

# MPLS 망을 통한 Video Streaming Service의 성능 개선에 관한 연구

## A Study on the Performance Enhancements of Video Streaming Service in MPLS Networks

김충현\*, 김영범\*

Choong-Hyun Kim\*, Young-Beom Kim\*

### 요약

대표적인 비디오 스트리밍 서비스인 MPEG은 특성상 영상에 따라 프레임의 데이터 크기가 변동하며 QoS를 만족하기 위한 대역폭이 시간에 따라서 변동하게 된다. 따라서 인터넷을 통한 비디오 스트리밍 서비스에 있어서 망 관리 측면에서 비디오 스트리밍 서비스의 우선순위를 높게 부여하더라도 예기치 못한 혼잡상황에서는 순간적인 대역폭 부족으로 인하여 영상이 끊어지는 현상이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 MPEG 특성에 맞는 대역폭 할당 및 트래픽 엔지니어링 방안을 고찰하였다. 인터넷 트래픽 양의 시간적 변동패턴을 기반으로한 LSP 설정과 고정 대역폭 할당을 통하여 지연시간을 단축과 전송효율 향상을 기하고 인입 라우터에서 CQ\_LLQ 방식을 적용한 트래픽 shaping 과정을 통해 QoS를 만족할 수 있도록 하였고 OPNET을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안한 방안의 성능을 확인하였다.

### Abstract

In typical video streaming services such as MPEG encoded video, the transmission data sizes change depending on the frame types and the required bandwidth for QoS support also changes as time passes. Accordingly, in video streaming services using the Internet it could happen that the video services stop occasionally due to instantaneous deficiencies of the required bandwidth under unexpected congestion even if the highest priority is allocated to the service by network administration. In this paper, we investigate several methods for bandwidth allocation and traffic engineering to support MPEG video traffic and propose a new method to reduce the transmission delay and enhance the throughput, there by provisioning the QoS requirements. In the proposed scheme, LSPs are established based on temporal variation patterns of the Internet traffic and the CQ\_LLQ policing scheme is applied for traffic shaping at the ingress routers. Finally we verified the performance of the proposed scheme via computer simulations using OPNET.

**Keywords** : Internet, MPLS, Streaming Service, MPEG, Traffic Shaping, LSP, QoS

### I. 서론

WWW(Worldwide Web) 서비스의 등장과 개인용 컴퓨터의 광범위한 보급, 그리고 멀티미디어와 같은 새로운

애플리케이션의 도입으로 인해 인터넷 사용자 수는 폭발적으로 증가해 왔으며 사용자가 요구하는 서비스의 종류도 다양해 지게 되었다. 특히 인터넷 방송, VOD등의 비디오 스트리밍 서비스가 매우 중요한 서비스의 한 종류로 자리 잡았고 지속적으로 그 영역을 넓히고 있다. 그러나 사용자가 늘어나면서 필연적으로 인터넷 데이터 트래픽이 증가하여 인터넷 서비스의 품질을 현저하게 떨어뜨리게 되었고 이 경향은 점점 심화되고 있어 QoS (Quality of Service)를 보장받아야 하는 비디오 스

\*건국대학교 전자공학부

논문 번호 : 2006-2-20

접수 일자 : 2006. 3. 23

심사 완료 일자 : 2006. 4. 24

트리밍 서비스에도 심각한 영향을 줄 수 있다[1].

