

コヒーレント光 OFDMA における許容符号間時間差 Allowable Symbol Time Difference for Coherent Optical OFDMA

1215039 五百藏 雅幸 (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

近年、4K、8K 映像や第 5 世代移動通信システム等の新しい通信サービスの出現により光アクセスシステムの伝送容量の拡大が望まれている。しかし、従来の TDMA (時分割多元接続) による大容量化に限界がある。そこで、限られた光周波数帯域を有効に活用するために OFDMA (直交周波数分割多元接続) が注目されている[1][2]。しかし、この方式は上り回線で、各 ONU(Optical Network Unit)において精密な周波数制御とタイミング制御が必要になる。また、光領域で合成する全光 OFDM は FFT ベース光 OFDM のように、電気領域でガードインターバル(GI: Guard Interval)を挿入できない。

本稿では、精密な周波数制御のために光キャリア分配と光 SSB(Single Side Band)周波数シフタを用いたコヒーレント光 OFDMA システムにタイミングずれの吸収のため GI の光領域での挿入を提案し、2 チャンネル間の許容符号間時間差を確認したので、その結果を報告する。

2. コヒーレント光 OFDMA システム

提案するコヒーレント光 OFDMA システムを図 1 に示す。OLT(Optical Line Terminal)から各 ONU に光キャリアを分配し、ONU では周波数シフタでそれぞれの光キャリア周波数に変換し、それを変調し、波長分散や遅延差に応じた GI を光領域で挿入し、OLT へ送る。送られた光 OFDMA 信号を OLT で付加された GI を除去し、フーリエ変換 (FFT: Fast Fourier Transform) を用いて必要な情報部分だけを取り出す。各 ONU から送られた符号間の時間差が GI 期間以内であれば、信号は劣化せず受信可能である。

3. 実験構成・結果

情報シンボル長 $T_s = 200$ [ps] (変調速度 5 [GSymbol/s]) の光 OFDMA に GI 長 $T_g = 50$ [ps] を挿入した場合を実験した。実験系は図 2 に示すように、信号光を分配し、CH.2 は直接 QPSK 変調器₂ に光キャリアを供給し、CH.1 は光 SSB 周波数シフタで情報シンボル長に等しい -5 [GHz] シフトした光キャリアを QPSK 変調器₁ に供給する。それぞれ、変調速度 B [GSymbol/s] の $2^7 - 1$ の疑似ランダム信号で QPSK 変調し、光カプラ(OC)で合波して、GI が挿入された光 OFDMA 信号を生成した。ここで、変調速度 B [GSymbol/s] は情報シンボル T_s と GI 長 T_g から、

$$B = \frac{1}{T_s + T_g} \text{ [GSymbol/s]}$$

となる。GI 長 $T_g = 50$ [ps] の場合は、変調速度 4 [GSymbol/s] となる。送られた光 OFDMA を光ヘテロダイン検波し、バランス受信器からの受信信号を 40 [GHz] で標本化した。標本化された受信信号は図 3 に示す復調プログラムで、A/D 変換し、GI 長に等しい 20 [GHz] までアップコンバートした。CH.1 は $+14$ [GHz]、CH.2 は $+9$ [GHz] アップコンバートした。その信号から GI (50[ps]) を除去し、FFT を行い、CH.1 と CH.2 を取り出し、P/S 変換で連続信号とした。その後、PLL で位同期を行い復調できる。測定内容は、2 チャンネル間の符号間時間差によるビット誤り率を測定した。測定結果は図 4 に示すように、GI 長が $T_g = 0$ [ps] の場合は、符号間時間差 $\tau = 0$ [ps] でビット誤り率が零であったが、それ以外ではビット誤りが生じた。GI 長が $T_g = 50$ [ps] の場合は、符号間時間差 $\tau = \pm 50$ [ps] の期間は、ビット誤りが零であった。

4. まとめ

コヒーレント光 OFDMA システムに GI を適用することで、2 チャンネル間の符号間干渉に対する耐久性が GI 挿入しない場合と比較して、改善できる。

参考文献

- [1] A.Sano et al, *J. Lightw. Technol.*, pp.3705-3713, 2009
- [2] 濱岡他, 総合大会, B-10-74, 2014

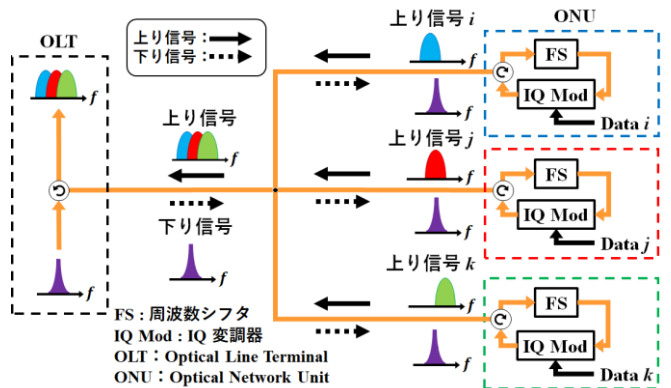


図 1 コヒーレント光 OFDMA システム

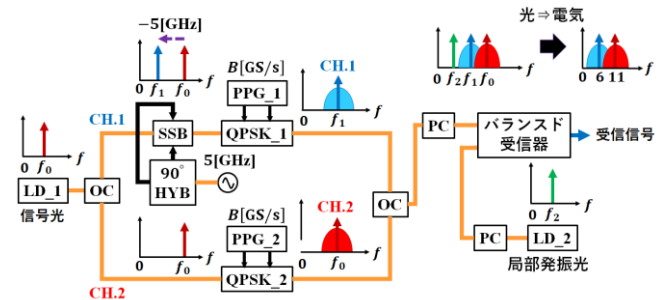


図 2 復調プログラムのブロック図

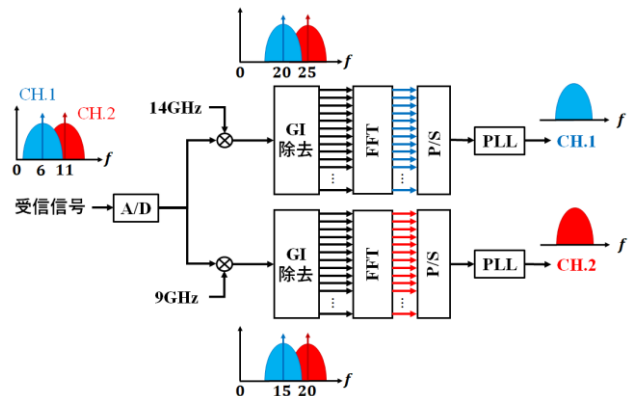


図 3 シミュレーション結果

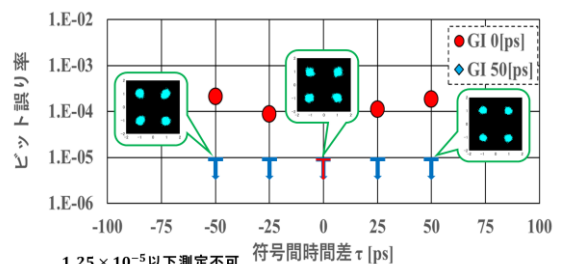


図 4 実験結果