일반논문-08-13-4-02

IPTV 서비스 영상에 대한 객관적 품질측정 방안 연구

김 원 준^{a)}, 김 창 익^{a)*}, 김 진 술^{b)}, 이 현 우^{b)}, 류 원^{b)}

Research for measuring degradation of IPTV-serviced videos

Wonjun Kim^{a)}, Changick Kim^{a)*}, Jinsul Kim^{b)}, Hyun-Woo Lee^{b)}, and Won Ryu^{b)}

요 약

최근 IP 기반의 멀티미디어 서비스가 증가하면서 IPTV에 대한 수요가 급증할 것으로 예상되고 있다. IPTV는 케이블을 이용하는 기존의 TV와 달리 IP 네트워크 기반의 다양한 서비스 제공이 가능하다. 그러나 IPTV 서비스 품질은 패킷 손실, 지터와 같은 네트워크 열화에 크게 영향을 받기 때문에 언제나 안정된 서비스를 보장하기가 힘들다. 본 논문에서는 다양한 영상 열화에 대하여 주관적 평가를 반영한 IPTV 서비스 품질측정 방안을 도출한다. 이를 위하여 시청자에게 인지적으로 영향을 줄 수 있는 열화 항목을 선정하였으며 선정된 각 열화 항목에 대하여 측정 메트릭을 제안하였다. 각 열화 항목에 대하여 MOS(Mean Opinion Score) 기반의 주관적 평가를 수행하였으며 제안한 메트릭의 측정 결과를 주관적 평가에 사상시켜 주관적 인지 상태를 고려하는 항목별 객관적 품질측정 기준을 도출한다. 다양한 영상에 대한 실험을 통해 개발된 품질측정 메트릭이 주관적 측면을 잘 반영하고 있음을 확인 할 수 있다.

Abstract

With the advent of IP-based multimedia service based on IP network, there is a rapidly increasing demand for IPTV. Unlike the previous coaxial cable based TV, IPTV provides a variety of convergence services based on IP network. However, since the IPTV service quality is a lot affected by the network degradation such as packet loss and jitter, it may not be guaranteed. In this paper, we propose an objective measure for various degradations of IPTV-based videos considering subjective assessment. To this end, we first determine QoE(Quality of Experience) indicators, which can affect human visual perception. Then we develop the video quality metric for each QoE indicator. Subjective assessment based on MOS is conducted and used to construct mapping relationship between each measure and perceived visual quality. Experiments are performed on various videos to confirm the efficiency and robustness of the proposed method and show high correlation with subjective assessment.

Keywords : IPTV, Network degradation, QoE indicator, Video quality metric, Subjective assessment

1. 서 론

IP 미디어 서비스는 통신 및 방송 서비스가 통합된 다양

한 융합서비스 환경이 도래함과 동시에 매우 중요한 서비스로 두각 되고 있으며, 현재 IPTV 시장 경향 및 수요 증가로 미루어 볼 때 근 미래에 매우 큰 시장을 형성할 것으로 기대되는 분야이다¹⁾. IPTV는 기존의 TV와 달리 네트워크 기반의 TV이다. 기존 방송 서비스는 방송 사업자가 선정한 채널 및 프로그램을 시청자가 수동적으로 선택할 수 있었던 반면 IPTV는 VoD 서비스를 통해 시청자가 원하는 시간에 원하는 프로그램을 능동적으로 선택할 수 있으며 실시

a) 한국정보통신대학교 시각정보처리연구실a)

Information and Communications University

b) 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문b) 네트워크연구부 QPS인프라연구팀

Electronics and Telecommunications Research Institute

* 교신저자 : 김창익(ckim@icu.ac.kr)

간 프로그램의 경우 시청자의 의견을 바로 전달 할 수 있는 양방향 서비스가 가능하다. 이러한 IPTV 서비스에서의 QoE(Quality of Experience) 보장은 가장 중요한 문제 중 하나이다. IPTV 서비스에서 데이터 전송은 유선 TV에서 흔히 쓰이는 동축 케이블(coaxial cable)이 아닌 IP 네트워크를 통해 이루어지기 때문에 통신망의 특성상 사용자가 급격히 증가하거나 데이터 전송량이 폭주하는 경우 영상 열화 현상이 발생한다^[2].

IPTV 서비스 영상 열화의 주된 원인은 부호화에 의한 열화와 전송 오류에 의한 열화로 나눌 수 있다. 방송 서비스업자는 영상 데이터를 부호화 한 후 네트워크를 이용하여 전송하게 되는데 이때 부호화에 의한 양자화, 움직임 벡터 예측 등으로 인해 blurring, block distortion과 같은 영상 열화가 발생할 수 있다. 또한 부호화 된 영상 데이터는 전송 중 네트워크 환경에 따라 패킷 손실, 지터 등에 의해 쉽게 영향을 받으며 이로 인해 color error, block distortion 등 다양한 영상 열화가 발생한다. 따라서 이러한 영상 열화 현상에 대한 모니터링(monitoring)을 통해 IPTV 서비스에 대한 만족감을 높이기 위해서는 서비스 영상에 대한 정확한 품질측정 방안이 필요하다.

