

## 自己評価報告書

平成23年 4月12日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2012

課題番号：20560347

研究課題名(和文) 移動通信における最適クロスレイヤー技術の研究

研究課題名(英文) A Study on the Optimal Cross-Layer Techniques  
for Mobile Communications

研究代表者

府川 和彦 (FUKAWA KAZUHIKO)

東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：00323775

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：移動通信, クロスレイヤー, スケジューリング, 非線形最適化問題

## 1. 研究計画の概要

(1) マルチユーザ検出の研究 スループット向上のため, マルチユーザ検出によるパケット分離を検討する. 更なる改善のため, ARQ等の再送制御や適応変調を導入し, 同一チャネル干渉条件下での性能維持のために, 送信プリコーディングや干渉キャンセラの検討を合せて行う.

(2) スケジューリングの研究 マルチユーザ検出を前提にしたスケジューリング制御を検討する. 具体的には, スケジューリングを拘束条件付き非線形最適化問題ととらえ, その解法アルゴリズムを検討する. さらに, スケジューリングで必要となる伝送路情報を効率的にフィードバックする手法や, 基地局がスケジューリングを自律分散的に行う場合を想定し, 自律分散アルゴリズムを検討する. また, 時変動チャネルに追従するため, 伝送路情報の予測アルゴリズムについても検討する.

(3) 室内実験系の構築 マルチFPGAボードによる室内実験系を構築し, 検討したアルゴリズムの動作実験を行い検証する.

## 2. 研究の進捗状況

(1) 同一チャネル干渉条件下でのMIMO-OFDM移動通信・下り回線において, 基地局で最小BER規範プリコーディングを行い, 移動局で干渉を抑圧する空間フィルタと最尤検出を用いる伝送方式を想定し, プリアンブルとしてZadoff-Chu系列を用いたチャネル推定法を検討した.

(2) 送信プリコーディングで必要な伝送路情報を, より少ないシンボル数でフィードバックできるアナログ方式を検討した. 提案するアナログ・フィードバック方式は, 移動局

で推定した下り回線のチャネル周波数応答を, 従来のアナログ・フィードバック方式と異なり, (i)多重せずにアナログ信号として送信する. さらに(ii)推定精度を向上させるためlog圧縮を導入し, (iii)送信プリコーディングに必要なSNRも合わせてフィードバックする.

(3) 再送されたパケットを合成しながら, 多重されたパケットを分離するマルチユーザ検出(MUD)において, 更なるスループット改善のため, 最大事後確率(MAP)推定に基づき, 復号器の出力であるビット対数尤度比(LLR)を用いることで最尤検出をMAP検出に拡張したターボマルチユーザ検出(T-MUD)を提案した. また, スループットをさらに改善するため, 初送のとき以外, 多重されるパケット数を増加させる適応多重制御を導入した.

(4) 移動通信の上り回線において, インターリーブ分割多重(IDM)と適応リソース割り当てを適用したMIMO-OFDMインターリーブ分割多元接続(IDMA)を提案した. 提案方法では, 全サブキャリアを複数のリソースブロック(RB)に分割し, IDMは同一のRBにインターリーブのみが異なるストリームを多重する. このIDMを各ユーザに対して適用することで, 伝送レートを一定としたまま使用するRB数を減らすことができる. また, 適応リソース割り当てにより, 各ユーザのSINRを向上させ, 高スループット化を目指す.

## 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している.

(理由) マルチユーザ検出及びスケジューリングについては, 計算機シミュレーションによる検討が進んでいる. しかしながら, 室内実験系の構築については, アルゴリズムのイ

ンプリメンテーションに時間がかかり、計画よりも遅れ気味である。

#### 4. 今後の研究の推進方策

まずは、マルチユーザ検出とスケジューリングのアルゴリズムについて計算機シミュレーションによる検証を早急に済ませ、FPGAボードへの移植作業の時間短縮を図る。

#### 5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計10件)

①K. Muraoka, K. Fukawa, H. Suzuki, and S. Suyama, "Joint Signal Detection and Channel Estimation Using Differential Models via EM Algorithm for OFDM Mobile Communications," vol. E94-B, no. 02, pp. 533-545, Feb. 2011, 査読有.

