

黒木陽那太*, 長尾勇平**, 黒崎正行**

(*九州工業大学大学院 情報工学府, **九州工業大学大学院 情報工学研究院)

1. はじめに

モバイルデータトラフィックの増加に伴い、大容量データを効率的に伝送する技術が求められている。MU-MIMOは複数端末への同時伝送を可能とするが、動画伝送では品質劣化が課題となる。MS-MIMOは、通信状態の良好な受信端末に重要なパケットを、通信状態の劣る端末には影響の小さいパケットを割り当てることで、誤りの影響を最小化し、動画品質の向上を図る方式である[1]。本研究の目的は、IEEE 802.11axに準拠したMS-MIMO画像伝送システム上での画質の評価と再送方式の検討である。

2. システム概要

本研究では、送信アンテナ2本を有するAPと受信アンテナ2本を有するSTA1・STA2から構成される環境である。送信画像はフレーム単位で符号化し、IEEE 802.11ax準拠の物理層を用いて伝送する。変調方式はQPSK~64QAM、誤り訂正はLDPC符号としている。

MU-MIMOでは、複数の受信端末に同一重要度でデータストリームを送信するため、画質への寄与度の高いパケットが通信状態の劣る端末に割り当てられた場合、画像全体の品質低下につながる。一方、MS-MIMOでは動画を画質への寄与度に応じてベースレイヤと拡張レイヤに分割し、通信状態の良好な端末に重要度の高いベースレイヤを、通信状態の劣る端末には拡張レイヤを割り当てる。これにより、誤りが発生しても画像全体の品質低下を最小限に抑制できる。

一方、無線環境では干渉やノイズによりパケットエラーが発生するため、再送制御が不可欠である。本無線伝送システムでは、受信端末においてビット誤りを判定し、ビット誤りがあれば再送を要求している。

加えて本研究では、無線伝送における再送制御方式についても検討を行う。MS-MIMOにおいて、ベースレイヤのパケットのみを再送要求の対象とする方式を想定する。この方式により、ベースレイヤは確実に受信され、最低限の画質を保証できると考えられる。さらに、拡張レイヤの再送を省略することで、再送制御に伴う負荷や遅延を抑制できると考えられる。

3. 画像伝送の性能評価と再送方式の検討

本研究では、MS-MIMOによる画像伝送の有効性を評価するため、JPEG2000形式の4K画像を用いて実機で画質評価を行う。図2に示すように、送信側は送信アンテナ2本、受信側(STA1, STA2)も各2本の受信アンテナを備え、画像はパケット単位でMU-MIMOおよびMS-MIMO構成を介して送信される。今回の実機評価では、MS-MIMOにおいてもベースレイヤと拡張レイヤに同一の最大再送回数を設定し再送を行っている。図3, 4に受信画像の一部を示す。MU-MIMOでは受信画像に劣化が生じる一方、MS-MIMOでは高いPSNRが得られ、原画像に近い復元が可能であることを確認した。実験結果より、MS-MIMOではレイヤ重要度に基づいた再送制御を組み合わせることで、効率的な伝送と画質の両立が期待できることが示唆される。特に、ベースレイヤの再送で最低品質を保証できる一方、拡張レイヤを再送省略しても高品質を維持できる可能性があると考えられる。このことから、今後の再送方式の検討において有用な知見が得られた。

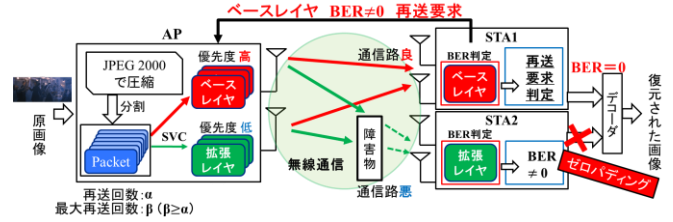


図1 MS-MIMOにおける再送方式の検討

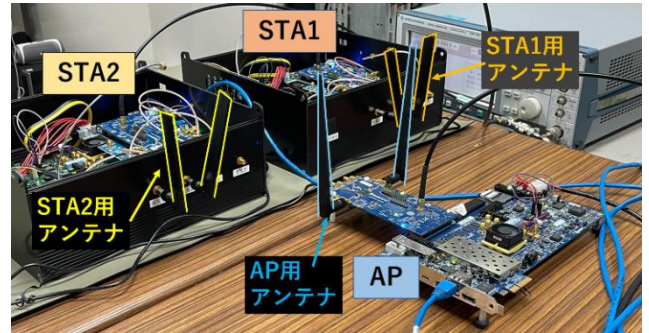


図2 無線通信における実機実装



図3 MU-MIMOにおける受信画像 (PSNR: 28.61dB)



図4 MS-MIMOにおける受信画像 (PSNR: 54.17dB)

4. おわりに

本研究では、IEEE 802.11ax準拠のMS-MIMO画像伝送システムを実装し、MU-MIMOより高い安定性と誤り耐性を確認した。さらに、MS-MIMOではベースレイヤのみで最低品質を保証できる可能性が示され、拡張レイヤを非再送とする方式の有効性が示唆された。今後は、レイヤ重要度に応じた再送制御を実機で検証し、効率と画質の両立を検討する。

5. 参考文献

- [1] Keigo FUKUDA, Masayuki KUROSAKI, Yuhei NAGAO, and Hiroshi OCHI, "Hardware Evaluation of Multi-Scalable Video Transmission," 2024 IEEE 29th Asia Pacific Conference on Communications (APCC) Dec. 2024.