

DLNA 기기 특성을 고려한 동적 적응형 스트리밍에 대한 연구

김미정, 김봉, 윤일철, 김현숙*,

(재)씨윅코리아*, 한국뉴욕주립대학교

Embracing Device Characteristics for Dynamic Adaptive Video Streaming

Mijung Kim · Feng Jin · Ilchul Yoon · Xianshu Jin*

CEWIT Korea*, State University of New York Korea

E-mail : {mijung.kim, feng.jin, icyoon}@sunykorea.ac.kr, esther@cewit.ac.kr*

요 약

Allshare, Smartshare와 같은 무선 홈 네트워크 환경에서의 DLNA 기반 멀티 미디어 콘텐츠 공유 서비스가 보편적으로 이용되고 있다. 하지만, 잦은 대역폭 및 신호세기 변동 등의 무선 네트워크의 특성은 서비스에 대한 사용자 체감 품질을 저하시킬 수 있다. 이와 같은 문제를 최소화하기 위한 방법으로 동적 적응형 스트리밍 기법에 관한 연구가 있는데, 본 연구는 모바일 기기의 해상도나 프로세서 성능 등 사용자가 사용 중인 기기 특성을 반영하여 무선 네트워크 환경에서 DLNA 기반 멀티 미디어 콘텐츠 공유에 적합한 동적 적응형 스트리밍 기법을 제안하였다. 저자들이 기존 연구에 사용한 Kalman Filter를 사용자 기기의 특성을 반영할 수 있도록 향상시키고, 실험을 통하여 제안한 기법이 가용 대역폭과 사용자 기기 성능을 고려하여 전송 속도를 적절히 결정할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

Multimedia contents sharing services based on DLNA (Digital Living Network Alliance) technology such as Allshare or Smartshare in wireless home networks is widely adapted in Korea. However, the characteristics of the wireless network - frequently fluctuated bandwidth and signal strength could degrade the quality perceived by users. To minimize the impact of the challenge there are active researches in dynamic adaptive streaming. This paper proposes a dynamic adaptive streaming approach designed in a wireless network taking into account of the specifications of the user device such as resolution and processor. We modify the Kalman filter considering the characteristics of the device and demonstrate that the proposed approach determines Bit Rate using the modified filter.

키워드

DLNA, 동적 적응형 스트리밍, 칼만필터

I. 서 론

DLNA 인증(DLNA-certified) 장치들이 4.4 억개로 증가하여 일반 가정에서의 사용에 보급되면서 [1], 동적 적응형 스트리밍(Dynamic Adaptive Streaming) 기법을 적용한 무선 네트워크 환경에서 멀티미디어 공유 서비스의 사용자 체감 품질 향상을 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. DLNA 기반 미디어 콘텐츠 공유 서비스의 핵심 서비스인 HTTP 미디어 스트리밍 서비스는 대부분 무선 네트워크 환경에서 휴대성 모바일 기기들 사이에서 이루어지기 때문이다.

무선 네트워크의 신호세기의 변화 및 가용대역폭의 잦은 변동 등 변수로 인하여 상황(상태)를 예측하기 어려운 특성으로 인한 높은 패킷 손실율과 패킷 지연(delay)은 고품질 미디어 스트리밍에 부정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라, 사용자의 비디오 체감품질도 저하시키게 된다. 근래, 동적 적응형 스트리밍은 네트워크 상태를 감지하여 그에 따라 비디오 스트리밍 품질을 조정함으로써 기법으로 HTTP 동적 적응형 스트리밍(DASH)[2]을 적용하고 있다.

본 논문에서는 가용대역폭 예측을 위한 추가적인 패킷 전송 없이 TCP ACK 만 모니터링 함으로

써 네트워크의 가용 대역폭을 추정한다. 예측된 가용 대역폭 값 기반으로 네트워크 상황에 적합한 Bitrate를 Kalman filter[3]의 예측과 보정 두 단계를 반복하면서 현재 사용자의 서비스 환경에 적합한 Bitrate를 계산한다. 추가적으로 사용자가 사용하고 있는 모바일 기기의 해상도를 고려하여 스트리밍 Bitrate에 상한선을 줌으로써 현재 사용자의 서비스 환경에서의 서비스 체감 품질을 최대한 보장하면서 불필요한 네트워크 자원 낭비를 줄이는 알고리즘을 제안한다. 양호한 네트워크 상황에서 고화질 스트리밍을 사용자의 모바일 기기 해상도가 따라가지 못하는 상황이라면 네트워크 자원을 낭비하면서 고화질 스트리밍을 전송하는 것 보다 사용자 기기 해상도를 상한선으로 맞춰 인코딩 하여 전송함으로써 사용자의 체감 품질 저하 없이 네트워크 자원을 보다 유용하게 활용할 수 있다. 본 논문에서는 실제 Bitrate 예측 값과 예측된 가용 대역폭 값을 계산하는 실험을 통하여 보였다.

