

유무선 혼합망에서 신속한 fast-retransmission 기법에 관한 연구

백 선 욱*

*상명대학교 컴퓨터.정보.통신공학부
e-mail: paeksu@smu.ac.kr

A Study on fast fast-retransmission in wireless networks

Seonuck Paek*

*Dept. of Computer Software, Sangmyung University

요 약

본 논문에서는 유선망과 무선망이 혼재된 네트워크 환경에서 유선망에서 발생한 혼잡 상황을 송신측에 빨리 알려서 손실된 패킷에 대한 신속한 fast retransmission을 가능하도록 하는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 유선망과 무선망의 경계에 있는 기지국에 구현되는데, 유선망으로부터 순서가 유지되지 않은 패킷이 3 개 연속해서 오게 되면 수신부로부터 3 개의 중복 ACK 세그먼트가 오기를 기다리지 말고 즉시 송신측에 3 개의 중복 ACK를 인위적으로 만들어 전송함으로써 송신측이 망의 혼잡 상황을 빨리 파악하여 대처할 수 있도록 한다. 특히 무선망 환경은 유선망에 비해 상대적으로 에러가 많이 발생하는 환경이므로 유선망의 혼잡 상황을 무선망의 수신부 측이 중복 ACK를 통해 알도록 하는 것은 상당한 지연을 야기 할 수 있으므로 제시된 기법은 이러한 환경에서 효과적으로 사용될 수 있다. 제안된 기법의 성능 향상 효과를 NS-2를 통한 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

1. 연구 배경

무선망은 유선망과 달리 페이딩(fading), 잡음, 간섭 등에 의해 링크의 전송 비트 에러율(bit error rate)이 상대적으로 높아 링크 에러로 인한 패킷 손실이 자주 발생하는 특성이 있다. 이러한 무선 링크와 유선망이 혼재하는 그림 1과 같은 환경에서 기존의 TCP를 적용할 경우에 무선망에서의 에러도 송신측 TCP는 망의 혼잡으로 간주하여 재전송 타임아웃 시간을 늘리고 송신 윈도우를 과도하게 축소하는 혼잡제어를 수행함으로써 결과적으로 대역폭을 낭비하고 네트워크의 전체적인 성능을 저하시키는 문제점을 발생시킨다[1][2][6]. TCP의 이러한 문제점을 해결하기 위해 I-TCP, W-TCP, TULIP, snoop 등 다양한 기법들이 제안되고 있다1).



그림 1 유선망-무선망의 통합환경

그러나, 현재까지의 유무선 통합망에 관한 연구는 주로 무선망에서 발생한 패킷 손실로 인한 성능 저하를 어떻게 개선하는가 하는 데에 집중되어 있다. 그러나, 무선망의 높은 에러율은 유선망에서 발생한 패킷 손실을 복구하는데에도 영향을 미치는데, 이러한 분야에 관한 연구는 아직까지 미진한 실정이다. 본 논문에서는 이러한 영향을 분석하여 유선망에서의 패킷 손실을 신속하게 복구하는 기법을 제안하고 그 성능을 시뮬레이션을 통해 살펴보고자 한다.

본 논문에서는 end-to-end 의미를 유지하면서도 우수한 성능을 보이는 SNOOP과 같은 링크 계층 수준의 재전송기법을 BS(base station)와 MH(mobile

1) 이 기법들에 대한 비교는 [6] 참조.

host) 사이에 적용한 경우에 유선망의 오류를 신속하게 복구할 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 먼저 2절에서는 SNOOP 기법에 대해 기술하고 3절에서는 제안한 기법에 대해 그리고 4절에서는 NS-2를 이용한 시뮬레이션 결과를 기술한다.

2. SNOOP

snoop은 그림 1과 같이 유선망과 무선망이 서로 연결되어 있는 환경에서 TCP 성능 향상을 위한 방법으로 제안되었다[1][2]. snoop 모듈은 유무선 망 사이의 BS(base station)에서 유무선 망 사이의 패킷 전송을 감시하고 제어한다. FH(fixed host)로부터 MH(Mobile host)로 전송되는 데이터 패킷은 BS의 캐쉬에 저장된 후 MH로 전송되며, 이 데이터에 대해 MH로부터 오는 ACK 패킷은 FH로 전달된다. 만일 BS가 MH로 전달한 데이터 패킷이 손실되었다고 판단될 경우에는 BS는 자신의 캐쉬에 저장되어 있는 해당 데이터를 MH로 재전송해 줌으로써 무선망에서의 패킷 에러를 FH로부터 숨길 수 있다. 따라서, FH에서의 불필요한 혼잡 제어 작동을 막을 수 있다.

