

移動無線通信用ソフトウェアシミュレータの開発

鈴木 博

東京工業大学 理工学国際交流センター

〒 152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1

TEL: 03-5734-3289, FAX: 03-5734-3276

E-MAIL: suzuki@icc.titech.ac.jp

URL: <http://www.mobile.icc.titech.ac.jp>

アブストラクト 移動無線において信号伝送実験を行うためのソフトウェアシミュレータを製作する。ソフトウェアシミュレータの本体は、マルチ DSP, FPGA, D/A, A/D および高速メザニンバスからなる。ソフトウェアダウンロード、低速データは VME バスを経由する。信号処理の様子をリアルタイム波形でモニタできるようにする。また、オプションとして IF, RF 回路部品による無線ハードウェアを提供する。ソフトウェアシミュレータの製品構成は、ハードウェア、その上で動作するソフトウェアパッケージ、および開発ツール (OS: Windows) から成る。本シミュレータ開発の背景、外部条件、開発計画、波及効果について述べている。

1 ソフトウェアシミュレータ

1.1 移動通信の状況

移動通信は携帯電話を中心に飛躍的に普及しており、すでに日本国内で 5,000 万以上の加入者数となっている。現在の携帯電話はアナログからデジタルに移行した第 2 世代であるが、すでに、マルチメディア化とグローバル化に対応した第 3 世代 (IMT-2000) への標準化がほぼ終了しつつある [1]。しかしながら、将来のインターネットに接続された移動通信システムにおいては MPEG4 動画画像情報を含む膨大なマルチメディア情報がやりとりされると予想されている。このような状況における大容量伝送への要求に対処するために IMT-2000 の第 2 フェーズおよび第 4 世代の研究開発が急がれている。

1.2 研究・開発の状況

無線機の高度化 従来、移動通信用無線機はハードウェア中心であり、ソフトウェアについては音声信号処理と回線制御を中心としたもので、その比重は小さかった。しかしながら、CDMA や TDMA において高度なデジタル信号処理を無線信号伝送の処

理に導入するようになり、DSP におけるソフトウェアの比重が大きくなりつつある。このような実現手法はソフトウェアレディオと呼ばれ、各所で研究されている [1]-[4]。この傾向がもっと進めば、携帯電話のエージェント機能を中心にしたアプリケーションの比重が増すと考えられ、ソフトウェアレディオの次には個々の使用者の要求を推測・判断し、移動体の環境に合わせて最適なサービスを提供するコグニティブレディオへ発展すると予想されている [3, 4]。図 1 にこの発展を示す。

