

메쉬 네트워크 기반의 유무선 통합망 성능 평가

한진영[○] 정희동 임영빈 이정근* 류지호 권태경 최양희

서울대학교 컴퓨터공학부

{jyhan, hdjung, ybim, jhryu, tk, yhchoi}@mmlab.snu.ac.kr, jklee78@gmail.com*

Performance Evaluation in Combination of Wired and Wireless Mesh Network

Jinyoung Han[○], Heedong Jung, Youngbin Im, Jeongkeun Lee, Jiho Ryu,
Taekyoung Kwon and Yanghee Choi

School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

1. 서론

미래 인터넷의 가장 주요한 접근 수단 중 하나가 될 무선 메쉬 네트워크는, 기존의 IEEE 802.11 기술을 통한 무선 인터넷 서비스보다 저비용으로 넓은 지역에 서비스를 제공할 수 있는 무선 접속망 구축을 위해 제안된 것으로 관련 연구가 이미 많이 진행되어 왔다[1]. 하지만 무선 메쉬 네트워크가 고속 광대역망으로 연결된 환경에 대한 연구는 거의 진행되고 있지 않다.

미래 인터넷 접속 기술로서의 메쉬 네트워크의 실효성을 검증하기 위해서 실제 고속 광대역 백본망과의 연계를 통한 연구는 매우 중요하다. 왜냐하면 무선 메쉬 네트워크가 액세스 망으로 사용되는 경우 백본망의 전송용량 및 성능이 메쉬 네트워크 종단의 성능에 직접적인 영향을 미치게 되고 이러한 환경은 사용자에게 제공할 서비스의 품질에 직결되기 때문이다.

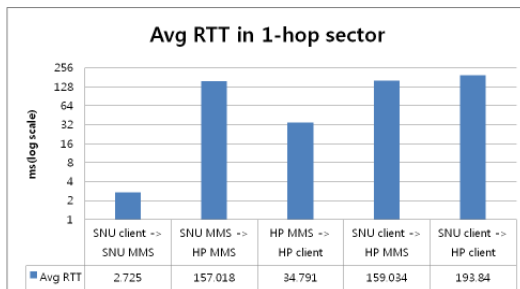
본 논문에서는 서울대학교의 무선 메쉬 네트워크 테스트 베드, 높은 대역폭과 긴 지연시간을 가지는 유선실험망 KOREN/Abilene, 미국 HP 연구소의 무선 메쉬 네트워크 테스트 베드가 연동된 네트워크에서 종단간의 지연시간, 네트워크 용량을 측정하여 유무선 통합망의 성능을 검증하고, 이런 환경에서 TCP 성능을 최대화하는 방안을 연구하는 것을 목표로 한다.

2. 본론

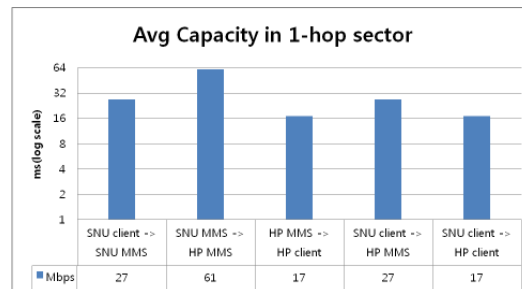
유무선 통합 네트워크에서 무선구간과 유선구간 각각의 성능과 특성을 자세히 파악하기 위해 다음과 같이 5개의 서로 다른 구간으로 실험하였다. 구간 1은 서울대 무선 구간이고 구간 2는 KOREN/Abilene 유선구간이다. 그리고 구간 3은 HP 무선구간에 해당된다. 구간 4는 서울대 무선 구간부터 유선구간에 이르는 무선-유선 구간에 해당되고, 마지막으로 구간 5는 서울대 client 부터 HP client에 이르는 무선-유선-무선에 해당되는 전체 구간이다.

