MPEG 프레임 기반 패킷 전송을 위한 실시간 스케쥴링 기법

김진환*
*한성대학교 멀티미디어공학과
e-mail:kimjh@hansung.ac.kr

A Real-time Scheduling Method for MPEG Frame-based Packet Transmission

Jinhwan Kim*
*Dept of Multimedia Engineering, Hansung University

요 약

서버가 전송하는 고품질의 MPEG 스트림을 클라이언트가 적시에 수신하고 재생하기 위해서는 통신망의 충분한 대역폭과 함께 효율적인 실시간 스케쥴링 방법이 반드시 필요하다. 본 논문에서 MPEG 비디오 스트림의 각 프레임은 단일 패킷으로 구성되며 프레임의 중요도에 따라 우선순위가 설정된다. 우선순위를 이용하는 스케쥴링 기법은 종료시한 내에 전송이 완료되는 패킷의 수를 최대화함으로써 멀티미디어 시스템의 실시간적 성능과 서비스 품질을 향상시킬 수 있다.

1. 서론

MPEG 비디오 스트림을 수신하는 클라이언트는 초당 재생되는 프레임 수 즉 재생율 fps(frames per second)로 서비스 품질(QoS; Quality of service)을 표현할 수 있으며 이를 충족하기 위한 실시간 스케쥴링 기법이 단말기 내에 구성될 필요가 있다[1]. 또한 서버도 재생율을 충족시키기 위해서 비디오 스트림을 실시간으로 전송하는 스케쥴링 기법이 필요하다. 서버가 MPEG 비디오 스트림의 각 프레임을 패킷으로 구성하고 프레임의 중요도에 따라 우선순위를 설정하여 전송하는 실시간 스케쥴링 기법이 본 논문에서 제시된다.

2. MPEG 프레임의 패킷 구성

비디오 스트림의 중복성을 이용하기 위하여 MPEG은 세 가지 유형의 I-프레임, P-프레임, B-프레임 들을 정의하고 있다[2]. 이 프레임들은 각각 다른 압축률이 나타난다. GOP(Group of Pitctures)는 하나의 I-프레임부터 다음번 I-프레임 사이에 있는 프레임들의 순서를 의미한다. 각 GOP는 다른 GOP들에 관한 특별한 정보가 없어도 독립적으로 재생될 수 있도록 구성된다. I-프레임은 GOP 전체에 대한 기준 VOP 역할을 수행하므로 I-프레임을 먼저 디코딩하지 않고서는 GOP내 다른 프레임들을 디코딩할 수 없게 된다. 따라서 B-프레임을 디코딩하기 위해서는 관련 I-프레임 또는 P-프레임이 반드시 먼저 디코딩되어야 한다.

통신망에서 전송을 목적으로 생성되는 MPEG TS(Transport Stream)는 TS 패킷들로 구성되며 각 TS 패킷은 188 바이트의 크기를 갖는다[3]. 여러 개의 TS 패킷들은 하나의 RTP(Real-time Transport Protocol) 패킷으로 구성되어 IP(Internet Protocol)상에서 전송될 수 있다. 본 논문에서 각 TS 패킷의 헤더를 파싱하고 패킷의 유형을 실시간으로 식별하는 모듈이 서버 내에 구성되어 있음을 가정한다. 따라서 각 TS 패킷은 프레임의 종류에 따라 우선순위가 설정된다. 모든 MPEG 비디오 패킷은 원래 프레임의 중요도에 따라 I-프레임에 기반한 패킷의 우선순위가 가장 높고 Queue(1)에 유입된다. 두 번째로 우선순위가 높은 P-프레임 기반 패킷들은 Queue(2)로 유입되며 우선순위가 가장 낮은 B-프레임 기반 패킷들은 Queue(3)으로 각각 유입된다. 결과적으로 동일한 우선순위를 갖는 다수의 TS 패킷들은 한 개의 RTP 패킷으로 구성된다. 각 RTP 패킷의 우선순위 정보를 서버의 통신망 관리자 모듈이 스케쥴링시 활용할 수 있다.

3. 실시간 패킷 스케쥴링 기법의 성능 분석

통신망의 최대 대역폭 B_{max}중 사용 가능한 대역폭을 B_{avail}이라 하고 클라이언트들이 요청한 비디오 스트림 n개의 대역폭 합을 B_{sum}이라 할때 수식 1의 관계가 성립된다.

(수식 1) $B_{sum} \le B_{avail} \le B_{max}$

$$B_{sum}=B_1+ B_2 + \cdots + B_n \ (n>0)$$

B_1, B_2, … B_n 등은 각각 n개의 비디오 스트림의 평균 대역폭을 의미한다. 새로운 클라이언트가 요청한 n+1번째 비디오 스트림의 평균 대역폭 B_{n+1}과 B_{sum}의 합이 B_{avail}보

다 작거나 같으면 서버가 이를 수용하지만 그렇지 않은 경우에는 이를 거부할 수 있다. i(0<i≤n)번째 비디오 스트림의 평균 대역폭 B_i는 해당 클라이언트의 재생율과 프레임의 평균 크기를 곱한 값으로 결정된다.

서버는 먼저 우선순위가 가장 높은 Queue(1)에서I-프레임 기반 패킷을 전송하게 되며 Queue(1)에 패킷이 없는 경우 우선순위 순서대로 Queue(2)와 Queue(3)의 패킷을 전송하게 된다. 우선순위가 동일한 큐에서는 EDF(Earliest Deadline First)]원칙에 따라 종료시한이 가장 빠른 패킷이 선택된다. 실제로 I-프레임이나 P-프레임 기반 패킷은 대부분 전송되나 중요도가 낮은 B-프레임 기반 패킷은 통신망 대역폭 상황에 따라 전송되지 않을 수도 있다. 비디오 스트림들이 사용할 수 있는 전체 대역폭 B_{sum}은 전송된 대역폭만큼 감소되며 매주기인 1초마다 초기값으로 다시 설정된다. 본 논문에서 제시된 기법은 FBP(Frame-based Packet) 스케쥴링 기법이라 기술한다.

