파라메터 매칭에 의한 IPTV 영상 QoE 측정 알고리즘

정회원 하 상 용*, 김 진 철*, 신 동 진**, 조 용 현*, 종신회원 노 병 희***°

Video QoE Measurement Algorithm by Parameter Matching for IPTV Services

Sang-yong Ha*, Chin Chol Kim*, Dong-Jin Shin**, Yong-hyun Jo* *Regular Members*,
Byeong-hee Roh***° *Lifelong Member*

요 약

QoE (Quality of Experience)란 서비스에 대해 사용자가 느끼는 체감품질로서 정의된다. 그러나, 음성의 경우에는 이용자 MOS로 맵핑될 수 있는 R-Value라는 표준 측정기법이 존재하나, 영상의 경우에는 이용자 MOS를 대변할 수 있는 QoE 표준 측정기법이 제시되어 있지 않다. 본 논문에서는 IPTV에서 영상 QoE 측정을 위한 효과적인 방법론을 제안한다. 제안 방법은 이용자들의 MOS에 영향을 미치는 시나리오 유형들을 선정하고, 이들 유형에 가중치를 적용하여 QoE를 자동으로 측정해 낸다. 검증을 위하여 선정한 시나리오 유형들이 반영되어 제작한 열화영상에 제안 알고리즘을 적용하여 구한 QoE와 이용자들로부터 측정한 MOS 간의 상관도를 산출하였고, 결과는 제안 알고리즘이 실제 이용자가 체감하는 품질과 높은 상관도를 가짐을 보였다.

Key Words : IPTV, QoE (Quality of Experience), MOS (Mean Opinion Score), Video QoE, DSCQS, ACR

ABSTRACT

QoE is defined as a quality perceived by users on a certain service. However, standard method to measure voice QoE(MOS) has been developed, but no standard method to measure video QoE has been defined. In this paper, we propose an efficient algorithm to measure video QoE s automatically for IPTV services. The proposed method selects candidate scenarios that affect the users' MOS directly, and derives weight factors for the selected scenarios. With the weight factors for the scenarios, video QoE value is calculated. For the validation of the proposed algorithm, we made degraded videos reflecting the parameters. With the degraded videos, by comparing the user perceived MOSs with the video QoEs derived by the proposed algorithm, we show that the two values are highly correlated each other.

I. 서 론

QoE (Quality of Experience)란 서비스에 대해 사용자가 느끼는 체감품질로서 정의된다[1]. Full-HD급 고화질의 디지털 방송과 IPTV 서비스가 보편화되어 가면서, 이용자들의 서비스에 대한 품질 요구 수준이 높아지고 있다. 이에 따라, IPTV 서비스 제공업체는 이용자들의 QoE를 주기적으로 모니터링 하여 품질을 관리하여 이용자의 요구수준을 충족시킬 수 있도록 관리해야 할 필요가 대두되고 있다.

음성의 경우 QoE는 객관적으로 측정이 가능한 각종 파라메터를 모니터링하여 R-value를 계산 후 이를

※ 본 연구는 방송통신위원회의 출연금으로 수행한 연구개발사업의 결과임
* 한국정보화진흥원 ({yong, cckim, jyh}@nia.or.kr), ** 쉐카이나소프트 (sdjdong@gmail.com)
*** 아주대학교 정보통신전문대학원/정보컴퓨터공학부 (bhroh@ajou.ac.kr) (° : 교신저자)
논문번호 : KICS2011-03-158, 접수일자 : 2011년 5년 25일, 최종논문접수일자 : 2011년 4월 11일

MOS(Mean Opinion Score)로 변환하여 QoE를 표현하는 국제적 표준이 제시되어 있다[2]. R-value는 E-model을 기반으로 한 종단간 음성 접속의 품질평가 등급을 의미하며, 패킷손실, 단방향 지연, 코덱타입 등의 여러 가지 각종 품질 지표 측정값들을 이용하여 이들을 하나의 수식으로 계산함으로써, 종합적인 음성 품질을 MOS로 맵핑하여 표현할 수 있다. 그러나, 영상의 경우, 영상 특성의 복잡성과 압축방식에 따른 화질 변화 등의 많은 변수들이 존재하여 음성의 R-value처럼 하나의 수식으로 QoE를 측정해내기가 쉽지 않고 기초 연구가 부족한 실정이다.

영상 QoE를 측정하는 것은 크게 객관적 평가법과 주관적 평가법이 있다. 실제 사용자들이 느끼는 체감 품질을 측정하기 위해서는 적합한 시청환경에서 다수의 이용자들을 대상으로 MOS를 측정케 하는 주관적 평가를 시행하여야 하며, 평가 방법론과 관련된 다양한 표준이 개발되었다. 그러나 주관적 평가법은 실시간 수행이 매우 어렵고 고비용이 발생한다. 이를 대체할 수 있는 객관적 평가 방법에 대한 연구와 표준화가 진행되고 있다.

영상의 객관적 QoE 측정을 위한 방법으로 ITU-T SG9와 VQEG에서는 FR (Full Reference) 방식, RR (Reduced Refer- ence) 방식, 그리고, NR (No Reference) 방식들이 제시하고 있으나, 이들 방법들은 운용성이나 실용성 면에서 한계를 갖는다[4]. QoS 파라메터들을 이용하여 이용자의 QoE를 측정하는 방법[5]이 제안되었으나, QoS 파라메터와 영상의 압축 형태와 프레임율등과 같이 QoE에 영향을 미치는 요소들의 다양성[6]을 반영하는 데는 한계가 있다. 객관적 영상 QoE 측정 방법은 크게 미디어-계층 모델 (media-layer model), 파라메터 중심의 패킷-계층 모델(parametric packet-layer model), 파라메터 중심의 플래닝 모델 (parametric planning model), 비트스트림-계층 모델 (bitstream-layer model), 그리고 혼합 모델 (hybrid model)의 5가지로 구분되고, ITU-T SG-12에서는 각 모델별 QoE 측정 방법에 대한 표준화를 추진 중이다[1].

본 논문에서는 IPTV 영상 QoE 측정을 위한 효과적인 방법을 제안한다. 제안 방법을 간략히 정리하면 다음과 같다. 우선 이용자들의 QoE에 영향을 미치는 가능한 시나리오들을 선정한다. 그리고, 각 시나리오별로 QoE에 영향을 주는 프레임손실과 같은 품질 요소들이 적용된 열화 영상과 이에 대한 이용자들의 MOS를 측정하고, 이로부터 각 시나리오별 열화 형태에 따른 주관적 품질간의 상관관계를 근사화한다. 그리고, 이들 시나리오별로 MOS에 영향을 미치는 정도를 나타내는 가중치를 산출하여 QoE를 측정하기 위한 알고리즘을 제시한다. 검증을 위하여 제작한 열화 영상에 제안 알고리즘을 적용하여 구한 QoE와 이용자들로부터 측정한 MOS 간의 상관도를 산출하였고, 결과는 제안 알고리즘이 실제 이용자가 체감하는 품질과 높은 상관도를 가짐을 보였다. 본 알고리즘이 가정에 설치된 셋톱박스에서 운용된다면, IPTV 사업자는 실시간으로 이용자 만족도를 평가할 수 있으며, 또한, 셋톱박스는 영상 전달과정에서 발생한 에러를 감지하여 IPTV 헤드엔드에 알려 줄 수 있으므로, 어느 가정의 IPTV가 어느 시간에 어떤 문제가 있었는지를 대략 파악할 수 있게 된다. 따라서, IPTV 서비스 사업자의 유지보수에 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 본 논문과 관련한 배경에 대하여 기술한다. 제3장과 제4장에서는 각각 제안하는 방법론과 실험 결과를 설명한다. 그리고, 제5장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. 배 경

2.1 영상 QoE 측정 방법

영상 QoE 측정을 위한 표준화된 방법에 대한 연구와 표준화 작업은 현재도 진행 중이며, ITU-T에서는 그림 1에 보인 바와 같은 QoE 측정 모델들을 기반으로 한 표준화를 진행하고 있다[1,3].

