

# EZW를 이용한 POCS 기반의 후처리 기법

\*김효각, \*권구락, \*\*김윤, \*고성제  
고려대학교 전자컴퓨터공학과

E-mail : \*hkkim@dali.korea.ac.kr, \*grkwon@dali.korea.ac.kr,  
\*\*yooni@ieee.org, \*sjko@dali.korea.ac.kr

## Post-processing Technique Based on POCS Using EZW

\*Hyo-Kak Kim, \*Goo-Rak Kwon, \*\*Yoon Kim, and \*Sung-Jea Ko

\*Department of Electronics and Computer Engineering

Korea University

\*\*Department of Electrical and Computer Engineering

Kangwon National University

### Abstract

In this paper, we propose a new post-processing method, based on the theory of the projection onto convex sets (POCS) to reduce the blocking artifacts in decoded images. We propose a new smoothness constraint set (SCS) and its projection operator in the wavelet transform (WT) domain to remove unnecessary high-frequency components caused by blocking artifacts. We also propose a new method to find and preserve the original high frequency components of the image edge. Experimental results show that the proposed method can not only achieve a significantly enhanced subjective quality, but also have the PSNR improvement in the output image.

### I. 서론

현재 영상 압축 표준인 JPEG, H.26x, MPEG 등의 영상 압축 기술들은 블록 기반 부호화를 사용하여 블록 현상이 발생하는 단점이 있다. 이러한 단점이 되는 블록 현상은 원영상을 블록 단위로 나눠서 각 블록을 독립적으로 부호화하여 블록간의 상관성을 고려하지 않고 처리하므로 블록의 경계에 경계면이 발생하는 것

이다. 블록 현상을 제거하기 위해 기존에 많은 연구가 진행되어 왔으며 그 중 가장 대표적인 것이 POCS 이론<sup>[1][2][3]</sup>을 바탕으로 한 방법이다. POCS 이론은 영상 데이터와 여러 제한 조건으로부터 convex 집합과 그 집합으로의 투영자를 정의한 후, 각 집합으로의 반복적인 투영을 통해 원 영상의 특징은 손상시키지 않으면서 블록 현상을 제거하는 방식으로 영상을 복원한다. POCS 이론을 사용한 알고리즘은 SCS과 Quantization Constraint Set (QCS)의 두 개의 집합을 정의하고 두 개의 집합으로 반복적인 투영을 하는 것으로 이루어져 있다. SCS는 주로 blurring을 위한 제한 집합으로서 영상의 고주파 성분을 제거하기 위해 사용된다. 이때 블록현상에 의한 고주파 이외의 원 영상에 포함된 고주파를 가능한 보존하는 것이 SCS 알고리즘 설계의 중요한 과제이다. QCS는 SCS로의 투영으로 인한 과잉 흐려짐을 방지하기 위한 집합으로 원래의 영상 데이터가 가질 수 있는 데이터의 구간을 convex 집합으로 정의해서 이 구간 내에 데이터가 유지되도록 투영자를 정의한다.

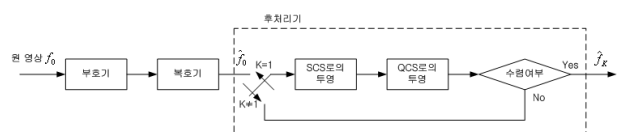


그림 1. POCS를 기반으로 하는 후처리기법의 블록선도

일반적으로 QCS는 DCT(Discrete Cosine Transform) 계수의 양자화 범위로 정의되며, DCT 계수가 SCS로의 투영 전의 양자화 범위 이내에 존재하도록 제한한다. 그림 1은 POCS를 기반으로 하는 후처리 기법을 블록선도로 나타낸 것이다. 이러한 POCS 이론을 기반으로 하는 후처리 기법들은 다양한 알고리즘이 제안[3][4][6]되고 있지만, 대부분의 알고리즘은 DCT 압축/복원된 영상을 DCT와 IDCT의 과정을 반복하여 블록 현상을 제거하는 방법으로 많은 계산이 요구되어지고 영상에서의 중요한 에지 성분과 불필요한 블록 현상 성분의 구분을 효과적으로 정의하여 블록 현상을 제거하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 제안하는 SCS 및 그 투영자는 DCT 기반의 압축/복원된 영상을 웨이브릿 변환하고, 이를 블록 단위로 재배열을 하여 수평·수직 에지 대역에서 나타날 수 있는 블록 현상 성분을 포함한 웨이브릿 계수들을 추출하고 제거함으로써 블록 현상을 감소시킨다. 또한 블록 현상을 포함하는 계수를 제거할 때, 원영상의 에지 성분과 불필요한 블록 성분을 효과적으로 구분하여 제거하는 방법을 제안한다.

