

# 실측 기반의 IPTV 서비스의 비디오 품질지표들 간 상관관계

김진철\* · 김범준\*\* · 박재성\*\*\*

## 요 약

IPTV 서비스의 품질은 IPTV 서비스가 성공적으로 정착되기 위한 가장 중요한 요소라 할 수 있다. 본 논문에서는 IPTV 서비스가 전달되는 계층적인 구조에 있어서 각 계층을 대표하는 서비스 품질 지표들을 선정하고 이들 간의 상관관계를 분석한다. 이를 위하여 IPTV 서비스가 전달되는 과정을 최대한 실제와 가깝게 구현하기 위한 시험 네트워크를 구축하고 선정된 품질 지표들에 대한 반복적인 측정을 수행한다. 측정을 통한 분석 결과 네트워크 계층의 대표적인 서비스 품질 지표 가운데 패킷손실률이 지연이나 지터에 비해 IPTV 서비스의 비디오 품질에 더 큰 영향을 미친다는 점을 보인다.

키워드 : IPTV 서비스, 사용자 체감 품질, 서비스 품질 지표, 실측

## Actual Measurements Based Investigation of Relationship Between Service Quality Metrics for IPTV Services

Kim Chin-Chol\* · Kim Beomjoon\*\* · Park Jaesung\*\*\*

## ABSTRACT

The most important issue for successful deployment of IPTV service is the service quality. In this paper, we first choose critical quality metrics belonging to each layer of IPTV service transmission architecture and then analyze the relation between the quality parameters. For this purpose, we implement a test network that emulates the most practical environment in which IPTV service is provided and repeat measurements on the test network for the chosen metrics. Based on the analysis result, it is shown that packet losses have greater effect on the video quality of IPTV service comparing to delay and jitter.

Keywords : IPTV Service, Quality of Experience (QoE), QoS Metric, Actual Measurement

## 1. 서 론

최근 디지털 전송 기술의 급속한 발전과 네트워크의 광대역화가 현실화됨에 따라 전화, TV, 인터넷이 융합된 TPS (Triple Play Service)라고 하는 새로운 형태의 미디어 서비스가 등장하고 있다[11, 15-16]. 특히 IPTV(Internet Protocol Television)는 대표적인 TPS 서비스 가운데 하나로 기존의 지상파 혹은 케이블 TV가 일반적으로 전송된 영상을 수신하여 시청하게 했던 것과는 다르게 IPTV 서비스는 양방향성을 갖는 다양한 형태의 서비스를 제공하는 것이 가능하다는 점에서 차별화된다[10]. 향후 IPTV 서비스의 성공적인

정착을 위하여 국내에서도 관련 사업자를 선정한 바 있고 현재 상용 서비스를 제공 중에 있다[9].

IPTV 서비스는 독점적인 점유매체를 사용하는 기존의 지상파 혹은 케이블TV와는 달리 IP(Internet Protocol)로 대표될 수 있는 인터넷 전송 기술에 기반하고 있다. 그런데 IP를 통한 패킷 전송은 매체 혹은 네트워크 자원을 공유함으로써 전송 자체의 효율을 높일 수 있다는 장점이 있는 반면 서비스 별로 세분화된 전송 품질을 보장할 수 없다는 구조적인 문제점을 가지고 있다. 따라서 IPTV 서비스 제공에 있어서 적절한 수준의 서비스 품질(QoS; Quality of Service) 지원 및 관리가 가장 큰 이슈들 중 하나로 인식되어 왔으며 이를 해결하기 위한 노력이 ITU(International Telecommunication Union)와 같은 국제 표준 기구를 중심으로 심도 있게 논의되어 왔다[1-3]. 특히 IPTV 서비스는 IP를 통하여 전송된다는 점에서는 기존의 인터넷 서비스들과 동일하지만 실시간 서비스인 동시에 HD급의 고화질 서

\* 본 연구는 2009년도 계명대학교 비사연구기금으로 이루어졌음.

† 정 회 원 : 한국정보화진흥원 융합서비스부 품질보증팀 팀장

\*\* 정 회 원 : 계명대학교 전자공학과 조교수(교신지자)

\*\*\* 정 회 원 : 수원대학교 인터넷정보공학과 조교수

논문접수: 2009년 5월 25일

수정일: 1차 2009년 9월 17일

심사완료: 2009년 9월 17일

비스의 경우 최소 15Mbps 이상의 고속의 전송 속도가 지속적으로 유지되어야 한다는 점에서 차별화된다. 따라서 IPTV 서비스의 성공적인 정착을 위해서는 기존의 인터넷 서비스에 적용되고 있는 소극적인 서비스 품질 관리 방안이 아닌 적극적인 서비스 품질 관리 방안이 요구되고 있다.

서비스 품질 관리 방안을 수립하기 위해서는 현재 서비스 품질이 정상적인지 아닌지를 판단할 수 있는 기준인 품질 지표(Metric)들과 구체적인 기준 값이 마련되어야 한다. 이를 위해서 ITU와 IETF(Internet Engineering Task Force)를 중심으로 관련 기술과 품질 지표들에 대한 표준화가 진행되고 있다[4, 5]. 그러나 이미 지금까지 알려져 있는 수많은 서비스 품질 지표들을 모두 적용하여 IPTV 서비스의 품질을 상시 측정하고 평가하는 것은 너무나 큰 비용과 시간이 필요하다는 현실적인 문제점이 있다. 그뿐만 아니라 IPTV 서비스의 경우 화면 끊김, 채널 변경 시간 등의 네트워크 수준에서 측정되는 서비스 품질보다 상위에 존재하며 어플리케이션 수준에서 측정되어야 하는 사용자 체감 품질(QoE; Quality of Experience)이 서비스의 만족도를 결정함에 있어 더욱 중요하게 작용하는데 현재 네트워크 수준의 서비스품질과 사용자 체감 품질간의 관련성에 대해서는 구체적으로 밝혀진 바가 매우 적다라는 또 다른 문제점이 있다.

