

# MPLS 영역에서 IP Packet의 성능 분석

박 상 준, \*박 우 출, \*\*이 병 호

한양대학교 전자통신전파공학과, \*한양대학교 전자공학과, \*\*한양대학교  
전자컴퓨터 공학부

전화: 02-887-4063 / 핸드폰: 019-392-1760

## Performance Analysis of IP Packet over MPLS Domain

Sang Jun Park, Woo Chool Park, Byung Ho Rhee

Division of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University

E-mail: parksang@hymail.hanyang.ac.kr

### Abstract

MPLS stands for "Multi-protocol Label Switching". It's a layer 3 switching technology aimed at greatly improving the packet forwarding performance of the backbone routers in the Internet or other large networks. We compare the performance of unlabeled IP traffic and labeled IP traffic. In this paper, by varying the packet rate and measuring throughput of the flows we analyze the performance of labeled IP packet traffic and unlabeled IP packet traffic in IP over MPLS.

### 1. 서론

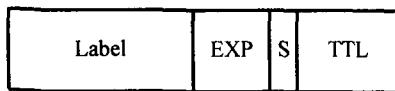
최근 TCP/IP 기반의 인터넷 프로토콜이 컴퓨터 통신망의 실질적인 표준으로 확고히 자리 잡게 되면서 인터넷은 수천 만 명의 사용자를 연결하는 세계적인 공공 데이터망으로 성장하게 되었다. 특히 인터넷이 본격적인 상업망으로 전환되기 시작하면서 급격하게 양적인 팽창을 거듭하고 있으며, 더욱이 멀지 않은 미래에는 정보 통신 기술과 컴퓨터, 지능형 전자 제품들이 보급됨에 따라서 인터넷의 수요가 폭발적으로 증가될 것으로 예상되고 있다. 이에 따른 빠른 전송과 서비스를 만족

시키기 위한 포워딩 기술로써 MPLS에 대한 연구가 활발히 진행중이다. MPLS는 IP 패킷의 흐름(flow)을 MPLS 네트워크 상에 미리 정해진 경로를 따라 전달하는 역할을 담당한다. 이 경로를 LSP(label-switched path)라고 부른다. MLSP는 MPLS 네트워크의 ingress LSR (혹은 LER (Label Edge Router), Head-end LSR이라고도 불린다.)과 egress LSR (역시LER 또는 Tail-end LSR이라고도 불린다.)간에 설정되며 하나 혹은 여러 개의 label-switched hop의 연결로 이루어진다. 여기서 LSR(label-switched router)이란 MPLS를 지원하는 라우터를 의미한다. ingress LSR에 IP 패킷이 도착하면, LSR은 MPLS 헤더를 부착하고 해당 LSP상의 next LSR로 보낸다. 이 패킷을 labeled packet이라고 불리며, 이 labeled packet은 LSP상의 LSRs에서 label값을 참조하여 진행되며, 최종적으로 egress LSR에 도착한다. 여기서, MPLS 헤더는 제거되며 IP 패킷이 추출된다. 이 IP 패킷은 그 패킷의 destination IP address를 참조하여 다음 라우터로 진행된다.

본 논문은 IP 망에서 MPLS 레이블된 패킷은 ATM망이나 프레임 릴레이망과는 달리 레이블 오버헤드가 붙는다. 이에 따른 MPLS영역에서 IP 패킷이 성능이 병목 지역에서 레이블된 것과 레이블되지 않은 패킷에 따라 어떤 성능을 보이는지를 분석하였다.

## 2. MPLS 소개

MPLS는 향상된 포워딩 기술이다. OSI 7 계층에서 계층 2와 계층 3의 사이에 존재한다. 각 MPLS 패킷은 하나의 헤더를 가진다. ATM 환경이 아닌 곳에서, 헤더는 20 비트의 레이블과 3비트의 Experimental field ( Class of Service 또는 COS field로 주로 알려져 있다), 1 비트의 레이블 스택 지시자 그리고 8 비트의 TTL 필드로 구성되어 있다. ATM 환경에서는 헤더는 VPI/VCI 필드에서 인코딩된 레이블이 단지 포함된다. MPLS에서 레이블은 특정 전송 경로로 전송되는 패킷들의 집합을 나타내는 FEC (Forwarding Equivalence Class)와 맵핑되며, 이러한 패킷들의 집합은 라우팅 프로토콜에 의해서 생성된 라우팅 테이블의 항목으로 구분된다. 그림 1은 MPLS에서 규정한 레이블 헤더를 보이고 있다.[1,2,3]



Label : Label value (20 bit)  
 EXP : Experiment (3bit)  
 S : Bottom of stack (1bit)  
 TTL : Time To Live (8bit)

