講演番号：38

ESS を適用した PAS 方式の特性評価

Evaluation of the PAS method applying ESS

鈴木　樹†　那賀　明†
Tatsuki SUZUKI†　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

動画投稿型 SNS や生成 AI の普及に伴い、高速で大容量な伝送の需要が高まっている。現在では、デジタルコヒーレント光通信技術により、1 波長当たり 100Gbit/s が実現されている。さらなる大容量化のため、シャノン限界に近い PAS(Probabilistic Amplitude Shaping)方式が提案されている[1]。本研究では、振幅分布を整形する手法である ESS(Enumerative Sphere Shaping)を適用した PAS 方式について、ESS の設計と BER 特性の評価を行う。

2. 本研究に用いた手法

本研究に用いた構成を図 1 に示す。整形器では、kビットの入力を N 個の振幅情報として出力する。このとき、ESS により変調後の 64QAM のシンボルの生起確率がガウス分布に近づくように整形する。その後、符号化率 4/5 で LDPC(Low-Density Parity-Check code)符号化を行う。これを変調し送信する。受信時は送信時と逆の操作を行う。

ESS では与えたパラメータに対し、入出力の対応を一意に定めることが可能である。また、最大エネルギーを制限した振幅を使うため、平均エネルギーを低く抑えられる[2]。

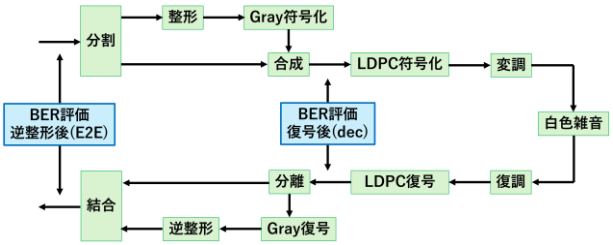

図 1 PAS 方式の構成

3. 評価結果

3.1 整形率特性　最初に、ESS の設計について、ブロック長と最終列ノード数に対する整形率特性を図 2 に示す。ブロック長大きいほど緩やかかつ密に整形率が変化する。よって、大きなブロック長ほど細かく整形率を調整できる。

3.2 レート損失特性　次に、ブロック長と整形率に対するレート損失特性を図 3 に示す。全ての整形率で、ブロック長が大きいほどレート損失は減少する。これは、ブロック長が大きいとその分だけ高精度に整形できるからである。

3.3 BER 特性　最後に、整形率を 1.2 で固定した、ブロック長と信号対雑音比に対する BER 特性を図 4 に示す。同一の通信容量となる整形していない 16QAM と比較すると、ブロック長が十分大きいときは 16QAM よりも良い特性を示している一方、ブロック長が小さいときは BER 特性が悪化した。これは、ブロック長が小さいために、整形による効果よりもレート損失の影響が強く表れるためである。

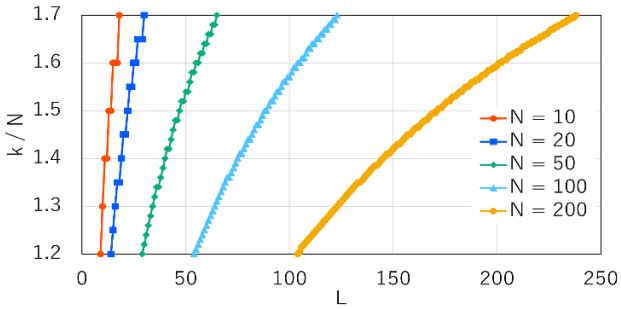

図 2 整形率特性

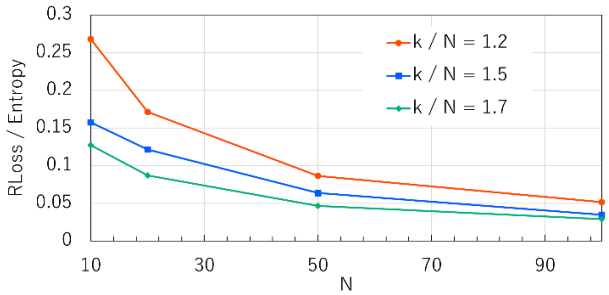

図 3 レート損失特性

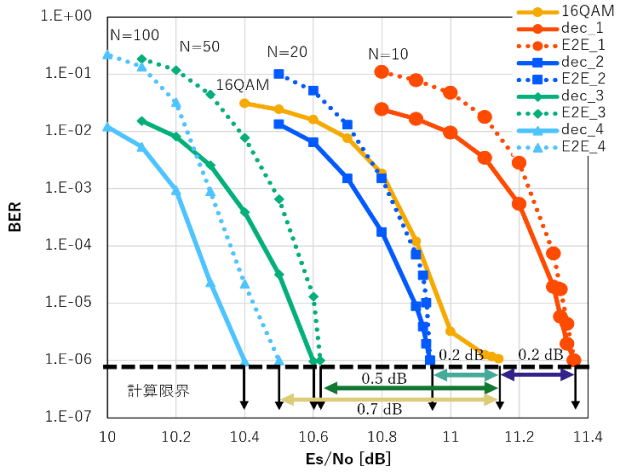

図 4 BER 特性

4. 結論

ESS を適用した PAS 方式の特性を評価した。大きなブロック長では、整形率を細かく設定できることと、レート損失が低くなることを示した。そして、ブロック長が大きいほど良好な BER 特性を示した。十分な大きさのブロック長でない場合については、整形していない場合よりも性能が悪化してしまうことが要因と考えられる。

参考文献

[1] Junho Cho, Peter J. Winzer, JLT, vol.37, no.6, pp.1590-1607, 2019.
[2] Y. C. Gültekin, et al., IEEE Transactions on Wireless Communications, vol.19, no.2, pp.1098-1122, 2020.

Copyright © 2025 IEICE