

連載

SMART TAG

宇佐美 光雄

((株)日立製作所 中央研究所 知能システム研究部)

usami-m@crl.hitachi.co.jp

第3回

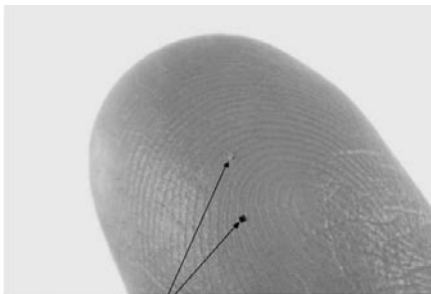
ユビキタス社会における「ムーチップ」の役割

■はじめに

非接触ICカードの普及に伴い、無線で認識する技術に注目が集まっている。この技術の利用は決して新しいものではないが、普及が大きく進んでいる大きな要因は、半導体技術が進展するのに伴い、現実的な価格で機能を提供できるようになったシステムLSI技術の恩恵に帰するものと考えられている。非接触ICカードは人間が所持するものであるが、無線ICタグは荷札のようなものである。この世の中に存在するものに貼りつけられたり埋め込まれたりするものである。無線ICタグは、この世の中の物品を認識するデバイスであり、無線認識RFID (Radio Frequency Identification) 技術^{1)~3)}をベースとしたユビキタス社会の重要な構成要素として大きく注目されている。この技術の利用範囲は広いが、近年進展が目覚ましいインターネット技術とリンクして、有価証券や各種金券類の偽造防止や認証にも利用しようとする動きが出てきた。日立が世界最小の無線ICタグチップ「ムーチップ」^{4), 5)}と称して開発を進めているものであり、今回は来るべきユビキタス社会におけるムーチップの役割について述べてみたい。

■ムーチップとは

ムーチップは名前の通り小さいチップを意味するが、RFIDチップであって、電池なしで無線で内部のメモリ情報を読み出すことができるICチップである。広い応用範囲が期待されるため、特定のアプリケーションを示さないように中性的なネーミングとなっている。当初は紙幣などの有価証券の偽造防止を強く意識して開発が進められたもので、開発されたチップは図-1のムーチップ写真に示すように、0.4mm角のサイズであり、指の指紋に比べられるほどに小さい。さらに2003年2月のISSCC (International Solid-State Circuits Conference) においてはひと回り小さい0.3mm角のムーチップが発表されている⁶⁾。ムーチップは小さなICチップでありながら、電池なしで無線読み出しを行うための機能を実現するため、アナログとデジタルの回路がチップ内にコンパクトに詰め込まれている。図-2はムーチップの回路構成を示したものである。ムーチップの回路構成はきわめてシンプルである。アンテナ端子からの2.45GHzの交流のマイクロ波エネルギーは整流回路により内部のデジタル回路を動作させるための直流電源電圧に変換される。メモリは128ビットの認識番号を格



ムーチップ

図-1 ムーチップ写真

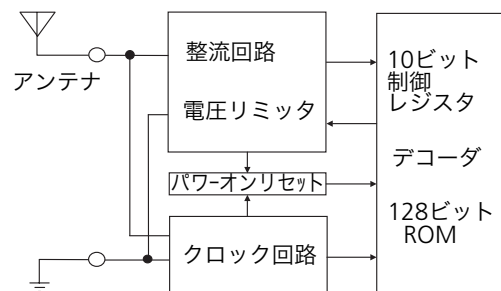


図-2 ムーチップの回路構成

納したROM (read only memory) である。メモリ内容は10ビットの制御レジスタとクロック回路によって1ビットずつリーダに送信される。それ以外の回路として、電源電圧の過大上昇を防止して、微細CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) のトランジスタ破壊を防止する電圧リミッタ回路や、クロック波形を発生するためのクロック回路、回路動作のスタートとエンドを制御するパワーオンリセット回路からなっている。電磁波エネルギーにより動作するICチップでは電源安定化のための平滑容量は必須であるが、従来例では500-600pFと大きな値であったのに対して、ミューチップでは回路構成が簡潔であるため、100pFと小さな値となっている。

