

# 블록기반 DCT 영상 부호화기의 블록화 왜곡 블라인드 측정

## Blind Measurement of Blocking Artifacts in Block-based DCT Image Coder

정태윤\* · 박성욱\*\*

Tae-Yun Chung and Sung-Wook Park

\*강릉대학교 정보전자공학부, \*\*삼성전자 디지털 미디어 연구소

### 요 약

본 논문은 블록기반 DCT 부호화 영상의 화질 평가 및 개선에 필수적인 블록화 왜곡 정도를 측정하는 새로운 블라인드 측정 모델을 제안한다. 제안된 모델은 원영상을 필요로 하지 않으며 또한 인간시각 특성의 다채널 구조에 따른 주파수 민감도와 마스킹 현상을 반영하여 영상 부호화시 발생하는 블록화 왜곡량을 정량적으로 검출, 측정하였으며 실험을 통해 제안된 모델의 타당성을 검증하였다.

### Abstract

This paper proposes a new blind measurement model of blocking artifacts. This model plays an important role in the assessment and enhancement of image quality caused by block-based DCT coding system. The proposed model can measure blocking artifacts without reference to original images and consider the HVS based visual model such as frequency sensitivity and channel masking effect to detect and measure overall blocking artifacts quantitatively. The experimental results show that the proposed model is highly effective in measuring blocking artifacts.

**Key Words** : 블록화 현상, 영상 부호화, 인간시각 시스템

### 1. 서 론

최근 멀티미디어와 고속의 유·무선 정보 통신망의 발전으로 인해 압축 부호화 표준 기술을 채용한 디지털 영상 처리 서비스의 응용 분야가 급속히 확대되고 있다. 현재 가장 많은 응용 분야에 적용되고 있는 영상 부호화 표준안은 JPEG, MPEG 및 H.26x 등으로써 이 방식들은 시스템 복잡도와 화질을 고려하여 8×8 블록 단위의 DCT(Discrete Cosine Transform)를 근간으로 양자화와 엔트로피 부호화 과정을 거쳐 공간적, 시간적인 영상의 잉여 정보를 제거한다 [1]. 영상 정보의 손실 압축 부호화는 정보량 감축에 따른 화질 열화가 필연적으로 발생하며 특히 블록기반 영상 압축 부호화의 표준화 방식으로 부호화된 영상을 복호화할 경우, 블록화 현상(blocking effect), 번짐(blurring) 및 ringing 현상과 같은 다양한 시각적 왜곡 현상이 발생한다. 이러한 왜곡 특성에 대한 인간 시각의 민감도는 부호화 영상에 따라 다르며 특히 블록화 현상은 저 비트율 부호화에 있어서 가장 눈에 두드러진 왜곡 특성으로 알려져 있다[2].

일반적으로 부호화기 설계에 있어 가장 중요한 문제는 원영상(original image)의 어떤 정보를 어느 정도로 왜곡시키는 것이 복호화된 영상의 화질 열화를 최소로 할 수 있느냐 하는 것이며 이를 위한 정확한 화질측정 방법은 부호화기 성능 향상에 있어 가장 중요한 문제로 인식되어왔다[3]. 따라

서 블록기반 부호화에 의한 화질 열화 특성 중 시각적으로 가장 민감한 블록화 현상의 정확한 왜곡량 측정은 부호화기내의 비트 할당 제어에 적용되어 양자화 파라미터를 최적화 할 수 있으며 또한 복호화기 후단의 후처리(post-processing) 기법에 적용되어 블록화 현상 감소를 통한 화질 개선을 구현할 수 있다.

최근 블록화 현상 제거를 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 이러한 연구의 대부분은 정량적, 객관적 화질 측정값으로 MSE(Mean Square Error) 또는 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하고 있다. 그러나 MSE와 PSNR은 원영상과 부호화 영상사이의 차영상(difference image)에 대해 공간적 화소 단위로 화질 열화 정도를 측정하는 방식으로써 다양한 왜곡특성에 반응하는 인간시각 특성과 그 상관성이 비교적 적으며 또한 화질 측정시 원영상을 기준 영상(reference image)으로 필요로 하여 복호화 영상만을 입력으로 받는 화질 향상을 위한 후처리 기법에 적합하지 않다[4].

본 연구에서는 블록기반 DCT 부호화 영상의 객관적 화질 평가 및 화질 향상에 필수적인 블록화 왜곡의 블라인드(blind) 측정 모델을 제안한다. 제안된 모델은 복호화단에서 원영상을 필요로 하지 않으며 또한 인간시각 특성을 다채널 모델의 신호처리 기법으로 해석하여 영상 부호화시 발생하는 블록화 왜곡량을 정량적으로 검출, 평가함으로써 화질 평가 및 화질 향상을 위한 실제적인 후처리 시스템 설계에 매우 유용하다.

접수일자 : 2003년 9월 12일

완료일자 : 2003년 12월 17일

감사의 글 : 이 논문은 2002년도 강릉대학교 학술연구 조성비 지원에 의하여 수행되었음.

