

수정된 MSDS를 이용한 영상의 후처리 기법

정희원 김은석*, 채병조*, 오승준*

A Image Post-processing Method using Modified MSDS

Eun-Seok Kim*, Byung-Jo Chae*, Seoung-Jun Oh* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 블록 기반 DCT 부호화 방식의 단점인 블록화 현상을 제거하기 위하여 MSDS 방법을 개선한 후처리 기법을 제안한다. MSDS방법의 문제점인 예측된 DCT 계수값의 범위를 제한하기 위하여 입력 영상의 블록 경계 화소차 분포를 규정할 수 있는 OSLD(Overlapped Sub-Laplacian Distribution)를 정의한다. 블록화 현상은 블록간의 기울기를 이용하여 불연속 정도를 측정함으로써 정량화 되고, 정량화 된 값을 최소화하도록 양자화 오류값을 예측한다. OSLD를 이용하여 각 블록들을 네 가지 형태로 분류하고 이를 에지 부류와 평탄 부류로 구분한다. 에지 부류로 판별된 블록에서는 예측된 양자화 오류의 범위가 해당되는 양자화 간격보다 크면 이 간격으로 예측된 양자화 오류를 보정한다. 본 방법을 사용하여 실험 영상에서 블록화 현상을 제거할 때 기존의 MSDS 방법에서 요구하였던 입력 영상에 따라 실험적으로 문턱값을 설정하였던 문제점을 해결하고, PSNR 값을 영상에 따라 0.1~0.3 dB 정도 향상시키면서 시각적으로도 화질을 향상시킬 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new post-processing method which can solve a problem of MSDS(Mean Squared Difference of Slope) method. Using that method the blocking artifacts can significantly be reduced without any restriction, which is a major drawback of block-based DCT compression method. In this approach, the OSLD(Overlapped Sub-Laplacian Distribution) of dequantized block boundary pixel difference values is defined and used to categorize each block of an image into one of four types. Those types are also classified into one of two classes: an edge and a non-edge classes. A slope across the block boundary is used to quantify discontinuity of the image. If an absolute estimated quantization error value of a DCT coefficient is greater than the corresponding quantization step size, it is saturated to the step size in the edge class. The proposed post-processing method can improve not only the PSNR value up to 0.1~0.3 dB but visual quality without any constraints determined by ad-hoc manner.

I. 서론

블록 기반 DCT 부호화 방식은 영상의 블록 내부의 상관도를 최소화시키기 때문에 이상적인 변환 부호화 방식인 KL 변환(Karhunen-Loeve Transform)과 거의 유사한 특성을 갖는다^[1]. 따라서 JPEG과 H.263, MPEG과 같은 영상 압축 표준방식에서는 입력 영상 또는 한 프레임(Frame)을 8×8 크기의 블록으로 나누

어 부호화하는 블록 기반 DCT(Block-based Discrete Cosine Transform)방식으로 부호화한다^[2,3]. 블록 기반 DCT 부호화 방식은 전송 비트율을 줄이기 위해서 주파수 영역에서 각 블록별로 양자화(Quantization)를 거쳐 가변장 부호화(Variable Length Coding)를 수행함으로써 높은 압축율을 갖게 된다. 그러나 주파수 영역에서 영상 전체가 아닌 블록 단위로 양자화가 수행됨으로써 역 DCT 수행 후에는 블록과 블록간의 경계가 뚜렷해지게 되는 블록화 현상(Blocking Arti-

* 광운대학교 전자공학부 (silver@media.kwangwoon.ac.kr)
논문번호 : 99011-0119, 접수일자 : 1999년 1월 19일

facts)이 발생한다^[4-8]. 특히 저 비트율 응용물의 하나인 H.263과 같은 영상회의 시스템에서는 블록화 현상은 사용자에게 매우 좋지 않은 화질을 제공하게 된다. 따라서 블록화 현상을 제거하기 위한 후처리 기법은 블록 기반 DCT 부호화 방식이 해결해야 할 중요한 문제가 되고 있다.

블록화 현상을 제거하기 위한 여러 후처리 기법(Post-processing Method)들이 많이 제안되었다. 대표적인 방법으로 저주파 필터를 통과시키는 방법, 블록 경계의 불연속성을 최소화하는 방법^[4-6], 블록 내부 화소의 연관성을 고려하여 블록화 현상을 제거하는 방법^[7], Zakhor가 제안한 MSDS(Mean Squared Difference of Slope)방법^[8] 등이 있다.

