

多次元符号化変調における BER 特性及び EXIT チャート解析

BER characteristics and EXIT chart analysis in multi-dimensional coded modulation

西組 誠 那賀 明

Makoto NISHIGUMI Akira NAKA

茨城大学大学院 理工学研究科 電気電子システム工学専攻

Major in Electrical Electronic Systems Engineering, Ibaraki University

1. 背景と目的

近年のブロードバンドサービスの発展により、大容量トラフィックの需要が拡大している。現在、デジタルコヒーレント光通信技術が、光ファイバ通信システムに要求されている大容量で超高速な信号伝送を実現している。

更なる大容量化を実現するために、本研究では、多次元変調方式である 4D-PS-QPSK を用い、さらに符号化変調方式の 1 つである BICM-ID [1] を適用してビット検出精度を高め、計算機シミュレーションにより、その受信特性を評価する。

2. 本研究に用いた手法

図 1 に評価系の構成を示す。図 1 (a) では、4D-PS-QPSK を AWGN 環境下で伝送を行う。一方、図 1 (b) のデジタルコヒーレント光伝送環境下では、4D-PS-QPSK を光ファイバに通し、コヒーレント検波を行った後、適応等化を含む高速デジタル信号処理 (DSP) を行う。図 1 (a) (b) ともに受信器においては BICM-ID を適用する。BICM-ID は、「0」「1」の判定を連続値で扱う対数尤度比の入出力を、復調器と復号器で繰り返し、感度を高める手法である。

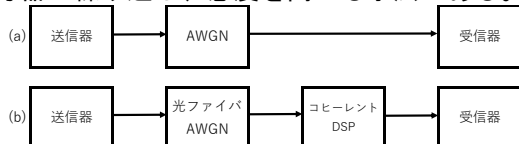


図 1 評価系の構成

- (a) AWGN 環境下における評価系の構成
(b) デジタルコヒーレント光伝送における評価系の構成

3. 評価結果

第 2 世代デジタルビデオ放送規格 (DVB-S. 2) を適用して誤り訂正を行った。誤り訂正の符号化率を 1/3、3/5、5/6 と設定し、送信データ量が等しくなるようシンボルレートをそれぞれ 80Gbaud、45Gbaud、32Gbaud とした。FEC なし、FEC1 回、BICM-ID の繰り返しによる FEC5 回において、AWGN 環境下およびデジタルコヒーレント光伝送環境下の BER 特性を評価した。

図 2 の AWGN 環境下において、いずれの符号化率においても外部繰り返しを行うことにより、BER が向上し、BICM-ID が有効であることを確認した。符号化率 5/6 の時の BER は、シャノン限界との差が 1.5dB であった。

図 3 のデジタルコヒーレント光伝送環境下において、符号化率 5/6 の時の繰り返し効果が観測できる OSNR 値は 7.5dB であった。符号化率 5/6、繰り返しによる FEC5 回の時の BER=10⁻⁴ となる OSNR 値は 7.9dB となり、AWGN 環境下と比べて、適応等化を行ったことによ

る OSNR 値の差は 0.5dB となったが、BICM-ID により、受信感度の改善効果があることが示された。符号化率 3/5 の時の繰り返し効果が観測できる OSNR 値は 8.6dB であった。符号化率 1/3 の時、繰り返し効果は観測できなかった。符号化率 3/5 において、外部繰り返しを行った時の BER=10⁻⁴ となる OSNR 値は 8.65dB となった。

シンボルレートが大きい符号化率 1/3 では、4.0 ≤ OSNR ≤ 10.0 に対応するシンボル当たりの SN 比が小さいため、適応等化が正しく動作せず、実効的な BER が得られなかった。また FEC の動作の観測もできなかった。符号化率 3/5 では、OSNR ≤ 8.65dB で適応等化が正しく動作したが、この OSNR 条件は BICM-ID の BER 改善効果が期待できる OSNR 条件より小さい範囲であったため、FEC の動作は観測できなかった。

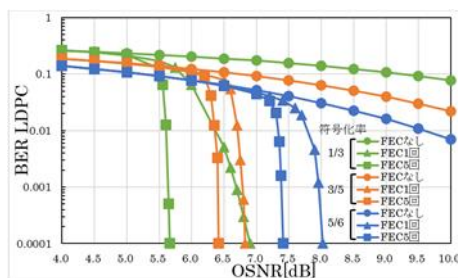


図 2 符号化率による BER 特性 (適応等化なし)

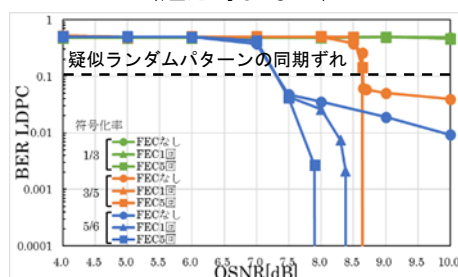


図 3 符号化率による BER 特性 (適応等化あり)

4. 結論

AWGN 環境下とデジタルコヒーレント光伝送環境下を比較すると、AWGN 環境下においては、多次元符号化変調方式が有効であるが、適応等化を行うデジタルコヒーレント光伝送環境下においては、シンボルレートと符号化率に加え、適応等化の動作条件を考慮して、符号化変調を適用する必要がある。

5. 参考文献

[1] 馬場康弘 他, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. IEICE-109, no. 341, pp7-12, 2009.