

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月17日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22360158

研究課題名（和文） ギガビット超ブロードバンド無線パケットアクセス基盤技術の研究

研究課題名（英文） Study on Broadband Radio Packet Access Techniques with Peak Data Rate of Greater than 1Gbps

研究代表者

佐和橋 衛 (SAWAHASHI MAMORU)

東京都市大学・知識工学部・教授

研究者番号：50449287

研究成果の概要（和文）：本課題では、International Mobile Telecommunications (IMT)-Advancedの次の世代の移動通信方式への適用を目指したギガビット超のブロードバンド無線パケットアクセスのキーの基盤技術の提案および評価を行った。具体的には、直交周波数分割多重アクセス(OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access)およびシングルキャリアFDMAを用いる高効率マルチアクセス、無線リソース割り当て制御、制御情報の高効率多重法、高精度チャネル推定、Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)チャネル技術の要素技術を提案し、効果を計算機シミュレーションにより明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In the study, we proposed basic techniques for efficient multi-access schemes including orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) and single-carrier FDMA, radio resource assignment control method, efficient multiplexing of control signals, accurate channel estimation method and MIMO channel techniques, and investigated the effects of these techniques aiming at the application to the cellular systems beyond International Mobile Telecommunications (IMT)-Advanced with the peak data rate of greater than 1 Giga bits per second.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,700,000	2,310,000	10,010,000
2011年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2012年度	2,200,000	660,000	2,860,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：移動通信

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，マルチアクセス，MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)チャネル伝送，送信ダイバーシチ，周波数ホッピング，適応リンク制御，ターボ干渉キャンセラ，無線リソース制御

1. 研究開始当初の背景

近年，スマートフォンの急速な普及に伴い，国内の携帯電話の契約台数が1億2000万を超え，本格的なモバイルパーソナルインターネット時代が到来している。また，HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) や 1 x EVDO (Evolutional Data Only)などの高速パケットア

セスがユーザ端末に標準機能として搭載され，また，一昨年にLong-Term Evolution (LTE)の商用サービスが開始され，特に下りリンクのデータトラフィックが飛躍的に増大している。ITU (International Telecommunication Union)では，2010年から2020年の10年間にデータトラフィック量は40倍になると予想されている。近年ではビ

デオトラヒックなどの増大に伴い、ユーザー一人当たりの通信情報量も飛躍的に増大している。移動通信に適用可能な有限の周波数スペクトルに対して、飛躍的に増大するトラヒックを低コストで提供するためには、1ビット当たりのビットコストを、一層低減する高効率なブロードバンド無線アクセス方式の確立が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、MT-Advanced の次の世代の移動通信方式への適用を目指したギガビット超の物理レイヤーを中心とした超高効率、超高速・大容量化、広カバレッジを提供するブロードバンド無線アクセスの基盤技術を確認する。シングルキャリア(SC: Single-Carrier)-FDMA および直交周波数分割多重アクセス(OFDMA)の2つのマルチアクセス方式について高効率多重法を検討する。

(1) Discrete Fourier transform (DFT)-precoded Frequency Division Multiple Access (OFDMA)を用いるシングルキャリア(SC: Single-Carrier)FDMA 高効率多重アクセス技術

DFT-precoded OFDMA を用いる SC-FDMA では、マルチパス干渉の影響を低減するために等化器が必須であり、周波数領域等化(FDE: Frequency Domain Equalizer)が用いられる。ユーザ情報を伝送する共有チャネル(Shared channel)の高効率多重法、変調方式、ターボ符号の MAP (maximum a posteriori probability)復号法を用いたときの高精度チャネル推定精度の検討を行う。また、SC-FDMA における巡回シフト CDMA (Code Division Multiple Access)多重を用いたときの参照信号(RS: Reference signal)の高効率多重、および高精度復調・復号技術の検討を行う。

