

능동적 측정 방법을 이용한 중단간 인터넷 성능 측정 및 분석[†]

김재훈^o, 옥도민, 이영석, 최양희
서울대학교 컴퓨터공학과

End-to-End Internet Performance Measurement and Analysis Using the Active Probing[†]

Jaehoon Kim, Tomin Ok, Youngseok Lee, Yanghee Choi
Dept. of Computer Science & Engineering, Seoul National Univ.

요 약

인터넷이 급속도로 성장함에 따라 대형화된 망을 효과적으로 운용하기 위해서는 망 상태를 정확하게 파악하는 일이 매우 중요하다. 망 상태를 파악하기 위한 한 방법으로 능동적 측정 방법을 이용한 중단간 성능 측정 방법이 있다. 본 연구에서는 지금까지 능동적 측정 인자로 사용되던 양방향 인자들의 문제점들을 보완한 새로운 측정 대상인 단방향 인자들을 측정하기 위한 측정 도구를 구현하였다. 단방향 측정에서는 무엇보다 측정 대상인 중단간의 시간 동기화가 가장 중요하다. 본 연구에서는 GPS 위성 신호를 이용하여 정확한 시간 동기화를 하였으며, 실제 망에 적용하여 단방향 인자들을 측정한 결과를 분석하였다.

1. 서 론

인터넷이 급속도로 성장함에 따라 망의 효율적인 운용을 위한 노력이 활발히 진행되고 있다. 망의 효율적인 운용을 위해서는 무엇보다도 현재 망 상태를 파악하는 것이 중요하다. 망 상태의 측정은 크게 두가지 방법으로 측정 가능하다. 현재 망에 존재하는 트래픽을 수집하여, 이를 분석하는 방법과 측정을 위한 별도의 트래픽을 생성하여 측정에 이용하는 방법이 있다. 전자를 수동적 측정 방법이라 하고 후자를 능동적 측정 방법이라고 한다. 수동적 측정 방법은 실제 망에 존재하는 트래픽을 측정, 분석하기 때문에 현재 사용중인 서비스의 분석 및 트래픽의 특성 파악등에 유용하고 망에 부가적인 부담을 주지 않은 장점이 있으나 사용자의 트래픽을 수집하여 들여다 보는 과정에서 심각한 보안상의 문제를 야기할 수 있는 문제가 있다. 운용의 대표적인 예로는 tcpdump를 생각할 수 있다. 반면에, 능동적 측정 방법은 측정을 위한 트래픽을 별도로 생성하기 때문에 측정 대상 트래픽이 잘 정의되어지는 장점과 수동적 측정 방법에서 문제시될 수 있는 개인 보안 침해 문제등을 피할 수 있는 장점이 있다. 능동적 측정 방법을 이용하는 대표적인 응용 예로는 Ping, traceroute등을 들 수 있다. 능동적 측정 방법은 그러나, 측정을 위한 트래픽을 별도로 생성하기 때문에, 경우에 따라서 망에 부가적인 로드를 줄 수 있는 단점을 지니고 있다. 앞에서 소개한 두 방법은 측정하고자 하는 인자와 측정 목적에 따라적절히 선택되어져

사용되고 있으며 현재 활발한 연구가 진행 중에 있다.

본 연구는 중단간의 성능을 측정, 분석하려는 목적을 가지고, 능동적 측정 방법을 이용한 측정 도구를 설계하고 구현하여 실제로 망의 운용을 효과적으로 할 수 있게 유용한 측정 결과를 제공하기위한 방향으로 진행되었다.

앞으로 설명될 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 제시 되어진 측정 도구들을 살펴본다. 3장에서는 측정 인자에 대한 소개와 설명이 되어지고, 4장에서는 단방향 지연 시간 측정을 위한 시간 동기화에 대한 설명이 있고 5장에서는 실험 및, 실험 결과에 대한 소개가 마지막으로, 6장에서 결론 및 향후 계획이 소개되어 질 것이다.

