

# 지역적 명도대비 특성을 적용한 wavelet을 이용한 화질 평가

안원석<sup>o</sup> 이철희  
연세대학교 전기전자공학과  
chulhee@yonsei.ac.kr

## Video Quality Measurement Using Wavelet Considering Local Image Contrast Features.

Wonseok Ahn<sup>o</sup> Chulhee Lee  
Dept. of Electronic Engineering, Yonsei University, Korea.

### 요 약

이 논문에서는 wavelet과 sobel filter를 사용하여 영상의 객관적인 평가 점수를 계산하는 새로운 기법을 제안한다. 이 기법은 orthogonal wavelet 변환을 기초로 하고 있으며 원본 영상과 처리된 영상 데이터가 모두 가용하다는 것을 전제로 한다. Wavelet을 이용해 주파수에 따라 분할된 영상 정보를 이용해 각각의 부영역 별 차영상을 획득하고 이 획득된 영상의 에너지를 이용해 화질 평가 수치를 계산한다. 부영역 별로 획득된 영상은 일정한 크기의 블록으로 분할되어 동일한 블록 내에서 가용한 영상의 특징에 관한 정보(contrast, edge 영역의 분포 정도) 벡터와 내적하여 새로운 특징 벡터로 사용되고, 이 특징 벡터의 가중치를 최적화하여 높은 상관도의 화질평가 점수를 산출하게 된다.

### 1. 서 론

현대의 영상환경은 급격한 변화에 직면하고 있다. 영상 콘텐츠와 통신환경의 디지털화로 다양한 압축 기법과 화면 처리 기법이 사용되고 있다. 따라서 다양한 압축과 화면 처리 기법의 유효성을 검사하고 말단 사용자의 요구를 충족시키기 위해서는 빠르고 정확한 화질 평가 방법이 필요하다. 기존의 인간의 주관적인 판단에 의한 화질평가 기법은 그 특성상 매우 고비용을 요구할 뿐 아니라 실시간 평가에 많은 제약이 따른다. 따라서 디지털화 된 영상 환경의 특성을 잘 반영할 수 있는 컴퓨터를 이용한 객관적 화질평가 기법이 필요하다. [1] 현재 객관적 평가방법에 대한 국제 표준화 작업이 ITU-R WP 6Q에서 활발히 논의 중이며 wavelet 변환을 이용한 품질 평가 알고리즘은 2001년 품질평가의 표준안으로서 제안된 바 있다[2]. 이 논문에서는 먼저 기존의 wavelet을 이용한 객관적 화질평가 기법에 대해서 살펴보고, 논문에서 제안하는 영상의 지역적 명도대비 특성을 적용한 wavelet을 이용한 객관적 화질 평가 기법에 대해서 소개한다.

### 2. Wavelet을 이용한 객관적 화질평가

가. Wavelet을 이용한 PSNR [3]

일반적으로 화질 평가에 전통적으로 사용되는 방법은 PSNR(peak signal to noise ratio)을 이용한 화질 평가 방법

이다. 이 방법은 원본 영상과 처리된 영상의 차이 값을 이용하는 것으로 입력으로 원본 영상이 필요하다[4].

Wavelet 변환을 이용한 객관적 화질 평가에서는 기존의 PSNR 방법을 공간 주파수 대역 별로 부영역으로 분리된 영상에 적용하는 방법이다.

먼저 원본 영상과 처리된 영상(그림 1)에 각각 프레임 별로 2-d wavelet 변환을 수행한다. 그림 2는 3-level wavelet을 수행한 영상이다. Wavelet 변환을 수행함으로써 원본 영상과 처리된 영상의 차이를 부영역별로 분리해 낼 수 있으며 이는 인간이 주파수 영역별로 민감하게 반응하는 정도를 분리하여 생각할 수 있다는 것을 뜻한다. 그림 3에서 영역 1은 낮은 공간주파수, 10은 높은 공간주파수 영역을 나타낸다.