(2) OFDMA高効率多重アクセス技術

トラヒックの大きなOFDMAを用いた下りリンクを対象とした場合、全送信帯域はさらに広帯域化し、ピークのデータレートは高くなると想定される。超広帯域無線チャネルに複数のチャネル符号化ブロックを多重するマルチコードワード伝送が用いられる。ターボ符号および Rate-Compatible / Quasi-Cyclic (RC/QC)-低密度パリティチェック(LDPC: Low-Density Parity-Check)符号を用いたときのチャネル符号化利得、および周波数ダイバーシチ効果が得られる最小の符号化ブロックサイズを明らかにする。この最小の符号化ブロックサイズのマルチコードワード伝送を行うことにより、受信部の復号器の演算処理時間を低減することができる。さらに、LTEの下りリンクの制御チャネルで採用されている時間分割多重(TDM: Time Division Multiplexing)ベースの制御チャネルに RS および復号器出力の制御ビットの対数尤度比(LLR: Log-Likelihood Ratio)から生成した軟判定シンボル推定値を用いる判定帰還チャネ

ル推定(DFCE: Decision-Feedback Channel Estimation)構成を提案し、効果を評価する。

(3) 高効率マルチアンテナ技術

ピークデータレートの要求条件の向上に伴い MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)空間多重(SDM: Spatial Division Multiplexing)の送受信アンテナ数が増大し、LTE-Advanced では、最大8送受信アンテナの無線インタフェースが規定されている。一方、MIMO ダイバーシチでは、アンテナ数の増大とともにアンテナ当たりの受信電力が減少するため、チャネル推定誤差が大きくなり、最もダイバーシチ利得が得られる送受信アンテナ数が存在する。そこで、シングルキャリア FDMA における FDE を適用したときの送受信アンテナ数に対するダイバーシチ利得を評価する。また、空間・時間ブロック符号(STBC: Space-Time Block Code)を用いる送信ダイバーシチの特性劣化を改善するために、周波数ホッピングおよび判定帰還チャネル推定の効果を評価する。コードブックを用いる閉ループ型送信ダイバーシチにおける周波数ホッピングの効果を評価する。さらに、シングルキャリア FDMA における4アンテナの疑似直交 STBC にターボソフト干渉キャンセラ(SIC: Soft Interference Canceller)を適用した場合の特性を評価し、4アンテナ送信の場合の最適な閉ループ送信ダイバーシチ法を確認する。最後に適応アンテナ選択を用いる閉ループ/閉ループ送信ダイバーシチの特性評価を行う。

(4) MIMO 多重における高効率適応リンク制御

4送受信アンテナ(以上)の適応変調・チャネル符号化(AMC: Adaptive Modulation and Coding)を用いる OFDM-MIMO 多重において、最も良好な信号分離性能を有する最尤判定(MLD: Maximum Likelihood Detection)信号分離法信号分離を用いたときのスループットの劣化を改善するために全送信ストリームで協調して変調方式・チャネル符号化率(MCS: Modulation and Coding Scheme)を選択する方法を提案し、効果を評価する。さらに、軟判定シンボル推定値を用いる干渉除去と信号検出を繰り返し行うターボ SIC 信号分離を適用したときの協調 MCS の効果を評価する。さらに、MIMO 多重において AMC を適用したときの所要の平均ブロック誤り率(BLER: Block Error Rate)を満たすための MCS 選択のアウトーループを提案し、効果を評価する。

3. 研究の方法

本研究では、超高効率マルチアクセス技術、マルチアンテナ技術、無線リソース制御技術の課題を抽出し、課題を改善するための候補技術を既存技術から抽出し、あるいは考案した。候補の技術の効果をリンクレベルの計算機シミュレーションにより評価した。リンクレベルシミュレーションでは、一対の送信機

と受信機をマルチパスフェージンチャンネルの無線伝搬路を介して接続し、受信機で測定した平均 BLER, あるいはスループット特性を評価した。

4. 研究成果

(1) DFT-precoded OFDMA を用いる SC-FDMA 高効率多重アクセス技術

1.1 データチャンネルの高効率多重

① 周波数ダイバーシチの観点からの SC-FDMA 多重法の特性評価 :

