

# 独立成分分析を用いた OFDMA-PON における偏波回転補償

2013SE017 福岡慶剛

指導教員：奥村康行

## 1 はじめに

近年、次世代の光アクセスとして OFDMA-PON(Orthogonal Frequency division Multiple Access - Passive Optical Network) が注目されている。OFDMA-PON は現在様々な分野で用いられている OFDM 通信方式を光通信に応用したものであり、PM(Polarization Multiplexing)-OFDM である、データの搬送には直交偏光を用いている [2]。OFDMA-PON は PON 構造を持ち、高速通信、周波数帯域の効率の上昇、コスト問題の対策が見込まれている [2]。

しかしながら、直交偏光に信号を乗せ伝送を行う途中、光ファイバへの外部からの力などにより、偏波回転が発生してしまう。偏波回転では伝送に用いる水平偏光、垂直偏光が互いに干渉してしまう。この影響により、BER が高くなり通信に支障をきたす問題が発生する [1]。

先行研究 [3] ではこの課題に対して適応フィルタを用いて補償しているのに対し、本研究では独立成分分析を用いて偏波回転の補償を行い、BER の改善を明らかにする。

## 2 OFDMA-PON

OFDMA-PON は PON 技術を用いた光アクセスの一つであり、帯域幅の利用効率の向上、コスト問題の解決などを望むことが出来る [2]。

TDMA 通信方式と OFDM 通信方式の技術を組み合わせたものであり、OFDM サブキャリアを異なるタイムスロットで、異なるサービスに動的に割り当てる事が可能である。TDM-PON, WDM-PON のアーキテクチャを共存させている [1]。

図 1 に POLMUX-OFDMA-PON の実験システムの構成図を示す [2]。PON 構造の OLT(Optical Line Terminal) 側では外部共振器レーザーが IM を作動させ、50GHz 光インターリーバを経て、2つの光キャリアを生成する。光キャリアは IM により、それぞれ独立した RF OFDM 信号に変調される。その後、POLMUX キャリアを有する POLMUX-OFDM 信号を生成するため、IM を出力された信号が、PBC により組み合わせられる。最後に、25GHz インターリーバを介し SSB-POLMUX-OFDM 信号が生成される [1]。

ONU(Optical Network Unit) 側では受信した POLMUX-OFDM 信号は PBS を介し分離される。信号はそれぞれ PD により検出される。検出された信号はこの段階では直交偏光成分を持つ RF 信号である。そのため ADC で OFDM Receiver により各々ベースバンドにダウンコンバートされる。最後に、MIMO PolDeMux Receiver で DSP アルゴリズムを介し元のデータへ復元する [1]。

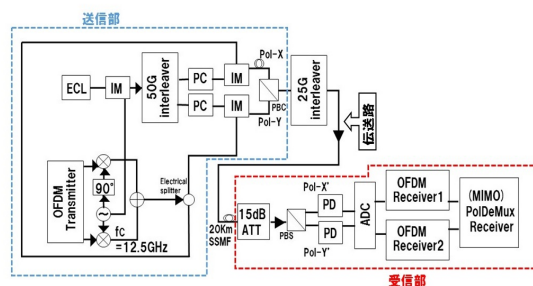


図 1 POLMUX-OFDMA-PON 構造図 [2]

## 3 OFDMA-PON の問題

OFDMA-PON は直交偏光を用いて通信を行う。通信中、光ファイバへの外部からの力等により、水平偏波と垂直偏波がお互いに干渉を起し BER が高くなり、通信が不可能となる [1]。

この問題に対し参考文献 [3] では、適応フィルタを用いて偏波回転を補償しているのに対して、本研究では、統計的解法の独立成分分析を用いて、補償を行い、通信を可能とすることを目的とする。

図 3 に本研究の概略図を示す。図 3 中の入力信号の偏波 X と偏波 Y は出力では偏波 X' と偏波 Y' のいずれかの偏波信号成分に遷移してしまう。干渉してしまった信号を独立成分分析を用い、元の偏波に戻す事を本研究では行う。

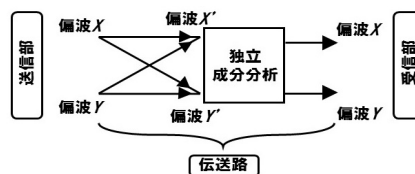


図 2 独立成分分析を用いた偏波回転補償の概略図

## 4 独立成分分析

独立成分分析は、複数の信号源が互いに独立であることを前提に、信号源からセンサーまでの伝達特性を未知として、センサーでの観測データから統計的に元信号を推定するというものである。独立成分分析は音声分離、脳波処理、画像解析などに用いられている [5]。

