

ビットストリームパターン再構成による Flash Video の適応的 Multiple Description 符号化

倉石 卓也[†] 伊藤 仁[†] 伊藤 彰則[†] 牧野 正三[†]

[†] 東北大学大学院 工学研究科 電気・通信工学専攻
〒 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05

E-mail: †{kura,itojin,aito,makino}@makino.ecei.tohoku.ac.jp

あらまし Multiple Description (MD) 符号化はバースト欠落によるパケットロスを隠蔽する効果的な手法の一つである。この手法では入力情報を複数のストリームに分割し、それらの相関関係を冗長情報化して付与する処理を行う。パケットロスが発生した場合、冗長情報を利用してほとんどの入力情報を復元する事が可能である。この報告で我々はビットストリームパターンを考慮した適応的な Flash Video (FLV) の MD 符号化を提案する。提案法のパケットロスに対する有効性は実動画像を用いて確かめられ、関連研究の方法と比べて大幅に低い冗長度で同等の品質を得られる事が確認された。

キーワード Flash Video, H.263, パケットロス補償, Multiple Description 符号化

Adaptive Multiple Description Coding of Flash Video based on Bitstream Pattern Reconstruction

Takuya KURAIISHI[†], Masashi ITO[†], Akinori ITO[†], and Shozo MAKINO[†]

[†] Graduate School of Engineering, Tohoku University
6-6-05 Aramaki Aza Aoba Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579 Japan
E-mail: †{kura,itojin,aito,makino}@makino.ecei.tohoku.ac.jp

Abstract Multiple Description (MD) Coding is one of effective methods for concealing burst packet loss. This method divides source information into multiple streams, and adds them correlation using redundant information. Utilizing the redundant information, the source can be fairly recovered if packet losses occur during the transmission. In this paper, we propose a method of MD Coding for Flash Video (FLV) based on bitstream pattern reconstruction. The effectiveness of the proposed method is examined for actual video data with packet loss simulations. Our proposed method showed almost equal quality with related method, but only needed a little redundancy. This result supported the proposed method to be effective for concealing burst packet loss.

Key words Flash Video, H.263, Packet loss concealment, Multiple Description Coding

1. はじめに

Flash Video (FLV) [1] は Web 上でのインタラクティブなコンテンツ配信を可能とする、Adobe 社の Flash Player 用のビデオフォーマットとして同社が策定したものである。FLV は従来のものと異なり、インターネットブラウザなどで直接動画再生が可能であるため、非常に手軽に楽しむことができる。近年、その視聴に関する導入の手軽さと Web サービスとの親和性の高さから、これを利用した YouTube [2] や veoh [3]、ニコニコ動画 [4] 等のサービスが国内外で急速に発展し、現在では最も一般的なストリーミングサービスの一つであると言える。

しかし、それらのサービスのほとんどは TCP を基本としたダウンロード型で配信されており、転送効率が最も重要であるストリーミングサービスにおいては不利である。一般的に UDPの方が転送効率は高く、ストリーミングサービスに向いているとされているが、インターネットなどの通信路においてはパケットロスが発生する可能性があり、それに対処する術を持たないという問題がある。これは復号結果の劣化につながるため、UDP を利用する場合は予め何らかのパケットロス耐性能力を付与しておくのが普通である。

パケットロス耐性能力を付与するものとしてこれまで、様々な誤り訂正符号や階層符号化 [5] などが提案されてきたが、近

年では、Multiple Description (MD) 符号化 [6] が注目されている。MD 符号化は、送信する情報を同等の重要性を持つ複数のストリームに分割して伝送し、それら全てのストリームを受信できた場合には完全または同等程度に原信号を再現し、いずれかのストリームが受信できなかった場合でも、最低1つ受信できれば許容可能な程度の劣化のみで原信号を再現する手法である。これはストリームの分割の際に各々のストリーム間で関連のある情報を冗長情報として持たせることで、パケットロスによって情報が欠落した場合でも欠落パケットの推定を行うことができるためである。一般的に画像、音声、動画は相関が非常に高いため MD 符号化を適用しやすく、数多くの適用例がある [6]。MD 符号化により欠落パケットを推定、補償することでパケットの再送が不要となるため、この手法は高いリアルタイム性が求められるストリーミング配信等に適していると言える。実際に ITU-T H.263 [7] や MPEG4 など動画像への適用例も多数報告されている [8]。しかしながら、我々が対象とする FLV では現在、Sorenson H.263 と呼ばれる異なる符号化方式で符号化されたものが一般的であり、それら従来のものを直接適用する事は難しい。そこで、我々は FLV に適した新しい MD 符号化の手法を提案する。