■インターネット活用を考慮したチップアーキテクチャ

ミューチップは半導体チップであるため、無線にタグチップ実現のための必要技術は半導体、特に高周波を処理するRF (Radio Frequency) 技術のみと考えられがちである。ミューチップのようにユビキタス用の小型デバイスを実現するためには、**図-3**のミューチップが必要とする技術に示すように、アンテナ技術や接続技術またセキュリティ技術などを融合させる必要がある。セキュリティ技術と密接に結びつけさせながらチップサイズを超小型に実現するためには、機能の意味ある限定化という課題に取り組むことになる。従来のRFIDチップがスタンドアロンでの使用を考慮したことに対して、ミューチップでは、インターネット技術とリンクすることを最初から考えたのが大きな特徴である。従来は比較的大容量の書き込み型のメモリをチップ内に持つRFIDチップが多かったが、ミューチップでは、情報書き込みはネットワークのデータベース上で行う。ミューチップ開発においてはチップを紙に入れる必要があったために、どうしても超小型のチップサイズ実現を優先とする設計となっている。そのために、認証や情報書き込み機能はインターネット等によるネットワーク技術を活用することを設計思想としている。これはコンセプト的な機能削

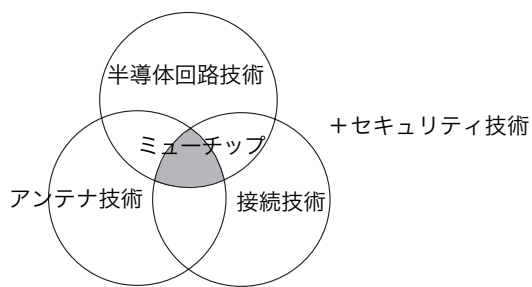


図-3 ミューチップが必要とする技術

減といってよい考え方である。すなわち、単体で見ると機能が大変少ないし単独では使い勝手がよくないように見えるが、他に補完する方法を配備することにより、全体としては有機的に機能をもたらすようにすることである。インターネットのようなネットワーク機能を利用して問題解決を図ることをネットワークソリューションというが、パケット通信料金がブロードバンド化時代の流れに乗って低価格化しており、ネットワーク活用は時流に則した考え方といえる。

■ミューチップの機能

ものを正確に認識することは、ものにかかわる情報システムを構築する場合にまず必要な機能である。次に、ものの属性や追記情報、サービス情報、管理情報などをハンドリングする機能が必要である。さらに、必要により、情報のセキュリティレベルをどのような機能で保持するかという課題がある。これらの項目につきミューチップの機能について述べてみたい。

◎認識機能

ミューチップはさまざまな媒体に埋め込まれたり、貼付されて、無線により認識番号を読み取ることができる機能デバイスである。この機能の利便性を説明するために、**図-4**に、ミューチップとバーコードの比較を示す。バーコードはものを認識する手法として、広範囲に受け入れられている技術である。しかし、バーコードは、遮蔽や角度に対する読取性、視認性、平坦性などの表面条件に対する制約、複製容易性などでセキュリティに課題を有している。これらのことから、ミューチップは、バーコードの機能を補完する認識機能を有しているものと考えられる。

◎情報ハンドリング機能

ミューチップではあらかじめ製造段階で書き込まれた認識番号を内蔵している。この認識番号は、過去、現在、未来に渡り、同一の番号は出現しないように厳重に管理されている。認識番号に対応する属性情報はインターネットのデータベース上に存在する。そのため、ミューチップの認識番号は、データベースのロケーションを示す

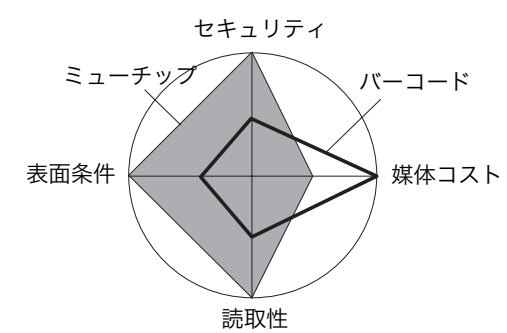


図-4 ミューチップとバーコードの比較

アドレスであり、かつアクセス鍵としての機能を持っていることになる。このため、ミューチップを利用するシステムでは、ものの属性や追記情報、サービス情報、管理情報などはデータベースで集中管理されることになる。

◎セキュリティ機能

ものの情報管理や認識機能の耐偽造性、耐変造性の確保の度合いは目的とするシステムの要求度によって異なる。一般的には、印刷技術であるバーコードに比較して、半導体技術を用いるミューチップの耐偽造性、耐変造性は1ランクセキュリティレベルが高いものと考えられる。また、認識番号構成の複雑性向上により、大きなランダム番号空間を確保し、類推性の少ない認識番号系とすることができる。さらに、ミューチップの属性情報はデータベース上にあるため、データベースへのアクセスを集中かつ高セキュリティに管理することが可能である。従来チップのようにチップ内のメモリに情報を蓄積する方法に比較して、情報の保全、流出、分散に対する管理を徹底することができる。