## 2. 화질 평가 모델

부호화 영상의 화질 평가는 크게 주관적 평가 방법과 객관적 평가 방법으로 나눌 수 있다. 주관적 평가 방법은 ITU(International Telecommunication Union)-R 권고안 BT. 500을 통해 평가 조건과 기준 및 평가 절차와 분석 방법 등의 표준화가 마련되었다[5]. 부호화 영상의 화질은 결국 인간에 의해 최종적으로 평가된다는 점에서 이러한 주관적 평가 방법은 평가 신뢰도가 높은 반면에 평가 환경 구축에 있어 고비용이 발생하고 또한 평가 소요 시간이 길어질 수 있다는 문제점이 있다[6].

객관적 화질 평가는 정량적인 측정 도구를 사용하여 주관적 화질 평가의 문제점을 해결하고 또한 주관적 평가 방법과 대등한 성능을 확보하는데 그 목적이 있으며 현재 ITU 후원 하에 VQEG(Video Quality Expert Group)가 결성되어 인간의 시각 특성을 고려한 디지털 압축 부호화 영상의 객관적 화질 평가 표준화 방안을 논의 중이다[7].

### 2.1 시각 모델 구조

그림 1은 현재 VQEG Phase 1에서 논의 중인 기준 영상에 대한 부호화 영상의 객관적 화질 평가 모델을 간단히 도시한 것이다.

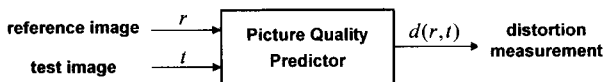


그림 1. 화질 평가 모델

Fig. 1. Image quality assessment model

이 모델은 만일  $r$  과  $t$  가 각각 원영상과 부호화 영상이면 주관적 평가와 대등한 성능을 보이는 화질 측정값  $d(r, t)$  를 구하고자 하는 것으로 부호화 영상 자체의 화질 평가라기 보다는 원영상에 대한 부호화 영상의 화질 신뢰성(fidelity) 평가 모델에 가깝다[8]. 따라서 VQEG Phase 2에서는 원영상을 기준 영상으로 사용되지 않고 부호화 영상만으로 화질을 평가하는 블라인드 또는 무기준 영상(no reference image) 모델에 대해 논의 중이다.

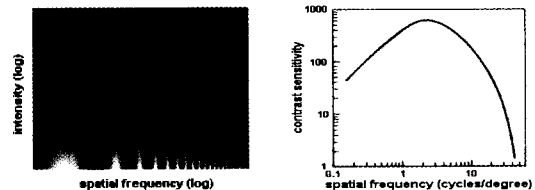
이러한 객관적 화질 평가 시스템은 인간 시각 특성을 바탕으로 시각 모델을 통해 구현된다. 인간 시각 시스템(HVS, Human Visual System)을 모델링하기 위해 주로 사용되는 방법은 서로 다른 배경 영상위에 임의의 시각적 자극이 가해졌을 때 눈이 이를 감지하기 시작하는 자극의 크기를 측정하여 정량화하는 것이다[9]. 따라서 대부분의 객관적 화질 평가를 위한 시각 모델은 자연 영상의 자극 패턴의 가시도(perceptual visibility) 평가를 위해 채널간(inter-channel), 채널내(intra-channel)의 상호 작용 및 시각적 마스킹(masking) 효과를 고려한 다채널 모델로 구성한다.

### 2.2 시각 민감도(Visual Sensitivity)

인간 시각은 밝기의 세기보다는 밝기의 차이, 즉 대비(contrast)에 더욱 민감하다. 이러한 영상의 대비 특성을 그림 2와 같이 공간 주파수에 대한 시각 민감도로 표현한 것이 CSF(Contrast Sensitivity Function)이다. 그림 2에 나타난 바와 같이 CSF는 대역통과(band-pass)필터의 특성을 보이며 따라서 동일한 양의 잡음 성분에 대해서도 잡음의 주파수

분포에 따라 실제 시각이 인지하는 왜곡 특성은 다르게 나타난다.

또한 대부분의 자연 영상은 배경의 밝기가 불균일하고 복잡하다. 이러한 배경 영상의 밝기의 변화에 의해 실험 영상의 가시도 민감도가 변화하는 현상을 공간 마스킹이라 한다. 즉, 같은 양의 잡음이라도 주변 및 배경의 밝기 변화에 의해 인간 시각의 민감도는 다르게 나타나며 결국 마스킹 현상은 시각 모델의 다채널 특성을 유발하는 주요 원인이 된다[10].



a) 정현파 격자영상

b) CSF

그림 2. 정현파 격자 영상에 대한 CSF

Fig. 2. CSF for sinusoidal grating image

### 2.3 블록화 현상

영상 압축 부호화기의 화질 열화 특성 분석은 효율적인 부호화기 설계 뿐 아니라 화질 향상을 위한 후처리 필터 구현을 위한 객관적 화질 평가 모델 개발에 매우 중요한 문제이다. 특히 JPEG, MPEG 등의 블록기반 부호화기는 블록화 현상, 번짐 및 ringing 현상 등의 시각적으로 두드러진 구조적인 화질 열화를 유발하며 따라서 정량적, 객관적 화질 평가 모델을 개발하기 위해서는 이러한 구조적 화질 열화 특성을 검출하여 인간 시각 민감도에 맞는 화질 열화 요인으로 반영해야 한다[11].

