

가용대역폭 관리를 통한 영상 스트리밍 서비스 품질 제어 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of Video Streaming Service Quality Control System through Available Bandwidth Management

이인선*, 김현중*, 최성곤**

충북대학교 전자정보대학 전자공학과*, 충북대학교 전자정보대학 정보통신공학과**

In Sun Lee(sunis@kdn.com)*, Hyun Jong Kim(hjkim78@chungbuk.ac.kr)*,
Seong Gon Choi(sgchoi@chungbuk.ac.kr)**

요약

본 논문은 차세대 통합망 환경에서 IPTV와 같은 영상 스트리밍 서비스를 위해 중단간 가용대역폭 모니터링을 통하여 영상 품질을 제어할 수 있는 영상 품질 제어 시스템(VQCS)을 제안한다. IPTV 서비스를 통해 영상, 음성 및 게임과 같은 다양한 멀티미디어 서비스들을 제공할 수 있으며 이런 서비스들은 대용량의 대역폭을 소비하게 된다. 이때 네트워크 가용대역폭이 부족할 경우 영상 끊김, 형태 왜곡 및 잔상과 같은 영상 품질 저하가 발생하게 된다. 영상 스트리밍 서비스의 품질을 안정적으로 제어하기 위해서는 가용대역폭 모니터링 방안이 요구된다. 이에 우리는 단말 내의 영상 품질 제어 시스템에서 IP 헤더 내의 전체길이(Total Length) 필드를 이용하여 단위시간 동안 링크를 점유하고 있는 패킷 양 계산을 통해 가용대역폭을 측정하였으며, 가용대역폭 정보를 기반으로 네트워크 내의 스케일러빌리티 추출기는 영상 스트림 데이터를 적용적으로 선택하여 대역폭 부족으로 인한 영상 스트리밍의 품질 저하를 막아 서비스 품질을 향상시킬 수 있다.

■ 중심어 : IPTV | QoS | 가용대역폭 | 영상 품질 | 품질 제어 |

Abstract

In this paper, we propose video quality control system(VQCS) which can control video service quality through the monitoring of end-to-end available bandwidth for video streaming service like IPTV in NGN convergence network. Various multimedia services such as video, voice and gaming service can be provided by IPTV, and these services require large amounts of bandwidth. At this time, video quality degradation like video jerkiness, block distortion and blurring is caused when network available bandwidth is insufficient. Available bandwidth monitoring method is need to stably control video streaming quality. So, we periodically calculate the amount of the packets in link and measure available bandwidth by using total length field in IP header at terminal. Scalability extractor in network selects suitable video streaming data rate based on available bandwidth and transports video streaming with adaptive data rate to prevent video quality deterioration.

■ keyword : IPTV | QoS | Available Bandwidth | Video Quality | Quality Control |

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음

(NIPA-2010-(C1090-1011-0013))

접수번호 : #100823-002

접수일자 : 2010년 08월 23일

심사완료일 : 2010년 09월 14일

교신저자 : 최성곤, e-mail : sgchoi@chungbuk.ac.kr

I. 서론

현재 NGN(Next Generation Network)을 통해 다양한 접속망 기술들이 통합을 이루고 있으며 또한 이런 네트워크 환경에서 IPTV, VoD (Video on Demand), VoIP(Voice over IP), 영상회의 등과 같은 다양한 멀티미디어 서비스들이 제공되고 있다. 특히 IPTV 서비스의 경우 기존 아날로그 TV를 대신하여 방송 준비 중에 있으며 IPTV를 통해 Live TV, VoD, T-Commerce, 게임 등 다양한 서비스들이 인터넷을 통해 제공되고 있다.

IPTV 서비스의 경우 시장의 규모 확장과 이에 따른 가입자들의 요구사항의 증대로 인해 급격한 변화를 겪고 있다. 특히, 영상 스트리밍 서비스에 대한 품질 요구 수준이 증대됨에 따라 네트워크 및 서비스 사업자들은 네트워크 환경에 적응적으로 서비스를 제공할 수 있는 방안이 요구된다. 멀티미디어 서비스 품질의 경우 응용 계층에서 표현되더라도 해당 품질은 네트워크 QoS 품질 파라미터에 의해 결정된다[3].

