RF-ID 用超小型無線チップ技術の研究開発 (042101001)

Research on ultra small antenna technique for RFID

日景 隆 北海道大学 大学院情報科学研究科
Takashi Hikage Graduate school of Information Science and Technology, Hokkaido University

研究期間 平成 16 年度～平成 17 年度

概要

従来の小型 RF-ID 用アンテナは利得が非常に小さく、送受信可能距離は数 cm 程度である。本研究では第一に、超小型アンテナの利得を改善する新技術の開発を行う。無線タグには利用する周波数帯域が複数あるため、任意の周波数帯に適用可能な高効率化技術の開発を目指す。励振位相をアクティブデバイスにより制御することにより、高信頼な送受信を実現する無線チップの基礎技術開発を行った。第二に、実利用環境下におけるタグの電波伝搬環境の定量的評価を目的とし、大規模電磁界シミュレーションツールを開発した。多重波が存在する干渉環境内の場合、アンテナ近傍に存在する人体あるいは食品等損失性媒質が送受信特性に及ぼす影響について定量的評価を行った。

Abstract

In this study, a new technology that can improve the gain of very small-sized antenna for RFID tags is developed. By tuning the parameters of active devices imbedded on meander line antenna elements, antenna surface currents are controlled to achieve high efficiency radiation characteristics and reliable wireless communication between tag and RFID Reader/Writer antenna. Furthermore, a large-scale numerical analysis method is developed to estimate the electromagnetic field distributions due to RFID antenna. It can treat high lossy materials such as the human body. The accurate and reliable estimation of EMF in practical environments is very important for RFID antenna design.

１．まえがき

ユビキタス環境を実現する主要技術の一つとして無線タグあるいは RFID(Radio Frequency Identification)が注目されている。RFID はバーコードと同じようにタグと読取機械で構成され、無線経由で自動的にタグデータの読取を行う技術である。

対象物に取り付けられるタグは、IC チップとアンテナから構成され、小型化によりあらゆる物に添付することが可能となる。また、インターネット等のネットワークを活用することにより時間・場所を問わず利用可能になることから、広汎な分野への応用が期待されている。

適用事例として、商品管理の効率化、セキュリティ技術、リサイクル管理等への応用が挙げられ、現在のライフスタイルを劇的に変える可能性を有する技術である。

このように、超小型無線チップ技術は今後の IT 産業に革命的な発展をもたらし得る高い将来性を持つが、成功の鍵はタグの高効率化・小型化の達成にある。

RFID チップの従来型アンテナは、ループあるいはコイル状の大きな寸法のものであるか、あるいは小型であっても利得が非常に小さいと推定されるものである。

そこで本研究では第一に、超小型アンテナの利得を 10dB 以上改善する新技術の基礎検討を行う。送受信周波数と同程度の速度で動作する高速スイッチングデバイスを用いることにより、波長比 30 分の 1 程度の寸法まで小型化した高効率アンテナの開発を目指す。アンテナパラメータの設計および最適化について検討する。また、無線タグには、利用する周波数帯域が複数あり、それぞれに特徴がある。そのため、任意の周波数帯に適用可能な広帯域・高利得アンテナ技術の開発を目標とする。

第二に、RFID の実利用時における電波伝搬特性を精度よく推定・評価するためのシミュレーションツールの開発および特性評価を行う。RFID タグとリーダ／ライタが設置される環境は多くの場合、近傍の物体や壁等からの反射波が存在する複雑な多重波環境である。RFID は小型化と通信可能距離の確保が両立することによって広汎な分野への応用が期待される。実利用環境下における伝播特性の定量的評価は RFID アンテナ開発において非常に重要である。さらに、人体あるいは食品等に RFID が貼付された場合において高含水材料が送信特性に及ぼす影響を計算機シミュレーションにより定量的に評価し、特性劣化の少ないアンテナ開発のための基礎データを取得する。

高含水材料に近接して設置された場合、アンテナ利得は大きく低下することが知られており、これは将来 RF-ID に用いる周波数が高くなるほど顕著になる。そこで、電磁界シミュレーションにより近接高含水材料の送信アンテナ特性への影響を明らかにする。

RFID の適用範囲は今後さらに広がっていくことが予想され、廉価なパッシブタグに加え、高機能かつ高性能な小型アクティブタグの開発が求められている。アクティブタグはそれ自身に電池を内蔵するため、センサーを内蔵する等の高機能化が実現でき、長距離通信が可能である。そこでは、電磁環境適合性も重要である。

２．研究内容及び成果

RFID 用超小型無線チップ実現の基礎となる高効率小型アンテナ技術および実利用環境下におけるタグとリーダ／ライタ間の伝播特性評価法確立を目的として、以下の項目について検討を行った。

- RFID 用小型アンテナ素子の検討：地板付メアンダラインアンテナ(MDA)の検討、電流制御技術の検討、3 次元アレーアンテナの特性評価、平面型エネルギー密度アンテナの基礎検討
- RFID の伝搬特性解析手法の確立：大規模電磁界解析を用いた干渉空間内伝播特性の定量的評価法、損失媒質の影響評価

2.1 RFID 用小型アンテナ素子の検討

メアンダ線路の中途に配置したアクティブ素子により

放射電磁界を制御し、RFID タグアンテナの小型化および高効率化を実現する方法について検討した。動作周波数は 2.45GHz とした。基本素子として用いる背面地板付 MDA 素子の設計を行った(図 1)。FDTD 法を用いた計算機シミュレーションによるアンテナパラメータの設計及び特性評価を行い、測定結果との比較から解析結果の妥当性を確認するとともにアンテナ特性データを取得した。アクティブ素子の効果について解析的な検討を行った。

