

논문-05-10-3-12

이방성 확산을 이용한 블록 DCT 기반 압축 영상의 블록효과 제거

최 은 철^{a)b)*}, 한 영 석^{b)}, 박 민 규^{b)}, 강 문 기^{b)}

A Deblocking Algorithm Using Anisotropic Diffusion for Block DCT-based Compressed Images

Euncheol Choi^{a)b)*}, Youngseok Han^{b)}, Min Kyu Park^{b)}, and Moon Gi Kang^{b)}

요 약

본 논문은 블록DCT(Discrete Cosine Transform) 기반의 영상 압축 과정에서 발생하는 블록효과(block artifact)를 제거하기 위해 ALM(Alvarez, Lions, and Morel) 확산 모델에 기반을 둔 새로운 이방성 확산(anisotropic diffusion)을 제안한다. 등방성 확산은 평탄 영역에 나타나는 블록 경계를 제거하는 역할을 하는 반면, 이방성 확산은 윤곽선 영역이나 텍스처 영역을 보존하는 역할을 하기 때문에, 제안된 확산 모델은 블록 효과를 제거하면서 윤곽선(edge)을 보존하기 위해 등방성 확산(isotropic diffusion)과 이방성 확산의 비율을 제어하는 확산비율 조절 매개 변수(RCP : rate control parameter)가 제안 되었다. 또한, 텍스처 영역의 과도한 평탄화를 막기 위해 속도 매개 변수(SCP : speed control parameter)를 고안하였으며, 이는 텍스처 영역의 확산 속도를 감소시키는 역할을 한다.

Abstract

In this paper, a new anisotropic diffusion based on Alvarez, Lions, and Morel (ALM) diffusion model is proposed for the suppression of blocking artifact caused by discrete cosine transform (DCT) based image compression. The proposed diffusion model, which incorporates a "rate control parameter" (RCP), makes it possible to reduce blocking artifacts while to preserve the edge. The RCP controls the rate between isotropic and anisotropic diffusion. Isotropic diffusion is encouraged to eliminate the blocking artifacts in a block boundary of a smooth region, while anisotropic diffusion is encouraged to keep the edge or texture sharp in edge and a block boundary within an edge region. Additionally, to avoid oversmoothness of the texture region, a "speed control parameter" (SCP), which makes diffusion process slow in the texture region, is employed.

Keywords : Terms Image compression, discrete cosine transform(DCT), blocking artifacts, anisotropic diffusion.

I. 서 론

a) (주) 이오시스템 광기술연구소
EOSystem Co. Ltd.

b) 연세대학교 전기전자공학과
Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei Univ.

영상 및 비디오 압축의 국제 표준(JPEG, H.261, H.263, 과 MPEG)은 대부분 블록 DCT의 사용을 권장하고 있다^[1].

하지만 압축 시 영상을 공간적으로 블록 단위(16×16과 8×8)의 영역으로 분할하고 DCT를 취한 후, 이를 양자화하기 때문에 근접한 블록들 사이에 불연속성이 나타나며, 이를 블록효과라 한다. 이때, 압축률을 높이면 양자화 에러로 인해 블록 사이의 경계에 심한 결함이 발생한다. 이러한 블록효과를 없애기 위해 압축 과정의 후처리 방법으로서 많은 알고리즘이 제안되어 왔으며^[2], 이는 블록효과 문제를 보는 관점에 따라 대표적으로 영상 개선^[3,6]과 영상 복원^[7,9]의 두 분야로 논의되어 왔다. 영상 개선의 관점 중에서 가장 간단한 방법은 저주파 필터링(low-pass filtering) 방식으로 고주파 성분을 제거 함으로써 블록효과를 없애는 방식이다^[4]. 하지만 저주파 필터링 방식은 영상의 윤곽선도 평탄화 시키는 문제점을 가지고 있기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위해 많은 공간적 적응 필터링(spatial adaptive filtering) 방식들이 제안되었다^[5,6]. 이러한 필터링 방식들은 영상의 국부적 영역 확률, 블록의 경계 등에 따라서 다른 공간 필터링 방식들을 취한다.

영상 복원의 관점은 블록효과의 제거를 영상 복구의 문제(image recovery problem)로 간주하며, 열화 모델의 사전 지식(prior knowledge)과 복호기에서 획득된 신호에 기반하여 블록효과를 제거한다. 대부분의 영상 복원 방식은 블록효과를 제거하기 위해 조건부 최소 자승법(CLS : constrained least square), POCS(projection onto convex sets), MAP(maximum a posteriori)를 이용한다.