먼저 메쉬 기반 유무선 통합망에서 VoIP를 사용하기에 지연시간이 적합한지를 검증하고 지연시간의 병목구간을 찾기 위해, 각 구간별 지연시간을 측정하였다. 구간별 지연시간의 결과인 그림 1을 보면, 서울대의 무선구간에서의 지연시간은 아주 작지만 서울대 외부 인터넷 구간에서 지연시간이 커지는 것을 알 수 있다. 여기에서 지연시간의 병목구간은 광대역 유선망이라고 할 수 있다. 전체적으로 서울대 client부터 HP client까지 평균 지연시간이 193.84ms 였는데, 이는 VoIP를 무리 없이 하기 위한 delay 200ms를 만족하는 수준이다.

다음으로 경쟁하는 트래픽이 없을 때 해당경로가 제공할 수 있는 최대 쓰루풋인 Capacity의 병목구간을 찾기 위해 각 구간별 Capacity를 측정하였다. 그림 2는 구간별로 평균 capacity를 나타내었다. 구간 2의 경우는 연구망인



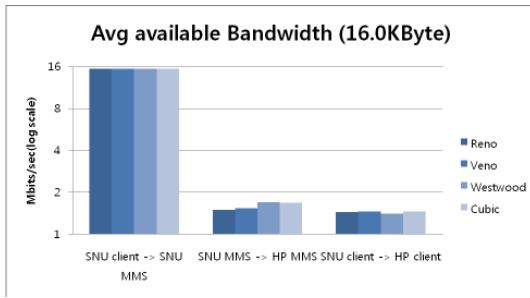
< 그림 1. 구간별 RTT >



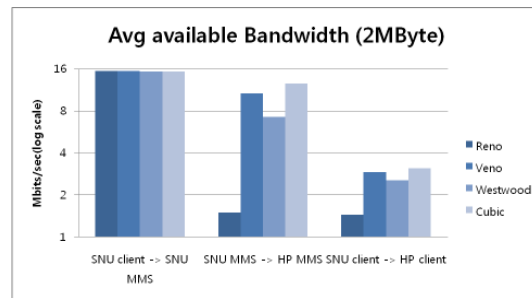
< 그림 2. 구간별 Capacity >

본 연구는 한국 정보 사회 진흥원 (NIA)와, 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업 [2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구]의 일환으로 수행하였음.

이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사드립니다.



< 그림 3. 구간별 TCP bandwidth(16.0KByte) >



< 그림 4. 구간별 TCP bandwidth(2MByte) >

KOREN/Abilene 유선 구간을 거치기 때문에 약 59~63Mbps의 높은 Capacity가 측정되었다. 상대적으로 구간1과 3의 경우는 낮은 Capacity가 측정되었다. 또한 무선-유선 구간인 구간 4와 무선-유선-무선 구간인 구간 5의 경우를 보면 각 구간의 병목지점인 무선 구간과 같은 성능임을 알 수 있다. 이 결과들을 볼 때 무선망과 연구망인 KOREN/Abilene을 거치는 경우 Capacity 병목구간은 무선 구간이라고 할 수 있다.

