MPEG-2 Continuous Count Error와 IPTV 사용자 체감 품질과의 상관관계 분석

김범준*

A Study on the Relationship between MPEG-2 Continuous Count Error (CCE) and Quality of Experience (QoE) for IPTV Services

Beom-joon Kim*

요 약

최근 이슈가 되고 있는 IPTV 서비스의 성공적인 정착과 관련된 중요한 이슈로 서비스 품질을 들 수 있다. 현재 IPTV 서비스의 품질에 영향을 미치는 상당히 많은 파라미터들이 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 실시간으로 모든 파라미터를 전부 감시하고 관리한다는 것은 현실적으로 거의 불가능한 일이다. 따라서 IPTV 서비스에 미치는 영향의 정도가 큰 몇몇 핵심 파라미터를 선정하는 것이 필요하게 되었다. 이러한 목적을 위하여 본 논문에서는 IPTV 서비스의 품질을 감시하고 측정하는 실제 환경을 구성하고 각 파라미터가 이에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 특히 MPEG-2 전송 스트림 계층에서 측정되는 Continuous Count Error(CCE)에 주목하여 이의 영향이 다른 파라미터에 비해 매우 큼을 보인다.

ABSTRACT

The service quality is one of the most important issue for successful deployment of IPTV services. Currently, a number of parameters have been reported that they have an effect on the quality of IPTV services. However, it is almost impossible to monitor and manage all the parameters in real time. Key parameters, therefore, should be chosen as a service metric for efficient quality management of IPTV services. For this purpose, we implement an environment for monitoring and measuring the quality of IPTV services and try to figure out the effect of each parameter on the quality of IPTV services. In particular, we focus on a parameter called continuous count error (CCE) measured at the level of MPEG transport stream (TS) and show that it has a greater effect on the quality of IPTV services than other parameters.

키워드

IPTV (Internet Protocol Television), Quality of Experience (QoE), MPEG-2 Transport Stream (TS), continuous count error (CCE)

Ⅰ. 서 론

최근 대표적인 융합 서비스로 등장한 것이 IPTV (Internet Protocol Television)이다[1],[2],[3]. IPTV는 양방향성을 갖는 다양한 형태의 서비스를 제공하는 것이 가능하다는 점에서 기존의 방송 형태의 TV 서비스와 차별화된다[4].

IPTV의 전송을 담당하는 IP (Internet Protocol)는

* 계명대학교 전자공학과(bkim@kmu.ac.kr)
접수일자 : 2010. 06. 29 심사(수정)일자 : 2010. 07. 08 게재확정일자 : 2010. 08. 05

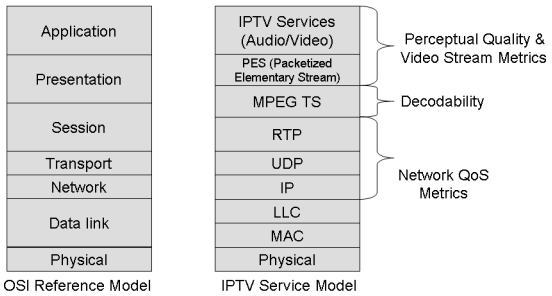


그림 1. 계층별 IPTV 서비스의 품질 지표
Fig. 1 Quality metrics for IPTV service of each layer

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[5],[6],[7].

효과적인 서비스 품질 관리 방안을 수립되기 위해서는 현재 서비스 품질이 정상적인지 아닌지를 판단할 수 있는 기준인 품질 지표(service metric)들과 구체적인 기준 값이 마련되어야 한다. 이를 위한 표준화가 ITU와 IETF(Internet Engineering Task Force)를 중심으로 진행되고 있으나 지금까지 알려져 있는 수많은 서비스 품질 지표들을 모두 적용하여 IPTV 서비스의 품질을 상시 측정하고 평가하는 것은 너무나 큰 비용과 시간이 필요하다는 현실적인 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 계측기를 비롯한 각종 장비로 구성된 실제 IPTV 서비스가 전달되는 환경을 구축하고 IPTV 서비스 전달 구조의 계층별 품질 지표를 택하여 이들에 대한 실제 측정을 통한 상관관계를 분석하였다. 특히 MPEG2 전송 스트림(transport stream; TS) 계층의 Continuous Count Error(CCE)가 다른 파라미터에 비해 IPTV 서비스 품질에 더 큰 영향을 미침을 보였다.

