

■4 群 (モバイル・無線) - 1 編 (無線通信基礎)**13 章 無線機構成の方向性**

(執筆者：大野公士) [2009年3月 受領]

■概要■

無線通信サービス及びシステムの多様化、複雑化に伴い、多くの無線周波数帯をシームレスに使用可能であり、複数の無線アクセスモードに対応できる無線機の実現が重要となっている。複雑なシステムになればなるほど、無線機の容量、重量、消費電力への課題も多くなるが、利用者観点からは小型化、軽量化、低消費電力化が重要である。更に、開発効率の観点からは、無線機のハードウェア、ソフトウェアのアーキテクチャを十分に考慮した共通プラットフォーム化が無線機開発には重要となる。

【本章の構成】

本章では複数周波数への対応を考慮したマルチバンド化技術 (13-1 節)、短時間で魅力的な無線機開発が可能となるプラットフォーム化技術 (13-2 節)、及び無線機の小型軽量化及び低消費電力化技術 (13-3 節) に関して述べ、無線機開発の動向を示す。

■4群 - 1編 - 13章

13-1 マルチバンド化技術

(執筆著：山尾 泰) [2009年2月 受領]

無線通信の利用が進み、利用される周波数帯域はますます多岐にわたっている。移動通信ではこれまでに 800 MHz 帯、1.5 GHz 帯、1.9 GHz 帯、2 GHz 帯、1.7 GHz 帯などが順次割り当てられてきた。既に携帯電話端末では 3 バンドそれぞれに独立した RF 回路を内蔵し、これらを使用帯域に応じて切り替えるものが使用されているが¹⁾、今後は更に 2.5 GHz 帯や 3 GHz 以上の帯域の利用が予定されている。このため無線端末には多くの帯域を柔軟に利用できるマルチバンド化が求められる。一つの回路で動作帯域を柔軟に変えられるリコンフィギュラブル無線回路²⁾を目指した研究が進められている。

その第1の例として、可変整合電力増幅器の基本構成を図13・1に示す³⁾。増幅素子の入力インピーダンスは周波数によって変化するので、通常は単一帯域でしか整合条件は実現できないが、整合回路のパラメータを帯域によって切り替えることで、複数の帯域に渡って整合を達成することができる。この構成では、低損失のMEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) RFスイッチを介して複数のスタブを増幅素子の出力側及び入力側に接続することで、スイッチの切替えにより複数の帯域での整合を実現している。この構成を用いた 0.9, 1.5, 2, 5 GHzの4バンド 1W出力リコンフィギュラブル増幅器の試作では、最大付加電力効率はそれぞれのバンドにおいて64%, 58%, 58%及び45%という良好な動作が確認されている⁴⁾。

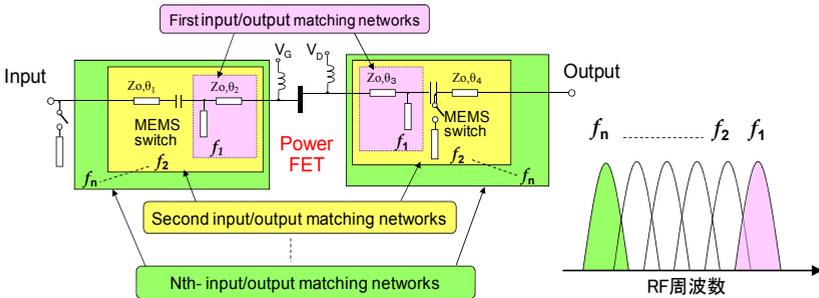


図 13・1 MEMS RF スwitchを用いた可変整合電力増幅器

リコンフィギュラブル無線回路の第2の例は、RF-BPFの帯域可変を実現するための可変周波数共振器である。例として、タップ付き $\lambda/4$ 伝送線路の途中に配した二つのRFスイッチの切替えによって伝送線路長を変化させ、四つの共振周波数を切り換わる2ビット可変周波数共振器⁵⁾の構成と特性例を図13・2に示す。この構成ではRFスイッチを n 個に増やすことで、 2^n 通りの周波数切換えが可能であり、帯域数に対して最小個数のRFスイッチを用いることで損失の増加を抑えることができる。また回路の大きさを決定する伝送線路長は、周波数切換え数： 2^n にかかわらず、最も低い共振周波数の場合の長さでよいので、小型化に適している。更に周波数可変幅を広くしたい場合には、 $\lambda/4$ 共振モードと $\lambda/2$ 共振モードを組