Human video perceptual model (또는 media-layer model)은 단말기를 통해서 수신하여 복호화된 영상 신호를 분석하여 영상 품질을 측정하는 방법이다. ITU-T SG12의 J.247 권고에 "Human video perceptual model" 방법에 의한 FR 방법과 RR 방법에 대한 표준화가 완료되었으나, 운용성이나 실용성 면에서 한계를 가지므로, 주로 품질에 대한 벤치마킹

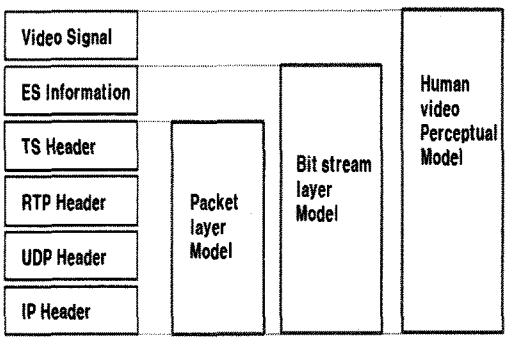


그림 1. 영상 QoE 측정 모델의 분류

용도로 사용된다.

IPTV 서비스와 같이 IP망을 경유해서 전송되는 영상 미디어에 대한 QoE를 측정하는 방법으로서 parametric packet-layer model과 bit-stream layer model은 ITU-T SG12에서 P.NAMS와 P.NBAMS가 있으며 표준화가 진행 중에 있다. Parametric Packet layer mode은 패킷 헤더 정보만을 사용하여 QoE를 측정하므로 계산량이 매우 작은 특징을 보여준다. 이 모델은 미디어 페이로드 정보가 암호화 된 경우에 유용하다[3]. Bit Stream layer model은 이러한 패킷 헤더 정보뿐만이 아니라 ES헤더까지 고려하여 QoE를 측정하며 미디어 페이로드까지도 포함할 수 있다. 이 방법은 컨텐츠와 영상 품질의 연관성을 고려하므로 측정의 정확성이 parametric packet layer model 보다 더 우수한 특징을 갖는다. 이 방법은 디코딩된 영상 시퀀스에 접근하지 못할 때 유용하다. Hybrid perceptual/bit -stream model은 정확도를 개선하기 위하여 human video perceptual model과 bit-stream layer model을 결합한 모델이다.

2.2 객관적 영상 품질 측정 방법

객관적 영상품질은 이용자가 체감하는 영상품질을 측정 장치를 통하여 구하는 품질로서, 다양한 방법이 있으나 ITU-T 권고안 J.143에서는 FR, RR, 그리고 NR의 3가지 방법을 소개하고 있다[12].

FR 방법은 원본영상과 수신 영상을 비교하여 고객의 체감 영상 품질을 산출해 내는 방법이다. FR 방법에 대한 영상품질 측정은 원본영상과 수신영상을 비교하여 영상품질 측정을 위해서 비교요소(comparison Factor or QI Factor)를 결정하고, 비교요소 비교 값을 기반으로 하여 원본 영상에 비하여 수신 영상에 대한 품질 측정한다. 일례로 VQEG Phase II 보고서에는 PSNR을 비교요소로 사용한다.

FR방법으로 영상품질 측정할 때는 방법론에 따라서 제약 조건을 가진다. 그 제약 조건은 원본 영상을 측정 장비에서 보유하고 있어야 하기 때문에 대용량의 HDD가 필요하며, 디코딩되는 신호를 분석해야 하므로 고가의, 고성능의 계측장비가 필요하며, 송신하고자 하는 영상을 미리 계측 장비에 탑재해 두어야 하는 등으로 실시간 IPTV 영상품질측정에 적용하기에는 경제적, 현실적 측면에서 활용하기 곤란하다. RR 방법에서는 원본 영상에 대한 영상 품질 측정을 위한 기본적인 정보를 Head end 단의 영상 송출 서버에서 측정 장비 쪽으로 보내지고, 이를 받아서 수신영상과 비교하여 영상품질을 측정 하는 방법이다. RR방법의 단점은 Head end 단의 서비스 송출 서버에서 품질측정용 영상 정보를 다른 채널을 통해서 측정 장비 쪽으로 보내져야 하는데, 이를 구성하기 위해서는 서비스를 제공하는 시스템 구조를 변경해야 한다.

NR 방법에 의한 영상품질 측정은 수신 영상을 토대로 영상에 대한 품질을 측정하는 방법이다. NR 방법에 의한 영상품질 측정은 수신영상만을 이용하여 영상에 대한 품질을 나타내야 하며, 그러기 위해서는 영상의 품질을 결정하는 요소(Quality Indicator Factor)가 지정이 되어야 한다. 본 과제에서는 영상이 재생할 때 나타나는 현상을 기반으로 몇가지 핵심 요소(QI Factor)를 결정하였다.

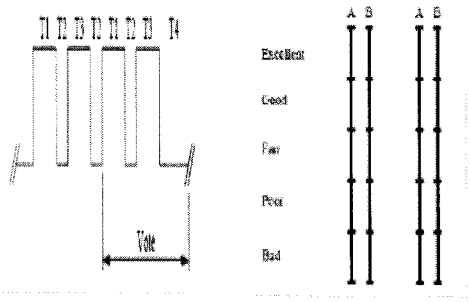
2.3 주관적 품질 평가 방법

영상 QoE 측정 알고리즘은 사람이 영상 서비스를 시청했을 때 체감하는 품질을 정량화 하여 나타내어 준다. 주관적 품질 평가 방법은 이용자들의 영상 서비스에 대한 체감 패턴을 분석하여 영상의 품질을 평가하는 방법이다. ITU-R BT.500[7]과 ITU-T P.910[8]에는 TV영상의 주관적 품질 평가를 위한 다양한 방법들을 제시하고 있다. 여기에서는 본 논문의 제안방법에 사용되고 각각 상대평가와 절대평가 방식의 대표적인 방법인 DSCQS 방법과 ACR 방법에 대하여 기술한다.

2.3.1 DSCQS(Double-Stimulus Continuous Quality-Scale method)

DSCQS[7]는 여러 품질측정 방법 중 가장 신뢰적인 방법으로 소개되고 있으며, 기본적으로 이 방법은 평가자가 선입관을 갖지 않도록 기준영상(Reference)과 처리된 평가영상을 무작위로 보여주고, 두 번째 주기에서 기준영상과 평가영상을 순차적으로 보여주어 화질의 수준(quality)를 상대적으로 평가하는 방식이다.

영상 A와 영상 B에 대한 DSCQS 평가절차 및 평가도구를 그림 2에 나타내었다. T1과 T3는 각각 영상 A와 영상 B를 보여주는 10초 길이의 시간이며, T2와 T4는 영상 사이의 간격 또는 평가하는 시간을 위해 회색조 영상을 보여주는 시간으로 T2는 3초, T4는 5초에서 11초 사이이다. 평가자(단)의 평가는 그림 2 (a)에서 vote 타임인 T1 ~ T4 사이에서 이루어지며, 평가 척도는 0~100 사이의 연속적인 점수(Continuous Scale) 또는 MOS(Mean Opinion Score)로 표현 가능하다. 점수판은 그림 2 (b)에 보인 바와 같은 2개의 수직 막대 형태로 되어 있으며, 평가자가 평가 시에 참고할 수 있도록 수직 막대를 동등한 길이의 5등급(Excellent, Good, Fair, Poor, Bad)으로 나누어서 왼



(a) 평가절차 (b)평가도구

그림 2. DSCQS 평가 절차 및 평가도구

쪽에 등급명을 표기하여 제공한다.

