

# 프로그레시브 멀티미디어 스트리밍 서비스를 위한 초기 버퍼링 시간 결정 기법

서광덕<sup>01</sup> 정순흥<sup>2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 컴퓨터정보통신공학부

<sup>2</sup>한국전자통신연구원 방송미디어연구그룹

kdseo@yonsei.ac.kr, zeroone@etri.re.kr

## Initial Buffering-Time Decision Scheme for Progressive Multimedia Streaming Service

Kwang-deok Seo<sup>01</sup> Soon-heung Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Computer and Telecommunications Engineering Division, Yonsei University

<sup>2</sup>Broadcasting Media Research Group, ETRI

프로그레시브 스트리밍 서비스는 전송 프로토콜로써 TCP를 이용한다는 측면에서 다운로드와 유사하지만, 다운로드 되는 도중에 수신된 미디어 데이터를 재생한다는 측면에서는 실시간 스트리밍과 유사한 개념의 서비스 기술이다. 결국 다운로드와 스트리밍 두 가지 기술의 장점만을 활용하는 기술로 요약될 수 있다. 실시간 스트리밍의 경우 손실된 패킷을 재전송 받을 수 있는 환경이 되지 못하는 실시간 특성으로 인하여 채널 오류에 의한 패킷 손실이 미디어 데이터 손실로 그대로 이어질 수밖에 없다. 따라서, 이러한 손실을 극복하기 위해서는 복호기에서 오류내닉 기법 등을 적용할 필요가 있다. 그러나, 프로그레시브 스트리밍의 경우에는 손실된 패킷을 TCP의 순서번호 (sequence number)나 검사합 (checksum) 기능 등을 통하여 검출할 수 있고, 재전송을 통해 손실된 패킷을 복원할 수 있다 [1]. 이러한 재전송 서비스 환경에서 가장 중요한 요구사항은 재전송을 통해 손실된 패킷을 수신하기까지 걸리는 시간 동안 사용자에게 끊김이 없이 기존의 서비스를 제공할 수 있는 충분한 량의 데이터가 클라이언트 버퍼에 남아 있어야 한다는 것이다. 즉, 패킷 손실에 의한 패킷 재전송 환경에서 만족스러운 서비스를 제공하기 위한 충분한 량의 데이터를 수신 버퍼에 확보하기 위해 기다려야 하는 초기 버퍼링 시간을 정하는 문제가 프로그레시브 스트리밍에서 해결되어야 할 중요한 문제이다. 이를 해결하기 위한 가장 기본적인 방법은 클라이언트에 대용량의 버퍼를 설치하여 오랜 시간동안 미디어 데이터를 버퍼링한 후에 미디어 재생을 시작하는 것이다. 이 방법은 초기에 안정적인 미디어 재생이 가능하지만, 버퍼링 시간의 증가로 인한 초기 재생시간 지연으로 서비스 이용자가 겪게 되는 대기 지연시간 (latency)이 크게 증가하는 문제점이 있다 [2]. 따라서, 네트워크 혼잡으로 유실된 패킷을 TCP 재전송 (retransmission)을 통해 다시 수신측에 전달할 경우, 최소의 버퍼링 시간을 통해 끊김 없는 고품질의 서비스를 제공할 수 있는 안정적인 버퍼 동작 구조를 설계하는 것은 매우 중요하다.

본 논문에서는 미디어에 대해 가변적인 재생 속도를 적용함으로써, 네트워크 상황에 적응적으로 대처할 수 있고, 또한 사용자가 요구하는 초기 서비스 대기시간을 만족시킬 수 있는 초기 버퍼링 시간 결정 기법을 제안한다. 본 연구의 목적과 관련성을 보이는 기존의 연구 결과들이 제시되어 있지만 [3], [4], 기존의 연구 결과들은 실시간 스트리밍 또는 화상통화 서비스를 목적으로 고안되었다. 즉, 비디오와 오디오 데이터가 각각 독립적인 세션으로 서비스가 되는 환경이다. 본 논문의 프로그레시브 스트리밍 서비스에서는 비디오와 오디오가 하나의 콘텐츠 파일에 통합되어 저장 되어 있고, 하나의 세션에서 멀티미디어 스트리밍 서비스가 이루어지는 환경이다. 이러한 측면에서, 프로그레시브 스트리밍에 적합한 새로운 초기 버퍼링 시간 결정 기법을 제안하는 것은 매우 중요하다.

프로그레시브 스트리밍처럼 비디오, 오디오 데이터가 각각 1개의 스트림으로 구성되는 경우 초기 서비스 지연 시간을 최소화할 수 있는 방법은 그림 1에 보이듯이 MP4 파일의 mdat 부분을 액세스 유닛 (access unit)에 해당하는 비디오 프레임과 이 비디오 프레임 구간에 해당이 되는 오디오 프레임을 하나로 묶어서 이웃하도록 파일에 배치 및 저장하는 것이다. 이렇게 할 경우 버퍼고갈이 발생했을 때 버퍼가 목표량까지 찰 때까지 기다린 후 다시 재생하기까지 걸리는 시간을 최소화 할 수 있다.

Moov																		
trak(V)	A1	V1	A2	V2	A3	V3	A3	V3	A4	V4	A5	V5	A6	V6	A7	V7	A8	V8
trak(A)																		

그림 1. 프로그레시브 스트리밍에 적합한 MP4 파일포맷 구조.

