

3部グラフに基づくLDPC符号のAWGN通信路における復号特性

守安 隆臣*, 和田山 正, 内匠 逸 (名古屋工業大学)

Decoding Performance of Tripartite LDPC Codes for AWGN Channels

Takaomi Moriyasu, Tadashi Wadayama, Ichi Takumi (Nagoya Institute of Technology)

1. はじめに

低密度パリティ検査 (low-density parity-check 以下 LDPC) 符号は非常に疎な検査行列により定義される線形符号である。LDPC 符号は、検査行列の各行の重み w_c と各列の重み w_r がそれぞれ等しい正則 LDPC 符号とそれらの重みが様でない非正則 LDPC 符号に区別できる。非正則 LDPC 符号は、正則 LDPC 符号よりもウォーターフォール領域において優れた復号性能を示すが、正則 LDPC 符号に比べて、高いエラーフロアを持つという問題点がある。本稿では、エラーフロア改善を目標とし、3部グラフに基づくLDPC符号のAWGN通信路特性を解析する。

2. 3部グラフに基づくLDPC符号

復号性能の高いLDPC符号を構成するため、正則に近い3部グラフに基づく非正則LDPC符号 [1][2] を考える。符号の定義に利用される3部グラフを Fig.1 に示す。変数ノードは2つの集合 V_1, V_2 に分かれており、チェックノードの集合を C とする。エッジは V_1 と C の間と V_2 と C の間のみに存在する。 V_1 に含まれるノードの次数を d_1 、 V_2 に含まれるノードの次数を d_2 とする。また、 C に含まれるノード (チェックノード) の次数を c と書く。このグラフに対応する符号の符号長は $n = |V_1| + |V_2|$ 、検査記号数は $m = |C|$ となる。3部グラフに対応する検査行列は正則LDPC符号の検査行列を2つ横に並べた形となる。例えば、 (w_c, w_r) が $(2,4)$ と $(3,6)$ の正則LDPC符号の組み合わせにより、 $d_1 = 2, d_2 = 3, c = 10$ の3部グラフに対応する検査行列が Fig.2 のように構成できる。3部グラフに基づいたLDPC符号は、正則LDPC符号に近い構造を持つため、エラーフロア現象が改善されると考えられる。なお、検査行列の組み合わせにより、行重みが大きくなるので、なるべく疎な検査行列を要素行列として用いる。

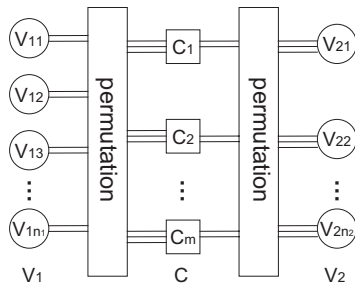


Fig.1. Tripartite graph

n=24	
12	12
1111 0000 0000	111111 000000
0000 1111 0000	000000 111111
0000 0000 1111	110010 111000
1010 0010 0100	001101 000111
0100 1100 0010	110100 110100
0001 0001 1001	001011 001011
m=6	

Fig.2. Example of parity-check matrix of LDPC code based on tripartite graph

3. AWGN 通信路における復号特性

ここでは正則LDPC符号と3部グラフに基づくLDPC符号のAWGN通信路における復号特性の比較を行う。復号には、sum-product 復号法 (最大反復回数は20回) を用いて検証し、Table1 に比較に利用した符号を示す。 C_1 は正則LDPC符号であり、 C_2, C_3 が3部グラフに基づいたLDPC符号である。Fig.3

Table 1 Parameters of example codes

Code	(w_c, w_r)	(n, m)	Rate
C_1	(3,12)	(960,240)	0.75
C_2	(3,5)(5,10)	(1024,240)	0.72
C_3	(4,8)(5,10)	(960,240)	0.75

にこれらのビット誤り率特性を示す。Fig.3の横軸はSN比、縦軸はビット誤り率を表している。Fig.3から、高いSN比において C_2, C_3 の3部グラフに基づくLDPC符号のビット誤り率が正則LDPC符号 C_1 のビット誤り率よりも小さくなるのが分かる。また、エラーフロア現象もビット誤り率が 10^{-7} 以上の範囲で見られない。

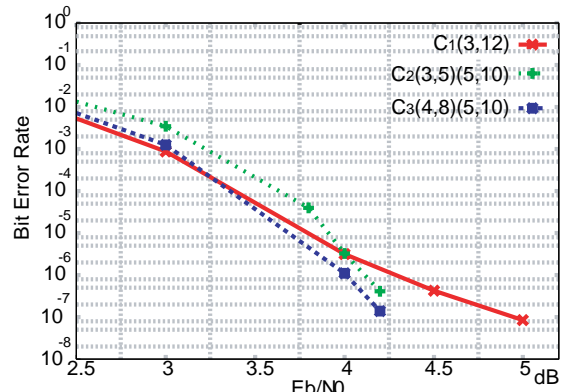


Fig.3. Comparison on Bit Error Rate

4. まとめ

本稿では、3部グラフに基づくLDPC符号を構成し、その復号性能を検証した。その結果、低誤り率領域においてエラーフロアが見られず、既存の正則LDPC符号よりも復号性能の比較的良好な、非正則LDPC符号を得ることができた。今後の課題として、誤り率特性が良好な3部グラフに基づく符号を系統的に構成する方法を見つけ出すことが挙げられる。

参考文献

- [1] Marc Fossorier, Nenad Miladinovic, "Irregular LDPC Codes as Concatenation of Regular LDPC Codes," preprint, 2005.
- [2] 下山裕司, "3部グラフで定義されるLDPC符号の重み分布," 第27回情報理論とその応用シンポジウム, pp.9-12, 2004.