그러나 번짐과 ringing 현상의 화질 열화 특성은 원영상과의 시각적 신뢰성으로 평가되는 요인이기 때문에 화질 평가 모델의 기준 영상으로 원영상을 사용하지 않는 블라인드 측정 방법의 화질 열화 요인으로 적용하기 매우 어렵다. 이에 비해 블록화 현상은 블록 기반 DCT 부호화에 의한 시각적으로 가장 민감한 화질 열화 특성으로서 인접  $8 \times 8$  블록과의 경계에서 나타나는 인공적인 불연속으로 정의되며 원영상 없이도 쉽게 가시적인 왜곡을 느낄 수 있다. 이 현상은 인접 블록과의 상관성은 고려하지 않고 해당 블록만을 독립적으로 부호화함으로써 발생한다[12]. 블록 DCT는  $f(x, y)$  를 입력 영상이라고 할 때 식 (1)과 같이  $8 \times 8$  화소 단위로 수행된다.

$$F(u, v) = \frac{1}{4} c(u)c(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos(m) \cos(n) \quad (1)$$

$$\text{여기서 } c(u), c(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{if } u, v = 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \begin{cases} m = \frac{(2x+1)u\pi}{16} \\ n = \frac{(2y+1)v\pi}{16} \end{cases}$$

일반적으로 DCT 계수 중 DC와 AC 계수의 양자화 방법이 다르며 따라서 영상의 화소값이 수평 또는 수직 방향으로 단조 증가 또는 감소하고 양자화 스텝 사이즈가 크다면 양자화 오차가 커지게 되어 복원된 영상은 블록단위로 불연속이 나타난다.

### 3. 제안된 블록화 왜곡 블라인드 측정 모델

그림 3은 본 연구에서 제안한 블록화 왜곡의 블라인드 측정 모델의 블록도를 나타낸 것이다. 기존의 블록화 왜곡 측정 모델의 대부분은 HVS의 공간적 주파수 민감도와 시각적 마스킹 현상을 반영하지 않고 공간 영역 또는 주파수 영역에서 블록 경계면의 불연속만을 측정하여 블록화 왜곡량을 산출하였다[12].

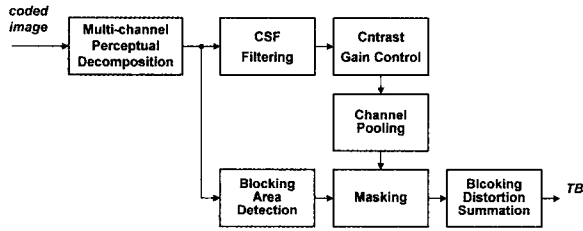


그림 3. 제안된 블라인드 블록화 왜곡 측정 모델

Fig. 3. Proposed blind measurement model of blocking artifacts

따라서 본 논문에서는 부호화 영상만을 입력으로 하고 HVS 기반의 다채널 구조에 따른 공간 주파수 민감도와 시각적 마스킹 현상을 고려하여 블록화 영역을 검출, 측정하는 블록화 왜곡의 블라인드 측정 모델을 제안한다.

#### 3.1 다채널 인지 분해

전자 생리학 실험을 통해 인간의 눈의 시각령 세포구조는 Gabor 형태의 수용체 구조를 갖는 것으로 밝혀졌다[13]. 즉, 시각령 수용체는 Gabor 형태의 비원형 구조로서 주파수와 방위(orientation)에 대해 선택적으로 반응하는 흥분성과 억제성 영역으로 구성된다. 따라서 압축 부호화 영상에 대한 HVS의 방위와 주파수 성분을 표현하는 다채널 인지 분해(perceptual decomposition)는 Gabor 필터로 구현될 수 있다. 그러나 Gabor 필터는 스펙트럼 영역상에서 매우 선택적이며 또한 필터링이 주파수 영역에서 수행됨으로서 과중한 메모리와 연산 시간을 요구한다. 또한 인간 시각 특성을 반영하는 화질 평가에 있어 사실상 정확한 필터의 형태는 필요하지 않으며 시스템 구현시의 복잡도와 평가 정밀도의 trade-off 관계를 고려해야 한다[11]. 따라서 본 연구에서는 steerable 피라미드 변환을 통한 다채널 인지 분해를 시행한다.

