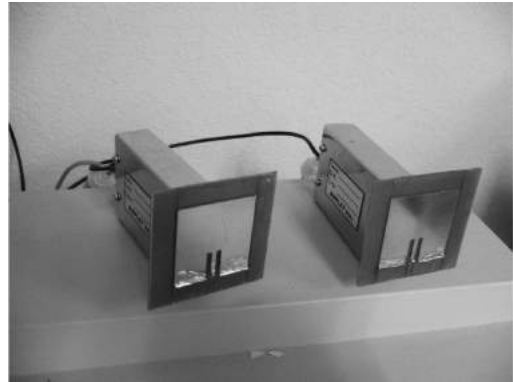


全世代にむけた産学人無線通信技術講座

～その4 基礎技術で説明できる RFID は、本当はハイテク技術～

私の 35 年間の無線通信機器設計、開発の仕事を通して記憶に残っている物の中に、RFID (Radio Frequency IDentification) の開発がある。現在、RFID も広く知られるようになったが、ユーザーは、劣悪な電源環境で用いる RFID を、性能の良い他の近距離無線システムと混同し、RFID に過大な期待をかけてしまった結果、一部のユーザーの導入後の失望へとつながった。今回は、シンプルな基礎技術でありながら、それらを組み合わせて活用すると、すばらしいハイテク技術となる RFID について解説する。みなさまに、RFID の特徴を理解していただき、導入を検討されるとき参考になれば幸いである。

株式会社 アンプレット
根日屋 英之



質問器の試作機 (2.45GHz 用)
(株式会社 アンプレットと株式会社 A.C.S. の共同開発)

はじめに

RFID は、物を識別する無線タグで、短距離用の 13.56MHz RFID と、長距離用の UHF 帯 (920MHz 帯) RFID に大別される。本稿は、後者の UHF 帯 RFID に関する技術を説明する。

私が RFID の開発に着手したのは、今から約 30 年前の 1984 年であった。当時、自動車会社では、製造ラインの生産効率を高めたいニーズがあった。そこで私は、自動車の構成部品にタグを取り付け、そこからの部品情報を無線による読み出しを実現するために、レーダ技術を応用しようと考えた。この RFID の開発の背景と技術について、本誌 2014 年 11 月号 (No.301) の P.26 ～ P.29 にも記事を書いたが、電波技術協会殿のご好意により、<http://www.amplet.co.jp/forn.html> から、この記事が無償でダウンロードできるので、併せてご参照いただきたい。

RFID システムの構成

RFID 無線通信システムは、図 1 に示すように、質問器と応答器 (以下、RFID と記す) から構成され、離れた場所にある物の情報を、電波を介して得る [1, 2]。

質問器は、物に取り付けられた RFID に搭載されたメモリに、その情報を書き込んだり、また、その書き込まれた情報を読み出したりするための装置である。

まず、質問器から RFID への情報の書き込みについて説明する。質問器から RFID に向け、搬送波を RFID に書き込みたい情報により振幅変調 (ASK) し

て送出する。その電波を受ける RFID は、アンテナに取り付けられた検波用ダイオードで ASK 変調波を検波し、情報を得て、これを内部のメモリに書き込む。

次に、その書き込まれた情報を、質問器が RFID から読み出す方法を説明する。質問器から RFID に向けて搬送波 (無変調波) を送出すると、その搬送波を受けた RFID は、搬送波から自らが動作するための電源を再生する。その電源で RFID 内の電子回路が起動する。RFID 内のメモリに書き込まれた情報を用いて、RFID のアンテナ給電点で、受信した搬送波を変調 (ASK または PSK) してから、質問器に向けて反射することにより、質問器に対し情報を伝送することができる。

現在の UHF 帯 RFID は、電池を搭載せず、質問器から送出される電波の一部を RFID 内で整流し、RFID が動作するための電源を再生する「パッシブ型 RFID」が主流である。私が RFID の開発に着手した 1984 年当時は、まだ、半導体の低消費電力化も発展途上であったため、高周波回路以外のメモリとロジック

