

와이브로 네트워크에서 BitTorrent 성능 평가

김승배[○] 왕효비 김현철 권태경 최양희

서울대학교 컴퓨터공학부

{sbkim, dooby, hkim}@mmlab.snu.ac.kr {tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

Performance Evaluation of BitTorrent over WiBro Network

Seungbae Kim[○] Xiaofei Wang Hyunchul Kim Ted “ Taekyoung” Kwon Yanghee Choi
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

1. 서론

현재 인터넷에서 P2P (Peer-to-Peer) 시스템은 가장 많은 양의 트래픽을 발생시키는 응용 프로그램 중 하나다. 또한 무선 연결 대역폭의 증가와 더불어 와이브로 (WiBro)나 스마트폰과 같은 이동식 장치의 개수도 늘어남에 따라서 무선 인터넷 사용자가 점차 많아지고 있다. 최근 Cisco에서 모바일 트래픽을 예측한 보고서 [1]에 따르면, 2009년부터 2014년까지 모바일 트래픽의 양은 매년 두 배씩 늘어나고, 모바일 P2P 트래픽은 78%씩 증가하여 전체 모바일 인터넷 트래픽의 약 10%를 차지한다.

기존 P2P 시스템은 링크의 연결 상태가 안정적이고 대역폭이 큰 유선 사용자를 가정하고 설계되었기 때문에, 이동성과 핸드오버 등에 의해 링크의 상태가 크게 변하는 무선 환경에서 P2P 프로토콜이 어떻게 작동하는지 알아 볼 필요가 있다. 본 논문에서는 와이브로 네트워크에서 P2P 트래픽을 링크, 네트워크와 응용 레벨에서 여러 가지 시나리오 (고정, 지하철, 버스)를 통해 수집하고 분석하여 모바일 네트워크에서 기존 P2P 프로토콜의 한계와 문제점을 발견한다. 성능평가를 바탕으로 모바일 환경을 고려한 새로운 P2P 프로토콜의 설계 방향을 제안하고자 한다.

2. 본론

모바일 네트워크의 특성을 파악하고 모바일 P2P의 성능을 평가하기 위해 다음과 같은 두 가지 실험을 진행하였다. 와이브로 링크 성능 실험에서는 링크의 신호세기, 대역폭, 지연시간 등을 측정하고, P2P 시스템 성능 실험에서는 가장 널리 쓰이는 P2P 시스템인 BitTorrent에서 동료들과의 연결 지속성, 핸드오버에 의한 다운로드 속도 변동 등을 분석한다.

실험은 와이브로 모뎀을 장착한 세 대의 모바일 호스트와 유선 사용자와의 성능 비교를 위해 학교 네트워크에 연결되어 있는 한 대의 유선 호스트로 진행했다. 모바일 호스트의 경로는 학교에 고정되어 있는 시나리오와 이동성을 갖는 두 개의 시나리오로 구성된다. 본 논문에서는 편의를 위해 각각의 경로를 ‘Ethernet’, ‘Static’, ‘Subway’, ‘Bus’ 로 표현한다.

표 1은 와이브로 링크 성능 실험의 결과를 나타낸다. Static 호스트는 낮은 신호 세기를 갖기 때문에 같은 시간 동안 보낼 수 있는 데이터의 양이 상대적으로 높은 CINR 값을 갖는 다른 호스트에 비해서 적지만 대역폭은 신호 품질이 좋은 Subway 시나리오와 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다. 그 이유는 호스트가 고정되어 있어서 CINR 값에 변동이 없기 때문이다. Bus 호스트는 모든 역사마다 기지국이 설치되어 있는 Subway 시나리오와는 다르게 경로로부터 기지국이 멀리 떨어져 있거나 건물 등의 신호 세기를 방해하는 요소들이 많기 때문에 평균 CINR 값은 12dB이고, 표준편차는 7.4dB로 신호 품질에 변동이 크다. 비록 Static 호스트보다 4배 높은 평균 CINR 값을 갖지만, 호스트의 이동성이 TCP의 성능 저하를 초래하여 가장 낮은 대역폭과 높은 지연시간을 갖는다.

	Bandwidth (Kbps)	Avg. RTT (ms)	RTT Jitter (ms)	Avg. CINR (dB)	CINR stddev (dB)
Static	2578.936	155.4	74.4	2.87	0.38
Subway	2731.816	117.5	56.9	21.28	9.05
Bus	1647.096	167.0	128.4	12.35	7.43

표 1. 와이브로 링크의 성능 실험 결과

* 본 연구는 기초기술연구회의 NAP 과제 지원으로 수행되었음. 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

