RFID リーダの技術と課題

The Subject and Technology of Radio Frequency Identification (RFID) Readers

荒井雅行[†]
Masayuki Arai[†]

Summary

RFID の技術には、人や物に付けて利用する非接触 IC カードや無線 IC タグと呼ばれる媒体と、それと電氣的に無線通信を行い情報のやり取りを行うリーダユニットがある。また、周波数帯に関しては、RFID を運用するアプリケーションによって LF (Low Frequency) 帯、HF (High Frequency) 帯、UHF (Ultra High Frequency) 帯が用いられている。ここでは、Suica[®]、PASMO[®]などで利用されている HF 帯 13.56 MHz と、今後普及が期待される UHF 帯 950 MHz について、特にリーダ側の技術と課題について解説する。

Key words

RFID, 無線 IC タグ, 非接触 IC カード, リーダライタ

1. ま え が き

RFID 技術は、日本の過去 20 年を見ると、まず、周波数 LF 帯による動物管理、FA (Factory Automation) 分野で応用されてきた。現在でも、パレット (Pallet) 管理、遊戯場関係ではスキー場のリフト券管理、ゲーム機器等に多く使用されている。

HF 帯の 13.56 MHz については、1999 年に ISO/IEC-14443 TypeA 規格対応のプリペイドカードとして IC テレホンカードが登場し、国際的にも普及している。また、近接型 IC カード「Mifare[®]」として非接触入退出カード等にも使用され、近年では成人識別としてタバコ自動販売機に導入された taspo カードに利用されている。更に、2001 年には公共交通機関の自動改札機とし

ての Suica[®] システムが導入され、近接型 IC カード「Felica[®]」については NFC (Near Field Communication) 規格として ISO (International Standard Organization) に提案され、現在では ISO/IEC-18092 として規格化されている。このほかの規格として、ISO/IEC-14443 Type B 規格については、住民基本台帳カードやパスポート、免許証 IC カードなどに使用され、国内外の非接触 IC カードとして多く使用されている。一方、物品に貼り付け管理する無線 IC タグとして ISO/IEC-18000-3 Model 1 と同規格の近傍型規格の ISO/IEC-15693 があり、多くは物流・流通管理のタグとして使用されている。

UHF 帯については、パッシブ型 (無電池) の 950 MHz 帯が、2005 年 4 月に電波法省令改正により 952 ~ 954 MHz での高出力型の無線 IC タグの利用が可能になった。非営利法人の EPCglobal (RFID 国際標準化推進団体) が ISO に提案した「EPCglobal C1G2」規格が ISO/IEC-18000-6C [1] として国際標準化されたことと、タグ単価の低価格化と長距離一括読取り性能の向上により、UHF 帯 RFID の普及が期待されている。更に、2008 年 5 月 29 日の電波法省令改正により、低出力タイプの 950 MHz 帯アクティブ型も許可され、アクティブ型無線 IC タグやセミアクティブ (またはセミパッシブ) 型として用途が広がっている。一方で、950 MHz 帯近傍磁界の磁界結合「Inductance coupling」で動作させる近磁界型商品タグ「Near Field Item Level Tag」も開発されており、その性能評価も今後期待される。

以上の RFID システムの概要について図 1 にまとめる。無線 IC タグには、磁界で動作するものと電界で動作するものに大別される。125 ~ 135 kHz 帯や 13.56 MHz 帯はコイル同士の磁界結合で動作する電磁誘導方式であり、433 MHz、950 MHz、2.45 GHz 帯は電界による電磁波を利用して通信動作する電波方式が主流である。

[†] 東京計器株式会社, 東京都
Tokyo Keiki Inc., Tokyo, 144-8551 Japan

図1 RFIDシステム概要

以上述べたように、HF 帯 RFID の利用は、既に 10 年近く経ち、現在、専用端末からマルチリーダ端末としての利用に移行している。本論文では、ISO/IEC の各種規格に対応した HF 帯リーダのエアインタフェースの概要及び通信動作について解説する。また、今後利用拡大が期待される UHF 帯 RFID についても、その通信技術と、リーダの送受信回路の概要、構成について解説する。その中で、干渉等の技術的問題に対する改善が期待される共用化技術も含めた技術的課題についても解説する。

