



| | |
|------------------|---|
| Title | サブバンド階層画像を用いた可変ブロックサイズ動き補償DCT符号化 |
| Author(s) | 林, 憲亨; Hayashi, Noriyuki; 北島, 秀夫 他 |
| Citation | 北海道大學工学部研究報告, 164, 77-82 |
| Issue Date | 1993-05-28 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/42359 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 164_77-82.pdf |



サブバンド階層画像を用いた可変ブロックサイズ動き補償 DCT 符号化

林 憲 亨 北 島 秀 夫
白 川 智 昭 小 川 吉 彦

(平成 4 年 12 月 25 日受理)

Variable-Block-Size Motion Compensation DCT Coding Method Using Subband Hierarchical Image

Noriyuki HAYASHI, Hideo KITAJIMA, Tomoaki SHIRAKAWA, and Yoshihiko OGAWA
(Received December 25, 1992)

Abstract

This paper proposes a new motion picture coding scheme based on variable-block-size motion compensation for interframe prediction.

The motion compensation uses subband hierarchical images for generating variable block sizes, the use of which makes possible downsizing the block size until it matches local pictorial contents and enables accurate motion detection.

Adaptive DCT coding of the prediction errors follows the motion-compensated prediction process.

Simulation results indicate that the proposed method yields better image quality than conventional methods.

1. ま え が き

動画像信号の高能率符号化方式として、動き補償予測と離散コサイン変換 (DCT) で代表される空間的冗長度を抑圧する方式を組み合わせた符号化方式が一般に用いられている。この方式においては、まず動き補償予測を行ないその誤差信号に対して空間的な符号化を行なう。動き補償予測の方式は、画像を一定の大きさのブロックに分割し動きベクトルを検出するブロック・マッチング法を用いた方式が主流である。しかし、この方式では画像の性質や検出ブロックのサイズによって動きベクトルの検出精度が左右されてしまう。この欠点を補うために、可変ブロックサイズを用いた動き補償方式¹⁾や階層画素情報を用いた動き検出方式²⁾が提案されている。本稿ではこれらを応用して、サブバンド階層画像を用いた可変ブロックサイズ動き補償方式を提案する。そして、その予測誤差信号に対して DCT 符号化を行ない、符号化効率に関してその有効性を示す。

2. 動き補償

2-1 階層画像の作成

従来、階層画像としてサブサンプリングによって作成した画像や4画素の平均から作成する画像(4分木階層画像)²⁾を用いている。しかし、階層画像を用いる目的は、雑音の影響の少ない安定した画像を用いることと大まかな動きを捉えることである。その点では、サブバンド信号の低周波成分を用いる方が雑音の影響が少なく有効である。そこで、直交ミラーフィルタ(QMF 32次)を用いて分割したサブバンド信号の低周波成分を階層画像とする。式(1)に基づき、前フレーム・現フレームのそれぞれの画像に対し階層画像を生成する。ただし、 $f_{t,0}(x,y)$ を原画像と定義する。

$$f_{t,h}(x,y) = LL_{t,h}(x,y) \quad (1)$$

階層画像の第 h 階層の画像 $f_{t,h}(x,y)$ に対し、その一つ上の第 $h+1$ 階層の画像を $f_{t,h+1}(x,y)$ と定義する。また、 $LL_{t,1}(x,y)$ を原画像を帯域分割した信号の低周波成分、 $LL_{t,h+1}(x,y)$ を $LL_{t,h}(x,y)$ を帯域分割した信号の低周波成分と定義する。

階層画像の上位階層は空間解像度が劣化しているため、物体の細かい動きを捉えることができないが大まかな動きを把握できる。また、階層画像の下位階層では物体の動きを大まかに捉えることができないが細かい動きを把握できる。これらの性質から上位階層の動きベクトルの検出結果を下位階層の動きベクトルの検出に用いることで雑音や画像の性質に関係なく高い精度で動きを検出できる。