블록화 현상은 이웃하는 두 블록간의 급격한 불연속성에 의한 것이므로, 이러한 불연속성은 고주파 성분으로 간주할 수 있다. 따라서 저주파 필터를 사용하면 부가적인 정보 없이도 고주파 성분인 블록화 현상을 쉽게 제거할 수는 있지만, 영상의 에지 영역과 영상 전체가 흐려지게 된다. 블록 경계의 불연속성을 정의하고 양자화 오류를 예측하여 불연속성을 최소화하는 방법^[4]은 평탄 영역(Homogeneous Areas)에 대한 블록화 현상은 잘 제거하지만, 원 영상의 차이값을 고려하지 않기 때문에 에지 영역(Edge Areas)에서는 새로운 왜곡 현상이 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 연구^[5]에서는 입력 영상의 에지맵을 구성하여 평탄 영역과 에지 영역으로 구분한 후 각 영역에 대한 평균값과 분산을 이용하여 블록화 현상을 제거하였다. 블록 내부 화소의 연관성을 고려하여 블록화 현상을 제거하는 방법은 블록 경계 화소뿐만 아니라 블록 내부의 화소까지도 고려해야 하므로 계산량이 증가하고, 평탄 영역과 에지 영역에 대해서 어느 영역을 더 중시하느냐에 따라서 후처리 기법의 성능이 바뀐다^[7]. 따라서 타협점이 필요하고, 부호기에서 원 영상의 평균과 분산을 함께 전송해야 하므로 기존 표준 방식에도 위배된다. Zakhor가 제안한 MSDS방법을 이용하여 블록화 현상을 제거하는 방법은 주파수 영역에서 양자화된 영상의 DCT 계수로부터 원 영상의 DCT 계수를 예측하여 블록화 현상을 제거한다^[8]. 그러나 이 방법은 DCT 계수가 잘못 예측되는 것을 방지하기 위해서 예측된 DCT 계수에 제한을 두어야 한다. 그러나 예측된 DCT 계수를 제한할 때 고정된 값을 사용할 경우에는 일반적인 영상에 대해서 효과적으로 블록화 현상을 제거할 수 없기 때문에 입력 영상에 적합한 값을 실험적으로 정해야 하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 영상 압축 표준방식에 위배되지 않고 원 영상의 DCT 계수를 예측하여 블록화 현상을 제거할 수 있는 개선된 MSDS 기반 후처리 기법을 제안한다. 블록화 현상을 정량화하기 위해서 블록간 불연속성 정도를 정의하고, 입력 영상의 블록 경계 화소차 분포와 양자화 계수를 이용하여 평탄 영역과 에지 영역을 구분하여 각 영역에 따라 적응적으로 DCT 계수를 예측하여 블록화 현상을 제거한다. 제안한 후처리 기법을 실험 영상에 적용하여 성능을 비교한다.

II. 블록화 현상

널리 사용되고 있는 JPEG, H.26x, MPEG과 같은 영상 압축 방식에서는 영상 부호화시에 전체 영상을 8×8 크기의 블록으로 나누어 각 블록을 독립적으로 DCT 변환 후 양자화 과정을 거쳐 가변장부호화(Variable Length Coding)로 부호화된 비트 스트림을 복호기측에 전송한다^[2,3]. 현재 블록의 (x,y)번째 화소 값을 $f(x,y)$ 라 하고, 주파수 영역의 (u,v)번째의 DCT 계수를 $a(u,v)$ 라 하면, $a(u,v)$ 는 식 (1)과 같다^[1].

$$a(u, v) = c(u)c(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)w(x, u)w(y, v) \tag{1}$$

식 (1)에서 $c(\cdot)$ 와 $w(\cdot)$ 는 식 (2)와 같이 정의된다.

$$c(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}}, & \text{for } u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

$$w(i, j) = \cos \frac{(2i+1)j\pi}{2N}$$

식 (1)을 통해 변환된 DCT 계수는 정해진 양자화표를 사용하여 부호화되고, 복호기에서는 수신된 값으로부터 역 양자화 과정을 거쳐 DCT 계수를 복원한다. 양자화 과정은 식 (3)과 같이 수행된다. 이 과정에서 양자화 과정이 주파수 영역에서 각 블록별로 독립적으로 수행됨에 따라 블록과 블록간에 블록화 현상이 발생하게 된다.

$$a_Q(u, v) = \text{Int} \left[\frac{a(u, v) + \text{sign}(a(u, v)) \cdot Q(u, v) \cdot QF/2}{Q(u, v) \cdot QF} \right] \tag{3}$$

where $0 \leq u, v \leq N-1$

식 (3)에서 $a_Q(u,v)$ 는 DCT 계수 $a(u,v)$ 의 양자화된

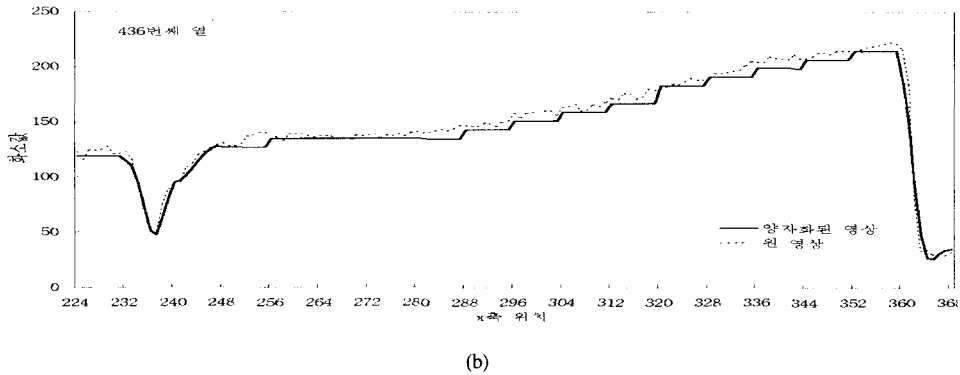
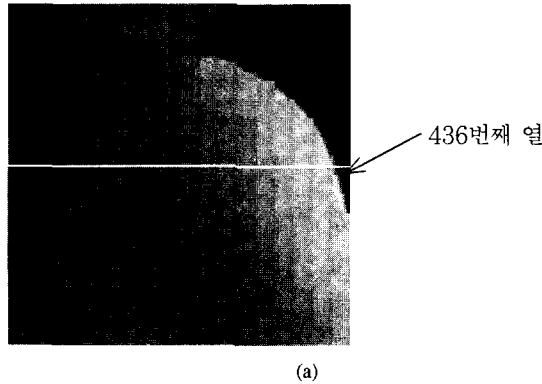


