

## 방향성 활동도 기반 블록 분석을 통한 압축 영상의 적응적 후처리 기법

김종호\*

### Adaptive Postprocessing Technique for Compressed Images using Directional Activity-based Block Analysis

Jongho Kim\*

Department of Multimedia Engineering, Suncheon National University, Suncheon, Jeonnam 540-950, Korea

#### 요 약

본 논문에서는 저 비트율 압축 영상의 블록킹 현상을 제거하기 위한 적응적 후처리 기법을 제안한다. 적응적 후처리는 방향성 활동도 기반의 블록 분석에 따라 다른 강도의 필터를 적용하여 블록킹 현상을 선택적으로 제거한다. 격자잡음을 제거하기 위한 1차원 필터링은 블록의 방향성뿐만 아니라 블록 내 신호의 특성에도 적응적인 필터링을 수행한다. 또한 계단형 잡음 및 모서리 잡음을 검출하는 방법 및 이를 효과적으로 제거하기 위한 2차원 방향성 필터를 제안한다. 실험 결과 다양한 영상 및 비트율에 대해서 제안한 방법의 PSNR 및 주관적 화질 평가를 위한 GBIM 결과가 기존의 블록킹 현상 제거 방법에 비해 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

#### ABSTRACT

This paper addresses an adaptive postprocessing technique to remove blocking effects of the highly compressed images. The proposed technique removes blocking effects selectively by applying filters with different strength according to block analysis based on the directional activity. One-dimensional filters which are used to remove grid noises accomplish the adaptive filtering to the signal itself as well as to the directionality of the block. Moreover, we propose a detection method of the staircase noises and corner outliers and a two-dimensional directional filter to remove them. Experimental results for various images and bitrates show that the proposed method outperforms the conventional methods in PSNR for the objective performance and GBIM for the subjective quality evaluation.

**키워드** : 적응적 필터링, 블록킹 현상, 방향성 활동도, 영상 압축, 후처리

**Key word** : Adaptive filtering, Blocking effect, Directional activity, Image compression, Postprocessing

접수일자 : 2013. 02. 26 심사완료일자 : 2013. 03. 22 게재확정일자 : 2013. 04. 04

\* **Corresponding Author** Jongho Kim (E-mail: jhkim@sunchon.ac.kr, Tel:+82-61-750-3835)

Department of Multimedia Engineering, Suncheon National University, Suncheon, Jeonnam 540-950, Korea

**Open Access** <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.7.1687>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

영상 및 비디오 압축 방법으로 널리 사용되는 JPEG, MPEG 및 H.26x와 같은 부호화 방법은 블록 기반의 변환 및 양자화를 기본 구조로 하고 있다. 변환 기법으로는 영상신호에 대한 에너지 집중 특성이 우수하고, 고속 알고리즘이 존재하는 DCT (discrete cosine transform)가 널리 사용된다[1-5]. 연산의 효율성을 위하여 블록단위로 변환 및 양자화를 수행하는데, 블록 간 상관성을 고려하지 않고 양자화 과정을 수행함으로써 수신측에서 영상을 복원하였을 때 각 블록 경계에서 불연속 특성이 나타나게 된다. 이를 블록킹 현상(blocking effect)이라고 하고, 특히 저 비트율 영상에서 화질 열화를 일으키는 주요 원인이다[6].

블록킹 현상은 발생하는 위치와 형태에 따라 세 가지로 구분할 수 있는데, 평탄한 영역에서 발생하는 격자잡음(grid noise), 에지(edge)처럼 보이거나 실제로는 블록 경계들로 이루어진 계단형 잡음(staircase noise) 및 대각선 에지가 블록 모서리 근처를 지날 때 나타나는 모서리 잡음(corner outlier) 등이 그것이다[7]. 이러한 블록킹 현상을 제거하기 위한 방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있는데, 인루프(in-loop) 방법과 전통적인 후처리(postprocessing) 방법을 들 수 있다. 인루프 방법은 H.264/AVC 표준에도 도입된 바, 부호기의 압축 성능을 향상시키고 부호화 파라미터를 손쉽게 이용할 수 있는 장점이 있으나, 부호기의 복잡도를 증가시키게 되고 부호기 및 복호기의 구조를 변경해야 하는 문제가 있다. 반면, 후처리 방법은 압축 성능에 영향을 미치지 못하지만, 복호영상의 화질을 향상시키는데 유용하고 부호기 및 복호기의 구조를 변경할 필요가 없는 이점이 있다.

