

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

1190052 上山 峻央 (光制御・ネットワーク研究室)

(指導教員 岩下 克 教授)

1. 研究背景・内容

近年、通信の更なる大容量化が要求され、デジタルコヒーレント方式により大容量化が進められている。しかし、偏波多重(DP)QPSK はイントラダイン検波を用いているため、受信回路が複雑な構成となっている。そこで本稿では、受信機の構成が簡単なデジタルコヒーレント方式 DP-QPSK 光ヘテロダイン検波において偏波多重分離及び、PLL による特性改善を行ったその結果を報告する。

2. 実験構成

DP-QPSK 方式の実験系を図 1 に示す。波長 1.55 μm の DFB-LD の出力を QPSK 変調し、その信号光を偏光ビームスプリッタ(PBS)を用いて 2 等分し、その片方は偏光保持ファイバ(PMF)で 17 ビット遅延させ、再び PBS を用いて合波し、擬似的な 20Gbps 偏波多重 QPSK 変調信号を得た。この DP-QPSK 信号光を長さ 120km のシングルモードファイバ(SMF)を送った。受信機ではこの信号光を直交する 2 つの偏波成分(X,Y 成分)に分離した後、7.5GHz 離れた局部発振光と合波し、両偏波の出力をバランスフォトダイオード(BPD)により電気信号に変換後、A/D 変換(40GSa/s)し DP-QPSK 信号処理を行った。DP-QPSK 信号処理のブロックを図 2 に示す。X,Y 成分それぞれの信号をベースバンドに変換し、MIMO 処理により、垂直偏波、水平偏波に分離した(偏波分離)。それぞれを位相同期回路(PLL)に通し、復調した。

3. 実験方法・結果

偏波依存性を調べるために、0 度直線偏波、45 度直線偏波、円偏波において BER を測定した。実験結果は図 3 のようになり、偏波に依存しないことがわかった。最適化した PLL ($\omega_n=1.8 \times 10^8 \text{Hz}$, $\zeta=10$) と最適化していない PLL ($\omega_n=10^9 \text{Hz}$, $\zeta=0.5$) の特性比較を行った。 ω_n は自然周波数、 ζ はダンピングファクタである。局部発振光強度は 10.23dBm とした。離調特性は、中間周波数を本来の周波数から $\pm 100 \text{MHz}$ の範囲で 10MHz 間隔で変化させながら、それぞれの PLL においてエラーベクトル振幅 (EVM) を求めた。結果は図 4 のようになり、最適化した PLL の方がどの中間周波数においても EVM が小さいということがわかった。受信光強度によるビット誤り率 (BER) の変化は、受信光強度を -31~25dBm まで 1dB 間隔で変化させながら、それぞれの PLL において BER を求めた。実験結果は図 5 のようになり、いずれの光強度においても最適化していない PLL よりも最適化した PLL の方が BER が小さい値となった。-32dBm 以下の光強度においては、最適化していない PLL では位相雑音を追随できなかった。

まとめ

PLL を最適化することによって、偏波多重 QPSK 光ヘテロダイン検波方式において特性改善をすることができた。

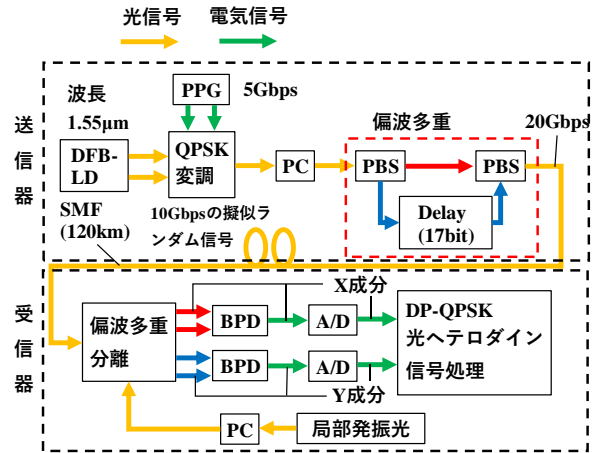


図 1 DP-QPSK 方式の実験構成

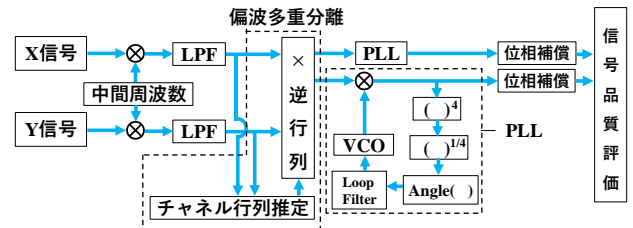


図 2 DP-QPSK 信号処理プログラムブロック図

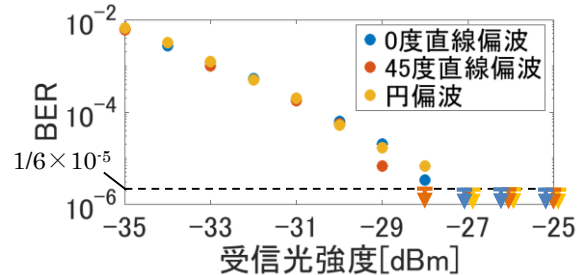


図 3 偏波特性

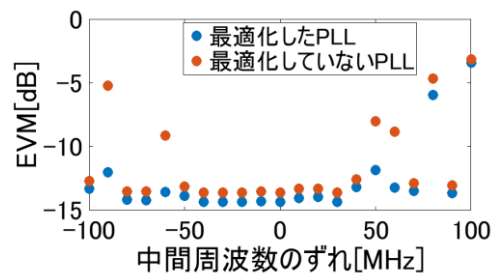


図 4 離調特性

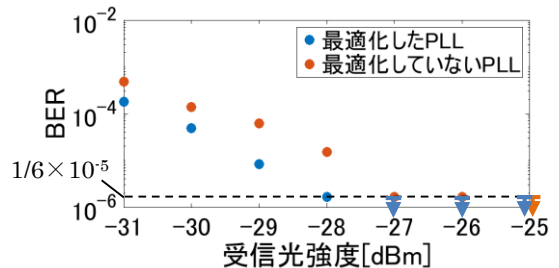


図 5 受信光強度による BER の変化