

# 符号ストリームを考慮した Motion JPEG 2000MDC 画像の RTP 伝送における画質劣化抑制法

Image Quality Degradation Control Scheme in Consideration of Codestream for Motion JPEG 2000 Multiple Description Coding Image on RTP Transmission

岩田 卓也<sup>†</sup>

西川 清史<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 情報通信システム学域

Takuya IWATA<sup>†</sup>

Kiyoshi NISHIKAWA<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Information and Communication Systems, Tokyo Metropolitan University

**アブストラクト** 本稿では、インターネットを利用した Motion JPEG 2000 伝送におけるパケットロスによる画質劣化を抑制することを目的とした、RTP を用いた MDC(Multiple Description Coding) 伝送手法を提案する。MDC は入力画像を複数の description に符号化しそれぞれを独立に伝送する事で、伝送エラーによる劣化が画像全体に及ぶことを防ぐための手法である。提案法はパケットロス環境下での画質向上を目的として、[13] で提案されている JPEG 2000 を対象とした MDC で符号化された画像を RTP により伝送を行う。提案法では、各 description は JPEG 2000 で独立に符号化される最小単位であるコードブロック単位で伝送される。このため、受信時にパケットロスした description の欠落部分を他の description のコードブロック単位で補償することが可能となり、画質劣化を抑制する。シミュレーションで提案法の有効性を示す。

## 1 はじめに

近年、デジタル通信の発展に伴い、ネットワークを利用したメディアコンテンツの流通が盛んに行われている。インターネットでの動画像や音声のストリーミングでは、低遅延でより高品質な伝送が求められる。このような応用では、リアルタイム性を重視し、再送機能を有しないプロトコルを用いた伝送が一般的である。このため、伝送中に何らかの理由でパケットがロスした場合、そのパケットに含まれるデータの情報は失われ、品質の低下を招く。一般的なパケットロス対策として、ロスしたパケットの再送 [1]、パリティパケットの付加 [2]、MDC(Multiple Description Coding)[3]~[9] などが知られている。本稿では MDC に注目する。

MDC は信頼性の低いネットワーク上で伝送されるメディア情報を保護する方法として知られ、データを description と呼ばれる複数のストリームに分割する。各 description

は独立に伝送され、最低でも 1 つの description を受信できれば復号が可能であり、復号データの品質は受信した description の数に依存する。各 description を別々の経路で伝送することにより、パケットロスによる影響を分散することが可能となる。

JPEG 2000[10] の MDC として、符号化の際に冗長なデータを追加して description を生成する手法がある [13]。この手法は、異なる符号化レートの 2 つのストリームから複数の description を生成し、各 description を 1 つのネットワークパケットのみで伝送することを想定している。しかし、高精細な画像を扱う場合、一般に description のサイズはネットワークパケットより大きくなるため、パケット 1 つの損失が 1 つの description 全体の破棄を引き起こす問題がある。また、受信した description を統合する際に専用のデコーダが必要となるなどの問題点もある。

一方、JPEG 2000 符号化画像を RTP(Real-time Transfer Protocol)[11] を用いて伝送するための、受信画像の画質劣化抑制法が提案されている [14]。この手法では、符号ストリームを考慮して RTP パケットへの分割を行い、さらに付加情報を伝送するために RTP ヘッダを拡張する。付加情報を元に、パケットロスの検出を行い、復号の妨げになるデータの削除および書き換えを行うことにより、画質劣化を抑制する。しかしこの手法は、ロスしたデータの情報を復元しない。したがって、視覚的な重要度の高い部分のデータがロスした場合、データの再送などを行わない限り復号画質に大きな劣化を生じる問題がある。

本稿では、JPEG 2000 に基づく動画像符号化方式である Motion JPEG 2000[12] を対象として、MDC において description の大きさや専用のデコーダを要するといった問題を改善する、より一般的な画像伝送環境に対応した手法を提案する。提案法は、画像に冗長性を持たせる MDC[13] により、JPEG 2000 符号化列を description に