영상 스트리밍 서비스의 품질과 관련된 네트워크 QoS 파라미터는 전송지연, 전송지연변이, 패킷 손실률 및 대역폭 등이 있으며, IPTV 서비스의 경우 대용량의 대역폭을 요구하기 때문에 다른 QoS 품질 파라미터보다 중시되고 있다. 또한 네트워크 환경에 따라 영상 스트리밍 서비스의 압축률을 적응적으로 제어하는 SVC (Scalable Video Coding) 기술은 실시간으로 측정된 네트워크의 가용대역폭 정보 관리가 요구된다[1][9].

현재 여러 ISP(Internet Service Provider)를 통해 네트워크가 통합됨에 따라 기존의 서비스 품질 제어 시스템은 네트워크 계층의 QoS 품질 지표인 지연, 지터 및 손실률을 고려하여 패킷 처리 기준을 네트워크 환경에 적응적으로 적용하여 품질을 제어하고 있다[2]. 하지만, 이런 품질 제어 시스템은 영상 스트리밍 서비스의 품질에 많은 영향을 미치는 대역폭에 대한 관리 방안이 결여되어 영상 서비스의 품질 제어에 다소 문제가 있다.

이에 우리는 영상 스트리밍 서비스의 품질 제어를 위해 기존의 영상 제어 시스템에 가용대역폭 측정 기능을 제안하여 수시로 변화되는 네트워크 가용대역폭에 적

합한 영상 스트리밍 데이터율을 적응적으로 선택하여 스트리밍할 수 있는 영상 품질 제어 시스템을 제안한다.

본 논문은 2장에서 차세대 네트워크 환경에서 멀티미디어 서비스의 품질 관리를 위한 연구 동향, 종단간 가용대역폭 측정 방안의 연구 동향 및 네트워크 자원(대역폭) 변화에 따라 이종 환경에서 적응성이 높은 영상 부호화 기술로 주목받고 있는 SVC (Scalable Video Coding) 기술에 대해 살펴보고 3장에서는 제안된 시스템 및 시스템이 동작할 수 있는 네트워크 환경 및 제안된 시스템의 세부 기능 구조와 전체적인 동작 절차에 대해 기술하였다. 4장에서는 제안된 시스템에 대한 시험 결과에 대해 분석한 후 5장에서 결론 및 향후 연구 과제에 대해 기술하였다.

II. 관련 연구 동향

이 장에서는 차세대 네트워크 환경에서 자원 관리를 통한 QoS 제어 및 관리에 대한 표준 동향을 살펴보고 종단간 가용대역폭 측정을 위한 연구 동향 및 SVC 부호화 기법의 연구 동향에 대해 살펴본다.

1. 차세대 네트워크 환경에서의 품질 관리 방안

차세대 네트워크 환경에서 멀티미디어 서비스의 품질을 제어하기 위한 연구가 다각도로 이루어져왔다. 기존 영상 체감 품질 제어 시스템은 실시간 전송을 제어하기 위해 사용된 RTCP[4] 제어 패킷을 통해 네트워크 구간의 지연, 지터 및 패킷 손실률을 기반으로 멀티미디어 서비스의 체감 품질을 향상시킬 수 있도록 QoS 파라미터의 제어값 정보를 생성하여 서비스 품질 시스템으로 전송하는 구조로 연구되었다[2].

특히, 차세대 통합망 환경에서 다양한 멀티미디어 서비스를 이용하는 서비스 이용자의 체감 품질이 저하될 경우 체감 품질과 관련된 QoS 파라미터를 네트워크 계층에서 제어함으로써 품질 만족도를 향상시킬 수 있는 품질 연동 제어 시스템이 제안되기도 하였다. 기존 품질 제어 시스템은 제어 패킷을 통해 네트워크 계층의 QoS 파라미터(지연, 지터 및 패킷 손실률) 정보를 수집

하고 이 수집된 정보를 이용하여 멀티미디어 서비스의 제값 품질을 평가하였다. 이렇게 평가된 품질과 관련된 QoS 파라미터 및 각 파라미터의 상대적 가중치를 도출하여 서비스 품질 제어 시스템(SCS)로 전송하여 네트워크 계층에서 서비스 품질을 제어하게 된다.

하지만, 기존 품질 제어 시스템은 대역폭에 대한 모니터링 및 가용대역폭에 대한 정보 관리가 누락되어 있어 영상 스트림 서비스 품질 제어에 다소 부적합한 형태이다. 영상 스트림 서비스는 그 서비스 특성상 네트워크 큰 대역폭을 요구하며, 네트워크 자원(가용대역폭)이 부족하게 되면 패킷 손실 및 패킷 전달 지연이 발생하게 되어 영상 스트림의 끊김, 형태 왜곡 및 잔상과 같은 심각한 품질 저하가 유발되기 때문에 실시간 가용대역폭 관리 기능이 요구된다.

