

機関番号：32612
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20560367
 研究課題名（和文） 基地局での利用可能通信路状態情報に応じた時変環境に適したマルチユーザMIMO方式
 研究課題名（英文） Multiuser MIMO Based on Available CSI at BS for Time-Varying Environments
 研究代表者
 大槻 知明（OTSUKI TOMOAKI）
 慶應義塾大学・理工学部・教授
 研究者番号：10277288

研究成果の概要（和文）：

本研究では、基地局での利用可能通信路状態情報に応じてユーザセットを選択することで、高いスループットを達成するマルチユーザMIMO方式について検討した。まず、通信路予測に基づくユーザ選択法を提案した。次に、ユーザのサービス要求に基づくユーザ選択法を提案した。最後に、Gram-Schmidt直交化を用いた直交ビームフォーミング法を提案した。理論及び計算機シミュレーションにより各方式の有効性を示した。

研究成果の概要（英文）：

In this research, I proposed several downlink multi-user MIMO (MU-MIMO) transmission schemes to achieve high capacity according to the available channel state information (CSI). First I proposed the user-selection for MU-MIMO using channel prediction for time-varying channel. Second, I proposed the resource allocation based on users' requirements for QoS and CSI. Moreover, I proposed an orthogonal beamforming method using Gram-Schmidt orthogonalization. I showed the effectiveness of each proposed method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：情報通信工学

科研費の分科・細目：

キーワード：MIMO，フィードバック，マルチユーザMIMO，ユーザ選択法

1. 研究開始当初の背景

携帯電話や無線LANで高速通信を実現する技術として、複数の送受信アンテナを用いて信号を伝送するMultiple-Input Multiple-Output (MIMO)が注目されている。複数ユーザに対して、MIMOを用いて通信する

方式をMU-MIMO方式と言う。MU-MIMO方式は、各時刻に、通信路状況の良いユーザを複数選択し情報を送信する（スケジューリングすること）ことで、高いスループットを達成する。スケジューリングには、全ユーザの通信路情

報が必要である。しかし、全ユーザが通信路情報を基地局に送る（フィードバックする）と、ユーザ数が多い場合、フィードバック通信路の容量が不足してしまう。そのため、少ないフィードバック情報量で高いスループットを達成する方式が求められている。また、信路の状態が変化する時変環境では、各ユーザから基地局へのフィードバック遅延のため、ユーザからのフィードバック情報と基地局から送信時の通信路状態とは異なる。そのため、時変環境では高いスループットは得られない。

2. 研究の目的

本研究では、基地局での利用可能通信路状態情報に応じて通信路状況の良いユーザセットを選択し、情報を送信する（スケジューリングする）ことで、高いスループットを達成するマルチユーザ MIMO (MU-MIMO)方式について検討する。基地局での利用可能通信路状態情報は、通信路の状態が変化する時変環境では、各ユーザから基地局へのフィードバック遅延のため、ユーザからのフィードバック情報と基地局から送信時の通信路状態とは異なる。そのため、時変環境では高いスループットは得られない。

3. 研究の方法

まず、時変通信路をモデル化した。次に、そのモデルに基づき、受信機から通信路状態情報のフィードバックに要する時間を変数として、実際に送信する際の通信路との違いを評価した。また、受信機からフィードバックする情報を、フィードバックに要するビット数でそれぞれ検討した。それらの条件に対し、適した送信方法を検討し、理論解析及びシミュレーションで評価した。各検討方法については、それぞれ以下に示す。

まず、通信路の状態が変化する時変環境で、各ユーザから基地局へのフィードバック遅延による特性劣化を低減することを目的として、通信路予測を用いる方法を提案した。提案法は、通信路予測を用いて基地局から送信時の通信路状態を予測し、それに基づきユーザを洗濯する。

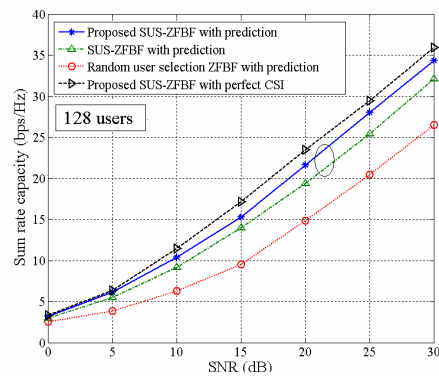
次に、フィードバック情報量に制限がある

中で、ユーザの異なるサービス要求及び通信品質要求に応えることを目的として、他ユーザのフィードバックを受信することで、少ないフィードバックでユーザの異なるサービス要求及び通信品質要求に応える、サービス要求及び通信品質要求と通信品質に基づくユーザ選択及び電力割り当て法を提案した。

