

패킷 분실률에 따른 IPTV 서비스 품질 분석

이원호*, 권만준*

*아주자동차대학

e-mail: wheel@motor.ac.kr

An Analysis of IPTV Service Quality with Packet Loss Rate

Won Ho Lee*, Man Jun Kwon*

*Ajou Motor College

요 약

IPTV 서비스가 활성화 되고, 서비스 품질 유지를 위한 품질 측정 지표들이 제시되고 있지만, 지표들의 변화가 실제 서비스 품질에 얼마나 큰 영향을 미치는 지에 대한 연구는 정확히 이루어지고 있지 않다. 본 논문에서는 ITU-T에서 결정되고 있는 다양한 IPTV 서비스 성능 지표들 중 패킷 분실률이 실제 IPTV 서비스의 품질에 어느 정도의 영향을 미치는지 파악하고자 하였다. 이를 위해서 ns2 기반의 시뮬레이션 시나리오를 작성하고, 실험결과를 분석하였다. 본 연구 결과는 IPTV 서비스에서 일정한 영상 품질을 제공하기 위해 보다 실제 환경에 적합한 권고 사항을 마련하기 위한 기본 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서 론

지난 몇 년간 컴퓨터 및 통신 기술은 다양한 형태로 급속도로 발전해 왔다. 특히 사용자가 언제 어디서든 컴퓨팅 환경에 접근할 수 있게 해 주는 이동 컴퓨팅 환경, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 등의 구축에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있으며, 이에 따라 가정, 회사, 공공기관 등 다양한 생활환경에 보다 편리하고 다양한 서비스를 제공하려는 움직임이 활발하게 전개되고 있다. 더불어 xDSL, FTTx, HFC (Hybrid Fiber Coaxial Cable) 등의 다양한 매체 기술이 발전함에 따라 각 개인 사용자의 인터넷 접근성 및 인터넷 성능이 보다 향상되어 누구나 손쉽게 인터넷을 사용할 수 있는 환경이 되었다. 이에 따라 IP(Internet Protocol) 기술을 이용한 서비스 개발 또한 활발히 진행되고 있다.

특히 IPTV는 인터넷을 통해 영상, 음성, 데이터를 동시에 제공하여 사용자와 서비스 제공자 사이의 양방향성을 지닌 서비스가 가능하도록 한다. 이에 더

해, 방송과 함께 거의 모든 인터넷 기반 서비스를 실시간으로 연계할 수 있다. 이를 통해서 IPTV는 영상감상과 동시에 발생하는 사용자의 다양한 서비스 사용 욕구를 하나의 시스템에서 충족시켜 줄 수 있다. 따라서 최근 IPTV 상용화 서비스 운용이 앞다투어 이루어지고 있고, 이를 위한 다양한 기술 연구 및 표준화 작업도 수행되고 있다.

IPTV 서비스가 안정적인 고품질 영상 전송과 같은 문제를 해결하기 위해 여타의 IP기반 서비스 보다 더욱 확실한 QoS(Quality of Service) 관리를 필요로 하게 된다. 따라서 ITU-T의 네트워크 성능 지표, IETF의 IPPM(IP Performance Metrics) 기반의 IPTV 네트워크 성능 지표, IPTV 성능을 위한 기고안, ETSI의 디지털 방송을 위한 성능 지표, ITU-T IPTV 포커스 그룹의 IPTV 성능지표 등이 IPTV를 위한 성능 지표 측정 방법 및 지표로 제시되고 있다.

이렇게 IPTV 서비스가 활성화되고, 서비스 품질 유지를 위한 품질 측정 지표들이 제시되고 있지만,

지표들의 변화가 실제 품질에 얼마나 큰 영향을 미치는 지에 대한 연구는 정확히 이루어지고 있지 않다. 단순한 지표와 대략의 기준치를 가지고는 실제 상용 서비스에서 정확한 서비스 품질 유지에 많은 어려움을 준다. 따라서 본 논문에서는 ITU-T의 IPTV 성능을 위한 권고안에서 네트워크 성능에 따른 서비스 품질을 측정할 수 있는 지표들 중 패킷 분실률이 실제 서비스에 어떠한 형태로 영향을 미치는지 실험을 통해 파악하고자 한다. 본 논문을 위한 실험에서는 전송 지표들 중 패킷 손실률을 대상으로 실험하여 IPTV 성능에 미치는 영향을 PSNR 값에 근거하여 판단하도록 하였다.

