

논문 2005-42SP-5-9

DCT영역에서의 적응적 대비 개선에 관한 연구

(Adaptive Contrast Enhancement in DCT Domain)

전 용 준*, 엄 민 영**, 최 윤 식**

(Jeon Yongjoon, Eom Minyoung, and Choe Yoonsik)

요 약

DCT기반 압축기법에 의해 부호화된 영상은 양자화에 의한 여러 가지 화질열화요소가 포함되는데, 그중 인간 시각에 민감한 대비 왜곡은 화질 열화 요인으로서 가장 중요한 요인이다. 특히 저비트율에서 부호화된 영상의 경우 많은 고주파 성분이 양자화에 의하여 손실되기 때문에 좋은 화질을 갖는 영상을 복원할 수 없을 것이다. 따라서 본 논문에서는 대비 왜곡을 포함하고 있는 부호화된 영상에 대해 DCT영역에서 대비를 개선시키는 새로운 알고리즘을 제안한다. 대비왜곡은 외곽선 주변에서 심하게 나타나기 때문에 DCT블록의 외곽선 포함 정도를 판단하여 문턱치보다 큰 블록은 다시 4개의 부분블록으로 나누어 적용된다. 제안되는 방법은 모든 연산이 DCT 영역에서 수행되기 때문에 실시간 처리 응용분야에 적용될 수 있을 것이다.

Abstract

Images coded by DCT based compression contain several quality degradations by quantization process. Among them, contrast distortion is the important one because human eyes are sensitive to contrast. In case of low bit-rate coded image, we can not get an image having good quality due to quantization error. In this paper, we suggest a new scheme to enhance image's contrast in DCT domain. Proposed method enhances only edge regions. Homogeneous regions are not considered in this method. 8x8 DCT coefficient blocks are decomposed to 4x4 sub-blocks for detail edge region discrimination. we could apply this scheme to real-time application because proposed scheme is DCT based method.

Keywords : Contrast Enhancement, Discrete Cosine Transform (DCT), DCT domain, JPEG

I. 서 론

현재 많은 디지털 영상들은 DCT 기반의 압축된 형태로 저장되고 전송된다. JPEG과 MPEG의 발전에 따라 DCT기반의 압축 기법은 여러 가지의 데이터 압축 기법 중 가장 중요한 기법 중의 하나가 되었다^[1]. DCT 기반 압축을 하여 부호화된 영상은 양자화에 의하여 여러 종류의 화질 열화 현상이 발생하는데 그 중 인간 시각에 민감한 대비 왜곡은 화질 열화 요인 중 심각한 화질 열화 요소 중의 하나이다^[6].

일반적으로 인간은 공간주파수에 의해 대비를 인식

하기 때문에, 대비를 정의하는데 있어서 영상의 공간 주파수가 고려되어야 한다^[2]. [3]에서 제안된 대비 척도는 이것을 충분히 만족시킨다. 여기에서는 국부적으로 대역이 제한된 대비값을 정의하는데, 영상에 포함된 각각의 공간주파수 대역마다 다른 대비값이 결정된다. 즉, 여기서 대비는 각각의 특정 주파수 대역마다 그 주파수에서 대역 통과된 영상과 그 주파수보다 한 단계 낮은 대역에서 대역 통과된 영상의 비로 정의된다.

[2],[4]에서는 DCT 영역에서 영상의 대비를 측정하는데 사용될 수 있는 대비 척도를 제시하였다. 여기서의 대비 척도는 DCT 행렬의 각 대역에서의 고주파 성분과 저주파 성분의 비로 정의된다. [3]에서 정의한 대비 척도처럼 [2],[4]에서 제안한 대비 척도 또한 인간의 시각 시스템과 일치하는 멀티 스케일 구조를 가진다. [2],[4]에서는 DCT 영역에서 정의된 대비 척도를 사용하여 압축영역에서 직접적으로 영상의 화질을 개선시킬

* 학생회원, ** 정회원, 연세대학교 전기전자공학과
(Department of Electrical & Electronics
Engineering, Yonsei University)

※ 본 연구는 한국 과학재단 목적기초연구
(R01-2003-000-10412-0)지원으로 수행되었음
접수일자: 2005년4월3일, 수정완료일: 2005년8월22일

수 있는 알고리즘을 제시하였다. 이 방법은 DCT 영역에서 영상 전체에 대한 대비를 직접적으로 개선시킨다.

