

〔招待論文〕 ソフトウェア無線技術の動向

久保田周治 上原一浩 中津川征士 白戸裕史 水野秀樹

NTT未来ねっと研究所 ワイヤレスシステムイノベーション研究部
〒239-0847 横須賀市光の丘 1-1
TEL:0468-59-3340 FAX:0468-55-2106
Email:kubota@wslab.ntt.co.jp

近年のDSP、FPGAやA/D、D/A変換器等のデバイス技術の進展により、無線機をプログラマブルなデジタル回路を用いて構成し、無線信号処理をソフトウェア的に実現するソフトウェア無線技術の実現性が高まりつつある。本稿では、ソフトウェア無線技術の背景と標準化を含めた国内外の最近の動向について概説する。そして、ソフトウェア無線の特長であるマルチモード動作機能・システム変更機能・適応伝送機能と適用領域ならびにその応用分野について述べる。また、その技術的課題を方式技術、装置構成技術、デバイス技術に分けて述べる。さらに、ソフトウェア無線の実現性、技術課題の抽出を目的として試作したソフトウェア無線機の構成例と特性について紹介する。

ソフトウェア無線、デジタル信号処理、マルチモード端末、プログラマブル・デバイス

(Invited Paper) Review on Software Defined Radio Technologies

Shuji Kubota Kazuhiro Uehara Masashi Nakatsugawa Yushi Shirato Hideki Mizuno

Wireless System Innovation Laboratory, NTT Network Innovation Laboratories
1-1 Hikarinooka, Yokosuka 239-0847
TEL:0468-59-3340 FAX:0468-55-2106
Email:kubota@wslab.ntt.co.jp

Recent progress in device technologies, for instance, DSP, FPGA, A/D converter and D/A converter is enhancing the realization of *Software Defined Radio* offering flexible and adaptive wireless network systems. This paper briefly reviews the trend of *Software Defined Radio* technologies including its standardization. The advantages of the *Software Defined Radio* such as a multimode operation function, a system upgrade function and an adaptive transmission capability and their applications are discussed. Technical problems for system integration, equipment design and devices are summarized. The proposed architecture and performances of the developed *Software Defined Radio* prototypes are introduced.

Software Defined Radio, Digital Signal Processing, Multimode Terminal, Programmable Device

1. はじめに

ソフトウェア無線とは、従来、アナログ回路や専用のデジタル回路で構成されていた無線機能を、CPU、DSP、FPGA といった汎用的でプログラマブルなデジタル回路を用いて構成し、ソフトウェア的に無線信号処理を実行する無線方式である。これにより、ソフトウェアの書き換えだけでシステムやメディアを超えた「マルチモード・オペレーション」や、新規機能の追加や変更を随時可能とする「システム・バージョンアップ」、伝送路状態やユーザ・ニーズに応じて伝送方式を切り替える「適応伝送」等を実現することができる。近年のデバイス技術の進展により、ソフトウェア無線の実現性が高まりつつあり、通信・放送・ITS・情報家電等、様々な分野で大きな注目を集めている。本報告では、ソフトウェア無線技術の背景と動向、その特長と応用分野、技術的課題、ソフトウェア無線試作機の例について概説する。

2. ソフトウェア無線技術の動向

(1) 国外の動向⁽¹⁾⁻⁽⁸⁾

(1-1) Speakeasy

1980年代からアメリカの軍用無線機として音声/データ通信用ソフトウェア無線機が検討されており、1994年頃、Speakeasyシステムが実現された。その特徴は、ソフトウェア・プログラマブルであり、マルチバンド(2MHz~2GHz)対応機能、複数変調モード対応機能、FH(Frequency Hopping)対応機能ならびにデータレート可変(~20kbit/s)機能、複数誤り制御(RS符号、たたみ込み符号)対応機能等を有することにある。これらは、マルチモード動作に加え、耐妨害性、通信の確実性、通信コスト削減、生産性、メンテナンス・グレードアップの効率化を目指したものであり、近年も後継システムの開発が行われている。

