

ヒストグラムの疎性を考慮したニアロスレス画像符号化法 Near Lossless Image Coding Method Considering the Histogram Sparsity

小林 弘幸[†] 岩橋 政宏^{††} 貴家 仁志^{†††}
Hiroyuki KOBAYASHI[†] Masahiro IWAHASHI^{††} Hitoshi KIYA^{†††}

[†] 東京都立産業技術高等専門学校 ^{††} 長岡技術科学大学 ^{†††} 首都大学東京
[†]Tokyo Metro. Coll. of Ind. Tech. ^{††}Nagaoka Univ. of Tech. ^{†††}Tokyo Metro. Univ.

Abstract: In this paper, a method is proposed which performs near lossless compression of images. The method is based on histogram sparsity and converts the histogram of the original image, in order to decrease the number of the effective pixel values. After converting, the converted image is compressed by lossless compression. The near lossless property of the proposed method is controlled finely at the histogram converting process.

1 はじめに

近年、高解像度・高階調である高品質な画像を取り扱う機会が増加している。このような画像はデータ量が多く、より効果的な圧縮技術が期待されている。従来、JPEG2000ロスレス符号化に対して、ヒストグラムをパッキングすることで、ビットレートを削減できるという報告がなされている [1,2]。しかしながら、従来法の適用はロスレスのみに限定されている。

本報告では、さらなる圧縮率向上を実現するために、画像に若干の歪みを許容するニアロスレス画像符号化について検討する。提案法では、画像のヒストグラムの疎性に注目し、意図的に疎なヒストグラムを持つ画像を作成する。さらに、この画像をヒストグラムパッキングすることで、ビットレートの低減を目指す。提案法のアルゴリズムはJPEG2000に限定されず、多くのロスレス圧縮に対して起用することができる。提案法は、JPEG-LSのニアロスレスモードに比べ、ターゲットとなるビットレートやPSNRをより細かく調整することが可能となった。

2 準備

2.1 ヒストグラムの疎性

ヒストグラムが疎である画像とは、頻度が0となる濃度値がヒストグラム上に点在する画像のことである。符号化対象となる N ビットの画像を $P(x,y)$ とし、その濃度ヒストグラムを $H(k), k=0,1,\dots,2^N-1$ としたとき、ヒストグラムが疎である画像では、 $H(k)=0$ となる濃度値 k が多くなる。逆に、ヒストグラムが疎でない画像では、ほとんどの濃度値が使われており、 $H(k)=0$ となる濃度値 k は少ない。以下では、 $H(k)=0$ でない濃度値のことを有効濃度値と呼ぶ。JPEG2000符号化では、疎なヒストグラムを持つ画像の場合、ヒストグラムパッキングすることで、ビットレートを低減できることが知られている [1,2]。

2.2 量子化とヒストグラムパッキング

通常、画像処理における量子化は、画像を表現するビット数低減を目的として行われている。今回は、この量子化

をビット数の低減ではなく、階調数の低減することを目的として利用する。

今、最大 2^N 階調を表現できる画像 $P(x,y)$ を M 階調に低減する量子化を考える。すなわち、原画像の 2^N 個の階調は、 M 個のクラスに分類される。ここで、 M は2のべき乗に限定されず、

$$0 < M < 2^N \quad (1)$$

の任意の整数に適用される。この時、画像 $P(x,y)$ は各クラスに対応するインデックス値を用いて、画像 $I(x,y)$ として表現される。一方、インデックス画像 $I(x,y)$ からは、各インデックス値に対応した代表値テーブル $R(n), n=0,1,\dots,M-1$ を用いて逆量子化することで、 N ビットの画像が復元される。適切にクラス分けされた量子化の場合、各クラスには対応する画素が存在することになる。そのため、インデックス画像のヒストグラムは、必然的にヒストグラムパッキングされた状態になる。

3 提案法

3.1 基本原理

ヒストグラムが疎でない画像については、単にヒストグラムパッキングを行ってもあまり効果がない。本稿は、完全なロスレス性ではなく、若干の歪みを許容するニアロスレスを対象を拡張することで、ビットレートの低減を目指すものである。

提案法のシステム構成図を図1に示す。符号化側では、通常のロスレス符号化器の前段に階調数を低減する量子化器を設置する。一方、復号側ではロスレス復号器の後段に逆量子化器を設置する。ニアロスレスの性能は、階調低減量子化器の部分で制御が可能となる。

3.2 実行手順

量子化には、Lloyd-max とほぼ同程度の性能で、かつ高速に動作する文献 [3] の手法を利用する。この手法では、図2に示すように、有効な濃度値を持つヒストグラムを、各クラスに均等に配置し、インデックス化を行う。各インデックスに対応する代表値 $R(n)$ は、各濃度値とヒストグラムの頻度による重心計算から決定する。

