

다중링크에서의 명시적 혼잡제어 프로토콜의 성능평가

정회원 천 상 훈*

Performance Evaluation of Explicit Congestion Control Protocol in Multi-Link Topology

Sang Hun Chun* *Regular member*

요 약

명시적 혼잡제어 프로토콜은 지연과 대역폭의 값이 큰 망에서 매우 우수한 성능을 발휘할 수 있는 귀환기법에 근거한 혼잡제어 프로토콜이다. 기존의 실험을 통해 간단한 단일 병목 링크에서 명시적 혼잡제어 프로토콜은 높은 성능을 보임을 알 수 있었다. 본 논문은 일련의 병목 링크를 갖는 좀 더 복잡한 토폴로지에서 명시적 혼잡제어 프로토콜의 동작을 고찰하였다. NS2를 이용한 실험결과, 명시적 혼잡제어 프로토콜은 다중 링크를 갖는 주차장 토폴로지에서 좋은 성능을 보임을 알 수 있었다.

Key Words : Explicit Congestion Control, Feedback, Parking Lot Topology, Router, Queue

ABSTRACT

Explicit congestion control is a feedback-based congestion control protocol that can perform well in very high delay-bandwidth product networks. The existing test showed that explicit congestion control protocol has a good performance in simple single bottleneck link. This paper investigated the behavior of explicit congestion control in a more complex topology with a sequence of bottlenecks. Simulation results using NS2 showed that explicit congestion control can be result to have a good performance in a parking lot topology with multi-link.

1. 서 론

오늘날 많은 사람들과 아이폰 및 아이패드 같은 새로운 디지털 기기들이 전세계의 다양한 지역에서 폭증적으로 인터넷에 접속하고 있다. 이와같은 상황에서 인터넷이 계속 발전하기 위해서는 인터넷의 혼잡제어 기술이 복잡한 네트워크에도 잘 적용될 수 있어야 한다.

인터넷의 폭발적 성장은 기존의 인터넷 혼잡제어 기법들의 유효성에 관한 연구에 지대한 관심을 갖게 하였고^[1], 이어서 인터넷의 효율성을 개선하는 다양한 기법들을 설계하고 개발하기 위한 연구들이 진행되었다^[2]. 이러한 연구에 근거하여 인터넷 혼잡제어 기법으로 귀환기법에 근거한 명시적 혼잡제어 기법이 개발되었다^[3].

명시적 혼잡제어 기법에서는 망 내의 장비로부터 혼잡정보를 취하여 중단 사용자 간의 트래픽 제어에 이용한다. 명시적 혼잡제어에서 망 장비들은 혼잡정보를 중단 호스트에 귀환시켜서, 망의 트래픽 상황에 맞도록 적절히 혼잡 윈도우 크기 혹은 전송속도를 조절할 수 있도록 한다. 몇몇 명시적 혼잡제어 프로토콜이 제안되었는데^[4-6], 이들은 형평성, 안정성, 확장성을 달성하는 혼잡제어 기반을 제공할 수 있음을 보였고 사실상 IP 망의 혼잡제어 표준으로 자리 잡았다. 또한 간단한 단일 병목링크 상에서 수행된 평가시험에서도 명시적 혼잡제어 기법은 훌륭한 성능을 보였다^[7].

본 논문에서는 4개의 링크로 구성되는 주차장 토폴로지 유형의 망에 명시적 혼잡제어 기법을 구현하여 실험적 연구를 수행한다. 성능평가를 위해 4개 링크를

* 재능대학 정보통신과(wintari@naver.com)

논문번호 : 10026-0403, 접수일자 : 2010년 4월 3일

모두 통과하는 송신원의 혼잡 윈도우 크기, 각 링크의 큐 점유량, 링크 활용도를 조사한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 모의실험 망을 구축하고 실험을 수행하며, III 장에서는 모의실험 결과를 분석한다. 마지막으로 IV 장에서 결론을 맺는다.

II. 모의실험 망 구축

본 논문에서는 중단 시스템과 라우터에 명시적 혼잡제어 기법을 구현하기 위해 기존의 단일 병목링크 망에서 사용한 방법을 참조하였다⁷⁾.

