

# ソフトウェア無線技術

## その1 ソフトウェア無線の概要と動向

ソフトウェア無線は、従来複数のシステムで実現されていたサービスをソフトウェアの書き換えにより、単一の無線通信網内で実現するものである。これにより、今まで実現できなかった多様なサービスまでも単一の無線インフラ・端末によって提供が可能となる。今回は、ソフトウェア無線の概念、その利点と課題について述べ、これまでの国内外の開発の歴史や近年の動向、標準化活動についてまとめた。

でんの さとし  
**田野 哲**

しぶたに あきら  
**渋谷 彰**

ペースが逼迫するほどであったらしい。そのため、ソフトウェア無線のコンセプトは直ちにDoDに取り入れられることになった。その当時、DoDはJ. Mitra達に軍用の設備に取り入れられたソフトウェア無線のコンセプトを外部発表することを許さなかったため、当初は世に知られることはなかった。

世に出たのは、1992年のIEEE National Telesystems Conferenceにソフトウェア無線の調査に関する論文が掲載されたのが最初であるが[1]、理論的な考察に終始したためか、民生の分野からはあまり注目されなかった。最初に注目を浴びたのは、“IEEE Communications Magazine”の5月号に掲載されたソフトウェア無線に関する特集論文であり、これが実質的にソフトウェア無線の研究の火付け役となった。この後、ソフトウェア無線の研究・開発が活発に行われるようになった。

### 1. まえがき

ソフトウェア無線[1]～[3]という言葉が日本にやってきたのは、今から3年あまり前の1998年のことであるが、最初に産声を上げたのはどうやら1990年代の初頭のようなのである。当時、東西の冷戦が終了し、多くの軍事産業・大学などの研究機関が研究のターゲットを民間のビジネスに方向転換しようとしていた。そのとき、携帯電話の隆盛といくつかの携帯電話システムが競合することを予測したMITRE CorporationのJ. Mitraらは、この競合した携帯電話システムすべてに対応できる無線端末のコンセプトとして「ソフトウェア無線 (Software Radio)」を考案した。これは、すべての無線端末の信号処理系を1つのCPU (Central Processing Unit) あるいはDSP (Digital Signal Processor) で構成しようとするものであった。しかし、残念ながら彼らは、このコンセプトをすぐに移動通信には適用せず、米・国防省 (DoD: Department of Defense) に提供したのである。実際、この当時、軍用の飛行機にはおびただしい種類の無線機が設置されており、このため飛行機の居住ス

### 2. ソフトウェア無線の概要

上記のように、当初ソフトウェア無線は、無線機のすべての信号処理を1つのCPUやDSPで処理しようとするものであった。しかし、実際には現実性からむしろ、無線機の機能ごとにモジュール化しこれをCOTS (Commercial Off The Shell) ボードに格納し、これに例えばVME (Versa Module European) コネクタを装着して、VMEバックパネルに必要なCOTSボードを接続することで、多様な機能を現実的に実現させるものであった。したがって、COTSボードの機能割り当てなどが検討の対象であった。無論、COTSのプログラムはソフトウェアにより制御される。この構造は、現在のハードウェア設計者に非常に馴染み深いもので、今ではことさら新しいとはいえない。ただし、この定義は1990年台の初頭のもので10年の間にさまざまな解釈をされ、発展してきている。現在では、VME規格などのハードウェアベースではなく、機能ベースでソフトウェア無線がとらえられている。すなわち、ソフトウェア無線は、

以下のように定義できる。

「Plug and Playのように、多様な機能を必要に応じて自由に無線通信網内で実現する」

この無線通信システムの実現にはハードウェアより、ソフトウェアがより中心的な役割を果たすことは明らかであり、ソフトウェア無線と呼ばれるのもうなずける。また、J. Mitra氏はより具体的に、「単にパラメータを変更するだけではソフトウェア無線とは呼べず、機能自体がソフトウェアにより書き換えられるものがソフトウェア無線である」と主張している[3]。確かに、ソフトウェア無線の技術的領域をより明確にするには、この具体的な制限事項を付け加える必要がある。例えば、ソフトウェアを切り替えることで単一のプログラマブルデバイスで複数の無線システムを実現することなどが、ソフトウェア無線の実現例と考えられる[4]。このように、定義された通信網を実現するにはいくつかの手法を確立する必要がある。また、このようなシステムが実現できれば、多くの利点・副次的な効果がある。これらは次章で簡単にまとめる。一方、数年前に米国でソフトウェア無線関連の検討団体、SDR (Software Defined Radio) フォーラムが設立されたこともあって、ソフトウェア無線の英語名称も当初のSoftware RadioからSDRが現在では一般に用いられている。