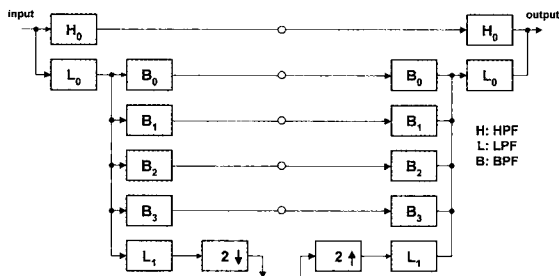


그림 4. Steerable 피라미드의 블록도

Fig. 4. Block diagram of steerable pyramid

그림 4는 steerable 피라미드 변환의 블록도를 나타낸 것

이다. Steerable 피라미드 변환은 decimation과 컨볼루션을 이용하여 영상을 옥타브(octave) 대역의 부대역(subband)으로 구성된 공간주파수 영역으로 분해하고 각각의 부대역은 여러개의 방위대역으로 나눈다. Steerable 피라미드 변환의 장점은 자기 역변환(self inverting)이 가능하며 동일 부대역 레벨에서 나누어진 방위 대역의 선형조합을 통해 어떠한 방위 성분의 주파수 영역도 표현이 가능한 회전 불변(rotation-invariant) 구조라는 것이다[14]. 따라서 이러한 steerable 피라미드 변환 필터를 설계하기 위해서는 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

$$\bar{X}(w) = \{|H_0(w)|^2 \quad (2)$$

$$+ |L_0(w)|^2 \left( |L_1(w)|^2 + \sum_{k=0}^n |B_k(w)|^2 \right) \} X(w) + a.t.$$

여기서  $X(w)$ 와  $\bar{X}(w)$ 는 각각 입력 영상과 복원 영상의 스펙트럼을 나타내며  $H_0(w)$ 는 고역통과 필터를,  $L_0(w)$ 와  $L_1(w)$ 는 각 레벨에서의 저역통과 필터를, 그리고  $B_k(w)$ 는 대역통과 방위필터를 나타내며  $n$ 은 각 부대역에서의 방위성분의 수를 표현한 것이다. 식 (2)에서  $a.t.$ 는 aliasing 항을 표현한 것으로 대역통과 필터의 aliasing을 최소로 하기 위해서는 식 (3)과 같이  $L_1$  필터는  $\pi/2$  이상의 주파수에서는 0의 응답특성을 가져야 한다.

$$L_1(w) = 0, \quad \text{for } |w| > \pi/2 \quad (3)$$

또한 진폭왜곡을 방지하기 위해 시스템 전달함수는 식 (4)와 같이 단위 응답 진폭(unity response amplitude)의 특성을 보여야 하며 각 부대역의 저역통과 필터는 시스템의 순환적 할당에 영향을 받지 않도록 식 (5)의 조건을 만족시켜야 한다.

$$|L_0(w)|^2 \left[ |L_1(w)|^2 + \sum_{k=0}^n |B_k(w)|^2 \right] + |H_0(w)|^2 = 1 \quad (4)$$

$$|L_1(w/2)|^2 \left[ |L_1(w)|^2 + \sum_{k=0}^n |B_k(w)|^2 \right] = |L_1(w/2)|^2 \quad (5)$$

또한 대역통과 필터  $B_k(w)$ 는 식 (6)의 회전불변 특성을 만족해야 한다.

$$B_k(w) = B(w) [-j \cos(\theta - \theta_k)]^n \quad (6)$$

여기서  $\theta = \arg(w)$ ,  $\theta_k = \pi k / (n+1)$ 이다. 본 논문에서는 수평, 수직의 블록화 왜곡량 검출을 위해 식 (2)과 식 (6)의 조건을 만족하는 필터 커널을 이용하여 4개의 공간 주파수 부대역과 각 부대역 당  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ 의 2개의 방위 성분으로 구성된 steerable 피라미드 변환을 통해 다채널 인지 분해를 시행하였다.

#### 3.2 대비 이득 제어(Contrast Gain Control)

블록기반 압축 부호화에 의한 블록화 현상의 왜곡 가시도는 인간 시각 특성에 따른 영상의 공간 주파수 분포 및 배경 영상의 밝기 변화에 따른 마스킹 효과 등에 영향을 받는다. 따라서 블록화 왜곡 측정은 공간 주파수상에서의 시각 민감도를 표현하는 CSF와 배경 영상에 의한 영상의 왜곡 부분의 가시도 변화를 표현하는 마스킹 현상을 고려해야 한다.

CSF 필터링은 다채널 인지 분해 후에 각각의 주파수 채널 응답과 CSF 계수를 곱하는 디지털 필터로서 구현될 수 있다. 본 연구에서는 Yu[11]의 실험 결과를 바탕으로 저역에

서 고역에 이르는 4개의 공간 주파수 부대역의 인지 채널에 대해 각각 1.25, 1.2, 0.4097, 0.083의 CSF 계수를 사용한다.

인간 시각의 다채널 구성은 각각의 인지 채널간의 중요한 상호작용을 유발하며 결국 이러한 상호작용이 시각적 마스킹 현상에 중요한 역할을 한다. Tao 등은 인지 채널간의 흥분성과 억제성 뉴런 응답에 따른 시각적 마스킹 현상을 정규화 모델로 제시하였으며 Watson 등은 대비 제어를 위한 시각 모델로서 식 (7)과 같이 Tao의 모델을 일반화하였다[13].

$$G(f, \theta, x, y) = k_f \frac{C^2(f, \theta, x, y)}{\sum_{\phi} C^2(f, \phi, x, y) + \gamma_f^2} \quad (7)$$

식 (7)에서 분모항은 억제성, 분자항은 흥분성 뉴런의 응답 특성을 의미한다. 여기서  $C(f, \theta, x, y)$ 는 공간 주파수  $f$ , 방위  $\theta$ 와 수평, 수직 화소  $x, y$ 에서의 steerable 피라미드 변환 후의 CSF 필터링 결과이고 또한  $k_f, \gamma_f, \phi$ 는 각각 공간 주파수에 대한 스케일링 상수와 포화 상수 및 방위 성분의 수를 나타낸 것이다. 본 연구에서는  $k_f, \gamma_f$ 는 1로 정의한다.