최근에는 scale-space 이론^[9]에서 처음으로 소개된 확산(diffusion) 알고리즘이 다양한 영상 처리 과정에서 응용되고 있다. 영상의 여러 문제점들을 해결하기 위해 제안된^{[10][11]} 이방성 확산은 윤곽선의 위치 추정과 크기 제어 능력 등의 이점을 가지고 있기 때문에 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 블록효과를 제거하기 위한 새로운 이방성 확산을 제안하였으며, 확산비율 조절 매개 변수(RCP : rate control parameter)로 등방성 확산과 이방성 확산의 비율을 제어한다. RCP는 국부적 영역의 변화 정도(local gradient magnitude)의 평균에 의하여 결정되며, 블록효과를 제거하는 동시에 영상의 윤곽선이 보존 되도록 조절된다. 또한, 텍스처 영역의 과도한 평탄화를 막기 위하여 속도 매개 변수(SCP : speed control parameter)를 고안하였으며, 이는 텍스처 영역에서의 확산 속도를 감소시키는 역할을 한다.

II. 이방성 확산을 이용한 제안된 블록효과 제거 방식

1. ALM 확산 모델

ALM 모델은 Perona-Malik 모델이 가지고 있는 문제점(illposedness)을 극복하기 위해 제안되었다. ALM 확산 모델 [11]은 다음과 같이 표현된다.

$$I_t = \Delta I - \frac{1}{|\nabla I|^2} \nabla^2 I(\nabla I, \nabla I) \quad (1)$$

여기서 ΔI , ∇I 는 각각 I 의 라플라시안(Laplacian), 그라디언트(Gradient)를 나타내고, t 는 시간에 대한 편도함수를 의미한다. 그리고 $\nabla^2 I$ 은 헤시안(Hessian)으로써, 이차원의 경우

$$\nabla^2 I = \begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} \\ I_{yx} & I_{yy} \end{bmatrix} \quad (2)$$

로 정의된다. 여기서 아래첨자는 각각의 변수에 대한 편도함수를 나타낸다. 따라서 식 (1)의 $\nabla^2 I(\nabla I, \nabla I)$ 은 $I_{xx}I_x^2 + 2I_xI_yI_{xy} + I_{yy}I_y^2$ 으로 표현할 수 있다^[11].

즉 식 (1)은 다음과 같이 다시 표현할 수 있다.

$$I_t = I_{xx} + I_{yy} - \frac{1}{I_x^2 + I_y^2} (I_{xx}I_y^2 + 2I_xI_yI_{xy} + I_{yy}I_x^2) \quad (3)$$

식 (1)의 첫째 항인 라플라시안은 등방성 확산을 의미하며, 이는 영상의 모든 방향으로 확산이 일어나도록 하여 영상을 평탄하게 만들고, 두 번째 항은 윤곽선의 날카로움을 유지하기 위해서 윤곽선의 방향을 따라서만 확산이 일어나도록 한다.

2. 블록효과 제거를 위한 새로운 확산 식

윤곽선을 보존하면서 블록효과를 제거하기 위해서는 영상의 영역마다 등방성 확산과 이방성 확산의 비율을 다르게 수행하여야 한다. 이방성 확산의 정도는 식 (1)의 두 번째항의 값을 증가시키거나 감소시킴으로써 조절 할 수 있다.

$$I_t = \Delta I - \frac{\alpha(x, y)}{|\nabla I|^2} \nabla^2 I(\nabla I, \nabla I) \quad (4)$$

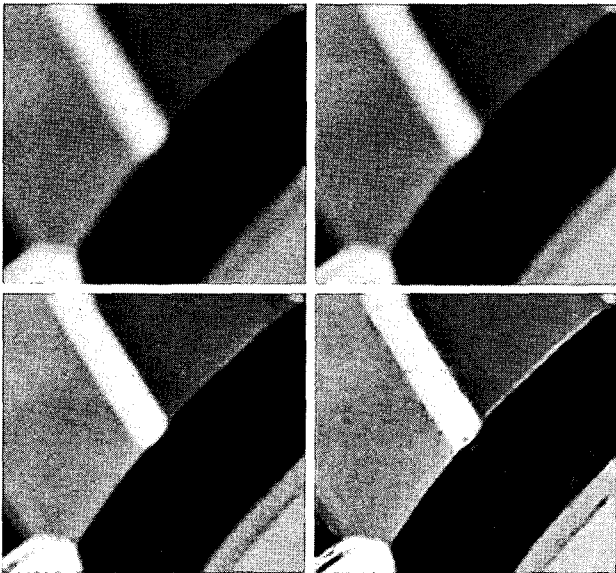


그림 1. 확산된 영상: RCP가 각각 $\alpha = 0, \alpha = 0.3, \alpha = 0.7$ 그리고 $\alpha = 1$ 인 경우, (8번 iteration 수행 후)
 Fig. 1. Diffused images when RCP is $\alpha = 0, \alpha = 0.3, \alpha = 0.7$ and $\alpha = 1$ respectively (after 8 iterations)