本研究は独立成分分析の一つの解法である、自然勾配法を用いて、偏波回転で干渉したデータの補償を行う。

## 5 シミュレーション

本研究では独立成分分析による偏波回転の補償を MATLAB でシミュレーションを行った。

表 1 に本研究のシミュレーションの条件を示す。また偏波回転無しの状態では独立成分分析は行っていない。

表 1 シミュレーションの条件

評価方法	SER(Symbol Error Rate)
データキャリア変調方式	16QAM
Symbol 数	500 から 10000
伝送路条件	AWGN + 偏波回転
SNR	0dB から 24dB
偏波回転角度	0度(回転なし) から 80度
自然勾配法のステップ幅	0.00001

## 6 シミュレーションの結果・考察

図 3 に Symbol 数 500, 図 4 に Symbol 数 3000, 図 5 に Symbol 数 5000, 図 6 に Symbol 数 10000 の場合の偏波回転補償のシミュレーションの結果を示す。

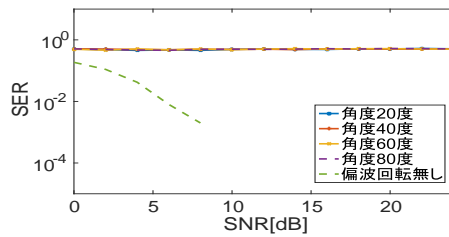


図 3 Symbol 数 500 のシミュレーション結果

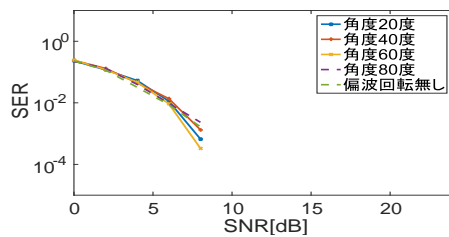


図 4 Symbol 数 3000 のシミュレーション結果

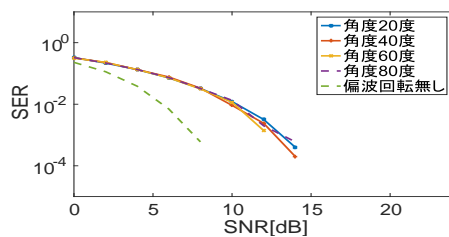


図 5 Symbol 数 5000 のシミュレーション結果

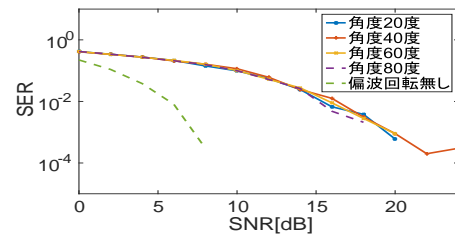


図 6 Symbol 数 10000 のシミュレーション結果

図 3 の結果より Symbol 数が少なければ補償が不可能であると分かる。Symbol 数が少ない状態では BER 曲線は 1 付近を推移し, SNR にかかわらず通信が不可能な状態が続いている。これは独立成分分析が統計的な解法のため, 用いるデータ数が少なく, 結果に影響したと考えられる。

図 3 の結果では Symbol 数を 3000 まで増やす事により, SER 曲線は偏波回転していない状況と同様の曲線を描いている事が分かる。これは, 偏波回転が起きていても, 起きていない状態と同様に通信が可能である事を示している。よって, 独立成分分析で偏波回転の補償は可能である。

しかしながら, 図 4,5 を見てみると, Symbol 数が増加するにつれ, SER 曲線は悪化していくことが分かる。Symbol 数が増加しすぎてしまうと再び通信が不可能になってしまう。

そのため, 独立成分分析を偏波回転の補償に用いることは, 一定の Symbol 数の範囲で有用であると言える。

## 7 今後の進展

本研究では MATLAB でシミュレーションを行ったのみであり, 光通信上で独立成分分析を用いての補償は有用であるか不明確である。そのため今後は光通信シミュレータである OptSim を用いて, 光通信上でも有用であることを検証していく。

## 参考文献

- [1] Dayou Qian, Neda Cvijetic, "108 Gb/s OFDMA-PON With Polarization Multiplexing and Direct Detection," IEEE J. Lightw. Technol, pp.484-493, vol.28, no.4, February 15, 2010.
- [2] William Shieh, Ivan Djordjevic, "OFDM for Optical Communications," Elsevier Inc. 2010.
- [3] 岡田 真人, "適応フィルタを用いた OFDMA-PON における偏波回転補償の研究," 南山大学大学院数理解情報研究科 2013 年度修士論文.
- [4] 五反田 博, 石橋 孝昭, 石崎 宣生, 井上 勝裕, "独立成分分析の基礎と応用," 数理解析研究所講究録, 第 1743 巻, 2011 年, pp.6-20.
- [5] 陳 延偉, "独立成分分析法 (ICA) のパターン認識・画像処理への応用と MATLAB シミュレーション," トリケップス, Dec. 2007.