

전송속도 제한기법이 TCP 플로우에 미치는 영향 분석

강성일^o 하석재 최양희
서울대학교 컴퓨터공학부
{sikang^o, sjha, yhchoi}@mmlab.snu.ac.kr

Investigating the effect of rate-limiting to TCP flows

Sungil Kang^o Sukjae Ha Yanghee Choi
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

요 약

전송 속도 제한은 사용자의 요구에서 비롯되어 각 ISP업체들이 rate-limiter를 두어 이를 구현하고 있다. 그러나, 이러한 기능이 작동 과정에서 필요 이상의 오버로드가 발생하여 약정된 대역폭을 제공할 수 없는 소지가 있음을 예측하였다. 이와 같은 상황을 ns-2를 이용하여 모의 실험을 한 결과 패킷 손실에 의해 throughput이 저하됨을 확인할 수 있었다. 따라서, 이를 보완하기 위한 새로운 해결책이 요구되어진다.

1. 연구의 배경/동기

인터넷을 사용하는 인구의 급속한 증가와 구현 기술의 발달은 참신한 사용자 요구를 낳게 되었고, 이를 만족하기 시키기 위한 서비스 업체(ISP)들의 일례의 노력으로 신청자에게 제공하기로 계약되어진 데이터 전송 속도를 보장하는 서비스가 성행하게 되었다. 이러한 데이터 전송 속도 보장을 위한 기술은 기존의 제공되어진 네트워크의 성능과는 별도로 거래하는 ISP가 보유하고 있는 전송 속도 제한기(rate-limiter)가 요구되어진 전송 속도에 따라서 데이터 트래픽을 제한함으로써 그러한 요구를 만족시키게끔 되어있다. 따라서, 이러한 구현 기술 위에서 TCP를 전송 규약으로 하고 있는 다수의 애플리케이션에게 미치는 영향은 어떤 것들이 있는지 규명을 해야 할 필요성이 생겼고, 이는 ISP 업체에게는 좀 더 나은 서비스 모델을 제시하는 방안이 될 것이고, 그외의 다수 관련자에게는 보다 나은 서비스 성능을 위한 지표를 제공받게 되어 질 것이다.

2. 관련연구조사

현재 HP9304M과 HP9308M는 전송 속도 제한을 위한 장비로써 내부적으로는 fixed rate limiting과 adaptive rate limiting이 가능토록 구현되어 있으며[1], Juniper Networks의 M-series 장비는 JUNOS™ 인터넷 소프트웨어와 Internet Processor II™ ASIC을 이용하여

traffic shaping와 traffic policing을 가능토록 구현해 놓았다[2]. 두 시스템 모두 burst한 트래픽을 수용할 수 있게끔 구현되어 있으며 서로 다른 priority queue를 사용함으로써 soft traffic policing을 적용할 수 있게 설계되어 있다. 그리고 현재 널리 알려져 있는 Cisco의 CAR[3]는 물리적 포트, 패킷 분류방식, IP 주소, MAC 주소, 응용 프로그램간 플로우 등의 확장된 접근 리스트를 바탕으로 전송 속도를 조절할 수 있는 기능이 구현되어 있다.

3. 연구 모델 제시/ 모델 분석

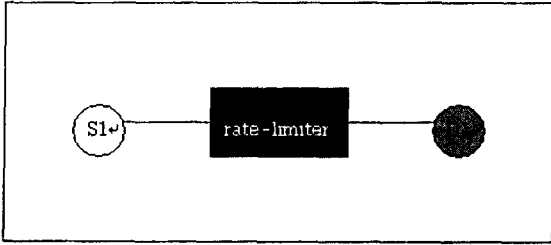
실제 전송 속도 제한은 Quality of Service를 제공하기 위한 한 방편으로 연구되어졌으며, 이를 IntServ[6]나 DiffServ[7]에서 유효적절하게 응용되어 사용자들에게 효과적인 데이터 전송을 가능토록 하는 방안으로 연구되었다.

가능한 한 현재 서비스되어지는 구성 모델을 염두에 두고 실제 발생하는 데이터 트래픽에 전송속도를 제한함으로써 일어나는 TCP에서의 영향을 살펴보고자 한다.

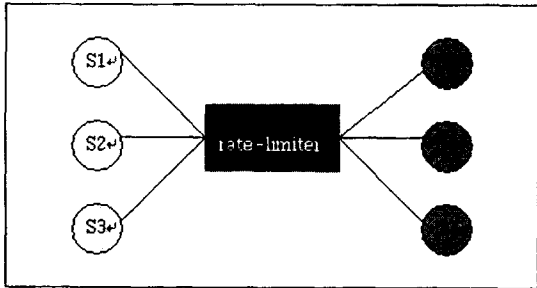
TCP는 특성상 혼잡 발생시 타이머 back-off나 congestion window 감소와 같은 혼잡 제어 함수를 기동시킨다. 이를 통해서 소스와 목적지 사이의 중간 링크들의 load를 완화시켜주어 데이터의 혼잡을 스스로 해결하는 안정적인 통신을 지원한다. 이때, 패킷 손실에 발생에 의한 소스의 재전송을 위한 제반 작업은 현재 connection의 throughput의 저하를 가져온다.

