

UHF帯RFIDタグ一括読み書き技術

Data Read/Write Technology for UHF Multiple RFID Tags

あらまし

860～960 MHzの帯域を使用するパッシブ型UHF帯RFIDタグは、13.56 MHzや2.45 GHzのようなほかの周波数帯のRFIDタグと比較して広い通信エリアを持つことが特長である。そのため、物流・製造をはじめSCMにおいて普及が期待されている。一方、市場への普及を促すためには、RFIDタグとの確実なデータのやり取りが不可欠である。今回、多数のRFIDタグに対しデータの読み書きの確度を向上させる技術を開発した。タグには書き込み性能に優れた富士通製FRAM内蔵RFID用LSI（ISO/IEC 18000-6 Type B準拠）を搭載した。赤外線センサによる位置検出を併用したID検出とデータ読み書きを最適化するミドルウェア技術の開発を行い、1 m/sで移動するタグ100枚に対して、1枚あたり、99.999%以上の成功率でデータの読み書きができることを確認した。本稿では、多数のタグデータを読み書きする際の課題と開発した技術の概要について記述する。

Abstract

Passive RFID tags operating in the 860 to 960 MHz UHF band have a wider communication area than those operating in other frequency bands, which makes them particularly useful in supply chain management (SCM) applications. To extend the RFID market, accurate data communication with RFID tags is indispensable. We have therefore developed a read/write technology that improves the precision of reading and writing from and to multiple RFID tags. Using this technology, we have developed a data reading and writing system that can communicate with 100 tags moving at 1 m/s with a read/write success rate of 99.999% or more. The system uses a high write-performance FRAM RFID LSI made by Fujitsu and the protocol conforms to ISO/IEC 18000-6 Type B. This paper describes the read/write technology we developed.



馬庭 透(まにわ とおる)
ネットワークシステム研究所先端ワイヤレス研究部 所属
現在、RFIDの通信方式・アンテナ・伝搬に関する研究・開発に従事。



菅野博靖(すがの ひろやす)
パーソナルシステム研究センター 所属
現在、RFIDミドルウェアの研究・開発に従事。



加藤 貢(かとう みつぐ)
ビジネスインキュベーション本部 開発部 所属
現在、RFIDシステムの企画・開発に従事。

ま え が き

RFID (Radio Frequency Identification) は、物品に取り付けられたタグの情報に無線を利用してアクセスする技術である。RFIDタグは1 mm角程度のRFID LSIとフィルム状のアンテナから構成され、パッシブ型は電池を持たずデータアクセス用の電波を整流して電源とする。このように非常に簡単な構成であるため安価に大量生産でき、無線を利用するので外から見えない物品の情報も読み取ることができる。その中でもUHF (Ultra-High Frequency: 極超短波) 帯RFIDタグはほかの周波数のものよりも読み取り距離が数メートルと長く範囲も広いので、例えばパレット上の複数のケースや商品に貼った多くのタグをゲート通過時に自動的に読み取ることで作業効率を向上させることができる。また、商品のトレーサビリティが実現でき、物流分野でのSCM (Supply Chain Management) など大きな効果が上がると期待されている。

UHF帯RFIDは2005年4月に952～954 MHzが構内無線局として日本国内でも利用可能になった。その後、2006年1月の総務省令改正により、共用化技術の導入と955 MHzまでの特定小電力型利用が認められ、RFIDへの本格的な導入が開始されつつある。その一方で、反射や干渉など無線特有のデータ読み取りの不確実性によって、想定した自動化や作業効率向上が実現しにくい問題がある。本格的なRFIDの普及のためには、信頼性の高いデータの読み書き技術が不可欠であり、とくに移動する多数のRFIDタグに対して、確実にデータを読み書きできる技術が重要である。

本稿では、タグの重複処理回避と赤外線センサ連動のミドルウェアを適用したRFID制御技術開発、実験の概要、今後の展望について述べる。

RFIDの物流応用モデル

UHF帯RFIDが利用可能になってから、入出庫管理のような物流現場での実証実験や実システムへの導入例が増えている。富士通でも、2006年5月24日から那須工場と同工場に部品を供給する小山工場との間でUHF帯RFIDを用いた部品入出荷管理システムを稼働させている。これまでの導入例の多くはRFIDのID情報だけを無線装置 { リーダライタ (以

下、R/W)} で読み取り、ID情報をサーバに送り、物品のデータを照会する方式を取っている。しかし、RFIDタグにデータを書き込むことができれば、つぎのような利点により、効率的な運用を行うことができる。

