

IP 네트워크에서 실시간 영상 서비스 품질에 관한 연구

문서현*, 박승섭**,

*부경대학교 교육대학원 전산교육

**부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

e-mail:babylonzoo@naver.com, parkss@pknu.ac.kr

A Study on Real-time Video Service Quality in IP Networks.

Seo-Hyun Moon*, Seung-Seob Park**

*Dept of Computer Science Education, Pukyong National University

**Division of Electronic, Computer and Telecommunication Engineering,
Pukyong National University

요 약

최근 IP 네트워크를 통한 유무선 통신 기술, 멀티미디어, 그리고 영상 처리 기술의 발전은 IPTV, VoIP와 같은 여러 형태의 서비스를 가능하게 하였다. 이러한 서비스들의 대부분은 실시간 동영상 및 음성 서비스를 바탕으로 하고 있으며 대용량의 대역폭뿐만 아니라 높은 수준의 서비스 품질을 요구한다. 이에 대한 대안으로 QoS 보장 기술에 대한 연구가 활발히 이루어지는 가운데 아직까지 QoS 보장에 따른 실시간 영상 서비스 품질 변화에 대한 테스트 결과가 미흡하다.

본 논문에서는 QoS 보장에 따른 실시간 영상 서비스의 품질을 사용자 입장에서 객관적 화질 측정 방법인 PSNR을 이용하여 측정하고 평가한다. 또한, 현재의 기반망인 IPv4망과 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6망을 고려하여 현실적으로 가장 높은 품질의 서비스를 제공할 수 있는 IP망의 QoS 보장을 제안하고자 한다.

1. 서론

IP 네트워크 기술의 발전은 끝없이 많은 시스템과 통신 매체들을 연결하는 글로벌 네트워크의 형성을 가능하게 했다. 정보 검색에서부터 동영상 서비스까지 다양한 서비스를 제공하는 인터넷의 개별 서비스들은 점차 통합화되어 VoIP, IPTV, Video Conferencing과 같은 여러 형태의 새로운 서비스를 창출하게 되었다. 앞으로 점차 음성 및 데이터가 통합되고 동영상 관련 서비스가 크게 증가하면서 새로운 응용 서비스가 통신망을 통해 서비스되는 경우 영상 및 데이터 관련 정보의 전송은 더욱 더 많아질 전망이다. 그러나 이러한 데이터는 데이터의 특성상 높은 데이터양과 품질을 필요로 하는데 새로운 서비스가 많아질수록 데이터양의 폭주나 사용자의 증가로 인한 서비스 품질(QoS: Quality of Service)이 저하되는 것을 피할 수 없게 된다. 특히, Video Conferencing, IPTV, 멀티미디어 스트리밍 등과 같은 실시간 멀티미디어 서비스들은 지연 시간과 지연 시간 편차인 지터 등 QoS 요소에 매우 민감하다[1].

모든 패킷을 동일하게 전달하는 최선형 서비스(best effort service)를 제공하고 있는 현재의 인터넷에서 차별화된 QoS를 제공하기 위해 다양한 QoS 보장 기술에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 아직까지 QoS 보장에 따른 실시간 영상 서비스 품질에 변화에 대한 테

스트 결과가 미흡하다.

본 논문에서는 QoS 보장에 따른 실시간 영상 서비스의 개선 정도를 사용자 입장에서 객관적 화질 측정 방법인 PSNR을 이용하여 측정하고 평가한다. 또한, 현재의 기반망인 IPv4 네트워크와 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6 네트워크를 고려하여 현실적으로 가장 높은 품질의 서비스를 제공할 수 있는 IP 네트워크의 QoS 보장을 제안하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 현재의 IP 네트워크와 QoS관련 기술을 소개하고 객관적 화질 측정 방법인 PSNR을 설명한다. 3장에서는 네트워크 환경을 구현하여 QoS 보장에 따른 화질을 측정하고 평가하며 마지막 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 IP Network

현재의 네트워크는 서비스 및 전달망 기술이 밀접히 결합하여 서비스 도메인별로 개발되어온 수직적 통합 아키텍처 개념에서 탈피하여 패킷 기반의 네트워크 구조를 기반으로 하여 다양한 서비스들을 통합적으로 제어할 수 있도록 설계되는 차세대 네트워크(NGN: Next Generation Networks)의 형태로 전환하고 있다[2].