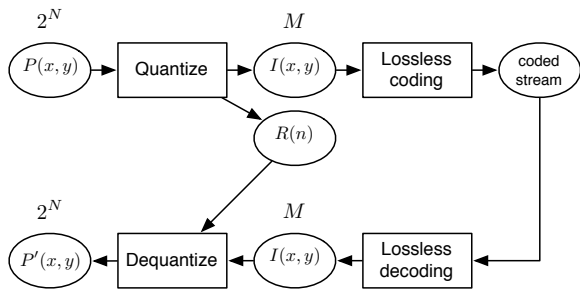


Figure 1: Proposed system

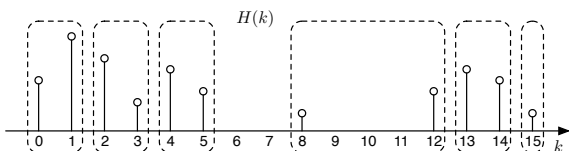


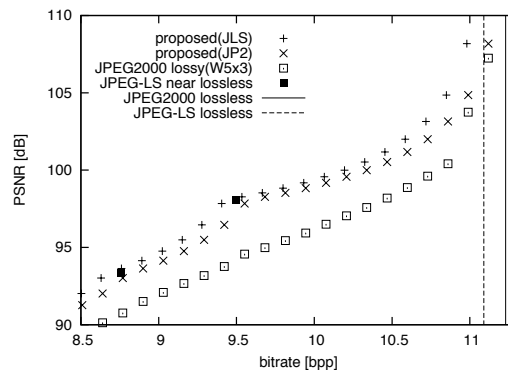
Figure 2: Quantization

4 シミュレーション

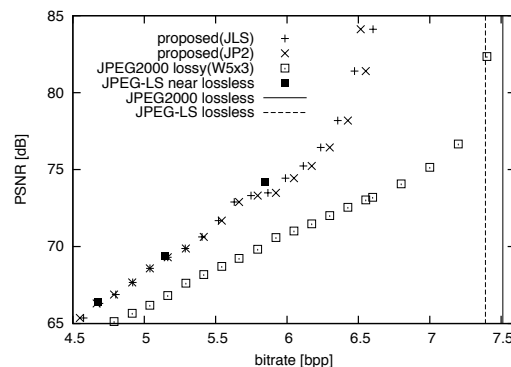
提案法の有効性をシミュレーションで確認する。原画像として、疎性が高くない画像である 16 ビットグレースケール画像 Cafe(有効濃度値 64,486 階調, 98.4%) と、疎性が高い画像である 12 ビットグレースケール画像 CT image(有効濃度値 1,853 階調, 45%) を利用した。図 3 は符号化画像のビットレートと歪みの関係を示したものである。ここでは、上記の画像に対して、提案法による符号化、整数フィルタ (W5x3) による JPEG2000 lossy 符号化、JPEG-LS ニアロスレス符号化を行った。提案法のロスレス符号化は、JPEG2000 と JPEG-LS の双方について実行している。図中の実線と破線はそれぞれ JPEG2000 および JPEG-LS でロスレス符号化した時のビットレートを示している。提案法は、JPEG2000 の lossy 符号化に比べ、高い PSNR を実現しており、JPEG-LS のニアロスレスモードとほぼ同等の PSNR を示している。また、JPEG-LS のニアロスレスモードに比べ、細かいレート歪み制御が行えていることがわかる。文献 [4] の方法も、提案法と同様にヒストグラムのパッキングを行いニアロスレスを実現するものであるが、JPEG-LS のニアロスレスと同様に粗いレート制御しか行えない。

5 おわりに

本報告では、ヒストグラムの疎性に注目したニアロスレス符号化法を提案した。提案法は階調数低減を目的とした量子化器とロスレス符号化を組み合わせることで、高ビット領域において、JPEG2000 符号化よりも高い PSNR を実現することが可能となった。特に疎性が高い画像に対しては、ヒストグラムパッキングの効果が大きく、ビットレートが大幅に低減される。



(a) Cafe (16bpp, the number of effective tones = 64,486)



(b) CT image (12bpp, the number of effective tones = 1,853)

Figure 3: Rate Distortion evaluation for near-lossless images

参考文献

- [1] M. Aguzzi and M. Albanesi, “A novel approach to sparse histogram image lossless compression using JPEG2000,” *Electronic letters on computer vision and image*, 2006.
- [2] A. J. Pinho, “An Online Preprocessing Technique for Improving the Lossless Compression of Images with Sparse Histograms,” *Signal Processing Letters, IEEE*, vol. 9, no. 1, pp. 5–7, 2002.
- [3] 貴家 仁志, 小林 弘幸, 岩橋 政宏: “ヒストグラムの疎性を考慮した HDR 画像の効果的量子化法”, *映像メディア学会メディア工学研究会, 映像情報メディア学会 メディア工学研究会*, vol.35, no.30, (no.ME2011-77), pp.13–17, July, 2011.
- [4] E. Nasr-Esfahani, S. Samavi, N. Karimi, and S. Shiran, “Near lossless image compression by local packing of histogram,” *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 1197–1200, 2008.