

# TDH 変調方式における変調点ラベルの LDPC フレームへの割当てに関わる BER 評価

## BER Characteristics Analysis for Assignment of Modulation Point Labels to LDPC Frames in TDH Modulation Scheme

君島伊織† 那賀明†

Iori KIMIJIMA† 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

†Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

### 1. 背景と目的

近年のネットワーク化によって通信の用途が多様化し、通信の規模に合わせたフレキシブルな通信路容量選択ができるような変調方式の開発が必要になっている。

異なる変調方式を時間領域で組み合わせる TDH (Time Domain Hybrid) 変調は、組み合わせる変調方式やその比率を自由に定めることができるため、任意の通信路容量を柔軟に選択できる[1]。TDH を構成する各変調方式の変調点ラベルの正負・振幅ビットや、誤り訂正を行う LDPC 符号 (Low-Density Parity-Check code) の情報・冗長ビットでは誤り率や訂正能力が異なり、BER が変化する。

本研究では、TDH 変調方式における変調点のラベルと LDPC の割当ての BER 特性について評価し、どのような方法ならば高い信頼性を得られるのかを検討する。

### 2. 本研究に用いた方法

QPSK の変調点ラベルは、変調点ラベルを構成する各ビットの特性が均一であり、ラベルの割当てに対し誤り率に変わりがない。しかし、16QAM の各ビットは、割当てに対して特性が異なり、誤り率が異なる。また、非正則 LDPC 符号では、情報・冗長ビット毎に繰り返し復号の回数が異なり、回数の多い情報ビットの方が良い性能を持つ。本研究では、QPSK と 16QAM を交互に割当てる case1、QPSK を冗長ビット、16QAM を情報ビットに割当てる case2、16QAM の振幅ビットに冗長ビットを割当てる case3、正負ビットに冗長ビットを割当てる case4 の、計 4 種の変調点ラベルと LDPC フレームへの割当て方法を使って、どのようにすれば高い信頼性を得られるのかを評価する。

本研究では、伝送路に白色雑音のみを考慮した AWGN 環境下での評価を行う。

AWGN 環境下における評価系の構成を図 1 に示す。LDPC 符号化した信号を、QPSK と 16QAM で TDH 変調する。AWGN 環境下で信号を伝送し、TDH 復調を行う。

符号長は 64,800、送信データは 64Gbit/s、符号化率は 2/3、フレーム数は 100 (一部 10000) シンボルレートは 32GBaud とする。

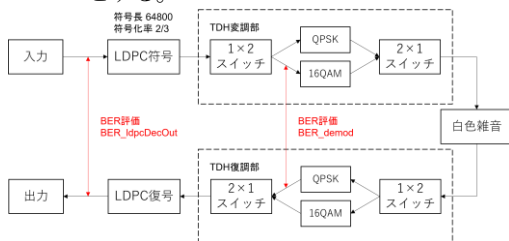


図 1 評価系の構成

### 3. 評価結果

図 2 に、4 種の変調点ラベルの LDPC フレームへの割当て方法を使って得られた復号器出力の結果を示す。100 フレーム中 1 フレーム誤るという目安以下となる EsNo 値 (信号対雑音比) とエラーフロアが一番小さいのは case2 であり、全ての case の中で一番性能が良いと考えられる。また、case2 以外では目安以下となる EsNo 値はほぼ同じ数値だが、エラーフロアの大きさに違いがあり、case4 のエラーフロアが一番小さい。

評価に用いた非正則 LDPC 符号は、情報ビットの方が繰り返し復号回数は多く、誤り特性が良い。しかし、冗長ビットには誤り訂正などを行う役割があり、高い信頼性が必要になる。そこで、高い信頼性を持つ QPSK に冗長ビットを割当てることで BER が改善すると考えられた。そのため、case2 は情報・冗長ビットともに高い信頼性で伝送でき、4 種の中で優れた性能を持っていると考えられる。

case2 以外では、case4 が優れていると考えられる。case1、3、4 は冗長ビットに割当てられる高い信頼性を持つ変調方式の割合が高い順にエラーフロアが小さくなっている。case4 は冗長ビットが QPSK と 16QAM の正負ビットに割当てられているため、エラーフロアが小さいと考えられる。

#### 復号器出力の比較

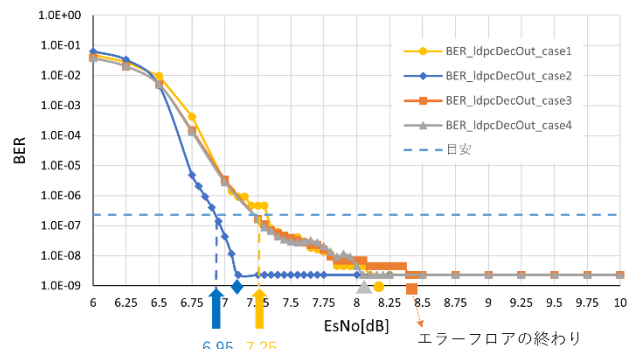


図 2 復号器出力の比較

### 4. 結論

TDH 変調方式において、4 種の各変調方式の変調点ラベルと LDPC の割当て方法に対する性能を評価した。割当て方法を最適化することでエラーフロアや BER の改善が見られ、高い信頼性を得られることが判った。

### 5. 参考文献

[1] Xiang Zhou et al, "Rate-Adaptable Optics for Next Generation Long-Haul Transport Networks", IEEE Communications Magazine, vol. 51, no.3, pp.41-49, 2013.