차세대 네트워크로 변환하는 중심에 있는 융합형 서비

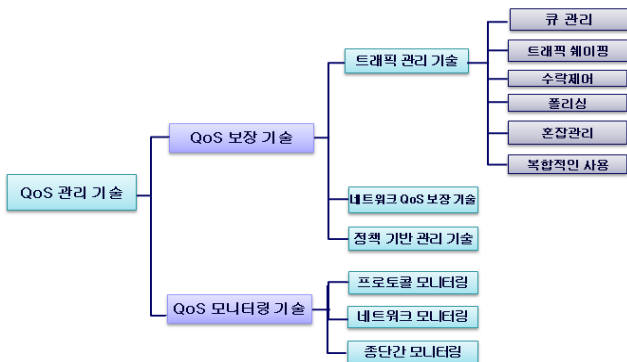
스에는 VoIP(Voice over Internet Protocol), IPTV (Internet Protocol television), Video Conferencing, Multimedia Messaging 등의 서비스가 있으며 이러한 서비스의 대부분이 실시간 동영상 서비스를 바탕으로 하고 있다. 실시간 멀티미디어 서비스는 대용량의 대역폭뿐만 아니라 엄격한 시간적인 전달지연 등과 같은 높은 품질 요구 사항을 가진다. 이에 대한 요구를 충족시킬 수 있는 QoS의 보장은 기존의 IPv4는 네트워크 타입이나 서비스에 대한 QoS의 일부만을 지원하기 때문에 각 응용 서비스의 특성에 맞게 트래픽을 처리하여 보장하는데 한계를 가진다. 이에 따라 IPv6는 QoS 보장의 대안으로서 기본 헤더에 20비트의 플로우 레이블을 할당하여 차별화된 QoS를 서비스에 맞게 사용될 수 있도록 하였다.

2.2 QoS(Quality of Service)

2.2.1 QoS 관리 기술

다양한 응용 서비스의 특성에 따라 트래픽을 차등화 해서 처리함으로써 차별화 된 서비스 특성을 제공하는 것을 QoS라고 할 수 있다. QoS는 크게 사용자가 실제로 느끼는 표현 및 체감 QoE(Quality of Experience)와 응용 서비스 간에 정의되는 QoS, 그리고 네트워크의 QoS 로 구성된다.

네트워크의 QoS는 네트워크 서비스 레벨에서 사용자의 QoS를 보장하기 위한 기술로 QoS 관리 기술로 정의될 수 있다. QoS 관리 기술은 크게 QoS 보장 기술과 제공된 QoS의 상태를 측정하기 위한 QoS 모니터링 기술로 나누어진다.



(그림 1) QoS 관리 기술

QoS 보장 기술은 다시 각 네트워크 장비에서 제공되어야 될 트래픽 관리 기술, 네트워크 전체 입장에서 QoS의 보장 기술 및 이를 관리할 수 있는 정책기반의 QoS 관리 기술로 나누어진다. 또한 QoS 모니터링 기술은 프로토콜 모니터링, 네트워크 모니터링, 종단간 QoS 모니터링 기술로 세분된다.

트래픽 관리 기술은 다양한 세부 기술들이 있으며 크게 큐관리(Queue management), 트래픽 셰이핑(Traffic shaping), 수락제어(Admission control), 폴리싱(Policing), 혼잡관리(Congestion management)의 분야로 나누어지며 각

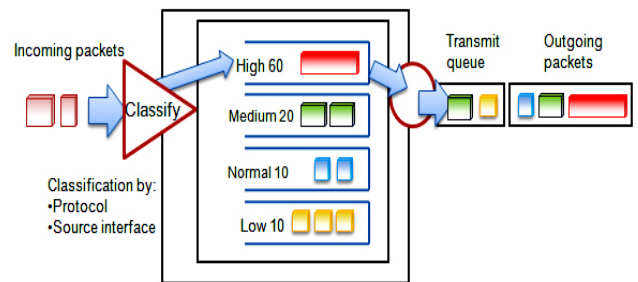
분야별 세부적 알고리즘이나 방법들이 다양하다. 이들 각각은 독립적으로 사용될 수도 있지만 대표적인 QoS 관리 모델로 알려진 통합서비스(Integrated Service)모델과 차등 서비스(Differentiated Service) 모델과 같이 복합적으로 사용되기도 한다.