하지만 대비 왜곡은 영상의 외곽선 주변에서 심하게 나타난다. [2],[4]에서는 이것을 고려하지 않고 영상의 모든 영역에 대하여 대비를 개선시킨다. DCT 영역에서 대비 개선을 하면 블록간의 상관도가 감소하여 블록화 현상이 나타난다. DCT 영역에서 영상전체에 대하여 대비를 개선시키면 외곽선 영역뿐만 아니라 평활한 영역에서도 블록간의 상관도가 감소하여 블록화 현상이 발생한다. 만약 평활한 영역은 원영상 그대로 유지하고 외곽선 영역에 대해서만 대비를 개선시킨다면 영상전체에 두드러지는 블록화 현상을 최소화하면서 영상의 대비를 개선시킬 수 있다. 또한 8x8 블록단위로 하지 않고 4x4 블록단위로 대비를 개선시키면 블록화 현상이 일어나는 영역을 줄일 수 있다. 본 논문에서는 이런 단점들을 최소화 시키면서 DCT 영역에서 영상의 대비를 개선시키기 위한 방법에 대해 제안한다.

II장에서는 DCT 영역에서의 대비를 개선시키는 방법에 대하여 설명한다. III장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 대하여 설명하고 이것을 구현하기 위한 방법들에 대해 설명한다. IV장에서는 본 논문에서 제안한 방법을 통해 개선된 효과를 실험결과를 통해 보여 준다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 디코더 단의 DCT 영역에서 대비를 개선하기 때문에 원 영상의 압축률에 영향을 끼치지 않고 JPEG이나 MPEG같은 DCT기반의 압축 표준에 적용시킬 수 있다.

II. 제안된 알고리즘의 배경

1. DCT 영역에서의 대비 척도

그림 1은 8x8 DCT 블록이고 여기서 $d_{k,l}$ 은 k,l 번째 DCT 계수이다. DCT 계수들의 공간주파수 특성은 DCT 영역에서 대비 척도를 정의하는 방법을 제시한다^[2]. 인간의 시각적 인식은 고주파 성분과 저주파 성분의 비에 의존한다^[3]. 그러므로, 대비 척도는 DCT 매트릭스의 각 대역에서의 고주파성분과 저주파성분의 비로 정의될 수 있다^[2].

여기서는 우선 계수들을 15개의 주파수 대역으로 나누었다. n 번째 대역은 $n = k + l$ 인 계수들로 구성되어 있다. $n = k + l$ 로 정의되는 각 대역은 대역의 번호가 증가함에 따라 대역의 번호가 0보다 큰 각 대역에서 국

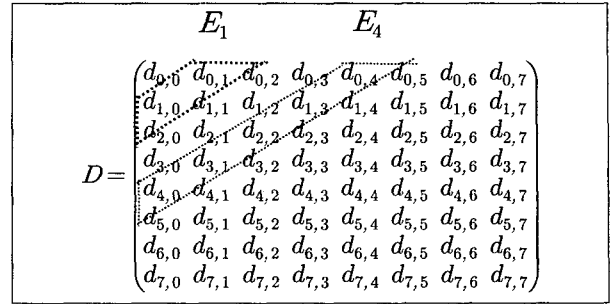


그림 1. 8x8 block의 DCT 계수들

Fig. 1. 8x8 block DCT coefficient.