이에 비추어 볼 때, 소스와 목적지로의 인지없이 rate-limiter 자의의 traffic shaping은 기대 이상의 패킷 손실

을 발생할 것이고, 이는 기존의 계약되어진 전송 속도 충족에 미치지 못하는 대역폭을 제공하리란 결과를 예측해 볼 수 있다. 이러한 일련의 증명을 위한 수단으로 다음과 같이 ns-2 simulator[10]를 이용하여 실험을 통해 알아보도록 하겠다.



(a) 단일 소스-목적지



(b) 복합 소스-목적지

그림 3.1. rate-limiting 시나리오를 위한 토폴로지

그림3.1에서는 실험을 위한 네트워크 토폴로지를 나타내고 있다. 실험에서 rate-limiter는 token bucket을 이용하여 전송 속도를 제한하고 있으며, 해당 ISP 업체를 나타내고 있다. 이를 동작시키기 위한 인수로는 peak rate와 burst rate 그리고 queue 길이와 flow id를 필요로 한다. 좀더 부가적인 설명을 하자면, 약정된 전송속도의 보장은 각 소스에서 ISP 업체 사이에서의 링크에서만 가능하며, 각 목적지는 임의의 망 내의 호스트를 지칭하고 있다. (a)에서는 소스와 목적지를 rate-limiter에 직접 연결하여 rate-limiter 자체 내에서 작동하는 특징을 살펴보고자 한다. (b)에서 S1, S2, S3는 각각 데이터 트래픽 생성 소스를 나타내고 있으며, D1, D2, D3는 해당 목적지를 나타내고 있다. 여기서는 multiple TCP flow 간에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 단, 전송 속도가 제한되는 flow는 S1-D1의 1개에 국한시켜 다른 일반 TCP flow와 구분하여 속도가 제한되는 flow만으로서의 관심으로 집중하였다.

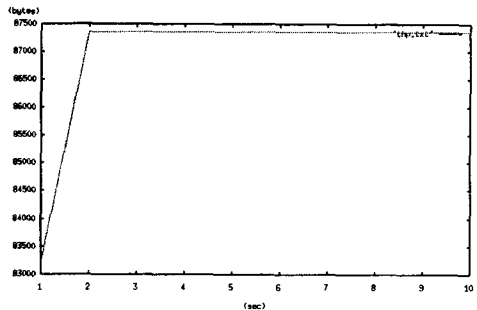
위와 같은 모델에서 가정되어지는 트래픽 시나리오는 다음과 같이 설명되어질 수 있다. 원래 전송 속도 제한이라는 기법 자체가 링크 레이어에서 구상되어지는 방안으로 TCP와 같은 전송 레이어에서는 rate-limiter와 같은

존재를 염두에 두고 있지 않다. 따라서, ISP업체와 약정된 전송 속도 제한은 TCP에서 기대하지 않았던 데이터 손실을 가져오게끔 되고 이는 데이터의 재전송을 필요로 하게 되므로 네트워크에 필요 이상의 부하를 가져오게 된다. 따라서, 효율은 떨어지게 되리라는 일련의 가정을 유추해 볼 수 있다. 실험에서는 이와 같은 일련의 가정이 TCP에 얼마만큼의 파급 효과를 가져오는지 수치화하는데 그 의의를 둔다.

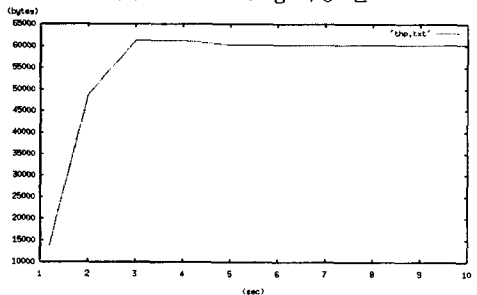
4. 실험/simulation

실험은 ns-2를 이용한 시뮬레이션을 이용하였으며, 네트워크 토폴로지는 그림3.1에서와 같은 구성으로 이루어졌다. 각 소스와 목적지는 이전 장에서 설명한 바와 같이 (a), (b) 각각 S1-D1 그리고 S1-D1, S2-D2, S3-D3와 같이 고정하였고, 데이터 발생은 각 소스 노드에서 임의의 시간에 시작하도록 하였으며 FTP 애플리케이션을 이용하였다. 실험에 이용된 TCP의 종류에는 Reno를 이용하여 패킷 손실이 발생했을 경우 congestion window size를 (손실 발생 당시 window size)/2로 설정하였음을 주지하였다[8]. 그리고 실험에 있어서 주요 인수값들은 다음과 같다: 링크 bandwidth는 700Kbps, delay는 10ms이고 IP 패킷 크기는 592 byte, rate-limiter의 peak-rate는 500Kbps이고 burst-size는 16Kbyte, queue length는 3 그리고 flow id는 관찰하고자 하는 S1-D1의 flow이다.

