

画像の不確定性符号化について

A Study on Uncertainty Image Coding

石川 孝明 渡辺 裕
Takaaki Ishikawa Hiroshi Watanabe

早稲田大学大学院 国際情報通信研究科
Graduate School of GITS, Waseda University

Abstract: We propose a new approach for image coding by applying an uncertainty to a construction of multiple bitstreams. Each of the multiple bitstreams have the same bitrate and the same distortion to represent a single image. However, the construction of each bitstreams is different. By using the different part of bitstreams, we can combine these multiple bitstreams to refine the image quality. Experimental results show that the quality of combined image is higher than the quality of decoded image from a single bitstream.

1 はじめに

画像や映像を効率良く伝送するための符号化技術は、インターネットを始めとするネットワークを介した情報交換が頻繁に行われるにつれてその重要性を増している。ビットストリームの伝送は、従来のサーバ・クライアント型の通信だけでなく、P2Pのようなクライアント間の通信でも頻繁に行われており、今後も増加すると予想される。

これまでマルチメディア情報は、エンコーダにより特定のビットレートで符号化され、ネットワークの不確実性によるエラー要素を除けば、このマルチメディア情報を利用するすべてのデコーダに対して同じビットストリームが伝送されてきた。この点において、任意のビットレートで表現されるマルチメディア情報は、確定的に符号化されていると言える。このビットストリームが複数のクライアントに伝送されると、ネットワーク全体では全く同一のビットストリームが複数箇所に存在している状態になる。

本検討では、あるマルチメディア情報を確定的に符号化するのではなく、サーバにおいて、任意のビットレートのビットストリームを不確定に生成する符号化を検討する。同一のビットレート、同一のマルチメディア情報であっても生成されるビットストリームの構造が不確定であるという点で、このような考え方に基づく符号化を本検討では不確定性符号化と呼ぶ。

2 不確定性符号化の概念

図1にその概念図示す。ここでは、ある画像が複数の領域に分割されていることを前提とする。ただし、ここでの領域は、空間領域や周波数領域に限定しない。図1は、確定的に符号化されたビットストリームを B_{opt} 、不確定に符号化されたビットストリームを B_1 と B_2 で表し、それぞれ4つの領域を持つ例である。横軸は領域番号、縦軸は総符号量に対する各領域の発生符号量の比率である。各領域は、発生符号量に応じて画像品質を向上させ、画像全体の歪み D を下げるとする。各ビットストリームの総符号

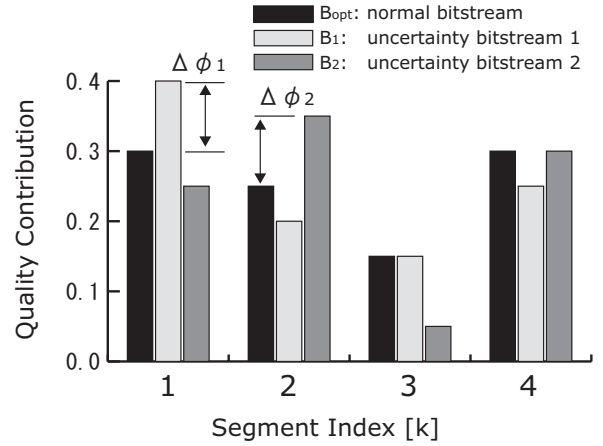


Figure 1: Various patterns of quality contribution

量を、 $R_i, \{i | i = opt, 1, 2\}$ で表すと、式 (1) が成り立つ。 k は領域番号を表す。

$$R_i = \sum_k R_k \quad (1)$$

各ビットストリームの総符号量が $R_{opt} = R_1 = R_2$ を満たすように、領域 k からの発生符号量に変化を加えると、ビットストリーム $B_i, \{i | i = opt, 1, 2\}$ は、互いに異なる構成であるが、同じ画像を同じレートで表現したビットストリームとなる。このとき、 B_1 の領域 1 は、 B_{opt} の同領域と比較し、 $\Delta\phi_1$ だけ多くのレートが割り振られている。同様に、 B_2 の領域 2 は、 $\Delta\phi_2$ だけ符号量が多い。

今、 B_1 を受信したクライアントがあるとする。このクライアントが、 B_1 をキャッシュとして保持した状態で、同じ画像を再度受信する場合を考える。もし、再び B_1 を受信すれば、保持されたキャッシュデータと全く同じであるため、画像の品質を上げることはできない。だが、 B_2 を受信すれば、 B_1 には存在しない情報を追加情報として用い、画像品質を向上させることができる。追加情報として利用できる情報量は、式 (2) で表される。

$$\Delta\phi = \sum_k \Delta\phi_k \quad (2)$$

B_1 を 2 回受信する場合と B_1 および B_2 を受信する場合

Table 1: Coding conditions

Input image	Lena (Gray scale)
Resolution	512 × 512[pe]l
Bitrate	0.2 [bit/pe]l
Decomposition	5
PCRD_opt	ON