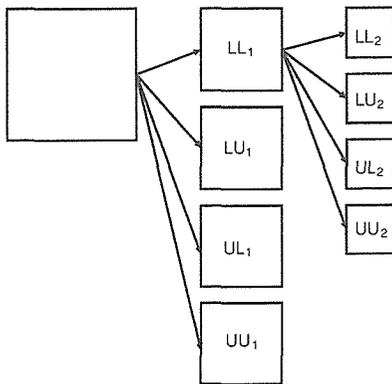


図1 サブバンド分割図

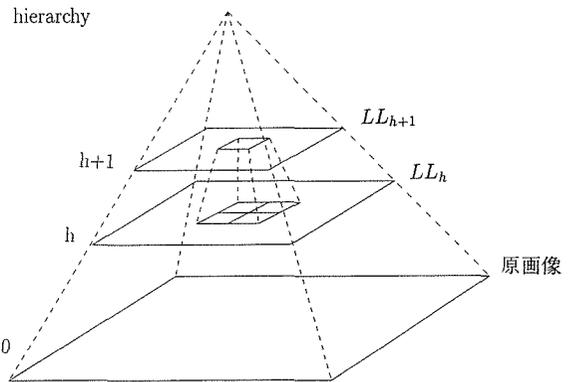


図2 階層画像の作成

2-2 動きベクトル検出

階層画像の最上位階層から最下位階層に向けて、各階層ごとに動きベクトルを検出する。動きベクトルの検出には、ブロック・マッチング法を用いる。第 h 階層における動きベクトルの探索は一つ上の第 $h+1$ 階層のブロック(以下、親ブロック)の検出結果 V_{h+1} を2倍にしたものを初期偏位として行なう。すなわち、マッチング評価関数を、式(2)で定義して、 $S(i'_h, j'_h)$ を最小とする $V'_h = (i'_h, j'_h)$ を探索し検出する。このとき階層 h での検出動き量は $V_h = V'_h + 2 V_{h+1}$ で表される。また、式(2)においては $f_{t-1,h}(x,y)$ を前フレームにおける階層 h の画像、 $f_{t,h}(x,y)$ を現フレームにおける階層 h の画像と定義している。

$$S(i'_h, j'_h) = \sum_{x, y} |f_{t,h}(x - i'_h - 2i_{h+1}, y - j'_h - 2j_{h+1}) - f_{t-1,h}(x, y)| \quad (2)$$

さらに、検出ブロックのマッチング画素数ほどの階層でも 4×4 画素と一定とする。これにより、検出の階層を下げていくことが原画像に対応する検出ブロックサイズを細分化することと等しくなる。マッチングの探索範囲は親ブロックの検出結果 $V_{h+1} = (2i_{h+1}, 2j_{h+1})$ を中心に 5×5 画素、つまり、親ブロックの検出結果を中心に水平・垂直方向に ± 2 画素とする。

2-3 ブロックサイズの決定

ブロック・マッチング法ではブロックサイズがある程度小さいほど細かい動きに追従できるため予測誤差は小さくなるが、伝送する動きベクトル数を増やしてしまいビットレートを上げることになる。しかし、動画像においては動きのある領域は限られていることが多い。よって、すべてのブロックサイズを小さくする必要はなく、動領域の境界部分のブロックサイズを小さくすることによって伝送する動きベクトルのデータ量の増加を抑えながら予測誤差を小さくすることが可能である。そこで、階層 h について、 4×4 画素のブロックのマッチング評価関数の値があらかじめ定めておいた閾値よりも小さければ、原画の部分のブロックサイズを $(4 \times 2^h) \times (4 \times 2^h)$ 画素と決定し、次の階層以降での動きベクトルの探索を終了する。この方式によって、動き検出を行なうための最適なブロックサイズを決定することができる。このとき原画像での動きベクトルは $V_0 = 2^h V_h$ で表される。

2-4 動きベクトルデータへのビット割当

一つの動きベクトルにつき 8 ビットを与える。また、 16×16 画素のブロックに着目すると分割されたブロックは図 3 のように 17 種類のパターンに分類できる。そこで 16×16 画素のブロックにつき伝送する付加データ量を 5 ビットとする。

