

2次元非分離型オールパスフィルタを用いたロスレス画像圧縮

Lossless Image Coding Using 2D Nonseparable Allpass Filters

大野 弘祐
Kosuke Ohno

張 熙
Xi Zhang

電気通信大学 情報通信工学科
The University of Electro-Communications

1 はじめに

オールパスフィルタを用いて直交条件と完全直線位相を同時に満たすウェーブレットフィルタを構成することができ、良い圧縮性能が得られている。本研究では、1次元分離型ウェーブレットから2次元非分離型構成を導出し、ロスレス圧縮性能が改善される事を示す。

2 オールパスフィルタを用いたウェーブレット

N 次のオールパスフィルタ $A(z)$ を用いて低域、高域通過フィルタを各々 $H_0(z), H_1(z)$ 、遅延器の次数を K として以下のように構成することが出来る。

$$\begin{cases} H_0(z) = \frac{1}{2}[z^{-2K-1}A(z^{-2}) + A(z^2)] \\ H_1(z) = [z^{-2K-1}A(z^{-2}) - A(z^2)] \end{cases} \quad (1)$$

$A(z)$ の入力信号 $x(n)$ と出力信号 $y(n)$ は、

$$y(n) = x(n - N) + \left[\sum_{i=1}^N a_i [x(n + i - N) - y(n - i)] + 0.5 \right] \quad (2)$$

と表すことができ、整数化処理を加えることで可逆変換を実現できる。ただし、 $A(z)$ は IIR フィルタであるため、初期値を計算する必要がある。

3 2次元非分離型ウェーブレットの実現

1次元ウェーブレットを縦続接続して2次元信号に適用すると、可逆変換内における整数化処理が分散するため圧縮性能低下の原因となる。そこで、2次元非分離型構成へウェーブレットを拡張し、整数化処理の回数を減らす。分離型と非分離型の構成を図1、図2に示す。ここで、 $\downarrow M_1, \downarrow M_2$ は各々縦、横方向、 $\downarrow M$ は両方向への間引き率2のダウンサンプラである。2次元オールパスフィルタの差分方程式は次式で表される。

$$y(n_1, n_2) = x(n_1 - N, n_2 - N) + \quad (3)$$

$$\left[\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N a_{ij} [x(n_1 + i - N, n_2 + j - N) - y(n_1 - i, n_2 - j)] + 0.5 \right]$$

1次元の場合と同様に可逆変換ができる。図1、2から、整数化処理の回数が削減され、ランディング誤差の低減が期待できる。

4 性能評価

提案ウェーブレットを JPEG 2000 に適用し、画像ロスレス圧縮性能を評価する。分解レベル4の時の結果を表1に示す。ここで、 x 次の分離型ウェーブレットを F_{xs} 、非分離型を F_{xn} 、従来法は D-5/3 と表記した。非分離型構成では従来法より良い性能が得られていることが分かる。

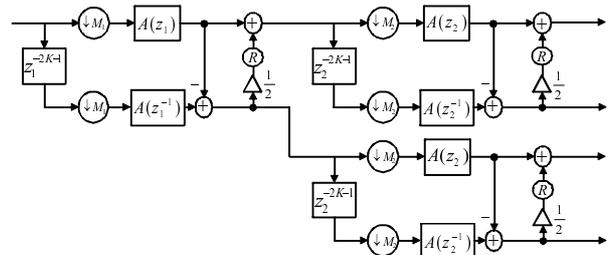


図1 2次元分離型ウェーブレット分解

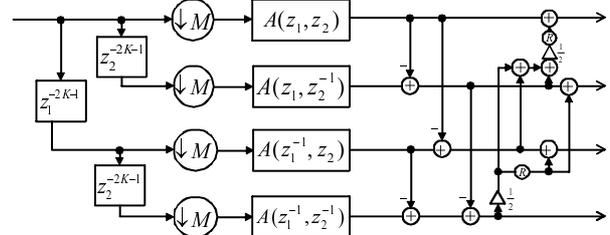


図2 2次元非分離型ウェーブレット分解

5 むすび

本研究では、オールパスフィルタを用いたウェーブレットを2次元非分離型に拡張し、その画像ロスレス圧縮性能を調査した。その結果、分離型構成と比較し圧縮性能が改善されることを示した。

参考文献

- [1] 大野, 張, “オールパスフィルタによる画像圧縮における演算量の低減”, 信学技報, CAS2007-40, 2007-10.
- [2] M. Iwahashi, “Four band decomposition module with minimum rounding operations”, IET Electronics letters, vol.43, no.6, pp.333-335, March 2007.

表1 ロスレス圧縮性能の比較 [bpp]

IMAGE	F _{1s}	F _{2s}	F _{1n}	F _{2n}	D-5/3
Barbara	4.588	4.501	4.581	4.486	4.691
Boat	4.436	4.418	4.423	4.403	4.434
Crowd	4.242	4.207	4.229	4.188	4.229
Goldhill	4.888	4.877	4.881	4.870	4.868
Lena	4.343	4.321	4.336	4.312	4.344
Man	4.739	4.725	4.731	4.715	4.726
Mandrill	6.142	6.122	6.135	6.118	6.145
Peppers	4.654	4.654	4.647	4.639	4.649
Woman	3.362	3.337	3.336	3.305	3.342
Zelda	3.990	3.959	3.974	3.943	4.015
Average	4.538	4.512	4.527	4.498	4.544