(1-2) E-system

ソフトウェア無線はパーソナルコンピュータやワークステーション用の無線機能ボードとしてのアプローチも検討されてきた。1992年に発表されたE-systemは、DSPボードベース(サイズ23cm²)のソフトウェア無線受信機であり、FM、FM-FSK/SSBへの対応機能、干渉キャンセル機能等を実装可能で、信号処理部は100MFLOPSの演算能力を有し、消費電力25W以下で実現されている。

(1-3) その他

米国ではDARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)がスポンサーとなり、大学・企業等によるGlomo(Global Mobile)プロジェクトでソフトウェア無線の検討が行われている。欧州では、衛星/地上共用ソフトウェア無線技術であるSORT(Software Radio Technologies)、EspritプログラムのひとつであるSLATS(Software Libraries for Advanced Terminal Solutions:第2/3世代用商用ソフトウェア・モジュールの開発)、PROMURA(Programmable Multimode Radio for Multimedia Wireless Terminals:プログラマブルRF部-500MHzから2500MHzの6MHzバンド幅動作)、ACTSの後継プロジェクトであるISTにおけるTRUST(Transparently Re-configurable Ubiquitous Terminal)等がある。

(2) 国内の動向⁽⁸⁾⁻⁽²⁵⁾

国内では、郵政省委託による電波産業界(ARIB)のソフトウェア受信機の調査・試作が1996年から行われている。また、電子情報通信学会では、ソフトウェア無線研究会が時限研究専門委員会として1998年12月に設立されている。その他、適応変調方式の研究開発、ソフトウェア・アンテナの研究開発、ソフトウェア受信機・無線機の研究開発、無線信号解析、測定器・電波監視応用等の検討が活発に行われている。

(3) 標準化にむけた活動

(3-1) SDR Forum

Speakeasyの成功を受け、1996年からMMITS(Modular Multifunctional Information Transfer System)Forumがスタートし、現在、SDR(Software Defined Radio)Forumの名称でソフトウェア無線の普及促進、デファクト・スタンダード化を目指し活動を進めている。

(3-2) その他

無線通信の国際的標準化を行うITU-Rの中の次世代移動通信業務担当であるWP-8Fにおいてソフトウェア無線の検討が始まったほか、米国FCCでの検討、国際的な無線規格策定団体合会であるRAST(global Radio Standardization)での検討等が始まっている。国内でも電通技審における第4世代移動通信の検討の中でソフトウェア無線技術がキイ技術のひとつとして取り上げられている。

3. ソフトウェア無線技術の特長

ソフトウェア無線方式の特長は以下のように要約することができる(図1)。

(1) マルチモード対応機能

多種多様なシステム・メディアに対応するマルチモード・オペレーションを提供可能とする。これにより、
・異なるエア・インタフェースのシステム(エリアと情報速度、情報種別)に対応する、あるいは異なるメディア(通信/放送/ITS等)に対応する無線端末
・異なるシステムの端末を収容する基地局
・異なるシステムをつなぐ(Bridge)中継機能等が実現可能となる(図2)。

(2) システム変更対応機能

基地局や端末を交換することなくソフトウェアの書き換えによって新機能への対応を可能とする。Future-proof的な意味でのバージョン、グレードアップ対応機能が実現される。

(3) 適応伝送機能

無線周波数、アンテナ指向性、伝送速度、変復調方式、誤り制御方式、伝送プロトコル等の適応的切替え機能により伝送品質・加入者容量等の向上が実現可能となる。

これらに加え、無線機・無線システムの開発期間の短縮・生産性向上によるコスト削減・メンテナンスの効率化、端末・ソフト開発競争醸成の効果も期待される。

4. ソフトウェア無線技術の適用領域と応用分野

ソフトウェア無線の適用領域としては、信号処理能力や消費電力・サイズの観点から、当初は基地局・可搬局的なものから次第に携帯モジュール・携帯端末タイプのものへ、システムとしては比較的低速なシステムから次第に高速・広帯域なシステムへ、プログラマビリティの提供についてはソフトウェア化が容易な高位レイヤから下位・物理レイヤへ、ベースバンド・中間周波部から高周波部へと、デバイス技術の進展に伴ってその適用が進むものと考えられる。加えて、ソフトウェア無線技術と専用ハード技術の組合せ、機能分担も重要な課題となる。