2. 링크별 가용대역폭 측정 방안에 관한 연구

2.1 프로빙 패킷을 통한 가용대역폭 측정 방안

기존의 가용대역폭 측정 기법들은 단일-홉 갭 모델에 기반을 둔 연구와 자가 혼잡유발 기법들로 나눌 수 있다. 대표적인 단일-홉 갭 모델인 IGI(Initial Gap Increasing)/PTR(Packet Transmission Rate)이 있으며 이 기법은 패킷 쌍을 전송했을 때 입력 간격과 경쟁 트래픽에 의해서 바뀌는 출력 간격의 관계를 분석하여 가용대역폭을 측정하는 기법이다[5][6]. 이외에 자가 혼잡유발 기법은 TOPP, pathChirp, Pathload 등이 있으며 패킷의 전송속도를 높여가면서 전송하는 패킷의 속도보다 수신측에서 관찰되는 속도가 큐잉에 의해서 작아지는 순간을 관찰하여 가용대역폭을 측정하는 기법이다[7][8]. 하지만 이들은 가용대역폭 측정을 위해 별도의 패킷을 발생시켜 혼잡을 유발하기 때문에 측정 패킷 자체가 네트워크에 많은 부하를 주고 측정에 많은 시간이 걸리는 단점이 있다.

2.2 IP 헤더 내의 전체 길이 필드를 이용한 가용대역폭 측정 방안

기존의 프로빙 패킷을 이용한 가용대역폭을 측정하는 방안들은 각 링크의 가용대역폭을 측정하기까지 많은 시간이 걸리기 때문에 수시로 변화되는 네트워크의

가용대역폭에 대한 정확한 정보를 얻을 수 없다. 또한 측정용 패킷을 발생시켜 네트워크의 혼잡을 유발할 수도 있어 IPTV와 같은 실시간 스트리밍 서비스에 대한 가용대역폭 측정방안으로는 부적합하다. 이를 해결하기 위해 중단 단말에서 IP 헤더의 전체 길이 필드 정보를 이용하여 단위 시간동안 각 링크를 점유하고 있는 패킷의 양을 계산함으로써 기존 방안보다 실시간에 가깝게 가용대역폭을 측정할 수 있는 방안을 제안되었다 [1].

3. 네트워크 환경에 따른 영상 인코딩 기법 관한 연구

최근 통합망 환경에서 종단간 QoS를 보장할 수 있는 비디오 부호화 방법으로는 SVC(Scalable Video Coding) 기법이 있다[9]. SCV는 ISO/IEC MPEG (Moving Picture Expert Group)과 ITU-T VCEG (Video Coding Expert Group)가 공동 참여한 JVT (Joint Video Team)의 주도로 표준화된 비디오 부호화 기술이다. SVC는 서비스 품질을 제공함에 있어 공간적, 시간적, 품질적 스케일러빌리티를 가지고 있으며 이들은 각각 영상의 해상도, 데이터율, 화질을 고려한다. 동일한 비트율 조건 하에서도 다양한 품질을 제공할 수 있으며 별도의 재부호화 작업이 필요하지 않기 때문에 낮은 복잡도로 이종의 네트워크 및 단말기 특성을 고려하여 비트스트림의 복원이 가능하기 때문에 네트워크 환경 및 단말 특성 변화에 따라 일정 수준의 영상 품질을 제공할 수 있다.

하지만, 네트워크의 가변적인 대역폭 측정은 실시간으로 이루어져야 하나 기존 방안들은 그렇지 못한다. 이에 우리는 단말에서의 실시간으로 가용대역폭을 측정하여 스케일러빌리티 추출기로 전달함으로써 일정 수준의 품질을 유지하며 영상 스트리밍 서비스를 제공할 수 있는 영상 품질 제어 시스템을 제안한다.

III. 제안된 시스템(VQCS) 동작 환경 및 기능 구조

이 장에서는 단말에서 가용대역폭 및 네트워크 QoS 파라미터를 측정하여 네트워크 환경에 적합한 영상 데이터율을 선택 전송하여 영상 품질을 일정 수준으로 유지시킬 수 있는 영상 품질 제어 시스템의 동작 환경과 세부 기능 구조에 대하여 기술한다.

