

平成 22年 6月 7日現在

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 研究種目：基盤研究(B) |
| 研究期間：2007～2009 |
| 課題番号：19360179 |
| 研究課題名(和文) 第4世代移動通信に向けた超高効率パケット無線アクセス技術の研究 |
| 研究課題名(英文) Study on High-Efficient Packet Radio Access Techniques for Fourth Generation Mobile Communications |
| 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、ピークデータレート 1Gbps を実現する第4世代移動通信方式に位置づけられる International Mobile Telecommunications (IMT)-Advanced に向けた高効率無線パケットアクセス技術を提案し、効果を計算機シミュレーションで明らかにした。具体的には、100 MHz 程度の送信帯域幅を有する Layered OFDM の無線インタフェース、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、高次マルチアンテナ技術などを提案し、効果を計算機シミュレーションあるいは実験評価により明らかにした。

研究成果の概要(英文)： In the study, we have proposed high-efficient radio packet access techniques including multi-access schemes, radio resource assignments, multiplexing schemes of control signals, high-order MIMO channel techniques, relay/multi-hop techniques, and investigated the effects of these techniques for fourth generation mobile communications, which is called International Mobile Telecommunications (IMT)-Advanced.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2007年度 | 5,900,000 | 1,770,000 | 7,670,000 |
| 2008年度 | 5,100,000 | 1,530,000 | 6,630,000 |
| 2009年度 | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 14,100,000 | 4,230,000 | 18,330,000 |

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 (5104)

キーワード：移動通信，マルチアクセス，制御情報，直交周波数多重アクセス(OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access)，ダイバーシチ，MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)多重

1. 研究開始当初の背景

第3世代移動通信方式(IMT-2000: International Mobile Telecommunications-2000)である広帯域CDMA(W-CDMA)サービスが全世界で普及している。3GPP (3rd Generation Partnership Project) では、Long-Term Evolution (LTE) (3Gシステムの長期的高度化)と呼ばれるFull IPベースの無線アクセスおよび無線アクセスネットワークの標準化仕様がRelease 8として完成され、今年

末に商用サービスの導入が予定されている。LTEでは、3G方式の周波数スペクトルを用いて、下り(上り)リンクで最大100(50)Mbpsの高速パケットサービスを提供する。また、低遅延の無線アクセスネットワークを構築し、データのみならず、音声や画像などのリアルタイムサービスもパケットアクセスで高効率にサポートする。

国際電気通信連合 (ITU: International

Telecommunication Union)では、IMT-2000の名称はIMT-2000とその高度化(Enhanced IMT-2000)および将来発展(Future development of IMT-2000)を指すことが規定されている。一方、第4世代移動通信方式であるIMT-2000の後継システムは、IMT-Advancedと称されている。IMT-Advancedでは、高速移動時に100Mbps、ノマディック、静止時において1Gbpsのピークデータレートの実現を目標としている(ITU-R勧告M.1645)。ITUでは、2007年11月の世界無線通信会議(WRC-07: World Radiocommunication Conference 2007)においてIMTの新たな周波数帯域として合計428 MHz幅の確保が合意された。日本国内では、3400 - 3600 MHz (200 MHz幅)、698 - 806 MHz (108 MHz幅)の一部の周波数を中心に利用が検討されている。しかしながら、世界共通の広帯域な周波数スペクトルを確保することは容易ではない。そこで、IMT-Advancedでは、グローバルシステムの確立のために、既存周波数スペクトルを含めた効率的な帯域使用が可能な無線アクセス技術の確立が必要である。ITUの2008年6月の第2回WP5D (Working Party 5D) 会合においてIMT-Advancedの無線インタフェースの最小要求条件が決定された。それを受けて、3GPPにおいてIMT-Advancedへの提案方式であるLTE-Advancedのシステム要求条件が規定された。LTE-Advancedを含むIMT-Advancedの無線方式では、前述の目標ピークデータレートなどの高いシステム要求条件を満たすために、広帯域化、高効率なマルチアクセス、パケットアクセスを用いる高効率無線リソース制御、高次(多アンテナ数の適用)のMIMOチャンネル技術、基地局間協調送受信、リレーなどの技術が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、第4世代移動通信方式に位置づけられるIMT-Advancedにおける、さらなる大容量・高速化、低遅延化の要求条件を満たすブロードバンド無線パケットアクセスの物理レイヤ(レイヤ 1)およびMAC(Medium Access Control)レイヤ(レイヤ 2)のキー要素技術確立する。

