논문 2008-45SP-2-3

움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 이용한 비디오 화질 평가 척도

(Video Quality Metric Using One-Dimensional Histograms of Motion Vectors)

한 호 성*, 김 동 오*, 박 래 홍**, 심 동 규***

(Ho-Sung Han, Dong-O Kim, Rae-Hong Park, and Dong-Gyu Sim)

요 약

본 논문에서는 비디오 화질 평가를 위해 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 비디오의 특징으로 이용하는 새로운 reduced-reference (RR) 평가 방법을 제안하였다. 제안한 화질 평가 방법은 수신단에서 열화 비디오를 재구성하는 대신 비디오 스트림 (video stream)의 파싱 (parsing) 과정에서 움직임 벡터를 직접 얻을 수 있기 때문에 수행시간 면에서 기존의 방법들에 비해 효율적이다. 또한 송신단에서는 입력 비디오 영상 전체에 대해 누적된 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 보내기 때문에 데이터량 측면에서도 효율적이다. 여기서, 기존의 방법들이 영상 한 장씩에 대해서 평가를 했던 것과 달리 제안한 방법에서는 전체 영상에 대해 누적된 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 사용하였다. 히스토그램의 유사도를 측정하기 위해 히스토그램 인터섹션 (histogram intersection)과 히스토그램 차이 (histogram difference)을 사용하였다. 여러 가지 비트율 (bit rate), 영상크기, 프레임율 (frame rate)로 코딩된 비디오 클립 52개에 대해 제안한 방법과 기존의 방법들을 비교하였고, 제안한 방법의 효율성을 기존 방법들과의 비교 실험을 통해 보였으며, 실험 결과를 통해, 제안한 방법이 기존의 방법들보다 mean opinion score (MOS)와 유사함을 보였다.

Abstract

This paper proposes a novel reduced-reference assessment method for video quality assessment, in which one-dimensional (1-D) histograms of motion vectors (MVs) are used as features of videos. The proposed method is more efficient than the conventional methods in view of computation time, because the proposed quality metric decodes MVs directly from video stream in the parsing process instead of reconstructing the distorted video at the receiver. Moreover, in view of data size, the propose method is efficient because a sender transmits 1-D histograms of MVs accumulated over whole input video sequences. Here, we use 1-D histograms of MVs accumulated over the whole video sequences, which is different from the conventional methods that assessed each image independently. For testing the similarity between histograms, we use histogram intersection and histogram difference methods. We compare the proposed method with the conventional methods for 52 video clips, which are coded under varying bit rate, image size, and frame rate. Experimental results show that the proposed method is more efficient than the conventional methods and that the proposed method is more similar to the mean opinion score (MOS) than conventional algorithms.

Keywords: Video quality metric, MOS, VQEG, Histogram of motion vectors

* 학생회원, ** 평생회원, 서강대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Sogang University)
*** 평생회원, 광운대학교 컴퓨터공학과
(Department of Computer Engineering, Kwangwoon University)
※ 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 "2단계 BK21 사업"의 지원비를 받았음.
접수일자: 2007년8월28일, 수정완료일: 2008년2월22일

I. 서 론

주관적 화질 평가는 영상의 화질이 사람이 보기에 얼마나 좋은 지를 평가한다. 주관적 화질 평가는 사람이 직접 영상을 보고 자신이 느끼는 화질을 평가하는 것으로, 가장 유효한 화질 평가 방법으로 인정받고 있다. 사람이 직접 평가하는 것이 유효하겠지만 시간적으로나

재정적으로 비용이 많이 들 뿐 아니라 평가하고자 하는 영상이 매우 많기 때문에 비효율적이다. 또한 시간 및 재정 비용 문제 때문에 다양한 실험을 위한 어려움이 있고, 실시간으로 화질측정을 하기 어렵기 때문에 다양한 분야에 적용하는 데 한계가 있다. 따라서 객관적 화질 평가 척도가 필요하며 이러한 객관적 화질 평가 척도는 사람이 평가한 것과 유사할수록 좋은 척도라고 할 수 있다. 결론적으로, 사람이 평가하는 주관적 화질과 유사한 결과를 얻을 수 있으면서 시간과 재정 비용을 줄이고 실시간 측정까지 가능하게 하는 객관적 화질 측정 방법이 필요하다. 지금까지 화질 평가에 대한 여러 연구들이 있었으나 최근 들어 본격적으로 연구되고 있다[1~7]. International Telecommunication Union (ITU)의 멤버들로 구성된 비공식 단체인 Video quality experts group (VQEG)은 이러한 추세에 맞추어 화질 평가에 대한 연구와 표준화 작업을 동시에 진행하고 있다[8]. 화질 평가 방법은 원영상 (reference video)의 정보를 이용하는 정도에 따라 크게 3가지 범주로 나눌 수 있다. 원영상을 모두 사용하는 full-reference (FR)[1~3], 원영상에 대한 특징 정보를 사용하는 reduced-reference (RR)[4~5], 그리고 원영상에 대한 정보를 전혀 사용하지 않는 no-reference (NR) 화질 평가 방법[6~7]들이다.