1. VQCS의 동작 환경

[그림 1]은 본 논문에서 제안하는 가용대역폭 관리를 통한 영상 품질 제어 시스템의 동작 환경을 보여준다. 스마트폰, 노트북, PC 및 IPTV 등과 같은 다양한 장치의 해상도를 고려해야 하며 LAN, 무선 등의 다양한 네트워크 환경을 고려하여 비디오 서비스를 적용적으로 제공하기 위해 스케일러빌리티는 네트워크의 가변적인 대역폭을 고려하기 위해 단말에서 실시간으로 가용대역폭을 측정하여 추출기로 전송한다.

스케일러빌리티 추출기는 네트워크 환경에 적합한 영상 데이터율을 선택하여 영상 스트림을 전송하기 때문에 네트워크 대역폭 부족으로 발생할 수 있는 패킷 손실 및 전송 지연을 최소화 할 수 있다.

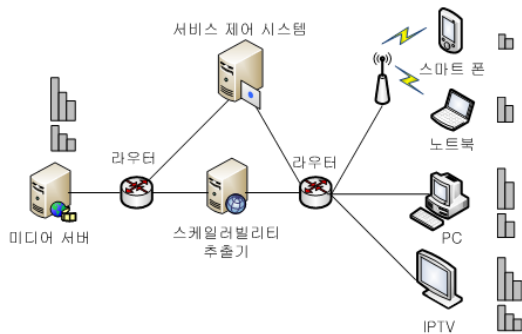


그림 1. 제안된 영상 품질 제어 시스템의 동작 환경

2. VQCS의 세부 기능 구조

[그림 2]와 같이 제안된 가용대역폭을 기반으로 한 영상 품질 제어 시스템의 기능 구조는 크게 5가지의 모듈로 구성되며 4개의 내부 인터페이스와 2개의 외부 인터페이스로 구성된다.

패킷 수집 모듈은 [그림 2]의 세부 기능 구조에서 알 수 있듯이 크게 5가지 기능 구조로 구성되어 있다. 네트

워크 인터페이스와 장치 인터페이스는 회선으로부터 패킷을 수집하기 위한 장치(Ethernet Card)의 제어 기능을 수행하고 패킷 헤더 선행처리는 패킷 IP 정보에 따라 서비스 플로우를 구분한다. 추출 기능부 인터페이스는 가용대역폭 측정을 위해 IP 헤더 내의 전체 길이 (Total Length) 필드 정보를 추출하여 가용대역폭 측정 모듈로 전송한다. 필터링된 패킷 저장 및 전달부는 수집된 패킷 중 RTCP (RTP Control Protocol)와 같은 제어 패킷을 필터링하기 위해 임시로 IP 패킷들을 저장하고 제어 패킷 필터링 모듈로 전달한다.

제어 패킷 필터링 모듈은 네트워크의 QoS 품질 파라미터를 측정하기 위해 RTCP와 같은 제어 패킷을 필터링하는 기능을 수행한다. 실시간 스트리밍 서비스는 경우 대부분 UDP(User Datagram Protocol)와 RTP(Real-time Transport Protocol)를 이용하여 전송되며 가변적인 네트워크 환경에서 패킷 전송을 제어하기 위해 RTCP를 이용한다. 그렇기 때문에 이 RTCP 패킷을 필터링하여 QoS 파라미터를 측정하기 위해 패킷 수집 모듈로부터 전달된 패킷들로부터 RTCP 패킷을 필터링한다.

QoS 파라미터 측정 모듈은 제어 패킷 수집 모듈에서 필터링된 패킷 정보를 통해 QoS 파라미터 정보를 산출하는 기능을 수행한다. 여기서 측정될 수 있는 QoS 파라미터는 네트워크 지연, 지터 및 패킷 손실에 대한 정보이다. 멀티미디어 서비스의 QoS 파라미터를 측정하기 위해 RTCP 프로토콜이 많이 고려되고 있다. 이렇게 측정된 QoS 파라미터는 Qs 외부 인터페이스를 통해 서비스 제어 기능 시스템으로 전송된다.

가용대역폭 측정 모듈은 패킷 수집 모듈로부터 수집된 패킷들의 양을 단위 시간동안 누적하여 현재 링크를 점유하고 있는 대역폭을 산출함으로써 가용대역폭을 측정하게 된다. 단위 시간동안 유입된 패킷의 IP 헤더 내의 전체 길이 필드 정보를 통해 점유 대역폭을 계산할 수 있다.