여기에서 RCP, $\alpha(x, y)$,는 (x, y) 의 위치에서의 확산 비율을 제어한다. 식 (4)의 $\alpha(x, y)$ 가 0에 가까워지면 등방성 확산 방정식처럼 작용하는 반면에, $\alpha(x, y)$ 가 1에 가까워지면 윤곽선에 수직인 방향으로 확산하지 않는 이방성 확산 방정식처럼 작용한다. 그림 1은 $\alpha(x, y)$ 의 값이 각각 0, 0.3, 0.7, 그리고 1 일 때 확산이 수행된 결과이다. 그림 1을 살펴보면 $\alpha(x, y)$ 의 값이 작아질수록 영상이 평탄화되며, $\alpha(x, y)$ 의 값이 커질수록 영상의 윤곽선이 보존되는 것을

확인 할 수 있다. 결론적으로 확산의 비율은 RCP의 값을 조절 함으로써 쉽게 제어 할 수 있다.

3. RCP $\alpha(x, y)$ 의 선택

블록효과를 효율적으로 제거하기 위해서는 블록 경계로부터 윤곽선을 구별해내고, RCP를 영역의 정보에 의하여 적용하여 확산을 수행하여야 한다. 또한 확산 비율은 $\alpha(x, y)$ 에 의해서 제어되며, 제어 변수 $\alpha(x, y)$ 는 고주파 성분에 의하여 결정된다. 결과적으로 RCP는 $|\nabla I|$ 의 함수로 표현 될 수 있으며 다음과 같은 네 가지 성질을 만족시켜야 한다.

- $\alpha(x, y)$ 는 평탄 영역에서 0에 가까운 값을 가져야 한다.
- $\alpha(x, y)$ 는 윤곽선 영역에서 1에 가까운 값을 가져야 한다.
- $\alpha(x, y)$ 는 평탄 영역 내부에 존재하는 블록 경계에서는 0에 가까운 값을 가져야 한다.
- $\alpha(x, y)$ 는 텍스처 영역 또는 윤곽선 영역 내에 존재하는 블록의 경계에서는 1에 가까운 값을 가져야 한다.

위의 네 가지 성질로부터 $\alpha(x, y)$ 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$\alpha(x, y) = g(|E(x, y)|) \quad (5)$$

여기에서 $g(s)$ 는 단조 증가하는 음수가 아닌 함수이고(그림 2), $g(\infty) = 1$ 이다. 또한, $E(x, y)$ 는 (x, y) 의 위치에

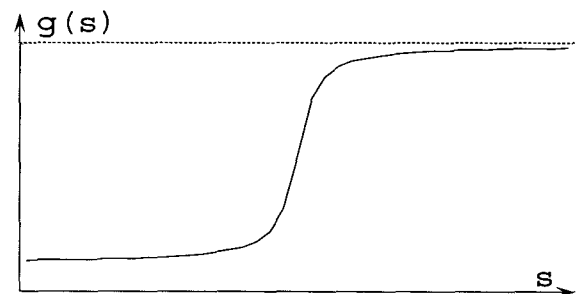


그림 2. $g(s)$ 의 정량적 형태
 Fig. 2. The qualitative shape of $g(s)$

서의 국부적 영역의 변화 정도(local gradient magnitude)의 평균이며, 다음과 같이 정의 될 수 있다.

$$E(x, y) = \sum_{x_1=-2}^{x_1=2} \sum_{y_1=-2}^{y_1=2} |\nabla I(x+x_1, y+y_1)|_M \quad (6)$$

여기에서 $|\nabla I(x, y)|_M$ 는 $|\nabla I(x, y)|$ 의 변형된 함수이며, $|\nabla I(x, y)|_M$ 는 블록 내부에서는 $|\nabla I(x, y)|$ 와 같다. 하지만 블록의 경계에서는 윤곽선과 블록의 불연속성을 반영하여 변형된다.