2.3.2 ACR(Absolute Category Rating)

ACR 방법[8]은 10초 길이의 영상을 한번만 본 후 10초 이내에서 화질의 수준을 평가하는 절대평가 방식으로, VQEG와 ITU를 중심으로 멀티미디어 화질평가 모델의 개발에 사용되고 있다. 영상을 1회만 보여줌으로써 짧은 시간 내에 많은 수의 동영상 평가가 가능하다.

ACR 방법의 평가 절차는 그림 3에 나타낸 바와 같이 각 영상은 무작위로 10초 이내로 한 번만 제시되고, 평가자는 10초 이내의 voting 구간에 이 영상의 품질을 1(Bad), 2(Poor), 3(Fair), 4(Good), 5(Excellent)의 5개 등급 중 하나로 평가하여야 한다. 여기서 A,B,C는 테스트영상의 종류를 표현하며, i, j, k는 각 테스트 영상에 적용된 열화를 식별하는 번호이다. 영상을 보여주는 시간은 영상의 컨텐츠(드라마, 스포츠 등)에 따라 영상길이(10초)를 줄이거나 늘릴 수 있다.

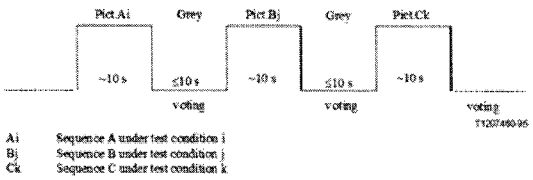


그림 3. ACR의 평가 절차

Ⅲ. 영상 QoE 측정 알고리즘

3.1 제안 알고리즘 개요

본 논문에서 제안하는 영상 QoE 측정 알고리즘은 bit-stream layer 모델로서, 원본영상을 사용하지 않는다는 점에 있어서는 NR (No-Reference) 방식과 같다. 본 논문의 제안 방법은 실제 IPTV를 시청하는 가정환경에서 IPTV 서비스의 최종 접속점인 셋톱박스에 설치되어 QoE를 자동 측정하도록 하는 것을 목적으로 하므로, 원본 영상 정보를 미리 필요로 하는 FR 이나 RR 방법들은 현실적이지 못하다. 그리고, 제안 방법은 패킷 헤더 정보만을 사용하는 파라메터중심의 패킷-계층 모델 (parametric packet-layer model) 보다 정확한 측정을 위하여 페이로드정보까지 고려하는 비트스트림-계층모델 (bitstream-layer model)을 적용한다.

제안하는 알고리즘에 대한 이해를 돕기 위하여, 전체적인 알고리즘 도출 절차를 그림 4에 요약하여 나타내었다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 목표는 화질저하에 대하여 이용자가 실제로 체감하는 품질에 근접하게 QoE 값을 자동으로 산출하고자 하는 것이다. 이를 위하여, 우선적으로 IPTV 비트 스트림의 다양한 품질 지표들 중에서 사용자 MOS에 가장 큰 영향을 주는 품질 지표들을 선정하고, 이들 품질 지표들에 의한 대표적인 IPTV 열화 시나리오들을 도출하였다. 이들 시나리오에 따라 MOS 변화 패턴을 조사하고, 이 패턴을 근사화시킨 수식을 도출하고, 시나리오 유형별로 근사화 수식에 의한 결과와 이용자의 MOS 간의 상관도로서 가중치를 선정하였다. 그리고, 최종적으로 이들 시나리오별 근사화 수식과 가중치를 반영하여 IPTV 전송과정중의 품질지표 열화에 따른 사용자 QoE를 자동으로 측정하기 위한 알고리즘이 도출되었다. 다음절에는 이 절차에 따라 알고리즘을 도출하는 과정을 자세히 설명하기로 한다.

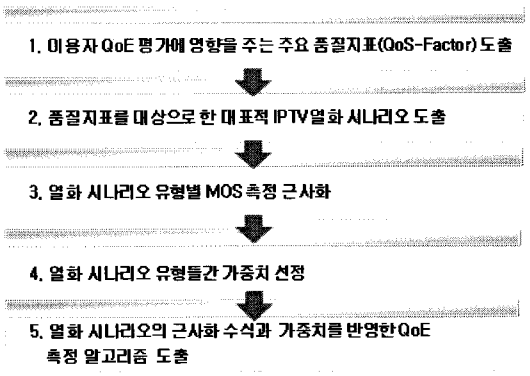


그림 4. 영상 QoE 알고리즘 도출 절차

3.2 사용자 체감품질에 영향을 주는 품질 지표의 선정

IPTV 서비스를 통한 영상 미디어 전달과정과 전달과정에서의 각 단계별 영상품질에 영향을 주는 파라메터들을 그림 5에 나타내었다. 컨텐츠 제공자가 제작

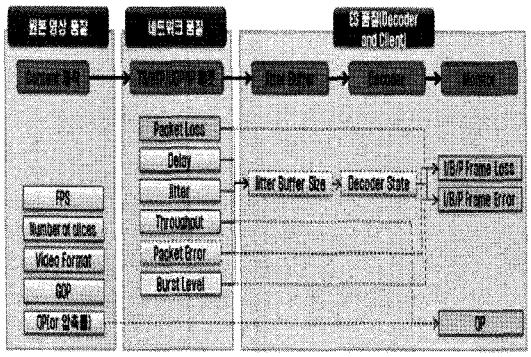


그림 5. IPTV에서 영상 미디어 전달 과정과 이와 관련한 품질 지표들

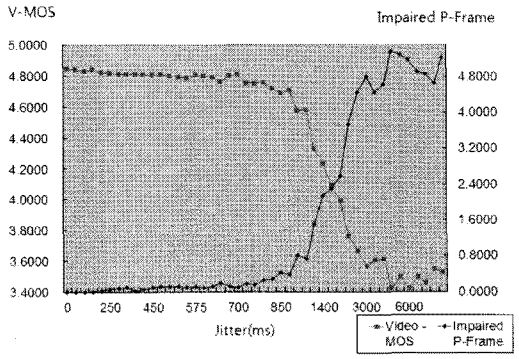


그림 6. MOS에 대한 지터의 영향

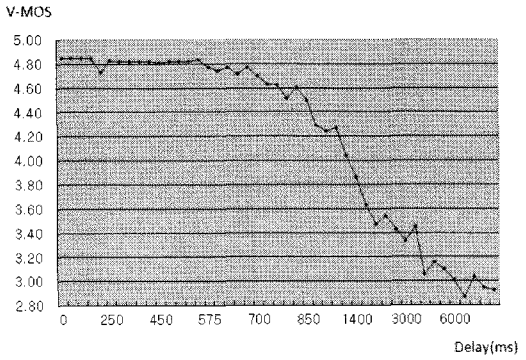


그림 7. MOS에 대한 지연의 영향

한 원본 영상을 서비스 제공자가 망사업자가 제공하는 통신망을 경유하여 최종 사용자에게 제공되는 과정으로 이루어진다. 최종 이용자는 전달된 IPTV 서비스 정보를 셋탑박스를 통해서 원본 영상을 복호화 하여 모니터를 통해서 재생하게 된다.

원본 영상 제작과정에서 영상 품질과 관련된 대표적인 요소들은 프레임율 (FPS, frame per second), 압축 방식 (video format), GOP, 양자화 파라메터 (QP, Quantization Parameter)들이다. 우리나라 IPTV 서비스에서는 프레임율은 30으로 고정되어 있고, 압축방식은 H.264로 정해져 있으며, GOP는 12~16개로 I와 P 프레임만으로 구성되어 있으므로, 영상 품질에 영향을 주는 변수로서는 큰 의미가 없는 것으로 판단된다. 그러나, QP는 영상의 압축율을 결정하게 되어, 원본 영상의 품질과 밀접한 관계가 있다.

