

특집논문-08-13-6-07

디지털 영상의 인지적 무참조 화질 평가 방법

임진영^{a)}, 장호석^{a)}, 강동욱^{b)}, 김기두^{b)}, 정경훈^{b)†}

No-reference Perceptual Quality Assessment of Digital Image

Jin-Young Lim^{a)}, Ho-Seok Chang^{a)}, Dong-Wook Kang^{b)}, Ki-Doo Kim^{b)}, and Kyeong-Hoon Jung^{b)†}

요 약

본 논문에서는 열화된 영상의 화질을 평가함에 있어서 원본 영상을 참조할 필요가 없는 객관적인 평가 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 블록 기반의 손실 부호화 과정에서 발생 가능한 블록형 잡음 및 뭉개짐 현상의 정도를 정량화하며, 이와 함께 강한 에지 주변에서 특징적으로 나타나는 물결형 떨림, 계단형 떨림 및 모자이크 잡음 등을 정량화한다. 그리고 퍼지 적분을 이용하여 각각의 잡음의 정도를 통합하여 최종적인 점수를 계산함으로써 주어진 영상의 화질을 평가한다. 제안 알고리즘에 따라 얻어진 화질 평가 결과는 전문가 집단에 의한 주관적 화질 평가 결과와 높은 유사성을 보인다.

Abstract

In this paper, a no-reference perceptual metric is proposed for image quality assessment. It measures the amount of overall blockiness and blurring of the image and evaluates the amount of ringing, staircase, and mosaic noises around the strong edges. Finally, the individual scores are combined by a fuzzy integral to generate the final quality score of the image. The quality scores obtained by the proposed algorithm show strong relationship with the MOS(Mean Opinion Score) values by experts.

Keyword : 영상화질평가(image quality assessment), 무참조(No-reference), MOS

1. 서 론

영상의 화질을 평가하는 작업은 본질적으로 주관적인 특성을 가지고 있다. 동일한 영상에 대한 평가 결과라고 하더라도 평가자 및 평가 환경에 따라 영향을 받기 때문이다. 그럼에도 불구하고 객관적으로 영상의 화질을 평가하는 방법을 개발하기 위한 노력은 오래전부터 지속되어 왔으며, 최근 들어 멀티미디어 영상의 유료 서비스가 등장하게 되

면서 이에 대한 필요성이 더욱 강조되고 있다. 이는 서비스의 활성화를 위해서는 서비스의 품질 즉 영상의 화질에 대해 공급자와 소비자가 서로 동의할 수 있는 합리적인 평가 방법이 필수적으로 요구되기 때문이다. 즉 이는 보장된 품질에 대한 판단 기준과 그 기준에 따른 판정결과의 신뢰성에 직접적으로 관련되는 문제이다. 실제로 PSNR(Peak-to-peak Signal to Noise Ratio)이 사람이 인지하는 화질 평가와는 상당한 차이를 보임에도 불구하고 그동안 보편적인 평가 도구의 역할을 해왔던 이유가 바로 PSNR만이 거의 유일하게 화질에 대해 객관적으로 정량화될 수 있는 척도였기 때문이다.

최근에는 PSNR의 한계를 극복하기 위해서 사람의 시각

a) 국민대학교 대학원 전자공학과
Dept. of Electrical Eng., Graduate School, Kookmin University

b) 국민대학교 전자공학부
School of Electrical Engineering, Kookmin University

† 교신저자: 정경훈(khjung@kookmin.ac.kr)

※ 본 연구는 2007년도 국민대학교 교내연구비를 지원받아 수행되었음.

특성을 고려함으로써 사람이 실제로 인지하는 화질에 보다 근접하는 평가 결과를 얻는 방법을 개발하려는 노력이 진행되고 있다. 국제적으로도 멀티미디어의 품질평가 방법에 대한 연구가 이루어지고 있는데, 특히 ITU(International Telecommunication Union)와 VQEG(Video Quality Expert Group)를 중심으로 멀티미디어 동영상의 객관적 품질측정을 위한 표준화 과정이 진행 중이다.

영상의 객관적 화질평가 방법은 원본 영상의 존재 유무에 따라서 FR(Full Reference) 방법, RR(Reduced Reference) 방법, NR(No Reference) 방법으로 구분된다^[1-2]. 이 가운데 NR(이하 무참조) 화질 평가 방법은 화질의 기준이 되는 원본 영상을 참조할 수 없는 상황을 가정하여 열화된 영상만을 가지고 화질을 평가하는 방법이다. 이와 같은 경우에 전문가 또는 소비자들이 직접 영상을 보고 판단하는 주관적인 방법은 화질 평가를 위한 비용과 시간이 많이 소모될 뿐만 아니라 절대적인 판단 기준으로 삼기가 곤란하다는 점에서 실용적이지 못하다. 따라서 이와 같은 경우에도 인간의 시각특성에 부합하면서도 객관적인 화질 평가 방법이 필요하다.