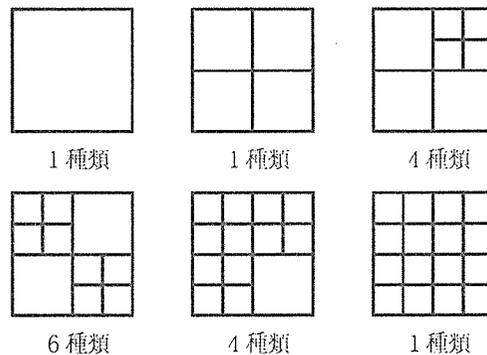


図3 パターン分割図

2-5 実験

本方式と一般によく用いられている 3 段階探索法（ブロックサイズを 4×4 画素、 8×8 画素に固定）の 3 つの方式で求めた動きベクトルを用いた動き補償のみの実験を行なった。実験には激しい動きを含む動画像 “Cheer Leader” の Y 信号（全 11 フレーム、1 フレーム 352×240 画素）を用いた。また、3 段階探索で求めた動きベクトルには 1 ブロックにつき 8 ビットの符号量

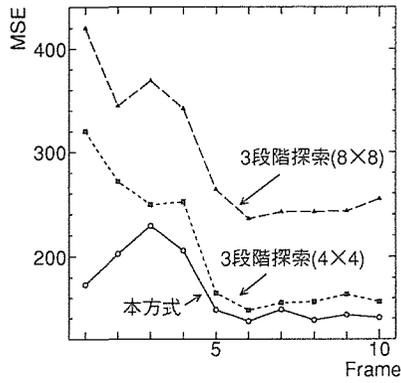


図4 MSE

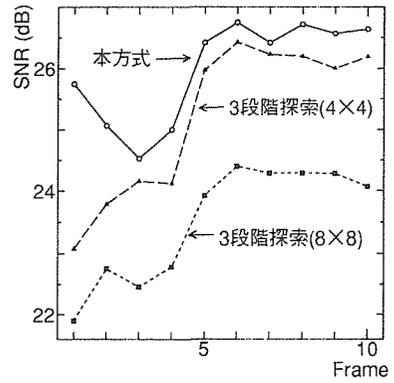


図5 SN比

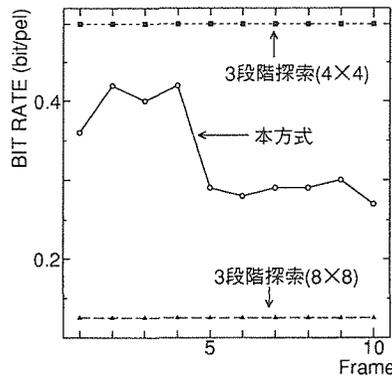


図6 ビットレート

を割り当て、閾値はどの階層においても同じ値（ここでは3）とした。各方式の MSE を図4に、SN比を図5に、ビットレートを図6に示す。これらの結果より、ブロックサイズを4×4画素に固定した3段階探索法を用いた動き補償に必要なビットレートの約60～80%のビットレートでかなり良いMSEとSN比が得られた。

3. 予測誤差信号の符号化

3-1 DCT符号化

通常、動き補償予測誤差信号の符号化にはDCTが用いられている。しかし、動き補償予測誤差信号の画素間の相関は画像信号の画素間の相関に比べてかなり小さくなるため、空間的な冗長度を抑圧する手法であるDCTを動き補償予測誤差信号にそのまま利用することは必ずしも有効ではない。一般に動き補償予測誤差信号には次のような傾向がある。

- 予測の難しい部分、すなわち、現フレームのエッジ部分および動きの大きい部分で誤差信号が大きくなる。

- 誤差の大きい部分の方が小さい部分に比べて相関が高いことが多い。

そこで、可変ブロックサイズ動き補償では予測の難しい部分ほどブロックサイズを小さくするという性質を利用し、ブロックサイズの最小の部分の予測誤差信号のみにDCTを施し符号化する。

