

W-CDMA における高品質信号伝送技術の研究

福 元 暁

論 文 の 内 容 の 要 旨

近年、移動通信サービスに対する需要は急速に増大しており、2002年7月時点で、我が国の携帯・自動車電話及びPHSの加入者数は合計で7800万加入を超え、固定電話の加入者数を大きく上回っており、人口の60%もの人が移動通信サービスを楽しんでいることになる。現在の移動通信サービスでは、主に音声や音声帯域のデータ通信のような比較的低速な伝送レートのサービスが提供されている。これに対し、本格的なモバイル・マルチメディアサービスを実現するためにIMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000)と呼ばれる第3世代移動通信システムでは、最大情報伝送速度2Mbpsまでの高速信号伝送、システムの大容量化に加え、同一端末を世界中でシームレスに使用できる世界標準のシステムの実現を条件として掲げている。W-CDMA方式はIMT-2000の1方式として採用されており、W-CDMA方式を用いる商用サービスが2001年10月に導入されている。

本論文では、急速な情報化社会の進展に対応するために、移動通信環境下において高品質かつ高効率な高速・広帯域モバイル・マルチメディアサービスの提供を実現するためのW-CDMA伝送技術について検討を行っている。また、さらなる高速高品質信号伝送を実現するため伝送技術についても研究を行っている。本論文の構成は以下のようになっている。

まず第1章では、研究の背景と目的、及び本論文の概要について述べている。

第2章では、W-CDMA方式におけるCorrelatorベースのRake受信機において高品質なRake受信を実現するための高精度パスサーチとして、固定しきい値選択型パスサーチを提案する。そして、計算機シミュレーション、フェージングシミュレータを用いる室内実験及び屋外伝送実験によって実験的検討を行うことにより、伝搬モデルや他ユーザ干渉(MAI:Multiple Access Interference)の有無に関わらず、パス選択しきい値及び電力遅延プロファイル平均化時間を最適化できることを示す。そして、最適化されたパラメータを用いる固定しきい値選択型パスサーチを適用するRake受信において、アンテナダイバーシチ受信や適応高速送信電力制御(TPC:Transmission Power Control)を併用した場合でも、高精度なRake受信が行われ、受信特性を改善できることを実証する。

第3章では、W-CDMA方式及び第4世代方式におけるブロードバンドDS-SS-CDMA方式への適用を考慮したマッチトフィルタRake受信において2つの高速・高精度Rake合成法を提案し、マルチパスフェージング環境下における平均ビット誤り率(BER:Bit Error Rate)特性を計算機シミュレーションにより評価する。第1の提案方法は2段階しきい値選択型パスサーチであり、有効信号電力選択しきい値及び雑音除去しきい値によりRake合成に有効な希望波信号電力対干渉及び雑音電力比(SINR:Signal-to-Interference plus Noise Power Ratio)を有するパスを選択し、雑音が支配的なサンプルを除去

する。また、最適化された2つのしきい値を用いることにより適応高速TPC、アンテナダイバーシチ受信の有無、MAI分布及び伝搬モデルによらず高速・高精度なRake合成を実現できることを示す。一方、第2の提案方法は適応Rake合成法であり、LMS(Least Mean Squared)アルゴリズムに基づき適応的にパス合成ウエイトを生成することにより、SINRの大きなパスをウエイトで、雑音・干渉が支配的なサンプルを0に近いウエイトで合成できることを示す。すなわち適応Rake合成により等価的にパス選択しきい値が設定され、高精度なRake合成を実現できることを示す。

第4章では、W-CDMA下りリンクにおけるオープンループ型送信ダイバーシチ及びクローズドループ型送信ダイバーシチについて、フェージングシミュレータを用いる室内実験及び屋外伝送実験により評価する。まず、オープンループ型としてSTTD、クローズドループ型として移動局(MS: Mobile Station)からのフィードバック情報(Feedback Information)に基づき送信アンテナを切り替えるSTD、送信キャリア位相を π または $\pi/2$ の分解能で制御するPTD- π またはPTD- $\pi/2$ を用いた場合について評価する。まず、室内実験により基地局(BS:Base Station)における2送信アンテナからの信号の受信タイミング誤差に起因する送信ダイバーシチ効果の低減を0.3dB程度にするためには受信タイミング誤差を1/4チップ程度に押え込む必要があることを示す。また、2送信アンテナ間のフェージング相関が大きくなると送信ダイバーシチ効果が小さくなるものの、屋外実験により商用システムにおけるBSアンテナ構成(アンテナ間隔約1.5-7.5mでは、フェージング相関の影響はほとんどないことを示す。そして、マルチパスフェージング環境において固定しきい値選択型パスサーチに基づくコヒーレントRake受信に対してSTTDを適用することにより、下りリンク適応高速TPCなしの場合には1アンテナ送信の場合に所要平均受信 E_b/I_0 を低減できることを示す。一方、STD、PTDは下りリンク適応高速TPCを行った場合でも1アンテナ送信の場合に比較して受信特性を改善できることを示した。以上の結果より、オープンループ型送信ダイバーシチは共通制御チャンネルへの適用が効果的であり、クローズドループ型送信ダイバーシチは個別通信チャンネルへの適用が効果的であることを明らかにする。

第5章では、W-CDMA方式下りリンクにおける容量増大技術である適応アンテナアレイビームフォーミング(AAA-BF:Adaptive Antenna Array Beam Forming)を適用した場合において、マルチパスフェージング環境下における高品質伝送を実現するためにダイバーシチ効果を有するAAA-BFの2段階送信ウエイト生成法を提案する。そして、BSの全送信アンテナを用いるAAA-BF及び送信ダイバーシチ併用型AAA-BFについて、下りリンクの受信特性を計算機シミュレーションにより評価する。干渉が小さい領域においては送信ダイバーシチ併用型AAA-BFが全てアンテナを用いるAAA-BFに比較して、平均BLER= 10^{-2} を満たす所要送信 E_b/N_0 を約0.5-1dB低減できるものの、ユーザ数が増大して干渉が大きくなった場合には、全BS送信アンテナを用いるAAA-BFの方が干渉を抑圧できるため所要送信 E_b/N_0 を低減できることを明らかにする。さらにマルチパスフェージング環境下におけるAAA-BFの容量特性についてマルチセルモデルにおいて評価し、干渉リミテッドな環境において

はBS全送信アンテナを用いるAAA-BFの方が送信ダイバーシチ併用型AAA-BFに比較して総アンテナ数が8の場合には容量を約1.5倍に増大でき容量増大の観点では効果的であることを示している。

最後に、第7章は結論であり、本論文の内容を総括している。

以上