

## CAP 方式を用いた短距離光通信システムの検討

### Short reach fiber optic communication systems with CAP modulation scheme

電子光工学科 佐々木慎也 (Shinya SASAKI)

We investigate the effects of A/D and D/A converters in fiber optic communication system with Carrierless Amplitude and Phase modulation (CAP) scheme.

#### 1. まえがき

本稿では 64-CAP(Carrierless Amplitude and Phase modulation)のシミュレーションにより 10G 及び 25G 用デバイスを用いた 40, 100 Gb/s/λ, 40 km 伝送におけるシステム要求性能を満足する DA/AD 変換の分解能, サンプルング速度及びフィルタタップ数を明らかにする.

#### 2. 光通信シミュレータの構成

光通信シミュレータの構成としては, 変調方式は 64-CAP, 伝送媒体は 40 km の標準シングルモードファイバ(波長分散: 17 ps/nm/km @ λ=1550 nm)である. 送信側では, 疑似ランダム信号(PN15)生成後, 6.67 GBaud (@ 40 Gb/s)及び 16.7 GBaud (@ 100 Gb/s)の 64-CAP 信号生成(Gray 符号化), アップサンプル処理を経て, IQ フィルタにより直交振幅変調及び帯域圧縮を行い, LN 強度変調器の非線形補正, クリッピング処理, DA 変換を行う. その後, 10G 及び 25G 用デバイスの使用を想定し, 5 次の Bessel フィルタ( $f_c=8$  GHz @ 40 Gb/s, 20 GHz @ 100 Gb/s)により帯域制限を行う. また, EO 変換は LN 強度変調器を用いる.

受信側では pin-PD での二乗検波により OE 変換を行う. その後, PD 及びプリアンプで発生するショット雑音と熱雑音を白色ガウス雑音として付加し, 帯域制限(送信側と同一)を行う. 帯域制限後は, クリッピング処理, AD 変換, IQ 成分の分離を行い, EDC により ISI を等化し(100 Gb/s の場合のみ), 多値信号の識別, BER 測定を行う. この EDC は適応 FIR フィルタで構成された FFE と DFE であり, タップ係数の収束には LMS を用いた.

#### 3. シミュレーション結果

図 1 は 40 Gb/s での DA/AD 変換のサンプルング速度低減によるパワーペナルティ(64 Sa/Symbol, 量子化無, 帯域無制限の受光パワー -16.2 dBm @ BER= $10^{-6}$ を基準)を求めた結果であり, 32 Sa/Symbol 以上では感度劣化が飽和している. 3 Sa/Symbol では最大 1.4 dB のペナルティをもつが, コストの面や 10G 用の DA/AD 変換器が使用できる点を考慮し, 本稿では 3 Sa/Symbol で議論をする.

図 2 は 40 Gb/s での DA/AD 変換の分解能低減によるパワーペナルティ(図 2 と同一基準)であり, 分解能 6 bit での感度劣化は 0.3 dB である. また, 40 km 伝送時の分散ペナルティ 0.3 dB (@ 6 bit)を考慮しても 0.6 dB (0.3 dB+0.3 dB)の感度劣化であり, システム要求性能を分散ペナルティ 1 dB 以下とすると, 分解能 6 bit 以上が必要となる.

#### 4. まとめ

本研究では, t64-CAP 方式の短距離光通信システム(40 Gb/s, 40 km)において, サンプルング速度 3 Sa/Symbol, 分解能 6 bit 以上の DA/AD 変換器が必要となること, 100 Gb/s, 40 km 伝送時の受光感度(@ BER= $10^{-6}$ )は EDC 使用時で-10.6 dBm となることを示した.

#### 参考文献

Li Tao *et al.*, "Experimental demonstration of 10 Gb/s multi-level carrier-less amplitude and phase modulation for short range optical communication systems," *Opt. Exp.*, Vol. 21, Issue 5, pp. 6459-6465, Mar 2013

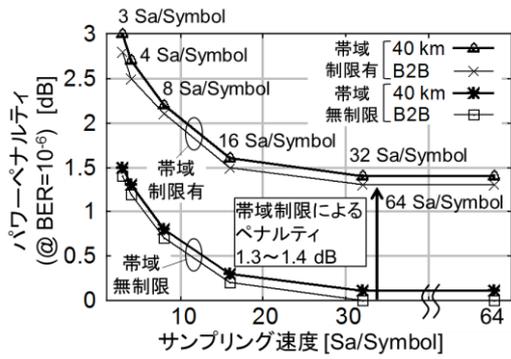


Fig.1 Power Penalty vs. Sampling Speed (@ 40 Gb/s)  
 (太線: 40 km 伝送, 細線: Back to Back, 共に量子化無)

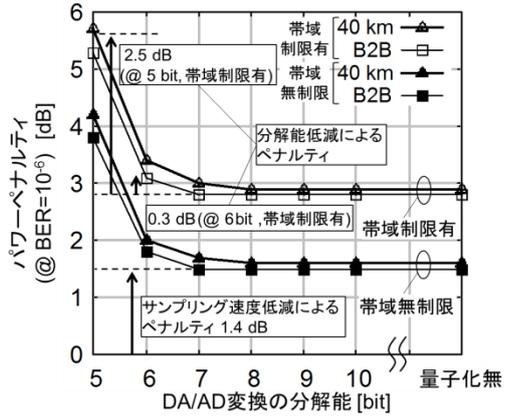


Fig.2 Power Penalty vs. Resolution (@ 40 Gb/s) (太線: 40 km 伝送, 細線: Back to Back, 共にサンプリング速度: 3 Sa/Symbol)