(1) 高効率無線アクセス技術

送信帯域幅が100 MHz程度の超広帯域チャンネルを用いるIMT-Advancedのマルチアクセスの候補である直交周波数分割多重アクセス(OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access)およびDiscrete Fourier Transform (DFT)-Precoded OFDMを用いるシングルキャリア周波数分割多重アクセス(SC-FDMA: Single Carrier-Frequency Division Multiple Access)の高効率チャンネル多重法を明らかにする。

(2) パケットアクセスにおける高効率無線リソース割り当て法

IMT-Advancedの無線方式の候補では、遅延の要求条件の緩やかな非実時間型トラヒックと共に音声などの遅延の要求条件の実時間型トラヒックを一元的にパケットアクセスで提供する。OFDMあるいはDFT-Precoded OFDMでは、受信チャンネル状態およびトラヒックの要求遅延により時間および周波数領域のリソースブロック(RB: Resource Block)を

スケジューリングにより割り当てる。また、特に上りリンクでは、周辺セルへの干渉を低減するために、所要品質を満たす条件で送信電力を最小にする必要がある。そこで、下り、上りリンクにおいて割り当てられたRBで送信する情報ビット数、すなわち変調方式、送信電力などの無線リソースの最適割り当て法を明らかにする。

(3) 制御情報の高効率多重法

無線パケットアクセスでは、RBの割り当て情報、変調方式、トランスポートブロックサイズ、RBの再送制御のための確認応答(Ack)/非応答(Nack)信号などの制御情報を共有チャンネル(Shared Channel)でユーザデータを送信する前に送信する必要がある。また、ユーザ端末(UE: User Equipment)は、周期的に受信チャンネル品質を基地局に通知する必要がある。このような無線パケットアクセスに必要な制御情報の高効率多重法を明らかにする。

(4) 高効率MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)チャンネル伝送

ピークデータレートの向上には、複数の送信アンテナから異なる情報データを送信して空間的に多重するMIMO多重が有効である。MIMO多重において受信機におけるアンテナ利得を向上するために指向性ビーム送信を行うPrecodingが提案されており、LTEで採用されている。本研究では、PrecodingをおこなうMIMO多重における受信機で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、無線リソース割り当ての検討を行う。また、複数の送信アンテナ間で符号化を行う送信ダイバーシチにより受信品質の向上が実現できる。従って本研究では、4アンテナまでの送信ダイバーシチの効果を計算機シミュレーションおよび屋外実験により明らかにする。

(5) マルチホップ(リレー)技術:

移動通信においてカバレッジエリアの増大、あるいは、周辺セルに与える干渉を低減するために近年、中継(リレー)の適用が検討されている。本研究では、リレー技術のカバレッジ増大効果、無線マルチホップの経路選択法、中継ノード配置などの基礎検討を行う。

3. 研究の方法

本研究では、IMT-Advancedのシステム要求条件を満たすマルチアクセスおよびパケットアクセス技術の候補、あるいは考案した技術を、主に計算機シミュレーションにより特性評価を行った。計算機シミュレーションでは、評価技術に応じてリンクレベルシミュレーション、あるいはシステムレベルシミュレーションを用いた。

① リンクレベルシミュレーション

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、受信機のブロック誤り率(BLER: Block Error Rate)、あるいはスループット特性を評価した。

② システムレベルシミュレーション

システムレベルシミュレーションでは、各セル3セクタの19セル構成のマルチセルモデルでBLERおよびスループット特性を評価した。システムレベルシミュレーションで周辺セル干渉を考慮して、各ユーザに割り当てら