꾸준히 블록킹 현상을 제거하기 위한 방법이 연구되어 왔는데, 크게 공간 영역(spatial domain)에서 저역통과 필터링에 기반을 둔 방법, 주파수 영역에서 DCT 계수를 변화시키는 방법, POCS (projection onto convex sets)에 기반한 방법 등으로 범주를 나누어 살펴볼 수 있다. 공간 영역에서 저역통과 필터링에 기반한 방법은 가장 많이 제안되었는데, 이러한 방법의 성능은 얼마나 원 영상의 에지 및 텍스처(texture)를 보존하면서 저역통과 필터를 적용하느냐에 달려 있다. 최근 DFOVS (deblocking frames of variable size)라는 픽셀 기반의

알고리즘이 제안되었는데, 블록경계를 중심으로 대칭점에 위치한 픽셀의 적응적 가중치 합으로 현재 픽셀값을 대체하여 블록킹 현상을 제거하는 방법이다[8]. 그러나 가중치 합을 구하는 과정에서 대칭점에 위치한 픽셀을 이용함으로써 에지에 번짐현상(blurring effect)이 발생하고, 가중치를 결정하기 위한 파라미터 조합의 수가 많아 연산량이 매우 증가하는 문제가 있다. 또한 Chen *et al.*은 주파수 영역에서 블록킹 현상을 제거하는 방법을 제안했는데, 먼저 공간 영역에서 저역통과 필터를 설계하고, 이를 구현하기 위해 DCT 계수를 변화시키는 방법을 기술하였다[9]. 이때 영상의 에지 및 텍스처는 보존하면서 블록킹 현상을 선택적으로 제거하기 위하여 변환계수와 인간 시각특성(HVS; human visual system)의 관계를 반영하였다. 그러나 주파수 영역 처리의 특성상 계수의 정밀한 제어가 어렵기 때문에 번짐 현상이 일어나기 쉽고, 블록경계를 포함하는 새로운 블록에 대한 계수를 얻는 과정에서 연산량이 매우 증가하는 문제가 있다. POCS에 기반한 알고리즘은 공간 영역에서 저역통과 필터링에 의해 픽셀값을 변경하고, 주파수 영역에서 계수를 양자화 구간 내로 조정하는 과정을 반복함으로써 블록킹 현상과 같은 고주파 성분은 줄이면서 지나친 번짐현상이 발생하는 것을 방지한다[10]. 그러나 블록킹 현상뿐만 아니라 원 영상의 고주파 성분까지 지나치게 제거함으로써 번짐현상이 매우 심하고, 공간 영역 및 주파수 영역의 반복적인 연산에 의해 실제 응용하기에는 많은 어려움이 있다.

본 논문에서는 저 비트율 압축영상의 블록킹 현상을 제거하기 위하여 공간 영역에서의 후처리 방식에 기반한 적응적 필터링 방법을 제안한다. 블록 경계를 포함하는 새로운 블록, 즉 이동블록(SB; shifted block)을 정의하고, 이에 대해 방향성 활동도를 분석하여 블록타입을 결정한다. 블록타입에 따라 필터링 방향 및 강도를 달리 적용하여 블록킹 현상, 특히 격자잡음을 효과적으로 제거하면서 영상의 에지 및 텍스처를 보존하도록 한다. 또한 대각선 및 곡선 에지가 지나가는 이동블록에 2차원 방향성 필터를 적용하여 계단형 잡음 및 모서리 잡음을 제거하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 이동블록을 정의하고, 방향성 활동도를 분석하여 블록타입을 결정하는 방법을 기술한다. III장에서는 각 블록타입에 따른 1차원 필터를 구하고, 이를 적응적으로 적용하는 방