II. IPTV 서비스

2-1 IPTV 서비스 전달

IPTV 서비스는 사업자 측의 헤드엔드(Head End)가 서비스를 송신하는 역할을, 가입자 측의 셋톱박스(Set-Top-Box; STB)가 사업자가 제공하는 콘텐츠와 서비스를 수신하는 역할을 하고 그 중간에 IP 네트워크가 존재하게 된다. IP 네트워크와 STB 간에는 실시간 채널 방송의 경우에는 멀티캐스트 방식을, VoD(Video on Demand) 서비스는 유니캐스트 방식을 이용하여 콘텐츠를 전송하게 된다.

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

2-2 계층별 IPTV 서비스 품질 지표

IPTV 서비스의 전송 계층 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 가지로 구분된다. 다음 그림 1에는 콘텐츠가 인코딩되어 IP 전송 네트워크를 거쳐 가입자의 셋톱박스에서 디코딩되기까지의 과정을 OSI 참조 모델과 비교하여 나타내었다[10].

지각 품질 지표는 인간이 지각을 가지고 주관적으로 느끼는 정도를 판별하여 서비스의 품질을 측정하

기 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. 지각 품질 지표는 사용자 체감 품질을 가장 잘 대변할 수 있다는 장점이 있음에도 불구하고 객관성을 확보하기가 어렵다는 문제점이 있다[6].

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 발생될 수 있는 전송 스트림에 대한 오류를 측정하기 위한 것이다[11].

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

III. 시험환경

3-1 시험 네트워크 구축

시험 네트워크는 허브나 라우터 등의 네트워크 장비와 IPTV 서비스를 제공하기 위한 스트리밍 서버, VoD 서버, 셋톱박스, 네트워크 에뮬레이터 및 각종 계측 장비로 구성되었다. 이들에 대한 설명은 다음과 같다.

• PacketStorm IP Network Emulator

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

• Witbe Mobile Robot

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 셋톱박스와 헤드엔드에 Witbe Robot를 종단 간 설치하고 Witbe 포탈 서버에 측정 데이터를 전송한다.

• Shenick IP Triple Play

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

• Cisco 2500, SmartEther SH2024, Dummy Hub, Switch Hub 등의 네트워크 장비

• LCD 디스플레이

3-2 시험 절차

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 에뮬레이터을 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-IS 2100)에서서비스를 선택 실행
3) 네트워크 에뮬레이터인 패킷스톰에서 패킷손실률, 전송 지연, 지터 등 네트워크 파라미터를 변

화시켜 실제 환경과 같이 시뮬레이션

4) 수신된 트래픽을 네트워크 계측기(Witbe Mobile Robot, Shenick IP Triple Play Tester)를 통해 측정값을 계산
5) 셋톱박스(Value VE-IS2100)를 통해 LCD Display에 나타나는 영상화면을 측정값에 따라 캡쳐하여 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.