그림 1은 실험에 사용된 망 모델을 나타내며, 다수의 병목링크 상에서 동작하는 3 개의 명시적 혼잡제어 트래픽 송신원을 갖는 주차장 모형의 토폴로지를 사용하였다.

병목링크는 양방향으로 명시적 혼잡제어 라우터를 갖는 양방향 링크로 구현하였고, 명시적 혼잡제어 큐를 사용하였으며, 40 Mbps의 대역폭과 5 ms의 지연을 갖도록 설정하였다. 송신원을 병목링크에 연결하는 측면링크에도 명시적 혼잡제어 큐를 사용하였다.

송신원 S0, S1, S2는 4개의 링크 L0, L1, L2, L3을 모두 통과하는 순방향 트래픽을 각각의 목적지 D0, D1, D2로 전송한다. 반대로 목적지 D0, D1, D2는 4개의 링크를 역순으로 통과하여 역방향 귀환 트래픽을 각각의 송신원 S0, S1, S2에 전송하여, 네트워크의 혼잡 상황에 따라 순방향 트래픽의 전송속도를 조절하게 한다.

송신원 S3는 링크 L0를 통해 목적지 D3에 트래픽을 전송하며, 링크 L0를 통과하는 송신원 S0, S1, S2의 순방향 트래픽들에 대해서 병목현상을 유발토록한다. 마찬가지로 송신원 S4, S5, S6는 각각 링크 L1, L2, L3를 통해 각각의 목적지 D4, D5, D6에 트래픽을 전송하며, 링크 L1, L2, L3를 통과하는 송신원 S0, S1, S2의 순방향 트래픽들에 대해서 각각 병목현상을

유발토록한다.

송신원 S7은 링크 L0를 통해 목적지 D7에 트래픽을 전송하며, 링크 L0를 통과하는 목적지 D0, D1, D2의 역방향 귀환 트래픽들에 대해서 병목현상을 유발토록한다. 마찬가지로 송신원 S8, S9, S10은 각각 링크 L1, L2, L3를 통해 각각의 목적지 D8, D9, D10에 트래픽을 전송하며, 링크 L1, L2, L3를 통과하는 목적지 D0, D1, D2의 역방향 트래픽들에 대해서 각각 병목현상을 유발토록한다.

각 송신원 S0, S1, ..., S10에는 파일전송 어플리케이션(FTP, File Transfer Protocol)을 실행시켰고, 0 ~ 0.2초 사이에서 불규칙적으로 데이터 전송을 시작토록 하였다. 실험은 약 10초 동안 수행하였다.

III. 모의실험 결과

모의실험은 네트워크 시뮬레이터 ns-2.34를 사용하여 수행하였다. 평가에 사용된 측정치는 4개의 링크를 모두 통과하는 송신원 S0, S1, S2의 혼잡 윈도우 크기를 시간에 따라 나타내었고, 링크 L0, L1, L2, L3의 대역폭 활용도와 큐 길이를 시간에 따라 나타내었다. 혼잡 윈도우 크기를 측정하여 명시적 혼잡제어 기법이 각 송신원의 트래픽 전송률을 효과적으로 균등히 분배할 수 있는지 관측하고, 병목링크의 대역폭 활용도와 큐 길이를 관찰하여 링크 대역폭이 최적으로 이용되는지 살펴본다.

그림 2는 송신원 S0, S1, S2의 혼잡 윈도우 크기를 나타낸다. 그림으로부터 송신원 S0, S1, S2는 0 ~ 0.2초 사이에서 데이터를 전송하기 시작하고, 약 1초 부근에서 정상상태에 도달함을 알 수 있다. 송신원 S0, S1, S2는 정상상태 이후에 혼잡 윈도우의 크기가 대부분 70 ~ 80 사이에서 공평하게 진동함을 알 수 있다. 또한 8개의 나머지 송신원 S3, S4, ..., S10이 불규칙적으로 데이터를 전송함으로써, 가변적인 병목현상이 4개의 링크 L0, L1, L2, L3에 양방향으로 불규칙적으로 발생되기 때문에, 이에 대응하기 위하여 정상상태에서 세 개의 송신원 S0, S1, S2의 진동형태가 빈번하게 불규칙적으로 변화함을 알 수 있다. 따라서 4개의 링크 L0, L1, L2, L3에 양방향으로 병목현상이 불규칙적으로 발생하는 복잡한 네트워크 토폴로지에서도 명시적 혼잡제어 기법을 장착한 송신원들은 적절한 대응으로 네트워크를 공평하게 사용할 수 있음을 알 수 있다.

