종단간 네트워크 가용대역폭 측정 기법 비교

양현종*, 이형옥*, 남윤승*, 남지승*
*전남대학교 전자컴퓨터공학과
e-mail : withhyunjong@naver.com

Comparison of End to End Network Available Bandwidth Estimation Techniques

Hyun-Jong Yang*, Hyung-Ok Lee*, Yun-Seung Nam*, Ji-Seung Nam*
*Dept of Eletronic and Computer Engineering, Chonnam National University

요 약

최근 네트워크 성능이 고도화됨에 따라 종단간 네트워크 가용대역폭을 측정에 관한 연구가 활발하다. 종단간 네트워크 가용대역폭을 측정함으로써 네트워크 접근제어, 서비스 받을 서버 선택 문제, 오버레이 네트워크에서의 최적의 경로 선택, 혼잡제어 등에서 다양하게 응용할 수 있다.

본 논문에서는 기존 종단간 네트워크 가용대역폭을 측정하는 기법의 장단점에 대해 알아보고 가용대역폭 측정 툴들을 비교 분석해 보았다.

1. 서론

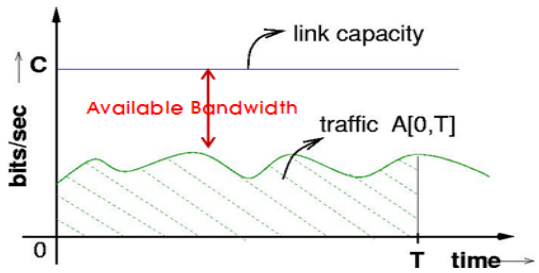
최근 광가입자망의 보급으로 네트워크가 고속화됨에 따라 고화질의 멀티미디어 스트리밍, 화상회의, IPTV와 같은 서비스가 가능해졌다. 기존 VoD방식처럼 콘텐츠를 다운로드 후 재생하는 방식이 아니라 실시간으로 스트리밍 해주는 기술에 대한 연구가 활발해 짐에 따라 종단간 네트워크 가용대역폭을 측정에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세이다.

종단간 네트워크 가용대역폭을 측정함으로써 네트워크 접근제어, 서비스 받을 서버 선택 문제, 오버레이 네트우크에서의 최적의 경로 선택, 혼잡제어 등에서 다양하게 응용할 수 있다.[1] 또한 실시간으로 멀티미디어 콘텐츠를 스트리밍 해주는 서비스에서 무엇보다 중요한 것은 송신자와 수신자간의 경로 상에서 가용대역폭을 빠르고 정확하게 측정하는 것이다. 네트워크 가용대역폭으로 실시간으로 측정함으로써 송신자의 전송률을 제어하여 멀티미디어 콘텐츠 스트리밍을 부드럽게 서비스 해주는 것이 가능하다. 그러나, 가용 대역폭 자체가 실시간으로 변하기 때문에 측정하는데 시간이 오래 걸리거나, 정확도가 떨어지게 되어 원활한 서비스를 해줄 수가 없다.[2]

인터넷은 다중 홉으로 구성되어 있으며 다수의 병목 링크와 혼잡 링크가 존재하며 경쟁 트래픽의 유입도 동시 다발적으로 이루어진다. 또한 실시간 스트리밍 서비스에서는 전송된 데이터를 실시간으로 재생하기 위하여 수신 버퍼를 최소화해야 한다. 수신 버퍼는 사이즈가 작기 때문에 대역폭의 변화에 민감할 수밖에 없다.

본 논문에서는 기존의 가용 대역폭 측정 기법들의 특징과 장단점에 대해 알아보고 3장에서는 기존 가용 대역폭 측정 툴들의 성능을 분석하고 4장에서 향후 연구과제 및 결론을 맺는다.

2. 종단간 네트워크 가용대역폭 측정 기법



(그림 1) 링크상의 경쟁트래픽과 가용대역폭

그림 1은 네트워크 경로에서의 고정 대역폭과 가용대역폭을 나타내고 있다. 여기에서

$$C = \min_{i=1,\ldots,H} C_i \quad (식\ 1)$$

인 고정대역폭 C를 *narrow link*라 한다.

$$B[t-\tau, t] = \min_i \left(C_i - \frac{A_i[t-\tau+p_i, t+p_i]}{\tau} \right) \quad (식\ 2)$$

그리고 단위시간 동안의 가용 대역폭 B를 그림 1과 식 2를 통하여 나타낼 수 있다. 여기에서 p_i 는 특정 링크에서의 Propagation Delay와 Processing Time을 포함한다.

종단간 네트워크 가용 대역폭 측정 기법은 크게 단일-홉 갭 모델 기법과 자가 혼잡 유발(Self-Induced Congestion) 기법으로 나눌 수 있다.

