

고품질 인터넷 오디오 스트리밍 서비스를 위한 복합적 QoS 보장 기법

유성일, 손주영
 컴퓨터공학과, 한국해양대학교
 siyoo@kmce.kmaritime.ac.kr, mmlab@hanara.kmaritime.ac.kr

A hybrid QoS guarantee scheme for High-Quality Internet Audio Streaming Services

Seong-il Liu, Joo-Young Son
 Dept. of Computer Engineering, Korea Maritime University

요 약

인터넷을 기반으로 한 고품질 오디오 스트리밍 서비스를 위하여 오디오 데이터 전송 시 발생하는 품질의 열화를 극복하여 고품질의 오디오 재생이 가능한 QoS 보장기법을 제안한다. 오디오 데이터는 연속성과 시간제약성을 가지고 있기 때문에 전송 시 통신망의 상황에 따라 그 재생품질이 결정된다. 이때 필요한 QoS 보장 기법으로 통신망의 상황에 따라 동적으로 전송률을 가변시키고 ARQ에 의한 재전송 방식과 동적 버퍼 제어기법을 복합적으로 적용하는 기법을 보인다. 클라이언트 내의 오디오 데이터 버퍼를 현재 망 상황에 따라 제어 함으로서 재전송에 필요한 시간을 확보하고, 전송률도 함께 연동 조정하여 재전송에 따른 전송률 저하 현상을 방지한다. 동적인 클라이언트 버퍼/전송률 제어에 필요한 파라미터는 현재 통신망에서의 UDP 패킷 에러율과 왕복시간 이다. 실제 인터넷 환경에서 위 복합적 QoS 보장기법을 적용하여 고품질로 재생되는 오디오 스트리밍 서비스의 성능을 확인하였다.

1. 서 론

멀티미디어 데이터 가운데 오디오는 그것의 특성상 최종 사용자 단에서 재생되는 QoS(Quality of Service)가 매우 중요하다. 인간은 비디오보다 오디오에 더 민감하기 때문이다. 많은 양의 오디오 데이터를 지속적으로 시간제약성에 맞추어 전달하는 과정에서 패킷 손실이 발생할 수 있으며, 손실된 패킷의 정도에 따라 최종 사용자 단에서의 QoS가 결정된다. 그러나 오디오 데이터를 전송하는 데 사용되는 UDP 전송 프로토콜은 신뢰성 있는 데이터 전달을 보장하지 않으며 전송 에러에 따른 손실된 패킷에 대한 정보도 제공하지 않는 문제를 가지고 있다[1]. 본 논문에서는 RTP/UDP를 사용한 고품질 오디오 스트리밍 서비스에서 재생 QoS를 송신전 오디오 데이터의 원래 QoS와 동일한 품질로 보장하기 위해 전송중 손실된 패킷을 RTCP 피드백을 이용하는 재전송 기법과 재전송에 의해 발생할 수 있는 오디오 데이터의 전송 등시성(isochronous transmission) 결손을 보장하기 위해 수신측 버퍼를 동적으로 할당하여 재전송에 필요한 시간을 보장 받는다. 여기에 이러한 재전송에 의해 이어지는 다음 오디오 데이터 전송률 저하 현상을 막기 위한 전송률 제어를 함께 시행한다. RTP 데이터의 손실률과 수신측과 수신측 사이의 왕복시간을 실제 인터넷을 통해 사전 조사하여, 그것에 근거하여 마감시간 이내에 손실된 패킷 재전송이 가능하고, 현실적으로 고품질 오디오 스트리밍 서비스에 충분히 적용할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 보이고 3장은 제안기법 타당성 조사를 위한 기초실험 결과에 대해 설명하고, 4장에서는 동적인 버퍼할당기법 및 재전송 요청기법과 전송률 동적 제어 기법에 대해 설명한다. 5장에서는 제안된 기법을 실제 인터넷에서 적용한 실험 결과를 설명하며, 6장에서 향후 연구 계획과 결론을 내린다.