■グローバルな視点から見たミューチップの役割

ユビキタス社会では、人間とものの関係を有機的にリンクできる社会といえることができる。人間が携帯電話やICカードにより認識機能を実現することに対して、ものには無線にタグが埋め込まれることにより認識機能を実現するものと考えられている。ユビキタス社会では無線にタグ以外にもさまざまなセンシングデバイスが活用されるが、無線技術によるシームレスなシステムとの連携の利便性を考慮すると、無線にタグ技術は重要な役割を果たすことが期待されている。この観点から、**図-5**に示すような通信エリアハイアラキが構成されていくものと考えられる。たとえば、グローバルな視点から遠隔通信エリアとして、携帯電話とそのネットワークの世界があり、近場認識エリアとしてミューチップの世

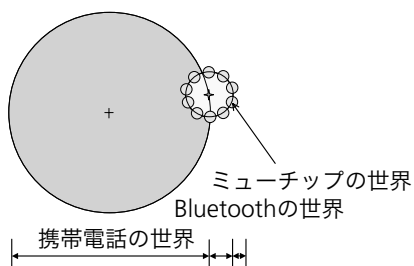


図-5 通信エリアハイアラキ

界がある。中間系として、Bluetooth、無線LAN、ホームネットワーク系が必要により存在する。ミューチップのような近場認識技術は、ローカライズされた場所と時間において、ものとアドホックな認識を行うために必要な技術であると考えることができる。ミューチップの認識番号はあらかじめデータベースに登録されており、その有効性がデータベースで管理されている前提で利用されるため、おのずとグローバルな視点によるシステム構築が配慮されていく。そのため、対象システムに柔軟性と拡張性を持たせることがシステム構築段階から検討されると考えられる。ミューチップが近場認識という技術でありながら、グローバルな視点をシステム設計者に要求させていくことはミューチップの役割として大変興味深いものがある。

■マイクロな視点から見たミューチップの役割

ミューチップは近場認識デバイスであるが、このミューチップはものに埋め込まれるため、ものと個別に1対1で対応する概念であるともいえる。そのため、ミューチップはリアルな現実空間におけるものの位置と情報をバーチャルな空間に伝達するための手段として重要な役割を果たすものと考えられる。これは、マイクロな視点から見たミューチップの役割ともいえるものである。そのために、ミューチップ適用システムではロケーション情報とリンクした形態で認識情報を伝達する必要があった。ミューチップとそのリーダによりその機能を実現することが可能となる。ミューチップの位置をローカライズして特定する具体的手法は各種あり、たとえば、次のようなことが考えられる。

◎ミューチップアンテナ選択

ミューチップは外部にアンテナを接続することにより、認識番号の読取りをすることができる。ミューチップのアンテナ平面形状は**図-6**の右上にあるように長方形の短冊形状のものであり、厚さも薄く技術的には0.15mm以下にすることも可能である^{4)~6)}。このアン

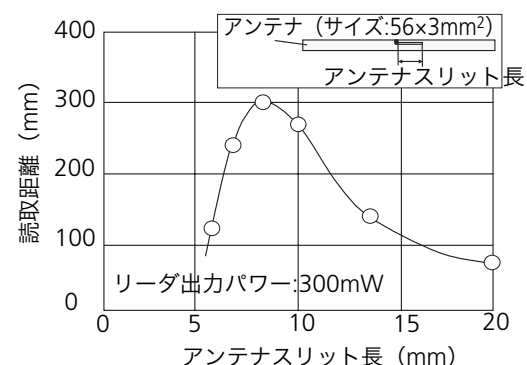


図-6 読取距離のアンテナスリット長依存性

テナにはマイクロ波と共振回路を形成するためのスリットがある。このアンテナスリット長をパラメータにとり読取距離との関係を求めると図-6のようになる。このアンテナスリット長により読取距離を制御し、隣り合ったミューチップと干渉しないようにしてミューチップの位置をローカライズさせることは可能である。

