

デジタル画像圧縮用ブロック歪み除去フィルタ

A New Deblocking Filter for Digital Image Compression

大 佐 欣 也^{*(1)}
Kinya OOSA

抄 録

MPEGビデオなどブロックベースのデジタル画像圧縮によって発生するブロック歪みを除去するフィルタの考案について述べた。従来のブロック歪み除去フィルタは低域通過フィルタを使用していたため、ブロック歪みだけでなく原画像に含まれる高域成分も除去してしまう。提案するフィルタは、人間の視覚特性を利用して原画像の高域成分をできるだけ保存したままブロック歪みの除去を行うことができる。また、構成が非常に単純であるため、ハードウェア、ソフトウェアいずれを用いても実現が容易であり、LSIへの組み込みにも適している。

Abstract

Nippon Steel has devised a filter removing distortions generated by digital image compression of block base such as MPEG videos. Since the conventional deblocking filters use low-pass filters, they undesirably remove not only block distortions but also high-pass components included in the original image. The filter proposed is capable of removing the block distortions by making use of human visual sense characteristics, while conserving high-pass components as possible as they are. And the filter has a very simple structure to that any use of hardware and software makes it possible to easily realize deblocking, and the filter is also suitable for being incorporated into LSI.

1. 緒 言

1.1 デジタル画像圧縮の意義

デジタル画像圧縮技術は、既にデジタルカメラ、DVD、CSデジタル放送など多くの分野に応用され、注目を集めている。なぜ、“圧縮”技術が注目され、また必要とされるのか、その理由は、画像のもつ膨大な情報量にある。文字だけからなる文書1ページの情報量と比較して、無圧縮の画像1枚の情報量は100倍、1000倍のオーダーで多く、更にこれが動画像となると1秒間だけでその何10倍もの情報量を発生する。

これだけ多くの情報量を、蓄積したり伝送したりして利用することは、現在の高度な蓄積、伝送技術をもってしても容易ではない。もし圧縮を行わなければ、巨大な蓄積メディアや大容量の伝送路が必要となる。これらはいずれもあまりにコストが高い、あるいは、例えば無線伝送の場合のように実現不可能であったりする。そこで、圧縮技術が必要となってくるが、近年のデジタル信号処理技術の進歩により、従来のアナログ技術では実現できなかったオーダーの高い効率の圧縮が可能になり、デジタル画像圧縮技術が実用的な技術として注目されるようになってきた。

1.2 デジタル画像圧縮の国際標準

デジタル画像圧縮技術は、国際標準化とともに発展、普及してきた。例をあげると、静止画はJPEG¹⁾、テレビジョン会議、テレビジョン電話はITU-T勧告 H.261²⁾やH.263³⁾、Video CDは

MPEG-1⁴⁾、DVDやデジタル衛星放送はMPEG-2⁵⁾と呼ばれる国際標準に則って画像圧縮を行っている。現在も、MPEG-4と呼ばれる高圧縮率、多機能な画像圧縮方式の標準化が進められており、携帯マルチメディア端末、インターネットテレビジョンなどへの応用が考えられている。今後、これらのデジタル画像圧縮技術は更に広い分野に応用され、また一層普及していくものと考えられる。

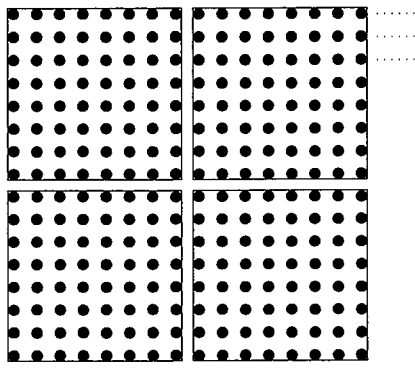
上に述べた国際標準方式は、画面を小さな矩形領域(ブロック)に分割して、ブロック単位で処理を行う共通の特徴を持っている。しかし、ブロック単位の処理で圧縮率を高めていくと、再生後の画像にブロック歪みと呼ばれる視覚的に目障りな特有の画質劣化が見られるようになる。このブロック歪みはデジタル画像圧縮技術が普及していく過程で解決しなければならない重要な問題であり、本報告では、このブロック歪みを除去するための新しいフィルタを提案、解説する。