2. 실험 환경 구축

본 논문에서는 실험을 위해서 1개의 MPEG2-TS 스트림을 생성하는 노드가 있고, 이 스트림을 수신하는 2개의 노드가 있는 네트워크를 구성하였다. 영상 스트림은 멀티캐스트 프로토콜을 통해서 전송되며, 영상 송신 노드와 수신 노드들 사이에는 두 개의 라우터가 존재한다. 그리고 다른 트래픽을 생성하기 위해서 네 개의 다른 소스 노드와 단말 노드가 존재한다. 이 트래픽은 상황에 따라서 발생 시킬 수도 시키지 않을 수도 있다. 이러한 토폴로지는 ns2 (network simulator 2) 시뮬레이터 상에서 Tcl 스크립트를 통해서 작성되었다. 각 일반 노드와 라우터 사이의 링크의 속도는 10 Mbit/s로 정하였으며, 라우터와 라우터 사이의 속도는 50 Mbit/s로 결정하였다.

패킷을 전송하기 위한 프로토콜은 UDP를 사용하였으며, 영상은 멀티캐스트 기반으로 전송되고 기타 트래픽은 유니캐스트 방식으로 전송하도록 했다. 각 패킷은 MPEG2-TS를 준수하여 헤더를 포함해 188 bytes로 정하였다.

본 논문에서는 영상 트래픽 소스로 H.264 코덱을 사용해 인코딩된 파일을 사용하였으며, 네트워크 시뮬레이터 상에서 트래픽을 생성하기 위해서는 인코딩된 영상의 트레이스 파일을 사용하였다. 이 트레이스 파일은 yuv 형태로 저장되었다.

본 논문에서는 ITU-T에서 제시한 다양한 지표 중 패킷 분실률에 관련된 지표를 대상으로 실험하고, 패킷 분실률이 영상 품질 저하에 미치는 영향에 대해서 분석하고자 하였다. 실험은 100회 씩 수행한 후 평균을 취하는 방식으로 결과를 정리하였다.

각 링크에 일정한 분실률을 부여하고 수신된 영상과 원본 영상 간의 화질 차이를 PSNR 값을 이용하여 결정한다. 분실률을 순차적으로 높여가며 0 ~ 20% 사이의 분실률을 가질 때 사용자가 느끼게 되는 영상 품질의 차이가 어느 정도 발생하는 지를 실험을 통해 파악한다. 분실률의 변화는 1% 단위로 하였으며, 추가적으로 급격하게 변하는 구간에서 0.1% 단위로 변화를 주며 다시 실험을 하였다.

실험에 대해서 최종적으로 수신된 화질의 품질을 검증하기 위해서 본 논문에서는 PSNR 값을 계산한다. 여기서 B bit의 PCM 샘플링된 $m \times n$ 크기의 이미지에 대한 PSNR 값은 다음 식과 같이 계산될 수 있다. 이 때, $I(i,j)$ 는 수신된 이미지의 (i,j) 픽셀에서 신호 값이며, $K(i,j)$ 는 원본 이미지의 (i,j) 픽셀의 신호 값이다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \| I(i,j) - K(i,j) \|^2$$

$$MAX_I = 2^B - 1$$

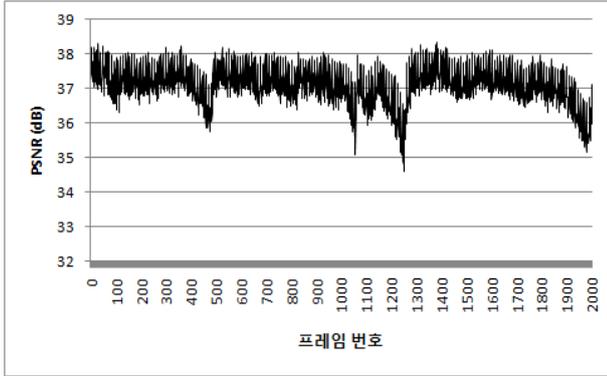
또한 계산된 PSNR 값을 통해서 MOS 값으로 변경될 수 있다. 다른 연구 결과에서는 PSNR 값이 최소 30 이상이 되어야 사용자가 정상적으로 인지 가능한 이미지로 간주할 수 있다고 한다.

