

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11485 号
------	---------------

氏 名 山岡 智也

論 文 題 目

移動体通信システムのための時空間ブロック符号を簡易に用いる
送信/協調ダイバーシチ技術
(Simple transmit / cooperative diversity techniques using space-
time block code for mobile communication)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	山里 敬也
委員	名古屋大学	教授	片山 正昭
委員	名古屋大学	教授	藤井 俊彰
委員	横浜国立大学	教授	落合 秀樹
委員	名古屋大学	准教授	岡田 啓

論文審査の結果の要旨

山岡智也君提出の論文「移動体通信システムのための時空間ブロック符号を簡易に用いる送信/協調ダイバーシチ技術」は、受信局に制約を与えることなく無線通信を高音質化できる送信/協調ダイバーシチ技術において通信速度を低減させずに信号間の干渉を低減できる、時空間ブロック符号(space-time block code: STBC)のこれまでに着目されてこなかった符号の構造に着眼し、STBCを用いる送信/協調ダイバーシチ技術の装置を簡素化できる4方式を提案している。各章の概要は、以下の通りである。

第1章では、本論文に示された研究の位置づけを明らかにして、これを踏まえて本論文の目的と構成を明らかにしている。まず、移動体通信システムが発展した歴史的背景を示しながら、その発展において重要な役割を果たしたダイバーシチ技術の概要を紹介している。その中でも本論文で議題とする送信/協調ダイバーシチ技術の検討の経過を表し、とりわけキー技術となるSTBCの研究動向とともに課題を示している。これらを踏まえたうえで、本論文の目的は、STBCを用いる送信/協調ダイバーシチ技術の装置を簡素化する以下の3方式を確立することであることを定義している。

1. 単一のRF(radio frequency)回路の送信局による簡素化した送信ダイバーシチ
2. STBCを用いながら中継局でキャリアリカバリを行わない協調ダイバーシチ
3. STBCを用いながら中継局で信号分離を行わないマルチホップ協調ダイバーシチ

さらに第2章ではSTBCの説明を通して背景知識を解説し、第3章から第6章で上記3方式を実現するための4つの提案方式をそれぞれにおいて解説し、第7章で本論文の総括を行うことを述べている。

第2章では、STBCを説明しながら背景知識を解説している。具体的には、本論文における提案方式の理解に必要なCIOD(complex interleaved orthogonal design)、QOSTBC(quasi-orthogonal space-time block code)、拡大Alamouti符号といった種々のSTBCを説明している。STBCを、送信ダイバーシチに適用する場合には複数のRF回路が送信局で必要となり、協調ダイバーシチに適用する場合には中継局でキャリアリカバリや信号分離が必要となることを課題であることを再確認している。そして、これらの課題を解決するための着眼点となる、本論文が着目する種々の符号の構造を表して、課題を解決する切り口も示している。

第3章では、ひとつ目の目的を実現する単一RF回路の送信局によるCIODを用いる送信ダイバーシチを提案している。本方式は、単一のRF回路からの出力先であるアンテナを複数として切り替える送信ダイバーシチ技術を想定してCIODを適用し、アンテナ切り替え間隔を長くする特徴をもつ。その結果、従来の送信局が単一RF回路で構成されながら複数の送信アンテナを有するシステムで問題となっていた帯域外放射成分を低減しながら、伝送レート、復号に必要な演算量、ダイバーシチ利得がCIODと同様である性能を実現する。評価から、理想状態からの帯域外放射の増大は3dBのみであることが示されている。

第4章では、ふたつ目の目的を実現する中継局でのキャリアリカバリを必要としないCIODを用いる協調ダイバーシチを提案している。従来では協調ダイバーシチ技術にSTBCを導入すると、中継局での複素数演算のために、計算負荷と時間遅延が増大する原因となるキャリアリカバリが必要であった。これに対して本方式では、協調ダイバーシチにCIODを導入して、符号の構造を勘案しながら処理の一部を送信局で実施する。その結果、中継局での複素数演算ならびにキャリアリカバリが不要なSTBCを用いる協調ダイバーシチを実現できる。BER特性の評価から、BER=10⁻²において、中継局でキャリアリカバリを行う場合からの性能劣化は2dBにとどまり、ダイバーシチ利得が5dB得られることが示されている。

第5章では、ふたつ目の目的を実現するさらなる中継局でのキャリアリカバリを必要としない協調ダイバーシチとして、QOSTBCを用いる協調ダイバーシチを提案している。本方式では、2本の送信アンテナを有する送信局で、符号の構造を勘案しながらあらかじめSTBCの符号化を行い、中継局での受信信号の入れ替えによってQOSTBCの符号を生成することで、中継局でキャリアリカバリを行わずにダイバーシチ利得が得られるSTBCを用いる協調ダイバーシチを実現する。4章で提案した方式に対して送信局のアンテナ数が2と増大するが、2送信アンテナによる良好なダイバーシチ利得の達成とピーク電力の低減によるとハードウェアの簡素化が可能になる。評価から、4章で提案した方式に対して、BER=10⁻²における性能改善とピーク電力の低減を同時に達成できることが示されている。

第6章では、みっつ目の目的を実現する中継局での信号分離を必要としない拡大Alamouti符号を用いるマルチホップ協調ダイバーシチを提案している。本方式は、各中継段位での中継処理を2台の中継局で協調して実施されるマルチホップ協調ダイバーシチにおいて、符号の構造を勘案して、各中継局で信号分離を行わずに符号化の単位を変更してAlamouti符号化処理を実施して、受信局で拡大Alamouti符号化が施された信号を受信する。これを復号することで、中継局で信号分離を行うことなくSTBC符号化の恩恵を享受してダイバーシチ利得が得

論文審査の結果の要旨

られることが特長である。BER特性の評価から、提案方式はホップ数が増大するほど性能改善が大きくなり、6ホップの伝送を行う場合には、 $BER=10^{-2}$ において、提案方式の特徴である符号化の単位を拡大する符号化を行わない場合よりも2dBの性能改善が得られることが示されている。

第7章では、以上の検討内容をまとめながら今後の課題を示し、本論文の総括を行っている。

以上のように本論文では、移動体通信システムの高信頼化を実現するSTBCを用いる送信/協調ダイバーシチ技術において、これまでに着目されてこなかった符号の構造に着目して、装置を簡素化する方法を明らかにしている。これらの検討結果より得られた知見は、移動体通信システムの低コスト化を実現してそのさらなる普及に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である山岡智也君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。