

博士論文審査報告書

論 文 題 目

適応型高効率無線通信システム
に関する研究

Adaptive High Efficient
Wireless Communication System

申 請 者

芝	宏礼
Hiroyuki	Shiba

国際情報通信学専攻・情報通信システム分野
無線・衛星通信研究 II

2014 年 5 月

近年の爆発的なモバイルトラフィックの急増に対して、空間多重技術や多値変調方式等を用いた高速化・大容量化が検討されているが、さらなる効率的な周波数利用を実現するために、セルサイズや無線方式の異なる無線通信システムを要求条件に合わせて柔軟に利用することが有望な手法として注目されている。このような適応的な無線通信システムの利用は、現在提供されている電話や映像配信、ソーシャルネットワークサービス等の多様な無線サービスの要求条件を効率的に満たすことができる利点がある。さらに、現代のライフスタイルの変化による無線通信を利用する時間帯や場所の多様化に対しても柔軟に対応することができる。本論文は無線通信システムにおける無線機の機能、周波数リソース、無線ネットワークリソースを環境や状況に応じて効率よく利用する適応型高効率無線通信システムに関する研究結果をまとめたものである。具体的には、ソフトウェアの変更のみで無線機の機能を変更できるソフトウェア無線機的设计手法、周波数リソースの高効率利用を実現する新たな周波数センシング方法、無線ネットワークリソースを高効率利用するための負荷分散方法等を新たに提案し、実機、及びシミュレーションの結果をまとめたものである。以下、各章ごとに概要を述べ、その評価を行う。

第1章「概要」では研究背景及び論文の構成を示している。

第2章「ソフトウェア無線と応用技術」ではソフトウェア無線の概念と特徴について述べている。さらに、ソフトウェア無線機のハードウェア構成とソフトウェア構成を紹介し、従来の無線機との違いを示している。また、ソフトウェア無線技術の概念を発展させ、環境を認識し、周波数リソースや無線ネットワークリソースを適応的に利用する技術であるコグニティブ無線技術とヘテロジニアスネットワーク技術について概要を述べている。外部機関の研究動向や標準化動向についても述べている。

本章では論文中に用いる要素技術に関する概要と関連研究の動向を示しており、論文の技術的な根拠と、位置づけを行っており次章以降の内容理解、及び研究の意義を明らかにしている。

第3章「マルチプロセッサ構成を用いたソフトウェア無線機に関する研究」では低速な無線方式だけではなく高速な無線方式にも変更可能なソフトウェア無線機の実現を目的としたヘテロなマルチプロセッサ構成を用いたソフトウェア無線機的设计手法を提案している。更に、低速から高速な無線方式に柔軟に対応するためのプリポストプロセッサについ

て提案し、その評価を行っている。ヘテロなマルチプロセッサを用いたソフトウェア無線機的设计として、無線方式における物理層の信号処理やアクセス制御等の演算量や許容遅延量を算定し FPGA、DSP、CPU の各プロセッサの特徴を考慮した機能割り当てを実施し、実機上で処理負荷等を評価することで、リアルタイム動作していることを確認している。さらに、プリポストプロセッサに FPGA とデジタルシンセサイザを用いることで、任意のクロックへの対応とフィルタのプログラマブルな変更を実現している。これにより、数百 kbps の無線方式だけではなく 2 桁以上高速である数十 Mbps の無線方式までの対応を可能としている。

本章では、PHS と無線 LAN といった低速から高速の無線方式に対応するソフトウェア無線機を世界に先駆けて実証しており、極めて先駆的であり新規性の高い研究と評価できる。ヘテロなマルチプロセッサ構成によるソフトウェア無線機的设计手法は、要求条件の異なる多種多様な無線方式を効率的、且つ経済的にソフトウェア処理する上で非常に重要な技術であることから高く評価できる。

第 4 章 「コグニティブ無線における信頼度に基づいた協調センシング方法に関する研究」では、各センサで取得した周波数センシング結果について信頼度を新たに定義し、信頼度に基づいた重みづけを行う協調センシング方法を提案し評価を行っている。信頼度として、センシング方法、センサの時間分解能や周波数分解能等のハードウェア性能、センサとプライマリシステムの基地局間の距離等を考慮している。具体例としてセンサとプライマリシステムの基地局間の距離における信頼度の設定について示し、従来の協調センシングに比べ、信頼度に基づいた重みづけを行うことで、周波数センシングにおける信号の検出精度向上が可能であることを計算機シミュレーションによる評価で示している。さらに、実機を用いた場合の有効性も実験により確認している。

本章では、従来の協調センシングにおけるセンシング結果の信頼性のばらつきに着目した新たな周波数センシング方法を提案しており、提案方式を用いることで、周波数センシングにおける誤警報率が改善され、周波数利用効率の向上につながることから、実用性の高い研究と評価できる。

第 5 章 「無線ネットワークリソース制御方法に関する研究」では、回線交換型の無線システムにおいてパケット交換型の常時接続を疑似的に実現するワイヤレス AO/DI(Always On/Dynamic ISDN)システムとセルラシステムにおける負荷分散をユーザ間の公平性を保ち

つつ実現するユーザ行動特徴を考慮したセル再選択方法を提案し、計算機シミュレーションにより評価を行い、その有効性を示している。ワイヤレス AO/DI システムの検討では、トラフィック量に基づき PHS の無線回線の接続、及び切断の制御を行うことで、従来の回線交換型データ通信に比べ、無線回線占有率を大幅に低減できることがシミュレーション評価により示されている。一方、ユーザ行動特徴を考慮したセル再選択方法の検討では、ユーザ端末の行動履歴に基づいた移動と静止の判定結果を行動特徴とし、それを考慮したセル再選択を行うことで、システム全体の通信路容量の増加と移動ユーザ端末と静止ユーザ端末間の公平性が改善できることが示されている。

本章では、トラフィック量やユーザ行動を考慮した無線回線制御や負荷分散制御を行うことで無線システムの収容ユーザ数や通信路容量が向上できることが示されており、実用性の観点からも優れた成果が得られているものと評価できる。

第 6 章 「まとめ」では研究成果のまとめが述べられている。

以上要するに、本研究は適応型高効率無線通信システムとして、無線機の機能、周波数リソース、及び無線ネットワークリソースと様々な角度から適応利用に関する研究成果をまとめており、新規性及び実用性の高い優れた研究と位置づけられる。マルチプロセッサを用いたソフトウェア無線技術は、無線の新たな可能性を示した価値の高い研究と判断できる。高精度な周波数センシング技術や無線ネットワークリソース制御技術は、周波数逼迫を解決するホワイトスペースシステムの中核技術として期待されると共に、今後の社会の多様化、グローバル化において、これらの技術の重要性はますます高まると予想されるため、実用性の高い研究と言える。このように本論文は国際情報通信学の発展に大きく寄与するものと高く評価できる。よって博士（国際情報通信学）の学位を授与するに値するものと認められる。

2014年5月15日

審査員

(主任) 早稲田大学教授	博士（工学）（東北大学）	嶋本 薫
早稲田大学教授	工学博士（新潟大学）	佐藤拓朗
早稲田大学教授	工学博士（東京大学）	津田俊隆
早稲田大学教授	博士（工学）（早稲田大学）	松本充司