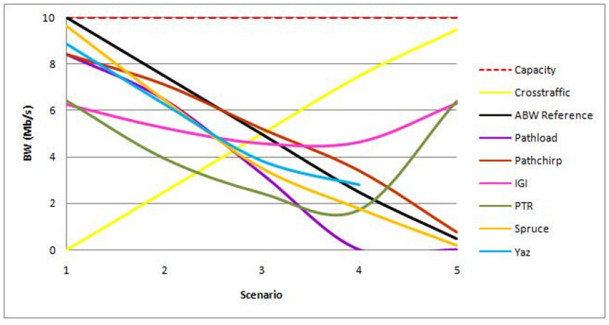
※본 연구는 대한민국 지식경제부 ITTA(Institute for Information Technology Advancement)의 대학정보통신연구협의회 ITRC(Information Technology Research Center)의 지원으로 수행되었습니다. (ITTA-2009-(C1090-0903-0011))

단일-홉 갭 모델 기법은 네트워크 병목 링크를 갖는 단일 홉으로 축소하여 모델링하고 패킷 쌍을 일정한 간격으로 송신했을 때 수신되는 패킷의 출력 간격을 분석하여 가용 대역폭을 측정하는 기법이다. 이러한 기법은 적은 수의 패킷을 이용하기 때문에 빠르게 가용대역폭을 찾을 수 있다는 장점이 있다. 또한 측정 패킷의 크기가 작아서 네트워크에 크게 부하를 주지 않는 장점이 있다. 그러나 병목 링크의 고정 대역폭을 정확하게 측정하지 못할 경우 오차가 크게 발생할 수 있으며, 병목링크와 혼잡링크가 경로 상에서 서로 다른 링크일 경우 오차가 발생하게 된다. 따라서 실제 네트워크처럼 다중 홉 기반에 다수의 병목 링크와 혼잡 링크가 동시에 존재하고 경쟁트래픽도 여러 링크에서 유입될 경우 가용 대역폭 측정의 정확도가 떨어지게 된다.

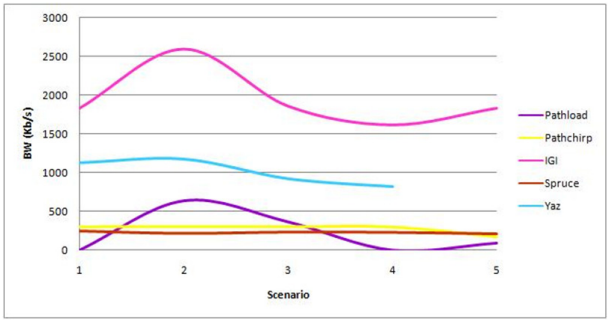
자가 혼잡 유발 기법은 전송하는 패킷의 전송량을 높여가면서 수신측에서 관찰되는 Queueing Delay를 분석함으로써 가용대역폭을 측정하는 기법이다. 이러한 기법은 측정 패킷이 겪는 지연을 통해 가용 대역폭을 측정하기 때문에 병목 링크나 혼잡 링크의 위치에 관계없이 가용대역폭을 찾을 수 있는 장점이 있다. 따라서 실제 네트워크 상황에 더욱 적합한 모델이라고 할 수 있다. 그러나 자가 혼잡을 유발하기 때문에 측정 패킷 자체가 네트워크에 부하를 주게 되어 측정 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

3. 성능 분석

가용 대역폭 측정 툴의 성능 분석은 기존의 공개된 Open Source를 이용하여 종단간 네트워크 가용대역폭을 측정해 보고 성능을 비교해 보았다.



(그림 2) 가용대역폭 측정 툴 측정값



(그림 3) 가용대역폭 측정 툴 Intrusiveness

모든 측정 툴들은 실제 가용 대역폭보다 낮게 측정이 되었다. 그리고 pathChirp과 Spruce는 비슷한 Intrusive 특성을 가지고 있었으며, pathChirp, Spruce과 Yaz는 경쟁 트래픽의 양과 관계없이 일정한 시간에 가용대역폭 측정값을 반환해 주었다. 그리고 Yaz[3]가 최소한의 시간으로 가장 안정적이고 빠르게 가용대역폭 값을 얻을 수 있었다. 하지만 대부분의 툴들은 높은 경쟁 트랙픽상에서 측정값의 정확도가 떨어짐을 볼 수 있었다.

4. 향후 연구과제 및 결론

기존의 가용 대역폭을 측정하는 기법들을 나열하고 장단점을 살펴보았다. 단일-홉 갭 모델 기법은 빠르게 가용대역폭을 측정할 수 있지만 실제 인터넷 환경에서는 오차가 많이 생길 수 있으므로, 정확도가 떨어진다. 자가 혼잡 유발 기법은 실제 네트워크 상황에서 가용대역폭을 측정하기에 적합한 기법이라 할 수 있다. 하지만 스스로 전송량을 높임으로써 네트워크에 과부화를 주게 되는 단점이 있다.

향후 연구과제로는 망구성 환경과 경쟁 트래픽 유입을 다양화하여 경쟁트래픽의 양과 관계없이 가용대역폭을 측정할 수 있도록 하여 실제 인터넷 환경에서 성능을 평가할 수 있어야 할 것이다.

참고문헌

[1] Vinay J. Ribeiro, Rudolf H. Riedi, Richard G. Baraniuk, Jiri Navratil, Les Cottrell, "pathChirp: Efficient Available Bandwidth Estimation for Network Paths" Proc. of Passive and Active Measurement Workshop, April 2003.

[2] N. Aboobaker, D. Chanady, M. Gerla, and M. Y.Sansadidi, "Streaming media congestion control using bandwidth estimation" In Proceedings of IFIP/IEEE International Conference on management of multimedia networks and services, October 2002.

[3] Joel Sommers, Paul Barford, Walter Willinger, "A proposed FrameWork for Calibration of Available Bandwidth Estimation Tools" Computers and Communications, 2006. ISCC '06. Proceedings.

[4] Jain M. Dovrolis, C "Pathload: A Measurement Tool for End-to-End Available Bandwidth", In Proc of Passive and Active Measurement(PAM) Workshop, 2002.

[5] Hee-Kyu Kim, Hoh Peter In "An Advanced Available Bandwidth Measurement for Real-time Multimedia Streaming Service", 2008 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol.35, No.1(A)