그림 3은 링크 L0, L1, L2, L3의 큐 크기의 변화를 나타낸다. 그림으로부터 각 링크의 크기가 일정한 한

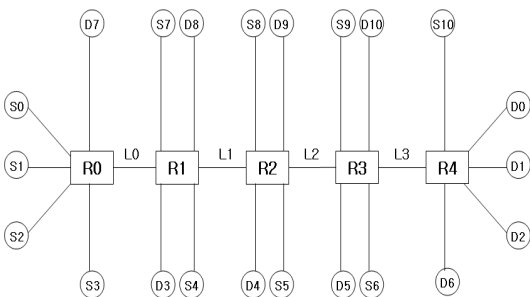
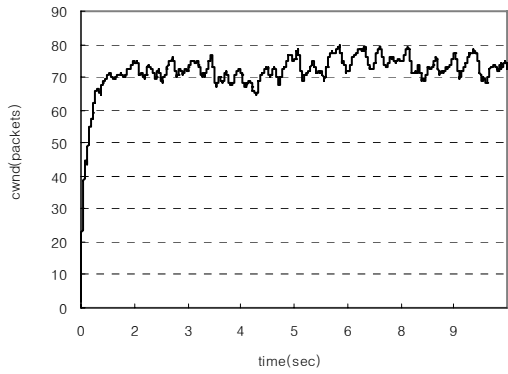
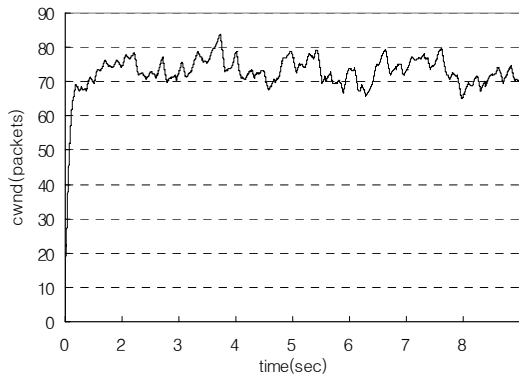


