

OSDM-PON におけるシンボル誤り劣化の分析

2019sc049 水谷 友將

指導教員：奥村康行

1 はじめに

現在、光アクセスネットワークの TDM-PON(Time Division Multiplexing Passive Optical Network)をもちいてブロードバンドサービスの提供が行われている。しかし、TDM-PON で更に高速化を行おうとすると、ONU(Optical Network)がより高速の伝送路速度で対応する必要があり、ONU を経済的に実現するのは難しくなってしまう。そして WDM(Wavelength Division Multiplexing)-PON ではない新たな技術で伝送を行いたい。そこで OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)-PON や OCDMA(Optical Code Division Multiplexing)-PON のような変調技術を用いた直交サブキャリア多重方式(Orthogonal Subcarrier Division Multiplexing)-PON が提案され、シミュレーションで光 OSDM-PON の検討がされた[1]。

2 OSDM-PON

本研究で利用する OSDM-PON は互いに直交する複数のサブキャリアを各 ONU に割り当てて、OSDM-PON の上り方向(ONU から OLT への方向)で ONU に割り当てられたサブキャリアでユーザデータを 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)でデジタル変調して電気光変換を行い送信する。変換されたデジタル信号を光スプリッタで多重化し直交させて OLT に伝送されて復調する。本研究では上り方向での伝送を考えている。図1に OSDM-PON の構成を示す[1]。

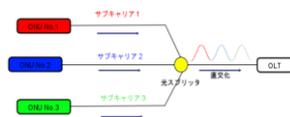


図1 OSDM-PON の構成

3 OSDM-PON の課題

電気 OSDM-PON の場合 ONU32 台を収容し伝送特性を評価した結果すべてについてビット誤り無しに伝送できることが確認されたが、光 OSDM-PON の場合サブキャリアの波長間隔が 0.7nm である時隣接のサブキャリアの影響を受け誤り無しに伝送出来ず、0.8nm の時ビット誤り無しに伝送出来ることが確認された。[1]

本研究では光 OSDM-PON の場合サブキャリアの波長間隔が 0.7nm の場合隣接のサブキャリアの影響で伝送出来ず 0.8nm の時伝送出来るため、この時 0.7~0.8nm 間でどの程度のビット誤りが起こり、どの位劣化するかを分析する。今回は OSDM-PON を作成し、信号スペースダイアグラムとアイパターンを観測した。どの位信号スペースダイアグラムの乱れが発生するかを確認し、ONU1 台での信号スペースダイアグラムを理想として受信側の信号スペースダイアグラムを観測した。

4 シミュレーション

OSDM-PON を作成し(図 2, 図 3), サブキャリアの内容を図4に示す。図 2 では 4.1 節から 4.4 節で使用し、4.5 節では図3を使用する。右の図が ONU, 左の図が OLT となっている。図4の配置では先行研究[1]と同一のものである。ONU1 台の場合を理想

として、シミュレーションを行っていく。表1にシミュレーション内容と先行研究[1]のシミュレーション内容を示す。今回のシミュレーションでは色々な観点から、光波長間隔 0.8nm の場合伝送出来る事が先行研究[1]で確認されているため、光波長間隔 0.7nm でシミュレーションを行いサブキャリアの干渉によって信号スペースダイアグラムがどの程度乱れるかアイパターンと共に確認した。シミュレーション条件、シミュレーション内容を表 1, 表 2 に示す。

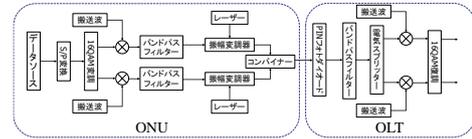


図2 OptSim のみでの OSDM-PON

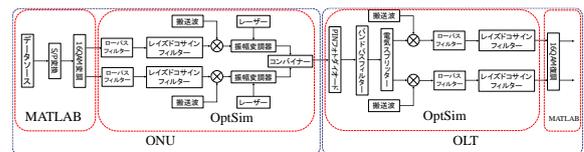


図3 OptSim と MATLAB 連携での OSDM-PON

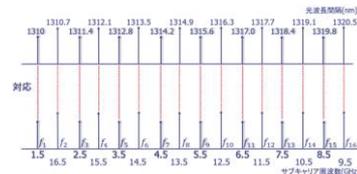


図4 サブキャリアの構成

表 1 シミュレーション条件

シミュレーション内容	本研究での条件	先行研究での条件
データ変調方式	OSDM-PON	OSDM-PON
送信フィルタ	有り	無し
受信フィルタ	有り	有り
光波長間隔	0.7nm	0.8nm
サブキャリア数	16	16
サブキャリア周波数間隔	1.0GHz	1.0GHz
ONU	16 台	16 台
デジタル変調方式	16QAM	16QAM
測定ポイント	復調後	復調後