네트워크를 통한 전달과정에서의 전달율(throughput), 패킷 손실, 지연, 지터들은 영상품질에 직접적인 영향을 줄 수 있다[4]. 그러나, 이들 요소들 중에 지연 및 지터는 셋탑박스에서 제공되는 지터 버퍼가 있기 때문에 거의 영향을 주지 않는다. 그림 6과 그림 7에서 보듯이 실험에 의하면, 지터나 지연은 약 800ms 이상에서 영향을 준다. 2008년 제정된 전파연구소 인터넷 멀티미디어 방송사업의 전기통신설비에 관한 기술기준[13]에 의하면 단방향 지연은 100ms, 지터는 50ms 이내의 범위를 권고하고 있으므로 이들에 의한 품질 저하 확율은 매우 희박하다고 간주할 수 있다. 그러나, 패킷 손실은 복구가 어렵고 영상 품질에 직접 영향을 미치게 된다.

Elementary Stream의 재생에 핵심 역할을 수행하는 셋탑박스에서의 지터 버퍼 크기와 셋탑박스에서 제공하는 기능 (decoder state)는 영상 품질에 많은 영향을 주게 되나, 이러한 정보들을 IPTV 시청 중에 추출하기는 힘들다. 그러나, 이러한 기능들의 영향은 프레임 손실의 효과로 나타날 수 있다.

기본적으로 네트워크 단의 열화는 패킷 레벨에서 일어난다. 하지만 패킷 손실이 1~수개 발생하던지 아니면 한 프레임을 구성하는 모든 패킷이 손실 될 수 있다. 따라서 MOS에 적용될 때는 1~수개 패킷 손실이 발생했을 때에는 패킷손실로 구분하고, 프레임을 구성하는 패킷 전체에서 손실이 발생할 경우에는 프레임 손실로 구분하였다. 이 두가지 요소를 모두 고려함으로써, 보다 정확하게 이용자체감 품질을 표현할 수 있다. 또한, 유형별 열화 테스트 영상을 패킷손실과 프레임손실로 구분하여 제작하였으므로, 이 두가지가 중복으로 일어나는 경우는 없다.

표 1. 핵심 품질 지표(QoS-Factor)

구분	품질지표	설명
Elementay Stream 품질	프레임 손실	Jitter buffer 앞 단에서 발생하는 프레임 손실
네트워크 품질	패킷 손실	네트워크 전달과정상의 패킷 손실
원본영상 제작품질	양자화 파라메터(QP)	원본 영상 제작시 적용된 양자화 파라미터

이와 같이 전달 과정에서 영상 품질에 영향을 주는 요소들을 고려하여, 본 논문에서는 표 1에 보인 바와 같이 핵심 품질 지표들을 선정하였다.

3.3 사용자 체감 품질에 영향을 주는 영상 열화 시나리오 선정

앞 절에서 선정한 핵심 품질 지표들에 의하여 영상 열화가 발생하는 대표적인 시나리오들을 표 2와 같이 선정하였다.

표 2에 보인 바와 같이 프레임 손실 시나리오들은 GOP내에서 프레임 손실 발생이 가능한 대표적인 유형들이며, 패킷 손실 시나리오들은 한 프레임을 구성하는 트랜스포트 스트림 패킷 손실과 연관된 발생 가능한 대표적인 유형들이다. 표 2에 보인 시나리오들 외에 더 많은 다양한 영상 열화 시나리오가 가능할 수도 있으나, 이러한 것들은 매우 예외적인 경우로 간주

표 2. 영상 열화 시나리오들

구분	시나리오	설명	실험 영상수
프레임 손실	유형1	GOP내 한 프레임 손실 발생	16
	유형2	GOP내 I-프레임과 다른 연속 두 프레임 손실 발생	4
	유형3	GOP내 I-프레임이 아닌 연속 두 프레임 손실 발생	7
	유형4	GOP내 I-프레임과 다른 연속된 세 프레임의 손실 발생	4
	유형5	GOP내 I-프레임이 아닌 다른 연속된 세 프레임 손실 발생	7
	유형6	GOP내 I-프레임과 다른 연속된 네 프레임 손실 발생	5
	유형7	GOP내 I-프레임이 아닌 다른 연속된 네 프레임 손실 발생	4
	유형8	GOP내 두 프레임 이상이 비연속적으로 무작위로 손실 발생	3
	유형9	GOP내 I-프레임과 다른 연속된 다섯 프레임 손실 발생	4
	유형10	GOP내 I-프레임이 아닌 다른 연속된 다섯 프레임 손실 발생	5
패킷 손실	유형1	프레임의 헤더부분에 속한 단일 패킷 손실 발생	5
	유형2	프레임의 헤더가 아닌 영상 정보 부분에서 단일 패킷 손실 발생	5
	유형3	헤더가 아닌 부분에서 2개의 버스트 또는 랜덤 패킷 손실 발생	20
	유형4	헤더가 아닌 부분에서 3개 이상의 패킷 손실 발생	10
QP	유형 QP	양자화 파라메터에 의한 원본 영상의 품질	27

가능한 것들이다.

시나리오 유형 1~10은 프레임 손실과 연관된 유형들로서, 한 GOP를 기준으로 기준 프레임인 I-프레임의 손실 유무, 손실된 프레임들의 개수 및 패턴들에 의하여 구분된다. 패킷손실과 관련된 시나리오 유형 1~4는 손실 패킷이 프레임 헤더에 속하는지의 여부, 손실 패킷의 개수 및 연속성(burst)등의 특징으로 구분된다. 시나리오 유형 QP는 원본제작 영상의 압축 양자화 파라메터 값에 따른 압축율에 의하여 발생하는 열화 시나리오에 해당한다. 표 2에서 실험 영상 수는 시나리오 맞추어 제작된 영상의 수를 의미하며, 이들 실험 영상들에 대하여 DSCQS 방식으로 사용자들을 대상으로 평가단을 구성하여 직접 영상 체감 품질(MOS)를 구하였다. 영상 제작 방법은 4장에서 설명하기로 하고, 이들 실험 영상을 사용하여 구한 열화 시나리오별 MOS 와 이의 근사화 과정은 다음절에서 설명하기로 한다.

3.4 시나리오 유형에 따른 MOS측정 근사화

앞 절에서 IPTV 컨텐츠 전송과정에서 이용자의 주관적 품질에 영향을 주는 프레임과 패킷 손실과 연관된 시나리오들을 선정하였다. 여기에서는 이들 시나리오에 맞추어 열화된 영상들을 제작하여, DSCQS 방법을 사용하여 주관적 체감 품질값 (MOS)들을 측정하였고, 측정된 MOS값들에 기반한 근사화된 공식을 도출하였다. 실험영상 제작과 MOS 측정에 관한 방법은 4장에서 설명하기로 한다.

그림 8에는 프레임손실 시나리오별로 실제로 측정한 체감 품질값(MOS)들과 이에 대한 근사화 결과(Approx)를 나타내었다. 국내 IPTV의 일반적인 GOP 형식은 (16,1)로서, 그림들에서 프레임번호 0은 한 GOP내의 I-프레임을 의미하고, 나머지 프레임번호들은 P-프레임들을 의미한다. 그림 8의 (a)에 보인 바와 같이 GOP 시작과 끝 부분에서의 프레임 손실보다는 중간 부분에서의 프레임 손실이 MOS에 크게 영향을 줌을 알 수 있다. 이는 I 프레임이 손실 되었을 경우에는 열화 현상은 약 0.5초 정도 화면이 멈추는 현상(다른 표현으로 끊어지는 현상)이 났다가 다시 진행이 되고, 다른 프레임에서 손실이 났을 경우에는 화면에 잡음이 들어간 것 같은 현상이 나타난다. 그리고, 다른 프레임에서의 손실은 앞 프레임일 수록 손실 영향이 크며, 실제 이용자들의 평가점수는 I 프레임 손실에 의한 화면 멈춤보다는 중간 프레임의 잡음 현상에 더 민감하게 반응하여 낮은 점수를 준 결과이다. 시나리오 1은 중간 프레임까지 선형으로 감소하다, 다시 선