본 논문은 다음과 같은 구성으로 되어있다. II장은 제안한 웨이브릿 영역의 후처리 기법을 소개하고, III장은 실험 및 결과를 기술하였고, IV장에서 결론을 맺는다.

## II. 제안한 웨이브릿 영역의 후처리 기법

### 2.1 새로운 SCS 정의

제안한 알고리즘은 블록 현상이 발생한 영상을 웨이브릿 변환시에 나타나는 특징을 이용한다. 이를 위해 여기서는 8x8 블록의 웨이브릿 변환시 블록현상에 의한 고주파 성분이 웨이브릿 계수에 어떤 영향을 주는 지 살펴보고 이 특성을 이용한 새로운 SCS를 정의한다.

입력 영상인  $nN \times mN$  크기의 영상을  $\vec{f}$ , 각각의 픽셀을  $f(a,b)$ 로 정의 하고  $N \times N$  픽셀로 이루어진 블록을 나타내는  $\vec{f}_{ij}$ 를 정의하면 다음과 같다.

$$\vec{f}_{ij} = \{f_{ij}(0,0), \dots, f_{ij}(N-1, N-1)\} \quad (1)$$

이때  $i = 0, \dots, n-1$  이고  $j = 0, \dots, m-1$  이 된다.

1차원 웨이브릿 변환은 다단계의 분할 방식으로 구현이 가능하다. 이 방식의 d 번째 단계에서는  $N_{d-1}$ 개의 샘플로 이루어진 신호  $f^{d-1}$ 을 분할해서  $N_{d-1}/2$ 개

의 샘플로 이루어진  $F_L^d$ 와  $F_H^d$ 의 두개의 서브 밴드가 된다. 분할하는 방법은 입력 샘플을 반으로 줄인 후 각각의 필터와 컨벌루션을 수행하는 것으로 이루어진다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$F_L^d = \sum_{t=0}^{K-1} S_t \cdot f_{2n-i}^{d-1}, \quad 0 \leq n < N_d \quad (2)$$

$$F_H^d = \sum_{t=0}^{K-1} w_t \cdot f_{2n-i}^{d-1}, \quad 0 \leq n < N_d \quad (3)$$

여기서  $s_t$ 와  $w_t$ 는 K-tap으로 이루어진 저역통과필터와 고역통과필터이다.

그림 2는 블록현상이 발생한 영상을 웨이브릿 변환한 예를 나타낸 것으로, 웨이브릿 변환 결과인  $F^d$ 를 보면 블록현상에 의한 특성이 나타남을 확인할 수 있다. 이 그림에서 (a)는 인접한 두 블록의 픽셀값을 나타낸 것으로 두 블록 사이에 값의 변화로 블록현상이 존재함을 알 수 있다. 두 블록 중 왼쪽 블록을 (b)의 5-3 필터로 웨이브릿 변환을 수행하면 (c)와 같은 웨이브릿 계수를 구할 수 있다. 그림 2.(c)를 보면 고주파 성분 대역의 4번째 계수가 블록간의 고주파 성분을 포함하는 것을 확인 할 수 있다. 제안하는 SCS는 이러한 웨이브릿 계수의 특성을 이용한 것으로 다음과 같이 정의한다.

$$C_{ij} = \{ff_{ij} \subset f, F_{ij}^{(2)} \geq F_{ij}^{(2)} - \alpha \cdot V_{ij} - \beta \cdot H_{ij}\} \quad (4)$$