FR 방법은 원영상의 정보를 모두 사용하므로 화질 평가 결과의 유효성이 가장 높지만 원영상의 정보를 모두 이용해야 한다는 조건 때문에, 네트워크를 통한 멀티미디어 서비스의 품질 측정에는 많은 제약이 있다. 객관적인 화질 측정 방법으로는 대표적으로 peak signal-to-noise ratio (PSNR)와 mean squared error (MSE)가 있고 주관적인 화질 평가 방법으로는 edge PSNR (EPSNR)[1]과 structural similarity (SSIM)[2]가 있다. 객관적인 화질 측정 방법들인 PSNR과 MSE는 다른 분야에서도 오래 전부터 사용되었으며 원영상과 열화영상 (distorted video)과의 밝기값 차이를 계산한다. 이러한 방법들이 객관적인 수치를 실시간으로 정확하게 보여 주기는 하지만, 그 결과는 주관적 화질과의 연관성이 많이 떨어지는 한계를 가지고 있다. 즉, PSNR은 같은 영상이지만 사람이 보기에 각각 다른 평가를 내릴 수 있는 영상들이 존재하는 문제를 가지고 있다. EPSNR은 이러한 문제를 해결하고자 PSNR을 기반으로 하여 사람의 시각적 특성을 반영하였다[1]. EPSNR은 사람의 시각적 특성이 영상의 경계 (edge)에서의 변화에 민감하다는 점을 이용한 방법으로, ITU-Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) recommendation J.144의 Annex B로 채택되었다. 또한 Wang 등은 structure 정보를 이용하여 화질을 평가한 SSIM을 제안하였다[2]. SSIM은 원영상과 열화영상의 특정 윈도우 (window)에서 밝기값의 평균 (mean), 분산 (variance), 공분산 (covariance)을 각각 구하여 비교함으로써, 영상의 구조적인 차이를 화질 평가에 이용하였다. 또한 EPSNR과 같이 영상의 경계에 민감한 사람의 시각을 SSIM에 적용한 gradient-based structural similarity (GSSIM)가 제안되었다[3].

RR 화질 평가 방법은 원영상의 특징 정보를 이용하여 열화영상의 화질을 평가하는 방법으로[4~5], FR 화질 평가 방법보다 전송하는 데이터의 용량이 적기 때문에 실질적인 멀티미디어 서비스의 수신 품질에 대한 평가에 사용될 수 있다. RR 방법이 원영상 대신 원영상을 분석하여 얻은 특징 정보를 이용하여 화질을 평가하므로, 어떤 특징 정보를 사용하는 가가 RR 방법의 핵심이라 할 수 있다. 따라서 RR 방법을 위해 사용되는 특징들은 여러 가지가 있을 수 있으며, MPEG-7 표준안의 edge histogram descriptor (EHD)를 특징으로 한 화질 평가 방법이 제안되었다[4]. Wang과 Simoncelli는 웨이블릿 계수 (wavelet coefficient)를 특징 정보로 이용한 RR 화질 평가 방법을 제안하였다[5]. 원영상을 3-level의 웨이블릿 평면으로 변환하여 이 중 6개의 채널에 대해서 웨이블릿 계수의 히스토그램을 generalized Gaussian density (GGD) 모델과 비교하고 그 차이를 전송하는 방법으로 전송량을 크게 줄였다. 송신단에서 GGD 모델의 파라미터 2개만 전송해주면 GGD 모델을 알 수 있기 때문에 수신단에서도 열화영상의 웨이블릿 계수의 히스토그램과 GGD 모델과 차이를 낼 수 있고 이 차이를 Kullback-Leibler divergence (KLD)를 이용하여 화질 평가 척도로 사용한 것이다.