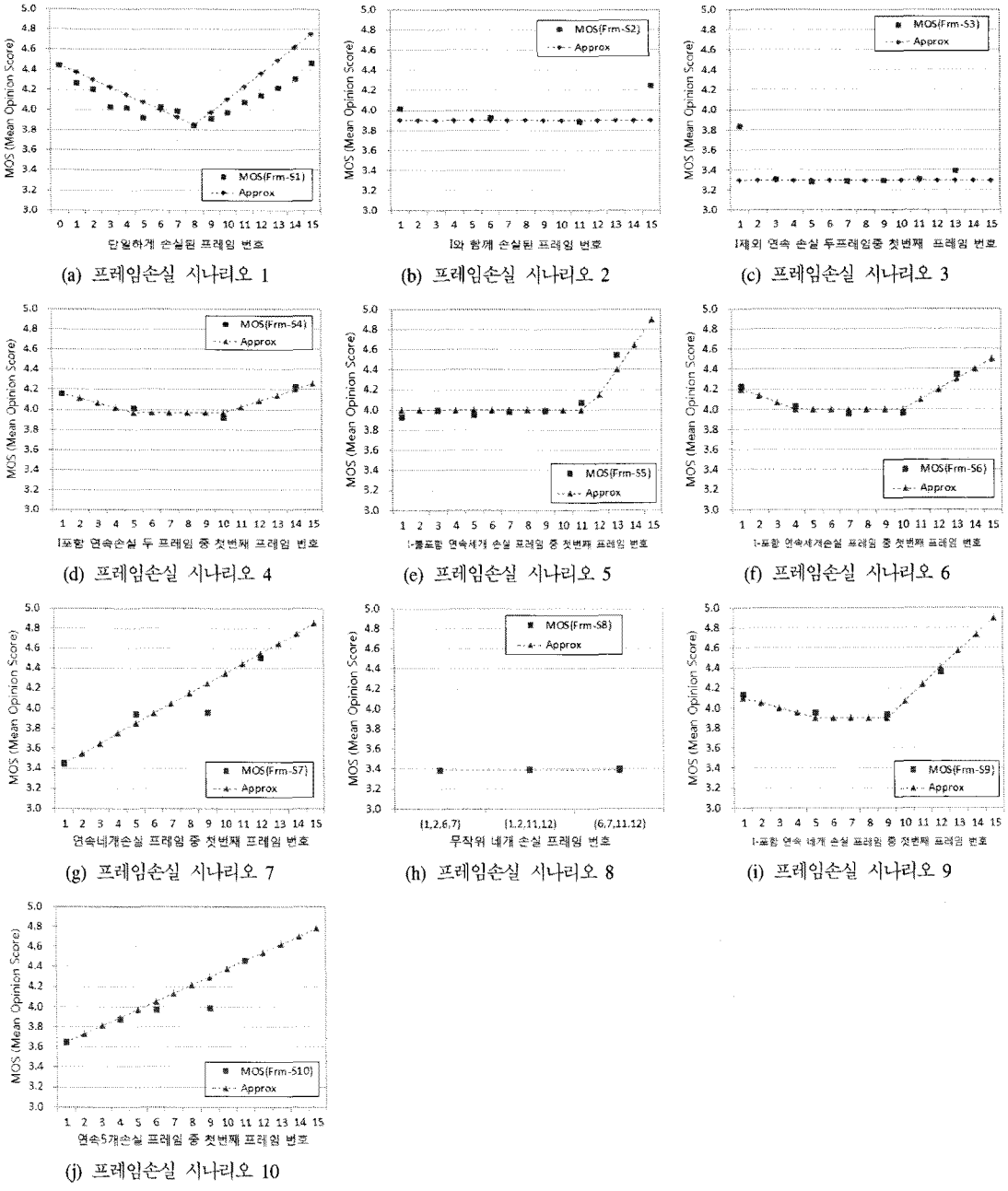
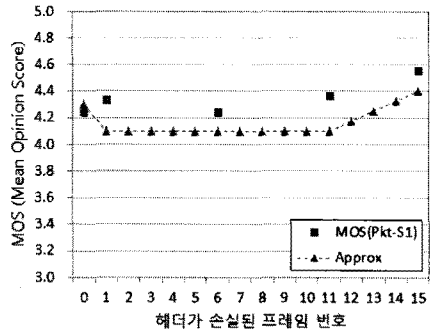


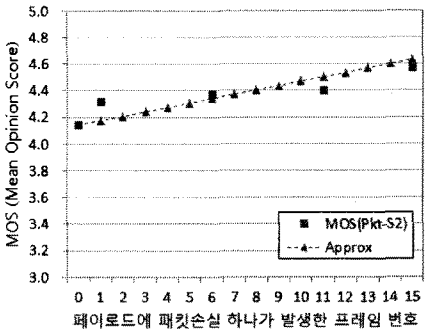
그림 8. 프레임 손실 시나리오에 대한 MOS 측정값 및 이에 대한 근사화

형으로 증가하나, 다른 시나리오들에서는 중간 부분의 영역에서는 일정한 MOS값을 보여주나 앞과 뒤 부분에서는 선형으로 감소 또는 증가하는 형태를 보여준다. 이러한 앞과 뒤 부분의 선형 감소 또는 증가 형태가 미미하여 중간부분과 거의 유사한 값을 보여주는 경우가 있으나, 전체적인 경향은 유사하다고 보인다. 이렇게 측정된 MOS 값들의 경향을 거의 따라가도록 엑셀을 활용하여 근사화된 추세선 함수를 도출하였다. 근사화 식은 표 3에 나타내었다.

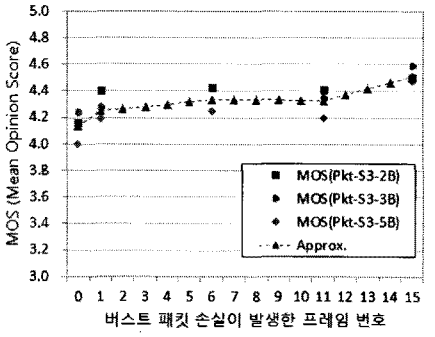
그림 9에는 패킷 손실 시나리오들에 대한 실제 측정 체감 품질값 (MOS) 들과 이에 대한 근사화 결과 (Approx)를 나타내었다. 그림 9의 (a)는 각 프레임의 헤더 부분의 패킷이 손실된 경우로서, 헤더가 손실되면 GOP내에서 해당 프레임 이후의 영상 재생이 안되



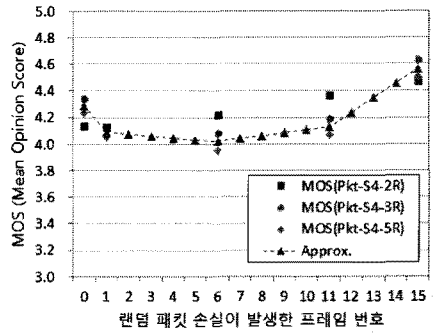
(a) 패킷 손실 시나리오 1



(b) 패킷 손실 시나리오 2



(c) 패킷 손실 시나리오 3



(d) 패킷 손실 시나리오 4

그림 9. 패킷 손실 시나리오에 대한 MOS 측정값 및 이에 대한 근사화

표 3. 프레임 손실 시나리오별 측정한 MOS값에 대한 근사화 결과식

구분	시나리오 번호	근사화 결과식
프레임 손실	유형1	$f_{f,1}(n) = 4.45 - 0.08*n, \quad 0 \le n \le 8$ $= 2.82 + 0.13*n, \quad 9 \le n \le 15$
	유형2	$f_{f,2}(n) = 3.90, \quad 1 \le n \le 15$
	유형3	$f_{f,3}(n) = 3.30, \quad 1 \le n \le 15$
	유형4	$f_{f,4}(n) = 4.21 - 0.05*n, \quad 1 \le n \le 5$ $= 3.97, \quad 6 \le n \le 10$ $= 3.40 + 0.58*n, \quad 11 \le n \le 15$
	유형5	$f_{f,5}(n) = 4.00, \quad 1 \le n \le 10$ $= 1.25 + 0.25*n, \quad 11 \le n \le 15$
	유형6	$f_{f,6}(n) = 4.27 - 0.07*n, \quad 1 \le n \le 4$ $= 4.00, \quad 5 \le n \le 10$ $= 3.00 + 0.10*n, \quad 11 \le n \le 13$
	유형7	$f_{f,7}(n) = 3.35 + 0.1*n, \quad 1 \le n \le 15$
	유형8	$f_{f,8}(n) = 3.39, \quad 1 \le n \le 15$
	유형9	$f_{f,9}(n) = 4.15 - 0.05*n, \quad 1 \le n \le 5$ $= 3.9, \quad 6 \le n \le 9$
	유형10	$f_{f,10}(n) = 3.57 + 0.08*n, \quad 1 \le n \le 15$

