

# 拡散変調を用いたモード分割多重伝送の実現

システム工学群電子工学専攻  
1151005 松下 純也 (岩下研究室)

## 1.はじめに

急増するインターネットトラフィックに対応するため、光ファイバ伝送の更なる大容量化が必要である。我々はマルチモード光ファイバの各々のモードを通信路とするモード分割多重について検討している。信号と局部発振光の同時伝送方式する方法により IM-DD の場合に発生する信号間の積の項を除去する方法を提案した。今回、さらにこれらの信号に拡散符号により変調することにより多モードファイバでの信号分離を実現したので、その結果を報告する。

## 2.原理

IM-DD は自乗検波特性により、他のモードとの積により生じる干渉成分が除去できないため、モード分割多重伝送はできない。そこで我々は信号とわずかに波長の異なる局部発振光を同時に伝送し、受信することを提案した。この方法により、IM-DD で発生する積の項は電気領域では周波数が異なるため BPF により除去可能となる。しかしこの方法では他 ch の局部発振光との干渉が問題となる。そこで、信号と局部発振光を同時に伝送し、それぞれを受信する伝送系において各チャンネルを異なる拡散符号を用いて変調する方法を提案する。これにより、同一の局部発振光と信号の場合は信号が中間周波数に現れるが異なるチャンネルの場合は拡散される。したがって受信された信号は各チャンネルの線形の重ね合わせとなり、ワイヤレスシステムにおける信号と同様に扱うことができ、MIMO 処理を用いることにより分離可能となる。

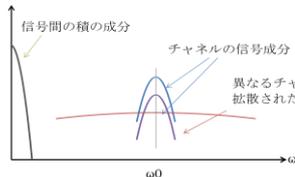


図 1. 拡散変調の信号のイメージ

## 3.実験系

実験系を図 2 に示す。GI ファイバを用いて実験を行った。2GHz の副搬送波を 100Mbps で BPSK 変調し、この信号を光強度変調器により光信号に変換した。光信号への変換に 90° 位相の異なる電気信号を用いて光強度変調したことにより、キャリアを含む単側帯変調を行った。さらに 10Gbps の疑似ランダム信号を用いて位相変調器を用いて拡散符号により拡散変調を行った。変調された信号は 2 つに分け、一方に約 2km の遅延を与え、ch1 と ch2 の相関をなくした。その後、2 つをそれぞれ GI ファイバに入射した後、合波した。合波した光は GI ファイバ内で完全に混合していると考えられる。合波した光を 2km の伝送路を通し、カプラで 4 つに分けて光受信器を用いて受信を行った。各受信器では 2 つのチャンネルの光をそれぞれ異なる比率で受信している。受信信号は MIMO 処理により 2 つの信号に分離してアイパターン等を表示した。

今回 MIMO 処理を図 2 に示す。Tx<sub>i</sub> から Rx<sub>j</sub> への伝送特性を示す。まず、チャンネル行列を求め、その逆行列を計算し、受信信号より、送信信号を求める。チャンネル行列は送受信で既知のパターン (トレーニングパターン) を用いてそれらの伝送特性より求める。受信信号をヒルベルト変換し、フレーム同期をかけトレーニングパターンの開始点を求め、チャンネル行列  $H$  を求め

ることができる。これは線形行列なので逆行列が存在し、それを左からかけ合わせることで受信信号  $Y=H \cdot X$  から線形変換により、送信信号  $X=H^{-1} \cdot Y$  を求めることができる。この方法により、複数のモードの混ざり合った信号を分離することができる。今回受信が 4ch、送信が 2ch なので、得異値分解により求めている。

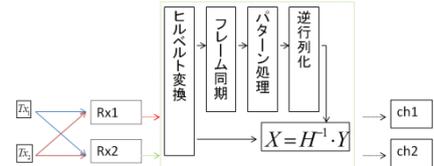


図 2.MIMO 処理

## 4.結果

PD での受信信号および、MIMO 処理後のアイパターンを図 3、4 に、コンスタレーションを図 5、6 に示す。図のように、PD での受信信号では信号が確認できなかったが、0.5~2km の伝送路を通した後もアイの開口およびビット誤りがなく、各 ch 受信できることを確認できた。また、コンスタレーションでも信号が分離出来ていることが確認できる。

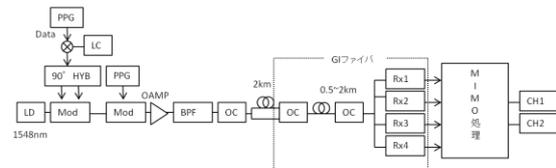


図 2. 実験系

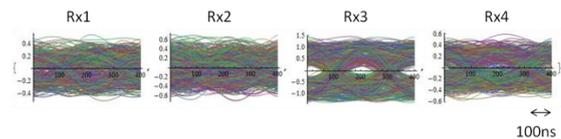


図 3.アイパターン (PD での受信信号)

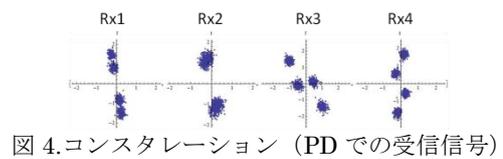


図 4.コンスタレーション (PD での受信信号)

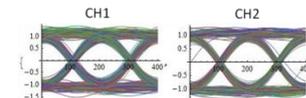


図 5. アイパターン (MIMO 処理後)

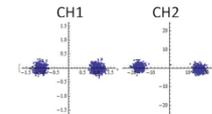


図 6. コンスタレーション (MIMO 処理後)

## 5.まとめ

今回、拡散変調による多モード分割多重伝送の実現を行った。多モードファイバにても、現在 2 つの信号までなら分離することができることがわかったので、モード多重伝送が実現した。