表 2 シミュレーション内容

節	シミュレーション内容	劣化要因	構成
4.1 節	サブキャリア周波数昇順での割当	メインキャリアでの干渉	図 2
4.2 節	図4での割当	メインキャリアでの干渉	図 2
4.3 節	最低光波長 1550nm	伝送路での伝送損失	図 2
4.4 節	送信側フィルタ有	サブキャリアでの干渉	図 2
4.5 節	誤り率測定		図 3

今回シミュレーションは表 2 に記した内容でデータに

劣化があるか確認を行った。隣接するサブキャリアの影響が最も多い f_{16} をここでは確認する。一対一での信号スペースダイアグラム、アイパターンを理想とする

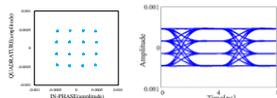


図5 一対一でのシミュレーション結果

4.1 サブキャリア周波数昇順の場合

先行研究[1]とは違う割当方法で行う。ONU での台数の時、信号スペースダイアグラムとアイパターンで確認した。この時光波長間隔を 0.7nm とする。また以下の図 6 にシミュレーション結果を示す。

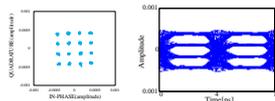


図6 ONU 台数でのシミュレーション結果

この結果から信号スペースダイアグラムではシンボルが少し乱れ、アイパターンではアイは開いているものの立ち上がり、立ち下りでは乱れてしまっている。

4.2 図4での割当方法の場合

先行研究での割当方法の場合で信号スペースダイアグラムとアイパターンで確認した。また以下の図 7 に今回の結果を示す。

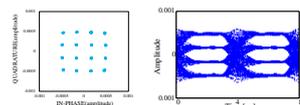


図7 割当方法によるシミュレーション結果

この結果から置いた場合ではアイパターンの立ち上がり、立ち下りが乱れずに受信できることが結果から分かった。

4.3 最低光波長 1550nm の場合

最低光波長 1550nm の場合で信号スペースダイアグラムとアイパターンで確認した。伝送損失の高い光波長 1550nm ではどのように劣化するか確認した。また以下の図 8 にシミュレーション結果を示す

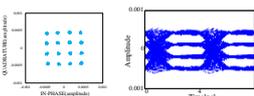


図8 光波長 1550nm

光波長の場合では信号スペースダイアグラムに少し乱れが生じ、アイパターンでも乱れが生じていた。

4.4 送信バンドパスフィルター設置での場合

光波長間隔 0.8nm から 0.7nm に変えた場合アイパターンの立ち上がり立ち下がりに乱れが生じた。これは光波長間隔 0.7nm の時隣接するサブキャリアの干渉が劣化要因だと想定されるため、送信側にバンドパスフィルターを入れサブキャリアによる干渉を軽減させる。ここでの

波形を信号スペースダイアグラムとアイパターンで確認した。送信側フィルターは受信側と同じバンドパスフィルターとし次数5、帯域幅を 0.5GHz とする。また以下の図 9 にシミュレーション結果を示す。

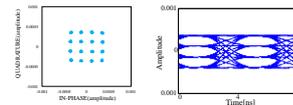


図9 送信フィルターを入れた場合でのシミュレーション結果

入れた場合では信号スペースダイアグラムではあまり変化は見られなかったが、アイパターンでは立ち上がり立ち下がりが乱れずに受信することが確認された。

4.5 誤り率測定

誤り率測定を OSDM-PON で行った。割当方法は先行研究と同じ方法で行い、光波長間隔 0.7nm の場合と 0.8nm とを比較する。図 10 にシミュレーション結果を示す。

表3 シミュレーション条件

波長配置	図4
使用したフィルター	ルートレイズドコサインフィルター(送受信側) ローパスフィルター(送受信側) バンドパスフィルター(受信側)
フィルター帯域幅	0.25GHz
最低光波長	1310nm

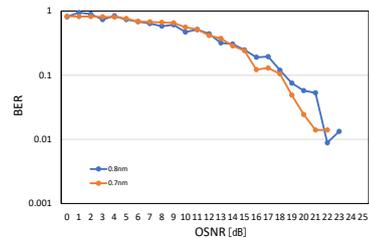


図10 誤り率測定でのシミュレーション結果

結果から誤り率は光波長 0.7nm と 0.8nm では大きな違いは見られなかった。

5 おわりに

今回の研究では様々な観点からシミュレーションを行い隣接するサブキャリア影響がどの程度データ劣化するか確認を行い信号スペースダイアグラムとアイパターンで確認、分析を行った。また誤り率測定では違いがあまり見られなかったことが示された。今回のシミュレーションでは少ないデータソースで確認を行い、情報量が多いとどのような劣化が出るか分析することが出来なかった。この時の誤り率がどの程度か分析する必要がある。

参考文献

- [1] 高将士, 栗山宜己, 上田裕巳, “16QAM を用いた直交サブキャリア多重方式に基づく OSDM-PON の検討,” 2011 信学技報, vol.111, no.198, pp79-85, Sep. 2011.