

氏名	李 原
学位(専攻分野)	博士 (情報学)
学位記番号	情博第16号
学位授与の日付	平成12年3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	Multuser Detection for Co-channel Interference Cancellation (同一チャネル干渉波キャンセルのためのマルチユーザ検出)

論文調査委員 (主査) 教授 吉田 進 教授 佐藤 亨 教授 森広芳照

論文内容の要旨

近年、移動体通信は目ざましい進展を遂げつつあり、利用者数が急激に増加している。それにつれて、利用可能な周波数が逼迫してきており、限られた周波数資源をできるかぎり有効に利用するための研究は喫緊の課題となっている。本論文は、この周波数の有効利用をはかるための有力な手法の一つであるマルチユーザ検出型の干渉波キャンセラ技術について理論的に、また計算機シミュレーションを駆使して行った研究成果をとりまとめたものであり、6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景として時分割多元接続方式 (TDMA) セルラ方式について説明し、その通信品質を大幅に劣化させる要因となる同一チャネル干渉について述べている。また、干渉波の存在下でも高品質な通信を実現する干渉キャンセラ、特に所望信号と干渉信号を同時に検出する、いわゆるマルチユーザ検出型の干渉キャンセラについて説明している。そして多元接続チャネルの通信路容量を計算し、従来方式よりさらに干渉除去能力の高いキャンセラが存在することを明らかにしている。最後に、本研究の主要な目的をまとめている。

第2章ではマルチユーザ検出型干渉キャンセラの一種であり、異なるユーザに対して異なるトレリス符号化変調を用いて干渉除去を行うトレリス符号化干渉波キャンセラ (TCC) について、その誤り率の上限と漸近値の2つの評価手法を用いて TCC の誤り率特性を理論的に解析している。特に、TCC 特有の問題である誤り率のユーザ信号間の位相差依存性を評価するために、高精度で計算量が少ない誤り率の漸近値計算手法を見出し、それを用いて位相差に対する TCC 平均誤り率を明らかにしている。

第3章では TCC の特性を向上させるために一意復号可能な符号を提案している。マルチユーザ検出型の干渉キャンセラでは受信信号点の重なりが受信特性を大きく劣化させる。TCC ではトレリス符号化を用いて信号点の重なり問題を克服しているが、その特性は用いるトレリス符号化によって大きく変動する。良い特性を得るために優れた符号化を見出す必要がある。そこで、信号点の重なりの問題を一般化し、1つの受信信号系列から所望信号と干渉信号に一意に分離受信できる符号化を一意復号可能な符号と定義した。そして、2ユーザのシステムに対して、ユーザ1に一般のトレリス符号を、ユーザ2にはこのトレリスの時間軸を反転させたトレリス符号を用いることにより一意復号可能な符号が設計可能であることを示した。このような一意復号可能な符号を使うことにより顕著な特性改善が可能であることを明らかにしている。

第4章では TCC の特性をさらに改善可能な新しいタイプの繰り返し型干渉キャンセラ (IIC) を提案している。すなわち、TCC の特性改善のためには、長い拘束長のトレリス符号化が必要となり、膨大な計算量が必要となる。そこで、トレリス符号化とインタリーブを用いた繰り返し型の干渉キャンセラ IIC を提案した。ユーザ毎にインタリーブのパターンを変えることにより、拘束長の短い符号を用いて等価的に長い拘束長を実現している。受信機では、ターボ復号に利用される繰り返し復号アルゴリズムを用いて少ない計算量で通信路容量に近い受信特性を実現できることを明らかにした。

第5章では、セルラシステムに IIC を適用して周波数利用効率の改善がはかれることを示している。従来 TDMA セルラ方式では、同一チャネル干渉を抑圧するために隣接セルに異なる周波数を割り当てる必要があった。そのため、周波数利用

効率が大きく制限される。そこで、セルラ方式のサイトダイバーシティ技術と IIC を結合した干渉除去方式について検討を行った。その結果一次元セルラ方式において全セルが同じ周波数帯域を用いることが可能であり、著しい周波数の有効利用がはかれる可能性があることを示した。

第 6 章では以上の結果を総括すると共に、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、移動通信における喫緊の課題である周波数有効利用技術について研究を行い、特にマルチユーザ検出型同一チャンネル干渉波キャンセラの特性解析、符号化の設計、新方式の提案、セルラ方式への応用などに関する一連の研究成果をとりまとめたものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

1. マルチユーザ検出法を用いた従来の干渉キャンセラの中で最も有効と考えられるトレリス符号化干渉波キャンセラ (TCC) について理論解析を行い、TCC の特性を大きく左右する要因を見出した。

2. TCC の理論解析結果に基づいて、優れた特性を実現するために不可欠な一意復号可能な符号という新たな概念を提案した。そして、逆トレリス符号を用いることにより、任意の伝搬路条件下で一意復号可能な符号を実際に構築し、TCC の特性改善効果を確認した。

3. ターボ符号用の復号化技術を用いることにより、新たな干渉キャンセラである繰り返し型干渉キャンセラ (IIC) を提案し、それを用いて、多元接続チャンネルの通信路容量に漸近する特性を実現した。また TCC よりも少ない計算量で、TCC よりも優れた特性を実現した。

4. IIC とサイトダイバーシティ技術を統合することにより、TDMA セルラ方式に適した周波数利用効率の改善法を見出した。特に、1次元のセルラ方式上で、すべてのセルが同一の周波数を利用可能な周波数利用効率の優れたシステムの実現可能性を明らかにした。

以上、要するに本論文は周波数有効利用の向上を目的として、マルチユーザ型干渉波キャンセル技術について、理論的な特性解析からその移動通信システムへの応用に至るまで幅広い研究を行い、その有効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 12 年 2 月 1 日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。