그림 1. 블록화 현상에 대한 예 : (a) 436번째 열을 포함하는 복원된 Lena영상 (QF=4), (b) Lena 영상의 436번째 열에서의 원 화소값과 역양자화된 화소값들

값이고 $Q(u,v)$ 는 양자화표 값을 나타낸다. 본 논문에서는 JPEG에서 추천하는 양자화표를 사용하였다²⁾. $\text{Int}[A]$ 는 A를 반올림하여 정수값으로 바꾸는 함수이고, QF (Quantization Factor)는 압축율을 결정하는 요소로써 양자화 계수라 한다. 이 값이 커지면 영상의 화질은 저하되지만, 전송 비트율은 감소하게 된다. 따라서 복호기에서 전송받은 DCT 계수는 $a_Q(u,v)$ 이며 이 값을 역 양자화한 값 $a_{1Q}(u,v)$ 를 이용하여 복원된 화소값 $f_Q(x,y)$ 는 식 (4)와 같다.

$$f_Q(x,y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} c(u)c(v)a_{1Q}(u,v)w(x,u)w(y,v) \quad (4)$$

식 (4)에서 $c(\cdot)$ 와 $w(\cdot)$ 는 식 (2)와 같다.

그림 1은 블록화 현상의 예를 보여준다. 그림 1 (a)는 $QF=4$ 로 압축 복원된 Lena 영상의 436번째 열을 포함하는 일부를 보여주고 있으며, 그림 1 (b)는 Lena 영상의 436번째 열의 원 영상과 양자화된 후 복원된 영상의 화소값의 변화를 보여준다. 그림에서

와 같이 양자화된 후 복원된 영상의 블록 경계에서는 화소값이 급격히 변함을 알 수 있다. 즉 블록화 현상이 발생하는 것이다.

III. 불연속 관측자

블록화 현상을 제거하기 위해서는 블록과 블록간의 불연속 정도를 측정할 수 있는 관측자가 필요하다. (i,j) 번째 블록의 (x,y) 번째 위치한 화소값을 $f_{Q_i}(x,y)$ 라 하면 (i,j) 번째 블록 $B_{i,j}$ 의 불연속 관측자 Diff_{Q_i} 는 식 (5)와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{Diff}_{Q_i,j} = & \sum_{k=0}^{N-1} [d_{i,j-1}(k) - m_{i,j-1}(k)]^2 \\ & + [d_{i,j+1}(k) - m_{i,j+1}(k)]^2 \\ & + [d_{i-1,j}(k) - m_{i-1,j}(k)]^2 \\ & + [d_{i+1,j}(k) - m_{i+1,j}(k)]^2 \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)의 $d(\cdot)$ 와 $m(\cdot)$ 는 각각 식 (6)과 식 (7)로 정

의된다.

$$\begin{aligned}
 d_{i,j-1}(k) &= f_{Q_i,j}(k, 0) - f_{Q_i,j-1}(k, N-1) \\
 d_{i,j+1}(k) &= f_{Q_i,j}(k, N-1) - f_{Q_i,j+1}(k, 0) \\
 d_{i-1,j}(k) &= f_{Q_i,j}(0, k) - f_{Q_{i-1},j}(N-1, k) \\
 d_{i+1,j}(k) &= f_{Q_i,j}(N-1, k) - f_{Q_{i+1},j}(0, k)
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
 m_{i,j-1}(k) &= \frac{1}{2} [m_{i,j-1}^H(k, N-1) + m_{i,j}^H(k, 1)] \\
 m_{i,j+1}(k) &= \frac{1}{2} [m_{i,j+1}^H(k, 1) + m_{i,j}^H(k, N-1)] \\
 m_{i-1,j}(k) &= \frac{1}{2} [m_{i-1,j}^H(N-1, k) + m_{i,j}^H(1, k)] \\
 m_{i+1,j}(k) &= \frac{1}{2} [m_{i+1,j}^H(1, k) + m_{i,j}^H(N-1, k)]
 \end{aligned} \tag{7}$$

식(7)에서 $m_{i,j}^H(x, y)$ 는 식 (8)과 같이 정의되며, 그림 2는 (i,j-1)번째 블록과 (i,j)번째 블록에 대한 예를 보여준다.

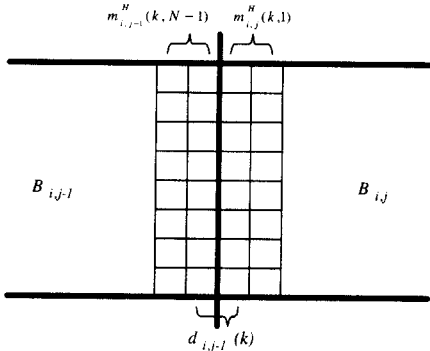


그림 2. 식 (6)-(8)에서 사용하는 블록 경계 화소들

$$m_{i,j}^H(x, y) = \begin{cases} f_{Q_i,j}(x, y) - f_{Q_i,j}(x, y-1), & \text{for left/right block} \\ f_{Q_i,j}(x, y) - f_{Q_i,j}(x-1, y), & \text{for up/down block} \end{cases} \tag{8}$$