NR 화질 평가 방법은 원영상에 대한 정보를 전혀 사용하지 않고 열화영상에 대한 정보만을 사용하여 화질을 평가하는 방법을 말한다[6~7]. 이를 위해 Susstrunk와 Winkler는 압축에 의한 손실이나 전송 상황에서의 에러를 고려한 칼라 영상의 화질을 평가하였다[6]. 열화영상에서 블러킹, 블러링, 칼라 블리딩 (color bleeding)등의 아티팩트 (artifact)들을 측정하여 화질을 평가하였다. 그리고 Hasler와 Susstrunk는 영상의 칼라정보를 반영한 화질 평가 방법을 제안하였다[7]. 이들은 사람의 인지적인 시각을 반영하기 위해 CIELab 칼라 평면을 도입하였고 이 칼라 평면에서의 평균값, 표준 편차, 거리정

보 등을 이용하였다.

본 논문에서는 RR 화질 평가 방법에 초점을 맞추고 있으며, 원영상과 열화영상에 대한 특징으로 움직임 벡터 (motion vector: MV)를 이용한다. 이것은 원영상에서의 움직임 벡터가 영상이 열화 됨에 따라 달라진다는 점을 이용한 것이다. 하지만 원영상과 열화영상의 움직임 벡터를 직접 비교하는 것이 아니라, 각각의 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 비교함으로써 화질을 평가하는 척도로 사용하였다. 움직임 벡터는 비디오 영상의 특징을 나타내며 히스토그램을 사용할 경우 데이터 량을 크게 줄일 수 있기 때문이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 움직임 벡터의 1차원 히스토그램과 1차원 히스토그램의 유사도 측정방법에 대해서 설명한다. 그리고 Ⅲ장에서는 실험 결과 및 이에 대해 토의한다. Ⅳ장에서는 결론과 추후 과제에 대해 언급한다.

Ⅱ. 움직임 벡터의 1차원 히스토그램의 유사도 측정을 이용한 제안한 화질 평가 방법

본 논문에서는 영상의 특징 정보로 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 이용한 RR 화질 평가 방법을 제안한다. 움직임 벡터는 비디오 영상의 특성을 반영하고 있기 때문에, 열화영상의 움직임 벡터가 원영상의 움직임 벡터에 비해 변화된 정도로 열화영상의 화질을 평가할 수 있다. 그리고 기존의 방법들이 한 장의 영상에 대한 특징 정보를 비교하던 것과 달리, 제안한 방법에서는 비디오 영상 전체에 대한 누적된 히스토그램을 구하여 특징 정보로 사용한다. 이는 연속적인 비디오 영상을 고려할 때는 영상 한 장씩을 보는 것보다 전체적인 느낌이 화질을 평가하는데 더 유효하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 한 프레임에 대한 히스토그램을 비교하는 것이 아니라 전체 비디오 영상의 히스토그램을 구하는 방법을 제안하였다.

그림 1은 제안한 방법의 수신단에서의 블록도이며, 제안한 방법은 움직임 벡터의 히스토그램을 기반으로 하는 화질 척도 (MV histogram based quality metric: MVHQM)이다. 그림 1에서 알 수 있듯이, 입력 비디오 스트림을 받으면 파싱 과정에서 열화영상의 움직임 벡터를 얻을 수 있다. 송신단에서 원영상의 움직임 벡터 히스토그램을 부가 채널 (ancillary channel)을 통해 전송하고, 수신단에서 수신된 움직임 벡터 히스토그램과 열화영상의 움직임 벡터 히스토그램을 비교함으로써 화질을 측정한다. 이를 위해 필요한 각 부분들을 구체적으로 설명하겠다.

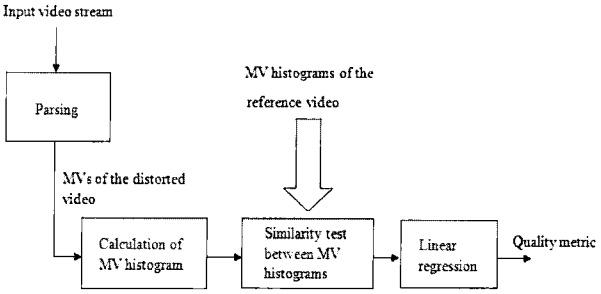


그림 1. 수신단에서 제안한 RR 화질 평가 방법의 블록도

Fig. 1. Block diagram of the proposed RR visual quality metric at the receiver.

먼저 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 구하기 위해 움직임 벡터를 추정하는 과정이 필요하다. 수신단에서 볼 때, 제안한 방법은 열화영상의 움직임 벡터를 추정하는 과정 대신, 수신된 비트 스트림에 대한 파싱 과정 시 움직임 벡터를 메모리에 저장하여 사용하므로, 따로 영상의 특징 정보를 추출하는 과정은 없다. 하지만 비트 스트림에서 추출된 움직임 벡터의 수직, 수평 성분에 대한 히스토그램을 구하는 과정은 필요하다. 기존의 RR 화질 평가 방법은 열화영상에서 특징 정보를 추출하는 과정이 반드시 필요하며, 기존 RR 화질 평가 방법에서의 특징 추출 과정보다 제안한 방법에서 히스토그램을 구하는 과정이 계산량 측면에서 효율적이다.