2. ブロック歪みの発生と除去

2.1 ブロック歪みの発生

デジタル画像は画素の集合として表される。この画素の値に対してさまざまな計算処理を施すことによって、元のデジタル画像データよりも小さなデータ列で画像を表現するのがデジタル画像圧縮である(図1参照)。デジタル画像圧縮には種々の方式が存在するが、現在もっとも一般的となっているのは、図1の破線に示すように画像を8×8画素や16×16画素の矩形のブロックに分割

^{*(1)} LSI事業部 商品開発部 マネジャー
神奈川県相模原市瀬野辺5-10-1 ☎229-8551 ☎(0427)68-6109



デジタル画像 (画素●の集合)



011001000101011101....
圧縮データ例

図 1 デジタル画像の圧縮



(a)原画像

し、その各々のブロックに対して圧縮処理を行う方式である。しかし、これらの方式では圧縮度が高くなると再生後の画像のブロック境界で不連続が生じ、ブロックの形がはっきりと現れるようになってくる。これがブロック歪みである。例として、写真1(a)に圧縮前の原画像を、写真1(b)にMPEG-4で圧縮後の再生画像*1を示す。写真1(b)では、顔、上着、背景の壁面に顕著なブロック歪みが見られる。

2.2 従来方式によるブロック歪みの除去

このブロック歪みを除去するために、さまざまな工夫を行った圧縮方式が提案されているが、圧縮方式の種類に関わらず汎用的にブロック歪みを除去するには再生後の画像に対してフィルタをかけることになる。このブロック歪み除去フィルタとして、従来から用いられてきたのが低域通過フィルタである。ブロック境界の不連続(エッジ)部分周辺に対して低域通過フィルタを適用することにより、不連続性を滑らかにしてブロック歪みを除去するものである。しかし、この方式でブロック歪みを除去するにはかなり強くフィルタをかける必要があるため、ブロック歪みばかりでなく原画像にもともと含まれる高域成分も除去され、全体的にぼけた再生画像になってしまう欠点がある。

2.3 提案方式によるブロック歪みの除去

本報告で提案するブロック歪み除去フィルタは、従来の低域通過フィルタを利用した方式とは異なり、再生画像をぼけさせることなくブロック歪みを除去することができる。提案方式の基本原理は人間の視覚特性、すなわち、“直線的なエッジは、そのエッジの大きさ(エッジ両側での画素値の差)が小さくても、視覚的によく目立つ”という特性を利用している。ブロック歪みが視覚的に目障りであり問題とされる理由の一つは、ブロックが水平、垂直の直線で構成されており、ブロック境界に直線的なエッジを生じるため、上記特性により、たとえそのエッジの大きさが小さくても目立ってしまうからである。そこで、提案方式では、ブロック境界におけるエッジの直線性をランダムに乱すことにより、上記の特性の成立する条件が満たされないようにして、ブロック歪みを視覚特性的に除去している。