2. 관련 연구

능동적 측정 방법을 이용한 많은 측정 도구들이 현재 제시 되어 지고, 실제 측정에 이용되고 있다. 간단한 Ping, traceroute같은 도구에서부터 Skitter, Surveyor, NIMI 등과 같은 측정 구조들도 있다.[1] 본 절에서는 대표적으로 현재 사용되고 있는 위의 세 측정 구조에 대해서 간단히 설명하고 각각의 문제점을 알아본다. CAIDA(Cooperative Association for Internet Data Analysis)그룹에서 제시한 측정 구조인 Skitter[2]는 한 노드로부터 많은 목적지 노드들의 IP Path에 관한 정보를 제시해 준다. 유려한 사용자 인터페이스를 가지며 정보를 효율적으로 표시한 유명한 측정 구조이다. 그러나,

Skitter는 측정 인자로 양방향 인자만을 고려한 단점이 있다. Advanced Network & Service 그룹에서 제시한 Surveyor[3]는 단방향 측정 인자를 채택하고 지연시간 및 패킷 손실에 있어 효율적인 결과 분석을 가능하게 해 준다. 하지만, 중앙관리적 측정 구조 운용이 경직되어 있고 대상이 되는 노드 모두에서 단방향 측정이 가능해야 한다는 단점이 있다. 이밖에 PSC(Pittsburgh Supercomputing Center)에서 제시한 NIMI(National Internet Measurement Infrastructure)[4]는 앞의 두 측정 구조의 공통된 단점인 scalability를 강조한 측정 구조로 현재 진행 과정에 있기 때문에 다소 불안정한 측정 구조이다. 하지만, 앞의 두 측정 구조와 달리 공개되어 있는 측정 구조이다. 즉, 제시된 측정 구조를 이용한 별도의 망 측정 구조를 운용하는 것을 허락하고 있다.

3. 측정 인자

지금까지 사용된 대부분의 능동적 측정 도구는 양방향 인자를 그 측정 대상으로 하고 있다. 양방향 인자의 대표적인 예는 지연시간으로 사용되는 RTT(Round Trip Time)을 생각하면 쉽다. 그러나, 이 양방향 인자는 실제 인터넷이 비 대칭적이고 망의 구성 요소들의 비 대칭적 큐 시스템을 가지고 있기 때문에 근원적인 오차를 지니고 있다. 이러한 문제점으로 순수한 지연시간을 측정하기 위한 단방향 인자가 정의되고 표준화되어 있다.[5] 단방향 인자는 지연시간, 지연 시간 편차, 손실률, 손실패턴등이 있고, 본 연구에서는 위에서 소개한 단방향 인자를 측정 대상으로 하였다.

4. 시간 동기화

단방향 인자를 측정하기 위해서는 무엇보다 측정 대상인 종단간의 시간 동기화가 선행되어야 한다. 시간 동기화를 위해 일반적으로 쓰이는 방법은 NTP(Network Time Protocol)을 이용하는 것이다. NTP는 시간 동기화를 위한 소프트웨어적인 접근으로 별도의 기계 장치가 필요하지 않고 쉽게 어느 정도의 시간 정확도를 가지고 시간 동기화를 할 수 있는 장점이 있다. 단점은 시간 정밀도가 낮다는 것이다. 하지만, 일반적인 경우가 그리 크지 않은 정밀도를 요구하기 때문에 널리 이용되고 있다. NTP의 시간 정확도는 LAN의 경우 ms단위의 정밀도를 가지고 WAN의 경우는 10s ms의 정밀도를 가진다. NTP는 계층별로 동작을 하는데 가장 상위 계층의 서버가 별도의 정밀한 시간 정치를 통해 기준 시간을 가지고 하위 계층에 위치한 단말들이 바로 위 계층의 단말에게 시간 정보를 질의하고 질의가 거처는 단계를 통해 다시 시간 정보를 받는 형태로 운용된다. 이 과정에서 시간의 정밀도가 낮아 지게 된다. 본 연구에서 측정 대상으로 하는 단방향 인자는 지연시간의 경우 0. ms단위의 값이 나오고 일반적으로 양방향 지연 시간과 비교해서 그 차이를 보이기 위해서는 더 높은 시간 정밀도가 요구되기 때문에 NTP를 이용하는 것은 적합하지 않다. 따라서 대부분의 단방향 인자를 측정대상으로 하는 도구의 경우, 시간 정밀도를 위해 별도의 외부 기계장치

