

令和元年6月5日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06339

研究課題名(和文)革新的な無線周波数資源高度利用技術の実装アーキテクチャー設計

研究課題名(英文)The implementation architecture design for a high efficient wireless frequency usage technique

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：畳み込み拡散多重接続(CS-CDMA: convolutional spreading coded division multiple access)通信方式は、高い無線周波数利用効率を実現できるが、拡散演算に必要な計算量が高いとの問題点がある。本研究では、CS-CDMA通信方式での計算量を削減するために、高速演算が適応可能な系列を構築した上に、フトレジスターと高速フーリエ/アダマール変換に基づいた実装アーキテクチャーを設計し、拡散演算の計算量を大幅に削減した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
情報通信産業は二十一世紀の基幹産業であるが、無線通信技術の開発においては、無線周波数資源の枯渇という重大な問題を抱えている。これらの問題に対し、畳み込み拡散多重接続(CS-CDMA: convolutional spreading coded division multiple access)通信方式は、高い無線周波数利用効率を実現できることで、注目されているが、実用では拡散演算の複雑度が高いとの問題点がある。本研究では、CS-CDMAの拡散演算を高速に実現できるシフトレジスターと高速フーリエ/アダマール変換に基づいた実装アーキテクチャーを設計し、拡散演算の計算量を大幅に削減した。

研究成果の概要(英文)：Convolutional spreading code division multiple access (CS-CDMA) system provides an inter-channel interference free transmission with a high frequency usage efficiency. However, if we employ length L spreading sequences, the naive calculation of the CS operation of CS-CDMA requires $3L$ multiplication. Address such drawback, in this research, we designed an implementation architecture based on shift resistor and fast Fourier/Hadamard transforms. Using the proposed architecture, we can reduce the multiplications operations required for CS operation to $\sqrt{L} \log \sqrt{L}$ for fast Fourier transform based structure and to 0 for fast Hadamard transfor based structure, respectively.

研究分野：通信方式

キーワード：無線周波数利用効率 通信方式 畳み込み拡散多重接続方式 高速フーリエ変換 高速アダマール変換
符号分割多重接続方式

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

社会の高度情報化と共に、二十一世紀の国力の基礎となる基幹産業と成長した情報通信産業は、装置化技術、有線通信技術およ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、その通信媒体である無線周波数資源の枯渇という重大な問題を抱えている。特に近年、携帯電話や無線 LAN 等の急速な普及と超高速無線通信への需要の増加に伴い、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、1) 通信路間干渉のない完全相補系列系(CCC)を用いた CDMA システムによる通信効率向上技術と、2) 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他出力(MIMO)技術を結合し、革新的な無線周波数利用効率を実現できる MIMO-CCC-CDMA 技術の実用化のために、高速変換に基づく実装アーキテクチャーを明らかにすることである。

3. 研究の方法

MIMO-CCC-CDMA システムの実用化のために、本研究では Z-CCC の一般的な構成法から得られる系列について、高速変換に基づくハードウェアアーキテクチャーを明らかにし、通信環境に応じた実装パラメーターの調整法を検討した。

4. 研究成果

- (1) 系列組の相関関数の和が理想的となる上に、各組の系列を繋いでゼロ相関区域のある系列を生成できる特殊な完全相補系列系-接続可能な完全相補系列系の一般的な構築法において、従来異なる生成形式を持っていた DFT 行列より生成される多相系列と、Hadamard 行列の各行からなる二値系列の統一的な生成法を提案し、生成可能な系列の種類を広げた。
- (2) 高速変換に基づくハードウェアアーキテクチャーにおいて、従来の遅延素子を行列の各行の並び替えで実現できるシンプルな実装構成を見出した。
- (3) 増幅器の非線形性が通信性能に与える影響を評価し、ハードウェア実装時の行列サイズ選択の指針を示した。
- (4) 現在広く使われている直行周波数分割多重方式(OFDMA)の高速フェージング通信路での問題点を理論的に分析し、畳み込み符号を適応する場合のインターリーブの設計方法を提案した。
- (5) 接続可能な完全相補系列系の一般的な構築法で構成される系列に対して、高速フーリエ変換に基づいた実装が可能な多値系列と、アダマール変換に基づいた実装が可能な二値系列の性能比較を行い、二値系列の方が計算量やドブラー耐性などの面で優れた性質を持っていることを示した。
- (6) 等化技術の開発においては、周波数領域でオーバーサンプリングことで、線形等化機の性能を改善できることを示した。
- (7) 符号化の実施においては、適切なインターリーブを適応することでダイバーシチにおいて、非再帰的な畳み込み符号を実施する際には入力シンボル長と符号の自由距離との相乗効果を得られるとの理論的な結果を示した上に、シミュレーションにより検証した。一方、再帰的な畳み込み符号においては、ダイバーシチおよび符号化利得を最適化するために、代数的に重みスペクトラムを求める新しい手法を見出し、ターボ符号を適応するための準備を行った。
- (8) 位相雑音の評価においては、ガウスおよびウィナー位相雑音環境下で、提案システムが既存のシステムに比べて頑丈であることを計算機シミュレーションで示した。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

Hikaru Mizuyosh and Chenggao Han, “CS-CDMA System with Binary Z-connectable Complete Complementary Codes,” in Proc. IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC2019), pp. 1-2, Jan. 2019.

Hikaru Mizuyosh and Chenggao Han, “A novel Doppler resistant low complexity CS-CDMA system,” in Proc. Int. Symp. Information Theory and Its App. (ISITA 2018), Accepted, Oct. 2018.

Takeshi Hashimoto and Chenggao Han, “Inherent instability of user channels in the localized SC-FDMA under doubly selective fading,” in Proc. IEEE Int. Symp. Personal, Indoor, and Mobile Radio Commun. (PIMRC '16), pp. 1-6, Sep. 2016.

Chenggao Han and Takeshi Hashimoto, “Coded Constellation Rotated Vector OFDM with Almost Linear Interleaver,” in Proc. IEEE Wireless Commun. and Networking Conf. (WCNC2016), pp.1-6, Apr. 2016.

〔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：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：なし

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：なし

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。