

偏波多重コヒーレント光 OFDM における サンプリングおよびキャリア周波数同期方式 Sampling and Carrier Frequency Synchronization Methods in Dual Polarization Optical Coherent OFDM

1245063 森 匠平 (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

光 OFDM(直交周波数分割多重)方式[1]は光周波数帯域を有効に活用でき、偏波多重技術と組み合わせることで通信の大容量化が期待できる。しかしシンボルレートが低下するため光源の位相雑音[2]やキャリア周波数オフセット(CFO)、サンプリング周波数オフセット(SFO)、伝送中の偏波状態の変動により信号が劣化する。この問題をトレーニングシンボル(TS)やガードインターバル(GI)、パイロットシンボル(PS)によって解決できることを確認したのでその結果を報告する。

2. 光 OFDM における問題と復調処理

図 1(a)に CFO、(b)に SFO のイメージを示す。CFO は送受の光源の間の周波数のずれにより発生し理想的な OFDM 信号では 1 つ目のサブキャリアの位置が f_0 となる Δf のずれが発生する。SFO は送受信機の発振周波数誤差から発生し受信 OFDM 信号を標本化する際に時間経過とともにサンプリングのずれが起こる。図 2 に送信信号の構成を示す。送信信号は TS①と TS②、情報部分の 3 つで構成し、復調処理の流れを図 3 に示す。まず TS①を用いて受信信号のタイミング同期、前後のシンボルの位相差から CFO を推定し補正を行う。次に TS②によって MIMO 処理により受信後の偏波分離を行う。その後 2 つの TS を除去する。情報信号は送信サブキャリア数 6(2 つが PS)であり、それぞれのシンボルにシンボルの 1/8 の長さの GI を付加した。まず OFDM 信号の PS で光源の位相雑音を補償した後 1 シンボルごとに GI を除去し FFT で各サブキャリアの信号を取り出す。この際 GI と GI のコピー元の部分の位相差からも CFO を推定する。FFT 後の 2 つの PS の前後のシンボルの位相差から SFO を推定し FFT ポイントの補正(SFO 補正)を行う。

3. 実験構成・結果

偏波多重 OFDM 信号において信号受信後に CFO と SFO の補正を行うことを目的として実験を行った。実験の構成を図 4 に示す。まず MATLAB 上で送信 OFDM 信号を作成し、サンプルレート 1.47456[GSample/s]の DAC を用いて信号光(波長:1.55[μm])を変調しシンボルレートが 81.92[MSymbol/s]の光 OFDM 信号を作成した。作成した光 OFDM 信号を光カップラ(OC:Optical Coupler)によって分波し、うち片方を送信 OFDM 信号の 4 シンボル分遅延させ偏波ビームスプリッタ(PBS:Polarizing Beam Splitter)で合波することで偏波多重信号としその信号に光ヘテロダイン検波を行った。サンプルレート 10[GHz]で A/D 変換を行い、図 3 の流れで両偏波の信号の復調を行った。SFO の積算結果を図 5 に示す。傾きが正であることから SFO は正であると判断され時間経過とともに FFT ポイントを +1 ポイント補正した。CFO を変化させたときの SFO 補正ありとなしの場合の復調結果を図 6 に示す。SFO 補正ありとなしの場合で BER はそれぞれ -40~40[MHz]の範囲で 1.0×10^{-4} 程、 1.0×10^{-2} 程になりそれを超えると急激な劣化が見られた。-40~40[MHz]を超える範囲で正確な CFO 補正を行うことができなかつたと考えられる。

4. まとめ

OFDM 信号において問題となる CFO や SFO を送信信号に TS を付加することや PS を利用することで受信後に補正を行いその影響を低減した。

参考文献

- [1] A.Sano, et al., *J.Lightw.Technol.*, Vol. 27, No. 16, pp. 3705-3713, 2009
- [2] 森匠平,他, " 差動符号化を用いたコヒーレント光 OFDM における位相雑音の補償", 令和 2 年度電気関係学会四国支部連合大会, 2020

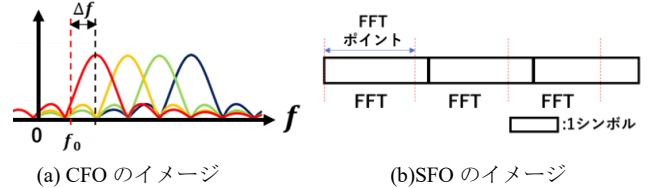


図 1 光 OFDM における問題



図 2 送信信号の構成

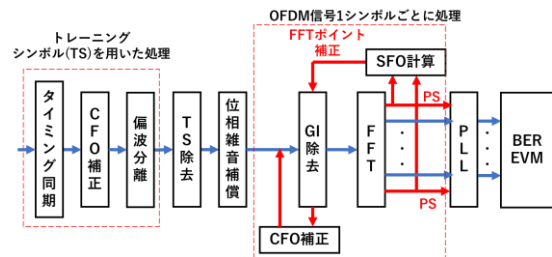


図 3 復調処理の流れ

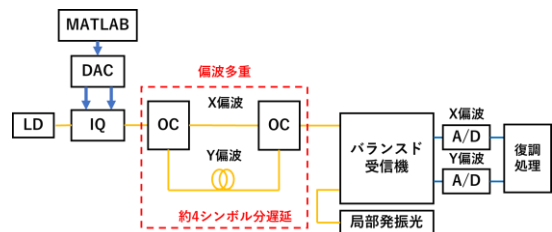


図 4 実験構成

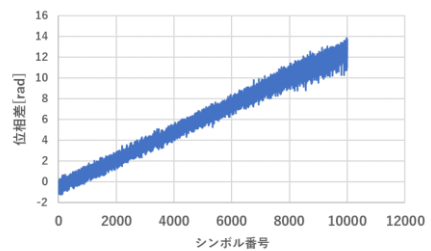


図 5 SFO の推定結果

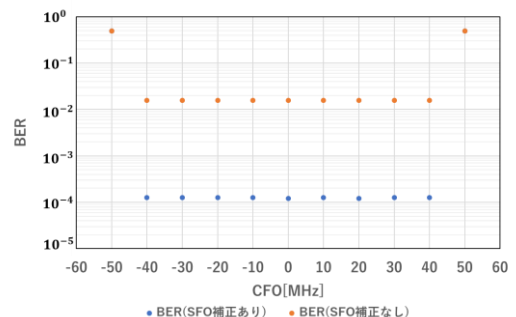


図 6 復調結果