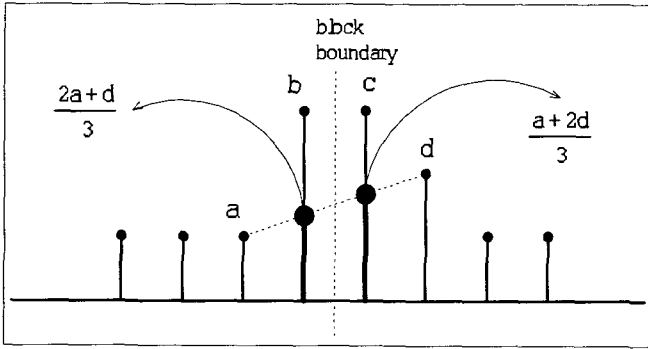


그림 3. 블록의 경계에서 선형적으로 보간되는 값
Fig. 3. Linear interpolated value at block boundary

그림 3은 근접한 블록 사이에서 불연속성에 의해서 발생하는 블록효과의 예를 나타낸 것이며, 이러한 불연속성을 제거하기 위해서는 블록의 경계 값 대신에 선형적으로 보간된 값이 사용되어야 한다. 예를 들면 그림 3에서의 b 와

c 의 값이 각각 $(2a+d)/3$ 과 $(a+2d)/3$ 으로 대체되어야 한다. $|\nabla I_{B_x, B_y}(i, j)|_M$ 를 (B_x, B_y) 번째 블록의 (i, j) 위치에서의 변형 변화 정도(modified gradient magnitude)라고 하면(블록의 크기는 8×8 로 가정), 블록 내부에서 $|\nabla I_{B_x, B_y}(i, j)|_M$ 는 다음과 같이 정의 된다.

$$|\nabla I_{B_x, B_y}(i, j)|_M = |\nabla I_{B_x, B_y}(i, j)| \quad \text{for } 1 < i, j < 8 \quad (7)$$

또한 블록 경계에서 $|\nabla I_{B_x, B_y}(i, j)|_M$ 는 다음과 같이 정의 된다.

$$\begin{aligned} |\nabla I_{B_x, B_y}(1, j)|_M &= \frac{1}{3} |\nabla I_{B_x-1, B_y}(7, j)|_M + \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(2, j)|_M \\ |\nabla I_{B_x, B_y}(8, j)|_M &= \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(7, j)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{B_x+1, B_y}(2, j)|_M \end{aligned} \quad (8)$$

for $1 < j < 8$,

$$\begin{aligned} |\nabla I_{B_x, B_y}(i, 1)|_M &= \frac{1}{3} |\nabla I_{B_x, B_y-1}(i, 7)|_M + \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(i, 2)|_M \\ |\nabla I_{B_x, B_y}(i, 8)|_M &= \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(i, 7)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{B_x, B_y+1}(i, 2)|_M \end{aligned} \quad (9)$$

for $1 < i < 8$,

그리고 블록의 모서리에서는 다음과 같이 정의 된다.

$$\begin{aligned} |\nabla I_{B_x, B_y}(1, 1)|_M &= \left[\left\{ \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(2, 1)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{(B_x-1, B_y)}(7, 1)|_M \right\}^2 + \left\{ \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(1, 2)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{(B_x, B_y-1)}(1, 7)|_M \right\}^2 \right]^{1/2} \\ |\nabla I_{B_x, B_y}(1, 8)|_M &= \left[\left\{ \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(2, 8)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{(B_x-1, B_y)}(7, 8)|_M \right\}^2 + \left\{ \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(1, 7)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{(B_x, B_y+1)}(1, 2)|_M \right\}^2 \right]^{1/2} \\ |\nabla I_{B_x, B_y}(8, 1)|_M &= \left[\left\{ \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(7, 1)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{(B_x+1, B_y)}(2, 1)|_M \right\}^2 + \left\{ \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(8, 2)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{(B_x, B_y-1)}(8, 7)|_M \right\}^2 \right]^{1/2} \\ |\nabla I_{B_x, B_y}(8, 8)|_M &= \left[\left\{ \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(7, 8)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{(B_x+1, B_y)}(2, 8)|_M \right\}^2 + \left\{ \frac{2}{3} |\nabla I_{B_x, B_y}(8, 7)|_M + \frac{1}{3} |\nabla I_{(B_x, B_y+1)}(8, 2)|_M \right\}^2 \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (10)$$

여기에서 I_x 와 I_y 는 각각 x 와 y 에서의 편도 함수 (partial derivatives)를 의미한다.

