

氏 名	吉 田 弘
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 184 号
学位授与の日付	平 成 17 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 通 信 情 報 シ ス テ ム 専 攻
学位論文題目	ダイレクトコンバージョン方式の DC オフセット低減とソフトウェア無線機への応用に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 佐 藤 亨 教 授 吉 田 進 教 授 山 本 裕
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、無線機に対する小型化・低コスト化と、マルチモード化・マルチバンド化という相矛盾する要求を満たすための手法として、ダイレクトコンバージョン方式を RF フロントエンドに用いたソフトウェア無線機を開発し、これらの要求を満足することと、ダイレクトコンバージョン方式の実装上の課題である DC オフセットの抑圧と低消費電力化をおこなうことを目的としている。

ダイレクトコンバージョン受信方式は無線機の小型化、低コスト化に極めて適した方式であり、また、周波数に依存する受動部品が原理的に不要なため、マルチモード化・マルチバンド化に適している。一方、従来ハードウェアによって実現されていた無線機能をソフトウェア化することにより無線端末にフレキシビリティをもたせ、さまざまな通信システムへの対応を可能とするソフトウェア無線機が脚光を浴びている。

本論文は以下の5つの章より構成される。

第1章は序論であり、研究の目的、背景となる技術の現状を概観した後、論文の構成について述べている。

第2章では、所望システムの帯域幅を一括してデジタル信号に変換し、所望チャネルの信号はデジタル部で選択するソフトウェア無線機のコンセプトを提案している。さらに本コンセプトを適用したダイレクトコンバージョン方式および Low-IF 方式を用いたソフトウェア無線機基本構成を提案している。また提案したダイレクトコンバージョンおよび Low-IF 方式を用いた広帯域アナログ部およびイメージ抑圧機能を持つデジタル部の具体的構成を検討し、1.5GHz 帯および 1.9GHz 帯にて試作・評価をおこなっている。その結果、帯域幅については 10MHz の広帯域性が実現でき、また、イメージ抑圧比についてはダイレクトコンバージョン方式で 25dB 以上、Low-IF 方式で 61dB 以上を得ている。さらに受信機全体での評価をおこない、複数の変調方式でエラーフリーとなることを確認している。

第3章では、第3世代携帯電話である W-CDMA をモチーフとして、DC オフセットを低減したダイレクトコンバージョン受信機を提案している。DC オフセットを抑圧するために、直交復調器にアクティブハーモニックミキサを採用し、さらに、DC オフセットの原因となる局部発信信号のフロントエンドへの漏洩量を減らすため、従来シングルエンドで構成されていた LNA や RF フィルタなどを含めて受信系を全差動化している。受信系全体の特性を評価した結果、DC オフセットを所望信号に比べて -10dB 以下に抑圧することを明らかにしている。さらに、この DC オフセットによる受信性能への影響を確認するために、DC オフセットの実測値に基づいたシミュレーションを行い、ビット誤り率 (BER) への影響が 0.1dB 以下であり、無視できるほど小さいことを明らかにしている。

第4章では、ダイレクトコンバージョン方式の DC オフセット抑圧という実装上の課題を克服しつつ、低消費電力化を行っている。これまでの研究の結果、直交復調器で発生する DC オフセットよりも可変利得増幅器自身で発生する DC オフセットが支配的であることが判明し、直交復調器に対する DC オフセットの仕様が緩和できることが明らかになっている。すなわち、アクティブハーモニックミキサよりも消費電力が少ない従来のダブルバランストミキサを用いることができ

る可能性が見出せた。そこで本章では、直交復調器にダブルバランスミキサを用いた改良したダイレクトコンバージョン受信機を開発している。その結果 DC オフセットを従来と同程度に抑えつつ消費電力を 2.7V の電源電圧で 31mA と従来の約 1/2 に削減することに成功している。

第 5 章は結論であり、得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

現在さまざまな通信ネットワークが無線化され、無線機に対する需要が極めて大きくなっている。こうした中、無線機の小型化・低コスト化に対する要求が高まっていると同時に、さまざまな通信システムに対応するために、マルチモード化・マルチバンド化という相矛盾する要求も同時に高まっている。

本論文においては、矛盾する二つの要求を満足するために、マルチバンド化に適した方式であるダイレクトコンバージョン方式を RF フロントエンドに用いたソフトウェア無線機を開発しこれらの要求を満足することと、ダイレクトコンバージョン方式の実装上の課題である DC オフセットの抑圧と低消費電力化をおこなうことを目的とし、以下の成果を挙げた。

(1) ダイレクトコンバージョン方式および Low-IF 方式を用いたソフトウェア無線機基本構成の提案と、その試作評価を行った。その結果、帯域幅については 10MHz の広帯域性を実現し、また、イメージ抑圧比についてはダイレクトコンバージョン方式で 25dB 以上、Low-IF 方式で 61dB 以上を得た。さらに受信機全体での評価をおこない、複数の変調方式でエラーフリーとなることを確認した。

(2) DC オフセットを低減したダイレクトコンバージョン受信機を提案した。DC オフセットを抑圧するために、直交復調器にアクティブハーモニックミキサを採用し、さらに受信系を全差動化した。受信系全体の特性を評価した結果、DC オフセットを所望信号に比べて -10dB 以下に抑圧することができた。また、受信性能への影響を確認するために、DC オフセットの実測値に基づいたシミュレーションを行い、ビット誤り率 (BER) への影響が 0.1dB 以下と無視できるほど小さいことを明らかにした。

(3) ダイレクトコンバージョン方式の DC オフセット抑圧という実装上の課題を克服しつつ、低消費電力化を行った。直交復調器にダブルバランスミキサを用いた改良したダイレクトコンバージョン受信機を開発した。その結果 DC オフセットを従来と同程度に抑えつつ、消費電力を 2.7V の電源電圧で 31mA と従来の約 1/2 に削減することに成功した。

以上要するに本論文は、ソフトウェア無線機技術の向上に貢献するものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年10月11日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。