論 文
54D-5-6

적응 청크 알고리즘 기반 멀티미디어 스트리밍 알고리즘

Flexible Multimedia Streaming Based on the Adaptive Chunk Algorithm

金 東 煥* · 金 井 根** · 張 泰 奎†
(Dong-Hwan Kim · Jung-Keun Kim · Tae-Gyu Chang)

Abstract - An adaptive Chunk algorithm is newly devised and a collaborative streaming is designed for high quality multimedia streaming service under time varying traffic conditions. An LMS based prediction filter is used to compensate the effect of time varying background traffic of the WAN. The underflow is generated for the 20~28% of the data stored in the central server by applying the FARIMA(Fractional Autoregressive Integrated Moving Average) traffic modeling method. The proposed algorithm is tested with the MPEG-2 video files and compensates 77~85% of central stream underflow.

Key Words : Multimedia Streaming, QoS, Chunk Algorithm, LMS Algorithm, Adaptive Filter

1. 서 론

다수의 사용자를 대상으로 WAN(Wide Area Network)을 통해서 고품질의 멀티미디어 스트리밍 서비스를 하는 데 있어서 WAN에서의 전송 대역폭 부담을 줄이기 위한 기법으로 청크 알고리즘(Chunk algorithm)이 제시된 바 있다[1]. 청크 알고리즘은 비디오 스트림의 사전 스테이징에 의해 WAN에서의 센트럴 서버에 의한 CBR(Constant Bit-rate) 전송과 LAN(Local Area Network)에서의 프록시 서버에 의한 VBR(Variable Bit-rate) 전송으로 구분하여 센트럴 서버의 전송 부담을 줄여주는 협력 전송 기술이다. 그러나, 청크 알고리즘은 WAN에서 CBR의 보장을 가정한 기법으로써 백그라운드 트래픽의 변동폭이 큰 인터넷 환경에서는 이러한 가정이 비현실적이므로 실제 적용에 제약이 따른다[2]. 이에 본 논문에서는 적응 신호 처리 기법을 WAN의 전송 대역폭의 변동 상황을 예측하는데 적용하여, 제때에 클라이언트 버퍼에 수신되지 못할 것으로 예상되는 비디오 프레임 데이터를 프록시 서버에서 부가적으로 전송하도록 하는 적응 청크 알고리즘을 새로이 제시하고자 한다. 제시한 알고리즘의 타당성은 청크 알고리즘 기반의 멀티미디어 스트리밍 구조에 적응 청크 알고리즘을 적용하여 전송률 저하로 발생하는 버퍼 언더플로우가 효율적으로 보상됨을 보임으로써 검증한다.

2. 청크 알고리즘

청크 알고리즘은 센트럴 서버 이외에 프록시 서버를 두어 프록시 서버가 센트럴 서버의 전송을 분담하여 WAN의 전송 대역폭을 줄이는 스트리밍 기법이다. 압축된 비디오 데이터는 특성상 시간에 따라 크게 변동하는 소비 스케줄을 가지고 있기 때문에 센트럴 서버에서의 CBR 전송만으로는 원활한 스트리밍 서비스가 어렵다[3]. 이에 청크 알고리즘에서는 센트럴 서버가 상대적으로 낮은 CBR로 전송을 하고 프록시 서버가 변동하는 부분을 VBR로 전송함으로써 백그라운드 트래픽에 의해 QoS 보장이 어려운 센트럴 서버의 전송부담을 줄여주고자 제안한 기법이다. 트래픽의 변동이 심하고 할당할 수 있는 전송 대역폭이 작은 WAN 환경에서는 센트럴 서버의 CBR을 상대적으로 낮게 설계해야 한다. 이는 프록시 서버에서 대부분의 스트리밍을 담당하게 되어 분담 전송 취지의 청크 알고리즘의 실효성이 떨어진다. 따라서 트래픽 변동이 큰 WAN 환경에서는 청크 알고리즘의 스테이징에 의한 버퍼 스위칭과 같은 수동적인 방법으로는 비디오 스트리밍에 있어서 가변적인 전송률로 인한 QoS를 보장하기 어렵다.