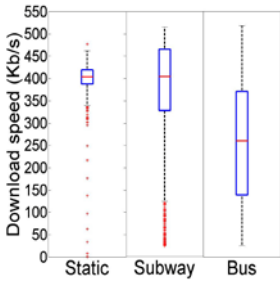


그림 1. 다운로드 속도

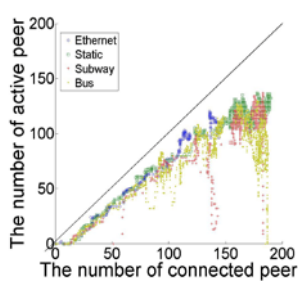


그림 2. 동료 연결성

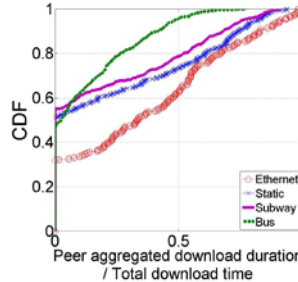


그림 3. 다운로드 시간

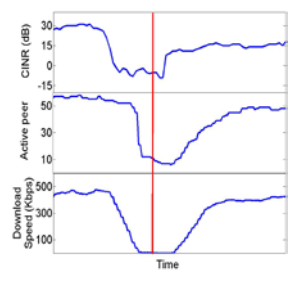


그림 4. 핸드오버 영향

P2P 시스템 성능 분석은 파일을 갖고 있는 동료의 수 등 동일한 조건으로 실험을 진행하기 위해서 같은 파일을 모든 호스트에서 동시에 다운로드 했다. 실험에 사용된 파일은 약 400MB의 비디오 파일이고, 충분한 양의 동료들이 존재한다. 이 실험에서는 다운로드 성능과 동료들과의 연결성, 핸드오버에 의한 성능 변화와 같은 분석을 통해 모바일 환경에서 BitTorrent 시스템의 성능을 평가한다.

다운로드 속도와 속도의 변동성은 P2P 시스템의 성능을 측정할 수 있는 요소 중 하나이다. 그림 1은 세 개의 와이브로 호스트의 다운로드 속도를 백분위수로 나타낸다. 파란색 상자의 크기가 클수록 다운로드 속도에 변화가 큰 것을 의미한다. Static 호스트는 비록 신호품질이 다른 호스트들에 비해 안 좋지만 고정된 위치에서 핸드오버 등의 영향을 받지 않기 때문에 다운로드 속도의 변화는 거의 없다. Bus 호스트는 다운로드 속도가 이동성에 의해 큰 영향을 받아서 변화가 매우 크고, 약 260Kbps의 가장 낮은 평균 다운로드 속도를 나타냈다.

BitTorrent의 성능 측정에 사용된 두 번째 요소는 동료들의 연결 지속성이다. 그림 2는 연결된 동료(Connected peer)와 업로드를 해주는 동료(Active peer)의 비율을 보여준다. Subway와 Bus 호스트는 핸드오버가 발생하거나 이동성에 의해 기지국으로부터 멀리 떨어지면서 신호 품질이 낮아지고 지연시간이 길어지는 현상이 업로드를 해주는 동료들의 수에 큰 변동을 초래한다. 이동성이 없는 Static 호스트는 높은 비율로 동료들에게 파일을 다운로드 받는다. 그림 3은 각각의 동료가 업로드를 한 시간을 파일 다운로드에 소요된 총 시간으로 나눈 비율을 나타낸다. 와이브로 호스트의 경우 약 50%의 동료들은 연결이 되어있음에도 불구하고, 파일 업로드에 참여하지 않는다는 것을 알 수 있다. 특히 Bus 호스트는 90%의 동료들은 전체 다운로드 시간의 40% 이하만 업로드를 해주어 다른 호스트들에 비해 긴 시간 동안 업로드에 참여한 동료가 적다.

와이브로는 CDMA 무선 전화 네트워크와는 다르게 다른 기지국과 새로운 연결을 맺기 전에 기존의 연결을 끊기 때문에 모바일 호스트의 P2P 성능에 커다란 영향을 미치게 된다. 핸드오버가 발생하는 시점에서 신호의 품질, 다운로드 속도와 업로드를 해주고 있는 동료의 수를 그림 4가 보여주고 있다. 그림은 Subway 호스트가 동작대교를 건너는 시점을 나타낸다. 빨간색 선은 핸드오버가 발생한 시점을 나타내고, 이 때 CINR 값이 0에 가까운 값을 유지하고 있는 것을 알 수 있다. CINR 값이 줄어들면 다운로드 속도가 얼마 지나지 않아서 감소하고 0에 가까워지는 시점에 업로드를 해주고 있던 동료의 수도 급격히 줄어든다. 핸드오버가 발생한 이후 CINR 값은 바로 정상 수치로 돌아오지만 동료의 수와 다운로드 속도는 핸드오버 전에 상태로의 복구 시간이 오래 걸리게 된다. 그 이유는 핸드오버가 발생하기 전후에 지연시간이 길어지고, 이로 인하여 연결을 잃어버린 동료들과 다시 연결을 맺고, 파일의 조각을 요청하는 등 여러 단계를 거치는 것에 긴 시간이 소요하기 때문이다. Static 호스트가 비록 낮은 CINR 값을 갖지만 다운로드를 더 빨리 마칠 수 있는 이유는 핸드오버에 의한 오버헤드가 없기 때문이다.

3. 결론

본 논문에서는 와이브로 네트워크에서 BitTorrent 성능을 측정하여 모바일 네트워크를 고려하지 않은 현재 P2P 시스템의 문제점을 알아보았다. 모바일 호스트의 변동 폭이 큰 신호 품질과 핸드오버는 TCP 성능의 저하를 초래한다. 이로 인하여 BitTorrent의 다운로드 속도 감소와 동료들과의 연결 비율이 낮게 유지되거나 끊어지는 현상이 발생한다. 핸드오버가 발생했을 때 TCP의 성능은 급격히 나빠지고, 동료들의 연결을 복구하는데 긴 시간이 필요하다. 향후 연구에서는 다음과 같이 모바일 환경을 고려하는 P2P 프로토콜을 제안하고자 한다. 핸드오버가 빈번히 발생하는 모바일 호스트는 다른 동료들과 연결이 끊어짐으로 인하여 성능이 저하되는데, 동료들이 모바일 호스트를 판별할 수 있는 기법을 이용하여 급격히 저하된 성능을 신속하게 복구하고자 한다.

참고문헌

[1] CISCO, "Cisco visual networking index: Global mobile data traffic forecast update, 2009-2014," CISCO, Tech. Rep., 2010.