순수한 양자화 오류로 인한 블록간 불연속 정도를 측정하기 위해서는 원 영상이 지니고 있는 에지 성분에 의한 기울기는 제외되어야 한다. 원 영상의 에지 성분에 의한 기울기를 식 (5)에서 규정한 불연속성에 포함시키면 에지로 인한 기울기도 DCT 계수에 측시 포함되므로 예측된 DCT 계수 중 에지가 포함된 영역의 DCT 계수는 예측이 잘못되어 역DCT후 복원된 화소값에 오류가 발생할 수 있다. 그러나 일반적인 영상을 DCT하였을 경우에는 대부분의 에너지가 저주파 영역에 집중되므로 64개의 DCT 계수에

대한 양자화 오류를 모두 예측하지 않고 몇 개의 저주파 대역 DCT 계수에 대한 양자화 오류만을 예측하더라도 오차가 크지 않다^[4,8]. 본 논문에서는 저주파 대역의 DCT 계수 3개에 대한 양자화 오류를 예측하고, 이를 이용하여 블록화 현상을 제거하였다. 그림 3은 기존의 MSDS 방법을 사용하여 예측된 저주파 DCT 계수 3개를 원 영상에서 해당되는 블록의 DCT 계수 3개와 비교하였을 때 오류 범위가 해당하는 계수의 양자화 간격(Quantization Step Size)인 $Q(u,v) \times QF/2$ 를 넘는 블록들을 표시한 것이다.



그림 3. 오류 블록들

IV. DCT 계수의 예측

일반적으로 입력 영상을 DCT 부호화하면 저주파 영역에 대부분의 에너지가 분포한다. 따라서 저주파 영역의 손실된 DCT 계수가 중요하다. 저주파 영역에 해당하는 DCT 계수를 나타내는 행렬을 $A_{Li,j}$ 라 하고, 식 (5)를 DCT 커널 벡터 $W(u,v)$ 와 $A_{Li,j}$ 로 나타내면 식 (9)와 같이 된다^[8].

$$\begin{aligned}
 Diff_{Q_i,j} &= \sum_{k=0}^{N-1} [0.5(3 W_L^T(k, 0) - W_L^T(k, 1)) \\
 &\quad \times A_{Li,j+x_{i,j-1}}]^2 \\
 &\quad + [0.5(3 W_L^T(k, N-1) - W_L^T(k, N-2)) \\
 &\quad \times A_{Li,j+x_{i,j+1}}]^2 \\
 &\quad + [0.5(3 W_L^T(0, k) - W_L^T(1, k)) \\
 &\quad \times A_{Li,j+x_{i-1,j}}]^2 \\
 &\quad + [0.5(3 W_L^T(N-1, k) - W_L^T(N-2, k)) \\
 &\quad \times A_{Li,j+x_{i+1,j}}]^2
 \end{aligned} \tag{9}$$

식 (9)에서 x_{ij} 는 식 (10)과 같다.

$$\begin{aligned}
 x_{i,j-1} &= 0.5[3W_H^T(k,0) - W_H^T(k,1)] A_{Hi,j} \\
 &\quad - 0.5[3f_{Q_i,j-1}(k,N-1) - f_{Q_i,j-1}(k,N-2)] \\
 x_{i,j+1} &= 0.5[3W_H^T(k,N-1) - W_H^T(k,N-2)] A_{Hi,j} \\
 &\quad - 0.5[3f_{Q_i,j+1}(k,0) - f_{Q_i,j+1}(k,1)] \\
 x_{i-1,j} &= 0.5[3W_H^T(0,k) - W_H^T(1,k)] A_{Hi,j} \\
 &\quad - 0.5[3f_{Q_{i-1,j}}(N-1,k) - f_{Q_{i-1,j}}(N-2,k)] \\
 x_{i+1,j} &= 0.5[3W_H^T(N-1,k) - W_H^T(N-2,k)] A_{Hi,j} \\
 &\quad - 0.5[3f_{Q_{i+1,j}}(0,k) - f_{Q_{i+1,j}}(1,k)]
 \end{aligned} \tag{10}$$

식 (10)을 정리하면 저주파 DCT 계수에 대한 이차함수로 표현되므로 블록간의 기울기를 최소화하는 저주파 DCT 계수 $\hat{A}_{Li,j}$ 는 식 (11)을 만족하는 $A_{Li,j}$ 이다.

$$\frac{\partial}{\partial A_{Li,j}} (Diff_{Q_i,j}) = 0 \tag{11}$$

이미 언급하였듯이 평탄 영역의 기울기는 양자화로 인한 기울기로 판단할 수 있으나, 에지 영역의 기울기는 양자화로 인한 기울기보다는 원 영상이 가지는 화소차값으로 인한 기울기로 가정할 수 있다⁶⁾. 따라서 식 (9)를 통하여 얻어진 DCT 계수에 대해서 평탄 영역으로 판정된 블록의 예측된 DCT 계수는 그대로 사용할 수 있으나, 에지 영역으로 판정된 블록의 예측된 DCT 계수를 그대로 사용하게 되면 영상의 에지 영역에 대해서는 새로운 왜곡이 발생하게 된다. 기존의 MSDS방법에서는 에지로 인하여 발생하는 새로운 왜곡을 방지하기 위해서 각 블록의 특성을 고려하지 않고 모든 블록에 대하여 예측된 DCT 계수를 식 (12)와 같이 제한하였다.

$$A_{\min i,j} \leq \hat{A}_{Li,j} \leq A_{\max i,j} \tag{12}$$

식 (12)에서 $A_{\min i,j}$ 는 예측된 DCT 계수의 최소값이며, $A_{\max i,j}$ 는 예측된 DCT 계수의 최대값을 의미하며, 이 값들은 식 (13)으로부터 얻는다.

$$\begin{aligned}
 A_{\min i,j} &= \hat{A}_{Li,j} - \text{상수} \\
 A_{\max i,j} &= \hat{A}_{Li,j} + \text{상수}
 \end{aligned} \tag{13}$$

그러나 예측된 DCT 계수에 대해서 식 (13)과 같이 일정한 상수로 제한을 할 경우, 입력 영상의 특성을 전혀 고려하지 않음으로 인해서 효율적으로 블록화 현상을 제거할 수 없게 된다.