여기서  $V_{ij}$ 와  $H_{ij}$ 는 각각  $HL_1$ 의 4번째 열과  $LH_1$ 의 4번째 행을 의미하며 이는 다음과 같이 정의된다.

$$V_{ij} = \{F_{HL(ij)}^{(2)}(3,b), b = 0,1,2,3\} \quad (5)$$

$$H_{ij} = \{F_{LH(ij)}^{(2)}(a,3), a = 0,1,2,3\} \quad (6)$$

제안한 SCS에서  $V_{ij}$ 와  $H_{ij}$ 가 원래의 경계 성분을 가지고 있는 경우 closed convex set에 포함시킨다. 즉,  $\alpha$ 또는  $\beta$ 가 0인 경우  $C_{ij}$ 는  $V_{ij}$ 나  $H_{ij}$ 를 포함시킨다. 반면에  $V_{ij}$ 와  $H_{ij}$ 가 블록현상에 의한 값인 경우 closed convex set에서 제외시킨다. 즉,  $\alpha$ 또는  $\beta$ 가 1인 경우  $C_{ij}$ 는  $V_{ij}$ 나  $H_{ij}$ 를 포함하지 않는다. 이와 같이 제안된 SCS를 이용해서 이 집합으로의 투영자를 정의할 수 있다. 다음 절에서는 EZW 알고리즘[5]의 개념을 이용해서  $\alpha$ 와  $\beta$  값을 정하는 방법을 제안한다.

### 2.2 제안하는 중요계수 결정 방법

블록화된 영상을 웨이브릿 변환을 수행하면 저주파

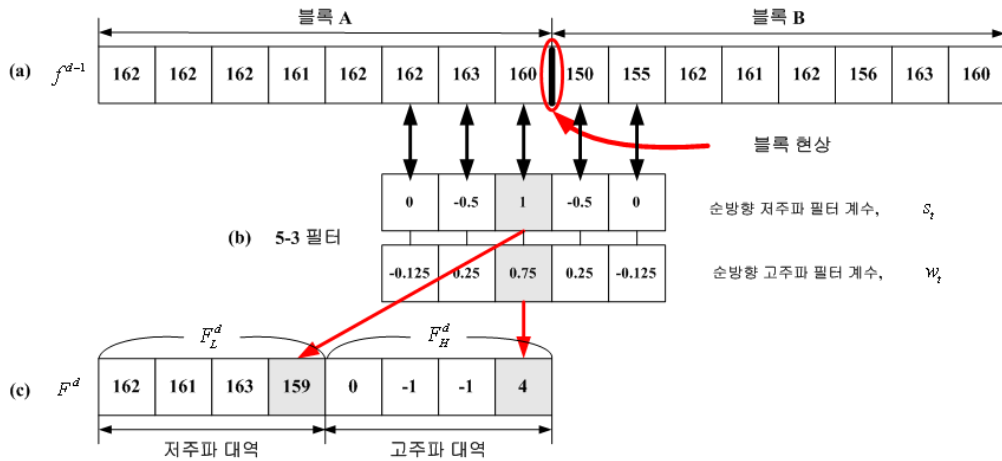


그림 2. 블록현상이 존재하는 영상의 웨이브릿 변환 (a) 블록현상이 존재하는 두개의 인접한 블록 (b) 5-3 필터 (c) 블록A의 웨이브릿 계수

성분과 고주파 성분으로 분리된다. 이때 고주파 성분의 계수에는 블록현상에 의한 값과 원 영상의 경계에 의한 값이 모두 포함되게 된다. 그래서 이 절에서는 앞의 절에서 제안한 SCS를 이용하여 원영상의 경계 성분은 가능한 보존하면서 블록 현상을 줄이는 방법을 제안한다.