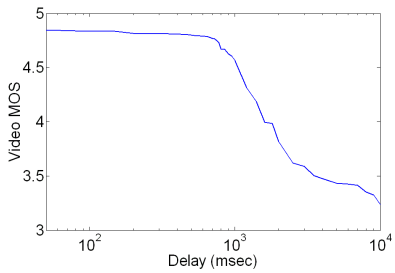
Ⅳ. 성능 평가

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

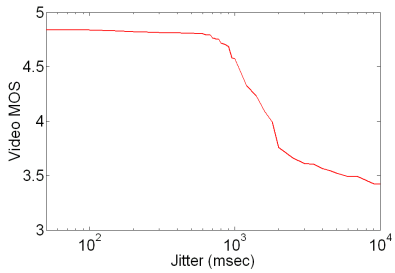
본 시험에서 측정한 결과로 얻어지는 Video MOS는 1부터 5사이의 값을 가지게 된다. 그런데 같은 Video MOS 값이더라도 측정 장비에 따라서 육안으로 본 비디오의 품질은 다를 수 있다. 따라서 측정된 Video MOS의 객관성을 확보하기 위하여 반복적인 시험을 통하여 Video MOS 값의 변화에 따른 비디오의 품질을 관찰하였으며 대략 Video MOS의 값 3.8을 기준으로 육안으로 확인할 수 있는 비디오 품질의 손상이 나타난다는 것을 알 수 있었다.

그림 2에는 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.

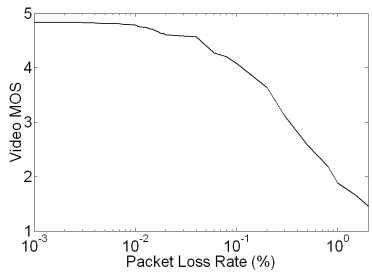
그림 3에는 지연, 지터, 그리고 패킷 손실에 따른



(a) 지연과 Video MOS
(a) Video MOS per delay



(b) 지터와 Video MOS
(b) Video MOS per jitter



(c) 패킷손실률과 Video MOS
(c) Video MOS per packet loss rate

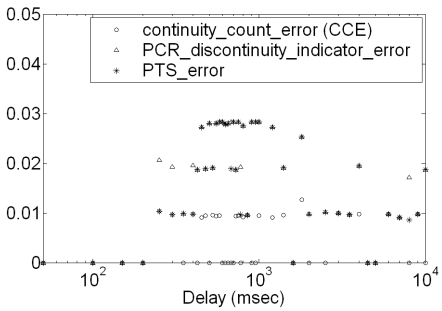
그림 2. 지연, 지터, 패킷 손실과 Video MOS
Fig. 2 Video MOS vs. network parameters

MPEG-2 전송 스트림 계층의 세 파라미터인 CCE, PCR_discontinuity_indicator_error, PTS_error의 측정결과를 각각 나타내었다. 이 파라미터들은 MPEG-2 전송 스트림의 syntax와 정보의 일관성(consistency)에 대한 측정으로 전송 스트림의 디코딩을 보장하는데 있어 필수적인 품질 지표들이다[11].

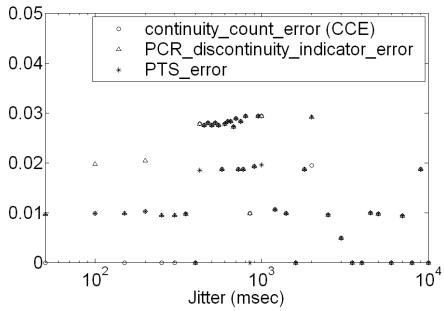
그림 3-(a)와 3-(b)에서 볼 수 있는 바와 같이 지연과 지터가 이 세 개의 지표에 미치는 영향은 다소

불규칙적이었다. 반면 그림 3-(c)에 나타난 패킷손실률의 경우 PCR_discontinuity_indicator_error와 PTS_error에는 거의 영향을 미치지 않지만 CCE의 경우 패킷손실률이 증가함에 따라서 같이 일정하게 증가하는 것을 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 상관관계 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 4에 나타내었다. 그림 4에 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.

