

氏 名	ジーン シャンチン ユ JEAN XIANG-QUN YU
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 64 号
学位授与の日付	平成 15 年 1 月 23 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	Utilization of Inherent Diversity for Channel Coding and Equalization Algorithms (通信路符号化と等化アルゴリズムへの自然ダイバーシチの利用)
論文調査委員	(主 査) 教 授 吉 田 進 教 授 高 橋 達 郎 教 授 佐 藤 亨

論 文 内 容 の 要 旨

移動通信では基地局と移動端末間が見通しになることは極めて稀であり、市街地やビル内の電波伝搬環境は極めて劣悪である。とりわけ、高速信号伝送を行おうとすると、シンボル長に比較して遅延時間差がきわめて大きな多重経路伝搬に伴う周波数選択性フェージングや様々な予期しないタイプの電波干渉により通信品質が著しく劣化する。そこで、本論文ではこのような劣化を克服し、通信品質を保証するための符号化や等化などの信号処理技術に関する研究を行い、その成果をまとめている。

従来よく知られたフェージング対策技術としてダイバーシチ受信があり、代表的なものに空間ダイバーシチ、時間ダイバーシチ、周波数ダイバーシチなどがある。これらの技術の基本は、複数の受信アンテナ、時間スロット、周波数等の資源を人為的に作り、同一送信信号について複数の受信信号を取得し、それらを合成受信することにより、通信品質の向上をはかるものである。本論文では従来のダイバーシチ受信とは異なり、複数の人為的な資源を使うことなく、高度な信号処理を施すことにより受信信号に潜在するダイバーシチ要素を抽出する、従来のダイバーシチ受信をより一般化した“自然ダイバーシチ”の概念を提案し、それを誤り制御のための符号化や周波数選択性フェージングに伴う符号間干渉ひずみの等化アルゴリズムに適用し、特性改善をはかろうとするものである。

より具体的には、本論文では特に自動再送要求 (ARQ) 誤り制御方式を用いた場合の符号化変調や長遅延波が存在する伝搬路に対する等化アルゴリズムの特性向上について、自然ダイバーシチの利用を提案するとともに、理論検討ならびに計算機シミュレーションを用いた評価を行っており、全 7 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景について述べ、移動通信の伝搬路の特徴、通信品質の確保に符号化と等化技術の果たす役割、本研究の目的、従来の研究に対する本研究の位置づけについて述べている。

第 2 章では、提案する符号化と等化アルゴリズムの基礎技術となる畳み込み符号と最適等化器に焦点を当て、従来の符号化と等化技術の概要について述べている。

第 3 章では、ARQ を用いた誤り制御方式について、誤りが検出され再送信を行う際に、最初とは異なる TCM (トレリス符号化変調) を適用し、受信側において誤りが発生したフレームと再送されたフレームを合成受信することにより、同一符号化変調を 2 度繰り返す場合に比べて、ユークリッド距離が大きくとれ、フレーム誤り率が改善できることを明らかにした。特に、ユークリッド距離が大きく取れる相異なる TCM の組み合わせとして、相補符号を設計するとともに、設計した相補 TCM 符号の有効性を確認している。

第 4 章では、多重経路伝搬における自然ダイバーシチを利用し、より少ない計算量で最適な等化器と同等の誤り率が得られるパス分離軟判定等化アルゴリズムを提案している。すなわち、軟判定を用いて受信信号を各パスに分離後、繰り返し復号を行う。その際に軟判定値をフィードバックすることにより、パス分離精度ならびに各パスの軟判定の精度を向上させる。最後に各パスの軟判定を合成し、送信信号を推定する。本方式の最適性を、長遅延波が存在するさまざまな多重波伝搬遅延

プロフィールについて確認している。

第5章では、繰り返し復号化と第4章で提案した等化器を組み合わせた方式を設計し、その特性について検討するとともに、個別に等化器を設計する場合に比較して、復号器と等化器の組み合わせ方式の設計の優位性を確認している。計算機シミュレーションにより、繰り返し復号器と等化器双方のメリットを維持したまま、互いの特性を補償する効果があることを明らかにした。

第6章では、多重波伝搬路を経て受信された信号は、まさしく通信路のインパルス応答で畳み込みを受けた信号であることに着目し、その類似性から、第4章で述べた復号手法が長い拘束長を持つ畳み込み符号の復号に適用可能であることを見出した。その結果、従来手法に比べてより少ない計算量で長い拘束長をもつ畳み込み符号の復号が可能であることを明らかにした。

最後に、第7章ではまとめとして本研究の主要な成果と残された課題を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は電波伝搬環境が極めて劣悪な移動通信路を介して高品質な情報伝送を実現することを狙いとして、自然ダイバーシチ効果の抽出利用を可能とする高度な無線信号処理技術に関する研究成果を取りまとめたものであり、自動再送要求（ARQ）誤り制御に適した符号化変調や長遅延波が存在する移動通信伝搬路に適した等化器等を提案するとともに、それらの優れた特性を明らかにしている。得られた主な研究成果は次の通りである。

- (1) ARQ 誤り制御において、再送時に異なる符号化変調を適用することにより、同一符号化変調を適用した場合よりも優れたフレーム誤り率が達成できることを明らかにした。すなわち、初回の符号化変調に対応して、再送時には“相補符号”と名づけた最適な符号化変調が存在することを明らかにするとともにその設計法を提案した。計算機シミュレーションにより提案方式の有効性を明らかにした。
- (2) 長遅延波が存在する伝搬路において、より少ない計算量で最適な等化器と一致する誤り率が得られるパス分離軟判定等化器を提案した。本方式は移動通信における自然ダイバーシチを利用したものであり、理論解析と共に、さまざまな多重経路伝搬路プロフィールにおいてその最適性を明らかにした。
- (3) 繰り返し復号化とパス分離軟判定等化器を組み合わせた復号回路設計方法を提案した。復号器と等化器を同時最適化設計することにより、単一の等化器のみでは実現できない符号化利得が得られることを明らかにした。計算機シミュレーションにより、繰り返し復号器と等化器双方のメリットを維持したまま、互いの特性を補償する効果があることを明らかにした。
- (4) 多重波伝搬通信路と畳み込み符号化のプロセスの類似性に着目し、長拘束長を持つ畳み込み符号の復号法として、パス分離軟判定等化器の原理がそのまま適用可能であり、その結果、長拘束長を持つ畳み込み符号に対して、従来より少ない計算量で復号可能なことを明らかにした。

以上要するに本論文は、移動通信における高品質情報伝送の実現に不可欠な誤り制御符号化と長遅延波等化のための高度な無線信号処理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、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14年12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。