4개의 공간 주파수 부대역과 각각의 공간 주파수 부대역당 2개의 방위 성분의 부대역으로 분해된 인지 채널로부터 식 (7)을 통해 CSF 및 채널간 마스킹 효과가 고려된 영상의 가시도는 인간 시각의 인지 특성을 표현하기 위해 식 (8)과 같이 입력 영상과 동일한 단일 해상도 맵으로 규합된다.

$$V(x, y) = \sum_{f, \theta, x, y} |G(f, \theta, x, y)|^2 \quad (8)$$

결국 식 (8)은 압축 부호화된 영상의 가시도를 시각령에서 인지하는 시각 인지 통합 과정으로 근사화한 것이다.

### 3.3 블록화 왜곡 측정

수평 또는 수직 방향으로 인접한  $8 \times 8$  블록  $b_1$ 과  $b_2$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$b_1 = \mu_1 + \delta_1(x, y), \quad b_2 = \mu_2 + \delta_2(x, y), \quad \text{단 } (\mu_1 \neq \mu_2) \quad (9)$$

여기서  $\mu_1, \mu_2$ 는 각각 블록  $b_1, b_2$ 의 평균값이며 또한  $\delta_1, \delta_2$ 는 화소  $(x, y)$ 에서 0의 평균을 갖는 백색 잡음으로 가정한다. 이러한 각각의 블록을 DCT 변환하여 비교적 큰 양자화 파라미터로 성기게 양자화하면 대부분의 AC 계수는 0이 되고  $\delta_1, \delta_2$  분산값의 효과는 감소하여 블록  $b_1, b_2$ 사이에는  $\mu_1 \neq \mu_2$  관계에 의해 2차원 스텝 (step) 함수의 형태를 갖는 블록화 현상이 발생한다.

결국 이러한 블록화 현상은  $8 \times 8$  블록 경계면을 따라 인접 블록과의 불연속으로 나타나며 날카로운 에지 모양을 갖는 고주파 성분으로 표현될 수 있다. 따라서 식 (2)의 steerable 피라미드 변환시 등방성(isotropic)의 최고역 통과 필터  $H_0$ 에 의한 고역통과 영상  $S(x, y)$ 에 대해 다음의 과정으로 블록화 영역을 검출한다.

1) step 1 : 먼저 부호화 영상에 대해 수평 및 수직 방향의 블록 에지점을 결정한다.

$$d_v(8m, y) = S(8m, y) - S(8m-1, y), \quad m \in [1, \frac{x}{8}] \quad (10)$$

식 (10)은 수직 블록의 경계면에서 발생하는 불연속의 크기이며 이 화소가 블록 에지점으로 간주되기 위해서는 다음의 조건을 만족해야 한다.

- 조건 1 :  $S(8m, y) \cdot S(8m-1, y) < 0$
- 조건 2 :  $S(8m, y)$ 와  $S(8m-1, y)$ 이  $x \in [8m-3, 8m+3]$ 에서 국부적 최소값 또는 최대값
- 조건 3 :  $|d_v(8m, y)| > Th_1$ , 여기서  $Th_1$ 은 문턱값

2) step 2 : step 1에서 검출된 수평 및 수직 방향의 블록의 에지점을 계수하여 각 방향에서의  $8 \times 8$ 블록화 경계면을 결정한다.

$$B_v(k, l+j) = \begin{cases} d_v(k, l+j), & \text{if } \sum_{j=0}^7 EP_v(j) > Th_2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

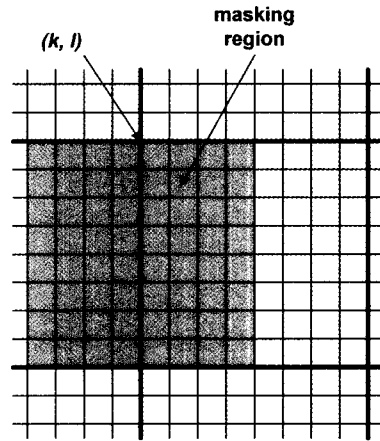


그림 5. 수직 경계면의 블록화 왜곡 측정

Fig. 5. Block artifacts measurement of vertical boundary

여기서  $(k, l)$ 은 그림 5에 나타난 바와 같이 블록의 수직 경계면 화소의 시작점이고  $j \in [0, 7]$ 로서 8 line내의 수직 화소 점이다. 또한  $EP_v(j)$ 는  $j$  화소가 step 1에서 얻어진 수직 방향의 블록 에지점이면 1이고 그 밖의 경우는 0을 의미하며  $Th_2$ 는 블록화 영역을 결정하는 문턱값이다. 따라서 식 (11)로부터 수직 8 line의 블록화 경계면을 결정한다. 본 실험에서는  $Th_1$ 과  $Th_2$ 를 각각 7.0과 4.0으로 정의한다.