부적 대비 척도가 정의된다. n 번째 대역($n \geq 1$)에서의 대비는 다음과 같이 정의된다.

$$C_n = \frac{E_n}{n-1} \quad (1 \leq n \leq 14) \quad (1)$$

$$\sum_{t=0} E_t$$

여기서 E_t 는 다음과 같다.

$$E_t = \frac{1}{N} \sum_{k+l=t} |d_{k,l}| \quad (2)$$

이것은 그림 1에서 나타낸 t 번째 공간 주파수 대역에 대한 평균 크기이다. 그리고 N 은 다음과 같다.

$$N = \begin{cases} t+1 & t < 8 \\ 14-t+1 & t \geq 8 \end{cases} \quad (3)$$

2. DCT 영역에서의 대비 개선

원 블록의 대비를 $C = (c_1, c_2, \dots, c_{14})$ 라 하고 개선된 블록의 대비를 $\bar{C} = (\bar{c}_1, \bar{c}_2, \dots, \bar{c}_{14})$ 라 하자. 여기서 c_i 는 특정 주파수 대역 E_i 에서의 대비이다. 예를 들어, 만약 모든 주파수들에 대해 대비를 균일하게 증가시키고 싶다면 다음과 같이 하면 된다.

$$\bar{c}_n = \lambda c_n \quad (4)$$

(4)식은 다음과 같이 표현할 수 있고

$$\frac{\bar{E}_n}{n-1} = \bar{c}_n = \lambda c_n = \frac{\lambda E_n}{n-1} \quad (5)$$

$$\sum_{t=0} E_t$$

(5)식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{E}_n = \lambda H_n E_n, \quad n \geq 1 \quad (6)$$

여기서 H_n 은

$$H_n = \frac{\sum_{t=0}^{n-1} \bar{E}_t}{\sum_{t=0}^{n-1} E_t}, \quad n \geq 1 \quad (7)$$

식(6)으로부터 우리는 대비가 개선된 DCT계수 $\bar{d}_{k,l}$ 을 얻을 수 있다.

$$\bar{d}_{k,l} = \lambda H_{k+l} d_{k,l}, \quad k+l \geq 1 \quad (8)$$

III. DCT영역에서의 적응적 대비 개선 방법

1. 제안한 알고리즘의 프레임 워크

그림 2와 같이 Decoder단에서 IDCT하기 전에 DCT 계수들을 그림 3의 알고리즘을 적용하여 DCT계수들의 대비를 적응적으로 개선시킬 수 있다. [2][4]에서 제안한 단순히 계수들의 대비를 개선시키는 것과 달리 8×8

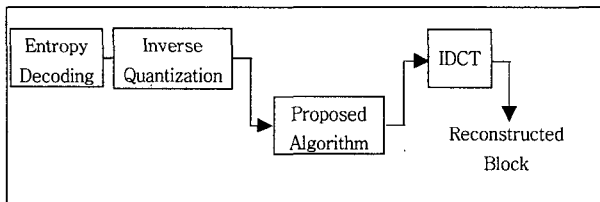


그림 2. 제안된 Decoder의 블록 다이어그램
Fig. 2. Block diagram of proposed decoder.

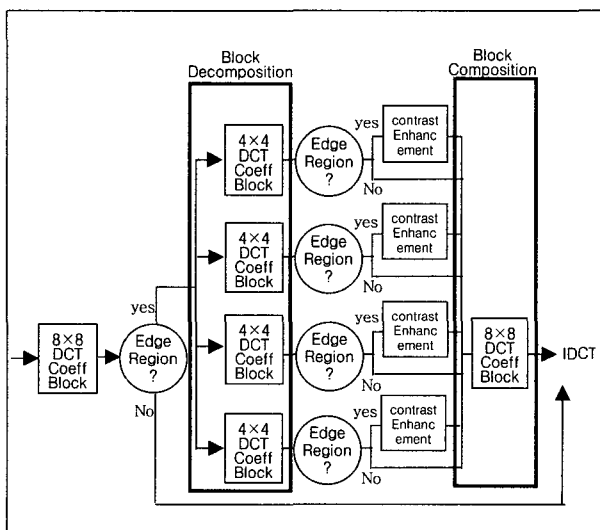


그림 3. 제안된 적응적 대비 개선 방법의 블록 다이어그램
Fig. 3. Block diagram of proposed contrast enhancement method.