2. HF 帯と UHF 帯の無線通信比較

RFID では、HF 帯では電磁誘導によりタグとリーダ間の通信を行う磁界通信方式、UHF 帯ではリーダから電波を放射させ、電波を受信したタグからの再放射をリーダで受信するバックスキッタ方式が一般的に用いられている。本章では、これらの無線通信方式の違いについて説明する。

図2に HF 帯磁界通信方式の動作原理を示す。HF 帯の波長から $\lambda/2\pi$ の距離を基点として近傍界と遠方界に分類すると、周波数 13.56 MHz は近傍界の磁界として使用するループコイルを磁氣的微小ダイポールに近似するならば、理論式の球座標表示の径方向成分の磁界強度 H_R が近傍で支配的になり、距離の 3 乗に反比例して減衰する。この発生した磁界に真空中の透磁率 μ_0 を掛けた磁束密度 B に鎖交する無線 IC タグ等のコイルに、電

磁誘導に関するファラデーの法則によって面積及び負荷共振回路の Q 、巻数 N に比例して二次電圧 V_2 が発生する。このため、リーダコイルと無線 IC タグコイルの二つの磁氣的結合による相互誘導作用により互いにコイルに流れる電流が影響し合い、通信を行うことができる。電気回路のトランスコイルの等価回路に置き換えて算出すると、一次側の相互インダクタンス式からも分かるように相互インダクタンス = 結合係数の変化と二次側の負荷変調 Z_2 の変化で受信電圧が変化する[2]～[4]。

この電磁誘導による方式は UHF 帯でも利用可能である。その場合、周波数に比例して二次側の電圧が発生することから、UHF 帯の周波数 950 MHz だと 13.56 MHz に比較して、単純計算で約 70 倍の効率が良いことになる。しかし、950 MHz ではコイル（ループ）が波長に比較して長くなるため、リーダ送信ループアンテナにヌル点のない電流を均等に流すことが難しい [5]。以上の点から、リーダ回路構成やアンテナの容易性、コストの面から見ればはるかに HF 帯が勝る。が、一方で、UHF 帯電磁誘導型の無線 IC タグの場合、波長から 2 乗で減衰する電界と 3 乗の磁界成分の両方の影響が、効果的に近傍で作用し、金属や液体の影響の少ない UHF 帯商品タグとして機能するという点では、メリットが得られる可能性もある。

図3には UHF 帯バックスキッタ方式の動作原理を示す。長距離リーダが可能な遠方界で使用する UHF 帯無線 IC タグは、距離の 1 乗で減衰する電界を利用する。

図2 HF帯磁界通信の動作原理

図3 UHF帯バックスキッタ方式の動作原理

送信電力 PT_x とアンテナゲイン GT_x で送信した放射電波は周辺の物体に反射しながら $(\lambda/4\pi R)^2$ の伝搬損(フリスの伝達公式)で減衰し、タグアンテナに受信される。無線ICタグアンテナでは、アンテナの有効面積 A_e と到達した距離 R 点の電力密度 S の積で受信電力 PR_{x2} が決まる。この受信電力は、アンテナと負荷の整合条件によって負荷側に供給され、マッチング状態によって受信電波が再反射する。この反射波の大きさは無線ICタグのアンテナと負荷のマッチングの善しあしで決まる。タグからの反射波が再度伝搬損で減衰してリーダ側の受信回路に受信電力 PR_{x1} として到達する[6], [4]。受信電力 PR_{x1} には周辺の物体の静的反射や動的反射(移動物体等)も含まれており、その中に無線ICタグのアンテナと負荷のマッチング、またはミスマッチングの制御で振幅変調された反射波と一緒に受信される。

3. HF帯RFIDリーダの概要

近年、非接触ICカードに代表される自動改札機「Suica®」「PASMO®」や電子マネーなどで使用される「Edy®」カードが一躍脚光を浴びてきた。その背景にはRFIDの利便性が認識されたことがある。更に、同時に多種多様な非接触ICカードが存在し、1人数枚の非接触ICカードをもつ時代にもなっている。

これらのカードにはUID(Unique-Item Identification)という固有の識別子が存在している。UID利用にはプライバシー問題やセキュリティの問題が発生する(UHF帯無線ICタグも同様)。個人や物が知らないうちに無線ICタグなどをもたされ、個人情報と関連付けが行われたり、履歴情報として記録されることがあり、個