の総符号量に違いはない．しかし、 B_1 と B_2 を合成すれば、 $\Delta\phi$ だけ異なる情報を得ることができるため、この情報を利用した画像品質の向上を実現できる． $\Delta\phi_3$ や $\Delta\phi_4$ を持つ B_3 と B_4 を定義すれば、最小 k 回目のサーバアクセス時に、 $R_i + \Delta\phi$ の画像を受信することができる．

3 実験と考察

前節で述べた不確定性符号化の概念を JPEG 2000[1] を用いて実装した．JPEG 2000 の EBCOT (Embedded Block Coding with Optimized Truncation) は、ビットプレーン符号化をコードブロック単位に行う．そこで、前節で述べた領域 k を画像のコードブロックとし、 $\Delta\phi$ による変化を一部のコードブロックに適用し、それらの組み合わせを変化させ、3つのビットストリーム B_a, B_b, B_c を生成した．領域 k の組み合わせは $\Delta\phi_k$ の値により無数に存在する．そこで本実験では、特定のサブバンドに含まれるコードブロックについて共通の $\Delta\phi_k$ を設定し、総符号量をほぼ同一にした．表 1 に符号化条件を示す．以下、通常の EBCOT で符号化したビットストリームを B_{opt} 、 B_a, B_b, B_c を合成したビットストリームを B_{merged} で表す．

図 2 に B_a, B_b, B_c のコードブロックごとの発生符号量を示す．コードブロック番号は、ウェーブレット分割数の高いサブバンドからラスト順に記録している．図 2 より、同一レートで符号化された B_a, B_b, B_c は、コードブロックごとに発生符号量が変化していることがわかる．次に、

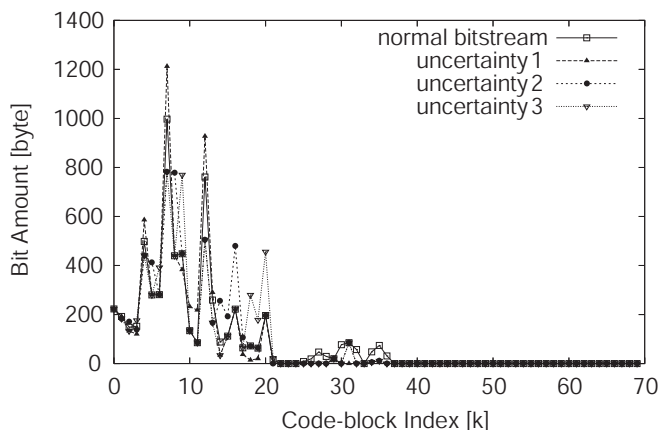


Figure 2: Difference between bitstreams

Table 2: Experimental result

Bitstream	Bitrate [bit/pe]l	PSNR [dB]
B_{opt}	0.200	32.953
B_a	0.198	32.466
B_b	0.200	32.645
B_c	0.199	32.584
B_{merged}	0.274	33.925



Figure 3: Decoded images

各ビットストリームの符号量と歪みの関係を表 2 に示す．表 2 より、 B_a, B_b, B_c は、 B_{opt} と比較して約 0.4[dB] 程度、PSNR が低下している．一方、合成後のビットストリームである B_{merged} は、合成前の B_a と比較し約 1.4[dB] 程度、PSNR が増加している．これは、 $\Delta\phi$ が追加情報としての役割を果たしたためである．ただし、 B_{merged} のビットレートで入力画像を EBCOT により符号化すると、PSNR は 34.472[dB] であった．すなわち、必ずしも $\Delta\phi$ が効率良く符号化されていないことがわかる．図 3-(a) に B_a の復号画像、図 3-(b) に B_{merged} の復号画像を示す．図 3 より主観品質においても複数のビットストリームを合成することで画像品質が改善することが確認できる．

4 おわりに

本検討では、不確定性符号化の概要を述べた．1つのマルチメディア情報を不確定に符号化することにより、同一レートの同一コンテンツであっても構成の異なるビットストリームを生成でき、これらを受信することで画像品質が向上する場合があることを示した．

参考文献

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29 WG1, “ISO/IEC 15444-1 JPEG 2000 Part1: Core coding system,” July 2002.

早稲田大学大学院国際情報通信研究科
〒 367-0035 埼玉県本庄市西富田大久保山 1011
Phone: 0495-24-6143, Fax: 0495-24-6645
E-mail: takaxp@fuji.waseda.jp