인지적 화질 평가를 위한 기존의 방법들은 객관적 화질의 가장 일반적인 척도인 PSNR 대신에 영상 내에 존재하는 블록형(blocky) 잡음과 뭉개짐(blurring) 현상에 초점을 맞추어 화질을 점수화하는 방법이 대표적이다. Wang은 JPEG(Joint Photographic Experts Group)과 같은 손실부호화 방식에서 8x8 블록 단위의 DCT(Discrete Cosine Transform) 연산을 통해 영상을 압축하는 과정에서 영상 내의 고주파 정보를 잃어버림으로써 발생하는 블록형 잡음 및 뭉개짐 현상에 기초한 화질 평가 알고리즘을 제안하였다^[3]. Wang의 알고리즘에서는 블록형 잡음이 블록의 경계에서만 발생하는 특성을 이용하였다. 즉 8x8 크기의 블록사이의 경계의 차이를 검출하여 수직, 수평 방향에 대해 경계 차이 값들의 평균과 블록 내부 화소 값의 평균, 영점 교차점을 찾아 각각에 가중치를 두고 합산을 하는 방식이다. 그리고 블록 내부의 화소 값의 평균이 뭉개짐 현상을 의미하는 것으로 간주한다. 한편 Marziliano는 에지 마스킹을 통하여 뭉개짐 영역을 먼저 검출한 후 뭉개짐의 정도를 인지적으로 계량화하는 알고리즘을 제시하였으며^[4], Li는 블록형 잡

음과 물결형 떨림 잡음을 고려한 화질 평가 알고리즘을 개발하였다^[5]. 또한 Gao의 참조 영상을 직접적으로 사용하지는 않지만 그 통계적 특성을 이용하여 화질을 측정하는 내용 기반의 화질 측정 기법(CBM: Context Based Method)을 제안하였다^[6].

이 논문에서는 Wang 및 Marziliano의 방법을 통합하고 강한 에지 주위에서 발생하는 물결형(ringing) 떨림 현상과 대각선 에지에서 발생하는 계단형(staircase) 떨림 현상, 그리고 불연속 블록의 집합인 모자이크(mosaic) 잡음까지 추가적으로 고려한 무참조 인지 화질 측정 방법을 제안한다. 일반적으로는 인간의 시각은 블록형 잡음과 뭉개짐 현상에 가장 민감하게 반응하기 때문에 화질을 평가하는데 있어서 이들 두 요소가 가장 중요하게 고려해야 함은 사실이나, 영상의 내용에 따라서는 대각선 에지 등에서 발생하는 계단형 떨림 현상이나 강한 에지 부근의 물결형 떨림 현상, 그리고 완만한 변화가 있는 영상을 부호화하였을 때 나타날 수 있는 모자이크 잡음 등이 확연히 드러나서 화질을 더욱 떨어뜨리는 경우도 있다. 제안하는 알고리즘은 이러한 가능성을 고려함으로써 화질 평가 결과가 MOS(Mean Opinion Score)를 더욱 잘 모사하도록 하였다.

본 논문의 II장에서는 다양한 형태의 잡음의 영향을 계량화하는 방법과 퍼지 적분을 통해 개별적인 점수를 통합하여 단일 평가점수를 산출하는 방법을 제안한다. 이어서 III장에서는 JPEG에서 제시한 실험 영상에 대하여 제안 알고리즘을 통해 화질을 평가하고, 이 결과를 JPEG의 MOS 결과 및 Wang의 알고리즘^[3]과 Gao의 알고리즘^[6]과 비교함으로써 제안 알고리즘의 성능을 분석한다. 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 인지 화질의 점수화 방법

인지 화질에 영향을 미치는 대표적인 잡음인 블록형 잡음과 뭉개짐 현상은 모두 부호화 신호처리 과정에서 영상에 포함된 고주파 정보를 잃어버렸기 때문에 나타나는 현상이다^[1,7]. 동일한 원인에 기인하는 이 두 현상이 서로 매우 의존적으로 나타나는 것이 일반적인 양상이기 때문에 일반

적인 자연적인 영상에서는 두 요인 가운데 하나만 고려하여도 인지 화질의 평가에 충분한 경우가 있다. 그러나 문자 또는 자막 등과 같이 매우 강한 에지 성분이 포함된 영상에서는 이 두 현상 사이의 상관성이 상당히 떨어진다. 따라서 화질 평가 결과의 신뢰성을 높이기 위해서는 이들을 각각 개별적으로 점수화하여 서로 결합하는 것이 바람직하다.

한편 동일한 정도의 블록형 잡음과 뭉개짐 현상이 나타나는 영상이라고 해도 영상의 내용에 따라서 인지하는 화질이 차이가 나는 경우가 많이 있다. 그것은 강한 에지를 포함하는 영상의 경우 두드러지게 나타나는 물결형 떨림이나 계단형 떨림, 그리고 에지의 방향성이 모자이크 모양으로 변할 때 눈에 두드러지게 나타나는 모자이크 잡음 등이 사람의 인지 특성에 영향을 주기 때문이다. 따라서 제안하는 알고리즘은 이러한 떨림 현상도 점수에 반영하여 화질을 측정한다.

본 논문에서 고려하는 다양한 화질 열화 현상을 그림 1에서 나타내었다. 그림 1 (a)는 뭉개짐 현상과 블록형 잡음이 같이 나타나는 경우로서 사람 얼굴 영역에서 이를 확인할 수 있다. 또한 그림 1 (b)의 탁구 테이블 에지와 팔 주변에서 물결형 떨림 현상의 관찰이 가능하고, 그림 1 (c)에서 대각선 에지가 불연속적으로 끊어지는 계단형 떨림 현상을 볼 수 있다. 그리고 모자이크 잡음은 그림 1 (d)에서 자동차 창문 근처에 수평 에지 주변에서 확인할 수 있다^[7].