법을 논의한다. 또한 계단형 잡음 및 모서리 잡음을 제거하기 위한 2차원 방향성 필터를 구하는 방법을 기술한다. IV장에서는 다양한 영상 및 비트율에 대해 제안한 방법과 기존의 방법을 비교하여 실험결과를 보이고, V장에서 결론을 맺는다.

## II. 방향성 활동도 기반 블록 분석

공간 영역에서의 블록킹 현상 제거 방법의 성능은 각 블록의 특성을 얼마나 잘 분석하여 그에 맞게 필터를 적용하느냐에 달려있다. 본 논문에서는 블록의 방향성 활동도를 조사하여 실제 에지는 보존하면서 블록킹 현상을 선택적으로 제거하는 방법을 제안한다. 방향성 활동도 분석 및 필터링을 적용하기 위하여 가로 및 세로 방향으로 블록크기의 반을 이동하여 두 블록 경계를 포함하는 새로운 블록을 정의하고, 이를 이동블록(SB; shifted block)이라고 한다. 이동블록의 타입을 결정하기 위하여 가로방향 활동도,  $A_h$ 와 세로방향 활동도,  $A_v$ 를 식 (1)과 같이 정의한다.

$$\begin{cases} A_h = \sum_{m=0}^6 \Delta C_m - \Delta C_3, \\ A_v = \sum_{n=0}^6 \Delta R_n - \Delta R_3 \end{cases} \quad (1)$$

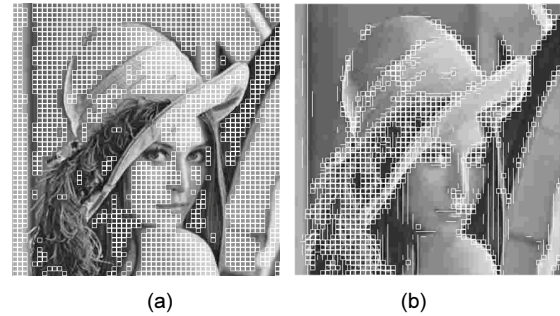
이때, 이동블록 내의 픽셀을  $p_{i,j}$ 라고 하면, 가로방향 변화량을 위한 column difference,  $\Delta C$ 와 세로방향 변화량을 위한 row difference,  $\Delta R$ 은 식 (2)와 같이 정의한다.

$$\begin{cases} \Delta C_m = \sum_{i=0}^7 |p_{i,m} - p_{i,m+1}|, \\ \Delta R_n = \sum_{n=0}^7 |p_{n,j} - p_{n+1,j}| \end{cases} \quad (2)$$

식 (1)에서 블록킹 현상이 방향성 활동도에 미치는 영향을 제거하기 위해  $\Delta C_3$ 와  $\Delta R_3$ 를 뺀다. 식 (1)에 의한 활동도에 따라 이동블록은 식 (3)과 같이 4 가지 타입, 즉 평탄블록( $B_u$ ), 가로블록( $B_h$ ), 세로블록( $B_v$ ) 및 복잡블록( $B_c$ )로 구분된다.

$$block\_type = \begin{cases} B_u, & A_h < T \text{ and } A_v < T \\ B_h, & A_h < T \text{ and } A_v \geq T \\ B_v, & A_h \geq T \text{ and } A_v < T \\ B_c, & A_h \geq T \text{ and } A_v \geq T \end{cases} \quad (3)$$

여기서  $T$ 는 이동블록의 타입을 구분하기 위한 임계값(threshold)이고, 구체적인 값은 실험에 의해서 결정된다. 그림 1에 *Lena* 영상(0.25bpp)에 대한 블록타입을 나타내었다. 그림 1(a)에 평탄블록을 표시하였고, (b)에 가로, 세로 및 복잡블록을 표시하였다. 그림에서 보는 바와 같이, 제안한 활동도 분석 방법은 간단하지만 영상의 각 영역에 대한 특성을 잘 구분하는 것을 알 수 있다.