人のプライバシーの侵害が発生する可能性がある。したがって、本人の意思確認と同意が必要である [7]。セキュリティ対策の方法としては、非接触 IC カードや無線 IC タグのデータ暗号化として共通鍵暗号の DES (Data-Encryption-Standard)、公開鍵暗号の RSA (Rivest-Shamir-Adelman)、擬似乱数系列と排他的論理和をとったストリーム暗号などが使用されている [8], [9]。

4. HF 帯 RFID リーダの技術

この章では、一般的によく知られている、近接・近傍規格の物理レイヤであるエアインタフェース技術と送受信の復調について簡単に解説する。

4.1 エアインタフェース

表 1 に近接・近傍エアインタフェース規格を示す。大別して、近接型 (ISO/IEC-14443 規格)、ISO/IEC-18092 規格、近傍型 (ISO/IEC-15693 規格) の 3 種類に分類される。

近接型の ISO/IEC-14443 にはタイプ A とタイプ B があり、物理的特性は ISO/IEC-14443-1、電力伝送及び信号インタフェースは ISO/IEC-14443-2、初期化及び衝突防止は ISO/IEC-14443-3、伝送プロトコルは ISO/IEC-14443-4 で規格化がされている [10]。タイプ A とタイプ B の大きな違いは、タイプ A の場合、リーダからの送信を 100% 振幅変調「100 %ASK (Amplitude Shift Keying)」で行い、符号化はモディファイドミラー符号を使用、返信は副搬送波を使用し、ASK 負荷変調されたマンチェスタ符号が使われている。一方、タイプ B は 10% 振幅変調で行い、符号化は NRZ (Non Return to Zero) 符号が使われ、返信は副搬送波を使用し、BPSK (Binary Phase Shift Keying) 負荷変調された NRZ 符号が使われている。

ISO/IEC-18092 規格では、送信は 10% 振幅変調で行い、符号化はマンチェスタ符号が使われている。特徴的なのは、アクティブ動作での機器間通信が可能になっている点である。

ここで、変調方式と符号化方式について補足しておく。100% 変調と 10% 変調の違いに関しては、タイプ A の場合、非接触 IC カードまたは無線 IC タグチップ内で CPU (Central Processing Unit) を使用せず、ハードロジックで回路が設計されているため、13.56 MHz の搬送波の 100% 変調落込みでも動作可能である。タイプ B の場合、CPU 搭載で通信制御するため、CPU 用クロックの再生する 10% 変調が有利であり、スペクトル帯域が広がらないなどの特長がある。符号化方式に関しては、NRZ 符号の場合、'1' や '0' の連続が続いた場合には直流信号成分が多くなるため復調が難しい。それに比較して、マンチェスタ符号は直流成分がないが、スペクトル帯域が広がってしまう。ミラー符号は両方の利点を持ち併せており、スペクトル帯域が狭く電力伝送効率が良い。そのミラー符号の立上りと立下りでパルス化した信号がモディファイドミラー符号である [11]。

近傍型の ISO/IEC-15693 規格では、パルス位置変調 PPM (Pulse Position Moduration) 符号が用いられている。低速の場合には通信速度が遅いため、13.56 MHz の ± 7 kHz 帯域内に変調時の占有帯域幅が収まり、電波法の技術基準である電界強度スペクトルマスクのサイドバンドまで、ピークパワーを上げられる。これから、他の規格に比較して無線 IC タグとの通信距離を伸ばせる [12]。

図 4 に送信・受信信号の復調の流れを示す。一例として、Felica カードで使用されている ISO/IEC-18092 準拠のパッシブ通信を中心に説明する。

ISO/IEC-18092 は、双方向同じ通信フォーマットになっており、通信速度も 212 kbit/s と同じである [13]。

表 1 近接・近傍エアインタフェース規格

項 目		ISO/IEC-14443 近接		ISO/IEC-18092	ISO/IEC-15693 近傍	
		タイプ A	タイプ B		低速	高速
リーダ→カード	搬送波周波数	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz
	必要帯域幅	± 339 kHz	± 106 kHz	± 424 kHz		
	変 調 方 式	ASK100%	ASK10%	ASK10%	ASK100%	ASK10%
	変 調 符 号	モディファイドミラー	NRZ	マンチェスタ	PPM 1 : 256	PPM 1 : 4
	通 信 速 度	106 kbit/s	106 kbit/s	212 kbit/s	1.65 kbit/s	26.4 kbit/s
カード→リーダ	変 調 方 式	負荷変調	負荷変調	負荷変調	負荷変調	負荷変調
	通 信 速 度	106 kbit/s	106 kbit/s	212 kbit/s	6.62 kbit/s	26.4 kbit/s
	副搬送波	周 波 数	847.5kHz		423.75 kHz 484.28 kHz	423 kHz
		デジタル変調方式	ASK	BPSK	ASK	FSK
		符 号 化	マンチェスタ	NRZ	マンチェスタ	マンチェスタ

