

要 旨

直接的な 2 次元ウェーブレット変換の実現

千葉 晃弘

近年，画像の圧縮率を向上させるために様々な規格が提案されている．静止画圧縮規格 JPEG の次世代規格である JPEG2000 では，変換方式に離散ウェーブレット変換を用いている [1]．離散ウェーブレット変換の変換効率には画像が大きいほど良くなる．通常用いられる X-Y 分離型離散ウェーブレット変換は X 方向の 1 次元変換を行った結果を保存しておき，Y 方向へもう一度 1 次元変換を行うためのメモリが必要である．このメモリは VGA サイズの静止カラー画像を処理すると仮定した場合，画像 1 枚につき約 1MByte 必要となる．LSI として離散ウェーブレット変換を実現する場合，このメモリの実装によって回路規模が大幅に増加する．一方，回路規模を抑えたまま処理能力を向上できるマルチコア LSI が提案されている．このことから演算量が多少増加する程度ならばこの大規模なメモリを削減する方法を取るべきと考える．この考えに従い，筆者たちは 2 次元のウェーブレットフィルタの分解から導出したメモリを必要としない直接的な 2 次元 $5/3$ ウェーブレット変換を提案した [2][3]．しかし提案した 2 次元 $5/3$ ウェーブレット変換を用いて $9/7$ ウェーブレット変換を行うと， 7×7 タップフィルタを基本とするため N を X 方向の要素数， M を Y 方向の要素数とした時の演算量が加算で $32N \times M$ ，乗算で $10N \times M$ となる．これは X-Y 分離型の $9/7$ ウェーブレット変換と比較し加算で 4 倍以上，乗算で 1.67 倍以上の演算量増加となり，メモリは不要としたものの演算量が大幅に増加した．

本論文ではこの問題を解決するため，1 次元 $9/7$ リフティング構造に使用されている 3 タップフィルタを基にして新たに直接的な 2 次元変換を検討する．つまり，タップ次数が小さい 2 次元変換を多段に組み合わせることで高次数のフィルタとする一般的な方法を導出する．この方式を用いると，2 次元変換で必要となる基本フィルタは 3×3 タップフィルタの

ため、演算量を削減しつつメモリを不要とする 2 次元 9/7 ウェーブレット変換となる。この結果、加算演算量 $12N \times M$ 、乗算演算量 $5.5N \times M$ と以前の 2 次元 9/7 ウェーブレット変換と比較し加算が 37.5%、乗算が 55%となる。この演算量は X-Y 分離型 9/7 ウェーブレット変換と比較した場合、加算が 50%の増加、乗算が 8%の削減となる。加算の演算量が増加しているが、VGA サイズの静止カラー画像 1 枚につき約 1MByte 必要であるメモリが不要となるため、全体の回路面積は小さくなる。

また LSI 実装のシミュレーションとして、16bit 演算による係数の丸め誤差の影響を SN 比によって求めた。この結果、平均 SN 比が 67 [dB] という結果を得ている。

キーワード 直接的な 2 次元ウェーブレット変換，リフティング構造

Abstract

Realization on the Direct Two-dimensional Wavelet Transform

Akihiro CHIBA

Recently, various standards are proposed to improve compression efficiency of an image. In JPEG2000, which is the next generation standard of still picture compression, Discrete Wavelet Transform (DWT) is used for the transformation[1].

Transformation efficiency of DWT depend on image size, where the larger the size is, the higher the efficiency is. Consider a processing of X-Y separable DWT. First, it is one dimension transformed in X direction. Then, the transformed result is recorded to temporal memory. Second, Y direction DWT processing starts using the recorded results. Therefore, the temporal memory size becomes nearly 1M Byte in VGA size picture processing. If a X-Y separable DWT is implemented in a LSI chip, this large memory causes large LSI chip size. On the other hand, multi-core LSI can increase operating performance as well as lower its power dissipation in recent LSIs. Therefore, even if a number of DWT operations increases, a method of excluding large capacity memory should be chosen. The reported Direct Two-dimensional $5/3$ Wavelet Transform without memory (2D $5/3$ wavelet)[2] is derived, based on this strategy[3]. However, $9/7$ wavelet transform processing without memory on the structure of the reported 2D $5/3$ wavelet leads to a huge number of operations. The reason is that $9/7$ wavelet transform use 7 order filters instead of 3 order filters. When a picture has N pixels in X direction and M pixels in Y direction, a number of required additions

becomes $32N \times M$, and that of multiplications becomes $10N \times M$. This is 4 times additions and 1.6 times more multiplications, compared to those for X-Y separable 9/7 DWT.

This thesis proposes a new Direct Two-dimensional Wavelet Transform. The new method is based on employing 3 order filters for the one dimensional 9/7 lifting structure. This strategy means that a higher order filter should be constructed by the combination of lower order filters. A high order filter is realized by a tandem connection of 3 order filters. This strategy leads a general method to construct Direct Two-dimensional Wavelet Transform without memory. For instance, this strategy can generate higher order filter than 9 order filter which is used to 9/7 wavelet transform. This strategy decreases a required number of operations for 2D 9/7 wavelet transform without memory. As a result, a number of additions becomes $12N \times M$ and that of multiplications becomes $5.5N \times M$. This result shows that a total number of additions becomes 37.5% and that of multiplications becomes 55%, compare to reported 9/7 transform on the 5/3 transform structure. When these operations are compared to those for X-Y separated DWT, a number of additions increases 50% but that of multiplications decreases about 8%. Although the proposed method increases number of additions, the method enables excluding temporal memory. As a result, required LSI size will be decreased.

In addition, this method is simulated for LSI system implementation. This simulation verify that 16 bit operations generate a lot of noise by rounding errors. The obtained signal to noise ratio (S/N) becomes 67 [dB].

key words Direct 2-D wavelet transform , Lifting structure