

ウェーブレット縮退の多段化によるデノイズ画像処理とそのLSIアーキテクチャ: Part I

Multi-Scale Wavelet Shrinkage for Image Denoising and its LSI Architecture: Part I

尹 征一¹ 真田 祐樹¹ 浅井 哲也¹ 本村 真人¹ 竹中 崇²
 Yin Zhengyi Yin Zhengyi Tetsuya Asai Masato Motomura Takashi Takenaka

北海道大学大学院情報科学研究科¹
 Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University¹
 日本電気株式会社システム IP コア研究所²
 System IP Core Research Laboratory, NEC Corporation²

二次元画像の高周波雑音除去（デノイズ）を行う LSI アーキテクチャを提案する。本提案はパート I（本項）と II（次項）からなる二部構成である。パート I では、少ないバッファ数（＝低電力）で一次元ウェーブレット変換および逆変換を行うストリーム処理型の回路を構築する。パート II では、この変換・逆変換器を用いたデノイズ処理を行う LSI のアーキテクチャを提案する。

JPEG 2000 標準の整数型 5/3 リフティング構造 (W. Sweldens, Proc. SPIE 2569, 68, 1995) をもとに一次元ウェーブレット順変換器および逆変換器を構成した。変換元の二次元画像の行 (N 画素/行) は画素ごとに時分割されて変換器に送られてくるものとする。順変換器は、一行の画素データの高・低周波成分を計算するために、時刻 $t, t-1, t-2$ の画素値（それぞれ、 Z_0, Z_1, Z_2 とする）、および時刻 $t, t-1$ の高周波成分の値（それぞれ、 H, Z_3 とする）を必要とする。各時刻にこれらの値を用意するために、図 1 に示す信号タイミングを考えた。 전송クロック ϕ に同期した画素データを Z_0 (d_0, d_1, \dots, d_{N-1}) で表し、 ϕ の倍周期の制御信号を ϕ_2 で表す。 ϕ の立ち上がり時に、レジスタ Z_1 ($\phi_2 = 0$ のとき) または Z_2 ($\phi_2 = 1$ のとき) で Z_0 をサンプリングすれば、画素カウンタの値 c が偶数のとき、 Z_0, Z_1, Z_2 が望ましい時刻（それぞれ $t, t-1, t-2$ ）の画素値となり、高周波成分 H が計算できる。また、 $\phi_2 = 0$ のときにこの H を ϕ の立ち上がりでサンプリングすれば ($\equiv Z_3$)、 c が偶数のときに H, Z_3, Z_1 が望ましい値（現在の H , 直前の H , 2 時刻前の Z_0 ）となり、低周波成分 L が計算できる。よって、 $\phi_2 = 1$ のときに L , $\phi_2 = 0$ のときに Z_3 を出力すれば、それらが順変換の結果となる。逆変換の手順も上記と全く同様である。

図 2 に上記の動作を行う回路を示す。 전송クロック ϕ を D-FF で二分周し (ϕ_2)、レジスタ Z_1, Z_2, Z_3 がサンプリングを行う（レジスタ内部の記号“EN”は取り込みイネーブル入力を表す）。高・低周波成分 (H, L) の計算は図中の HP と LP が行う（計算式は図中のとおり）。 N によらず、 c が 0, 2（それぞれ先頭画素 d_0 を取り込むときの c と、末端画素から 2 クロック遅れた次行の画素 d_2 を取り込むときの c の値）のときに HP, LP の計算式が変わるため、境界検出デコーダにより HP, LP の計算を切り替える。 ϕ_2 の値に応じて、 L 出力と Z_3 出力（時刻 $t-1$ の H ）をセクタで切り替えて出力する。

提案回路のシミュレーションを行った。グレイスケール画像（画素深度 8 ビット）を仮定し、順変換器の Z_1, Z_2 を 8 ビット、順変換器の Z_3 および逆変換器の全てのレジスタを符号拡張した 9 ビットとした。図 3 に結果の一例を示す（二次元画像の順変換結果を成分毎に再配置した結果）。本回路の利用に際し、順変換、逆変換ともに 전송クロックに対して結果が 2 クロック遅れて出力されることに注意する。（パート II へ続く）

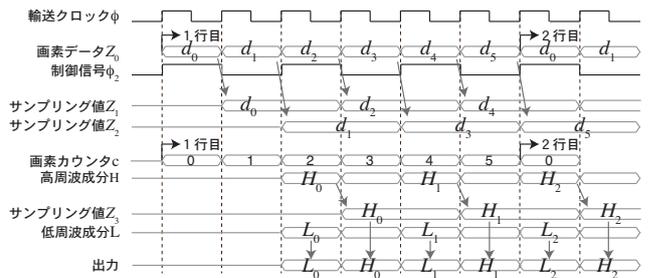


図 1 順変換のタイミング図 ($N = 6$ の例)

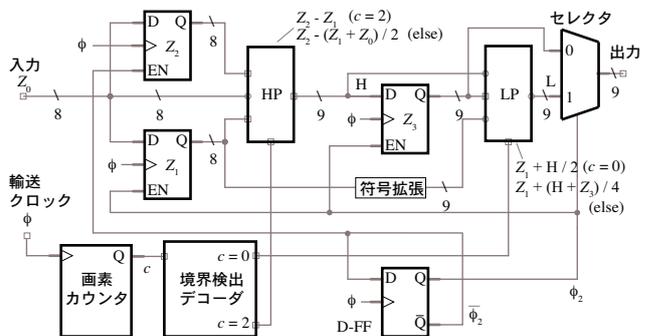


図 2 一次元ウェーブレット順変換回路



元画像 (グレイスケール, 8ビット) 順変換結果 (変換出力を成分毎に再配置したもの)

図 3 シミュレーション結果