移動通信における信号伝送 第 3 世代の第 2 フェーズおよび第 4 世代における無線信号伝送の研究テーマとして、以下の二つのものが重要と考えられる。

- 2Mb/s 以上の高速伝送の実現
- 干渉の抑圧手段の実現

従来、これらテーマの基礎研究は計算機によるシミュレーションが主体であるが、伝送システムの高度化に伴って膨大な計算時間が必要になってきている。研

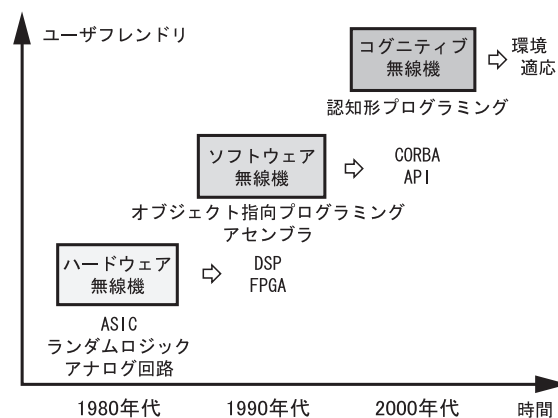


図 1 移動無線機の高度化

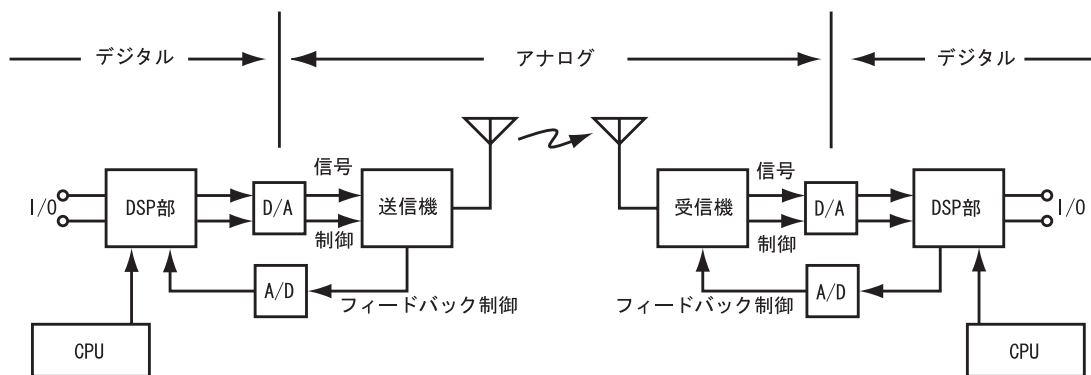


図2 シミュレータの基本構成図

究開発への要求項目の最近の特徴を以下に列挙する．

- アダプティブアレー，干渉キャンセラ，パケットタイミング制御等の非常に高度な無線信号処理のアルゴリズムの開発が要求されている．
- 高速処理のためには，マルチ DSP だけでなく FPGA などを組み合わせた高度なプログラマブルデバイスの最適組合せ方法の開発が要求されている．
- 計算機シミュレーションによる基本アルゴリズムを実証するだけでなく，それを実際に実現するために必要な周辺技術を確立し，全体としての性能を提示することが要求されている．
- 計算機シミュレーションで用いたプログラムに僅かな手間を加えるだけで試作機の開発を短期間で行え，さらにそのプログラムの多くの部分が商用機的设计に使えることが要求されている．

これらの要求を満たすため，研究開発の現場においてアルゴリズム等の変更が可能なソフトウェアシミュレータが注目されている．研究から開発までの期間短縮を考えればこのシミュレータの基本構成は，当然商用機に近いものでなければならない．シミュレータの基本構成を図2に示す．

1.3 外部条件

移動通信では数 Mb/s の無線信号伝送システムの構築が目標であるが，それに適合するソフトウェアシミュレーションシステムは相当高速に動作することが必要である．したがって，このシミュレータの開発には一般に高度なハードウェア技術が必要である．しかしながら，近年，以下に述べるように各種の汎用ボードの入手が容易になりつつある．

- 1 GFLOPS の DSP を複数搭載したボードが市場に出てきた．
- サンプル周波数が 75MHz 程度の D/A 変換器および A/D 変換器を搭載したボードが市場に出てきた．
- FPGA の集積度が増大し，DSP だけでは処理できない信号を処理することができるようになった．また，比較的取り扱いが容易で，マルチ DSP と高速にデータ交換可能な DSP ドータボード形式の汎用 FPGA ボードが市場に出てきた．
- マルチ DSP をサポートする開発ソフトウェアが市場に出てきた．

これらのボードとソフトウェアの組み合わせにより，比較的容易に将来の移動通信方式の仕様を満たすシミュレータを構築できる条件が整いつつある．

1.4 プラットフォームの効果

ソフトウェアシミュレータは，特定の機能を研究するためのツールとして，また，その技術をトータルに評価するためのプラットフォームとして用いることができる．本プロジェクトでは，移動無線通信における信号伝送システムの研究・開発用プラットフォームとして，下記の効果を期待して移動無線通信ソフトウェアシミュレータを製作する．

研究の効率化 無線系のソフトウェア化に伴って移動通信関連企業がソフトウェアレディオの研究に着手しつつあるが，その研究レベルはまちまちである．研究リソースに余裕のある企業は独自に上記ボードの組み合わせ，あるいは独自ボードの製作を行っているが，これらがセットとして市場に出まわる可能性はほとんどないと考えられる．一方，研究に余裕のないところは，従来のパーソナルコンピュータに

