

## 유·무선 혼합망에서 Snoop과 TCP 성능 비교

금승한\*, 박혜련\*, 김태훈\*, 김영주\*, 김창희\*, 이기현\*

\*명지대학교 컴퓨터공학과

e-mail: ingerking@mju.ac.kr

### A Comparison of Performance for Snoop and TCP over Wired and Wireless Network

Seung-Han Keum\*, Hae-Ryun Park\*, Tae-Hoon Kim\*,  
Young-Ju Kim\*, Chang-Hee Kim\*, Kee-Hyun Lee\*

\*Dept of Computer Engineering, Myong-Ji University

#### 요 약

유선망에 최적화 되도록 설계된 TCP는 무선망에 적용되었을 경우 무선망의 특성에 의해 발생하는 데이터의 손실을 망의 혼잡에 의한 손실로 인식하여 불필요한 혼잡 제어 메커니즘을 수행하여 망의 성능을 떨어뜨리는 문제가 발생 된다. 본 논문에서는 이 같은 문제점을 보완하기 위해 제안된 Snoop의 성능을 TCP와 비교·분석하고 앞으로 진행될 연구를 제안한다.

#### 1. 서론

무선 인터넷(Wireless Internet)이란 전화선이나 전용선 등을 사용하는 기존의 인터넷 환경과는 달리 무선단말기나 무선모뎀 등을 이용하여 인터넷 서비스를 이용하는 것을 말한다.

오늘날 인터넷에서 가장 널리 사용되는 트랜스포트 프로토콜인 TCP는 유선망을 전제로 개발, 발전해 왔다. TCP는 인터넷의 Best-Effort 특성으로 인하여 발생하는 비순서적 패킷 전달과 패킷 중복 전달, 손실 등을 보완하여 신뢰성 있게 데이터를 전송하기 위한 프로토콜이다. TCP는 Sliding Window와 혼잡 제어 메커니즘을 사용하여 패킷의 흐름이 지연과 대역폭 등의 네트워크 상황에 유연하게 적응하는 탄력적 트래픽이 되도록 데이터 트래픽을 제어한다. 또 송신측에서 일정 시간이 지나도록 ACK (acknowledgement) 패킷이 도착하지 않아 타임아웃이 발생하거나, 데이터 패킷의 손실을 의미하는 중복 ACK 패킷을 받으면 망에 혼잡이 일어났다고 가정하여 전송 속도를 줄인다[4][5].

무선망에서의 통신은 제한된 대역과 높은 지연, 높은 비트 에러율과 잦은 이동으로 인한 일시적 연결

끊김 현상과 같은 무선 링크의 특성들로 인해 기존의 유선망에 비해 성능이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 무선 링크 상에 기존의 유선망에서 사용되던 신뢰성 있는 전송 프로토콜인 TCP를 사용하였을 경우 무선 링크들이 가지는 단점으로 인한 링크의 불안정함 및 모바일 컴퓨터들의 이동에 의한 데이터의 손실을 TCP는 일반적인 유선망에서처럼 망의 혼잡으로 인해 발생한 것으로 인식하게 된다. 그로 인한 결과로 불필요한 혼잡 제어 메커니즘이 수행되어 전송률을 줄이므로 망의 성능이 저하되는 문제점을 초래한다[4].

이러한 문제점들을 해결하기 위하여 ARQ (Automatic Repeat Request)를 이용한 지역적인 재전송이나, FEC (Forward Error Correction)을 이용한 에러 보정을 통해 손실을 복구하는 방법들을 사용해 불안정한 무선 링크의 특성 자체를 안정적으로 동작할 수 있도록 수정하여 전송계층에는 링크의 불안정함을 숨기는 방법이 제안되었고, 유선망과 무선망이 혼합된 네트워크에 BS (base-station)을 두어 하나의 TCP 세션을 유선 링크와 무선 링크로 분리하여 무선 링크의 존재와 무선 링크에서의 데이터

손실을 송신측에게 완전히 감추는 방법 등이 제안되었다[2]. 하지만 이러한 방법들은 예러 보정을 위한 과부하가 크고, 무선 링크에서의 재전송을 위한 타이머와 TCP 자체의 재전송 타이머의 충돌로 인해 불필요한 재전송이 발생할 수 있다. 또, end-to-end 프로토콜인 TCP의 의미를 깨뜨린다는 단점이 있다.