タグとリーダ／ライタが通信を行う環境は多くの場合屋内であり、その伝播環境は複雑な多重波環境である。さらに、固定されたリーダ/ライタと移動するタグ間での通信は、RFID の最も多い適用領域である物品管理において一般的な使用形態である。そこで、本研究で検討した地板付 MDA の背面にスロットを付加し、電界及び磁界両方を受信可能な平面型エネルギー密度アンテナを構成するための基礎的な検討を行った。本構成は、スロット位置の調整によりインピーダンス整合は実現しやすい一方で、MDA とスロット間の結合が大きい。スロットパラメータ等の詳細な検討と小型化が今後の課題である。

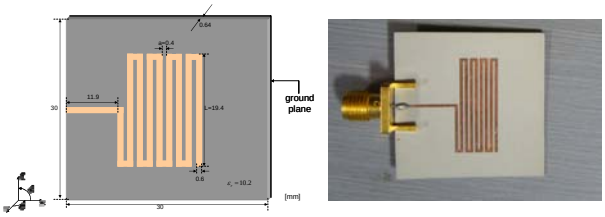

図 1　RFID 用 MDA の解析モデルと試作例

2.2　RFID の伝搬特性解析手法の確立

RFID とリーダ/ライタ間の通信を効率的に利用する上で重要な要因は伝搬現象の性質であり、特に金属による散乱体や壁の存在する屋内空間においては複雑な多重波が存在する伝播環境となり、複雑な定在波パターンを生ずる。さらに、食品等に RF-ID が貼付された場合において高含水材料が送信特性に及ぼす影響などを含めた定量的評価が必要である。RFID のタグと読み取り器間の周囲環境も含めた伝搬特性の評価を行う場合、波長に比較して取り扱う解析領域が非常に大きくなり主記憶容量の制限あるいは計算時間等から PC では実行が困難である。そこで、大型計算機を利用した並列演算手法を FDTD 法に適用し、アンテナを含めた閉空間電波伝搬解析手法を確立した。

図 2 に大規模電磁界解析の適用例を示す。ここで開発した電磁界解析プログラムは複数の CPU ノードを同時に利用した並列演算により、アクティブアンテナあるいは微細構造を有するアンテナ等より多くの計算機資源を必要とする解析でも、高速かつ高精度な推定が可能である。

図 3 に示すように、詳細な空間分解能を有するデータから算出したヒストグラムを用いることにより、人体等が複数存在する環境下での RFID 利用を考慮した送信特性評価およびタグ近傍におかれた高含水性材料が通信特性に与える影響を定量的に評価可能となった。

さらに、アンテナ背面に，金属壁，高含水性媒質および人体が近接して存在する場合の特性変化を 2.1 において開発した地板付 MDA を用いて評価した。高含水性媒質については実際に媒質の誘電率および導電率を測定し、解析および実験により特性変化を評価した。

現在、RFID の導入範囲が広がるにしたがい医療機器等への干渉影響が懸念されているが、本解析プログラムにより RFID タグおよび読み取り器の電磁環境適合性評価ならびに最適配置設計等を行うことが可能である。

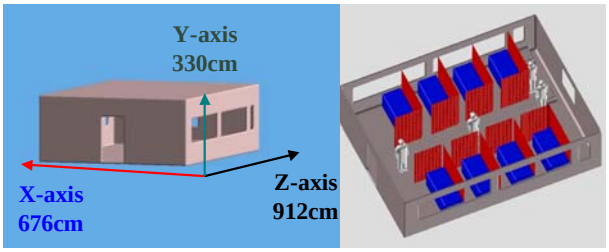

図 2　RFID 利用空間の解析モデル

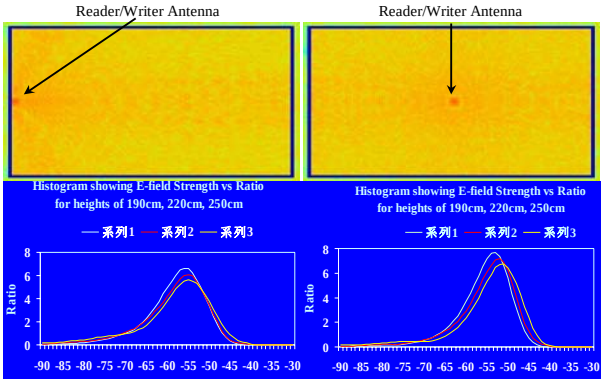

図 3　空間内放射特性評価結果例

3．むすび

RFID 用超小型無線チップ実現の基礎となる高効率小型アンテナ技術として、地板付メアンダラインアンテナ(MDA)の検討、電流制御技術の検討、3 次元アレーアンテナの特性評価、平面型エネルギー密度アンテナの基礎検討を行った。さらに、実利用環境下におけるタグとリーダ／ライタ間の伝播特性評価法確立を目的とし、大規模電磁界解析を用いた干渉空間内伝播特性の定量的評価、損失媒質の影響評価を行った。

【誌上発表リスト】

[1] 日景 隆，鷲見勇紀，野島俊雄，大宮学，“準閉空間内電波伝搬の FDTD 解析”、2005 年電子情報通信学会総合大会（2005 年 3 月 21 日）

[2] 河野太一、川原悠輔、 日景隆、 野島俊雄、”地板を有するミアンダラインアンテナの基本特性”、電子情報通信学会ソサエティ大会（2005 年 9 月 23 日）

[3] T. Hikage, T. Nagae, T. Nojima, M. Omiya and K. Itoh、"Design of Rectenna for 5.8 GHz space solar power satellite based upon FDTD analysis"、XXVIIIth URSI General Assembly（2005 年 10 月 25 日）

他 8 編