DFT-precoded OFDMA において FDE を用いたときの, Localized 送信, Clustered 送信, およびサブフレーム内周波数ホッピング(FH: Frequency Hopping)を適用した場合の目標平均 BLER を満たすための所要平均受信 SNR (Signal-to-Noise power Ratio)の観点からの周波数ダイバーシチ効果が, 正規化周波数平均 2 乗共分散(NFMSV: Normalized Frequency Mean Square Covariance)で高精度に表せることを示した。また, SC-FDMA の前記の 3 つの多重法の無線パラメータと周波数ダイバーシチ効果の関係を明らかにした。

② リソースブロック(RB: Resource Block)ベースの Distributed 送信の提案と特性評価 :

DFT-Precoded OFDMA における繰り返し判定帰還チャンネル推定(IDDCE: Iterative Decision-Directed Channel Estimation)を用いたときの RB ベースの Distributed 送信を提案した。周波数スケジューリングを用いる Localized 送信と平均 BLER 特性を比較評価した。シミュレーション結果より, 最大ドップラ周波数が 50 Hz 程度以上の中速—高速移動環境では, IDDCE を適用した RB ベースの Distributed 送信は, 目標平均 BLER を満たすための所要平均受信 SNR の低減に有効であることを示した。

③ 低レートチャンネル符号化を用いた場合の繰り返し判定帰還チャンネル推定(IDDCE)の効果 :

低レートターボ符号を用いる DFT-precoded OFDMA における, IDDCE を用いたときのチャンネル推定精度の改善を平均 BLER の観点から明らかにした。計算機シミュレーション結果より, ターボ復号の Max-Log-MAP (maximum a posteriori probability)復号器出力の軟判定シンボルを用いる IDDCE は, 非常に低い受信 SNR の動作領域における低レートターボ符号の実効的な符号化利得を改善するのに非常に有効であることを示した。

また, DFT-precoded OFDMA において Layered BP 復号を適用した低密度パリティチェック(LDPC: Low-Density Parity Check)符号を用いた場合, IDDCE は, 特に符号化率が小さく, 雑音の影響が大きい受信 SNR が低い領域における所要平均受信 SNR の低減に有効であることを示した。

④ DFT-Precoded OFDMA における低レートターボ符号を用いたときの受信ダイバーシチの復号器入力 LLR 生成法の検討 :

DFT-precoded OFDMA における低レートターボ符号を用いたときの FDE を用いる受信ダイバーシチを行った場合の復号器入力の事後確率の LLR の生成法の平均 BLER への影響を計算機シミュレーションにより評価した。シミュレーション結果より, 低レートから高レートのチャンネル符号化を適用する場合には, 各受信ブランチの周波数領域等化後の信号を同相合成した後の信号を用いて最小平均 2 乗誤差から LLR を生成する方法が所要平均受信 SNR の低減に有効であることを示した。

⑤ DFT-precoded OFDMA における Cubic metric を考慮した場合の Star 32/64QAM の平均 BLER 特性 :

DFT-precoded OFDMA における FDE を用いたときの, Cubic metric (CM)を考慮したときの目標平均 BLER を満たすための所要平均受信 SNR の観点から, Star 32QAM および Star 64QAM の最適な信号空間配置を求め, 所要平均受信 SNR をそれぞれ Cross 32QAM および Square 64QAM と比較評価した。計算機シミュレーションより, チャンネル符号化ビットを振幅情報と位相情報に独立にマッピングする Star 32/64QAM の信号空間配置は, 内側のリングの信号点間のユークリッド距離が最大であるが, 各ビットが位相情報と振幅情報を表す信号空間配置に比較して目標平均 BLER を満たすための CM を考慮した所要平均受信 SNR を低減できることを示した。さらに, Star 32QAM および Star 64QAM は, CM を考慮した実効的な所要平均受信 SNR を Cross 32QAM, Square 64QAM に比較してそれぞれ約 0.8, 0.3 dB 低減できることを示した。

1.2 制御チャンネルの高効率多重

① LTE の上りリンクの制御チャンネルにおける協調最尤検出(Joint MLD)の特性評価 :