分割する．各 description は個々に JPEG 2000 で独立に符号化される最小単位であるコードブロックを単位として RTP 伝送される．このため，受信時にパケットロスした description の欠落部分を他の description のコードブロック単位で補償することが可能となり，画質劣化を抑制する．

## 2 準備

Motion JPEG 2000 は，各フレームを JPEG 2000 により符号化する．ここでは準備として，JPEG 2000 符号化と符号ストリームの構造，RTP，および提案法が基づく従来の MDC 法の概要について説明する．

### 2.1 JPEG 2000 符号化 [10]

図 1 のように JPEG 2000 の符号化では，原画像は離散ウェーブレット変換により複数のサブバンドに分割される．さらに各サブバンドは，コードブロックと呼ばれる矩形領域に分割される．JPEG 2000 では各コードブロックは独立に符号化される．コードブロックはビットプレーンに分解され，各ビットプレーンは，SP(Significant Propagation)，MR(Magnitude Refinement)，CU(Clean Up) いずれかの符号化パスに分類され，算術符号化される．このとき，符号化パスは上位ビットの符号化パスに依存して符号化される．このため，複号には，上位ビットの符号化パスのデータが必要となる．

符号化されたコードブロックのデータは解像度レベルごとに JPEG 2000 パケットと呼ばれる単位にまとめられ，符号ストリームを構成する．JPEG 2000 パケットは，そのパケットを復号するために必要な情報を含むヘッダ部と符号化されたコードブロックのデータであるボディ部に分かれる．JPEG 2000 パケットヘッダには以下の情報が含まれている．

- コードブロックの包含  
どのコードブロックがパケットに含まれているかを示す．
- 零ビットプレーン情報  
ビットプレーン中のすべての係数が 0 であるものの数を示す．
- 符号化パス数  
コードブロックごとに含まれている符号化パスの数を示す．
- コードブロックの符号データ長  
コードブロックごとの長さを示す．

JPEG 2000 符号ストリームの構造を図 2 に示す．符号ストリームの先頭には，全体を復号するために必要な情報

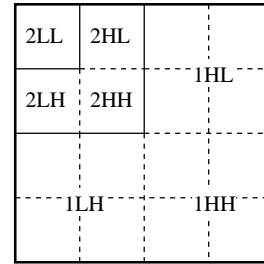


図 1: ウェーブレット変換とコードブロック分割

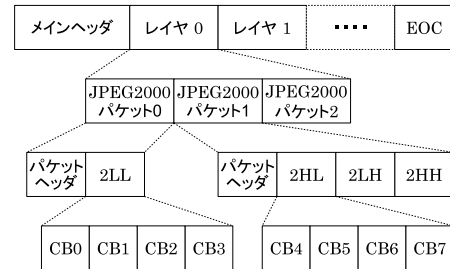


図 2: JPEG 2000 符号ストリームの構造

を含むメインヘッダが付き，末尾には符号ストリームの終端を示す EOC(End Of Codestream) マーカが付く．

### 2.2 RTP

インターネット上での音声や動画のストリーミング伝送プロトコルとして，RTP[11] が知られている．

RTP を用いて伝送を行う場合，データは RTP パケットと呼ばれる単位に分割されたのち送られる．RTP パケットはヘッダ部とペイロード部とに分けられ，ヘッダ部には符号ストリームの再生に必要な情報が，ペイロード部には分割された符号ストリームのデータがそれぞれ入れられる．図 3 に RTP ヘッダの構成を示す．このうち，提案法で使用する項目を以下に示す．

- X(eXtensions): 1 bit  
拡張機能の有無を示す．
- Sequence Number: 8 bits  
RTP パケットの順序を示す．パケットの整列やパケットロスの検出に用いる．
- Time Stamp: 32 bits  
受信側での再生のタイミングを示す．

RTP ヘッダ中の X は拡張機能の有無を示すフラグであり，このフラグを設定することで，RTP ヘッダを拡張することができる．図 3 の太枠で囲まれた部分が拡張部分となる．‘ Defined by profile ’は拡張機能の種類を示し，‘ Length ’は付加情報の長さを示しており，Length×4[bytes] の‘ Header Extension ’を利用することができる．