DCT 계수블록이 외곽선 영역인지를 판단하고, 외곽선 영역이 아니면 바로 IDCT를 적용하고 외곽선 영역이면 8×8 계수 블록을 4×4 계수블록 4개로 변환시킨다. 여기에서는 [1]의 알고리즘을 적용하여 공간영역에서 4×4블록을 DCT한 4×4계수블록 4개를 얻을 수 있다. 이 각각의 4×4블록에 대하여 다시 외곽선 영역인지 아닌지를 판별하여 외곽선 영역에 해당하는 블록에 대해서만 (8) 식을 적용하여 대비를 개선시킬 수 있다. 이렇게 함으로서 외곽선 영역에서만 대비가 개선된 영상을 얻을 수 있다. 8×8 블록단위로 대비를 개선시키는 [2][4]와 달리 4×4 블록단위로 외곽선 영역에 대해서만 개선시키기 때문에 [2][4]에서 발생하는 블록화현상에 의해 영상이 왜곡되는 단점을 최소화 할 수 있다.

2. DCT영역에서의 외곽선영역 판별

그림 3에서 8×8 DCT 계수 블록이 에지를 포함하고 있는 외곽선 영역인지 아닌지는 그 블록의 분산을 척도로 판별할 수가 있다^[5]. 공간영역에서 얻을 수 있는 블록의 픽셀 값들의 분산을 DCT 영역에서 직접적으로 구할 수 있다. N×N블록의 공간영역에서의 분산은 다음 식과 같다.

$$\sigma^2 = E(x^2) - E(x)^2 = \frac{1}{N \times N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{i,j}^2 - \left(\frac{1}{N \times N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{i,j} \right)^2 \quad (9)$$

N×N블록에서의 DC값은 공간영역에서의 평균값의 N배가 된다는 사실과 Parseval의 정리에 의해 (9)식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N \times N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} X_{u,v}^2 - \left(\frac{X_{0,0}}{N} \right)^2 \quad (10)$$

여기서 $X_{u,v}$ 는 u,v번째 DCT계수를 의미한다. 식(10)은 식(11)처럼 표현할 수 있다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N \times N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} X_{u,v}^2, \quad (u,v) \neq (0,0) \quad (11)$$

식(11)은 DC성분을 제외한 N×N DCT 계수들의 제곱의 합이다. 이것은 AC계수들의 제곱의 합에 상수 $\frac{1}{N \times N}$ 을 곱한 것과 같다. 모든 계수들에 상수 $\frac{1}{N \times N}$ 이 곱해지기 때문에 이 상수를 고려하지 않고도 식(12)로 블록간의 상대적인 분산의 크기 비교가 가능하다.

$$\sigma^2 \approx \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} X_{u,v}^2, (u,v) \neq (0,0) \quad (12)$$

계산 량의 감소를 위해 (13)을 이용할 수 있다.

$$\sigma^2 \approx \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} |X_{u,v}|, (u,v) \neq (0,0) \quad (13)$$

3. DCT영역에서의 외곽선영역 판별

그림 3의 8x8 DCT블록을 4개의 4x4블록으로 또는 4개의 4x4블록을 하나의 8x8블록으로 DCT 영역에서 변환하기 위한 식이 (14)와 (15)에 나타나 있다.

$$C_B = \frac{1}{8} \cdot A^* \cdot C_{SB} \cdot A^{*T} \quad (14)$$

$$C_{SB} = 8 \cdot A^{*-1} \cdot C_B \cdot A^{*T} \quad (15)$$

여기서 C_B 는 8x8 DCT 계수 블록을 의미하며, C_{SB} 는 4x4 블록 네 개를 각각 DCT 변환하여 합친 8x8 크기의 블록을 의미한다. A^* 는 C_{SB} 를 C_B 로 만들어 주는 변환 행렬이다. 변환 행렬 A^* 를 구하는 자세한 수식 전개는 [1]에 잘 설명되어 있다.