트래픽 관리 기술 중 큐 관리는 라우터 구조에 핵심 부분으로, 프레임들이 입력 프로세스를 거쳐 패킷으로 합쳐지고 무결성을 검사한 후, 포워딩 프로세스에 의해 출력될 인터페이스를 정하고 출력 프로세스를 통해 다시 프레임화되어 다음 라우터로 전달되므로 서비스 차별화를 위한 역할이 크다고 할 수 있다[3]. 큐 관리의 대표적 방법으로는 FIFO Queueing, Priority Queueing, Weighted Fair Queueing, Class-Based Queueing 등이 있다. 본 논문에서는 보편적이고 구현하기 용이한 우선순위 큐잉(Priority Queueing)을 고려하여 QoS를 제공하고자 한다.

2.2.2 가중치 기반 우선순위 큐잉

우선순위 큐잉은 차등 전송 서비스를 제공하는데 유용하며 상대적으로 처리과정이 단순한 방법이다. 기존 연구에서 가장 기본적인 큐 스케줄링 메커니즘은 완전 우선순위 큐잉(Strict priority Queueing)이다. 그러나 완전 우선순위 스케줄링은 트래픽 전송 지연의 증가, 트래픽 손실, 그리고 공유매체의 무제어 접근으로 공정성(Fairness)을 잃게 되는 단점이 있다.

본 논문에서는 가중치 기반의 우선순위 큐잉을 사용하여 각 큐 별로 서비스 되는 트래픽의 양을 조절하여 높은 우선순위의 패킷을 우선시 하면서 낮은 우선순위의 패킷을 고려하는 방법을 사용하고자 한다[5].



(그림 2) 가중치 기반 우선순위 방식

2.3 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)

화질을 측정하는 방법은 크게 주관적 화질 평가와 객관적 화질 평가로 나눌 수 있다. 주관적 화질 평가는 평가자가 직접 동영상을 보고 화질을 평가하는 방법으로 측정방법의 복잡성과 비용으로 인해 알고리즘을 이용하여 자동으로 화질을 측정하는 객관적 화질 측정방법이 보편적으로 사용된다. 객관적 화질평가 방법에 대한 표준화와 연구는 ITU(International Telecommunication Union)와 VQEG(Video Quality Expert Group)를 중심으로 활발하게 이루어지고 있다.

일반적으로 동영상의 객관적 화질평가 방법은 원본 영상의 유무에 따라 전 기준법(Full Reference), 감소 기준법(Reduced Reference), 무기준법(No Reference)으로 나눌 수 있다.

전 기준법은 원본영상과 처리영상이 모두 사용 가능할 때 두 영상을 직접 비교하여 수신된 처리영상의 품질을 측정하는 방법이다. 감소 기준법은 원본 영상과 처리 영상이 존재하지 않으나 각 영상에서 추출한 특징을 사용하여 수신된 처리 영상의 품질을 측정하는 방법으로 처리 방법이 복잡하다. 무 기준법은 원본 영상 없이 처리영상만을 이용해서 영상의 품질을 측정하는 방법으로 무 기준법의 경우 적용범위가 광범위하여 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 원본영상과 처리영상이 모두 존재하는 경우에는 전 기준법이 보편적으로 사용되며 전 기준법은 디지털 TV의 화질평가에 국제표준으로 채택된 바 있다[6]. 전 기준법 중 가장 보편적으로 사용되는 방법으로 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)이 있다.

PSNR은 영상 프레임에 존재할 수 있는 최대 샘플 개수의 제곱과, 원본 영상 프레임과 손상된 영상 프레임사이의 평균제곱오차(MSE: mean squared error)의 비율에 의해 결정된다.

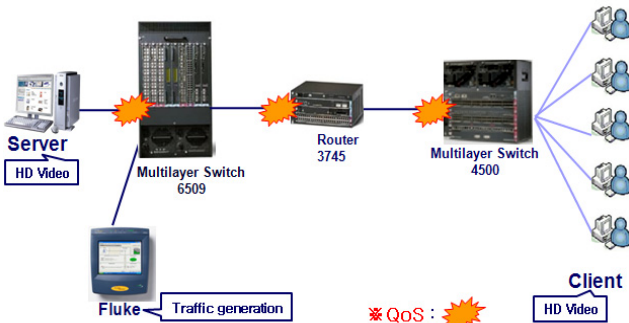
PSNR의 식은

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{(2^B - 1)^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{2^B - 1}{\sqrt{MSE}} \right)$$

B는 샘플 당 비트 수이고 MSE는 원본영상과 비교영상의 평균제곱오차로 $MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \| I(i,j) - K(i,j) \|^2$ 로 나타낼 수 있다. 주어진 이미지나 동영상에 대해, 일반적으로 PSNR값이 높을수록 높은 화질을 의미하고 낮을수록 낮은 화질을 의미한다[4].