②L. Zheng, J. Woo, K. Fukawa, H. Suzuki, and S. Suyama, "Low-complexity Algorithm for Log Likelihood Ratio in Coded MIMO-OFDM Communications," IEICE Trans. on Commun., vol. E94-B, no. 1, pp. 183-193, Jan. 2011, 査読有.

③S. Suyama, H. Suzuki, K. Fukawa, and J. Izumi, "Iterative receiver employing phase noise compensation and channel estimation for millimeter-wave OFDM systems," IEEE Journ. on Selct. Areas in Communi., pp. 1358-1366, vol. 27, no. 8, Oct. 2009, 査読有.

④ B. Pitakdumrongkija, K. Fukawa, S. Suyama, H. Suzuki, and A. Umi, "Precoding technique for minimizing BER of MIMO-OFDM system employing MLD under multicell co-channel interference," IEICE Trans. Commun., vol. E92-B, no. 5, pp. 1573-1581, May 2009, 査読有.

⑤S. Suyama, H. Suzuki, K. Fukawa, and L. Zhang, "Iterative multiuser detection with soft decision-directed channel estimation for MC-IDMA and performance comparison with chip-interleaved MC-CDMA," IEICE Trans. Commun., vol. E92-B, no. 5, pp. 1495-1503, May 2009, 査読有.

〔学会発表〕(計23件)

①H. Ishibashi, H. Suzuki, K. Fukawa, and S. Suyama, "Application of Real Zero Concept to Coherent Detector for Quadrature Amplitude Modulation," IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication (PIMRC), pp. 596-601, Sept. 2010, 査読有.

②L. Chang, K. Fukawa, H. Suzuki, and S. Suyama, "Robust Precoding Scheme in Downlink Multiuser MIMO-OFDM Systems with Imperfect CSI," IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile

Radio Communication (PIMRC), pp. 436-441, Sept. 2010, 査読有.

③L. Zheng, J. Woo, K. Fukawa, and H. Suzuki, "Low-complexity algorithm for log likelihood ratio in coded MIMO-OFDM communications," IEEE Globecom 2009, Honolulu, Nov. 2009, 査読有.

④S. Suyama, H. Adachi, H. Suzuki, and K. Fukawa, "PAPR reduction methods for eigenmode MIMO-OFDM transmission," IEEE Vehic. Tech. Conf. in Barcelona, Spain, pp. 1-5, Apr. 2009, 査読有.

⑤S. Suyama, L. Zhang, H. Suzuki, K. Fukawa, "Performance of iterative multiuser detection with channel estimation for MC-IDMA and comparison with chip-interleaved MC-CDMA," IEEE Globecom 2008, New Orleans, pp. 1-5, Dec 2008, 査読有.

〔図書〕(計1件)

①府川 和彦, デジタル信号処理, 培風館, 2009年, 171ページ.

〔産業財産権〕

○出願状況(計3件)

①名称: 無線通信装置及び無線通信方法  
発明者: 三木信彦, 白壁将成, 須山聡, 鈴木博, 府川和彦

権利者: 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ, 国立大学法人東京工業大学

種類: 特願

番号: 2010-245408

出願年月日: 2010/11/01

国内外の別: 国内

②名称: 受信装置及び受信方法

発明者: 山田良太, 加藤勝也, 吉本貴司, 鈴木博, 府川和彦, 須山聡

権利者: シャープ株式会社, 国立大学法人東京工業大学

種類: PCT

番号: JP2010/058802

出願年月日: 2010/05/25

国内外の別: 外国

③名称: 受信装置, 受信方法及び通信システム

発明者: 府川和彦, 鈴木博, 須山聡, 山田良太, 岡本直樹

権利者: シャープ株式会社, 国立大学法人東京工業大学

種類: 特願

番号: 2008-025604

出願年月日: 2008/2/5

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ

<http://www.radio.ss.titech.ac.jp/>