

偏波多重 QPSK 信号の適応等化処理

Optimization of Optical Dual-Polarization QPSK Using Adaptive Equalization

1220113 中谷 圭佑 (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

インターネットトラフィックの急増により、ネットワークの大容量化が望まれている。このような中、大容量光通信技術としてコヒーレント光通信技術が使われている。そこで本稿では、デジタルコヒーレント方式 DP (Dual Polarization)-QPSK 信号を受信し適応等化(CMA(Constant Modulus Algorithm))による復調を検討したので、その結果を報告する。

2. デジタルコヒーレント方式

デジタルコヒーレント方式とは、送信側でレーザー光を電気信号で変調して送信し、受信側で信号光とわずかに異なる周波数で発振する局部発振光、または信号光の周波数と位相が完全に一致した局部発振光を干渉させて偏波分離し、送信側の信号の I 成分、Q 成分を電気的に検出する方式である。

4. 復調プログラム

復調プログラムを図 1 に示す。BPD で光信号から電気信号に変換し、波長分散補償、位相同期、偏波多重分散、周波数補正、位相補償を経て復調した。また、コンスタレーションによる QPSK 信号の振幅と位相、ビット誤り率(BER)、CMA の μ の変化に対する補償の精度と速度、エラーベクトル(EVM) を信号品質評価とした。

4. 実験構成

実験構成を図 2 に示す。送信側では PPG(Pulse Pattern Generator)で 5Gbps の同じパターンの信号を 2 つ用意し、片方の同軸ケーブルをハード的に長くし 3 ビット遅延させ、疑似的に異なる 2 つの電気信号 I と Q を作成し、波長 1.55 μm の半導体レーザー(LD)で QPSK 変調した。この信号光を光カップラで 1:1 に分割し、PPG の遅延と同様に、片方の光ファイバを長くし 66 ビット遅延させ、疑似的に異なる 2 つの偏波(X 偏波と Y 偏波)を作成し、偏波多重した。受信側では、信号光とほぼ同じ波長の局部発振光と干渉させ、中間周波数を 7.5GHz とした光ヘテロダイン検波を行った。バランスフォトダイオード(BPD)で A/D 変換(40GSa/s)し、復調プログラムに通した。適応等化にはトレーニング信号に依存しないブラインド等化のひとつである、CMA(Constant Modulus Algorithm)を用いた。

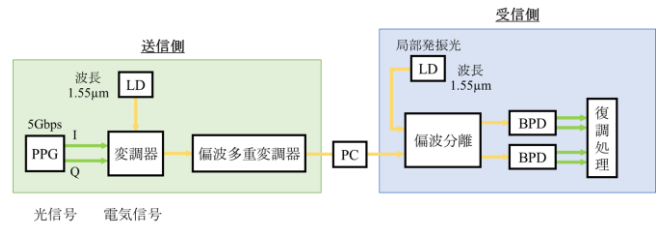
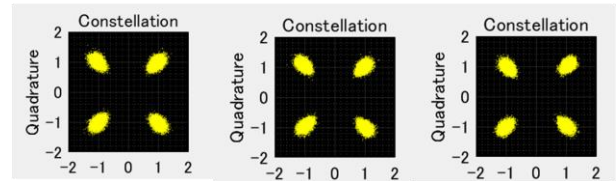
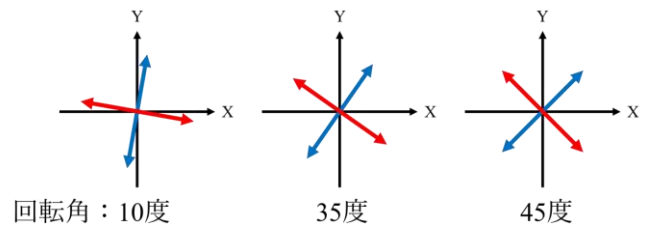


図 2 実験構成

5. 実験結果

10 度、35 度、45 度の回転角でのコンスタレーションを図 3 に示す。X 偏波、Y 偏波は光ファイバ内で様々な角度で伝送されるため、受信する時点での偏波の傾きを一定にすること



はできないが、CMA の働きによってコンスタレーションは 4 点に分かれ、BER は 0 に抑えることができた。しかし実験を行っている中で、光の強度が悪い状態の BER は 0 出ないことが多く、どのような偏波でも対処することはできなかった。

6. まとめ

CMA の特性上、偏波状態が悪くても受信感度が他の等化器より優れているため、BER の値は本来であればもっと低くなる。変調器のパラメータやビット遅延の正確さ、光ファイバの状態など様々な原因が挙げられる。実験を繰り返し探っていたが、確実な原因はわからなかった。受信光強度の変化に対する BER の値は光が減衰していくとエラーが発生しやすということが分かった。

参考文献

[1] 上山峻央,“偏波多重 QPSK 光ヘテロダイン検波方式の PLL による特性改善”, 高知工科大学 2018 年度卒業論文

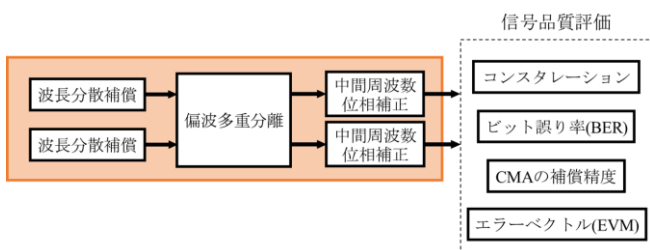


図 1 復調プログラムと信号品質評価