부영역은 wavelet을 수행한 level에 의해 개수가 결정되며 모두 n-level의 wavelet을 수행한 이미지의 경우  $L(=n^2 + 1)$ 개의 부영역을 가진다.  $SE_s$ 를 s번째 부영역의 자승오차라 하면, 마지막으로 부영역 별 자승오차의 가중치 합  $SE_{total}$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$SE_{total} = \sum w_s \cdot SE_s \quad (2)$$

Wavelet을 이용한 PSNR 값은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$PSNR(dB) = 10 \log \left( \frac{255^2}{\frac{SE_{total}}{MNK}} \right) \quad (3)$$

나. 가중치의 계산 [3]

Wavelet을 이용한 객관적 화질평가 방법에서는 식 (2)에서의 가중치( $w_s$ )는 식 (3)의 값이 주관적 화질평가 점수의 상관도(pearson correlation)가 가장 큰 값을 가지도록 정한다. 주관적 화질평가 점수는 DMOS(difference mean opinion score)를 이용하여 다음의 최적화 방법을 사용한다. 먼저, 두 변수( $d, z$ ) 간의 상관도(pearson correlation)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho = \frac{Cov(d, SE_{total})}{\sqrt{Var(d)Var(SE_{total})}} \quad (4)$$

여기에서  $d$ 는  $v$ 개의 비디오 시퀀스에 대한 각각의 주관적 평가 점수를 뜻하며  $Cov(a, b)$ 는 변수  $a, b$ 에 대한 공분산을 나타낸다. 단,  $d = [d_1, d_2, \dots, d_v]$ ,  $SE_{total} = W^T S$  여기서,  $W^T = [w_1, w_2, \dots, w_L]$ ,  $S = [SE_1, SE_2, \dots, SE_L]^T$  적당한 정규화 방법을 이용하면 다음과 같은 가정이 가능하다.

$$m_d = 0, Var(d) = 1$$

위의 가정에 의해 식 (4)의 객관적인 평가점수와 주관적 평가점수의 상관도는 다음과 같이 정리된다.

$$\rho = \frac{W^T E(dS)}{\sqrt{Var(d)W^T \Sigma_S W}} = \frac{W^T Q}{\sqrt{W^T \Sigma_D W}} \quad \text{where } Q = E(dS)$$

최적의 가중치 벡터  $W$ 를 구하기 위해  $\rho$ 를 최대로 하는  $W$ 를 구하는 대신  $\rho^2$ 를 최대로 하는  $W$ 를 구한다. 이를 위해  $\rho^2$ 의  $W$ 에 대한 편미분(gradient)을 구하면

$$\rho^2 = \frac{(W^T Q)(W^T Q)^T}{W^T \Sigma_S W} = \frac{W^T Q Q^T W}{W^T \Sigma_S W} = \frac{W^T \Sigma_Q W}{W^T \Sigma_S W}$$

(여기서  $\Sigma_Q = Q Q^T$ )

이므로,

$$\frac{\partial \rho^2}{\partial W} = \frac{\partial}{\partial W} [W^T \Sigma_Q W (W^T \Sigma_S W)^{-1}] = 0$$

$$\Rightarrow \Sigma_S^{-1} \Sigma_Q W = \rho^2 W \quad (5)$$

이와 같이 정리할 수 있다[3]. 위의 식에서 보는 바와 같이  $W$ 는  $\Sigma_S^{-1} \Sigma_Q$ 의 고유벡터이고  $\rho^2$ 는  $\Sigma_S^{-1} \Sigma_Q$ 의 고유치이다. 그러므로, 가장 큰 고유치  $\rho^2$ 를 갖는 고유벡터  $W$ 가 최적의 가중치  $W$ 이며 이는  $\Sigma_S^{-1} \Sigma_Q$ 의 고유벡터 중 고유치를 최대로 하는 값을 취함으로써 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

### 3. 지역적 명도대비 특성을 적용한 wavelet 특징 추출

동영상 내에서 인간이 화질의 열화를 많이 느끼는 부분은 영상의 명도대비(contrast) 등에 영향을 받는다.[5]