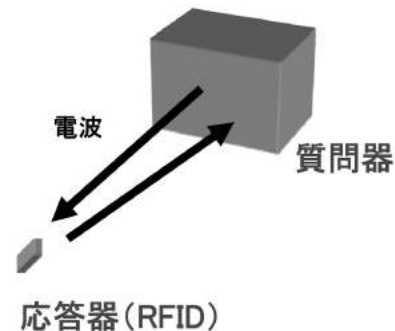


図 1 RFID 無線通信システムの構成

ク回路のみに必要最小限の電源をまかなうための電池を搭載した「セミパッシブ型 RFID」を設計した。

最近では、高周波回路まで含めた RFID 内の全ての電子回路に、電池で電源を供給している、質問器を必要としない「アクティブ型 RFID」も注目されている。

◆ 応答器 (RFID) の内部構成

図 2 に私たちが 2003 年に開発したパッシブ型 RFID の内部構成を示す。高周波回路、電源再生回路、メモリ制御回路、メモリより構成されている。

RFID 内の高周波回路は、以下の二つの機能を有する回路により構成される。

- ① RFID が、その内部のメモリに記憶された情報を質問器からの問いかけに対し返送するときに、質問器からの UHF 帯の搬送波を RFID のアンテナ給電点で変調する回路。
- ② RFID に情報を書き込むときに、質問器から送出される ASK (振幅変調) 信号の包絡線検波を行う回路。

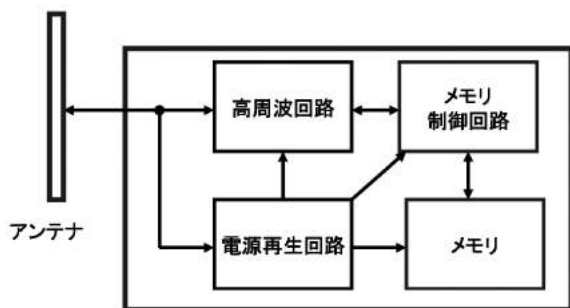


図 2 RFID の内部構成

◆ 質問器 (リーダー/ライター) の内部構成

図 3 に私たちが開発した質問器 (リーダー/ライター) の内部構成を示す。高周波回路、周波数制御回路、通信を確立するためのプロトコルを制御する回路、情報を暗号化する回路、外部装置との通信を行うための外部インターフェース回路、電源回路から構成されている。

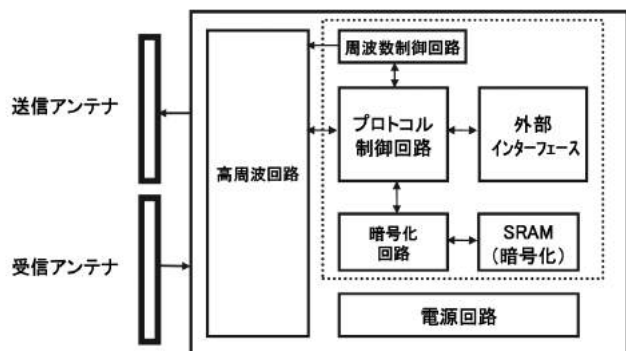


図 3 質問器の内部構成

RFID の高周波回路

◆ 送信部の変調回路

パッシブ型 RFID は電池を搭載せず、質問器から送出される搬送波の一部を整流し、動作するために必要な電源を再生するシステムなので、RFID の回路は消費電力を極力小さくする必要があります。ロジック回路は非常に低消費電力化が進んでいるが、高周波回路は大きな電力を消費する。そこで、高周波回路の規模は必要最小限にする必要がある。

RFID は、搬送波の局部発振器は有しておらず、質問器から送出される搬送波を、RFID 内のメモリに書き込まれた情報で変調し、その信号を質問器に対して反射することにより情報を伝送する。この目的を達成する変調の原理を図 4 に示す。アンテナから入力された搬送波は、アンテナと伝送線路と終端に取り付けられた負荷が、等しいインピーダンスであれば、反射が起こらない。しかし、伝送線路の終端を開放すると同相で、また短絡すると逆相で、終端で搬送波は全反射を起こす。このインピーダンスの不整合を利用した、位相の異なる反射特性に着目すると、そこで変調して情報を送れることがわかる。