この報告は下記の構成である。次節で FLV ビットストリームの構造と、Sorenson H.263 の ITU-T H.263 との違い、および特徴を述べる。第 3 節では MD 符号化の ITU-T H.263 への適用例について述べ、第 4 節で Sorenson H.263 に適した新しい MD 符号化方法を提案する。最後に第 5 節で実動画をを用いて提案法の評価実験を行い、第 6 節で結ぶ。

2. Flash Video ビットストリーム

2.1 構造

Flash Video (FLV) は、動画像 (Video)、音声 (Audio)、コメント等の任意のデータを格納することができる Tag と呼ばれるコンテナから成る構造になっている。それぞれは汎用の符号化方式で符号化されたビットストリームが格納されており、Video Tag は Sorenson H.263, On2VP6, H.264 等が、Audio Tag は ADPCM, MP3 等が用いられる。この内、本研究では現在最も広く用いられている Sorenson H.263 で符号化された Video Tag からのみ成る FLV を対象とし、MD 符号化を単純化するために、全ての Video Tag から Sorenson H.263 ビットストリームを抽出してそれに適用する事を考える。

2.2 Sorenson H.263

Sorenson H.263 は Sorenson Media 社が策定した動画像符号化方式の 1 つであり、ITU-T H.263 のサブセット扱いとなっている。そのため基本的な符号化アルゴリズムは同一である。Sorenson H.263 の仕様書は一般公開されていないが、[1] に ITU-T H.263 との違いが簡単にまとめられており、ヘッダ情報の違い、GOB (Group of Blocks) 層や PB フレーム (Bi-directional Predicted Frame) 等いくつかの拡張オプションをサポートしない事や、逆にいくつかの拡張オプションを常に用いる等が記載されている。ITU-T H.263 での GOB 層はバイトアラインになる事が保証されており、高度に圧縮された ITU-T

H.263 を復号する際に、万一復号箇所を見失っても次に復号すべき箇所を検出しやすいロバスト性がある。このため、MD 符号化の適用例ではそれがあつる事を前提にしているものもある [9]。Sorenson H.263 の場合はこれが無いため、フレーム 1 枚のデータを格納する Picture Layer の上に直接、16px×16px から成る Macro Block (MB) を含んだ Macro Block Layer が乗っている構造になっている。なお Picture Layer には、そのフレームの復号処理に直前までの復号結果を用いる Inter フレームと、用いない Intra フレームの 2 種類がある。Intra フレームはフレーム内符号化であり、差分情報や MV を持たない。本研究ではフレーム間符号化により生成されるビットストリームを基本とした MD 符号化を行うため、フレーム間符号化である Inter フレームのみを対象とする。

2.3 ビットストリームパターン

Inter フレームの Macro Block Layer 内の各 MB は、ヘッダ情報、動きベクトル情報 (MV)、DCT 係数差分情報 (DCT) の 3 つで構成されている。MV は動き補償に用いられ、その結果と参照画像との差分が離散コサイン変換されて差分情報として伝送される。しかしビットレートを可能な限り少なくするために、これらの情報は時間軸の動画像の変化と動き補償の適応結果次第で適応的に取捨選択され、ITU-T H.263 ではその組み合わせパターンとして 11 種類が定義されている。ただし、この内には Sorenson H.263 で使用可能か明記されていない拡張オプションも含まれているため、それらを除くと表 1 に示す 4 種類に絞ることができる。"o" はその情報を持ち、"x" は持たないことを示す。また、図 1 にはこれら 4 パターンの復号結果の違いを図で示した。なお、パターン番号は本研究で独自に示したものであり、ビットストリーム中に明示的に示されていない。