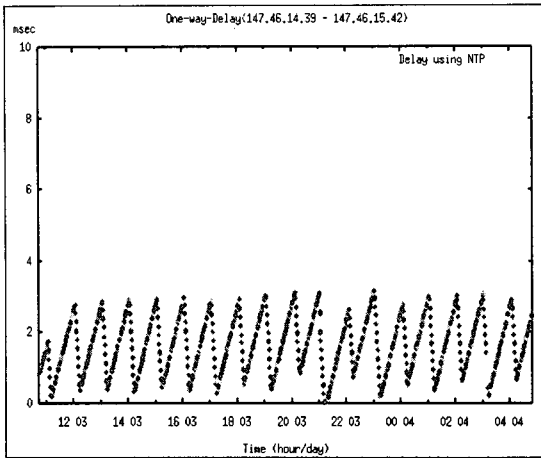
를 부착하는 하드웨어적인 접근을 사용하는 방법을 이용하고 있다. 대표적으로 많이 이용되는 것으로는 한 서버에서 시간 정보를 라디오 전파를 이용하여 보내는 방법과 GPS(Global Positioning System)을 이용하는 방법이 있다. 라디오 신호를 이용하는 경우는 지역적으로 그 영향이 한정되는 약점이 있고 외부 환경에 취약하기 때문에 많은 경우 GPS를 이용한 시간 동기화 방법이 이용되고 있다. GPS는 nsec단위의 시간 정밀도를 가진다. GPS에 대해 간단히 살펴보면, GPS는 위치 정보 시스템등에서 널리 이용되고 있는데 지리 정보나 항법등을 위해 설치된 GPS 인공위성에서 주기적으로 보내주는 GPS신호를 GPS 수신기를 통해 받아들여 이를 시간 동기화에 응용하는 것이다. GPS 신호는 지리정보를 위한 신호와 시간 정보를 위한 신호를 모두 포함하는데 시간 정보의 경우 PPS(Pulse Per Signal)라는 신호를 이용하여 동기화에 이용하게 된다. GPS방법을 이용할 경우, 지구상 어느곳에서든 이용이 가능하기 때문에 지역적 한계가 없고 위성이 정밀한 원자 시계를 가지고 시간 정보를 보내기 때문에 다른 어떤 방법보다도 정확한 시간 동기화를 제공할 수 있다. 이 GPS 신호를 이용하는 방법은 정확한 시간 정보를 얻을 수 있기 때문에 시간 동기화가 원활하나 별도의 GPS 수신 장치를 측정 대상 마다 설치해야 하고 설치 과정이 번거로운 단점이 있다.

5. 실험 및 실험 결과

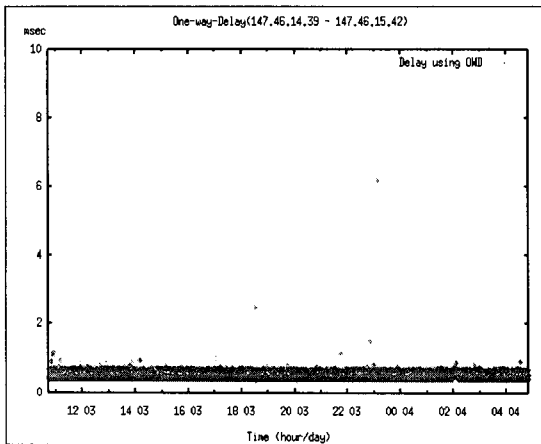
본 연구에서는 GPS를 이용하는 방법과 NTP를 이용하는 방법 두가지 방법 모두에 대해서 실험을 실시하였다. 실험은 GPS를 이용한 단방향 지연 시간 측정의 경우 시간 동기화를 해주는 GPS 수신기를 구비해야 하기 때문에 여러 측정 대리자에 수신기를 달아 실험을 할 수는 없었고 학교안의 분리된 두 개의 망에 GPS 수신기를 설치하여 단방향 지연시간을 측정하였다. 차후의 실험에서는 GPS 수신기를 보다 많은 곳에 설치하여 실제로 커다란 망의 운영에 도움이 될 수 있는 정보를 제시하도록 할 예정이다. 사정상 본 논문에서는 GPS 수신기를 이용해 시간 동기화 과정을 거친 두 노드간의 단방향 지연시간을 측정된 결과를 제시한다. 나머지 NTP를 이용하는 경우도 동일한 종단간에 대해 측정을 실시하였다. 측정을 위해 단방향 지연 시간을 위한 도구를 구현하였는데 UDP 소켓을 이용하였고 송신측에서 패킷이 처음 보내지는 시간부터 수신측에 패킷이 다 도착하는 시간까지를 측정하였다.

그림[1]은 NTP를 이용하여 시간 동기화를 했을 때의 결과이다. 그림에서 보면 한시간 간격으로 지연시간이 특정한 규칙으로 증가하는 것이 보이는데 이는 본 실험에서 한시간 간격으로 NTP 서버에 시간 정보를 문의하는 실험 환경상의 오류로 인한 것이다. GPS를 이용한 경우의 실험에서 평균 지연 시간이 0.463ms 임을 감안하면 그 값이 상당히 동떨어져 있음을 알 수 있다. 이것은 앞에서 언급한 실험 환경의 오류와도 관련이 있겠지만, 시간 정보를 문의한 시점에서도 그 차이가 GPS로 측정된 결과와 비교하여 큰 것을 볼 때, 두 측정

대상에 대한 시간 동기화가 정확하지 않으며 NTP를 이용한 방법은 단방향 지연 시간 측정에 적합치 않음을 알 수 있다.