움직임 벡터를 추정한 후에 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 구하는 과정에 대해 설명하겠다. 실험에 사용한 H.263 코덱의 경우 수직, 수평 방향의 움직임 벡터의 범위는 각각 [-32, 32]이다. 따라서 각 방향으로 65 종류의 움직임 벡터가 존재한다. 즉 수평 방향 (x방향)의 움직임 벡터 히스토그램을 $h_x(i)$라고 하면, 이때 i는 계급을 나타내며, 1~65까지의 범위를 갖는다. 수평 방향의 움직임 벡터 히스토그램은 한 블록의 움직임 벡터의 수평 방향 성분이 65 종류 중 k라고 하면 $h_x(k)$에 누적시킴으로써 쉽게 구할 수 있다. 수직 방향 (y방향)에 대한 움직임 벡터 히스토그램도 수평 방향 움직임 벡터 히스토그램과 동일한 방법으로 구할 수 있다. 그림 2는 움직임 벡터의 히스토그램을 도시한 것이다. 그림 2(b)는 그림 2(a) 영상의 움직임 벡터를 나타내는데 열화영상의 움직임 벡터가 원영상에 비해 달라졌음을 확인할 수 있다. 여기서 움직임 벡터가 대부분 0에 가깝기 때문에, 그림 2(c)와 2(d)에 나타난 움직임 벡터의 분포가 0에 몰려 있음을 알 수 있다. 또한 영상의 화질

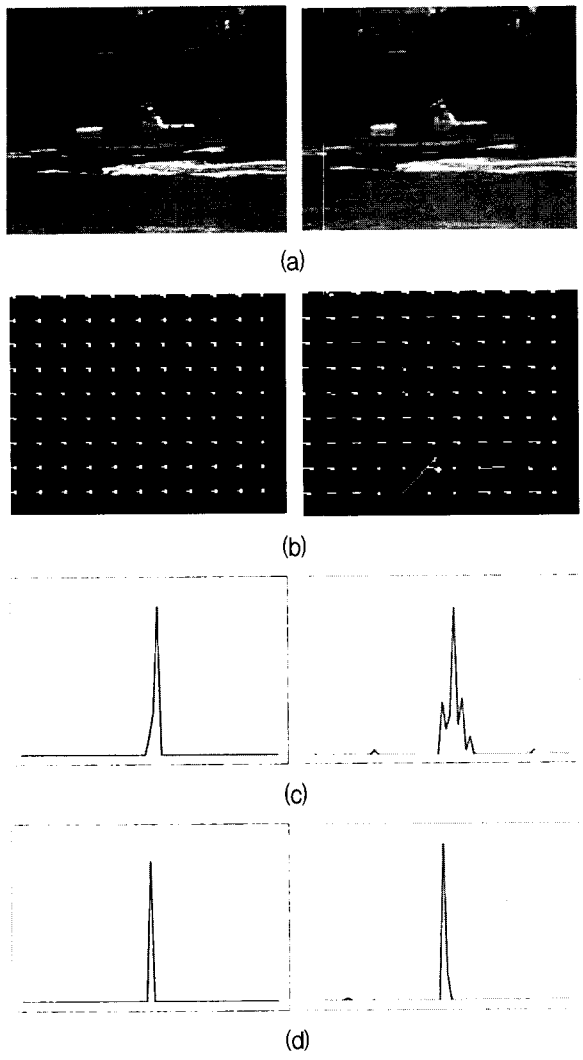


그림 2. 원영상 (좌)과 열화영상 (우)의 움직임 벡터 히스토그램; (a) 원영상과 열화영상, (b) (a)의 움직임 벡터 (c) 수평방향 움직임 벡터의 히스토그램, (d) 수직방향 움직임 벡터의 히스토그램

Fig. 2. MV histogram of the original (left) and distorted (right) images; (a) original and distorted images, (b) MV of (a), (c) histogram of the horizontal MV, (d) histogram of the vertical MV.

저하로 인해 움직임 벡터가 달라졌기 때문에, 원영상과 열화영상의 움직임 벡터 히스토그램들이 서로 달라졌음을 그림 2(c)와 2(d)에서 확인할 수 있다. 이로부터 원영상과 열화영상의 움직임 벡터 히스토그램의 유사도를 측정하여 화질 평가 방법으로 사용할 수 있다.