그림 4는 Lena영상과 MIT영상의 모든 블록에 대

하여 제한치를 15로 고정하여 처리된 영상이다. 그림에서와 같이 입력 영상의 특성을 고려하지 않고 일정한 값으로 제한하였기 때문에 MIT영상의 평탄 영역에서의 블록화 현상은 잘 제거되었으나, Lena영상의 평탄 영역에서는 블록화 현상이 효과적으로 제거되지 않음을 알 수 있다. 따라서 기존의 MSDS 방법을 사용하여 효과적으로 블록화 현상을 제거하려면 입력 영상에 따라 실험적으로 제한치를 조절해야 하는 문제가 발생하며, 입력 영상의 특성을 분석하여 제한치를 적응적으로 조절해야 할 필요가 있다.



(a)

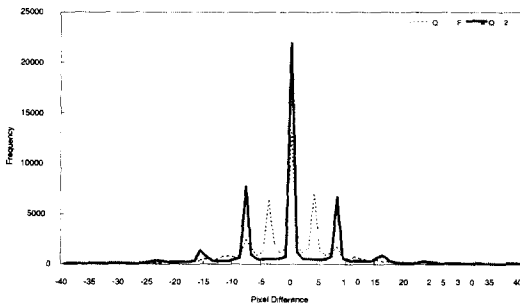


(b)

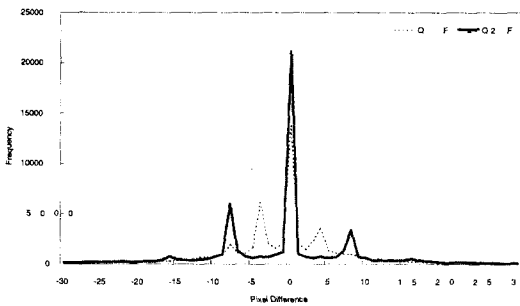
그림 4. 제한치를 15로 하였을 때 처리된 영상 : (a) Lena 영상, (b) MIT영상

입력 영상의 특성을 분석하기 위하여 본 논문에서는 양자화된 영상의 블록 경계 화소차 분포를 사용한다. 그림 5는 Lena영상과 MIT영상의 QF에 따른 블록 경계 화소차 분포이다. 일반적으로 원 영상의 블록 경계 화소차 분포는 라플라시안 분포를 갖는다⁶⁾. 그러나 양자화된 영상의 블록 경계 화소차 분포는 이러한 라플라시안들이 여러 개가 중첩된 형태로 나타나게 된다. 이후 각각의 라플라시안 분포를 보조

라플라시안 분포(Sub-Laplacian Distribution : SLD)라 하고, 이러한 SLD가 여러 개가 중첩된 형태를 OSLD (Overlapped SLD)라 한다. 양자화된 영상의 차이값 분포가 OSLD 형태를 갖는 것은 원 영상이 가지는 차이값에 의한 기울기와 양자화로 인한 기울기가 함께 포함되어 있다는 것을 의미한다. 또한 OSLD가 입력 영상에 따라 달라지지 않고 QF에 관련되는 것은 양자화 과정에서 전체 영상을 8×8 블록으로 나누어 각 블록별로 독립적으로 양자화 하기 때문이다. 따라서 OSLD를 이용하면 부가적인 정보 없이도 입력 영상의 특성을 분석하여 영역을 분류할 수 있다. OSLD $g_Q(x)$ 는 라플라시안들이 중첩된 형태이므로 식 (14)와 같이 모델링할 수 있다.



(a)



(b)

그림 5. QF=2와 4일 때의 블록 경계 화소차 분포 : (a) Lena영상, (b) MIT영상

$$g_Q(x) = \sum_{k=-3}^3 \frac{1}{\sqrt{2\sigma_k^2}} e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma_k}|x-\mu_k|} \quad (14)$$

식 (14)의 σ_k 와 μ_k 는 각 보조 라플라시안의 표준 편차(Standard Deviation)와 평균값이다. 또한 각 SLD는 대칭적인 분포를 갖기 때문에 $\mu_{-k} \approx \mu_k$ 라 가정할 수 있다. 따라서, 여러 실험 영상을 분석해 보았을

때 μ_k 는 영상과 독립적으로 식 (15)와 같이 근사화 시킬 수 있다.

$$|\mu_k| = 2|k| \times QF, \quad -3 \leq k \leq 3 \quad (15)$$

표 1과 표 2에 QF=4인 경우에 실험 영상인 Lena, Barbara, MIT에 대해 μ_{-k} 와 μ_k 의 값과 식 (15)에 의해 근사화된 각 SLD의 평균값과 실제 각 SLD의 평균값을 비교하여 정리하였다. $|\mu_3|$

표 1. μ_{-k} 와 μ_k 의 값

	$ \mu_{-1} $	$ \mu_1 $	$ \mu_{-2} $	$ \mu_2 $	$ \mu_{-3} $	$ \mu_3 $
Lena	8.0634	8.0428	15.9701	15.9550	27.8309	28.6203
Barbara	8.0714	8.1332	16.0294	16.1142	28.7395	28.3031
MIT	8.0536	7.9948	16.0362	16.0750	28.3461	28.5590