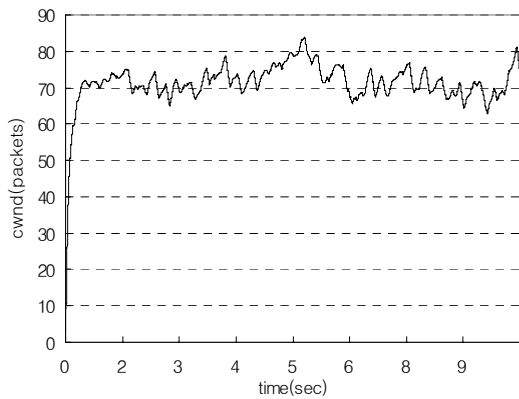
그림 1. 실험에 사용된 주차장 모형 망 모델



(a) 송신원 S0의 혼잡 윈도우 크기



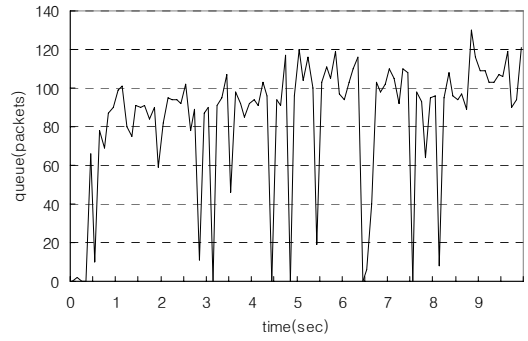
(b) 송신원 S1의 혼잡 윈도우 크기



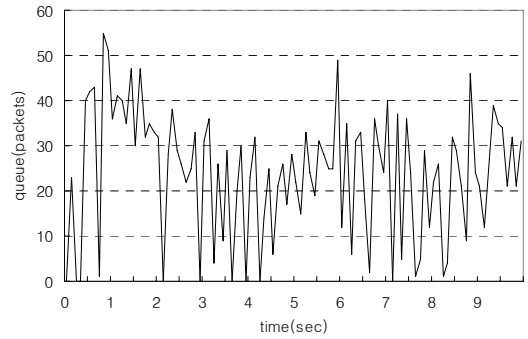
(c) 송신원 S2의 혼잡 윈도우 크기

그림 2. 송신원 S0, S1, S2의 혼잡 윈도우 크기

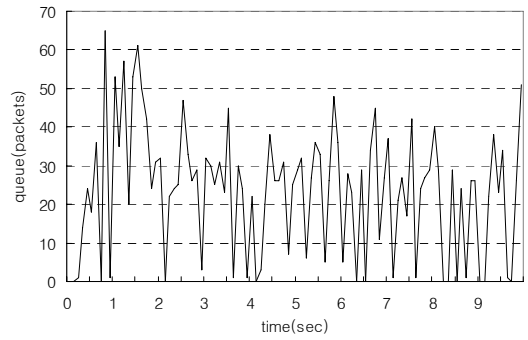
도 내에서 수시로 불규칙하게 진동함을 알 수 있다. 따라서 각 링크에 불규칙적으로 병목현상이 발생하더라도, 이에 대응하여 송신원의 데이터 전송이 적절히 조절되고 있음을 알 수 있다. 그럼으로부터 링크 L0의 큐 크기가 평균적으로 나머지 링크 L1, L2, L3에 비