원영상에 대한 두 방향의 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 구한 후, 두 개의 히스토그램을 특징 정보로 부가 채널을 통해 전송하고, 수신단에서는 이 히스토그램을 받아 파싱 과정에서 얻은 열화영상의 움직임 벡터의 1차원 히스토그램과 비교하여 화질을 평가한다. 히스토그램의 유사도를 측정을 하기 위해 여러 가지 방법을 사용할 수 있다. 제안한 방법에서는 히스토그램의 유사도를 측정하는 대표적인 방법인 히스토그램 차이 (histogram difference)와 히스토그램 인터섹션 (histogram intersection) 방법을 사용하였다.

히스토그램 차이는 유사도를 측정하고자 하는 두 개의 히스토그램의 차를 내는 방법으로 가장 간단한 유사도 측정 방법이다. 히스토그램 차이 MVH_{diff}는

$$MVH_{diff} = \sum_{i=1}^{65} |h_x^o(i) - h_x^d(i)| + \sum_{j=1}^{65} |h_y^o(j) - h_y^d(j)| \quad (1)$$

로 정의된다. 여기서 h_x와 h_y는 각각 x방향, y방향의 움직임 벡터의 1차원 히스토그램이며, 위 첨자로 사용된 o과 d는 각각 원영상과 열화영상을 뜻한다. 그리고 앞에서 설명한 것과 같이 각 방향의 움직임 벡터는 65 종류의 움직임 벡터가 존재하므로 각 종류마다 히스토그램의 차이를 낸다.

히스토그램 인터섹션 방법 또한 히스토그램 차이와 마찬가지로 널리 쓰이는 방법이며, 히스토그램 인터섹션을 적용한 MVH_{int}는

$$MVH_{int} = \sum_{i=1}^{65} \min(h_x^o(i), h_x^d(i)) + \sum_{j=1}^{65} \min(h_y^o(j), h_y^d(j)) \quad (2)$$

로 정의된다.

히스토그램의 유사도와 주관적 화질 평가 방법인 mean opinioin score (MOS)의 선형 회귀 (linear regression)로 화질 평가 척도를 정의한다. 따라서 제안한 화질 평가 척도인 $MVHQM$은

$$MVHQM_X = a_X * MVH_X + b_X \quad (3)$$

와 같이 정의 될 수 있다. 여기서 아래첨자 X는 히스토그램의 유사도 방법을 뜻하고 a_X와 b_X는 MVH_X와 MOS의 선형회귀로 구할 수 있다.

Ⅲ장에서는 위의 과정으로 구한 히스토그램의 유사도를 이용하여 여러 가지 비디오 영상에 대해 실험을 한 결과 및 실험 환경에 대해 설명한다.

Ⅲ. 실험 및 토의

화질 평가를 위해 본 논문에서는 새로운 RR 방법의 척도로 MVHQM을 제안하였다. 일반적으로 객관적 화질 평가 방법의 경우, 주관적 화질 평가 방법과의 연관성이 객관적 화질 평가 방법의 성능을 좌우한다. 따라

서 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 사람이 직접 화질을 평가한 것과의 비교가 필요하다. 총 52개의 H.263으로 압축된 common intermediate format (CIF)와 quarter CIF (QCIF) 영상들에 대해 30여명의 평가자들로부터 MOS를 얻고, double-stimulus continuous quality-scale (DSCQS)[8] 방법을 적용하여 difference MOS (DMOS)를 얻었다[9]. DMOS와 화질 평가 척도의 유사도는 VQEG에서 권고하는 방법 중 하나인 Pearson 상관 계수 (Pearson correlation coefficient)를 사용하였고, 이 계수가 높을수록 좋은 척도라고 할 수 있다. 그리고 outliers ratio (OR)[10]로도 성능을 평가하였다. OR의 경우, 낮을수록 더 좋은 화질 평가 척도임을 의미한다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위해, 기존의 화질 평가 방법인 EPSNR[1], SSIM[2], 그리고 Wang과 Simoncelli의 방법[5]을 비교하였다. 화질 평가에 적합한 척도는 영상의 종류에 관계없이 DMOS값과 유사도가 높아야 한다. 표 1은 각 비디오 영상 별로 Pearson 상관 계수를 실험한 값이다. 표 1에서 음영으로 표시된 영역은 Pearson 상관 계수가 다른 부분보다 훨씬 작은 부분이며 이것은 비디오 영상의 종류에 따라 척도의 성능의 변화가 커, 평가 방법의 결과가 불안정하다는 것을 의미한다. 표 1에서는 제안한 방법이 영상의 종류에 관계없이 기존의 방법보다 안정적인 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