### 3. ソフトウェア無線の利点と課題・問題点

自由に機能を実現する場合には、機能を実現するソフトウェアを通信網内を利用して獲得する必要がある。その際には、実行環境の効率化などを考慮する必要がある。すなわち、ネットワーク内での（ファームウェアを含めた）ソフトウェアダウンロード機構の確立[5]、必要なソフトウェ

アを検索するエージェント技術の確立・高度化など、枚挙にいとまがないほど多くのネットワーク技術の確立が必要になる。一方、無線ネットワークでも

- ・通信コンテンツ・環境に最適な無線リソース配分
- ・通信コンテンツ・環境に最適な無線装置構成
- ・環境に適した干渉補償技術などを用いた通信品質の向上

などの課題がある。これらの課題を克服することができれば、非常に周波数利用効率が高く、柔軟性に富んだ無線通信ネットワークが実現できる。したがって、多くの研究・開発者が上記の課題を解決する手法について検討を続けている[6]~[10]。これらの技術課題を、具体的にまとめたものを表1に示す。同表のように、ソフトウェア無線の研究分野は端末からネットワークまであらゆる分野を網羅している。基本的に、ソフトウェアですべての機能を定義するソフトウェア無線では、多様な技術の導入が容易であり、例えばスマートアンテナ（アダプティブアレー）など[11]、[12]の技術の導入により周波数利用効率の向上が図れる。また、モビリティの管理などを行うことで柔軟なシステムが実現できる。

このような柔軟性・周波数利用効率が高いソフトウェア無線には重大かつ本質的な問題を抱えている。それは、ソフトウェアのバグ、あるいはソフトウェアウイルスによるソフトウェア無線機の破壊行為が容易に行えることである。バグは善意に基づくソフトウェア作成作業においても、その発生はほとんど不可避である。すなわち、ソフトウェア無線で利用されるソフトウェアのセキュリティ確保・ソフトウェアの認定が重要な問題となる。したがって、何らかの防御手段を、各ソフトウェア無線機あるいはネットワーク上の管理者が行う必要がある。ましてや、ソフトウェ

表1 ソフトウェア無線の研究課題

技術項目	重要な課題	研究テーマ
無線プロトコルのダウンロード	ダウンロードプロトコル標準化 セキュリティ対策 責任の所在の整理	端末共有プラットフォーム構成法 ダウンロードデータ認証 不正プログラミング端末の防止策 端末認定制度
インテリジェント無線信号処理	周波数利用効率化 干渉軽減 ワイヤレスQoS	スマートアンテナ 干渉キャンセラ インテリジェント無線リソース制御
インフラ側でのシームレス性のサポート	モビリティ/ハンドオーバーサポート ネットワーク間ネゴシエーション セキュリティ対策	IPによるモビリティ制御 リソースエージェント ネットワークアーキテクチャ 端末認証
信号処理ソフトウェアによるハードウェア機能の置換	既存ハードウェアと同等の消費電力の実現	高効率な信号処理アルゴリズム 低消費電力プロセッサアーキテクチャ 信号処理の専用ロジック化 など

IP : Internet Protocol  
QoS : Quality of Service (サービス品質)



写真1 SPEAKeasyの送受信機の構成

アウイルスは、現状のインターネット利用者ならその恐怖は良くご存知であろう。特に、ソフトウェア無線機では無線機の低レイヤのファームウェアまでをダウンロードの対象にしているため、ウイルスによって、無線機が完全に破壊されるだけでなく、他ユーザへの干渉信号発生源にさせられる可能性もある。これらの問題の解決がソフトウェア無線の実現には必須のものとなる。加えて、移動通信への応用を考えた場合には、既存ハードウェアと同等の消費電力、コストで実現することも重要な課題である。したがって、ソフトウェア無線の研究では、この2つの問題に対する研究が非常に重要なウェイトを占める。これらの問題に対するアプローチは次号以降に記す。まず、本稿ではソフトウェア無線技術を確認するために検討されてきた技術、あるいは現在検討されている技術について詳細に述べる。

## 4. ソフトウェア無線の研究・開発動向

ソフトウェア無線機の最初の開発例は、前記のDoDに加えて、U.S. DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) と the U.S. Army, および the air force Roma Laboratories が共同開発したSPEAKeasy [3], [13], [14] というシステムであろう。SPEAKeasyは、研究 (Phase I) と実証 (Phase II) の2つのフェーズで開発された。SPEAKeasyの送受信機の構成例を写真1に示す。外形は通常のトランシーバと何ら変わりはないが、中には5つのシステムと送受信できる装置が内蔵されている。SPEAKeasy phase IおよびPhase IIの諸元を表2に示す。SPEAKeasyの特徴としては、

- ・オープンアーキテクチャの採用
- ・ソフトウェアによるプログラマビリティ
- ・異なる変調方式の機器間の音声通信 (Voice Bridge)
- ・多くの民生品部品の使用