ソフトウェア無線の特長を活かす応用分野として

は、システム・サービスのバージョンアップに対する迅速性、コスト削減の実現(端末の買い換え頻度、基地局の交換頻度の低減)、マルチモード機能を活かしたスペースファクタの解消(ホーム、ショップ、SOHOユース)、複数端末機能の一本化(モバイル、車載(ITS)ユース)、ユーザ毎のカスタマイズ端末(ユーザ・ニーズ対応、期間限定のカスタマイズ)、ネットワークやシステムに対する専門知識を必要としない最適エア・インタフェースの提供(高齢者、幼児、動物、物流)等が期待される。これらは、各種移動通信、無線LANはもとより、固定通信網のラスト・ワンホップ、衛星通信をはじめ、放送やITSといった様々な分野を横断的に融合する無線技術となる可能性を有している。

5. ソフトウェア無線の技術的課題

ここでは、ソフトウェア無線の技術的課題を方式技術、装置構成技術、デバイス技術に分けて概説する。

(1) 方式技術の課題

(1-1) API

各種システム対応の機能記述インタフェース(API)およびその標準化(異なるハードで共通のアプリケーション・ソフトを使用可能としたり、無線信号処理機能をモジュール化してそのインタフェースを規定)。

(1-2) ソフトウェア・ダウンロード

有線・無線ならびに各種記憶媒体を用いたソフトウェア・ダウンロード技術(プロトコル、信頼性、セキュリティおよびそれらの標準化)。

(1-3) システム間ローミング

異なるシステム間をユーザが渡るためのネットワーク制御技術(ハンドオーバ、位置管理、課金等)。

(1-4) その他

適応伝送技術、無線信号の自動識別技術等がある。

(2) 装置構成技術の課題

ソフトウェア無線では、無線信号をソフトウェア的に処理するためにデジタル信号に変換する周波数変換およびサンプリング方式が重要となる。ここでは、それらの技術について述べ、続いてその他の無線機能実現の課題について概説する。

無線機では一般に受信側の信号処理量が送信側

に比べて大きく、受信信号処理のアナログ回路とデジタル回路への効率的な機能配分が重要となる。アナログ回路では柔軟性がある程度制限されるため、プログラマビリティを高くするためには、できるだけデジタル回路で信号処理を行うことが望ましい。しかし、高周波数・広帯域な信号のデジタル処理は非常に高い処理速度を要求するため、装置全体の回路規模・消費電力等を勘案してその機能配分を決定する必要がある。その意味でも、ソフトウェア無線装置における周波数変換方式とアナログ信号をデジタル信号に変換するサンプリング実行周波数帯域ならびにサンプリング速度の設計が重要である。以下にサンプリング方式について、サンプリング実行周波数帯域による分類、信号帯域幅に対するサンプリング速度による分類について述べる。

(2-1) サンプリング周波数帯による分類(図3)

① RF サンプリング

RF サンプリング方式は、RF 信号を直接デジタル信号にサンプリングする方式であり、RF アナログ部はアンプ、フィルタだけでよく構成は簡易となるが、デジタル信号処理の演算量が非常に大きくなる。また、ナイキストサンプリングやオーバーサンプリングでは超高速の A/D 変換器が必要となる。アンダーサンプリングではフィルタの要求特性が厳しくなり、数百 MHz を超えるような RF 周波数を用いる無線方式への適用は現時点ではかなり難しい。

② IF サンプリング

IF サンプリング方式は、RF 信号を IF 信号に変換した後サンプリングする方式である。この場合、IF 周波数を低くとればナイキストサンプリングやオーバーサンプリング処理の実現性がでてくる。アンダーサンプリングを用いる場合、比較的低速の A/D 変換器で実現可能であり、フィルタの要求特性を緩くできるという特徴がある。

③ ベースバンドサンプリング

ベースバンドサンプリング方式ではナイキストサンプリングやオーバーサンプリングでも比較的低速の A/D 変換器で対応可能となる。デジタル信号処理部の演算量は比較的小さくできるが、アナログ処理部分が大きく回路のプログラマビリティはある程度制限される。また、ベースバンド変換のた

めの直交変換の高精度化が要求される。DC (ダイレクトコンバージョン) 構成では IF フィルタが不要でアナログ回路を簡易にできるが、ミキサによる二次歪、DC オフセット等が解決すべき課題となる。

