

무선 네트워크에서 MPEG-4 비디오 전송을 위한 TCP Friendly 전송을 제어 기법

백송남*, 이도현, 정명환, 정재일
한양대학교 전자통신컴퓨터공학부

TCP Friendly Rate Control for MPEG-4 Video Transmission in Wireless Networks

Songnan Bai*, Dohyeon Lee, Myonghwan Jung, Jae-il Jung
Department of Electronics and Computer Engineering
Hanyang University

E-mail : {*songnam, dohyeon, jmh91}@mnlab.hanyang.ac.kr, jijung@hanyang.ac.kr

Abstract

TFRC is an equation-based rate control scheme originally developed for video transmission over wired networks. When applied to the wireless networks, it suffers from performance degradation. In this thesis, we propose an end-to-end loss discrimination algorithm to improve the performance of TFRC over wireless networks. The proposed WLD-TFRC scheme combines Spike and WLD(Wireless Loss Discount) algorithms to discriminate wireless loss from congestion loss, and to discount feedback loss event rate. Experimental results show that WLD-TFRC outperforms the original TFRC and effectively reduce the degradation of the video quality caused by the wireless link status.

I. 서론

효율적인 멀티미디어 전송 서비스를 제공하기 위해 제안된 TFRC(TCP Friendly Rate Control)[1]는 링크 에러율이 극히 적은 유선 네트워크에 적합하도록 설계되었기 때문에 패킷 손실은 항상 혼잡에 의해 발생한다고 가정한다. 그러나 빈번한 패킷 손실이 발생하는 무선 채널의 에러 특성으로 인하여 기존의 TFRC 를 무선 네트워크에 적용하였을 경우 심각한 성능 저하를 초래한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문은 무선 네트워크에서 TFRC 의 성능 저하 문제를 개선하기 위해 무선 채널의 불안정으로 인해 생긴 패킷 손실(무선 손실)을 네트워크 혼잡에 의해 생긴 패킷 손실(혼잡 손실)로부터 구별하여 처리하는 새로운 TFRC 기법을 제안한다. 또한, 제안한 기법을 사용하여 MPEG-4 비디오를 전송할 경우 무선 링크의 불안정한 상태로 인한 비디오의 재생 시 품질 저하 현상을 상당히 줄일 수 있음을 보여준다.

II. 본론

TFRC 의 가장 핵심 되는 기능은 LER(Loss Event Rate)를 계산하는 것이다. 그러나 유무선 환경에서 수신측에서 측정된 LER 에는 무선 손실정보와 혼잡 손실정보가 모두 포함되어 있다. 본 논문에서 제안하는 WLD(Wireless Loss Discount)-TFRC 는 수신측에서 측정된 LER 에 포함된 무선 손실 정보를 제거하기 위하여 송신측에서 Spike 기법을 적용하여 패킷 손실이 발생하는 상태를 판단하고, 무선 손실 상태일 때 수신측에서 피드백한 LER 를 discount 하여 전송율을 실제 네트워크 상황에 알맞게 조절한다.

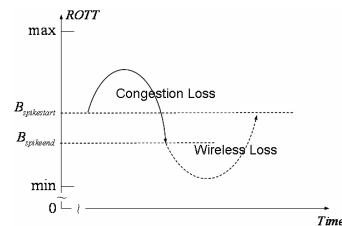


그림 1 Spike 기법

Spike[2] 기법은 ROTT(Relative One-way Trip Times)를 기반으로 무선 손실과 혼잡 손실을 구별한다. 즉 현재 연결 상태가 Spike 상태이면 패킷 손실을 혼잡 손실로 판단하고 반대로, Spike 상태가 아니면 패킷 손실은 무선 손실로 판단한다. 여기에서 사용되는 두 임계값은 다음과 같이 설정하였다.

$$B_{spikestart} = ROTT_{min} + \alpha \times (ROTT_{max} - ROTT_{min}), \quad (\text{식-1})$$

$$B_{spikeend} = ROTT_{min} + \beta \times (ROTT_{max} - ROTT_{min}), \quad \alpha \geq \beta$$

WLD-TFRC 는 무선 네트워크에 위치하는 수신측 단말의 한정된 에너지 소모 특성을 고려하여 유선망에 위

치하는 송신측에 추가적인 LDA 모듈을 추가하는 방안을 사용하였다. 그림 2 는 WLD-TFRC 의 프레임워크 (framework)를 보여주고 있다.

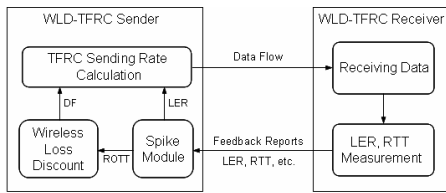


그림 2 WLD-TFRC 프레임워크

WLD-TFRC 와 TFRC 의 차이점은 송신측에 두가지 기능 모듈을 추가한 것이다. 하나는 Spike 기법을 적용하여 네트워크 상태를 판단하는 모듈이고 다른 하나는 WLD 알고리즘을 적용하여 LER 를 discount 하기 위한 DF(Discout Factor)를 계산하는 모듈이다.