대표적인 네트워크 계층 품질 지표들인 패킷손실률, 지연, 지터가 영상 품질에 미치는 영향에 대한 연구는 지속적으로 이루어져 왔다[18, 19]. 패킷 손실은 주로 영상의 일그러짐(distortion)과 관련이 있는 반면 지연과 지터는 영상의 끊어짐과 관련이 있다고 알려져 있다. 그러나 실제로 이러한 네트워크 계층 품질 지표들이 영상 품질에 미치는 영향의 정도는 코덱, 영상 콘텐츠, 압축 등 매우 다양한 요인에 따라 달라질 수 있는 복잡한 양상을 띄고 있는 것이 사실이다. 이러한 문제점을 극복하는 한 가지 방법은 실제 서비스 제공 환경을 구축하고 각종 장비를 통한 실측을 하는 것을 들 수 있는데 최근 이러한 접근에 의한 연구가 매우 활발하게 이루어지고 있다[20]. 따라서 본 논문에서도 각종 장비로 구성된 실제 IPTV 서비스가 전달되는 환경을 구축하고 IPTV 서비스 전달 구조의 계층 별 품질 지표를 택하여 이들에 대한 계측기를 이용한 실제 측정을 통한 상관관계를 분석하였다. 본 연구를 통해서 밝혀진 각 지표들이 사용자 체감 품질에 미치는 영향은 향후 IPTV 서비스 품질 방안 개발에 있어 관리해야 하는 핵심 서비스 품질 지표의 선정에 근거로 활용될 수 있고 더 나아가서는 가입자와 사업자간 서비스 수준 협약(SLA; Service Level Agreement)의 수립 과정에서도 참조될 수 있을 것으로 예상된다.

## 2. IPTV 서비스

### 2.1 IPTV의 서비스 전달 과정

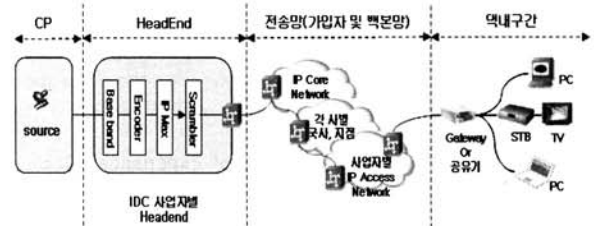
IPTV 서비스는 사업자 측의 헤드엔드(Head End)가 서비스를 송신하는 역할을, 가입자 측의 셋톱박스(Set-Top-Box; STB)가 사업자가 제공하는 콘텐츠와 서비스를 수신하는 역

할을 하고 그 중간에 IP 네트워크가 존재하게 된다. IP 네트워크와 STB간에는 실시간 채널 방송의 경우에는 멀티캐스트 방식을, VoD(Video on Demand) 서비스는 유니캐스트 방식을 이용하여 콘텐츠를 전송하게 되는데 다음(그림 1)에는 IPTV 서비스 전달 구조를 나타내었다.

헤드엔드는 콘텐츠 제공자로부터 방송 콘텐츠를 수신, 가공, 송출, 관리, 보안등을 위한 기능을 가지는데 크게 베이스밴드, 압축다중화, 수신제한시스템(Conditional Access System; CAS), MOC(Media Operation Core)등으로 분류될 수 있다.

- 베이스밴드: 지상파, 공중파 방송사, 위성방송사, 케이블 방송사 등의 콘텐츠 제공자로부터 방송 콘텐츠를 수신, 분배
- 압축다중화시스템: 수신된 영상신호를 네트워크의 효율에 맞게 압축하고 데이터 신호와 다중화한 후 암호화 및 IP 패킷화하여 전송
- 수신제한시스템: 실시간 채널에 대한 암호화 및 VoD 콘텐츠의 사전암호화를 수행하여 시청 권한 제어 및 콘텐츠 보호
- MOC: 방송센터의 MOC에서 각 시스템들과의 연동을 통해 정보 흐름을 통합, 관리하는 역할 수행

헤드엔드로부터 나오는 IP 패킷들은 IP 전송 네트워크 통해서 각 가입자에게 전달되게 되는데 이 때 각 노드에서의 패킷분류(classification), 우선권제어(priority control), 큐잉(queueing)등과 관련된 네트워크 수준에서 QoS를 보장하기 위한 다양한 기술들이 사용된다.



(그림 1) IPTV 서비스의 전달 구조

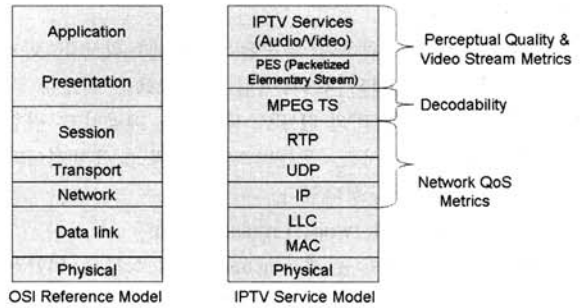
### 2.2 IPTV 서비스의 품질 저하 요인

(그림 1)에 나타난 IPTV 서비스 전달 구조에 있어서 지금까지 일반적으로 알려진 IPTV 서비스 품질 저하 요인들은 다음과 같이 구간별로 간략하게 정리될 수 있다.