대부분의 기존 연구에서는 객관적 영상 품질측정을 위해서 MSE(Mean Squared Error)나 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)을 사용하였다. MSE나 PSNR은 측정방법이 간단하여 널리 사용되어 왔으나, 인간의 인지적 요소를 고려하지 않아 주관적 평가와의 상관도가 매우 낮다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 인간시각시스템(Human Visual System)을 반영하는 영상 품질측정 방법이 개발되어 왔다^[3-5]. Shanika^[3] 등은 에지(edge) 정보를 이용하여 블록 열화를 위한 인지적 품질측정 모델을 도출하였다. [3]의 저자는 수평·수직 방향 에지 왜곡이 발생할 수 있는 다양한 환경에서의 주관적 품질평가 결과를 메트릭에 반영하고 있다. Wolf^[4] 등은 영상의 열화 정도를 측정하기 위해 특정 영역에 대한 에지 정보를 추출하고 이를 향상시키기 위해 가중치가 적용된 대역 통과 필터(bandpass filter)를 사용한다. [5]의 저자는 시청 경험에 크게 영향을 미칠 수 있는 요소로 colorfulness와 sharpness를 사용하여 품질측정 메트릭을 도출한다. Sharpness는 밝기 대비가 강한 이미지에서 강하게

나타나기 때문에 영상 내 지역 밝기 대비를 이용하여 얻을 수 있으며 colorfulness는 해당 영상의 평균 채도와 각 픽셀 색과의 거리 비교를 통해 얻어진다. Wu^[6] 등은 부호화에 사용되는 8×8 크기의 블록 경계 주변 픽셀에 대한 밝기 정보를 이용하여 블록 왜곡의 정도를 측정한다. 그러나 H.264와 같은 영상 부호화 시스템에서는 가변 블록 크기를 사용하기 때문에 위 방법으로 정확한 블록 왜곡 정도를 측정하기 어려운 문제점이 있다. 위에서 언급한 대부분의 연구에서는 주로 부호화에 의한 영상 열화 현상만을 고려하여 메트릭을 도출하였으나 IPTV 서비스의 경우 네트워크 영역에서 전송 오류가 발생할 수 있기 때문에 IPTV 서비스 영상에 대한 품질측정에는 적합하지 않다^[2]. Watson^[10] 등은 밝기 대비를 이용한 영상 품질 측정과 더불어 프레임 간의 시간적 밝기 대비 함수를 이용하여 인간의 시각 모델을 반영한 영상 품질 측정 방법을 제안하였다. Lu^[11] 등은 프레임 손실과 blur 현상을 동시에 이용하여 콘텐츠를 고려한 영상 품질 측정 메트릭을 제안하였다. 부호화에 의한 열화는 영상 내 전역적으로 고르게 발생하지만, 전송 오류에 의한 열화는 패킷 손실에 의해 영상 내 지역적, 불규칙적으로 정보 손실이 나타나기 때문에 영상 품질 측정 메트릭 도출 시 이와 같은 특징을 고려해야 한다.

본 논문에서는 IPTV 서비스에서 시청 경험 만족에 영향을 주는 열화 항목(QoE indicator)으로 edge busyness, blurring, block distortion, color error, jerkiness를 선정하고 주관적 평가 결과 값과 메트릭 결과 값을 기반으로 각 항목에 대한 품질측정 방안을 제시하고자 한다. 기존의 연구들과 달리 전송 오류에 의한 영상 열화 현상을 메트릭에 반영하였으며 각 메트릭의 품질측정 결과를 MOS 기반의 주관적 평가 점수로 환산하여 현재 서비스 되는 영상에 대하여 사업자나 시청자가 쉽게 영상 열화 정도를 알 수 있도록 하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서 각 항목별 품질측정 방법을 제안하며 3장에서는 주관적 평가를 바탕으로 한 품질측정 방안 도출 방법을 제시한다. 4장에서는 다양한 영상에 대한 품질측정 메트릭의 성능평가 결과를 보여주며 5장에서 결론 및 추후 과제를 논의한다.

그림 1. 객관적 화질평가 방법
Fig. 1. Objective video quality measures

II. 제안하는 항목별 품질측정 방법

영상의 객관적 화질평가 방법은 원본 영상의 유무에 따라서 전 기준법(Full Reference, FR), 감소 기준법(Reduced Reference, RR), 무기준법(No Reference, NR)으로 나눌 수 있다[12] (그림1 참조). 전 기준법은 원본 영상과 열화 된 영상이 모두 필요한 품질측정 방법으로 PSNR, MSE가 이에 속한다고 할 수 있다. 그러나 원본 영상과 열화 된 영상에 대한 픽셀 단위의 계산으로 품질측정에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 감소 기준법은 원본 영상과 열화 된 영상의 특징(feature)을 추출하여 이를 비교하는 방법으로 전 기준법에 비해 빠른 처리가 가능하다. 무기준법은 원본 영상의 정보를 사용하지 않고 열화 된 영상만 사용하여 품질을 측정하는 방법으로 적용 범위가 광범위한 반면, 원본 영상에 대한 정보가 없기 때문에 정확한 평가가 어렵다는 단점이 있다. 본 논문에서는 감소 기준법을 이용하여 항목별 품질측정 메트릭을 제안하고자 한다.

