

氏名	あさ い たか ひろ 浅井孝浩
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第310号
学位授与の日付	平成20年3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	Spatiotemporal Signal Processing for Highly-Efficient Broadband Wireless Communications (高能率広帯域無線通信のための時空間信号処理)
論文調査委員	(主査) 教授 吉田 進 教授 守倉正博 教授 酒井英昭

論文内容の要旨

国内におけるセルラ方式移動通信サービスの加入者数は実際上100%に近づきつつありやや飽和傾向にあるものの、高速データ伝送に対する需要は増加の一途をたどっている。限られた周波数資源を用いて、周波数利用効率の優れた高速広帯域データ伝送を実現するためには、マルチパス遅延波への対策が不可欠であり、特に高速広帯域化に向けて信号帯域を拡大するほど、マルチパス遅延波対策技術の重要性は大きくなる。さらに、セルラ方式無線ネットワークにおいては、同一周波数を利用する隣接セルから到来する同一チャネル干渉波への対策技術も非常に重要となる。

そこで本論文では、セルラ方式無線ネットワークにおける高速広帯域データ伝送及び周波数の有効利用を目的とした時間・空間信号処理技術の確立に向けて、前半では、①等化器を用いた時間領域における信号処理と、②アダプティブアレーアンテナを用いた空間領域における信号処理、を組合せた時間・空間等化器について、その実用性の向上及び検証を目的とした提案・検討を行っている。また後半では、周波数の利用効率向上を実現する新しい手法として近年注目を集めている、時間的・空間的な空き周波数の再利用を行う周波数共用型無線システムについて検討を行っている。

本論文は全6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景及び位置づけ、ならびに本論文の構成について述べている。

第2章では、時間・空間等化器におけるパラメータ推定を効率的に実現可能な、シストリックアレー構成について検討を行っている。信号の広帯域化に伴い考慮すべき遅延波数が増大することに加え、多数の干渉波が存在するような状況では、時間等化器における所要タップ数及び空間等化器(アダプティブアレーアンテナ)における所要素子数が増加することから、時間・空間等化器において推定すべきパラメータ数は非常に多くなる。本章ではシストリックアレープロセッサの実装及び室内実験により、従来のRLS(recursive least-squares)型の適応アルゴリズムを実装した場合と比較して、処理時間を大幅に低減しつつ、同等の誤り率特性を達成可能であることを明らかにしている。

第3章では、TDMA型の移動通信方式を主たる対象とした、到来方向推定結果に基づくビーム/ヌル同時ステアリング型時間・空間等化器の提案を行っている。時間・空間等化器における最適構成では信号の広帯域化に伴い演算量が非常に多くなるが、提案構成では、信号の到来方向の時間変動が瞬時フェージング変動と比較して緩やかであることに着目し、到来方向推定結果に基づくパラメータ推定により時間等化器と空間等化器の分離処理を行うことで演算量の低減を図り、さらに空間等化器において干渉波及び長遅延波を除去することにより時間等化器における演算量低減を実現している。提案構成の有効性を屋外実験により明らかにし、時間等化器もしくは空間等化器の一方のみを用いる場合と比較して受信品質を大幅に改善可能であることを示している。

第4章では、CDMAを仮定した移動通信において、マルチパス耐性を向上するための時間等化器(マルチパス干渉キャンセラ)について検討を行っている。CDMAでは拡散処理によりマルチパス干渉の影響をある程度低減可能であるが、高速データ伝送を実現するために低い拡散率を用いる場合やマルチコード伝送を用いる場合には、等価的な拡散率が1に近づ

くためにマルチパス干渉の影響により受信品質が大きく劣化する。本章では計算機シミュレーション及び室内／屋外実験により、マルチパス干渉キャンセラの有効性及び、理想環境と実環境の差異について明らかにしている。

第5章では、時間的・空間的な空き周波数の再利用により周波数の利用効率を向上可能な周波数共用型無線システムにおいて、周波数の使用状況を判断するためのセンシング技術と、センシング結果を利用した周波数割当制御方法について検討を行っている。はじめに、高精度な検出を可能とする周期定常性に基づくセンシング技術について検討を行い、拡散符号を周期的に利用するCDMA信号における周期自己相関特性について解析的に明らかにしている。また、本章の後半ではセンシング技術に基づく周波数割当制御方法の有効性について明らかにしている。

第6章は結論であり、本論文で得られた主要な研究成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文では、セルラ方式無線ネットワークにおいて周波数利用効率の優れた高速広帯域データ伝送の実現に不可欠な時間・空間信号処理技術の確立を狙いとして、高速データ伝送を実現するための時間・空間等化器及び、周波数の利用効率向上を実現するための周波数共用型無線技術について、方式提案・室内／屋外実験・数値解析による検討を行ったものであり、得られた主要な研究成果は以下の通りである。

- (1) 高速データ伝送を目的とした信号の広帯域化に伴い演算量が増加する時間・空間等化器におけるパラメータ推定器について、シストリックアレー構成を用いたパラメータ推定が、量子化誤差等を考慮した実用上も十分良好な推定精度を得ることが可能であり、パラメータ推定に要する演算時間を大幅に低減可能であることを明らかにした。
- (2) TDMAシステムを対象とした時間・空間等化器構成について、低演算量かつ良好な受信品質を実現可能な、時間等化器と空間等化器の分離処理に基づく到来方向推定結果を用いるビーム／ヌル同時ステアリング型時間・空間等化器の提案を行い、高速広帯域データ伝送の実現可能性を明らかにした。
- (3) CDMAシステムにおいて高速広帯域データ伝送を実現するためのマルチパス干渉キャンセラについて、理想環境と実環境における特性改善効果の差異を明らかにするとともに、実環境下においても高速データ伝送を実現する上で有効であることを明らかにした。
- (4) 周波数共用型無線システムのための信号の周期定常性を利用したセンシング技術について、CDMA信号における周期自己相関特性について解析的に明らかにするとともに、周期定常性を利用したセンシング結果に基づく周波数割当制御により、従来の電力検出型と比較して優先システムに与える干渉を抑えると同時に、従来法と同等の非優先システム間の通信効率を維持可能であることを明らかにした。

以上要するに本論文は、セルラ型の無線ネットワークにおける高速広帯域データ伝送及び周波数の有効利用を実現する時間・空間信号処理技術の確立を目的として、通信品質の改善及び実用性向上を可能とする技術の提案・検証を行ったものであり、学術上実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20年2月19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。