- 콘텐츠제공자와 헤드엔드 구간 품질 저하 요인
  - 사업자별 방송센터에 구축되어진 압축 및 다중화 장비, 보안시스템, VoD 서버, 기타 네트워크장비의 성능여하 등 다양한 요소에 따라 품질 저하 가능
- 사업자망 구간 품질 저하 요인
  - 사업자망의 회선 여유 용량 및 관리 상황 등에 따라 품질 저하 가능
  - 사업자망의 QoS 보장 기술, IP 멀티캐스트 기술, MPEG 전송 스트림(Transport Stream; TS) 패킷 생성

과정, 인증 절차 시 AAA(Authentication Authorization Accounting) 처리 지연, 채널 전환 시간 지연, 콘텐츠 보호를 위한 수신제한시스템, 디지털저작권관리(Digital Rights Management; DRM)로 인한 오버헤드 비용 등 다양한 요소에 따라 품질 저하 가능

- 가입자 대내망 구간 품질 저하 요인
- 셋톱박스의 코덱, 디지털저작권관리, 수신제한시스템, 전자프로그램가이드(Electronic Program Guide; EPG)등 응용프로그램 성능여하에 따라 품질 저하 가능
- 기타 대내망 회선의 노후화 및 장애에 따른 품질 저하



(그림 2) IPTV 콘텐츠의 전송 프로토콜 구조

### 2.3 IPTV 서비스 품질 지표

전송 구조를 기준으로 IPTV 서비스 품질 지표들은 지각적인 품질을 나타내는 지각 품질 지표(perceptual quality metric), 비디오 스트림 품질 지표(video stream metric), 전송 스트림 품질 지표(transmission stream metric), 네트워크 품질 지표(network QoS metric)의 네 가지 계층 별로 구분할 수 있다. 다음 (그림 2)에는 콘텐츠가 인코딩되어 IP 전송 네트워크를 거쳐 가입자의 셋톱박스에서 디코딩되기까지의 과정을 OSI 참조 모델과 비교하여 나타내었다.

지각 품질 지표는 인간이 지각을 가지고 주관적으로 느끼는 정도를 판별하여 서비스의 품질을 측정하기 위한 것이다. 현재 알려진 바로는 기존의 음성 서비스에 적용되는 품질 지표인 MOS(Mean Opinion Score)를 비디오에 적용한 Video MOS, 화면에 나타나는 영상의 손상 정도를 나타내기 위한 Blocky, Blurry, Jerkiness 등이 있다[21]. 지각 품질 지표는 사용자 체감 품질을 가장 잘 대변할 수 있다는 장점이 있음에도 불구하고 객관성을 확보하기가 어렵다는 문제점이 있다[2].

비디오 스트림 품질 지표는 디지털 영상의 품질을 좌우하는 가장 직접적인 요소로서 비디오 스트림의 에러는 코덱의 재생 과정이나 변환 과정, 그리고 전송 스트림 패킷의 전송

과정에서 발생할 수 있다. 대표적인 비디오 스트림 품질 지표로는 프레임 손실률을 들 수 있는데 손실된 프레임이 I 프레임, P 프레임, B 프레임인지에 따라서 다소 다른 영향을 미치게 된다.

전송 스트림 품질 지표는 전송 스트림 패킷이 헤드엔드에서 생성되어 전송 네트워크를 거쳐서 가입자의 셋톱박스에서 역다중화될 때 발생할 수 있는 전송 스트림에 대한 오류를 측정하기 위한 것이다.

마지막으로 네트워크 품질 지표는 IP 패킷이 전달되는 과정에서 발생하는 패킷손실률, 지연, 지터 등의 객관적인 지표들이다.

### 3. 시험 환경

#### 3.1 시험 품질 지표

다음 <표 1>에는 IPTV 서비스의 전송 계층 별 품질 지표들 간의 상관관계 분석을 위하여 측정 대상으로 선정된 계층 별 품질 지표들을 정리하였다.

<표 1> 계층 별 시험 대상 품질 지표

지각 계층	Video MOS	서비스되는 비디오의 품질을 나타내는 MOS로 인코딩 및 전송되기 전 비디오의 품질과 전송 과정에서 발생하는 비디오 패킷의 손실 및 패기로 인한 품질 저하를 고려
비디오 스트림 계층	Impaired I-Frame	패킷 손실이나 패기로 인하여 손상된 I-프레임의 개수
	Impaired P-Frame	패킷 손실이나 패기로 인하여 손상된 P-프레임의 개수. 레퍼런스의 오류 전파로 인하여 손상된 프레임은 포함하지 않음
	Impaired B-Frame	패킷 손실이나 패기로 인하여 손상된 B-프레임의 개수. 레퍼런스의 오류 전파로 인하여 손상된 프레임은 포함하지 않음
전송 스트림 계층[7]	Continuity_count_error	패킷의 중복 수신이나 손실로 인하여 수신된 패킷의 순번 카운트 값의 오류를 측정
	PCR_repetition_error	영상 스트림을 디코딩하고 재생하기 위한 PCR(Program Clock Reference) 간격이 40ms를 넘어갈 경우 측정
	PCR_discontinuity_indicator_error	지금까지 사용하던 PCR 값과 새로 수신된 PCR 값의 차이가 0에서 100msec의 범위를 벗어나는 횟수
	PTS_error	매 700msec이내에 PTS(Presentation Time Stamp)가 도착하지 않는 경우 영상과 음성을 재생해야 할 시점을 계산할 수 없으므로 이 경우의 빈도를 측정
네트워크 계층	패킷손실률	IP 패킷의 전송 과정에서 발생하는 손실 빈도
	전송 지연	IP 패킷의 전송 과정에서 발생하는 전송 지연
	지터(Jitter)	IP 패킷의 전송 과정에서 발생하는 지터