み合わせることも可能である⁵⁾。高誘電率プリント基板 ($\epsilon_r=10.2, \tan\delta=0.0023$) を用いた試作結果から、MEMS-RFスイッチを用いれば2~3段のBPFの損失は2~3dB程度となる。

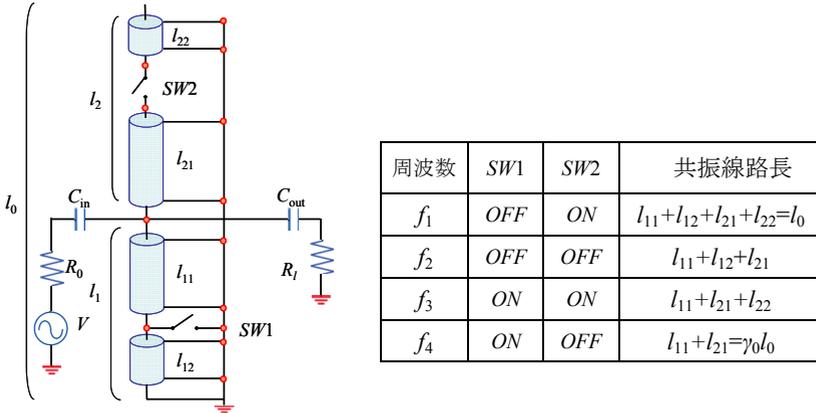


図 13・2 タップ付 $\lambda/4$ 共振伝送線路による 2 ビット周波数可変共振器

■参考文献

- 1) 小岩正明, 井上文義, 岡田隆, “マルチバンド移動端末の開発,” NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル, vol.14, no.2, pp.31-37, July 2006.
- 2) 野島俊雄, 山尾 泰, “モバイル通信の無線回路技術,” 第 6 章, 電子情報通信学会編, 2007.
- 3) A. Fukuda, H. Okazaki, T. Hirota and Y. Yamao, “Novel Band-Reconfigurable High Efficiency Power Amplifier Employing RF-MEMS Switches,” Trans. IEICE on Electro., vol.E88-C, no.11, pp.2141-2149, 2005.
- 4) A. Fukuda, T. Furuta, H. Okazaki, and S. Narahashi, “A 0.9-5-GHz Wide-Range 1W-Class Reconfigurable Power Amplifier Employing RF-MEMS Switches,” Proc. IEEE IMS 2006, pp.1859-1862, June 2006.
- 5) 大塚純一, 森 弘樹, 福田良太, 山尾 泰, “RF スイッチと伝送線路を用いた 2 ビット周波数可変共振器,” 信学技報, RCS2008-156, Dec. 2008.

■4群 - 1編 - 13章

13-2 プラットフォーム化技術

(執筆者：大野公士) [2009年3月 受領]

無線機開発戦略を考えるうえでは進化の激しい携帯電話開発の動向が参考になる。携帯電話開発において無線端末の土台となるプラットフォーム開発が登場したのは、通信方式がアナログからデジタルに変わる1995年ごろである。この時期に大手端末メーカーでは無線回路(RF)、無線ベースバンド(BB)、ソフトウェア(RTOS(Real Time Operation System)、通信プロトコルスタック、テレフォニー、パワーマネジメント、ユーザインタフェース(UI)など)を自ら手がけ、機構と組み合わせて製品プラットフォームとして活用するようになった。日本メーカーにおいては、自社プラットフォームとしての提供はしないが、自社でRF、BB、ソフトウェア、機構を開発していた。1990年代末からCDMA方式のクアルコムをはじめとして無線通信コア(通信に必要なRF、BB、ソフトウェア)を提供するチップベンダが登場してきた。2000年前後からは海外で主流のGSM方式の無線通信コアが海外チップベンダから標準チップとして供給されるようになった。こうした傾向はその後も続き、CDMA端末やWCDMA端末を手がける一部の携帯電話端末ベンダは、外部調達した無線通信コアやアプリケーション・プロセッサを用いて、端末開発を手がけるようになった。一方、2000年以降は端末機能の多様化、複雑化に伴い、端末の構成技術の階層化が進んだ。ハードウェアとソフトウェアが分かれ、チップ設計、回路基板設計、機構設計といったハードウェア開発の分担化が進んだ。また、ソフトウェアでは、OS、ミドルウェア、アプリケーション/UIといった階層化が進んだ。日本では、2001年の第3世代サービス開始に伴いソフトウェアの開発規模が急増した。これに対して、特にOSやミドルウェアを中心に、外部のプラットフォームや関連企業間で共同開発したプラットフォームを活用するようになった。日本の携帯電話産業におけるプラットフォーム化は、主にこうしたソフトウェア、特にミドルウェアレベルのプラットフォーム化である。以上のように、携帯電話端末の技術構成は階層化され、プラットフォームと呼ばれているものも、階層や取り込んでいる機能の範囲により複数存在する。

