

時空間 ε -フィルタによる圧縮動画の画質改善

Improvement of Image Quality for Compressed Video

by Time and Spatial ε -Filter相原 進吾
Shingo AIHARA荒川 薫
Kaoru ARAKAWA

明治大学理工学部

Dept. of Computer Science, Meiji University

1. はじめに

ε -フィルタなる非線形フィルタ処理[1]を時空間に拡張し、DCT 動き補償符号化等の圧縮により劣化した動画の画質改善を効果的に行う方式を提案する。著者らは先に、動き補償符号化が施された動画のフレームに対し、少ない計算量で効率よく二次元 ε -フィルタ処理を行う動き補償 ε -フィルタを提案し、その有効性を示したが[2]、低ビットレートではさらなる画質改善が要求された。一方、著者らは以前に ε -フィルタ処理を時空間に拡張することにより動画に重畳した小振幅ランダム雑音を効果的に除去できることを示した[3]。本稿では、データ圧縮による歪の除去を目的とし、動き補償 ε -フィルタに時間領域 ε -フィルタ処理を組み合わせた時空間 ε -フィルタを提案し、その有効性を示す。

2. 時空間 ε -フィルタの原理

ここで提案する時空間 ε -フィルタは空間領域において二次元的に ε -フィルタ処理された画像系列に対し、図1のように時間軸方向に一次元 ε -フィルタ処理を行うもので、次式のように表される。

$$z_{k,i,j} = x_{k,i,j} + \sum_{n=-N}^N \sum_{m=-M}^M a_{n,m} F(x_{k,i-n,j-m} - x_{k,i,j}) \quad (1)$$

$$y_{k,i,j} = z_{k,i,j} + \sum_{l=-L}^L b_l F(z_{k-l,i,j} - z_{k,i,j}) \quad (2)$$

ここに、 $x_{k,i,j}$ は入力動画の第 k フレームの画素 (i,j) の画素値、 $z_{k,i,j}$ はそれに対する二次元 ε -フィルタの処理結果、 $y_{k,i,j}$ は最終的に得られる時空間 ε -フィルタの処理結果である。 $a_{n,m}$ 、 b_l はそれぞれ総和が 1 になる低域通過フィルタ係数であり、 $F(x)$ は次式を満たす非線形関数である。

$$\begin{aligned} F(x) &= x, \quad \text{for } |x| \leq \varepsilon \\ |F(x)| &\leq \varepsilon, \quad \text{for } -\infty < x < \infty \end{aligned} \quad (3)$$

これにより、時空間 ε -フィルタの入力出力信号の差 $|x_{k,i,j} - y_{k,i,j}|$ は、 ε で定まるある微小な値以内に制限される。すなわち、本フィルタは時空間領域における急激な変化に影響されることなく三次元入力信号の平滑を行うので、動画の各フレームをぼかすことなく、小振幅のランダム変化成分を除去することができる。

3. 動き補償を利用した計算量とビットレートの削減

時空間 ε -フィルタは三次元 ε -フィルタに相当して計算量が多い。そこで、動き補償 ε -フィルタを採用し、動き補償符号化における P 及び B フレームに対しては動き補償画像に対する差分が大きな画像領域のみ ε -フィルタ処理を行うことにより、計算量の削減を行うことができる。さらにこの場合、動き補償画像との差分が小さい画像領

域においては差分値を伝送する必要がないので、ビットレートの削減をも実現する。動き補償 ε -フィルタは、差分が小さな画像領域での画質劣化を生じるが、空間領域においてのみ動き補償 ε -フィルタを採用することにより、それ程画質を劣化させずに、大幅な計算量削減を実現することができる。図2に本システムの構成図を示す。

4. 実際の動画処理結果

動画に対し、DCT-動き補償フレーム間予測符号化を行い、I フレームを 1.5%、P、P' フレームを 0.5% まで圧縮伸張した場合 (方式(1))、その全てのフレームに窓サイズ 7×7 、 $\varepsilon = 30$ で全画素 ε -フィルタ処理した場合 (方式(2))、窓サイズ 7×7 、 $\varepsilon = 30$ で動き補償 ε -フィルタ処理を空間領域にのみ適用した場合 (方式(3))、さらに方式(3)の結果に対して $\varepsilon = 15$ で時空間 ε -フィルタ処理した場合 (方式(4)、提案方式) の各フレームの誤差二乗平均を表2に示す (I, P, P' は順に第4、第5、第6フレーム)。動き補償 ε -フィルタ及び、時空間 ε -フィルタにおける ε の値は、数パターン試した後に、誤差二乗平均が最小になるものを採用した。 ε -フィルタ処理を行うと、単に圧縮伸張した方式(1)より誤差二乗平均が小さくなるのが分かる。P、P' フレームにおいて、方式(4)(提案方式)の特性が方式(2)と方式(3)より悪い。これは、提案方式が入力画像に生じる微細な凹凸成分までも平滑している事が原因と思われる。しかし、画像の主観評価では、方式(4)の方が、各画像よりもブロックノイズを大幅に軽減しており、良好な画質が得られた。図3に入力フレーム (非圧縮)、図4(a)-(d)にこれらの出力フレームを示す。