그림 4는 그림 3의 알고리즘에서 설명한 DCT영역에서 8x8 DCT계수 블록을 네 개의 4x4 계수 블록으로 혹은 네 개의 4x4 계수 블록을 하나의 8x8 DCT 계수 블록을 얻기 위하여 식 (14)와 (15)를 설명하기 위한 그림이다. 위 그림에서 DCT영역에서 나타내고 있는

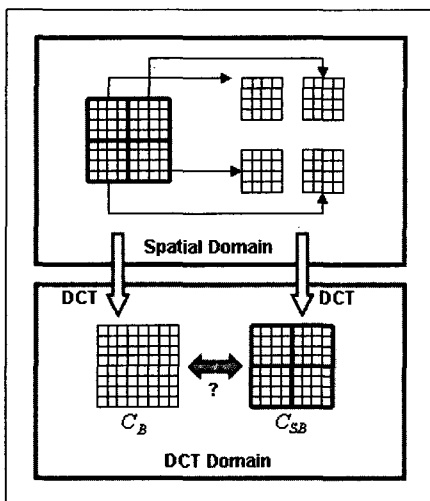


그림 4. DCT블록과 부분블록간의 공간적 관계

Fig. 4. spatial relationship between dct block and its sub-blocks.

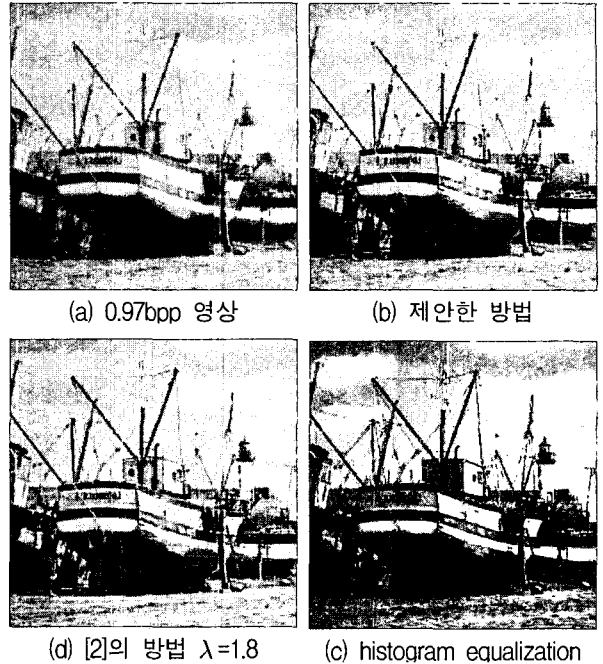


그림 5. [2]의 방법과 히스토그램 평활화한 영상과 제안한 방법에 대한 결과 비교

Fig. 5. Experimental results of [2]'s method, histogram equalization method and proposed method.

C_{SB} 는 공간영역에서 하나의 8x8 블록을 네 개의 4x4 블록으로 나눈 후 이 네 개의 블록을 각각 DCT 변환하여 얻은 네 개의 4x4 DCT 계수 블록들을 합친 8x8 크기의 블록이다. 이 블록은 식(15)를 이용하여 공간영역에서의 8x8 블록을 DCT 변환한 하나의 8x8 DCT 계수 블록으로부터 직접적으로 얻을 수 있다. 또한 역으로 식(14)를 이용하여 공간영역에서 4x4 블록들 4개를 DCT 변환한 네 개의 DCT 계수블록으로부터 공간영역에서 하나의 8x8 블록을 DCT 변환한 8x8 DCT 계수 블록을 DCT 영역에서 직접적으로 얻을 수 있다.

