

논문 2004-41SP-6-10

Gabor 웨이블릿 기반 객관적 화질 평가

(An Objective Quality Assessment Based on Gabor Wavelet)

엄 민 영*, 최 윤 식*, 장 석 각**, 조 봉 관**

(Min-young Eom, Yoonsik Choe, Seok-gak Chang, and Bong-kwan Cho)

요 약

본 논문에서는 인간의 시각 인지 특성을 고려한 새로운 객관적 화질평가 방법을 제안하였다. 인간에 의한 화질 평가는 최종적으로 시각 피질내에 있는 세포의 수용계 반응으로부터 얻어진다는 점과 인간의 시각은 한번에 영상 전체의 왜곡에 대한 반응을 일으킬 수 없음을 고려하여 입력 영상을 부 블록으로 분할하고, 시각 피질 내의 수용계와 가장 잘 부합되는 Gabor 함수를 이용하여 필터 뱅크를 구성하여 부 블록에서 지역적 왜곡 정도를 측정하고, 이를 이용하여 전역적 왜곡 정도가 계산되어진다. 제안된 방법은 VQEG에서 제공하는 화질 평가용 영상을 이용하여 평가 되었으며, 주관적 화질 평가와 높은 상관관계를 갖는 객관적 화질 평가 모델임을 실험 결과에서 보여준다.

Abstract

In this paper, we propose a new objective quality assessment method considering the human visual perception characteristics. A subjective quality assessment is obtained by the response of the receptive field in the primary visual cortex and a human's eye can't focus on all of the visual range in a moment. Take advantage of two facts above, we apply Gabor wavelet transform, which is well fit the receptive field in the cortex, to divided constant sized subblocks. Then a local distortion of the subblocks and a global distortion for the entire image are calculated in order. The proposed method has been evaluated using video test sequences provided by the Video Quality Experts Group (VQEG). The experimental results show that good correlation with human perception is obtained using the proposed metric, which is what we called GPSNR.

Keywords : Objective quality assessment, PSNR, Gabor wavelet, HVS

I. 서 론

영상 정보의 디지털화는 신뢰도, 화질, 보안성 그리고 정보 조작의 편의성에 있어 아날로그 방식에 비해 월등히 우수한 성능을 갖고 있으나 그 정보량의 방대함 때문에 전송 및 저장 매체의 효율적 사용이라는 측면에서 정보의 압축이 필수적이다. 이 때문에 디지털 영상 정보의 압축 (compression) 혹은 부호화 (coding) 기술은

그 응용에 따라 정지영상에서의 JPEG (Joint Photographic Experts Group) 혹은 JPEG2000 및 동영상에서의 MPEG (Moving Picture Experts Group) 1/2/4, H.263/264 등의 국제 규격의 표준 권고안들이 발표되어 급속히 보급되고 있다.

이러한 디지털 정보의 압축은 여러 가지 공간적, 시간적, 통계적 중복성을 제거함으로써 이루어지는데, 시·공간적 중복성 제거에는 양자화에 의한 손실 압축 방식을, 통계적 중복성 제거에는 엔트로피 (entropy) 부호화방식으로 무손실 압축 방식을 사용한다^[1].

이와 같이 영상 정보의 왜곡이 필연적인 양자화 과정을 포함하고 있는 영상 정보의 손실 부호화기를 설계할 때 있어서 가장 중요한 문제는 원영상의 어떤 정보를 어느 정도로 왜곡시키는 것이 부호화된 영상의 화질 열화를 최소로 할 수 있느냐 하는 것이며 따라서 정확한

* 정회원, 연세대학교 전기전자공학과
(Dept. of Electrical & Electronic Engineering,
Yonsei University)

** 정회원, 한국철도기술연구원
(Railway Telecommunication Research Group,
Korea Railroad Research Institute)

※ 본 연구는 한국 철도기술 연구원 철도유지보수 시스템 개발 연구지원으로 수행 되었음.

접수일자: 2004년5월20일, 수정완료일: 2004년10월8일

화질 평가 방법은 부호화기 개발에 있어 가장 중요한 요소 중 하나가 된다.

일반적으로 영상정보의 왜곡 정도를 평가하는 화질 평가 방법으로는 인간이 직접 왜곡영상의 화질을 평가하는 주관적 화질평가 (subjective quality assessment) 방법과 정량적 측정도구를 통해 왜곡영상의 화질을 평가하는 객관적 화질 평가 (objective quality assessment) 방법이 있다. 왜곡 영상에 대한 주관적 화질 평가 방법은 화질에 대한 최종적인 평가는 인간에 의해 이루어진다는 점에서 그 신뢰도가 비교적 높아 부호화기의 성능 검증 등에 널리 사용되고 있으나 화질 평가를 위한 환경 구축 시에 많은 비용이 들고 또한 정확한 화질 평가에 장시간이 소모되는 등의 문제점이 발생한다. 또한 객관적 화질평가의 경우 기존 MSE 또는 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)은 아날로그 기반 측정방법이기 때문에 아날로그 영상과 왜곡 특성이 다른 디지털 영상 정보에 대한 평가 방법으로는 적절하지 않다^[2]. 왜냐하면 MSE 또는 PSNR측정은 공간적 화소 단위로 측정되며 이때 부호화된 영상의 화질 열화특성에 대한 인간 시각 시스템(Human Visual System : HVS)에서의 가시도 (visibility) 또는 인지(perception) 특성을 고려하지 않기 때문에 측정값과 인간에게 인지되는 화질 특성의 상관성이 낮게 된다.