패킷의 우선순위를 사용하는 대신 각 비디오 스트림의 평균 대역폭을 확보할 수 있는 기법을 TBP(Time Slot-based Packet) 스케쥴링 기법이라 기술한다. 따라서 여러 개의 TS 패킷들이 parsing과 우선순위화 과정없이 한 개의 RTP 패킷으로 구성되며 동일한 RTP 패킷 내에 두 종류 이상의 프레임들이 포함될 수 있다.

TBP 기법은 n개의 비디오 스트림들 중 최소 주기를 P_{min}으로 설정한 후 P_{min}마다 각 스트림의 일정한 대역폭을 사용하여 패킷을 전송하도록 하는 방법이다. i번째 스트림은 주기 P_i동안 프레임의 평균 크기인 M_i 바이트를 전송하는 대신 P_{min}동안 P_{min}을 P_i로 나눈 값에 M_i를 곱한 크기(P_{min}/P_i*M_i) 만큼의 바이트를 전송할 수 있도록 하는 것이다. 즉 최소 주기 P_{min}에 비례한 만큼의 통신망 대역폭이 각 비디오 스트림에 할당됨으로써 n개의 스트림들은 원래 설정된 평균 대역폭을 모두 확보할 수 있게 된다. 그러나 각 스트림은 바이트 단위가 아닌 패킷 단위로 전송되기 때문에 확보된 대역폭 만큼의 데이터를 정확하게 전송하지 못 할 수 있다.

4. 성능 분석

본 실험에서 실제 MPEG 비디오 스트림인 "Mission Impossible"을 대상으로 실험이 수행되었다. 총 15872개의 프레임을 가지며 프레임의 평균 크기는 6257 바이트이다. 서버는 이 스트림을 네가지 주기 30msec, 40msec, 60msec, 120msec로 각각 구성하여 4개의 클라이언트에게 전송한다. 비디오 스트림을 전송하기 위해 사용하는 대역폭 B_{avail}은 5Mbps이며 실제 4개의 스트림을 전송하기 위한 대역폭은 다음과 같다.

B_1=1/30msec*6257바이트*8비트/바이트 =1668366.5비트/초

B_2=1/40msec*6257바이트*8비트/바이트 =1251400비트/초

B_3=1/60msec*6257바이트*8비트/바이트 =834433.5비트/초

B_4=1/120msec*6257바이트*8비트/바이트 =416966.5비트/초

$$B_{sum} = \sum_{i=1}^{4} Bi = 4171166.5\text{비트/초} \fallingdotseq 4\text{Mbps}$$

동일한 비디오 스트림 4개를 주기를 달리하여 60초간 전송할 때 FBP 기법은 4999개의 프레임을 전송한 반면 TBP 기법은 5개 적은 4994개의 프레임을 전송한 것으로 확인되었다. 두 기법에서 전송된 프레임의 수는 큰 차이가 없지만 종료시한이 경과되지 않은 상태에서 전송된 비율을 종료시한 성공률(SR; success ratio)이라 할 때 결과는 <표 1>에 있다. FBP 기법이 TBP 기법보다 종료시한 내에 전송되는 프레임의 수를 최대화할 수 있는 것으로 분석되었다.

<표 1> FBP 기법과 TSB 기법의 성공률

구분	SR	전송된 프레임 수
FBP	65.85%	4999
TBP	16.52%	4994

<표 2> 프레임별 성공률

구분	B 프레임	P 프레임	I 프레임
FBP	66.96%	74.42%	99.99%
TBP	16.36%	4.55%	0.01%

<표 2>에서 FBP 기법은 프레임의 우선순위가 높을수록 먼저 전송되기 때문에 종료시한 내에 전송될 수 있는 비율 즉 성공률이 증가됨을 알 수 있다. 반면 TBP 기법은 오히려 우선순위가 높을수록 프레임의 크기가 커지기 때문에 큐에서 지연되는 대기시간이 길어지고 결국 전송이 완료되는 시간이 늦어지므로 성공률이 감소되는 것으로 파악되었다.

5. 결론

MPEG 비디오 스트림의 각 프레임은 패킷으로 구성되며 각 패킷은 프레임의 중요도에 따라 우선순위가 설정되어 스케쥴링되는 방법이 본 논문에서 제시되었다. 제시된 프레임 기반 실시간 패킷 스케쥴링 기법은 전송되는 프레임의 종료시한 성공률을 최대화하고 평균 지연시간을 최소화함으로써 연성 실시간 시스템인 분산 멀티미디어 시스템의 전체 성능을 향상시킬 수 있는 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] M. Ditze, P. Altenbernd, C. Loeser, "Improving resource utilization for MPEG decoding in embedded end-devices", *Proc. of 27th Australasian Computer Science Conference(ACSC)*, pp.133-142, 2004.

[2] International Organization for Standardization, "Information technology-Coding of audio-visual objects(MPEG-4) Part 2: Video, international standard," ISO/IEC JTC 1/SC 29 14496-2, 2002.

[3] M. Burza, J. Kang, P. van der Stok, "Adaptive Streaming of MPEG-based Audio/Video Content over Wireless Networks", Journal of Multimedia, 2(2), 17-27, 2007.