**그림 1.** *Lena* 영상(0.25bpp)에 대한 블록타입 결과 (a) 평탄블록, (b) 가로블록(-), 세로블록(|) 및 복잡블록  
**Fig. 1** Block types for *Lena* compressed at 0.25bpp (a) uniform blocks, (b) horizontal (-), vertical (|), and complex blocks

이동블록에 대해 방향성 활동도를 분석하고 블록타입을 결정한 후, 이에 따라 다른 필터링 방법을 적용한다. 즉, 평탄블록에 대해서는 가로 및 세로 방향으로 강한 저역통과 필터를 적용하고, 복잡블록에 대해서는 에지 및 텍스처를 보존하기 위하여 가로 및 세로 방향으로 블록 경계 픽셀만을 조정한다. 가로블록 및 세로블록에 대해서는 상관도가 높은 방향으로 강한 필터링을 적용하고, 상관도가 낮은 방향으로 블록 경계 픽셀만을 조정함으로써 블록킹 현상을 효과적으로 제거하면서 원 영상의 방향성 상관성을 유지하도록 한다.

### III. 신호 특성에 적응적인 필터링 기법

제안하는 필터링 기법은 II장에서 구한 방향성 활동도에 따른 블록타입에 따라 강도가 다른 1차원 필터를 가로 및 세로 방향으로 적용한다. 먼저 픽셀값의 변화 정도를 결정하기 위하여 블록 경계 픽셀의 차이,  $\Delta S$ 를 식 (4)와 같이 정의한다.

$$\Delta S = p_3 - p_4 \quad (4)$$

이때, 픽셀 첨자는 가로 방향의 경우,  $p_{i,3} - p_{i,4}$  ( $i = 0, 1, \dots, 7$ ), 세로 방향의 경우,  $p_{3,j} - p_{4,j}$  ( $j = 0, 1, \dots, 7$ )이지만, 혼동의 여지가 없으면 표현의 간결함을 위하여 식 (4)의 첨자를 사용한다.

#### 3.1. 평탄블록( $B_t$ )에 대한 필터링 방법

평탄블록은 방향에 따른 상관도 차이가 적기 때문에 가로 및 세로 방향으로 강한 지역통과 필터를 적용한다. 즉, 식 (5)의 필터에 의하여 이동블록 내의 픽셀을 가로 방향 및 세로 방향으로 변경한다.

$$p'_i = \begin{cases} p_i - \text{sgn}(\Delta S)(|\Delta S| \cdot \alpha_i), & \text{for } 0 \leq i \leq 3 \\ p_i + \text{sgn}(\Delta S)(|\Delta S| \cdot \alpha_i), & \text{for } 4 \leq i \leq 7 \end{cases} \quad (5)$$

여기서  $\alpha_i = \{0.08, 0.12, 0.232, 0.398, 0.398, 0.232, 0.12, 0.08\}$ 이다. 이는 블록 경계에서 연속 특성을 지니고, 블록 내에서 픽셀의 변화 특성을 유지하기 위하여 식 (6)과 같은 Hamming window (또는 raised cosine) function의 계수를 이용한다.

$$h(n) = a - b \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad (6)$$

여기서  $a = 0.54$ ,  $b = 1 - a = 0.46$ 이고, 블록킹 현상을 제거하기 위해서는 Hamming window function의 주엽(main lobe)의 절반에 대한 계수만 얻으면 되기 때문에  $N = 16$ 으로 설정하였다.