1. 블록형 잡음의 점수화

블록형 잡음은 사람의 눈에 가장 잘 띄는 왜곡 현상 중

하나로서, 블록단위의 영상처리로 인해 인접한 블록 경계의 불연속이 발생하여 사람의 눈에 거슬리는 것을 말한다. 기본적으로 블록형 잡음은 블록 경계에서 화소 값의 차이가 심한 경우에 인식된다. 따라서 Wang은 블록의 수직, 수평 방향에 대해 각 경계값의 차이를 검출한 후 평균을 구해 블록형 잡음을 검출하였다^[3].

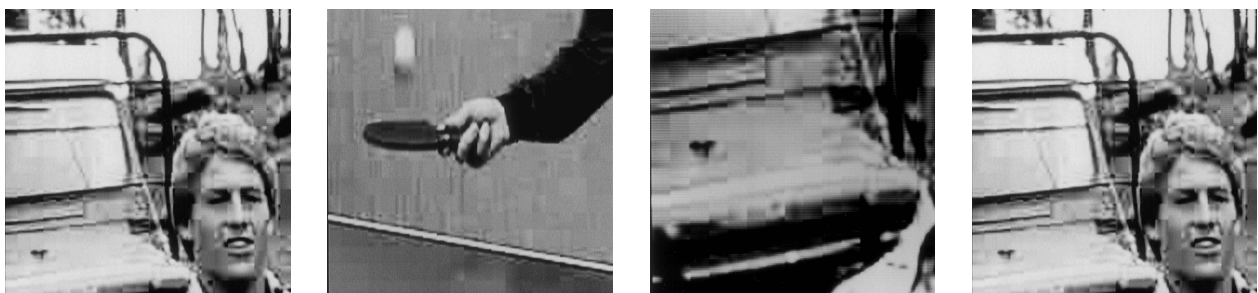
그러나 사람은 블록형 잡음이 복잡한 영역에 존재하는 경우에는 다른 형태의 왜곡과 혼동하기 쉽다. 따라서 본 논문에서는 블록의 경계에 차이가 발생할 때, 그 크기가 블록 내부에서의 화소의 변동성보다 크게 나타나는 경우에만 이를 블록형 잡음으로 판정하는 방법을 통해 인간의 시각 특성을 반영한다.

구체적인 알고리즘은 다음과 같다. 부호화 과정에서 신호처리의 단위가 8×8 블록인 경우, 각 블록내의 화소값의 평균과 분산을 구한다.

$$\mu_{m,n} = \frac{1}{8 \times 8} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 I(m-i, n-j) \tag{1}$$

$$\sigma_{m,n}^2 = \frac{1}{8 \times 8} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 [I(m-i, n-j) - \mu_{m,n}]^2 \tag{2}$$

여기서 $I(m,n)$ 은 영상의 화소값을 나타내며, (m,n) 은 블록의 경계 위치를 나타내며 8의 배수($m,n=8k, k=1,2,3,\dots$)로 주어진다. 다음으로 이 블록의 우변 및 하변과 경계를 이루고 있는 인접 블록 화소와의 화소 값의 차이를 다음과 같이 계산한다.



(a) (b) (c) (d)

그림 1. (a) 블록형 잡음 및 뭉개짐 현상, (b) 물결형 떨림 현상, (c) 계단형 떨림 현상, (d) 모자이크 잡음
 Fig. 1. (a) blocky and blurring artifact, (b) ringing atrifact, (c) staircase artifact, (d) mosaic artifact

$$\Delta_{m,n}^h = \frac{1}{8} \sum_{i=0}^7 |I(m-i,n) - I(m-i,n+1)| \quad (3)$$

$$\Delta_{m,n}^v = \frac{1}{8} \sum_{j=0}^7 |I(m,n-j) - I(m+1,n-j)| \quad (4)$$

마지막으로 경계 화소 값의 차이가 식(2)에서 구한 표준 편차의 γ 배(이를 블록 내부 화소의 변동성이라고 본다)보다 크면 그 경계에 블록화 현상이 나타난 것으로 판정한다. 즉 $\Delta_{m,n}^h > \gamma\sigma_{m,n}$ 이거나 $\Delta_{m,n}^v > \gamma\sigma_{m,n}$ 이면 그 경계선에 블록형 잡음이 발생한 것으로 판정한다.

그림 2 (a)는 JPEG 부호화로 인해 열화된 실험영상이고 그림 2 (b)는 제안하는 알고리즘을 적용하여 블록형 잡음의 발생 여부를 판정한 결과이다.

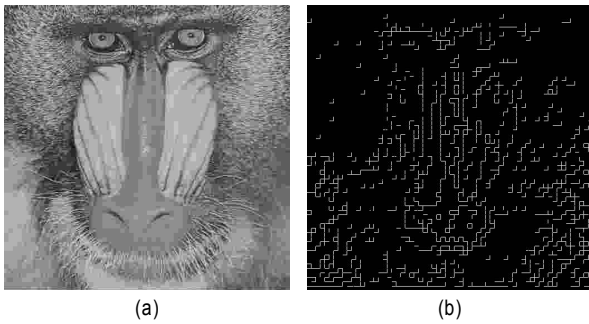


그림 2. (a) JPEG 실험 영상, (b) 블록형 잡음 판정 영역
Fig. 2. (a) JPEG test image, (b) The area of blocking artifact

제안 알고리즘에서는 블록형 잡음의 점수를 계산하기 위해 식 (5)로 주어진 Sugeno 퍼지 적분^[8-9]을 사용한다.

$$(S) \int_A I_{masked}(x,y) dg = \sup_{\alpha \in [0,1]} \min\{\alpha, g(A \cap F_\alpha(I))\} \quad (5)$$

$$F_\alpha(I) = \{x,y | I_{masked}(x,y) \geq \alpha\} \quad (6)$$

여기서 A 는 실험 영상의 화소값들의 집합, $I_{masked}(x,y)$ 는 블록형 잡음이 존재한다고 판정된 영역에 해당하는 영상으로서 여기서는 블록형 잡음이 검출된 영역의 영상이며, 함수 g 는 확률 함수로써 영상에서 0이 아닌 화소값을 가지

는 영역에서 화소값 α 보다 큰 화소값을 가질 확률을 나타낸다.