1. Edge busyness, Blurring, Block distortion

Edge busyness는 영상 내 객체(object)의 에지나 에지 주변에서 발생하는 왜곡 현상을 말한다^[13]. 이러한 edge busyness는 blurring과 block distortion에 의해 발생 할 수 있는 영상 열화 현상으로 부호화 영역이나 네트워크를 이용한 전송 영역 어디에서나 발생 할 수 있다. 이러한 edge busyness는 공간적(spatial) 측면과 시간적(temporal) 측면으로 나누어 살펴 볼 수 있다. 그러나 프레임 사이에서 순간 발생하는 시간 변이적인(time-varying) 에지 왜곡은 IPTV 서비

스 영상에서 거의 발생하지 않기 때문에 본 논문에서는 공간적 측면에 대한 edge busyness만을 다루도록 한다. 본 논문에서는 [14]의 방법을 간략화 하여 Sobel 에지의 평균 크기를 원본 영상과 열화 된 영상의 edge busyness를 위한 특징으로 다음과 같이 추출한다.

$$SI_{mag}(x,y) = \sqrt{SI_v(x,y)^2 + SI_h(x,y)^2} \quad (1)$$

$$AEE = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in Edge} SI_{mag}(x,y) \quad (2)$$

여기서 SI_h 와 SI_v 는 각각 수평·수직 방향으로의 그레디언트(gradient)를 의미하며, N 은 전체 에지 픽셀 수를 의미한다. AEE 는 이미지 내의 평균 에지의 크기를 나타낸다. 원본 영상과 열화 된 영상의 AEE 값을 비교하여 열화 된 영상의 에지 왜곡 정도를 측정한다.

Blurring은 에지의 sharpness 감소에 의해 영상 전체에 나타나는 전역적 왜곡 현상이라고 할 수 있다^[13]. Blurring은 주로 부호화에 의해 발생하는 영상 열화 현상으로 에지 정보를 이용하여 쉽게 측정이 가능하다. Blurring을 측정하기 위해 Sobel 에지의 표준 편차를 다음과 같이 원본 영상과 열화 된 영상의 특징으로 추출한다^[14].

$$SI_{std}(x,y) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_x \sum_y SI_{mag}(x,y)^2 - AEE^2} \quad (3)$$

원본 영상과 열화 된 영상에서 에지 표준 편차 값인 SI_{std} 를 비교하여 열화 된 영상의 blurring 정도를 측정한다.

Block distortion은 블록 기반의 부호화나 패킷 손실에

의해 시각적으로 블록의 경계가 느껴지는 현상을 말한다^[13]. Block distortion은 인지적으로 가장 쉽게 느껴지는 열화 현상 중 하나로 정확한 측정이 필요하다. 기존의 많은 연구[3,6,15,16]에서 block distortion 측정 방법을 다루어 왔으나, 대부분 부호화에 의한 열화 현상만을 고려하기 때문에 패킷 손실에 의해 원본 영상에는 없는 부자연스러운 블록이 발생할 경우 이를 정확히 측정하지 못한다. 따라서, 본 논문에서는 블록 에지와 그 주변 밝기 정보를 이용하여 다음과 같은 block distortion 측정 방법을 제안한다. 부호화를 위해 움직임 벡터를 예측하고 블록을 매칭(matching)하는 과정에서 필연적으로 수평·수직 방향으로의 강한 에지 성분이 생성 된다. 블록 경계에서 불연속을 느끼게 하는 수평·수직 방향으로의 강한 에지를 먼저 추출 한 후, 그 주변 픽셀의 밝기 값을 가중치로 적용하여 block distortion을 측

정할 수 있다. 먼저, 그래디언트의 방향을 이용하여 수평·수직 방향으로의 강한 에지 픽셀을 검출한다.

$$\theta(x,y) = \tan^{-1} \frac{SI_v(x,y)}{SI_h(x,y)} \quad (4)$$

$\theta(x,y)$ 값이 0° , 90° , 180° , 270° 이면 해당 에지 픽셀을 블록 에지로 정의하며 $BE(x,y)$ 로 나타낸다. 그림 2는 제작된 이미지에 대한 블록 에지 검출의 예를 보여주고 있다.

그림 2에서 블록 에지로 검출된 부분은 흰색으로 표시하였으며, 수평·수직 방향의 에지 픽셀이 잘 검출되고 있음을 확인 할 수 있다. 블록 에지 주변의 밝기 정보는 블록 에지와 주변 영역과의 차이 정도를 표현할 수 있기 때문에 인지적 요소를 반영하기 위한 유용한 정보이다. 따라서 그림 3

그림 2. 블록 에지 검출 결과
Fig. 2. Result of block edge extraction

그림 3. 가중치 결정 과정
Fig. 3. The workflow of weight factor determination

과 같은 알고리즘을 통해 블록 에지 픽셀의 주변 밝기 정보를 가중치로 적용 한다. $BE(x,y)$ 픽셀 주변의 상하좌우 각각 8 픽셀을 이용하여 밝기의 평균값을 구하고 수평·수직 방향으로의 차이의 절대값을 계산한 후 큰 값을 정규화하여 블록 에지의 가중치 값으로 사용하게 된다.