13-2-1 ハードプラットフォーム化

本項ではハードウェア機能統合化をハードプラットフォーム化の動向として説明する。基本的な携帯無線機の機能構成を図13-3に示す。電波による通信機能をもつアンテナ、RF、アナログフロントエンドなどで構成される「無線部」、CPUを中心にシステムすべての処理を行い、ベースバンド信号処理、通信制御を行う「ベースバンド(BB)部」、そして、端末本体の回路に接続されるディスプレイ、オーディオ、キー、メモリや電源部などで構成される「周辺部」からなる。近年の携帯電話端末では、マルチメディア機能が重視されるようになったためBB処理部は単に通話機能を処理するだけではなく、マルチメディア機能も実行する必要がでてきた。このような場合、BB部のCPUが通話送受信を制御し、画像や動画データ処理は、音声・画像処理に特化した処理部であるDSP(Digital Signal Processor)またはアプリプロセッサで構成されるアプリケーション(APL)部で処理する方が開発効率上、独立開発できる点で有効である。独立進化したBB部とAPL部は、近年半導体プロセス技術の進歩に伴って複数のチップを1チップ化することが可能になり、小型化、低コスト化が進む。

そこで、グローバル利用できるように複数の無線システムに対応できる RF、BB が図 13・4 のようにワンチップ化される。更に、周辺のメモリ、パワーマネジメント、オーディオ部なども統合され、端末内の部品点数が更に減少する。RF、AFE、BB 部は RF-CMOS 技術などにより統合化することができる。GPS、Wi-Fi、Bluetooth、携帯向けワンセグメント部分受信サービス (1seg) などの別方式の無線機能のベースバンド処理部は BB 部に取り込むこともできる。RF 部も統合 1 チップにすれば、小型、低コスト化を図ることができる。このような複数方式へのマルチモード化対応で重要なハードウェアとしては、アンテナ、フィルタ、パッシブ RF 回路などがあり、小型化、広帯域化技術が重要となる。