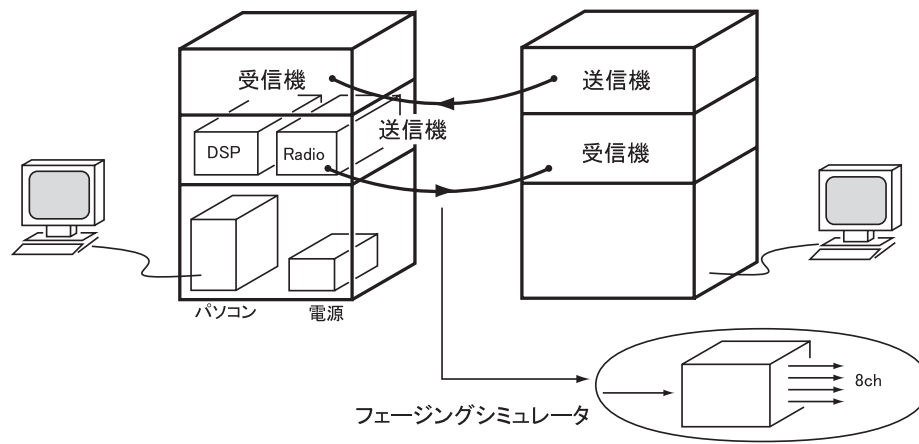


図3 製品イメージ

よるシミュレーションであまり効率が高いとはいえない研究開発を進めている。どちらの企業も汎用のボードで作られ高速に動作するシミュレータが市販されれば、ハードウェア供給の安定性と研究・開発の効率化を考えて、それを購入することが予想される。また、標準的な伝送機能をサポートするソフトウェアモジュールによるプラットフォームがあれば、研究・開発の効率はさらに向上する。

産学協同の促進 移動通信の研究開発は、従来、企業において行われてきたが、これからの企業は、アルゴリズム、特定部品などの要素技術の開発だけでなく、要素技術のインテグレーションによるシステム構築能力が一層要求される。したがって、一連の研究開発において、特にアルゴリズム開発の要求を満たすためには、これからは大学の研究者と学生が積極的に参加していく必要があると考えられる。高度な信号処理の創造には優れた解析能力と試行錯誤の時間が必要であり大学がその役割を担うようになる可能性がある。しかしながら、大学ではシステム全体を体験することは非常に難しいので、適当なプラットフォーム上でトータルなシステムを仮想的に実現し、研究者が同一の条件の下で要素技術を創造することが望ましい。

2 シミュレータの概略

移動無線通信のソフトウェアレディオによる信号伝送方式を研究・開発するためのソフトウェアシミュレータとして、概略、下記のようなイメージを描いている。

- ・シミュレータは、信号生成部、移動無線伝搬路

シミュレーション部、信号復調部から構成され、各部は通信ポートで結合された複数のデジタル信号処理プロセッサ (DSP) が搭載されたボードから成る。

- ・上記のハードウェアを汎用ボードおよび若干の試作ボードによって組み立て、ボード間の相性に関するノウハウを蓄積すると共に、安定したボードの組み合わせを具体的に提示する。
- ・各部のソフトウェアモジュールを作成し、汎用化する。
- ・無線ハードウェアとのインターフェースを製作し、RF系、IF系、ベースバンド系でのハードウェア実験を容易にする。
- ・ソフトウェアモジュールとハードウェアの選択により、様々な仕様の無線信号伝送系のシミュレーションを行えるようにする。
- ・シミュレータ各部の内部動作をリアルタイムにビジュアル表示し、デバッグの効率化、デモンストレーションの簡易化を図る。

製品のイメージを図3に示す。

3 開発計画

本プロジェクトの代表者はオペレータの研究所において、長年、移動通信用送受信機およびその部品、フェージングシミュレータ等を考案・開発してきた経験を有している。この分野におけるアナログ/デジタル回路、デジタル信号処理アルゴリズム、変復調器等を考案・開発してきた [5, 6]。