- (1) オフライン環境でのリアルタイム処理実現
- (2) サーバ・ネットワーク負荷軽減
- (3) 上位システム間の連携不要により短期導入可能

当然のことながら、効率的な処理のためには、移動しながらRFIDタグのデータを処理することも要求されている。著者らは、そのような要求を満足しつつ、RFID普及のための確実なデータ読み書きを実証するために、モデルケースを設定して実験を行った。モデルとして折畳みコンテナの貸出管理ソリューションを想定した。移動する複数の折畳みコンテナのそれぞれにタグを貼り、タグから貸出管理のための必要な情報を読み取り、通過ゲート情報を書き込むという状況を設定し、実験の具体的な条件を設定した。実験の詳細は以下のとおりである。まず、RFIDタグには書き込み特性に優れる富士通製のFRAM内蔵RFID LSI⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾を実装したものを利用した。方式はISO/IEC 18000-6 Type Bである。処理するメモリデータの内容は読み取りで8バイト、書き込みに4バイトである。読み取るタグの枚数は、共用化方式省令下での送信時間4秒内で処理できることを考慮し、100枚と設定した。移動する速度は、人が歩く程度を想定し1 m/sと設定した。タグは厚さ4.65 cm弱の折畳みコンテナに取り付け、折畳みコンテナの搭載は25枚ずつ、四つの山に分け、間隔2 mのゲート間を台車に載せて移動させることにした。その概要を図-1に示す。

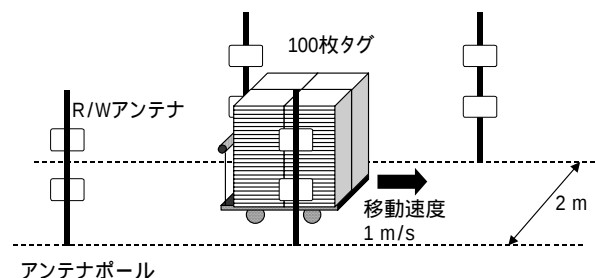


図-1 モデルケースの概要
Fig.1-Outline of model case.

移動タグにおける課題

図-2は、図-1を上から見た例で、R/WアンテナでRFIDタグにアクセスすることができる通信範囲を示している。一つのR/Wアンテナがカバーする範囲は限られているため、タグが移動した場合、送信するR/Wアンテナを切り換えて追尾する必要がある。R/Wアンテナ切換え時にはR/WからR/Wアンテナへ送られる電波が一時途切れる。RFID LSIはR/Wアンテナから照射される電波を整流することにより電源を作り出しているため、R/Wからの送信が途切れるとRFID LSIの電源がオフとなるのが一つの課題である。また、床や壁からの電波の反射も考慮しなければならない。図-3はFDTD (Finite Difference Time Domain) 法で室内の電界分布を計算した例であるが、反射のため電波が弱い箇所（色が薄い箇所）が発生する。その部分をタグが通過した場合にもRFID LSIの電源がオフとなる。

タグの重複処理回避

電源がオフになると、データ処理がどこまで進んだかといったRFID LSIの内部状態の保持が失われてしまう。その後、再度RFID LSIの電源がオンになっても、データ処理の進捗状態が失われているので、R/Wからタグ検出コマンドが発行されると同じタグが何度も重複して検出される。同じタグが重複して検出されると、無駄な処理が発生して非効率になる。さらに電波の強い箇所にあるタグが検出されやすいため、電波の弱い部分にあるタグの応答がR/Wアンテナ通過の時間内に検出されずに、結果的にタグの情報が読めなくなることがある。実験を繰

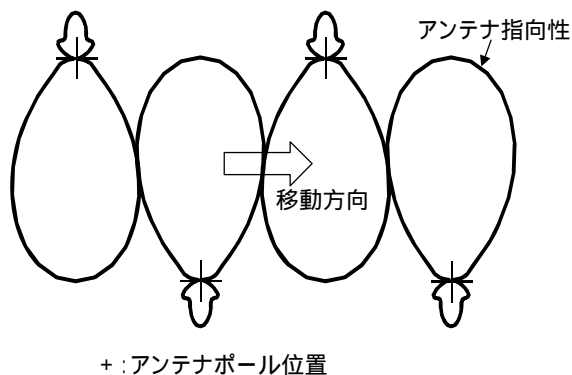


図-2 通信範囲の例

Fig.2-Example of communication area.

り返した結果、重複検出がある場合、読み取り率は90%程度に低下してしまうことが分かった。

ISO/IEC 18000-6 Type B, Cの両規格ともに処理フラグというメモリ機能があり、処理が終了したタグはフラグに目印となるビットを立て、RFID LSIの電源が切れた場合でもその内部状態を一定時間（数秒程度）保持することになっている。しかし、これらの規格ではIDデータ読み取りの場合にフラグを使用する仕様となっており、ID以外のデータ読み取りやデータ書き込みの処理状態を示すことは規定されていない。現在、市販されている多くのISO/IEC 18000-6 Type C方式のRFID LSIのように、ID読み取りだけの単機能な場合はこの規格に沿った形でシステム設計すればよいが、確実なデータの読み書きを行うためには、何らかの新しい手法を用いて全体処理の終了情報を維持する必要がある。