2. 관련연구

2.1 부가전송 (Redundant Transmission)

멀티미디어 데이터 전송 시 수신측에서의 패킷 손실을 미리 생각하고 오류 복구 정보와 부가적인 데이터를 함께 전송한다[2]. 수신측의 피드백 정보를 통해 패킷 손실에 대한 정보를 수신하고 다음 패킷 전송 시 부가적인 데이터를 전송한다. 최소의 비용으로 손실된 패킷의 복구 및

오류 수정이 이루어 질 수 있으나 부가전송으로 인한 네트워크 대역폭의 극심한 낭비를 초래한다.

2.2 피드백 제어

수신측의 피드백 정보에 의해 송신측에서 인코딩 방법과 전송률을 제어하는 방법이다[3]. 수신측의 주기적인 피드백 정보에 의해 송신측 전송상태를 조절하는 기법으로 최소피드백 정보를 통해 네트워크 대역폭 조절효과를 얻을 수 있으나 수신측의 현재상태를 즉각적으로 피드백 할 수 없으며 피드백 정보의 유실로 인한 수신측 버퍼의 고갈 및 오버플로우(overflow) 현상이 나타날 수 있다.

3. 제안기법 타당성 실험

본 논문에서 제안하는 재전송에 의한 QoS 보장기법과 동반되는 동적 버퍼 및 전송률 제어 기법이 현실적으로 가능한가에 대한 타당성 조사를 실제 인터넷에서 실험적으로 실시하였다. 현재 네트워크 상의 RTP 데이터가 손실되는 형태와 RTCP 피드백을 통한 재전송하는 데 소요되는 시간의 측정이 선행되어야 한다. 그림 1은 RTP 데이터의 시간대별 손실율의 실험 결과이다.

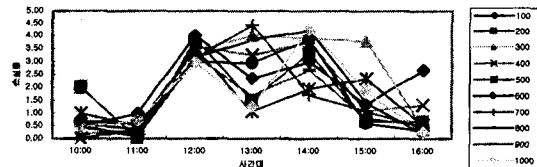


그림 1 시간대별 데이터 손실율

그림 1은 캠퍼스 내의 2 홉(hop)을 경유하는 인터넷에서 90 Kbps의 속도로 72 시간에 걸쳐 각각 100개의 패킷부터 1000개의 RTP 패킷을 전송하였을 때 시간대별 평균 손실율 결과를 보여준다. 오전 11 시

부터 패킷손실이 급격히 증가하여 오후 4 시 이후에 점차 손실율이 줄어들어 가는 것을 알 수 있다. 인터넷 상의 패킷들이 집중되는 시간대에 RTP 데이터의 손실을 또한 증가함을 알 수 있으며 패킷의 양에 따른 손실율의 차이는 거의 없음을 알 수 있다. 손실을 또한 평균 5% 미만의 손실율을 보임으로써 손실된 패킷에 대한 재전송이 이루어질 때 재전송에 의한 트래픽의 증가량은 현실적으로 수용 가능한 양임을 알 수 있다. 다음으로 문제는 재전송에 소요되는 시간이 오디오 데이터의 전송 동시성을 만족시킬 수 있는지에 대한 여부이다. 오디오 데이터의 특성상 재전송에 기반하여 완전한 데이터를 수신한 경우라도 재생 되어야 할 시점 이후에 도착하였다면 의미가 없다. 따라서 RTCP 파드백을 통한 손실된 패킷의 재전송에 소요되는 시간을 조사해볼 필요가 있다. 그림 2는 송신측과 수신측사이의 왕복에 소요되는 시간에 대한 실험 결과이다.

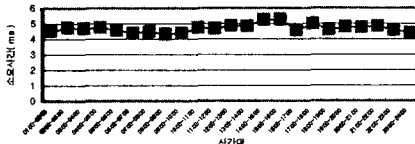


그림 2 왕복 시간

그림 2의 실험결과를 캠퍼스 망 내에서 48 시간에 걸쳐 측정된 결과이다. 왕복 시간은 인터넷 사용량이 증가하는 시간대인 오전 11 시에서 약간 증가하는 것을 볼 수 있으며 일정 시간 동안 4~6 ms 시간을 소요하는 것을 알 수 있다. 표 1은 2분간 재생되는 오디오 데이터의 패킷 크기에 따른 패킷사이 간격을 나타낸다.

