

デジタルシネマのフリッカー低減を目的とした符号化手法

A Study on Flicker Reduction Method for Digital Cinema

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: Intraframe coded images show flicker when wavelet-based techniques such as Motion JPEG 2000 are used for videos. The flicker reduces visual quality of videos. This noise is caused by the quantization method using bit truncation of wavelet coefficients on each subband. We address the problem of the conventional flicker noise reduction methods, and propose a new method to reduce the flicker noise effectively.

1 はじめに

2004年, DCI (Digital Cinema Initiatives, LLC) を中心としたデジタルシネマの標準化において, JPEG 2000 符号化方式が採用された。一方で, JPEG 2000 で符号化した映像には, フリッカーノイズが観測され, 映像品質の視覚的劣化を招くことが指摘されている [1][2]。JPEG 2000 におけるフリッカーノイズは, 符号化されるウェーブレット係数が, フレーム間で独立に量子化されることが主な発生原因とされている。そのため, フリッカーノイズを低減する量子化手法を確立することが, ビットトランケーションによるワンソース・マルチユースを実現する上で必要不可欠である。そこで本稿では, フレーム間のウェーブレット係数の関係に着目したビットトランケーションによる, フリッカーノイズ低減手法についての検討を行う。

2 従来手法

JPEG 2000 におけるフリッカーノイズ削減手法には, 復号時に輝度値の補正を行う手法 [1] と, 符号化時に係数を補正する手法 [2] がある。前者は, JPEG 2000 のビットストリームを復号後, 特定の輝度値の変化パターンを検出し, 輝度値の補正を行うものであるが, デコーダ側の処理負荷が高い。一方, 後者の手法は, 任意のビットレートを指定した符号化を行う際に, 前フレームの係数値を利用して, 符号化対象の係数値を補正する手法である。この手法は, 係数値がビットプレーン展開された状態で処理を行うため, 高速に動作し, 補正のために必要となる前フレームの情報量も抑えられている。しかし, 係数値の補正をすべて前フレームの係数に合わせるため, 原信号との差が大きくなる傾向がある。また, ワンソース・マルチユースを前提とする場合, すべてのフレームは既に高ビットレートで符号化された状態にある。このようなアプリケーションでは, 前後フレーム間の情報を利用することが可能であり, 前フレームの情報のみを利用する従来手法よりも精度の高い補正が可能であると考えられる。

3 提案手法

本提案手法では, 係数値の補正処理を現フレームと, その前後フレームの合計 3 フレームの係数値を利用して行

う。以下に具体的な処理手順について述べる。 a_{t-1}, a_t, a_{t+1} は, 画像中の同じ位置にあるウェーブレット係数値であり, それぞれ, 前フレーム, 現フレーム, 後フレームの係数値である。

STEP1: まず, 係数値の補正処理を行う対象を各係数 a_{t-1}, a_t, a_{t+1} のトランケーションポイント TP が, MSB から等距離にある場合 ($TP_{t-1} = TP_t = TP_{t+1}$) に限定する。これは, トランケーションポイントが, フレーム間で変化する場合には, a_t を含むコードブロックの性質が変化し, フリッカーのような局所的な変化が発生しにくいためである。

STEP2: 次に, 各係数の差分を取り, 差分値の符号ビットで場合分けを行う。もし, 前フレームとの差分と, 後フレームとの差分の符号ビットが反転する場合には, 係数値が滑らかに変動していると判断し, 補正を行わない。一方, 符号ビットが同じである場合には, 係数値が凸型もしくは凹型に変動していると判断し, 補正対象とする。

STEP3: STEP2 で, 凹型と判定された場合で, a_t のトランケーションポイント $TP_t - 1$ にあたるビットが 1 である場合には, a_t のトランケーションポイントを LSB 側に移動させ, $TP_t - 1$ とする。

STEP4: STEP3 以外の場合, STEP2 で求めた係数差分の絶対値を比較し, その値が小さいフレームの係数値で a_t を上書きする。

以上の処理をすべての係数値に対して行うことで, 特定の低域成分を取り出す場合にもフリッカーノイズを削減することが可能である。

4 実験と考察

提案手法の有効性を確認するための実験を行う。実験に用いる動画像を, 図 1 に示す。図 1 は, 720×480 画素のグレースケール画像である。画像の上半分が, 左から右に移動する動領域であり, 下半分は時間方向に輝度値が変動しない静止領域である。フリッカーノイズは, 静止領域において特に視覚的劣化を招くため, このような画像を用いる。従来手法および提案手法による処理を, テスト動画像 195 フレームについて行う。実験結果の proposed-1 は, 提案手法の STEP3 を含めない場合であり, proposed-2 は