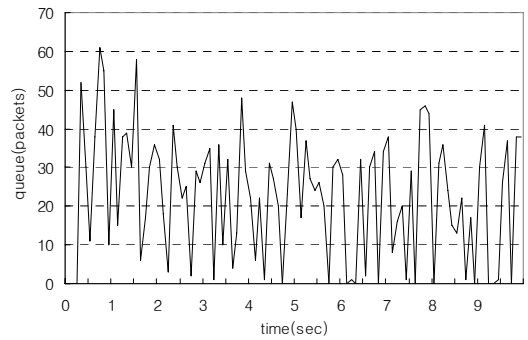
(a) 링크 L0의 큐 크기



(b) 링크 L1의 큐 크기

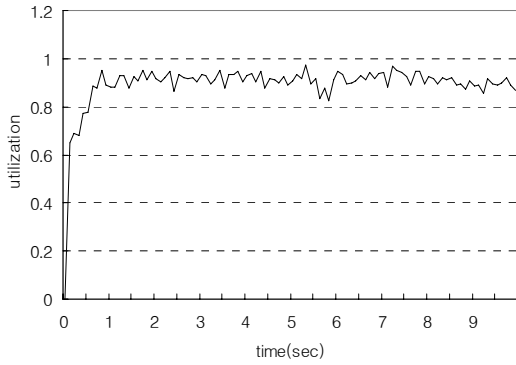


(c) 링크 L2의 큐 크기

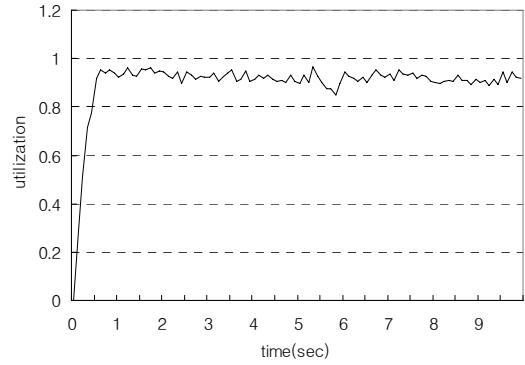


(d) 링크 L3의 큐 크기

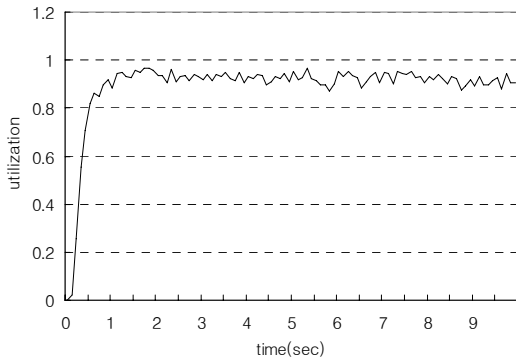
그림 3. 링크 L0, L1, L2, L3의 큐 크기의 변화



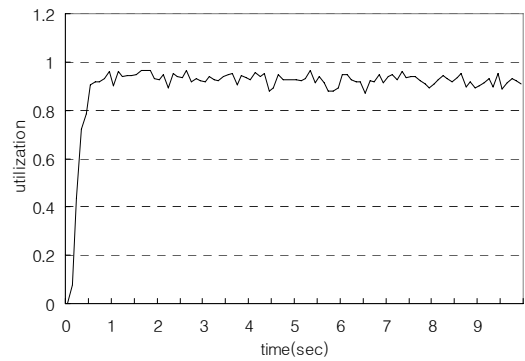
(a) 링크 L0의 링크 활용도



(b) 링크 L1의 링크 활용도



(c) 링크 L2의 링크 활용도



(d) 링크 L3의 링크 활용도

그림 4. 링크 L0, L1, L2, L3의 링크 활용도

해서 3배정도 크고, 높은 값의 유지기간도 길다. 이 현상은 링크 L0에는 송신원 S3외에도 추가로 직접 연결된 3개의 송신원 S0, S1, S2가 순방향으로 데이터를 전송하여 링크 L0의 병목현상에 참여하고 있기 때문이다.

그림 4는 링크 L0, L1, L2, L3의 링크 활용도를 나타낸다. 그림으로부터 약 0.5초 부근까지는 과도기 구간으로서 링크 활용도가 선형적으로 1을 향해서 증가함을 알 수 있다. 약 0.5초 이후에는 정상적으로 4개의 링크 모두가 링크 활용도 1에 근접하여 사용됨을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 10 개의 송신원과 5 개의 라우터로 구성되는 다중의 링크를 갖는 복잡한 주차장 토폴로지 유형의 망에 명시적 혼잡제어 기법을 구현하여 실험적 연구를 수행하였고, 명시적 혼잡제어 기법이 송신원의 혼잡 윈도우 크기를 적절히 조정할 수 있는지

를 실험하였다. 성능평가를 위해 트래픽이 다중의 링크를 모두 통과하는 3개의 송신원의 시간에 따른 혼잡 윈도우 크기 변화, 링크의 큐 크기, 그리고 링크 활용도를 살펴보았다. 실험결과 혼잡 윈도우 크기의 변화를 통해 명시적 혼잡 제어 기법이 각 송신원의 트래픽 전송률을 효과적으로 균등히 분배할 수 있음을 관측하였고, 링크의 대역폭 활용도를 관찰하여 링크 대역폭이 최적으로 이용됨을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] S. Floyd, "High-speed TCP for Large Congestion Windows," IETF RFC 3649, Dec. 2003.
- [2] GENI. [Online]. Available: <http://www.geni.net/>.
- [3] S. Bhandarkar, S. Jain, and A. L. N. Reddy, "Improving TCP Performance in High Bandwidth High RTT Links Using Layered Congestion Control," in Proc. PFLDnet, Feb.

- 2005.
- [4] L. Xu, K. Harfoush, and I. Rhee, "Binary Increase Congestion Control (BIC) for Fast, Long Distance Networks, " in Proc. IEEE INFOCOM, Mar. 2004, pp. 2514-2524.
 - [5] D. Katabi, M. Handley, and C. Rohrs, "Congestion Control for High Bandwidth Delay Product Networks," in Proc. ACM SIGCOMM, Aug. 2002, pp. 89-102.
 - [6] A. Falk, Y. Pryadkin, and D. Katabi, "Specification for the Explicit Control Protocol (XCP)," IETF Internet Draft, Jul. 2007.
 - [7] 천상훈, "명시적 혼잡제어 프로토콜의 성능평가 연구," 한국통신학회논문지, vol.34, no.6, pp. 200-203, June, 2009.
 - [8] "The Network Simulator - ns-2,". URL <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

천 상 훈 (Sang Hun Chun)

정회원



1990년 2월 인하대학교 전자공학과

1992년 2월 한국과학기술원 전기전자공학과 석사

2000년 2월 인하대학교 전자공학과 공학박사

2000년 3월~현재 재능대학 정보통신과 부교수

<관심분야> 혼잡제어, 트래픽 제어, 컴퓨터 네트워크, 유비쿼터스