

일반논문-11-16-3-16

주파수 도메인 정보를 이용한 영상의 Sharpness 평가 방법

최 현 수^{a)}, 이 철 희^{a)†}

Sharpness Measure Based on the Frequency Domain Information

Hyunsoo Choi^{a)} and Chulhee Lee^{a)†}

요 약

본 논문에서는 영상의 선명도를 영상의 주파수 도메인 정보를 이용하여 측정하는 새로운 무기준법 화질 평가 방법을 제안한다. 기존에, 영상에 대한 선명도는 일반적으로 영상의 픽셀 값을 이용하여 측정되었다. 제안된 방법은 기존 방법과 달리 영상에 대한 선명도를 주파수 도메인 정보를 이용하여 측정하였다. 주파수 도메인에서 선명도를 평가하기 위하여 주어진 영상은 가우시안 저주파 필터를 사용하여 열화 되고, 열화 영상과 주어진 영상의 주파수 영역 계수를 사용하여 새로운 선명도 평가 함수를 정의하였다. 제안된 방법의 성능 검증은 TID2008 화질 평가 데이터베이스를 사용하여 이루어졌다. 기존 무기준법 영상 선명도 평가 방법과 비교하였을 때, 제안된 선명도 평가 방법은 주관적 화질 점수와 보다 높은 상관도를 보였다.

Abstract

In this paper, a new no-reference sharpness measure using frequency domain coefficients is proposed. Although most existing sharpness measures used pixel intensity to compute the blur degree, the proposed sharpness measure computes the sharpness using frequency coefficients. To assess the perceived sharpness of a given image, the image is re-blurred by a Gaussian low pass filter and a new quality measure function was defined using the frequency domain coefficients of the given image and the re-blurred image. To evaluate the proposed algorithms, TID2008 quality assessment database was used. Experimental results show that the proposed quality assessment method showed high correlation with the subjective scores.

Keyword : no-reference, image quality assessment, sharpness measure, frequency domain.

1. 서 론

기술이 발전함에 따라 사용자가 고해상도의 영상을 시청할 수 있는 환경이 갖춰지고, 고해상도 영상 서비스가 제공되고 있다. 제한된 대역폭을 사용하여 고해상도 영상을 전

송하기 위해 영상 정보는 다양한 방법으로 압축되어 전송된다. 압축 과정 중에 고해상도 영상은 블로킹, 블러링과 같은 열화 현상으로 인해 체감 화질이 저하될 수 있다. 또한, 이와 같은 열화 현상은 서비스 품질에 큰 영향을 미치기 때문에, 열화 정도를 측정하기 위한 노력은 꾸준히 지속되어 오고 있다.

영상에 대한 화질 평가 방법 중 주관적 방법은 가장 신뢰성이 높은 방법으로 인정받고 사용되고 있다. 주관적 화질 평가 방법이 신뢰성이 높은 방법이지만, 주관적 평가 방법은 화질 점수를 얻기 위하여 제한된 실험 조건과 다수의

a) 연세대학교 전기전자공학과

Dept. Electrical & Electronic Eng., Yonsei University

† 교신저자 : 이철희(chulhee@yonsei.ac.kr)

※"본 연구는 방송통신위원회의 방송통신미디어원천기술개발사업의 연구 결과로 수행되었음"(KCA-2011-10912-02003))

· 접수일(2011년4월15일), 수정일(20115월17일), 게재확정일(2011년5월17일)

피 실험자를 필요로 하기 때문에, 비용 및 시간적 측면에서 효율성이 떨어진다.

객관적 화질 평가 방법은 주관적 화질 평가 방법이 갖는 단점을 보완하기 위하여 제안되었다. 객관적 화질 평가 방법은 원본 정보의 사용 정도에 따라 크게 세 가지 (전기준법^[14], 감소기준법^[5-7], 무기준법^[8-16])로 분류된다. 전기준법은 원 영상과 수신영상을 비교하여 수신영상의 화질을 측정하며, 감소기준법은 원 영상에서 추출한 특징을 사용하여 수신영상의 화질을 평가한다. 마지막으로 무기준법은 수신영상만을 사용하여 수신영상의 화질을 측정한다. 한편, 영상의 화질을 평가하는 방법은 기존 장비와의 호환성이 높을수록 바람직하다. 왜냐하면, 화질을 평가하기 위해서 기존 장비를 대폭 교체해야 하는 것은 바람직하지 않기 때문이다. 기존 장비와의 호환성을 극대화하기에 가장 적절한 방법은 수신영상만을 사용하여 화질을 평가하는 무기준법이다.