表 1 ビットストリームパターンの構成
Table 1 Structure of bitstream pattern

パターン	ヘッダ情報	MV	DCT
1	o	o	o
2	o	x	x
3	o	x	o
4	o	o	x

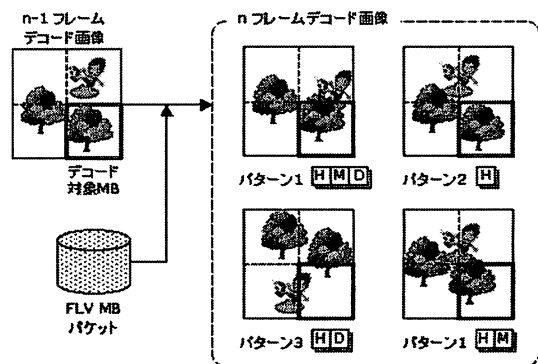


図 1 ビットストリームパターンによる復号結果の違い

Fig.1 Difference of decoding result

パターン1は動き補償とDCT係数差分情報の両方を適用する事によって次フレームの復号を行うものであり、最も出現頻度が高い標準的なものである。このため、ヘッダ、MV、DCTの3つ全てを情報として持っている。パターン2は $n-1$ フレームの復号結果を n フレームの復号結果としても使うものである。つまりフレーム間で動きが全く無かった事を示し、情報量が一番少ない。これはパターン2である事を示す1bitのフラグのみをヘッダ情報として持っている。パターン3は動き補償を用いずにDCT係数情報のみを適用する事によって次フレームの復号を行う。このパターンはMVを持たない代わりに、差分情報ではないDCTを持つため情報量がやや大きい。しかし、復号処理に直前までの復号結果を用いないので、それまでの復号結果にエラーが含まれていてもこれ以降に拡散しなくなる。一般的には動き補償で次フレームの画像を再構成できない場合や、シーンチェンジに挿入されることが多く、Intra MBとも呼ばれる。パターン4は逆に動き補償のみを適用する事によって次フレームの復号を行うものである。つまり、フレーム間の差異を動き補償のみで全て吸収でき、差分情報を必要としなかった場合を示す。よってヘッダとMVのみを持っている。

3. MD符号化のITU-T H.263への適用例

冒頭でも述べたように、これまでMD符号化のITU-T H.263への適用例は数多く報告されている。

Reibmanらによる方法[9]ではMB内のヘッダ情報とMVを単純に2ストリームに複製して分割し、さらにDCTを閾値に基づいて両ストリームに配分する方法を取っている。このため、一方のストリームが受信できなかった場合にはDCTが間引かれたストリームを復号することで許容範囲の劣化に留め、自身の従来法である[10]より良いパケットロス補償性能を誇る。しかし複製する情報量が多く、正しく機能するために最低でも60%程度の冗長度を要する問題がある。ここで言う冗長度とは、MD符号化によって増えるビットレートの度合いを示したものである。例えばオリジナルのビットレートを n kbps、MD符号化後のビットレートを m kbps、冗長度を $\rho\%$ とすると、 $\rho = \frac{m-n}{n} \times 100$ で求められる。つまり、0%でオリジナルと同じビットレート、100%でオリジナルの2倍のビットレートという意味になる。

Apostolopoulosによる方法[11]では予め動画を偶数、奇数フレームで時分割してからITU-T H.263に符号化して2分割する方法を取っている。一方のストリームが受信できなかった場合には欠落したフレームを前後のフレームからMVを使って推定することにより補償を行う。しかし、時分割してから符号化するために本来よりも符号化効率が悪化し、パケットロス補償性能に関わらず常にビットレートが増えてしまう問題がある。我々の追実験においては約60%の冗長度であった。

ITU-T H.263自身にも拡張機能(Annex)としてパケットロス等のエラーへの耐性機能がいくつか備わっている[12]。例えばAnnex RのIndependent Segment Decoding Modeは、フレーム内のあるGOB層に含まれるMBが他のGOB層に含まれるMBの情報を利用したり影響を与えたりしないように

符号化するものである。これにより、あるGOB層でエラーが発生しても、隣接する他のGOB層へ影響を及ぼさなくなる。しかし空間軸方向の相関を利用し難くなるため、符号化効率が若干悪化する。他にはAnnex NのReference Picture Selection Modeがある。通常の復号処理では直前のフレームを参照するが、これを用いると直前のフレームにエラーが含まれている場合はそれ以前等のフレームを参照して復号処理を行えるようになる。一般的な動画において時間軸方向の相関は高いため、エラーを含むフレームを参照して復号するより品質が高くなる可能性がある。しかし、これらはいずれも[1]にSorenson H.263で使用可能か明記されていないため本研究では用いない。