## 2. TCP의 문제점

TCP 프로토콜은 전송 중에 발생하는 패킷들의 손실을 망의 혼잡으로 인한 것으로 인식하여 그에 따른 적절한 혼잡 제어 메커니즘을 수행하는 방향으로 발전되어 왔다. 이러한 TCP가 망의 혼잡에 따른 패킷의 손실보다 링크의 오류에 의한 패킷 손실이 많은 무선망에 그대로 적용되었을 경우 망의 성능을 떨어뜨리는 문제점을 발생 된다. TCP 프로토콜은 송신측에 일정 시간동안 ACK 패킷이 도착하지 않아 타임아웃이 발생하거나, 데이터 패킷의 손실을 의미하는 중복 ACK를 받으면, 망에 혼잡이 일어났다고 가정, Slow start와 Congestion Avoidance 등 적절한 혼잡 제어 메커니즘을 실행하여 망의 혼잡을 줄이면서 패킷 손실을 줄인다[5][6]. 하지만 유선망보다 높은 비트 에러율을 가지는 무선망에서 기존의 TCP 프로토콜을 적용하였을 경우에, 링크의 오류로 인한 잦은 패킷의 손실마다 망에 혼잡이 발생한 것으로 인식, 불필요한 혼잡 제어 메커니즘을 수행하여 전송 속도를 낮추게 되고, 만약 패킷 손실이 반복되어 일어난다면, 전송 속도는 전혀 증가하지 않고 계속 낮은 상태로 유지된다. 결과적으로 링크의 대역폭의 효율적이지 못한 사용으로 인해 전체적인 망의 성능이 떨어지게 되는 문제점이 발생 된다 [1][4].

## 3. Snoop 프로토콜

Snoop은 유선망에서 사용되는 TCP의 수정 없이 사용하면서 무선망의 TCP 성능을 향상시킨다. Snoop은 성능향상을 위해 Snoop 모듈을 소개하고 있다. Snoop 모듈은 송신측에서 수신측인 모바일 노드로 전송이 일어날 때, 송신측은 무선망의 존재를 모르는 채 무선망상의 패킷 손실로 인한 혼잡 제어를 막기 위해서 BS의 네트워크 계층 소프트웨어를 변형하여 TCP 윈도우의 최대크기 정도의 캐시를 갖는 Snoop 이라는 모듈을 추가하여, 송신측에서 오는 패킷들을 모니터하여 모바일 노드로부터 ACK를 받지 못한 패킷을 캐싱, 중복된 ACK(dupack)나 타

임아웃이 발생하였을 때 BS에서 손실된 패킷에 대한 국부적 재전송을 수행한다[1][4]. Snoop 모듈은 송신측에서 전송되는 패킷을 캐쉬에 저장후 수신측으로의 전송을 처리하는 Snoop\_data()와 수신측으로부터 전송되는 ACK를 정상적인 ACK와 dupack에 따라 송신측으로 전송하거나 국부적 재전송 및 빠른 재전송을 처리하는 Snoop\_ack()라는 두 개의 링크 프로시저를 가지고 있다.

## 4. 실험 및 결과

유선망과 무선망이 혼합된 망에서 하나의 링크가 아닌 여러 개의 링크가 하나의 BS에 연결되었을 때 TCP와 Snoop의 성능 차이를 알아보기 위해 실험을 하였다.

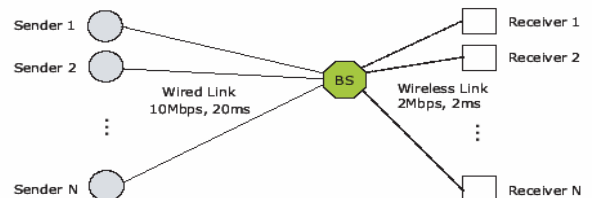


그림 1. Network Model

실험은 버클리 대학(U.C Berkeley)의 NS-2를 사용하였으며, 송신측과 수신측에서 사용된 TCP는 정규 TCP이고, 송신측은 FTP로 응용프로그램에서 발생한 data를 무선망에 연결된 수신측에게 전송한다. 실험에서 유선링크는 10Mbps의 대역폭을 가지고 있으며 전송지연은 20ms로 하고, 무선링크는 2Mbps의 대역폭을 가지고 있으며 전송지연은 2ms로 설정하였다. 그림 1은 실험에서 사용된 네트워크 모델을 나타낸 것이다.