일반적으로, 무기준법 방법은 특정 열화 현상을 측정함으로써 화질을 평가하는 방향으로 연구가 진행되어 왔다. 특정 열화 현상 중에서 블러링(선명도)은 고해상도 영상에서 사용자의 체감 화질에 큰 영향을 미칠 수 있기에, 연구자들은 영상의 선명도를 화질의 중요한 요소로 정의하고 이를 측정하기 위한 다양한 방법을 제안해 왔다. 기존 영상의 선명도 측정 방법은 일반적으로 영상의 공간 영역에서 화소값을 이용하여 이루어졌다^[15-16]. 이와 같은 방법들은 특정 원 영상에 대해서는 우수한 성능을 보여주었으나, 다양한 원 영상에 대해서는 일관된 성능을 보여주지 못하는 경우가 있었다. 또한, 선명도를 측정하기 위해 학습 과정을 거치는 등, 방법을 적용하는 데 있어 부적합한 점이 존재했다.

본 논문에서는 영상의 주파수 도메인 정보를 이용하여 선명도를 측정하는 새로운 방법을 제안한다. 제안된 선명도 측정 화질 평가 방법은 주파수 도메인에서 선명도를 평가하기 위하여 가우시안 저주파 필터를 사용하여 주어진 영상을 열화 시키고, 열화 영상과 주어진 영상의 주파수 영역 계수를 사용하여 새로운 선명도 평가 함수를 정의하였다. 정의된 선명도 평가 함수는 영상의 종류에 상관없이 일괄적으로 적용되었으며, 별도의 학습 과정을 필요로 하지 않는다. 제안된 방법의 성능 검증을 위하여 공용으로 사용 가능한 TID2008 화질 평가 데이터베이스를 사용하였으며, 선명도 평가에 적

합한 가우시안 블러 영상 및 JPEG2000압축 영상에 대한 성능 검증이 수행되었다. 기존 무기준법 영상 선명도 화질 평가 방법과 비교하였을 때, 제안된 선명도 평가 방법은 주관적 화질 점수와 보다 높은 상관도를 보임을 알 수 있었다.

II절에서는 최근에 소개된 무기준법 영상 선명도 평가 방법을 소개하고, III절에서는 주파수 도메인 정보를 이용한 영상 선명도 평가 방법을 제안한다. 기존 평가 방법과 제안된 화질 평가 방법을 비교하기 위하여 IV절에서는 영상 화질 평가 데이터베이스에서 가우시안 저주파 필터로 열화된 영상들과, JPEG2000으로 압축된 영상들에 대한 성능을 분석하였다. 마지막으로 V절에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 기존 무기준법 영상 선명도 평가 방법

1. Perceptual Blur Metric^[15]

이 평가 방법은 경계의 번짐 정도를 측정함으로써, 영상의 선명도를 측정한다. 그림 1은 이 방법의 블록 다이어그램을 보여준다. 그림 1에서 볼 수 있듯이, 경계 검출기(예: Sobel 필터)가 영상의 휘도 성분에 적용된 후 임계값을 사용하여 노이즈와 중요도가 떨어지는 경계 요소들은 제거된다. 이 후, 경계에 해당하는 픽셀 위치에서 경계에 인접한

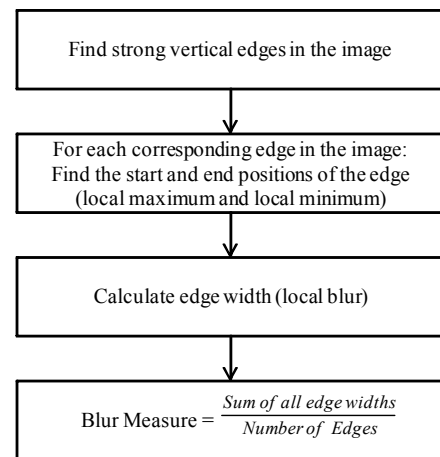


그림 1. 선명도 평가 함수 정의^[15]
Fig. 1. Blur measure definition in [15]

최대 휘도 값의 위치로, 경계의 시작 위치와 종료 위치를 찾는다. 해당 경계 화소에 대한 경계의 번짐 정도는 이렇게 측정된 경계의 시작 위치와 종료 위치를 사용하여 정의되고, 전체 영상에 대한 선명도는 각 경계 화소들에 대한 경계 번짐 정도를 평균함으로써 계산된다.