고 정지되는 상황이 발생한다. 보편적인 결과는 GOP 앞부분의 재생 멈춤 보다는 중간에서의 재생 멈춤에 더 큰 영향을 받음을 보이고 이러한 결과를 적용하여 근사화 결과를 도출하였다. 그림 9의 (b)와 같이 페이로드 부분에 손실이 발생하면, 이후 GOP내 프레임들에 축적된 오류를 보여주므로, 앞 부분에서의 손실이 더 크게 MOS 저하가 나타나고, 뒤로 갈수록 MOS 저하가 덜 나타나는 경향이 나타난다. 그림 9 (c)와 그림 9 (d)는 각각 2개, 3개, 5개의 패킷 손실이 연속적으로 버스트하게 나타나는 경우와 랜덤하게 나타나는 경우에 대한 경우를 보여준다. 패킷 손실의 개수가 많을수록 MOS 저하는 크게 나타나나, 저하되는 양상은 각 패킷 손실 개수에 유사하게 나타난다. 이러한 경향을 반영한 근사화 결과를 구하였다. 이들 패킷 손실 시나리오들에 대한 근사화 식은 표 4에 나타내었다.

그림 10은 패킷 손실이나 프레임 손실 없이 인코딩 될 때의 양자화 파라메터들만 변화시켰을 때의 측정한 MOS값과 이에 대한 근사화 결과를 보여준다. 양자화 파라메터가 커질수록 양자화 간격이 커지게 되어, 압축 비트율은 줄어드나 화질은 그림 10에 보인 바와 같이 저하되게 된다. 측정한 MOS 값을 기반으로 구한 근사화 식은 표 5에 나타내었다.

표 4. 패킷손실 시나리오별 측정한 MOS값에 대한 근사화 결과식

구분	시나리오 번호	근사화 결과식
패킷 손실	유형1	$f_{p,1}(n)$ = 4.30 - 0.20*n, $0 \le n \le 1$ = 4.10, $1 \le n \le 11$ = 3.28 + 0.08*n, $12 \le n \le 15$
	유형2	$f_{p,2}(n)$ = 4.14 + 0.03*n, $0 \le n \le 15$
	유형3	$f_{p,3}(n)$ = 4.13 + 0.12*n, $0 \le n \le 1$ = 4.23 + 0.02*n, $2 \le n \le 6$ = 4.33 - 0.01*n, $7 \le n \le 11$ = 3.83 + 0.05*n, $12 \le n \le 15$
	유형4	$f_{p,4}(n)$ = 4.29 - 0.20*n, $0 \le n \le 1$ = 4.10 - 0.01*n, $2 \le n \le 6$ = 3.89 + 0.02*n, $7 \le n \le 11$ = 2.93 + 0.11*n, $12 \le n \le 15$

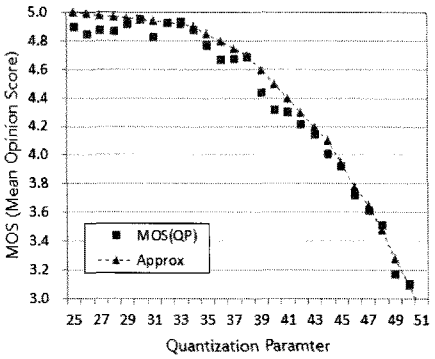


그림 10. 양자화 파라메터 변화에 따른 MOS 측정값 및 이에 대한 근사화

표 5. 양자화 파라메터 변화에 따라 측정한 MOS값에 대한 근사화 결과값

QP 값	근사화값	QP 값	근사화값	QP 값	근사화값
25	5.00	34	4.9	43	4.2
26	4.99	35	4.85	44	4.1
27	4.98	36	4.8	45	3.95
28	4.97	37	4.75	46	3.78
29	4.96	38	4.7	47	3.65
30	4.95	39	4.6	48	3.48
31	4.94	40	4.5	49	3.28
32	4.93	41	4.4	50	3.1
33	4.92	42	4.3	51	2.9

3.5 시나리오 유형별 가중치 선정

IPTV 컨텐츠가 전송되는 과정에서 네트워크와 셋탑박스의 동작에 의하여 프레임과 패킷의 손실이 발생할 수 있다. 이러한 손실의 발생형태는 앞 절에서의 하나의 시나리오 형태로 나타날 수도 있고, 여러 개의 시나리오가 결합된 형태로 나타날 수 있다. 이와 같이 여러 시나리오가 결합되어 나타나는 손실 환경에서는 앞 절에서 각 시나리오별로 근사화된 결과식에 가중치를 반영하여 도출할 필요가 있다.

본 논문에서는 이용자가 직접 평가한 체감 품질(MOS)과, 이의 근사화 결과식(Approx)과의 상관성을 기반으로 하여 각 시나리오에 대한 가중치를 선정하였다. N개의 크기를 갖는 두 변수 집단 X와 Y에 대한 상관도(r)는 다음의 피어슨 상관계수 공식에 의하여 구해진다.

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N^2}}{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})} \quad (1)$$

표 6에는 측정한 체감품질(MOS) 값들과 근사화 결과식(Approx) 값들을 변수 집단으로 하여 식 (1)을 사용하여 구한 각 시나리오 유형별 상관도인 가중치 값들을 나타내었다. 표 6의 변수명은 다음절의 알고리즘을 설명할 때 사용된다.

표 6. 시나리오별 가중치 값

손실 형태	시나리오	변수명	가중치 값
프레임 손실	1	$w_{f,1}$	0.914127
	2	$w_{f,2}$	0.942992
	3	$w_{f,3}$	0.998209
	4	$w_{f,4}$	0.953097
	5	$w_{f,5}$	0.979551
	6	$w_{f,6}$	0.989555
	7	$w_{f,7}$	0.940671
	8	$w_{f,8}$	0.930665
	9	$w_{f,9}$	0.997582
	10	$w_{f,10}$	0.911979

손실 형태	시나리오	변수명	가중치 값
패킷 손실	1	$w_{p,1}$	0.573887
	2	$w_{p,2}$	0.900335
	3	$w_{p,3}$	0.820754
	4	$w_{p,4}$	0.960323

3.6 QoE 측정 알고리즘

사용자의 영상 체감 품질은 원본영상 압축 과정에서의 품질과 전송과정에서의 품질 요소에 의하여 결정된다.

전송과정에서 프레임이나 패킷 손실이 발생하지 않은 경우에는, 사용자 영상 체감 품질인 MOS는 원본 압축영상의 품질에 의하여 결정된다. 앞 절에서 언급한 바와 같이, 원본 압축 영상의 품질은 양자화 파라

메터에 의하여 영향을 받게 된다. 이와 같이 손실이나 오류의 발생이 없는 영상에 대한 QoE 값 ($V-MOS_{no-loss}$)은 다음과 같이 구해진다.

$$V-MOS_{no-loss}=f_{QP}(K) \tag{2}$$

여기에서 $f_{QP}(K)$는 압축에 적용된 양자화 파라메터 값 K에 대하여 표 5로부터 구해지는 근사화값 결과를 나타낸다. 참고로, H.264의 영상은 한 프레임이 Slice 단위로 구성되어 있다. 그리고 Slice 단위로 양자화 파라미터가 도출된다. 따라서 알고리즘에 적용되는 양자화 파라미터는 한 프레임을 구성하는 Slice의 각 양자화파라미터의 대표값을 적용한다. 대표값을 뽑는 방법은 다양할 수 있지만, 본 논문에서는 한 프레임을 구성하는 각 Slice의 양자화 파라미터가 거의 비슷하므로 평균값을 사용하였다.

전송과정에서 발생하는 프레임이나 패킷 손실이 표 2에 나타낸 시나리오 유형에 해당하는 경우, 이에 의하여 나타나는 영상 열화에 대한 QoE 값은 다음과 같이 구해진다.

$$V-MOS_{loss}=\frac{f_{QP}(K)}{5}\times \left\{\frac{\sum_{i=1}^{10}I_{f,i}w_{f,i}f_{f,i}(n_{f,i})+\sum_{j=1}^{4}I_{p,j}w_{p,j}f_{p,j}(n_{p,j})}{\sum_{i=1}^{10}I_{f,i}w_{f,i}+\sum_{j=1}^{4}I_{p,j}w_{p,j}}\right\} \tag{3}$$

여기에서 $I_{f,i}$와 $I_{p,j}$는 각각 프레임 손실 시나리오 i와 패킷 손실 시나리오 j에 의한 영상 열화 발생을 나타내는 표식자(indicator)로서, 해당 시나리오에 의한 영상 열화 발생시 1, 아닌 경우에는 0의 값을 갖는다. 그리고, $n_{f,i}$와 $n_{p,j}$는 해당 프레임 손실 시나리오 i와 패킷 손실 시나리오 j 에 대하여, 열화의 기준이 되는 GOP내 프레임 번호로서 표 3과 표 4의 각 시나리오별 근사화 함수에 대한 변수 n 을 의미한다. 식 (3)에서 $f_{QP}(K)/5$는 손실에 의한 열화도 압축 영상의 양자화 파라메터의 영향을 기본적으로 포함하게 될 것이므로, 이를 반영한 값이다. 만약, 전체 평가시간 중에 다수개의 해당 유형의 열화가 발생한다면, 식 (3)에 의해 이를 모두 반영하게 된다. 각각의 해당 열화 유형은 자신의 가중치를 반영하여 합산을 통해 최종 결과값이 도출되게 된다.

앞에서 언급한 바와 같이, 표 2의 열화 시나리오들은 모든 열화 형태를 반영하지는 못한다. 따라서, 표 2에서 고려하지 않은 예상치 못한 열화 유형이 나타날 수도 있다. 이 경우에는 이들 대표로 선정된 시나리오들에 대하여 구한 근사화 값들 중에서 최소값을 사용한다. 즉,

$$\mathrm{V-MOS}_{\mathrm{exceptional_case}}=\frac{f_{QP}(K)}{5}\times \min_{1\le i\le 10,1\le j\le 4,\forall n}\left\{f_{f,i}(n),f_{p,j}(n)\right\} \tag{4}$$

Ⅳ. 실험 결과

4.1 실험방법

본 논문에서 제시한 QoE측정 알고리즘의 도출과 검증을 위하여 다양한 종류의 실험 영상들을 직접 제작하였고, 일반 사용자들로 구성된 평가단을 구성하여 주관적 체감 품질을 측정하였다. 실험 영상들은 배경 화면 및 피사체의 움직임, 화면 변경 등 다양한 영상을 대변할 수 있도록 스포츠형, 드라마형, 애니형의 3가지 종류별로 대표 영상들을 선정하였다. 이들 영상들로부터 프레임 손실 시나리오 유형 1~10에 해당하는 총 59개의 실험 영상들, 패킷 손실 시나리오 유형 1~4에 해당하는 40개의 실험 영상들, 그리고 양자화 파라메터 시나리오에 해당하는 27개의 실험 영상들을 포함하는 총 126종의 실험 영상들을 제작하였다. 그

(a) 원본영상

(b) 열화영상

그림 11. 드라마형 원본영상과 열화영상 비교샘플

림 11은 2009년말에 실시한 드라마형에 해당하는 패킷손실에 의해 열화된 실험영상을 원본영상과 비교하여 나타내었다.

실험 영상의 제작을 위하여 다양한 도구들이 사용되었다. IPTV 서비스 헤드엔드 단에서 전송되는 영상 스트림 패킷들을 손실없이 캡쳐하기 위한 Wireshark[9], 캡쳐한 영상 스트림 데이터에서 원하는 위치를 확인하여 열화를 주입시킬 수 있는 Elecard StreamAnalyzer[10]를 사용하였다. 프레임 손실 시나리오 구성을 위하여 GOP를 구성하고 있는 여러 프레임 중에서 특정 프레임을 제거하였으며, 패킷 손실 시나리오 구성은 특정 프레임을 구성하고 있는 패킷들 중에서 유형에 해당하는 패킷들을 제거하였다. QP 시나리오 구성을 위하여 원본 영상을 25에서 51까지 변화 시키며 H.264로 압축하였으며, 통상 HD급 영상에서 QP 51이면 H.264 인코더에서 최대로 압축한 경우 약 1.1Mbps 정도이며, QP 25는 약 20Mbps 정도로 압축된다. 따라서, QP 시나리오는 현재 서비스중인 국내 IPTV 영상에 대한 압축율(약 8~10Mbps)을 충분히 포함하고 있다.

주관적 체감품질 측정 실험을 위한 평가단은 20명으로 구성하였으며, 실험 환경은 ITU-R BT.500[7]에서 제시하고 있는 국제 표준 환경을 적용하였다. 즉, 시청각도는 30도 이내, 시청 거리는 모니터 크기의 6과 1/4배, 모니터 크기는 40인치와 42인치를 사용하였다. 또한, Luminance와 색도, 조명등도 표준에서 제시하는 환경을 따르도록 하였다. 주관적 품질테스트는 DSCQS 방법을 사용하였는데, 평가주기(10초내외) 길이로 제작된 실험 영상에서 9번째 GOP에 속한 프레임들에 시나리오별로 손상을 부과하여 시험하였다.

4.2 실험결과

그림 12에는 3.4절에서 열화 영상 시나리오 유형별 실험 영상들에 대하여 평가단으로부터 실제 측정한 MOS값들과 표 3, 표 4와 표 5에 나타낸 유형별 근사화식들을 사용하여 산출한 값들간의 상관 관계를 보여준다. 식 (5)를 사용하여 구한 이들 값들의 상관계수 (correlation coefficient)는 0.745로서, 근사화에 수식에 의하여 산출된 값들이 실제 사용자들이 체감하는 MOS 값의 근사치로서 유용하게 적용될 수 있음을 알 수 있다.

$$\rho_{x,y} = \frac{E[(X-m_x)(Y-m_y)]}{m_x m_y} \qquad (5)$$

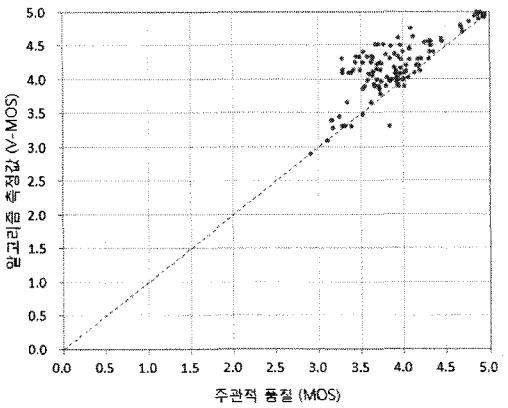


그림 12. 사용자 측정 MOS값과 알고리즘에 의한 측정값 (V-MOS)간의 관계

여기에서 m_x와 m_y는 변수 X와 Y의 평균을 의미한다.

