LD スペクトル拡散直接変調を用いたモードフォーミングネットワークの実現

Implementation of Mode-Forming Network using LD Direct Modulation of Spread Spectrum

1235117　小野　一成（ネットワーク・光制御研究室）
（指導教員　岩下　克　教授）

1. はじめに

近年インターネットトラフィックが年々増加し,ネットワークの大容量化が求められている．大容量化のためにマルチコアファイバやモード分割多重などの空間分割多重が研究されている．

本研究室ではサボキャリア多重技術を用いたード分割多重の研究をしている．本研究では変調器に加え，拡散変調器が必要なため，送信機が複雑になる．本報告では直接変調 LD のチャーピングにより光スペクトルが広がる性質を利用して，拡散変調を行い，干渉の低減を検討した．さらにモードフォーミングにより，所望の出力ポートに所望の信号を配信する．

2. 実験構成

本実験では，周波数差 0GHz でもフィードバック制御できることを目的としている．図 1 に LD の直接変調の原理とバイアス電流を閾値+10mA に固定し，変調振幅を変化させたときの光スペクトルを示す．LD を電気信号で直接変調すると，バイアス電流が発振し，LD から出射される光も同様に発振する．これが光信号となる．出射される光のスペクトルは閾値を超えるほど広くなるが，出射される光信号は歪んでしまう．この時，高調波が発生してしまうが，今回は高調波を避けて復調しているので問題ない．また，変調振幅を大きくしたときに光スペクトルが広がることが分かった．本実験では，バイアス電流を低くし過ぎると，LD の光量が小さくなり，光伝送後の PD で受講できなくなる可能性があったため，バイアス電流に対して，変調振幅を大きく設定している．

図 2 に実験構成を示す．動作としては 1GHz の副搬送波を 100Mbps の疑似ランダム信号を BPSK 変調し，波長 1.6 μmの DFB-LD を直接変調した．変調後，2 つの信号をカップラに入れ，1km の GI ファイバー(OM2)を伝送し，カップラで 2 つに分け受光し，復調した．また受信信号はチャネル行列推定を行い[1]，全体行列 H を求めて，MMF の行列 H_{MMF} を推定し，重み行列 W の部分が H_{MMF} の逆行列 H_{MMF}^{-1} になるような減衰と位相のデータを送信し，フィードバック制御を行った．各 LD はバイアスを閾値から+10mA に設定し，これらの動作を LD の周波数差を 0GHz で 900 回(1 回のフィードバックで 2.3 秒)行った．また変調振幅は重み行列の操作により変化しており，振幅の振れ幅は 52～88 $\mathrm{mA_{pp}}$ だった．

3. 結果

図 3 はフィードバックを 900 回起こったときの全体行列 H の各成分と復調後のアイパターンを示したものである．フィードバック開始後は H の成分は h_{12}，h_{21} に対して h_{11}，h_{22} の成分が非常に大きくなっており，アイパターンも開いている．これは $y_1=x_1$ に，$y_2=x_2$ の形になったことを表しており，加えてこの状態を長時間安定していたことを表している．図 4 は長時間のフィードバック制御が上手くいくときといかないときの受信信号のスペクトルである．両者をひかくすると，上手くいくときのスペクトルは比較的平らになっているのに対し，上手くいかないときのスペクトルはいびつなスペクトルになっていることが分かる．これは上手くいく場合のスペクトルは十分にスペクトル拡散が行われていて，自乗検波した時，強度の高いビートが現れにくいのに対し，上手くいかない場合は十分にスペクトル拡散が行われていないため，強度の高いビートが現れ，チャネル行列推定に悪影響を与えてしまったためであると考えられる．

4. まとめ

LD の直接変調による光スペクトルの拡散によって，周波数差 0GHz の状態でフィードバック制御することができた．

参考文献

[1] Bishal Poudel, “Passive Optical Delivering Network Using Conventional Graded-Index Multi-Mode Fiber with Mode Division Multiplexing and Sub-Carrier Multiplexing” March 2018

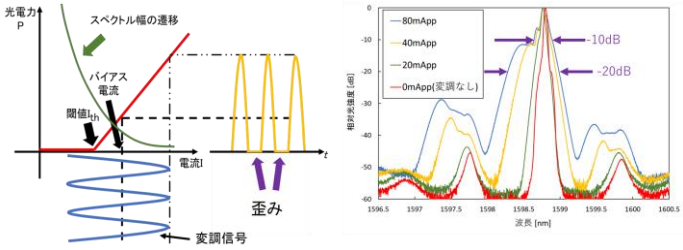

図 1. LD の直接変調の原理および光スペクトルの変化

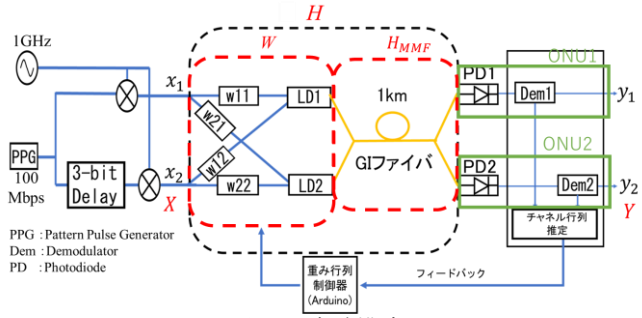

図 2. 実験構成

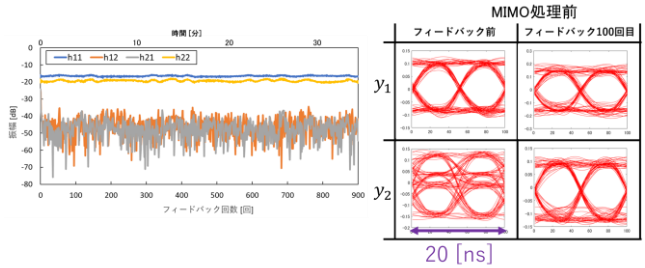

図 3. 全体行列 H の各成分とアイパターン

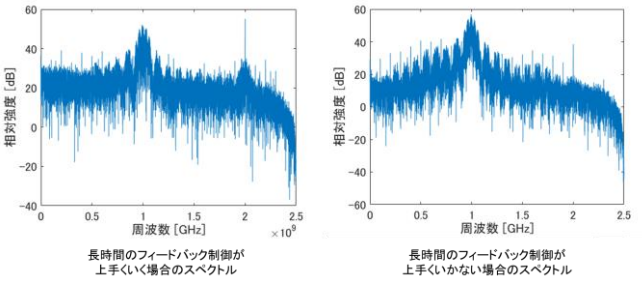

図 4. 長時間フィードック制御が上手くいくときと上手くいかないときの受信信号のスペクトル