SPEAKeasy IIでは、サイズを1/4に低減し、データ通信 (IEEE802.3, RS-232) にも対応を行い、ソフトウェアダウンロードによって15以上の軍用通信システムに対応可能で

表2 Speakeasyの諸元

Phase	Phase I	Phase II
Waveforms	AM, FM	AM, FM, PM, QAM (周波数ホッピングにも対応)
RF Frequency	30 MHz-2 GHz	2MHz-2GHz
I/O	Voice	Voice & Data (IEEE802.3, RS-232)

AM: Amplitude Modulation      QAM: Quadrature Amplitude Modulation  
 FM: Frequency Modulation      RF: Radio Frequency (無線周波数)  
 PM: Phase Modulation

ある。1999年からは、JTRS (Joint Tactical Radio System) として開発が行われている。

次章では、日米欧でのソフトウェア無線に関する研究開発プロジェクト、関連技術開発動向の概要を示す。

## 5. 日米欧の研究開発

### 5.1 研究開発 (R&D) プロジェクト

#### (1) アメリカでのR&Dプロジェクト

- ・ Glomo (Global mobile) [15]

DARPAがスポンサーとなり、MIT (Massachusetts Institute of Technology), Carnegie mellon, UCLA (University of California Los Angeles) などの米国大学や、SRI (Stanford Research Institute), Hughes aircraft, ITT Industriesなどの米国企業が参加しているプロジェクトである。主に、分散無線パケットネットワークの研究開発を行っている。

#### (2) ヨーロッパでのR&Dプロジェクト

ヨーロッパでは、表3に示すように、軍用のソフトウェア無線プロジェクトやIST (Information Society Technologies) [16]主導のソフトウェア無線関連R&Dプロジェクトなど多くのプロジェクトが進行中 (一部終了) である。以下にそれぞれの概要を示す。

#### ① MMR (Multi-mode Multi-protocol Radio)

フランス軍とドイツ軍の共同プロジェクトである。GSM (Global System for Mobile communication) や UMTS (Universal Mobile Telecommunication Systems) などを含め軍事ネットワークすべてをシームレスに結合するシステムの開発を行っている。特徴として完全なIP (Internet Protocol) 接続を保証し、高度なセキュリティを有するオープンアーキテクチャおよびソフトウェアモジュールコンポーネントの開発を行っている。周波数帯域として1.5 MHzから2.5 GHzまでを想定している。

表3 ヨーロッパでの主なR&Dプロジェクト

Area	Program
Military	French German MMR co-operation
	UK Programmable Digital Radio Program
Government and Industry	IST
	ESPRIT (終了)
	ACTS (終了)

ACTS: Advanced Communications Technologies and Services  
 ESPRIT: European Strategic Program for Research and development in Information Technology  
 IST: Information Society Technologies  
 MMR: Multi-mode Multi-protocol Radio

② IST [16]

3.600 Million Euroの予算を有するR&Dプロジェクトである。以下に主なソフトウェア無線関連プロジェクトを示す。

- CAST (Configurable radio with Advanced Software Technology)

ソフトウェアによる、無線装置の物理レイヤコンフィグレーション技術の検討を行う。

- MOBIVAS (downloadable MOBILE Value Added Serves through software radio & switching integrated platforms)

認証や配信、無線ダウンロードのプロトコル開発やそのためのネットワークの検証を行っている。

- PASTORAL (Platform And Software for Terminals Operationally Reconfigurable)

GSM, UMTSなどの異なるシステム間での再構成可能 (Reconfigurable) ハードウェアプラットフォームの開発を検討する。ダウンロードのためのプロトコルの開発も行う。

- SODERA (reconfigurable radio for SOFTWARE DEFINED RADIO for 3rd generation mobile terminals)

3G移動機に関する無線周波数 (RF: Radio Frequency) を含むReconfigurableハードウェア技術に関して検討を行っている。

- TRUST (Transparently Reconfigurable Ubiquitous Terminal) project [17]

2000年1月から2年間のプロジェクトである。再構成可能な無線端末のプラットフォームの開発を目的としており、ユーザのニーズの調査、分析から技術課題の検討を行った。シーメンスAG (Siemens AG)、モトローラ (Motorola)、松下電器、東芝、テレフォニカ (Telefonica)、ボッシュ (Bosch) など、12の企業が参加した。

③ ESPRIT (European Strategic Program for Research and

Development in Information Technology) programs [18]

1998年から開始した2年間の情報技術にかかわるEuropean Commission戦略研究プロジェクトである。現在はすでに終了してISTプロジェクトへ移行した。

- PROMURA (PROgrammable MUltimode RAdio for multimedia wireless terminals)