図4 送信・受信信号の復調概念図

他の規格では、カードからの返信に副搬送波の 423 kHz や 847.5 kHz を使用し、振幅変調または位相変調を行い、リーダ側で振幅変調または位相変調された信号を包絡線検波後、フィルタで 13.56 MHz の搬送波を除去、増幅し 2 値化する。2 値化された NRZ またはマンチェスタ符号の副搬送波信号からベースバンド信号の NRZ 符号に復調する。

ISO/IEC-18092 の場合、カードからの返信に副搬送波を使用していないが、基本的には他規格と同じ方法で復調できる。カードからの負荷変調されたプリアンプル付き振幅変調信号は包絡線検波され、 π 型フィルタ数段で搬送波を除去後、増幅器で増幅してアナログからデジタルに 2 値化変換される。その信号をデジタル処理回路に入力し、プリアンプル信号でクロック同期をとった後、212 kHz のクロックと排他的論理和をとりマンチェスタ符号から NRZ 符号に復号する。同時に、受信データを巡回冗長検査の CRC (Cyclic Redundancy Check) を行う。CRC データのエラーチェック検出の方法は、15 段のレジスタの初期値をゼロにして生成多項式 $G(x) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ のタップで排他的論理和をとったシフトレジスタ回路のループに受信データを転送し、剰余がゼロになれば受信データは正常と判断する。

5. UHF 帯 RFID リーダの概要

図 5 に UHF 帯 RFID リーダの構成図を示す。ここで

は、一般的なスーパーヘテロダイン方式の回路ではなく、中間周波数でのイメージ周波数除去回路を必要とせずに直接受信信号をベースバンド信号へ変換するダイレクトコンバージョン受信回路構成とした。また、信号処理には、DSP (Digital Signal Processor)、DAC (Digital to Analog Converter)、ADC (Analog to Digital Converter) 等を使用したソフトウェア無線回路もあるが、ここでは安価な CPU とハード的に自由度のある FPGA の構成にした。

内部構成は 4 ブロックに分かれ、高周波送信部、高周波受信部、信号処理の FPGA 部、プロトコル処理の CPU 部がある。高周波送信部は、周波数シンセサイザ、Driver 増幅器、二重平衡変調器の DBM (Double Balanced Mixer)、表面波弾性素子の SAW (Surface Acoustic Wave) フィルタ、電力増幅器で構成される。高周波受信部は、低雑音増幅器 LNA (low noise amplifier)、IQ (Inphase/Quadrature) 復調器、LPF (Low Pass Filter) 低域フィルタ、低周波増幅器、コンパレータによる 2 値化回路で構成される。LBT (Listen Before Talk) のキャリアセンス機能も同じ受信回路で帯域フィルタ帯域及びゲインを変えることで構成される。FPGA 回路は送信信号の NRZ 符号から PIE (Pulse Interval Encoding) 符号に変換する回路とプリアンプル信号の生成回路及び CRC 生成回路で構成され、また受信回路では受信信号の FM0 (bi-phase space) 符号や Miller-subcarrier 符号の復調及び CRC チェック回路、送受信バッファ回路で構成される。CPU 回路はプロトコル制

図5 UHF帯RFIDリーダの構成図

表2 UHF帯エアインタフェース規格

項 目		ISO/IEC-18000-6A	ISO/IEC-18000-6B	ISO/IEC-18000-6C
リーダ→タグ	搬送波周波数	860 ～ 960 MHz	860 ～ 960 MHz	860 ～ 960 MHz
	変 調 度	27 ～ 100%	18% or 100%	80 ～ 100%
	変 調 方 式	DSB-ASK・SSB-ASK	DSB-ASK・SSB-ASK	DSB-ASK・SSB-ASK or PR-ASK
	変 調 符 号	PIE	マンチェスタ	PIE
	通 信 速 度	33 kbit/s	10 or 40 kbit/s	26.7 ～ 128 kbit/s
タグ→リーダ	変 調 方 式	ASK	ASK	ASK or PSK
	通 信 速 度	40 kbit/s	40 kbit/s	40 ～ 640 kbit/s (FM0) 5 ～ 320 kbit/s (Msub)
	衝突防止方式	Aloha	Binary Tree	Slotted Random
	符 号 化	FM0	FM0	FM0 or Miller subcarrier