れたRB内の各シンボルの受信希望波信号電力対干渉および雑音電力比(SINR: Signal-to-Interference plus Noise power Ratio)を計算し、RBの送信帯域、1サブフレーム区間で平均化する。一方、リンクレベルシミュレーションで、受信SINRに対する平均BLERを求めておく。そして、システムレベルシミュレーションで求めた受信SINRに対して、サブフレーム毎にブロック誤りを与える。以上の処理を中心セルのUEの位置をランダムに変えて繰り返すことにより、各UEのBLERを求めた。リンクレベルおよびシステムレベルシミュレーションの主な無線パラメータは、LTEあるいはLTE-Advancedのシミュレーション条件のそれらに従った。

③ 実験装置を用いる室内・屋外実験評価

1部の無線アクセス技術項目は、株式会社NTTドコモで製作した実験装置を用いて、ハードウェアのフェージングシミュレータを用いる室内実験、あるいは測定車に移動局装置を搭載して測定を行った屋外実験により評価を行った。

4. 研究成果

(1) 高効率無線アクセス技術

① IMT-Advanced用Layered OFDMの提案

IMT-Advancedの提案方式である、LTE-AdvancedのマルチアクセスとしてLayered OFDMを提案した。Layered OFDMでは、LTEの最大送信帯域幅に相当するComponent Carrier(CC)をピークデータレートに応じて階層化するRBを割り当てることにより大きな周波数ダイバーシチ効果が得られスループットを増大できる。また、様々なセル環境をサポートし、特に、ホットスポット環境では、上りリンクでMIMO多重と整合性の良好なOFDMAを適用することにより、高いスループットを実現できる。さらに、超高速データレートユーザに対して、CCを階層化(Layered)および並列化(Parallel)信号構成を比較評価し、複数CCにわたりスケジューリングすることにより、CC内の周波数帯域に閉じたスケジューリングと比較して周波数ダイバーシチ効果の増大に起因してユーザスループットを向上できることを示した。

② OFDMにおける同期チャネルの特性評価

下りリンクのOFDMにおいて、通信開始時のUEの基準発振器が数ppmの誤差を有する場合には、同期チャネル(SCH: Synchronization Channel)を用いる周波数ドリフト補正(AFC: Automatic Frequency Control)の効果を実験的に明らかにした。実験装置では、基地局とUEの基準発振器の周波数差に起因する周波数誤差をSCHを用いて測定・補正した。実験結果より、UEの基準発振器が基地局の高精度な発振周波数に追従していない状態においても、SCHを用いる周波数誤差補正を用いることにより、残留周波数誤差を充分小さいレベルに抑えることができ、周波数ドリフトがない場合とほぼ同等の所要平均受信SNR(Signal-to-Noise power Ratio)で報知制御情報を送信する物理報知チャネル(PBCH)の復号が可能であることを示した。

③ OFDMにおけるピーク電力抑圧法の検討

高い符号化利得を有するターボ符号を用いた

場合の、既存のOFDMのピーク電力低減法の効果をPAPR(Peak-to-Average power Ratio)および受信機のBLERの観点から評価した。計算機シミュレーション結果より、制御情報の送信が不要なクリッピング・フィルタリング(CF)法が、送信帯域内の歪みを生じるものの、最もBLERを改善できることを示した。さらに、クリッピングに伴う信号点遷移を方形状に制限する方法を提案し、従来のCF法よりもBLERを低減できることを示した。

④ ブロック分割を用いるDistributed OFDMA送信法

下りリンクのOFDMAにおいて音声情報などの符号化ブロックサイズが小さいトラヒックを効率的に多重化するために、ブロック分割を用いるRBのDistributed多重法を提案した。提案法では、複数ユーザの符号化ブロックを分割して同一のRBに多重し、周波数の離れた分割数に相当する異なるRBを用いて多重、送信する。シミュレーション評価により、提案法は、十分な周波数ダイバーシチ効果が得られ、小ブロックサイズのトラヒックに対して良好なユーザスループット特性を実現できることを示した。

⑤ 基地局間協調送受信の効果の検証

LTE-Advancedにおいて、下り(上り)リンクにおける基地局間協調送信(受信)を行ったときのセル端ユーザスループットの改善効果を明らかにした。

⑥ 階層変調を用いたマルチキャスト適応伝送法

マルチキャスト伝送時に各ユーザの受信品質のフィードバックに応じて、基本情報と高品質化のための付随情報を階層変調によって多重化する方法を提案した。シミュレーション結果から、提案法は、固定的に基本情報と付随情報を伝送する場合に比較して、マルチユーザ全体の受信品質(QoS: Quality of Service)を改善できることを示した。