4. SCP $s(x, y)$

제안된 알고리즘은 iteration 방식을 기반으로 하기 때문에 iteration의 횟수가 증가 할수록 영상이 과도하게 평탄화 되는 결과를 초래한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 SCP를 고안하였으며, 이는 텍스처 영역의 확산 속도를 감소시키는 역할을 한다. SCP, $s(x, y)$, 는 텍스처 영역이나 윤곽선 영역에서는 작은 값을, 평탄 영역에서는 큰 값을 가져야 한다. 따라서 $s(x, y)$ 는 고주파 성분에 반비례 하여야 하며, 실험적인 결과로 다음과 같이 정의하였다.

$$s(x, y) = e^{-ca^2(x, y)} \tag{11}$$

여기에서 c 는 상수이다. 식(4)에 SCP를 추가하면, 등방성 확산의 최종 식은 다음과 같이 정의 된다.

$$I_x(x, y) = S(x, y) \left\{ \Delta I - \frac{\alpha(x, y)}{|\nabla I|^2} \nabla^2 I(\nabla I, \nabla I) \right\} \tag{12}$$

III. 모의 실험

제안된 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 일부 실험 결과가 제시되었으며, 실험에는 "lena", "peppers", "boats", "goldhill"의 네 개의 512×512 크기의 정지 영상이 사용 되었다. JPEG 영상을 얻기 위하여 Independent JPEG Group의 소프트웨어^[13]를 사용하였다. 제안된 블록 효과 제거 알고리즘을 구현하기 위해 식 (12)는 식(3)을 이용하면 다음과 같이 쓸 수 있다

$$I^{t+1} = I^t + s \left\{ I'_{xx} + I'_{yy} - \alpha \frac{I'_{xx}(I'_x)^2 + 2I'_x I'_y I'_{xy} + I'_{yy}(I'_y)^2}{(I'_x)^2 + (I'_y)^2} \right\} \tag{13}$$

여기에서 다음과 같은 중심 차분 공식(central differentiation schemes)^[14]이 이용된다.

$$\begin{aligned} I_x(i, j) &= 0.5\{I(i, j+1) - I(i, j-1)\} \\ I_y(i, j) &= 0.5\{I(i+1, j) - I(i-1, j)\} \\ I_{xx}(i, j) &= 0.25\{I(i, j+1) - 2I(i, j) + I(i, j-1)\} \\ I_{yy}(i, j) &= 0.25\{I(i+1, j) - 2I(i, j) + I(i-1, j)\} \\ I_{xy}(i, j) &= 0.5\{I_x(i+1, j) - I_x(i-1, j)\} \end{aligned} \tag{14}$$

식 (5)에서의 함수 $g(s)$ 는 실험적으로 다음과 같이 정의 하였다.

$$g(s) = 0.5 + \frac{k_1}{\pi} \tan^{-1} \{k_2(s - th)\} \tag{15}$$

여기서 $k_1 = 0.8$, $k_2 = 10$ 그리고 $th = 7$ 이다. 또한 식 (11)에서 $c = 1.44$ 이다. 제안된 블록 효과 제거 알고리즘과 잘 알려진 기존의 블록 효과 제거 방법들과 비교하기 위해서 POCS에 기반을 둔 방법^{[8][9]}과 저주파 필터에 기반을 둔 방식^[5]이 사용되었으며, 이를 각각 CM1, CM2, 그리고 CM3이라 하겠다. 제안한 알고리즘과 POCS기반의 알고리즘은 반복적인 방법(iterative method)이므로, 반복한 결과 중 가장 높은 PSNR을 갖는 영상을 취하였다. 그 결과 제안한 알고리즘은 대부분 2내지 3회의 반복 적용 후 가장 높은 PSNR을 얻을 수 있었으며, POCS기반의 방법들은 5~6회의 반복 후에 가장 높은 PSNR을 얻을 수 있었다. 그림 4는 "lena" 영상을 각각 0.2 bpp의 압축률로 압축한 결과와 CM1, CM2, CM3, 그리고 제안된 방식으로 수행한

결과를 나타낸다. 그림 4의(b)를 보면 SCP와 RCP를 사용함으로써 평탄 영역에서의 불연속성이 제거되는 것을 알 수 있다. 정확한 비교를 위해서 영상을 부분적으로 확대하

