

---

# 계층형MPLS를 이용한 계층간의 효율적인 구성에 관한 연구

김기용 · 장종욱  
동의대학교 컴퓨터 공학과

## (Performance Evaluation of efficient group design Using Hierarchical MPLS)

ki-yong Kim · Jong-wook Jang  
Dept. of Computer Engineering, Dong Eui University

### 요 약

최근 QoS(Quality of Service)의 요구가 증가되고 망내에서 트래픽이 갈수록 증가함에 따라 확장성을 보장하는 계층형 MPLS 네트워크의 연구가 진행되고 있다. 하지만 계층형 MPLS는 망을 이루는 edge,core망 계층의 증가와 각 망 계층내의 노드 증가에 따라 많은 LER과 링크가 발생하게 되고 이는 계층형 MPLS설치의 설치비용이 증가하는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 계층형MPLS 망 계층간에 MPLS 네트워크를 구성하여 트래픽이 발생했을 경우 각 망 계층간의 LER수와 링크 수에 따른 패킷의 전송시간을 NS를 통해 시뮬레이션 하여 그 성능을 분석한다. 그 결과, 링크의 수가 증가함에 따라 전송 속도의 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

Recently, the demands of QoS(Quality of Service) and the traffic in network is increased. So, H-MPLS(Hierarchical MPLS) network research what guarantees the scalability is in progress. But, the H-MPLS has a problem of increasing of groups and the links of these group's nodes. It happens a problem that is increasing of H-MPLS setup cost.

In this paper, We setup the H-MPLS groups. We use NS simulator in order to analyze the performance and traffic transfer times of each H-MPLS groups. In conclusion, we can find out the elevation of the traffic performance, by increasing a amount of links.

### 키워드

H-MPLS, MPLS, 계층형MPLS

## 1. 서론

현재 해를 거듭할수록 네트워크 통신을 이용한 어플리케이션과 서비스는 다양해지고 질적인 향상을 높여왔다. 이에 따라 인터넷망은 점차 복잡해지고 많은 대역폭이 요구되며 정보의 처리량은 늘어났다. 이러한 문제점을 해결하고 쉬운 망관리와 망자원의 높은 활용성으로 망 전체의 성능을 높여주기 위하여 인터넷 관련 국제 표준화 기구인 IETF에서는 MPLS(MultiProtocol Label Switching)[1][2]를 제안하였다. 하지만 MPLS는 그 망의 크기가 확장될수록 MPLS망의 최말단에 있는 라우터 LER(Edge Label switch Router)들이 전체 네트워크의 상황을 항상 파악하는 처리량이 가중됨으로 많은 문제가 발생하였다[3][4]

이러한 LER에 집중적으로 가중되는 업무량을 해결하기 위하여 처리량을 분산하여 네트워크를 관리하는 H-MPLS (Hierarchical - MPLS)기술이 연구되었다[5]. 하나의 큰 망으로 구성된 MPLS와는 다르게 H-MPLS는 1개 이상의 core망을 이루는 상위계층과 MPLS edge를 이루는 여러 개의 하위계층으로 이루어져 있다. 기존의 MPLS는 새로운 라우터 추가나 내부라우터 장애 등 토폴로지에 변화가 발생할 경우 각 LER에서 전체 망을 다시 파악해야하는 문제가 있었다.[1][4] 따라서 망이 커지면 커질수록 부하가 비례해서 커지는 문제가 생기지만 H-MPLS는 장애나 라우터 추가 등 토폴로지에 변화가 발생할 경우 각 계층별로 문제를 해결하게 되고 해당계층을 제외한 나머지 계층들은 정상적인 업무를 수행하게 되며 부분적으로 변화가 발생한 그룹 내에서만 망의 재구성을 수행하게 되므로 지연은 크게 감소하게 되고 대역폭을 효율적으로 관리할 수 있게 된다.[5] 따라서 전체네트워크의 Road-Balancing과 안정적인 상태를 유지할 수 있어서 보다 높은 신뢰성과 자원의 효율적인 관리를 보장할 수 있다.