아래와 같이 모든 블록 에지 픽셀에 대한 가중치 값을 합산하면 최종적으로 해당 영상의 block distortion의 정도를 측정할 수 있게 된다.

$$blockiness = \sum_{(x,y) \in BE} weight(x,y) \quad (5)$$

개발된 각 열화 항목 측정 메트릭의 결과 값은 감소 기준법을 바탕으로 다음과 같이 원본 영상과 열화 된 영상 간의 예러 비율로 정의 한다. 여기서 S_{value} 는 원본 영상에서의 항목별 측정 결과 값을 의미하고 P_{value} 는 열화 된 영상에서의 항목별 측정 결과 값을 나타낸다.

$$ErrorRatio = \frac{P_{value} - S_{value}}{S_{value}} \quad (6)$$

2. Color error, Jerkiness

Color error는 열화 된 영상에서 원본 영상에는 존재하지 않는 hue나 saturation 성분이 발생하여 영상에 부자연스러움을 주는 현상을 말한다^[13]. Color error는 부호화로 인한 색상 왜곡 이나 전송 과정 중에 발생하는 패킷 손실에 의해 발생한다. 부호화에 의한 색상 왜곡은 정보 손실이 크지 않기 때문에 눈으로 식별하기 쉽지 않으나, 패킷 손실에 의한 색상 정보 손실은 영상 내 부자연스러운 색상을 가진 블록을 발생시킴으로써 시청 경험을 저하시킨다. 따라서 기존의 부호화 열화 기반의 측정 방법^[17]으로는 정확한 color error 측정이 어렵다. 본 논문에서는 HSI 색상 모델^[18]에서 원본 영상과 전송된 영상의 평균 hue와 saturation의 기하학적 관계를 이용하여 네트워크 열화를 잘 반영할 수 있는 color error 측정 방법을 제안한다. 그림 4는 HSI 모델에서 hue와 saturation의 관계를 보여주고 있다.

< Hue and saturation in HSV color model >

그림 4. Color error 측정 방법

Fig. 4. The metric for color error

여기서 a, b는 각각 원본 영상과 열화 된 영상의 평균 saturation을 의미하며, θ_1 과 θ_2 는 각각 원본 영상과 열화 된 영상의 평균 hue를 나타낸다. 본 논문에서는 원본 영상과 열화 된 영상의 hue와 saturation 값의 차이를 반영하고 있는 c 값을 color error로 정의하고 아래와 같이 나타낸다.

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta_d}, \text{ where } \theta_d = \theta_2 - \theta_1 \quad (7)$$

Jerkiness는 전송 도중 패킷이 손실되거나 지연이 발생하여 일정 시간 동안 동일한 프레임을 전송하여 시청자로 하여금 마치 영상이 스냅샷(snap shot)처럼 보이게 하는 프레임 프리징(freezing) 현상을 말한다^[13]. Jerkiness 측정은 다음과 같이 프레임 간의 움직임 차이에 기본을 두고 있다^[14]. 패킷 손실이나 전송 지연이 발생했을 때 동일한 프레임을 10프레임 구간 동안 전송한다고 가정하면, 10프레임 이후에 나타나는 새로운 프레임은 이전 10프레임 구간 동안의 움직임이 축적되어 나타나기 때문에 현재 프레임과 이전 프레임의 차영상을 구하면 큰 차이를 보이게 된다. 잡음 효과를 줄이기 위해 밝기의 차영상 대신 에지의 차영상을 이용하여 아래와 같이 jerkiness를 측정할 수 있다.

$$diff(x,y) = |S_n(x,y) - S_{n-1}(x,y)| \quad (8)$$

$$Avg_{diff} = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in Edge} diff(x,y) \quad (9)$$

여기서 S_n 과 S_{n-1} 은 각각 현재 프레임과 이전 프레임에

서 임계값 200에 의해 이진화 된 Sobel 에지를 의미하며, 임계값 보다 크면 255, 작으면 0의 값을 갖는다. N 은 이진화 된 에지 이미지에서의 에지 픽셀 수를 나타낸다. 식 (9)를 이용하여 열화 된 영상의 시간 축에서 Avg_{diff} 값이 0을 유지하다가 값이 증가하는 구간을 jerkiness가 발생했다고 판단 할 수 있다.

III. 열화 항목별 품질측정 기준 도출

1. 주관적 평가 방법

선정된 열화 항목에 대하여 인지적 요소를 반영한 품질 측정 기준을 도출하기 위해 MOS 기반의 주관적 평가를 실시하였다^[9]. MOS는 기준 영상과 비교 영상에 대해 평가자의 주관적 입장을 묻는 방식이다. 영상의 매 프레임마다 품질 측정이 가능하도록 하기 위해 실험 영상에서 이미지를 추출하여 사용하였으며, 평가자는 원본 이미지와 열화 된 이미지를 동시에 보고 표 1과 같은 MOS 영상품질 척도에 의해 점수를 매기게 된다.