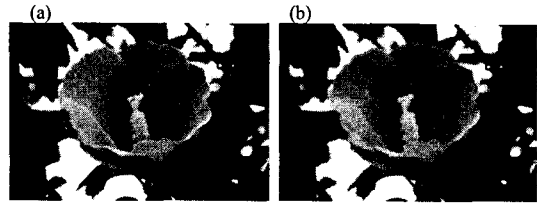


그림 1. 화질평가에 사용 영상의 예  
(a)원본 영상 (b)처리된 영상

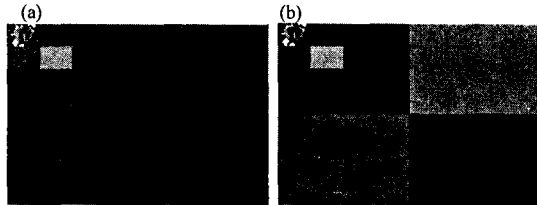


그림 2. Wavelet 변환된 영상 (a)원본 영상 (b)처리된 영상

1	2	5	8
3	4		
6	7		
9		10	

그림 3. 3 level Wavelet 변환으로 분리된 영역 정보 구성

명도대비를 수치로 나타내면 영상의 영역에 따라서 이 수치는 상이한 값을 가지며, 이는 비디오의 차영상을 이용한 객관적 화질평가 방법이 영상의 영역에 따라 다르게 가중치를 적용할 필요가 있음을 뜻한다. 따라서 본 논문에서는 그림 4와 같이 wavelet처리된 영상을 일정한 크기의 블록으로 분할하고, 블록 별로 명도대비와 같이 화질의 열화에 대한 주관적인 판단에 영향을 주는 요소들을 감안하여 특징을 추출하는 방법을 이용한다. 이로써, 제안하는 화질평가 방법에서는 wavelet을 이용한 화질평가 방법에 비해 주관적인 화질 평가 수치에 대한 상관도를 높일 수 있다.

실험적으로 높은 명도대비를 가지는 영역에 대해서는 일정 수준 이하의 화질 열화는 크게 인간의 시각에 띄지 않으나, 비교적 낮은 명도대비를 가지는 영역에서는 작은 화질의 열화도 눈에 띄게 나타난다. 따라서 다음과 같이 명도대비 수치와 객관적 화질평가 수치의 관계를 나타낼 수 있다.

$$VQ = \sum_{f \in \text{Allframes}} \sum_{s \in \text{Subbands}} w_s \cdot \frac{1}{N_s} \sum_{i, j \in \text{Allblocks}} (255 - C_{f,i,j}) \cdot SE_{f,s,i,j}$$



그림 4. 3 level Wavelet 변환으로 분리된 영역별 블록 분할

여기서  $VQ$ 는 객관적 화질평가 수치,  $N_s$ 는 부영역의 화소 수,  $C_{i,j}$ 는  $i$ 번째 행,  $j$ 번째 열 블록의 명도대비를 나타내는 수치, 그리고  $SE_{s,i,j}$ 는  $i$ 번째 행,  $j$ 번째 열 블록의  $s$ 부영역 차영상의 에너지를 나타낸다.

여기서 명도대비를 수치화 하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으나, 이 논문에서는 명도대비의 분포도를 나타내는 다음과 같은 식을 이용한다.

$$C_{i,j} = \sum_{k=0}^{K-1} SS_{i,j,k}$$

여기에서  $C_{i,j}$ 는 원본 영상의  $i$ 번째 행  $j$ 번째 열 블록에 대한 명도대비 수치를 나타내며,  $SS_{i,j,k}$ 는  $k$ 번째 프레임에 에지 검출 필터를 적용한 영상의  $i$ 번째 행  $j$ 번째 열 블록의 표준편차 값이다.

