

(論文内容の要旨)

本論文は、移動体無線通信システムへの適用を想定した、簡易な構成で実現可能な周波数ダイバーシチ法及びアナログRF回路の不完全性に起因する信号歪が存在するときの信号検出アルゴリズムを新たに導出し、その特性について評価することで、提案方式の有効性を明らかにしたものであり、全体で5章から構成されている。

第1章では、無線通信システムにおける周波数領域等化を用いたブロック伝送方式の隆盛の背景について述べるとともに、これを移動体通信に適用したときのダイバーシチ法及びアナログRF回路の不完全性の補償に関するこれまでの研究の問題点を指摘している。そして、論文全体の構成を簡単に紹介している。

第2章では、周波数領域等化を用いたブロック伝送方式を移動体通信システムに適用したときに、信頼性の高い通信を実現するための手法としてダイバーシチ法について検討している。周波数領域の分数間隔等化のために提案されている信号合成法とアップサンブラによって発生するスペクトルのイメージ成分を利用することで、複数のアンテナやRF変調器を装備することなく、簡易な送受信機構成で実現可能な周波数ダイバーシチ法を提案している。提案手法において、通信路等化とダイバーシチ合成の信号処理が周波数領域で効率的に実現可能であることを示し、また等化・合成のための最適ウェイトを解析的に導出している。さらに、下り回線の通信に適した構成法として、等化/合成器を全て送信機側に装備することで、受信機での信号処理を大幅に削減可能な実現法も示している。

第3章では、OFDMA方式における同相/直交成分 (I/Q) 不均衡の影響について議論している。I/Q不均衡は、ダイレクトコンバージョン型などの安価な送受信機構成において大きな問題となり、OFDM方式におけるその影響解析及び補償法に関して近年多くの報告がなされている。一方、OFDMA方式での先行研究の例は少ない。OFDMA方式ではOFDM方式と異なり、送信信号中のI/Q不均衡による干渉電力が小さい場合でも、通信路の周波数応答によって受信機で観測される信号対干渉雑音比 (SINR) が大きく劣化することがあることを初めて指摘し、さらに、その干渉成分がサブキャリア割当てに従ってユーザー毎に不公平な特性劣化を引き起こす可能性があることを明らかにしている。さらに、その対策法として広義線形モデルに基づく周波数領域の信号処理によってその干渉成分を抑圧する方法とサブキャリア割当てによって干渉の影響を回避する方法の二つを提案している。そして、計算機シミュレーションによって、I/Q不均衡の影響についての議論の妥当性及び提案方式の有効性を示している。

第4章では、アナログ回路の不完全性としてI/Q不均衡だけでなく、搬送波周波数オフセットや位相雑音なども考慮したときの信号検出法について論じている。これまでに提案されている周辺化技法を用いた粒子フィルタによるブラインド信号検出法に着目し、粒子フィルタの問題点の一つである外れ値による特性劣化を抑えるためAuxiliary variable resampling (AVR) として知られる手法を応用することで、

複数のアナログ不完全性存在下でも，周辺化技法の特長である計算効率を損なわずに信号検出が可能なアルゴリズムを導出している．また，計算機シミュレーションによって，従来法ではアナログ不完全性による信号歪によってビット誤り率が大きく劣化するのに対し，提案方式では大幅な誤り率の改善が得られることを示している．

第 5 章では，本論文での成果の総括と今後の展望を述べている．

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、移動体無線通信システムへの適用を想定した、簡易な構成で実現可能な周波数ダイバーシチ法及びアナログRF回路の不完全性に起因する信号歪が存在するときの信号検出アルゴリズムを新たに導出し、その特性について評価することで提案方式の有効性を明らかにすることを目的としており、その成果は以下のように要約される。

1. 周波数領域等化を用いたブロック伝送方式を移動体通信システムに適用したときに、信頼性の高い通信を実現するための手法としてダイバーシチ法について検討した。周波数領域の分数間隔等化のために提案されている信号合成法とアップサンブラによって発生するスペクトルのイメージ成分を利用することで、複数のアンテナやRF変調器を装備することなく、簡易な送受信機構成で実現可能な周波数ダイバーシチ法を提案した。さらに、下り回線の通信に適した構成法として、通信路等化とダイバーシチ合成の信号処理部を全て送信機側に装備することで、受信機での信号処理を大幅に削減可能な実現法も示した。

2. OFDMA方式における同相/直交成分 (I/Q) 不均衡の影響について議論した。OFDMA方式ではOFDM方式と異なり、送信信号中のI/Q不均衡による干渉電力が小さい場合でも、通信路の周波数応答によって受信機で観測される信号対干渉雑音比 (SINR) が大きく劣化することがあることを初めて指摘し、その対策法として広義線形モデルに基づく周波数領域の信号処理によってその干渉成分を抑圧する方法とサブキャリア割当によって干渉の影響を回避する方法の二つを提案した。そして、計算機シミュレーションによって、I/Q不均衡の影響についての議論の妥当性及び提案方式の有効性を示した。

3. アナログ回路の不完全性としてI/Q不均衡だけでなく、搬送波周波数オフセットや位相雑音なども考慮したときの信号検出法について論じた。これまでに提案されている周辺化技法を用いた粒子フィルタによるブラインド信号検出法を拡張することで、複数の要因のアナログ不完全性が存在する場合にも適用可能なブラインド信号検出アルゴリズムを導出した。そして、計算機シミュレーションによって、従来法ではアナログ不完全性による信号歪によってビット誤り率が大きく劣化するのに対し、提案方式では大幅な誤り率の改善が得られることを示した。

以上要するに本論文は、周波数領域等化を用いたブロック伝送方式の特性を改善し、さらに一般にコストの削減が困難なアナログ回路への要求を信号処理によって緩和するための現実的かつ具体的な解法を提供するものであり、移動体無線通信システムの今後の発展に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のあるものと認める。また、平成21年8月18日に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。