영상 Data Rate 선택 모듈은 네트워크의 자원 상태를 실시간에 가깝게 스케일러빌리티 추출기로 전송하는 역할을 수행한다. Qe 외부 인터페이스를 통해 스케일러빌리티 추출기로 전송된 링크의 가용대역폭 정보를

기반으로 추출기는 가용대역폭이 설정된 임계값 이하로 낮아질 경우 영상 데이터율을 낮추어 영상 스트림을 전송하게 된다.

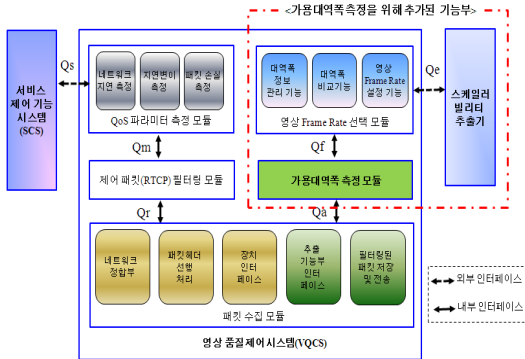


그림 2. 제안된 영상 품질 제어 시스템(VQCS)의 세부 기능 구조

3. VQCS의 세부 동작 절차

VQCS가 네트워크 내에서 올바르게 동작하기 위해서는 [그림 3]과 같이 서비스 제어 시스템(SCS)와 영상 스트림의 데이터율을 적응적으로 선택할 수 있는 스케일러빌리티 추출기와 상호 동작이 이루어져야 한다.

VQCS는 서비스 시작과 함께 동작이 되며 네트워크 상태 정보를 서비스 제어 시스템으로 전송하기 위해 제어 패킷들로부터 도출된 QoS 파라미터 정보를 Qs 외부 인터페이스를 통해 전송하게 된다. 이 정보를 기반으로 SCS는 네트워크 내에서 패킷 스케줄링 및 큐 임계값 설정을 통해 최상의 서비스 환경을 제공하도록 한다.

영상 서비스가 요청될 경우 네트워크 환경에 적응적으로 영상 스트림의 데이터율을 선택하기 위해 VQCS는 가용대역폭을 단말단에서 측정하여 네트워크 내의 스케일러빌리티 추출기로 Qe 외부 인터페이스를 통해 전송하게 된다. 추출기는 측정된 가용대역폭 범위 내에서 안정적으로 영상 스트림을 전송할 수 있는 데이터율을 적응적으로 선택하여 서비스를 전달하게 된다.

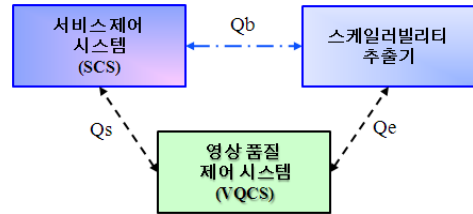


그림 3. 제안된 영상 품질 제어 시스템의 세부 기능 구조

[그림 4]에서 보이는 바와 같이 VQCS는 영상 스트림 서비스 요청과 함께 시작된다. VQCS는 영상 품질을 제어하기 위해 우선적으로 가용대역폭을 측정하게 된다. 가용대역폭 측정은 앞서 살펴본 바와 같이 단말로 유입되는 IP 패킷 내의 전체 길이 필드 정보를 통해 산출할 수 있다. 이렇게 산출된 가용대역폭 정보는 일정 주기로 네트워크 내의 스케일러빌리티 추출기로 전송된다.

네트워크 내의 추출기는 전송 받은 가용대역폭 (ABW) 정보를 기반으로 영상 스트림의 데이터율 및 프레임 율을 선택하게 된다. 가용대역폭이 30fps의 프레임 율에 대한 임계값(2.5Mbps)보다 클 경우 30fps로 영상 스트림을 전송하게 된다. 하지만, 가용대역폭이 초기 설정된 임계값보다 작아질 경우 대역폭 부족으로 인한 영상 패킷의 손실을 막기 위해 전송되는 영상 스트림의 양을 1.5Mbps로 감소시켜 전송하게 되며 가용대역폭이 15fps를 수용하지 못할 정도로 작아지게 되면 추출기는 다시 스트림의 양을 7.5fps(0.9Mbps)로 프레임 율 및 데이터율을 감소시켜 영상 스트림을 전송하게 된다.