따라서 본 논문에서는 HVS 인지 특성을 고려하여 수용계의 수학적 모델인 Gabor 웨이블릿을 이용한 객관적 화질 평가 기법을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 VQEG에서 제안한 객관적 화질평가 모델의 성능 검증을 하기 위한 주관적 화질평가 방법에 대하여 살펴보고 III장에서는 기존에 제시된 수용계의 수학적 모델을 기술한 후, IV장에서는 기존 객관적 평가 방법과 제안하는 HVS 기반 객관적 화질 평가 기법에 대하여 설명할 것이다. 그리고 V장에서는 실험결과 및 성능을 보일 것이고, 마지막으로 VI장에서 본 논문의 결론을 맺고자 한다.

II. 주관적 화질평가 방법

1997년 10월, ITU-R SG11, ITU-T SG9 그리고 ITU-T SG12 이 세 그룹으로부터 결성되어진 VQEG는 동영상 화질의 평가를 위한 새로운 객관적 평가 방법의 성능 평가를 위한 골격을 제공하기 위하여 만들어 졌다. VQEG에서는 객관적 화질 평가 모델에 대한 성능

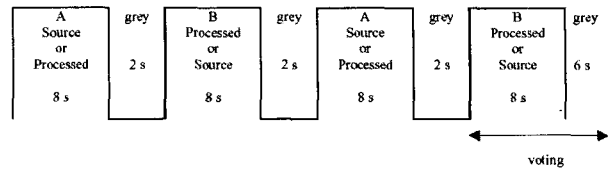


그림 1. 실험 영상의 제시 구조
Fig. 1. Presentation structure of test material.

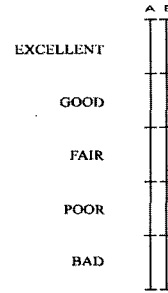


그림 2. 화질 평가 척도
Fig. 2. DSCQS.

검증을 위하여 주관적 평가 방법으로 현재까지 존재하는 방법중 가장 신뢰도가 높고 Rec. ITU-R BT.500-8.에서 제안되어진 DSCQS(Double Stimulus Continuous Quality-Scale)방법을 사용하도록 추천하였다^{[7][8]}.

일반적으로 DSCQS 방법은 그림 1과 같이 평가단계에 원 영상과 왜곡 영상을 일정한 간격으로 두 번씩 보여주고 두 번째 마지막 영상이 보여질 때 그림 2와 같이 "EXCELLENT", "GOOD", "FAIR", "POOR", "BAD"의 5단계로 나뉘어져 있는 화질 평가 용지에 화질 정도를 체크하게 된다. 이때, 보여지는 영상의 순서는 원 영상과 왜곡 영상의 순서 없이 임의의 순서로 보여지게 된다. 처음 단계(A)에서 원영상이 보여졌으면 그 다음 단계(B)에서는 왜곡 영상이 보여지게 되고, 처음 단계에서 왜곡영상이 보여졌으면 그다음 단계에서는 원 영상이 보여지게 된다. 이것은 정확한 주관적 평가를 하기 위한 고려이다.

화질 평가 척도는 10cm의 A와 B에 대한 동일한 크기를 갖고 동일한 5단계의 구간으로 이루어져 있다. 이렇게 평가단에 의하여 마킹 되어진 척도를 통하여 밑에서부터 표시되어져 있는 곳 까지의 거리를 구하여 A와 B의 주관적 점수를 매기게 되고, 매겨진 점수의 차이값으로 DMOS(Difference Mean Opinion Score)를 계산하게 된다.