LTE の上りリンクの制御チャンネルにおいて, チャンネル符号化情報を用いる協調最尤検出(Joint MLD)を用いたときの受信ダイバーシチ間の相関値, および周波数ホッピングを行ったスロット間の相関値の最適な合成法を明らかにした。

② 巡回シフト CDMA (Code Division Multiple Access)におけるコード間干渉キャンセラ :

シングルキャリア FDMA において, 制御情報を Constant Amplitude Zero Auto-Correlation (CAZAC)系列を巡回シフトして生成した系列で CDMA 多重した場合に, 誤り訂正復号器出力の外部 LLR から各コードチャンネルの軟判定シンボル推定値を生成するコード間干渉キャンセラ構成を提案した。シミュレーション評価により, 特に遅延スプレッドが大きい周波数

選択性フェージングチャンネルにおいて従来の参照信号(RS: Reference Signal)を用いる同期検波に比較して平均 BLER を改善できることを示した。

- ③ **制御チャンネルのチャンネル推定精度を向上するための参照信号(RS)多重法:** 制御チャンネルにおけるブロック拡散と巡回シフトを用いるハイブリッド RS 多重を提案し、従来の巡回シフトのみを用いる RS 多重と比較して、目標平均 BLER を満たすための所要平均受信 SNR を低減できることを示した。

(2) OFDMA高効率多重アクセス技術

2.1 データチャンネルの高効率多重

- ① **周波数選択性フェージングチャンネルにおけるチャンネル符号化利得および周波数ダイバーシチ効果の評価:** OFDMAの周波数選択性フェージングチャンネルにおけるターボ符号、およびLDPC符号を用いた場合の平均BLERの観点から、チャンネル符号化の符号化ブロックサイズと符号化利得の関係を明らかにした。また、送信帯域幅と周波数選択性フェージングチャンネルにおけるビットインタリーブ効果、すなわち、周波数ダイバーシチ効果の関係を明らかにした。
- ② **軟判定シンボル推定値を用いる判定帰還チャンネル推定:** OFDMにおける低レートターボ符号を用いたときの軟判定シンボル推定値に基づく判定帰還チャンネル推定の平均BLERの改善効果を示した。

2.2 制御チャンネルの高効率多重

- **TDMベースの制御チャンネルの軟判定帰還チャンネル推定の効果:** OFDMA下りリンクにおけるTDMベースの制御情報の軟判定シンボル推定値を用いる判定帰還チャンネル推定(DFCE: Decision-Feedback Channel Estimation)を提案し、効果を示した。計算機シミュレーション評価より、着目するサブフレームおよび1つ前のサブフレームの制御情報が多重されている1 OFDMシンボル区間のRSシンボルおよび制御情報の軟判定シンボル推定値を用いるDFCEは、着目するサブフレーム内に含まれる全てのRSを用いるチャンネル推定とほぼ同様の目標平均BLERを満たす所要平均受信SNRを実現できることを示した。

(3) 高効率マルチアンテナ技術

- ① **シングルキャリア FDMA における送信/受信ダイバーシチ利得の評価:** SC-FDMAにおけるFDEを用いたときのチャンネル推定誤差を考慮した場合の最大4アンテナまでの送信ダイバーシチおよび最大12アンテナまでの受信ダイバーシチを用いたときの平均BLERの改善効果を明らかにした。
- ② **空間・時間ブロック符号を用いる送信ダイバーシチにおける周波数ホッピングお**

よび判定帰還チャンネル推定の効果: シングルキャリア FDMA における開ループ型送信ダイバーシチのアンテナ間のフェージング相関が高い場合の特性劣化を改善するために、スロット間周波数ホッピングの適用を提案し、特性改善効果を示した。また、開ループ型送信ダイバーシチの特性劣化要因である伝搬路推定(チャンネル推定)誤差の影響を低減するために、軟判定シンボルを用いる判定帰還チャンネル推定の適用を提案し、特性改善効果を示した。