#### 3.2. 방향성 블록( $B_h, B_v$ )에 대한 필터링 방법

보통 가로 또는 세로 방향의 에지는 하나의 블록 내에만 존재하기 보다는 몇 개의 연속된 블록에서 나타나

기 때문에 방향성 블록( $B_h, B_v$ )에 대한 필터링을 수행하기 전에 주위 블록의 방향성을 먼저 파악할 필요가 있다. 즉, 현재 블록이 가로블록( $B_h$ )이고, 위와 아래 블록이 평탄블록( $B_t$ ) 또는 가로블록( $B_h$ )이면 가로방향 필터링 방법을 적용하고, 그렇지 않으면 복잡블록( $B_c$ )에 대한 필터링 방법을 적용한다. 마찬가지로, 현재 블록이 세로블록( $B_v$ )이고, 왼쪽과 오른쪽 블록이 평탄블록( $B_t$ ) 또는 세로블록( $B_v$ )이면 세로방향 필터링 방법을 적용하고, 그렇지 않으면 복잡블록( $B_c$ )에 대한 필터링 방법을 적용한다. 그림 1(b)의 각 블록타입은 이러한 방식에 의해 업데이트 된 결과를 나타낸다.

가로블록 및 세로블록은 각 방향으로 다른 활동도를 가지기 때문에 상관도가 높은 방향으로 강한 필터를 적용하고, 반대 방향으로는 블록 경계 픽셀만을 조정함으로써 방향성 블록의 블록킹 현상을 제거하면서, 에지 및 방향성을 유지하도록 한다. 즉, 가로블록에 대해 가로방향으로는 식 (5)를 적용하고, 세로방향으로는 식 (7)을 적용한다.

$$\begin{cases} p'_3 = p_3 - \text{sgn}(\Delta S)(|\Delta S| \cdot \beta), \\ p'_4 = p_4 + \text{sgn}(\Delta S)(|\Delta S| \cdot \beta) \end{cases} \quad (7)$$

여기서  $\beta = 0.325$ 이고, 실험에 의해 결정하였다.

가로블록의 경우와 유사하게, 세로블록에 대해서도 세로방향으로는 식 (5)를 적용하고, 가로방향으로는 식 (7)을 적용하여 필터링을 수행한다.

#### 3.3. 복잡블록( $B_c$ )에 대한 필터링 방법

II장의 방향성 활동도 분석 및 3.2절의 방향성 블록타입 업데이트에 의해 결정된 복잡블록( $B_c$ )은 두 가지 형태를 포함한다. 즉, 특정 방향의 에지는 없지만 다양한 디테일이 포함된 텍스처 블록(texture block)과 대각선 방향 또는 곡선 형태의 비교적 뚜렷한 에지를 포함하는 에지 블록(edge block)이 그것이다. 텍스처 블록은 보통 격자잡음을 포함하고, 에지 블록은 격자잡음 뿐만 아니라 계단형 잡음과 모서리 잡음을 포함한다. 에지 블록을 검출하기 위해 주변 네 블록(위, 아래, 왼쪽, 오른쪽)의 타입을 조사한다. 만약 네 블록 모두 복잡블록이면 현재 블록을 텍스처 블록으로 판단하고, 그렇지 않으면 에지 블록으로 판단한다. 그림 2는 Lena 및 Peppers 영상에 대해 에지 블록을 검출한 결과를 나타낸다. 이렇

계 두 가지 형태의 복잡블록에 대한 블록킹 현상을 제거하기 위해서, 두 단계의 필터링 방법, 즉 경계 모드와 2차원 방향성 필터링 모드를 적용한다.