(2) パケットアクセスにおける高効率無線リソース割り当て法

① OFDMA 周波数スケジューリングにおける最適RB割り当て法

下りリンクのOFDMAにおいて周波数スケジューリングを行った場合、同一ユーザに割り当てられる複数のRBの変調方式について、RB共通変調方式割り当てが、RB独立変調方式とほぼ同一のスループットを実現できることを示した。さらに、パケット合成型ハイブリッド再送を用いたときに、RB共通変調方式が、RB独立変調方式よりも適することを示した。

② 上りリンクSC-FDMAにおける送信電力制御と適応変調・チャネル符号化の最適制御

無線パケットアクセスの上りリンクでは、遠近問題を回避するために送信電力制御(TPC: Transmission Power Control)が必須である。SC-FDMAを用いる上りリンクの共有チャネルについて、基地局からの距離が異なるセル内の複数のUEに対して、TPCは、距離減衰およびシャドウイング変動に追従する数十ミリ秒程度の更新周期で、適応変調・チャネル符号化(AMC: Adaptive Modulation and Coding)は瞬時のフェージング変動に追従する数ミリ秒程度の更新周期の場合に最もユーザスループットを向上することができることを示した。

③ SC-FDMAを用いる上りリンクにおけるセル間送信電力制御の効果

パケットアクセスにおける上りリンクでは、基地局から割り当て要求の受けたユーザ端末が1ミリ秒毎にRBを送信する。この場合、送信電力が異なるUEの共有チャネルが更新されると、周辺セルに与える干渉電力が変動する。この周辺セルに与えるTTI毎の干渉電力の変動は、周辺セルのユーザ端末に対する周波数領域スケジューリング、AMCの特性劣化を生じる。そこで、UEと基地局間のパスロスや同一セル内の干渉電力などを考慮したセル内のTPCに加えて、大きな干渉電力を与える周辺セルのUEに過大電力指示信号(OLI: Overload Indicator)を送信することにより周辺セルの大きな干渉電力を抑えるセル間TPCの方法を提案した。具体的には、セル共通OLIと上りリンクの各ユーザに割り当てた系列に応じたユーザ固有OLIを提案し、セル内TPCのみに比較して、セル端ユーザのスループットを大幅に増大できることを示した。さらに、セル内のFractional TPCに加えて、ユーザ固有のOLIを用いるセル間TPCを併用した場合に、セル内のFractional TPCのステップサイズが約0.5-1.0dB、セル間のTPCの送信OLI数が3-4程度のとき、セル端ユーザのスループットの劣化を低く抑えつつ、セルあたりのスループットを最大にできることを示した。

(3) 制御情報の高効率多重法

①OFDMAにおける制御情報の高効率多重

20 MHz以上の送信帯域幅のブロードバンドOFDMAアクセスにおいてパケットアクセス技術に必要な制御情報の高効率な多重法を周波数ダイバーシチ効果の観点から明らかにした。また、参照信号(RS: Reference Signal)を用いた同期検波復調を行ったときの、様々な無線チャネルモデルにおける制御情報のBLER特性を明らかにした。

②DFT-Precoded OFDMにおける制御情報の高効率多重

上りリンクDFT-Precoded OFDMにおける周波数ホッピングを用いる制御情報の高効率多重を確立するために、巡回シフト(CS: Cyclic shift)およびブロック拡散(BS: Block spread)を用いる直交CDMAの符号語の最尤判定(MLD)を用いたときのホッピング信号の最適合成法を明らかにし、BLER特性を評価した。計算機シミュレーション結果より、符号語のMLDを用いることによりシンボルレベルのMLDに比較して特に遅延スプレッドが大きい場合に、所要受信SNRを大幅に低減できることを示した。また、遅延スプレッドが小さい場合は、BS多重がCS多重に比較して優れているものの、遅延スプレッドが1.5 μ 秒程度までの大きな環境まで一元的にサポートするためには、CS多重が適していることを明らかにした。

