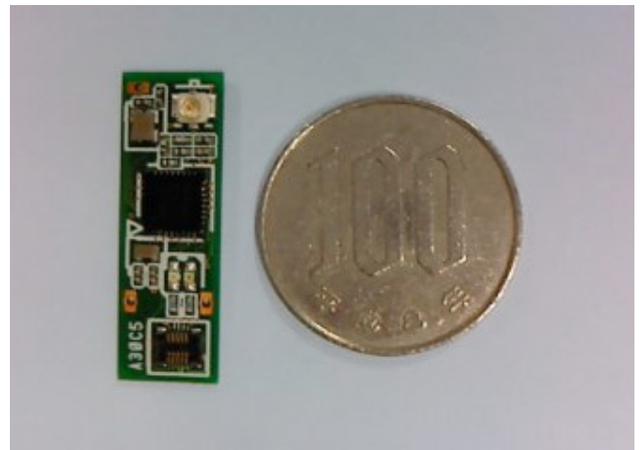


写真2 超小型無線モジュール

まとめ

共通のプラットフォームでありながら、ファームウェアの書き換えにより、様々な用途に応じて、異なる通信プロトコルが実装できる超小型無線モジュールを開発した。既存の通信方式との差別化ができるよう目標とする機能・性能を定め、現時点で9mm×27mmのサイズを実現し、

更に100個のセンサ情報を1ms周期で収集できる評価システムを構築した。適用例の1つとして自動販売機内の配線の無線化について検討を進め、筐体内の50箇所の測定ポイントにおけるパケット誤り率を求めた結果、各測定ポイントにより周波数ごとのパケット誤り率は大きく変わる場合があるが、それぞれに周波数を適切に割当てることで、目標値とするパケット誤り率 10^{-4} 以下を達成する可能性があることを確認した。今後は、商品化に向けて開発を加速していく。

奥山和典 : Kazunori Okuyama. 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部
畑本浩伸 : Hironobu Hatamoto. 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部

謝 辞

本開発の一部は、総務省ICT グリーンイノベーション推進事業（PREDICT）の委託研究「ICT 機器内ハーネスのワイヤレス化の研究開発」により実施した。本研究を進めるにあたり、伝搬路の測定・解析を中心にご協力いただきました株式会社国際電気通信基礎技術研究所波動工学研究所各位に感謝します。 ◆◆

参考文献

- 1) 松原晃久, 市川達也, 富木淳史, 戸田知朗, 小林岳彦: 「バス無線化のための衛星構体内UWB電波伝搬の実験的評価」, 電子情報通信学会技術報告, Vol.109, No.181, pp.9-14, 2009年
- 2) 清水聡, 菊池典恭, 奥山和典, 徳田清仁, 滝澤家信, 宮下徹: 「ICT 機器内無線ハーネスのための通信プロトコルの基礎検討」, 2010年電子情報通信学会総合大会, B-5-183, 2010年
- 3) 畑本浩伸, 菊池典恭, 奥山和典, 中林昭一, 清水聡, 宮下徹, 滝澤家信: 「狭小かつ複雑な空間における無線伝送特性に関する一検討」, 電子情報通信学会技術報告, Vol.110, No.340, pp.215-220, 2010年
- 4) 菊池典恭, 畑本浩伸, 奥山和典, 中林昭一, 清水聡, 宮下徹, 滝澤家信: 「狭小かつ複雑な空間における無線通信システムのMACプロトコルに関する一検討」, 電子情報通信学会技術報告, Vol.110, No.377, pp.149-154, 2011年
- 5) 北沢祥一, 大平昌敬, 馬場隆行, 伴弘司, 上羽正純: 「ICT機器内の狭空間における電波伝搬の解明」, 電子情報通信学会技術報告, Vol.110, No.75, AP2010-32, pp.1-6, 2010年
- 6) OKIプレスリリース2011(2011年11月)
ATRとOKI、ICT機器内用に適した多元接続無線通信技術を開発
<http://www.oki.com/jp/press/2011/11/z11076.html>

筆者紹介

清水聡 : Satoru Shimizu. 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部
菊池典恭 : Noriyasu Kikuchi. 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部