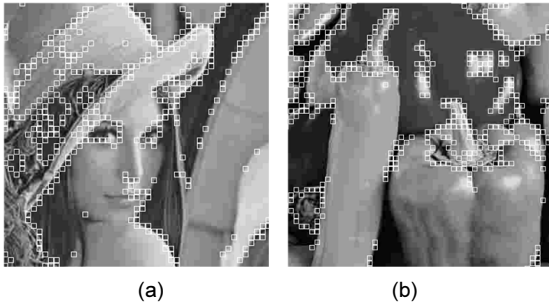


그림 2. 복잡블록 중 에지 블록 분포 (a) *Lena* (0.25bpp), (b) *Peppers* (0.25bpp)  
 Fig. 2 Edge blocks of complex blocks (a) *Lena* (0.25bpp), (b) *Peppers* (0.25bpp)

경계 모드는 텍스처 블록과 에지 블록에 식 (7)을 가로방향 및 세로방향으로 적용한다. 이는 텍스처 블록과 에지 블록을 포함하는 복잡블록의 격자잡음을 제거하면서 디테일은 보존하기 위하여 경계 픽셀만을 조정한다.

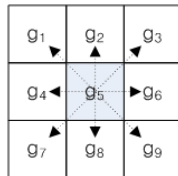


그림 3. 2차원 방향성 필터링을 위한 3×3 윈도우  
 Fig. 3 A 3×3 window for 2D directional filtering

경계 모드를 적용한 후, 계단형 잡음 및 모서리 잡음을 제거하기 위하여 2차원 방향성 필터링 모드를 에지 블록에 적용한다. 그림 3과 같이 정의한 3×3 윈도우의 중심 픽셀  $g_5$ 를 필터링 대상 픽셀이라고 하면, 식 (8)에 의해  $g_5'$ 로 조정한다.

$$g_5' = w_0 g_5 + w_1 \frac{g_1 + g_9}{2} + w_2 \frac{g_3 + g_7}{2} + w_3 \frac{g_2 + g_8}{2} + w_4 \frac{g_4 + g_6}{2} \quad (8)$$

이때  $w_0$ 를 제외한 나머지 가중치는 서로 마주보는 픽셀의 차이에 의해 결정된다. 즉  $w_1 = f(|g_1 - g_9|)$ ,  $w_2 = f(|g_3 - g_7|)$ ,  $w_3 = f(|g_2 - g_8|)$ ,  $w_4 = f(|g_4 - g_6|)$ 이고,  $f(x) = 0.25e^{-\gamma x}$ ,  $\gamma = 0.04$ 이다. 상관도 함수  $f(x)$ 와 기울기  $\gamma$ 는 실험에 의해 결정되었다. 식(8)과 같이 가장 높은 상관도를 갖는 방향의 픽셀을 평균함으로써 대각선 및 곡선 에지를 보존하면서 계단형 잡음 및 모서리 잡음을 효과적으로 제거할 수 있다. 가중치를 1로 정규화하기 위하여  $w_0 = 1 - \sum_{i=1}^4 w_i$ 과 같이 구한다. 2차원 방향성 필터링 모드는 에지 블록의 모든 픽셀에 적용한다.

#### IV. 실험 및 결과

제안한 블록킹 현상 제거 방법의 성능평가를 위하여 널리 사용되는 512× 512 크기의 *Lena*, *Peppers*, *Barbara* 영상을 사용하였다. 모든 영상은 JPEG 압축을 위한 공개 소프트웨어인 *cjpeg*을 사용하여 다양한 비트율로 압축하였다[11]. 제안한 방법의 성능은 PSNR 및 주관적 화질 측면에서 평가하였고, 기존의 방법과 비교하여 제안한 방법의 우수성을 입증하였다.

제안한 방법의 객관적 성능평가를 위하여 다양한 영상 및 비트율에서 PSNR을 측정하였고, 표 1에 그 결과 및 기존 방법과의 비교결과를 나타내었다. 표에서 볼 수 있는 바와 같이, 대부분의 영상 및 비트율에서 제안한 방법이 가장 높은 PSNR 결과를 나타내었다.