BiCMOSやバイポーラのシリコン・ゲルマニウム系化合物半導体を用いてプログラマブル (500MHz~2,500MHz) で広帯域 (6MHz bandwidth) なRF回路の開発を行っていた。RF回路として低雑音アンプ、ミキサ、プリスケラ、周波数シンセサイザの開発を行った。

- SLATS (Software Libraries for Advanced Terminal Solutions)

2Gと3Gのハードウェアプラットフォーム上で動作する、ソフトウェアモジュールの開発を行っている。

- ④ ACTS (Advanced Communications Technologies and Services)

ヨーロッパのIT (Information Technologies) 関連R&Dプログラムである。現在はすでに終了してISTプロジェクトへ移行した。過去には、以下に示すソフトウェア無線関連プログラムを含む100以上のプログラムを有した。また、1997年から毎年、ソフトウェア無線ワークショップを開催した。

- FIRST (Flexible Integrated Radio Systems Technology)

移動機用のソフトウェア無線技術の開発。

- FRAMES (Future RADIO wide band Multiple access Systems)

広帯域無線通信システムのための無線インタフェースの開発。

- RAINBOW (Radio Access INdependent Broadband On Wireless)

無線アクセスシステムのプロトコルおよびアーキテクチャの開発

- SORT (SOFTWARE RADIO Technology) [19]

S-UMTS (Satellite-UMTS) と UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) を対象としたソフトウェア無線技術の開発。Dresden Univ., Alcatel espace, France Telecomなどが参加。

- ⑤ RNRT (Réseau National de Recherche en Télécommunications) [20]

RNRTにより、Opera2やPaestumというプロジェクトでアダプティブアンテナに関する検討が行われている。Opera2では、アダプティブアンテナを有する基地

局のネットワーク構築ツールの開発が行われている。また、MPRIM (Modules PRotocolaires Interchangeable pour Mobiles multimedia) では、GPRS (General Packet Radio System) / UMTSなどを狙いとして再構成可能なマルチメディア通信のためのプロトコル変換モジュールの開発を行っている。

## 5.2 民間企業におけるソフトウェア無線関連技術の開発

### (1) アメリカでのソフトウェア無線関連技術の開発

軍用システムとして、モトローラ[21]は、可搬型ソフトウェア無線機を開発している。文献[21]のシステムでは、RF周波数は、2MHz～2GHz（ただしアンテナはそれぞれの周波数に対応したものが必要）に対応しており、ダイレクトコンバージョンを用いているため、中間周波数への変換は行っておらず、機器構成を簡素化できる。変調方式としてBPSK (Binary Phase Shift Keying), QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), AM (Amplitude Modulation), FM (Frequency Modulation) が対応可能である。チャンネルとして4CHあり、それぞれ独立に動作可能であり、Voice Bridge (2つの異なる無線機同士の交信の仲介) も可能である。伝送速度は、1.5Mbit/s相当となっている。ハリス (Harris Corporation) でも同様なソフトウェア無線機を開発を行っている。

アンテナやRF回路の開発では、例えば、ViaTechでは、米国の携帯電話用の2波 (800MHz, 2GHz) に対応可能なマルチバンドアンテナを開発しており、Rfcoでは上記バンドに対応可能なRF回路を開発している。DSPなどの信号処理チップに関しては、カメレオン (Chameleon) が、高速に再構築可能なチップの開発を行っている。CS2000では、1クロックで再構成可能であるが、現状では2～3 Wの消費電力を必要とする。また、クイックシルバー (Quicksilver Technology) では、プログラミングの実行中に、プログラムの各々の命令セットに最適な論理構造になるように、ハードウェアを高速で書き換えるACM (Adaptive Computing Machine) の開発を行っている。モルフィクス (Morphics) では、DSPとFPGAの信号処理系の開発を狙っており、特に複数通信方式の同時処理に適したデジタル信号処理の開発を行っている。マーキュリーコンピュータ (Mercury computer) では、超高速スイッチングによるReal Time信号処理プラットフォームRACEwayとその技術を用いる符号分割多元接続方式 (CDMA: Code Division Multiple Access) 用のMUD (Multi User Detection) の開発を行っている。MUDでは、受信側で複数のユーザの処理を同時に

行い、互いの干渉を低減することでCDMA環境下でのユーザ数を2倍に増やすことが可能であり、RACEwayによる最適なソフトウェアアーキテクチャを用いることによって、より少ないMUD処理量でより多くのユーザを処理することを目指している。

ソフトウェア無線の民生用製品としては、ワイヤレスバレーコミュニケーション (Wireless Valley Communications, Inc.) が、GSM (900/1800/1900), IS-136 (800/1900), ページャー, AMPS (Advanced Mobile Phone System) などの通信方式をモニターするマルチモードマルチバンドDSP受信機を開発を行っている。これは重さが1.6kgあり、バッテリーで約3時間の稼働が可能である。また、エアネット (AirNet) では、GPRSへアップグレード可能なGSM/GPRS基地局の開発を行っている。