2. A No-Reference Objective Image Sharpness Metric Based on the Notion of Just Noticeable Blur (JNB)^[16]

이 방법은 자극 변화에 대한 최소 인지의 개념을 확률 모델과 결합시킴으로써 정의되었다. 기존에 소개된 영상에 대한 화질 평가 방법들 중 일부는 인간 시각 체계의 특성 분석을 기반으로 제안되어 왔는데, 이 방법들은 대부분 'Just Noticeable Difference(JND)'라고 일컬어지는 자극 변화에 대한 최소 인지의 개념을 바탕으로 정의되었다. JNB 방법은 경계 주위에서 발생하는 블러링 정도의 최소값이 자극 변화에 대한 최소 인지 한계(JND)를 넘을 때, 사람이 영상에 대한 블러링을 인식하는 것으로 정의하였다. 인간 시각 체계에서 블러링 인식과 자극 변화에 대한 최소 인지 한계와의 관계는 주관적 실험을 통하여 얻어졌다. 그림 2는 주관적 실험에서 사용된 화면의 예를 보여준다.



그림 2. JNB를 정의하기 위한 주관적 실험에서 사용된 영상
Fig. 2. Snapshot of the subjective test experiment to define JNB

그림 2에서 배경화소 I_B 에 대하여 전경화소 값 I_F 는 전

경과 배경의 밝기 차($C = |I_F - I_B|$)가 JND보다 더 큰 값을 갖도록 선택된다. 직사각형 모양은 자연 영상에서 쉽게 찾을 수 있는 수평/수직 경계 주위에서 블러링 효과를 분석하기 위해서 선택되었다. 주어진 전경과 배경의 밝기 차 값에 대하여, 전경을 나타내는 사각형은 표준편차가 0.1에서 0.95사이의 값을 갖는 7×7 의 가우시안 저주파 필터를 사용하여 열화 되었다. JNB값은 피 실험자가 표준편차의 값을 0.1에서 0.95로 점점 키워갈 때, 블러링을 인식하는 순간의 표준 편차 값으로 정의되었다.[16] [16]에서 이 방법은 기존 방법과 비교하여 영상의 선명도를 측정하는 데 효과적인 것으로 나타났으나, 선명도를 측정하기 위해 주관적 실험에 의하여 결정되는 파라미터를 사용해야 하므로 실험 조건에 따라서 결과가 다르게 나타날 수 있는 문제점을 가지고 있다.

III. 제안된 무기준법 영상 선명도 평가 방법

제안된 무기준법 영상 선명도 평가방법에서는 수신 영상과 수신 영상을 가우시안 저주파 필터를 사용하여 열화 시킨 영상의 주파수 도메인 계수를 사용하여 새로운 함수를 정의한다. 만약, 수신 영상이 임의의 가우시안 저주파 필터에 의하여 열화된 것이라고 했을 때, 이 과정을 주파수 도메인 수식으로 표현하면 식 (1)로 표현할 수 있다.

$$B(w) = F(w)G_R(w) = F(w)e^{-\frac{R^2}{2}w^2} \quad (1)$$

$B(w)$ 는 수신 영상, $F(w)$ 는 알 수 없는 가우시안 저주파 필터로 열화되기 전의 영상, R 은 알 수 없는 가우시안 저주파 필터의 표준편차, $G_R(w)$ 는 알 수 없는 가우시안 저주파 필터를 각각 의미한다.

수신 영상을 알려진 표준 편차 값 (α)을 갖는 가우시안 저주파 필터로 열화 시켰을 때, 이 과정을 주파수 도메인 수식으로 표현하면 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$B_\alpha(w) = F(w)G_{\sqrt{R^2+\alpha^2}}(w) = F(w)e^{-\frac{R^2+\alpha^2}{2}w^2} \quad (2)$$

$B_\alpha(w)$ 는 수신 영상을 표준 편차 α 를 갖는 가우시안 저주파 필터로 열화 시킨 영상, $G_{\sqrt{R^2+\alpha^2}}(w)$ 는 알 수 없는 가우시안 저주파 필터와 알려진 가우시안 저주파 필터가 중첩된 필터를 각각 의미한다.

