

# マルチユーザ MIMO に BD 法プリコーディングを用いた光空間多重通信

Multi-User MIMO Visible Communication using Block Diagonalization Method in Downlink Precoding  
1220178 山本 涼平 (光制御・ネットワーク研究室)  
(指導教員 岩下 克 教授)

## 1. 研究動機・目的

データトラフィックの増加に伴い、無線 LAN の大容量化が望まれているが、無線 LAN では使用できる周波数に限りがある。これを解決するために可視光 LED を用いた VLC(Visible Light Communication)が注目されている。しかし、LED や PD(Photo Diode)などは光デバイスなどは高速化が難しい。そこで大容量化のために MIMO(Multiple Input Multiple Output)技術を用いた空間分割多重が検討されている。[1]

本報告では空間分割多重として光の干渉を低減した BD(Block Diagonalization)法を、4×4MIMO 通信に適用し、その特性を検討したので報告する。

## 2. MIMO プリコーディング

複数のユーザに信号を振り分けるマルチユーザ MIMO における干渉低減の方法として ZF(Zero Forcing)法と BD 法がある。ZF 法では伝搬チャネルの逆行列を用いて送信信号をプリコーディングし、BD 法では伝搬チャネルを特異値分解することで求めた、受信側固有ベクトル行列、送信側固有ベクトル行列を用いてプリコーディングした。[2]

SNR は以下の式(1)で求めた。ただし、 $S$ は信号振幅、 $\sigma_{PD}$ を回路の熱雑音、 $\sigma_{shoto}$ を光の干渉を含むショット雑音とする。

$$SNR = 20 \log_{10} \frac{S}{(\sigma_{PD} + \sigma_{shoto})/2} \quad (1)$$

## 3. ダイバーシティ

同一ユーザの受光部 (PD) は近い距離にあるためほぼ同じ信号を受信し、分離が難しいと考えられる。そこでダイバーシティにより受信信号を合成して SNR を増やす。ただし、この場合は合成する受光部には同じ信号が来るようにプリコーディングする。その方法として等利得合成 (EGC) と最大比合成 (MRC) がある。等利得合成で受信信号をそのまま合成する。最大比合成ではそれぞれの受信信号の信号対雑音比を掛けたものを合成し、最も高い SNR が得られる。[3]

## 4. 実験構成

図 1 に示す送信用 LED アレイを 4 個、受信用 PD を 4 個の構成でプリコーディング Multi-User-MIMO(MU-MIMO)の実験を行った。LED は 6×6cm の正方形の頂点に配置し、PD も同様に配置した。送信信号は用いた DAC の低周波数成分を補償するために 8B10B 変換を行い、その後、プリコーディングにより信号振幅を制御した。PD で受信した信号は 1.25GSample/s の AD コンバータでデジタル信号に変換し、オフライン処理を行った。チャンネル行列は 16bit のトレーニング信号を用いてあらかじめ測定し、BD 法及び ZF 法のウェイト行列値を計算し、プリコーディングにフィードバックした。変調速度を 50Mbps とし、LED と PD の距離を変化させることで光の干渉量を変化させて比較を行った。

## 5. 実験結果

図 2 に実験結果を示す。実験は同一のチャンネル行列で比較を行った。横軸が ZF 法の SNR 縦軸が BD 法の SNR となっている。対角線より上にあるプロット点は ZF 法より BD 法のほうが SNR で優れていて下にあると ZF 法のほうが優れている。左に行くほど干渉が多くなっている状態の SNR である。図 2 を見ると干渉が多くなる状態でも SNR が BD 法のほうが優れているプロット点が多いことが確認できる。図 3 はダイバー

シティの結果をプロットしたものであり、線で結んであるプロット点同士を合成した SNR である。受信信号を合成することによって SNR が向上したものの、劣化したものもあった。

## 6. まとめ

今回、光空間多重通信の MU-MIMO 伝送において、BD 法と ZF 法について実験的にその特性を比較した。BD 法は光の干渉が多い状況でも SNR が優れている状況を示した。また、ダイバーシティを行うと SNR を向上できたが SNR が劣化してしまうものもあった。

## 参考文献

- [1] 小林健輔, "マルチユーザ MIMO 処理による光空間多重通信の大容量化," 2020 高知工科大学, 卒業論文
- [2] 西森健太郎, マルチユーザ MIMO の基礎, コロナ社, 東京都, 2014.
- [3] Andrea Goldsmith, ゴールドスミスワイヤレス通信工学, 丸善株式会社, 東京都, 2007.

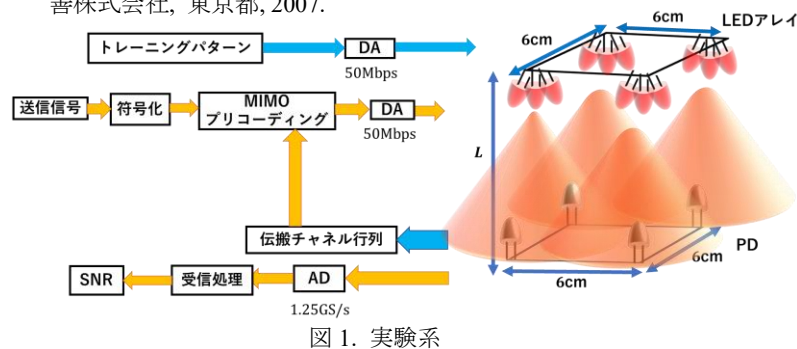


図 1. 実験系

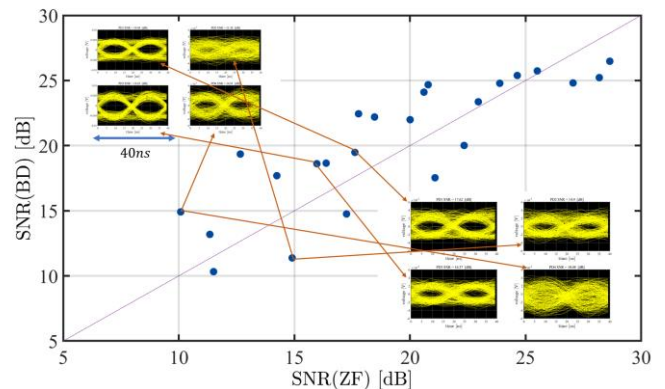


図 2. ZF 法と BD 法 SNR の関係

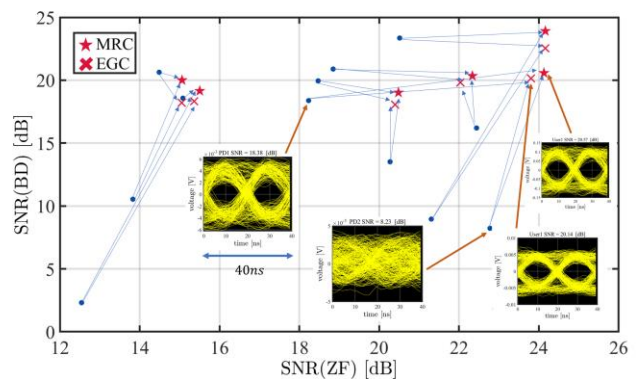


図 3. ダイバーシティ