実際の変調回路は、図 5 に示すように、伝送線路のアンテナとは反対側の端に、RFID 内のメモリに記憶された情報に応じて短絡/開放となるスイッチを設けることにより、搬送波は伝送線路端で位相変調 (PSK) 回路が構成できる。

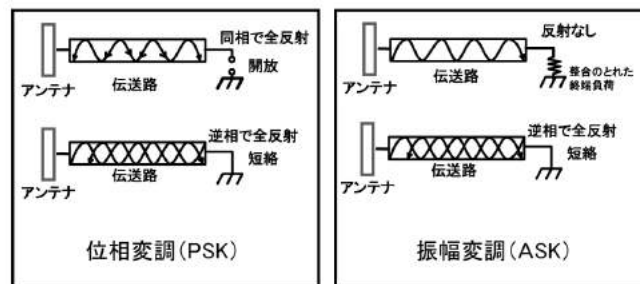


図 4 RFID の変調の原理

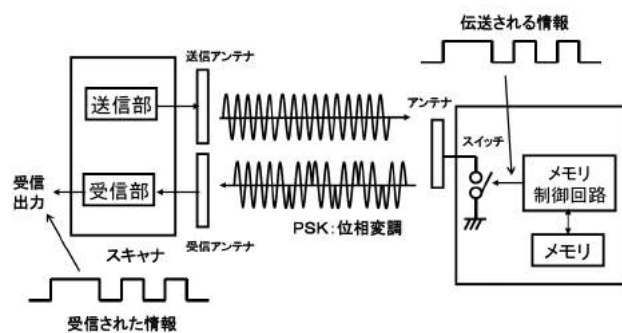


図 5 RFID の位相変調 (PSK) 回路の一例

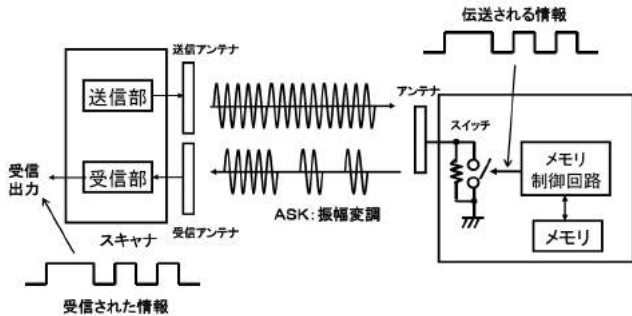


図6 RFIDの振幅変調(ASK)回路の一例

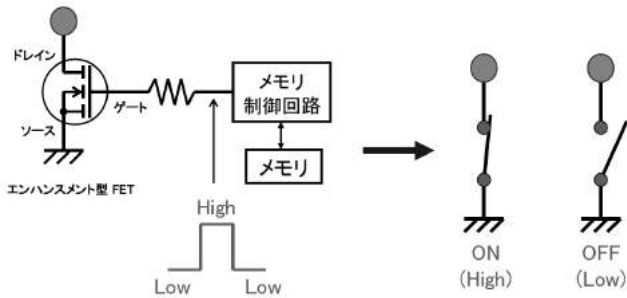


図7 FETによる高周波スイッチ

また、図6に示すように、スイッチが開放の状態のときに、アンテナのインピーダンスと等しい終端負荷を付けると反射が起らないので、この原理で、振幅変調(ASK)も実現できる。

実際のRFIDは、その回路では伝送線の長さはほとんどなく、アンテナとその給電点にスイッチを設けただけと考えてよい。高周波スイッチは、図7に示すような簡単なFET回路で実現できる。