最後に、少ないフィードバック情報量で高い通信路容量を達成することを目的として、グラムシュミット直交化を用いた新しい直交ビームフォーミング法を提案した。

各提案法を理論及び計算機シミュレーションにより評価し、少ないフィードバック情報量でも高いスループット及び異なるサービス品質を達成できることを示した。

4. 研究成果



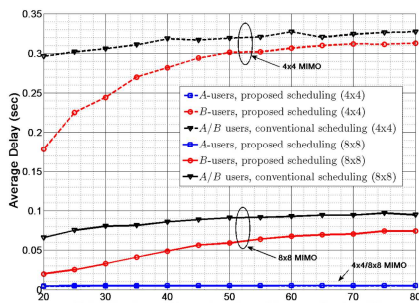
(1) 通信路予測を用いた MU-MIMO

図1 通信路予測を用いた MU-MIMO の通信路容量と特性

図1に提案した通信路予測を用いた MU-MIMO の通信路容量と特性を示す。横軸は信号対雑音電力比(SNR)、縦軸は通信路容量和である。図より、時変通信路においても、通信路予測を用いてユーザ選択を行うことで、時変通信路で完全に通信路状態が分かったとしたときの通信路容量和と近い特性を達成できることがわかる。このことから、提案法の有効性が確認できる。

(2) サービス要求及び通信品質要求と通信品質に基づくユーザ選択及び電力割り当て法

図2に、提案したサービス要求及び通信品質要求と通信品質に基づくユーザ選択及び電力割り当て法の平均特性を示す。横軸は総ユーザ数、縦軸は平均遅延である。A ユーザと B ユーザでは通信品質要求が異なり、A ユーザは低遅延のリアルタイムサービスを要求するユーザであり、B ユーザは遅延を許容するユーザである。図の特性比較では、A ユーザの数は10人で固定している。図より、従来法はA ユーザとB ユーザの平均遅延が等しく、A ユーザの通信品質要求を満たせていないことがわかる。それに対し、提案法では、A ユーザの平均遅延は常に低く、A ユーザとB ユーザの異なる通信品質要求を満足できて



いることが分かる。このことから、提案法の有効性が確認できる。

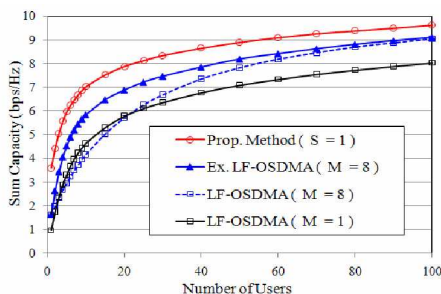
図2 サービス要求及び通信品質要求と通信品質に基づくユーザ選択及び電力割り当て法の平均特性

(3) グラムシュミット直交化を用いた直交ビームフォーミング法

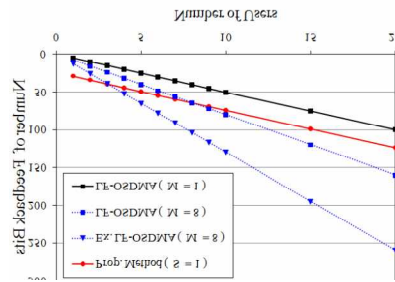
図3 グラムシュミット直交化を用いた直交ビームフォーミング法の容量と特性

図3に、グラムシュミット直交化を用いた直交ビームフォーミング法の容量と特性を示す。横軸はユーザ数、縦軸は容量和である。従来法である LF-OSDMA やその拡張版と比べて、提案法は高い容量和を達成できていることが分かる。

図4にユーザ数に対するフィードバックビット数を示す。この図より、提案法はユーザ数が少ないときは従来法と同程度のフィードバックビット数で、ユーザ数が多いときは少



ないフィードバックビット数であることが



分かる。

図4 ユーザ数に対するフィードバックビット数

これらの結果から、提案法の有効性が確認できる。

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8件)

K. Matsumura and T. Ohtsuki, "Orthogonal Beamforming Using Gram-Schmidt Orthogonalization for Multi-User MIMO Downlink System," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 査読有 (accepted for publication)

K. Mitsuyama, T. Ikeda, and T. Ohtsuki, "Performance Evaluation of Iterative LDPC-Coded MIMO OFDM System with Time Interleaving," Trans. of IEICE, 査読有, E93-A, no. 12, pp. 2654-2662, Dec. 2010.

O. Souihli and T. Ohtsuki, "Transparent Inband Feedback for Training-Based MIMO Systems," Wireless Personal Communications, 査読有, 13 pages, Sep. 2010.

O. Souihli and T. Ohtsuki, "Joint Feedback and Scheduling Scheme For Training-Based Multiuser MIMO Systems With Service Differentiation," IEEE Trans. on Wireless Communications, 査読有, vol. 9, no. 2, pp. 528-533, Feb. 2010.

Z. Min and T. Ohtsuki, "An Improved User Selection Algorithm in Multiuser MIMO Broadcast with Channel Prediction," Trans. of IEICE, 査読有, E92-B, no.8, pp. 2667-2674, Aug. 2009.

Y. Tsuchiya and T. Ohtsuki, "Random

Beamforming Using Iterative Power Allocation with Small Feedback Information and Low Latency," Trans. of IEICE, 査読有, E92-B, no.5, pp.1908-1911, May 2009.