3. 네트워크 환경 및 성능 측정

3.1 네트워크 환경 구현



(그림 3) 네트워크 구현환경

본 논문은 실시간 영상 서비스를 하기 위해 Cisco 사에서 제공하는 스위치와 라우터 장비를 사용하였다. 확장성과 기능성으로 ISP 업체에서 가장 보편적으로 사용하는

멀티레이어 스위치인 Catalyst 6500시리즈를 서버단에 사용하였으며 IP 네트워크 구현에는 유연성과 확장성이 높은 라우터 3700 시리즈를 사용하였다. 그리고 서비스 가입자의 최종단에 많이 사용되는 멀티레이어 스위치 Catalyst 4500을 사용하여 실제 환경과 유사하도록 배치하였다. 각 스위치에 버전 12.2 운영체제를 사용했으며 라우터는 12.4 버전의 운영체제를 사용했다. 그리고 실제 다양한 서비스를 주고받는 IP망의 사용자 환경과 유사하도록 한정된 대역폭에 트래픽을 발생시키기 위해 Fluke사에서 제공하는 통합 네트워크 분석기 Fluke OptiView Series III를 사용하였다.

서버에서 클라이언트로 동영상을 실시간으로 전송하여 보내는데 전체 네트워크 대역폭을 100Mbps로 설정하였고 전송 시 원본 영상이 요구하는 대역폭은 4.3Mbps이다. Fluke OptiView를 이용하여 전체 대역폭에서 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 91%, 93%, 96%, 98%로 패킷 발생률을 늘여가면서 실시간으로 받은 동영상의 PSNR값을 산정하였다. 그 다음, 각 스위치와 라우터에 QoS를 제공하기 위해 가중치를 기반으로 한 우선순위 큐잉을 설정하였다. 설정은 Server에서 오는 트래픽을 우선순위 큐 클래스에 High로 맵핑하고 가중치를 0.75로 지정하였다. 다시 Fluke OptiView에 똑같은 비율로 트래픽을 발생시켜 PSNR값을 산정하였다. 두 가지 테스트를 IPv4망과 IPv6망에 측정하여 총 4가지 케이스를 측정하였다.

3.2 QoS 보장에 따른 성능 측정

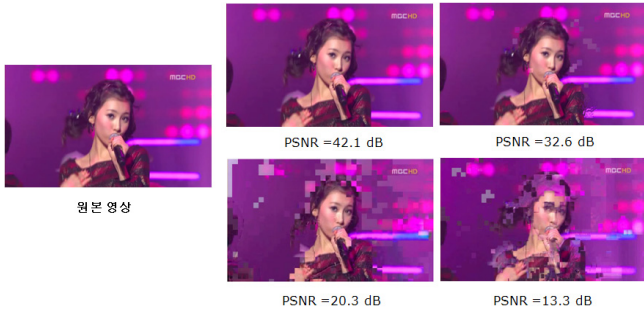


(그림 4) IPv4와 IPv6에서 서버 전송 모니터

IPv4, IPv4_QoS, IPv6, IPv6_QoS의 4가지 경우에 따라 서버에서 전송 모니터를 이용하여 살펴 본 결과 IPv4망에서 IPv4의 경우보다 IPv4_QoS의 경우의 데이터 전송흐름이 원활한 것을 볼 수 있었다. IPv6망의 경우에도 데이터 전송흐름이 IPv6_QoS의 경우가 IPv6의 경우 보다 원활한 흐름을 보였다.

한편, IPv4_QoS의 경우와 IPv6의 경우를 보았을 때, IPv4에서 QoS를 보장한 경우가 QoS를 적용하지 않은 IPv6보

다 좀 더 나은 전송흐름을 가졌다.



(그림 5) PSNR값에 따른 영상 비교

(그림 5)는 측정에 사용된 원본영상과 전송된 영상을 PSNR값에 따라 비교한 샘플 화면으로 PSNR값이 42.1dB 이상일 경우, 육안으로 확인하기 힘들 정도의 높은 화질의 영상이었으며 32.6dB에서부터 PSNR값이 내려갈수록 화면의 프레임 손실과 열화현상을 발견할 수 있었다.