2. 뭉개짐 현상의 점수화

무참조 화질 측정 방법에서 뭉개짐 현상을 독립적으로 수행하는 것은 불가능하기 때문에 블록형 잡음에 의존적인 방법으로 찾을 수밖에 없다. 즉 블록형 잡음이 눈에 띄지 않는다면 그것은 고주파 성분이 잘 보존된 것을 의미하며 따라서 고주파 성분을 억압할 때 발생할 수 있는 뭉개짐 현상도 발생하지 않았으리라고 가정하고, 그렇지 않은 경우에만 뭉개짐 현상이 발생하였으리라고 가정한다. 구체적으로는 블록형 잡음 현상이 발생하는 경계를 기준으로 이전 경계부터 다음 경계까지는 영상에 뭉개짐 현상의 발생 가능성이 있다고 추정하여 이 구간에서의 화소 값 분포를 분석하여 뭉개짐의 정도를 추정한다. 그림 3에 나타난 바와 같이 그림 2(b)에서 얻은 블록형 잡음의 판정 결과에서 임의의 블록형 잡음 발생 위치 P_p 를 기준으로 할 때, 그 이전 블록형 잡음 발생 위치 P'_p 와 그 다음 블록형 잡음 발생 위치 P'_N 사이에 위치한 화소들이 이에 해당된다.

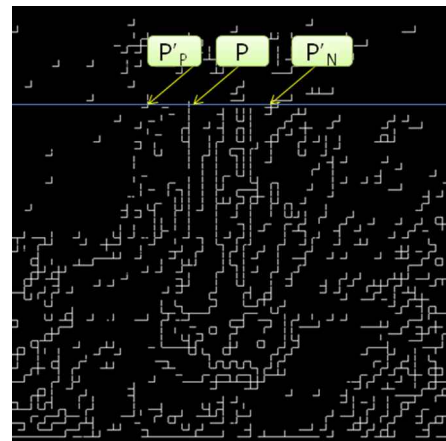


그림 3. 뭉개짐 현상 평가를 위한 마스크
Fig. 3. Mask for the evaluation of blurring artifact

특정 구간에서 뭉개짐의 정도는 구간의 길이가 길수록 그리고 구간 내의 화소값 변동이 작을수록 심해진다고 가

정할 수 있다. 따라서 구간 내 화소의 개수를 최대 화소값과 최소 화소값의 차이로 나눈 값을 해당 위치에서의 멩게짐을 계산하는 기준으로 사용하였다. 그리고 각 위치에서의 영향을 식(7)과 같이 평균하여 영상 전체에 대한 멩게짐 점수를 산출하였다.

$$f_{blur} = \left[\sum_m \sum_{i=1}^{K(m)} \frac{Diff(i)}{n_{i+1} - n_{i-1}} \right]^{-1} \quad (7)$$

$$Diff(i) = \max(I(m, n_{i-1}) : I(m, n_{i+1})) - \min(I(m, n_{i-1}) : I(m, n_{i+1})) \quad (8)$$

여기서 $K(m)$ 는 m 번째 행에서 블록형 잡음이 발생한 위치의 개수를 의미하며 m 번째 열에서 블록형 잡음이 검출된 P_P', P, P_N' 의 위치를 각각 $(m, n_{i-1}), (m, n), (m, n_{i+1})$ 라고 가정하였다. 또한 임의의 행에서 첫 번째 검출 위치 또는 마지막 검출 위치에서의 경계값 처리를 위해서 해당 행의 처음 화소 및 마지막 화소에서 블록형 잡음이 발생한 것으로 간주한다.

3. 떨림 현상의 점수화

부호화 과정에서 발생하는 양자화 잡음은 영상에 다양한 형태의 떨림 현상을 일으킨다. 떨림 현상은 화소값의 방향성 있는 변동과 밀접하게 관련되어 있으며, 특히 급격한 화

소값의 변화가 있는 에지 주위에서 두드러지게 나타난다. 에지의 방향을 따라가지만 경사 각도를 제대로 표현하지 못하는 계단형 떨림 현상과 에지에 평행하게 물결 과형을 보이는 물결형 떨림 현상이 대표적이다. 그리고 블록화에 따라 영상의 연속성이 블록 사이에서 깨져서 불연속성이 드러나는 모자이크 현상도 떨림 현상의 일종으로 간주할 수 있다.

떨림 현상의 정도를 살펴보기 위해서 우선 에지의 방향성을 찾아야 한다. 에지의 방향성을 판단하기 위해 영상의 8×8 블록 단위의 DCT 영역에 대해서 그림 4에서 보인 바와 같은 수평에지, 수직에지, 대각에지 검출용 마스크^[10]를 적용시킨다. 그리고 마스크 연산의 결과 값 중에서 가장 큰 값과 두 번째 큰 값과의 차이를 구하여 그 차이가 임계값을 넘으면 해당 블록에 에지가 존재한다고 판단하고 이 때 마스크 연산 값이 가장 큰 방향을 에지의 방향이라고 판단한다. 에지의 방향성 추정을 위해 공간 영역 대신 DCT 영역을 사용하는 이유는 JPEG를 비롯한 블록 기반의 부호화 방식에서 8×8 DCT 연산을 수행하고 있으며 단순히 마스크에 해당되는 DCT 계수의 덧셈만을 요구한다는 점에서 계산량 측면에서 바람직하기 때문이다.

