

氏名	矢野 一人
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第172号
学位授与の日付	平成17年7月25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	Study on CDMA Non-Linear Interference Cancellers with Multi-Antenna Reception (複数アンテナ受信を用いたCDMA非線形干渉キャンセラに関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 吉田 進 教授 森 広 芳 照 教授 佐 藤 亨

論 文 内 容 の 要 旨

直接拡散符号分割多元接続(DS-CDMA)方式移動通信の加入者容量は同一周波数を共用する他ユーザからの干渉(他局干渉)量に依存するため,その特性改善には他局干渉抑圧が不可欠である。他局干渉を抑圧する干渉キャンセラのうち,レプリカ減算型干渉キャンセラ(RSNIC)は干渉信号の受信予測値(レプリカ)を生成し受信信号から減算することにより他局干渉を抑圧する非線形干渉キャンセラであり,優れた特性を示すことが知られている。また,RSNICの更なる特性改善のために複数アンテナ受信技術を組み合わせる受信方式がいくつか検討されているが,これらの特性は従来別々に評価されており,相互の優劣については十分な比較検討がなされていない。そこで,本論文では可変拡散率DS-CDMA上りリンクを仮定した計算機シミュレーションにより,さまざまな条件下において代表的な2つの組み合わせ受信方式について特性評価ならびに相互比較が行われている。加えて,誤ったレプリカ生成時の複数アンテナ受信RSNICの特性劣化を抑圧するため,干渉除去抑制係数(CMF)と呼ばれるレプリカ重みの制御方式に関する検討が行われている。

本論文は全7章から構成されている。

第1章は序論であり,研究背景および本論文の構成が説明されている。

第2章ではDS-CDMA方式および無線伝搬路の基本的事項が述べられている。

第3章は非線形干渉キャンセラであるRSNIC,複数アンテナ受信技術であるアダプティブアレーアンテナおよび空間ダイバーシチ受信が説明されている。また,本論文における特性評価で用いられている誤り訂正符号・復号技術に関しても併せて述べられている。

第4章では複数アンテナをアダプティブアレーアンテナとして動作させ,その後に非線形干渉キャンセラRSNICを縦続接続した“アレーアンテナ付きキャンセラ”と,複数アンテナを空間ダイバーシチブランチとして取り扱い,各アンテナ出力を非線形キャンセラRSNICに通した後,それらの合成受信を行う“ダイバーシチアンテナ付きキャンセラ”の構成が説明されている。前者は受信アンテナ間の重み付き線形合成により所望波の受信SINR(Signal to Interference plus Noise power Ratio)を改善し,後段のRSNICをより効果的に機能させることを目的としている。また,後者は受信アンテナ毎にRSNICを作動させて他局干渉を抑圧し,その後各アンテナの出力を空間ダイバーシチ受信する方式である。受信機が半波長間隔6素子アレーアンテナを有し,受信アンテナ間のフェージング相関が大きい場合,多遅延波・低SNRといった伝搬路推定が良好に行えない環境では“アレーアンテナ付きキャンセラ”が良好な特性を示し,少遅延波・高SNR環境においては“ダイバーシチアンテナ付きキャンセラ”の方が良好な特性を得ることが計算機シミュレーションにより示されている。

第5章ではアンテナ素子間隔やマルチパスの最大到来角度差を変化させることにより,受信アンテナ間あるいはマルチパス間の空間相関を変化させた場合の特性比較が行われている。シミュレーション結果より,空間ダイバーシチ受信を用いた“ダイバーシチアンテナ付きキャンセラ”は相関特性の変化に対して十分な適応が可能であるのに対し,“アレーアンテナ付

きキャンセラ”は大きく特性が劣化することが明らかにされている。

第6章では伝搬路推定誤差を考慮した干渉除去抑制係数(CMF)制御方式が提案されている。CMFは誤って生成されたレプリカの減算による特性劣化を軽減するために、レプリカに乗じる1以下の正の値であり、これまで仮判定に起因するレプリカ誤りへの対策法がいくつか考案されている。しかし、複数アンテナ受信を行うRSNICでは伝搬路推定誤差がレプリカ誤りの主要因となることから、これを考慮した係数制御方式が必要であると考えられる。本章では提案手法を“ダイバーシチアンテナ付きキャンセラ”に適用した場合の特性評価が行われており、特に多遅延波・多アンテナ受信時において従来のCMF制御方式と比較して良好な特性が得られることが示されている。

第7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

DS-CDMA 移動通信の加入者容量を増大させるためには干渉キャンセラの導入が有効である。本論文ではレプリカ減算型非線形干渉キャンセラに着目し特に複数のアンテナを用いた受信方式を組み合わせた場合に得られる改善効果について、可変拡散率DS-CDMA 上りリンクを仮定して解析を行ったものであり、得られた主な研究成果は次の通りである。

(1) 2種類の受信方式すなわちアダプティブアレーアンテナ出力に対してレプリカ減算型非線形干渉抑圧を適用する方式(以下“アレーアンテナ付きキャンセラ”と呼ぶ)と、各受信アンテナ毎にレプリカ減算型非線形干渉抑圧を行い、その出力を用いて空間ダイバーシチ受信を行う方式(以下“ダイバーシチアンテナ付きキャンセラ”と呼ぶ)について比較検討を行い、受信アンテナ間隔が小さくアンテナ間のフェージング相関が大きい場合、多遅延波・低SNR環境においては前者の特性が良好であり、少遅延波・高SNR環境においては後者が良好な特性を示すことを明らかにした。

(2) 受信アンテナ間のフェージング相関が小さくなるにつれ、“アレーアンテナ付きキャンセラ”は特性が劣化するのに対し、“ダイバーシチアンテナ付きキャンセラ”は空間ダイバーシチ利得の増加により特性が改善することを明らかにした。また、“ダイバーシチアンテナ付きキャンセラ”は遅延波の到来角度広がりの変化に対してロバストであることを明らかにした。

(3) レプリカ生成誤りによる非線形干渉キャンセラの特性劣化を軽減するために、新たに伝搬路推定誤差を考慮したレプリカ重み(干渉除去抑制係数)制御方式の提案を行った。提案重み制御法を“ダイバーシチアンテナ付きキャンセラ”に適用した結果、受信アンテナ数が4以上において従来の仮判定誤りを考慮した重み制御法および固定重みと比較して優れた特性が得られることを明らかにした。

以上要するに本論文は、DS-CDMA方式移動通信の高品質大容量化を狙いとして、非線形干渉キャンセラと複数アンテナ受信技術を組み合わせた2種類の受信方式を採り上げ、さまざまな条件下で特性の解析・比較評価を行うとともに、さらなる性能改善手法を提案することにより、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17年6月17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。