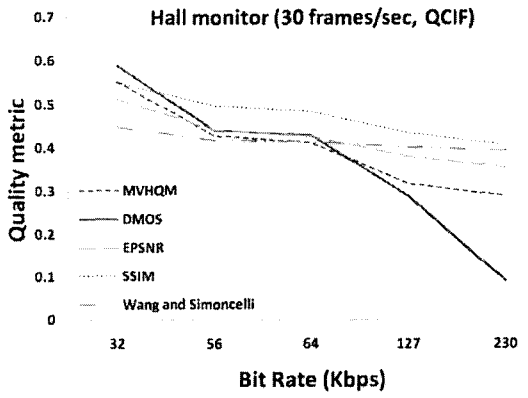
그림 3은 각 영상별로 제안한 방법과 기존의 방법들

표 1. 각 비디오 영상에 대한 제안한 방법과 기존 방법들의 Pearson 상관 계수 비교

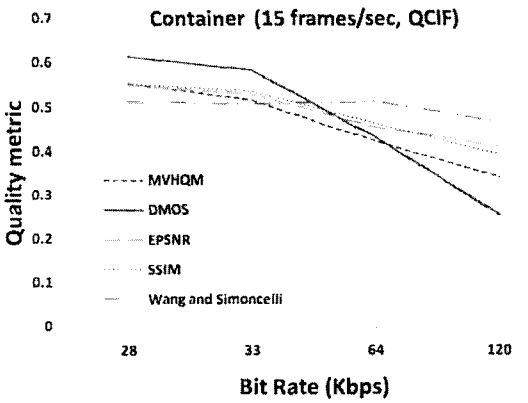
Table 1. Comparison of the Pearson correlation coefficient of the proposed MVHQM and conventional methods for different video clips.

	FR quality metric		RR quality metric	
	EPSNR	SSIM	Wang and Simmoncelli	MVHQM
Akiyo	0.991183	0.974726	0.934414	0.982994
Carphone	0.998976	0.973455	0.996199	0.999049
Coastguarden	0.989419	0.999401	0.994387	0.959814
Container	0.983654	0.998474	0.84589	0.992504
Foreman	0.4748	0.588951	0.974861	0.917381
Hall monitor	0.838461	0.824427	0.724497	0.783933
Mother and daughter	0.570243	0.284771	0.978933	0.806021
Silent	0.954304	0.971974	0.923858	0.944644
Stephen	0.995072	0.976426	0.995271	0.991565
Table tennis	0.990558	0.911899	0.992176	0.997712
Weather	0.986911	0.994953	0.99783	0.993586

이 DMOS와 얼마나 유사한 추세를 보이는 지를 도시한 것이다. 그림 3(a)는 프레임율이 30 frames/sec이고 영상크기가 QCIF인 Hall monitor 비디오 영상을 여러 비트율에 대해서 실험하였다. 그림에서 알 수 있듯이 제안한 방법이 DMOS에 가장 비슷한 추세로 따라가는 것을 볼 수 있다. 그림 3(b)는 프레임율이 15 frames/sec이고 영상크기가 QCIF인 Container 비디오 영상을 여러 비트율에 대한 평가 결과이다. 이 경우에는 28 Kbps ~33 Kbps의 구간에서는 SSIM이 가장 좋은 성능을 나타내었고 나머지 구간에서는 제안한 방법이 가장 좋은 성능을 보이고 있다. 이와 같이 영상별로 화질 평가 성능을 비교해 볼 수도 있지만 52개의 전체 비디오 영상에 대해 화질 평가 방법의 성능을 비교하여 더욱 신뢰도를 높일 수 있다.



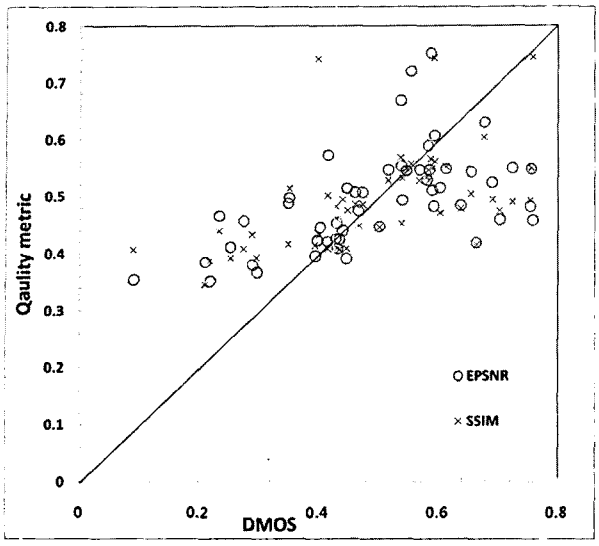
(a)