표 1. PSNR에 의한 성능평가 결과  
 Table. 1 Evaluation results measured by PSNR

image	Bitrate (bpp)	PSNR (dB)				
		JPEG	Zakhor	Chen	DFOVS	Proposed
Lena	0.17	27.32	27.10	28.35	28.37	28.64
	0.25	30.40	29.03	31.22	31.01	31.34
	0.36	32.95	30.72	33.37	32.85	33.45
Peppers	0.18	27.27	26.89	28.27	28.31	28.67
	0.25	30.18	28.40	30.75	30.74	31.18
	0.37	32.47	30.26	32.72	32.45	33.02
Barbara	0.20	23.31	23.06	23.81	23.76	23.95
	0.33	25.44	24.52	25.83	25.73	25.94
	0.54	28.25	26.07	28.23	28.08	28.52

영상압축 등의 분야에서 성능평가를 위한 척도로써 PSNR이 폭넓게 이용되고 있지만, 주관적 화질을 올바르게 반영하지 못한다는 점은 널리 알려져 있다[6, 7]. 따라서 본 논문에서는 주관적 화질평가를 위해 Wu *et al.*의 GBIM (generalized block-edge impairment metric)을 사용하였다[12]. GBIM은 블록킹 현상이 화질 열화에 미치는 정도를 수치화해서 나타내는데, 블록킹 현상이 많을수록 높은 값을 나타낸다. 표 2에 GBIM에 의해 측정된 주관적 화질 평가 결과 및 기존 방법과의 비교결과를 나타내었다. 표 2에서 보는 바와 같이, 제안한 방법이 가장 낮은 GBIM 값을 보임으로써 주관적 화질 측면에서 가장 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다. 이는 그림 4에서도 확인할 수 있다.

표 2. GBIM에 의한 주관적 화질 평가 결과  
Table. 2 Subjective quality measured by GBIM

image	Bitrate (bpp)	M <sub>GBIM</sub>				
		JPEG	Zakhor	Chen	DFOVS	Proposed
Lena	0.17	4.676	1.139	1.418	1.180	0.985
	0.25	2.817	1.141	1.235	0.886	0.827
	0.36	1.948	1.127	1.202	0.843	0.723
Peppers	0.18	4.605	1.105	1.393	1.633	0.912
	0.25	2.753	1.108	1.208	0.861	0.820
	0.37	1.967	1.085	1.195	0.746	0.701
Barbara	0.20	3.906	1.164	1.441	1.167	0.992
	0.33	2.090	1.149	1.301	0.899	0.840
	0.54	1.507	1.214	1.254	0.690	0.651

제안한 방법은 블록킹 현상에 의한 격자잡음, 계단형 잡음, 모서리 잡음 등의 세 가지 형태를 모두 효과적

으로 제거한다. 그림 4(e)에서 확인할 수 있는 바와 같이, 제안한 방법은 *Lena* 영상의 뺨 부분의 격자잡음과 어깨 부분의 계단형 잡음 및 모서리 잡음을 효과적으로 제거함을 알 수 있다. 반면, Zakhor 방법[10]은 격자잡음을 잘 제거하고 낮은 GBIM을 보이지만, 반복적인 저역통과 필터링에 의해 번짐현상이 매우 심한 영상을 만든다. Chen 방법[9] 역시 좋은 격자잡음 제거 성능을 보이지만, 여전히 대각선 및 곡선 에지 근처에서의 격자잡음 및 번짐현상이 관찰된다. DFOVS[8]의 GBIM은 대부분의 경우에서 두 번째에 해당할 만큼 매우 낮지만, 실제 결과 영상(그림 4(d))을 보면, 서로 대칭 위치의 픽셀들의 가중치 합으로 현재 픽셀을 조정함으로써 복잡한 영역에서 번짐현상이 관찰되고, 대각선 및 곡선 에지 부근에서 여전히 계단형 잡음과 모서리 잡음이 관찰된다.

