

Noise Shaping を用いた 並列木複素 Wavelet 符号化に関する基礎検討

A study of dual-tree complex wavelet coding using noise shaping

坂東幸浩¹ 高村誠之¹ 上倉一人¹ 八島由幸¹
Yukihiro BANDO Seishi TAKAMURA Kazuto KAMIKURA Yoshiyuki YASHIMA
石川孝明² 渡辺裕³
Takaaki ISHIKAWA Hiroshi WATANABE

日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所¹
NTT Cyber Space Laboratories, NTT Corporation
早稲田大学 国際情報通信研究センター²
Global Information and Telecommunication Institute, Waseda University
早稲田大学大学院 国際情報通信研究科³
Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University

1 はじめに

画像処理分野では方向分離特性をもつ変換が注目されている。代表例として、並列木複素ウェーブレット変換(DTCWT)[1]があげられる。方向基底を用いて2次元構造を高い精度で近似するため、DWTと比較し、雑音除去や特徴抽出に対して、有効であることが報告されている。また、画像信号中に含まれるエッジ等の曲線を2次元で定義される方向基底を用いて表現できることから、画像符号化への応用が期待されている。

一方で、DTCWTは、基底数が原信号のサンプル数よりも多い過完備な基底を用いた冗長変換と呼ばれる変換に分類される。このため、方向分離特性をもつ変換は変換後のデータ数が増加するという問題がある。DTCWTの場合、 x が n 次元ベクトルだとすると、変換により得られる変換係数 $y = \Psi x$ は $2n$ 次元ベクトルとなる。つまり、同変換を画像符号化へ応用する場合、データ数の削減の観点から、変換係数を適切に選択する必要がある。この変換係数の選択は、以下の制約条件付き最小化問題として定式化できる。

$$\min_{\alpha} \|\alpha\|_0 \quad \text{subject to } \Psi^{-1}\alpha = x \quad (1)$$

ここで、 $\|\cdot\|_0$ は L^0 ノルムであり、非ゼロ係数の個数を表している。 $\|\cdot\|_2^2$ は L^2 ノルムの二乗値であり、二乗和を表す。 Ψ^{-1} は過完備な基底系からなる変換の逆変換を表す行列である。

式(1)の最小化問題の準最適解を与える手法として、noise shaping [2]と呼ばれる手法が提案されている。noise shapingの特徴は、閾値以下の変換係数を零値に切り捨てるクリッピングを行い、そのクリッピングで生じる誤差の一部を帰還させる処理にある。この処理を所定の基準を満たすまで繰り返す。このため、noise shapingの性能はクリッピング処理における閾値に大きく依存する。しかし、従来、同閾値の設定は明確な基準が与えられておらず、性能改善の余地を残す。そこで、本稿では、エネルギーコンパクションの向上を実現する閾値の設定方法を提案する。

2 Noise shaping における適応的な閾値設定

クリッピングの閾値 θ_i は、 $\Delta_i (> 0)$ を用いて次式のように、繰返し回数 i の増加とともに、小さく設定するものとする。

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \Delta_i \quad (2)$$

このとき、パラメータ Δ_i として、 $\Delta_i = u\delta$ ($u = 1, 2, \dots, U$)の U 通りの候補の中から最適な値を選択する。パラメータ選択の基準としては、一様分布に対するカルバックライブラー情報量(KLI)を用いる。KLIは、一様分布に対する乖離度を表しており、KLIの値が大きい場合、その係数は特定の成分にエネルギーが偏っている事を示している。従って、KLIの値が大きなパラメータを選択するという事は、特定の成分へエネルギーを集中させるようなクリッピング処理を行うことになる。

3 実験

Lena 画像 (128 × 128 画素) に対して、閾値を均等に減少させる方法 (従来法) と可変ステップ幅で適応的に閾値を設定する方法 (提案法) について、比較を行った。収束時の KLI は、11.532 (提案法) 11.526 (従来法) であり、提案法により KLI が増加することを確認できた。

4 おわりに

本稿では、DTCWT を用いた画像符号化処理において、エネルギーコンパクション向上の観点から、noise shaping における閾値の設定方法を検討した。

参考文献

- [1] I. Selesnick, R. Baraniuk, and N. Kingsbury, "The Dual-Tree Complex Wavelet Transform," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 22, no. 6, pp. 123–151, Nov. 2005.
- [2] T. Reeves and N. Kingsbury, "Overcomplete image coding using iterative projection-based noise shaping," *Proc. IEEE Conf. on Image Processing*, vol. 3, pp. 597–600, 2002.