표 1 패킷크기에 따른 패킷사이간격

Bit Rate	Sample Rate	Channel	패킷 크기	패킷 간격
320Kbps	44100Hz	Stereo	128 Bytes	3.125 ms
256Kbps	44100Hz	Stereo	128 Bytes	3.906 ms
128Kbps	44100Hz	Stereo	128 Bytes	7.812 ms
96Kbps	44100Hz	Stereo	128 Bytes	10.416 ms
56Kbps	22050Hz	Stereo	128 Bytes	17.857 ms
32Kbps	11025Hz	Stereo	128 Bytes	31.25 ms
20Kbps	11025Hz	Stereo	128 Bytes	50 ms
64Kbps	8000Hz	Mono	128 Bytes	15.625 ms

그림 2의 실험 결과와 표 1의 결과로 볼 때 128 Kbps의 stereo 수준의 오디오 데이터는 단독으로 손실된 패킷에 대한 재전송인 경우에는 수신측에서의 버퍼링 없이도 시간 제약성을 만족시키는 것을 볼 수 있다. [4]. 그러나 그보다 나은 품질의 오디오 데이터는 단독 손실 패킷에 대해서도 재생 QoS에 영향을 받으며 더 나쁜 환경에서는 품질열화가 충분히 예견된다. 이를 극복하기 위하여 본 논문에서 제시하는 복합적 QoS보장 기법이 적용된다.

4. 복합적 QoS 보장 기법

복합적 QoS보장 기법은 3가지 기법으로 구성된다. 첫째, 선택적 재전송, 둘째, 클라이언트 버퍼 동적 할당, 셋째, 전송률 동적 제어 등이다. 컴퓨터 통신망에서 재전송 기법은 대표적으로 정지대기 (stop-and-wait), Go-Back-N (GBN), 선택적 재전송 (Selective Repeat) 등이 있다. 정지대기 방법은 각각의 전송된 패킷에 대한 응답을 받음으로 네트워크 대역폭 낭비가 극심하며 [5], Go-Back-N 방법은 손실 발생시 손실되지 않은 패킷도 전송함으로써 대역폭의 낭비 및 실시간성을 만족하기에 부적절한 점이 있다. 선택적 재전송 방법의 경우 인터넷상의

신뢰성 있는 전송을 보장하는 TCP에서 사용하는 재전송 방법이며 손실 패킷 재전송에 요구되는 비용이 가장 적은 것으로 나타났다 [6]. 본 논문에서는 TCP에서의 흐름제어 및 재전송 방법에 사용되는 선택적 재전송 방법을 RTP/UDP 기반 오디오 데이터 전송의 재전송 기법으로 채택한다.

4.1 선택적 재전송 기법

수신된 패킷은 RTP 헤더의 순서번호를 확인하여 연속적이지 않은 순서번호 일 경우 연속적이지 않은 패킷크기만큼의 더미 데이터를 수신측 버퍼에 채운 후 버퍼를 진행한다. UDP를 기반으로 하는 프로토콜의 경우 패킷 도착의 순서가 보장되지 않음으로 재전송 요청 이전에 패킷이 도착할 수도 있기 때문이다. 재전송 요청은 더미 데이터로 채워진 버퍼 직전까지의 재생하는데 소요되는 시간이 왕복시간에 해당하는 시간이 되었을 때 재전송 요청을 하며 재전송 요청 이전에 도착하는 패킷은 더미 데이터와 대체한다. 재전송 요청은 RTCP의 RR (Receiver Report) 메시지를 통해 재전송 요청을 하며 재전송 성공시 버퍼내의 더미 데이터와 대체한다.