표 1. MOS 점수 기준표
Table 1. MOS score

MOS	Quality	Impairment
5	Excellent	Imperceptible
4	Good	Perceptible but not annoying
3	Fair	Slightly annoying
2	Poor	Annoying
1	Bad	Very annoying

실험 영상은 IPTV에서 서비스 되는 영상을 사용하였으며, 영상에서 이미지를 추출하여 열화의 정도를 메트릭이 허용하는 범위 내에서 10단계로 구성하였다. 주관적 평가는 영상 콘텐츠의 종류에 따라 영향을 받을 수 있기 때문에 뉴스, 스포츠, 뮤직비디오, 광고, 드라마 등 다양한 영상을

실험에 사용하였다. 총 20명이 참여 하였으며, 매 실험 이미지 사이에는 회색 이미지를 삽입하여 이전 실험 이미지에 의해 현재 실험 이미지에 대한 평가가 영향 받지 않도록 하였다. Jerkiness는 화면 끊김 현상으로 열화 특성상 발생하면 바로 시청에 심한 불편함을 주기 때문에 열화의 정도를 단계적으로 표현하기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 jerkiness가 발생하면 MOS 값은 1이며, 발생하지 않으면 MOS 값은 5가 된다.

2. 주관적 평가와 항목별 측정결과와 대응관계

본 절에서는 주관적 평가 결과를 이용하여 항목별 메트릭 측정 결과 값을 MOS 값으로 환산 하는 방법에 대하여 논의한다. 먼저, 각 열화 항목별 주관적 평가 결과에서 평가자의 MOS 값이 변하는 순간의 이미지를 해당 MOS 값의 상한선으로 가정한다. 각 열화 항목별로 평가자의 MOS 값이 변하는 순간의 이미지에 대한 메트릭 결과 값의 평균을 이용하여 해당 MOS 값의 상한선으로 결정하며 다음과 같이 유사코드로 나타낼 수 있다.

```

Foreach  $i = EB, BL, BD, CE$ 
  for MOS = 5,...,1
  {
    sum = 0;
    for  $n = 1, \dots, N$  ← 평가자
    {
      for  $k = 1, \dots, 10$  ← 열화 인덱스
      if MOS == mos[k];
      then index = k;
      sum +=  $S_{n, index}$ ;
    }
    Ave[MOS] = sum / N;
  }
  
```

여기서 i 는 각 열화 항목을 의미한다. N 은 주관적 평가에 참여한 사람 수로 본 논문에서는 20이며, S 는 각 열화

그림 5. Block distortion 메트릭 결과와 MOS 값 대응

Fig. 5. Mapping between metric result and MOS value for block distortion

항목의 메트릭 결과 값을 나타낸다. 한 평가자가 서로 다른 실험 이미지에 같은 MOS 점수를 부여 할 수 있기 때문에 상한선을 구하기 위해서는 그 중 가장 큰 메트릭 측정 결과 값을 갖는 이미지를 이용한다. 위 유사코드를 이용하면 손쉽게 각 열화 항목별 메트릭의 측정 결과 값을 MOS 값으로 환산 할 수 있다. 예를 들어, 그림 5에서는 MOS가 5일 때 i 번째 항목의 메트릭 결과 값 $Ave^{[5]}$ 을 구하는 과정을 보여준다. 이 값이 해당 MOS에서의 최대 메트릭 결과 값을 나타낸다. 영상 열화 정도에는 제한이 없기 때문에 MOS 값 1에 해당하는 상한선은 구할 필요가 없으며, MOS 값 2의 상한선 이상인 값은 모두 MOS 값이 1이라고 간주한다. 그림 5는 주관적 평가 결과를 이용하여 MOS 값 5에 해당하는 block distortion 메트릭 결과 값 구간을 결정하는 과정을 보여주고 있다. 열화 1 ~ 열화 10은 10단계로 열화 된 실험 이미지를 의미한다.

표 2는 각 MOS 값에 해당하는 메트릭 결과 값 구간을

열화 항목별로 나타내었다.

서비스 사업자나 가입자는 표 2를 이용하여 열화 항목별 메트릭 측정 결과 값을 MOS 값으로 환산함으로써 현재 IPTV에서 서비스 되는 영상에 대하여 인지적 요소가 반영된 정확한 영상 품질측정을 할 수 있다.

항목별 품질측정 기준 뿐만 아니라 영상에 대한 전체적 품질 측정 또한 매우 중요하다. 기존 연구에서는 대부분 열화 현상에 대한 메트릭 결과 값에 가중치를 적용한 선형 조합(weighted sum) 방법을 이용하여 영상 품질측정 메트릭(Video Quality Metric, VQM)을 모델링하였다. 그러나 위와 같은 선형 조합에 의해 모델링 된 영상 품질측정 메트릭과 실제 주관적 영상 품질 측정 결과의 관계는 선형적이지 못하다. 즉, 영상에 대한 전체적인 품질은 열화 현상의 선형 조합으로 표현 할 수 없다. 예를 들어, blurring의 주관적 평가 결과에 대한 MOS 값만 1이고 다른 열화는 현상에 대한 MOS 값은 5일 때 전체적 영상 품질에 대한 주관적

표 2. 열화 항목별 MOS 값 설정

Table 2. Value assignments for MOS of each QoE indicator

MOS	Edge busyness	Blurring	Block distortion	Color error
5	0~0.158	0~0.028	0~0.045	0~0.036
4	0.158~0.398	0.028~0.124	0.045~0.224	0.036~0.066
3	0.398~0.678	0.124~0.241	0.224~0.458	0.066~0.088
2	0.678~0.928	0.241~0.341	0.458~0.811	0.088~0.094
1	0.928~	0.341~	0.811~	0.094~

평가는 MOS 값 1에 가까울 확률이 높다. 영상에서 한 열화가 심하게 발생하면 다른 열화가 발생하지 않더라도 시청에 매우 불편함을 주기 때문에 전체적 영상품질은 떨어지게 된다. 표 3은 항목별 측정 결과의 선형 조합과 전체적 영상 품질의 비선형적인 관계에 대한 예를 보여주고 있다.