4. 提案法

4.1 符号化器

本研究では、冗長度を抑えつつFLVに適したMD符号化を行うために、Sorenson H.263ビットストリームが取る4種のパターンに応じて符号化方法を切り替える手法を提案する。本研究の提案するMD符号化器はFLV符号化器とは切り離れたアルゴリズムになっており、図2に示すように現状のFLV送受信の間に単純に挿入するのみで適用が可能である。故に現在

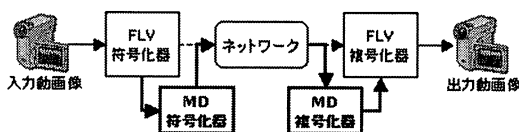


図2 提案法の現状環境への導入例

Fig.2 Providing model by proposed method

のFLVストリーミング環境に導入が容易な設計になっている。

提案法ではまず、FLVからVideo Tagを全て抽出してSorenson H.263ビットストリームを得る。同時にSorenson H.263ビットストリームを解析してPicture Layer、さらにMacro Block Layerまで分解する。この時、表1に基づいて各MBのパターンも分析する。次に、解析されたSorenson H.263ビットストリームの分割を行う。図3にその概要を示した。Hはヘッダ情報、MはMV、DはDCTを指す。分割の単位はMB毎であり、パターンに応じて方法を変化させ2ストリームに分割する。分割されたMBは通常のヘッダ情報から後述するMDヘッダ情報と呼ぶ新たなヘッダ情報に置き換える。これは図3

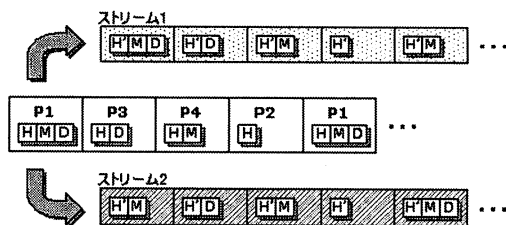


図3 提案法によるMD符号化

Fig.3 MD coding by proposed method

```

Flag ← 1
for n = 0 to MaxMB do
  if SrcMB は P1 then
    if Flag = 1 then
      MDH[1] ← "11" MDH[2] ← "011"
      Flag ← 2
    else
      MDH[1] ← "011" MDH[2] ← "11"
      Flag ← 1
    end if
  else if SrcMB は P2 then
    MDH[1] ← "00" MDH[2] ← "00"
  else if SrcMB は P3 then
    MDH[1] ← "10" MDH[2] ← "10"
  else if SrcMB は P4 then
    MDH[1] ← "010" MDH[2] ← "010"
  end if
  for i = 1 to 2 do
    if MDH[i] = "00" then
      Output[i] ← MDH[i]
    else if MDH[i] = "010" or MDH[i] = "011" then
      Output[i] ← MDH[i] + SrcMB の MV
    else if MDH[i] = "10" then
      Output[i] ← MDH[i] + SrcMB の DCT
    else if MDH[i] = "11" then
      Output[i] ← MDH[i] + SrcMB の MV と DCT
    end if
  end for
end for

```

図 4 MD 符号化アルゴリズム
Fig. 4 MD coding algorithm

中で H' と示した。詳細は後述する。

分割対象の MB のパターンが 1 であった場合、復号化には MV と DCT が重要な情報であるため、MD ヘッダ情報を生成して MV は両方に複製する。DCT はどちらか片方のストリームにのみ複製を行い、次にパターン 1 の MB が来た場合にはその DCT をもう一方の MB へ複製する。つまり、パターン 1 の DCT は両ストリームに交互に複製することになる。分割対象の MB のパターンが 2 であった場合、復号化には情報を必要としないので、MD ヘッダ情報だけ生成して何も付与しない。分割対象の MB のパターンが 3 であった場合、復号化には DCT が重要な情報であるが、パターン 1 の場合と異なり差分情報ではないため、MD ヘッダ情報を生成して DCT は両方に複製する。分割対象の MB のパターンが 4 であった場合、復号化には MV が重要な情報であるため、MD ヘッダ情報を生成して MV を両方に複製する。この一連の処理はフレーム毎に繰り返す。以上のアルゴリズムを図 4 に示す。SrcMB は分割対象の MB、MaxMB はフレームに含まれる MB の数、P はパターン、MDH は MD ヘッダ、Output[i] は出力 MD ストリーム i をそれぞれ指す。

