

영상 콘텐츠 특성을 고려한 영상 서비스의 사용자 체감 품질 변화에 대한 연구

김범준*

Study on the Quality of User Experience Considering the Video Contents Characteristics

Beom-Joon Kim*

요 약

압축 및 스트리밍 기술을 이용한 인터넷을 통한 영상 서비스가 보편화되었다. 패킷 전송 레벨에서 서비스 품질을 보장할 수 없다는 고유한 인터넷의 제약에도 불구하고 지속적인 전송 네트워크의 대역폭의 증가와 압축 및 스트리밍 기술의 발전으로 인터넷 상에서 제공되는 영상 서비스의 사용자 체감 품질은 상당히 발전하였다. 향후 보다 세밀한 영상 서비스의 사용자 체감 품질 관리 및 향상을 위해서는 확실적인 관리보다는 영상 콘텐츠의 특성에 대한 고려가 필요하다. 본 논문에서는 동일한 방법으로 인코딩된 영상이 동일한 환경에서 전송된다고 하더라도 영상 콘텐츠의 특성에 따라서 사용자 체감 품질이 달라질 수 있음을 실험을 통하여 살펴본다. 본 논문의 연구 결과는 향후 인터넷을 통한 영상 서비스의 사용자 체감 품질 정책 수립에 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

Video services have been widely generalized thanks to the progress in compression streaming technologies. In spite of the innate difficulties in guaranteeing quality of service(QoS) of the Internet, the quality of service that is experienced by users have been improved considerably with overall bandwidth growth over the Internet and new compression and streaming technologies. For further sophisticated management scheme from the current homogeneous one, it should consider the characteristics of video contents. This paper investigates that the Quality of Experience(QoE) for video services can vary according to the characteristics of video contents for the same compression method and transmission environments. It is expected that this result contributes to establish a new and advanced scheme to manage QoE for video services over the Internet.

키워드

Video Service, Quality Of Experience (QoE), Video Contents Type, Internet Measurement
영상 서비스, 사용자 체감 품질, 영상 콘텐츠 특성, 인터넷 측정

1. 서 론

전통적인 아날로그 티브이는 한정된 채널수의 제약, 영상화질의 한계, 하향 트래픽 위주의 일방적인

브로드캐스트인데 IP 기술을 이용하는 영상 서비스는 주파수 대신 네트워크 이용하여 전송하고 디지털 방식의 고압축기술로 영상화질이 SD급, HD급, Full-HD급으로 향상되며 양방향 트래픽이 가능하다는 점에서

* 교신저자 : 계명대학교 전자전기공학부
• 접수 일 : 2018. 01. 19
• 수정완료일 : 2018. 03. 03
• 게재확정일 : 2018. 04. 15

• Received : Jan. 19, 2018, Revised : Mar. 03, 2018, Accepted : Apr. 15, 2018
• Corresponding Author : Beom-Joon Kim
Dept. of Electronic and Electrical Eng., Keimyng University,
Email : bkim@kmu.ac.kr

표 1. 객관적 영상 품질 측정 방법의 종류와 비교
Table 1. Objective video quality measurement methods

	Media-layer model	Parametric packet-layer model	Parametric planning model	Bitstream layer model	Hybrid model
Input Information	Media signal	Packet header information	Quality design parameters	Packet header and payload information	Combination of any
Primary application	Quality bench-marking	In-service nonintrusive monitoring (e.g. network probe)	Network planning, terminal /application designing	In-service nonintrusive monitoring (e.g. terminal-embedded operation)	In-service nonintrusive monitoring

콘텐츠 제작에서도 큰 혁명이 일어나고 있다[1]. 그에 따라 인터넷 영상 서비스는 이용자 측면에서는 안정적으로 품질이 보장되는 고품질 서비스, 개인의 필요성 및 경제적인 부담 능력에 따라 대역폭 및 서비스 품질이 차별화되는 맞춤형 서비스에 대한 요구가 증대되고 있으며 사업자 측면에서는 다양한 고품질 융·복합형 서비스 및 품질 보장형 서비스의 제공을 통한 새로운 수익 모델 창출의 필요성만 시점이다[1].