II. 본 론

이 연구는 가용대역폭의 변동이 잦은 네트워크 상태에 DLNA기반 고화질 스트리밍 사용자의 기기정보까지 반영한 동적 스트리밍 메카니즘을 다음과 같이 제안한다. (1) 클라이언트가 비디오 HTTP 리퀘스트를 보낸다. (2) 이때부터 서버는 연속적으로 네트워크 상태 모니터링을 시작한다. (3) 서버는 계속해서 비디오를 위한 타깃 Bit rate을 계산한다. (4) 각각의 인스턴스 δ 에서 서버는 가장 최근에 계산된 Bit rate을 선택한다.

가용대역폭 추정: 서버기반 시스템에서 서버가 클라이언트의 특별한 요청 없이 가용대역폭을 추정하는 것은 매우 중요하다. 이러한 목적으로 여기에서 적응형 서버는 TCPW의 대역폭 추정 알고리즘을 실행한다. 알고리즘의 계산은 계속해서 모니터링되고 있는 ACK의 리터닝 rate [4]에 따르므로써 클라이언트의 피드백을 방지할 수 있다.

Rate 적응: 네트워크 대역폭의 변동을 감지하면, 서버는 콘텐츠의 그 다음 δ 구간 인코딩을 위하여 Bit rate을 선택한다. Rate 적응형 모듈은 네트워크 환경과 사용자의 스트리밍 변화 감지 등을 고려하면서 최적의 Bitrate을 결정하는 역할을 담당한다. 이전 논문에서 채택한 TCP Westwood 방법과 나아가 불확실한 노이즈나 입력데이터 손실 등과 같은 상황에도 예측을 잘하는 것으로 알려진 Kalman filter로 Bit rate을 추정하였다 [5][6][7]. Kalman filter는 각각의 인스턴스에서 1) 리얼타임 측정 동안 추정치를 예측하고 2) 이전의 정확도를 기반으로 예측 정확도를 계산하여 3) 이 정확도로 예측 값을 업데이트하는 메카니즘으로 이루어진다. 일반적으로 Kalman filter에서의 예측 값은 (1)과 같이 표현된다.

$$\hat{x}_k = Ax_{k-1} + Bu_{(k-1)} \quad (1)$$

위의 식에서 A, B_k는 각각 시스템의 수학적 n 차원모델로서 본 논문에서는 계산이 진행됨에 따라 선형화됨을 볼 수 있다. 그 다음으로 이전의 추정에러를 사용하여 시스템의 정확도를 (2)와 같이 예측할 수 있다.

$$P_k^- = AP_{(k-1)}A^T + Q \quad (2)$$

여기에서 Q는 시스템에러를 의미한다. 이제 주어진 값을 바탕으로 업데이트 값을 계산하면, (3)과 같은 Kalman gain을 구할 수 있다.

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1} \quad (3)$$

이 때 (3)의 값에 따라 x_k 가 (4)와 같이 업데이트되고, 공분산 P_k 는 (5)와 같이 구해짐을 알 수 있다.