IV. 실험 및 고찰

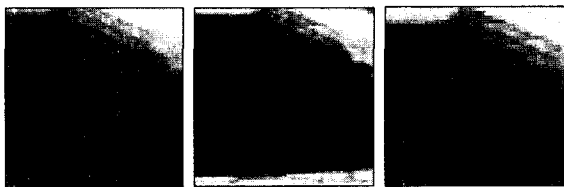
그림 5의 (a)는 JPEG을 사용하여 0.97bpp로 압축한 영상이다. 화질의 열화가 발생한 (a)영상을 본 논문에서 제안한 방법에 의해 대비를 개선시킨 것이 (b)영상이며, (c)는 히스토그램 평활화에 의한 영상이고 (d)는 [2]의 방법에 의해 DCT영역에서의 대비척도를 사용하여 영상전체의 대비를 개선시킨 영상이다. (a)영상과 제안한 방법인 (b)영상을 비교하였을 때 뚜렷하게 대비가 개선되는 것을 확인할 수 있다. (c)영상의 경우 전체적으로 번지는 효과가 있다는 단점이 있으며 (d)영상과 제안한 방법에 의한 (b)영상과 비교해보면 (d)영상의 경우 구



(a) 8x8 Edge영역 (b) 4x4 Edge 영역

그림 6. 8x8 단위로 추출한 에지 영역과 4x4 단위로 추출한 에지 영역

Fig. 6. 8x8 block based edge regions and 4x4 block based edge regions



(a) 원본 영상 (b) [2]의 방법 (c) 제안 방법

그림 7. $\lambda=1.6$ 일때의 평활한 영역 비교

Fig. 7. Comparison of homogeneous regions when $\lambda = 1.6$

림과 배의 오른쪽 아래쪽 부분에서 눈에 띄게 블록화 현상이 두드러지는 반면 (b)영상의 경우 평활한 영역은 대비를 개선시키지 않고 외곽선 영역에 대해서만 대비를 증가시키므로 블록화 현상이 최소화되고 원영상과 더욱 유사하면서 대비가 증가된 영상을 얻을 수 있다. 또한 [2]에서는 8x8 블록단위로 대비를 개선시키므로 블록 안에 외곽선 영역과 평활한 영역이 함께 포함되어 λ 값을 크게 하여 대비를 많이 증가시킬 경우 블록화 현상이 눈에 띄게 발생하는 것을 볼 수 있다. 본 논문에서는 블록단위를 4x4 단위로 줄여 8x8 단위의 블록에서 포함되었던 평활한 영역을 최대한 배제시키면서 정확한 외곽선 영역에 대해서만 개선시켜 이런 단점을 최소화 하도록 하였다.

그림 6은 앞장의 2절에서 설명한 방법에 의해 8x8 블록단위로 찾은 외곽선 영역과 4x4 블록단위로 찾은 외곽선 영역을 보여주고 있다. 제안한 방법은 더 정확한 외곽선 영역에 대해서만 대비를 개선시키기 위해 그림 6의 (b)에 해당하는 4x4 단위의 외곽선 영역에 대해서만 대비를 개선시킨다.