계층 구조의 웨이브릿 변환에서 최상위 주파수 대역을 제외한 나머지 영역의 계수들은 동일 위치의 하위 단계의 계수와 관련성을 갖는다. EZW 알고리즘에서는 이러한 단계적 특성을 이용한다. 웨이브릿 계수  $x$ 가 있을 때 특정한 문턱값  $T$ 에 대해서  $|x| > T$ 인 경우 그 계수는 중요계수가 된다. 이 중요계수는 원본영상의 화질에 중요한 영향을 주는 값이 된다. 그러므로 복호화된 영상의 화질을 향상시키기 위해서는 이러한 중요한 계수는 보존해야 하는 것이다. 따라서 제안한 방법은 EZW 알고리즘의 개념을 사용해서 식(4)의  $\alpha$ 와  $\beta$ 값을 결정한다. 그림 3은 제안한 알고리즘을 흐름도로 나타낸 것으로 각 계수에 대한 보존 여부의 결정 방법을 보여준다. 이 방법에서 사용되는 문턱값  $T$ 는 최상위 저주파 대역의 계수에 따라 결정한다. 그 값은 다음과 같은 식에 의해 정해진다.

$$T = 2^{\lfloor \log_2 x_{\max} \rfloor} \quad (7)$$

여기서  $x_{\max}$ 는 최상위 저주파 대역의 계수 중 가장 큰 값이다.

### III. 성능평가 및 분석

본 논문에서는 제안한 SCS를 이용한 복원 결과의

성능을 측정하기 위해서 256x256의 해상도와 256 단계를 밝기를 가지는 그레이 영상을 사용하였다. 실험에는 BARBARA 영상을 사용하였다. 실험 결과는 Zakhor, Paek, Kim 알고리즘과 제안한 알고리즘을 각각의 영상에 적용하여 확인하였다.

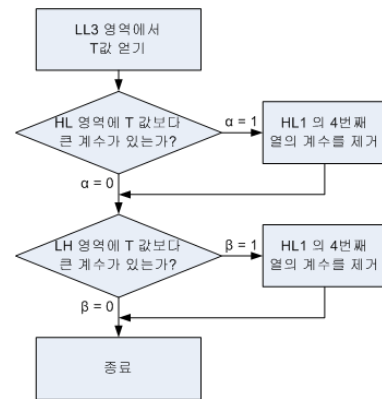


그림 3. 제안한 알고리즘의 흐름도

그림 4는 각각의 알고리즘의 수렴도를 알아보기 위해 각 알고리즘에 대하여 총 20회의 반복을 수행하면서 복원 영상에 대한 PSNR을 그래프로 나타낸 것이다. 여기서 한번의 반복은 영상을 SCS로 투영한 후 QCS로 다시 투영하는 과정이다. 그림 4의 그래프를 보면 Zakhor의 알고리즘은 수렴에 실패 하지만 제안한 알고리즘은 4번 이내에 빠르게 수렴하며 수렴시의 PSNR이 다른 알고리즘에 비해 높은 것을 확인할 수 있다. 그림 5는 각 알고리즘을 적용한 실제 결과 영상을 비교한 것으로, 주요 부분을 확대하여 제안한 알고리즘이 원 영상의 윤곽선 부분은 최대한 유지되며 블록 현상 부분은 많이 감소되는 것을 나타내었다.

림하기 때문에 계산량이 훨씬 감소함을 알 수 있다.

### 참고문헌

- [1] H. C. Reeve and J. S. Lim, "Reduction of the blocking effects in image coding," *Opt. Eng.*, vol. 23, pp. 34-37, Jan. 1984.
- [2] A. Zakhor, "Iterative procedures for reduction of blocking effects in transform image coding," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 2, pp. 91-95, Mar. 1992.
- [3] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Projection-based spatially adaptive reconstruction of block-transform compressed images," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, pp. 896-908, Jul. 1995.
- [4] H. Paek, R. C. Kim, and S. U. Lee, "On the pocs-based post-processing technique to reduce the blocking artifacts in transform coded images," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 8, pp. 358-367, Jun. 1998.
- [5] J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients," *IEEE Trans. on Signal Proc.*, vol. 41, No. 12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [6] Y. Kim, C. -S. Park, and S.-J. Ko, "Fast POCS Based Post-processing Technique for HDTV," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*. vol. 49, no. 4, pp. 1438-1447, Nov. 2003.