III. 수용계의 수학적 모델

1. 원시 시각 피질 (Primary visual cortex)

인간이 어떤 사물을 본다는 것은 눈을 통하여 빛을 받아들이고 이를 분석하여 뇌에 전달해줌으로서 사물을 인지하는 것이다^{[3][4]}. 물론 이러한 과정이 간단하지는 않지만 대략적인 과정을 구분해 보면 각막을 통하여 사물에서 산란된 빛이 들어와 망막에 투영되고, 망막에서는 들어온 빛이 뇌가 인지할 수 있는 전기적 신호로 바꾸어 시신경을 통하여 뇌에 전달하게 된다. 망막으로부터 분석되어진 빛의 전기적 신호는 시신경을 통하여 뇌의 후두엽 (occipital lobe)에 위치한 원시 시각 피질내로 들어오게 되고 여기에서 세 가지의 각기 다른 역할을 하는 뇌 세포에 의하여 사물을 인지 할 수 있게 된다. 이 세가지 세포는 각각 단순형 세포 (simple cell), 복잡형 세포 (complex cell), 초 복잡형 세포 (hyper-complex cell)를 말하는데 각 세포들은 입력 신호에 따라 달리 반응하는 수용계 (receptive field)를 가지고 있어 이 수용계의 반응으로부터 눈으로부터 들어온 사물에 의하여 산란된 빛을 인지할 수 있게 된다. 각 세포들의 특징을 살펴보면, 단순형 세포는 망막에 투영된 특정 방향성을 갖는 2차원적 사물의 형태와 색에 대한 인지를, 복잡형 세포는 특정 방향으로의 움직임에 대한 인지를, 초 복잡형 세포는 움직이는 물체의 길이, 움직이는 각도 등의 움직이는 사물의 형태에 대한 인지를 하게 된다^[3].

2. Gabor 웨이블릿

시각 피질 내에 있는 세포들의 수용계에 대한 연구는 오래전부터 계속 되어오고 있으나 그 구조와 현상이 매우 복잡하여 오늘날 까지도 시스템 적인 성질이 정확히 규명 되지 않은 상태이다. 다만 전자 생리학 및 정신 물리학적 실험에 의한 수학적 모델을 통하여 어느 정도 그 메카니즘이 근사적으로 밝혀졌는데, 1987년 Jones와 Palmer에 의하여 시각피질 내에 있는 세포의 수용계는 인접한 쌍의 세포들 간의 기함수적인 대칭성 및 우함수적인 대칭성을 가지고 있고, 이것은 그림 3에서 보여지는 바와 같이 Gabor 함수에 의하여 근사적으로 표현될 수 있음이 밝혀 졌다^[5].

또한 1988년 Daugman은 시각 피질 내에 있는 세포의 수용계를 수학적으로 모델링 하기 위해 2차원 Gabor 함수를 사용하였고, 2차원적 불확정성이 최소가 되는 함수는 1차원에서와 마찬가지로 가우시안 (Gaussian)임을 확인하여 가우시안에 의하여 제안되는 복소 평면파로서 회전과 팽창에 의한 Gabor 필터뱅크를 구성하여 방향에 따라 선택적인 민감도를 나타내는 수용

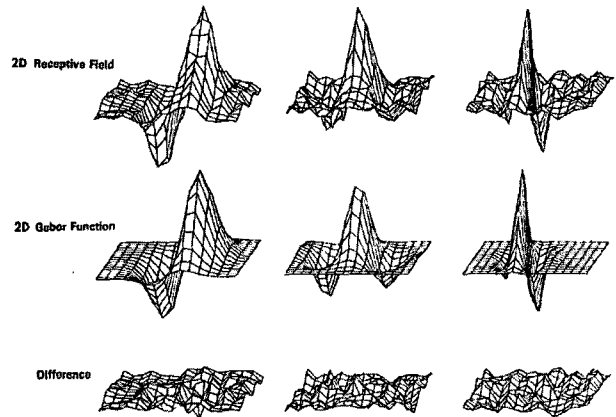


그림 3. 실험적 2D 수용계와 Gabor 함수의 예^[5]
 Fig. 3. Illustrations of empirical 2-D receptive field and Gabor function.^[5]

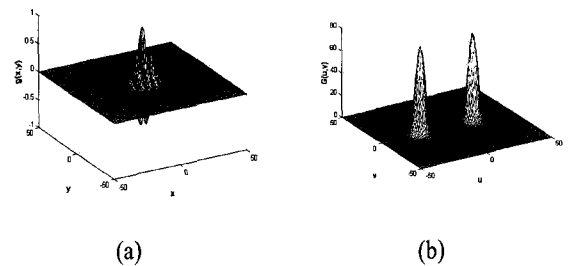


그림 4. 2D Gabor 기본 함수의 예 (a) 시간영역, (b) 주파수 영역
 Fig. 4. Illustration of 2D Gabor elementary function. (a) time domain, (b) frequency domain

계를 모델링 하였다^[6]. 식 (1)과 식 (2)는 각각 2차원 Gabor 기본 함수 (elementary function) 또는 모 웨이블릿 (mother wavelet)과 그의 푸리에 변환된 함수이다.

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}[\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}]} e^{i[2\pi Wx]} \tag{1}$$

$$G(u, v) = \exp\{-\frac{1}{2}(-\frac{(u-W)^2}{\sigma_u^2} + \frac{v^2}{\sigma_v^2})\} \tag{2}$$

여기서 $\sigma_u = \frac{1}{2\pi\sigma_x}$, $\sigma_v = \frac{1}{2\pi\sigma_y}$ 이고, W 는 평면파의 주파수 성분으로, 주파수 영역에서 필터의 중심 주파수이다. 그림 4는 $\sigma_x = \sigma_y = 5.0$, $W = 0.2$ 일 때의 공간 영역과 주파수 영역에서의 2차원 Gabor 함수의 실수부를 나타낸 것이다.