그림 7은 λ 값을 일부러 크게 하여 의도적으로 대비를 심하게 만든 영상들이다. (a),(b),(c)모두 영상에서 동

일한 부분을 200% 확대하여 제안한 방법의 평활한 영역에서의 효과를 보여주었다. (a)와 제안한 방법 (c)는 평활한 영역에 대해서 완벽히 같고 [2]의 방법인 (b)는 평활한 영역에서도 대비가 증가해 블록화현상이 발생함을 볼 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 DCT영역에서 적응적으로 대비를 개선시키는 방법을 제안하였다. 제안한 방법을 사용하면 기존의 방법에 비해 블록화 현상을 최소화하면서 외곽선 영역에서 대비를 개선시킨 영상을 얻을 수 있음을 실험을 통해 확인하였다. 기존의 방법들에서 평활한 영역에서도 대비가 개선되어 블록화 현상이 두드러지는 단점을 보완하기 위해 제안한 방법은 평활한 영역에 대해서는 대비를 개선시키지 않고 에지가 포함된 블록에 대해서만 대비를 개선시켜 영상의 외곽선 영역을 더 강조한다는 장점이 있다. 또한 8x8 단위로 대비를 개선시키면 눈에 띄게 드러나는 블록화 현상을 4x4 단위로 대비를 개선시킴으로서 좀 더 자세한 에지 영역 단위로 대비를 개선시킬 수 있다. 하지만 영상을 대비를 더욱 강조하기 위해 대비를 강하게 개선시키기 위해 λ 값을 증가시킬수록 블록화 현상이 눈에 띄게 두드러지는 점은 해결해야 할 과제이다. 본 논문에서 제안한 기법을 통해서 저 비트율로 압축되어 대비가 감소된 영상의 대비를 개선시킬 수 있을 것이다. 또한 DCT 영역에서 직접적으로 적용시킬 수 있다는 점은 현재 가장 널리 사용되고 있는 JPEG과 MPEG 기반으로 이루어진 멀티미디어 환경에 큰 장점으로 작용할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Jianmin Jiang and Guocan Feng, "The Spatial Relationship of DCT Coefficients Between a Block and Its Sub-blocks", Signal Processing, IEEE Trans on Vol.50, Issue:5, May 2002, pp.1160 - 1169
- [2] Jinshan Tang, Eli Peli, and Scott Acton, "Image Enhancement Using a Contrast Measure in the Compressed Domain", Signal Processing Letters, IEEE, Vol.10, Issue:10, Oct. 2003 pp. 289 - 292
- [3] E. Peli, "Contrast in complex images", J.Opt. Soc, Amer, A, vol.7, pp 2032-2040, 1990.
- [4] Jinshan Tang and Eli Peli, "Image Enhancement in JPEG Domain for Low-Vision Patients", SID

2002.

- [5] Bo Shen and Ishwar K. Sethi, "Direct feature extraction from compressed images", in IS&T SPIE: *Storage and Retrieval for Image and Video Databases IV*, vol. 1995-1996, CA, pp.33-49
- [6] Yung-Kai Lai and C.-C Jay Kuo, "A Harr Wavelet Approach to Compressed Image Quality Measurement", *Journal of Visual Communication and Image Representation* 11, 17-40, 2000.

저 자 소 개



전 용 준(학생회원)
2003년 명지대학교 전자정보통신
공학부 학사 졸업
2003년~현재 연세대학교 전기
전자공학과 석사과정
<주관심분야 : MPEG, 영상신호
처리>



엄 민 영(정회원)
2001년 연세대학교 전파공학과
학사 졸업.
2004년 연세대학교 전기전자
공학과 석사 졸업.
2004년~현재 연세대학교 전기
전자공학과 박사과정
<주관심분야 : 웨이블릿, 비디오, 영상신호처리>



최 윤 식(정회원)
1979년 연세대학교 전기공학과
학사 졸업.
1984년 Case Western Reserve
Univ. 시스템공학과 졸업.
1987년 Pennsylvania State Univ.
전기공학과 석사 졸업.
1990년 Purdue Univ. 전기공학부 박사 졸업
1990년~1993년 (주)현대전자 산업전자 연구소
책임 연구원
1993년~현재 연세대학교 전기전자공학부 정교수
<주관심분야 : 비디오, 영상 신호처리, HDTV>