

本論文は「CDMA 基地局用アダプティブアレーアンテナに関する研究」と題し、第3世代移動通信からの発展としてさらなる高速伝送を想定し、そのサービスを実現するための重要技術である基地局用アダプティブアレーアンテナの効率的な構成法を提案して論じている。本論文では、従来の信号処理法と比較して低演算量と高性能を同時に達成できる新手法を提案している点、信号処理の動作に関する基礎理論を構築している点、アダプティブアレーアンテナに対応可能なアクセス制御法を先駆的に論じている点において従来と異なる特徴を有し、次世代移動通信に有効な方法を深く追求している。本論文は全6章からなり、アダプティブアレーアンテナの信号処理に関する基礎理論、基地局用アダプティブアレーアンテナの上下リンクにおける信号処理構成、マルチユーザを円滑に収容するアクセス制御法について包括的に論じている。

第1章は「序論」であり、近年の移動通信における加入者数の増加、ADSLをはじめとする有線系データ通信に対する需要の大きさから、将来の移動通信における高速データ通信の必要性を予想している。また、周波数の逼迫する無線通信において高速データ通信を実現するために、空間的に複数アンテナを配置して多くのユーザを収容するアダプティブアレーアンテナが重要となることを指摘し、現行のW-CDMA方式との融合が将来必要となることを述べている。

第2章は「SMI アダプティブアレーのウェイト収束に関する解析」と題し、アダプティブアレーアンテナを構成する信号処理技術の基礎理論を新たに確立している。ここでは、これまで任意の希望信号対雑音電力に対して記述が困難とされたウェイト収束特性を簡潔な理論で導くことに成功し、導かれた結果がよい近似精度を有することを示している。本理論はCDMA方式のみならず無線通信一般に広く適用でき、その適用範囲は極めて広い。また後半では、CDMA用アレー信号処理に理論を拡張し、逆拡散前のウェイト演算法が逆拡散後のウェイト演算法よりも常に高速なウェイト収束を有することを証明している。本理論により2つのウェイト演算法の収束特性の優劣が証明され、その優劣がいかなる動作環境でも成り立つことが判明した。従来、CDMA用アレー信号処理では逆拡散後でウェイト演算を行う方法が主流であったが、近年ではこの研究成果によって逆拡散前でウェイト演算を行う方法も商用レベルで検討されている。

第3章は「上りリンク相関行列共通型基地局用アダプティブアレーアンテナ」と題し、CDMA基地局用アダプティブアレーアンテナの効率的な構成法を述べている。本章では、基地局が個々のユーザに対してアレー信号処理を行うにあたり同様の相関行列演算が存在する点に着目し、複数ユーザ間で1つの相関行列演算を共通利用する構成を提案している。本構成により、基地局は相関行列演算の演算量を大幅に低減でき、基地局用アダプティブアレーの導入において障害であった演算規模を現実的なレベルに低減できる。本章では、相関行列共通化を行っても受信性能にほとんど劣化が生じないことを、理論とシミュレーションの両面から示している。また、提案する相関行列の共通化が複数ユーザのみならず、複数のマルチパスに対しても適用できることも明らかにしている。すなわち、基地局は1つの相関行列演算を用いて、複数ユーザと複数パスに対してアレー信号処理を構築できる。性能評価では、現実的なマルチパスフェージング環境のもとでシミュレーションを行い、提案法は逆拡散前のウェイト演算と相関行列共通化の2つの利点により、従来法に対して低演算量と高速ウェイト収束を同時に実現できることを明らかにしている。

また、提案法がさまざまな端末の移動環境で常に有効であることを示している。

第4章は「CDMA 下りリンクにおける基地局用ビーム形成法」と題し、マルチメディア通信を考慮した下りリンクビーム形成法について述べている。高速データ通信を行う下りリンクでは、音声、画像、データなど様々なメディアが異なる通信品質を要求する。このような中で、各ユーザの要求品質を満たし、さらに、基地局の総送信電力を低くするビーム形成法が通信システムとして必要とされる。本章ではこのシステム要求から一貫して送信ウエイト決定法を示しており、システム容量に基づいて効率的なビーム形成技術及び容量評価を議論している。その過程では、マルチパス伝搬路、RAKE 合成、送信電力制御、複数ユーザへの多重伝送など現実の CDMA 通信で発生するほとんど全ての要素が考慮されている。その結果、送信技術がシステム容量に与える影響を条件別に明らかにしている。また、マルチメディア通信環境において高性能を維持した簡易アルゴリズムを提案しており、計算機シミュレーションによりシステム容量の向上が可能であることを確認している。この結果、アダプティブアレー技術を CDMA 方式へ適用する可能性が示されている。

第5章は「アダプティブアレーを用いる CDMA のアクセス制御」と題し、アダプティブアレーアンテナを用いた場合に対応可能なアクセス制御法を論じている。基地局用アダプティブアレーアンテナを無線通信に導入するためには、信号処理技術のみでなく、トラヒックを柔軟に収容できるアクセス制御法も重要となる。しかし、本課題に対してはアレー信号処理とアクセス制御の双方の知識が必要となるため、現在までほとんど提案されていないのが現状である。これに対して、本章ではユーザの到来方向に応じてアクセス制御を行う方法を先駆的に提案している。このような技術により、アレー信号処理を無線通信システムへ柔軟に適用することが可能となる。提案法は簡潔であり、基礎概念として大きな範囲を有している。

第6章は「結論」であり、本論文の成果をまとめるとともに、各章で述べた技術単体を統合することにより、相互に整合性のよいシステム構築が可能となることを示している。

以上これを要するに、本論文は今後の移動通信の高速伝送を実現する手段として極めて重要な CDMA 基地局用アダプティブアレーアンテナの性能を改善し、演算量を低減できる基地局構成法の提案を行うとともに、その有効性を理論とシミュレーションの両面から検証したものであり、電子情報工学の今後に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認められる。