이러한 Gabor 함수를 모 웨이블릿으로 하여 식 (3)과 식 (4)와 같이 회전과 팽창에 의하여 생성되는 기저 함수 (basis function)들로 필터뱅크를 구성하게 된다.

$$g_{m,n} = a^{-m} g(x', y') \tag{3}$$

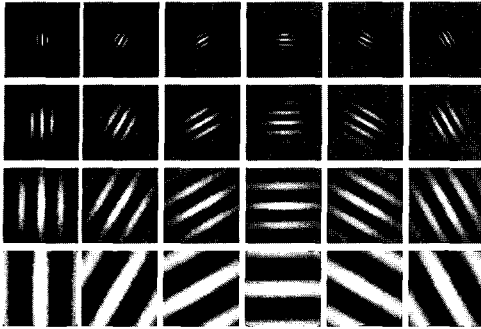


그림 5. Gabor 기저 영상 (S=4, K=6)
Fig. 5. Gabor basis images.

$$\begin{aligned} x' &= x \cos(n\theta) + y \sin(n\theta) \\ y' &= -x \sin(n\theta) + y \cos(n\theta) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 m, n 은 정수이고, $a = (\frac{U_h}{U_l})^{-\frac{1}{s-1}}$, $\theta = \frac{n\pi}{K}$, U_l 은 최소 중심 주파수(=W), U_h 는 최대 중심 주파수, S 는 필터뱅크 내에서 크기 (scale), K 는 방향 (orientation)의 총 개수를 나타낸다. 그림 5는 S=4, K=6 일 경우 시간 영역에서의 Gabor 기저 영상을 나타낸다.

IV. 객관적 화질 평가 모델

1. 기존 화질 평가 모델

객관적 화질평가방법에 대한 국제 표준화 작업은 ITU-R WP 6Q에서 활발히 논의 중이며 현재 표준화의 완료 단계에 있다. 또한 ITU-T에서도 새로이 표준화 계획이 수립되어 활발히 논의가 되고 있다.

기존 객관적 화질 평가 방법으로는 웨이블릿을 이용한 기법^[9]과 외곽선 영역의 차영상을 이용하는 화질평가 기법^[10]등 ITU-R 표준안으로 제안되었던 기법들과 HVS에 기반을 둔 다른 여러 화질 평가 기법들이 존재한다^{[11][12]}. 하지만 웨이블릿을 이용한 기법은 인간의 시각 체계에 영향을 주는 정도가 시공간 주파수 영역별로 다르다고 보고, 시공간으로 분할된 주파수 영역에서 차영상을 구해 각각의 영역에서 에러를 구함으로써 얻어지는 벡터를 주관적 화질평가 수치에 최적화 하는 방법을 이용하였다. 또한 외곽선 영역의 차영상을 이용한 화질평가 방법은 인간의 시각 체계가 영상의 외곽선 영역에 민감하게 반응 한다는 단순한 가정을 기반으로 하고 있다. 하지만 웨이블릿의 특성을 이용한 기법은 주관적 평가가 병행되어야 한다는 문제점이 있고, 외곽선 영역의 차영상을 이용한 방법은 외곽선 주변의 화질 열화 정도만을 측정하기 때문에 평가를 위한 완전한 모델

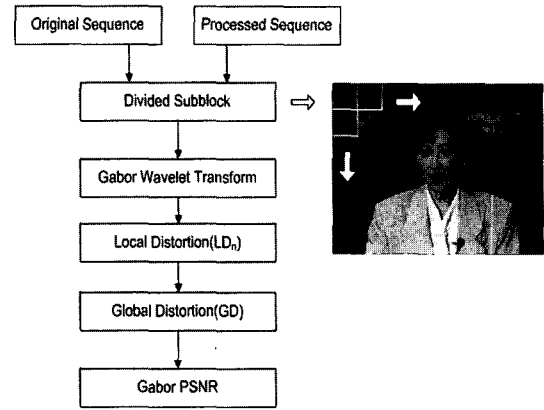


그림 6. 제안된 객관적 화질 평가 모델의 블록도
Fig. 6. Block diagram of proposed objective quality assessment model.

은 될 수 없다. 그리고 HVS에 기반을 둔 다른 화질 평가 기법들 중 Yung-Kai Lai에 의하여 제안된 방법은 Haar 웨이블릿을 이용하여 대비(contrast)와 마스크 효과(masking effect)를 척도로 하고^[11], Christopher C. Taylor는 HVS의 수용계와 잘 부합하는 Gabor 함수를 이용하여 대비와 마스크 효과를 척도로 하여 화질을 평가 하였다^[12]. 그러나 이러한 방법들 또한 다양한 화질 열화 요소를 포함하고 있는 디지털 영상에 대하여 단편적인 몇 가지의 화질 열화 요소에 대해서만 측정하기 때문에 완전한 화질 평가 모델이 될 수 없다.