### (2) ヨーロッパでのソフトウェア無線関連技術の開発

多くのプロジェクトは前述のISTプログラムの中で行われている。また、AlcatelとThomson-CSFの共同laboratory (LCAT) にて1998年に開始したプロジェクトでは、PERCOと呼ばれる通信システム用のオープンアーキテクチャプラットフォームを開発している。

## 5.3 日本でのソフトウェア無線関連技術の開発

日本においても、積極的にソフトウェア無線に関して研究・開発が進められている。理論的な研究はもとより、ソフトウェア無線機を構成するデバイスの高機能化の研究が盛んである[10]。さらに、このような要素技術に加えて、ソフトウェア無線システムとも呼べるような試作機まで開発されている。

現在、ソフトウェア無線システムに近いレベルの開発に取り組んでいるのが、NTT、東芝、東洋通信機、日立国際電気および、通信総合研究所 (CRL: Communications Research Laboratory) である。NTTではPHS (Personal Handyphone System) とIEEE 802.11bの無線LANの双方に対応した無線機の開発に成功している[22]。このシステムでは無線部はISM (Industry Science Medical) バンドと呼ばれる2.45GHz帯を利用しているものの、変復調部などの物理レイヤと誤り制御を行うデータリンクレイヤ、およびネットワークレイヤの若干の機能までをDSPおよび、FPGA (Field Programmable Gate Array) などに割り振って、通信処理を行っている。一方、東芝ではソフトウェア無線機における重要な技術と目される、ダイレクトコンバージョンとLow IF (Intermediate Frequency) 方式の実現性をハードウェア試作を通して検証している。技術的な詳細は別途紹介するが、基本的には1.9GHz帯と1.5GHz帯の両方に

対応するマルチバンド受信機であり、変調方式もGMSK (Gaussian filtered Minimum Shift Keying) および $\pi/4$ -QPSKに対応している。また、東洋通信機でも $\pi/4$ -QPSKとFM変調を用いたインテリジェント基地局と呼ばれる試作機を開発している。同様に日立国際電気でもQPSKなど、7種類のアナログ・デジタルを織り交ぜた変調方式に対応したプロトタイプの試作を行っている。また、CRLではPHSなどの移動通信に加え、全地球測位システム (GPS: Global Positioning System) 受信、さらには高度道路交通システム (ITS: Intelligent Transport Systems) への応用を考慮して合計8種類の変調方式に対応し、5種類の異なった伝送速度を実現するソフトウェア無線機の試作を行っている。これらの試作では、ソフトウェア無線機の心臓部にあたるDSPは市販品を利用し、多いところでは最大6,400MIPSもの処理能力のあるものを適用している。

一方、通信目的ではなく電波監視の目的で複数変調方式と同定の機能を持たせたソフトウェア受信機を日本電気とアンリツが共同で開発している。このような大がかりな送受信システム以外にも、ソフトウェア無線における重要な要素技術の試作が各種研究機関で行われている。例えば、SonyCSLではSOPRANO (Software Programmable and hardware Reconfigurable Architecture for NetwOrk) と名づけられたダイレクトコンバージョン受信機が試作されている。また、これに類似した6ポートダイレクトコンバージョン受信機の試作は東京工業大学でも行われている。無論、これら以外にソフトウェア無線に関する数多くの理論的な研究が行われている。しかし、ページ数に限りがあるのでここでは言及しないが、重要と思われる技術について次号で説明する。

## 6. ソフトウェア無線の標準化動向

アメリカでは、SPEAKeasyの成功後、1996年にソフトウェア無線の標準化を目指して、民間の任意団体であるSDRフォーラムが設立された。現在のところ、唯一の国際的な標準化活動を行う機関である。SDRフォーラムでは、無線機を、無線部、モデム、セキュリティ部、制御部とマン・マシン・インタフェース部などにレイヤ分けし、それぞれのレイヤ間での情報の授受について標準仕様を規定するために活動を行っている。また、すべての無線システムは、国により認定を受けなければならないが、システムがソフトウェアで構築されることにより、認定方法も大幅な変更が求められることになる。したがって、SDRフォーラムでも、FCC (Federal Communications Commission) などアメリカ内外の規制策定団体と協調して新しい認定方法の模索

も行っている。

ヨーロッパでは、前述のように、ISTにおいて複数のソフトウェア無線関連プロジェクトが動いている。これらは、シンセサイザなど要素技術の研究開発などが中心であり、標準化活動という点ではアメリカがリードしていると考えられる。しかしながら、リアルタイムシステム用のミドルウェアを標準化しているOMG (Object Management Group) 内でもソフトウェア無線に関するSIG (Special Interest Group) ができ、標準化活動が活発となってきている。