표 3. 항목별 측정 결과의 선형 조합과 전체적 영상 품질의 비선형적 관계
Table 3. Nonlinear relationship between weighted sum of metric result and video quality

열화 항목	주관적 평가 결과 (MOS)
Edge busyness	5
Blurring	1
Block distortion	5
Color error	5
Jerkiness	5

→ 전체적 영상 품질 (MOS) = 1

따라서 본 논문에서는 열화 항목에 대한 주관적 평가 결과 중 가장 작은 MOS 값을 전체적 영상 품질로 정의한다.

IV. 성능 평가

본 장에서는 실제 IPTV에서 서비스 되는 영상을 사용하여 주관적 화질 평가 결과의 상관도 분석을 통해 개발된 항목별 품질측정 기준의 타당성을 검증한다. 제안한 품질 측정 기준의 성능 평가를 위해 IPTV에서 서비스 되는 3개의 영상을 사용하여 주관적 평가를 실시하였다. 그림 6은 성능 평가에 사용된 영상을 보여주며 각 영상에서 발생하고 있는 열화의 특징은 다음과 같다. 실험 영상 1은 심한 패킷 손실로 인해 block distortion, color error 등이 심각하게 발생하고 있는 영상이다. 실험 영상 2는 부호화에 의한

그림 6. 성능 평가에 사용된 IPTV 서비스 영상

Fig. 6. IPTV-serviced videos for performance evaluation

그림 7. 실험 영상 1

Fig. 7. Test video 1

열화를 평가하기 위한 영상으로 block distortion과 blurring이 영상 전체적으로 발생하고 있다. 실험 영상 3은 패킷 손실과 지터 등에 의한 영상 정보 손실이 발생하고 있는 영상이다.

성능 평가를 위한 주관적 평가에는 총 20명이 참여하였으며 평가가 시작되기 전 MOS 평가 방법에 대하여 충분히 숙지하도록 하였다. 실험 영상에서 열화의 정도가 구분이 가능한 3장면을 추출하여 성능 평가에 사용하였으며, 한 실험 이미지 당 5초간의 시간제약을 두어 평가 결과가 시간에 영향 받지 않도록 하였다.

그림 7은 실험 영상 1의 열화 정도를 보여주며, 표 4는 실험 영상 1에 대한 주관적 평가 결과의 평균값과 개발된 항목별 품질기준을 비교하여 보여주고 있다.

표 4. 주관적 평가와 개발된 품질기준의 비교 (실험 영상 1)
Table 4. Comparison subjective assessment with results of proposed metric (test video 1)

열화 항목	Img 1		Img 2		Img 3	
	S	M	S	M	S	M
Edge busyness	4.6	5	1.6	4	1.6	2
Blurring	5.0	5	5.0	5	5.0	5
Block distortion	4.2	5	1.2	1	1.4	2
Color error	4.8	5	4.2	5	3.8	4

표 4에서 S는 주관적 평가 결과의 평균값을 의미하며, M은 개발된 항목별 품질기준을 의미한다. 첫 번째 이미지의 경우 중간에 약한 블록 왜곡이 발생한 것 이외에 열화가 눈에 띄지 않기 때문에 MOS 값이 5에 가깝게 측정되었다.

두 번째와 세 번째 이미지의 경우 많은 패킷 손실로 인해 블록 왜곡이 심하게 발생하고 있어 시청에 매우 불편감을 주기 때문에 주관적 평가 결과와 메트릭 측정 결과는 모두 작은 MOS 값을 나타냈다. 그러나 두 번째 이미지의 edge busyness 경우 주관적 평가 결과와 메트릭 품질 측정 결과가 다소 차이를 보이는데 이는 에지 왜곡뿐만 아니라 색상의 왜곡 또한 평가자의 인지적 요소에 영향을 미치기 때문에 나타나는 현상이라고 할 수 있다.

같은 방식으로 그림 8은 실험 영상 2의 열화 정도를 보여주며, 표 5는 실험 영상 2에 대한 주관적 평가 결과의 평균값과 개발된 항목별 품질기준을 비교하여 보여주고 있다. 실험 영상 2의 경우 부호화에 의하여 화질 열화가 발생하고 있다. 블록 기반의 부호화로 인한 블록 경계 왜곡 현상이 열화의 가장 주된 원인으로 나타나고 있으나, 고화질 압축 기술의 도입으로 평가자는 열화 된 영상에서 시청에 불편함을 크게 느끼지는 않는다. 부호화에 의한 열화 현상은 영상 전체에 선형적 열화를 가져 오기 때문에 지역적으로 나타나는 돌발적인 열화에 비해 시각적으로 열화 정도를 느

표 5. 주관적 평가와 개발된 품질기준의 비교 (실험 영상 2)
Table 5. Comparison subjective assessment with results of proposed metric (test video 2)

열화 항목	Img 1		Img 2		Img 3	
	S	M	S	M	S	M
Edge busyness	4.8	5	4.8	5	4.8	5
Blurring	4.6	5	4.0	5	4.0	5
Block distortion	2.4	2	3.2	3	4.0	4
Color error	4.8	5	4.8	5	4.8	5

그림 8. 실험 영상 2
Fig. 8. Test video 2

그림 9. 실험 영상 3
Fig. 9. Test video 3

끼기가 쉽지 않다. 따라서 주관적 평가 결과와 메트릭 측정 결과는 모두 높은 MOS 값을 나타냈다.

