

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330128

研究課題名(和文) 高精細圧縮動画におけるフリッカー除去と画質改善

研究課題名(英文) Flicker Reduction and Visual Quality Improvement for High Definition Compressed Videos

研究代表者

張 熙 (ZHANG, Xi)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：40251706

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：圧縮動画においては、フリッカーと呼ばれるリング状ノイズが観察され、高精細動画の場合、解像度が高いため、フリッカーが特に目立ち、人間に与える不快感が大幅に増幅される。このフリッカーを除去し、圧縮動画の画質を改善することが研究目的である。本研究では、高精細圧縮動画のフリッカー除去にウェーブレット縮退法を適用し、高精細動画の細かい動き情報を保持しつつフリッカーを低減させる。具体的には、オールパスフィルタに基づく対称直交ウェーブレット変換と、Neighboring Coefficients 閾値処理法を導入することで、従来の手法より優れたフリッカー低減性能を実現できる。

研究成果の概要(英文)：Flicker artifact can appear in compressed videos even at medium bit rate. It is perceptible as a small variation in pixel value, and is extremely visible in high definition videos. This visual artifact impairs significantly the visual quality of compressed videos. Therefore, it is important to suppress the flicker artifact and to improve the visual quality of compressed videos.

In this research, we introduce a new approach to flicker reduction of compressed videos by using wavelet thresholding. The flicker artifact can be thought of as Gaussian noise in the temporal domain. We view this flicker reduction as a denoising problem in the temporal domain, and apply the wavelet thresholding algorithm in solving this flicker reduction problem. The wavelet thresholding algorithm has exhibited the excellent denoising property. It is shown from our experimental results that our wavelet-based method suppresses the flicker artifact and achieve an improvement, compared with the conventional methods.

研究分野：画像処理

キーワード：動画符号化 ノイズ除去 フリッカー低減 ウェーブレット変換 閾値処理 高精細動画 デジタルフィルタ 画質改善

1. 研究開始当初の背景

インターネットなどの普及により、音声や画像といったマルチメディアの蓄積や伝送技術は、現代の高度情報化社会にとって、必須の技術となっている。デジタル技術の高度化に伴い、音声や画像などの各種メディアがデジタル化され、その高精細化技術により、マルチメディアの情報量は、爆発的に増加していくと予想される。特に、デジタル動画は、ほかのメディアに比べ、その情報量が膨大である。そのため、デジタル画像を伝送する際、利用できる通信環境に応じ、それらを圧縮し、情報量を削減しなければならない。従って、デジタル画像圧縮技術は、高度情報化社会にとって不可欠な基幹技術の一つといえる。

しかし、現在の動画圧縮の最新技術には圧縮の限界があり、量子化より情報の一部が削減されたため、元画像と比較して復号化された画像の画質が劣化する。特に、圧縮率が高くなるにつれ、その劣化が顕著になる。また、静止画像と異なり、動画特有の現象も観察されている。それは、フリッカーと呼ばれるリング状のノイズである[7]。このリング状のノイズは、中程度の圧縮率でも発生し、静止画像においてはそれほど目立たないが、動画においては、その位置と大きさの変化より、視覚的にちらつきを伴い特に感知されやすい。また、高精細動画の場合、解像度が高いため、フリッカーが特に目立ち、人間に与える不快感が大幅に増幅される。従って、このフリッカーを除去し、圧縮された動画の画質を改善することが急務である。

2. 研究の目的

フリッカーを減らして動画の画質を改善する研究については、いままでにいくつかの低減手法が既に提案されている[7]-[10]。これらの手法を大きく分けると、前処理と後処理の2種類に分類できる。前処理の手法では、動画を符号化する際に、ビット情報の操作、レート制御やブロック長さの調整等を行うことにより、フリッカーの発生を抑制する。復号化側では、余分な演算操作は必要としないが、圧縮効率が損なわれる可能性がある。一方、後処理の手法は、復号化された動画を処理対象とするため、圧縮アルゴリズムに依存せず、圧縮効率には全く影響が及ばない。