(b)MPEG-4圧縮後の再生画像



(c)提案方式によるブロック歪み除去後の再生画像

*1 圧縮条件：CIF, 10Hz, 48kbps, Q=16固定

写真1 シミュレーション結果

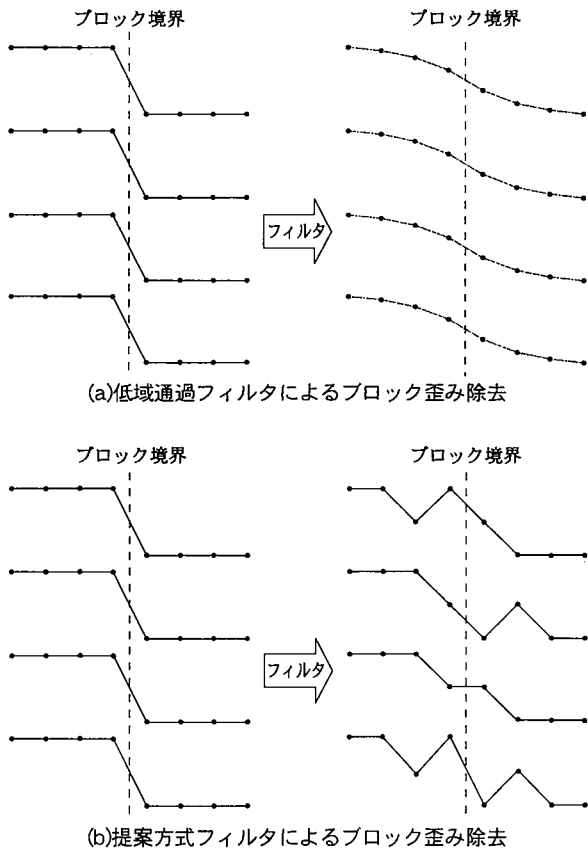


図2 従来方式，提案方式によるブロック歪み除去の比較

低域通過フィルタによる従来方式と提案方式の違いを図示すると図2(a), (b)のようになる。図2において、左側がブロック歪みの存在する再生画像、右側がフィルタ後の画像であり、黒丸の上下位置は画素値、黒丸を結ぶ折線は再生画像を1ラインずつ走査したときの各ラインにおける画素値の変動を表している。また、垂直方向の破線はその位置にブロック境界が位置することを示す。図2(a)は、従来方式によるブロック歪み除去であり、低域通過フィルタをブロック境界周辺に適用することにより、各ラインのブロック境界に存在するエッジが滑らかにされてブロック歪みが除去される。このとき、どのラインに対して適用される処理も同じであり、ライン毎の違いはない。それに対し、図2(b)に示す提案方式では、各ラインに対してランダムに違う処理が適用されており、垂直方向のブロック境界に存在するエッジの直線性が乱されている。この処理は低域通過フィルタではないため、原画像の高域成分はよく保存されている。

3. 視覚特性を利用したブロック歪み除去フィルタ

3.1 提案方式の詳細

提案方式の処理の詳細を図3に示す。図3は、図2(b)の1ライン分を取り出して図示したものであり、インデックス $n-1, n, n+1, n+2, \dots$ は画素の位置、 X_n は位置 n における画素値を示す。また、ブロック境界は位置 $n-1$ と位置 n の間に存在するものとする。以下の処理を各走査ラインのブロック境界で繰り返し、また水平方向の走査だけでなく垂直方向の走査に対して行うことでブロック歪みが除去できる。

ブロック境界における画素値の差分を D_n とすると、 $D_n = X_n -$

X_{n-1} であり、ブロック境界におけるエッジの大きさは $|D_n|$ (D_n の絶対値)で表される。このエッジの大きさ $|D_n|$ がある閾値よりも大きい場合は、このエッジは原画像にもともと存在するものとみなし、この後の処理は行わない。 $|D_n|$ が閾値よりも小さい場合は、この位置にブロック歪みが存在するものとみなし、以下の処理を行う。

ブロック歪みを除去するための補正值 Δ として D_n に比例する値を定める(例えば、 $\Delta = D_n$)。この Δ の値を、位置 $n-2$ または $n-1$ で加算、位置 n または $n+1$ で減算するが、ここでその位置の選択に疑似乱数を使用する。すなわち、生成した疑似乱数の値に応じて表1の四つのパターンから一つを選択し、表で示された値を各位置に加算する(図3はパターン1が選択された場合)。ここで疑似乱数としては図2(b)に示すように、同一ブロック境界上の各ラインでランダムなパターンを選択するよう、十分にランダム性をもったものを使用する必要がある*2。