これら静止画像の出力結果をすべて動画系列に再構成した結果も、提案方式が最もちらつきが目立たなかった。また、DCT 符号化の代わりに、ウェーブレット変換を用いた符号化を用いた圧縮動画に対して本方式を適用したところ、時間軸方向の平滑により、ちらつき感を抑ええた良好な画質を得ることができた。

5. むすび

動き補償符号化が適用された動画の画質改善を実現する時空間 ε -フィルタを提案し、その有効性を示した。本方式で得られた画像は、誤差の二乗平均値においてはそれ程良好ではないが、主観評価において、かなり良好なものである。今後の課題としては、更なる高能率化、高品質化と、双方向フレーム間予測への適用などが挙げられる。

参考文献

- [1]原島、他、信学論 (A)、J-65-A、4、pp. 297-304、Apr.1982.
- [2]荒川、他、2002年電子情報通信学会総合大会、D-11-

75, p75, Mar.2002.

[3]増井、他、昭和57年度テレビジョン学会全国大会、7-3、July.1982.

	Iフレーム	Pフレーム	P'フレーム
通常	0.369	0.136	0.126
提案	0.369	0.116	0.114

表1. ビットレート比較[bit/pixel]

	Iフレーム	Pフレーム	P'フレーム
方式(1)	59.1	60.5	62.4
方式(2)	53.6	50.4	52.1
方式(3)	53.6	56.4	58.5
方式(4)	53.6	56.8	58.7

表2. 入力(非圧縮)との誤差二乗平均

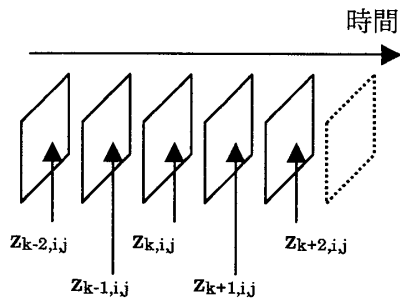


図1 時間軸 ϵ -フィルタへの入力系列

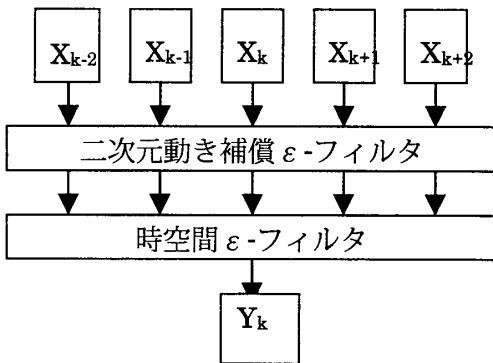


図2. 動き補償を伴う時空間 ϵ -フィルタ構成図 (X_k, Y_k は各々、 k 番目の入力、出力フレーム)

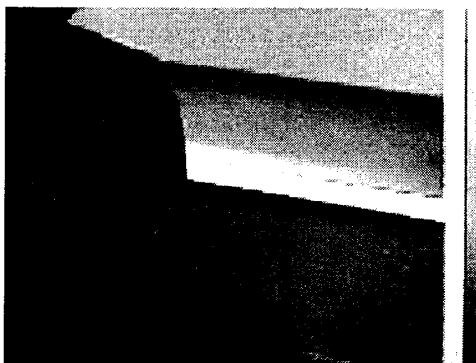
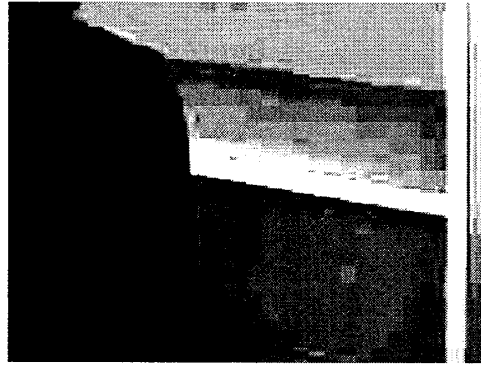


図3 入力フレームの一例 (Iフレーム)



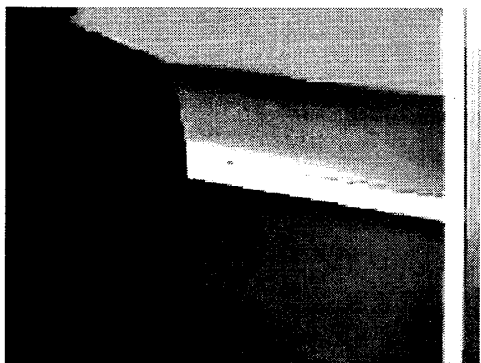
(a) 方式(1)



(b) 方式(2)



(c)方式(3)



(d)方式(4)(提案方式)

図4 図3に対する各方式の出力フレーム