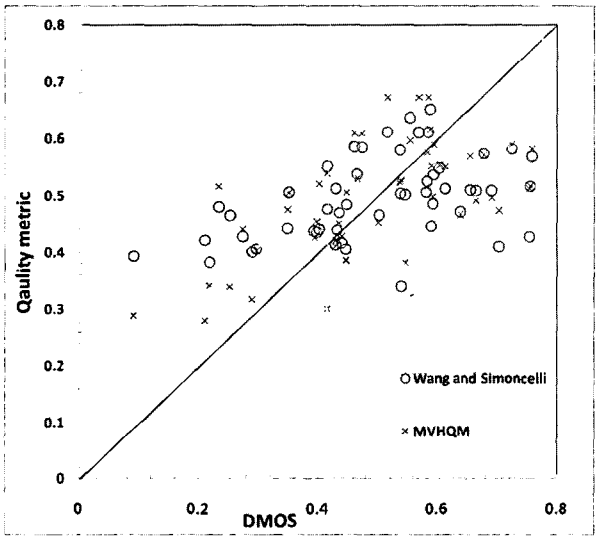
(b)

그림 3. 여러 가지 비트율의 영상에서 제안한 방법과 기존의 방법 비교; (a) Hall monitor, (b) Container

Fig. 3. Comparison of the quality metric of the proposed and conventional methods for a video clip as function of bit rate; (a) Hall monitor, (b) Container.



(a)



(b)

그림 4. DMOS와 화질 평가 방법들의 분포도.
(a) EPSNR과 SSIM,
(b) Wang and Simoncelli의 방법과 MVHQM

Fig. 4. Scatter plots of the DMOS and different quality measures. (a) EPSNR and SSIM, (b) Wang and Simoncelli's method and MVHQM.

그림 4는 비디오 영상 전체에 대한 DMOS와 여러 화질 평가 방법들의 분포도를 나타낸다. 그림 4에서 표시한 대각선에 가깝게 나타나는 화질 평가 방법이 DMOS와 유사하다고 할 수 있는데, 여기서 주목해야 할 것은 대각선에서 멀리 떨어진 outlier들이다. 이 outlier들이 적을수록 좋은 화질 평가 방법이며, 그림 4(a)의 제안한 MVHQM방법이 다른 방법들 보다 outlier가 적음을 알 수 있다.

그림 4에 나타난 분포도뿐만 아니라 OR[10]을 계산하

표 2. 제안한 방법과 기존 방법의 성능과 데이터량 비교

Table 2. Performance comparison of the proposed MVHQM and conventional methods in terms of the Pearson correlation and data size.

	FR quality metric		RR quality metric	
	EPSNR[1]	SSIM[2]	Wang and Simoncelli[5]	MVHQM
Pearson correlation coefficient	0.55489	0.55134	0.4647	0.62531
Outliers ratio	0	0.03846	0.01923	0
Data size (bytes)	$352\times288\times N_f$(CIF) $176\times144\times N_f$(QCIF)		$21\times N_f$	520 (for a video clip)

여 제안한 방법의 성능을 표 2에서 보였다. 제안한 방법과 EPSNR은 실험한 전체 비디오 영상에 대해 OR이 다른 두 방법보다 작아서 좋은 성능을 보였다. 그리고 표 2는 전체 비디오 영상에 대해서 Pearson 상관 계수와 화질 평가에 필요한 데이터 크기를 나타내고 있다. 여기서 N_f는 비디오의 프레임 수를 뜻한다. 제안한 MVHQM이 가장 높은 Pearson 상관 계수, 즉 가장 좋은 성능을 나타내었다. 물론 52개 전체의 비디오 영상 각각에 대해 모두 월등한 성능을 보이지는 못했지만 기존의 RR 방법 뿐 아니라 FR 방법보다 평균적으로 높은 성능을 보였다. EPSNR에 비해 12.69%, SSIM에 비해 13.42%, 그리고 Wang and Simoncelli의 방법보다 34.46%의 성능이 향상되었다. 게다가 다른 기존의 FR 방법, RR 방법보다 송신단에서 추가로 전송해야 할 데이터양도 더 적음을 확인할 수 있다. 이것은 제안한 방법이 비디오 영상의 한 프레임마다의 연산을 필요로 하는 것이 아니라 전체 비디오의 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 구하는 것이기 때문이다. II장에서 설명하였듯이 제안한 방법은 각 방향으로 65종류의 데이터를 보내야하고 이 데이터는 floating number이므로 각 4bytes의 크기를 가진다. 그래서 제안한 방법의 총 데이터 크기는 프레임 수에 관계없이 520 ((65+65)×4) bytes가 된다. 여기서 데이터의 양을 bytes단위로 표기하였는데, Wang and Simoncelli의 방법[5]은 논문에서 1 프레임 당 162 bits가 필요하며, 그것을 bytes로 환산하여 나타내었다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 영상의 화질을 평가하는 척도로 움직임 벡터의 1차원 히스토그램을 이용한 MVHQM을 제안하였다. 비디오 영상에서의 움직임 벡터의 1차원 히스토그램의 유사도를 측정하여 화질을 평가하였고 다른 기존의 방법들보다 좋은 화질 평가 척도임을 실험을 통하여 확인하였다. 또한 표 2에서도 볼 수 있듯이 프레임 수가 큰 비디오 영상일수록 제안한 방법이 유리하다. 추후 과제로 움직임 벡터와 칼라 정보를 이용한 더욱 좋은 성능의 화질 평가 방법의 개발을 들 수 있다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T Recommendation J.144, "Objective perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference," *International Telecommunication Union*, Mar. 2004.