실험을 진행하기 위해서, H.264로 인코딩된 영상 파일에 대한 패킷 전송 트레이스(trace) 파일을 생성한다. 이 파일은 실제 서버에서 영상을 MPEG2-TS 포맷에 저장하여 사용자에게 전송하기 위해서 각 패킷을 전송하는 시간정보를 가지고 있다. ns2 기반으로 작성된 네트워크 시나리오에서 서버 노드가 트레이스 파일을 이용하여 패킷을 전송하면 클라이언트 노드에서 패킷을 수신하여 적절한 시점에 디코딩하게 된다. 시뮬레이션이 끝난 후, 저장된 파일과 원본 파일을 이용해 PSNR 값을 결정한다.

3. 패킷 분실률에 따른 서비스 품질 분석

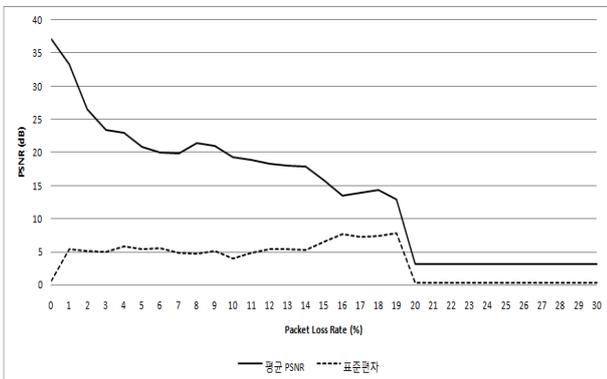
<그림 1>은 네트워크 링크 지연이 1ms 이고, 패킷 손실이 전혀 없는 상태의 네트워크에서 영상을 전송했을 때 수신된 영상의 각 프레임 별 PSNR 값을 그래프로 보여주고 있다. 이 영상의 평균 PSNR

은 37.10이며, 표준편차는 0.55이다. 따라서 MOS 값은 5로 결정되어 사용자가 감상하기에 매우 좋은 수준의 화질을 보장하고 있다.



<그림 1> 1ms 지연, 무손실 상태에서 전송된 영상의 각 프레임 별 PSNR 값

이 영상을 앞서 설명한 네트워크 토폴로지 상에서 다양한 패킷 분실률을 적용하여 스트리밍 서버로부터 사용자 클라이언트로 전송하였을 때 발생하는 PSNR의 변화를 <그림 2>에서 나타내고 있다. <그림 2>에 표현된 PSNR을 영상의 평균 PSNR의 미한다.

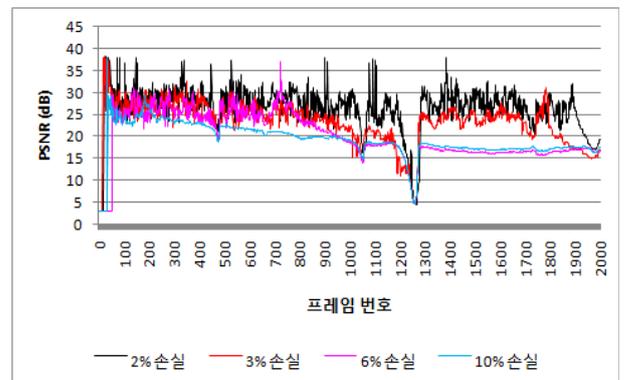


<그림 2> 패킷 분실률의 변화에 따른 수신된 영상의 PSNR 평균값 (링크 전송지연 2ms)