Wavelet 차영상을 이용한 화질평가에서는 2차원 wavelet 변환뿐 아니라 3차원과 변형된 3차원 wavelet 변환을 사용할 수 있다. 그러나, 3차원 이상의 wavelet 변환을 사용할 경우 학습데이터에 따라 일관되지 못한 결과를 보여 줄 수 있으므로[3], 이 논문에서는 2차원 wavelet을 비교 대상으로 한다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 컴퓨터를 이용한 객관적 화질 평가를 위해 VQEG(video quality experts group)[6]에서 제공한 원본 영상과 처리된 영상을 사용한다. 이 영상은 다양한 특성을 가진 영상으로 구성되어 되었으며, 객관적 화질 평가 방법의 성능 비교를 위해 VQEG에 의해 제공되었다. Wavelet을 이용한 가중PSNR [3] 방법과의 성능 비교를 위해 3-level wavelet 변환을 이용해 동일한 영상의 휘도 성분에 대해 실험을 하였으며, DMOS와의 상관도(pearson correlation - 식 (4))를 평가의 기준으로 삼았다.

Wavelet에 사용한 필터는 haar filter이며 에지 검출에는 sobel filter를 사용하였다. VQEG의 비디오 중 525/60 규격의 영상에 대한 실험 결과를 그림5에 나타내었다. 명도 대비 수치를 계산하는 방법에 따라 성능의 변화가 있

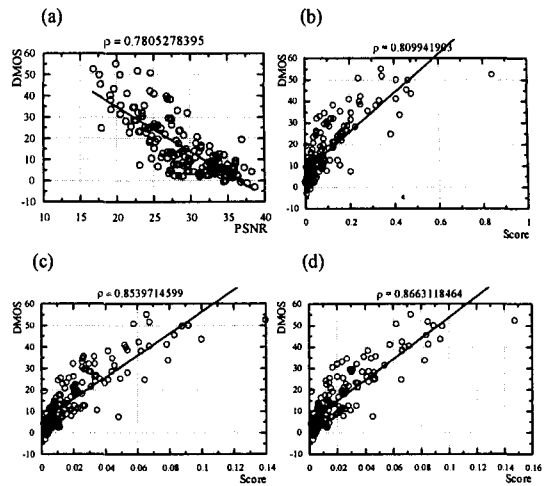


그림 5. 3-level wavelet 을 이용한 화질평가 방법의 성능 비교 각각 (a) PSNR, (b) wavelet을 이용한 객관적 화질평가방법, (c) edge power를 이용한 방법, (d) 제안된 객관적 화질평가방법과 DMOS간의 산포도.

며 일례로 sobel filter를 적용한 영상의 power를 사용한 경우 제안된 객관적 화질평가 방법에 비해 낮은 성능을 보여준다.

제안된 화질평가 방법의 DMOS와의 상관도는 0.8663으로 wavelet을 이용한 화질평가방법[3]에 대해 약 7%, PSNR 방법에 대해 약 11%의 성능향상이 있었다. 특히 저화질의 영상(높은 DMOS)의 분리도가 향상된 것을 알 수 있다.

5. 참고자료

- [1] Video Quality Experts Group, "Current Results and Future Directions", Apr. 2000.
- [2] Video Quality Experts Group, "A new method for objective measurement of video quality using wavelet transform", Sep. 2001.
- [3] Chulhee Lee; Ohjae Kwon, Yonsei Univ., Korea, "Objective measurements of video quality using wavelet transform", Optical Engineering, vol. 42, no. 1, pp. 265-272, 2003.
- [4] Olsson, S.; Stroppiana, M.; Baina, J. TERACOM AB, Sweden, "Objective methods for assessment of video quality: state of the art", Broadcasting, IEEE Transactions on Volume: 434, Dec. 1997, pp. 487-495
- [5] Zhenghua Yu and H. R. Wu, "Human Visual System based Objective Digital Video Quality Metrics", Proceedings of ICSP2000, Beijing, August 21-25, 2000, pp 1088-1095.
- [6] Video Quality Experts Group, "Final Report from the Video Quality Experts Group on the Validation of Objective Models of Video Quality Assessment", Mar. 2000.