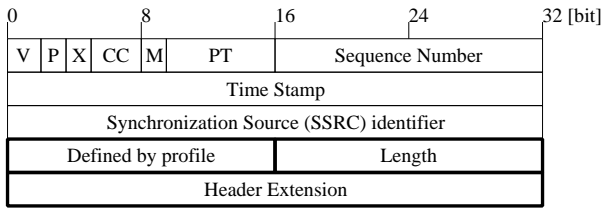


図 3: RTP ヘッダ

### 2.3 JPEG 2000 の MDC 法 [13]

提案法が基づく MDC 法 [13] について説明する。この手法は JPEG 2000 符号化におけるコードブロックの切り捨てに基づくレート制御を利用して、R-D(Rate-Distortion) 最適な画像の description を生成する。description 生成の手順を以下に示す。ここでは、2 つの description を生成する場合を考える。

1. エンコーダは符号化レート  $R_1$  と  $R_2$  ( $R_2 < R_1$  とする。) の異なる 2 つのストリームをそれぞれ生成する。
2. ストリームの各レイヤーにおいて、コードブロックを類似な R-D 特性を持つ 2 つのグループに分類する。
3. 各コードブロックのサイズと歪みを考慮して、レート  $R_1$  と  $R_2$  のコードブロックを組み合わせる。
4. 2 つの description が生成される。

このように、異なる符号化レートの 2 つのストリームから 2 つの description が生成される。最初の description は、1 つ目のストリームのグループ 1 に分類されたコードブロックと 2 つ目のストリームのグループ 2 に分類されたストリームを組み合わせる構成される。この様子を図 4 に示す。2 番目の description は、1 つ目のストリームのグループ 2 に分類されたコードブロックと 2 つ目のストリームのグループ 1 に分類されたコードブロックで構成される。この処理により、サイズと復号時に生じる歪みがほぼ同一である 2 つの description が得られる。各 description は、おおよそ  $(R_1 + R_2)/2$  のレートで符号化される。また、description を構成するコードブロックのパターン例を図 5 に示す。図のように、description はレート  $R_1$  と  $R_2$  で符号化されたコードブロックを組み合わせるものからなり、各 description において同じ場所を表すコードブロックは片方の description の逆のレートで符号化されたものが含まれる。

受信側での処理は以下の様になる。

- 1) 両方の description を受信した場合  
description の各コードブロックから最適なもの、す

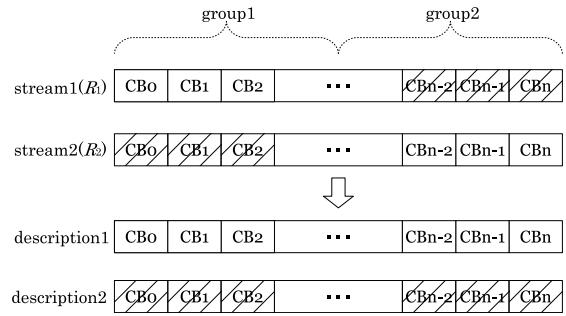


図 4: コードブロックの分類と description の生成

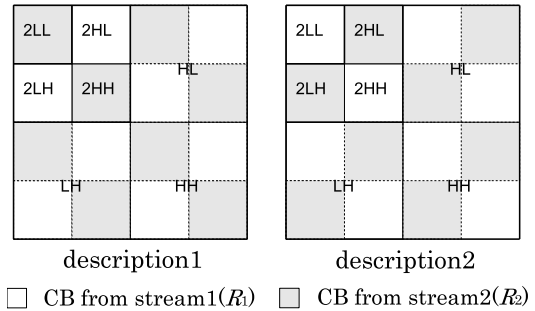


図 5: description を構成するコードブロックのパターン例

なわち  $R_1$  で符号化されているものが選択され、単一のストリームに統合された後復号される。このとき、専用のデコーダが必要となる。

- 2) 1 つの description のみを受信した場合  
片方の description のみで復号される。なお、手法 [13] では、単一の description は JPEG 2000 の符号ストリームとして生成される。このため、全ての description を受信できた場合でも、専用のデコーダを受信側が備えていない場合は単一の description のみの復号が行われる。