## V. 결론

본 논문에서는 저 비트율 영상에서 화질 열화의 주요 원인인 블록킹 현상을 제거하기 위하여 블록의 방향성 활동도에 따른 적응적 후처리 방법을 제안하였다. 제안한 후처리 방법은 격자잡음을 제거하기 위한 신호 특성에 적응적인 1차원 필터링 방법과 계단형 잡음 및 모서리 잡음을 제거하기 위한 2차원 방향성 필터링 방법으로 이루어져 있다. 신호 특성에 적응적인 1차원 필터링 방법은 방향성 활동도를 이용하여 구한 블록타입에 따라 다른 강도의 필터가 적용된다. 다양한 영상 및 비트



그림 4. *Lena* 영상에 대한 주관적 화질 비교 (a) JPEG 압축 영상(0.25bpp; PSNR = 30.40dB), (b) Zakhor 방법(29.03dB), (c) Chen 방법(31.22dB), (d) DFOVS 방법(31.01dB), (e) 제안한 방법(31.34dB)  
Fig. 4 Comparison of subjective quality for *Lena* (a) JPEG-compressed image (0.25bpp; PSNR = 30.40dB), (b) Zakhor's method (29.03dB), (c) Chen's method (31.22dB), (d) DFOVS (31.01dB), (e) proposed method (31.34dB)

울에 대한 실험 결과 제안한 방법은 블록킹 현상을 효과적으로 제거하면서 원래의 에지 및 텍스처는 잘 보존하는 것으로 나타났다. PSNR로 측정된 성능평가 및 GBIM으로 측정된 주관적 화질 평가에서 제안한 방법이 기존의 블록킹 현상 제거 방법에 비해 우수한 성능을 나타내었다. 제안한 방법은 저 복잡도를 가지면서 객관적, 주관적 성능이 뛰어나 최근의 모바일 분야를 비롯한 다양한 분야에 활발하게 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2012년도 순천대학교 공과대학학술재단 연구비에 의하여 연구되었음.

### REFERENCES

- [ 1 ] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, *JPEG Still Image Data Compression Standard*, New York, NY: Van Nostrand, 1993.
- [ 2 ] ISO/IEC 11172-2, *Information Technology - Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to 1.5Mbits/s: Video*, ISO/IEC JTC1, New York, NY, 1993.
- [ 3 ] ISO/IEC 13818-2, *Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video*, ISO/IEC JTC1, New York, NY, 1994.
- [ 4 ] ISO/IEC 14496-2, *Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects: Visual*, ISO/IEC JTC1, New York, NY, 1998.
- [ 5 ] ISO/IEC 14496-10, *Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects: Advanced Video Coding*, ISO/IEC JTC1, New York, NY, 2003.
- [ 6 ] J.-R. Ohm, *Multimedia Communication Technology*, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2004.
- [ 7 ] J. Kim, "Adaptive blocking artifact reduction using Wavelet-based block analysis," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 55, no. 2, pp. 933-940, May 2009.
- [ 8 ] A. Z. Averbuch, A. Schclar, and D. L. Donoho, "Deblocking of block-transform compressed images using weighted sums of symmetrically aligned pixels," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 14, no. 2, pp. 200-212, Feb. 2005.
- [ 9 ] T. Chen, H. R. Wu, and B. Qiu, "Adaptive postfiltering of transform coefficients for the reduction of blocking artifacts," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 11, no. 5, pp. 584-602, Aug. 2001.
- [ 10 ] A. Zakhor, "Iterative procedures for reduction of blocking artifacts in transform image coding," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 91-95, Mar. 1992.
- [ 11 ] Independent JPEG Group's JPEG Software. [Online]. Available: <ftp.uu.net:/graphics/jpeg/jpegsrc.v6b.tar.gz>.
- [ 12 ] H. R. Wu and M. Yuen, "A generalized block-edge impairment metric for video coding," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 4, no. 11, pp. 317-320, Nov. 1997.



김종호(Jongho Kim)

2008년: 한양대학교 전자통신공학과 공학박사  
 2008년 ~ 2009년: 삼성전자 통신연구소 책임연구원  
 2009년 ~ 현재: 순천대학교 멀티미디어공학과 교수  
 ※ 관심분야 : 영상/음성 압축 및 처리, 디지털 신호처리