5. 결과 분석

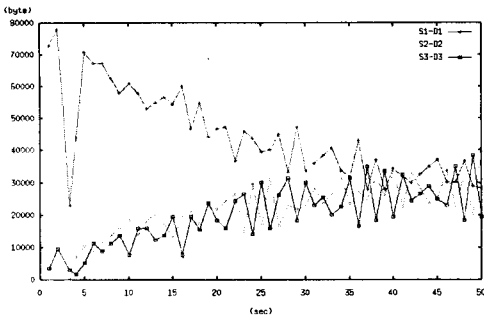


(a) rate-limiting 적용 전

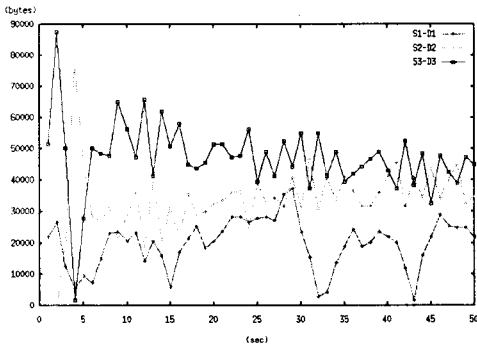


(b) rate-limiting 적용 후

그림 5.1. 단일 소스-목적지에서 throughput



(a) rate-limiting 적용 전



(b) rate-limiting 적용 후

그림 5.2. 복합 소스-목적지에서서의 throughput

그림 5.1(a)에서 결과값은 throughput이 697Kbps로써 링크의 용량을 나타내고 있고, (b)에서는 405Kbps로써 500Kbps로의 제한을 20%정도로 오차가 발생하였다. 이는 예상한 바대로 패킷 drop에 의한 throughput의 감소로 설명되어질 수 있다. 그림 5.2(a)에서는 시작 시각을 달리 한 3개의 TCP flow가 시간이 흐름에 따라서 converge됨을 볼 수 있었다. (b)에서는 실험대상이 되는 S1-D1의 throughput이 247Kbps로써 제한값인 500Kbps의 절반 정도밖에 미치지 못함을 확인할 수 있었다. 이러한 수치는 링크를 공유하는 다른 TCP flow의 영향과 더불어 패킷 손실이 전송 속도 제한에 끼치는 영향이 상대적으로 크다는 것을 나타낸다.

6. 결론

본 논문에서는 전송 속도 제한 기능을 모델링하고 ns-2를 이용하여 모의 실험을 통한 성능 측정을 해 보았다. 실험 모델은 비교적 간단한 토폴로지를 구성하지만, 이는 현재 ISP에서 제공하는 망을 구성하였으며, 여기서 발생하는

flow를 전송 속도 제한 여부로써 구분하여 비교해 보았다. 실험 결과로써 rate-limiting은 제약되어진 throughput보다 성능이 낮게 나왔으며, 이는 패킷 drop에 의한 손실의 결과로써 비롯됨을 알 수 있었다. 따라서, 이러한 성능 저하를 상쇄시킬 수 있는 메커니즘이 고안되어질 필요성이 있다.

7. 참고문헌

- [1] Rate Limiting, http://www.hp.com/rnd/support/manuals/pdf/release_06628_07110/Bk2_Ch4_Rate_Limiting.pdf, Dec 2002
- [2] C. Semeria, Internet Processor II ASIC: Rate-limiting and Traffic-policing Features (white paper), Juniper Networks, 2000
- [3] Cisco CAR, http://www.cisco.com/en/US/tech/tk543/tk545/tk764/tech_protocol_home.html
- [4] H. Balakrishnan, V.N. Padmanabhan, S. Seshan, R.H. Katz, A comparison of mechanisms for improving TCP performance over wireless links, ACM SIGCOMM Computer Communication Review 26(4) (1996) 256-269
- [5] D. Perkins, H. Hughes, Investigating the performance of TCP in mobile ad hoc networks, Computer Communications 25(2002) 1132-1139
- [6] J. Wroclawski, RFC 2211, Specification of the Controlled-Load Network Element Service, September 1997
- [7] A. Elizondo, M. Garcia, H. Einsiedler, R. Roth, M. Smirnov, M. Bartoli, P. Castelli, B. Varga, Service Models and Realisation of Differentiated Services Networks, EDIN 0062-1006, Project P1006, Mar 2001
- [8] W. Stevens, TCP/IP Illustrated, Volume 1 The Protocols, Addison Wesley
- [9] W. Stallings, Data and Computer Communications, 5th Edition, Prentice Hall
- [10] K. Fall, K. Varadhan, ns Notes and Documentation, The VINT Project, Dec 1999