다수의 가입자 트래픽이 전송되는 환경에 있어서 각 가입자들이 만족할 수 있는 체감 품질(QoE : Quality of Experience)을 보장하기 위해서는 네트워크 QoS 관리 기술, 순간적인 트래픽 폭주로 인한 일시적인 품질 저하, 무선 네트워크의 경우 접속 네트워크상에서의 품질 저하 등 다양한 기술적 문제들이 있을 수 있다[2-4]. 그리고 이와 같은 기술적인 문제들을 해결하기 위해서는 종합적인 트래픽 엔지니어링 방안이 수립, 구현되어 궁극적으로는 다수의 가입자 트래픽이 제한된 네트워크 자원을 효율적으로 공유할 수 있어야 한다[5-6].

이와 같은 트래픽 엔지니어링 방안의 수립을 위한 노력의 일환으로 본 논문에서는 영상 콘텐츠 특성의 고려 필요성을 살펴보고자 한다[5]. 동일한 크기의 해상도 및 화면 크기를 가진 영상이라고 하더라도 영상의 특성에 따라서 체감 품질을 만족하기 위한 네트워크의 QoS 레벨은 달라질 수 있을 것이다. 특히 해당 영상의 압축 정도에 따라서 달라질 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 움직임이 큰 High

Motion(: HM) 영상 콘텐츠와 움직임이 작은 Low Motion(: LM) 영상 콘텐츠를 동일한 네트워크 환경에서 전송하고 이들에 대한 체감 품질의 변화를 실험을 통해서 측정 및 분석한다. 본 논문의 연구 결과는 영상 서비스의 체감 품질을 극대화할 수 있는 효율적인 트래픽 엔지니어링 방안 수립에 활용되어 궁극적으로는 영상 서비스 품질 관리 및 품질 개선의 활성화에 기여할 것으로 기대한다.

II. 영상 품질 측정 방법

영상 품질을 평가하는 방법에는 주관적인 방법과 객관적인 방법이 있다[1]. 주관적인 방법은 사람이 영상을 보고 느끼는 품질을 직접 측정하는 것으로 본질적이라는 측면에서 바람직할 수 있다. 그러나 주관적인 방법은 시간과 비용이 많이 소요되고 또 신뢰성을 확보하기 위한 추가적인 평가가 이루어져야 한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 주로 객관적인 평가 방법을 사용하고 있다. 객관적인 방법은 다양한 공학적인 측정을 통해서 영상 품질을 측정하기 위한 것으로 서비스가 제공되는 중에 품질 측정이 가능하고 이를 통해 코덱의 선택이나 그 외 네트워크의 관련 기능의 개발 등에 유용하게 활용될 수 있다는 장점이 있다[5].

객관적인 영상 품질 측정은 측정 범위나 형태에 따

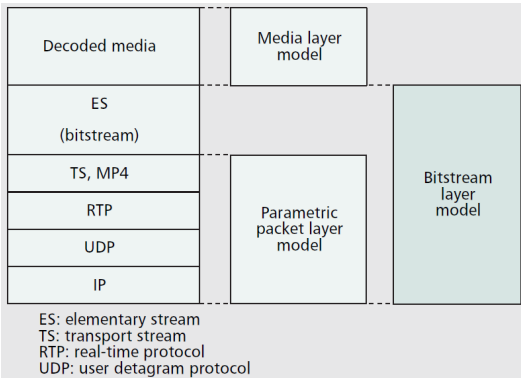


그림 1. 비트스트림 모델과 매체 계층 모델, 파라미터 패킷 계층 모델과의 비교

Fig. 1 Bitstream model in comparison with media and packet layer models

라서 표 1과 같이 다섯 가지 정도로 분류될 수 있다. 먼저 매체 계층 모델(media-layer model)은 영상 품질을 평가하기 위해서 음성 및 영상 신호 자체를 이용하는 방법이다. 이 방법은 코덱의 종류, 패킷 손실을 등과 같은 측정 대상이 되는 음성과 영상의 전송을 위한 시스템에 대한 사전 정보를 전혀 필요로 하지 않는다. 단, 이 방법은 전송 네트워크의 중간 지점 등과 같이 직접적인 음성이나 영상의 매체 신호가 얻어질 수 없는 지점에서는 사용될 수 없다. ITU-T의 권고안 J.144에서 설명하고 있는 모델이 대표적인 매체 계층 모델이라 할 수 있다.