이와 같은 과정으로 검출된 수평, 수직의 블록화 경계면으로부터 식 (12)를 통해 각 블록의 불연속 왜곡량을 산출한다.

$$BD_v(k, l) = \sum_{j=0}^7 B_v(k, l+j) \quad (12)$$

여기서  $BD_v$ 는 수직의 블록화 경계면의 불연속 왜곡량이다. 검출된 각 블록의 불연속 왜곡량은 블록 경계면 주변 영상의 특성에 의해 시각적으로 서로 다른 왜곡 특성을 보이며 따라서 시각적 마스킹 현상을 고려해야 한다.

$$A_v(k, l) = \sum_{i=-4}^4 \sum_{j=0}^7 V(k+i, l+j), \quad i \neq 0 \quad (13)$$

$$P_v(k, l) = \frac{BD_v(k, l)}{\{1 + A_v(k, l)\}^2} \quad (14)$$

식 (13)의  $A_v$ 는 수직의 블록화 경계면에 인접한 식 (8)의 부호화 영상의 가시도 맵으로부터 구한 영상의 활성화도 (activity)이며 이러한 활성화도를 마스킹 함수로 사용하여 식 (14)로부터 HVS를 반영한 블록의 수직 블록화 왜곡량  $P_v$ 를 구한다.

이와 같은 과정으로 구한 각 블록의 수직 블록화 왜곡량  $P_v$ 로부터 식 (15)를 통해 전체 영상의 수직 블록화 왜곡량  $T_v$ 를 구한다.

$$T_v = \frac{1}{NB_v - 1} \sum_{n=1}^{NB_v - 1} P_v(n) \quad (15)$$

여기서  $NB_v$ 는 수직 블록의 수이며 전체 영상의 수평 블록화 왜곡량  $T_h$ 도  $T_v$ 와 동일한 방식으로 구한 후, 식 (16)을 통해 전체 영상의 최종 블록화 왜곡량을 구한다.

$$TB = \frac{T_h + T_v}{2} \quad (16)$$

#### 4. 실험 및 결과 고찰

##### 4.1 실험 내용

제안된 측정 모델의 타당성을 검증하기 위해 본 실험에서는  $256 \times 256$ 의 크기를 갖는 원영상으로부터 0.2~1.5bpp (bits/pixel)의 비트율로 baseline JPEG 부호화를 시행한 8bit의 표준 테스트 영상인 Lena, Einstein, Fruits 등의 흑백 영상과 Texas 대학에서 제공하는 화질평가용의 8bit 흑백 정지화 실험 영상을 활용하였다. Texas 대학의 흑백 정지화 실험 영상은 여러 가지 해상도를 갖는 총 23종의 원영상을 각종 비트율로 baseline JPEG으로 부호화한 120개의 평가 영상으로 구성되어 있으며 또한 각각의 부호화 평가 영상에 대해 DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale)법으로 33명의 전문가에 의해 시행된 1~10점의 등급을 갖는 주관적 화질 평가의 MOS(Mean Opinion Score)를 제공한다.

##### 4.2 결과 고찰

그림 6은 0.3bpp로 부호화된 Lena 영상에 대해 본 논문에서 제안한 블록화 왜곡 측정의 결과 영상을 나타낸 것이며 c)~e)영상은 디스플레이를 위해 16~235의 계조도로 스케일링 한 것이다.

b) 영상은 본 논문의 블록화 왜곡량 블라인드 측정의 입력 영상인 부호화 영상이며 그림에서 알 수 있듯이 블록 단위의 경계면에서 상당량의 블록화 현상이 발생한다. 이러한 b) 영상을 steerable 피라미드 변환의 최고역 통과 필터의 영상으로 나타낸 것이 c) 영상으로서 블록화 현상이 발생하는 수평, 수평의 블록 경계면이 뚜렷하게 나타나고 있으며 d) 영상은 식 (8)을 통한 부호화 입력 영상의 가시도 맵을 표현한 것이다. 또한 e) 영상은 c) 영상에 대해 식 (12)의 수직 및 수평의 블록화 경계면의 불연속 왜곡량을 표현한 것으로서 b) 영상에서 보이는 대부분의 블록화 왜곡에 의한 경계면이 나타나 있다.

그림 7은 0.2~1.5bpp의 비트율로 부호화된 Lena, Fruits, Einstein 영상에 대해 본 논문에서 제안한 블록화 왜곡의 블라인드 측정 결과를 나타낸 것이다.