높은 효율성을 입증한 H-MPLS도 MPLS로 이루어진 core망과 edge망 계층의 증가와 각 계층간을 이어주는 LER이 증가할수록 LER간의 링크수가 크게 늘어나는 문제가 발생했다. 실제로 망을 구성하고 설치하면 사용자는 높은 비용의 설치비를 감당해야 한다.

따라서 본 논문은 H-MPLS의 core망과 edge망 계층 간에 LER의 수가 망내의 성능에 미치는 영향과 고효율의 망을 만들기 위해서 보장되어야 하는 망 계층 간의 LER 링크의 비율을 연구한다. 시뮬레이션은 하나의 core망과 두개의 edge망 계층으로 구성하여 망을 이어주는 LER링크의 수를 다르게 두어 패킷을 보냄으로써 각 망 계층을 이어주는 LER수에 따른 성능을 비교하고 분석한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장 관련연구에서는 MPLS와 H-MPLS에 대하여 기술한다. 3장 계층형MPLS를 이용한 그룹간의 효율적인 구성에서는 현재 모델로 구성한 H-MPLS의 모델을 구

성하였다. 4장 성능분석에서는 NS-2를 통한 모델을 실제로 시뮬레이터 내에서 구현하여 시뮬레이션을 한 결과를 분석하였다. 5장 고찰에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2-1 MPLS(Multiprotocol Label Switching)

MPLS는 레이블을 이용한 layer-2(이하L2)스위칭에 의해 패킷을 고속 전달함으로써 코어네트워크망의 성능과 확장성을 개선한 차세대 네트워크 프로토콜이다. MPLS의 기본구조는 그림.1과 같다.

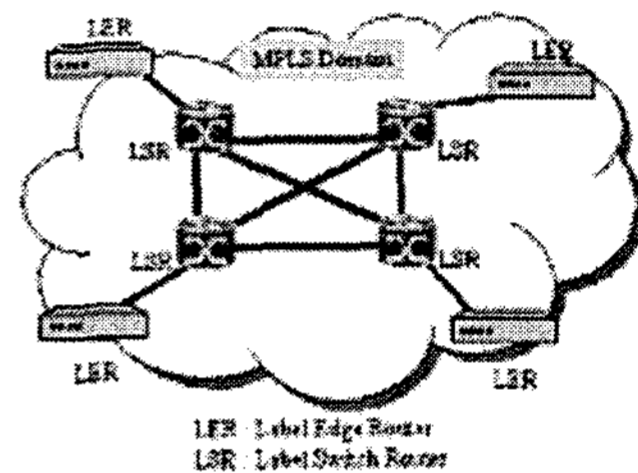


그림.1 MPLS의 기본 구조

그림.1은 각 구성의 배치를 잘 나타내 주고 있다.

- o LER(Label Edge Router) MPLS망 외곽에서 들어오는 IP패킷에 Label을 부여하고, 망을 나가는 패킷의 Label을 제거하는 역할을 한다.

- o LSR(Label Switch Router) MPLS망을 구성하는 라우터로서, 정보를 통해 구축된 고유의 테이블을 바탕으로 패킷의 레이블을 참조하여 스위칭하며, 필요에 따라서 레이블을 교체한다(pop기능)

각 라우터는 LDP(Label distribution Protocol)에 의하여 경로마다 고유의 Label을 부여받게 된다. 각각의 LSR과 LER간에 LSP(Label Switching Path)라는 Labeled packet가 빠른 속도로 이동할 수 있는 경로를 부여하여 hi-speed routing을 수행하고 망자원의 효율적 활용으로 사용한다. 하지만 점차 많은 대역을 요구하는 고품질의 서비스들이 늘어남에 따라 MPLS의 확장이 많이 이루어진다. 하지만 새로운 라우터의 추가나 제거가 발생할 경우 재구성을 위한 많은 트래픽이 망 전체에 발생하게 되며 전체 네트워크의 구조와 상태를 파악하기 위해 LER(Edge Label switch Router)의 역할과 복잡성이 급격히 증가하게 되는 단점이 있고, 이는 LER라우터의 과부하로 인한 장비의 성능저하나 고장발생, 네트워크의 전반적인 과부하로 이어지게 된다. 이러한 MPLS의 여러 가지 확장이나 고장발생시 다르게 되는 문제를 해결하기위해 개발된 H-MPLS (Hierarchical

- MultiProtocol Label Switching)기술이다.