◆ RFID内のメモリ

電池を搭載していないパッシブ型RFIDが、通信距離を延ばし、通信品質を保つためには、RFID内の電子回路の消費電力を低く抑えなければならない。

そのため、RFIDに内蔵する電子回路は必要最小限に抑えるため、メモリの容量も小さくなる。私たちが2003年に開発したRFIDを例にとると、RFID内のメモリとして、書込み、読出しが可能な1kビットのFlashメモリをRFIDに搭載していた。

◆ 電源再生回路(レクテナ)

パッシブ型RFIDは、電池を搭載していない。そこで、RFIDが動作するためには、質問器から送出される電波(搬送波)により、RFIDが動作するための直流電源をRFID内で自らが再生する必要がある。この電源再生は、図8に示すアンテナに整流回路(レクティブファイア)を設けたレクテナにより実現する。レクテ

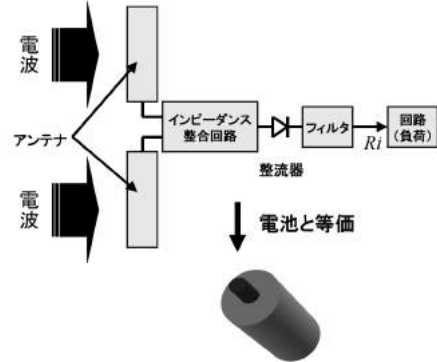


図8 電源再生回路(レクテナ)

ナの設計では、高周波側と回路(負荷)側の双方のインピーダンスを整合させる必要があるが、高周波側のインピーダンスが電力レベルで変化するので、最適な設計はかなり難しい。

また、RFIDは、レクテナの出力直流電圧値がRFID内部の電子回路が動作できる電源電圧まで達しないと、RFID自体が動作できない。レクテナの直流再生能力向上(高効率レクテナ)は、今でもRFID設計における大きな技術課題となっている。

◆ 受信部の検波回路

RFIDは、質問器からの情報をメモリに書き込むときには、ASK信号を復調しなければならない。ここには、昔風にいう無電源で動作する鉱石ラジオ(ゲルマラジオ)の技術が活かされている。アンテナに取り付けられた検波用ダイオードでASK変調波を、直接、検波し、質問器から送られる情報を復調する。

アンテナ

私たちの開発したRFIDでの価格配分は、2003年当時で、RFIDのICチップが2割、アンテナが4割、ICチップとアンテナの接続が4割であった。そこで、費用を抑えるために、図9に示すように、ICチップのウェハ上にアンテナまで作りこんだ微細RFIDチップの試作も行った。当然のことながら、アンテナは非常に小形になるので、通信距離は短くなる。そこで、1回巻きのループアンテナを小形化してゆくときに、どのあたりの寸法までが実用に供するかを、韓国・忠南国立大学の禹鍾明教授と検討したところ、感覚的な評価による実験から、図10に示すような傾向を得たので、1回巻きループアンテナの1辺の寸法(電気長)は、1/60波長程度までに留めたいという検討結果に至った[3]。