마지막으로 그림 9는 실험 영상 3의 열화 정도를 보여주며, 표 6은 실험 영상 3에 대한 주관적 평가 결과의 평균값과 개발된 항목별 품질기준을 비교하여 보여주고 있다. 실험 영상 3의 경우 세 이미지가 전체적으로 비슷한 열화 정도를 보이고 있으나, 세 번째 이미지에서 실제 발생하지 않은 blurring 열화가 측정되고 있음을 확인 할 수 있다. 이는 지터에 의해 정보가 손실된 부분이 영상 내에서 단색으로 표현되어 마치 해당 영역의 sharpness가 감소된 것과 같은 영향을 주기 때문이다.

표 6. 주관적 평가와 개발된 품질기준의 비교 (실험 영상 3)
Table 6. Comparison subjective assessment with results of proposed metric (test video 3)

열화 항목	Img 1		Img 2		Img 3	
	S	M	S	M	S	M
Edge busyness	4.2	5	4.2	5	3.4	4
Blurring	5.0	5	5.0	5	5.0	3
Block distortion	2.8	3	3.4	3	3.4	4
Color error	3.8	5	4.0	5	3.4	5

지터가 발생한 경우 영상 내 많은 부분의 색이 변하는 것은 아니지만 원본 영상에 존재하지 않는 색이 발생하기 때문에 인지적 측면에서 color error를 느끼게 되어 메트릭 결과 값과 주관적 평가 결과 사이에 약간의 차이가 발생하고 있다.

결론적으로 IPTV 서비스 영상에 대한 실험을 통해 항목별 품질측정 메트릭과 주관적 평가 사이에 높은 상관도가 있음을 알 수 있었으며 이를 통해 제안하는 품질측정 기준

이 인지적 요소를 잘 반영하고 있음을 확인 할 수 있었다.

V. 결론 및 추후과제

다양한 융합 서비스 환경이 도래하면서 IPTV 서비스는 품질을 보장할 수 있는 IP 기반의 광대역 네트워크를 통해 다채널 방송, VoD, 양방향 서비스를 비롯한 다양한 유형의 고품질 IP 멀티미디어 서비스 제공을 목표로 한다. 그러나 네트워크 기반의 정보 전달은 전송할 데이터량이 많아지거나 사용자가 급증할 경우 서비스의 질을 보장하기 어려운 단점이 있다. IP 미디어의 핵심이라고 할 수 있는 영상 정보는 이러한 부호화나 네트워크 환경에 쉽게 영향을 받기 때문에 보다 나은 서비스를 위해 인지적 요소를 고려한 열화 항목 선정과 그에 대한 정확한 품질측정이 필요하다. 본 논문에서는 열화 항목으로 edge busyness, blurring, block distortion, color error, jerkiness를 선정하고 감소 기준법을 이용하여 각 항목별 측정 메트릭을 제안하였다. 인지적 요소를 반영하기 위해 주관적 평가를 실시하였으며 메트릭 측정 결과 값을 MOS로 변환 가능하도록 하여 객관적 품질측정 방안을 도출하였다. IPTV 서비스 영상에 대한 성능 평가를 통해 제안하는 메트릭이 각 항목별 열화 현상에 대하여 인지적 열화 정도를 잘 반영하고 있음을 확인하였다. 전체적 영상 품질측정을 위해 열화 항목에 대한 측정 결과의 선형 조합과 비선형적 관계를 고려하였으며 이를 바탕으로 영상 품질은 가장 작은 MOS 값을 갖는 영상 열화에 의해 결정되도록 하였다.

인지적 측면을 고려한 항목별 품질측정 메트릭을 통해 제안하는 객관적 품질측정 방안은 서비스 사업자가 현재 서비스 되는 IPTV 영상에 대한 정확한 품질측정을 할 수 있도록 하며, 현재 발생하고 있는 열화 현상이 무엇인지에 모니터링 할 수 있도록 한다. 따라서 제안하는 객관적 품질측정 방안은 안정된 IPTV 서비스에 꼭 필요한 요소이며 시청 경험 향상 극대화에 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 기대 된다.