이상의 과정을 통해 방향성 에지가 존재하는 에지 영역이 설정되었으면, 다음은 에지 영역 내에서 계단형 떨림 및 물결형 떨림 현상, 그리고 모자이크 잡음을 개별적으로 구분한다. 먼저 계단형 떨림 현상은 대각선 방향의 에지가 연속적으로 나타나는 경우에 발행하므로 대각선 에지가 연속되

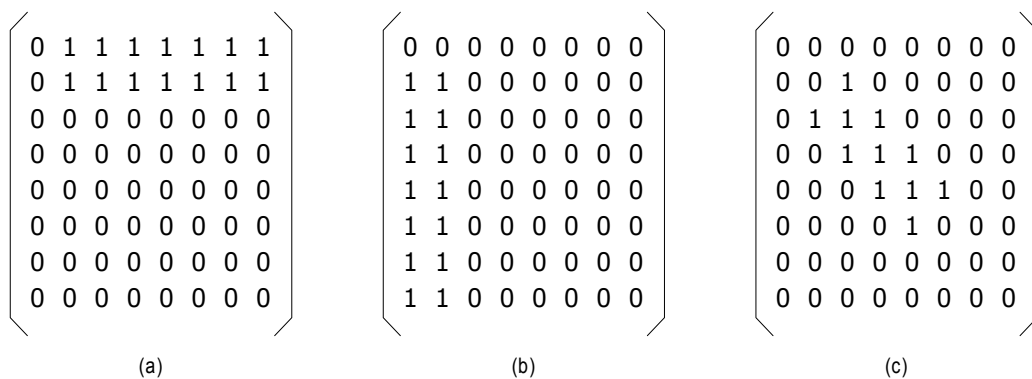


그림 4. 8×8 DCT 영역에서 에지 검출 마스크, (a) 수직 에지, (b) 수평 에지, (c) 대각 에지
 Fig. 4. Edge detection masks in 8×8 DCT domain, (a) vertical edge, (b) horizontal edge, (c) diagonal edge

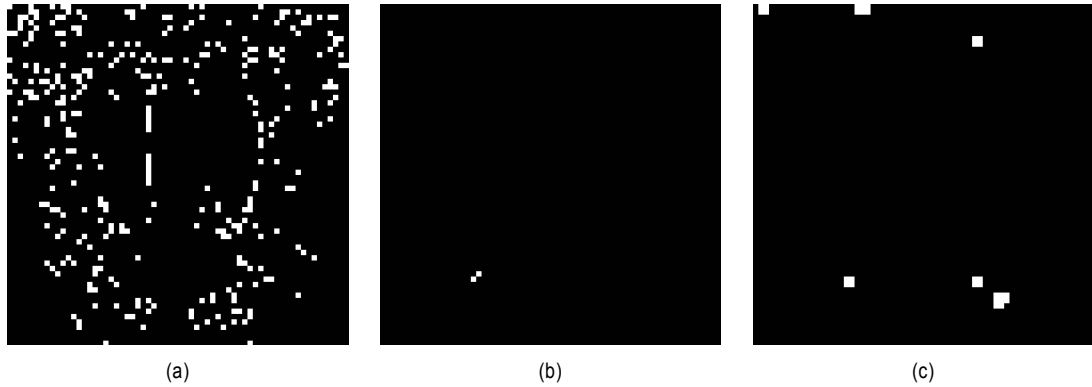


그림 5. (a) 물결형 떨림 마스크, (b) 계단형 떨림 마스크, (c) 모자이크 잡음 마스크
 Fig. 5. (a) The mask of ringing artifact, (b) the mask of staircase artifact, (c) the mask of mosaic artifact

는 에지 영역을 계단형 떨림 현상 발생 영역으로 구분한다. 다음으로 모자이크 잡음의 경우는 8×8 단위의 잡음 블록들이 모여져 형성되는 특징을 가지고 있으므로 이용하여 수직, 수평으로 2개 이상의 에지 블록이 연속되어 있는 영역을 모자이크 잡음 영역으로 구분한다. 그리고 마지막으로 전체 에지 영역에서 계단형 떨림 현상 영역과 모자이크 잡음 영역을 제외한 영역을 물결형 떨림 영역으로 구분한다. 그림 5에서는 그림 2 (a)의 영상에 대해서 에지 영역을 구하고 각각의 떨림 영역을 구분한 결과를 나타내었다.

물결형 떨림 현상, 계단형 떨림 현상, 모자이크 잡음 등의 점수도 블록형 잡음 점수를 구하는 과정과 마찬가지로 식 (5)에서 주어진 퍼지적분을 이용한다. 단 $I_{masked}(x,y)$ 대신에 물결형 떨림 영역 영상 $I_{ringing}(x,y)$, 계단형 떨림 영역 영상 $I_{staircase}(x,y)$, 그리고 모자이크 잡음 영역의 영상 $I_{mosaic}(x,y)$ 을 대입하여야 한다.