3.2 시험 네트워크

(그림 3)은 시험을 위하여 구축된 시험 네트워크를 보여 준다. 그림에 나타난 바와 같이 시험 네트워크는 허브나 라우터 등의 네트워크 장비와 IPTV 서비스를 제공하기 위한 스트리밍 서버, VoD 서버, 셋톱박스, 네트워크 에뮬레이터 및 각종 계측 장비로 구성되었다.

- PacketStorm IP Network Emulator [22]

IP 네트워크의 상태를 실제 Unconditional 상태로 에뮬레이션함으로써 개발 단계에서의 시뮬레이션 또는 연구실에서 시험 환경을 구축하기 위한 장비로 특히 인터넷망에서 발생하는 다양한 IP 네트워크의 특성을 재현하여 다양한 시험을 가능하게 한다.

- Witbe Mobile Robot [23]

IPTV 서비스의 비디오를 포함하여 음성 및 인터넷 데이터 등을 실시간으로 감시하여 사용자 체감 품질 측면에서 다양한 품질 지표를 측정하기 위한 계측기 및 계측 소프트웨어로 본 논문의 시험 과정에서는 주로 Video MOS를 측정하기 위하여 사용되었다. 이를 위해서 사용자 단말의 셋톱박스과 헤드엔드에 Witbe Robot를 종단 간 설치하고 Witbe 포탈 서버에 측정 데이터를 전송한다.

- Shenick IP Triple Play [24]

No Reference 방식과 Full Reference 방식을 혼용하여 네트워크 계층부터 지각 계층까지 전 계층에 해당하는 다양한 품질 지표를 측정하기 위한 계측기로 주로 네트워크 기반의 객관적인 QoS 파라미터에 근거하여 영상에 대한 품질을 측정한다. 주로 가입자의 셋톱박스 뒷단에 설치한다.

- HP DL380G5 Server

동영상을 스트리밍 형식으로 전송하기 위한 서버로 MPEG-2 전송 스트림과 MPEG-1, MPEG-2, H.264의 비디오 코덱을 지원하며 SD 혹은 HD급의 비디오를 300kbps에서 25Mbps까지의 전송 속도로 전송할 수 있다.

- Value VE-IS2100 STB

영상 신호의 수신 및 변환을 하는 장치라 할 수 있다. 본 시험에서 사용된 셋톱박스인 Value VE-IS2100 STB는 128Mbyte의 메모리를 장착하고 있어 이를 버퍼로 활용하여 네트워크 전송 과정에서 발생하는 패킷 전송 지연 및 지터에 의한 영상 품질 손상을 방지할 수 있다(그림 5 참조).

- Cisco 2500, SmartEther SH2024, Dummy Hub, Switch Hub 등의 네트워크 장비
- LCD 디스플레이

3.3 시험 시나리오

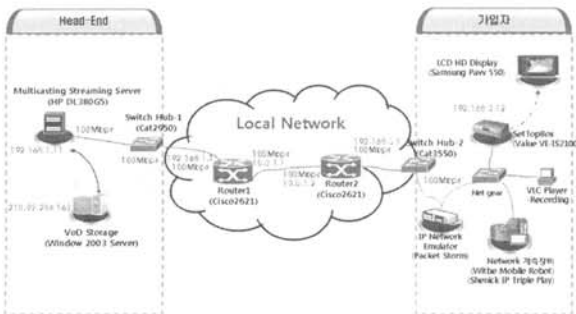
시험을 위한 IPTV 서비스의 동영상은 1280× 720의 HD급으로 비디오 압축 코덱으로는 MPEG-2, 음성 압축 코덱으로는 AC3× 2 channel을 사용하였으며 초당 프레임의 수는 23.976 (fps)이다. MPEG-2 형식의 전송 스트림은 UDP를 통해서 시험 네트워크상으로 전송되도록 하였고 네트워크 에뮬레이터를 이용하여 패킷손실률, 전송 지연, 지터를 변화시키면서 각 품질 지표의 변화를 관찰하였다. 보다 상세한 시험 절차는 다음과 같다.

- 1) 동영상 클립서버에 저장된 MPEG-2 전송 스트림 형식의 HD급 영상을 스트리밍 서버에 전송
- 2) 멀티캐스트 방송 스트리밍 서버(HP DL380G5)의 서비스를 구동 후 셋톱박스(Value VE-IS2100)에서 서비스를 선택 실행
- 3) 네트워크 에뮬레이터인 패킷스톰에서 패킷손실률, 전송 지연, 지터 등 네트워크 파라미터를 변화시켜 실제 환경과 같이 시뮬레이션
- 4) 수신된 트래픽을 네트워크 계측기(Witbe Mobile Robot, Shenick IP Triple Play Tester)를 통해 측정 값을 계산
- 5) 셋톱박스(Value VE-IS2100)를 통해 LCD Display에 나타나는 영상화면을 측정값에 따라 캡처하여 동영상 클립서버에 기록
- 6) 이 때 전송 지연과 지터는 0~10000ms 사이의 값을 가지도록 하였고 패킷 손실률은 0~2% 사이의 값을 가지도록 하였다. 그리고 IPTV 서비스를 위한 트래픽이 전송되는 동안에 다른 네트워크 트래픽은 없도록 설정하였다.