S. Gounai and T. Ohtsuki, "Convergence Acceleration of Iterative Signal Detection for MIMO System with Belief Propagation," Trans. of IEICE, 査読有, E91-B, no. 8, pp. 2640-2648, Aug. 2008.

S. Gounai, T. Ohtsuki, and T. Kaneko, "Mapping for Iterative MMSE-SIC with Belief Propagation," Trans. of IEICE, 査読有, E91-B, no. 7, pp. 2187-2197, July 2008.

[学会発表](計 16 件)

O. Souihli and T. Ohtsuki, "A Novel Capacity Outer Bound for the MIMO Gaussian Interference Channel and Application to Relay-Assisted Communications," IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'2010), Miami, USA, Dec. 7th, 2010.

M. Yamada and T. Ohtsuki, "Interference Alignment in the $2 \times (1+N)$ MIMO Model," IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'2010) Workshop on Advances in Communications and Networks (ACN 2010), Miami, USA, Dec. 6th, 2010.

K. Mitsuyama, T. Ikeda, and T. Ohtsuki, "Practical Delay Difference Correction in Distributed MIMO OFDM Systems," 2010 IEEE International Conference on Wireless Information Technology and Systems, Honolulu, USA, Aug. 30th, 2010.

M. Yanase and T. Ohtsuki, "User Selection Scheme with Secrecy Capacity Between Other Users in MIMO Downlink Systems," 2010 IEEE International Conference on Wireless Information Technology and Systems, Honolulu, USA, Aug. 31st, 2010.

O. Souihli and T. Ohtsuki, "The MIMO Relay Channel in The Presence of Keyhole Effects," IEEE International Conference on Communications (ICC2010), Capetown, South Africa, May 26th, 2010.

O. Souihli and T. Ohtsuki, "Network MIMO in The Presence of Transmit Desynchronization," IEEE International Conference on

Communications (ICC2010), Capetown, South Africa, May 26th, 2010.

O. Souihli and T. Ohtsuki, "Transparent Inband Feedback for Training-Based MIMO Systems," IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2010-Spring), Taipei, Taiwan, May 17th, 2010

M. Yanase and T. Ohtsuki, "User Selection Scheme with Secrecy Capacity in MIMO Downlink Systems," Procedia-Social and Behavioral Sciences, Elsevier, vol. 2, issue 1, pp. 161-170, Mar. 2nd, 2010.

K. Mitsuyama, K. Kambara, T. Nakagawa, T. Ikeda, and T. Ohtsuki, "Performance Evaluation of Iterative LDPC-Coded MIMO OFDM System with Time Interleaving in Mobile Line-of-sight Environments," International ITG Workshop on Smart Antennas -WSA 2010, Bremen, Germany, Feb. 23th, 2010

O. Souihli and T. Ohtsuki, "Cooperative Diversity Can Mitigate Keyhole Effects in Wireless MIMO Systems," IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'2009), Hawaii, USA, Dec. 2nd, 2009.

M. Yanase and T. Ohtsuki, "(Invited Paper) User Selection Scheme With Secrecy Capacity In MIMO Downlink Systems," International Conference on Security Camera Network, Privacy Protection and Community Safety 2009, Kiryu, Japan, Oct. 28th, 2009

Z. Min and T. Ohtsuki, "An Improved User Selection Algorithm in Multiuser MIMO Broadcast," IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC2009), Tokyo, Japan, Sep. 14th, 2009

T. Ohtsuki, "(Invited Paper) Feedback Reduction in Multiuser MIMO," International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC'09), Sendai, Japan, Sep. 10th, 2009.

M. Yanase and T. Ohtsuki, "User Selection with Secrecy Capacity in Multiuser MIMO Downlink System," International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC'09), Sendai, Japan, Sep. 10th, 2009

O. Souihli and T. Ohtsuki, "Joint

Feedback and Scheduling Scheme for Service Differentiated Multiuser MIMO Systems," IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2009 Fall), Anchorage, Alaska, Sep. 22nd, 2009
O. Souihli and T. Ohtsuki, "The Two-Way MIMO Wire-Tap Channel," IEEE International Conference on Communications (ICC2009), Dresden, Germany, June 15th, 2009.

〔図書〕(計3件)

大槻知明 他, "無線分散ネットワーク," 社団法人電子情報通信学会編, コロナ社, 東京, 2011年3月25日, 224頁

大槻知明 他, "映像情報メディア工学大事典," 社団法人映像情報メディア学会編, オーム社, 東京, 2010年6月, 時空間符号技術(MIMO), 1760頁

中川正雄, 大槻知明, "モバイルコミュニケーションズ," 社団法人電子情報通信学会編, コロナ社, 東京, 2009年3月

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: マルチユーザ MIMO システムにおけるユーザ選択方法及び通信装置

発明者: 大槻知明, ミンシ

権利者: 慶應義塾大学

種類: 特許

番号: 特願 2008-125858

出願年月日: 2008年5月13日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ohtsuki.ics.keio.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大槻 知明 (OTSUKI TOMOAKI)
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号: 10277288

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし