

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25820156

研究課題名(和文)多入力他出力無線通信システムにおける周波数資源高度利用技術の開発

研究課題名(英文)Development of high frequency usage scheme for MIMO wireless communication systems

研究代表者

韓承鎬(Han, Chenggao)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・准教授

研究者番号：10400714

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文):本研究では、無線周波数資源高度利用技術の開発を目標に、通信路間干渉のない完全相補系列系を用いたCDMAシステムと、通信路容量を増やす多入力多出力(MIMO)技術の結合に関する研究を行った。その結果、1)実装時にハードウェアの複雑度を大幅に削減できる完全相補系列系の一般的な構成法を提案し、2)送信機と受信機を中心周波数の不一致による周波数オフセットと、高速移動体におけるドップラー周波数偏移がシステムに与える影響を解析する新しい手法を開発した上に、3)誤り訂正符号を適応する場合に、現行の無線LANなどの通信規格よりデータの信頼性をさらに高められる高性能インターリーバーを開発した。

研究成果の概要(英文):To develop high efficient usage technique for the wireless frequency resource, in this study, we investigated the combining of the CDMA system without inter-channel interference based on complete complementary codes into the channel capacity increasing multi-input multi-output system. As the results: 1) We proposed the general construction method of the complete complementary codes which reduce hardware implementation complexity. 2) We also proposed a novel approach to analyze the frequency offset, caused by the frequency collision between transmitter and receiver, and the effects of Doppler frequency shift for the terminals in a high-speed movement. 3) A high-performance interleaver which outperforms that adopted in wireless LAN standard is also proposed for the use of error correcting codes.

研究分野：無線通信

キーワード：無線周波数資源高度利用技術 完全相補系列系 信号間干渉のないCDMA 高性能インターリーバー

1. 研究開始当初の背景

社会の高度情報化と共に、情報通信産業は二十一世紀の国力の基礎と成長したが、それは装置化技術、有線通信技術及び無線通信技術から支えられている。その中で、LSI 技術の飛躍的な発展と光ファイバーの出現により、装置化技術と有線通信技術の開発は比較的順調に行われているが、無線通信技術の開発においては、無線通信の媒体である無線周波数資源が急速に枯渇していくという重大な問題を抱えている。特に近年、クラウドコンピューティング等による莫大なデータに対する通信需要と、携帯電話や無線 LAN 等の急速な普及により、爆発的に増える情報通信需要の中での無線通信の割合は高まる一方である。その故に、無線周波数資源の枯渇問題はますます深刻化し、無線周波数資源は世界で最も貴重な資源の一つとなっており、その有効利用技術は、世界中から切実に求められている情報通信分野で解決すべき最優先課題となっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、情報化社会を支える「無線周波数資源高度利用技術の開発」である。本研究では、通信路間干渉のない完全相補系列系を用いた CDMA システムに基づいた通信路の有効利用技術と、複数のアンテナを用いることで通信路容量を増やす多入力多出力 (MIMO) 技術を結合し、相乗効果による無線周波数資源の高度利用技術の開発を目指す。

本研究ではまた実用化を想定し、ハードウェア実装時に考えられる回路の構成が簡単になる完全相補系列系 (CCC) の選定と、送信機においての搬送波周波数と受信機の中心周波数の不一致に起因する周波数オフセット問題や高速移動時に発生するドップラー周波数偏移問題への対策、及び誤り訂正符号を適応時の高性能インターリーバーの開発などの周辺技術の開発も並列にして行う。

3. 研究の方法

本研究では、はじめに理論的な視点より完全相補系列系を用いた MIMO-CDMA システムの性能限界を求め、達成すべき目標を設定した上に、具体的な送信信号の設計と通信路符号化の方法を行う。

周辺技術の開発においてもシステム設計と同じく、理論的な手法をもちいて提案手法の解析を行った後に、計算機シミュレーションを通じて、解析結果を検証する。

4. 研究成果

- (1) MIMO 通信システムに適した完全相補系列系の設計において、高速フーリエ変換などで実装可能な「Z 接続可能な完全相補系列系」(Z-CCC) の一般的な構成法を提案した。Z-CCC を用いた CDMA システムは次の図. 1