따라서 본 논문은 다음과 같은 HVS 인지 특성을 기초로 하는 새로운 화질 평가 모델을 제시 하고자 한다. 첫째, 인간에 의한 주관적 평가는 망막으로부터 분석되어진 시각 정보가 시신경을 통하여 시각 피질 내에 있는 세포로 전달되어 각 세포에 있는 수용계의 반응으로부터 화질이 평가되어진다. 그리고 일반적으로 인간의 시각은 한번에 영상 전체의 영역에 대하여 왜곡에 대한 반응을 나타낼 수 없다. 이러한 두 가지 인지 특성을 고려하여 인간의 주관적 화질 평가결과와 유사한 HVS 기반 객관적 화질 평가 모델을 제시하고자 한다.

2. 제안하는 화질 평가 모델

그림 6에서 보여지는 바와 같이 제안된 모델의 입력 신호는 원 영상 $(SI(x, y))$ 과 부호화 및 복호화 과정을 통해 얻어진 왜곡 영상 $(PI(x, y))$ 이고, 각 입력 신호는 N 개의 부 블록 (subblock)으로 나뉘어 진다. 이렇게 나뉘어진 각 부 블록은 식 (5)(6)과 같이 S 개의 크기와 K 개의 방향에 의한 Gabor 웨이블릿 변환을 통하여 분해 (decomposition) 될 수 있다.

$$sc_n^{sk} = \int_{-\frac{Fs}{2}}^{\frac{Fs}{2}} \int_{-\frac{Fs}{2}}^{\frac{Fs}{2}} SI_n(x, y) g_{sk}(x, y) dx dy \quad (5)$$

$$pc_n^{sk} = \int_{-\frac{Fs}{2}}^{\frac{Fs}{2}} \int_{-\frac{Fs}{2}}^{\frac{Fs}{2}} PI_n(x, y) g_{sk}(x, y) dx dy \quad (6)$$

여기서 Fs 는 Gabor 필터 크기이고, s, k, n 은 각각 $1 \leq s \leq S, 1 \leq k \leq K, 1 \leq n \leq N$ 인 범위를 갖고, sc_n^{sk} 와 pc_n^{sk} 는 각각 원영상과 왜곡 영상에서 n 번째 블록의 Gabor 필터 ($g_{sk}(x, y)$)에 의한 웨이블릿 계수 값들로서 식 (7)과 식 (8)과 같은 $S \times K$ Gabor 웨이블릿 변환 계수 행렬 (coefficient matrix)로 표현할 수 있다.

$$SC_n = \begin{pmatrix} sc_n^{11} & sc_n^{12} & sc_n^{13} & \dots & sc_n^{1K} \\ sc_n^{21} & sc_n^{22} & & & sc_n^{2K} \\ sc_n^{31} & & \ddots & & sc_n^{3K} \\ \vdots & & & & \\ sc_n^{S1} & sc_n^{S2} & sc_n^{S3} & \dots & sc_n^{SK} \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$PC_n = \begin{pmatrix} pc_n^{11} & pc_n^{12} & pc_n^{13} & \dots & pc_n^{1K} \\ pc_n^{21} & pc_n^{22} & & & pc_n^{2K} \\ pc_n^{31} & & \ddots & & pc_n^{3K} \\ \vdots & & & & \\ pc_n^{S1} & pc_n^{S2} & pc_n^{S3} & \dots & pc_n^{SK} \end{pmatrix} \quad (8)$$

식 (7),(8)의 SC_n 과 PC_n 을 이용하여 식 (9)와 같이 왜곡 행렬 (distortion matrix)을 정의 할 수 있다.

$$LDC_n = (DC_n)(DC_n)^T \quad (9)$$

여기서 DC_n 은 다음 식과 같다.

$$DC_n = SC_n - PC_n = \begin{pmatrix} sc_n^{11} - pc_n^{11} & sc_n^{12} - pc_n^{12} & sc_n^{13} - pc_n^{13} & \dots & sc_n^{11} - pc_n^{1K} \\ sc_n^{21} - pc_n^{21} & sc_n^{22} - pc_n^{22} & & & sc_n^{11} - pc_n^{2K} \\ sc_n^{31} - pc_n^{31} & \vdots & \ddots & & sc_n^{11} - pc_n^{3K} \\ \vdots & & & & \vdots \\ sc_n^{S1} - pc_n^{S1} & sc_n^{S2} - pc_n^{S2} & sc_n^{S3} - pc_n^{S3} & \dots & sc_n^{11} - pc_n^{SK} \end{pmatrix} \quad (10)$$