- ③ **閉ループ型送信ダイバーシチにおける周波数ホッピングの効果:** シングルキャリア FDMA における周波数ホッピングを適用するコードブックベースの閉ループ型送信ダイバーシチ構成を提案し、平均BLER特性の改善効果を示した。
- ④ **シングルキャリア FDMA における4アンテナの開ループ型送信ダイバーシチ:** シングルキャリア FDMA における繰り返し判定帰還チャンネル推定を適用するターボ周波数領域等化を用いたときに最も平均BLERを改善できる4アンテナの開ループ型送信ダイバーシチ法を明らかにした。
- ⑤ **適応アンテナ選択を用いる開ループ/閉ループ送信ダイバーシチの特性評価:** DFT-Precoded OFDMA における最大8アンテナまでの適応アンテナ選択を用いる空間・時間ブロック符号(STBC: Space Time Block Code)の送信ダイバーシチの効果を平均BLERの観点から明らかにした。適応アンテナ選択を用いるSTBCは、受信機から選択アンテナ情報のフィードバックが必要であるものの、STBCの最大比合成利得に加えて、選択ダイバーシチ利得が得られる。また、適応アンテナ選択を用いるコードブックベースの送信ダイバーシチを提案し、2および4ストリーム送信の場合の平均BLER特性の改善効果を計算機シミュレーションにより評価した。

(4) MIMO 多重における高効率適応リンク制御

- ① **MLD 信号分離を用いたときの協調 MCS 選択の効果:** 4送受信アンテナ(以上)の適応変調・チャンネル符号化(AMC: Adaptive Modulation and Coding)を用いるOFDM-MIMO多重において、MLD信号分離を用いたときの、全送信ストリームで協調してMCSを選択する方法の従来の各送信ストリーム独立にMCSを選択する方法からのスループットの改善効果を示した。また、変調方式が連続するMCSセットを用いることにより、独立MCS選択の協調MCS選択からのスループットの劣化を低く抑えることができることを示した。
- ② **ターボSICを用いた場合の協調MCS選択の効果:** OFDM-MIMO多重における軟判定シンボル推定値を用いる干渉除去と信

号検出を繰り返し行うターボ SIC 信号分離を適用したときの協調 MCS 選択の効果をスループの観点から計算機シミュレーションにより明らかにした。シミュレーション結果より、協調 MCS 選択は、MCS セット内の連続する MCS のピークデータレートの差やチャンネル符号化率に関わらず、独立 MCS 選択に比較して、高いスループットを実現できることを示した。

- ③ **AMC における MCS 選択のアウトーループの提案と効果の評価：MIMO-OFDM において適応変調・チャンネル符号化(AMC: Adaptive Modulation and Coding)を用いたとき、目標の平均 BLER を満たしつつ、スループットを最大にする、相互情報量(MI: Mutual information)に基づいて変調方式およびチャンネル符号化率の選択しきい値を適応制御するアウトーループ制御の効果**を明らかにした。

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 5 件) 査読あり

- 1) T. Kawamura, R. Takahashi, H. Numata, N. Miki, and M. Sawahashi, "Performance Evaluation of Joint MLD with Channel Coding Information for Control Signals Using Cyclic Shift CDMA and Block Spread CDMA," IEICE Trans. Commun., vol.E95-B, no.12, pp. 3688-3698, Dec. 2012.
- 2) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Effect of Intra-subframe Frequency Hopping on Codebook Based Closed-Loop Transmit Diversity for DFT-Precoded OFDMA," IEICE Trans. Commun., vol.E95-B, no.12, pp. 3699-3707, Dec. 2012.
- 3) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Comparative Study of Open-Loop Transmit Diversity Schemes for DFT-Precoded OFDMA in Frequency-Selective Fading Channels," IEICE Trans. Commun., vol.E95-B, no.12, pp. 3708-3718, Dec. 2012.
- 4) R. Kobayashi, T. Kawamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Throughput Comparisons of 32/64APSK Schemes Based on Mutual Information Considering Cubic Metric," IEICE Trans. Commun., vol.E95-B, no.12, pp. 3719-3727, Dec. 2012.
- 5) M. Sawahashi, Y. Kishiyama, A. Morimoto, D. Nishikawa, and M. Tanno, "Coordinated Multi-point Transmission/Reception Techniques for LTE-Advanced," IEEE Wireless Communications, vol.17, no.3, pp. 26-34, June. 2010.