この手法では、description を 1 つのネットワークパケットのみで伝送することを想定しており、高精細な画像を扱う場合、一般に description はネットワークパケットよりもサイズが大きくなり、分割して伝送される。したがって、ネットワークパケットが 1 つでもロスすると、1 つの description 全体が損失することになる。

### 3 提案法

ここでは、提案法について述べる。提案法は、MDC 法 [13] で生成された各 description をコードブロック単位で RTP 伝送を行うことを可能とする。また、受信側に専用のデコーダを必要としない。

#### 3.1 処理手順

図 6 に提案法のブロック図を示し、以下に手順を示す。

1. MDC 法 [13] を用い、2 つの description を生成する。

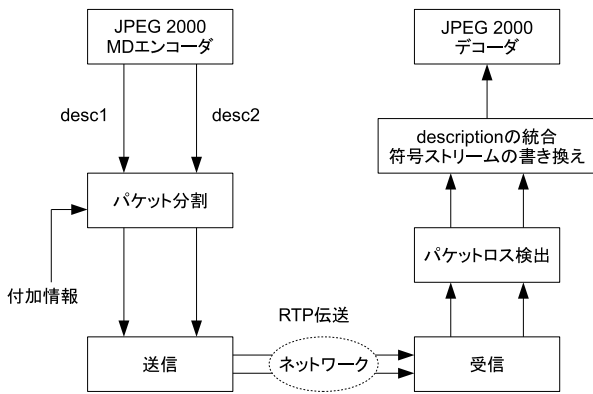


図 6: 提案法のブロック図

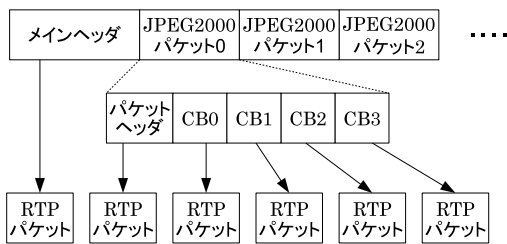


図 7: RTP パケット分割

2. 各 description をコードブロック単位で RTP パケットへ分割する。また、メインヘッダ、JPEG 2000 パケットヘッダはそれぞれ 1 つのパケットに収める。(図 7)
3. RTP ヘッダを拡張し、コードブロックなどの付加情報を挿入する。
4. RTP パケットの送信および受信。
5. RTP ヘッダを用いてパケットをソートし、パケットロスの検出を行う。
6. 各 description において、ロスしたコードブロックを特定する。
7. 各 description から最適なコードブロックを選択し、単一のストリームに統合する。
8. JPEG 2000 パケットヘッダを書き換える。
9. 符号ストリームをデコーダに送る。

このうち、手順 1, 4, 5 は従来法 [13] と同一の処理となる。手順 3, 6, 7, 8 の RTP ヘッダ拡張による処理および受信時の処理は次の 3.2 で述べる。

### 3.2 RTP ヘッダの拡張と受信時の処理

手順 3 では、受信の際にロスしたデータの特定を行うために、RTP ヘッダを拡張し、付加情報を載せる。図 8

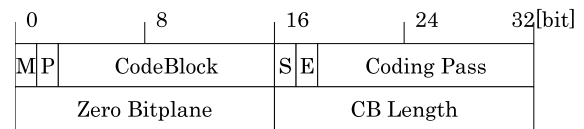


図 8: 提案法に用いる拡張 RTP ヘッダ

に提案法に用いる拡張 RTP ヘッダを示す。以下に項目を示す。

- M: 1 bit  
RTP パケットにメインヘッダが入っていることを示す。
- P: 1 bit  
RTP パケットに JPEG 2000 パケットヘッダが入っていることを示す。
- CodeBlock: 14 bits  
RTP パケットに含まれるコードブロックの番号を示す。
- S,E: 1 bit  
RTP パケットにコードブロックの先頭(末尾)が含まれていることを示す。
- Coding Pass: 14 bits  
RTP パケットに含まれる符号化パスの数を示す。
- Zero Bitplane: 16 bits  
RTP パケットに含まれるコードブロックのゼロビットプレーン数を示す。
- CB Length: 16 bits  
RTP パケットに含まれるコードブロックの長さを示す。

