2024 年度年次報告書

CRONOS 中尾領域

2024 年度採択研究開発代表者

石橋 功至

電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター
教授

古典的無線設計から脱却した極限的性能を実現する無線通信システムの開発

研究開発体制：

佐藤 光哉 （電気通信大学 人工知能先端研究センター 助教）

石川 直樹 （横浜国立大学 大学院工学研究院 准教授）

高橋 拓海 （大阪大学 大学院工学研究科 准教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発では、近年の半導体、機械学習、量子技術、分散計算、光通信といった様々な技術の飛躍的発展を踏まえ、現在の統計学的な簡略化に基づく古典的無線設計を見直し、無線通信の妥協なき設計によって、極限的周波数利用効率の達成を目指す。具体的には、本研究開発では、超多数の小型分散アンテナを空間に稠密配置し、各ユーザの通信要求に応じてこれらを有機的に連携させ、ユーザ毎にテイラードセル (Tailored Cell) と呼ばれる仮想セルを介して通信を行うシステムを提案する。初年度である 2024 年度は、

- WP1：超多数のセンサによる物理情報を用いたあらゆる通信路状態の高精度推定技術
- WP2：大域的最適性を保証可能な無線特化型量子最適化技術に基づく無線資源割り当て
- WP3：通信路容量を達成する伝送方式と実時間演算可能な大規模最尤推定技術

の3つのワークパッケージ(WP)に取り組んだ。WP1では、機械学習に基づく無線環境推定の設計に先立ち、屋内における構造物情報の自動取得とレイトレーシング近似モデルに基づく電波伝搬特性の半自動シミュレーションフレームワークを提案し、この精度を評価した。さらに効率的な無線環境モニタリングに向けて、電源を持たないセンサによる通信基盤を確立した。WP2では、誤り耐性量子計算機を想定した資源割り当てアルゴリズムの開発と、誤り耐性量子計算機に頼らないスピン変数に対応したグローバル適応探索を提案した。さらに空間軸上の無線資源に対する古典的最適化手法を確立し、従来のセルフリーネットワークに対して数倍の周波数利用効率を実現可能なことを示した。WP3では、テイラードセルを構成する全機器間の同期および通信路推定技術の開発に取り組み、その基礎理論を構築した。具体的には、先進的なシステム構成として大規模マルチユーザ MIMO およびセルフリー大規模 MIMO において、周波数同期が不完全な状況下でも動作可能な復調アルゴリズムの開発を行い、その有効性を確認した^{1),2)}。

2. 代表的な論文

1) K. Ito, T. Takahashi, K. Ishibashi, K. Igarashi and S. Ibi, "Joint Channel, CFO, and Data Estimation via Bayesian Inference for Multi-User MIMO-OFDM Systems," in IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 24, no. 3, pp. 1898-1915, March 2025, doi: 10.1109/TWC.2024.3514210.

以上