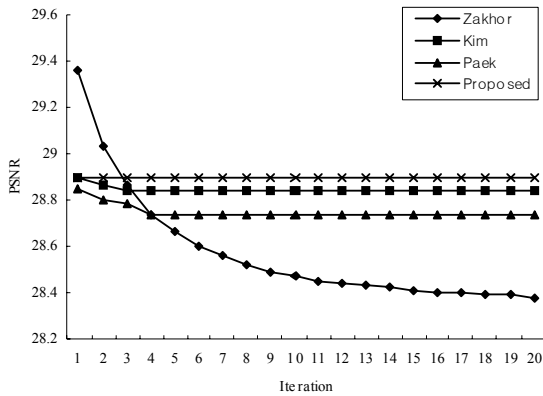


그림 4. 각 알고리즘을 반복 수행시의 PSNR 변화

### IV. 결 론

본 논문에서는 영상의 블록 현상을 감소시키기 위해서, POCS 이론을 기반으로 하는 후처리 기법을 제안하였다. JPEG 복호화된 영상을 웨이브릿 변환하고 이를 블록 단위로 재배열을 하여 수평, 수직 고주파 성분 영역에서 불필요한 블록 현상 성분을 포함한 웨이브릿 계수들을 제거하는 SCS을 정의 및 투영하는 방식을 제안하였다. 실험결과에 있어서, 주관적인 측면에서 후처리된 영상의 블록 현상을 효과적으로 제거하였을 뿐만 아니라 객관적인 화질 개선도 약 0.5~0.8dB 정도 개선됨을 실험 결과를 통해 알 수 있다. 이는 원영상의 중요한 에지 정보를 보존하고 불필요한 블록 성분을 효과적으로 줄인 것이다. 또한, 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 기존의 후처리 기법보다 최소 반복구간에서 수

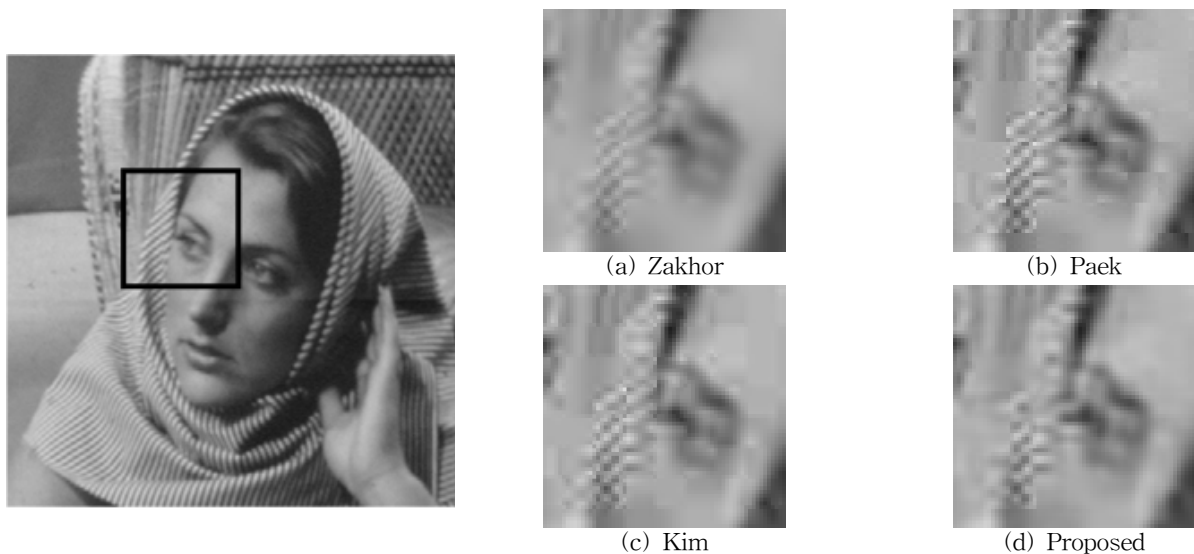


그림 5. 각 알고리즘 적용시의 영상 비교