표 2의 μ_3 에 해당하는 SLD는 입력 영상의 평탄 영역에 해당하는 차이값보다는 원 영상이 가지고 있는 에지로 인한 차이값이 지배적이므로 OSLD를 이용하여 입력 영상의 영역 판정시에는 μ_3 는 제외하고 μ_1 과 μ_2 의 교차점을 각 영역의 임계치를 정할 수 있다. 따라서 식 (14)를 이용한 k번째 SLD와 k+1번째 SLD의 교차점인 임계치 Th_k 는 식 (16)과 같이 정해진다. 식 (16)의 Th_2 는 양자화로 인한 차이값보다는 원 영상이 가지고 있는 차이값이라고 가정할 수 있기 때문에 $Th_2=7 \times QF$ 로 가정하였다.

표 2. SLD의 평균값과 근사치 비교

영상	μ_0		μ_1		μ_2		μ_3	
	평균	식(15)	평균	식(15)	평균	식(15)	평균	식(15)
Lena	0.0093		8.0531		15.9626		28.2256	
Barbara	0.0711	0	8.1023	8	16.0718	16	28.5213	24
MIT	0.0324		8.0242		16.0556		28.4526	

$$Th_k = \frac{2}{1+\alpha_k} \left\{ [(1+\alpha_k)k + \alpha_k] \times QF - \frac{\sigma_k}{2\sqrt{2}} \ln \alpha_k \right\}, \quad k=0,1 \quad (16)$$

$$Th_2 = 7 \times QF$$

식 (16)에서 $\alpha_k = \sigma_k / \sigma_{k+1}$ 로서 k번째 SLD와 k+1번

째 SLD의 표준 편차의 비이다. 식 (16)으로부터 구한 임계치 Th_k 를 이용하여 블록 B_{ij} 에 존재하는 각 블록경계화소들의 차값인 $DiffPair(x)$ 는 식 (17)과 같은 C 언어 형태로 표현된 분류 방법에 의해 집합 R_k ($1 \leq k \leq 4$) 중의 한 집합의 요소로 분류된다. $DiffPair(x)$ 에서 x 값은 B_{ij} 에서 왼쪽 끝 최상단 화소 쌍일 때 0이고 시계방향으로 값이 증가된다. 그러므로 $0 \leq x \leq 27$ 이다.

```

for (x=0; x<28; x++) {
  case DiffPair(x) < Th0 :
    DiffPair(x) ∈ R1; break;
  case Th0 <= DiffPair(x) < Th1 :
    DiffPair(x) ∈ R2; break;
  case Th1 <= DiffPair(x) < Th2 :
    DiffPair(x) ∈ R3; break;
  default : DiffPair(x) ∈ R4; break;} (17)
    
```

식 (17)에서 구한 집합 R_k 에 속한 원소들의 개수 $CountR(k)$ 를 구하고 이를 이용하여 식 (18)에 따라 B_{ij} 의 형태를 네 가지 중의 하나로 분류한다. 네 가지 형태를 각각 TYPE-1, TYPE-2, TYPE-3, TYPE-4라고 한다.

```

if ( CountR(l) >= 2 in Bij and
    CountR(m) < 2 in Bij )
  Bij ∈ TYPE-1; /* 1 ≤ l < m ≤ 4 */ (18)
    
```

그림 6의 흰 블록들은 $QF=4$ 로 양자화된 Lena 영상에서 식 (18)에 의해 판정된 각 블록의 형태 TYPE- m ($1 \leq m \leq 4$)에 해당하는 블록들이다.

그림 6의 TYPE-1과 TYPE-2에 해당하는 블록들은 균일한 화소값으로 이루어진 영역이므로 평탄 부류로 분류되며, TYPE-3과 TYPE-4에 해당되는 블록들은 그림 3에서 원 영상이 가지는 차이값을 고려하지 않았을 때 오류가 발생하는 블록들과 일반적으로 일치하며 에지를 포함한 영역에 속하므로 에지 부류로 분류될 수 있다. 따라서 OSLD를 사용하여 복원된 영상의 블록들을 평탄 부류와 에지 부류로 구분하고, 평탄 부류에 속한 블록에서는 예측된 DCT 계수를 그대로 사용한다. 에지 부류에 해당되는 블록에서는 식 (19)와 같이 예측된 DCT 계수값이 그 계수값에 해당하는 양자화 간격을 벗어나는 경우에는 예측된

DCT 계수값을 해당하는 계수값의 양자화 간격으로 조정한다.

$$\hat{A}_{Ei,j}(u,v) = \begin{cases} Q(u,v) \times QF/2 \\ , \text{ if } |\hat{A}_{i,j}(u,v)| > Q(u,v) \times QF/2 \\ \hat{A}_{i,j}(u,v) \\ , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (19)$$

식 (19)에서 $\hat{A}_{Ei,j}(u,v)$ 는 OSLD를 사용하여 에지 영역으로 판정된 (i,j) 번째 블록의 예측된 (u,v) 번째 DCT 계수이다.