따라서 식 (9)에서 정의한 왜곡 행렬을 이용하여 식 (11)과 같이 국부적인 왜곡 (LD : Local Distortion)을 계산하여 식 (12)와 같이 전역적인 왜곡 (GD : Global Distortion)의 정도를 구할 수 있게 된다.

$$LD_n = \frac{1}{S \times K} \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^K LDC_n^{ij} \quad (11)$$

$$GD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N LD_n \quad (12)$$

최종적으로 식 (13)에 의하여 구해진 전역적인 왜곡을 이용하여 제안하는 Gabor 웨이블릿을 이용한 PSNR을 구할 수 있게 된다.

$$GPSNR = 10 \log_{10} \frac{[\max(sc_n^{sk} - pc_n^{sk}, \forall (s, k, n))]^2}{GD} \quad (13)$$

V. 실험 및 결과

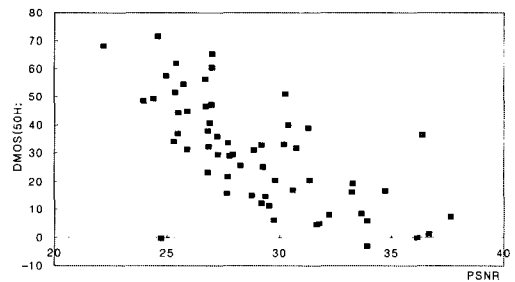
제안된 객관적 화질 평가 기법의 성능을 평가하기 위한 실험은 VQEG (Video Quality Experts Group)에서 제공하는 화질 평가용 시퀀스 (625/50 10개, 525/60 9개)를 사용하였고 (표 1,2), 왜곡 영상을 얻기 위한 부호화 방법은 표 3과 같다. 또한 Gabor 필터 뱅크를 구성하기 위하여 $S=6, K=4$ 로 설정하였고, 입력 영상의 부블록의 크기 (Fs)는 48로 설정하였다.

제안된 기법 (GPSNR)의 성능을 비교하기 위하여 기존 PSNR, 2003년 표준안으로 채택되어진 외곽선 영역의 차영상을 이용한 화질평가 기법 (EPSNR), 그리고 Haar 웨이블릿 기반 화질평가 모델 (HPSNR)이 사용되었고 최종적인 평가는 주관적 점수인 DMOS와의 상관도를 기준으로 하였다. 상관계수를 구하기 위하여 Pearson 상관도를 사용하였다.

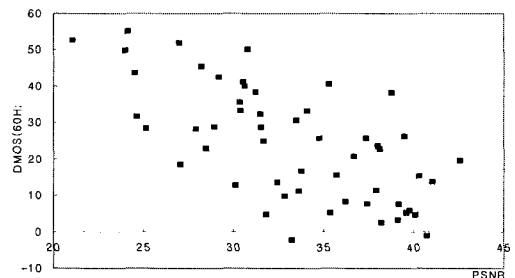
$$\rho = \frac{Cov(OS, DMOS)}{\sqrt{Var(OS)Var(DMOS)}} \quad (14)$$

여기서 OS는 객관적 평가 점수이다.

그림 7은 PSNR과 DMOS의 상관도를 나타내는데, 상관계수는 625/50의 의 경우 -0.675107 이고, 525/60 의

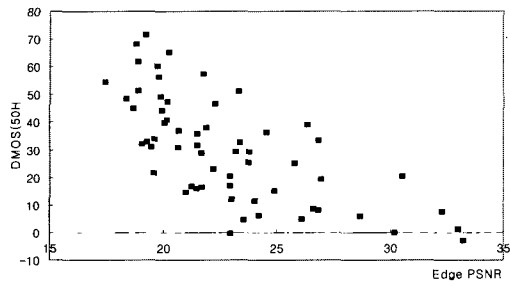


(a) $\rho = -0.675107$

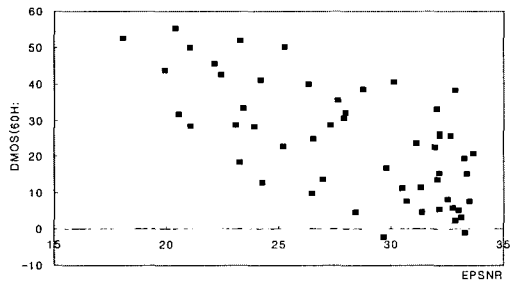


(b) $\rho = -0.66278$

그림 7. PSNR과 DMOS의 상관도
Fig. 7. The scatter plots of DMOS .vs. PSNR.