(2-2) サンプリング速度による分類

① ナイキストサンプリング

処理する信号帯域の2倍の周波数でサンプリングを行う方式であり、ベースバンド帯で用いられれば信号処理レートは最小となるが、アンチエイリアシング・フィルタに急峻な特性が必要となる。

② オーバーサンプリング

処理する信号帯域の2倍以上の周波数でサンプリングを行う方式であり、アンチエイリアシング・フィルタの実現が比較的容易となるが、A/D 変換器やデジタル信号処理部等の動作速度は高くなる。

③ アンダー (バンドパス) サンプリング

RF、IF 信号がサンプリング周波数 f_s の半分の周波数 $f_s/2$ およびその整数倍の周波数で折り返されることを利用して直接ダウンコンバージョンと標本化を実行する方式である。最小サンプリング周波数は $2 \times BW$ となる。ある程度大きなサンプリング周波数とすればアンチエイリアシング・フィルタの実現が比較的容易となる。逆にサンプリング周波数 f_s を小さくすると折り返し雑音により SNR が劣化する。A/D 変換器にはサンプリング周波数より十分高い入力周波数特性が要求され、A/D 変換器入力信号は折り返し雑音を押さえるためバンドパス・フィルタリングされていることが条件となる。

以上より、現時点で高周波の無線システムを取り扱うためには、サンプリングを行う周波数帯としては、IF 帯またはベースバンド帯が現実的であり、サンプリング周波数としては IF サンプリングの場合、アンダーサンプリング方式が、低 IF またはベースバンドサンプリングの場合、ナイキストサンプリングまたはオーバーサンプリング方式の適用が有望である。

(2-3) 各種無線機能構成技術の課題

以下にソフトウェア無線における各種無線機能実現上の技術的課題をあげる。

① アンテナ

小形広帯域／多周波共用アンテナ等によるマルチバンド動作の提供、アダプティブアレー・アンテナ（指向性制御、マルチパス分離合成）、到来方向推定アルゴリズムならびに上記アンテナ技術を組合わせた干渉キャンセリング技術、SDMA (Space Division Multiple Access) 技術によるシステム容量増大・高品質化が課題である。

② RF 回路（送受信・周波数変換回路）

アナログ回路による RF/IF 回路の課題は、マルチバンド RF/IF 回路の実現や柔軟な処理周波数および帯域幅の実現にある。アナログ回路構成の簡易化を実現するためのダイレクトコンバージョン方式、ダイレクト IF サンプリング方式の検討が有効である。

③ チャネル選択方式

希望波の所望帯域だけを取り出すチャネル選択のためにはアナログ回路におけるダウンコンバージョンの過程でアナログフィルタを用いて取り出す方法とデジタル信号に変換後デジタルフィルタで取り出す方法がある。アナログ処理ではアナログフィルタの中心周波数に受信信号を一致させるため PLL (Phase Locked Loop) 周波数シンセサイザや DDS (Direct Digital Synthesizer) による局発制御に基づき周波数変換を行う。デジタル処理方式としては、A/D 変換後に DDC (Digital Down Converter または HBF (Half Band Filter)) 等の専用回路を用いる方法、DSP でのソフト・フィルタリング処理等がある。

また、上記の組合せの機能分担によるチャネル選択、イメージ抑圧も考えられる。

④ ダイナミックレンジ

受信信号のダイナミックレンジの確保は、その無線方式（変調方式や送信電力制御の有無等の条件）によって異なる。もっとも厳しい条件としてシステム帯域一括で信号処理を行い、線形性を保ちながら 100dB とした非常に大きな受信信号レベル変動に対応する無線機を仮定すると、広帯域な AGC と高分解能の量子化によるダイナミックレンジの確保が必要となる。

⑤ その他の信号処理

その他、各種無線方式に必要な多元接続処理 (FDMA, TDMA, CDMA)、変調、復調（遅延検波、同期検波、パイロット信号を用いた同期検波）、タイミング再生（チップ、クロック、フレーム）、AFC、AGC、DC オフ