영상의 선명도를 평가하기 위해서 본 논문에서는 $B(w)$ 와 $B_\alpha(w)$ 를 사용하여 식 (3)과 같은 선명도 평가 함수를 정의하였다. 정의된 영상 선명도 평가 함수는 수신 영상과 열화 영상간의 차이를 주파수 도메인 계수들의 Log scale 차 값으로 정의하고 여기에 수신 영상의 계수 값을 가중치로 적용한 것을 의미한다.

$$M(R) = \int_{-\infty}^{\infty} |B(w)| \ln \frac{|B(w)|}{|B_\alpha(w)|} dw \quad (3)$$

식 (3)을 식 (1)과 (2)를 사용하여 정리했을 때 식 (3)은 식 (4)로 재정리된다.

$$\begin{aligned} M(R) &= \int_{-\infty}^{\infty} |B(w)| \ln \frac{|B(w)|}{|B_\alpha(w)|} dw \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} |F(w)| e^{-\frac{R^2}{2}w^2} \left(\frac{\alpha^2}{2}w^2 \right) dw \end{aligned} \quad (4)$$

변수 R 과 $M(R)$ 의 관계를 알아보기 위해 식 (4)를 R 값에 대하여 미분했을 때, 식 (4)는 식 (5)로 정리된다.

$$\begin{aligned} \frac{dM(R)}{dR} &= \frac{d}{dR} \int_{-\infty}^{\infty} |F(w)| e^{-\frac{R^2}{2}w^2} \left(\frac{\alpha^2}{2}w^2 \right) dw \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} |F(w)| e^{-\frac{R^2}{2}w^2} (-Rw^2) \left(\frac{\alpha^2}{2}w^2 \right) dw \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)에서 $|F(w)|$, $e^{-\frac{R^2}{2}w^2}$, $\frac{\alpha^2}{2}w^2$ 는 항상 양의 값을 가지며, $-Rw^2$ 값은 항상 음의 값을 가지므로 식 (5)는 항상 음의 값을 가진다. 그리고 이는 $M(R)$ 이 R 이 커짐에 따라서 단조 감소하는 함수임을 의미한다. 이 사실을 통해 함수 $M(R)$ 의 값은 알 수 없는 R 값의 변화를 반영하는 값으로 인식할 수 있다. 한편, 식 (4)와 (5)에서 $|F(w)|$ 는

알 수 없는 가우시안 저주파 필터로 열화되기 전의 원 영상을 의미하므로 원 영상의 종류에 따라 다른 값을 가질 수 있다. 따라서 원 영상을 정규화하기 위하여 상수 K 값으로 식 (4)를 나눠 $\hat{M}(R)$ 을 정의하였다.

$$\hat{M}(R) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|B(w)|}{K} \ln \frac{|B(w)|}{|B_\alpha(w)|} dw, \quad K \geq 0 \quad (6)$$

마지막으로 감각의 세기는 자극의 로그에 비례한다는 베버-페히너의 법칙[20]에 따라, 선명도 함수에 로그를 적용하고 디지털 영상에서 위의 특성을 따르기 위해 식 (6)은 최종식 (7)로 수정되었다.

$$\hat{M}(R) = \ln \left(\sum_{1 \leq w \leq N} \frac{|B(w)|}{K} \ln \frac{|B(w)|}{|B_\alpha(w)|} \right) \quad (7)$$

이 때, K 값은 수신 영상의 분산 값으로 결정되었고, N 주파수 도메인 계수의 총 개수를 의미한다.

결과적으로 본 논문에서는 식 (7)에서 정의된 $\hat{M}(R)$ 값을 영상의 선명도를 측정하는 함수로 정의하였다. 다시 말해서, 수신 영상 $B(w)$ 가 알 수 없는 표준 편차 R 을 갖는 가우시안 저주파 필터에 의하여 열화 된 영상이라고 한다면, $\hat{M}(R)$ 값을 계산함으로써 R 값을 간접적으로 예측할 수 있다.

IV. 실험

1. 실험방법

디지털 영상에서 식 (7)에서 정의된 $\hat{M}(R)$ 값을 계산하기 위하여 수신 영상 및 수신 영상을 알려진 표준 편차 값 (α)의 가우시안 저주파 필터로 열화 시킨 영상을 Fourier Transform을 사용하여, 각각 주파수 도메인 정보($B(w)$ 및 $B_\alpha(w)$)로 변환하였다. 그리고 수신 영상의 각 픽셀 값에 대한 분산을 K 로 결정한 뒤, 각 값을 식 (7)에 대입하여

$\hat{M}(R)$ 값을 계산하였다.