[2] 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.

[3] G.-H. Chen, C.-L. Yang, and S.-L. Xie, "Gradient-based structural similarity for image quality assessment," in *Proc. International Conf. Image Processing*, pp. 2929-2932, Atlanta, GA, USA, Oct. 2006.

[4] C. S. Won, "Using edge histogram descriptor of MPEG-7 for the measurement of image quality and modifications," in *Proc. SPIE Multimedia Systems and Applications IX*, vol. 6391, pp. 1-8, Boston, MA, USA, Oct. 2006.

[5] Z. Wang and E. P. Simoncelli, "Reduced-reference image quality assessment using a wavelet-domain natural image statistic model," in *Proc. SPIE Human Vision and Electronic Imaging X*, vol. 5666, pp. 149-159, San Jose, CA, USA, Jan. 2005.

[6] S. Susstrunk and S. Winkler, "Color image quality on the Internet," in *Proc. IS&T/SPIE Electronic Imaging 2004: Internet Imaging V*, vol. 5304, pp. 118-131, San Jose, CA, USA, Jan. 2004.

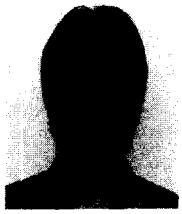
[7] D. Hasler and S. Susstrunk, "Measuring colorfulness in natural images," in *Proc. IS&T/SPIE Electronic Imaging 2003: Human Vision and Electronic Imaging VIII*, vol. 5007, pp. 87-95, San Jose, CA, USA, Jan. 2003.

[8] ITU-T Recommendation BT.500-11, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," *International Telecommunication Union*, Jan. 2002.

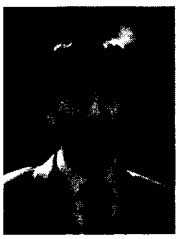
[9] 이선오, 김현오, 심동규, "디지털 비디오에 대한 주관적 화질 측정과 분석," 제19회 신호처리합동학술대회논문집, 제19권, 제1호, 215쪽, 안산, 2006년 9월

[10] Z. Wang, L. Lu, and A. C. Bovik, "Video quality assessment based on structural distortion measurement," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 19, no. 2, pp. 121-132, Feb. 2004.

저 자 소 개



한 호 성(학생회원)
2007년 서강대학교 전자공학과 학사 졸업.
2007년~현재 서강대학교 전자공학과 석사 과정.
<주관심분야: 컴퓨터비젼, 영상화질평가>



박 래 홍(평생회원)-교신저자
1976년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.
1979년 서울대학교 전자공학과 석사 졸업.
1981년 Stanford University 전기공학 석사 졸업.
1984년 Stanford University 전기공학과 박사 졸업.
1984년~현재 서강대학교 전자공학과 교수.
1990년 University of Maryland (College Park, MD) 방문교수.
<주관심분야: 영상처리, 컴퓨터 비젼, 패턴인식>

김 동 오(학생회원)
1999년 서강대학교 전자공학과 학사 졸업.
2001년 서강대학교 전자공학과 석사 졸업.
2001년~현재 서강대학교 전자공학과 박사 재학.
<주관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비젼>

심 동 규(평생회원)
1999년 서강대학교 전자공학과 공학박사.
1999년~2000년 (주)현대전자
2000년~2002년 (주)바로비젼
2002년~2005년 University of Washington
2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)
<주관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비젼>