通常の Sorenson H.263 ヘッダ情報は MV と DCT の情報から再度生成することが可能なため、本研究ではこの情報量を削減するために独自の MD ヘッダ情報を新たに生成し、通常のヘッダ情報は用いない。MD ヘッダ情報は 2bit または 3bit から成り、最初の 2bit は MD ヘッダ情報以後に続くデータの種類の表す。対応関係を表 2 に示す。受信側では各ストリーム

表 2 MD ヘッダ情報

Table 2 MD Header information		
後続データ	ビット配列	元パターン
無し	00	2
M	010	4
M	011	1
D	10	3
M D	11	1

の MD ヘッダ情報を元に後続データの種類の判別し、復号化を行う。なお後続データが M の場合、提案法では元の MB がパターン 1 かパターン 4 か判別できない事がある。このため、後続データが M となる場合に限り元の MB がパターン 1 か否かを示すフラグをさらに 1bit 付与する。

なお、本研究では MD 符号化の対象を Inter フレームのみにしているため、Intra フレームは単純に両方に複製する。さらに、各フレームの最初に含まれる Picture Header 情報も両方に複製する。

4.2 復号化器

提案法による MD 符号化を行った場合、受信側では次の手順で復号処理を行う。

まず、表 2 を参照して MD ヘッダ情報から元の MB のパターンを決定する。この結果、元の MB のパターンが 2, 3, 4 のいずれかであった場合、両方のストリームには同じ情報が存在しているため、いずれか片方のみから後続データを取り出して改めて通常のヘッダ情報を生成し元の MB を再構成する。元の MB のパターンが 1 であった場合、MV は両方のストリームに存在しているためいずれか片方から取り出す。DCT はどちらか片方にのみ存在している。もし両ストリームを受信できた場合には存在する方から取り出し、改めて通常のヘッダ情報を生成して元の MB を再構成できるが、片ストリームのみしか受信できなかった場合には次のように DCT の補償を試みる。

まず補償対象の MB について、同位置の時間軸で前後の MB を参照する。このため受信側にはフレームバッファを要する。次にそれら前後の MB のパターンを調べ、両方がパターン 1 であった場合は内部に含まれる DCT の全 64 次元について輝度信号、色差信号の全 6 コンポーネント毎に平均を算出し、補償対象の MB の DCT とする。その後改めて通常のヘッダ情報を生成し元の MB に近いものを再構成する。逆に、前後の MB のパターンがいずれかでも 1 でなかった場合は補償処理は行わず、DCT を持たないパターン 4 の MB として再構成を行う。この場合は正しい MV 値を用いて動き補償は行われるが、DCT 係数差分情報の適用が行われない。

5. 評価実験

5.1 実験条件

提案法の効果を確認するため評価実験を行った。実験用動画には foreman を用いた。詳細を表 3 にまとめる。これを

表 3 入力動画フォーマット

Table 3 Video format

フォーマット	YUV420
解像度	CIF (352px×288px)
フレームレート	30 fps
フレーム数	300 frame

0 フレームにのみ Intra フレームを持つ Sorenson H.263 に符号化し、提案法による MD 符号化を行った。評価対象として MD-split 法 [9] を用いた。ただし、Sorenson H.263 ではパターン 1 とパターン 3 のみが DCT 係数を持ち、パターン 3 の DCT 係数を分割すると正しく復号できなかったため、パターン 1 の DCT 係数の分割のみにこのアルゴリズムを適用し、他は単純な複製とした。

評価方法として次の 2 条件をシミュレーションに用いた。

- (1) 各々のストリームに約 5% のパケットロスが発生
- (2) 常に片方のストリームがパケットロス (D₁)

パケットロスのシミュレーションには、任意長のバースト欠落を発生可能なギルバートモデルを用い、平均欠落長 3 パケットで行った。なお、この報告での 1 パケットは MB1 つである。さらに、それぞれについて次の 2 つの評価指標に基づいて比較を行った。1 つ目はパケットロス補償品質の比較による評価である。補償結果をフレーム毎の PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) で評価する。2 つ目は冗長度と補償品質の関係の比較による評価である。補償結果を Redundancy-rate Distortion (RRD) 曲線で評価する。これは PSNR の全フレーム平均と MD 符号化後の冗長度の関係を見たものである。RRD 曲線では、一般に冗長度が高くなるほど補償品質が上がるとされる。しかし、提案法は冗長度の制御が未検討であるため、1 点での比較となる。

なお、本研究では評価に Y, U, V の信号を持つカラー動画をういたため、PSNR の算出式を (1) 式のようにして用いた。

$$\text{PSNR [dB]} = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{3n} \sum_{i=0}^{n-1} \Delta YUV_i^2} \quad (1)$$