セット補償、誤り制御（誤り訂正（たたみ込み符号、ターボ符号）、ARQ）、適応等化、干渉除去、ダイバーシチ送受信、送信電力制御等をデジタル信号処理で実現する必要がある。例えば、誤り訂正で良く用いられるビタビ復号方式の場合、畳み込み符号の拘束長 $K=9$ 、処理速度 10kbit/s で必要となる信号処理速度は～250MIPS 程度となる。

また、さらに上位レイヤの処理である情報源符号化・復号化、呼制御、移動管理、無線リソース管理等については、既に DSP や CPU によるソフトウェア処理化されている部分が多い。例えば、音声コーデックのうち、7kbit/s の VSELP に必要な信号処理速度は～20MIPS (7.8MOPS)、3.5kbit/s の PSI-CELP の場合～46MIPS (18.7MOPS) 程度といわれている。

この他、ユーザ・インタフェース、ネットワーク・インタフェース機能の実現方法についても検討が必要である。上述の無線信号処理機能は必ずしもソフトウェア的処理に適したものばかりとは言えないので、プログラマビリティと処理量のトレードオフにより、それらの機能の DSP, FPGA, CPU ならびに専用ハード (ASIC 等) への最適機能配分を検討する必要があり、これがソフトウェア無線装置構成上の最大の課題となる。

(3) デバイス技術の課題

ソフトウェア無線用デバイスは、アナログ回路とデジタル回路に大別することができる。

(3-1) アナログ回路用デバイス

アナログ・デバイスとしては広帯域アンテナ、広帯域 RF デバイスや高速 DDS、帯域可変フィルタ、広帯域 AGC アンプ等の高機能化、小型・低消費電力化、低コスト化が望まれる。

(3-2) デジタル回路用デバイス

デジタル・デバイスとしては A/D および D/A 変換器、DSP、CPU、FPGA、PLD、ASIC 等の一層の高速化、高機能化が望まれる。近年、A/D 変換器性能、DSP 性能、FPGA 性能の推移トレンドはそれぞれ、10 倍/5 年、10 倍/3～4 年、10 倍/2 年（ゲート数）と考えられ、高度な無線機能のソフトウェア化に大きな期待を抱かせてくれる。最大の課題は、消費電力の低減と低コスト化となる。

6. ソフトウェア無線試作機の例⁽²⁶⁾⁻⁽²⁸⁾

ソフトウェア無線技術の実現性とその課題を明ら

かにする目的でソフトウェア無線機の試作が行われている(表1、図4)。図の試作機の例では汎用のCPU、DSP、FPGA等のプログラマブル・デバイスを用いたマルチ・プロセッサ・アーキテクチャを採用している。受信した無線信号をIFアンダーサンプリング方式にてA/D変換した後、デジタル信号処理を施しており、CPUやDSPのプログラムを書き換えることによりPHSやデジタルセルラ相当の種々の通信モードを実現することができる。システム制御・制御等の高位レイヤの処理はCPUが行い、同期制御・変復調・音声符復号等、比較的高速な処理をDSPが行う(図5)。デジタル周波数変換、チャンネルフィルタリング等の無線信号処理はプログラマブルな専用ハードで実現している。

また、実装される無線機能を活用し、無線回線により新しいソフトウェアをダウンロードする無線ダウンロード機能も実現されているほか、プログラムの書き換えにより無線信号の変調方式を変更する適応伝送も可能となる(図6)。試作機は市販のCPU、DSPボードをベースとし、VMEバス構成で実現されている(図7)。

7. おわりに

ソフトウェア無線技術の動向、適用領域と応用分野、技術的課題、試作機の構成例について概説した。今後のソフトウェア無線実用化にむけてのデバイス技術の課題としては、マルチバンドアンテナ、マルチバンドRF回路等のアナログ回路の高度化に加え、高速・広帯域A/D変換器、DSP・FPGA等の高性能プログラマブル・デバイスの研究開発ならびにその低消費電力化・低コスト化が重要であり、加えて、それらとアナログ回路・専用デジタル回路の最適機能配分の研究開発が必要となろう。

[参考文献]

