

氏 名	やま した ふみ ひろ 山 下 史 洋
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3897 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Study on digital signal processing techniques for high-scalable mobile satellite communications (高スケーラブル移動体衛星通信用デジタル信号処理技術の研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 松 本 紘 教 授 橋 本 弘 藏 教 授 森 広 芳 照

論 文 内 容 の 要 旨

将来の移動体衛星通信では、従来から用いられている船舶や災害対策通信に加え、観測データ収集等を目的とした 1 kbps 程度の超低速通信から飛行機、船、新幹線等の高速移動体における 100 Mbps クラスのブロードバンド通信といった様々な利用状況が想定される。本論文ではこの将来システムの実現時に鍵となる課題を抽出し、デジタル信号処理技術を応用して解決している。

第 1 章は序論であり、将来移動体衛星通信システムの概要および現在の移動体衛星通信に適用されている各種デジタル信号処理技術の動作原理を述べている。

第 2 章では将来的に飛躍的に需要が伸びるであろう飛行機に対する通信サービスを想定し、大きなドップラー周波数シフトが存在する場合でも復調器で周波数同期を確立できる広範囲周波数オフセット補償回路について述べている。端末に対する要求性能を定量的に導出し、その性能を満足する新しい相関検出回路とアルゴリズムを提案している。本章で提案されている回路は周波数補償範囲、周波数同期確立時間、消費電力で従来技術より優れており、実用性が高い技術である。

第 3 章ではトラフィックの変動やユーザからのサービス要求に柔軟に対応し、伝送速度を通信中にダイナミックに変更できる無瞬断シンボルレート可変モデムについて述べている。提案回路ではシンボルレート切替え時に同期外れの要因となるクロック位相誤差を補正するクロック位相補正回路とシンボルレートに応じて速度変換フィルタを変更する可変速度変換フィルタを新しく考案・導入している。そして、提案回路の動作検証と消費電力の推定を行い、技術の有効性を確認している。本提案技術を用いれば空き帯域を有効活用できることから周波数有効利用の観点でも社会的意義が大きい。

第 4 章では端末 - 端末間の呼び出しを衛星上で直接接続するシングルホップ接続システムにより実現する際に鍵となる衛星搭載用のデジタルフィルタバンクを検討している。従来技術である FFT フィルタバンクは多チャネルの単一伝送速度の信号にしか対応しておらず、様々な伝送帯域幅の呼び出しをフィルタリングすることができなかった。本章ではフィルタバンクを並列配置した帯域幅可変 FFT フィルタバンクを新しく提案することでこの課題を解決している。

提案技術により伝搬遅延時間を半減できるので通信品質を大幅に改善でき、ユーザの利便性を飛躍的に向上させることができる。これまで信号伝送に利用できなかったフィルタの遷移域を通過域として利用できるので周波数資源の有効利用にも貢献できる。

第 5 章では将来需要が想定される衛星ブロードバンドトラヒックを収容するため、システム総容量を向上させる衛星 MIMO システムを提案し、その受信機構成を述べている。提案システムが従来システムより周波数利用効率を最大 30% 改善できることを示し、提案システムの有効性を明らかにしている。

第 6 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。また今後の研究課題として、信号処理に関しては本論文で述べられた衛星 MIMO の同期系回路の検討や時分割処理を駆使した回路の小型化が挙げられており、さらに、将来移動体衛星通信システムを実現するにあたり検討すべき課題としては、マルチビームリソース制御や衛星搭載機器の軽量化などが挙げられている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、将来移動体衛星通信システムにおける周波数利用効率の改善、可変伝送速度、通信遅延時間の短縮という課題をデジタル信号処理技術で解決することを目的として、相関検出型広範囲周波数オフセット補償方法、無瞬断信号帯域可変方法、衛星搭載帯域可変フィルタ技術、衛星 MIMO システムを提言した。これは将来移動体衛星通信システムの実現に大きな寄与をもたらす重要な成果である。本論文で得られた主要な成果は次のとおりである。

1. 飛行機等の高速移動体で通信する際の信号復調時に課題となる大きな周波数誤差を補償する回路およびアルゴリズムを提案し、シミュレーションで提案技術の有効性を明らかにした。
2. 通信トラフィックやユーザ要求に応じて信号帯域を動的に変更する無瞬断シンボルレート可変技術を提案し、シミュレーションで提案技術の有効性を明らかにした。
3. 端末 - 端末間の通信信号の伝搬遅延時間を従来システムの半分に低減するシングルホップ接続方式とその方式の要となる衛星搭載帯域幅可変 FFT フィルタバンク技術を提案した。実験で提案技術の動作検証を行い、有効性を明らかにした。
4. 限られた周波数帯域を有効利用するため、世界に先駆けて衛星 MIMO システムを提案し、システム評価を行った。提案システムでは異なる情報を同じ帯域で伝送できるので周波数利用効率を改善できることを明らかにした。

本論文は、将来移動体衛星通信システムを実現する上で重要となる数多くの課題を解決した。提案技術は衛星通信のみならず、無線通信全般に適用できる技術が多く、昨今の無線通信利用の拡大に伴い課題となっている周波数資源の有効利用にも貢献できることから社会的意義も大きい。本論文は将来移動体衛星通信システムの重要課題を技術で解決したという意味での実用性、周波数利用効率向上の観点での社会性、アルゴリズム検討や回路考案時の学術性が高い。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年2月10日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。