[学会発表] (計 90 件)

以下査読あり 27 件, 他に査読なし 63 件

- 1) S. Okaniwa, N. Miki, T. Kawamura, and M. Sawahashi, "Performance of Decision-Feedback Channel Estimation for TDM Based Control Signals in OFDMA Downlink," Proceedings of 2012 IEEE International Conference on

Communication Systems, ICCS2012, 21-23 Nov. 2012, Singapore.

- 2) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Comparative Study of Open-Loop Transmit Diversity Schemes with Four Antennas in DFT-Precoded OFDMA Using Turbo FDE and Iterative Channel Estimation," Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Communication Systems, 21-23 Nov. 2012, Singapore.
- 3) K. Miwa, T. Kawamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Performance of Low-Rate Turbo Code Using Codebook Based Transmit Diversity for DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of IEEE 2012 International Conference on Wireless Information Technology and Systems, ICWITS2012, 11-16 Nov 2012, Maui, Hawaii.
- 4) C. Mori, T. Kawamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Performance of Star 16QAM Using Iterative Decision-Directed Channel Estimation for DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of 2012 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing, WCSP2012, 25-27 Oct. 2012, Huangshan, China.
- 5) K. Miwa, T. Kawamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Performance Comparisons of Localized and Distributed Transmissions Using Iterative Decision-Directed Channel Estimation in DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of The 15th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, WPMC2012, 24-27 Sept. 2012, Taipei, Taiwan.
- 6) C. Mori, T. Kawamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Link-Level Performance of Star 32/64QAM Schemes Using Frequency Domain Equalizer for DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of The 15th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, WPMC2012, 24-27 Sept. 2012, Taipei, Taiwan.
- 7) Y. Hikosaka, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Effects of Open-loop Transmit Diversity Schemes with Four Antennas on Control Signals Using Cyclic-Shift CDMA," Proceedings of The 15th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, WPMC2012, 24-27 Sept. 2012, Taipei, Taiwan.
- 8) T. Yamaguchi, N. Miki, T. Kawamura, and M. Sawahashi, "Effects of Code Block Size and Frequency Diversity on Block Error Rate for Coded OFDMA in Frequency-Selective Fading Channel," Proceedings of The 9th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, APWCS2012, Aug. 23-24, 2012, Kyoto, Japan.
- 9) Y. Tanaka, N. Miki, T. Kawamura, and M. Sawahashi, "Performance of Iterative Decision-Directed Channel Estimation Using LDPC Code for DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of The 9th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, APWCS2012, Aug. 23-24, 2012, Kyoto, Japan.
- 10) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Investigation on Frequency Diversity Effects for Various Transmission Schemes Using Frequency Domain Equalizer in DFT-Precoded OFDMA," Proc. 7th International Conference on Communications