4. 시험 결과 및 분석

앞에서 설명한 시험 네트워크 및 시험 시나리오에 따른 반복적인 시험을 통해서 네트워크 계층의 패킷손실률, 전송 지연, 지터, 세 지표의 변화에 따른 다른 나머지 세 계층의 지표의 변화를 관찰하였다.

본 시험에서 측정된 결과로 얻어지는 Video MOS는 1부터 5 사이의 값을 가지게 된다. 그런데 같은 Video MOS 값 이더라도 측정 장비에 따라서 육안으로 본 비디오의 품질은 다를 수 있다. 따라서 측정된 Video MOS의 객관성을 확보하기 위하여 반복적인 시험을 통하여 Video MOS 값의 변화에 따른 비디오의 품질을 관찰하였으며 대략 Video MOS의 값 3.8을 기준으로 육안으로 확인할 수 있는 비디오 품질의 손상이 나타난다는 것을 알 수 있었다. 이를 확인하기 위하여 (그림 4)에는 서로 다른 Video MOS 값을 가지는 두 개의 동일한 영상을 나타내었다.



(그림 3) 시험 네트워크 구성 및 장비 설정



(a)



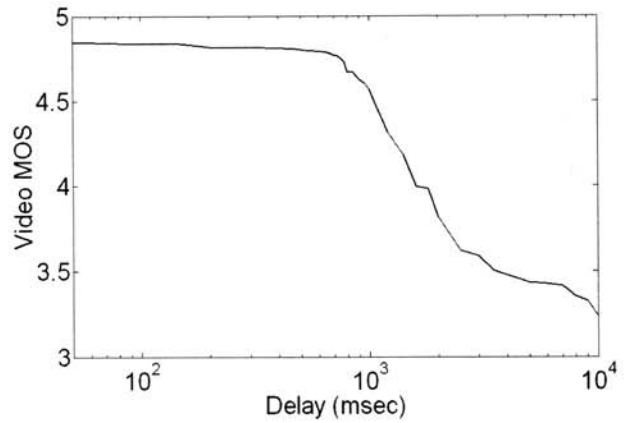
(b)

(그림 4) 다른 Video MOS를 가지는 동일한 영상 비교

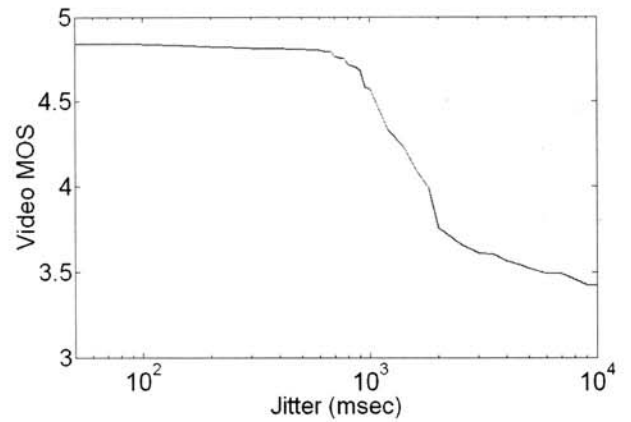
(그림 4)의 왼쪽 그림은 Video MOS의 값이 약 4.0일 때의 영상이고 오른쪽 그림은 약 3.8일 때의 영상이다. 오른쪽 그림에 나타난 영상의 하단부의 품질이 상당히 많이 손상된 것을 볼 수 있다. 반복적인 측정을 통해서 본 시험에 사용된 Shenick IP Triple Play로 측정된 Video MOS는 대략 3.8을 기준으로 이보다 내려가는 경우 영상의 품질이 저하되기 시작하는 것을 육안으로 확인할 수 있었다.

(그림 5)에는 지연, 지터, 그리고 패킷 손실에 따른 Video MOS의 변화를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 Video MOS는 지연, 지터, 패킷손실률이 증가할수록 감소하는 형태를 보인다. 다만 지연이나 지터의 경우 일정한 값을 유지하다가 1초를 넘어서는 순간 급격한 감소를 보인 반면 패킷손실률은 이보다는 완만하지만 꾸준한 감소세를 나타내었다. 이를 토대로 Video MOS는 지연이나 지터에 대해서는 어느 정도 내성을 가지고 있으나 패킷 손실에 대해서는 그렇지 않다고 판단할 수 있다.

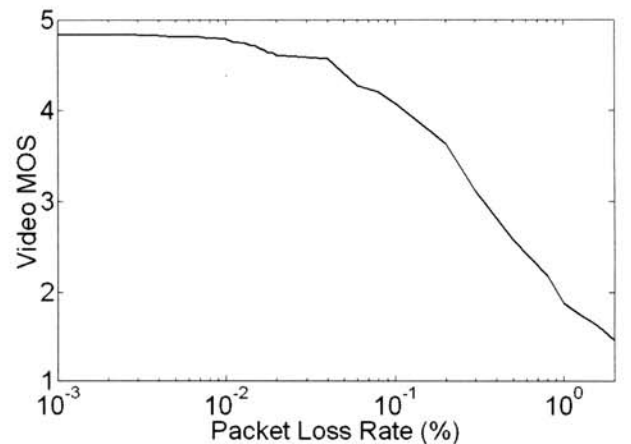
(그림 6)에는 지연, 지터, 그리고 패킷 손실에 따른 Impaired I-Frame, Impaired P-Frame, Impaired B-Frame의 변화를 나타내었다. Impaired I-Frame, Impaired P-Frame, Impaired B-Frame의 측정은 시험이 진행되는 동안에 손실된 프레임의 평균 개수로 산출되었으며 지연, 지터, 패킷 손실이 증가함에 따라서 손실되는 프레임의 개수 역시 증가하는 것을 볼 수 있다. 지연과 지터의 경우 약 1초를 넘어서는 순간 손실된 프레임의 수가 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 (그림 5)에 나타난 결과에서 1