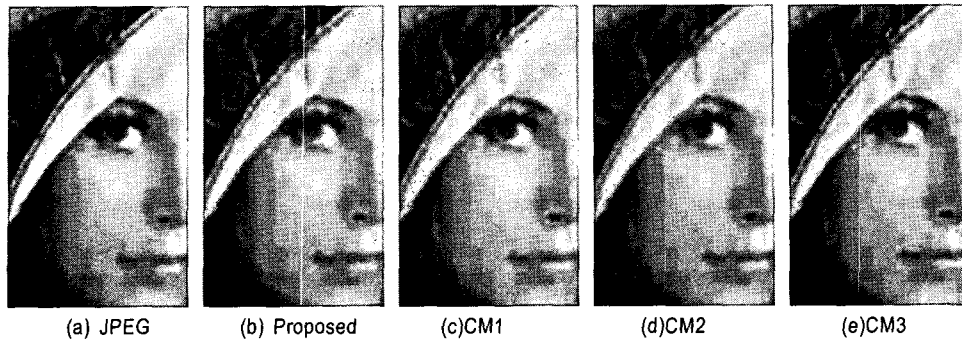


그림 4. 블록효과 제거 알고리즘의 비교
Fig. 4. Comparison of the deblocking algorithms

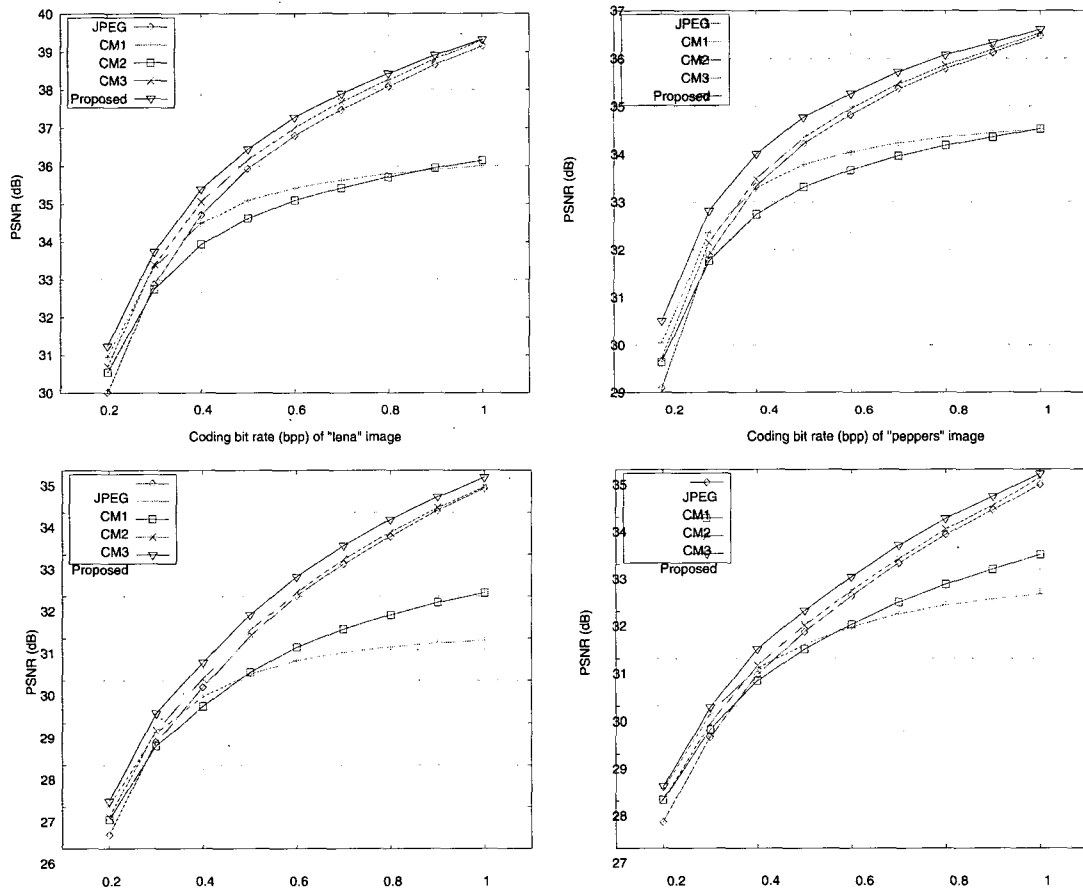


그림 5. 압축률에 따른 블록효과 제거 알고리즘의 PSNR 비교
Fig. 5. PSNR comparison of deblocking algorithms