(4) 高効率MIMOチャネル伝送

①下りリンクの制御情報に適した開ループ型送信ダイバーシチの検討

OFDMを用いる下りリンクにおける共通/共有制御情報に適した4アンテナまでの開ループ型送信ダイバーシチの効果を明らかにした。計算機シミュレーション結果より、送信ダイバーシチ利得の観点から、2アンテナ送信の場合には、空間・周波数ブロック符号(SFBC:

Space Frequency Block Code)、4アンテナ送信の場合には、SFBCと周波数スイッチ送信ダイバーシチ(FSTD: Frequency Switched Transmit Diversity)が所要BLERを満たす平均受信SNRを最も低減できることを示した。

②下りリンクにおける開ループ型送信ダイバーシチの実伝搬環境の屋外実験評価

OFDMを用いる下りリンクにおける共通/共有制御情報を対象として、2および4アンテナの開ループ型送信ダイバーシチのBLER特性を屋外実験により評価した。実験結果より、2アンテナ送信の場合、SFBCは、巡回遅延ダイバーシチ(CDD: Cyclic Delay Diversity)およびFSTDに比較して平均BLERが 10^{-2} を満たす所要平均受信SNRをそれぞれ約0.2, 0.7 dB低減でき、1アンテナ送信に比較して約1.5 dB低減できることを示した。同様に4アンテナ送信の場合、SFBCとCDDあるいはSFBCとFSTDの組み合わせが最も所要平均受信SNRを低減できることを示した。屋外実験結果より、OFDMAのような十分な周波数ダイバーシチ効果が得られる場合においても、2アンテナの送信ダイバーシチは、所要受信SNRの低減に有効であるが、4アンテナ送信の場合にはその効果は小さいことを確認した。

③プリコーディングを用いるMIMO多重における最適な参照信号(RS)構成

LTEおよびLTE-Advancedでは、フィードバック制御信号量の少ないコードブックベースのプリコーディング(Precoding)を用いるMIMO多重が採用されている。4アンテナ送信までのPrecodingを用いるMIMO多重における最適なRS構成、具体的には、セル内のユーザ共通RSとユーザ個別RSをスループットの観点から比較評価した。シミュレーション結果より、4アンテナ送信までは、RSおよびPrecoding Matrix Indicator (PMI)のオーバーヘッドを考慮した場合のスループットはユーザ共通RSがユーザ個別RSに比較して増大できることから、ユーザ共通RSが適することを示した。

④プリコーディングを用いるMIMO多重におけるチャネル推定精度の影響の検討

コードブックベースのPrecodingを用いるOFDM-MIMO多重において、チャネル推定誤差が、有限個のユニタリPrecoding行列の選択および平均2乗誤差最小(MMSE: Minimum Mean Squared Error)規範を用いる信号分離に与える影響を評価した。計算機シミュレーション結果より、Precoding行列選択に対するチャネル推定誤差の影響は、送信ストリーム数が増大するほど小さくなるものの、MMSEを用いる信号分離に対するチャネル推定誤差は、送信ストリーム数が増大するほど大きくなることを示した。また、Precoding行列選択に比較して信号分離におけるチャネル推定誤差の影響が大きいこと、総体的には送信ストリーム数が増大するほど、チャネル推定誤差の影響は大きくなることを示した。

⑤ OFDM-MIMO多重における最尤判定(MLD)信号分離を用いたときのAMC制御法

OFDM-MIMO多重において所要受信SNRを最も低減できるMLD信号分離を用いた場合、AMCの最適変調方式および符号化率(MCS: Modulation and Coding Scheme)は受信SNRに加えて、他送信ストリームの変調方式に依存

数する。そこで、送信ストリーム数分の受信 SNR に応じた MCS テーブルを用いる協調 MCS 選択法を提案し、送信ストリーム独立 MCS 選択法に比較してユーザスループットを向上 (MCS 選択誤りを低減) できることを示した。一方、1 アンテナ送信 (MIMO 多重なし) との整合性の観点からは、送信ストリーム独立 MCS 選択法が望ましい。そこで、送信ストリーム独立 MCS 選択法において、受信 SNR の増大に対して連続する変調方式を用いる MCS を適用することにより、協調 MCS 制御法とほぼ同等のスループットを実現できることを示した。

