極小 IC タグとその応用展開

諫 田 尚 哉*

1. はじめに

IC タグは IC に記録した情報を、非接触で「読み取り」または「読み取りと書換え」ができるタグ（荷札）である。高周波で質問機（リーダー）と交信するタグであることから、RFID（Radio Frequency Identification）や電子タグとも呼ばれている。日本では 1980 年代からファクトリーオートメーションなどで実用化されてきた。その後の進歩によって IC の小型化・高性能化・低価格化が進み、取付けられる「モノ」の対象が広がっている。また、情報ネットワークとの融合によって新たな活用が考えられ、ユビキタスネットワーク社会の基盤ツールとなることが期待されている¹⁾。

IC タグはすでに多数、開発・実用されているが、本稿では、固有番号のみを記録し、属性データはすべてネットワークで管理されるタイプの極小 IC タグを取り上げ、その特徴と応用について弊社のミューチップを例に解説する。

2. ミューチップの概要

ミューチップは 0.4 mm 角の世界最小クラスの IC タグ用チップである²⁾。図 1 に指先に乗せたミューチップの外観写真を示す。

ミューチップは、128 ビットの番号（ミューチップ ID）のみを ROM（Read Only Memory）に記録しており、他のデータの書き込みはできない。この ID は製造時に ROM に書き込む固有の番号であり、書換えも不可能である。128 ビットは、10 進法で 38 桁の数値である。このうち約 100 ビット（10 進法で 30 桁）を商品などの識別用に使用できる。これは、世界中で 60 億人が毎日 1 億個のモノに発行し続けても、ID を使い切るまでには、50 億年以上かかる計算になる。

外部アンテナを装着した例を図 2 に示す。外部アンテナとチップの組立て方法は、3 種類を開発した。WB タイプではアンテナ材として用いたリードフレームへのダイボンと金ワイヤボンディングによって、TCP タイプではポリイミドフィルム上に形成した銅箔と錫めっきにチップ上の金めっきバンプを熱圧着することによって接合する。印

図 1 ミューチップの外観

図 2 外部アンテナを装着したインレット例

刷アンテナでは、アンテナのアルミ材とチップ上の金めっきバンプを超音波加振により接合している。現在製造している TCP インレットのサイズは、長さ約 70 mm×幅 3 mm×厚さ 0.22 mm である。ミューチップに比べると大きなアンテナであるが、照射されるマイクロ波の波長と必要な利得から長さが決定されている。

図 3 にはミューチップを使ったシステムの基本構成例を示した。リーダーがリーダー側アンテナを介してミューチップに 2.45 GHz のマイクロ波を照射すると、受信したマイクロ波から動作電力を生成し、ミューチップ ID を返信する。交信可能な距離は、現在のところ理想的条件下で最大 30 cm 程度である。ただし、対象物に埋め込んで使用する場合は、その材質や厚さによってマイクロ波が反射、吸収される場合もあるため、交信距離は短くなる。また、アン

* Kanda, Naoya
 ㈱日立製作所生産技術研究所 実装ソリューション研究部
 横浜市戸塚区吉田町 292 (〒244-0817)
 2004.3.4 受理

図3 ミューチップを使ったシステムの基本構成例

テナ周辺の誘電率が自由空間に比べて高くなるので、材質に応じてアンテナ長を適切に選択することが必要な場合もある。

読み取られたミューチップIDは単なる番号にすぎないが、サーバシステムに構築されたデータベースによって属性情報と関連付けられ、さまざまなアプリケーション上で活用することができる。また、従来のバーコードでは、同じ「商品名」の品物には同じコードしか付けることができなかったが、ミューチップではひとつひとつ異なるミューチップIDがついているので、商品の「個品管理」を実現する高度なデータベースの利用が可能となる。

3. ミューチップの開発

3.1 ミューチップが目指したもの

バーコードは、光学的読み取りのために対象物表面への印刷・貼付が必要であり、汚染等によって読み取り不能になることが欠点として挙げられる。しかし、コスト負担が圧倒的に低く、広く活用されている。

他方、従来のICタグは、タグが大きく、単価（およそ100円から数千円）が高いことから取付け対象に限られ、再利用を前提にした分野で利用されることが多かった³⁾。

ミューチップは、バーコードや従来のICタグが適用できない分野を狙って開発したもので、バーコードよりも多くの情報量を保持でき、従来のICタグよりも小さく、安価に提供することを目標としている。