파라미터 패킷 계층 모델(Parametric packet-layer model)은 패킷 헤더 정보만을 이용해서 QoE를 측정하는 방법으로서 매체 신호를 직접 다루지 않고서도 매우 간단한 영상 품질 평가가 이루어질 수 있다. 그러나 페이로드의 정보를 직접 활용하지 않기 때문에 품질과 파라미터와의 연관성을 살펴보기에는 적합하지 않다.

파라미터 계획 모델(Parametric planning model)은 네트워크나 단말기에서 측정되는 다양한 파라미터의 값을 이용하는 방법으로 측정 대상이 되는 하부 시스템에 대한 사전 정보를 필요로 한다. 대표적인 예가 ITU-T G.107에 제시되어 있는 E-Model이라 할 수 있는데 이 모델은 측정값을 기반으로 공중전화망이나 VoIP(Voice over IP) 서비스에 대한 계획 도구로 주로 활용되고 있다[6].

비트 스트림 계층 모델(Bitstream layer model)은 새로운 개념으로서 매체 계층 모델과 파라미터 패킷 계층 모델 중간 정도에 해당하는 방법이다. 이 방법은 파라미터 패킷 계층 모델에서 사용되는 패킷 계층 정보뿐만 아니라 인코딩된 비트스트림 정보를 활용한다. 따라서 이 방법은 상대적으로 높은 계산량을 필요로 하지만 콘텐츠 특성을 고려한 품질 평가가 가능하다는 장점이 있다.

마지막 하이브리드 모델(Hybrid model)은 앞서 언급한 네 가지 방법 중 어떤 두 개의 조합으로서 영상 품질을 평가함에 있어 많은 정보가 필요할 때 유용하게 활용될 수 있다.

III. 비트 스트림 모델

최근 영상 서비스는 광범위하게 제공되고 있으며 콘텐츠의 종류, 전송량, 전달 형태 등의 측면에서 매우 다양해지고 있고 이를 전송하기 위한 네트워크 역시 그 종류가 매우 많아졌다. 여러 요인이 복합적으로 영상 서비스의 품질에 영향을 미칠 수 있으며 특히 최근 무선 네트워크를 통한 영상 서비스의 제공이 보편화됨에 따라서 무선 전송 환경에 의한 영향이 상당히 중요한 요인 중 하나가 될 것이라 예상할 수 있다 [7-9]. 본 연구에서 영상 품질 측정 방법을 선택함에 있어 i)서비스 도중 측정 가능성과 ii)하부 네트워크에 의한 영향 분석 가능성을 고려하였다.

서비스 도중 측정 가능성은 사용자 관점에서의 실시간 평가 측면에서 매우 중요하다. 서비스 품질 저하는 일시적, 순간적으로 발생하는 경우가 많기 때문에 서비스 품질 저하가 발생한 이후에는 그 원인을 정확하게 파악하는 것이 쉽지 않다. 그리고 그 원인 역시 매우 다양할 수 있다. 따라서 서비스가 이루어지는 상태에서 실시간으로 서비스의 품질을 측정할 수 있어야 한다.

또 다른 고려 사항은 서비스가 전달되는 하부 네트워크에 의한 영향을 분석할 수 있어야 한다는 점이다. 최근 영상 서비스는 매우 다양한 유무선 네트워크를 통해서 전달되고 있다. 특히 무선 네트워크의 경우 종류에 따라서 대역폭, 이동성 등의 측면에서 다른 특성을 보일 수 있고 그에 따른 영상 서비스의 품질에 미

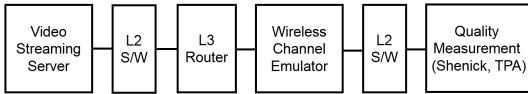


그림 2. 측정 환경 구축
Fig. 2 Measurement environments

치는 영향도 달라질 수 있다.