무선링크의 특성에 대한 Snoop과 TCP의 성능을 평가하기 위해 유선링크에서의 모든 혼잡은 링크상에서 발생하는 것이 아니라 BS에서 버퍼의 오버플로우로 인해 발생하도록 하였다.

실험에서 사용된 각각의 파라미터 들을 나타내면, BS 버퍼 용량은 50pkts, Snoop 캐쉬 크기는 50pkts, 무선링크에서의 전송 지연은 2ms, 유선링크에서의 전송 지연은 20ms, 무선링크의 대역폭은 2Mbps, 유선링크의 대역폭은 10Mbps, TCP 패킷 크기는 1040Bytes, TCP ACK 크기는 40Bytes, 수신측의 버퍼 용량은 30pkts, 전체 실험시간은 100s(초) 으로 하였다.

실험 결과는 전체 플로우의 개수를 2, 4, 6, 8, 10 개로 하여 각각에 대하여 TCP와 Snoop의 성능을

Throughput과 Sequence Number를 비교하여 그래프로 나타내었다.

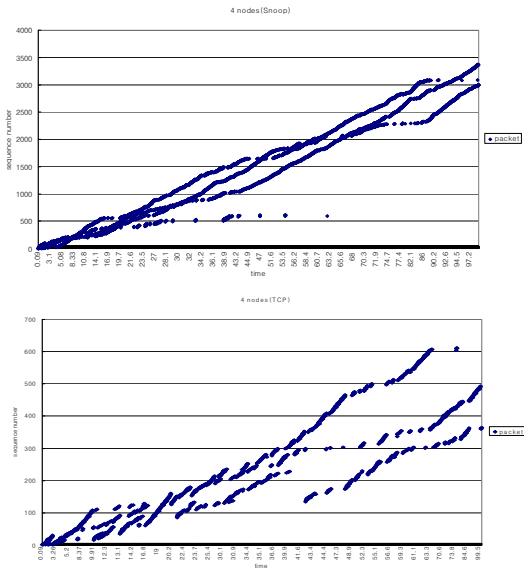


그림2. Snoop과 TCP의 Throughput 비교(4 플로우)

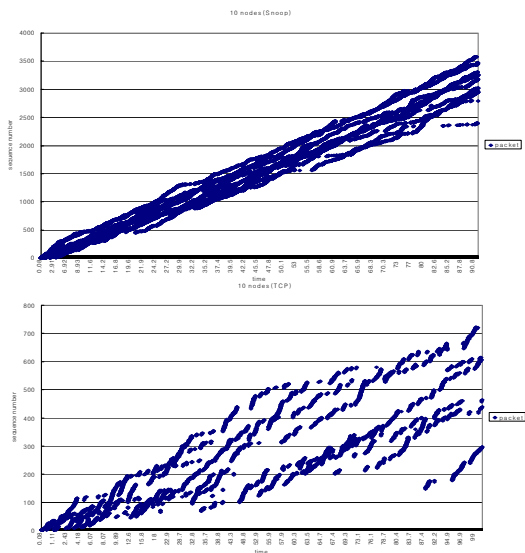


그림3. Snoop과 TCP의 Throughput 비교(10 플로우)

그림2는 4개의 플로우, 그림3은 10개의 플로우에 대한 Sequence Number의 변화량을 보여주고 있다. 그래프에서 가로축은 시간(100s)을 세로축은 Sequence Number의 개수를 나타낸다. Snoop은 플로우의 개수가 증가하더라도 큰 변화없이 안정적으로 TCP보다 약 6배나 높은 데이터의 전송을 수행하는 것을 보여주고 있는 반면에 TCP는 플로우의 개수가 증가할수록 불안정하면서도 Snoop보다 훨씬 낮은 데이터 전송을 보여주고 있다. 플로우의 개수가 2개, 6개, 8개일 경우에도 비슷한 결과가 나타났다. 이는 데이터의 손실에 따른 해당 패킷의 재전송