네트워크의 혼잡으로 인해 7.5fps의 영상 스트림도 수용하지 못할 경우 추출기는 안정적으로 영상 스트림을 제공하지 못한다는 것을 통보하게 된다. 이런 일련의 과정을 통해 VQCS는 네트워크 내의 가용대역폭을 기반으로 영상 데이터의 양을 적응적으로 조절하여 서비스를 제공하게 되며 그 결과 영상 스트림의 손실을 최소화함으로써 영상 품질의 저하를 최소화시킬 수 있다.

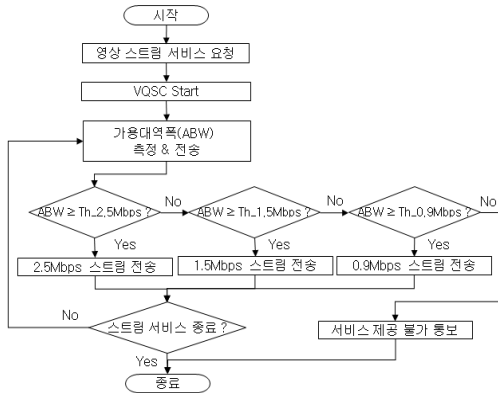


그림 4. 제안된 VQCS의 세부 동작 절차도

IV. 실험 결과 및 분석

1. 실험 환경 및 방법

제안된 영상 품질 제어 시스템(VQCS)의 동작 및 성능을 실험하기 위해 [그림 5]와 같은 실험망을 구성하였다. 이렇게 구성된 네트워크 환경에서 미디어 서버는 클라이언트로 영상 스트림을 전송하게 된다.

네트워크의 자원(가용대역폭)의 변화에 따라 영상 스트림의 프레임 율을 적응적으로 선택하기 위해 우리는 리눅스 네트워크 에뮬레이터 명령어를 사용하였다. 리눅스(kernel 2.6 distribution support) 기반의 라우터를 이용하여 네트워크 구간에서 발생할 수 있는 지연, 지터, 패킷 손실 및 대역폭을 제어하기 위해 다음과 같은 명령어를 사용하였다.

```
#tc qdisc add dev eth0 root netem delay 100ms
#tc qdisc change dev eth0 root netem delay 100ms 10ms
#tc qdisc change dev eth0 root netem loss 0.1%
#tc qdisc add dev eth0 root handle 10: cbq bandwidth 10Mbit avpkt 1000
```

위 명령어는 차례대로 종단간 100ms의 지연 발생, 100ms 지연에 대해 10ms의 지터 발생, 패킷 손실률 0.1% 적용 및 링크 대역폭 10Mbps 제한을 각각 의미한다.



그림 5. 영상 품질 제어 시스템의 성능 검증을 위한 실험 망 구성도

2. 가용대역폭 측정에 대한 비교 실험 결과

본 논문에서는 IGI/PTR 기법과 제안된 가용대역폭 측정 방안을 비교하기 위해 단일 홉 갭 모델을 이용하였다. 단위 시간 동안 패킷을 추출하여 종단간 가용대역폭을 측정하고 동시에 IGI/PTR을 이용하여 종단간 가용대역폭을 측정하였다.

IGI/PTR 기법을 이용하여 측정한 결과는 다른 결과와 달리 가용대역폭의 변화량이 작은 것을 알 수 있다. 이것은 다이내믹한 링크의 가용대역폭의 변화를 실시간으로 보여주지 못하기 때문이며, 또한 초기 패킷 전송 간격이 중간에 유입되는 패킷뿐만 아니라 중간 노드(라우터)의 성능에 의해 영향을 받기 때문에 다른 측정 결과보다 크게 측정된다는 것을 알 수 있다.

표 1. IGI/PTR 기법과 제안된 가용대역폭 측정 방안에 의해 측정된 가용대역폭

No.	IGI/PTR (Mbps)	제안 시스템 (Mbps)
1	79.970	76.080
2	73.228	62.762
3	77.853	68.342
4	49.684	40.226
5	82.696	79.167
6	85.720	82.592
7	69.448	62.342
평균	74.085	67.359

[표 1]은 IGI/PTR 기법과 제안된 가용대역폭 측정 방안을 이용하여 측정한 가용대역폭 측정 결과를 보여준다. 표에서 보여주는 바와 같이 기존 방안과 유사한 결과를 보이며, 특히 제안 방안의 경우 다이내믹한 링크의 가용대역폭 변화를 반영하고 있기 때문에 IP 헤더의 전체 길이 필드를 이용하여 보다 쉽고 실시간에 가깝게

각 링크의 가용대역폭을 측정할 수 있다는 것을 보여준다.

