

OFDM 信号のモード分割多重伝送への適用

1221001 秋山 美穂 (光制御・ネットワーク研究室)

(指導教員 岩下 克 教授)

1. はじめに

近年普及している光アクセスネットワークでは、通信事業者からの光信号は光スプリッタを介して全ユーザに送信されており、第三者に信号を盗聴される可能性がある。我々はマルチモード光ファイバを用いたモード分割多重伝送において、伝送路のチャネルの伝搬特性 H を MIMO 処理により求め、合波前の信号を制御することで、送信信号を所望のポートにのみ送ることが可能であることを確認した[1]。本研究は OFDM 信号をモード分割多重化に適用し、ネットワークの大容量化を試みたのでその結果を報告する。

2. OFDM におけるチャネル行列推定

図 1 に OFDM 信号の送信側の構成と、信号のスペクトル、受信後の構成を示す。送信データをサブキャリア数毎に区切って並列に並べ逆離散フーリエ変換することによりキャリアで変調することができる。受信信号をシンボル時間ごとに区切って並列に並べ離散フーリエ変換することで各サブキャリアのデータを復調することができる。トレーニングパターンをサブキャリアごとに割り当てて送信し、MIMO 処理を行って、各サブキャリアのチャネル行列 H_i を推定する。その後各サブキャリアには逆行列 H_i^{-1} をかけ送信データを復元する

3. 実験構成

図 2 に送受信が 2×2 伝送系における OFDM 信号を使用したモード分割多重伝送の実験系を示す。OFDM 信号は 1 シンボル 16 サンプル ($N=16$) とし、2~7 番目のサブキャリアを使用した場合と 5~7 番目のサブキャリアを使用した場合の 2 パターンで実験を行った。DAC のサンプリングレートは約 1.47GHz とした。

DAC を用いて 2 つの OFDM 信号 $x = (x_1, x_2)$ を出力し、2 台の光強度変調器で電気信号から光信号に変調した。その後モード依存性のある光カップラで光を合波しマルチモード光ファイバで 1km 伝送する。再び信号を光カップラに入れ分岐させ、光受信機で受信し電気信号に変換し、オシロスコープで 40GSa/s で AD 変換した。受信信号 $y = (y_1, y_2)$ とトレーニングパターンから伝送路のチャネル行列 H を求めて信号の分離した。

4. 実験結果

2~7 番目 ($n=2\sim7$) のサブキャリアを使用した場合は、チャネル行列を求めて MIMO 処理を行ったが分離出来た信号は、 y_1 のうちサブキャリアに 553.0MHz を使用していたものただ一つであった。 y_2 は全く分離出来なかった。

5~7 番目 ($n=5\sim7$) のサブキャリアを使用したときの、受信信号のスペクトルを図 3 に、MIMO 処理をかけた後のコンスタレーションを図 4 に示す。受信信号 y_2 の MIMO 処理後は雑音が多いものの信号点が 4 つに分離していた。しかし y_1 は 553.0MHz のサブキャリアで伝送した信号しか分離できなかった。

サブキャリアの周波数が高いほどコンスタレーションがきれいになり分離出来ていることが確認できたことから、信号が分離出来なかった原因は、サブキャリアが低周波にあることである。劣化の主な要因は相互変調積で干渉が発生していることだと考えられる。

5. まとめと今後の予定

OFDM 信号を用いたモード分割多重伝送において、サブキャリアを高い周波数においている信号は分離させることがで

きた。今後はサブキャリアを高域に置くことで MIMO 処理の精度が上がるか確認し、使用できるサブキャリア数を増やしていく。

参考文献

[1] 秋山美穂,他, "モードフォーミングネットワークにおけるフィードバック制御", 令和元年度電気関係学会四国支部連合大会, 12-10, 2019

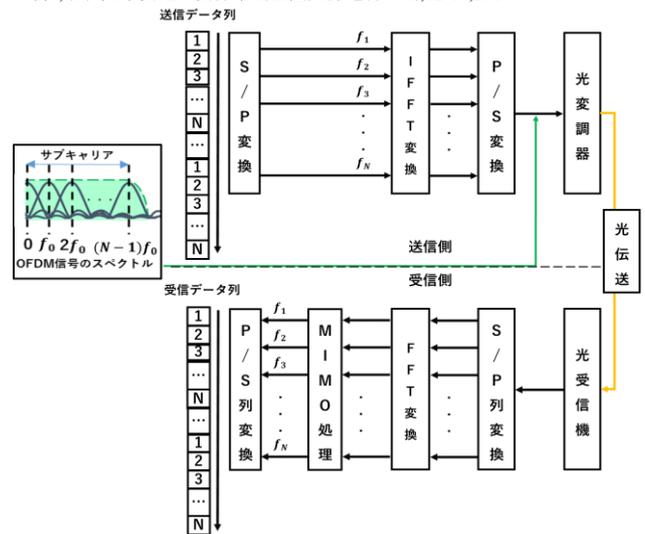


図 1 OFDM 信号の変調と復調

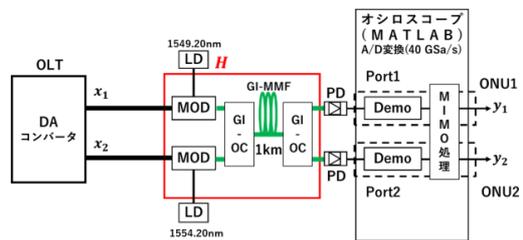


図 2 OFDM 信号を用いたモード分割多重伝送

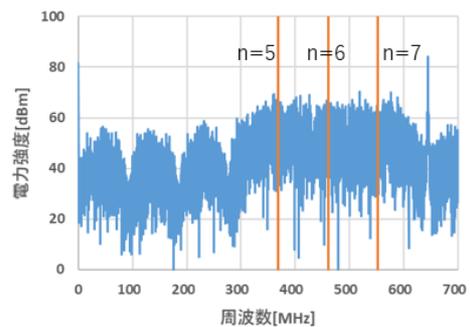


図 3 受信信号のスペクトル

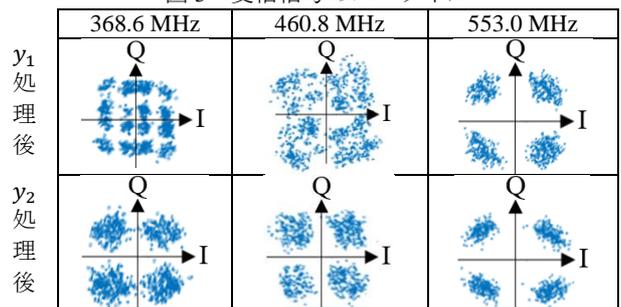


図 4 受信信号と MIMO 処理後のコンスタレーション