3.2 ICの機能選択

ミューチップを極小サイズに収めるためには、ICタグとして半ば常識化している機能の全てを盛り込むことは困難である。そこで、従来IC内に取り込んでいた機能のうち、情報ネットワークで代替できる機能は削除し、低価格タグとして必要不可欠な機能のみを残す方針とした。この結果、ミューチップは、128 bitのID番号を記録し再生するためのデジタル回路と、通信のためのマイクロ波を処理するアナログ回路のみから構成することとした。図4に、ミューチップの主要なブロック回路図を示す。

アナログ回路は、デジタル回路を動作させるための電力を生成する整流回路 (Power rectifier)、リセット回路 (Power-on reset)、クロック抽出回路 (Clock extraction)

図4 ミューチップの主要ブロック回路図²⁾

が主要なものである。この他、2.4 GHz マイクロ波により電池なしでCMOS半導体を動作させるため、MOSトランジスタゲート酸化膜で100 pFキャパシタを形成し電源としている。

ROMは半導体メモリとしては小さい128 bitとした。ID番号の空間としては前記したように膨大なものである。メモリ周辺回路のカウンタも最小限 (10-bit Counter) に抑え、小形化を実現している。

従来のICタグでは、書き込み機能によってデータを分散化することや、サーバコンピュータとは独立してオフラインでICタグのデータ読み取り、書き込みを実行することで、サーバコンピュータやデータベースの負荷を低減する努力が払われてきた。しかし、個々の対象物を正確に管理するためには、ICタグの故障などに備えるため、書き込んだデータと同じデータをサーバコンピュータ側にも蓄積することが必要である。そのため、結局は、ICタグにデータを分散させたとしてもサーバコンピュータの負荷低減にはなりにくいのである。

図5 ミューチップを利用した鋼材管理システム例 KIDS

また、食品のトレーサビリティ向上を目的にリアルタイムに所在を管理するニーズが高まっているが、そのためには、所在管理のチェックポイントからICタグにアクセスするたびに、コンピュータネットワークを介してサーバコンピュータにチェックポイント情報、ICタグ情報を登録することが必須となっている。

上記のような事情から、ICタグを活用する市場では情報ネットワークを活用することが必然となっており、ICタグへのデータ書き込み機能は必ずしも必要ではないと判断した。ICタグの故障に対する備えが不要な場合、あるいは、リアルタイムな所在管理が不要な場合であっても、数量の圧倒的に多いタグのコストを低減させた方が、システム全体のコスト低減に有利であると考え、ICタグの徹底した小型・低価格化を進めたのである。

また、一般的に、書き込み可能メモリは、摂氏200度程度の高温度にさらされるとデータが変化する、いわゆる「データ化け」や、データが揮発する可能性が高まる。ミューチップのROMは、製造時に設定され書換えも不可能であるので、データ化けや揮発に対して高い信頼性を有している。

輻輳制御機能は複数のICタグを短時間で読み取るために考え出された機能であるが、タグの配置や読み取り環境の影響で十分な性能が出ないことがある。例えば、リーダ側アンテナから見て、複数のICタグが重なった場合は電波の影ができてしまうため、影に入ったICタグは輻輳制御機能があったとしても読み取ることができない。そのため、対象物を整列させたりする工夫が必要となる。

現行のミューチップは、輻輳制御機能を持たないが、読み取りやすいように対象物を整列した上で、リーダ側アンテナを移動させたり、対象物を整列させたままアンテナ上を移動させることにより、確実に個品認識をしながら複数のミューチップを連続的に読み取ることが可能である。

多数の対象物に装着したICタグを、一つの抜けも無く読み取ることが要求される場合は、輻輳制御機能に頼るだけでなく、ある程度整列した上で読み取るほうが確実であり、トータルの運用コストを低減できる場合が多いのである。

4. ミューチップの応用

ミューチップは、小型で個別のIDを持つこと、無線通信により認識されることなどの特徴を生かして、さまざまなソリューションを実現することができる。以下に応用例を二例紹介する。

4.1 鋼材管理システム KIDS (Kouzai Identification System⁴⁾)

概要を図5に示す。ミューチップインレットを柔軟性がある樹脂に埋め込んだKIDSタグ (KIDS-tag) を鋼材に貼り付けて、鋼材の個品管理を実現するものである。

KIDSタグを金属に貼り付けると、リーダからのマイクロ波が金属の影響を受けて交信距離が低下するが、専用リーダと携帯情報端末からなるKIDSクライアントでは、確実にミューチップIDを読み取ることができる。KIDSタグは、錆、金属粉、泥などの汚れが付着していても、問題なくKIDSクライアントによって読み取ることができる。

