

誤り訂正符号による圧縮画像データにおける誤り発生防止

小林 昌彦¹ 野村 宏² 奈倉 理一²

¹ 大学院工学研究科電気電子工学専攻

² 電気電子工学科

The prevention of error generating of compressed image data using the error correcting code

Masahiko KOBAYASHI, Hiroshi NOMURA, Riichi NAGURA

Abstract

As an error occurs in codeword, JPEG2000 has error resilience technology as a function to control the influence of error. The technology specifies the generated error and distributes an error. In this paper, it is controlled that an error be generated by using the error correcting code which is observed with the Turbo code, the low density parity check (LDPC) code, etc. Furthermore, The characteristic of two error correcting codes is compared.

Key Words: JPEG2000, error resilience technology, Turbo code, low density parity check (LDPC) code

1. まえがき

衛星および移動体通信において近年、急速な進展によりデータ伝送の大容量化、高速化とともに高信頼性が求められている。文字情報に比べ画像信号から得られるデジタル画像のデータ量は格段に大きいため大幅なデータ圧縮が必要である。また高速化に伴い、特に無線通信では bit energy の減少によって搬送波電力対雑音比 (C/N 値) は小さくなり、正しい復号判定が困難となる問題がある。データ圧縮は無線帯域の有効利用を可能とするとときにデータレートの削減により 1 ビット当りのエネルギーを増加させることで C/N を等価的に大きくする効果がある。

本稿では、上述の条件下での問題を解決するために画像を圧縮したときに発生する誤りを抑える誤り耐性技術と信号エネルギーの減衰によって発生する誤りを防止する誤り訂正符号の効果を明らかにする。具体的には、誤り耐性の機能を持つ JPEG2000 とそれに組み合わせる誤り訂正

符号として、Shannon 限界に近づく符号として提案された Turbo 符号、または計算能力の向上により演算時間を短縮し、その復号能力が再注目される LDPC 符号の適用を検討する。

2. 概要

ここでは、使用する誤り耐性技術及び誤り訂正符号の特徴、動作原理を簡単に述べる。

2. 1. JPEG2000

JPEG2000 は、DCT を使用した従来の JPEG に対して、DWT を用いる方式である。圧縮率を高くしても比較的原形をとどめ、従来の JPEG よりもファイルサイズを小さくできる [1]。ブロックノイズが少なく、可逆圧縮／非可逆圧縮を設定できる。ROI 処理で重要な部分の圧縮率を高めるなど全体の画質の向上を図っている。

2.2.Turbo 符号

情報理論の限界に近い伝送特性を実現する方法として提案された。入力情報は符号器 1 とインタリーバで順序が並び替えられ、符号器 2 に入力され符号列 1, 2 が作られる。それらは入力情報と多重化され通信路に送信される。復号器 1 は受信情報の復号処理を行い、各情報シンボルの復号結果と信頼度情報を出力する。復号器 2 では復号器 1 からの情報を用いて復号処理を行い復号器 1 へ送る。これを何度か繰り返し出力する。

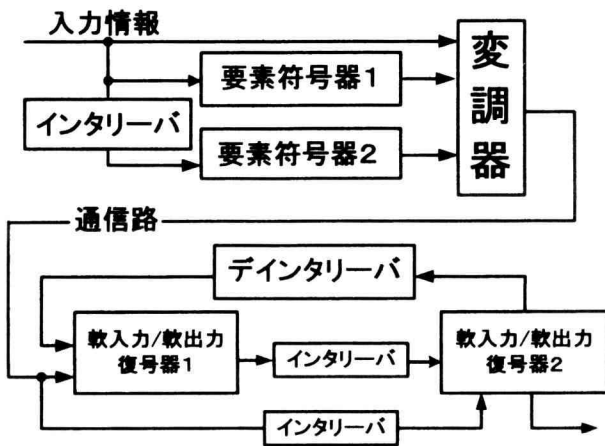


図1 Turbo 符号化／復号系統図

2.3.LDPC 符号

検査行列が低密度であり、優れた復号特性を保证するランダム性を保ち、復号に適した疎なグラフ構造を兼ね備えている。LDPC 符号は復号計算量と復号特性とのトレードオフが接続符号に対して優位である。