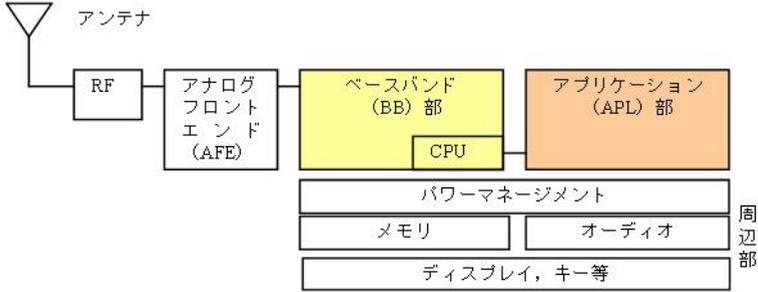


図13・3 携帯無線機の機能ブロック構成図

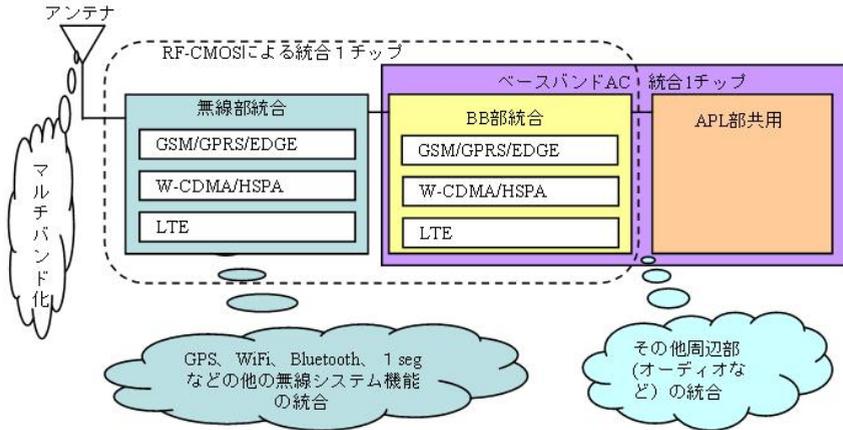


図13・4 ハードプラットフォーム化イメージ

13-2-2 ソフトプラットフォーム化

携帯端末の機能増加は、ハードウェアだけでなくソフトウェアへの技術的要求を高めることはいままでもなく、ソフトウェアの開発工数を急激に増大させる。携帯端末のソフトウェアは、ハードウェアと密接に連携するデバイス・ドライバ、オペレーティングシステム(OS)、そしてその上で動作するアプリケーションから構成される。OS はデバイス・ドライバ、通

信関連、アプリケーションなどシステム全体を制御するソフトウェアである。アプリケーションソフトの開発規模が増大するにつれ、図 13・3 のように異なるハード構成で通信用とアプリ用は独立に開発されることが多い。通信端末に使われる OS は、数十マイクロ秒でそれぞれのタスクを切り替えるというリアルタイム性を有した RTOS であることが要求されるが、アプリケーション制御に広く使用されている OS として、Symbian, Linux, Windows Mobile などの高性能 OS が利用される。通常、携帯電話端末のソフトウェアは OS のほかに、デバイス・ドライバ、プロトコルスタック、アプリケーションから構成され、それぞれレイヤ 1、レイヤ 2、レイヤ 3 と階層構造になっている。レイヤ 1 とレイヤ 2 のソフトウェアは一般に IC ベンダが提供するのに対し、レイヤ 3 のユーザインタフェースに関するアプリケーションのソフトウェアの開発は、主に端末メーカーによって行われる。携帯端末上のソフトウェア構成モデルの例を図 13・5 に示す。

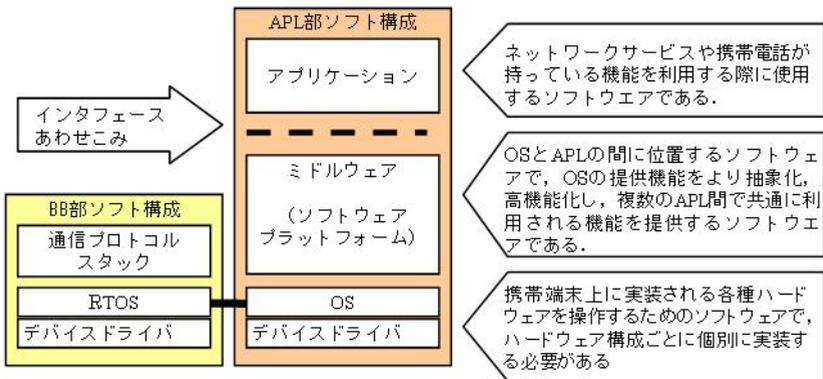


図 13・5 携帯内のソフト構成とソフトプラットフォーム化

ソフト規模増大に伴い、品質、コスト、開発期間を維持することが重要である。1社ですべてのソフトを開発するモデルから、OS や特定のアプリケーションを専門に開発するメーカーと分散開発へと開発モデルに移行する。しかし、携帯メーカーが開発するミドルウェアはメーカーごとに独自の仕様であるため、外部調達したソフトウェアを合わせ込む必要がある。この合せ込み開発を最小にするための共通化が非常に重要である。これを解決する有力なアプローチがソフトウェアプラットフォーム化である。ミドルウェアのインタフェース仕様の統一によりアプリケーションをインタフェース仕様に合わせて込んで最初から開発が可能となる。プラットフォーム化を促進するためには、開発環境（エディタ、デバッガ、コンパイラ、携帯電話シミュレータ、アプリ試験ツールなど）まで含めた開発、提供が必須である。

■4群 - 1編 - 13章

13-3 小型軽量化，低消費電力化技術

(執筆：大野公士) [2009年3月 受領]