무기준법 영상 선명도 화질 평가 방법을 평가하기 위해서 실험에는 TID2008 Quality Assessment 데이터베이스의 가우시안 블러 영상 및 JPEG2000 압축 영상이 사용되었다^[19]. 공용으로 사용 가능한 Quality Assessment 데이터베이스는 TID2008 데이터베이스 이외에도 LIVE Quality Assessment 데이터베이스^[17], IVC Quality Assessment 데이터베이스^[18] 등 다수가 존재하지만, 무기준법 방법을 평가하기 위해서는 주관적 수치로 DMOS (Difference Mean Opinion Score)보다 MOS (Mean Opinion Score)의 사용이 바람직하고, 다양한 종류의 원본 영상으로 제작된 데이터베이스가 우수함으로 본 논문에서는 TID2008 데이터베이스를 선택하였다. 표 1과 2는 TID2008 데이터베이스에서 가우시안 블러 영상 및 JPEG2000 압축 영상에 대한 간략한 정리이다.

표 1. 가우시안 블러 영상 (TID2008 Quality Assessment 데이터베이스)
Table 1. Gaussian blurred images in TID2008 Database

원본 영상	25개
가우시안 저주파 필터의 표준편차 값	4종류 (0.65, 1, 1.7, 4)
영상 크기	512 x 384
주관적 점수 획득	Finland, Italy, Ukraine에서 830번의 주관적 실험
주관적 점수 범위	0~9

표 2. JPEG2000 압축 영상 (TID2008 Quality Assessment 데이터베이스)
Table 2. JPEG2000 compressed images in TID2008 Database

원본 영상	25개
영상의 PSNR	4종류 (PSNR: 대략 30dB, 27dB, 24dB, 21dB)
영상 크기	512 x 384
주관적 점수 획득	Finland, Italy, Ukraine에서 830번의 주관적 실험
주관적 점수 범위	0~9

객관적 화질 점수는 영상의 밝기 채널 (luminance)에서 계산되었으며, 제안된 무기준법 영상 선명도 평가 방법은

최근에 제안된 선명도 평가 방법 (JNB[16])과 성능 비교 및 분석이 이루어졌다. 각 화질 평가 방법의 성능 평가는 주관적 화질 수치인 MOS와 객관적 화질 수치간의 상관관계를 계산하여 이루어졌다. 상관관계는 Pearson 상관도로 계산되며 식 (8)을 따른다.

$$\rho = \frac{E(X - m_x)(Y - m_y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (8)$$

이 때, X 와 Y 는 각각 주관적 수치와 객관적 평가 값을 나타내고, m 과 σ 은 평균과 표준편차를 나타낸다.

한편, 주관적 화질 수치와, 객관적 화질 수치 간에는 비선형적 관계가 존재하므로 이를 고려하기 위해 Pearson 상관도는 3차 polynomial fitting 과정 후 계산되었다.

2. 실험결과 분석

기존 무기준법 영상 선명도 평가 방법과 제안된 선명도 평가 방법의 상관도는 표 3과 같다. 기존 JNB방법은 가우시안 블러 영상 셋에 대하여 주관적 화질 점수와의 상관도가 0.716를 나타내었으나, 제안된 선명도 평가 방법은 0.805의 상관도를 갖는 것으로 나타났다. 또한 JPEG2000 압축 영상 셋에 대하여 JNB방법은 0.831의 상관도를 나타내었으나, 제안된 선명도 평가 방법은 0.9에 가까운 0.897의 상관도를 보여주었다. 이 결과에서 볼 수 있듯이 제안된 선명도 평가 방법은 기존 방법과 비교하여 크게 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

표 3. 가우시안 블러 영상과 JPEG2000 압축 영상에 대한 주관적 화질 점수와 객관적 수치 간 Pearson 상관도 비교

Table 3. Pearson correlation coefficients between subjective and objective scores for Gaussian blurred images and JPEG2000 compressed images (TID2008 Database)

평가 방법	가우시안 블러 영상	JPEG2000 압축 영상
제안된 선명도 평가 방법	0.805	0.897
JNB	0.716	0.831

그림 3은 각 무기준법 영상 선명도 평가 방법에 대하여 주관적 화질 점수와 객관적 수치 간 산포도를 보여준다. 각 그래프에서 MOSp는 선명도 평가 수치를 주관적 수치 MOS에 3차 fitting한 뒤 얻은 값이다. fitting을 하는 이유는 앞서 언급했듯이 객관적 수치를 0-9의 범위를 갖도록 획득된 주관적 수치에 맞추기 위함이다. 그림 3과 4에서 볼 수 있듯이 제안된 방법은 기존 방법보다 회귀선 (regression

line)에 보다 많은 점들이 근접해 있음을 알 수 있고, 이는 제안된 방법이 주관적 화질 점수를 기존 방법보다 정확하게 예측할 수 있음을 의미한다.