4. 퍼지 적분을 통한 개별 점수의 통합

주어진 영상의 최종적인 화질의 평가에는 앞서 살펴본 다양한 요인들이 종합적으로 영향을 미친다. 따라서 영상의 화질을 단일 점수로 계량화하기 위해서는 각각의 영향을 적절하게 통합하여야 한다.

사람의 시각은 보편적으로 저주파 영역에서 느끼는 블록

형 잡음과 뭉개짐 현상에 대해 가장 민감하다. 따라서 블록형 잡음이나 뭉개짐 현상의 정도가 떨림 현상보다 심하면 인간 시각은 이 두가지 요소에 의한 열화만으로도 영상의 좋고, 나쁨을 쉽게 판단할 수 있다. 그러나 반대의 경우에는 블록형 점수나 뭉개짐 점수가 반영하지 못하는 떨림 현상 점수들을 함께 고려하는 것이 바람직하다. 따라서 본 논문에서는 통합된 단일점수를 산출하기 위해서 식(9)에서 나타난 바와 같이 떨림 현상들의 점수와 뭉개짐 및 블러링 점수를 비교하여 적응적으로 결합하였다.

$$QS = \alpha f_{blk} + \beta f_{blur} - (\Delta f_{ringing} + \Delta f_{staircase} + \Delta f_{mosaic}) \quad (9)$$

여기서 f_{blk} 와 f_{blur} 는 각각 블록형 점수와 뭉개짐 점수를 의미하며 한편 α 와 β 는 비선형 최소 자승 귀환법에 따라 결정되는 파라미터이다. 그리고 $\Delta f_{ringing}$, $\Delta f_{staircase}$, Δf_{mosaic} 은 각각 물결형 떨림, 계단형 떨림, 모자이크 잡음에 따른 화질 점수 $f_{ringing}$, $f_{staircase}$, f_{mosaic} 와 f_{blk} 및 f_{blur} 를 비교한 값으로써 식 (10)과 식 (11)로 주어진다.

$$\Delta f_x = (f_x - f_{blk})u(f_x - f_{blk}) + (f_x - f_{blur})u(f_x - f_{blur}) \quad (10)$$

$$u(f_x - f_y) = \begin{cases} 1 & f_x \geq f_y \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (11)$$

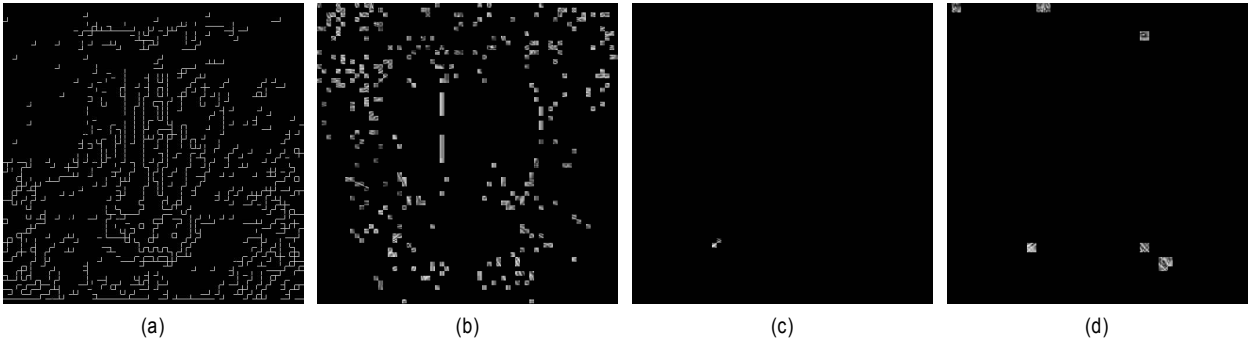


그림 6. (a) 블록형 잡음 경계, (b) 물결형 떨림 영역, (c) 계단형 떨림 영역, (d) 모자이크 잡음 영역.
 Fig. 6. (a) The area of blocking artifact, (b) the area of ringing artifact, (c) the area of staircase artifact, (d) the area of mosaic artifact

III. 실험 결과

제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 대표적인 블록기반의 영상 부호화 표준인 JPEG으로 압축한 영상에 대하여 인지적인 화질 평가를 실시하였다.

먼저 그림 6에서는 그림 2(a)의 실험영상에 제안하는 알고리즘을 적용하여 화질 열화가 있는 것으로 판정된 영역을 열화 요인별로 나타내었다. 실험영상과 비교할 때, 화질 열화 요인별로 판정된 결과가 사람의 인지 특성과 잘 부합

함을 알 수 있다.

또한 제안 알고리즘의 화질 평가 점수가 MOS를 얼마나 잘 반영하는 지를 살펴보기 위해 VQEG에서 제공하는 실험영상^[11]에 대한 평가 결과를 그림 7에서 보였다. VQEG에서는 공간적 특성이 다른 다섯 가지 종류의 영상, 즉 barba, clown, fruit, isabe, mandr에 대해서 각각 5단계의 화질로 JPEG 압축된 영상과 이들의 MOS값을 제공하고 있다. 그림 7에서는 비교 평가를 위해서 블록형 잡음을 점수화한 Wang의 알고리즘^[3]과 영상 영역의 유사도를 점수화한