그림[1] NTP를 이용한 단방향 지연시간



그림[2] GPS 신호를 이용한 단방향 지연시간

그림[2]는 GPS 신호를 이용한 단방향 지연시간을 나타낸 그림이다. 위의 GPS 신호를 이용한 측정에서 평균 지연 시간은 0.463 ms였고 최소 지연 시간은 0.375 ms였다. 실험 결과에서 측정에 이용한 대상 경로는 상당히 안정적임을 알 수 있다. 본 논문에서는 지연 시간만을 보여주고 있으나 실제로 지연 시간만으로는 망의 상태를 올바르게 알 수 없다. 망 상태의 정확한 성능 파악을 위해서는 여러개의 유용한 측정 인자가 설 결합되어 분석되어야 한다. 지연 시간의 경우도 Percentile 이라는 인자가 측정되어져야 한다. 이 인자는 패킷 손실과 지연 시간이 아주 큰 패킷간의 모호한 점을 배제해주는 인자로 전체 결과의 개수를 100으로 했을 때 지연 시간이 적은 50번째와 90번째에 해당하는 것의 결과값을 Percentile 50, Percentile 90으로 정의한다. 이 경우 패킷 손실

이 고려되지 않은 평균값보다 훨씬 의미있는 값을 주게 된다. 패킷 손실의 경우에도 단순한 손실률 뿐만 아니라 손실 패킷고 손실 간의 시간적 거리등을 측정함으로써 보다 망의 성능 파악에 유용하게 이용할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 연구가 계속적으로 진행되고 있으며 이러한 인자를 측정하기 위한 단방향 측정 도구의 구현이 진행되고 있고 측정 실험과정에 있다.

6. 향후 연구 및 결론

본 연구에서는 인터넷 성능을 측정, 분석하기 위한 측정 도구를 구현하고 이를 실제 측정에 적용하였다. 단방향 지연 시간을 측정하는데 있어서 가장 중요한 시간 동기화의 경우, 가장 정밀한 방법인 GPS 위성 신호를 이용하였고 NTP의 부적합성을 보였다. 실험 환경 설정의 오류로 NTP를 이용한 방법의 경우 결과값을 신뢰할 수는 없으나 참고 자료로는 이용 가능할 것이다. 지속적인 실험을 통해 이 부분의 오류를 수정하고 좀 더 나은 결과를 제시 하도록 할 것이다. GPS 신호를 이용한 단방향 인자의 측정도 제시한 지연 시간뿐만 아니라 다른 측정 인자에 대한 측정도 계속 연구되고 제시될 것이다.

이러한 측정 인자는 망의 운용에 있어 실제로 유용한 정보이고 특히, 단방향 지연시간은 중단간 QoS를 요구하는 많은 실시간 멀티미디어 응용들이 출현함에 따라 그 중요성이 커지고 있는 DiffServ의 구성 요소 가운데 트래픽 조절기 부분에서도 중요하게 사용될 수 있으며 실제로 구현을 위해 많은 측정 인자의 정의 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서 제시하고 구현한 단방향 측정 도구를 이러한 방향으로 발전시켜 나가는 것이 중요하다.

[참고문헌]

- [1] <http://www.caida.org/Tools/taxonomy.html>
- [2] <http://www.caida.org/Tools/Skitter/>
- [3] <http://www.advanced.org/surveyor/>
- [4] <http://www.psc.edu/networking/nimi/>
- [5] <http://www.advanced.org/TPPM/>
- [6] R.Siamwalla, R.Sharma, and S.Keshav "Discovering Internet Topology", IEEE Infocom'99, 1999
- [7] Hwa-Chun Lin; Shou-Chuan Lai; Ping-Wen Chen Communications, 1998. ICC 98. Conference Record. 1998 IEEE International Conference on Volume: 2, Page(s): 1192 -1196 vol.2
- [8] Vern Paxson "End-to-End Routing Behavior in the Internet" SIGCOMM '96
- [9] Henk Uijterwaal "Internet Delay Measurements using Test Traffic - Design Note", June, 1997
- [10] Henk Uijterwaal "Internet Delay Measurements using Test Traffic - Installing and hosting a Text Box", Feb. 1999