(a)



(b)



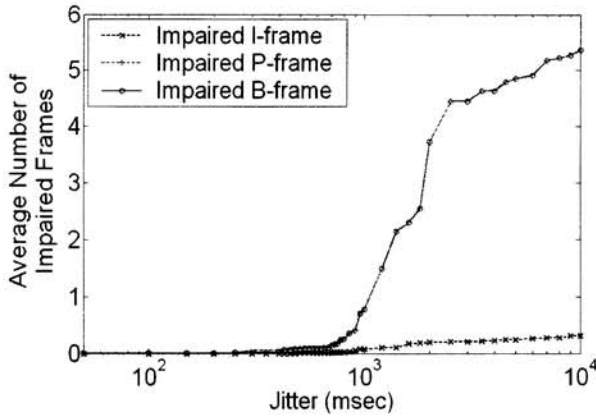
(c)

(그림 5) 지연, 지터, 패킷 손실에 따른 Video MOS의 변화

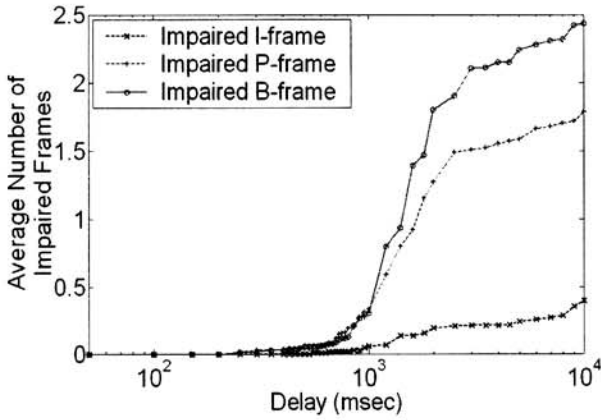
초를 기준으로 Video MOS가 급격하게 떨어지기 시작하는 결과와도 일치한다. 마찬가지로 패킷손실률의 경우 0.1%를 넘어서면서 손실된 프레임의 수가 서서히 증가하기 시작하는데 이 역시 (그림 5)에 나타난 Video MOS의 저하와 일치한다.

(그림 7)에는 지연, 지터, 그리고 패킷 손실에 따른 전송 스트림 계층의 세 개의 지표인 continuity\_count\_error

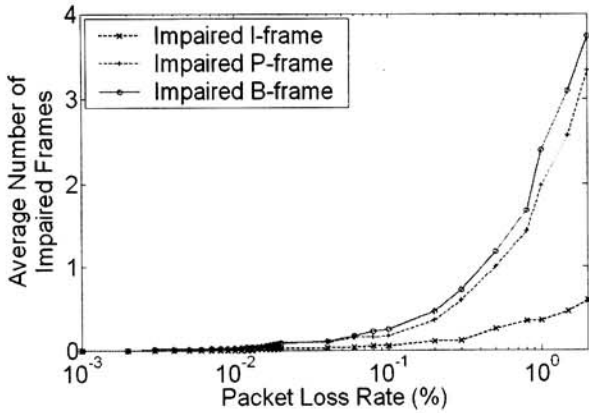




(b)



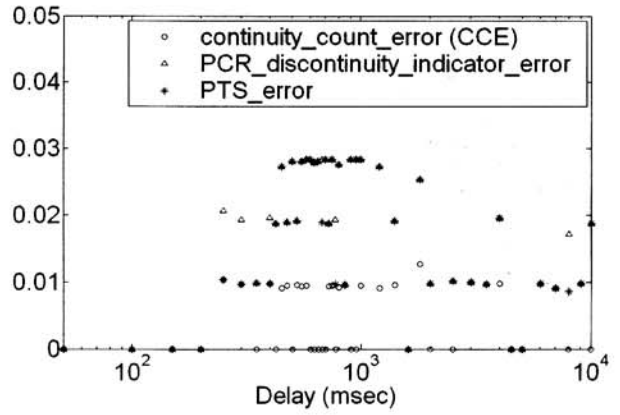
(a)



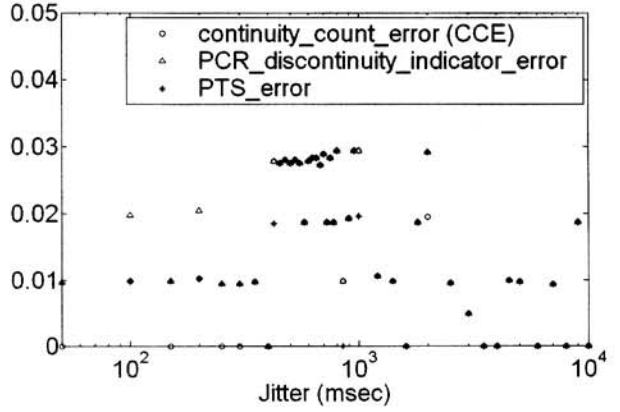
(c)