⑥ DFT-Precoded OFDM を用いる MIMO 多重における MLD 信号分離の検討

DFT-Spread OFDM に基づくシングルキャリア MIMO 多重において、周波数領域の受信信号に QR 分解に基づく信号処理を施すことにより、低演算量の準最尤検出を実現する方法を提案し、従来の MMSE を用いる信号分離に比較して BLER を改善できることを示した。

(5) マルチホップ (リレー) 技術:

① Amplify-and-Forward (AF) リレーの効果の検証

低伝送遅延と低コスト化を実現する AF 型リレー伝送をセルラ方式に適用したときに、伝搬ロスに応じて適応的に使用するリレー局を選択することにより他セル干渉の増幅と周波数利用効率の劣化の低減法を考案した。計算機シミュレーションにより、提案法は、従来の AF 型リレー伝送に比較してカバレッジを増大できることを示した。

② 無線アドホックネットワークの高性能化

マルチホップ経路の安定化と経路構築率向上を目的とした経路制御法および中継ノード配置法を提案し、移動アドホックネットワーク (MANET) 環境での適応性を確認した。

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 21 件) 全て査読あり、他 7 件

- 1) T. Isogai, M. Sawahashi, H. Taoka, and K. Higuchi, "Influence of Channel Estimation Error on MIMO Multiplexing Using Precoding in Downlink OFDM Radio Access," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1553-1562, May 2009.
- 2) S. Tsuchida, M. Sawahashi, H. Taoka, and K. Higuchi, "Field Experiments on Open-Loop Type Transmit Diversity in OFDM Radio Access," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1705-1713, May 2009.
- 3) M. Tanno, Y. Kishiyama, H. Taoka, N. Miki, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Layered OFDMA and Radio Access Techniques for LTE-Advanced," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1743-1750, May 2009.
- 4) D. Nishikawa, Y. Kishiyama, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Investigation of Inter-cell Transmission Power Control Using Overload Indicator for Selected Users for Evolved UTRA Uplink," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1634-1640, May 2009.
- 5) D. Nishikawa, Y. Kishiyama, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Investigation on Optimum Control Interval for Intra-cell Fractional TPC Using AMC for Shared Channel in Evolved UTRA Uplink," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1627-1633, May 2009.
- 6) S. Nagata, Y. Ofuji, Y. Kishiyama, N. Miki, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Block-Wise Resource Block-Level Distributed Transmission

for Shared Data Channel in OFDMA Evolved UTRA Downlink," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1660-1668, May 2009.

