

クリップ送信方式による QAM と OOK 信号の共存するネットワークの誤り率特性に関する研究

2014SC058 小川翔輝

指導教員：奥村康行

1 はじめに

現在、通信事業者は光アクセスとして PON(Passive Optical Network) を用いてインターネット等サービスを提供している。将来的に、更なる高速・大容量化が望まれるなか、WDM(Wavelength Division Multiplexing)-PON など盛んに研究が行われている。しかし現在の技術を用いて経済的にシステムを運用するためには WDM-PON ではコストがかかる。

そのため先行研究では WDM を用いず OOK(On-Off Keying) 信号と PSK(Phase-Shift Keying) 信号または QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 信号を共存させる方式 [1] に着目している。さらに運用コストを下げる方法として電気信号のマイナス成分をクリップしてプラス成分のみを光信号に変換して送信する方式(クリップ送信方式)[2] が提唱されている。

先行研究では [2], 16QAM 変調された電気信号ををクリップして SDM(Subcarrier Division Multiplexing)-PON を用いてシミュレーションを行っていた。本研究ではクリップ送信方式を用いて OOK, PSK, QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 信号の特性を SNR で評価する。

2 クリップ送信方式

光信号を送信する方式として、変調された電気信号に直流成分を加えてプラス成分のみを信号にして光に変換して送信する方式(バイアス送信方式)が用いられる。しかし、バイアス送信方式を用いることで必要以上に光送信電力が大きくなる可能性がある。これを解決するために、クリップ送信方式が提案されている [2]。クリップ送信方式とは、変調された電気信号のマイナス成分をクリップして光信号に変換して送信する方式である。

先行研究では、8 台の ONU(Optical Network Unit) から OLT(Optical Line Terminal) へ 16QAM と SDM-PON を用いて評価を行っている。8 台の OLT から受信した信号から 1 台の OLT から送信された信号を処理する方法を図 1 に示す。

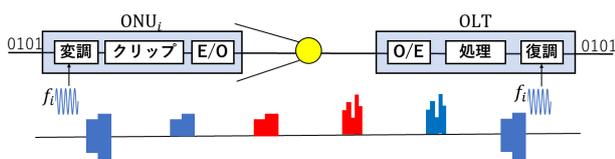


図 1 クリップ通信方法のイメージ [2]

本研究では ONU-OLT の 1 対 1 でシミュレーションを行う。クリップされた信号は π 時間相当だけずらした後振幅を反転させてクリップされた信号に加えてクリップ前の信号を再現する。

3 OOK 信号と PSK 信号の共存方法 [3]

OOK 信号と 8PSK 信号を共存させるとき、OOK 信号に 1 ビットと 8PSK 信号に 3 ビット割り当てられるので 4 ビット 1 シンボルとして送ることができる。このときのコンスタレーションを図 2 に示す。

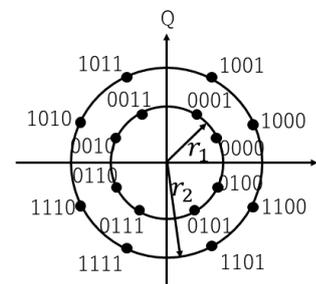


図 2 OOK と 8PSK の共存 [1]

OOK 信号が 0 のときを内円、1 のときを外円とする。また、図 2 に示す r_1 及び r_2 は OOK 信号の光の強度による振幅である。OOK 信号と PSK 信号の共存と内円と外円との距離により BER のトレード・オフが発生する。

先行研究 [1] では signal shaping を用いて BER の改善及び受信電力の改善が行われている。signal shaping は BER を増大させることなく少ない最小平均電力で信号を生成する技術である [4]。OOK 信号にのみ signal shaping を shell mapping を用いた手法、畳み込み符号を用いた手法と 7-4 ハミング符号を用いた手法で評価している。QAM 信号も PSK 信号同様に signal shaping を行う。本研究では先行研究 [1] 同様、shell mapping を用いた手法、畳み込み符号を用いた手法と 7-4 ハミング符号を用いた手法で評価する。

4 シミュレーション

本研究ではクリップ信号を使用するため帯域系と等価低域系の両方を考慮してシミュレーションを行う。プログラムの主な流れを図 3 に、シミュレーションの条件を表 1 に示す。

本紙では紙面の都合上 OOK 信号と QPSK 信号においてクリップ処理を行ったもので行っていないもの、shell mapping を行ったものと signal shaping を行っていない