ソフトウェア無線の標準化がもたらす効果としては、以下の項目が挙げられる。

- ・ メーカーごとの単一規格を避けることにより、ハードウェアおよびソフトウェアに関して公平な競争が可能である。
- ・ 機能確認に関する標準化によって、製品の適合試験の簡易化や製品開発期間の短縮などが期待できる。

以下に、SDRフォーラムの概要およびヨーロッパOMGのソフトウェア無線に対する活動概要を示す。

### 6.1 SDRフォーラム

SDRフォーラム[23]は、1996年にソフトウェア無線技術の開発と普及促進および異なるネットワーク同士をシームレスに結合するオープンアーキテクチャの構築を目指して活動を開始した非営利団体である。現在、メーカー、サービスプロバイダ、大学・研究機関など幅広い分野から137組織が集まり活動を行っている (2001年12月現在)。

#### (1) 組織

SDRフォーラムの組織図を図1に示す。図中の運営委員会 (Steering Committee) は、検討状況の把握とともに、フォーラム運営の効率化に責任を負っている。Operations Committeeは、フォーラム関連会議の設定、施設確保などの事務手続きなどを行っている。技術委員会 (Technical Committee) では、以下の4つのワーキンググループ (WG: Working Group) に分かれ、それぞれの技術に関する検討を行っている。

- ・ Handheld WG (移動体通信端末局)
- ・ Base Station & Smart Antenna WG (移動体通信基地局)
- ・ Mobile WG (官軍用可搬機)
- ・ Software Download WG

Technical Committeeでの検討結果は、Technical Reportにまとめられ、適宜発行されている。

Markets Committeeでは、ソフトウェア無線技術の動向調査、市場規模の見積り、市場導入予測などのマーケティングリサーチ、ソフトウェア無線やフォーラムの広告活動

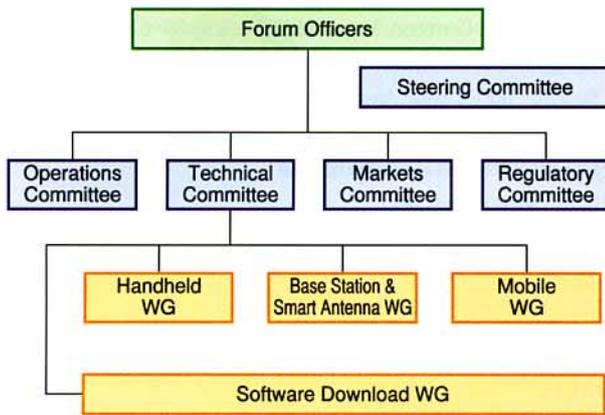


図1 SDRフォーラムの組織

を行っている。動向調査などの検討結果は、SDR Market Demand Forecast Seriesと題して発刊されている。また、Regulatory Committeeは、法規制に関する事柄全般について検討を行っており、FCCによるNOI (Notice Of Inquiry) に対するSDRフォーラムの意見の取りまとめ、FCCや諸外国の規制策定団体との協議も行っている。

#### (2) ワーキンググループでの活動状況

- ・ Handheld WG…主に商用携帯電話としてのソフトウェア無線端末に関して検討を行っている。ネットワークから端末への無線ダウンロードに対して、必要なプロトコルやソフトウェアモジュール間のインターフェースであるAPI (Application Program Interface) などの定義を行っている。3GPP (3rd Generation Partnership Program) [24] MExE (Mobile station application Execution Environment) [25]などと協力関係を結んでおり、フォーラムの参加企業がMExEに対してソフトウェア無線をサポートする仕様の提案などを行っている。
- ・ Base Station & Smart Antenna WG…基地局のハードウェア・ソフトウェア構成の検討を行っている。また、アダプティブアンテナに関するAPIの定義や仕様策定を検討している。
- ・ Mobile WG…DoDのJTRSプロジェクトと深くかかわっている。現在までにSCA (Software Communications Architecture) を採択し、JTRSアーキテクチャに採用されたため、特に活発に議論が行われている。

#### (3) その他の団体との関係

2000年、ソフトウェア無線技術が今後法規制に与える影響やワイヤレス通信に関連する産業界に与える影響を調査するためにFCCがNOIを発表し、広く意見を求めた[26]。これに対してSDRフォーラムは、ソフトウェア無線システ

ムの認定方法に関して提案を行っている[27][28]。また、規制策定団体の会合であるRAST (global RAdio STandardization) [29]ともSDRフォーラムは協力関係にある。

また、第4世代移動通信システムを検討するITU-R WP8F [30]がソフトウェア無線技術を要素技術の1つとして取り上げており、SDRフォーラムとも協力関係にある。無線ダウンロードに関しては、3GPP MExEやWAP (Wireless Application Protocol) フォーラム[31]と協力関係にある。さらにCORBA (Common Object Request Broker Architecture) の仕様制定を行っているOMGとも協力体制の確立を図っている。