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-) \quad (4)$$

$$P_k = (I - K_k H)P_k^- \quad (5)$$

Bit rate은 관측된 대역폭과 사전에 계산된 Bit rate간의 노이즈와 같은 다양한 환경에 영향을 받는다. 이를 통하여 δ_k : 추정대역폭, x_k : 실제 Bit rate으로 설정하고 예측 Bit rate \hat{x}_k 을 계산하면 (6)과 같이 표현한다.

$$\hat{x}_k = x_{(k-1)} \quad (6)$$

이에 따른 추정에러는 (7)와 같다.

$$P_k = P_{(k-1)} \quad (7)$$

위의 값들은 다음과 같이 표현된다. 즉, Kalman gain K_k 는 추정에러 P 와 노이즈 공분산 R 로 (8)의 값을 얻을 수 있다.

$$K_k = P_k / (\hat{P}_k + R) \quad (8)$$

이 경우, Bit rate x_k 는 Kalman gain과 계산된 Bit rate과 k번째 인스턴스에서 실제 측정된 대역폭 간의 에러로부터 (9)와 같게 된다.

$$x_k = \hat{x}_k + K_k(\delta_k - \hat{x}_k) \quad (9)$$

추정에러 P_k 는 K_k 를 이용하여 (10)와 같이 표현할 수 있다.

$$P_k = (1 - K_k)P_k \quad (10)$$

이 Bit rate 추정모델을 간단히 정리하면 그림 1과 같다.

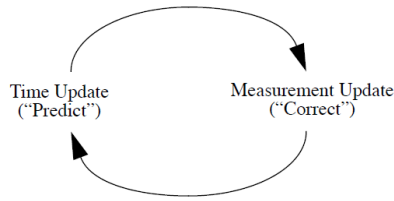


그림 1. Rate 추정 매카니즘

Rate 수정: 일단 타깃 rate을 계산하고, 이 Bit rate으로 비디오를 인코딩한 뒤 HTTP를 통해 스트림한다. 그림 2는 클라이언트와 서버간의 상호관계를 나타낸 것이다.

클라이언트는 HTTP GET 리퀘스트를 비디오 파일명과 함께 보낸다. 리퀘스트 유효성이 검증되면, 서버는 클라이언트로부터 받은 모든 ACK를 계속해서 모니터링하기 시작하고 클라이언트로부터 받은 rate를 계산한다.

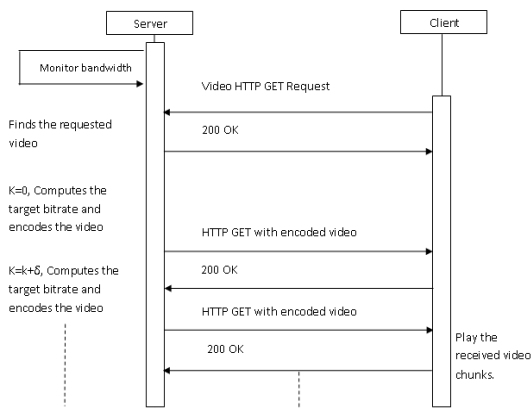


그림 2. 클라이언트-서버 상호작용

서버는 비디오 실제 Bit rate과 장치의 해상도를 고려하면서 미니멈 Bit rate으로 스트리밍을 시작한다. 본 알고리즘은 각각의 ACK를 받을 때마다 Bit rate을 추정하고, 새롭게 추정된 rate는 클라이언트가 δ 초의 데이터를 받은 후에 적용된다.

III. 실험 및 분석

그림 3과 같이 네트워크를 설정하고 Apache 웹 서버를 우분투 12.10에 실행하였다. 사용자 기기는 shw-m420k Galaxy Nexus (최대 해상도: 1280*720)가 이용되었다. 개발된 bitrate 추정 프로그램은 웹서버가 설치된 기계에서 실행된다. 사용자가 웹서버에서 비디오파일을 오픈하면, 개발된 프로그램이 사용자 기기로부터 받은 ACK 패킷을 이용하여 대역폭을 예측하고, 이에 딸 Bit

Rate를 추정한다.

그림 3. 실험 구축환경 실험을 위해 사용한 동영상은 HD 1080p [8]이고, 세부내용은 그림 3과 같다.

Video Format	MPGE-4
Bit rate	871Kbps
Resolution	1920*1080
Frame Rate	24fps
Duration	10mins

그림 3. 테스트용 동영상관련 정보

트래픽 혼잡 상황에서 본 논문에서 제안한 bit rate 추정 방법의 유효성을 측정하기 위하여 동영상 재생시 1분에서 2분 사이에 가용 대역폭을 약 1/10로 낮추도록 강제하였다. 이에 따른 bit rate 추정 알고리즘을 통한 결과를 그림 4에 보였다. 그림에서 초기에 급격히 상승하던 bit rate가 1분~2분 사이에 급격히 하락하고 이후 트래픽을 제거한 후 완만히 다시 상승하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 기기의 특성을 알고리즘에 고려하였기 때문에, 기기의 최대 bit rate는 존재하는 것을 볼 수 있다. 기기의 최대 bit rate를 제한하기 위해서 기기의 해상도를 270*480 으로 가정하였다.