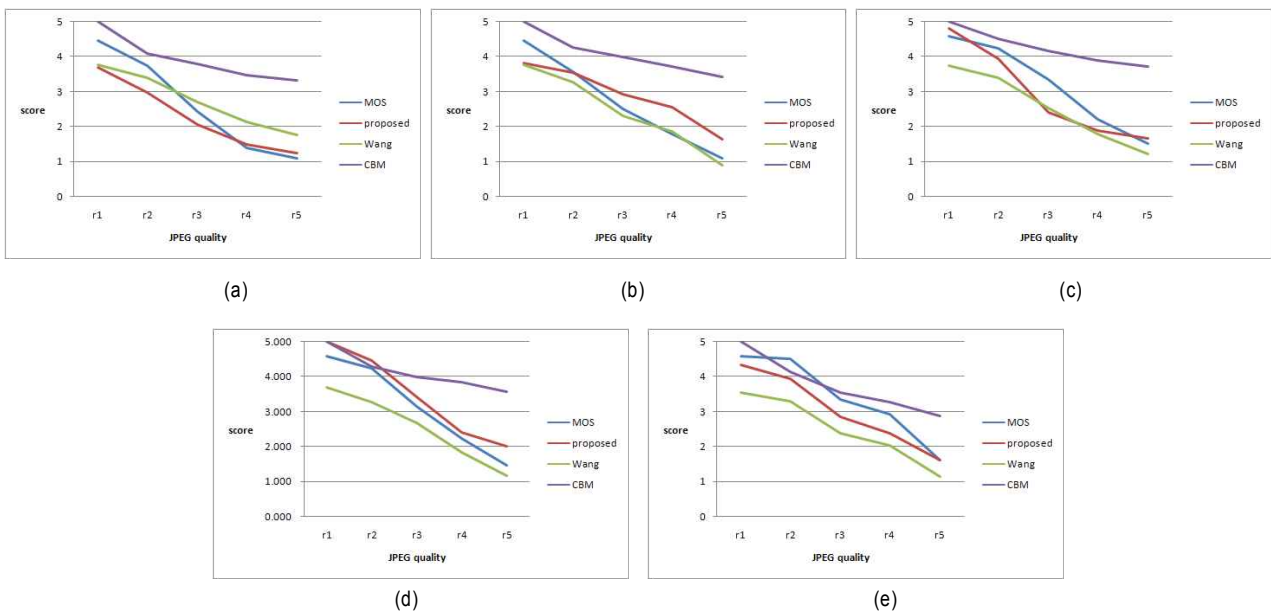


그림 7. MOS 비교 결과, (a) barba, (b) clown, (c) fruit, (d) isabe, (e) mandr
 Fig. 7. The result of MOS comparison, (a) barba, (b) clown, (c) fruit, (d) isabe, (e) mandr

CBM 알고리즘^[6]의 결과를 함께 나타내었다. 이를 통해 제안 알고리즘에 의한 화질 평가 점수가 화질에 따라 단조적으로 변화함을 확인할 수 있고, 기존의 방법에 비해서 MOS와 더욱 유사한 경향성을 나타냄을 확인할 수 있다.

표 1. 화질 점수와 MOS의 MAD(Mean Absolute Difference) 오차 비교
Table 1. The MAD(Mean Absolute Difference) errors of quality score and MOS

알고리즘	제안 알고리즘	Wang 기법[3]	CBM 기법[6]
barba	0.43	0.55	1.31
clown	0.49	0.29	1.40
fruit	0.39	0.64	1.08
isabe	0.32	0.60	1.01
mandr	0.37	0.92	0.52
평균	0.40	0.60	1.06

표 2. 화질 점수와 MOS의 RMS(Root Mean Squared) 오차 비교
Table 2. The RMS(Root Mean Squared) errors of quality score and MOS

알고리즘	제안 알고리즘	Wang 기법[3]	CBM 기법[6]
barba	0.512	0.586	1.516
clown	0.550	0.362	1.567
fruit	0.480	0.679	1.317
isabe	0.351	0.659	1.264
mandr	0.428	0.946	0.643
평균	0.464	0.646	1.262

표 3. 화질 점수의 MOS와의 상관도 비교
Table 3. The correlations of quality score and MOS

알고리즘	제안 알고리즘	Wang 기법[3]	CBM 기법[6]
barba	0.996	0.995	0.942
clown	0.969	0.990	0.976
fruit	0.939	0.997	0.951
isabe	0.994	0.996	0.915
mandr	0.984	0.996	0.911
평균	0.976	0.995	0.939

[표 1], [표 2], 그리고 [표 3]에서는 각각 화질 점수와 MOS와의 MAD(Mean Absolute Difference), RMS(Root Mean Squared Error), 그리고 상관도(correlation)을 비교한 결과를 나타내었다. MAD 측면에서 살펴 볼 때, 제안하는 화질 측정 기법은 평균적으로 기존 Wang의 기법에 비해서 30%, CBM 기법에 비해서는 60%의 개선이 있음을 보여준다. 또한 RMS 측면에서도 제안하는 화질 측정 기법이 평균적으로 Wang의 알고리즘과 비교했을 때는 24%, CBM 기법에 비해서는 61%가 개선되는 우수한 결과를 나타낸다. 단 clown 실험영상의 경우는 이례적으로 Wang의 알고리즘이 더 우수한 성능을 보인다. 그 원인은 clown 영상에 촘촘한 줄무늬나 체크 무늬와 같이 공간주파수가 매우 높은 규칙적인 패턴이 존재하는데, 화질이 단계별로 열화되고 고주파 성분이 손실되어 뭉개짐 현상이 심해지면서 실제로는 에지에 해당하는 영역이 제대로 검출되지 않아 블록형 잡음과 뭉개짐 현상에 기반한 Wang의 알고리즘이 유리하게 작용하였기 때문으로 판단된다. 하지만, 공간주파수가 높더라도 무작위적 분포를 보이는 mndr 실험영상의 경우는 제안 알고리즘의 성능이 더 월등함을 확인할 수 있다. 한편 correlation 측면에서 보자면, 전체적으로는 Wang의 알고리즘이 제안 알고리즘보다 약간 좋은 결과를 나타내지만 제안 알고리즘의 상관도도 0.97을 넘는 우수한 결과를 나타낸다. fruit 실험영상의 경우는 제안 알고리즘의 상관도가 특히 떨어지는데, 이 원인은 화질이 열화되면서 평탄한 배경 부분에서 거짓 윤곽선(false contour)이 나타났는데 제안 알고리즘에서 이를 에지 영역으로 판정했기 때문으로 분석된다.