- 7) N. Miki, Y. Kishiyama, K. Higuchi, M. Sawahashi, and M. Nakagawa, "Optimum Adaptive Modulation and Channel Coding Scheme for Frequency Domain Channel-Dependent Scheduling in OFDM Based Evolved UTRA Downlink," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1527-1537, May 2009.
 - 8) T. Kawamura, Y. Kishiyama, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Single-Carrier Based Multiplexing of Layer 1 / Layer 2 Control Signals in Evolved UTRA Uplink Using DFT-Spread OFDM," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1695-1704, May 2009.
 - 9) H. Taoka, F. Ito, K. Takakusaki, and M. Sawahashi, "Experiments on Frequency Error Compensation Using Synchronization Channel in OFDM Radio Access," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1619-1626, May 2009.
 - 10) H. Taoka, Y. Kishiyama, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Comparisons Between Common and Dedicated Reference Signals for MIMO Multiplexing Using Precoding in Evolved UTRA Downlink," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1669-1679, May 2009.
 - 11) H. Taoka, A. Morimoto, H. Kawai, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Coverage Performance of Common/Shared Control Signals Using Transmit Diversity in Evolved UTRA Downlink," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.5, pp. 1589-1599, May 2009.
 - 12) K. Higuchi, H. Kawai, H. Taoka, N. Maeda, M. Sawahashi, "Adaptive Selection of Surviving Symbol Replica Candidates for Quasi-Maximum Likelihood Detection Using M-algorithm with QR-Decomposition for OFDM MIMO Multiplexing," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E92-B No.4, pp. 1258-1271, April 2009.
 - 13) T. Kawamura, Y. Kishiyama, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Orthogonal Pilot Channel Using Combination of FDMA and CDMA in Single-Carrier FDMA-Based Evolved UTRA Uplink," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E91-B, No.7, pp. 2299-2309, July 2008.
 - 14) 織田, 山本, "マルチレイヤーネットワークにおける耐障害性の向上を目的とした複数経路構築手法," *電子情報通信学会論文誌 B*, Vol. J92-B, No.6, pp. 949-954, June 2009.
- [学会発表] (計 40 件) 他 18 件
招待講演 "以外査読あり"
- 1) M. Sawahashi, Y. Kishiyama, H. Taoka, M. Tanno, and T. Nakamura, "Broadband Radio Access: LTE and LTE-Advanced," *Proceedings of 2009 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, ISPACS2009*, 7-9 Dec., 2009, Kanazawa, Japan.
 - 2) R. Takahashi, M. Sawahashi, T. Kawamura, and N. Miki, "Performance Comparison Between Cyclic Shift and Block Spreading CDMA Using MLD with Channel Coding Information for Uplink Control Signals," *Proceedings of IEEE 70th Vehicular Technology Conference, VTC2009-Fall*, 20-23 Sept. 2009, Anchorage, USA.
 - 3) M. Sawahashi, Y. Kishiyama, A. Morimoto, D. Nishikawa, and M. Tanno, "Coordinated Multi-point Transmission/Reception for LTE-Advanced," *The 2nd International Workshop on Wireless Distributed Networks in IEEE 20th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC'2009*, 13 Sept., 2009, Tokyo, Japan. (招待講演)
 - 4) T. Ebihara, H. Taoka, and M. Sawahashi, "Joint MCS Selection Method for MLD Based Signal Detection in OFDM-MIMO Multiplexing with Multi-Codeword Transmission," *Proceedings of the 12th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications 2009, WPMC2009*, 8 - 11 Sept., 2009, Sendai, Japan.