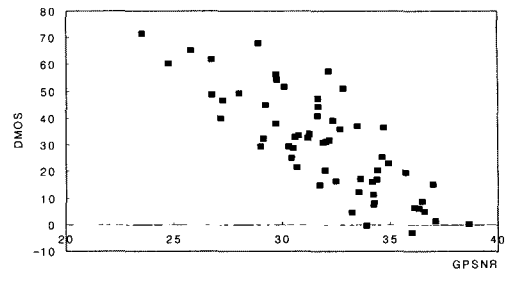


(a) $\rho = -0.683964$

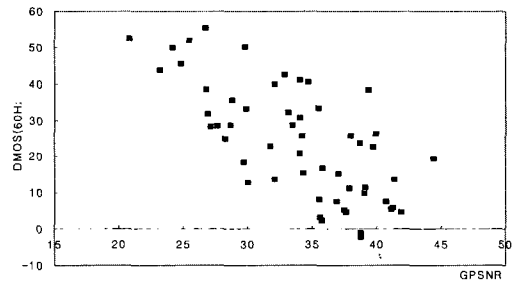


(b) $\rho = -0.662757$

그림 8. EPSNR과 DMOS의 상관도
Fig. 8. The scatter plots of DMOS vs. EPSNR.

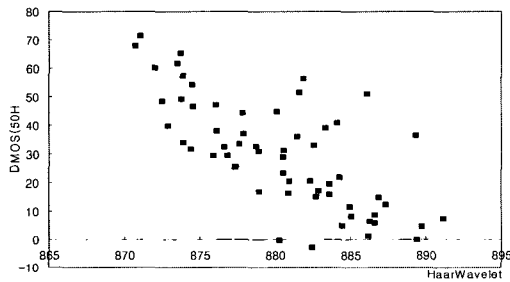


(a) $\rho = -0.81254$

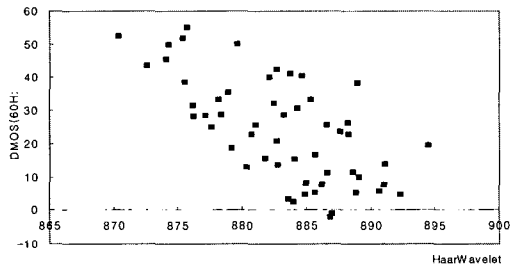


(b) $\rho = -0.702852$

그림 10. GPSNR과 DMOS의 상관도
Fig. 10. The scatter plots of DMOS vs. GPSNR.



(a) $\rho = -0.717438$



(b) $\rho = -0.681364$

그림 9. HPSNR 과 DMOS의 상관도
Fig. 9. The scatterplots of DMOS vs. HPSNR.

경우 -0.66278 로서 주관적 평가와의 상관도가 낮음을 이미 예상할 수 있는 것이었다. 그림 8은 EPSNR과 DMOS와의 상관도를 나타내는 것으로서 상관계수는 각각 -0.683964 , -0.662757 이다. 525/60의 경우 PSNR보다 더 낮은 상관도가 나타나는데 EPSNR의 경우 외곽선 영역에서만 열화정도를 측정하기 때문에 전반적인

표 1. 625/50 포맷 시퀀스
Table 1. 625/50 format sequences.

Assigned number	Sequence	Characteristics	Source
1	Tree	Still, different direction	EBU
2	Barcelona	Saturated color + masking effect	RAI/ Retevison
3	Harp	Saturated color, zooming, highlight, thin details	CCETT
4	Moving graphic	Critical for Betacam, color, moving text, thin characters, synthetic	RAI
5	Canoa Valse sia	water movement, movement in different direction, high details	RAI
6	F1 Car	Fast movement, saturated colors	RAI
7	Fries	Film, skin colors, fast panning	RAI
8	Horizontal scrolling 2	text scrolling	RAI
9	Rugby	movement and colors	RAI
10	Mobile& calendar	available in both formats, color, movement	CCETT

왜곡 정도를 표시하기에는 적당하지 않음을 시사한다. 또한 그림 8에 보여지는 Haar 웨이블릿 기반 모델의 경우 상관계수는 각각 -0.717438 , -0.681364 로서 PSNR과 EPSNR과 비교하여 다소 높은 상관도를 갖지만 이 모델 역시 안정적인 모델이라고는 볼 수 없다.

그림 9는 제안한 객관적 화질 평가 방법에 의하여 계산된 GPSNR과 DMOS와의 상관도를 나타낸다. 상관

표 2. 525/60 포맷 시퀀스
Table 2. 525/60 format sequences.

Assigned number	Sequence	Characteristics	Source
13	Baloon-pops	film, saturated color, movement	CCETT
14	NewYork 2	masking effect, movement	AT&T/CSELT
15	Mobile&Calendar	available in both formats, color, movement	CCETT
16	Betes_pas_betes	color, synthetic, movement, scene cut	CRC/CBC
17	Le_point	color, transparency, movement in all the directions	CRC/CBC
18	Autumn_leaves	color, landscape, zooming, water fall movement	CRC/CBC
19	Football	color, movement	CRC/CBC
20	Sailboat	almost still	EBU
21	Susie	skin color	EBU

표 3. 실험 조건(HRCs)
Table 3. Test condition (HRCs).