3. 적응 청크 알고리즘 기반의 멀티미디어 스트리밍

본 논문에서는 WAN에서의 전송 대역폭의 변동 상황을 적응 신호처리 기법으로 예측하여 제시간에 클라이언트에 수신되지 못할 것으로 예상되는 비디오 프레임의 데이터를 프록시 서버에서 부가적으로 전송하도록 하는 적응 청크 알고리즘 기법을 제시하였다.

3.1 적응 청크 알고리즘

적응 청크 알고리즘은 그림 1과 같이 LMS 알고리즘을 사용하여 WAN에서의 백그라운드 트래픽으로 인한 센트럴 서버의 전송률 변동을 예측한다. LMS 예측 필터는 클라이언트에서 측정한 센트럴 스트림의 전송률을 입력으로 식(1)을 사용하여 전송률 예측 오차가 최소가 되도록 필터 계수를 갱신하고, 예측 결과를 프록시 서버로 전송한다[6].

$$f(n) = u(n) - \hat{w}(n)U(n-1),$$
$$\hat{w}(n+1) = \hat{w}(n) + U(n-1)f(n) \quad (1)$$

여기에서, $w(n)$는 필터 계수, μ는 스텝 사이즈, $f(n)$은 예측

† 교신저자, 終身會員 : 中央大學校 電子電氣工學部 敎授
E-mail : tgchang@cau.ac.kr
* 學生會員 : 中央大學校 電子電氣工學部 博士課程
** 正 會 員 : 韓國電子通信硏究院 先任硏究員
接受日字 : 2004年 12月 15日
最終完了 : 2005年 3月 25日

오차이다.

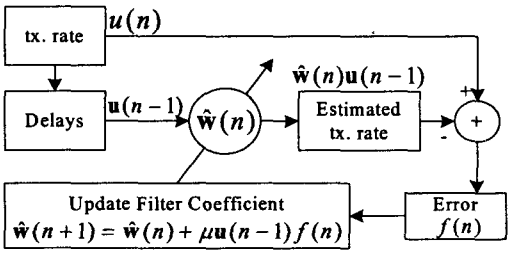

그림 1 LMS 기반 전송률 예측 필터의 신호 흐름도

Fig. 1 The signal flow diagram of the LMS based adaptive prediction of the transmission rate

적응 청크 알고리즘을 적용한 멀티미디어 스트리밍 서비스 모델을 그림 2에 나타내었다. 프록시 서버에서는 센트럴 서버의 전송률을 예측한 값으로 클라이언트 버퍼의 언더플로우를 보상하기 위한 프레임 데이터를 계산하여 센트럴 스트림의 누락 부분을 프록시 스트림에 추가적으로 할당하여 전송한다. 언더플로우가 발생하면 클라이언트는 센트럴 스트림 버퍼를 프록시 스트림 버퍼로 전환하여 프록시 서버로부터 전송된 복구 프레임 데이터를 소비함으로써 멀티미디어의 연속적인 재생이 가능하게 된다.

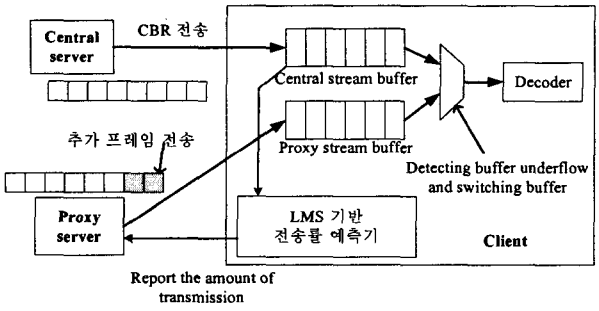

그림 2 적응 청크 알고리즘을 적용한 멀티미디어 스트리밍 모델

Fig. 2 The multimedia streaming model which adopts the collaborative streaming of the proposed adaptive Chunk algorithm

3.2 버퍼 언더플로우 보상 기법

클라이언트의 버퍼 언더플로우 보상을 위해 센트럴 스트림의 예측값 $\hat{R_C}(n+1)$은 LMS 알고리즘으로 예측한 전송률으로부터 식 (2)와 같이 얻을 수 있다.