- 5) M. Sawahashi and M. Tanno, "Standardization of LTE/LTE-Advanced and Future Broadband Radio Access Networks," "The 6th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, 20-21 Aug., 2009, Seoul, Korea. (招待講演)
 - 6) H. Tamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Investigation on Frequency Diversity Effect of Control Signal Multiplexing Considering Channel Estimation in OFDM Downlink Broadband Channel," Proceedings of 6th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, APWCS2009, 21-22 Aug., 2009, Seoul, Korea.
 - 7) H. Ando and K. Higuchi, "Comparison of PAPR Reduction Methods for OFDM Signal with Channel Coding," Proceedings of 6th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, APWCS2009, 20-21 Aug., 2009, Seoul, Korea.
 - 8) F. Takahashi and K. Higuchi, "High Quality MBMS Transmission Using Adaptive Hierarchical Modulation," Proceedings of 6th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, APWCS2009, 20-21 Aug., 2009, Seoul, Korea.
 - 9) K. Takeda, S. Nagata, Y. Kishiyama, M. Tanno, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Investigation on Optimum Radio Parameter Design in Layered OFDMA for LTE-Advanced," Proceedings of IEEE 69th Vehicular Technology Conference: VTC2009-Spring, 26-29 April 2009, Barcelona, Spain.
 - 10) M. Sawahashi, "Requirements and Radio Access Techniques for LTE-Advanced," SC-FDMA Workshop, 13 March 2009, Polytechnic Institute of NYU, Brooklyn, New York, USA. (招待講演)
 - 11) M. Tanno, Y. Kishiyama, H. Taoka, N. Miki, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Layered OFDMA Radio Access for IMT-Advanced," Proceedings of IEEE 68th Vehicular Technology Conference, VTC2008-Fall, 21-24 Sept., 2008, Calgary Canada.
 - 12) H. Taoka, F. Ito, K. Takakusaki, and M. Sawahashi, "Experiments on Frequency Error Compensation Using Synchronization Channel in OFDM Radio Access," Proceedings of IEEE 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC'2008, 15-18 Sept., 2008, Cannes, France.
 - 13) Y. Hashimoto, M. Sawahashi, D. Nishikawa, and Y. Kishiyama, "Combined Effect of Overload Indicator Based Inter-Cell TPC and Intra-Cell Fractional TPC in Uplink Single-Carrier FDMA," Proceedings of 11th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications 2008, WPMC2008, 8 - 11 Sept., 2008, Lapland, Finland.
 - 14) H. Taoka, A. Morimoto, H. Kawai, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Coverage Performance of Common/Shared Control Signals Using Transmit Diversity in Evolved UTRA Downlink," Proceedings of 11th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications 2008, WPMC2008, 8 - 11 Sept., 2008, Lapland, Finland.
 - 15) T. Isogai, M. Sawahashi, H. Taoka, and K. Higuchi, "Influence of Channel Estimation Error on MIMO Multiplexing Using Precoding in Downlink OFDM Radio Access," Proceedings of 5th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, APWCS2008, 21-22 Aug., 2008, Sendai, Japan.
 - 16) H. Tamura, N. Miki, and M. Sawahashi, "Investigations on Multiplexing Schemes of L1/L2 Control Signals for OFDM Based Radio Access in Downlink Broadband Channel," Proceedings of 5th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, APWCS2008, 21-22 Aug., 2008, Sendai, Japan.
 - 17) H. Machida and K. Higuchi, "Adaptive Amplify-and-Forward Relaying for Cellular System," Proceedings of 5th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, APWCS2008, 21-22 Aug., 2008, Sendai, Japan.
 - 18) Y. Sato, M. Sawahashi, N. Miki, and K. Higuchi, "Effect of Adaptive Modulation Control for Frequency Domain Channel-Dependent Scheduling Using Hybrid ARQ in OFDM Based Radio Access," Proceedings of 10th Annual Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, WPMC'2007, 3 - 6 Dec. 2007, Jaipur, India.
 - 19) S. Tsuchida, M. Sawahashi, H. Taoka, and K. Higuchi, "Field Experiments on Open-Loop Type Transmit Diversity in OFDM Radio Access," Proceedings of 10th Annual Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, WPMC'2007, 3 - 6 Dec. 2007, Jaipur, India.
 - 20) T. Kawamura, Y. Kishiyama, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "CDMA-Based Multiplexing Method for Multiple L1/L2 Control Signals from Different UEs in Evolved UTRA Uplink," Proceedings of 10th Annual Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, WPMC'2007, 3 - 6 Dec. 2007, Jaipur, India.
 - 21) M. Sawahashi, "Future Broadband Packet Radio Access and MIMO Experiments," The 4th IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, 20-21 Aug. 2007, Hsinchu, Taiwan. (Keynote Speech)
 - 22) H. Taoka, Y. Kishiyama, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Optimum Reference Signal Structure for MIMO Multiplexing Using Precoding in Evolved UTRA Downlink," Accepted at IEEE International Conference on Military Communications, MILCOM2007, 29-31 Oct. 2007, Orlando, USA.
- 〔産業財産権〕
- 出願状況 (計 8 件) 下記の他に 7 件
 名称: 無線基地局装置及び変調・符号化方式選択方法
 発明者: 田岡秀和, 佐和橋衛
 権利者: NTT ドコモ
 種類: 特許
 番号: 2009-166671
 出願年月日: 2009/07/15
 国内外の別: 国内
- 取得状況 (計 4 件) 下記の他に 3 件
 名称: 基地局及び通信システム
 発明者: 川村, 岸山, 樋口, 佐和橋
 権利者: NTT ドコモ
 種類: 特許
 番号: 登録番号 4202355
 取得年月日: 2008/10/17
 国内外の別: 国内

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
- (2) 研究分担者
 山本 尚生 (YAMAMOTO HISAO)
 東京都市大学・知識工学部・教授
 研究者番号: 60350229
 樋口 健一 (HIGUCHI KENICHI)
 東京理科大学・理工学部・講師
 研究者番号: 10459729
- (3) 連携研究者 なし