2-2 H-MPLS(Hierarchical - MPLS)

H-MPLS는 라우터 간에 계층을 둬으로써 네트워크의 상태파악을 위하여 사용되는 패킷의 숫자를 줄이고, 각 계층 내에서 발생한 네트워크의 변화는 다른 계층이 영향을 받지 않도록 한다,

그림.2는 MPLS와 H-MPLS의 구조의 차이를 단순하게 보여주고 있다. H-MPLS내에서 나누어진 각 MPLS edge망 과 core망계층 들은 각 망계층간의 서로의 LER로 연결된 링크를 가지고 정보를 교환하게 된다.

H-MPLS는 하나의 망을 여러 개의 edge망 계층과 core망 계층으로 나눌수록 LER이 처리해야 할 업무량은 줄어들게 되므로 성능이 좋아진다. 하지만 여러 개의 망 계층으로 네트워크를 구성하게 되면 edge망과 core망을 이어주어야 하는 LER의 수가 증가하게 되며 이 LER들을 이어주는 링크 또한 증가하게 된다. 그림.2에서 처럼 MPLS는 외부 망과 연결된 LER을 제외한 MPLS내부의 LER과 LER을 이어주는 링크가 없지만 H-MPLS는 외부 망과 연결된 LER을 제외해도 edge망 계층과 core망 계층간에 LER라우터인 A, a, B, b, C, c, D, d 과 그것을 이어주는 링크가 발생한 것을 볼 수 있다. 이처럼 edge망과 core망간에 링크와 LER라우터가 서로 연결을 위해 실제 모델 구성에 있어서 많은 수의 링크는 구현함에 있어서 많은 비용이 발생하게 되고, 실현에 있어서 큰 장애가 된다. 또한 망내의 정보전달 량이 혼잡치 않을 시에 사용하지 않는 링크는 큰 낭비가 된다. 따라서 H-MPLS를 구성함에 있어서 계층 간에 자원낭비, 또는 성능저하가 가장 적은 링크의 형태를 찾기 위하여 계층 간에 이어진 링크에 변화를 주고 실험과 분석한다. 이를 통하여 최적의 효율을 가진 링크의 비율을 예측하고 검증할 수 있는 결과를 도출한다.