WLD-TFRC 의 동작과정은 다음과 같다. 송신측은 수신측에서 피드백한 패킷의 타임스탬프(timestamp)를 이용하여 수신측에서 송신측까지의 ROtt 를 계산한다. 측정된 ROtt 샘플은 Spike 모듈에 들어가서 현재 네트워크 상태를 판단하게 된다. 만일 Spike 상태이면 혼잡 손실로 판단하여 discount 처리를 거치지 않고 반대로, Spike 상태가 아니면 무선 손실로 판단하여 WLD 알고리즘을 적용하여 DF 를 계산한다. DF 의 결정은 IIAD(Inverse Increase Additive Decrease)[3] 알고리즘을 사용하여 계산한다.

$$d = \begin{cases} d + m/d, & \text{if } ROtt_{mean} < (\alpha + 1) \times ROtt_{min}; \\ d - n, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (\text{식-2})$$

$$ROtt_{mean} = (1 - \beta) \times ROtt_{mean} + \beta \times ROtt$$

DF 의 계산 방정식은 아래와 같다.

$$0 < F_d = \frac{1}{d^2} \leq 1 \quad (\text{식-3})$$

WLD 알고리즘은 수신측에서 피드백한 LER 에 동적으로 계산된 DF 를 적용하여 LER 를 discount 하는데 수정된 TFRC 의 throughput 계산 방정식은 아래와 같다.

$$T = \frac{s}{R \sqrt{\frac{2p_d}{3}} + t_{RTO} (3 \sqrt{\frac{3p_d}{8}}) p_d (1 + 32p_d^2)} \quad (\text{식-4})$$

where $p_d = p \times F_d$

III. 실험결과

제안하는 WLD-TFRC 의 성능 평가와 분석을 위해 그림 3 과 같은 last-hop 무선 네트워크 토폴로지를 구성하고 ns-2[4]와 Evalvid[5]를 기반으로 구축한 비디오 전송 및 평가시스템을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

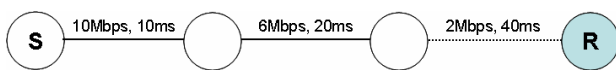


그림 3 시뮬레이션 토폴로지

제안하는 WLD-TFRC 기법의 성능을 평가하기 위하여 GE 에러 모델을 사용하여 무선 네트워크에서의 패킷 손실율을 0.00 부터 0.08 까지 0.01 씩 증가하면서 WLD-TFRC, TFRC, TCP 플로우들의 성능을 측정 및 비교하였다. 비디오 화질 평가에서 무선 네트워크에서 MPEG-4 비디오를 전송할 때 WLD-TFRC 는 TFRC 보다 PSNR 가 2.16db 의 비디오 화질이 향상된 것을 확인할 수 있다.

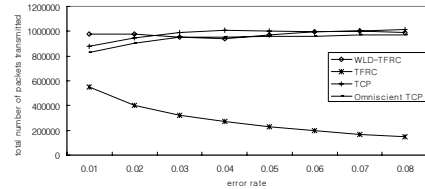


그림 4 에러율 변화에 의한 전송 패킷 수

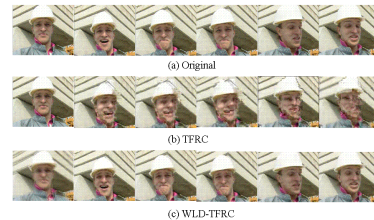


그림 5 MPEG-4 비디오 화질 평가

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 무선 네트워크에서 TFRC 의 성능 저하 문제를 해결하기 위해 무선 손실과 혼잡 손실을 구별하는 Spike 알고리즘과 WLD 알고리즘을 결합하여 무선 손실이 TFRC 에 주는 영향을 최소화하였다. 또한 비디오 전송 및 평가시스템을 구축하여 제안된 기법이 무선 네트워크에서 비디오 전송을 위해 사용될 때 비디오 재생 품질에 주는 영향도 분석하였다. 향후 연구과제로는 이질적인 무선 네트워크에서 서로 다른 도메인으로 핸드오버를 수행할 때 TFRC 등 혼잡 제어 메커니즘들의 성능 저하 현상을 분석하고 사용 가능 대역폭에 빨리 적응하는 기법을 제안하여 다중 네트워크 인터페이스를 가진 무선 단말이 이질적인 무선 네트워크에서 좀 더 유연한 스트리밍 서비스를 받게 하는 것이다.

참고문헌

- [1] S. Floyd, et al., "Equation-Based Congestion Control for Unicast Applications", In Proceedings of ACM SIGCOMM, Aug 2000.
- [2] S. Cen, et al., "End-to-end differentiation of congestion and wireless losses", IEEE/ACM Trans. on Networking, Volume 11, pp. 703-717, Oct 2003.
- [3] M. Chen and A. Zakhor, "Rate Control for Streaming Video over Wireless", Proc. of Infocom 2004, Mar 2004.
- [4] NS-2 simulator. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [5] Evalvid simulation tool home page, http://hpds.ee.ncku.edu.tw/~smallko/ns2/Evalvid_in_NS2.htm