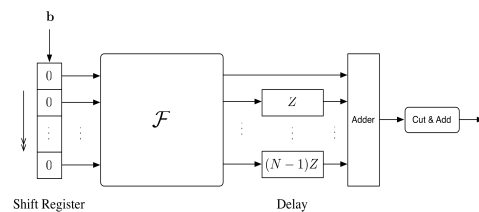


図. 1 Z-CCC を用いた

CDMA のシステムの構成図

で示したように、高速フーリエ変換素子の前後に、シフトレジスターと遅延装置を用いてシステムを構成できるため、長さが 2 の M 乗の系列で、複雑度を

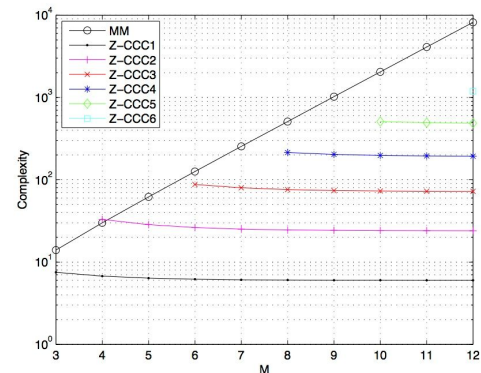


図. 2 一般的な CCC と Z-CCC を用いたシステムの複雑度比較

上の図.2 で示したように著しく削減できる。

- (2) 長さ 1 の特別な Z-CCC を用いた CDMA システムは、Vector-OFDM と知られており、以前代表者らは Vector-OFDM システムの性能を改善できる

Constellation-Rotated Vector-OFDM (CRV-OFDM) システムを提案した。送受信機の中心周波数の不一致に起因する周波数オフセットと高速移動時に起こるドップラー周波数偏移が通信性能に対する影響は、CRV-OFDM システムについて評価した。

この評価の時に、代表者らは従来周波数オフセットとドップラー周波数偏移による干渉をガウス雑音で近似する手法を見直し、これらの干渉を条件付きガウス雑音で近似する手法を提案し、シミュレーション結果をより正確に解析できる手法を提案したが、理論結果を実線で表記し、その二つの手法で得られる結果とシミュレーションとの差を図.3 と図.4 に示す。

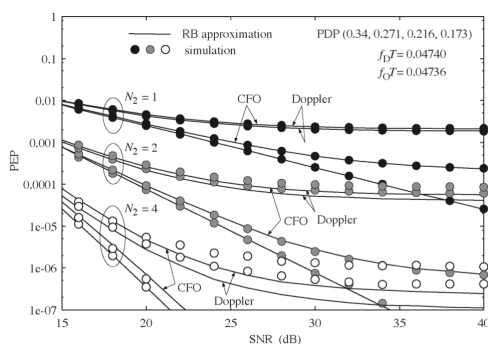


図.3 従来の手法

- (3) 本研究では、また周辺技術開発の一環として、無線 LAN などの企画に採用されている畳み込み符号のために、データの判定誤り率を改善できるインターリーバーについて研究し、現在の無線 LAN や Long Term Evaluation(LTE)通信規格に採用されているインターリーバーの性

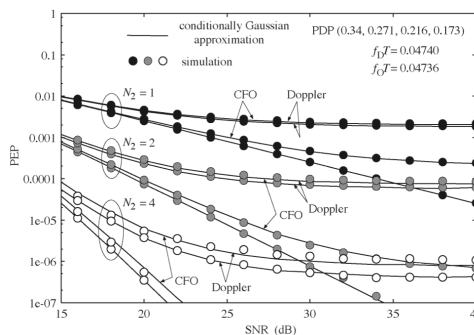


図.4 提案手法

能を遥かに上回る高性能インターリーバー-Generalized Linear Interleaver (GLI)を提案したが、無線 LAN システムにおける通信性能をランダムインターリーバー (RI) と規格に採用されているブロックインターリーバー (BI) と比較し、以下の図.5 に示す。

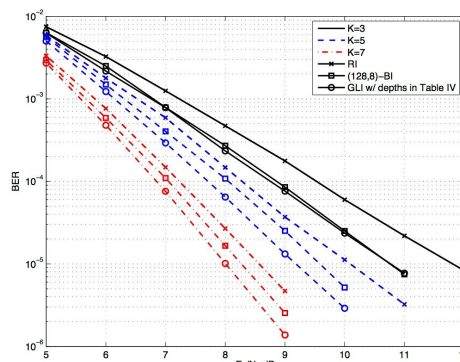


図.5 GLI と BI, RI の性能比較

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Chenggao Han and Takeshi Hashimoto,
“Tight PEP Lower Bound for
Constellation-Rotated Vector-OFDM
Under Carrier Frequency Offset and
Fast Fading, ”. IEEE Trans. on Commun.
vol. 62, no. 6, 2014, pp. 1931-1943
(査読有).

DOI:10.1109/TCOMM.2014.2322054

[学会発表](計 2 件)

Chenggao Han and Takeshi Hashimoto,
“ A General Construction of
Z-Concatenative Complete
Complementary Codes, ” in Proc. Int.
Symp. Information Theory and Its App.
(ISITA 2014), Melbourne, Australia, p.
339 (Oct. 2014).

Chenggao Han and Takeshi Hashimoto,
“ Almost linear interleaver and its
application in coded OFDM over
Rayleigh fading channel, ” in Proc.
IEEE Int. Symp. Personal, Indoor, and
Mobile Radio Commun. (PIMRC ' 13),
London, UK, pp. 687-692 (Sep. 2013).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

韓 承鎬 (HAN, Chenggao)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・
准教授
研究者番号：10400714

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：