近年の携帯マルチメディアサービスは飛躍的な進化をしている。このため、携帯無線機に対しては、ネットワーク機能の高機能化、高速化、及びマルチメディアサービスの高度化への対応が可能なハードウェア、ソフトウェア構成が必須である。これら処理を実現するためのプロセッサの能力及びメモリ容量のトレンドを図13・6に示す。メモリ容量は増大し続けているが、プロセッサのクロック（動作周波数）は頭打ち傾向にある。これは、限られたバッテリーで長時間使用することや、限られた容積、重量内で実現しなければならないことなど、携帯電話における制限条件によるものである。動作周波数を上げた場合、LSIが動作しているかいないかに限らず常に電力を消費してしまうリーク電流が増加し、電力を消費してしまうことに依存している。また、動作周波数を上げれば発熱量が増加してパッケージの耐熱温度を超えることにもなるため、筐体容積やデザインにも影響する。1サイクルあたりの命令数を向上させることで低消費電力化することも可能であるが、シングルコアでは限界がある。このため、CPU、DSP、ハードウェアを複数搭載し、必要に応じて動作させる構成へと進化するになる。

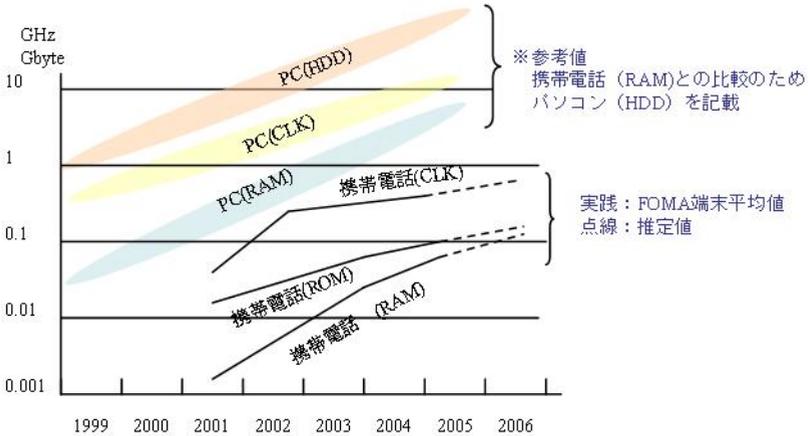


図 13・6 携帯電話のクロック及びメモリ容量の推移

移動電話の容積の経年変化を図13・7に示す。自動車電話サービス時点では約7000 cc、7 kgもあった無線機がデジタル方式導入後には、部品点数削減、VLSI化、高密度機構設計などの技術採用により50 cc以下、50 g以下にまで小型軽量化が実現された。最近の携帯は使い勝手の良さから100 cc程度が主流となっているが、以前のような電話だけでなく非常に多くの機能を実装する必要があるため、更なる高密度実装による小型、軽量化、低消費電力化が必要である。

今後も無線システムはめまぐるしく変化をしていくが、現状のようなハードウェア依存型の無線機ではそのたびに無線機を交換する必要があり、費用がかかる。同じハードウェアを用いて、ソフトウェアの変更により新システムに対応できるリコンフィギュラブル無線機などの技術開発が重要となる。ワイヤレスブロードバンド携帯端末の送信電力増幅機（HPA）には、プリディストーション技術などを導入した高効率化が、リコンフィギュラブル無線機で用いられるソフトウェアにより変更可能な RFIC やパワーマネジメントチップの開発、高性能電池の発展、アンテナをアレイ化してビームを絞り込むアンテナ技術などが今後重要である。

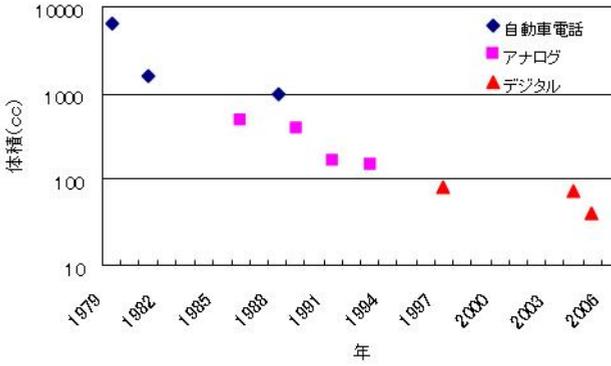


図 13・7 無線機容量の推移