여 그림 4에 제시하였다. 그림 4의 (c)를 보면 CM1 방식은 블록의 경계에서만 투사가 수행되고, 블록 내부의 화소들

은 양자화의 영향을 받기 때문에 블록효과가 완전히 제거되지 않음을 확인 할 수 있다. 따라서 CM1 방식은 블록

내부의 결함을 제거하는데 비효율적이다. 그림 4의(d)를 보면 CM2의 경우 적응적인 POCS를 사용하여 CM1보다 나은 결과를 보여주고 있지만, 본 논문에서 제안한 방법보다는 그 효과가 적응을 확인 할 수 있다. 또한 공간 적응적 저주파 필터에 기반을 둔 CM3 방식의 결과(그림 4의 (e))를 보면 커널이 가지는 영역이 제한적이므로 블록 경계의 불연속성이 완전히 제거되지 않는 것을 확인 할 수 있다. 특별히 제안된 알고리즘은 단순히 블록간의 불연속적인 것만 제거한 것이 아니라 모자의 채양 부분에서 보트 링잉 효과가 일어난 부분에 대해서도 효과적으로 적용이 된다. 또한, 입술의 오른쪽 부분에 대해서는 블록효과로 인식하고 부드럽게 만든 것을 관찰할 수 있지만, 이는 (a)에서 보듯 열화가 많이 발생한 영역이고, 다른 알고리즘에서도 비슷하게 처리되었음을 확인할 수 있다.

제안된 알고리즘은 이 논문에서 제안된 알고리즘과 기존의 알고리즘의 PSNR 성능을 그림 6에서 나타내었다. 압축률이 0.2 bpp에서 0.3 bpp사이의 경우 모든 알고리즘이 JPEG보다 높은 PSNR을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 하지만, 0.3 bpp이상의 압축률에서 CM1과 CM3의 경우 오히려 PSNR의 측면에서 JPEG보다 떨어지는 것을 관찰할 수 있다. 이는 이들 알고리즘이 주관적인 측면에서는 블록효과를 제거하였으나, 본래 영상이 가지고 있던 정보마저 열화 시킨다는 것을 의미한다. CM2와 제안한 알고리즘의 경우 압축률이 1.0일 때까지 고른 PSNR의 향상을 확인 할 수 있다. 하지만, 제안한 알고리즘의 PSNR 향상이 우월한 것을 알 수 있다. 결과적으로 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘들보다 월등한 성능을 보이는 것을 그림 6을 통해 확인할 수 있다.

표 1 . 여러 가지 블록효과 제거 알고리즘의 연산 시간(CPU 시간, 단위 : ms)
Table 1. Computation time comparison of deblocking algorithms

Algorithm	CM1	CM2	CM3	Proposed	Proposed (LUT)
소모시간 (CPU,ms)	64	391	11	345	94

표 1은 각각의 알고리즘이 연산을 수행하는 데 걸리는 시간을 나타낸 것이다. 동일한 실험환경에서 CPU의 소모되는 시간을 1/1000초 단위로 측정하였다. POCS기반의 방

법과 제안한 방법은 반복적인 방법을 사용하므로 1회 반복할 때 걸리는 시간을 측정하였다. 표에서 알 수 있듯이 LPF기반의 CM3가 가장 적은 시간을 필요로 하고, POCS기반의 CM2가 가장 많은 시간을 필요함을 알 수 있다. 제안한 알고리즘도 CM2에는 비교적 많은 연산 시간을 요구함을 알 수 있다. 이를 극복하기 위하여 LUT(Look-Up Table)을 이용하여 연산량을 줄인 결과가 표 1의 가장 오른쪽 열에 나타나있다. 제안한 알고리즘은 식(6) 과 식(15)에서 가장 많은 연산량을 필요로 한다. 식(6)의 경우8비트 영상의 최대값은 255이므로, 변화정도(magnitude of gradient)의 최대값은 약 360.62 $((255-0)^2+(255-0)^2)$ 의 제곱근이 된다. 이를 이용하여 0부터 360까지 정수에 대한 제곱근을 테이블로 저장하여 액세스함으로써 연산량을 줄일 수 있었다. 식 (15)의 연산시간도 비슷한 방법으로 단축이 가능하였다. 이러한 연산시간의 단축결과가 비록 CM3 보다는 약 아홉 배 정도 큰 수치지만, 영상의 향상 정도를 고려할 때 충분히 수용 가능한 정도라 판단된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 ALM 확산 모델로부터 새로운 확산 식을 유도하여 블록DCT 기반 압축영상에서 발생하는 블록효과를 제거하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방식에는 RCP가 추가되어 등방성 확산과 이방성 확산의 비율을 제어 할 수 있으며, RCP를 사용함으로써 블록효과를 제거 하면서 동시에 블록 경계에 존재하는 윤곽선을 보존 할 수 있게 되었다. 또한 제안된 방식에서는 텍스처 영역의 과도한 평탄화를 막기 위하여 SCP가 사용되었으며, 실험 결과를 통하여 제안된 알고리즘이 기존의 다른 알고리즘들 보다 객관적으로나 주관적으로 좋은 성능을 발휘하는 것을 확인 하였다. 본 논문에서는 RCP와 SCP함수를 실험적으로 결정하였으나 추후 연구를 통하여 최적의 RCP 및 SCP를 도출하도록 하겠다.

