

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 堅岡 良知
学位 博士 (工学)
学位記番号 新大院博(工)第448号
学位授与の日付 平成28年3月23日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名 多素子 MIMO システムにおける簡易制御技術に関する研究

論文審査委員 主査 准教授・西森 健太郎
副査 教授・牧野 秀夫
副査 教授・山田 寛喜
副査 教授・三村 宣治
副査 教授・菊間 信良 (名古屋工業大学)

博士論文の要旨

近年、スマートフォンや無線 LAN の普及などに代表されるように、無線通信における目覚ましい技術の進歩により、通信で扱われるデータ容量が急激に増加している。また、クラウドコンピューティングは依然として国際的に注目されているトピックであり、今後クラウドコンピューティングの更なる発展のためには、通信効率の良い通信方式の発展が不可欠である。そこで、限られた周波数帯域において高速伝送を可能にする通信手段として、送受に複数のアンテナを用い、送受のアンテナ間で複数のデータを同一時間・周波数で通信することを可能とする MIMO(Multiple Input Multiple Output) 伝送が注目されている。現在 MIMO 伝送は、携帯電話や無線 LAN の最新標準化規格である LTE / LTE-Advanced, IEEE802.11n / ac など採用されており、今後、MIMO 伝送の更なる高速化・高効率化が求められている。

MIMO 伝送の更なる高速化の手法として、大きく以下の3つが考えられ、この観点から以下の検討1, 2を主要な検討項目とした。

- 高周波数帯の利用
- 送受信素子数の増加
- 空間分離技術の適用

【検討1】近距離 MIMO 伝送

高周波数帯を利用することで、帯域幅の増加が望める反面、ミリ波帯などでは空間での減衰が大きく、移動体通信への適用が困難である。そこで、本論文では近距離での通信に MIMO 伝送を適用した場合の簡易制御技術を検討した。

【検討 2】 Massive MIMO 伝送

MIMO 伝送では、送信・受信側の素子数を増加させることで、理論上では送受信アンテナ素子数倍のチャンネル容量を得ることができる。また、空間的に複数のユーザを分離し、個別に MIMO 伝送を行うマルチユーザ MIMO 技術が提案されている。マルチユーザ MIMO では、基地局の素子数以下のユーザとしか同時に通信ができず、ユーザ数の増加に対応するためには素子数の増加が必要となる。いずれの場合においても、素子数の増加に伴い、逆行列や固有値分解の計算が複雑になるため、信号処理量が増大してしまうという課題が存在する。また、多素子化に伴い増加する A/D(アナログ・デジタル)変換器等による消費電力の増加も大きな問題となる。そこで、本論文では基地局を多素子化する Massive MIMO 伝送に着目し、実伝搬データを用いた干渉除去特性と簡易制御技術を評価した。

審査結果の要旨

本論文は、送受に複数のアンテナを用い、送受のアンテナ間で複数のデータを同一時間・周波数で通信することを可能とする MIMO(Multiple Input Multiple Output) 伝送において、さらなる高速化・高効率化を実現する技術に関する。主な検討内容としては、i) 近距離 MIMO 伝送における簡易制御技術、ii) Genetic Algorithm (GA)により近距離 MIMO のアンテナ設計、iii) Massive MIMO における基本性能評価およびアンテナ選択、簡易制御の効果である。i)では、近距離 MIMO 伝送では、マルチパス環境である従来の MIMO 伝送とは異なり、直接波が主体となる環境である。近距離 MIMO の最適素子間隔において伝搬チャンネル行列がユニタリ行列になることを示したアナログ回路による簡易受信復号法を提案し、その効果を示した。ii) では GA を用いた提案法が近距離 MIMO において多素子アレーの設計で有効であることを示した。iii)では、2GHz 帯の実伝搬データを用いて Massive MIMO の基本的な特性を評価し、アンテナ構成や干渉条件によって、Zero Forcing(ZF)などのヌル形成を伴う干渉除去特性が必要になることを示した。さらに、20GHz 帯での Massive MIMO の基本性能についても明らかにした。このように複数の新技術の提案と実環境による効果の検証により、多素子 MIMO 伝送の簡易制御の今後の発展に大きく寄与することができた。

よって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。