(그림 6) 지연, 지터, 패킷 손실에 따른 Video Impaired I-Frame, Impaired P-Frame, Impaired B-Frame의 변화

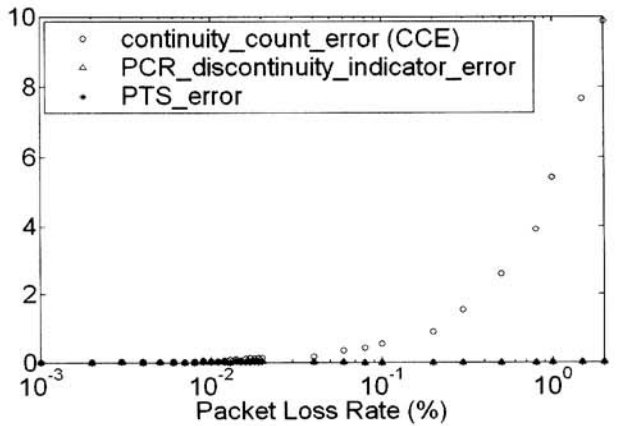
(CCE), PCR\_discontinuity\_indicator\_error, PTS\_error의 측정 결과를 각각 나타내었다. (그림 7)(a)와 (그림 7)(b)에서 볼 수 있는 바와 같이 지연과 지터가 이 세 개의 지표에 미치는 영향은 다소 불규칙적이었다. 반면 (그림 7)(c)에 나타난 패킷손실률의 경우 PCR\_discontinuity\_indicator\_error와 PTS\_error에는 거의 영향을 미치지 않지만 CCE의 경우 패킷손실률이 증가함에 따라서 같이 일정하게 증가하는 것을



(a)



(b)



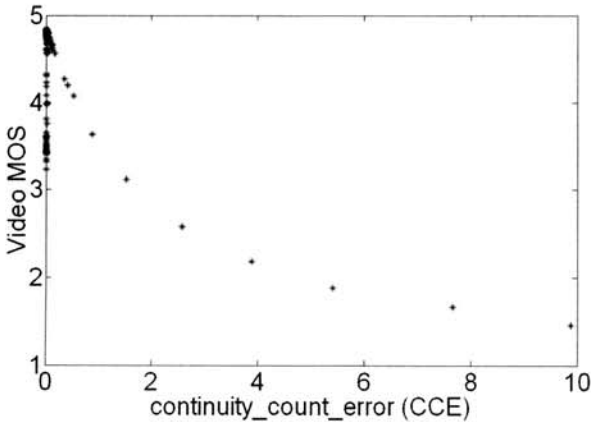
(c)

(그림 7) 지연, 지터, 패킷 손실에 따른 전송 스트림 계층 파라미터의 변화

볼 수 있다. CCE는 수신된 전송 스트림이 연속적으로 수신되지 않는 경우 값이 증가하게 되므로 네트워크 계층에서 IP 패킷의 라우팅 과정에서 순서가 뒤바뀌어 수신원에 도달하거나 손실되는 경우가 이에 해당할 수 있다. 결과적으로 전송 스트림 계층의 지표들 가운데 CCE를 제외한 나머지 지표들은 지연, 지터, 패킷손실률에 분석 가능한 형태의 일정한 상관관계를 보이지 않았기 때문에 Video MOS와의 상

관관계 역시 분석하는 것이 불가능하였다. 반면 CCE의 경우 패킷손실률과 일정한 상관관계를 보임에 따라서 Video MOS에도 어떤 일정한 상관관계를 보일 것이라는 예상을 할 수 있고 그 결과를 (그림 8)에 나타내었다.

(그림 8)에 나타난 바와 같이 CCE와 Video MOS는 거의 정확한 반비례 관계를 가진다는 것을 알 수 있다. 특히, CCE가 2를 넘어가게 되면 Video MOS가 3.5를 넘는 것이 거의 불가능하였다. 일반적으로 네트워크 계층의 지연, 지터, 패킷 손실 가운데 IPTV의 서비스 품질에 가장 큰 영향력을 갖는 지표는 패킷 손실로 알려져 있다. 이는 지연이나 지터는 전송 과정에 있는 중간 노드들이나 가입자 셋톱박스에서 버퍼링을 통하여 어느 정도 보상이 가능하지만 손실된 패킷을 송신원이 아닌 다른 노드에서 복구할 수는 없기 때문이다. 네트워크 계층에서의 패킷 손실은 전송 스트림 계층의 CCE를 증가시키게 되는데 그것이 Video MOS가 감소하게 되는 직접적인 결과라는 것을 (그림 8)에서 알 수 있는 것이다.