検査行列 H から生成行列 G を $GH^T = 0$ より求める[3]. LDPC 符号は $(m_1, m_2, \dots, m_k)G = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ から符号語を得て、変調器を通し通信路へと送信される。受信信号は復調されたのちに復号され、送信メッセージの推定値を出力する。

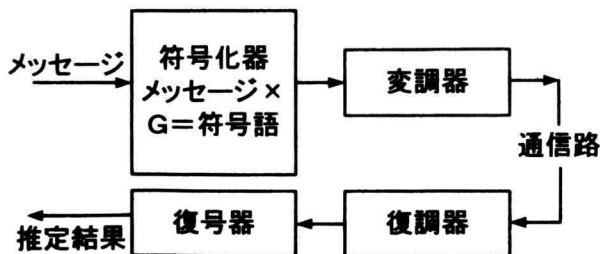


図2 LDPC 符号化／復号系統図

3.処理方法

画像を JPEG2000 で高圧縮し復元した画像において、伝送路における符号誤りが発生したときの画像について検討する。次に誤り訂正符号を用いて、画像を送信したときの繰り返し復号法での復元画像をシミュレーションする。JPEG2000 との誤りの個数、誤り率などで誤り訂正符号の効果を確認する。Turbo 符号とLDPC 符号の誤り率特性を比較し、JPEG2000 とを組み合わせることで誤りの発生を防止する。

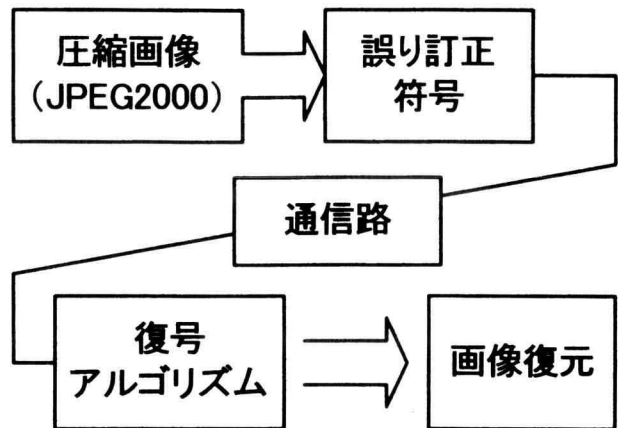


図3 圧縮画像の誤り訂正系統図

4.シミュレーション結果

4.1.誤り耐性技術の検討

図4に JPEG2000 を採用したときの原画像と圧縮復元画像を示す。ここでの圧縮画像は原画像に対して、0.3 ビット/コンポーネントでの高圧縮をしたときのものである。ブロックノイズはないものの画像全体がぼやけて見える。低圧縮 2.0 ビット/コンポーネントと比べ、15 dB 程度劣化してしまっている。



図4 JPEG2000 による復元画像

図5には圧縮画像を符号化せずに通信路を通し、復元した符号誤りのある復元画像を示す。0.3ビット/コンポーネントで圧縮しており、帽子の天辺、額と帽子の境目、右頬から肩にかけて符号誤りが見られる。誤り訂正符号を用いて符号化することでこの画像に見られるような符号誤りを抑える。



図5 符号化なしの圧縮画像

4.2. 誤り訂正符号での検討

図6に圧縮していない原画像を用いた Turbo 符号での復元画像を、図7にはデータ伝送における Turbo 符号と LDPC 符号の誤り率の特性図を示す。

図6は Iteration=2 のときの Turbo 符号による復元画像である。ビットエネルギー対雑音比 (E_b/N_0) が 2 dB において誤り訂正符号を使用しないときの誤り率は $1.81E-3$ であるが、Turbo 符号の使用により誤りの発生を抑えることができた。