<그림 2>에서 보는 바와 같이 분실률이 3%에 이르기까지 PSNR은 지속적으로 감소하며, 이때 표준편차는 5정도를 유지한다. 분실률이 3%에 이르는 시점에서 영상의 평균 PSNR은 23.32 dB로, 이는 MOS 등급 2에 해당하며 사용자가 영상을 감상하기 어려운 수준을 의미한다. 손실률이 3%를 초과하여 증가함에 따라서 완만하게 PSNR이 감소하기는 하지만 3% 수준에서 이미 영상은 나쁜 수준으로 떨어져 있어 이후의 부분에 대해서는 더 비교 분석이 무의미하다 할 수 있다. 또, 그림에서 보는 바와 같이 분실률이 20%를 넘게 되면 영상의 PSNR이 3.11

dB로 유지되며, 이는 더 이상 영상으로써 가치가 없는 수준에 이른 것이다. 따라서 IPTV 영상 사업자는 서비스의 품질을 보통의 수준으로 유지하려 한다면 최소 패킷 분실률을 2% 이내로 유지될 수 있도록 해야 한다.

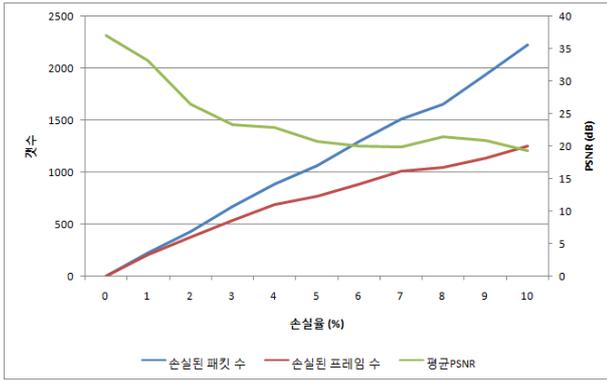
다음 <그림 3>은 서로 다른 패킷 분실률에서 각 프레임 별 PSNR 값이 어떻게 변화하는지를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 분실률이 증가함에 따라서 최초 영상의 손실이 크다. 이는 전송 초반 패킷이 일정부분 수신되기까지 수신자의 디코더가 많은 프레임은 복원하지 못해 발생하는 것으로, 1.5% 이상의 분실률을 보이는 영상들에서 발생하는 특징이다.



<그림 3> 서로 다른 분실률에서의 프레임별 PSNR 값의 변화

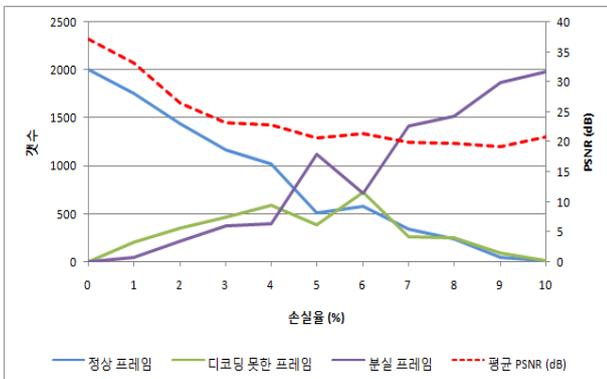
<그림 4>에서는 전송과정에서 손실된 패킷의 개수와 손실된 패킷으로 인해 피해를 입은 프레임의 개수를 보여 주고 있다. 실제 손실된 패킷은 10% 정도 밖에 되지 않지만 손실된 프레임의 개수는 1300개 정도로 거의 65%에 이르는 것을 알 수 있다. 즉 소량의 패킷 손실이 충분히 많은 프레임에 영향을 미쳐 영상의 품질 저하에 큰 영향을 미치게 함을 알 수 있다.