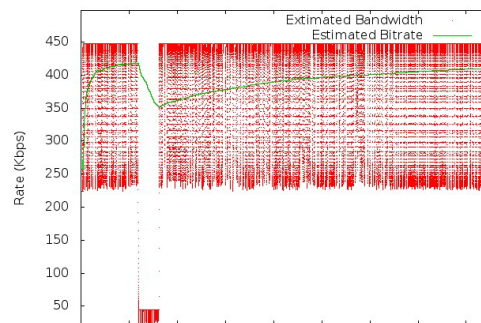


그림 4. 클라이언트로부터 받은 추정된 프레임에서의 BitRate 계산 (R=0.9)

IV. 결 론

본 논문에서는 가용대역폭을 예측하기 위한 알고리즘을 구체적으로 설명하고, 예측된 가용 대역폭 값을 기반으로 Kalman filter 기반의 서비스 Bitrate 추정 방법을 제안하였다. 또한, 사용자 기기의 특성을 고려하여 현재 사용자의 서비스 환경에서의 서비스 체감 품질을 보장하면서 불필요한 네트워크 자원 낭비를 줄이도록 알고리즘을 설계하였다. 대용량 비디오 파일의 스트리밍 실험을 통하여 제안한 방법이 무선 네트워크 환경에서 네트워크 자원을 효율적으로 사용하는데 이용될 수 있음을 보였다.

본 연구에서는 bit rate를 추정하였지만, 실제 추정된 bit rate로 동영상을 다시 인코딩해서 보

내지는 않는다. 향후 연구에서 실제 계산된 bit rate을 기반으로, 효율적으로 transcoding하여 스트리밍하는 방법을 개발할 예정이다.

<http://dx.doi.org/10.1109/TSP.2009.2035983>
 [8] “Bigbuckbunny.org.” [Online]. Available:
<http://www.bigbuckbunny.org/index.php/download/>

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 산업통상자원부SW컴퓨팅산업 원천 기술 개발사업(SW)으로 지원된 연구결과입니다. [10041771, DLNA(스마트 기기간 콘텐츠공유 규격) 자동 시험 인증 소프트웨어 개발]

참고문헌

- [1] A. Research, “Increasing dlna software certification will propel the adoption and connection of devices within the home network,” 2011. [Online]. Available:<http://www.abiresearch.com/press/increasingdlna-software-certification-will-propel>
- [2] T. Stockhammer, “Dynamic adaptive streaming over http -: standards and design principles,” in Proceedings of the second annual ACM conference on Multimedia systems, ser. MMSys ' 11. New York, NY, USA: ACM, 2011, pp. 133-144. [Online]. Available:
<http://doi.acm.org/10.1145/1943552.1943572>
- [3] Greg Welch and Gary Bishop, “An Introduction to the Kalman Filter” , Department of Computer Science, UNC at Chapel Hill, Chapel Hill, NC 27599-3175, July 24, 2006
- [4] S. Mascolo, P. D. Bari, and P. D. Torino, “Tcp westwood: Bandwidth estimation for enhanced transport over wireless links,” 2001, pp. 287-297.
- [5] A. Jain, E. Y. Chang, and Y.-F. Wang, “Adaptive stream resource management using kalman filters,” in Proceedings of the 2004 ACM SIGMOD international conference on Management of data, ser. SIGMOD ' 04. New York, NY, USA: ACM, 2004, pp. 11-22. [Online]. Available:
<http://doi.acm.org/10.1145/1007568.1007573>
- [6] M. G. Jibukumar, R. Datta, and P. Biswas, “Kalman filter based variable bit rate video frame size prediction,” in Wireless Pervasive Computing, 2008. ISWPC 2008. 3rd International Symposium on, 2008, pp. 459-463.
- [7] S. Kang, S. Lee, Y. Won, and B. Seong, “On-line prediction of nonstationary variable- bit-rate video traffic,” Trans. Sig. Proc., vol. 58, no. 3, pp. 1219-1237, march 2010. [Online]. Available: