

デコード前ビットストリームを用いた映像品質自動測定アルゴリズム

井芹 威[†] 掛札 智広[†] 田丸 敬大[†] 岩崎 量[‡] 間 伸一[‡] 片山 頼明[‡]

[†] NTT アドバンステクノロジー株式会社 〒244-0805 神奈川県横浜市戸塚区川上町 90-6

[‡] NTT コミュニケーションズ株式会社 〒105-0003 東京都港区西新橋 2-14-1

E-mail: [†] takeki.iseri@ntt-at.co.jp, [‡] r.iwasaki@ntt.com

あらまし インターネット上の映像配信において原画像を使用しない客観品質評価を行なうための手法が期待されている。本論文では MPEG-2 を対象とした客観品質評価の 1 方法として、MPEG-2 エレメンタリーストリームを部分的に解析してエラーの分析を行い、そのエラー情報から映像品質の測定を行なうアルゴリズムを提案する。提案するアルゴリズムの有効性を主観評価実験により確認した。

キーワード 客観映像品質評価, NR 法

Video quality automatic measurement algorithm using the coded bit stream

Takeki ISERI[†] Tomohiro KAKEFU[†] Takahiro TAMARU[†]

Ryo IWASAKI[‡] Shinichi HAZAMA[‡] and Yoriaki KATAYAMA[‡]

[†] NTT Advanced Technology Corporation 90-6 Kawakamicho, Totsuka-ku, Yokohama, 244-0805 Japan

[‡] NTT Communications Corporation 2-14-1 Nishi-Shinbashi, Minato-ku, Tokyo, 105-0003 Japan

E-mail: [†] takeki.iseri@ntt-at.co.jp, [‡] r.iwasaki@ntt.com

Abstract Objective perceptual video quality measurement techniques without using an original picture image is expected in the image distribution on the internet. In this paper, we analyze partially an MPEG-2 elementary stream to get error information, and we propose the algorithm as the one method of the objective quality evaluation for MPEG-2, which measures image quality from the error information. The validity of the algorithm was checked by subjective evaluation experiment.

Keyword Objective video measurement, NR

1. まえがき

近年の ADSL, FTTH, ケーブルテレビの普及はめざましいものがあり、日本におけるこれら 3 つのブロードバンドの世帯普及率は 25% を越えている。今後ますますブロードバンドが普及していくことが期待される。ナローバンド時代には品質の低かった映像配信技術も、高ビットレート、高品質のサービスが可能となり現実味を帯びてきた。

しかしインターネットでの UDP を使った映像配信ではパケットロスなどの現象が発生する。そのような障害発生時は視聴品質の劣化や変動による放送および配信サービスへの影響が顕著に表れるものと予想されることから、ユーザ視聴品質の検出・把握に対する重要性が今後高まっていくと考えられる。

インターネットを利用する映像サービスでは映像符号化技術が大きな役割をになっている。帯域を有効利用するために符号化処理が施されたビットストリー

ムをネットワークで伝送する際、パケットロスの影響は符号化されたビットストリームの破損を引き起こす。破損したビットストリームはそのままでは実際の視聴時にどれだけの悪影響が発生するかを把握することが難しい。通常は破損したビットストリームに対して復号処理を行なった後に映像を解析することで評価を行なう。

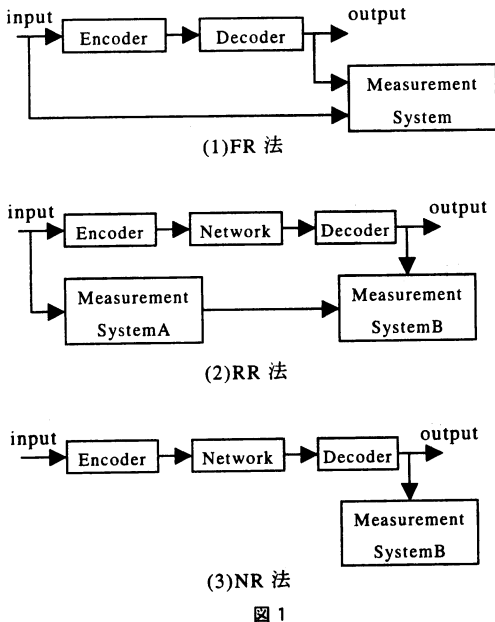
本論文では処理の軽量化に重点を置き、ネットワーク障害の影響による映像品質劣化の検出や推定を目的としている。最小限のデコード処理とそこから得られる情報を測定し代表的な主観評価値である DMOS を推定する方法について提案する。

2. 客観映像品質評価

2000 年 5 月に ITU-T が勧告とした J.143[1] は、客観品質評価に対するユーザ要求のなかで 3 種類の測定形態を提案している。

- (1) 完全な原画像を使用する方法(FR 法)
- (2) 原画像中のパラメータを使用する方法(RR 法)
- (3) 原画像を一切使用しない方法(NR 法)

図 1 にその概略を図示する。



2.1. FR 法

FR 法は Full Reference 法のことであり完全な原画像とデコード画像を比較することで映像の客観評価値を求める方法である。求める客観評価値を DSCQS 法で求められる主観評価値に近づけることが目的とされている。この方法は、インターネット上の伝送による劣化の評価に対する利用は現実的ではないが、エンコーダの性能測定をはじめとする符号化歪みの評価に適している。VQEG による評価方法の提案・検証がフェーズ II[2]まで進み ITU-T ではそのなかの 4 方式を J.144[3]において勧告している。

2.2. RR 法

RR 法は Reduced Reference 法のことであり、原画から特徴量を抽出し、それらの特徴量とデコード画像、またはデコード画像から抽出される特徴量と比較することで映像の客観評価値を求める方法である。

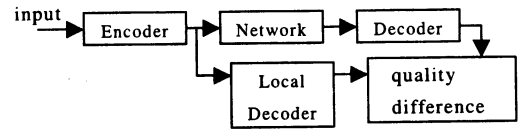
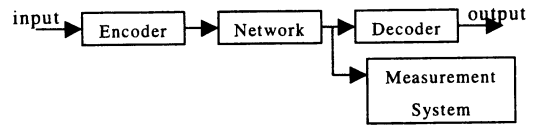
VQEG は今後この具体的な評価方法の提案・検証に取り組んでいく予定である。

2.3. NR 法

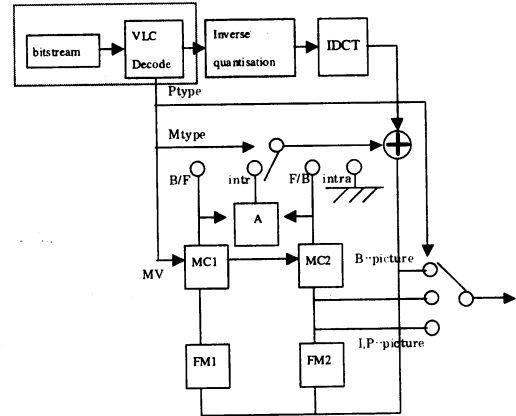
NR 法は No Reference 法のことであり、原画を一切用いない映像の客観評価値を求める方法である。現在具体的な評価方法は標準化されていない。

2.4. 評価方法

我々が提案する評価方法は広義の意味で NR 法に含まれる。基本検討[4]をもとに評価方法を考案した。



我々の評価方法ではデコード後の映像信号を用いるのではなく、デコード前のビットストリームの直接処理を行なう(図 2)。すなわち測定システムとして VLC デコードまでの処理を行い、シンタックスのチェックによってフレーム、マクロブロック単位にエラー範囲を特定する(図 4)。



また評価対象としてエンコード歪みによる画像劣化の影響を考慮せず伝送による映像の品質劣化を評価するためにローカルデコード画像と伝送後のデコード画像とを用いた DSIS 法による結果を推定することを目的とした(図 3)。前提としてローカルデコード画像にはシンタックスエラーはないものとした。

3. 主観評価値推定技術

PSNR は FR 法にあたる客観評価方法であるが、客観評価方法として処理の簡易さと主観評価値との高い相関から広く用いられている。通常の PSNR は原画像とデコード画像との間で計算されるが、本方式では目的

とする評価対象の違いから、ローカルデコード画像とデコード画像の間で PSNR を計算することとし、それを比較対象とする。以後、本稿で PSNR と表現する値はローカルデコード画像を用いた場合の PSNR である。伝送路によって全くエラーが発生しなかった場合は差分がないため PSNR は定義できない。

原画像を利用せずに PSNR を計算することはできないが、我々はビットストリームの情報から PSNR を推定して客観評価値とする。推定によって得られた PSNR を擬似 PSNR とする。

3.1. マクロブロックのエラー定量化

VLC デコードによるシンタックスチェックで各フレームのマクロブロック単位にエラーの有無を取得する。エラーのないマクロブロックでは差分がないため、エラーのおきたマクロブロックに対して画素差分を推測する。エラーが発生したマクロブロックにおいては真裏のマクロブロックを表示するなどのエラーコンシール処理が行なわれる。エラーマクロブロックにおける差分は例えば真裏のマクロブロックなどの置き換えられたマクロブロックと本来表示されるマクロブロックとの差分ということになる。エラーにより欠落したマクロブロックの情報は周囲のマクロブロックの情報から推測することとした。通常、あるマクロブロックで大きな変化がある場合はその周囲のマクロブロックでも同様に変化があると思われる。逆に静止する背景といった変化のない箇所はその周囲のマクロブロックの変化も少ないと考えられる。PSNR の算出ではピクセルごとの画素値を用いて計算するが、VLC デコードまでの処理ではピクセルごとの画素値については知ることができない。しかし I フレームにおいては各マクロブロックの DCT 係数直流成分と量子化係数からマクロブロック内の平均画素値を求めることができる。そこでエラーの発生したフレームの前後の I フレームにおけるエラー発生箇所と同じ位置のマクロブロック周辺のマクロブロックにおいて画素値の平均を求める(図 5)。平均画素値を利用し画素差分二乗和を計算して実際に PSNR を求める際の画素差分二乗和を近似する。

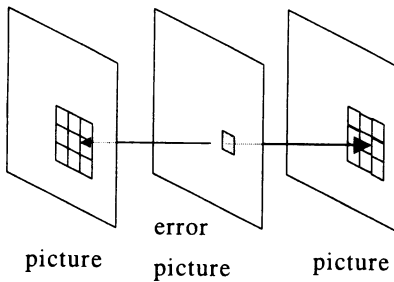


図 5

I フレームを用いて推測する MSE を模した値をエラーコンディション値と名付けることとする。マクロブロックにおけるエラーコンディション値の計算方法は次のようになる。直前の I フレームの評価に利用するマクロブロックを mb_n 、直後の I フレームの評価に利用するマクロブロックを MB_n とする。評価に利用するマクロブロックはエラーの起こったマクロブロックと同じ位置のマクロブロックとその周囲の 8 つのマクロブロックである。 mb_n の量子化係数(QP)、DCT 係数直流成分を $mbqp_n$ 、 $mbdct0_n$ として MB_n の量子化係数(QP)、DCT 係数直流成分を $MBqp_n$ 、 $MBdct0_n$ とする。エラーマクロブロックのエラーコンディション値 $MBval$ は以下の式で求める。

$$MBval = \frac{1}{m} \sum_{n=1}^m (mbqp_n \times mbdct0_n - MBqp_n \times MBdct0_n)^2$$

3.2. フレーム参照によるエラーの引継ぎ

イントラマクロブロックではエラーのないマクロブロックのエラーコンディション値は 0 となるが、インターマクロブロックにおいてはその参照元のマクロブロックがエラーによる画質劣化を含む場合も考えられるため参照マクロブロックのエラーコンディション値を参照面積比に従って引き継がなければいけない。図 6 に示すケースではインターマクロブロックのエラーコンディション値 $MBval$ は以下の式で求める。

$$MBval = \frac{a \times mbval_1 + b \times mbval_2 + c \times mbval_3 + d \times mbval_4}{a + b + c + d}$$