BS의 snoop에서 무선 상의 패킷 손실이 발생했음을 감지하는 경우는 두 가지인데, 첫째는, MH로부터 중복 ACK 패킷이 발생하는 경우이며, 두 번째는 BS에서의 지역 재전송 타이머의 timeout에 의한 패킷 손실 감지이다. 어느 경우이든 BS는 캐쉬의 데이터를 재전송해줌으로써 무선망에서의 패킷 손실을 BS에서 감추어 FH에서 불필요한 혼잡제어 기법이 작동하지 않도록 한다.

3. 신속한 fast-retransmission 기법

SNOOP에서는 FH에서 MH로 향하는 데이터 세그먼트를 수신하면 버퍼에 저장한 다음에 MH로 전달하는 역할만 하는데, 순서가 어긋난 패킷(out-of-order 패킷)이 도착한 경우에는 손실되었다고 판단된 패킷의 순서번호를 표시해 두고 MH로 전송한다. 만일 MH로부터 전송되는 ACK 패킷이 자신이 표시해 둔 순서번호에 대한 것이라면 FH로 전달해주고 그렇지 않으면 무선망에서의 에러로 인한 중복 ACK로 간주하여 FH로 전달하지 않는다. 유선망 측에서 혼잡이 발생하여 out-of-order 패킷이 BS에 도착할 경우 MH에서의 중복 ACK 패킷이

나 FH에서의 timeout에 의해서 손실된 데이터의 재전송이 일어나게 된다. 이로 인해 유선망에서의 혼잡이 송신 측의 FH에 알려지는 시점이 늦어지게 되는 문제점이 발생한다. 이러한 SNOOP의 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 end-to-end TCP 사이에 이루어지던 fast re-transmission 기법을 FH와 BS 사이에 적용함으로써 유선망의 혼잡에 대한 신속한 대응이 가능하도록 하였다.

먼저, BS는 out-of-order 패킷이 FH로부터 3개 연속해서 도착하면 손실된 패킷을 인지하고 그 패킷들에 대한 중복 ACK를 3개 만들어서 송신측 FH에게 전송하도록 한다. 즉, out-of-order 패킷들이 MH로 전달되고 MH가 3개의 중복 ACK를 BS를 통하여 FH에게 전달하는 방법에 비해 유선망에서의 패킷 손실을 신속하게 FH에게 알리는 효과가 있다. MH에서는 out-of-order 패킷이 도착하면 아직 순서대로 수신하지 못한 패킷의 재전송을 요구하는 중복 ACK를 생성하는데, 본 논문의 기법을 적용할 경우에는 MH로부터의 이러한 중복 ACK 패킷들에 대해 BS는 FH로 전달하지 않고 폐기한다. 본 논문의 기법은 특히 bursty error 특성을 갖는 무선망의 특징을 고려하면 더욱 효과적이라고 예상된다. 즉, BS와 MH 사이에 전송된 out-of-order 패킷에 에러가 발생하면 MH에서 중복 ACK를 생성하는 것 자체가 지체될 수 있다. 또한, 에러없이 out-of-error 패킷들이 MH로 성공적으로 전달되었다 하더라도 이러한 패킷들에 대한 중복 ACK들이 무선상에서의 오류로 인해 손실될 수도 있어서 BS에 여러 개의 중복 ACK가 전달되지 않을 수도 있다. 이러한 요인으로 인해 유선망에서의 혼잡으로 인한 패킷 손실에 대한 중복 ACK가 FH로 전달되는데 상당한 지연을 겪을 수 있다. 또한 BS와 MH 사이의 지연시간이 클수록 MH로부터의 중복 ACK가 FH로 전달되는데 걸리는 지연 시간이 더 커진다. 즉, 본 논문에서 제안된 기법은 무선망에서의 에러발생율이 높을수록 또한 거리가 멀수록 성능 향상 효과가 높을 것으로 예상된다.