PIE (Pulse Interval Encoding)：パルス間隔エンコード，FM0 (bi-phase space)：バイフェーズスペース符号，Miller subcarrier：ミラーサブキャリア符号，DSB (Double Side Band)-ASK：両側波帯振幅変調，PR (Phase Reversed)-ASK：位相反転振幅変調

御と通信制御回路のソフトウェア処理を行う。

表2に、ISO/IEC-18000規格のUHF帯エアインタフェース規格を示す。次に、表2の規格 (ISO/IEC-18000-6C) において、日本の電波法に則したUHF帯RFIDリーダの具現化する上で必要なエアインタフェース技術に関して解説する。

5.1 ハードウェア (送信回路)

送信部では電波法で定めた技術基準である諸規定値を満足するように設計しなければならない。技術基準適合の取得と高出力型の場合、構内無線局の免許登録が必要である。中でも帯域内及び帯域外のスプリアス発射の強度の許容値が厳しい。

図6に日本の電波法の不要ふく射規定を示す。また、

図7に帯域内のチャネルスペクトルマスクとISO/IEC-18000-6C規格のDense Reader Mode (干渉抑圧リーダモード)スペクトルマスクを示す。

干渉に強いDense Reader Modeでは、変調時に両側波帯スペクトルの広がりが必要に応じて制限し、ピーク搬送波から30 dBc、60 dBc (搬送波を基準にしたdB)の減衰を規定している (赤線)。日本では、100 kHz帯域で、-10 dBm/100 kHz、-29 dBm/100 kHzの減衰を規定している。日本の電波法では帯域外に携帯電話の帯域があるため厳しい制限値であるが、干渉抑圧が必要なDense Reader Modeでは、更に厳しい帯域制限が必要とされる。帯域内でもう一つ厳しい制限として、

図6 電波法の不要ふく射規定

図7 チャンネルスペクトルマスク

952 MHz の最初のチャンネルのスペクトル帯域のすそが $-39 \text{ dBm}/200 \text{ kHz}$ にかからないように帯域制限する必要がある。よって、この帯域ではピークから 69 dBc の減衰が必要である。また、隣接チャンネル漏えい電力の規定もあり、規定値の $0.5 \text{ dBm}/200 \text{ kHz}$ (緑線) を超えないようにしなければならない[14]。

帯域外ではパワーアンプの手前には急しゅんな帯域フィルタ BPF (Band Pass Filter) の SAW フィルタを入れ、後段に誘電体フィルタで規定値まで減衰させる。

2 倍の高調波の 1884.5 MHz 超え 1919.6 MHz 以下で $-61 \text{ dBm}/1 \text{ MHz}$ の減衰が必要なため、高次のフィルタが必要である。

規格上の転送速度は送信側で 40 kbit/s から 160 kbit/s まで使用可能のため、それぞれの転送速度に対して帯域制限フィルタが必要になる、ロールオフフィルタを用意する方法として、アナログで処理する場合、高次のフィルタが必要になり、フィルタ段数を増やして組み合わせるか、または DSP 等でデジタルフィルタによるソフ

ト処理で可変にする必要がある[15], [16].

5.2 ハードウェア (受信回路)

FM0 受信と Miller subcarrier 受信の基本的な通信動作を簡単に解説する. 図8に FM0 受信動作のスペクトル概念図と図9に Miller subcarrier 受信動作のスペクトル概念図を示す.

FM0 受信では送信パワースペクトルの帯域内にかぶさるように無線 IC タグからの応答信号が各チャンネルで返信される. 同じチャンネルが重なると無線 IC タグからの信号が妨害され受信できないため, LBT (Listen Before Talk) の機能により送信チャンネルが別のリーダーの送信チャンネルと同じにならないようにする. 具体的には, 送信前に, 送信したいチャンネルの電力を受信回路で -74 dBm 以下かをチェックし, 以下であれば送信し, 使用中であれば別チャンネルで送信するなどの衝突を避けるように制御する.