결과의 그림에서 모든 실험 영상들은 0.5bpp 이상의 비트율에서 블록화 왜곡량이 급속히 감소하고 있으며 특히 0.8bpp 이상에서는 블록화 현상이 거의 발생하고 있지 않음을 알 수 있다. 이것은 블록화 현상에 대한 주관적인 평가와 거의 동일한 특성을 보여주고 있으며 따라서 블록화 왜곡 감소에 의한 화질 향상을 목적으로 하는 후처리 기법은 0.8bpp

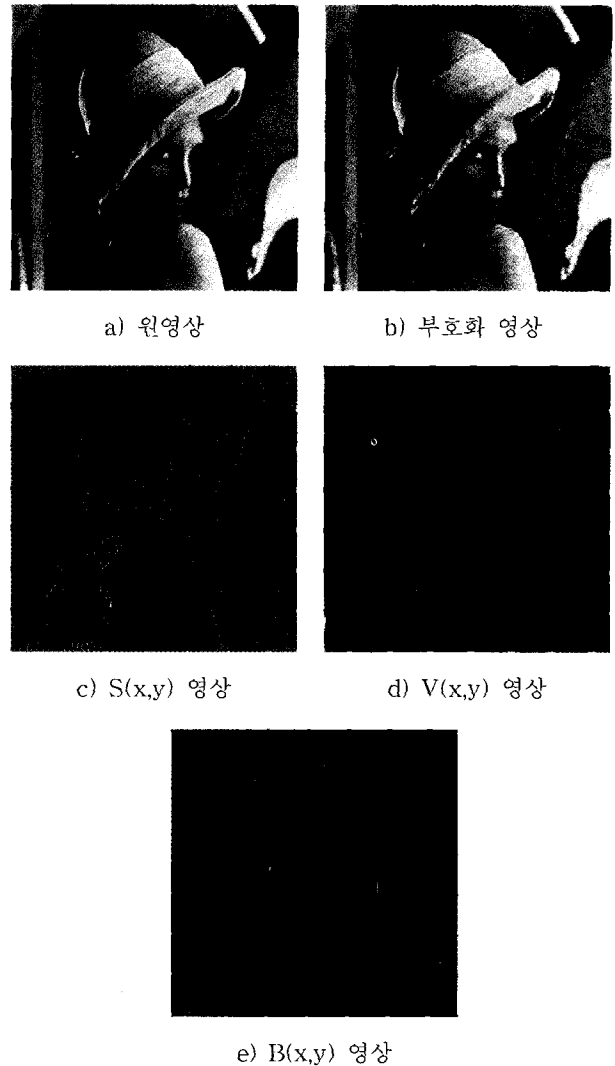


그림 6. 블록화 왜곡 측정의 결과 영상

Fig. 6. Result images of blocking artifacts measurement

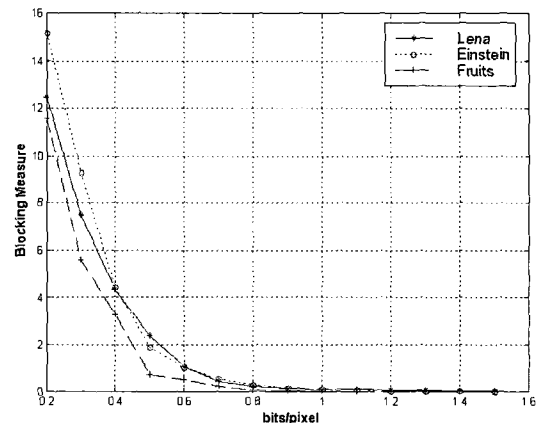


그림 7. 블록화 왜곡의 블라인드 측정 결과

Fig. 7. Blind measurement result of blocking artifacts

이하의 비트율을 갖는 블록기반 부호화 영상에 집중되어야 함을 알 수 있다.

표 1은 Texas 대학의 정지화 실험 영상에 대한 주관적 평가의 MOS와 PSNR 및 식 (16)의 블록화 왜곡 측정값  $T_B$ 와 상관관계를 정량적으로 분석한 결과이다. 본 실험에서 사용한 분석 방법은 식 (17)의 Pearson 상관계수와 식 (18)의 Spearman 순위(ranking order) 상관계수이며 상관계수가 1에 근접할수록 측정 변인들의 상관성은 높은 것이다.

$$P_r = \frac{\sum_i (X_i - \bar{X}_i)(Y_i - \bar{Y}_i)}{\sqrt{\sum_i (X_i - \bar{X}_i)^2 \sum_i (Y_i - \bar{Y}_i)^2}} \quad (17)$$

여기서  $X$  : 변인  $X$ 의 값,  $\bar{X}$  :  $X$ 의 평균  
 $Y$  : 변인  $Y$ 의 값,  $\bar{Y}$  :  $Y$ 의 평균

$$S_r = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (18)$$

여기서  $n$  : 측정 회수,  $D$  : 변인  $X$ 와  $Y$ 의 순위차

표 1. 블록화 왜곡 측정의 성능 비교

Table 1. Performance comparison of blocking artifacts measurement

측정 변인	PSNR과 1/TB	MOS와 1/TB	MOS와 PSNR
$P_r$	0.701	0.909	0.828
$S_r$	0.801	0.945	0.839

표의 결과에서 알 수 있듯이 제안된 블록화 왜곡의 블라인드 측정법은 PSNR에 비해 주관적 평가의 MOS와의 Pearson 및 Spearman 순위 상관 계수가 0.1 이상 향상되어 거의 1에 접근하는 결과를 보이고 있다. 이것은 블록기반 부호화에 의한 화질 열화 특성 중에서 블록화 현상이 시각적으로 가장 민감하게 반응함을 의미하며 또한 제안된 모델이 블록화 왜곡 측정법으로 적합함을 입증하는 것이다.