$$\hat{R_C}(n+1) = r_C(n) + \frac{nf_c(n+1)}{frame\ rate} \times bps_c(n+1) \qquad (2)$$

식에서 $r_C(n)$는 프록시 스트림이 소비되는 동안 전송 받은 센트럴 스트림의 양을, $nf_c(n+1)$는 (n+1)번째 구간에서의 센트럴 스트림의 프레임 수를 의미하며, $bps_e(n+1)$은 (n)번째 구간에서 예측한 다음 구간의 센트럴 스트림의 전송률이다. 이를 실제 필요한 비디오 데이터 크기 $R_c(n+1)$와 비교하여 버퍼 언더플로우를 예측한다.

4. 동작 성능 실험 결과

적응 청크 알고리즘의 동작 성능을 검증하기 위하여 네트워크 트래픽을 모델링하고, 이에 의해 발생하는 전송률 변동을 예측하기 위한 LMS 기반의 적응 필터를 설계하여 MPEG-2 비디오를 대상으로 시뮬레이션을 하였다. 실험 데이터는 표 1과 같이 720×480 해상도의 main profile, main level MPEG-2 비디오를 사용하였다.

표 1 MPEG-2 비디오 프로파일

Table 1 Test files used performance simulation

구 분	Bad Boys	Coyote Ugly	Star Wars	X-Man
시간 (분)	114	97	131	100
크기 (MB)	3,166.8	3,261.1	4,855.1	3,201.8
프레임 수	170,995	114,992	196,101	150,078
최소비트율(kB/s)	28.4	22.6	2.7	256.9
최대비트율(kB/s)	1179.9	1124.4	1087.1	1018.6

청크 알고리즘에 기초하여 200kbyte/sec의 센트럴 서버의 전송률과 75 프레임 주기의 센트럴 스트림 소비 스케줄을 갖도록 스테이징한 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2 MPEG-2 비디오 스테이징 결과

Table 2 Results of video data staging (CBR:200kB/s)

구 분		Bad Boys	Coyote Ugly	Star Wars	X-Man
스위칭 수		4,560	3,868	5,230	4,004
프록시	프레임 수	93,530	89,619	128,420	93,876
	사이즈	1,830.9	2,128.4	3323.0	2029.3
	버퍼 요구량	2,612	2,622	2,811	2,193
센트럴	프레임 수	77,464	55,372	67,680	56,201
	사이즈	1337.8	1132.8	1532.0	1172.5
	버퍼 요구량	1,175	1,986	1,176	918

※ 사이즈 : Mbyte, 버퍼 요구량 : kbyte

네트워크 트래픽은 시간에 따라 급변하며, 통계적인 특성으로 자기유사성(self-similarity)을 갖는다[4]. 이는 Fractional Autoregressive Moving Average (FARIMA) 프로세스를 사용하여 모델링이 가능하며 식 (3)과 같이 정의된다[5].

$$X_t = \frac{1-\theta_1 B}{1-\phi_1 B}\nabla^{-d} n_t \qquad (3)$$

여기에서 B는 시간 지연(backward-shift) 연산자, n_t는 백색 잡음(white noise)이며 d, θ_1, ϕ_1은 각각 0.2940911, -0.373878, -0.174523을 적용하여 모델링하였다[5].

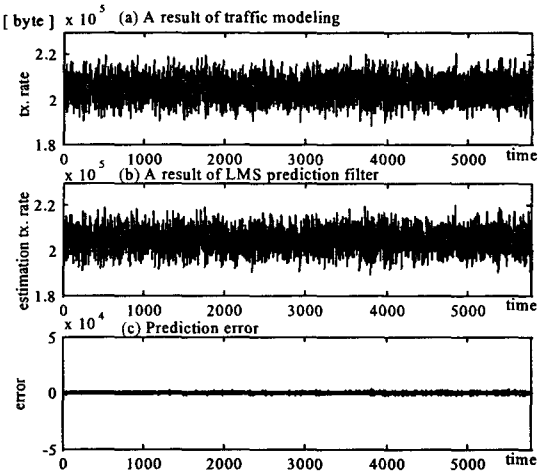

그림 3 LMS 기반 적응 예측기의 전송률 예측 결과

Fig. 3 An example plot of the traffic prediction result to show the satisfactory behavior of the LMS filter