KIDSクライアントとサービスプロバイダのサーバ (Web Server) とは、無線LANなどによって通信する。出荷、入荷、棚卸、加工時にKIDSクライアントによって鋼材現品ごとの情報を登録、参照することができる。KIDSにより、各作業の効率化が実現できるだけでなく、SCM (Supply Chain Management) を構築することも可能である。

KIDSタグは、鋼材に貼り付けることを想定して開発したが、鋼材に限らず、他の金属表面に貼り付けて利用することもできる。図6に、PDAに貼り付けた例を示す。KIDSタグには鋼材貼り付け用強力接着剤を塗布してあり、容易に金属表面に貼り付けることができる。KIDSタグの大きさは、図2に示したインレットとほぼ同じ大きさなので、積み上げて保管されることの多い鋼材の側面にも貼り付けることができる。KIDSタグの表面には、ミューチップの故障時のために、独自のIDが印字されている。ミューチップの故障時には、印字されたIDを手がかりにして、対象の鋼材情報をサーバコンピュータ上で新しいKIDSタグに引き継ぐことができる。

図6 KIDS タグの応用例

4.2 『愛・地球博』入場券システム⁵⁾

2005年3月25日から9月25日の185日間、2005年日本国際博覧会（愛知万博）・通称「愛・地球博」が名古屋東部丘陵（長久手町・豊田市・瀬戸市）を会場として開催される。

通常の入場券では磁気ストライプや印刷の目視によって有効かどうかを確認するのが一般的であるが、大量の前売り入場券が開催の1年以上前から販売される本博覧会では、磁気ストライプや目視だけでは不正入場を防げないと予想された。正規入場者の円滑で安全な入場と、偽造防止を両立するために各種の電子的な機器・コードによる検討がなされ、その結果、

- ・ICタグ技術への注目
- ・紙製入場券利用に耐えうる機能
- ・新規技術性

が評価され、ミューチップが採用されることになった。

本システムは入場券の入場者管理のためにミューチップに書き込まれたIDと入場券番号をリンクさせデータベース化し、このIDをベースとした入場者管理システムを構築しておくことで、人手に頼らず電子的かつ無線の認識技術により入場者管理を行うことを主目的としている。

ミューチップIDはユニークな固有番号で構成されているため各入場券の個別識別が可能であり、再入場や後日入場の排除をシステム上で実現している。また、来場入場者数はID数を即時にチェックすることにより自動集計できるので、混雑具合を踏まえた安全で快適な運営を可能にすると期待される。

ミューチップIDは各入場券の識別が可能ではあるが、記録されている情報は固有番号のみであるため、これを解読しても入場券の属性は判別できないし、ROMであるた

め書き換えもできない。これは、言い換えると入場券に付与された情報からだけでは入場可否の情報は何も解らないことを意味しており、偽造防止やセキュリティ向上に大きな役割をはたしている。

入場券の発行総数は約2千万枚が計画されており、ICタグの実用事例としてこれだけ大規模な事例は数少ない。入場券をICタグとして応用したさまざまな付加サービスも検討されており、利便性を実感することのできるフィールドとなる期待がある。

5. 終わりに

極小ICタグの一例として、ミューチップの概要、開発、および応用について紹介した。昨今は、食品のトレーサビリティ向上やセキュリティの向上に関心が高まり、ICタグを積極的に活用しようとする動きも出てきている。他方、情報ネットワークのセキュリティや個人のプライバシー保護についても意識が高まりつつあり、ユビキタスネットワーク社会でのICタグ高度利活用に向けた議論の環境は整ってきていると感じる。十分な議論に基づいて、既存のバーコードやICタグをうまく活用し、無駄の少ない先進国として世界をリードする好機と期待している。そのためにも、ハードウェア技術の高度化を進めるとともに、ICタグの利便性を実感しながら社会的なコンセンサスを醸成することによって、広く活用の知恵を集める時期にあると思われる。

参考文献

- 1) 総務省 HP http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/040223_2_bt21.pdf
- 2) Takaragi, K., Usami, M., Imura R., Itsuki, R. and Satoh, T.: An Ultra Small Individual Recognition Security Chip, IEEE Micro, Institute of Electrical and Electronics Engineers, **21**(6), 43 (November/December 2001)
- 3) Finkenzeller, Klaus: "RFID HANDBOOK: Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications", translated by Rachel Waddington (1999), John Wiley & Son, Ltd
- 4) 日立製作所 HP http://www.hitachi.co.jp/Prod/mu-chip/p_00054.html
- 5) 2005年日本国際博覧会 HP <http://www-0.expo2005.or.jp/jp/ticket/ic.html>