## 6.2 OMG

OMG[32]では、CORBAを規格化している。CORBAとは、どんな種類のOS (Operating System) にも通信プロトコルにもとらわれない、トランスペアレントな環境をつかってシームレスでダイナミックな分散処理システムを実現するソフトウェアアーキテクチャである。クライアントとオブジェクトの仲介者であるORB (Object Request Broker)、ORBのインターフェース、インターフェース記述言語であるIDL (Interface Definition Language)、他ORBと統合するためのプロトコルであるIIOP (Internet Inter-ORB Protocol) を規定する。2001年にこのOMG内のSR DSIG (Software Radio Domain Special Interest Group) という新しいグループが制定され、以下の目標で標準化活動が行われている。

- ・ ソフトウェア無線に対するニーズを作成し、OMG内の各グループに対して提案を行う。
- ・ ソフトウェア無線アーキテクチャへOMG技術の適用を推進する。
- ・ ソフトウェア無線に適した新しいOMG仕様を策定する。

## 7. あとがき

本稿では、ソフトウェア無線の概念およびその利点と課題について述べ、今までの国内外の開発の歴史や近年の動向、標準化活動についてまとめた。ソフトウェア無線は、汎用デジタル技術の進歩はもとより、製造者のデバッグ負荷軽減の要求や、より多様なサービス実現への期待の高まりとともに発展していくと考えられる。一方で、ソフトウェア無線の特長を最大限に引き出す標準化や、その特長を阻害しないような装置への電波免許の付与方法・技術適合試験などへの適切な規制方法などが重要な課題であり、今後の動向を注視する必要がある。

## 文 献

- [1] J.Mitra "Software Radios; Survey, Critical Evaluation and Future Directions," IEEE National Telesystems Conference, pp.13-23, 1992.
- [2] J.Mitra "The Software Radio Architecture," IEEE Commun. Mag., Vol.33, No.5, pp.26-37, 1995.
- [3] J.Mitra "The Software Radio Architecture, - Object Oriented Approaches to Wireless Systems Engineering -," John Wiley & Sons, inc., 2000.
- [4] M.Mehta, N. Drew, and C.Niedermeier, "Reconfigurable Terminals: An Overview of Architectural Solutions," IEEE Commun. Mag., Vol. 39, No.8, pp.82-89, 2001.
- [5] M.Cummings and S.Heath "Mode Switching and Software Download for Software Defined Radio: The SDR Forum Approach," IEEE Commun. Mag., Vol.37, No.8, pp.104-106, 1999.
- [6] "ソフトウェア無線実現のための技術とその応用特集号," 信学論 (B), Vol.J84-B, No.7, 2001.
- [7] "Special Issue on Software Radio," IEEE Commun. Mag., Vol.37, No.2, Feb, 1999.
- [8] "Special Issue on Software Radio," IEEE Personal Commun. Mag., vol.6, No.24, Aug, 1999.
- [9] ARIB "ソフトウェアで受信機能を実現する受信技術の調査報告書," March, 1998.
- [10] "ソフトウェア無線研究会研究成果報告書 (平成11年~平成12年)," (社)電子情報通信学会ソフトウェア無線研究専門委員会, 2000.
- [11] D.H.Johnson and D.E.Dudgeon "Adaptive Signal Processing, - Concepts and Techniques -," Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ., 1993.
- [12] J.Kennedy and M.C.Sullivan "Direction Finding and "Smart Antennas" Using Software Radio Architectures," IEEE Commun. Mag., Vol. 33, No.5, pp.62-68, 1995.
- [13] R.J.Lackey and D.W.Upmal "SPEAKEasy: The Military Software Radio," IEEE Commun. Mag., Vol.33, No.5, pp.56-61, 1995
- [14] P.G.Cook and W.Bonser "Architectural Overview of the SPEAKEasy System," IEEE J. Selec. Areas Commun., Vol.17, No.4, pp.650-661, 1999.
- [15] [http://www.darpa.mil/ito/research/pdf\\_files/glomo\\_approved.pdf](http://www.darpa.mil/ito/research/pdf_files/glomo_approved.pdf)
- [16] <http://www.cordis.lu/ist/home.html>
- [17] <http://www.ist-trust.org>
- [18] <http://www.cordis.lu/esprit/home.html>
- [19] <http://www.ifn.et.tu-dresden.de/~sort/>
- [20] <http://www.eurecom.fr/Mobile/Research/>
- [21] B. Tarver "The Wireless Information Transfer System (WITS) Architecture for the Digital Modular Radio (DMR) Software Defined Radio (SDR)," IEEE 21st Century Military Communicatio Conference (Milcom 2000), Los Angeles, 2000.
- [22] 鈴木, 芝, 庄納, 浅井 "ソフトウェア無線基地局・端末局の試作" NTT R&D, Vol.50, pp.41-47, 2001.
- [23] <http://www.sdrforum.org/>
- [24] <http://www.3gpp.org>
- [25] <http://www.mexeforum.org/>
- [26] "Inquiry Regarding Software Defined Radios," Notice of Inquiry, ET Docket No. 00-47, FCC, Mar. 21, 2000.
- [27] [http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering\\_Technology/News\\_Releases/2001/](http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/News_Releases/2001/)
- [28] [http://www.sdrforum.org/public/fcc\\_ro\\_press\\_release\\_accept\\_changes\\_09\\_17\\_01.html](http://www.sdrforum.org/public/fcc_ro_press_release_accept_changes_09_17_01.html)
- [29] <http://www.rast.etsi.org/>
- [30] <http://www.itu.int/itudoc/itu-r/sg8/docs/wp8f/index.html>
- [31] <http://www.wapforum.com/>
- [32] <http://www.omg.org>