これらの項目は手順 6 におけるロスしたコードブロックの位置の特定や、手順 8 における JPEG 2000 パケットヘッダの書き換えの際に用いられる。

手順 6 では、ロスした RTP パケットの前後の拡張 RTP ヘッダの項目を比較することにより、ロスしたコードブロックの位置を特定する事が可能となる。手順 7 において、どちらかの description のコードブロックがロスしている場合、もう一方の description の同一コードブロックを選択する。提案法では、拡張 RTP ヘッダの情報を用いることで description の欠落部分を他の description のコードブロック単位で補償することが可能となり、画質劣化を抑制する。

受信した description の統合と JPEG 2000 パケットヘッダの書き換えの例として、図 9 に示すようなパケットロスが起こった場合を考える。また、図中で真中が生成さ

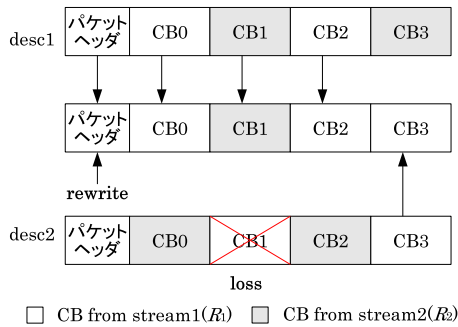


図 9: パケットロスが生じた際の符号ストリームの生成例

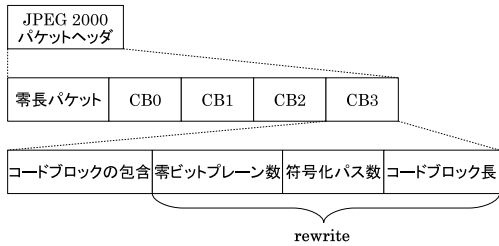


図 10: パケットヘッダの書き換え

れる符号ストリームを示す．コードブロック毎に受信した description のどちらかが選択される．すなわち，両方の description を受信したコードブロックに対してはレート  $R_1$  で符号化されたものが選択される．図のように，description1 中のコードブロック 1 がロスした場合，代わりに description2 のコードブロック 1 を選択する．このとき，図 10 に示すように JPEG 2000 パケットヘッダ中の対応するコードブロックの‘ 零ビットプレーン数 ’，‘ 符号化パス数 ’，‘ コードブロックの符号データ長 ’の項目を RTP ヘッダの情報を元に書き換える．

提案法では，図 6 に示すとおり，JPEG 2000 デコーダでの復号処理はその他の処理と独立しているため，従来法とは異なり標準の JPEG 2000 デコーダを利用可能となる．

#### 4 シミュレーション

ここでは，提案法の有効性をシミュレーションにより示す．

##### 4.1 シミュレーション条件

今回は，静止画像を用いたシミュレーションを行った．提案法により，2 つの description を生成し，RTP で伝送する場合を想定する．シミュレーション条件を表 1 に示す．

評価基準として，一方の description の 5HL サブバンドに属するコードブロックがロスした場合を想定し，受信画像と原画像との PSNR を計測した．また，従来の MDC 法 [13]，画質劣化抑制法 [14] をそれぞれ単独で適用したものとの比較を行った．

表 1: シミュレーション条件

原画像	lena
データサイズ	256 [Kbytes]
画像サイズ	512×512
フォーマット	8 ビットグレースケール
ウェーブレット変換レベル	5 (9/7 フィルタ)
コードブロックサイズ	64 × 64
レイヤー数	1
符号化レート $R_1$	0.2 [bpp]
符号化レート $R_2$	0.05 [bpp]
デコーダ	kakadu[16]



図 11: 画質劣化抑制法 [14]



図 12: 従来の MDC 法 [13]



