

氏名	いわいひさと 岩井誠人
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	論情博第22号
学位授与の日付	平成13年5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	移動通信環境における電波伝搬モデルとフェージング対策技術

論文調査委員 (主査) 教授吉田進 教授松本紘 教授佐藤亨

### 論文内容の要旨

本論文は、移動通信への適用を前提としてマルチパスフェージングの伝搬モデルと、マルチパスフェージングが発生する環境において高信頼度な通信を実現するためのフェージング対策技術を主たる研究テーマとしている。移動通信システムの伝搬路では、直接波以外にも建物や大地からの反射波が存在する環境が一般的であり、受信点においてこれら複数の到来波が干渉しあうことによりマルチパスフェージングが発生する。マルチパスフェージングは、受信信号強度の空間的な変動、伝搬経路の遅延時間差に起因するデジタル信号波形の歪み等が発生させ、その結果として通信品質が劣化する。本論文では、このマルチパスフェージングについて、その現象解明を基礎とした電波伝搬モデルの提案と、フェージングによる通信品質の劣化を克服するためのフェージング対策技術について述べており、全7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的、および論文の構成を述べている。

第2章および第3章ではマルチパスの遅延時間差に関する二つの新しい伝搬モデルを提案している。

第2章では、送信点と受信点が見通しとなる環境である仰上-ライスフェージングを対象とした遅延時間差に対する伝搬モデルを提案している。送受信点間が見通し外となるレイリーフェージング環境に対しては、マルチパスによるデジタル信号伝送特性に対する影響およびその影響をモデル化する伝搬モデルについて、本研究以前に明らかにされていた。それに対して本論文では、仰上-ライスフェージング環境におけるマルチパスの遅延時間差の影響を理論的に明らかにし、それを簡易にモデル化する等価伝送路モデルを新たに提案した。

第3章では、遅延時間差に関するより現実に近い伝搬モデルとして広帯域伝搬モデルを提案した。本モデルは、近年開発が進められているCDMA移動通信システムへの適用を目指したものである。従来方式に比べて広い帯域を用いて伝送するCDMAのような方式では、マルチパスの遅延時間差に対する識別能力が高く、その結果として遅延時間差についてより現実に即した伝搬モデルが必要となる。本論文ではこれに適用可能なモデルを提案している。提案した広帯域伝搬モデルの理論的根拠を示すとともに、CDMA移動通信システムにおけるシステムシミュレーションへの適用方法を明らかにした。また、屋外フィールド実験結果と、シミュレーションによる評価結果の比較を行い、本提案モデルの妥当性を確認した。

第4章から第6章は、マルチパスフェージングに対する対策技術を提案している。

第4章では、スペースダイバーシチに遅延回路を挿入したCDMA移動通信用のフェージング対策技術を提案した。本方式は、特に小型で簡易な構成が求められるマイクロセル移動通信システムに適したものである。この方式の構成を示すとともに、その性能を第3章において提案した広帯域伝搬モデルを用いて定量的に評価した。

第5章では、スペースダイバーシチとRAKE受信を組み合わせたCDMA移動通信用のフェージング対策技術を提案した。本方式はより高機能なものであり、所望信号対干渉信号電力比を改善することによりシステムの大容量化が実現できる。この方式の性能を、提案した広帯域伝搬モデルを用いたシミュレーションによって明らかにするとともに、実際のシステムへの適用について考察した。

第6章では、海事衛星通信システムを対象としたフェージング対策方式を提案している。本方式は移動局側でのスペース

ダイバーシチ構成と開ループのアンテナ制御を組み合わせたものであり、対象とするシステム内の誤り訂正符号を効果的に活用することによってマルチパスフェージングの影響を低減するものである。この方式の性能を計算機シミュレーションにより定量的に評価した。

第7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。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、高信頼度移動通信の実現を狙いとして行われたマルチパスフェージングの電波伝搬モデルと、マルチパスフェージング下における高信頼度通信を実現するためのフェージング対策技術に関する研究成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

- (1) 送信点と受信点が見通しとなる仰上-ライスフェージング環境下においてマルチパス波の存在によって生じるデジタル信号の符号間干渉誤り特性を明らかにした。この特性を決定する仰上-ライスフェージングの3つのキーパラメータを提示し、その物理的根拠を明らかにした。また、得られた結果を用いて任意の仰上-ライスフェージング環境を簡易な2波モデルに変換する等価伝送路モデルを提案し、その有用性を明らかにした。
- (2) CDMA方式等の広帯域伝送を行う移動通信システムにも適用可能な広帯域電波伝搬モデルを新たに提案した。この伝搬モデルの物理的な根拠、および実際の解析への適用方法を明らかにした。この伝搬モデルを用いることによって、CDMA移動通信方式におけるRAKE受信の定量的性能評価等を行うことができる。さらに、屋外フィールド実験によって取得したデータから得られる結果と、本モデルから推定される結果を比較し、本モデルの妥当性を確認した。
- (3) CDMA移動通信システムを対象とした二つのマルチパスフェージング抑圧方式を提案した。スペースダイバーシチとCDMA方式のRAKE受信技術を組み合わせた提案方式の構成と、動作の基本原理を示し、それらの特徴および適用範囲について明らかにした。さらに、これらの方式のフェージング抑圧特性を計算機シミュレーションによって評価し、その有効性を明らかにした。
- (4) 海事衛星通信システムを対象とした海面反射フェージングの対策技術を提案した。本方式は簡易な構成で実現可能であり、衛星側受信時にも有効な方式であることを示した。また、計算機シミュレーションによって本提案方式の性能を定量的に評価し、任意の海面状況で有効に動作することを明らかにした。

以上要するに本論文は、広帯域高品質移動体通信の実現に不可欠な電波伝搬モデルとフェージング対策技術を提案するとともに、その有用性ならびに優れた特性を明らかにしたものであり、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13年4月26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。