図6 Turbo 符号による復元画像

図7にはデータ伝送時 (圧縮はなし) における Turbo 符号と LDPC 符号の誤り率特性を比較するグラフである。①から③は Turbo 符号で繰り返し復号の Iteration を変更したもので、④には行重み 3、列重み 6 の (981, 500) の LDPC 符号を示す。ここで行重み、列重みは行および列に含まれる“1”の数を指す。この LDPC 符号ではエラーフロアは見られないものの、Turbo 符号の Iteration=2 のものとほぼ同等の特性であることが分かる。また⑤は (9974, 5000) の LDPC 符号を示す[2]。符号長が大きくなったため、特性が良くなる LDPC 符号の特徴が確認できる。⑥には符号化なしの BPSK の誤り率を示す。

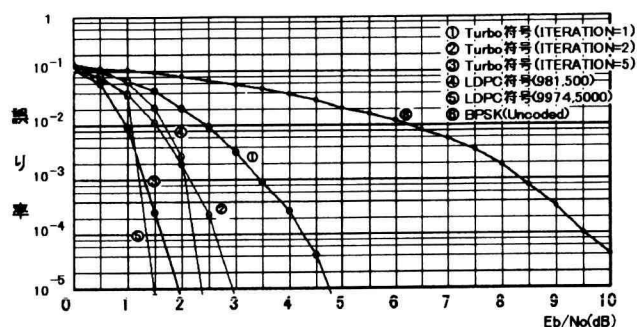


図7 Turbo 符号と LDPC 符号の誤り率特性比較

5. 考察

誤り耐性技術を持つ JPEG2000 では、圧縮率が低いときは復元する画像に対して符号誤りの影響を抑えることができるが、圧縮率を高くしすぎると誤り耐性技術では符号誤りを抑えきることができず復元する画像に大きな影響を与えてしまう。

誤り訂正符号において、本研究で使った Turbo 符号は復号した結果を受信信号の1つとして使い、復号を繰り返す。したがって、Iteration を増やせば増やすほど符号誤りを抑えることができる。

表1にそれぞれの数値的な比較を示す。Iteration=2 における誤り率がおおよそ $1.00E-5$ となる E_b/N_0 とそのときの誤り率を表示する。Turbo 符号を通さずに復号すると 10.5 dB のときに $1.34E-5$ となり、Turbo 符号を通したときには 2.9 dB で $1.52E-5$ となる。

ビット誤り率をおおよそ $1.00E-5$ にするために符号化なしよりも、Turbo 符号を用いたほうが 7.6 dB も小さな力で伝送可能である。

表 1

	Eb/No	誤り率
Turbo 符号なし	10.5dB	1.34E - 5
Turbo 符号	2.9dB	1.52E - 5

6. 結論

JPEG2000 を用いて圧縮し復元したものでは、誤り耐性技術の効果で画像を復元することに対して大きな影響を及ぼさない程度の符号誤りに抑えている。また誤り訂正符号である Turbo 符号や LDPC 符号を使用することにより符号誤りの発生を抑えることができた。しかし、Iteration が増えると処理時間も増加してしまうので、通信の高速化と信頼性のバランスを考えることが必要になる。

誤り耐性技術を使用している JPEG2000 だけで誤りを抑えるよりも、誤り訂正符号を用いることで大幅に誤りを防止できることを確認することができた。

謝辞

本研究をするにあたり LDPC 符号のプログラムソースを参考にさせて頂きました岡山県立大学 情報工学部 情報通信工学科 和田山正先生に厚く感謝いたします。最後になりましたが、本研究室学生諸氏にご支援戴きました。深く感謝いたします。

文献

- [1] 野水泰之, “次世代画像符号化方式 JPEG2000” トリケップス pp. 108, Feb. 2001.
- [2] 和田山正, “低密度パリティ検査符号とその復号法” トリケップス, pp. 29-30, June. 2002
- [3] 今井秀樹, “符号理論” 電子情報通信学会 (1990)