本研究では、後処理の手法に着目し、復号化された動画を処理対象とし、動画に含まれるフリッカーを除去することを目的とする。まず、各符号化方式におけるフリッカーの発生原因を解明する。次にノイズの性質を解析し、量子化処理による量子化誤差とフリッカーとの関係を調査する。最終的に、ノイズの性質に応じたフリッカーの除去手法を開発する。フリッカーを除去することにより、視覚的に画質を改善し、視聴者に与える不快感を解消する。

3. 研究の方法

本研究では、ウェーブレット縮退法を用いた圧縮動画のフリッカー低減について考える。具体的に、フリッカー低減手法にオールパスフィルタに基づくウェーブレットを適用し、そして、各種の閾値処理法について調査する。

(1) ウェーブレット縮退法

ウェーブレット縮退法は、1994年に提案されたノイズ除去法であり、信号の形状を損なうことなくノイズ低減できる[1]-[4]。まず、ノイズを含む入力信号に対し離散ウェーブレット変換を行い、スケーリング係数(低周波成分)とウェーブレット係数(高周波成分)を得る。次に、得られたウェーブレット係数のみに閾値処理し、細かなノイズを除去する。閾値処理には、一般に Hard Thresholding または Soft Thresholding が使用されるが、閾値の設定が重要である。閾値が大きすぎると、信号の形状が損なわれ、一方小さすぎると、ノイズを十分に低減できない。最後に、閾値処理後の係数を逆変換して信号を再構成し、ノイズ低減された信号が得られる。本研究では、圧縮動画のフリッカーを時間方向のランダムノイズと見なし、ウェーブレット縮退法を圧縮動画の時間方向に適用し、フリッカーを低減する。

(2) 離散ウェーブレット変換

従来のウェーブレット縮退法では、よく知られている Haar, D-5/3, D-9/7 ウェーブレット変換等が使用されているが、Haar 以外のウェーブレット変換は、直交性を満たさない。本研究では、オールパスフィルタに基づくウェーブレット変換を使用し、直交性と対称性を同時に満たすため、高いノイズ低減性能を実現できる。また、オールパスフィルタは、少ない加算器と乗算器で構成できるため、演算量を抑えることができる[5]。

(3) 閾値処理

一般に使用されている閾値処理手法には、Hard Thresholding と Soft Thresholding がある。これらの閾値処理は、近隣の係数を考慮しておらず、個々の係数が独立に処理される。しかし、ウェーブレット係数は、その近隣係数にも相関を持つため、大きな係数の近隣に小さな係数が現れる。この小さな係数は、ノイズと見なされて除去され、情報を損なう原因となる。一方、Neighboring Coefficients 閾値処理法では、これらの近隣係数を考慮して処理を行う[6]。本研究では、ウィンドウ内の係数を参照して閾値処理を行う。そのため、大きい係数の近隣係数は、例え小さい値でも保持される。つまり、動画の細かい情報を損なうことなくフリッカー低減が可能となる。閾値は、大き過ぎると情報を損なう恐れがあり、小さすぎるとノイズを除去しきれない。よって、閾値を適切に決定する必要

がある。ウェーブレット係数から閾値を推定する方法として様々な研究がされてきた。ウェーブレット変換の全レベルで一定の閾値を推定する方法と各レベルで異なる閾値を推定する方法がある。また、ウェーブレット係数からノイズの分散を推定する必要がある。

4. 研究成果

本研究では、5つの4K動画画像を用いてMotion JPEG2000で100分の1に圧縮したものをテスト動画画像とし、フリッカー低減の性能を評価した。ウェーブレット変換の分解レベルを5とした。客観的評価として、画質評価尺度PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) とフリッカー評価尺度TI (Temporal Information), DFlickerを用いた。

まず、使用するウェーブレット変換の性能を調べ、次に、各閾値処理手法のノイズ低減性能を調査した。その調査結果から、オールパスフィルタに基づく対称直交ウェーブレット変換が従来のウェーブレット変換より優れた性能をもち、また、Neighboring Coefficients 閾値処理法が従来のHard ThresholdingとSoft Thresholdingより優れていることがわかった。