따라서, OSLD를 이용하여 구분된 블록의 형태 B_{ij} 에 대해서, 각 블록별로 적응적으로 보상된 DCT 계수 벡터 $A'_{Li,j}$ 는 식 (20)과 같다.

$$A'_{Li,j} = \begin{cases} \hat{A}_{Li,j} \\ , \text{ if } B_{i,j} \in \text{TYPE-1 or TYPE-2} \\ \hat{A}_{Ei,j} \\ , \text{ if } B_{i,j} \in \text{TYPE-3 or TYPE-4} \end{cases} \quad (20)$$

식 (20)에서 $A'_{Li,j}$ 와 $\hat{A}_{Li,j}$, $\hat{A}_{Ei,j}$ 는 각각 식 (21)과 같이 DC 계수와 선택된 AC 계수들로 이루어진 벡터이다. 본 논문에서는 DC 계수 1개와 2개의 AC 계수를 사용하였다.

$$\begin{aligned} A'_{Li,j} &= [A_{Li,j}(0,0), A_{Li,j}(0,1), A_{Li,j}(1,0)]^T \\ \hat{A}_{Li,j} &= [A_{Li,j}(0,0), A_{Li,j}(0,1), A_{Li,j}(1,0)]^T \\ \hat{A}_{Ei,j} &= [A_{Ei,j}(0,0), A_{Ei,j}(0,1), A_{Ei,j}(1,0)]^T \end{aligned} \quad (21)$$

V. 실험 결과

제안한 후처리 기법의 성능을 평가하기 위하여 512×512 크기의 균일 영역이 많은 Lena 영상, 텍스처(Texture) 성분이 많은 Barbara 영상, 에지 성분이 많이 있는 MIT 영상에 적용하였다. 그림 7 (a)는 Lena 영상의 원 영상이며, 그림 7 (b)는 $QF=4$ 를 사용하여 JPEG 베이스라인으로 압축 복원된 영상으로 블록화 현상이 두드러지게 나타나는 영상이다.

그림 7 (c)는 Zakhor의 MSDS 방법으로 처리된 영상이다. 전체 영상에 대해서 같은 값으로 예측된 DCT 계수를 제한하였기 때문에 에지 영역과 평탄 영역의 블록화 현상이 그대로 남아 있음을 알 수 있

다. 그림 7 (d)는 제안된 후처리 기법으로 복원된 영상이다. OSLD를 사용하여 평탄 영역과 에지 영역을 구분하고, 평탄 영역에 대해서는 예측된 DCT 계수를 그대로 사용하고, 에지 영역에 해당하는 DCT 계수만을 제한함으로써 계산량을 감소시켰으며, 원 영상의 에지 성분까지도 잘 보존됨을 알 수 있다.

세 가지 영상에 대해서 3×3 평균 필터를 사용했을 때보다는 Lena영상 대해서는 PSNR이 약 0.3 dB 정도 낮았지만, 에지 성분이 많은 MIT영상과 Barbara 영상과 같이 텍스처 성분이 많은 영상에서는 0.2 dB에서 0.5 dB정도 향상되었으며, 시각적인 면에서도 좋은 결과를 보였다. 또한 기존의 MSDS방법과 비교하였을 때에 PSNR값이 약 0.1~0.3 dB정도 향상되었

다. 표 3에 제안한 방법과 기존의 방법에 대해서 PSNR값을 정리하였다.

표 3. PSNR 비교(단위 : dB)

영상 방법	Lena	Barbara	MIT
3×3 평균 필터	28.16	23.48	27.86
기존 MSDS 방법	27.63	23.82	27.75
제안한 MSDS 방법	27.84	23.91	28.03
기존 MSDS와의 차	0.21	0.09	0.28