그림 5는 TID2008 데이터베이스에서 JPEG2000 코덱에 의하여 열화 된 영상들 중 하나의 원본에 대한 샘플을 보여 준다. 더불어, 제안된 영상 선명도 평가 방법에 의하여 예측된 화질 수치와 주관적 화질 점수를 나타내었다. 그림

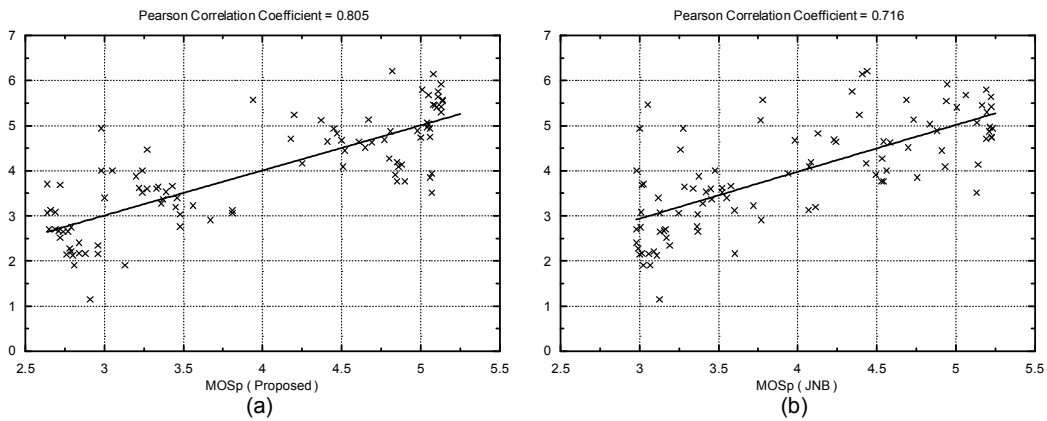


그림 3. TID2008 데이터베이스의 가우시안 열화 영상들에 대한 각 영상 선명도 평가 방법과 주관적 평가 수치간의 산포도 (a) 제안된 선명도 평가 방법 (b) JNB

Fig. 3. Scatter plots of the MOS versus MOSp of sharpness measures for Gaussian blurred images in TID2008 database. (a) scatter plot of the proposed sharpness measure (b) scatter plot of JNB

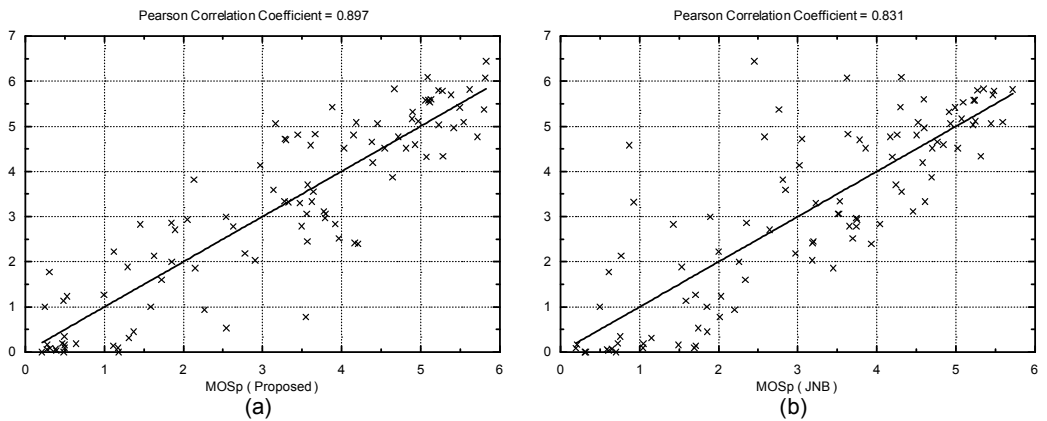


그림 4. TID2008 데이터베이스의 JPEG2000 압축 영상들에 대한 각 영상 선명도 평가 방법과 주관적 평가 수치간의 산포도 (a) 제안된 선명도 평가 방법 (b) JNB

Fig. 4. Scatter plots of the MOS versus MOSp of sharpness measures for JPEG2000 compressed images in TID2008 database. (a) scatter plot of the proposed sharpness measure (b) scatter plot of JNB