(双方向参照である B ピクチャは前方向での計算値と後方向の計算値とで値の大きい方を採用)

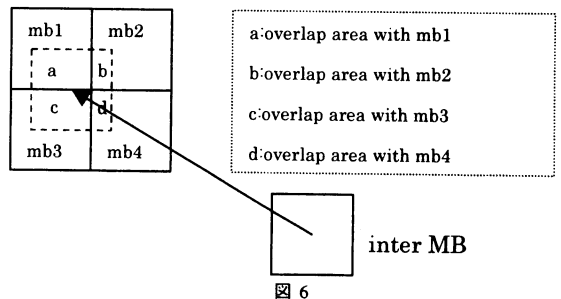


図 6

3.3. 擬似 SNR 推定

フレームにおけるエラーコンディション値は各マクロブロックのエラーコンディション値の平均とする。またストリームのエラーコンディション値は各フレームのエラーコンディション値の平均として定義するこ

ととする。

フレームごとの PSNR はそのまま平均を取ることでストリームの PSNR とされることも多いが、それはフレームごとの PSNR の値が近いときである。我々の評価方式ではエラーのないフレームは PSNR が定義できないためそのまま平均を取ることは適当ではない。ストリームに対する PSNR は各フレームにおける画素差分二乗値の平均を利用して計算することとする。

擬似 PSNR(Baseval)も同様に各フレームのエラーコンディション値の平均 AvgEc を用いて計算する。

$$Baseval = 20 \times \log_{10} \frac{255}{\sqrt{AvgEc}}$$

4. 実験及び考察

今回の主観評価実験では画素差分二乗和の平均をエラーコンディション値で置き換えることによって得られた擬似 PSNR が主観評価値との相関で PSNR に対してどれだけ迫る精度であるかを確認することが目的となる。また擬似 PSNR の精度向上のためのデータ取得という意味合いもあるが、これは今後の課題として本稿では取り上げない。

4.1. 実験コンテンツ

コンテンツは映像情報メディア学会の標準画像から4つのコンテンツを選択して使用した。画像サイズは720x480でありコンテンツ長はタイトル部分を除くと15秒である。

- ・ Woman_with_Bird_Cage
- ・ Buildings_along_the_Canal
- ・ Streetcar
- ・ Hacht_Harbor

実験ではこれらのコンテンツから MPEG-2TS ファイルを作成した。

- ・ ビットレート : 4 Mbps
- ・ GOP 構造 : M=3,N=15
- ・ 画像サイズ : 720x480

作成した TS ファイルにエラーを埋め込み、エラーの含まれる量、頻度を変化させて26タイプのエラーコンテンツを作成した。

4.2. 実験方法

主観評価実験は映像処理の非専門家である被験者20名を集めて DSIS 法に従い実施した。

- ・ CPU : Pentium4 3.2GHz
- ・ モニタ : 17 インチ CRT
- ・ 視距離 : 約 90cm
- ・ 視角 : 30° 以内

4.3. 実験結果と考察

主観評価値との関係を調査するのに先立ちコンテ

ンツごとにエラーコンディション値と画素差分二乗和の関係を調査した(図7)。4つの直線はそれぞれのコンテンツごとのデータに対して直線による近似をおこなったものである。コンテンツごとに相関が異なっているが、各コンテンツには非常に強い相関がみられた。コンテンツごとの推定精度を求めたところ、回帰直線に対する決定係数Rの値が0.96~0.99と高い値であった。

