

多元 RCP-LDPC 符号に関する研究

田中 宏典 (指導教員: 岩波 保則)

名古屋工業大学 電気電子工学科

1. まえがき

昨今のインターネットコンテンツの大容量化に伴い、携帯電話や無線 LAN などでは、高速で安定した通信が求められている。しかし無線通信路では誤りが発生しやすく、高性能な誤り訂正符号が必要となる。そこで、次世代の携帯電話や無線 LAN の誤り訂正符号として、シャノン限界に迫る性能を持つ LDPC (Low Density Parity Check) 符号が検討されている。LDPC 符号は任意のガロア拡大体 $GF(2^m)$ 上で構成することが可能であり、特にハミング重みが小さいときに二元 LDPC 符号を上回る性能を持つ。

本研究では、多元 LDPC 符号のパリティシンボルを削除することで符号化率を可変でき、受信側で同一の復号器で復号可能な RCP-LDPC (Rate-Compatible Punctured LDPC) 符号を作成し、その誤り率特性を検討することを目的とする。

2. 符号化と復号

多元 RCP-LDPC 符号の符号化は、情報ビットを母符号 (Mother code) により符号化した後、パリティシンボルの一部を削除 (Puncture) する。この処理により誤り訂正能力は低下するが、符号化率が高くなり、伝送できる情報量は増加する。すなわち通信路の品質に応じて符号化率を変えることで、無駄のない最適な情報伝送を行うことができる。復号はパンクチャされたパリティシンボルの LLR をゼロとして、母符号の復号と同じ手順で行う。

3. パンクチャ位置の最適化

パンクチャされたパリティシンボルの LLR はゼロ、すなわち情報無しとして扱われる。しかし繰り返し復号の際、隣接するチェックノードの情報によってパリティシンボルの情報が回復する。回復に必要な繰り返し回数を k とすると、このシンボルノードは k -step-recoverable (k -SR) と呼ばれる。これを図 1 に示す。この k が小さいグループから順にパンクチャしていけば、ランダムに選んだ場合より少ない繰り返し回数で情報が回復し、BER の改善に繋がると考えられる。

k -SR グループは以下のように求められる。

- (A) グループ初期化
- (B) 列の探索
- (C) 行の探索
- (D) 順序対の決定
- (E) グループの更新

全てのシンボルノードがグループ化されるまで (B)~(E) を繰り返す。

4. 計算機シミュレーション

同じ母符号についてパンクチャ数を変えながら、パンクチャ位置をランダムにした場合と k -SR グループにより最適化した場合の BER 特性を比較した (表 1、図 2)。その結果、符号化率 $R=0.667$ 、 $BER=10^{-5}$ においておよそ 0.5dB の改善が見られた。符号化率 $R=0.8$ のとき改善されなかったのは、パリティ 384 ビットのうち 288 ビットがパンクチャされるため、 k の小さいグループでは足りずに、 k が大きいグループまで含まれてしまったことが原因と考えられる。

5. まとめと今後の課題

多元 RCP-LDPC 符号により、一つの母符号から様々な符号化率をもつ符号を作成することができ、符号化率を小さくするにつれ BER 特性が改善することが確認できた。また、パンクチャ位置を最適化することによって誤り率特性が向上することがわかった。今後はパンクチャにより符号化率を変えた RCP-LDPC 符号が、どのような条件で、元々その符号化率で設計された LDPC 符号に匹敵する性能となるかなどを調べる必要がある。

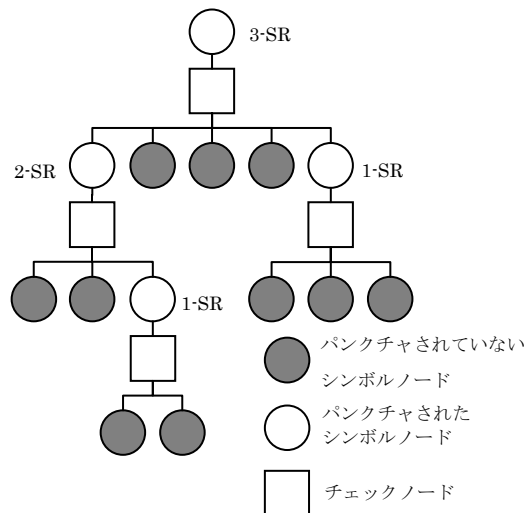


図 1: k -SR シンボルノードの例

表 1: シミュレーション条件

通信路	AWGN 通信路			
変調方式	QPSK 変調			
GF の大きさ	GF(4)			
母符号の大きさ	(384, 768)			
母符号の重み	(3, 6)			
パンクチャ数	0	96	192	288
符号語長	768	672	576	480
符号化率	0.50	0.571	0.667	0.8
復号繰り返し回数	30 回			
パンクチャ位置	ランダム、 k -SR グループによる最適化			

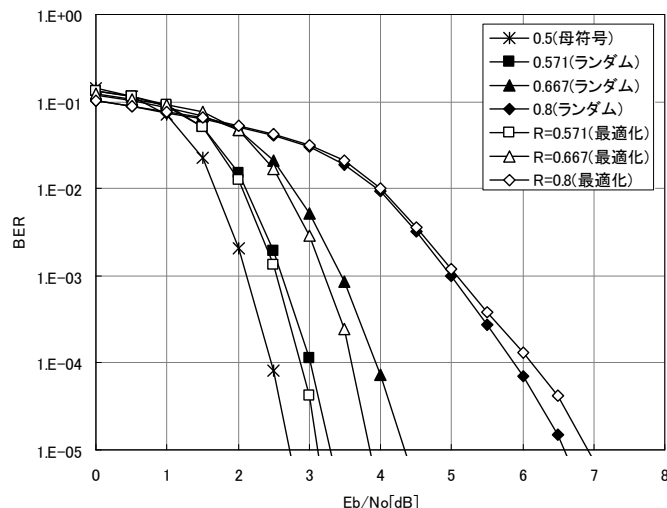


図 2: シミュレーション結果

参考文献

- [1] Geoffrey J. Byers and Fambirai Takawira, "Fourier Transform Decoding of Non-Binary LDPC Codes," *Southern African Telecommunication Networks and Applications Conference (SATNAC)*, Spier Wine Estate, Western Cape, South Africa, 6-8 September 2004.
- [2] J. Kwon, D. Klinc, J. Ha, S. W. McLaughlin, "Fast Decoding of Rate-Compatible Punctured LDPC codes," *ISIT2007*, Nice, France, June 24-29, 2007.