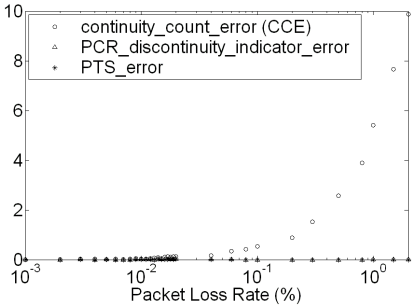
일반적으로 네트워크 계층의 지연, 지터, 패킷 손실 가운데 가장 IPTV의 서비스 품질에 가장 큰 영향력을 갖는 지표는 패킷 손실로 알려져 있다. 이는 지연이나 지터는 전송 과정에 있는 중간 노드들이나 가입자 셋톱박스에서 버퍼링을 통하여 어느 정도 보상이 가능하지만 손실된 패킷을 송신원이 아닌 다른 노드에서 복구할 수는 없기 때문이다. 네트워크 계층에서의 패킷 손실은 전송 스트림 계층의 CCE를 증가시키게 되는데 그것이 Video MOS가 감소하게 되는 직접적인 결과라는 것을 그림 4에서 알 수 있는 것이다.



(a) TS 파라미터와 지연
(a) TS parameters per delay



(b) TS 파라미터와 지터
(b) TS parameters per jitter



(c) TS 파라미터와 패킷손실률
(c) TS parameters per packet loss rate

그림 3. 지연, 지터, 패킷 손실에 따른 전송 스트림 계층 파라미터의 변화
Fig. 3 TS parameters vs. network parameters

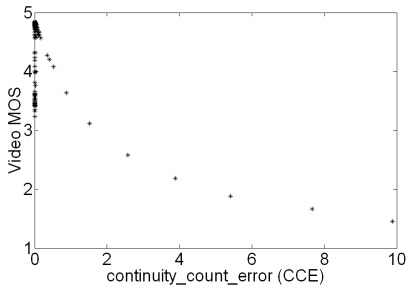


그림 4. Video MOS와 CCE와의 상관관계
Fig. 4 Relationship between Video MOS and CCE

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 MPEG-2 TS의 CCE가 IPTV 사용

자 체감 품질에 미치는 영향에 대해서 분석하였다. 다양한 실험을 통한 분석 결과 CCE와 Video MOS는 반비례 관계에 있음을 알 수 있었다. CCE는 네트워크 계층의 패킷손실률과 밀접한 연관을 가지기 때문에 향후 CCE는 낮은 값으로 유지하기 위해서는 전달 네트워크에서 발생하는 패킷 손실의 수를 감소시키는 것이 필수적이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부・한국산업기술진흥원 지정 계명대학교 전자화자동차부품지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

[1] 권영환外, “IPTV 표준화동향,” 한국통신학회지(정보와통신), 제24권, 제2호, 2007년 3월.
[2] 조은주外, “IPTV 국제 표준화 동향과 국내 IPTV 표준화추진 체계 및 IPTV PG 운영현황,” HN Focus, Vol. 10, 한국홈네트워크산업협회, 2006년 5월.
[3] 최락권外, “IPTV 서비스 기술,” TTA 저널, 제104호, 한국정보통신기술협회, 2006년 4월.
[4] 양선희外, “IPTV 서비스기술 현황 및 단계별 발전 전망,” IITA 주간기술동향 통권 1286호, 정보통신연구진흥원, 2007년 3월.
[5] ITU-T FG IPTV-DOC-0184, “Quality of Experience Requirements for IPTV Services,” Dec. 2007.
[6] ITU-T FG IPTV-DOC-0187, “Performance monitoring for IPTV,” Dec. 2007.
[7] ITU-T FG IPTV-DOC-0147, “IPTV Services Requirements,” Oct. 2007.
[8] ITU-T Recommendation Y.1541, “Network Performance Objectives for IP-based Services,” Feb. 2006.
[9] ITU-T Recommendation Y.1543, “Measurement in IP Networks for inter-domain performance assessment,” Nov. 2007.
[10] DSL Forum Technical Report TR-126, “Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements,” Dec. 2006.
[11] ETSI TR 101 290, “Digital Video Broadcasting (DVB) Measurement Guidelines for DVB systems,” May 2001.
[12] ATIS-0800004, “AFramework for QoS Metrics and Measurements Supporting IPTV Services,” Nov. 2006.

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
※ 주관심분야 : 모바일 IPTV/VoIP 서비스, TCP 성능분석