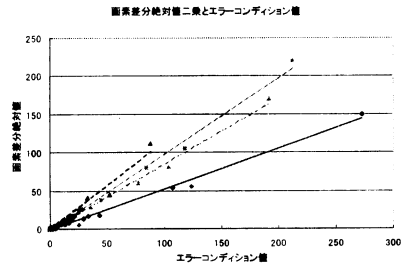


図 7

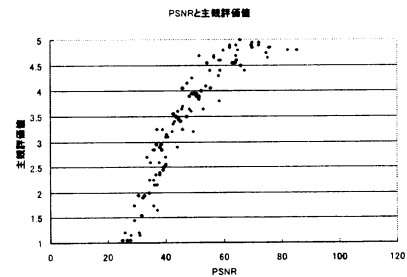


図 8

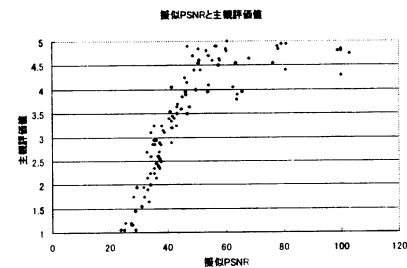


図 9

図8のPSNR-主観評価値のグラフと比較して図9の擬似SNR-主観評価値のグラフは似通ったプロットとなった。相違点はPSNRの値が高い場合において、擬似SNRは主観評価値との相関が弱まっていることである。逆にPSNRの値が小さな場合はPSNRと比べても遜色のない指標ということがいえる。PSNR、擬似PSNRの値が50、または60よりも小さい場合に絞り込

んでそれぞれの決定係数を求めた。

表 1

x 上限	R^2 (PSNR)	\hat{R}^2 (擬似 PSNR)
50	0.8518	0.8784
60	0.8779	0.8901
all	0.8288	0.6041

表 1 から分かるように擬似 PSNR は含まれるエラーの量が多い場合には有効にはたらく。擬似 PSNR が PSNR よりもよい相関を出している部分からはマクロブロック単位のエラー、差分を評価する場合には DCT 係数の直流成分だけでも十分機能することがいえる。

また実験で用いた 4 つのコンテンツで測定アルゴリズムの処理性能を評価した。評価対象は MPEG2 のデコードライブラリである。

コンテンツ長 : 15 秒

CPU : Pentium4 3.2GHz

メモリ : 1 Gbyte

測定時間 : 1302msec

デコード時間 : 2973msec

この結果デコード時間のおよそ 44% の処理時間で測定をすることができることが分かる。通常の NR 法による客観評価手法ではデコード処理後に計算を行なうことを考えるとこのアルゴリズムの処理速度は有効であるといえる。

5. むすび

本論分では VLC デコードまでで得られる情報をもとに主観評価値を求めるための客観評価指標の算出アルゴリズムを提案した。提案アルゴリズムにおいてシンプルなモデルで有効な結果を得られた。まだアルゴリズムに改良の余地はあるが、小さな計算コストで評価値を算出できる点で利用用途は広いと考える。

弱点であるエラーの小さな場合の主観評価値との関連付けを他のパラメータによって改善していくことが今後の課題である。

6. 謝辞

本研究は情報通信研究機構からの委託研究であり、本発表をするにあたりご尽力いただきました情報通信研究機構のみなさまに厚くお礼申し上げます。

文 献

- [1] ITU-T Recommendation J.143, "User requirements for objective perceptual video quality measurements in digital cable television," 2000.
- [2] ITU-T Recommendation J.144, "Objective perceptual video quality measurement techniques for

digital cable television in the presence of a full reference," 2000.

- [3] The Video Quality Experts Group, "Final report from the Video Quality Experts Group on the validation of objective models of video quality assessment, Phase II (FR_TV2)," ftp://ftp.its.bldrdoc.gov/dist/ituvidq/Boulder_VQEG_jan_04/VQEG_PhaseII_FRTV_Final_Report_SG9060E.doc, 2003.
- [4] 岩崎 量, 間 伸一, 渡部 優, 近藤 雅恵, "映像ストリーム視聴品質測定技術のための基本検討," 電子情報通信学会 2004 年総合大会講演論文集, 2004.