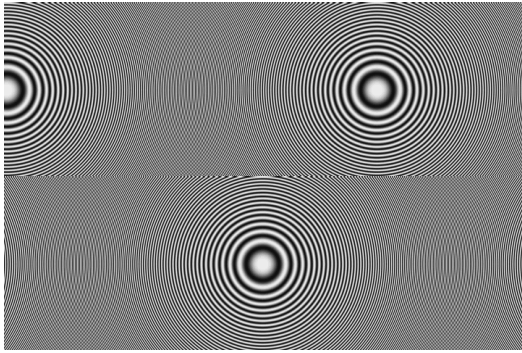


Figure 1: Test image

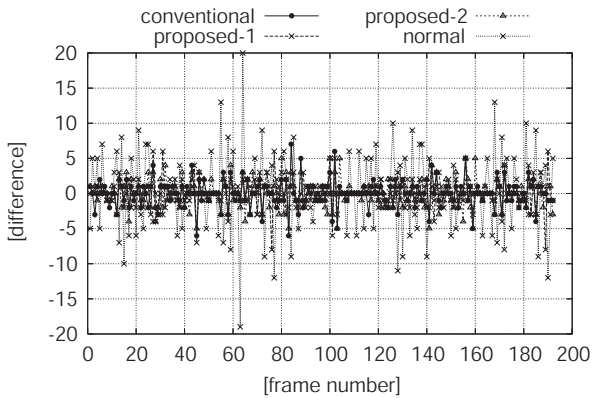


Figure 2: Difference of pixel values (static region)

含める場合である。

まず、静止領域におけるフリッカーノイズについて考察を行う。図2に、画像中の任意の点(720,250)の輝度値の変動を示した。この点は、動領域との境界付近に位置し、特にフリッカーノイズが発生しやすい。点線と×で示した、フリッカー除去を行わない通常の復号画像では、大きな輝度値の変動がみられる。一方で、従来手法および提案手法では、変動が抑えられていることがわかる。また、動領域との境界から離れた位置にある画素は、輝度値の変動がほぼ0に補正されていた。

次に、動領域におけるフリッカーノイズについて考察を行う。動領域におけるフリッカーノイズを定量的に表現することは困難である。しかし、原画像にはフリッカーノイズが発生しないことから、各画素が原信号に近づくことでフリッカーノイズが低減されると考えられる。図3と図4に、ビットレートが、0.25[bit/pel]から2.0[bit/pel]までについて、入力画像とのPSNR値を示す。前者は、静止領域のみのPSNR値。後者は動領域のみPSNR値である。図3と図4を比較すると、動領域よりも静止領域のPSNR値が高く、静止領域の係数値が原信号に近い値に補正されていることがわかる。従来手法とproposed-1の比較では、ほぼ同じPSNR値であるが従来手法を下回ることはない。また、従来手法とproposed-2の比較では、proposed-2の方が良い。これは、トランケーションポイントを下げたことにより、デコード時の係数値の精度が上がったためと考

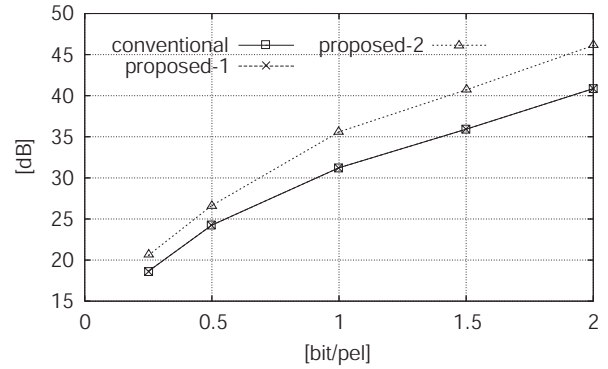


Figure 3: PSNR (static region)

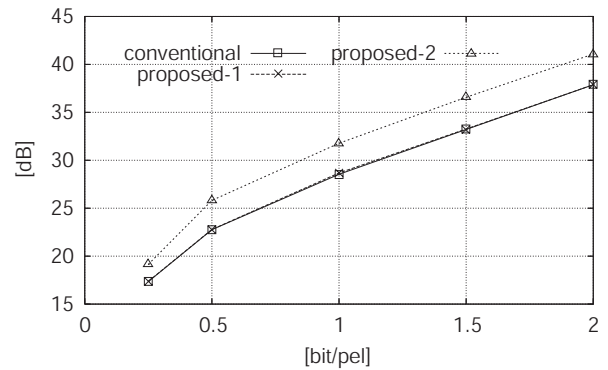


Figure 4: PSNR (dynamic region)

えられる。ただし、トランケーションポイントを下げることによって符号量の増加が想定されるため、符号量の制御を行う必要がある。

5 おわりに

本稿では、前後フレームのウェーブレット係数値を利用したフリッカーノイズ削減手法について検討を行った。実験により、提案手法が効果的にフリッカーノイズを削減することを確認した。今後は、コードブロックごとの静動判定による係数補正処理の簡略化や、符号量制御について検討を行う。

謝辞

本研究は、情報通信研究機構(NICT)「通信ネットワーク利用放送技術の研究開発」の研究課題による。

参考文献

- [1] 伊谷祐介, 渡辺裕, “Motion JPEG 2000 における静動領域判定に基づくフリッカー低減手法の検討,” 情処研報, vol.49, July 2005.
- [2] D.P. A. Becker, W. Chan, “Flicker reduction in intraframe codecs,” IEEE Proc. of the Data Compression Conference, 2004.

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