4.2 클라이언트 버퍼 동적 할당 기법

- 초기 클라이언트 버퍼 크기 결정
송신측과 수신측의 초기 세션 연결 시에 왕복시간을 고려하여 클라이언트 버퍼 크기를 결정한다. 초기 클라이언트 버퍼량은 송신측과 수신측간 왕복시간 동안 재생 되는 오디오 데이터의 양과 동일하다. 단독 패킷에러가 날 상황에 대비하여 반드시 만족되어야 하는 최소 초기 버퍼 크기 B_i 는

$$B_i (bit) = \frac{\text{단위시간전송량} \times \text{왕복시간}}{\text{단위시간}}$$

이다. 버퍼 크기의 데이터를 수신하는 도중 손실된 패킷이 발생할 수 있으며 재전송에 소요되는 시간을 감안할 때 수신측의 버퍼는 최소 버퍼크기 이상의 크기를 가져야 한다. 한 개의 패킷이 에러가 날 확률을 P 라 할 때 B_i 를 만족시키기 위해 전송되는 전체 송신량 T_i 는

$$T_i = \frac{B_i}{1 - P} (bit)$$

이다 [6].

- 동적인 클라이언트 버퍼량
서버의 전송률과 에러율에 따라 클라이언트의 버퍼량을 동적으로 유지하기 위해서는 송신측과 수신측의 전송중에 발생할 수 있는 다음과 같은 상황을 고려하여야 한다. 클라이언트 버퍼 소모율을 R_c 라 두고 서버 전송률을 S_s 라 할 때 이상적인 통신망에서는

$$S_s = R_c$$

이 되어야 한다.

그러나 실제 인터넷상에서 전송되는 데이터는 송신측에서 일정 간격으로 패킷을 전송하여도 수신측에 도착하는 패킷의 간격은 가변적이다. 수신측에서는 가변적인 패킷도착 시간을 극복하기 위해 버퍼를 가져야 하며 송신측에서 전송하는 패킷 간격에 따라서도 버퍼의 크기를 동적으로 유지하여야 한다. 현재 송신측에서 전송하는 전송률에 해당하는 패킷사이의 간격을 P_s 라 하고 수신측에 현재의 전송률에서의 단위시간당 수신데이터의 크기를 T_c 라 두고 송신측에서 전송하는 패킷들의 간격을 n_{ms} 조정 할 경우 달라지는 수신측의 데이터의 양 D 를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D = \frac{\pi T_c}{n}$$

4.3 전송률 동적 제어기법

- 전송률 조정 요청시점
수신측에서 송신측에 대한 전송률 조정 요청시점은 수신측의 버퍼 모니터링과 동적인 왕복시간 측정을 통해 가능하다[7]. 수신측에 도착한 패킷 직전까지의 버퍼내 데이터 재생 시간이 왕복시간 보다 적거나 같다면 전송률 증가요청을 한다. 또한 수신측에 도착한 패킷에 의해 버퍼의 공간이 패킷크기 이하의 크기가 되었을 경우 전송률 감소 요청을 한다. 전송률의 증가 또는 감소는 송신측에서 전송하는 패킷사이의 간격을 수신측에서 요청한 n_{ms} 단위의 패킷 사이간격 조정 요청을 통해 이루어진다.
- 송신측 전송률 변화
재전송 요청이 발생한 경우 송신측은 기존의 전송하는 패킷과 재전송이 요청된 패킷을 전송하게 된다. 재전송이 요청된 패킷은 기존의 패킷사이 간격인 p_r 이내의 시간에 전송이 이루어지며 평균적으로 송신측에서의 재전송 요청 시 패킷사이의 간격을 $p_r / 2$ 로 나타낼 수 있다. 이는 단위시간당 전송률의 변화가 아님으로 수신측 버퍼는 재전송이 요청된 패킷크기 만큼의 버퍼증가 후 재전송 요청을 하면 된다. 재전송이 완료되었을 경우 더미 데이터로 채워진 버퍼 부분을 재전송된 패킷으로 대체한다.

5. 실험 및 결과

실험에 사용된 인터넷은 학내의 램퍼스망이다. 제한된 버퍼구조를 갖는 클라이언트와 재전송/전송률 제어가 가능한 서버 프로그램을 제작하여 RTP 데이터의 수신을 모니터링 하였다. 재전송이 요청된 패킷이 버퍼의 고갈 이전에 도착하는지와 전송률 제어를 통해 버퍼가 유지되는지를 확인하기 위해 24시간동안 30분 간격으로 100개의 패킷을 전송하는 실험을 하였다. 그림 3에 손실된 패킷에 대한 재전송 소요시간을 나타내었다.