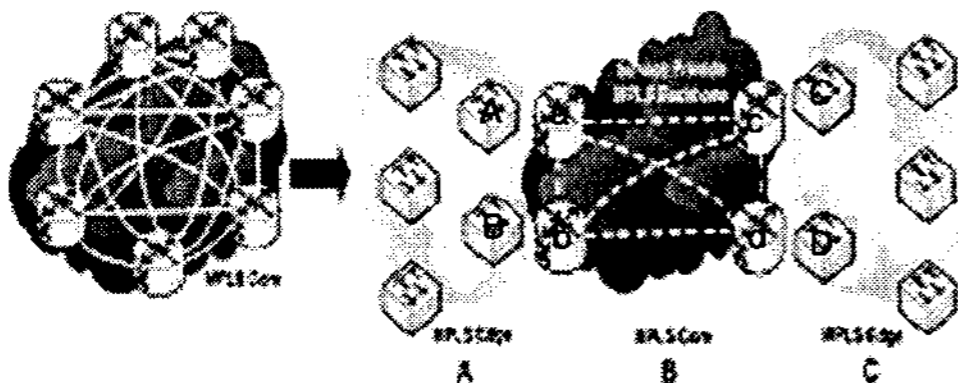


그림.2 MPLS망과 H-MPLS의 구조차이

III. 계층형 MPLS를 이용한 그룹간의 효율적인 구성

H-MPLS는 MPLS와 마찬가지로 edge망이나 core망 계층의 내부를 구성하는 LSR라우터와 외

부 망과의 연결이나 망계층간의 연결을 구성하는 LER라우터간의 긴밀한 링크들로 이어져 있다. label된 IP packet은 이 망계층을 이어주는 LER과 링크들이 많이 구성되어 있을수록 점점 목적지까지의 경로를 우회하지 않고 갈 수 있다. 하지만 많은 LER과 링크들은 구현에 있어서 분명한 제한이 된다. 시뮬레이션에서는 몇 줄의 추가로 링크를 더 늘릴 수 있지만 현실은 그렇지 않다. 하나의 링크는 많은 설비를 요구하게 되고 많은 금전적인 투자를 요구한다. 전체망의 규모가 커지면 망 계층간의 LER과 LER을 이어주는 링크의 수는 많아질 수 밖에 없다. 그렇다면 같은 LSR과 LER의 수를 가진 망 계층의 성능저하를 최소로 줄이며 적은 링크를 최대한 활용하는 효율이 높은 구성을 찾아야 한다. 높은 효율의 망을 구성하기 위해서 core망 계층의 총라우터 숫자에 얼마만큼의 LER이 edge망 계층과 링크되어야 하는지 연구가 필요하다.

IV. 성능평가

먼저 H-MPLS의 모델은 그림.3과 같이 25개의 MPLS node를 사용하여 full-Mesh 형태로 양쪽에 2개의 Edge망 계층과 가운데에 1개의 core계층으로 구성하였다. 각 망 계층내의 노드 가운데 E가 붙은(E1,E5,E6,E10....)은 LER을 의미하며 숫자만으로 이루어진 노드는 LSR을 뜻한다. 각 망 계층내에서 외부망이나 이웃한 다른 망 계층으로 연결할 때는 그림.3 처럼 LER을 통과해야 한다. 그리고 만들어진 3개의 망 계층은 각각 링크a와 링크b로 연결되어 있다. 이 LER노드들(E1,E5....)과 링크들의 수를 변화시켜 보고 데이터의 흐름에 생기는 변화를 파악하는 것이 본 실험의 주제이다. 실제로 상용화된 MPLS의 구성에 가깝게 모델링하기위하여 모든 각각의 노드들을 연결하는 링크의 대역폭과 지연시간은 조금씩 차이를 두었다. 대역폭과 지연시간의 범위는 5~30범위의 Bandwidth범위를 가지고 1~20범위의 지연시간을 가지도록 하였다.

출발지는 S1~S5로 모두 다섯군대이며 데이터 패킷은 모두 UDP 프로토콜로 보내어 진다. 패킷은 200byte의 크기로 정해진 시간동안 연속해서 보내어 주는 CBR(constant bit rate)알고리즘을 사용하였다. 표.1은 각 출발지에서 패킷이 보내어지는 시간과 전송을 중단하는 시간, 그리고 패킷의 도착지를 나타내고 있다.

출발지	시작시간(sec)	종료시간(sec)	도착지
S1	6.0	10.0	D1
S2	11.0	15.0	D2
S3	16.0	20.0	D3
S4	21.0	25.0	D4
S5	26.0	30.0	D5