그림 3은 LMS 알고리즘을 적용하여 전송률 변동을 예측한 결과이다. 전송률 예측기는 입력 주파수 1Hz, 동작 주파수 10Hz의 16차 적응 필터로 설계하였으며, 스텝 사이즈는 $\tilde{\mu}/\|u\|^2$로 정규화한 LMS 알고리즘을 적용하였다. 적응 예측기의 동작 성능은 평균 전송률이 200kbyte/sec인 입력에 대해 0.7kbyte/sec의 평균제곱근(RMS) 오차를 보였다.

적응 청크 알고리즘을 적용한 결과 센트럴 스트림 소비 구간의 20%~28%에서 발생한 언더플로우의 77%~85%를 프록시 서버에서 추가적인 데이터를 전송함으로써 보상되었으며, 표3에 그 결과를 요약하였다. 이로써 제시한 알고리즘이 급변하는 네트워크 트래픽 상황에서도 원활한 멀티미디어 스트리밍 서비스를 가능케 함을 확인 하였다.

표 3 적응 청크 알고리즘의 언더플로우 보상 결과

Table 3 Results of the proxy streaming to compensate the underflow of the streaming from the central server

제 목	발생 횟수	발생 비율	예측 횟수	보상 횟수	보상 비율
Bad Boys	641	28%	682	560	82.1%
Coyote Ugly	426	22%	494	364	85.4%
Star Wars	529	20%	561	467	83.0%
X-Man	515	26%	562	433	77.0%

5. 결 론

본 논문에서는 원활한 고품질의 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공하기 위하여 센트럴 서버의 전송 대역폭 변동을 LMS 기반의 적응 예측기로 추정함으로써 전송률 저하로 발생하는 클라이언트의 버퍼 언더플로우를 프록시 서버에서 보상하여 주는 적응 청크 알고리즘을 새로이 제시하였다. 적응 청크 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 네트워크 트래픽을 모델링하고, 이로 인한 전송 대역폭 변동을 예측을 위한 LMS 기반의 16차 필터를 설계하였다. 센트럴 서버와 프록시 서버의 협업 전송 스트리밍 시스템에 MPEG-2 비디오 데이터를 대상으로 성능실험을 한 결과, 제시한 알고리즘은 센트럴 스트림 소비 구간에서 발생한 20~28%의 언더플로우에 대해 77%~85%를 보상함을 확인함으로써, 급변하는 네트워크 트래픽 환경에서도 원활한 멀티미디어 스트리밍 서비스를 가능케 할 수 있음을 검증하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 차세대 디지털컨버전스플랫폼 기술 개발 과제 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] W. H. Ma and D. H. C. Du, "Reducing Bandwidth Requirement for Delivering Video over WAN with Proxy Server", IEEE Trans. on Multimedia, vol. 4, no. 4, pp.539-550, Oct. 1999.

[2] T. C. Hou and A. K. Wong, "Queueing analysis for ATM switching of mixed continuous-bit-rate and bursty traffic", INFOCOM '90. Ninth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communication Societies. 'The Multiple Facets of Integration'. Proceedings, IEEE, vol.2, pp. 660-667, Jun. 1990.

[3] Garrett, M. and W. Willinger. "Analysis, modeling and generation of self-similar VBR video traffic". Proceedings of the ACM SIGCOMM '94 Conference, pp. 269-280, Aug. 1994.

[4] Will E. Leland, Murad S. Taqqu, Walter Willinger and Daniel V. Wilson, "On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version)", IEEE/ACM Trans. on Networking, vol. 2, no. 1, Feb. 1994.

[5] Jiakun Liu, Yantai Shu, Lianfang Zhang and Fei Xue, "Traffic Modeling Based on FARIMA Models", IEEE Proceedings of the 1999 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, pp. 162-167, May. 1999.

[6] Simon Haykin, Adaptive Filter Theory 4th Edition, Prentice Hall, 1996.