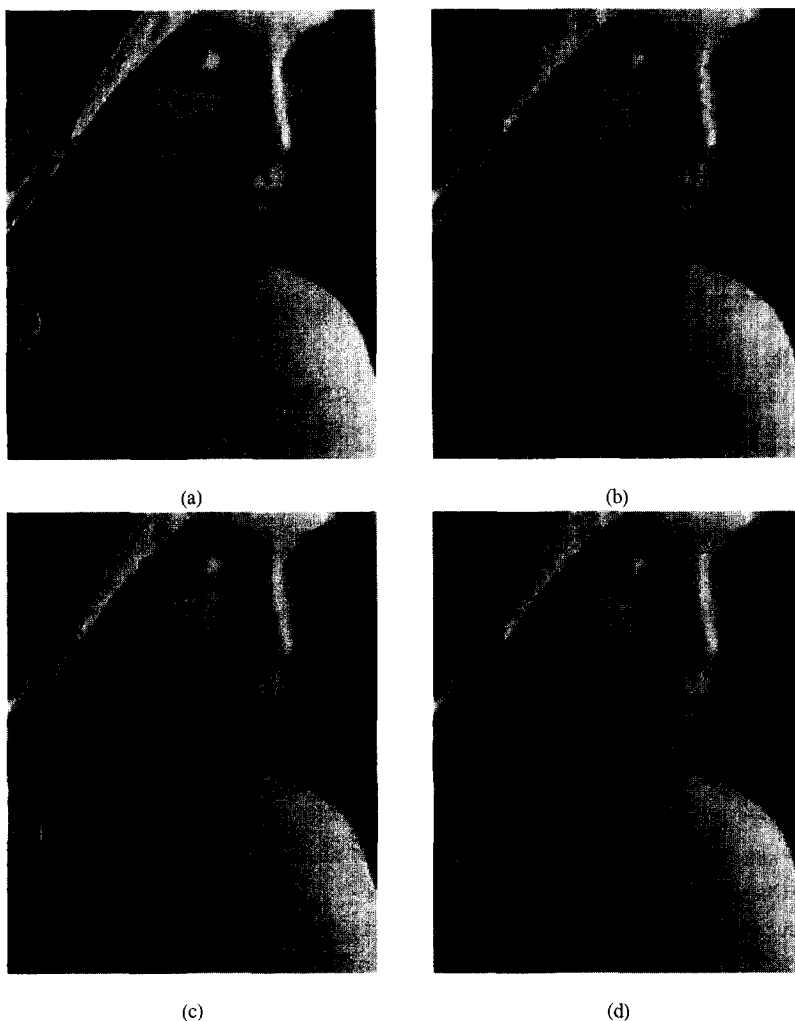


그림 7. 복원된 영상 : (a) 원 영상, (b) 양자화된 영상 (QF=4), (c) MSDS (제한치 : 15), (d) 제안된 방법

VI. 결 론

본 논문에서는 블록 기반 DCT 부호화 방식의 단점인 블록화 현상을 제거하기 위하여 MSDS 방법에 기반한 후처리 기법을 제안하였다. 기존 MSDS방법에서 예측된 DCT 계수값을 임의로 조절하는 문제점을 해결하기 위하여 입력 영상의 블록 경계 화소차분포인 OSLD를 정의하고, 이 결과와 QF를 이용하여 블록들을 구분하여 적응적으로 DCT 계수를 예측하여 블록화 현상을 제거하였다. 제안한 방법에서는 OSLD를 분석하기 위하여 부가적인 정보가 필요 없고, 블록의 형태를 구분하기 위하여 사용하는 QF도 JPEG과 같은 표준 스트림에서 정해져 있기 때문에 체계적으로 영상을 분석하고 이를 적용할 수 있었다. 제안된 후처리 기법의 성능은 균일 영역이 많은 Lena영상, 텍스처 성분이 많은 Barbara영상, 에지 성분이 많은 MIT영상 등을 사용하여 평가하였다. 제안된 방법을 적용하였을 때 기존 방법들 보다 복원된 영상의 PSNR이 0.1~0.3 dB정도 향상되었고, 시각적으로 블록화를 제거함으로써 화질도 향상되었다.

참 고 문 헌

[1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992

[2] B. Pennebaker and J.L. Mitchel, *JPEG Still Image Data Compression Standard*, Van Nostrann Neinhold, 1992

[3] J.L. Mitchell et al., *MPEG Video Compression Standard*, Chapman & Hall, 1996

[4] B. Jeon, J. Jeong, "Blocking Artifacts Reduction in Image Compression with Block Boundary Discontinuity Criterion", *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol.8, No.3, pp.345-357, June 1998

[5] 김성훈, 오승준, "DCT 부호화 영상의 블록화 현상 제거 알고리즘", *정보과학회 논문지 (A)*, 제24권, 제9호, pp.888-896, Sept. 1997

[6] S.J. Oh, B.J. Chae and C.B. Sohn, "A Blocking Artifacts Reduction Algorithm using the Block Boundary Pixel Difference Characteristics", *Proc. of IASTED Int'l Conf. SIP98*, pp.382-386, Oct. 1998

[7] J.Y. Yang, H. Choi, and T. Kim, "Blocky

Artefact Reduction Using an Adaptive Constrained Least Squares Method", *Electronics Letters*, Vol.33, No.10, pp.854-855, May 1997

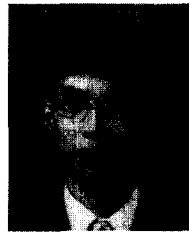
[8] S. Minami, A. Zakhor, "An Optimization Approach for Removing Blocking Effects in Transform Coding", *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol.5, No.2, pp.74-82, Apr. 1995

감사의 글

이 논문은 1999학년도 광운대학교 교내 연구비로 연구되었습니다.

김 은 석(Eun-Seok Kim)

정회원



1995년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업 (학사)
 1997년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)
 1997년 3월~현재 : 광운대학교 대학원 전자공학과 박사과정

1997년 3월~현재 : (주) 두인전자 <주관심 분야> 영상 및 비디오 처리, 멀티미디어 시스템, 시스템 프로그래밍
 e-mail : silver@media.kwangwoon.ac.kr

채 병 조(Byung-Jo Chae)

정회원



1997년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업 (학사)
 1999년 2월 : 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)
 1999년 3월~현재 : 광운대학교 대학원 전자공학과 박사과정

1999년 3월~현재 : 바로비전 (주) 뉴미디어 연구소 <주관심 분야> 비디오 처리 및 압축, 위성 방송 시스템, 멀티미디어 시스템
 e-mail : spider25@media.kwangwoon.ac.kr

오 승 준(Seoung-Jun Oh)

정회원



1980년 2월 : 서울대학교 전자
공학과 졸업 (학사)

1982년 2월 : 서울대학교 전자
공학과 대학원 졸업
(석사)

1988년 5월 : 미국 Syracuse
University 전기 및 컴퓨터
공학 과 졸업 (박사)

1982년 3월~1992년 8월 : 한국전자통신연구원 근무
(멀티미디어연구실 실장)

1986년 7월~1986년 8월 : NSF Supercomputer
Center 초청학생연구원

1987년 5월~1988년 5월 : Northeast Parallel Archi-
tecture Center 학생연구원

1992년 9월~현재 : 광운대학교 전자공학부 부교수
(멀티미디어연구실)

<주관심 분야> 비디오 처리, 비디오 및 영상압축,
멀티미디어 시스템

e-mail : sjoh@media.kwangwoon.ac.kr