앞으로는 서비스 과정 중 심각한 열화 현상이 발생하였을 때 이를 신속히 처리하기 위한 실시간 품질측정 메트릭 개발이 필요하다. 이를 위해 실시간 측정이 가능한 무기준법을 이용한 객관적 품질측정 방안을 연구 중에 있다. 또한 보다 정확한 전체적 영상 품질을 측정하기 위해서는 항목별 열화 정도와 주관적 평가 결과의 관계에 대한 보다 정확한 분석이 필요하며 현재 이러한 문제를 해결하기 위한 방안을 개발 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] 정정식, 이성웅, 송호영, 김봉태, "IPTV 서비스 및 표준화 동향," 전자통신동향분석, 제21권, 제3호, PP. 123-136, 2006. 6.
- [2] 이철희, 최지환, "IPTV 망에서 QoS 제공 방안," TTA Journal, no. 107, pp. 41-45, Nov. 2006.
- [3] S. A. Karunasekera and N. G. Kingsbury, "A distortion measure for blocking artifacts in images based on human visual sensitivity," IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, no. 6, pp. 713-724, June 1995.
- [4] S. Wolf and M. Yuen, "Spatial-temporal distortion metrics for in-service quality monitoring of any digital video system," in Proc. SPIE, vol. 3845, pp. 266-277, Boston, MA, 1999.
- [5] S. Winkler, "Visual fidelity and perceived quality: Towards comprehensive metrics," in Proc. SPIE, vol. 4299, San Jose, CA, 2001.
- [6] H. R. Wu and M. Yuen, "A generalized block-edge impairment metric for video coding," IEEE Signal Processing Letters, vol. 4, no. 11, pp. 317-320, Nov. 1997.
- [7] M. C. Q. Farias and S. K. Mitra, "No-reference video quality metric based on artifact measurement," in Proc. ICIP 2005, vol. 3, pp. 11-14, Sept. 2005.
- [8] S. Winkler, A. Sharma, D. McNally, "Perceptual video quality and blockiness metrics for multimedia streaming applications," in Proc. International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, pp. 547-552, Sept. 2001.
- [9] E. Ong, X. Yang, W. Lin, Z. Lu, and S. Yao, "Perceptual quality metric for compressed videos," in Proc. ICASSP'05, vol. 2, pp. 581-584, Mar. 2005.
- [10] A. B. Watson and J. Malo, "Video quality measures based on the standard spatial observer," in Proc. ICIP 2002, vol. 3, pp. 41-44, June 2002.
- [11] Z. Lu et al., "Content-based quality evaluation on frame-dropped and blurred video," in Proc. ICME 2007, pp. 1455-1458, July 2007.
- [12] User requirements for perceptual video quality monitoring of IPTV, FG-IPTV-ID-0013, Geneva, 10-14 July 2006.
- [13] A framework for QoS metrics and measurements supporting IPTV services, ATIS-0800004, Nov. 2006.
- [14] P. Schallauer, M. Donoser, G. Kienast, and H. Rehatschek, High quality compression for film and video, PRESTO, Sept. 2002.
- [15] T. Vlachos, "Detection of blocking artifacts in compressed video," Electronics Letters, vol. 36, no. 13, pp. 1106-1108, 2000.
- [16] Z. Yu et al., "Vision model based impairment metric to evaluate blocking artifacts in digital video," in Proc. IEEE, 2001.
- [17] S. Susstrunk and S. Winkler, "Color image quality on the internet," in Proc. SPIE, vol. 5304, pp. 118-131, 2003.
- [18] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing. Second ed., Upper Saddle River, NJ:Prentice-Hall, 2002.
- [19] Methods for subjective determination of transmission quality, ITU-T P.800, Aug. 1996.

저 자 소 개

김 원 준

- 2006년 8월 : 서강대학교 전자공학과 학사
- 2006년 8월 ~ 2008년 8월 : 한국정보통신대학교 공학부 석사
- 2008년 8월 ~ 현재 : 한국정보통신대학교 공학부 박사과정
- 주관심분야 : Pattern recognition, Object segmentation, 영상처리

저 자 소 개

김 창 익

- 2000년 12월 : 워싱턴주립대학교 전기공학과 (박사)
- 2000년 12월 ~ 2005년 1월 : Senior Member of Technical Staff, Epson Palo Alto Laboratory, Epson R&D Inc.
- 2005년 2월 ~ 현재 : 한국정보통신대학교(ICU) 공학부 조교수
- 주관심분야 : 3-D video processing, image/video understanding, intelligent media processing, video coding for IPTV

김 진 술

- 2001년 : University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA 학사
- 2005년 : 한국정보통신대학교 석사
- 2008년 : 한국정보통신대학교 박사
- 2005년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 네트워크연구부 QPS인프라연구팀
- 주관심분야 : NGN, IPTV, Mobile IPTV, Ubiquitous Computing, Multimedia Communication, Voice/Video over IP

이 현 우

- 1993년 : 한국항공대학교 학사
- 1995년 : 한국항공대학교 석사
- 2005년 : 한국항공대학교 박사
- 1995년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 네트워크연구부 QPS인프라연구팀 선임연구원
- 주관심분야 : Mobility, Wireless LAN, Interworking Technology, IPTV, VoIP

류 원

- 1983년 : 부산대학교 학사
- 1988년 : 서울대학교 석사
- 2000년 : 성균관대학교 박사
- 1989년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 네트워크연구부 QPS인프라연구팀 팀장
- 주관심분야 : All-IP based Convergence Service & Control Plane, Mobility, NGN, Interworking Technology, VoIP, IPTV