◎リーダアンテナ選択

リーダアンテナの種類を選択することにより、リーダアンテナ面積、指向性、偏波制御などにより電波エリアをローカライズしてミューチップ位置を特定することは可能である。

◎リーダ出力変動

リーダ出力電力を変動させることにより電波エリアを変動させ、ミューチップ位置を特定することは可能である。

◎リーダアンテナ複数配置

複数のリーダアンテナを空間に複数配置し、逐次点灯して電波出力することによりミューチップの位置をローカライズすることは可能である。

◎リーダアンテナ移動

リーダアンテナを移動することにより、ミューチップの位置と認識番号を特定することは可能である。

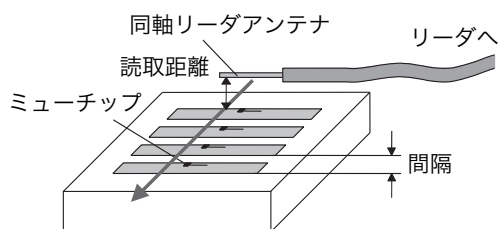


図-7 個別認識実験

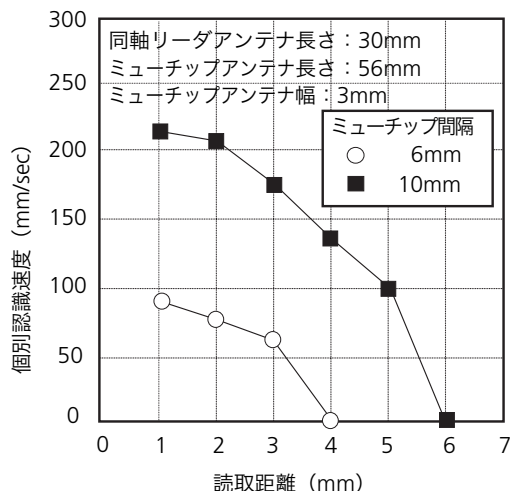


図-8 個別認識実験結果

これらの手法は目的に応じて単独または組み合わせて使用することになるが、一例として、図-7に示すように、同軸型のリーダアンテナを用い、さらにそのリーダアンテナを移動させてミューチップを個別に認識する実験を紹介する。ミューチップ側のアンテナは図-6で示す短冊状のアンテナであり、アンテナスリット長は8mmの条件で実験した。図に示すようにアンテナ付きミューチップを配列し、同軸リーダアンテナを移動させることにより、個々のミューチップの認識をする実験を行った。その結果を示したものが図-8である。読取距離やミューチップの間隔により、個別認識速度内であれば個々のミューチップの位置における認識を行うことが可能であることを示している。このミューチップの個別認識技術はミューチップによる物品のロケーション管理として活用されることが期待され、またグローバルな情報とネットワークでリンクして有効活用されていくものと考えられる。

■おわりに

ユビキタス社会の実現は効率がよく快適で安全な社会とするためや、地球資源の保護や省資源化のためにもその実現が強く望まれていくものと考えられる。その中で、人間ともののかかわりを改善するため、ミューチップの果たすべき役割につき、グローバルな視点とミクロな視点の両面から検討を行った。今後、ミューチップがまさに目に見えない小さい形で社会の基盤をささえる一要素となることを期待していきたいものとする。

参考文献

- 1) Friedman, D., Heinrich, H. and Duan, D.-W.: A Low-Power CMOS Integrated Circuit for Field-Powered Radio Frequency Identification Tags, ISSCC Digest of Technical Papers, pp.294-295 (1997).
- 2) Tanaka, S., Ishifuji, T., Saito, T., Shida, M. and Nagai, K.: A Coding Scheme for Field-Powered RF IC Tag Systems, Symposium on VLSI Circuits Digest of Technical Papers, pp.230-231 (1998).
- 3) Kaiser, U. and Steinhagen, W.: A Low-Power Transponder IC for High-Performance Identification Systems, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.30, No.3, pp.306-310 (1995).
- 4) Takaragi, K., Usami, M., Imura, R., Itsuki, R. and Satoh, T.: An Ultra Small Individual Recognition Security Chip, IEEE Micro, Vol.21, No.6, pp.43-49 (2001).
- 5) Usami, M. and Ohki, M.: The μ -chip: An Ultra-Small 2.45GHz RFID Chip for Ubiquitous Recognition Applications, IEICE Transactions on Electronics, Vol.E86-C, No.4, pp.521-528 (2003).
- 6) Usami, M., Sato, A., Sameshima, K., Watanabe, K., Yoshigi, H. and Imura, R.: Powder LSI: An Ultra RF Identification Chip for Individual Recognition Applications, ISSCC Digest of Technical Papers, pp.398-399 (2003).

(平成 15 年 6 月 2 日受付)