- (1) IEEE Communications Magazine, Vol.33, No.5, pp.24-68, May 1995.
- (2) IEEE Communications Magazine, Vol.37, No.2, pp.82-123, Feb. 1999.
- (3) IEEE Communications Magazine, Vol.37, No.8, pp.102-117, Aug. 1999.
- (4) IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.17, No.4, April 1999.
- (5) IEEE Personal Communications, Vol.6, No.4, pp.12-64, Aug. 1999.
- (6) European Commission DG XIII-B (ACTS): "Software Radio Workshop", Brussels, May 1997.
- (7) J. Mitola III: "Software Radios Survey, Critical Evaluation and Future Directions", IEEE National Telecommunications Conference, pp.13-15 - 13-23, May 1992.
- (8) IEICE Trans. on Commun., "Special Issue on Software Defined Radio and Its Technologies," Vol.E83-B, No.6, pp.1163-1289, June 2000.
- (9) ARIB: "FPLMTS 研究委員会 技術開発部会 活動報告", pp.24-30, 1997.1
- (10) 品川, 椿, 猪飼, 本間: "ソフトウェア無線技術", 1998 信学総全大TB-5-4, pp.765-766, Mar. 1998.3
- (11) 河野: "IMT-2000 に向けた無線アクセス技術の動向と展望 - 干渉除去, フレアンテナからソフトウェア無線へ -", 1998 信学ソ大TA-1-4, pp.279-282, 1998.9
- (12) 荒木, 河野, 鈴木, 唐沢, 石川, 鈴木, 吉田: "Software Radioの課題と展望", 電子情報通信学会移動通信WSパネeldiscussion (AP, MW, RCS, SST 共催), 1999.2
- (13) 河野, 荒木, 田原, 鶴見, 石井, 井城, Adra: "ソフトウェア無線の実現にむけての課題", ソフトウェア無線研究会第1回WSパネeldiscussion, 1999.3
- (14) 横井他: "ソフトウェア受信機の開発に関わる調査検討について", 信学技報SR99-1, pp.1-8, 1999.6
- (15) 横井, 勝田, 内藤, 大衛, 伊澤: "ソフトウェア無線機の試作と評価結果", 信学技報SR99-2, pp.9-15, 1999.6
- (16) 細谷, 黒田, 塩入: "ソフトウェア受信機を考慮したハードウェア構成の検討", 1999 信学総全大B-5-78
- (17) 吉田, 菅野, 鶴見, 鈴木: "ソフトウェア無線機におけるソフトウェア実行形態に関する提案", 1999 信学総全大B-5-79
- (18) 鈴木, 石井: "ソフトウェア受信機, 1台で任意の無線変調方式に対応(上)", 日経エレクトロニクス, No.732, pp.183-193, 1998.12.14
- (19) 川岸, 三瓶, 森永: "マルチスロット割り当てを用いた適応変調方式に関する検討", 信学技報RCS98-30, 1996.6
- (20) 梅林, 吉井, 石井, 河野: "ソフトウェア無線のための適応変復調における変調及びシンボル推定の改良の一検討", 1999 信学ソ大SB-10-2
- (21) 堀, 長: "高速リレイバアクセスを実現するスマートアンテナ", NTT技術ジャーナル, Vol.11, No.5, pp.63-68, 1999.5
- (22) 松本, 恵比根: "移動通信用アダプティブアンテナ技術サベイトと展望", NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol.5, No.4, pp.25-36, 1998.1
- (23) Y. Karasawa, et al.: "The Software Antenna: A New Concept of Kaleidoscopic Antenna in Multimedia Radio and Mobile Computing Era", IEICE Trans. Commun., Vol.E80-B, No.8, pp.1214-1217, Aug. 1997.
- (24) 片山, 藤巻: "ソフトウェア無線システムへの超伝導技術の応用", 信学技報SR99-5, pp.31-38, 1999.6
- (25) 谷口, 吉村, Keat, 小川: "ソフトウェア無線携帯機器の集積回路化について", 信学技報SR99-6, pp.39-44, 1999.6
- (26) 上原, 中津川, 鈴木, 白戸, 久保田: "ソフトウェア無線基地局・端末局の試作(I)", 信学技報SR99-10, pp.1-8, 1999.11
- (27) 鈴木, 芝, 庄納, 吉岡, 渋谷: "ソフトウェア無線基地局・端末局の試作(II)", 信学技報SR99-11, pp.9-14, 1999.11
- (28) Y. Suzuki, K. Uehara, M. Nakatsugawa, Y. Shirato, S. Kubota: "Software Radio Base and Personal Station Prototypes," IEICE Trans. on Commun., Vol.E83-B, No.6, June 2000.