참고 문헌

- [1] K. R. Rao, J. J. Hwang, Techniques and Standard for image, video and Audio Coding, Prentice Hall, 1996.
- [2] Mei-Yin Shen and C.-C. Jay Kuo, "Review of postprocessing Techniques for Compression Artifact Removal," J. of Vis. Comm. and Image Rep. . vol.9, No. 1, pp.2-14, 1998.
- [3] R. Rosenholtz and A. Zakhor, "Iterative procedures for reduction of blocking effects in transform coding," IEEE Trans. Circuits Systems Video Technol., pp. 81-94, 1992.
- [4] H. C. Reeves and J. S. Lim, "Reduction of blocking effects in image coding," Opt. Eng. 23, pp. 34-37, 1984.
- [5] R. Castagno, S. Marsi, and G. Ramponi, "A simple algorithm for the reduction of blocking artifacts in images and its implementation," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 44, No. 3, Aug., pp. 1062-1070, 1998.
- [6] F. Zhigang and L. Fu, "Reducing artifacts in JPEG decompression by segmentation and smoothing," in Int. Conf. Image Processing '96 , vol. 2, Sept. pp. 17-20, 1996.
- [7] Y. Yang, N. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Regularized reconstruction to reduce blocking discrete cosine transform compressed images," IEEE Trans. Circuits Systems Video Technol. , No. 6, pp. 421-432, 1993.
- [8] Y. Kim, J. Jung, K. Choi, and S. Ko, "Post-processing technique based on POCS for visual enhancement in HDTV images," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 47, No. 3, Aug., pp. 652-659, 2001.
- [9] J. J. Zou, and H. Yan, "A Deblocking Method for BDCT Compressed Images Based on Adaptive Projections," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 15, No. 3, Mar., pp. 430-435, 2005.
- [10] A. Witkin, "Scale-space filtering," Int. Conf. Artificial Intelligence, Karlsruhe, West Germany, pp. 1019-1021, 1983.
- [11] L Alvarez, P. Lions, and J. Morel, "Image selective smoothing and edge detection by nonlinear diffusion. II," SIAM J. Numer. Anal., vol.29 No. 3, pp. 845-866, June, 1992.
- [12] Pietro Perona and Jetendra Malik, "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion," IEEE PAMI, vol.12 No. 7, pp. 629-639, July 1990.
- [13] Independent JPEG Group's JPEG software ver. 6b, Independent JPEG Group, <http://www.ijg.org>.
- [14] R. J. Schilling, and S. L. Harris, Applied numerical methods for engineers, Brooks/Cole, 1999

저자 소개



최은철

- 2000년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사
- 2002년 2월 연세대학교 전기컴퓨터공학과 공학석사
- 2002년 3월 ~ 현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 2003년 11월 ~ 현재 (주)이오시스템 광기술연구소
- 주관심분야 : 영상복원, 이미징 시스템을 고려한 영상처리, 위성영상처리, 적외선 영상처리



한영석

- 2004년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사
- 2004년~현재 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 색보간, 순차주사화, 잡음제거

저 자 소 개



박민규

- 1999년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사.
- 2001년 8월 연세대학교 공학석사.
- 2001년~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정.
- 주관심분야: 영상복원, 순차주사화, 움직임 추정 및 보상



강문기

- 1986년 2월 서울대학교 전자공학과 공학사. 1988년 2월 서울대학교 전자공학과 공학석사.
- 1994년 2월 Northwestern University 공학박사. 1994년 3월~10월 Reserch Fellow(Northwestern University) .
- 1994년 11월~1997년 2월 Assisatnt Professor (University of Minnesota, Duluth).
- 1997년 3월~1999년 2월 연세대학교 전기전자공학과 조교수.
- 1999년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 부교수
- IEEE와 SPIE의 멤버.
- IEEE signal processing magazine의 editorial board member,
- SPIE Milestone Series Volume(CCD and CMOS imagers)의 Editor
- IEEE ISPCS Steering Committee
- Technical Program Committee of IEEE ICIP
- Techincal Reviewer for IEEE Trans. on IP
- 한국방송공학회와 대한전자공학회의 편집위원
- 주관심분야: 영상복원, 초해상도 영상복원, 비선형 필터링, 비디오 분석 및 처리 부화소단위의 움직임 추정