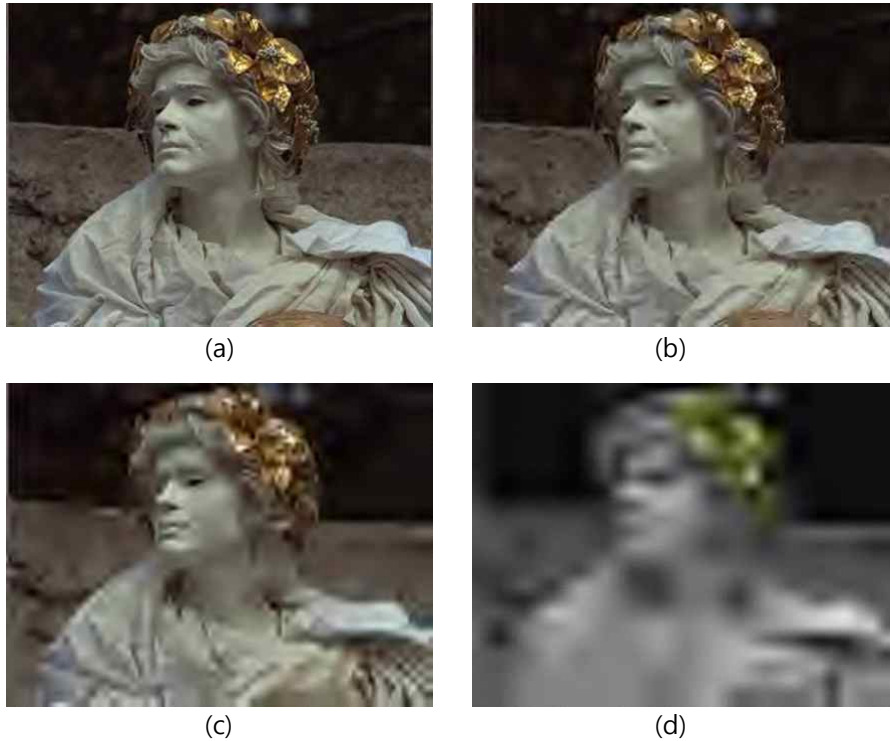


그림 5. TID2008 데이터베이스에서 JPEG2000코덱에 의해 열화 된 예제 영상 샘플들 및 주관적 점수와 객관적 화질 예측 (a) I17_11_1.bmp, MOS: 5.429, MOSp (Proposed sharpness measure): 3.879 (b) I17_11_2.bmp, MOS: 3.343, MOSp (Proposed sharpness measure): 3.278 (c) I17_11_3.bmp, MOS: 2.222, MOSp (Proposed sharpness measure): 1.120 (d) I17_11_4.bmp, MOS: 0.086, MOSp (Proposed sharpness measure): 0.311
 Fig. 5. Example images that were degraded by JPEG2000 codec in TID2008 database, MOS and the objective quality predictions (MOSp) of the proposed sharpness measure (a) I17_11_1.bmp, MOS: 5.429, MOSp (Proposed sharpness measure): 3.879 (b) I17_11_2.bmp, MOS: 3.343, MOSp (Proposed sharpness measure): 3.278 (c) I17_11_3.bmp, MOS: 2.222, MOSp (Proposed sharpness measure): 1.120 (d) I17_11_4.bmp, MOS: 0.086, MOSp (Proposed sharpness measure): 0.311

5(a)~(d)는 JPEG2000 코덱에 의하여 압축된 영상을 보여주며 각 영상의 원본과의 PSNR은 각각, 31.81dB, 28.68dB, 25.45dB, 22.63dB의 값을 갖는다. 그림 5에서 볼 수 있듯이, 제안된 영상 선명도 평가 방법은 주관적 화질 점수(MOS)를 효과적으로 예측함을 알 수 있다.

로운 함수를 정의한 뒤 이를 이용하여 선명도를 평가하였으며, 별도의 학습과정을 필요로 하지 않는다는 점에서 기존의 선명도 평가 방법과 비교하였을 때, 우수성을 가진다. 또한 제안된 방법으로부터 계산된 선명도 지수는 기존 방법과 비교하여 주관적 화질 점수를 보다 잘 예측하는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 논문에서는 영상의 선명도를 인지적 관점에서 평가할 수 있는 새로운 무기준법 영상 선명도 평가 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 주파수 도메인의 계수 값들로부터 새

참고 문헌

[1] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," IEEE Trans. Image Processing, vol. 13, no. 4, pp. 600-612, Apr. 2004.
 [2] 엄민영, 최윤식, 장석각, 조봉관, "Gabor 웨이블릿 기반 객관적 화질