ここで

$$\Delta YUV_i = \sqrt{(Y_i - Y'_i)^2 + (U_i - U'_i)^2 + (V_i - V'_i)^2} \quad (2)$$

である。また、 n は画素数であり本研究においては $352 \times 288 = 101376$ である。 Y_i と Y'_i は算出対象の i ピクセル目における Y 信号の値である。U と V も同様である。

5.2 実験結果 (条件 1)

各々のストリームに約 5% のパケットロスが発生させた場合の実験結果を示す。

まず、フレーム毎の PSNR を図 5 に、その全フレームでの

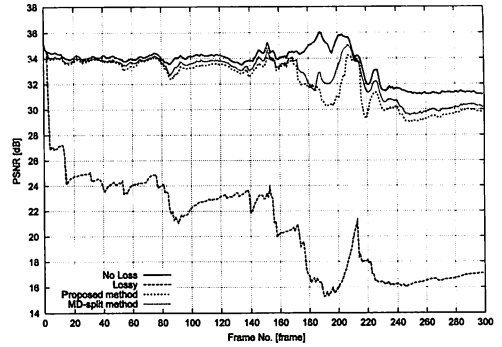


図 5 フレーム毎の PSNR (条件 1)

Fig. 5 PSNR of each frame (Condition 1)

表 4 全フレームの PSNR の平均 (条件 1)

Table 4 Average PSNR (Condition 1)

No Loss	約 33.5 dB
Lossy	約 20.8 dB
Proposed method	約 32.3 dB
MD-split method	約 32.7 dB

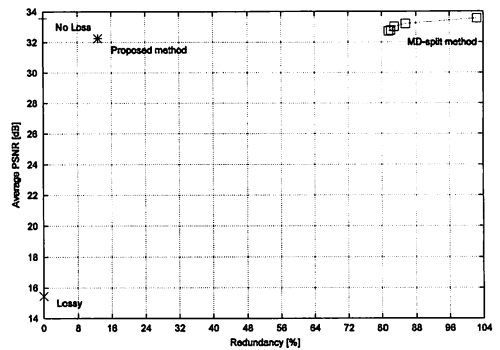


図 6 RRD 曲線 (条件 1)

Fig. 6 RRD curve (Condition 1)

平均を表 4 に示す。No Loss はオリジナル、Lossy はそれにパケットロスが発生させたものである。Proposed method は提案法による MD 符号化、MD-split method は MD-split 法を本実験において冗長度が最低であった閾値 100 でそれぞれ適用したものである。これを見ると、提案法は全体的に MD-split 法とほぼ同等程度まで品質を改善する補償能力を有していることがわかる。全フレームの平均値では、提案法の補償結果はオリジナルと比べて遜色ない程度の PSNR となっており、MD-split 法と比較してもほぼ差はない。しかし、170 フレーム～210 フレームの範囲において、他と比べてやや大きい差が見られる。これは実験に用いた動画像がこの近辺で画面全体の動きが大きく、パターン 1 の DCT 係数差分情報の情報量が増したものの、提案法の DCT 補償ではそれが不十分だったためと考えられる。

次に、RRD 曲線を図 6 に示す。横軸は冗長度、縦軸は全フレームの PSNR を平均したものである。これを見ると MD-split 法は冗長度が非常に高く、この実験においては閾値を大きくし

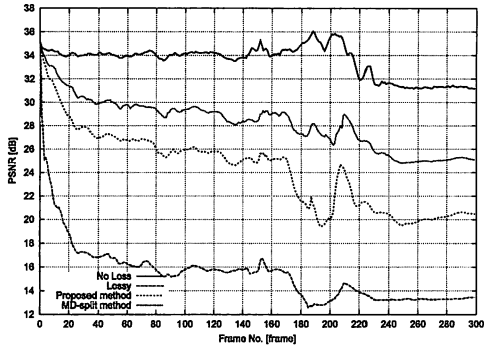


図7 フレーム毎のPSNR (条件2)

Fig. 7 PSNR of each frame (Condition 2)

表5 全フレームのPSNRの平均 (条件2)

Table 5 Average PSNR (Condition 2)

No Loss	約 33.5dB
Lossy	約 15.5dB
Proposed method	約 24.2dB
MD-split method	約 28.2dB