그림 1. MPLS의 레이블 헤더

MPLS를 수용할 수 있는 라우터를 Label Switching Router (LSR)이라고 부른다. MPLS 영역의 ingress LSRs에서 패킷의 IP 헤더의 내용에 근거해서 IP 패킷이 분류되고 라우팅된다. 지역적인 라우팅의 정보는 LSRs에 의해 유지된다. 그리고 나서 하나의 MPLS 헤더가 각 패킷마다 주입된다. MPLS를 수용할 수 있는 영역에서 LSR는 레이블을 LSR의 포워딩 목록을 조사하기 위한 색인으로써 사용한다. 패킷은 포워딩 목록 엔트리에 의해 상술된 것에 의해 처리된다. 들어오는 레이블은 나가는 레이블에 의해 대체되고 패킷은 다음 LSR로써 스위칭된다. 이런 레이블 스위칭 처리과정은 ATM망의 VCI/VPI의 처리과정과 매우 유사하다. 패킷이 MPLS 영역을 떠나기 전에 패킷의 MPLS 헤더는 제거된다. 이 모든 과정을 그림 2에서 보이고 있다. [2,4]

ingress LSRs과 egress LSRs 사이의 흐름을 Label Switched Paths (LSPs)라고 한다. MPLS의 전송 경로는 RIP (Routing Information

Protocol), OSPF (Open Shortest Path First), BGP (Boarder Gateway Protocol)와 같은 기존의 라우팅 프로토콜에 의해서 생성된 라우팅 정보에 따라서 결정된다. 이렇게 결정된 전송 경로를 통해서 LSP를 생성/유지/해제하는 기능을 수행하는

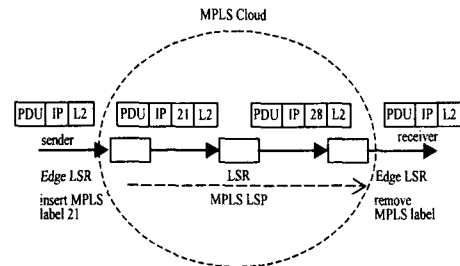


그림 2. MPLS 패킷 흐름

MPLS의 제어 요소 (Control Component)는 레이블 할당과 분배로 요소로 나뉘어진다. 라우팅 프로토콜에 의해서 결정된 전송 경로를 특정 레이블로 맵핑시키는 과정을 레이블 할당이라고 한다. Traffic driven Label Assignment은 특정 FEC에 속한 첫 번째 패킷이 도착하는 시점에서 레이블을 할당하는 경우로써 레이블의 할당 및 분배가 데이터 트래픽의 특성에 의존한다. Control driven Label Assignment은 특정 FEC에 속한 패킷이 도착하기 전에 레이블을 할당하는 경우로써 라우팅 프로토콜에 의해서 패킷이 전달되는 경로를 결정하고 이 경로에 대해서 레이블을 할당하는 방식이다. 레이블 분배는 특정 전송 경로에 할당된 레이블을 이웃한 LSR이 인식하여야만 레이블 교환 방식에 의해서 고속 데이터 전송을 수행할 수 있기 때문에 레이블과 전송 경로를 함께 알려주어야 하며, 이와 같이 특정 방법에 의해서 할당된 레이블을 이웃 LSR에게 알려주는 일련의 과정을 레이블 분배라고 한다. Explicit Label Distribution는 레이블 분배를 위해 새로운 프로토콜을 정의하는 방식으로써 현재 IETF에서 표준화가 진행중인 LDP(Label Distribution Protocol)가 본 방식에 속한다. Piggybacking on other control Message는 레이블 분배를 위해 새로운 프로토콜을 정의하는 대신 현재 사용하고 있는 OSPF, BGP, PIM(Protocol Independent Multicast)과 같은 라우팅 프로토콜이나 RSVP와 같은 신호 프로토콜의 일부를 수정하여 제어 정보와 함께 레이블 정보를 분배할 수 있도록 하는 방식이다.

### 3. 성능 분석

본 논문에서 고려한 시뮬레이션에서 그림 3에서 보여지는 네트워크 토폴로지를 사용하였다. 이것은 5개의 라우터와 3개의 흐름으로 이루어진 병목현상이 발생할 때의 성능을 측정할 수 있는 구성으로 이루어졌다.

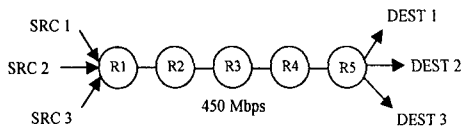


그림 3. Network Topology

3개의 소스는 TCP/IP 패킷을 사용하여 목적지까지 전송한다. 패킷발생량과 패킷처리량은 소스측과 목적지측의 합산결과로써 구하였다. 소스와 목적지 사이의 TCP는 512 바이트의 MSS를 사용하였다. 본 논문에서 트래픽의 양을 10Mbps 로써 표현하였다. 각채널의 대역폭은 450Mbps이고 라우터사이의 거리는 1000Km이다. 링크의 대역폭이 패킷의 발생량보다 큰 그림 4와 그림 5에서 패킷을 MPLS 영역에서 레이블 스위칭 하였을 경우 레이블 스위칭하지 않았을 경우에 비해서 성능이 향상되는 것을 알 수 있다.