図 13: 提案法

##### 4.2 シミュレーション結果

図 11～図 13 に各手法における復号画像を，表 2 に復号画像の PSNR を示す．図 11 は符号化レート  $R_1$  で符号

表 2: シミュレーション結果

	PSNR[dB]
画質劣化抑制法 [14]	23.3
従来の MDC 法 [13]	29.1
提案法	32.8

化された JPEG 2000 画像の 5HL サブバンドのデータがロスした際に、5HL のサブバンドを復号時にスキップするように JPEG 2000 パケットヘッダを書き換えて復号した画像である。一方、図 12 は従来の MDC[13] を用いた結果であり、ロスの発生した description は破棄し、単一の description のみから復号した画像である。図 13 は提案法によりロスした 5HL サブバンドを片方の description の 5HL サブバンドで置き換え、JPEG 2000 パケットヘッダを書き換えて復号した画像である。

表 2 より、提案法が従来の手法と比べてパケットロス環境下での受信画像の PSNR を改善できることがわかる。

## 5 おわりに

本稿では、RTP を利用した JPEG 2000 画像の MDC 法による画質劣化抑制法を提案した。また、シミュレーションにより、従来法に比べパケットロスによる画質劣化の抑制に有効であることを示した。

## 参考文献

- [1] C. Perkins, RTP: Audio and Video for the Internet, Pearson Education, Inc., Massachusetts, U.S.A., 2003
- [2] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, "An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction," RFC 2733, Dec. 1999
- [3] V. Vaishampayan, "Design of multiple description scalar quantizers," IEEE Trans. on Information Theory, Vol.39, No.3, pp.821-834, May. 1993
- [4] S. D. Servetto, K. Ramchandran, V. A. Vaishampayan, K. Nahrstedt, "Multiple description wavelet based image coding," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.9, No.5, pp.813-826, May. 2000
- [5] J. Hafarkhani, V. Tarokh, "Multiple description trellis-coded quantization," IEEE Trans. on Communications, Vol.47, No.6, pp.799-803, June. 1999
- [6] V. Vaishampayan, N. J. A. Sloane, S. D. Servetto, "Multiple-description vector quantization with lattice codeblocks: design and analysis," IEEE Trans.

on Information Theory, Vol.47, No.5, pp.1718-1734, July. 2001

- [7] Y. Wang, M. T. Orchard, V. Vaishampayan, A. R. Reibman, "Multiple description coding using pairwise correlating transforms," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.10, No.3, pp.351-367, March. 2001
- [8] W. Jiang, A. Ortega, "Multiple description coding via polyphase transform and quantization selection," Proc. SPIE Intl. Conference on Visual Communication and Image Processing, pp.998-1008, January. 1999
- [9] T. Guionnet, C. Guillemot, S. Pateux, "Embedded multiple description coding for progressive image transmission over unreliable channels," International Conference on Image Processing (ICIP), Vol.1, pp.94-97, October. 2001
- [10] I.T.R.T. ISO/IEC 15444-1, "Information technology-JPEG 2000 image coding system-Part1: Core coding system," ISO/IEC JTC 1/SC 29 WG1, Jan. 2001
- [11] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," RFC 3550, July. 2003
- [12] I.T.R.T. ISO/IEC 15444-3, "Information technology-JPEG 2000 image coding system-Part3: Motion JPEG 2000," ISO/IEC JTC 1/SC 29 WG1, July. 2002
- [13] T. Tillo, G. Olmo, "A novel multiple description coding scheme compatible with the JPEG 2000 decoder," IEEE Signal Processing Letter, Vol.11, No.11, pp.908-911, Nov. 2004
- [14] K. Nishikawa, S. Nagawara, and H.Kiya, "QoS Estimation Method for JPEG 2000 Coded Image at RTP Layer," IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E89-A, No.8, pp.2119-2128, Aug. 2006
- [15] K.Nishikawa, K.munadi, and H.Kiya, "No-Reference PSNR Estimation for Quality Monitoring of Motion JPEG 2000 Video Over Lossy Packet Networks," IEEE Trans. Multimedia, Vol.10, Issue 4, pp.637-645, June. 2008
- [16] "kakadu," <http://www.kakadusoftware.com/>