マルチユーザーMIMO 処理による光空間多重通信の大容量化

Large-Capacity Spatial Multiplexing in Optical Communication by Multi-User MIMO Processing

1225068 小林 健輔 （光制御･ネットワーク研究室）
（指導教員 岩下 克 教授）

1. 研究背景・目的

近年，モバイル端末の普及により無線通信の需要が高まり，WiFi や Bluetooth などの無線通信が広く使われている．しかし電波を用いる無線通信は帯域の確保が難しく，高速化・大容量化が困難である．一方，光を用いた無線通信は帯域を確保しやすく，LiFi として規格されつつある[1].

本研究では同一の空間で異なる送信信号を空間多重し複数の機器が同時に通信できる多元接続を実現し，通信容量を増やすことを目標とする．電波における MU-MIMO(Multi-User MIMO)技術を光空間通信に応用し，MIMO 処理を送信側で適宜計算し送信することで，空間多重化を実現する．通常 MIMO を用いた通信では受信側で処理し信号を分離するが，送信側で処理を行った信号を送信することで受信側ではエリアごとに異なった光信号が分配されるため，分離処理が必要なく直接データを取り出せる．本提案について実験を行ったのでその結果を報告する．

2. 原理確認

通常 MIMO では複数の受信信号から伝搬特性を推定し，送信信号を分離するが[2]，本提案では送信側から空間の伝搬特性を考慮した信号を送信することで，それぞれの受信機では受信後に分離処理することなく異なる信号を受信することができる．受信機ごとに別々の信号を受信することができるので空間多重化を実現できる．伝搬特性は送受信機間のチャネル行列を求めることにより測定できる．

図 1 左側は空間多重化の原理確認のための実験系であり，右側は原理を確認した波形である．送信側は伝搬特性を考慮した処理を施してあり，受信側では 2 値のビットが受信できている．この実験では通信の課題である大容量化は解決できないため，大容量化を実現する実験を行った．

3. 実験構成

実験は 1 チャネル当り 50Mbps の信号を MU-MIMO 処理を施して送受信する．通信速度は DAC(Digital to Analog Converter)と LED，PD の周波数特性から 50Mbps とした．図 3 に DAC から信号が出力されるまでに信号に対して行われる処理の流れを示す．出力信号は 4B5B 符号化と NRZI(Non Return to Zero Inverse)符号化，さらに低域補償フィルタの処理を施すことで信号の歪みを抑えた．伝搬特性のチャネル行列は一定数データを送るごとに更新し，伝搬の変化に対応する．信号の受信は PD の信号をオシロスコープで取得し，PC 上の MATLAB でチャネル行列推定と MU-MIMO 処理を施した送信信号の作成を行った．送信信号は 256bit の M 系列であり，各チャネルで 10 ビットずつずらしている．チャネル行列推定時には既知の送信信号として 16bit の信号を送信する．

4. 実験結果

図 3 に受信信号のアイパターンを，図 4 に実験結果を示す．干渉度は自チャネルの光に対し他チャネルからの光の合計がどれだけ大きいのかを示す(式 1).

$$\text{干渉度} = \frac{\text{他チャネルからの光の合計}}{\text{自チャネルの光}} \qquad (1)$$

干渉度の小さい環境ではエラーフリーでの通信が可能であり，干渉度が大きくなるにつれ BER は悪化しているが，干渉度が大きい環境でもエラー数を低く保っている．このことから空間多重化が実現できていると言える．

5. まとめ

LED を使用した光通信において，MU-MIMO 処理による空間多重化が実現できた．さらに通信速度を向上させることにより通信の大容量化を達成した．

参考文献

[1] Haas Harald, *et al.* ”What is LiFi?.” *J. Lightw. Technol.* vol. 34, no. 6, pp.1533-1544, 2016.
[2] 久家靖史,”光空間並列伝送信号の MIMO 処理による分離,” 高知工科大学 2017 年度 学士課程 卒業論文

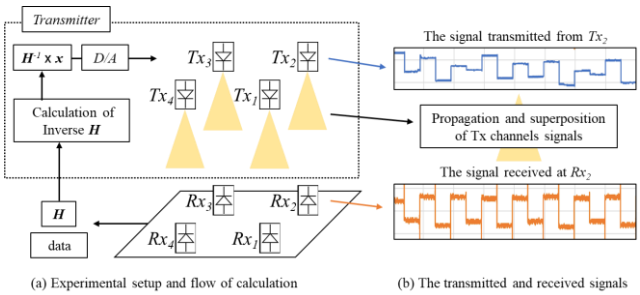

図 1. 空間多重化確認用実験系

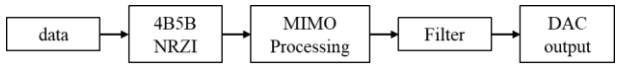

図 2. 出力される信号の流れ

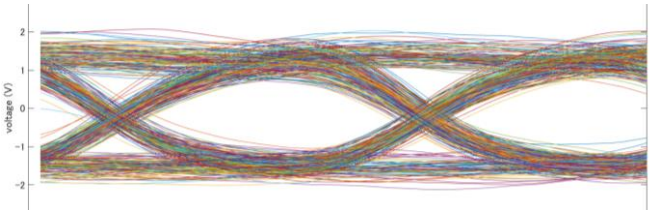

図 3. 受信信号のアイパターン

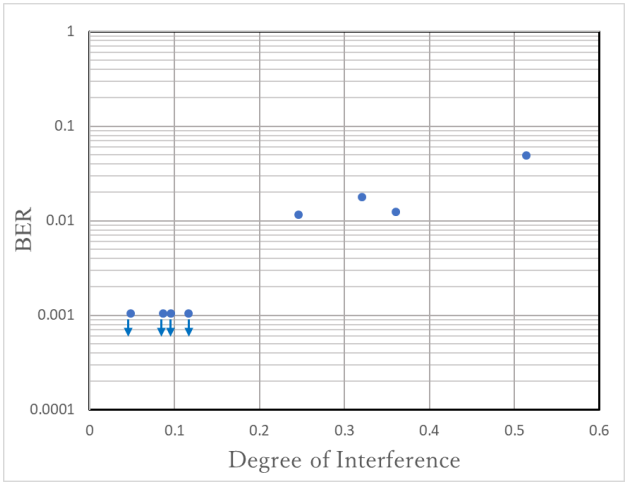

図 4. 干渉度と BER