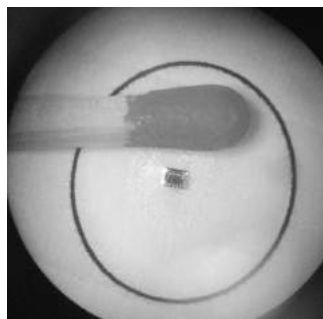


図9 試作した微細 RFID チップ

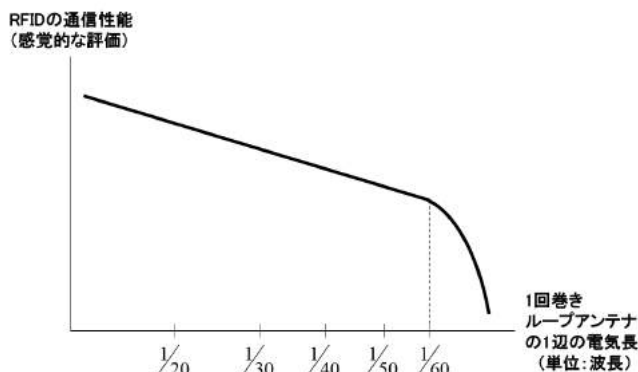


図10 IC ウェハ上に構成したアンテナの性能

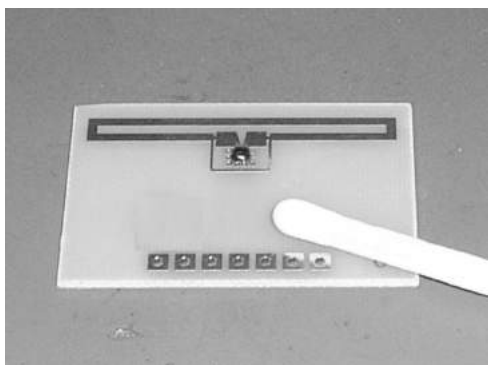


図11 外付けアンテナを用いた試作 RFID (2.45GHz用)

ICチップのウェハは誘電体なので、その誘電率による波長短縮でアンテナも小さくなるが、それでも、UHF帯において一辺の長さが1/60波長のICは、チップサイズが大きくなり価格が高くなる。そこで、チップサイズを小さくするために、ループアンテナを数回巻くと、ICのウェハ上でビアホールを用いた多層基板化が必要となるので、これも価格が高くなる。価格を重視し、小さなRFIDチップを作っても、実用的な通信ができなければ、RFIDとしての価値は無い。そこで、私たちのRFIDは、結果的に、図11に示すような外付けアンテナを用いたRFIDを試作し、実用的な通信距離を得た。

今だからこそ、知っておきたいこと

◆電池不要のパッシブ型RFID

パッシブ型RFIDは、質問器からRFIDに向けて送出される電波の一部を、RFIDが動作するための電源として用いるので、RFIDを無線端末と見た場合、電源環境は決して良いとはいえない。そこで、電子回路の低消費電力化を徹底的に行ったRFIDゆえ、RFIDには大容量のメモリは搭載していない。RFIDが取り付けられている物の詳細な情報は、RFIDから得られる識別情報(ID情報)を用い、質問器に接続されたコンピュータやネットワークから、ID情報と紐付けされた詳細な情報を得ることを前提に考える。

◆RFID vs. 2次元バーコード

RFIDが世の中に注目された1990年代は、「競合するバーコードシステムのID割り当て数に限りがあるので、バーコードシステムの後継としてRFIDシステムが普及する。」と言われていた。しかし、バーコードも1次元から2次元のバーコードが出現し、その読み取り用の高価だったCCDカメラも低価格化が加速してくると、2次元バーコードへの注目も高まってきた。最近では、スマートフォンのカメラで2次元バーコードを簡単に読み込み、そのままネットワークに情報を送ることも行えるようになってきた。

◆RFIDシステムと個人情報保護の関係 [4]

UHF帯RFIDは、その通信距離が長いので、人の情報を、その人が気づかぬうちに読み取られてしまう危険性が存在する。そこで、人の識別には、人が質問器にRFIDカードをかざすというアクション(個人情報を差し出す行為)を併用した、近距離用の13.56MHzRFIDが用いられている。長距離用のUHF帯RFIDは、物の識別を行うことが主流となっている。

RFIDは、その特徴を知ると便利に使うことができる。RFIDについては書きたいことがたくさんあるが、誌面の制限もあるので、私のRFIDのホームページ(<http://amplet.com/rfid>)も読んでいただきたい。

参考文献

- [1] 根日屋 英之、植竹 古都美、「ユビキタス無線通信の基礎とRFIDについて(連載)」、月刊バーコード 2003年11月号~2004年2月号、日本工業出版
- [2] 根日屋 英之、植竹 古都美、「ユビキタス無線工学と微細RFID」、ISBN 978-450132420-9、東京電機大学出版局
- [3] 根日屋 英之、小川 真紀、「ユビキタス無線デバイス」、ISBN 978-450132450-6、東京電機大学出版局
- [4] 根日屋 英之、平成19年度 YRP 情報通信技術研修 テキスト