3. 영상 품질 제어 시스템 구현 및 실험 결과

제안된 영상 품질 제어 시스템의 동작 성능을 검증하기 위해 [그림 5]와 같은 실험망을 구성하여 영상 스트림을 전송하였다. 여기서 영상 품질을 평가하기 위해 주관적인 영상 품질 평가 척도인 MOS(Mean Opinion Score)와 유사도가 가장 큰 SSIM(Structural Similarity)을 이용하여 영상 품질을 측정하였다[10].

영상 품질 변화를 측정하기 위해 원본 영상 프레임과 테스트 네트워크를 거친 테스트 영상 프레임을 이용하여 전참조(full-reference) 방법을 이용하였다. 또한 네트워크를 통해 영상 스트림을 전송하기 위해 VLC 플레이어[11]를 이용하였으며, 영상 스트림 플레이어의 지연(de-jitter) 버퍼 크기는 100ms로 설정하였다.

[그림 6]은 실험에 사용된 원본 영상 프레임, 기존 품질 관리 시스템에서 가용대역폭 부족으로 인해 발생한 패킷 손실에 의해 영상 왜곡이 발생한 영상 프레임 샘플 및 제안 VQCS를 적용하여 가용대역폭 부족 시 데이터율을 낮추어 전송된 영상 프레임 샘플을 보여준다. 가용대역폭 부족으로 인해 패킷 손실이 발생한 영상은 눈으로 보기도 영상 왜곡 현상이 확연히 나타나는 것을 볼 수 있지만, 영상을 낮은 데이터율로 전송한 영상은 원본 영상보다 선명도가 다소 떨어지더라도 가용대역폭 부족으로 인한 패킷 손실을 방지할 수 있다.



(a) 데이터율 2.5Mbps의 원본 영상 프레임 샘플



(b) 기존 QCS에서 가용대역폭(2Mbps) 부족으로 인해 패킷 손실이 발생한 영상 프레임 샘플



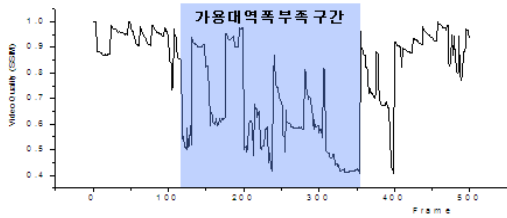
(c) 제안된 VQCS에서 데이터율(900Kbps)을 낮추어 전송된 영상 프레임 샘플

그림 6. 원본 영상, 가용대역폭 부족으로 인해 품질이 저하된 영상 및 낮은 데이터율로 전송된 영상 샘플들

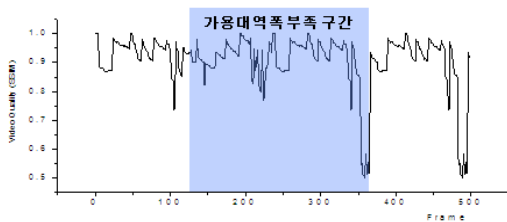
중단간 가용대역폭이 2Mbps인 네트워크 환경에서 2.5Mbps의 데이터율을 갖는 영상은 [그림 6]의 (b)와 같이 패킷 손실로 인해 많은 영상 왜곡이 발생하지만, 제안된 VQCS에서 데이터율을 900Kbps로 낮추어 영상 스트림을 전송할 경우 선명도 저하로 인해 영상 품질(SSIM)이 0.962까지 떨어질 수 있지만, [그림 6]의 (c)와 같이 영상 왜곡을 방지를 통해 영상 스트리밍 서비스의 품질을 향상시킬 수 있다.

[그림 7]과 같이 가용대역폭을 기반으로 영상 스트림의 데이터율을 적응적으로 제어할 경우 링크 대역폭 부족으로 인한 패킷 손실을 막을 수 있기 때문에 영상 품질 저하를 예방의 가능성을 보여준다. VQCS를 적용하지 않았을 때보다 VQCS를 적용하여 영상 서비스의 데이터율을 감소시켜 패킷 손실을 최소화할 경우 영상 품질 척도인 평균 SSIM이 0.768에서 0.906까지 향상되

었다. 이처럼 제안된 VQCS를 영상 스트리밍 서비스 단말에 적용할 경우 가용대역폭을 실시간으로 모니터링하여 네트워크의 환경 변화에 적응적으로 스트리밍 데이터를 적용할 수 있으며 이것은 영상 서비스 품질을 향상시킬 수 있다.