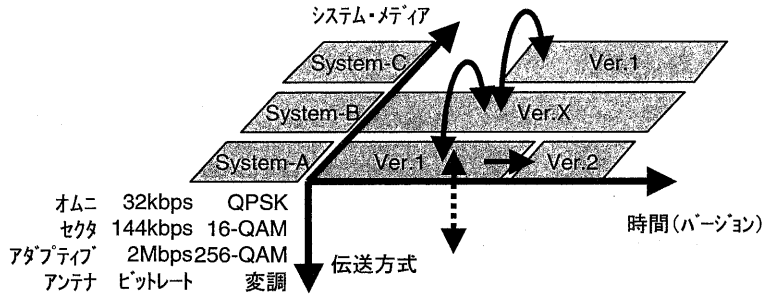


図1 ソフトウェア無線技術の特長

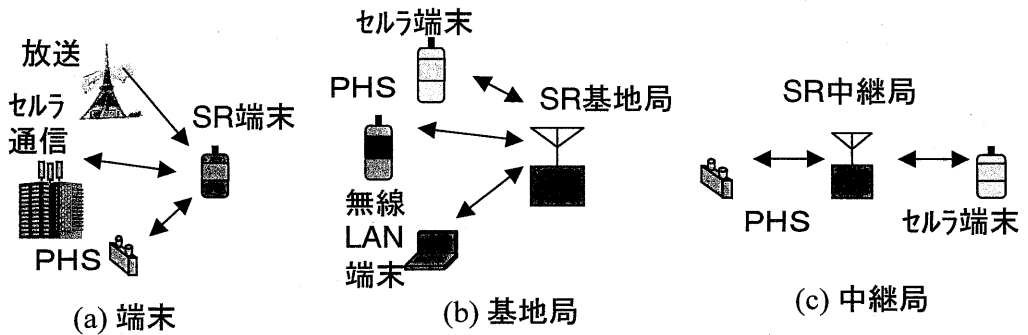


図2 ソフトウェア無線技術の適用

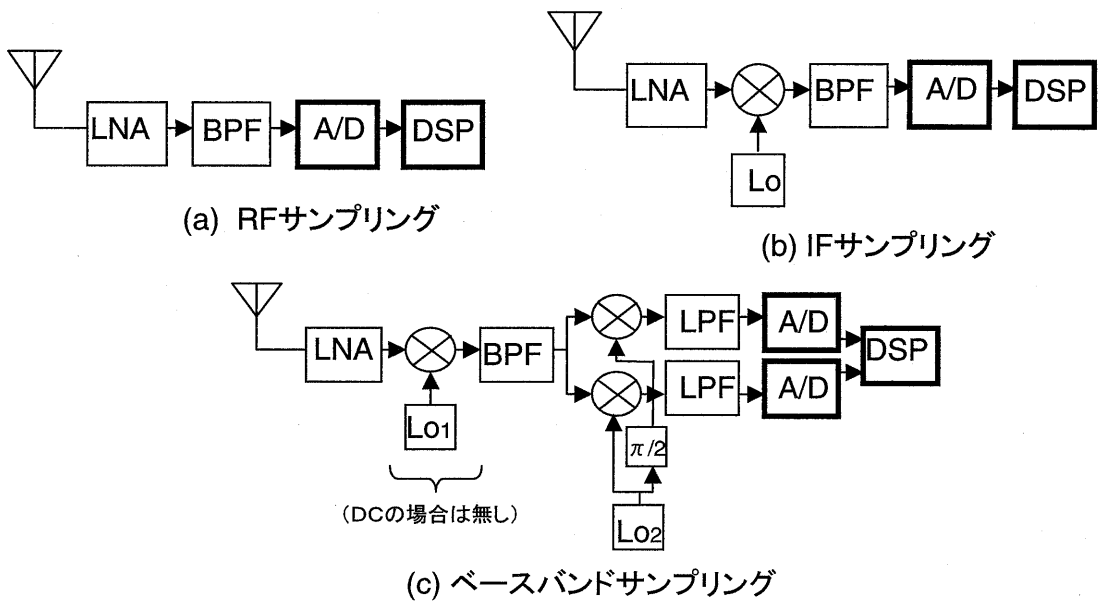


図3 周波数変換ならびにサンプリング方式

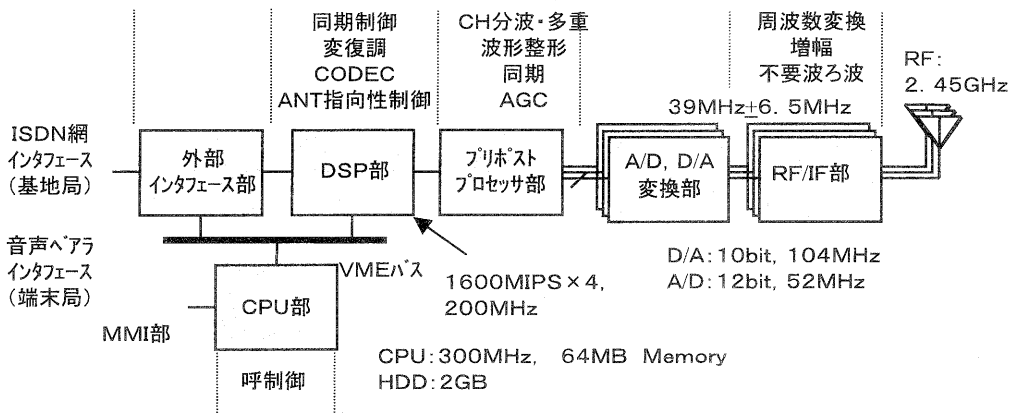


図4 ソフトウェア無線試作機の構成

表1 ソフトウェア無線試作機の主要諸元

RF周波数	2.45 GHz帯
帯域	13 MHz
周波数変換方式	ダブルスーパーヘテロダイン方式
IF周波数	215MHz, 39 MHz
RF/IF系統数	3