## 用語一覽

3GPP : 3rd Generation Partnership Program  
 ACM : Adaptive Computing Machine  
 ACTS : Advanced Communications Technologies and Services  
 AM : Amplitude Modulation  
 AMPS : Advanced Mobile Phone System  
 API : Application Program Interface  
 BPSK : Binary Phase Shift Keying (2相位相変調)  
 CAST : Configurable radio with Advanced Software Technology  
 CDMA : Code Division Multiple Access (符号分割多元接続方式)  
 CORBA : Common Object Request Broker Architecture  
 COTS : Commercial Off The Shell  
 CPU : Central Processing Unit  
 CRL : Communications Research Laboratories (通信総合研究所)  
 DARPA : Defense Advanced Research Project Agency  
 DoD : Department of Defense (米国防省)  
 DSP : Digital Signal Processor  
 ESPRIT : European Strategic Program for Research and development in Information Technology  
 FCC : Federal Communications Commission  
 FIRST : Flexible Integrated Radio Systems Technology  
 FM : Frequency Modulation  
 FPGA : Field Programmable Gate Array  
 FRAMES : Future RAdio wide band Multiple accEss Systems  
 Gmo : Global mobile  
 GMSK : Gaussian filtered Minimum Shift Keying  
 GPRS : General Packet Radio System  
 GPS : Global Positioning System (全地球測位システム)  
 GSM : Global System for Mobile communication  
 IDL : Interface Definition Language  
 IF : Intermediate Frequency (中間周波数)  
 IOP : Internet Inter-ORB Protocol  
 IP : Information Provider (情報提供事業者)  
 IP : Internet Protocol  
 ISM : Industry Science Medical  
 IST : Information Society Technologies  
 IT : Information Technologies  
 ITS : Intelligent Transport Systems (高度道路交通システム)  
 JTRS : Joint Tactical Radio System

MEXE : Mobile station application Execution Environment  
 MIT : Massachusetts Institute of Technology  
 MMR : Multi-mode Multi-protocol Radio  
 MOBIVAS : downloadable MOBILE Value Added Serves through software radio & switching integrated platforms  
 MPRIM : Modules Protocollaires Interchangeables pour Mobiles multimedia  
 MUD : Multi User Detection  
 NOI : Notice Of Inquiry  
 OMG : Object Management Group  
 ORB : Object Request Broker  
 OS : Operating System  
 PASTRAL : Platform And Software for Terminals operationally ReconfigurAbLe  
 PHS : Personal Handyphone System  
 PM : Phase Modulation  
 PROMURA : PROgrammable MULTimode RAdio for multimedia wireless terminals  
 QAM : Quadrature Amplitude Modulation  
 QoS : Quality of Service (サービス品質)  
 QPSK : Quadrature Phase Shift Keying (4相位相変調)  
 RAINBOW : Radio Access INdependent Broadband On Wireless  
 RAST : global RAdio STandardization  
 RF : Radio Frequency (無線周波数)  
 RNRT : Réseau National de Recherche en Télécommunications  
 S-UMTS : Satellite-UMTS  
 SCA : Software Communications Architecture  
 SDR : Software Defined Radio  
 SIG : Special Interest Group  
 SLATS : Software Libraries for Advanced Terminal Solutions  
 SODERA : reconfigurable radio for SOFTWARE DEfined RAdio for 3rd generation mobile terminals  
 SOPRANO : Software Programmable and hardware Reconfigurable Architecture for NetwOrk  
 SORT : Software Radio Technology  
 SR DSIG : Software Radio Domain Special Interest Group  
 TRUST : Transparently Reconfigurable Ubiquitous Terminal  
 UMTS : Universal Mobile Telecommunication Systems  
 VME : Versa Module European  
 WAP : Wireless Application Protocol