표.1 패킷이 전송되는 시간과 도착지

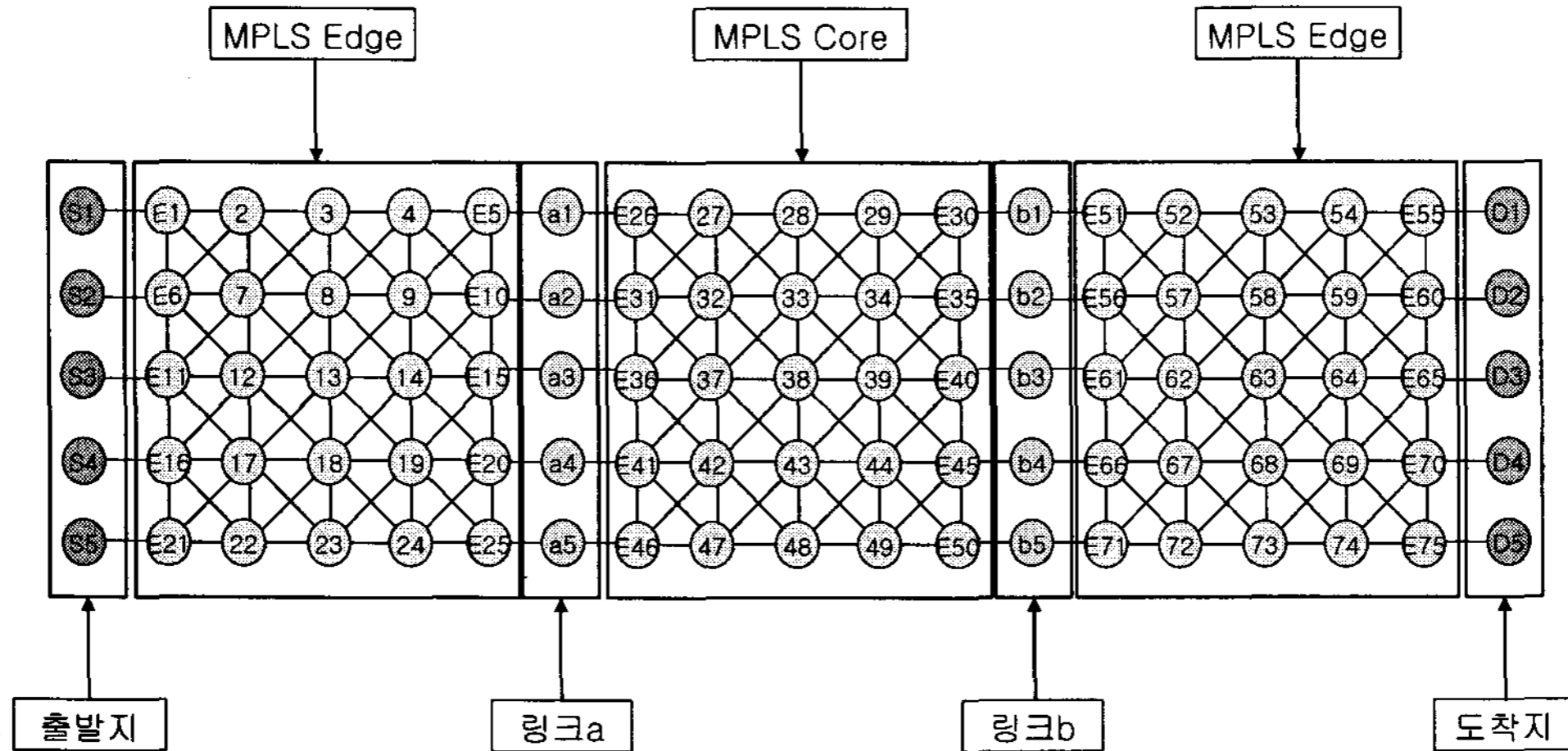


그림.3 1개 core망 계층과 2개 edge망 계층으로 구성된 H-MPLS 모델

시나리오는 다음과 같다. edge망 계층과 core망 계층은 모두 5 x 5의 노드수를 가진 모양을 이루고 있기 때문에 LER의 수를 최대 5로 잡았다. 서로를 연결하는 링크의 수를 5개로 가진 상태에서 각각의 출발지에서 출발한 패킷들이 도착지로 도착한 시간을 확인한 후 이것의 평균값으로 5개의 LER과 링크가 있을 경우의 성능을 분석한다. 그리고 edge망 계층과 core망 계층을 이어주는 링크를 없앴을 때 각 망 계층을 이어주는 LER과 링크의 수가 4개가 되었을 때 패킷을 보내어 성능을 분석한다. 3개~1개도 동일하게 LER과 링크의 수를 조절하여 패킷을 보내는 실험을 행한다.