現在、数十 MIPS の DSP 10 個を用いたボードを用いて信号処理系を構築し、研究を行っている。し

かしながら，現在，DSP が世代交代しつつあり一層の高速化が進んでいることから DSP 処理系を大幅に再構築する計画でいる．具体的な研究計画を以下に示す．研究費は科研費，共同研究費等を予定している．また，単に大学だけで製作するのではなく，企業との共同研究，分担を行い効率よく質の高い製品に仕上げたい考えである．共同していただけるパートナー企業を広く募集している．

平成 12 年度：基本伝送系の構築

- VME-Bus 上のハードウェアと開発ツールのアセンブルおよび習熟
- 送信部：PN 発生器，ディジタル変調器 (BPSK, MSK, QPSK, 16QAM, DS-CDMA, OFDM) のソフトウェアモジュールの作成
- フェージングシミュレータ部：現在開発中の新しいアルゴリズムによるレイリーフェージングの発生法をインプリメント
- 受信部：IQ 復調用 IC の制御，簡単な復調器 (同期検波，遅延検波，判定帰還形等化器) のソフトウェアモジュールの作成

平成 13 年度：オプションの構築

- RF 系，IF 系，ベースバンド系の回路製作
- 送信部：直交変調器の補償回路
- フェージングシミュレータ部：遅延プロファイルの自動生成アルゴリズムの開発
- 受信部：直接検波回路の製作，受信ダイバシティ方式のインプリメント
- タイミング同期回路のインプリメント
- ビタビ形等化器のインプリメント

平成 14 年度：干渉キャンセラの製作

- ビタビアルゴリズムの高効率なインプリメント
- RLS アルゴリズムの高効率なインプリメント
- TDMA 干渉キャンセラ，パケット方式のインプリメント
- アダプティブアレーのインプリメント
- デジタル音声伝送系のインプリメント

なお，上述の基本アルゴリズムはすでにソフトウェアが C 言語上で動作中のものであり，ほぼ，アルゴリズムとしては完成に近いものである．周辺機構との一体化が実用化ではキーポイントである．現在，以下のアルゴリズムを検討中であり，余裕をみてインプリメントする．

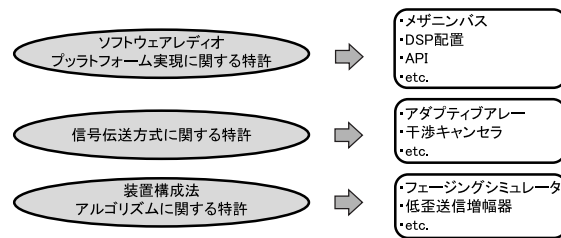


図 4 予定している特許のカテゴリ

- CDMA 用外部インタフェースボードの作成
- CDMA 用干渉キャンセラのインプリメント
- OFDM 用伝送系の構築

以上のシステムは研究レベルのシミュレーションを高速化することが目的であるから，実際に研究の中で使い込みながら改良を加える．その過程で得られたアイデアは，学内の技術ライセンス機関である TLO を通じて特許化を図る．特許化する技術のカテゴリを図 4 に示す．

4 まとめ

ソフトウェアシミュレータを実現し，外販することがプロジェクト本来のミッションであるが，その他にも波及効果が期待される．それらを以下に列挙する．

- シミュレータの実現と外販
- ソフトウェアモジュール，特殊ボードの外販
- 特許の取得と特許使用料
- ソフトウェアとハードウェアのノウハウの蓄積
- 大学で考案された高度な信号処理の実用化

特に最後の項目については，通信に関する限り大学があまり得意とするところではなかったが，無線機におけるソフトウェアの比重が高まるに従って期待が持てると考えている．

参考文献

- [1] 鈴木，“移動体通信技術の現状と動向，”電子技術，pp. 2-6，1997 年 6 月．
- [2] Mittra, J., “Software radio architecture,” *IEEE Communications Magazine*, pp. 26-38, May 1995.
- [3] Mittra, J., “Cognitive Radio: Making software radios more personal,” *IEEE Personal Communications*, pp. 13-18, August 1999.
- [4] ドコモテクニカルジャーナル, NTTDoCoMo
- [5] 著者の関連論文: URL 参照
- [6] 著者の関連特許: URL 参照