마지막으로 메쉬 기반의 유무선 통합망에서 TCP 성능을 최대화하는 방안을 찾기 위해 다섯 구간중 세 구간에서 TCP 종류와 설정을 바꾸어가며 현재 링크가 제공할 수 있는 최대 쓰루풋인 Available bandwidth를 측정하였다. 지연시간의 병목이 되는 유선구간, Capacity의 병목이 되는 무선구간의 성능을 개선하기 위해서, source인 서울대 client에서 TCP 종류를 Reno, Veno, Westwood, Cubic으로 바꾸어 가며 실험을 진행하였다. 그리고 유무선 환경에 따라 최대 윈도우 크기가 성능에 영향을 미칠 수 있기 때문에 TCP 최대 윈도우 크기를 16.0Kbyte~2MByte로 변경시키면서 실험을 진행하였다. 먼저 최대 TCP 윈도우 크기를 운영체제에서 기본적으로 설정한 16.0Kbyte로 하였을 때의 결과는 그림 3과 같이 TCP 종류들 간에 차이가 거의 없는 것으로 보인다. 하지만 최대 TCP 윈도우 크기를 2MByte로 늘렸을 때의 결과는 그림 4와 같이 두 구간에서 훨씬 좋은 성능을 보였다. 전체 성능이 증가한 이유는 최대 TCP 윈도우 크기를 증가시킴에 따라 유선 구간의 성능이 증가했기 때문이다. 이는 무선 구간보다 유선 구간이 양단간 TCP 성능을 결정하는 중요 요소임을 나타낸다. 이와 같은 이유로 큰 높은 대역폭과 긴 지연시간을 가지는 환경을 고려한 프로토콜인 Westwood와 Cubic이 Reno보다 월등한 성능을 나타내었다. Veno의 경우도 Reno보다 좋은 성능을 보였는데 이것은 Veno의 프로토콜 특성상 네트워크가 혼잡이라고 판단이 되면 Reno보다 혼잡 윈도우 크기를 천천히 증가 시켜서 혼잡이 발생하기 전까지 상대적으로 큰 혼잡 윈도우 크기를 유지할 수 있기 때문이다. 결론적으로 패킷 손실이 많은 무선구간과 높은 대역폭과 긴 지연시간을 가지는 유선구간이 복합되어 있는 환경에서 좋은 성능을 낼 수 있는 TCP 프로토콜의 형태는 무선과 유선 양 구간의 특성을 모두 고려한 Westwood + Cubic 형태의 TCP 프로토콜로 예상된다. Cubic은 높은 대역폭과 긴 지연시간을 가지는 환경을 고려한 프로토콜이라서 고속 광대역 유선망에서 유리하다. 또한 Westwood는 무선 구간의 성능향상도 같이 고려하기 때문에 무선 구간에서 유리한 프로토콜이다. 따라서 유무선 통합환경에서 무선구간이 성능에 병목구간이 된다면 Westwood와 같은 역할에 강조점을 두고, 유선구간이 병목구간이 된다면 Cubic과 같은 역할에 강조점을 두는 새로운 형태의 TCP 프로토콜이 필요할 것이다.

3. 결론

본 논문에서는 무선 메쉬 네트워크가 광대역 유선망을 통하여 다른 무선 메쉬 네트워크와 연결되는 유무선 통합환경의 네트워크 성능에 대한 실험 결과를 제시하였다. 서울대와 HP 연구소에 각각 메쉬 네트워크 테스트베드를 설치하고 양단을 KOREN과 Abilene의 고속망으로 연결하여 여러 측정 실험을 수행하였다. 그 결과 RTT는 VoIP를 사용하기에 무리가 없는 수준의 200ms 미만으로 측정되었다. 또한 패킷 손실이 많이 발생하는 무선구간과 높은 대역폭과 긴 지연시간을 유선구간이 복합되어 있는 환경에서 좋은 성능을 낼 수 있는 TCP 프로토콜의 형태로 무선과 유선 양 구간의 특성을 모두 고려한 Westwood + Cubic 형태의 TCP 프로토콜을 제시하였다. 특별히 긴 전송 지연과 높은 대역폭을 가지는 유선 구간에서 TCP 성능을 더욱 향상시키기 위해 최대 TCP 윈도우 크기를 충분히 확보하는 것이 필요하다는 것을 보여 주었다.

앞으로의 연구를 통하여 위의 언급한 특성을 가진 새로운 TCP 프로토콜을 구현해서 유무선 통합 환경에서 실제로 어떤 성능 개선을 가져오는지 검증할 예정이다.

참고문헌

[1] John Bicket, Daniel Aguayo, Sanjit Biswas, Robert Morris, "Architecture and Evaluation of an Unplanned 802.11b Mesh Network", Mobicom 2005.