- and Networking in China, ChinaCom2012, 8-10 Aug. 2012, Kunming, China.
- 11) T. Ebihara, H. Taoka, N. Miki, and M. Sawahashi, "Performance of Outer-Loop Control for AMC Based on Mutual Information in MIMO-OFDM Downlink," Proceedings of IEEE 75th Vehicular Technology Conference, VTC2012-Spring, 6-9 May 2012, Yokohama, Japan.
 - 12) K. Miwa, N. Miki, T. Kawamura, and M. Sawahashi, "Performance of Decision-Directed Channel Estimation Using Low-Rate Turbo Codes for DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of IEEE 75th Vehicular Technology Conference, VTC2012-Spring, 6-9 May 2012, Yokohama, Japan.
 - 13) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Iterative Decision-Feedback Channel Estimation for Turbo SIC in DFT-Precoded OFDMA Using QO-STBC," Proceedings of 2011 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS2011, 7-9 Dec., 2011, Chiang Mai, Thailand.
 - 14) K. Miwa, N. Miki, and M. Sawahashi, "Performance of Decision-Directed Channel Estimation Using Low-Rate Turbo Codes for OFDM," Proceedings of 2011 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS2011, 7-9 Dec., 2011, Chiang Mai, Thailand.
 - 15) Y. Hikosaka, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Performance of Space Orthogonal Resource Transmit Diversity for Delay Spreads in PUCCH Using Cyclic Shift CDMA," Proceedings of 2011 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS2011, 7-9 Dec., 2011, Chiang Mai, Thailand.
 - 16) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Investigation on Transmit and Receiver Diversity Gains Considering Channel Estimation Error for Uplink DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of The 2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing, WCSP2011, 9-11 Nov., 2011, Nanjing, China.
 - 17) M. Tabata, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "CDM Based Reference Signal Structure Using Oversampling for OFDM Downlink," Proceedings of The 2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing, WCSP2011, 9-11 Nov., 2011, Nanjing, China.
 - 18) H. Numata, T. Kawamura, and M. Sawahashi, "Investigation on Best Combining Scheme for Diversity Branches in Joint MLD for PUCCH in LTE Uplink," Proceedings of The 2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing, WCSP2011, 9-11 Nov., 2011, Nanjing, China.
 - 19) R. Kobayashi, T. Kawamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Throughput Comparisons of Star 32/64 QAM Schemes Based on Mutual Information Considering Cubic Metric," Proceedings of The 2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing, WCSP2011, 9-11 Nov., 2011, Nanjing, China.
 - 20) Y. Hikosaka, T. Kawamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Hybrid Reference Signal Multiplexing Using Combination of Block Spread and Cyclic Shift CDMA for Uplink Control Signals in DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of The 2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing, WCSP2011, 9-11 Nov., 2011, Nanjing, China.
 - 21) A. Tanaka, T. Kawamura, and M. Sawahashi, "Performance of Decision-Directed Channel Estimation Using Effective Path Selection in Time Domain for Uplink DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of The 14th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, WPMC2011, 3-7 Oct. 2011, Brest, France.
 - 22) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Effect of Intra-subframe Frequency Hopping on Closed-Loop Type Transmit Diversity with Precoding for Uplink DFT-Precoded OFDMA," Proceedings of IEEE 74th Vehicular Technology Conference, VTC2011-Fall, 5-8 Sept. 2011, San Francisco, USA.
 - 23) Y. Hikosaka, T. Kawamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Inter-code Interference Canceller for Control Signals Using Cyclic Shift CDMA in LTE Uplink," Proceedings of IEEE 73rd Vehicular Technology Conference, VTC2011-Spring, 15-18 May 2011, Budapest, Hungary.
 - 24) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Combined Effect of Transmit Diversity and Frequency Hopping for DFT-Precoded OFDMA in Uplink Frequency-Selective Fading Channels," Proceedings of IEEE 73rd Vehicular Technology Conference, VTC2011-Spring, 15-18 May 2011, Budapest, Hungary.
 - 25) Y. Tsuchida, S. Nagata, and M. Sawahashi, "Cell Search Time Performance Using Multipath Signals in LTE Downlink," Proceedings of IEEE 73rd Vehicular Technology Conference, VTC2011-Spring, 15-18 May 2011, Budapest, Hungary.
 - 26) T. Ebihara, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Joint MCS Selection for MLD Based Signal Detection in 4x4 OFDM-MIMO Multiplexing with Multi-Codeword Transmission," Proceedings of 2010 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS2010, 6-8 Dec., 2010, Chengdu, China.
 - 27) L. Deng, T. Kawamura, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Performance Comparisons of Open-Loop Transmit Diversity Schemes for DFT-Precoded OFDMA in Uplink Frequency-Selective Fading Channels," Proceedings of 2010 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS2010, 6-8 Dec., 2010, Chengdu, China.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐和橋 衛 (SAWASHI MAMORU)

東京都市大学・知識工学部・教授

研究者番号 : 50449287