ASSIGNED NUMBER	A	B	BIT RATE	A	B	RES	METHOD	COMMENTS
16	X		1.5 Mb/s			CIF	H.263	Full Screen
15	X		768 kb/s			CIF	H.263	Full Screen
14	X		2 Mb/s			3/4	mp@ml	This is horizontal resolution reduction only
13	X		2 Mb/s			3/4	sp@ml	
12	X		4.5 Mb/s				mp@ml	With errors TBD
11	X		3 Mb/s				mp@ml	With errors TBD
10	X		4.5 Mb/s				mp@ml	
9	X	X	3 Mb/s				mp@ml	

계수는 각각 -0.81254, -0.702852 로서 기존의 방법보다 우수한 성능을 보여줄을 볼 수 있다. 특히625/50에서 기존 방법보다 탁월한 성능을 보여주었다.

VI. 결 론

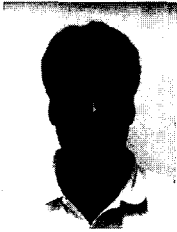
본 논문에서는 HVS의 인지특성을 고려한 객관적 화질평가 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 인간에 의한 화질 평가는 최종적으로 시각 피질내에 있는 세포의 수용체 반응으로부터 얻어진다는 점을 고려하여, 수용체와 가장 잘 부합되는 Gabor 함수를 이용하여 필터 뱅크를 구성하여 화질을 평가함으로써 주관적 점수와 높은 상관관계를 갖는 우수한 객관적 화질 평가 모델을 제시하였다. 또한 인간의 시각이 시각영역 전체에 집중할 수 없음을 고려하여 영상을 부 블록으로 분할하여 Gabor 웨이블릿 변환을 취함으로써 국부적으로 세밀한 왜곡을 측정하고, 이를 이용하여 전역적 왜곡 정도를 측정함으로써 인간에 의한 주관적 평가와 높은 상관관

계를 갖는 모델을 구성 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] K. R. Rao and J. J. Hwang, " Techniques and standards for image, video, and audio coding, " Prentice Hall PTR, 1996.
- [2] S. Comes and B. Macq, "Human vision quality criterion, " in SPIE Visual Communications and image Processing, Vol. 1360, pp. 2-7, 1990.
- [3] Madan M. Gupta and George K. Knopf, "Neuro-vision systems : a tutorial, " IEEE Press, 1993.
- [4] Yao Wang, Jörn Ostermann and Ya-Qin Zhang, "Video processing and communications," Prentice Hall, pp.1-12, 2002.
- [5] J. Jones and L. Palmer, "An evaluation of the two-dimensional Gabor filter model of simple receptive fields in cat striate cortex," J. Neurophysiol., vol. 58, pp. 1233-1258, 1987.
- [6] John G. Daugman, "Complete discrete 2D Gabor transforms by neural networks for image analysis and compression," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. 36, no. 7, pp. 1169-1179, July 1988.
- [7] Video Quality Experts Group, "Final report from the video quality experts group on the validation of objective models of video quality assessment, phase II(FR-TV2)," Aug. 2003.
- [8] Video Quality Experts Group, "VQEG subjective test plan Ver. 3," Jan. 2003.
- [9] Ohjae Kwon and Chulhee Lee, "Objective method for video quality using wavelet," ISIE 2001.
- [10] ITU-R Doc. 6Q/15-E, "A new method for objective measurement of video quality based on edge degradation," Sep. 2003.
- [11] Yung Kai Lai and C. C. Jay Kuo, "A Haar wavelet approach to compressed image quality measurement," Journal of Visual Communication and Image Representation 11, 17-40, 2000.
- [12] Christopher C. Yaylor, Zygmunt Pizlo, Jan P. Allebach and Charles A. Bouman, "Image quality assessment with a Gabor pyramid model of the human visual system," SPIE International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology, vol. 3016, pp. 58-69, Feb. 1997.

— 저 자 소 개 —



엄민영(정회원)
 1996년 연세대학교 수학과 학사 졸업.
 2001년 연세대학교 전파공학과 학사 졸업.
 2004년 연세대학교 전기전자공학과 석사 졸업.

2004년~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
 <주관심분야: 웨이블릿, 비디오, 영상신호처리>



장석각(정회원)
 1975년 육군사관학교 학사 졸업.
 1987년 충남대학교 전자공학과 석사 졸업.
 1981년~1992년 철도청 공업사무관
 1992년~1997년 한국고속철도 건설공단 부장

1997년 ~현재 한국철도기술연구원 책임기술원
 <주관심분야: 철도통신, 영상처리, 철도차량, 철도 무선통신>



최윤식(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>



조봉관(정회원)
 1992년 대구대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1995년 일본 慶應義塾대학교 계측공학과 석사 졸업
 1995년~1996년 慶應義塾대학교 실험조교

1996년~현재 한국철도기술연구원 선임연구원
 <주관심분야: 통신네트워크, 영상처리, 철도무선 통신>