### 5. 결 론

블록화 현상은 블록기반 부호화기에서 발생하는 화질 열화 특성 중 가장 시각적으로 민감한 왜곡 현상이다. 본 논문에서는 대부분의 영상정보 압축 부호화 표준안에서 채용하고 있는 블록기반 DCT 기법을 근간으로 하는 영상 부호화기의 성능 향상 및 후처리 필터를 통한 화질 개선에 필수적인 블록화 왜곡의 블라인드 측정 모델을 제안하였다. 제안된 모델은 원영상을 필요로 하지 않으며 인간시각 특성의 다채널 구조에 따른 주파수 민감도와 마스크 현상을 고려하여 영상 부호화시 발생하는 블록화 왜곡량을 정량적으로 검출, 측정하였으며 실험을 통해 제안된 모델의 타당성을 검증하였다.

### 참고문헌

[1] K. R. Rao and J. J. Huang, Techniques and Standards for Image, Video and Audio Coding,

Prentice Hall, 1996.

[2] Z. Wang and D. Zhang, "A Novel Approach for the Reduction of Blocking Artifacts in Low-bit-rate Image Compression," IEEE Trans. Comm., Vol. 46, No. 6, pp. 732-734, June 1998.

[3] M. Miyahara, K. Kotani and V. R. Algazi, "Objective Picture Quality Scale(PQS) for Image Coding," IEEE Trans. Comm., Vol. 46, No. 9, pp. 1213-1226, 1998.

[4] C. J. van den Branden Lambrecht, "Perceptual Models and Architectures for Video Coding Applications," Ph.D. Thesis, Ecole Polytechnique Federale De Lausanne, 1996.

[5] ITU-R Rec. BT. 500-9, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," ITU, 1998.

[6] J. E. Caviedes, A. Drouot, A. Gesnot and L. Rouvellou, "Impairment Metrics for Digital Video and Their Role in Objective Quality Assessment," Proc. SPIE Visual Communications and Image Processing, Vol. 4067, pp. 791-800, 2000.

[7] VQEG, "Final Report from the video quality experts group on the validation of objective models of video quality assessment," Mar. 2000.

[8] S. Winkler, "Visual Fidelity and Perceived Quality: Towards Comprehensive Metrics," Proc. SPIE Human Vision and Electronic Imaging, Vol. 4299, pp. 114-125, Jan. 2001.

[9] J. Lubin and D. Fibush, "Sarnoff JND Vision Model," T1A1.5 Working Group Document #97-612, T1 Standard Committee, 1997.

[10] S. Winkler, "A Perceptual Distortion Metric for Digital Color Video," Human Vision and Electronic Imaging, Proc. SPIE, Vol. 3644, pp. 175-184, 1999.

[11] Z. Yu, H. R. Wu, S. Winkler and T. Chen, "Vision Model based Impairment Metric to Evaluate Blocking Artifacts in Digital Video," Proceeding of IEEE, Vol. 90, No. 1, pp. 154-169, Jan. 2002.

[12] Z. Wang, A. C. Bovik and B. L. Evans, "Blind Measurement of Blocking Artifacts in Images," IEEE International Conf. on Image Processing, Vol. 3, pp. 981-984, Sep. 2000.

[13] A. B. Watson and J. Solomon, "Model of Visual Contrast Gain Control and Pattern Masking", Journal of the Optical Society of America, Vol. 14 pp. 2379-2391, 1997.

[14] E. P. Simoncelli, W. T. Freeman, D. J. Heeger, "Shiftable Multi-scale Transforms," IEEE Trans. Inform. Theory, Special Issue on Wavelets, Vol. 38, pp. 587-607, 1992.

저 자 소 개



**정태윤(Tae-Yun Chung)**

1987년 : 연세대 전기공학과 (학사)  
1989년 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)  
2000년 : 동대학원 전기컴퓨터공학과  
(공학박사)  
1989년 ~ 1996년 : 삼성종합기술원  
(선임연구원)  
1996년 ~ 2001년 2월 : 삼성전자 중앙연구소  
책임연구원

2001년 3월 ~ 현재 : 강릉대학교 정보전자공학부 조교수

관심분야 : 영상처리 및 부호화, 화질평가, 멀티미디어 정보  
보호, 멀티미디어 시스템 설계

Phone : +82-33 640-2425

E-mail : tychung@kangnung.ac.kr



**박성욱(Sung-Wook Park)**

1993년 : 연세대 전자공학과 (학사)  
1995년 : 동대학원 전자공학과 (공학석사)  
1998년 : 동대학원 전자공학과 (공학박사)  
1998년 ~ 현재 : 삼성전자 디지털 미디어  
연구소 책임연구원

관심분야 : Audio Coding/Processing, VLSI Signal  
Processing, Multimedia Signal Processing

Phone : +82-31-200-3766

E-mail : sungwook\_park@samsung.com