- 평가,” 전자공학회논문지, 제41권 SP편, 제6호, 81-88쪽, 2004년 11월
- [3] M. Pinson and S. Wolf, “A New Standardized Method for Objectively Measuring Video Quality.” IEEE Trans. Broadcasting, vol. 50, no. 3, pp. 312-322, Sep. 2004.
- [4] C. Lee, S. Cho, J. Choe, T. Jeong, W. Ahn, and E. Lee, “Objective video quality assessment,” Optical Engineering, vol. 45, no. 1, pp. 017004-1 - 017004-11, Jan. 2006.
- [5] M. Carnez, P. Le Callet, and D. Barba, “Objective quality assessment of color images based on a generic perceptual reduced reference,” Signal Processing: Image Communication, vol. 23, no. 4, pp. 239-256, Apr. 2008.
- [6] 김동오, 박래홍, 심동규, “에지 투영의 유사도를 이용한 압축된 영상에 대한 Reduced-Reference 화질 평가,” 전자공학회논문지, 제45권 SP 편, 제3호, 37-45쪽, 2008년 5월
- [7] Q. Li and Z. Wang, “Reduced-Reference Image Quality Assessment Using Divisive Normalization-Based Image Representation,” IEEE J. Selected Topics in Signal Processing, vol. 3, no. 2, pp. 202-211, Apr. 2009.
- [8] H. R. Wu and M. Yuen, “A Generalized Block-Edge Impairment Metric for Video Coding,” IEEE Signal Processing Letter, vol. 4, no. 11, pp. 317-320, Nov. 1997.
- [9] Z. Wang, H. R. Sheikh, and A. C. Bovik, “No-reference perceptual quality assessment of JPEG compressed images,” in Proc. Int. Conf. Image Processing, pp. 477-480, NY, Sep. 2002.
- [10] P. Marziliano, F. Dufax, S. Winkler, and T. Ebrahimi, “Perceptual blur and ringing metrics: Application to JPEG2000,” Signal Processing: Image Communication, vol. 19, no. 2, pp. 163-172, Feb. 2004.
- [11] R. Ferzli and L.J. Karam, “A No-Reference Objective Image Sharpness Metric Based on the Notion of Just Noticeable Blur (JNB),” IEEE Trans. Image Processing, vol. 18, no. 4, pp. 717-728, Apr. 2009.
- [12] T. Jeong, Y. Kim, and C. Lee, “No-reference image-quality metric based on blur radius and visual blockiness,” Optical Engineering, vol. 49, no. 4, pp. 045001, Apr. 2010.
- [13] 김요한, 성덕구, 한정현, 신지태, “휘도, 색차의 분포도 분석을 이용한 인지적 무기준법 영상 화질 평가방법,” 방송공학회논문지, 제14권, 2호, 127-133쪽, 2009년 3월
- [14] 성덕구, 김요한, 한정현, 신지태, “패킷 비디오 네트워크상의 실시간 무기준법 동영상 화질 평가 방법,” 방송공학회논문지, 제14권, 5호, 387-396쪽, 2009년 7월
- [15] P. Marziliano, F. Dufax, S. Winkler, and T. Ebrahimi, “Perceptual blur and ringing metrics: Application to JPEG2000,” Signal Processing: Image Communication, vol. 19, no. 2, pp. 163 - 172, Feb. 2004.
- [16] R. Ferzli and L.J. Karam, “A No-Reference Objective Image Sharpness Metric Based on the Notion of Just Noticeable Blur (JNB),” IEEE Trans. Image Processing, vol.18, no.4, pp.717 - 728, Apr. 2009.
- [17] H. R. Sheikh, Z. Wang, L. Cormack, and A. C. Bovik. (2003) LIVE image quality assessment database.
- [18] P. Le Callet and F. Atrousseau, "Subjective quality assessment irc-cyn/ivc database," 2005.
- [19] N. Ponomarenko, M. Carli, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola, and F. Battisti, "Color image database for evaluation of image quality metrics," in Proc. Int. Workshop on Multi-media Signal Processing, 2008, 403-408.
- [20] S. Hecht, "The visual discrimination of intensity and the Weber-Fechner Law," J. gen. Physiology, vol. 7, pp. 235-267, 1924.

저 자 소 개



최 현 수

- 2004년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2006년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (석사)
- 2006년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학화 박사과정
- 주관심분야 : 영상 신호처리/압축, 이미지 및 비디오 화질평가, 패턴인식

저 자 소 개



이 철 희

- 1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학화 졸업 (석사)
- 1986년 ~ 1987년 : Technical University of Denmark (DTH), Denmark
- 1992년 12월 : Purdue University Electrical Engineering Ph.D
- 1993년 ~ 1996년 : National Institutes of Health(NIH), Maryland USA
- 1996년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 교수
- 주관심분야 : 영상 신호처리, 비디오 화질평가, 패턴인식 및 Machine Vision