多重化方式	TDD方式
外部インタフェース	基地局: ISDN 端末局: ベア、音声 (ADPCM, RPE-LTP)
DSP総演算量	(1,600 × 4) 6,400 MIPS
A/D変換方式	IFアダプタリング方式

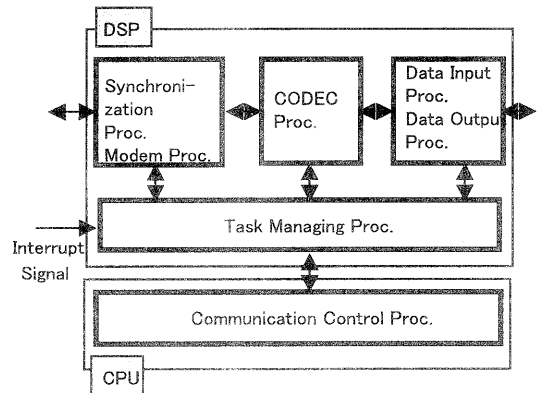


図5 ソフトウェア無線試作機のソフトウェア構成

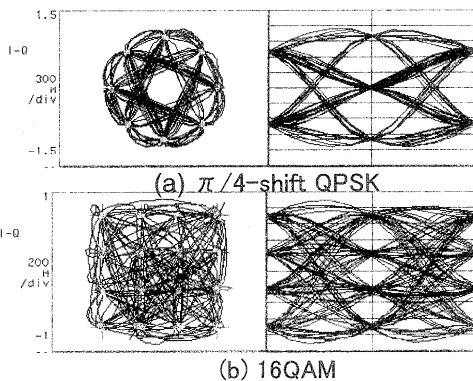


図6 ソフトウェア無線試作機の変調波形

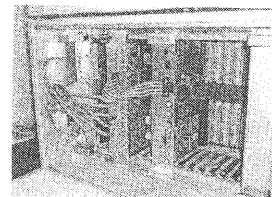
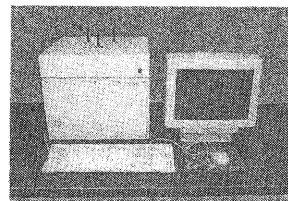


図7 ソフトウェア無線試作機の外観