そこで、読み書きが確実に終わったタグを判別するために、ID検出、データ読み込み、データ書き込みのすべてが終了したタグに対して処理終了を示すデータを書き込むようにR/Wのファームウェアとミドルウェアを改良して、フラグを利用しない新しいタグの重複処理回避方式を導入した。タグ検出時にはISO/IEC 18000-6 Type Bタグが持つグループ選択コマンドを用いて、処理終了データの情報を基に処理が終了していないタグのみを選別し検出する。このようにすることでタグ検出・読み書きを含めたタグの重複処理を抑制することができ、処理性能を大幅に向上することが可能となった。

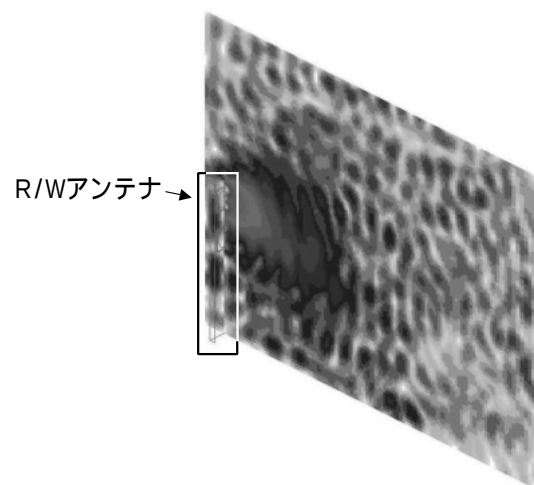


図-3 R/Wアンテナからの電界分布の例

Fig.3-Example of electric field from R/W antenna.

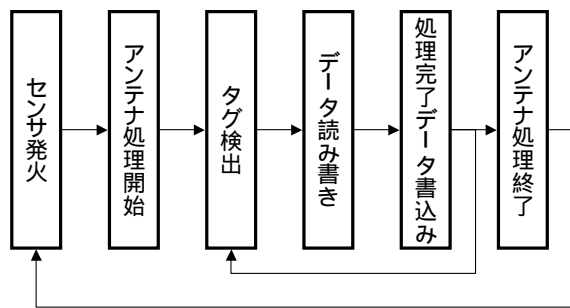


図-4 処理フロー
Fig.4-Processing flow.

R/Wアンテナ・コマンド制御

移動するタグを時間内で処理できなければR/Wアンテナの通信範囲を通過してしまう。そのため、適切なR/Wアンテナ配置とコマンド実行タイミングの制御が必要となる。著者らは配置されたR/Wアンテナの通信範囲を最大限有効に利用するため、赤外線センサとセンサ情報を利用してR/Wを制御するミドルウェアから成るシステムを開発してコマンド実行タイミング制御を行った。アンテナポールごとに赤外線センサを配置し、R/Wアンテナ通信範囲への突入と移動速度を検出することで各R/Wアンテナに対する切替えコマンド発行のタイミングを制御する。以上のタグ重複処理回避を含めた処理フローを図-4に示す。

これらの開発技術をR/Wとミドルウェアに反映し、各パラメタの最適化を行った。その結果、想定したモデルケースで1000回のゲート通過実験を行い1度のミスもなくデータが読み書きできることを確認した。

む す び

実運用では一度の読み書きミスが作業効率に大きな影響を与える。そのため高精度に読み書きができるシステムの技術開発が果たす役割は大きい。著者らのグループで開発した技術は、移動する100枚のタグのほぼ100%の読み書きを可能にした。本技術開発は、運用におけるゲート設置条件や運用条件の制限を大幅に軽減することを可能にしている。本技術は、誰でも簡単に高精度な読み書きを行うアプリケーション開発が可能のように最新の富士通製のロングレンジR/WやRFIDミドルウェアに組み込まれている。本稿で述べた一括読み書き技術は、あるモデルケースを想定した実証実験の結果を述べたものだが、この結果を応用したシステム導入をサポートし、黎明期にあるUHF帯RFIDの普及を推進していくつもりである。

参 考 文 献

- (1) 植竹光夫ほか：RFIDタグ/スマートカード用LSIチップ．*FUJITSU*，Vol.55，No.4，p.347-352 (2004)．
- (2) 梶井昇一ほか：RFIDシステムにおける高速処理技術．*FUJITSU*，Vol.56，No.4，p.326-332 (2005)．
- (3) H. Nakamoto et al. : A Passive UHF RFID Tag LSI with 36.6% Efficiency CMOS-Only Rectifier and Current-Mode Demodulator in 0.35 μm FeRAM Technology . *IEEE ISSCC Dig. Tech. Papers* , p.1201-1210 (2006) .
- (4) H. Nakamoto et al. : A Passive UHF RF Identification CMOS Tag IC Using Ferroelectric RAM in 0.35- μm Technology . *IEEE Journal of Solid-State Circuits* , Vol.42 , No.1 , p.101-110 (January 2007) .