これらの処理はすべて単純な演算の組み合わせで実現可能であり、また、必要な処理の量も少ないため、ハードウェア、ソフトウェアいずれを用いても実現は容易であり、MPEGビデオ復号化LSIへの組み込みも可能である。

3.2 提案方式のシミュレーション結果と特徴

写真1(c)に、写真1(b)の再生画像に対して、提案方式のブロック歪み除去フィルタを適用したシミュレーション結果を示す。写真から分かるように、提案方式は再生画像をぼけさせることなく、上着の胸、背景の壁面のブロック歪みをよく除去している。一方、目の周りや腕のあたりにみられるような大きなエッジのブロック歪みにはあまり効果がない。これは、前述の Δ の値としてより大きな値を

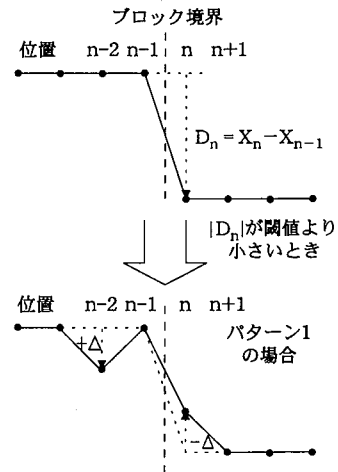


図3 提案方式の処理の詳細

表1 補正值の与え方のパターン

位置	$n-2$	$n-1$	n	$n+1$
パターン1	$+\Delta$	0	$-\Delta$	0
パターン2	0	$+\Delta$	0	$-\Delta$
パターン3	0	$+\Delta$	$-\Delta$	0
パターン4	$+\Delta$	0	0	$-\Delta$

*2 更に、動画に提案方式を適用する場合は、時間の異なる複数の画像中の同じ位置において、同じパターンが選択されるように疑似乱数を各画像の始めに初期化する。

用いれば改善されるが、あまり大きな値の Δ を用いると加算したパターン自体がノイズのように見えてしまうため、写真1(c)では比較的小さな Δ の値を使用している。この点を補うためには、大きなエッジに対して有効な他の方式を組み合わせ使用することが考えられるが、写真1(c)は非常に圧縮度の高いケースであり、あまり圧縮度の高くない応用では提案方式単体で十分な効果を発揮することができる。

4. 結 言

本報告では、人間の視覚特性を利用して、原画像の高域成分を失うことなくブロック歪みを除去できるフィルタについて解説した。新日本製鐵は、このブロック歪み除去フィルタを、1996年11月のMPEGブラジル会合において、MPEG-4用ブロック歪み除去フィルタの参照方式として提案し、1997年4月のMPEGイギリス会合において、他のさまざまな方式と比較評価された^{6,7)}。結局、MPEG-4のブロック歪み除去フィルタとしては、非常に複雑でブロック除去効果の高い方式が採用されているが、実際の応用に際しては、単純で処理の軽い本提案方式の利用価値は高いものと考えられる。

今後は、1998年12月のMPEG-4標準化完了をターゲットに、ハードウェア化の検討をより詳細に進め、新日本製鐵LSI事業部の画像圧縮関連製品への搭載を予定している。

参考文献

- 1) ISO/IEC: ISO/IEC 10918. Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still Images.
- 2) ITU: ITU-T Recommendation H.261. Video Codec for Audiovisual Services at p x 64kbit/s.
- 3) ITU: ITU-T Recommendation H.263. Video Coding for Low bit Rate Communication.
- 4) ISO/IEC: ISO/IEC 11172-2. Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at Up to About 1.5Mbit/s Part2: Video.
- 5) ISO/IEC: ISO/IEC 13818-2. Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video.
- 6) Kinya Oosa: ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG96/1498. A Low-Complexity Deblocking Filter.
- 7) Kinya Oosa: ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG97/2064. Results of N1 Core Experiment.