을 하는데 있어서 Snoop은 BS에서 국부적 재전송과 dupack 수신시 빠른 재전송을 하여 망의 휴지기간을 최소화 하는데 비하여, TCP는 BS가 아닌 송신측에서의 재전송으로 인하여 망의 휴지기간이 길어지고, 또 불필요한 혼잡 제어 메커니즘으로 인한 전송률이 떨어지게 되므로 실험에서는 전체적인 Sequence Number의 증가량이 Snoop이 TCP보다 6배가 높게 나타나는 결과를 얻었다.

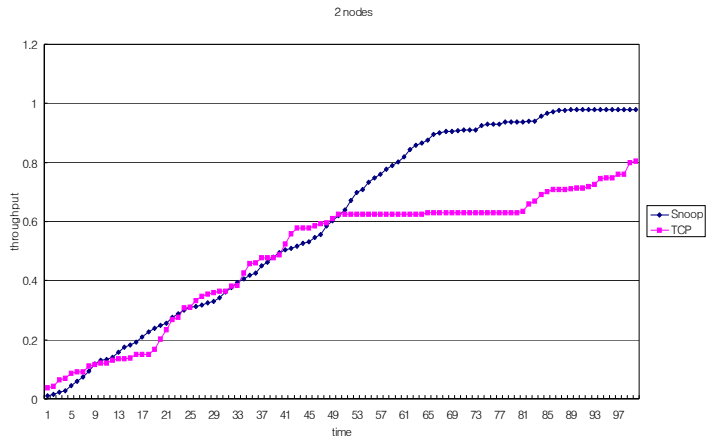


그림4. Snoop과 TCP의 Throughput 비교(2 플로우)

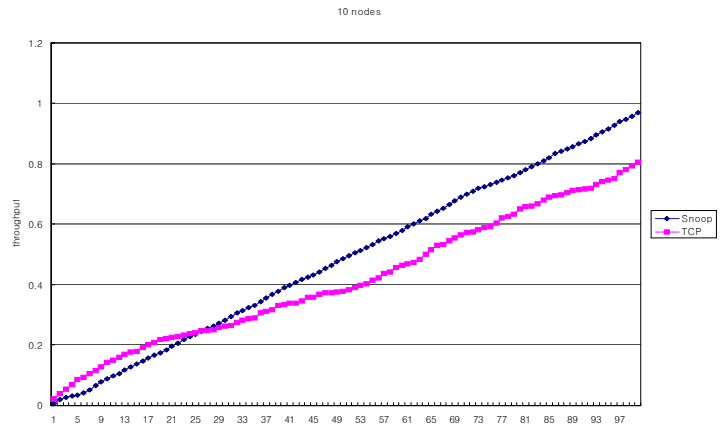


그림5. Snoop과 TCP의 Throughput 비교 (10 플로우)

그림 4는 4개의 플로우, 그림 5는 10개의 플로우에 대한 송신측과 수신측 사이에 성공적으로 전송된 데이터 패킷의 전체 양을 단위 시간당 누적되어진 값으로 보여주고 있다. 그래프에서 가로축은 시간(100s)을 세로축은 Throughput을 나타내고 있다. 그래프에서 나타난 것처럼 데이터 전송 후 처음 몇 초 동안 데이터의 전송이 적은 때에는 TCP가 Snoop보다 더 나은 Throughput을 보여주고 있다. 하지만 시간이 지남에 따라 데이터의 전송량이 점차 많아지면서 망의 혼잡이 발생함에 따라 결과적으로는 Snoop이 TCP보다 Throughput이 더 좋다는 결과를 볼 수 있다. 플로우의 개수가 2개, 6개, 8개일 경우

에도 비슷한 결과가 나타났다. 이는 TCP가 망의 혼잡으로 인해 손실된 데이터들이 혼잡 제어 메커니즘을 유발시켜 이것이 수행하는 동안 데이터의 전송률이 낮아지게 되고, 손실된 패킷에 대한 송신측의 재전송은 혼잡이 지속되는 동안에는 망의 혼잡을 더욱 악화시키는 원인이 되어 송신측의 재전송에 따른 시간의 낭비로 인해 BS에서의 국부적 재전송과 dupack에 따른 빠른 재전송을 수행하는 Snoop보다 전체적인 Throughput이 떨어지는 결과를 나타내는 것이다.