(a) VQCS 미적용 시 영상 품질 변화



(b) VQCS 적용 시 영상 품질 변화

그림 7. VQCS를 적용하여 가용대역폭에 따라 영상 스트리밍의 데이터를 적응적으로 적용 시 영상 품질 변화

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 우리는 차세대 통합망 환경에서 IPTV와 같은 영상 스트리밍 서비스가 제공될 경우 중단간 가용대역폭 관리를 통해 서비스 이용자의 품질 만족도를 향상시킬 수 있는 영상 스트리밍 서비스 품질 제어 시스템을 제안하였다. 영상 서비스와 같이 대용량의 서비스를 제공할 경우 네트워크의 가용대역폭이 서비스 품질을 결정하는 중요한 파라미터이기 때문에 이를 실시간으로 모니터링할 방안이 필요하며, 제안된 영상 품질 제어 시스템을 통해 실시간 가용대역폭 관리의 가능성을 보였다. 또한 가용대역폭 정보를 기반으로 영상 스트리밍의 프레임율을 제어하여 영상 서비스를 제공할 경우 네트워크 자원 부족으로 인한 영상 품질 저하를 예방할

수 있다는 것을 보였다. 향후 영상 스트리밍 서비스와 관련된 다양한 QoS 파라미터들과 품질 변화와의 변화를 분석하여 네트워크 환경에 적응적인 품질 제어 방안에 대한 연구가 요구된다.

참고 문헌

- [1] H. J. Kim, S. G. Choi, Y. R. Lee, S. M. Kang, and B. I. Choi, "An available bandwidth measurement method using IP header for BcN," ITC-CSCC 2007, 2007(7).
- [2] 김현중, 윤동근, 최성곤, "멀티미디어 서비스 품질 제어를 위한 QoS 파라미터와 QoE 요소간의 연동 제어 시스템 설계," 한국콘텐츠학회논문지 제 10권, 제4호, pp.45-54, 2010(4).
- [3] K. J. Kim, W. W. Shin, D. K. Min, H. J. Kim, J. S. Yoo, H. M. Lim, S. H. Lee, and Y. K. Jeong, "Analysis of key features in IPTV service quality model," IEEM2008, Vol.1, pp.595-598, 2008(12).
- [4] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederic, and V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," IETF RFC3550, 2003(7).
- [5] N. Hu, and P. Steenkiste, "Evaluation and characterization of available bandwidth Probing Techniques," IEEE journal on Selected Areas in Communications, Vol.21, No.6, pp.879-894, 2003.
- [6] B. Melander, M. Bjorkman, and P. Gunningberg, "A New End-to-End Probing and Analysis Method for Estimating Bandwidth Bottlenecks," IEEE Global Internet Symposium, 2000.
- [7] V. Ribeiro, R. Riedi, R. R. Baraniuk, J. Navratil, and L. Cottrell, "pathChirp: Efficient Available Bandwidth Estimation for Network Paths," passive and Active Measurements(PAM)

workshop, 2003.

[8] M. Jain and C. Dovrolis, "End-to-End available bandwidth: measurement methodology, dynamics, and relation with TCP throughput," ACM SIGCOMM, pp.295-308, 2002.

[9] 이동수, 배태면, 노용만, "스케일러블 비디오 코딩에서의 실시간 스케일러빌리티 변환," 전자공학회 논문지, 제43권, CI편, 제6호, pp.60-70, 2006(11).

[10] http://compression.ru/video/quality_measure/
Video_measurement_tool

[11] <http://www.videolan.org>

최 성 곤(Seong Gon Choi)

중신회원



- 1999년 8월 : 한국정보통신대학교 네트워크(공학석사)
- 2004년 2월 : 한국정보통신대학교 네트워크(공학박사)
- 2004년 3월 ~ 8월 : 한국전자통신연구원
- 2004년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 조교수

<관심분야> : NGN, mobility, MPLS, QoS

저 자 소 개

이 인 선(In Sun Lee)

준회원



- 1999년 2월 : 충주대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한진 KDN(주) 전력통신팀 근무
- 2009년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전파공학과 석사과정

<관심분야> : QoS, traffic measurement, RTP

김 현 중(Hyun Jong Kim)

정회원



- 2006년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전파공학과(석박사통합과정)

<관심분야> : QoS/QoE interworking, traffic measurement, mobility