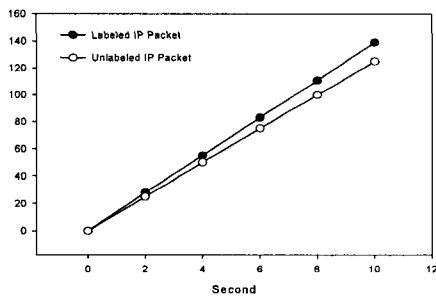


그림 4. 패킷발생량이 150Mbps일 경우

링크의 대역폭이 패킷의 발생량보다 같거나 작을 때의 그림 6과 그림 7에서 MPLS 영역에서 레이블 스위칭하여 패킷을 전송하였을 경우 시간이 지나감에 따라 성능이 저하되는 것을 보이고 있

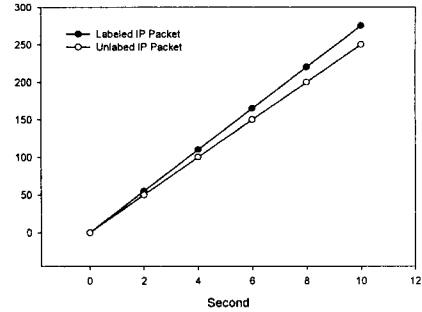


그림 5. 패킷발생량이 300Mbps일 경우

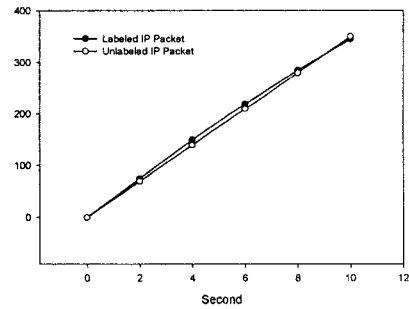


그림 6. 패킷발생량이 450Mbps일 경우

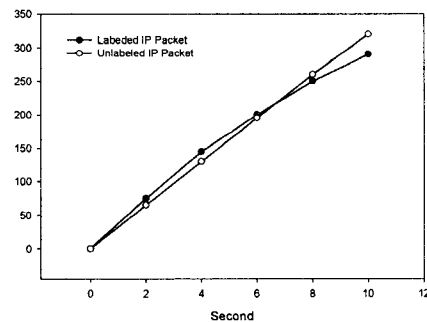


그림 7. 패킷발생량이 600Mbps일 경우

다. 링크 대역폭이 패킷 발생률보다 작은 그림 7에서는 시간이 지남에 따라 레이블한 경우의 패킷처리량이 레이블을 사용하지 않았을 경우보다 성능이 떨어지고 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서 MPLS 영역에서 IP 패킷 트래픽을 레이블 했을 경우와 레이블 하지 않았을 경우의 성능을 분석하였다 IP 망에서 MPLS 레이블된 패킷은 ATM망이나 프레임 릴레이망과는 달리 레이블 오버헤드가 붙는다. IP 패킷이 병목 지역에서 레이블된 것과 레이블되지 않은 패킷의 경우 IP 망에서 MPLS 레이블된 패킷은 링크의 대역폭이 병목지역에서 발생된 패킷 발생률보다 클 경우 MPLS 레이블 되지 않은 패킷보다 성능이 향상되었다. 그러나 링크의 대역폭이 더 작을 경우에는 오히려 시간이 지남에 따라 MPLS 레이블된 경우와 오버헤드와 빠른 스위칭이 더욱 혼잡을 발생시켜 레이블되지 않은 IP 패킷보다 성능이 저하되었다.

#### 5. References

- [1] Li, T., Rekhter, Y. " A Provider Architecture for Differentiated Services and Traffic Engineering(PASTE)", RFC 2430, October 1998
- [2] Awduche, D.O., Malcolm, J., O'DELL, M., McManus, J. "Requirements for Traffic Engineering over MPLS", draft-ietf-mpls-traffic-eng-00.txt, OCTOBER 1998
- [3] Rosen, E.C., Vishwanathan, A., Callon, R. "Multiprotocol Label Switching Architecture", draft-ietf-mpls-arch-04.txt, Feb. 1999
- [4] Eric c. Rosen, Y. Rekhter, "MPLS Label Stack Encoding", draft-ietf-mpls-label-encaps-03.txt, Sep. 1998