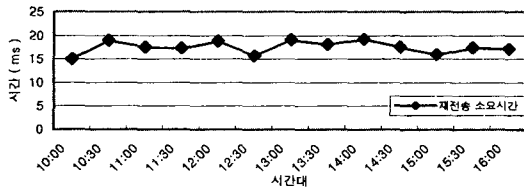


그림 3 재전송 완료시 소요시간

그림 4에 재전송 완료시 수신측 버퍼 내의 재전송이 요청된 패킷 직전까지의 데이터 양을 소요시간을 기준으로 시간으로 나타내었다.

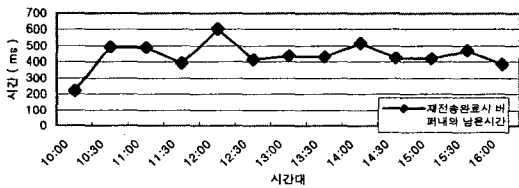


그림 4 재전송 완료시 버퍼내의 남은 재생시간

실험결과 송신측과 수신측의 왕복 시간에 기준한 동적인 버퍼할당은 데이터 전송시 네트워크 상황을 고려한 최적의 버퍼크기이며 전송률 동적 제어를 통해 그림4의 결과와 같이 버퍼내의 데이터의 양을 일정하게 유지할 수 있다. 재전송에 소요되는 시간은 15 ~ 20 ms 이내의 시간이며 이는 재전송 완료시 재전송 요청된 패킷 직전까지의 버퍼 내의 데이터 재생 여유 시간이 200 ~ 700 ms 임으로서 재전송 요청된 패킷이 재생 시점 이전에 도착함을 알 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구과제

오디오 데이터 QoS를 결정하는 요인은 전송중 손실 또는 변형된 패킷과 온전한 패킷이더라도 마감시간 이내에 도착 해야 하는 것 등이다. 송신측과 수신측의 재전송에 소요되는 시간과 동적인 전송률변화, 그리고 수신측의 버퍼모니터링을 통한 재전송을 통해 수신측의 QoS를 보장할 수 있다. 본 논문에서 제안한 왕복시간을 고려한 최적의 동적인 수신측 버퍼할당, 전송률 동적제어를 통한 버퍼유지, 손실된 패킷 선택적 재전송을 통해 수신측에서는 송신측에서 전송한 고품질 오디오 데이터를 손실이나 지연 없이 수신하여 재생할 수 있다. 향후 연구 과제로는 고품질 오디오 스트리밍 서비스 기술을 이용하는 인터넷 콘서트, 현장감 넘치는 스포츠 중계, 그리고 고품질전화/음성회의 서비스를 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] James F. Kurosu, Keith W. Ross, *Computer Networking : A Top-Down Approach Featuring the Internet*, pp 167~268, Addison Wesley Press, 2001
- [2] 강민규, 공상환, 김동규, " RTP/RTCP를 이용한 영상회의 시스템에서 오디오 패킷 손실 보상을 위한 동적 부가 전송 매커니즘 개발 및 성능 분석", 한국정보처리학회 논문지 제5권 제10호, pp 2641~2753, 1998
- [3] 오수정, 안종석, " RTP/RTCP를 위한 확장성 있는 피드백 제어 기법", 한국정보과학회 '98 가을 학술 발표 논문집(III), pp.477~479, 1998
- [4] Bert J. Dempsey, Jorg Liebeherr, Alfred C. Weaver, " On retransmission-based error control for continuous media traffic in packet-switching networks," *Computer Networks and ISDN Systems*, Vol 28, Issue 5, pp 719~736, March 1996
- [5] 김윤호, 정두영, " 가변 에러율 채널에 효과적인 Stop-and-Wait ARQ 방식", 멀티미디어학회 논문지 제5권 제2호, pp 198~205, 2002
- [6] William Stallings, *Data & Computer Communication 6/e*, pp266~269, 사이텍미디어, 2001
- [7] 김원규, 박규석, " VOD 시스템에서 클라이언트 버퍼를 위한 전송률 제어 알고리즘 설계 및 분석", 멀티미디어학회 논문지 제1권 제1호, pp 67~79, 1998