그림 1의 파일 포맷 구조를 갖는 MP4 콘텐츠 기반의 프로그레시브 스트리밍의 패킷 전송 시나리오는 그림 2와 같다. 분석의 복잡도를 최소화하기 위하여 각 패킷의 길이가 모두 동일하다고 가정한다. 비디오 화면간 시간 간격 (frame interval)은  $t_i$ 로 표시되고 이 기간 동안 전송되는 패킷의 개수를 패킷 전송률  $R_p$ 로 표시한다. 하나의 패킷이 전송을 위해 패킷화가 되는데 걸리는 시간을  $t_p$ 로 표시한다면  $R_p = t_i/t_p$ 로 나타낼 수 있다. 그림 2에서  $t_T$ 는 네트워크를 통한 전송에 걸리는 시간을 의미하고, 재생을 위해 클라이언트 버퍼에서 기다려야 하는 버퍼링 크기는  $B_t$ 로 표시되며 그림 2의 경우  $B_t = 4$  패킷이다. 한편, 첫번째 패킷이 버퍼에 도착한 후 재생이 시작되기까지 버퍼에서 기다리는 시간  $T_{buff}$ 는  $T_{buff} = B_t \times t_i$ 로 계산된다. 이상의 서비스 상황에서 발생하는 총 서비스 지연 시간  $D_t$ 는 다음과 같다.

$$D_t = t_p + t_T + T_{buff} \quad (1)$$

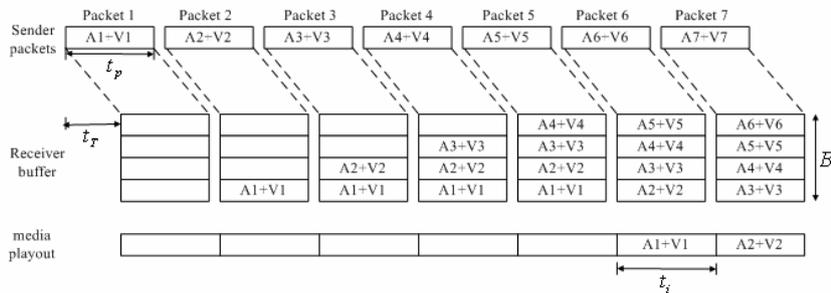


그림 2. 프로그레시브 스트리밍 패킷 전송 시나리오.

프로그레시브 스트리밍에서는 버퍼의 크기를 기존의 실시간 스트리밍보다 크게 설정할 수 있기 때문에 패킷 한 두개가 유실되는 환경에서는 버퍼고갈이 거의 발생하지 않는다. 그러나 무선 인터넷 환경에서 빈번한 연속 패킷 손실 (burst packet error)이 발생하게 되면 버퍼고갈의 가능성이 커진다. 본 논문에서는 RTT당 손실된 패킷 하나의 재전송을 고려하는 TCP-Tahoe와 TCP-Reno를 기반으로 TCP 재전송에 따른 버퍼고갈에 관해 분석한다. 이 분석의 결과로 연속 패킷 손실 발생 시에 버퍼고갈을 최대한 방지하기 위해 미디어 재생 시간을 적응적으로 운영함으로써 버퍼고갈 상황을 최대한 회피할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 특히, 미디어 재생 속도를 적응적으로 늦출 경우 식 (1)의  $D_t$ 에 대해 추가적으로 발생하는 지연시간  $\Delta D$ 에 관한 모델링을 바탕으로 길버트 채널[5] 기반의 오류 채널에서 버퍼고갈을 회피하면서 안정적으로 스트리밍 서비스를 제공할 수 있는 초기 버퍼링 지연시간 결정 기법을 제안한다. 제안된 버퍼링 시간 결정 방법은 인터넷 환경에서 빈번한 연속 패킷 손실로 인한 재전송에 의해 발생 가능한 버퍼고갈 문제를 고려하는 새로운 방법으로서 전송 네트워크의 채널 모델링을 통해 효과적으로 적용이 가능하다. 제안된 방법의 적용으로 매우 낮은 버퍼고갈 확률로 프로그레시브 스트리밍에 의한 초기 서비스 지연 시간을 다운로드 방식에 비해 큰 폭으로 줄일 수 있음을 실험을 통해 확인할 수 있다.

[참고문헌]

[1] C. Krasic, K. Li, J. Walpole, "The case for streaming multimedia with TCP," *Proc. Int. Workshop on Interactive Distributed Multimedia Systems*, pp. 213-218, Berlin, 2001.  
 [2] J. Boyce, R. Gaglianella, "Packet loss effects on MPEG video sent over the public Internet," *ACM multimedia*, pp.181-190, 1998.  
 [3] M. Bldi, and Y. Ofek, "End-to-end analysis of video conferencing over packet switched networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 8, no. 4, Aug. 2000.  
 [4] C. Sreenan, J. Chen, P. Agrawal, and B. Narendran, "Delay reduction techniques for playout buffering," *IEEE Trans. on Multimedia*, vol. 2, no. 2, June 2000.  
 [5] E. Gilbert, "Capacity of burst noise channels," *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 39, pp. 1253-1256, 1960.