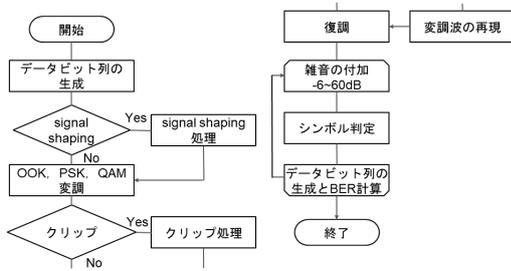


図3 プログラムのフローチャート

表1 シミュレーションの条件

シンボル数	4.2×10^5
データ変調方式	AM_PM(OOK+PSK)
変調周波数	2GHz
伝送路条件	AWGN
signal shaping	shell mapping 畳み込み符号 7-4 ハミング符号

もののシミュレーション結果のみを示す。図4にOOK信号とQPSK信号を共存させて変調を施した後、クリップ処理の有無による周波数スペクトルを示す。クリップされていない変調波に比べてクリップされた変調波のパワー/周波数が6dB減少している。クリップ処理を行うことで送信電力を抑えられることがわかる。クリップされた変調波を見ると2GHz帯より低い周波数帯でパワー/周波数が大きくなっている部分があるがクリップ処理を行ったことで変調波の振幅のマイナス成分部分が0になり周波数が低くみなされていることが原因である。

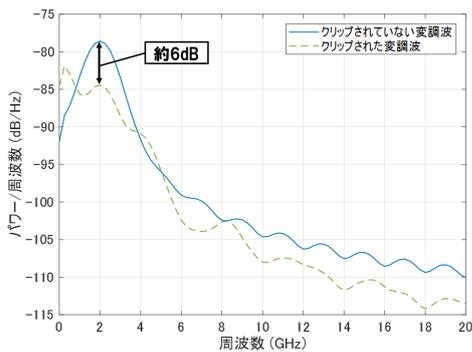
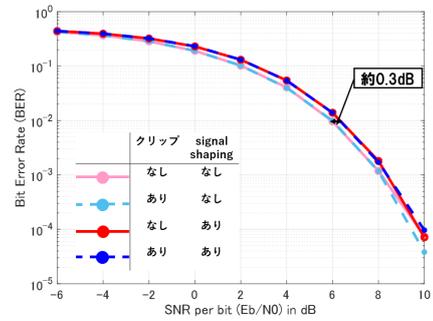
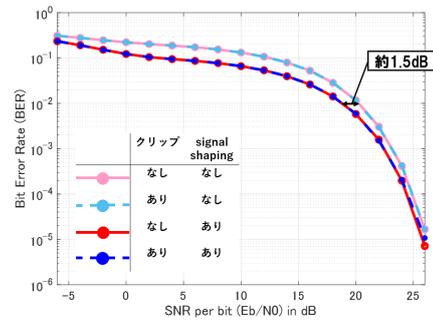


図4 周波数スペクトル

図5にOOK信号とQPSK信号を共存させ、shell mappingを用いたときのBER特性を示す。クリップ処理の有無によってBERが大きく変化することはなかった。OOK信号ではsignal shapingなしの場合とshell mappingを使用した場合でBERが 10^{-2} のとき、SNRが約0.3dB劣化している。shell mappingによりOOK信号が2ビットごとに3ビットに拡張されるため、参照するデータ数



(a) OOK 信号



(b) QPSK 信号

図5 shell mappingを用いたときのBER特性

が多くなったことがSNRの劣化に関係していると考えられる。QPSK信号ではsignal shapingなしの場合とshell mappingを使用した場合でBERが 10^{-2} のとき、SNRが約1.5dB改善されている。shell mappingを用いることでOOK信号の外側シンボルの生起確率が上がったことでQPSK信号の復調が行いやすくなったためであるといえる。

参考文献

- [1] 大脇康平, “OptSim・MATLAB連携を用いた次世代PONの誤り率特性に関する研究,” 南山大学大学院理工学研究科2015年度修士論文, 2016.
- [2] 本間拓哉, 覺張佑亮, 上田裕巳, “直交サブキャリア多重方式に基づくOSDM-PONにおけるクリップQAM信号伝送方式の提案,” 信学技報, 通信方式研究会, vol. 111, no. 467, pp. 177-182, 2012.
- [3] N. Iiyama, S. Y. Kim, T. Shimada, S. Kimura, and N. Yoshimoto, “Co-existent Downstream Scheme between OOK and QAM Signals in an Optical Access Network using Software-defined Technology,” IEEE/OSA Opt. Fiber Commun. Conf (OFC/NFOEC) 2012, OSA Technical Digest, paper JTh2A.53, 2012.
- [4] 加藤万貴, “QAMとOOK信号の共存する光アクセス網の伝送特性改善法,” 南山大学大学院理工学研究科2014年度修士論文, 2015.