IV. 결론

본 논문에서는 원본 영상을 참조하지 않고 블록기반의 부호화방법에 의해 열화된 영상만을 가지고 인지적으로 화질을 평가하기 위한 객관적인 알고리즘을 제안했다. 영상의 화질 열화 요인을 블록형 잡음, 뭉개짐 현상, 그리고 물결형, 계단형, 모자이크 잡음 등의 떨림 현상으로 구분하고 각 요인에 의한 화질 평가점수를 계산하고 이들 점수를 적응적으로 통합하여 영상 전체의 화질에 대한 단일 점수를

산출하는 방법을 제시하였다. 제안 알고리즘의 타당성을 보이기 위해 VQEG에서 제공하는 단계적인 화질을 나타내는 실험영상에 대해 실험을 수행하였다. 제안 알고리즘에 의한 화질 평가 점수는 화질의 열화에 따라 단조적으로 변화하였으며, VQEG에서 제공하는 주관적인 화질평가 점수인 MOS와 높은 유사성을 나타냄을 확인할 수 있었다. 특히 제안 알고리즘은 기존의 화질 평가 방법인 Wang의 기법 및 CBM 기법에 비교하여 볼 때 MOS와의 MAD 및 RMS 측면에서 매우 우수한 결과를 나타내었다.

참 고 문 헌

[1] H. R. Wu, K. R. Rao, Digital Video Image Quality and Perceptual Coding, CRC Press 2006.
 [2] Z. Wang, A. C. Bovik, Modern Image Quality Assessment, Morgan & Claypool Press 2006.

[3] Zhou Wang, H. R. Sheikh, Alan C. Bovik, "No-reference perceptual quality assessment of JPEG compressed images," Proc. of International Conference on Image Processing, vol.1, pp.477-480, Sep. 2002.
 [4] Pina Marziliano, Frederic Dufaux, Stefan Winkler, Touradj Ebrahimi, "A no-reference perceptual blur metric," Proc. of International Conference on Image Processing, vol.3, pp.57-60, Sep. 2002.
 [5] Xin Li, "Blind image quality assessment", Proc. of International Conference on Image Processing, vol.1, pp.449-452, Sep. 2002.
 [6] Xinbo Gao, Tao Wang, and Jie Li, "A content-based image quality metric," RSFDGrC 2005, LNAI 3642, pp. 231-240, 2005.
 [7] M. Yen, H.R. Wu. "A survey hybrid MC/DPCM/DCT video coding distortions", Signal Processing, vol. 70 pp.248-278, 1998.
 [8] Junli Li, Zheru Chi, Gang Chen, "Image retrieval based on Sugeno fuzzy integral," International Conference on Image and Graphics, vol. 18, pp.160-163, Dec. 2004.
 [9] 변중남, 퍼지논리 제어, 홍릉과학출판사, 1997.
 [10] 김정규, 인간의 시각 특성을 고려한 JPEG 기반의 양자화기 설계에 관한 연구, 창원대학교 석사학위논문, 2000.
 [11] <http://www.vqeg.org>

저 자 소 개



임진영

- 2007년 2월 : 국민대학교 전자공학부 졸업
 - 2007년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 석사 과정
 - 주관심분야 : 디지털영상처리, 멀티미디어신호처리



장호석

- 2000년~2008년 : 국민대학교 전자공학전공 학사
 - 2008년~현재 : 국민대학교 전자공학전공 석사
 - 주관심분야 : Image enhancement, 영상 및 비디오 압축

 저 자 소 개



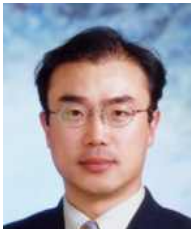
강 동 욱

- 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학 졸업
- 1988년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1995년 2월 : 서울대학교 전자공학과 박사
- 2000년 9월 ~ 2001년 8월 : Lucent Technology MTS
- 1995년 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- 주관심분야 : 비디오 코딩, 영상통신



김 기 두

- 1980년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업
- 1988년 8월 : The Pennsylvania State University, MS(Electrical Eng.)
- 1990년 12월 : The Pennsylvania State University, MS(Electrical Eng.)
- 1980년 3월 ~ 1985년 12월 : 국방과학연구소 연구원
- 1998년 3월 ~ 1999년 2월 : 미국 UCSD, Visiting Scholar
- 1991년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- 주관심분야 : 디지털통신, 디지털신호처리



정 경 훈

- 1987년 2월 : 서울대학교 전자공학 졸업
- 1989년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1996년 2월 : 서울대학교 전자공학과 박사
- 1991년 12월 ~ 1997년 2월 : 한국영상산업진흥원 선임연구원
- 1997년 3월 ~ 2005년 2월 : 한동대학교 전산전자공학부 교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- 주관심분야 : 멀티미디어신호처리, 디지털 방송