無線 IC タグから返信 FM0 信号 (40 kbit/s) は低雑音増幅器で増幅後, IQ (Inphase/Quadrature) 復調器のミキサで同じ搬送波周波数と掛け算され, 位相 90 度差の二つの微小ベースバンド信号が DC (Direct Current) 近傍で復調される. その直流 DC 近傍周波数に復調された微小信号は帯域フィルタで隣接チャンネルなどの 200 kHz 及び 400 kHz 干渉ビート信号や DC オフセットなど除去され低周波増幅器で増幅後, 論理信号に 2 値化されて受信 FM0 信号から NRZ 符号に復調される.

図9の Miller subcarrier 受信では, 無線 IC タグの応答信号をサブキャリア周波数である LF 周波数 (ここでは 200 kHz) まで離調させ, 送信スペクトルから隣接チャンネルの帯域へ応答信号を周波数変位させることで, 送信

スペクトルと衝突が起これないようにする. チャンネル1とチャンネル3は応答チャンネル専用とし, チャンネル2はLBTなしの送信チャンネルとするなど, 現状では使用できないが, 今後, 電波法が改正される予定がある. また, Miller subcarrier 受信では周辺の複数リーダーが送信チャンネルとして応答専用チャンネルを使用しないなどの工夫も必要である.

受信した Miller subcarrier 信号は 200 kHz のサブキャリア周波数に落とされ, 低雑音増幅器で増幅後, IQ (Inphase/Quadrature) 復調器のミキサで同じ搬送波と掛け算され位相 90 度差の二つの微小 200 kHz 受信信号に復調される. 隣接チャンネルのチャンネル 4, 5 の 400 kHz 以上のビート信号はフィルタで除去され, DC オフセット除去後, 増幅され論理信号に 2 値化され, 50 kbit/s の Miller subcarrier 信号から NRZ 符号に復調される. I (同相成分) と Q (直交成分) の位相差 90 度の受信信号が必要な理由は, 電波伝搬では, マルチパスのように大地に反射した信号と直接波の信号が受信端で 90 度の位相差で一致した場合, 合成された受信信号はキャンセルされ出力されない. 同じように無線 IC タグの位置が $1/4\lambda$ の位相差で受信された場合, 出力が現れないヌル点 (不感帯) となる. 無線 IC タグを移動すると $1/8\lambda$ 距離ごとにヌル点を繰り返すため, I と Q の位相差信号の絶対値をとりヌル点が発生しないように改善する.

このようにすることで, FM0 受信の場合では送信待ちなどでリアルタイム性の確保が難しかったが, Miller subcarrier 受信では LBT 不要送信チャンネルにより改善され, また応答専用チャンネルにより受信妨害を避けることができるため, 効率良く, 多くのタグを一括受信できる.

図8 FM0 受信動作のスペクトル概念図

図9 Miller subcarrier 受信動作のスペクトル概念図

図10 UHF 帯 RFID リーダの技術的課題

受信回路の課題としては、復調時にダイレクトコンバージョン受信回路特有の直流近傍のDCオフセットと増幅器のレスポンス特性で注意が必要であり、直流カットのコンデンサ挿入、フィードバックAGC回路などDCオフセットのキャンセル回路を必要となる[17]。また、相互変調ひずみのIIP3 (Input Third-order Intercept point) とIIP2 (Input Second-order Intercept point) に注意が必要である。受信回路のトータルのIIP3やIIP2が低いと受信ベースバンド信号にひずみが発生し復調時のビットエラーを悪化させる原因になる。

6. RFIDリーダの課題

これらの技術的事柄を踏まえて、RFIDリーダの課題について解説する。図10に、高周波回路設計で考慮すべきUHF帯RFIDリーダの技術的課題をまとめた。これらの送受信アナログ回路技術の課題も、アナログ・デジタル処理一体の半導体チップ化により性能向上が図られている。その他の技術的課題として、HF帯RFIDリーダでは、シングルリーダが一般的に使用されているが、

各種規格ごとに機器が違うなど煩雑であった。カード等に依存しない共通端末としてマルチリーダ化が期待され、その一つに NFCIP-2 (Near Field Communication) 規格対応がある。UHF 帯のリーダ間干渉やタグコンフュージョンなどの問題は、LBT, Miller subcarrier 受信やリーダ送受信同期技術, 送信パワー & 時間制御, 電波吸収体による遮へいなど対策が既に行われている。また, 社会的課題である電磁波防護の安全指針と植込み型医療機器へ及ぼす影響は, 解決に時間がかかるとされる [18], [19]。プライバシー問題やセキュリティの問題もタグの普及により表面化してくる問題であり, 時間のかかる課題である。