## 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 유선망과 무선망이 혼합된 망에서 유선망에서 적합하게 설계된 TCP 프로토콜과 무선망에서의 TCP 성능향상을 위해 제안된 Snoop 프로토콜을 사용하여 다수의 플로우가 있는 무선망에서 Snoop 프로토콜이 TCP 프로토콜보다 얼마만큼 성능 향상을 보이는지를 알아보기 위한 실험을 하였다. 실험을 통한 비교·분석을 통해 다수의 플로우가 있는 망에서도 Snoop이 TCP보다 데이터 전송 측면에서는 6배가량, Throughput 측면에서는 20%가량 높은 향상된 성능을 보인다는 것을 알아내었다. 이 같은 결과는 TCP 프로토콜은 데이터 손실이 적은 유선망을 기반으로 설계되었기 때문에, 무선망에 그대로 적용하였을 경우 무선망의 특성으로 인해 발생하는 잦은 패킷 손실을 모두 망의 혼잡으로 인한 손실로 인식하여 그에 따른 불필요한 혼잡 제어 메커니즘을 수행하게 되어 전체적으로 망의 성능을 저하시키는 반면에 Snoop은 패킷 손실에 따른 불필요한 혼잡 제어 메커니즘의 수행을 방지하기 위해 BS에 Snoop이라는 모듈을 추가하여 패킷의 손실이 발생하였을 경우, 국부적인 재전송과 dupack의 도착 시 빠른 재전송을 통하여 TCP보다 망의 성능이 좋게 하기 때문이다. 즉, 유선망과 무선망이 혼합된 망에서 Snoop은 TCP보다 효율적인 링크 사용과 안정적인 데이터의 전송, 더 높은 Throughput을 가지는 것을 확인 하였고, 이로써 유선망과 무선망이 혼합된 망에서 Snoop이 망의 성능을 향상시킴을 볼 수 있다.

현재 Snoop을 이용하여 다수의 플로우가 있는 유·무선 혼합망에서 공평성과 Throughput을 향상시키는 방법이 제안되었다. 앞으로 다수의 플로우가 있었을 때 각각의 플로우마다 다른 대역과 지연을 가지는 유·무선 혼합망에서 공평성과 Throughput

향상 뿐만아니라 각 플로우의 효율성 측면에서의 연구를 진행할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] Fei Hu and Neeraj K. Sharma, "Enhancing wireless internet performance," IEEE Communications Surveys, vol. 4, no. 1, Third quarter 2002
- [2] Hari Balakrishnan, Venkata N. Padmanabhan, Srinivasan Seshan and Randy H. Katz, "A comparison of mechanism for improving TCP performance over wireless links," IEEE/ACM Transactions on Networking(TON), volume 5, issue 6, page 756-769, December 1997.
- [3] Hee-Jin Jang and Young-Joo Suh, "A flow control scheme for improving TCP throughput and fairness for wireless networks," IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC, 2003), March 2003.
- [4] Hari Balakrishnan, Srinivasan Seshan, Elan Amir and Randy H. Katz, "Improving TCP/IP performance over wireless networks," In Proc. 1st ACM Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking(Mobicom), November 95
- [5] Fabienne Lefevre and Guillaume vivier, "Understanding TCP's behavior over wireless links," Symposium on Communications and Vehicular technology, 2000, pp. 123-130
- [6] V. Jacobson, "Congestion Avoidance and Control," in Proceedings of the ACM SIGCOMM '88, August 1988. Roger S. Pressman "Software Engineering A Practliners' Approach" 3rd Ed. McGraw Hill