

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	Wei Dai
論文審査担当者： 主査 慶應義塾大学教授 博士(工学) 大槻 知明			
副査 慶應義塾大学教授 博士(工学) 重野 寛			
副査 慶應義塾大学教授 博士(工学) 眞田 幸俊			
副査 Nanjing University of Posts and Telecommunications, Ph.D. Guan Gui			
(論文審査の要旨)			
B.Sc. (Electrical Systems), M.Eng. (Electrical Engineering), Wei Dai 君提出の学位請求論文は、「AI-Powered Optimization Approaches for Antenna Beamforming in Multi-Cell HAPS Systems (マルチセル HAPS システムにおけるアンテナビームフォーミングのための AI による最適化アプローチ)」と題し、全 6 章から構成されている。 近年, Beyond 5G (B5G) および 6G ネットワークにおける通信需要の急増に伴い, 高高度プラットフォームステーション (HAPS) システムが注目を集めている. HAPS は, 柔軟な展開性, 広域カバレッジ, および災害時の強靱性といった利点を備えており, 次世代の通信インフラとして有望視されている. 一方, マルチセル HAPS ネットワークにおけるアンテナビームフォーミングの最適化は重要かつ困難な技術課題であり, 従来の最適化手法では, 収束の遅さ, 局所解への収束, 動的環境への適応性不足などの課題が存在する. こうした背景のもと, 本研究では, 人工知能 (AI) を活用した 2 種類のビームフォーミング最適化手法を提案している. 第 1 章では, マルチセル HAPS における動的ビームフォーミングの背景と本研究の動機を示し, 論文の全体構成と主要な貢献について概説している. 第 2 章では, 関連研究を概観し, HAPS ネットワークの構成, 機械学習ベースの最適化技術, および既存のビームフォーミング戦略に関する知見を整理している. 本研究の技術的立ち位置と新規性を明確にするとともに, 従来手法の限界を指摘している. 第 3 章では, 提案手法の評価に用いる HAPS ネットワークのシステムモデル, アンテナ構成, ビームフォーミングモデル, および性能評価指標について述べている. 第 4 章では, クラスタリングを用いた粒子群最適化 (PSO) アルゴリズムを提案している. 調整型 K-means 法を用いてユーザクラスタを形成し, PSO の探索空間をセル単位で構造化することで計算コストを抑えつつ, グローバル最適解への到達性を向上させている. 実データに基づく評価により, 従来手法と比較してスループットや公平性の面で優れた性能を発揮することが確認されている. 第 5 章では, ConvNeXt V2 をベースとしたディープニューラルネットワークを用いたビームフォーミング予測モデルを提案している. PSO の反復計算を代替する形で, ユーザ分布マップから直接アンテナパラメータを推定する. 入力正規化と順序不変損失関数を導入することで, 汎化性能と頑健性を両立している. 実データによる評価では, 推論時間を大幅に短縮しつつ, 高い近似精度とスケーラビリティを実現しており, リアルタイム応用への展開が期待される. 第 6 章では, 提案手法の総括とともに, HAPS ネットワークにおける知的ビームフォーミングの可能性を論じている. また, アルゴリズム設計とネットワークアーキテクチャの両面における今後の研究課題について展望を述べている. 以上より, Wei Dai 君は, マルチセル HAPS におけるビームフォーミング最適化のために AI 駆動の新規手法を 2 件提案し, 実データに基づく多面的な検証を通じて提案手法の有効性と実用性を明らかにしている. 本研究は, 空中通信プラットフォーム, AI 最適化技術, および次世代ワイヤレス通信の分野において, 独創性と技術的意義の両面で高く評価される. よって, Wei Dai 君は博士 (工学) の学位を授与するにふさわしいと認める.			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および開放環境科学特別研究第 2 (情報工学専修) 科目担当で試問を行い, 当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した. また, 語学 (英語) についても十分な学力を有することを確認した.		