さらに、従来のフリッカー低減手法(Itani[8], Murata[9])と本研究で提案した方法を用いて得られたフリッカー低減性能の結果について比較した。その結果を図1～図3に示す。図1から全フレームにおいて、動画画像の画質が改善できたことがわかる。また、従来法と比べると画質が大きく改善できた。次に、図2に示されるフリッカー評価TIの結果から、本手法は動画画像の動き情報が損なわれず改善できたことがわかる。また、図3のフリッカー評価DFlickerの結果から、全フレームにおいて、圧縮時(MJ2)よりフリッカーを低減できたことがわかる。一方、従来法のMurata[9]と比較すると、DFlicker値が大きくなっているが、図1のPSNRの結果より、従来法のMurata[9]が画質劣化を引き起こし、フリッカーだけでなく、動き情報も損なわれたことが原因と考えられる。従って、本研究で提案したフリッカー低減方法は、従来法より動画画像の画質を改善しながらフリッカーを低減できたといえる。

結論として、本研究では、高精細圧縮動画画像のフリッカー除去にウェーブレット縮退法を適用し、高精細動画画像の細かい動き情報を保持しつつフリッカーを低減できた。具体的に、オールパスフィルタに基づく対称直交ウェーブレット変換と、Neighboring Coefficients 閾値処理法を導入することで、従来法より高いフリッカー低減性能を実現できた。今後の課題として、より適切な閾値の推定などが挙げられる。

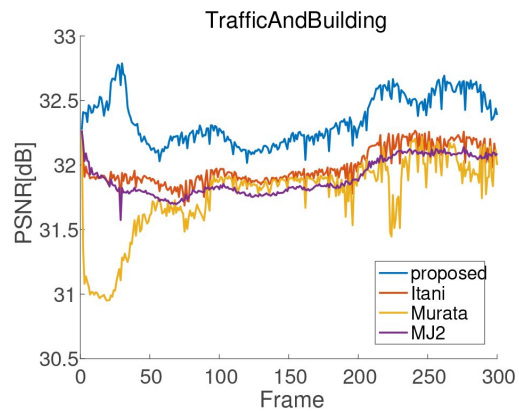


図1 画質評価 PSNR の比較

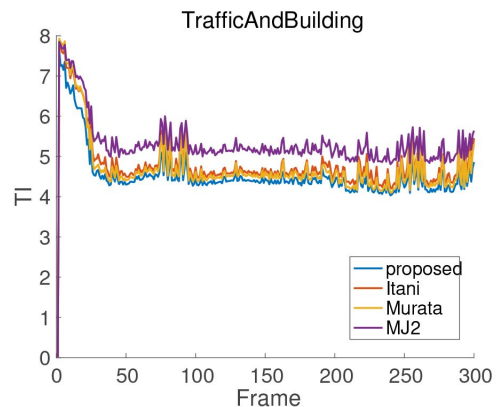


図2 フリッカー評価 TI の比較

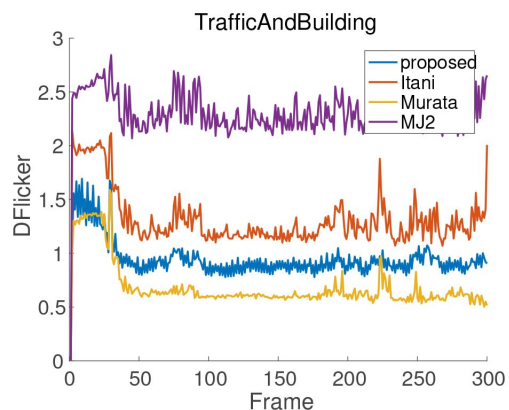


図3 フリッカー評価 DFlicker の比較

引用文献

D.L.Donoho, I.M.Johnstone, Ideal spatial adaptation via wavelet shrinkage, *Biometrika*, vol.81, no.3, pp.425-455, Aug. 1994.

D.L.Donoho, Denoising by soft thresholding, *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol.41, no. , pp.613-627, May 1995.

D.L.Donoho, I.M.Johnstone, Adapting to unknown smoothness via wavelet shrinkage, J. Amer. Statist. Assoc., vol.90, no.432, pp.1200-1224, Dec. 1995.

H.Chipman, E.Kolaczyk, R. McCulloch, Adaptive bayesian wavelet shrinkage, J. Amer. Statist. Assoc., vol.92, no.440, pp.1413-1421, Dec. 1997.