7. む す び

HF 帯近接・近傍型の ISO/IEC-14443AB・ISO/IEC-18092 及び ISO/IEC-15693 の各規格の物理レイヤであるエアインタフェースに関して解説した。また, UHF 帯 RFID リーダの高周波回路の技術と課題についても, 多少詳細に解説し, 現状の RFID リーダの技術を紹介した。今回, 紹介できなかったが, RFID リーダアンテナ技術や RFID リーダ信号処理技術について, 今後, 機会があれば紹介したい。干渉問題を含めた技術的条件等の規定改正はこれからであり, 社会的課題の医療機器問題などシステム運用を含めた改善が総務省 (電波法) 及び業界全体で行われていくと考える。

今後, 無線 IC タグ・非接触 IC カードの利便性認知やタグ単価の低価格化などにより, HF 帯・UHF 帯 RFID 全体の需要が, 増加することを期待したい。

文 献

- [1] EPCglobal, EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz-960MHz, Version 1.1.0, 2005.
- [2] 後藤憲一, 山崎修一郎, 電磁気学演習, 共立出版, 1994.
- [3] 古谷恒雄, 空中線及び電波伝搬, 啓学出版, 1971.
- [4] T. A. Scharfeld, "An analysis of the fundamental constraints on low cost passive radio-frequency identification system design," Northwestern University at the Massachusetts Institute of Technology, pp.22-36, Aug. 2001.
- [5] D. M. Dobkin, S. M. Weigand, and N. Iye, "Segmented magnetic antennas for near-field UHF RFID," Microw. J., vol.50, no.6, June 2007.
http://www.mwjjournal.com/Journal/article.asp?HH_ID=AR_4597
- [6] K. Finkenzeller, Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second ed., RFID Handbook, 2006.
- [7] 高木浩光, "RFID のプライバシー問題とその解決策," 産業技術総合研究所, 情報セキュリティ研究センター, 2006.
- [8] American Public Transit Association, Universal Transit Fare card Standards (UTFS), "Trends in electronic fare media technology," Version 1.40, Dec. 2003.
- [9] Mifare (In) Security Update January 2008 By Dr David

Everett, CEO, Smart Card Group.

<http://www.smartcard.co.uk/mifare.html>

- [10] ISO/IEC FCD 14443-3, Identification cards contactless integrated circuit (s) cards proximity cards Part 3: Initialization and anticollision, 1999.
- [11] M. Hecht and A. Guida, "Delay Modulation," Proc. IEEE, pp.1314-1316, July 1969.
- [12] ISO/IEC18000, Part3, Information Technology AIDC, Techniques-RFID, for Item, Management-Air-Interface, Part-3 Parameters for air interface communications at 13.56 MHz, 2002.
- [13] Standard, ECMA-340, Second Edition/Dec. 2004. Near Field Communication Interface and Protocol (NFCIP-1).
- [14] テレコムエンジニアリングセンター, "950MHz 帯移動体識別の特性試験方法," 2006.
- [15] 河合武宏, "ソフトウェア無線による RFID リーダライタの開発," OMRON TECHNICS, vol.47, no.2, pp. 75-79, 2006.
- [16] 三宅 仁, "電子タグにおける電力と信号の伝送," 2006 信学総大, CBS-1-1, March 2006.
- [17] 田中 聡, "半導体集積化受信機の基礎," 日立製作所中央研究所, 2005.
- [18] 総務省情報通信審議会, "情報通信技術分科小電力無線システム委員会報告," Dec. 2007.
- [19] 流通システム開発センター, "RFID 技術動向運用環境調査報告書," March 2008.

(平成 20 年 5 月 7 日受付, 8 月 18 日再受付)

荒井 雅行 (正員)

▶昭 53 電機大・工・電子卒。昭 46 (株)東京計器入社。現在, LF 帯・HF 帯 RFID リーダ開発, UHF 帯 RFID 950 MHz リーダの研究開発を経て, 陸上 1 級・2 級無線技術士・電気通信主任技術者・工事担任者として有線電気通信及び無線通信機器開発に従事。自動認識基本技術者 (JAISA 会員)。