(그림 8) Video MOS와 Continuity\_count\_error(CCE)와의 상관관계

### 5. 결론

본 논문에서는 네트워크 계층의 대표적인 지표인 지연, 지터, 패킷손실률이 IPTV 비디오에 어떤 영향을 미치는지를 분석하기 위하여 계층 별 대표적인 지표들을 선택하여 이들에 대한 다양한 시험을 실시하였다. 최상위 계층의 대표적인 품질 지표인 Video MOS는 지연, 지터, 패킷손실률에 대해서 특정 값을 기준으로 급격하게 감소하는 비슷한 형태를 보였다. 특히 지연이나 지터의 경우 그 특정 값에 이르기까지는 거의 감소하지 않고 유지되었으나 패킷손실률에 대해서는 특정 값에 이르기 전이라도 패킷손실률이 증가함에 따라서 완만하게 감소하였다. 패킷손실률과 Video MOS와의 관계를 보다 명확하게 이해하기 위하여 전송 스트림 계층 지표인 CCE와의 Video MOS와의 상관관계를 분석하였고 그 결과 CCE와 Video MOS는 반비례 관계에 있

음을 알 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] ITU-T FG IPTV-DOC-0184, Quality of Experience Requirements for IPTV Services, Dec., 2007.
- [2] ITU-T FG IPTV-DOC-0187, Performance monitoring for IPTV, Dec., 2007.
- [3] ITU-T FG IPTV-DOC-0147, IPTV Services Requirements, Oct., 2007.
- [4] ITU-T Recommendation Y.1541, Network Performance Objectives for IP-based Services, Feb., 2006.
- [5] ITU-T Recommendation Y.1543, "Measurement in IP Networks for inter-domain performance assessment," Nov., 2007.
- [6] DSL Forum Technical Report TR-126, "Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements," Dec., 2006.
- [7] ETSI TR 101 290, "Digital Video Broadcasting (DVB) Measurement Guidelines for DVB systems," May, 2001.
- [8] ATIS-0800004, "A Framework for QoS Metrics and Measurements Supporting IPTV Services," Nov., 2006.
- [9] 윤영삼, "국내 IPTV 사업자 전략과 경쟁력비교분석," HN Focus, Vol.21, 한국홈네트워크산업협회, 2008년 8월.
- [10] 양선희외, "IPTV 서비스기술 현황 및 단계별 발전 전망," IITA 주간기술동향 통권 1286호, 정보통신연구진흥원, 2007년 3월.
- [11] 권영환외, "IPTV 표준화동향," 한국통신학회지 (정보와통신), 제24권, 제2호, 2007년 3월.
- [12] 이광기외, "IPTV 단말 및 응용서비스 기술," HSN 2007 프로시딩, 2007년 2월.
- [13] 양선희외, "IPTV 망구조진화방안 및 중장기 로드맵," IPTV 표준기술 워크샵 프로시딩, 2006년 11월.
- [14] 이종호외, "IPTV 수신기표준화 동향," TTA 저널, 제107호, 2006년 10월.
- [15] 조은주 외, "IPTV 국제 표준화 동향과 국내 IPTV 표준화추진 체계 및 IPTV PG 운영현황," HN Focus, Vol. 10, 한국홈네트워크산업협회, 2006년 5월.
- [16] 최락권외, "IPTV 서비스 기술," TTA 저널, 제104호, 한국정보통신기술협회, 2006년 4월.
- [17] 한국정보사회진흥원, <http://www.nia.or.kr/>
- [18] Mark Claypool and Jonathan Tanner, "The Effects of Jitter on the Perceptual Quality of Video," In the Proceedings of the seventh ACM International Conference on Multimedia, 1999.
- [19] J.Shin et al., "Quality of Service Mapping Mechanism for Packet Video in Differentiated Services Network," IEEE Trans. Multimedia, Vol.3, No.2, June, 2001.
- [20] 송명원외, "고품질의 멀티미디어 서비스 제공을 위한 QoS모델," 한국통신학회논문지, 제33권, 제9호, 2008년 9월.
- [21] ITU-T Recommendation P.910, Subjective Video Quality Assessment Methods for Multimedia Applications, Sep., 1999.

- [22] PacketStorm Communications Inc., <http://www.packetstorm.com>
- [23] Witbe, <http://www.witbe.net>
- [24] Shenick Network Systems Limited, <http://www.shenick.com>
- [25] 김대엽, 주학수, "CAS기반 IPTV 보안 시스템," 한국정보처리학회논문지C, 제15C권, 제4호, 2008년 8월.
- [26] 오준석, 이지현, 임경식, "이동망에서 IPTV 서비스 제공 시 핸드오버 시간과 지터를 고려한 동적 버퍼 할당 기법," 한국정보처리학회논문지C, 제15C권, 제5호, 2008년 10월.
- [27] 권영환, 최준균, "IPTV 멀티캐스트 서비스를 위한 ONU 수 기반 우선순위 스케줄링 기법," 한국정보처리학회논문지C, 제16C권, 제2호, 2009년 4월.



### 김진철

e-mail : cckim@nia.or.kr  
 1997년 한밭대학교 이학사  
 1999년 건국대학교 컴퓨터공학과 공학석사  
 2003년 건국대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
 2003년~현재 한국정보화진흥원 융합서비스부 품질보증팀 팀장



### 김범준

e-mail : bkim@kmu.ac.kr  
 2003년 연세대학교 전기전자공학과(공학박사)  
 2004년~2006년 LG전자 선임연구원  
 2006년~현재 계명대학교 전자공학과 교수  
 관심분야 : IEEE 802.16 Wireless MAN, TCP congestion control, TCP interaction with ARQ



### 박재성

e-mail : jaesungpark@suwon.ac.kr  
 1995년 연세대학교 전자공학과(학사)  
 1997년 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 2001년 연세대학교 대학원 전기,전자공학화(공학박사)  
 2001년~2002년 University of Minnesota PostDoc. Research Faculty  
 2002년~2005년 LG전자 선임연구원  
 2005년~2008년 수원대학교 인터넷정보공학과 전임강사  
 2008년~현재 수원대학교 인터넷정보공학과 조교수  
 관심분야 : 이동성 관리 기술, 성능 평가, 무선 매쉬 네트워크 설계 등