

J-078

適応的なフィルタリングを用いた画像の性質にロバストな動き探索

Robust motion estimation using adaptive filtering

間宮靖裕†
Yasuhiro Mamiya近藤利夫†
Toshio Kondo大野和彦†
Kazuhiko Ohno佐々木敬泰†
Takahiro Sasaki

1. はじめに

2003年末から3大都市圏で地上波デジタルテレビ放送の開始、VTR機器を上回るDVD機器(VTR一体型含む)の国内出荷状況などが物語るように、テレビ映像のデジタル化は急速に進んでいる。さらにインターネットや携帯電話の世界にも動画通信が広がり、高速で高画質な符号化(圧縮)の要求は、ますます高まってきている。さらに次世代動画画像符号化方式H.264[1]の登場やHDTV化の進展により元々膨大だった動き探索の演算量はますます増加の傾向にある。このためブロックマッチングの評価関数には、少ない演算量で全般に高い探索精度の得られる差分絶対値和(SAD)が用いられてきた。しかし、SADはフェードやフラッシュなどの特定の画像で極端に探索精度が低下する問題がある

そこで本研究ではフィルタリング画像をブロック毎に適応的に選択することを試み、若干の演算量の増加で、SADが従来苦手としてきたいくつかの画像の動き探索精度を大幅に改善することに成功した。

2. 検出精度の向上

2.1 従来法の問題

図1はフェードイン画像で水平方向に移動しながら画面全体の輝度値が徐々に変化する画像の一枚である。この画像で動き探索を行う。図2が正確な動きベクトルだが、従来法では図3(a)のように著しく探索精度が低下する。

SADを別の関数に変えることは、例えSADの改良程度でも演算量を何倍も増加させる。そこで文献[2][3]では輝度変化を推測することで動き探索精度の向上を図っている。一方H.264ではフェード対策として複数フレームからの参照を許しているが、その演算量は膨大である。



図1 フェード画像

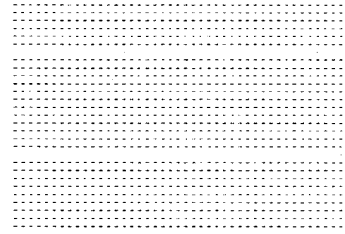
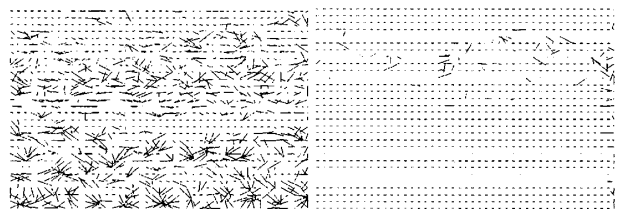


図2 正確な動きベクトル



(a) 従来法

(b) 提案手法

図3 動きベクトルの比較

2.2 提案手法

従来法の問題を解決するために、微分フィルタの一つPrewittフィルタを用いる。このPrewittフィルタとは図4(b)のようなエッジ抽出フィルタである。探索画像にこのフィルタを施すことは、フェード画像など一部の画像で、図3(b)のように動き探索精度が向上し画質向上に効果があるものの、逆に画質が低下してしまう画像も少なからず存在する。そこで、画像の性質に応じて符号化ブロック毎にフィルタを適用するか否かを切り換えることを試みた。

まず、フィルタを適用していない通常画像(画像A)とフィルタを適用した画像(画像B)、画像Aと画像Bを合成した画像(画像C)を用意する(図4参照)。ここで画像Cは画質の改善は少ないものの劣化もしにくくなるような画像で、フィルタを適用するか否かを正確に判定できない場合にこの画像を用いる。そして動き探索を行う符号化フレーム毎に画像Aと画像Bのフレーム全体の画像の特徴(平均、分散、アダマール変換後の交流成分)を求める。またブロックマッチングの開始前に、画像Aと画像Bの符号化ブロックの画像の特徴と探索範囲の画像の特徴を求める。その後、フレーム全体の特徴と併せて実験的に求めた判定基準(表1参照)によって、画像A~Cのどの画像でブロックマッチングを行うかを決定する。