<표 1> IPv4와 IPv4_QoS의 PSNR값(dB)

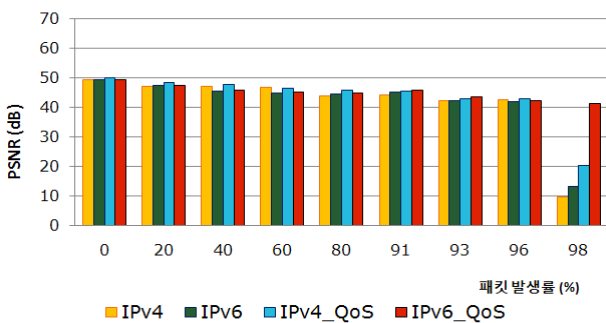
model	0%	20%	40%	60%	80%	91%	93%	96%	98%
IPv4	49.3	47.1	47	46.9	44	44.1	42.3	42.5	9.6
IPv4_QoS	49.9	48.3	47.6	46.3	45.8	45.6	42.9	42.8	20.3

<표 1>은 IPv4와 IPv4_QoS의 경우의 PSNR값이며 전체 대역폭 100Mbps에서 패킷 발생률 0%에서 96%까지 PSNR값은 42.5dB 이상으로 IPv4와 IPv4_QoS의 경우 유사한 값을 가지지만 동영상에 요구하는 대역폭인 4.3Mbps를 넘어서는 패킷 발생률 98%에서 IPv4_QoS의 경우 20.3dB으로 IPv4의 9.6dB보다 높은 PSNR값을 가졌다.

<표 2> IPv6와 IPv6_QoS의 PSNR값(dB)

model	0%	20%	40%	60%	80%	91%	93%	96%	98%
IPv6	49.2	47.5	45.5	44.9	44.6	45.3	42.2	42.1	13.3
IPv6_QoS	49.5	47.3	45.8	45.1	44.7	45.8	43.7	42.3	41.2

IPv6와 IPv6_QoS의 경우에도 패킷 발생률 0%에서 96%까지의 PSNR값은 42.1dB이상의 유사한 값을 가지지만 패킷 발생률 98%에서 IPv6_QoS의 경우 41.2dB로 IPv6의 13.3dB와 확연히 차이나는 PSNR값을 가졌다.



(그림 6) IPv4와 IPv6에서 QoS 보장에 따른 그래프

패킷 발생률 96%이하에서 4가지 모델 모두 유사한 PSNR값을 가졌지만 동영상에 요구하는 대역폭을 넘어서는 패킷 발생률 98%에서는 IPv6_QoS의 경우가 41.2dB로 가장 높았으며 그 다음 IPv4_QoS의 경우가 20.3dB이었으며, IPv6의 경우는 13.3dB, 그리고 IPv4의 경우에 9.6dB로 가장 낮은 값을 가졌다.

4. 결론

본 논문은 차세대 네트워크 서비스의 핵심인 QoS의 제공에 따른 실시간 동영상 서비스의 품질을 객관적 화질 평가 방법인 PSNR을 이용하여 측정하였다. 측정 결과 IPv4와 IPv6망에서 QoS 보장을 한 경우가 높은 영상 서비스 품질로 측정되었다. 특히, IPv4의 QoS 보장이 IPv6의 경우보다 높은 PSNR값을 가진 점은 차세대 IPv6망으로 전환하기 전에 기존의 IPv4망에서 QoS를 보장하는 것이 경제적인 면에서 효율적임을 알 수 있었다.

향후 IPv6에서 QoS를 보장하는 것이 IPTV와 같은 동영상 서비스에 높은 품질의 서비스 제공이 가능해질 것이다. 또한 좀 더 개선된 품질의 서비스를 제공할 수 있도록 다양한 QoS 보장 기술에 따른 영상 서비스 품질에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Y. Bai and M. R. Ito, "QoS Control for Video and Audio Communication in Conventional and Active Networks: Approaches and Comparison," IEEE Communications Surveys & Tutorials, 1st Quarter 2004.
- [2] 함진호, "IPTV + BcN 컨버전스 표준화 ; IPTV 서비스를 위한 NGN 고려사항", 한국정보통신기술협회, 2006
- [3] 정태수, 최태상, 이유경, "인터넷상의 주요 QoS 관리 기술 동향", 한국통신학회, 2001
- [4] 석용호, 이용, 최양희, 박현, "실시간 비디오 전송을 위한 우선순위에 기반한 버퍼 관리 기법," 통신 정보 합동 학술대회, pp.573-576, April, 2001
- [5] 김준철, 장용석, 김민준, 김승호, "EPON에서 우선순위 큐를 고려한 가중치 기반의 차등 대역폭 할당 방법", 한국정보과학회, 2007
- [6] ITU-T, "Objective perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference," Recommendation ITU-T J.144, 2004.