この方式は、

- 全部の動き補償予測誤差信号をDCT符号化するよりも電力を低周波に集中させることができる。
- 誤差信号の伝送に動きベクトルの伝送に用いたブロックパターンの付加データをそのまま利用することができるため、場所を知らせる付加データが必要がない。
- 少ないデータ量で動領域をほぼ完全に再生できる。

という特徴をもつ。また、最小のブロックは 4×4 画素であるが、必ず4つのブロックが近接して存在することからDCTは 8×8 画素のブロックサイズで行なう。

3-2 実験

本方式、可変ブロックサイズ動き補償を行ない全部の予測誤差をDCTを用いて伝送する方式、3段階探索法(ブロックサイズ 4×4 画素に固定)で求めた動きベクトルで動き補償を行ない全部の予測誤差をDCTを用いて符号化する方式の3つの方式で実験を行なった。実験には動画像“Cheer Leader”のY信号(1-2フレーム)を用いた。各方式のMSEを図7に、符号化特性(SN比)を図8に示す。本方式は当然ながら高ビットレートでは全部の予測誤差をDCTを用いて伝送する方式には及ばないが、 $1.0 \sim 2.0$ bit/pelのビットレートにおいて他の方式よりSN比が1dB以上上回っている。また、可変ブロックサイズ動き補償を行ない全部の予測誤差を用いて伝送する方式は従来方式に比べ、SN比で2dB以上の改善が得られている。

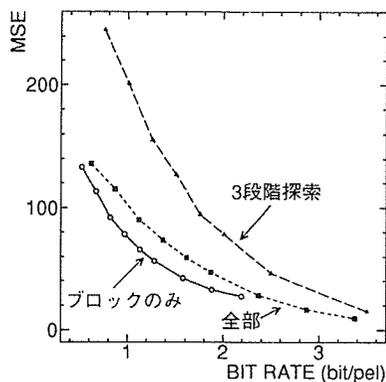


図7 MSE

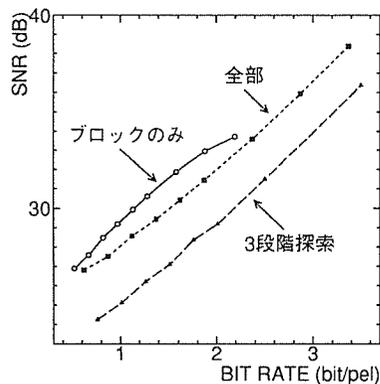


図8 符号化特性

4. まとめ

提案した動き補償方式を用いることで動きベクトルの検出精度を上げることができ、伝送する動きベクトルのデータ量の増加を抑えながら予測誤差を小さくすることができた。また、提案したDCT符号化方式の低ビットレートでの有効性も確認された。今回は比較的動きの激しい画像を用いたが、画像によってはさらにビットレートを下げることが可能である。

実験では適当な閾値を設定したが、画像の性質や階層によって閾値を変える必要がある。これらの点を今後の検討課題としたい。

5. 参 考 文 献

- 1) 和田拓郎, 宮下充弘, 佐藤清次, 山下一美: "可変ブロックサイズ MC-DCT 符号化方式", 信学技報, **IE 90-35** (1990).
- 2) 富永英義, 小松尚久, 宮下壮史, 花村剛: "階層画素情報を用いた動画像における動き量検出方式", 信学論 (D-II), **J72-D-II**, No. 3, pp. 395-403 (平 1-03).
- 3) 林 憲亨, 白川智昭, 北島秀夫, 小川吉彦: "帯域信号を用いた可変ブロックサイズ動き検出", 平 4 北海道支部連大, 398.
- 4) 林 憲亨, 白川智昭, 北島秀夫, 小川吉彦: "サブバンド階層画像を用いた可変ブロックサイズ動き補償", 信学'92秋大, D-171.