(a) 通常画像 画像A (b) フィルタ画像 画像B (c) 合成画像 画像C

図4 フィルタにより生成される画像

表1 選択の判定基準

基準	
画像A	<ul style="list-style-type: none"> 画像全体の分散が小さい 画像Aの符号化ブロックと探索範囲の分散が画像Bのそれより大きい 画像Bの符号化ブロックの分散が非常に小さい 画像Bにおいて符号化ブロックの分散よりも探索範囲の分散の方が小さい 画像全体のアダマール変換の交流成分の和の絶対値が大きく、画像A全体の平均値が画像B全体の平均値よりも大きい
画像B	<ul style="list-style-type: none"> 画像全体のアダマール変換の交流成分の和の絶対値が小さい 画像Bの符号化ブロックと探索範囲の分散が画像Aのそれより大きい
画像C	上記の基準に当てはまらないもの

3. シミュレーション結果

提案手法をMPEG2ソフトウェアエンコーダ[4]に実装したとき、特に効果のあった画像のPSNRの変化を表2、表3に示す。表2はフェード画像の画質比較である。表3はITE標準動画像No.43「水平ロール(銅像)」の画質比較である。

動き探索方式のLv2階層探索は一般的な2階層の階層探索である。またLv3階層探索は、3階層の動き探索の4画素精度探索においてテンプレートを上下左右2画素拡張してテンプレートサイズを4x4から8x8として探索する以外は一般的な3階層の階層探索である。提案手法はLv3階層探索に適用した。

表にあるようにフェード画像に提案手法を適用することによって画質が0.62dB向上し、フェード以外の「水平ロール(銅像)」の画像でも提案手法によって画質が0.26dB向上した。「水平ロール(銅像)」は階層探索や螺旋探索などで画質が低下しやすい画像であるので、画質改善の意義は大きい。

表にある以外のITE標準動画像でも、0.1dBに満たない程度だが数種類の画像で画質の向上が見られ、判定の失敗による画質低下は最悪でも約0.02dB程度と無視

できる程度である。

演算量に関しては、Lv3階層探索に比べ約25%演算量が増加した。演算量の増加の内訳は、フィルタの適用が約60%で残り約40%が画像解析と適応的なフィルタリング画像切り換えのための判定である。

表2 フェード画像の画質

動き探索方式	Y-PSNR (dB)
全探索	41.62
Lv2階層探索	41.35
Lv3階層探索	41.75
提案手法	42.37

画像サイズ 720x480, ビットレート 5Mbps
*30 フレームの平均値

表3 水平ロール(銅像)の画質

動き探索方式	Y-PSNR (dB)
全探索	26.82
Lv2階層探索	26.59
Lv3階層探索	26.47
提案手法	26.73

画像サイズ 720x480, ビットレート 5Mbps
*90 フレームの平均値

4. まとめ

従来苦手とされてきた画像に対して、適応的なフィルタリングの後にSADを行うことで演算量をさほど増加させることなく、従来よりもよりロバスタな動き探索を実現することができた。今後は、適応的なフィルタリング画像切り換え自体の演算量低減を図るとともに、そこで用いた画像情報を使い、動き探索の演算量の低減に努めていきたい。また、さらにロバスタな動き探索を実現するための手法についても検討していく。

5. 参考文献

- [1] Draft ITU-T Rec. H.264
- [2] Sang Hyun Kim and Rae-Hong Park, "Fast Local Motion-Compensation Algorithm for Video Sequences With Brightness Variations" IEEE VOL.13, NO.4, APRIL 2003
- [3] 上倉, 渡辺, 小林, 一之瀬, 安田, "演算量低減を考慮したグローバル動き・輝度変化補償動画像符号化" 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-B, No.9, pp.1676-1688, Sept 1999
- [4] "MPEG Software Simulation Group" <http://www.mpeg.org/MSSG/>