4. 시뮬레이션

본 논문에서 제안된 기법의 성능향상 효과를 살펴 보기 위해 NS-2를 이용하여 시뮬레이션을 하였다. 유선환경에서의 패킷 에러 확률의 변화에 따라 성능

이 어떻게 변화하는가를 중심으로 살펴보았다. 시뮬레이션 환경은 다음과 같이 설정하였다. 유선망에서는 10Mbps의 속도에 FH와 BS와의 지연 시간이 20ms이며 에러 모델로는 random error 모델을 가정하였다. 또한, 무선망은 2 Mbps의 속도에 46us의 지연 시간을 갖는 것을 가정하였다. 무선망의 에러 모델로는 [8]에서 제안한 two state Markov model을 사용하였다. 이 모델에서는 무선망의 에러 상태를 good state와 bad state로 분류하는데, 시뮬레이션에서는 평균 97ms 동안 good state에 머물고 평균 3ms 동안 bad state에 머무는 것을 가정한다. 이 모델에서는 5%까지의 패킷 에러를 발생시킬 수 있으며, 평균 5개의 burst 크기를 형성하는데, 이러한 모델은 무선망의 모델로 널리 가정되고 있다[9]. 시뮬레이션에서는 유선망의 패킷 에러 확률을 7%, 0.7%, 0.07%로 변화시켜 가면서 FH가 송신할 수 있는 패킷의 순서번호를 추적하였다. 그림 2~4에서 x축은 시간의 흐름을 나타내며, y 축은 FH가 전송한 데이터 패킷의 순서번호를 나타낸다. 그림 2~4에서 보여주듯이 모든 경우에 본 논문에서 제안한 기법이 기존의 SNOOP 기법에 비해 FH가 더 많은 양의 패킷을 전송할 수 있음을 보여준다. 또한 유선망의 에러 발생률이 0.07%로 매우 낮을 때는 제안된 기법과 SNOOP과의 성능차이가 거의 없으나 유선망의 에러발생률이 높을 수록 제안된 기법의 성능이 우수함으로 보여준다.

본 논문에서는 무선망의 에러발생 환경을 고정시켜 놓고 시뮬레이션 하였으나 무선망의 에러발생률이 높을 수록 또한 BS와 MH와의 거리가 멀수록 제안된 기법의 성능이 더 우수하리라고 예측할 수 있다.

5. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 유선망과 무선망이 혼재된 망에서 유선망에서 발생한 혼잡으로 인한 패킷 손실을 송신측 FH가 신속하게 파악할 수 있도록 하여 빠른 재전송을 가능하게 하는 기법을 제안하고 그 성능을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 향후 계획으로는 무선망의 에러를 변화 및 지연시간의 변화에 따라 제안된 기법의 성능을 보다 구체적으로 확인하고자 한다. 또한, BS에서 중복 ACK를 3개 연속해서 한꺼번에 보내는 것이 아니라 out-order 패킷이 올 때마다 즉시 중복 ACK를 보내도록 하고 또한,

out-of-order 패킷이 3개 왔을 때 중복 ACK를 보내는 것이 아니라 하나 혹은 4개 이상 왔을 때 중복 ACK를 보내는 기법이 성능에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] HiBalakrishnan, S. Seshan and Randy H. Katz, "Improving TCP/IP performance over wireless networks," *ACM Int. Conf. Mobile Computing and Networking*, Berkeley, CA, Nov. 1995.
- [2] Hari Balakrishnan, Srinivasan Seshan, Venkata N. Padmanabhan, "A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 5, no. 6, Dec., 1997.
- [3] A. Bakre and B. R. Badrinath, I-TCP : Indirect TCP for Mobile Hosts, *Proceedings of the 15 th International Conference on Distributed Computing Systems*, pp. 136-143, June 1995.
- [4] Prasun Sinha, Narayan Venkitraman, Raghupathy Sivakumar, Vaduvur Bhargavan "WTCP:A Reliable Transport Protocol for Wireless Wide-Area Networks" - (Selected from the top 20 publications of MOBICOM '99) *Wireless Networks* 8(2-3): pages 301-316, 2002.
- [5] Christina Parsa, J.J. Garcia-Luna-Aceves "TULIP:A Link-Level Protocol for Improving TCPover Wireless Links," *WCNC 1999 - IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, no. 1, September 1999.
- [6] Jian-Hao, Gang Feng and Kwan Laurence Yeung, "Hierarchical Cache Design for Enhancing TCP Over Heterogeneous Networks With Wired and Wireless Links," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 2, No. 2, Mar. 2003.
- [7]<http://www.isiedu/nsnam> Information Sciences Institute.
- [8] M Zorzi, R. R. Rao and L. B. Milstein, On the accuracy of a first order Markov Model for data transmission on fading channels, " *IEEE*

ICUPC'95, pp. 211-215, NJ, USA., Nov. 1995.