서비스가 이루어지는 과정에서 실시간으로 서비스 품질을 하는데 있어 가장 용이한 방법은 파라미터 패킷 계층 모델이라 할 수 있다. 계산 량 역시 가장 적어 실제로도 널리 활용되는 이 방법은 패킷 헤더 정보만을 기초로 하기 때문에 페이로드의 정보를 고려할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 따라서 코덱의 종류, 인코딩 속도, 비디오 포맷 등 페이로드에 실려 있는 영상 콘텐츠의 특성을 고려할 수 없다는 한계가 있다. 본 연구에서는 영상 콘텐츠의 특성이 영상 서비스의 체감 품질에 미치는 영향을 분석하고자 하여 패킷 계층에서의 정보뿐만 아니라 비트스트림 레벨에서 영상 콘텐츠의 특성을 반영할 수 있는 비트 스트림 계층 모델 방식을 택하여 측정을 진행하였다[5],[7].

IV. 시험 환경

영상서비스 품질 측정을 위한 시험 환경을 다음 그림과 같이 구축하였다. 영상 스트리밍을 발생시키기 위해서는 VLC Player의 RTP/MPEG Transport Streaming 기능을 이용하였다. 이렇게 발생된 영상 스트림은 2계층 스위치와 3계층 라우터를 거친 후 네트워크 에뮬레이터로 연결된다. 네트워크 에뮬레이터로는 Spirent사의 Attero를 사용하였는데 이를 통해서 네트워크상에서 발생할 수 있는 패킷 손실이나 지연, 지터 등을 인위적으로 설정할 수 있다[10]. 네트워크 에뮬레이터를 통과한 영상 스트림의 품질을 측정하기 위해서는 다음의 두 개의 계측기를 동시에 이용하였다.

- Shenick diversifEye : MPEG-2-TS 전 계층을 포함한 동시 분석 및 QoE 측정(음성, 영상) 알고리즘 지원, ETSI TR 101 290에 나타난 품질 지표들의 측정 가능
- Agilent Triple Play Analyzer(: TPA) : PC기반 소프트웨어 방식의 계측기

이 두 가지 계측기의 측정값을 통해서 영상 서비스 품질에 대한 MOS 값뿐만 아니라 비트 스트림 계층에 속하는 다양한 파라미터에 대한 값들을 동시에 수집하는 것이 가능하다.

V. 시험 결과 및 분석

5.1 시험 영상

시험 영상은 배경 화면 및 피사체의 움직임, 화면 변경 등의 특성을 반영하여 두 가지로 구분하였다. 첫 번째는 High Motion(: HM) 영상으로 넓은 각도의 화면에서 배경의 변화는 균일한 반면 피사체의 움직임이 많은 특성을 가지는 스포츠 중계 영상을 대표적으로 생각할 수 있고 또 다른 하나는 Low Motion(: LM) 영상으로 배경의 변화도 적고 피사체의 움직임 역시 제한적인 드라마를 대표적으로 생각할 수 있다. 시험에 사용된 영상은 HM, LM 모두 HD급 1920*1080 해상도에 초당 30프레임의 비율로 인코딩된다. 이를 통해서 동일한 조건 하에 영상의 움직임이 영상 서비스 품질에 미치는 영향을 가늠할 수 있다.

시험을 통해서 두 가지 종류의 영상에 대해서 링크의 전송 속도, 패킷 손실률, 전송 지연 및 지터를 변화시켰을 때 그에 따른 영상 MOS 값의 변화를 계측기를 통해서 측정하였다. 영상 MOS 값은 음성 MOS 값과 마찬가지로 1과 5사이의 값을 가지게 되고 1이 가장 낮은 품질을, 5가 가장 높은 품질을 나타낸다. 지금까지 많은 노력[1],[5]에도 불구하고 영상 MOS 값을 측정하는 방법은 아직 표준화가 이루어지지 않은 상태이기 때문에 어떤 지표를 이용하는 지에 따라서 계측기마다 다소 다른 값을 가질 수 있다. 영상 MOS 측정에 있어 동일한 설정에서 실험을 10회 반복하였고 이의 평균값과 최대값, 최소값을 다음 그림 3-6에 나타내었다.

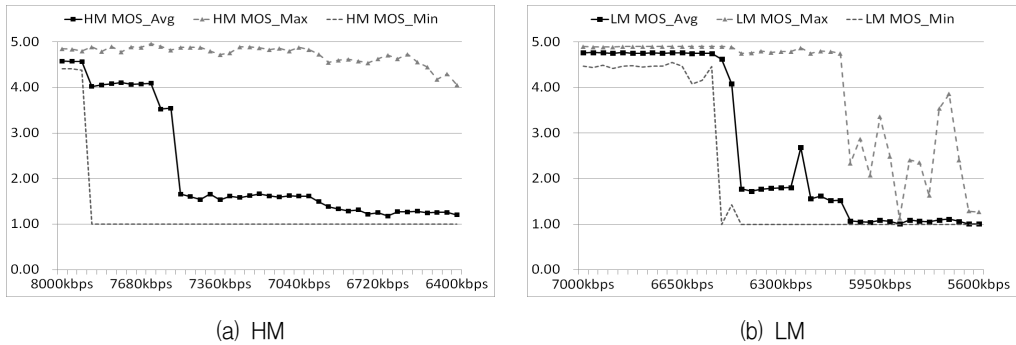


그림 3. 링크 전송 속도에 따른 영상 품질의 변화
Fig. 3 Video quality per link transmission speed

5.2 결과 및 분석

그림 3은 링크 전송 속도의 변화에 따른 영상 MOS 측정 결과를 HM, LM 두 가지 시험 영상에 대하여 각각 나타낸 것이다. 일반적으로 HD급의 영상 스트리밍 서비스가 요구하는 전송 속도는 약 10Mbps 정도로 알려져 있다. 따라서 본 실험에서도 10Mbps에서 시작하여 전송 속도를 차차 낮추어가면서 그에 따른 영상 MOS 값을 측정하였다. 계속 최대값으로 유지되던 영상 MOS 평균값은 HM의 경우 약 7.5Mbps, LM의 경우 약 6.4Mbps를 기준으로 급격하게 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

이를 통해서 우리가 알 수 있는 점은 동일한 HD급의 해상도를 가지는 영상이 동일한 압축 알고리즘에 의해서 압축되어 스트리밍으로 전송될 지라도 그 영상의 특성에 따라서 영상 MOS의 값이 달라진다는 점이다. 영상 스트리밍 서비스가 제공되는 과정에서

특정 순간 요구되는 전송 속도를 정확하게 산출하고 예측하는 것은 쉽지 않다. 이는 영상을 압축하는데 사용되는 알고리즘의 성능과 그에 따른 압축 결과에 따라서 달라질 수 있고 게다가 압축 대상이 되는 영상이 시간에 따라 계속 변하기 때문이다. 다만 본 시험을 통해서 영상에 담긴 피사체의 움직임이 많은 HM 영상의 경우 LM 영상에 비해서 압축 정도가 낮아지고 그에 따라서 더 높은 전송 속도를 요구하는 것으로 이해할 수 있다.

그림 4는 패킷 손실률의 증가에 따른 영상 MOS 값의 변화를 보여준다. 어떤 임계값을 넘어서면 급격하게 감소하는 전송 속도에 대한 결과와는 달리 패킷 손실률의 경우 패킷 손실률이 증가함에 따라 지수적으로 꾸준히 감소하는 것을 확인할 수 있다. HM, LM 두 경우 모두 패킷 손실률이 5%를 넘어서면 영상 MOS 값은 최소값을 나타내었다.

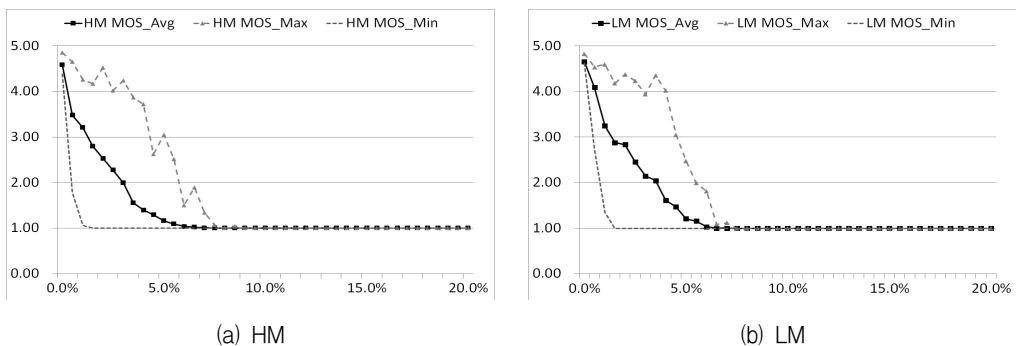


그림 4. 패킷손실률에 따른 영상 품질의 변화
Fig. 4 Video quality per packet loss ratio

그림 5는 송신원과 수신원 사이의 전송 지연에 따른 영상 MOS 값의 변화를 보여준다. HM, LM 모두 전송 지연의 증가는 영상 MOS 값에 영향을 주지 않음을 확인할 수 있었는데 이는 본 시험의 대상이 되는 서비스가 단방향으로 이루어지는 서비스임을 생각하면 당연한 결과로 이해할 수 있다. 송신원이 영상

서비스를 제공하는 시점과 수신원이 영상 서비스를 시작하는 시점 사이의 전송 지연만큼의 지연이 발생하지만 일단 서비스가 이루어지기 시작하면 전송 지연은 더 이상 영상 서비스의 품질 영향을 미치지 않는다.

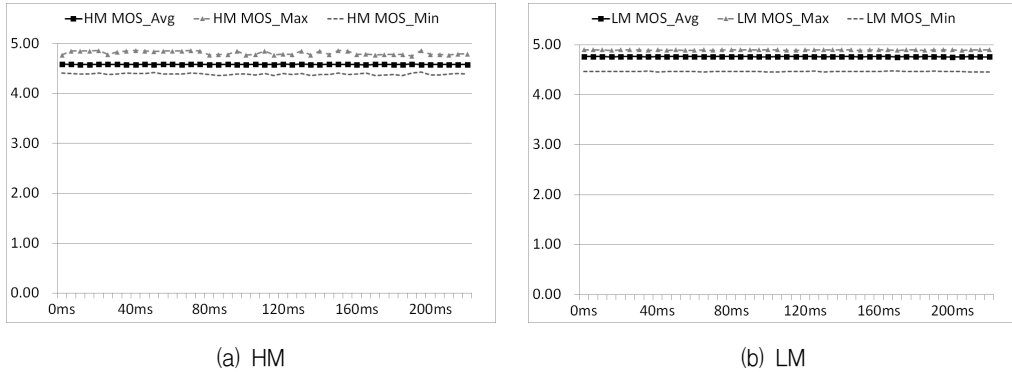


그림 5. 전송지연에 따른 영상 품질의 변화
Fig. 5 Video quality per transmission delay

그림 6은 송신원과 수신원 사이의 지터에 따른 영상 MOS 값의 변화를 보여준다. 전송 지연과는 달리 지터의 경우 단방향 서비스라고 할지라도 영상 서비스의 품질에 영향을 미치는 것이 가능하다. 영상 정보를 담고 있는 패킷들이 수신되는 간격이 들쭉날쭉한 경우 수신원의 영상 재생에 문제가 발생할 수 있기 때문이다. 그런데 실제로 측정된 결과는 지터는 영상

MOS에 영향을 전혀 미치지 않았다. 지터의 값이 너무 작아서 이와 같은 결과가 도출되었을 수도 있다는 판단에 0msec부터 200msec까지의 구간에 대해서는 5msec 단위로 증가시킨 지터를 마지막 네 번의 시험에서는 500msec, 1,000msec, 2,000msec, 3,000msec로 크게 증가시켜보았으나 측정 결과에는 큰 변화가 없었다.