통상적으로 영상품질 측정 알고리즘의 정확도는 Human video perceptual model > Bit-stream layer model > Packet layer model 인 것으로 인식되고 있다. 특히, Human video perceptual model 들에서는 FR > RR > NR의 순서대로 정확도(상관계수)가 높은 결과를 보인다[11].

표 7에는 Human video perceptual model에 대한 ITU-T 표준인 J.247[11]을 위하여 제시된 모델들의 상관계수 결과를 나타내었다. 표 7에서 보는 바와 같이, 제안방법의 상관계수 값은 0.745로서, NR 모델들에서 PSNR방식보다는 낮지만 다른 제시된 모델들보다 더 높은 결과를 보여줌을 알수 있다. 그리고, PSNR 방식

표 7. ITU-T J.247 표준을 위하여 제시된 모델들의 상관계수 (VGA영상 대상)[11]

구분	모델	상관계수
FR Models	Psy_FR	0.822
	Opt_FR	0.825
	Yon_FR	0.805
	NTT_FR	0.786
	PSNR_DMOS	0.713
RR Models	Yon_RR10k	0.803
	Yon_RR64k	0.803
	Yon_RR128k	0.803
	PSNR_DMOS	0.713
NR Models	Psy_NR	0.565
	Swi_NR	0.435
	PSNR_MOS	0.794

의 경우 FR 방식이나 RR방식에 적용된 경우의 상관계수 값은 제안방식의 상관계수 값보다 더 적다. 제안 방법은 비트스트림 계층의 모델로서 NR 방식에 기반을 두고 있음에 주의한다. 이로부터, 제안 방법이 IPTV의 QoE 측정에 효과적으로 적용 가능함을 알수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 IPTV 영상 QoE 측정을 위한 방법을 제안하였다. 제안 방법은 IPTV 전송 과정중 발생 가능한 프레임과 패킷 손실에 의한 화질 열화 시나리오들을 선정하고, 이 열화 시나리오에 따른 열화 영상을 직접 제작하여 DSCQS 방법을 사용하여 이용자들로부터 직접 체감 품질을 측정하였다. 측정한 체감 품질값을 근사화하고 가중치를 부여한 QoE 측정 알고리즘이 도출되었다. 검증을 위하여 제작한 열화영상에 제안 알고리즘을 적용하여 구한 QoE와 이용자들로부터 측정한 MOS 간의 상관도를 산출하였고, 결과는 제안 알고리즘이 실제 이용자가 체감하는 품질과 높은 상관도를 가짐을 보였다.

향후, 본 논문에서 제안한 QoE 측정 알고리즘의 상관도는 일부 세밀하지 못한 열화 시나리오들을 개선하여, 이를 일반화 시킨다면 보다 더 그 정확도가 개선될 것으로 판단된다. 그리고, 제안한 알고리즘이 일반 가정에 설치된 셋톱박스에 구현된다면, 제공되는 IPTV 서비스의 문제점을 사업자가 실시간으로 자동적이고 주기적으로 파악할 수 있게 되어 IPTV서비스의 품질향상을 통한 고객 만족과 서비스 유지 보수에 많은 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] A. Takahashi, D. Hands, V. Barriac, "Standardization Activities in the ITU for a QoE Assessment of IPTV," IEEE Communications Magazine, Vol.46, No.2, pp.78-84, Feb. 2008

[2] ITU-T Rec. G.107, "The E-model, a computational model for use in transmission planning," ITU-T, Feb. 2003

[3] K. Yamagishi, T. Hayashi, "Parametric Packet-Layer Model for Monitoring Video Quality of IPTV Services,", IEEE ICC'2008, May 2008

[4] 정현호, 김경수, 김봉기, 김종환, 유재형, "IPTV 네트워크 품질 지표에 따른 고객 체감 품질 상관관계 연구," KNOM Review, Vol.13, No.1, 2010년 7월

[5] H. Kim, S. Choi, "A Study on a QoS/QoE Correlation Model for QoE Evaluation on IPTV Service," IEEE ICACT'2010, Feb. 2010

[6] T. Zinner, O. Hohlfeld, O. Abboud, T. Hossfeld, "Impact of Frame Rate and Resolution on Objective QoE Metrics," QoMEX'2010, June 2010

[7] ITU-R Rec. BT.500-11, "Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures," ITU-R, Dec. 2002

[8] ITU-T Rec. P.910, "Subjective video quality assesment methods for multimedia applications," ITU-T, Sep. 1999

[9] Wireshark, http://www.wireshark.org

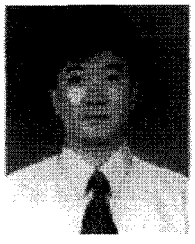
[10] Elecard StreamAnalyzer, http://www.elecard.com

[11] ITU-T Rec. J.247, "Objective Perceptual Multimedia Video Quality Measurement in the Presence of a Full Reference," ITU-T, Aug. 2008

[12] 이철희, 이상욱, 이종화, "IPTV 서비스의 체감품질 보장과 모니터링," 한국통신학회지(정보와통신),제25권 제8호, 2008년 7월, pp.12-19

[13] 전파연구소, "인터넷 멀티미디어 방송사업의 전기통신설비에 관한 기술기준 제정," 전파연구소 고시 제2008-47호, 2008년 10월 31일

하 상 용 (Sang-yong Ha) 정회원



1987년 한양대학교 전자공학과 (학사)

2003년 한국과학기술원 공학부 (공학석사)

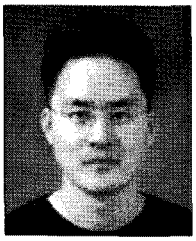
2008년~현재 아주대학교 정보통신전문대학원

1987년~1995년 대우통신(주)

1995년~현재 한국정보화진흥원 네트워크기획부 부장

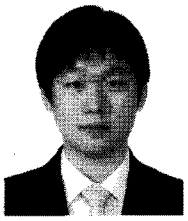
<관심분야> 차세대통신망, 멀티미디어 응용, QoE, 미래인터넷, M2M 등

김 진 철 (Chin-Chol Kim) 정회원



1997년 국립한밭대학교(이학사)
1999년 건국대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
2003년 건국대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
2003년~현재 한국정보화진흥원 책임연구원
<관심분야> 유무선 서비스 QoS, QoE 기술 등

조 용 현 (Yong-Hyun Jo) 정회원



2003년 아주대학교 정보컴퓨터공학부(학사)
2005년 아주대학교 정보통신전문대학원(석사)
2005년 3월~현재 한국정보화진흥원
<관심분야> IPTV QoS / QoE, 방송통신서비스 품질평가, NGN

신 동 진 (Dong-Jin Shin) 정회원

1994년 경일대학교 전자공학과 (학사)
2001년 영남대학교 전자공학과 (석사)
2004년 영남대학교 정보통신공학과(박사수료)
2005년 7월~2009년 12월 (주) HFR
2010년 1월~2010년 4월 (주) HFR미디어
2010년 5월~현재 (주) 쉐카이나소프트
<관심분야> IPTV QoS/QoE, BcN, NMS, Forecast Algoruthm

노 병 희 (Byeong-hee Roh) 종신회원

1987년 한양대학교 전자공학과 (학사)
1989년 한국과학기술원 전기및 전자공학과(석사)
1998년 한국과학기술원 전기및 전자공학과(박사)
1989년~1994년 한국통신 통신망 연구소
1998년~2000년 삼성전자
2000년~현재 아주대학교 정보통신전문대학원 교수
2005년 Stony Brook University 방문교수
<관심분야> 멀티미디어 네트워크 및 응용, 유무선 네트워크 QoS 및 트래픽 엔지니어링, 유비쿼터스 센서 네트워크(RFID/USN), 인터넷 보안, 국방전술통신네트워크