

氏 名	井 上 隆
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 312 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	ダイバーシチ合成の理論解析法とアレーアンテナ信号処理技術に関する研究

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

携帯電話システムは、LSI技術や無線通信技術の進歩に支えられて急速な発展と普及を遂げた。より高度な無線サービスの実現には、更に効率のよい広帯域伝送が可能な無線技術の確立が必須である。陸上移動通信においては、基地局と移動局間の伝搬路で発生するマルチパスフェージングを如何に抑圧するかが極めて重要であり、かつ、マルチパスフェージング環境での広帯域信号の振る舞いを正しく理解することが、それを解く鍵となる。そこで、本論文では、陸上移動通信路における広帯域信号のフェージング変動特性について解析し、フェージング対策技術として非常に有効とされるダイバーシチ受信技術の特性について解析している。さらに、第3世代携帯電話システムへの適用を想定したアレーアンテナ信号処理技術について評価している。

本論文は全8章から構成されている。

第1章は序論であり、研究背景、研究の現状、本研究の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、レイリーフェージング環境における広帯域信号の瞬時レベル変動特性を、固有値解析により理論的に求める手法を提案している。同手法を用いて、連続的な遅延プロファイルと離散的な遅延プロファイルで表現される様々な伝搬モデルに対するレベル変動特性を評価している。その結果、伝搬路の遅延スプレッドと伝送帯域幅の積が0.2以下の狭帯域伝送領域では、伝搬モデルにかかわらず同じ特性となること、広帯域伝送領域では、伝搬モデルによって固有値分布が異なり、特性が異なることを示している。

第3章では、ダイバーシチ受信技術（最大比合成法）に対するフェージング抑圧性能の理論解析法を、陸上移動通信基地局に適用している。すなわち、伝搬角度広がりや遅延広がりのあるレイリーフェージング環境において、フェージング抑圧性能を評価した。空間領域に対して評価した結果、マルチパス波の角度広がりに対する特性は、アレーアンテナで形成可能なビーム幅でほぼ正規化でき、その上限はグレーティングローブ間隔で決まることを示している。同結果を時間領域および時空間領域に拡張し、CDMA（符号分割多元接続）方式の時間ダイバーシチ受信の一種であるRAKE受信方式、ならびに、アレーアンテナ信号処理とRAKE受信とを組み合わせた2次元RAKE受信に対する、フェージング抑圧性能の評価法にも拡張し、同様に解析できることを示している。

第4章では、前章で提案した解析法を拡張し、仰角ライスフェージング伝搬路にも適用可能な理論解析法を提案している。同解析法により、アンテナブランチ数2及び4の直線アレーによるスペースダイバーシチ受信を中心とする特性の評価を試みている。

第5章では、第3章で用いたダイバーシチ合成後のCNR（carrier to noise power ratio）の確率分布の計算法の一般化について提案している。すなわち、従来の計算式が適用可能となる条件は、固有値の値が互いに異なる場合に限定されるのに対して、等しい固有値が複数組存在する場合の計算法を導出している。ケーススタディとして、3通りのケースに対して、提案法と計算機シミュレーションによる比較を行い、提案法が有効であることを示している。また、提案法の計算精度につ

いても考察を加え、提案法による計算結果に対する計算精度の検証方法も示している。

第6章では、CDMAセルラ基地局のアレーアンテナ信号処理技術の一つとして、アレーアンテナの素子間隔を半波長よりも広げて、狭いビームのグレーティングローブで空間を張る方式を提案している。上り回線の同時通信ユーザ数（システム容量）特性を増大できることを計算機シミュレーションにより示している。

第7章では、第3世代携帯電話システム（IMT-2000）用の基地局テストベッドにアレーアンテナ信号処理機能を実装し、上り回線のビーム制御特性をフィールド実験により評価している。所望移動局の方向にビームが自動追尾され、移動局の送信電力が低減され、上り回線のシステム容量増加に寄与できることを示している。複数のビーム制御アルゴリズムを比較評価した結果、最大固有値で形成されるビームと、第二固有値で形成されるビームによるダイバーシチ合成が最も特性がよいことを示している。

第8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

本論文は、高速広帯域陸上移動通信の研究をすすめていく上で重要な役割を果たす、広帯域信号の瞬時レベル変動に関する理論解析、ダイバーシチ合成に関する理論解析、ならびに、移動通信基地局のアレーアンテナ信号処理技術に関して研究を行ったものであり、得られた主な研究成果は以下の通りである。

- (1) レイリーフェージング環境における広帯域信号の瞬時レベル変動の理論解析法を提案し、様々な遅延プロファイルモデルに対する変動特性を評価した。狭帯域信号のレベル変動特性は遅延スプレッドと信号帯域幅の積で決まるのに対して、広帯域信号伝送のレベル変動特性は、遅延プロファイルモデルによって異なる特性となりうることを理論的に明らかにした。
- (2) ブランチ間の相関を考慮したダイバーシチ合成（最大比合成）法に対するフェージング抑圧性能の理論解析法をアレーアンテナ基地局に適用し特性を評価した。マルチパス波の到来角度広がりに対する特性は、アレーアンテナで形成されるビームの幅で正規化できることを明らかにした。
- (3) レイリーフェージング環境における最大比合成法に対するフェージング抑圧性能の理論解析法を改良し、仲上ライズフェージング環境にも適用可能な解析法を提案した。
- (4) 最大比合成法の性能評価で用いられるレベル変動の確率分布の算出式を拡張し、一部の固有値が等しい値を有する場合に適用可能な計算式を導出した。
- (5) アレーアンテナ信号処理技術を適用したCDMA基地局において、アレーアンテナの素子間隔を半波長よりも広げて狭いビームのグレーティングローブで空間を張る方式を提案し、システム容量が改善できることを計算機シミュレーションにより明らかにした。
- (6) アレーアンテナ基地局テストベッドにより、上り回線のビーム制御特性を評価した。所望移動局の方向に指向性ビームが逐次形成され、送信電力制御によって移動局送信電力を低減できることを実証し、システム容量の増大に有効であることを示した。

以上要するに本論文は、移動通信システムの研究開発の基礎となる、多重波伝搬環境における広帯域信号のレベル変動特性とダイバーシチ受信技術のフェージング抑圧性能に関する解析理論を発展させるとともに、アレーアンテナ信号処理技術が基地局のシステム容量増大に有効であることを明らかにしており、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20年2月20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。