X.Zhang, T.Muguruma, T.Yoshikawa, Design of orthonormal symmetric wavelet filters using real allpass filters, Signal Processing, vol.80, no.8, pp.1551-1559, Aug. 2000.

T.T.Cai, B.W.Silverman, Incorporating information on neighboring coefficients into wavelet estimation, Sankhya, vol.63, no.2, pp.127-148, Aug. 2001.

T.Kuga, Wavelet picture coding and its several problems of the application to the interlace HDTV and the ultra-high definition images, Proc. of ICIP2002, vol.3, pp.217-220, Sep. 2002.

伊谷、渡辺、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、情報処理学会研究報告、2005-AVM-49, pp.77-82, Jul. 2005.

村田、菊池、村松、ウェーブレット変換符号化動画における視覚歪み低減法、情報処理学会研究報告、MoMuC2007-30, pp.31-36, Jul. 2007.

H.Yang, J.M.Boyce, A.Stein, Effective flicker removal from periodic Intra frames and accurate flicker measurement, Proc. of ICIP2008, pp.2868-2871, Oct. 2008.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

M.Sumizawa, X.Zhang, High Dynamic Range Image Compression with Improved Logarithmic Transformation, IEICE Communications Express, 査読有, Vol.6, No.1, 2017, pp.17-21
DOI:10.1587/comex.2016XBL0148

D.W.Wang, X.Zhang, A New Class of Hilbert Pairs of Almost Symmetric Orthogonal Wavelet Bases, IEICE Trans. Fundamentals, 査読有, Vol.E99-A, No.5, 2016, pp.884-891
DOI:10.1587/transfun.E99.A.884

X.Zhang, N.Fukuda, Lossy to Lossless Image Coding Based on Wavelets Using a Complex Allpass Filter, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, 査読有, No.12, 2014, pp.1460002-1~16.
DOI:10.1142/S0219691314600029

[学会発表] (計 1 4 件)

志賀洋介、張熙、オールパスフィルタに基づくウェーブレットによる高精細圧縮動画のフリッカー低減、第31回信号処理シンポジウム、関西大学(大阪府吹田市)、2016年11月9日。

X.Zhang, Design of Orthogonal Graph Wavelet Filter Banks, Proc. of IECON2016, Florence (Italy), 2016年10月27日。

X.Zhang, A Novel Design of Biorthogonal Graph Wavelet Filter Banks, Proc. of ICIP2016, Phoenix, Arizona (USA), 2016年9月28日。

住澤 征秀、張熙、対数変換を改良したHDR 画像符号化、2016年電子情報通信学会総合大会、九州大学(福岡県福岡市)、2016年3月17日。

菅野元貴、張熙、ヒストグラムパッキングを用いたHDR 画像二階層符号化の改善、電子情報通信学会技術研究報告、神戸大学(兵庫県神戸市)、2015年12月4日。

S.Ahmed, M.T.Akhtar, X.Zhang, Variable Step-size Based-adaptive Algorithm for Acoustic Feedback Cancellation During Online Operation of ANC Systems, Proc. of ChinaSIP2015, Chengdu (China), 2015年7月14日。

X.Zhang, T.Suzuki, Scalable Video Coding Using Allpass-Based Wavelet Filters, Proc. of APCCAS2014, AN インターコンチネンタル石垣リゾート(沖縄県石垣市)、2014年11月18日。

張熙、Mth バンド FIR 線形位相フィルタの最適近似、2014 年電子情報通信学会ソサイエティ大会、徳島大学(徳島県徳島市)、2014 年 9 月 25 日 .

X.Zhang, Design of Mth-band FIR Linear Phase Filters, Proc. of DSP2014, Hong Kong (China), 2014 年 8 月 23 日 .

S.Ahmed, M.T.Akhtar, X.Zhang, Self-Tuned Auxiliary-Noise-Power Scheduling with Matching Step-Size Scheduling with Matching Step-Size Scheduling for Online Acoustic Feedback Path Mitigation in Active Noise Control, 電子情報通信学会技術研究報告, 東北学院大学(宮城県仙台市)、2014 年 8 月 20 日 .

6 . 研究組織

(1)研究代表者

張 熙 (ZHANG, Xi)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・
教授

研究者番号：4 0 2 5 1 7 0 6