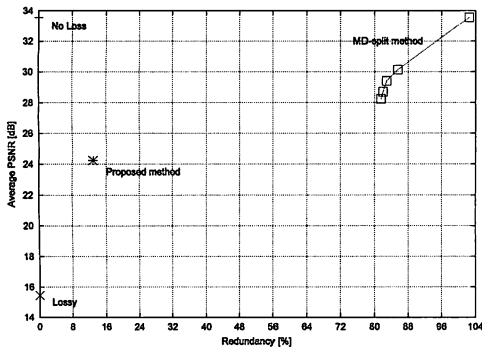


図8 RRD 曲線 (条件2)

Fig. 8 RRD curve (Condition 2)

ても80%以下にする事が不可能であった。しかし提案法は約12%と低い冗長度ながら、MD-split法とほぼ同等のPSNRを得られていることがわかる。

以上から、条件1では提案法の方が優れていると言える。

5.3 実験結果 (条件2)

次に、常に片方のストリームがパケットロスする場合の実験結果を示す。

まず、フレーム毎のPSNRを図7に、その全フレームでの平均を表5に示す。凡例は条件1と同じである。これを見ると、提案法はパケットロス補償なしの状態よりはPSNRが改善するが、MD-split法とは最大で約5dB程度の差があることがわかる。全フレーム平均値でも4dBの差があり、提案法に優位性は見られない。これはパケットロス率が50%と非常に高く、ストリームの大部分を占めるパターン1の補償が満足に行えなかったためと考えられる。

次に、RRD曲線を図8に示す。横軸は冗長度、縦軸は全フ

レームのPSNRを平均したものである。冗長度は条件1と等しいため、横軸でのプロット位置は図6と同じである。縦軸について見ると、MD-split法は冗長度が下がるにつれPSNRも下がっている。提案法は先と異なりMD-split法よりもPSNRの差が大きく、PSNRについて提案法に優位性は見られない。

以上から、条件2では提案法の優位性を示せなかったが、この報告での提案法は冗長度の制御が未検討であるため、今後検討を進め冗長度を上げられれば改善する可能性がある。

6. むすび

この報告で、我々はFlash Video (FLV) に適した新しいMultiple Description (MD) 符号化の手法を提案した。FLVのフォーマットであるSorenson H.263は、先行研究の多いITU-T H.263と比べてビットストリーム構造が異なることと、取りうるパターンの数が限られている事に着目し、パターンに応じて重要な情報を補償できるようにMD符号化手法を適応的に変化させた。結果、低ロス率では冗長度を大きく抑えながらも従来法とほぼ同等の品質が得られることが確認された。

今後は冗長度の制御を検討すると共に、高ロス率においても高い品質を得られるよう改善を行う予定である。

文献

- [1] "Macromedia Flash (SWF) and Flash Video (FLV) File Format Specification Version 8," Adobe Systems Incorporated, pp.239-265, 2005
- [2] YouTube, Available : <http://jp.youtube.com/>, November 2008
- [3] veoh, Available : <http://www.veoh.com/>, November 2008
- [4] ニコニコ動画 (秋), Available : <http://www.nicovideo.jp/>, November 2008
- [5] Y.C. Lee, J. Kim, Y. Altunbasak, R.M. Mersereau : "Layered coded vs. multiple description coded video over error-prone networks," *Signal Processing : Image Communication*, vol. 18, pp. 337-356, 2003.
- [6] V.K.Goyal : "Multiple Description Coding : Compression Meets the Network," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp.74-93, September 2001
- [7] "Video coding for low bit rate communication," ITU-T Recommendation H.263, January 2005
- [8] Y.Wang, R.Reibman, S.Lin : "Multiple Description Coding for Video Delivery," *Proceedings of the IEEE*, vol.93, pp.57-70, January 2005
- [9] A.Reibman et al. : "Multiple description video using rate-distortion splitting," in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing*, vol. 1, 2001, pp. 978-981.
- [10] A.Reibman et al. : "Multiple description coding for video using motion compensated prediction," in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Proc.*, October, 1999.
- [11] J. G. Apostolopoulos : "Reliable video communication over lossy packet networks using multiple state "encoding and path diversity. In *Visual Communications and Image Processing*, Jan. 2001.
- [12] S. Wenger, G. Knorr, J. Ott, and F. Kossentini : "Error resilience support in H.263+," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 8, pp.867-877, Nov. 1998.