[9]A. Kumar, "Comparative Performance Analysis of versions of TCP in a local network with a lossy link," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 6, no 4 pp. 485-498, 1998.

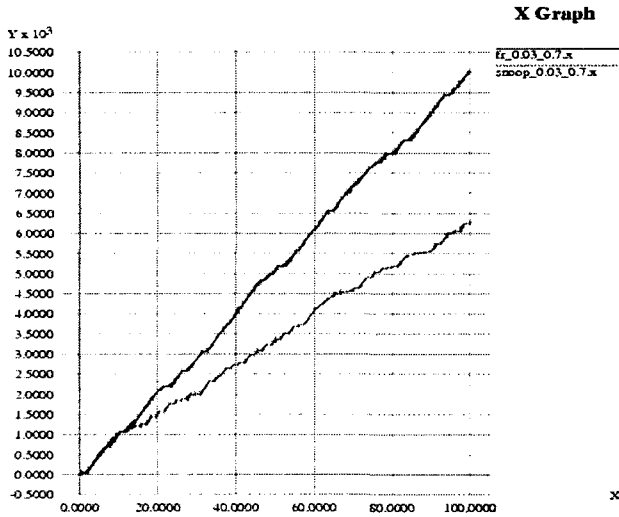


그림 2 신속한 fast re-transmission의 성능
(유선망 오류 0.7%)

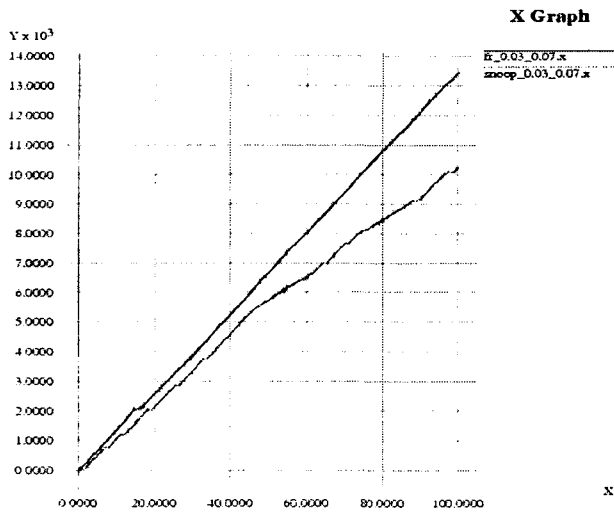


그림 3 신속한 fast re-transmission의 성능
(유선망 오류 0.07%)

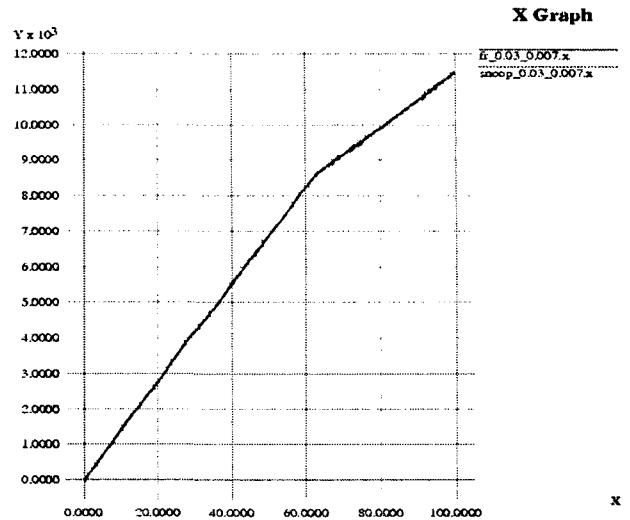


그림 4 신속한 fast re-transmission의 성능
(유선망 오류 0.007%)