

マルチモード光ファイバを用いたアクセス系における信号制御

システム工学群 光エレクトロニクス専攻 岩下・小林研究室
1170021 大島 淨司

1. 研究背景・目的

現在広く普及している光アクセスネットワークにおいて、通信事業者からの光信号は、光スプリッタを介してすべての家庭の端末に送信される。各家庭の端末では、受信した光信号の中から、自分宛の光信号のみを電気信号に変換する処理を行っている。これは、第三者による信号の盗聴、解読の恐れがあるため、セキュリティ上非常に危険な状態である。そのため、所望の家庭の端末のみに所望の信号が送信される必要がある。本研究室においては、これを実現させる方法として、通信事業者からの送信信号に制御を加えることで行っている。受信信号から無線での運用が主である MIMO (Multi Input Multi Output) を応用することで、送信信号に付与する制御値を算出し、送信信号に付与する (フィードバック)。これによって制御を行い、所望の信号が所望の受信ポートのみに送信される実証実験を行った。

2. 原理

アクセス系における信号制御の原理を図 1 に示す。送信信号 X は、制御として付与する重み行列 W に従って 2 つの変調器 (Mod : Modulator) に分配される。これらの変調された信号を GI 型マルチモード光ファイバ (GI-MMF : Graded Index - Multi Mode optical Fiber) に入射させる。ファイバ内では、ファイバの伝送路係数を示すチャネル行列 H_M に従って、2 つの受信ポート Y にそれぞれ受信される。ここで、受信ポートは $Y = H_M \cdot W \cdot X$ と線形的に表され、 W にチャネル行列の逆行列 H_M^{-1} をフィードバックすることにより、 $Y = X$ となり、 x_1 は y_1 のみに送信され、 x_2 は y_2 のみに送信される。このチャネル行列は時々刻々と変化するため、この変化に対応して制御を行う。

3. 実験構成

図 2 に実験構成を示す。本実験では、送受信共に 2ch の場合で行った。1GHz の副搬送波を 100Mbps で変調した。一方は 100Mbps、もう一方は 2bit 遅延させた 100Mbps の信号を使用した。それぞれの信号を 2 分岐させ、制御値を付与して 2bit 遅延した他方の信号と加算させ、2 つの光変調器で強度変調した。その後、モード依存性のあるフェーズドファイバカップラを用いて 1 つの信号に合波させ、1km の GI-MMF に伝送させ、再びカップラで 2 つに分岐させた。そして、信号を 2 つの光受信器で受信させ、A/D 変換を行い、受信信号から MIMO 処理によって H_M を求め、制御値に変換して W にフィードバックを行った。また、そのまま復調 (Dem : Demodulator) するためにサブキャリア信号に対して単に同期検波で復調した。

4. 実験結果

x_1, x_2 の 2 つの信号を送信し、チャネル行列を求め、 W に H_M の逆行列をフィードバックし、受信した信号を処理した。受信信号に MIMO 処理を行わず、復調処理のみを行ったもので、アイパターンとコンスタレーション、及び送信信号との相関の結果を図 3 に示す。わずかながら所望の信号が別のポートにも送信されていた。

5. まとめ

MMF を用いて、送信信号を制御することで、所望の信号を所望の受信ポートのみに送信することは可能であることがわかった。

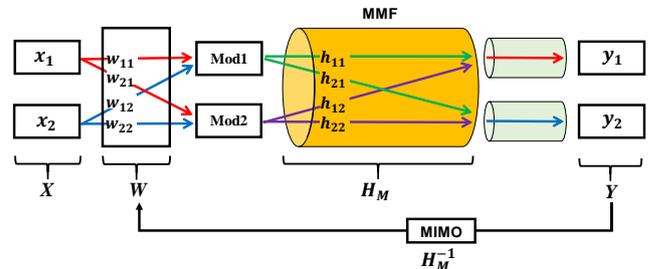


図 1. 送信信号の制御原理

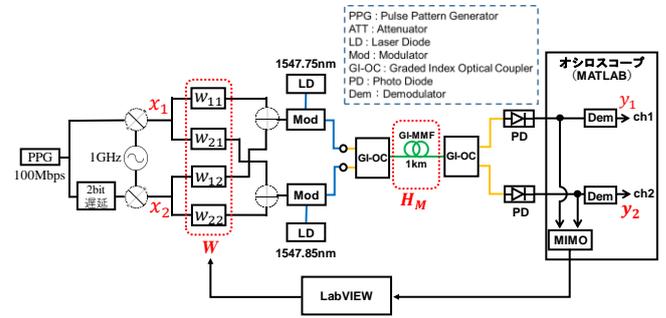


図 2. 実験構成

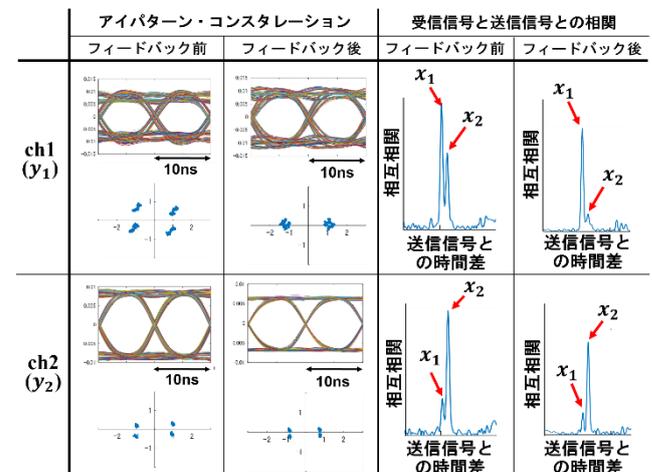


図 3. フィードバック前後のそれぞれのアイパターンとコンスタレーション、及び送信信号との相関