그림.4는 패킷이 도달한 시간의 결과를 나타내고 있다. 모든 링크가 구성되었을 경우 0.119sec의 시간에 패킷이 도달하였고, 링크를 서서히 줄여 계층간에 링크가 하나만 남았을 때 0.029초가 증가하는 결과를 얻을 수 있었다.

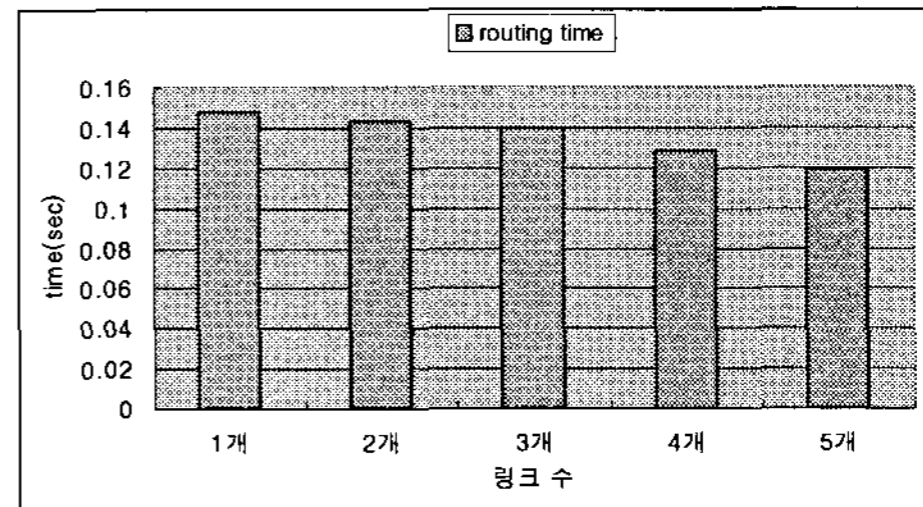


그림.4 링크수에 따른 패킷의 평균 도착시간

실험에서는 5개의 각 망계층간의 LER과 링크를 바탕으로 실험한 결과 5개 모두 존재할 때 패킷은 평균적으로 약 0.119초 후 목적지에 도달하였다. 4개로 줄인후에는 약 0.129초로 약8%의 지연시간증가를 보였다. 3개는 약 0.140초로 약17% 지연시간이 증가했고 2개는 약 0.143초로 약20% 증가하였다. 마지막으로 1개가 남았을 때는 약 0.148초로 약24%의 지연시간이 추가로 발생하였다. 각 망간의 링크는 3개까지는 약 20%의 높은 지연시간 증가가 있었지만 4개가 되면서부터 지연시간이 급격히 감소함을 알수 있었다

## V. 고찰

본 연구는 H-MPLS내에서 edge망 계층과 core 망 계층을 연결하는 LER과 링크를 줄이면서 각 망간의 링크수가 데이터 전송속도에 미치는 영향을 연구 하였다. 5 x 5 의 비교적 작은 3개의 망 계층으로 이루어진 본 실험은 H-MPLS를 구성하는 망 계층 간에 80%이상의 링크와 LER이 보장이 되어야 큰 폭의 지연을 줄이고 원활한 전송이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

[1] E. Rosen, A.Viswanathan, R.callon

"Multiprotocol Label Switching Architecture",  
RRFC 3031, January 2001

[2] Sean Harnedy, "The MPLS Primer,"  
Prentice Hall, pp.1-13, pp.19-23, 2002

[3] 정진욱 외 2명, "컴퓨터 네트워크" 생능출판사 2004.7.25

[4] 윤상식, "MPLS LSP의 가용 대역폭과 지연을 고려한 다중 경로 계산 방법에 관한 연구" 전남대학교 대학원 전산학과 박사학위논문, 2003

[5] 장성진 "계층형 MPLS 네트워크에서 다중 경로를 이용한 장애 복구 방안에 관한 성능 분석" 한국해양정보통신학회 논문지, Vol11, no.1 pp 61-64, 2007