<그림 5>는 수신된 패킷을 이용해 디코딩을 거친 후의 프레임 구성비를 나타낸다. 디코더가 정상적으로 프레임을 복원해 낸 경우를 정상 프레임으로 표현하고, 정상적으로 복원하지 못한 경우를 디코딩 못한 프레임으로 나타냈으며, 복원이 불가능했던 프레임을 분실 프레임으로 나타냈다. 패킷 분실률이 4%에 이르기까지는 대체로 디코딩 못한 프레임과 분실 프레임이 비슷하게 증가하나, 5%에서부터 디코딩 못한 프레임은 감소하는 반면 분실 프레임은 지속적으로 증가하여 10%에 이르면 분실 프레임이 거의 99%에 해당하게 된다.



<그림 4> 손실된 패킷의 개수 변화에 따른 손실된 프레임의 개수 변화 및 PSNR 평균값의 변화

따라서 10% 분실률에서의 영상은 100프레임 근처까지는 어느 정도 영상이 재생되지만 그 이후로는 영상을 복원하지 못한다.



<그림 5> 분실률의 변화에 따른 디코딩 후의 프레임 변화

패킷의 분실은 모든 네트워크 기반 서비스에서 서비스 품질에 가장 큰 영향을 미치는 요소다. 특히 멀티미디어 서비스의 경우 실험 결과에서 살펴 본 바와 같이 소량의 패킷 분실에도 큰 서비스 품질의 저하를 경험할 수 있다. 따라서 서비스 공급자는 IPTV의 정상적인 서비스 공급을 위해 망의 신뢰성 향상 및 유지에 큰 노력을 하여야 한다.

4. 결론

지금까지 본 논문에서는 ns2를 기반으로 하여 MPEG2-TS 기반의 IPTV 서비스의 성능변화에 영향을 주는 네트워크 요소들 중 패킷 분실이 IPTV 성능에 어떠한 영향을 미치는지 실험하고 분석하였다. 실험을 통해서 파악된 수치들은 실제 IPTV 서비스를 제공함에 있어서 사업자들이 최소한으로 유지해야 할 다양한 네트워크 파라미터들의 값을 제시할 수 있고, 서비스 사용자별 또는 사용자 레벨별 차등 서비스를 구축함에 있어서 조절할 수 있는 파

라미터를 결정하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

네트워크 지연 및 jitter의 경우 회선이 안정되어 손실이 없는 네트워크에서는 100ms 이내의 지연이면 안정적으로 영상을 감상할 수 있다. 100ms의 지연은 MPEG2-TS 표준에서 주기적으로 주고받게 되어 있는 PCR(Program Clock Reference) 값의 주기가 최소 100ms 이내로 규정되어 있기 때문이다. 따라서 IPTV에서는 네트워크 지연 보다는 안정적인 회선 관리를 통해 손실되는 패킷을 최소한으로 줄이는 것이 QoS 관리를 위해 더욱 필요하다.

향후 실험을 위한 프레임워크를 개발하고, 대상 요소를 더욱 다양하게 적용할 수 있도록 할 계획에 있으며, 그를 통해서 실제 IPTV QoS/QoE 표준에서 채택하게 될 기준 수치가 실제 IPTV 서비스에 더욱 부합할 수 있도록 도움을 줄 수 있을 것이다.

5. 참고문헌

- [1] ETSI TR 101 290 : "Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems", V1.2.1 2001. 05
- [2] ITU-T FG IPTV, "ITU-T Study Group 13 response on QoS and Performance work for IPTV", FG-IPTV Contribution, FG TPTV-C-0106, Oct. 2006.
- [3] ITU-T FG IPTV, "IPTV QoS/QoE Metrics", FG-IPTV Contribution, FG IPTV-C-0411, Jan. 2007
- [4] ITU-T FG IPTV, "Classification of IPTV services based on network QoS requirements", FG-IPTV Contribution, FG TPTV-C-0127, Oct. 2006.
- [5] ITU-T Recommendation Y.1540, "Internet Protocol Data Communication Service - IP packet transfer and availability performance parameters", 2002. 12
- [6] J. Shin, D. Suh, Y. Jeong, S. Park, B. Bae, C. Ahn, "Demonstration of Bidirectional Services Using MPEG-4 BIFS in Terrestrial DMB Systems", ETRI Journal, Volume 28, Number 5, 2006. 10
- [7] ns-2 simulator, 1999: www.isi.edu/nsnam/ns/