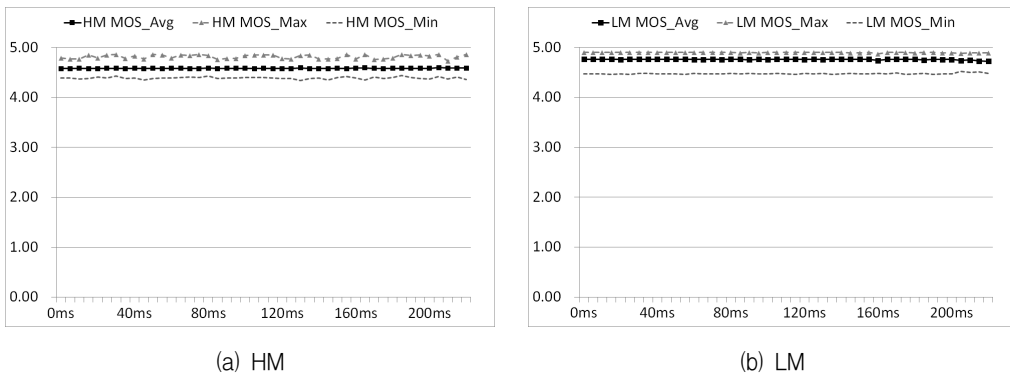


그림 6. 지터에 따른 영상 품질의 변화
Fig. 6 Video quality per jitter

이와 같은 현상에 대한 이유는 수신원의 버퍼링에서 찾을 수 있었다. 예를 들어 본 시험에서 사용된 HD급의 시험 영상이 요구하는 전송 속도가 대략 10Mbps라고 했을 때 3초에 해당하는 분량에 대한 버퍼링을 위해서 필요한 버퍼의 크기는 불과 30 메가비트에 지나지 않는다. 본 시험에서 영상 MOS를 측정하기 위해 사용된 계측기는 수 기가바이트의 메모리가 장착되어 있었고 실제 한 시험 연결에 할당되는 메모리가 30 메가비트를 넘는다면 실제로 지터가 영상 MOS에 미치는 영향도 매우 제한적일 것이라는 추론이 가능하다.

VI. 결론

본 논문에서는 인터넷 전송을 통해서 제공되는 영상 서비스의 사용자 체감 품질이 동일한 조건 하에서 영상의 종류에 따라서 달라질 수 있음을 보였다. 특히 드라마와 같이 움직임이 덜한 영상보다는 스포츠 중계와 같은 움직임이 큰 영상의 사용자 체감 품질이 패킷 손실과 같은 네트워크 환경에 큰 영향을 받을 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 본 논문의 연구 결과는 향후 보다 세밀한 사용자 체감 품질 관리 체계 수립에 있어서 활용될 수 있을 것이다.

References

- [1] A. Takahashi, D. Hands, and V. Barriac, "Standardization Activities in the ITU for a QoE Assessment of IPTV," *IEEE Communications Mag.*, vol. 46, issue 2, Feb. 2008, pp. 78-84.
- [2] H. Juh, "An Improved Algorithm of Distributed QoS in Real-time Networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 1, 2012, pp. 53-60.
- [3] S. Bae, S. Lee, and K. Park, "Multipath Routing Method for QoS Support in WMSNs," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 3, 2013, pp. 453-458.
- [4] C. Lee and J. Lee, "Data transfer Rate of the Wireless Node Moving in the Static Wireless Network Space," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 10, 2016, pp. 941-947.
- [5] M. Seyedehbrahimi, C. Bailey, and X. Peng, "Model and Performance of a No-Reference Quality Assessment Metric for Video Streaming," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 23, no. 12, Dec. 2013, pp. 2034-2343.
- [6] Y. Kim, "Transmission Performance of VoIP Traffics on Underwater Manet," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 12, 2016, pp. 1187-1192.
- [7] S. Zhao, H. Jiang, Q. Cai, S. Sherif, and A. Tarraf, "Hybrid Framework for No-Reference Video Quality Indication over LTE Networks," *In Proc. 2014 IEEE Wireless and Optical Communication Conference (WOCC)*, Newark, NJ, USA, May 2014, pp. 1-5.
- [8] A. Aloman, A.-I. Ispas, P. Ciotirnae, R. Sanchez-Iborra, and M.-D. Cano, "Performance evaluation of video streaming using MPEG DASH, RTSP, and RTMP in mobile networks," *In Proc. 2015 8th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC)*, Novi Sad, Serbia, Dec. 2015, pp. 144-151.
- [9] S. Barakovic and L. Skorin-Kapov, "Survey and Challenges of QoE Management Issues in Wireless Networks," *J. of Computer Networks and Communications*, vol. 2013, Article ID 165146, Dec. 2012. pp. 1-28.
- [10] D. Kim and B. Kim, "A Measurement-based Quality Evaluation Scheme for Mobile VoIP Service over Wireless Broadband(WiBro) Networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 5, no. 5, Oct. 2010, pp. 528-533.

저자 소개



김범준(Beom-Joon Kim)

1996년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

1998년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

계명대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 인터넷 서비스 품질, TCP Optimization over 5G Networks