IP 망은 확장성이 우수하고 저렴한 반면 QoS 및 트래픽 엔지니어링 구현이 어렵고 ATM망은 QoS 보장과 트래픽 엔지니어링이 가능하지만 확장성이 떨어지며 네트워크 모델이 복잡해지는 단점이 있다. 따라서 IP망처럼 확장성이 우수하고 ATM처럼 QoS 및 트래픽 엔지니어링 구현이 가능한 새로운 라우팅 기법의 필요성이 대두되어 네트워크 스위치가 IP 라우팅 기능을 수행하는 모델이 제시되었고 이러한 방법을 통합 라우팅 모델이라고 한다. IETF에서는 통합 라우팅 개념을 기반으로 하는 표준화 절차인 Multi Protocol Label Switching(MPLS)을 제시 하였다. MPLS는 shim 헤더를 사용하여 네트워크 확장성을 제공함으로써 ATM과 같은 오버레이 모델의 단점을 해결하였다. 레이블 헤더의 간단한 스위칭을 사용하여 데이터의 고속 전송이 가능하며 트래픽 클래스화와 트래픽 엔지니어링의 적용을 통하여 QoS를 보장할 수 있다. 따라서 기존의 IP망과 비교하여 향상된 서비스 제공이 가능하다 [2].

MPLS는 그림 1과 같이 인입 라우터 (Ingress router)에서 IP 패킷에 레이블이 붙고 이후 중간의 모든 라우터에서는 IP 패킷 헤더가 아닌 이 레이블에 의한 레이블 스위칭(Label Switching)으로 패킷이 전달되는 구조를 갖는다. 레이블 스위칭은 ATM 교환기의 VCI/VPI 필드에 의한 Cell Switching과 매우 유사하며, 실제로 ATM 교환기가 MPLS 의 레이블 스위칭 기술의 하나로 채용될 수 있다. MPLS 레이블이 붙은 IP 패킷이 경유하게 되는 경로를 Label Switched Path (LSP)라 하며, 이 LSP는 새로 표준화된 Label Distribution Protocol(LDP) 또는 RSVP와 같은 신호 프로토콜에 의해 실제로 수립된다[1].

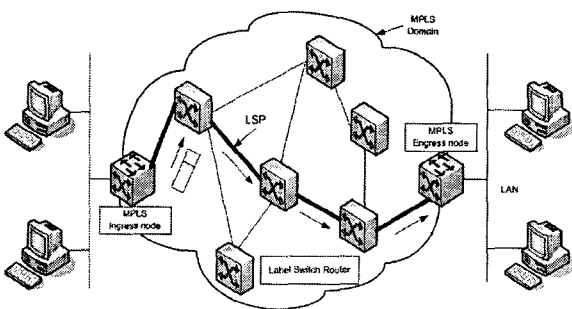


그림 40 MPLS망의 구성.

Fig. 1. An example of MPLS networks.

MPLS의 가장 기본이 되는 개념은 3계층의 라우팅과 2계층의 레이블(label) 스위칭 기능의 결합이라고 할 수 있다. IP 등의 기존 3계층 프로토콜과는 달리 MPLS에서는 3계층의 라우팅 정보를 2계층 레이블 스위칭에서의 레이블 스위핑(label swapping)에 의한 경로 설정에 의해 MPLS 영역 내에서는 2계층의 레이블 스위칭으로 트래픽이 전달될 수 있게 한다.

대표적인 비디오 스트리밍 서비스인 MPEG은 동영상을 압축하게 되는데 이때 I 프레임과 B, P 프레임간 데이터 크기의 차이가 최대 100 배 정도 발생할 수 있다. MPEG은 특성상 영상에 따라 그 프레임의 데이터 크기가 다르게 되므로 QoS를 만족시키기 위해 필요한 대역폭은 데이터양에 따라 변하게 된다. 따라서 망 관리 정책에 의해 비디오 스트리밍 서비스의 우선권을 높게 부여하였다 하더라도 순간적으로 대역폭이 다른 트래픽으로 할당하게 되는 경우 영상이 끊어지는 현상이 발생하고 비슷한 시간대에 트래픽이 늘어나게 될 경우 정상적인 영상을 보기가 힘들어지게 된다[4,5].

본 논문에서는 MPEG 특성에 맞는 대역폭 할당 및 트래픽 엔지니어링 방안에 관하여 고찰한다. 인터넷 트래픽 양의 시간적 변동 패턴에 기반한 LSP 설정과 고정 대역폭 할당을 통하여 지연시간 단축과 전송효율 향상을 기하고 인입 라우터에서 CQ\_LLQ (Custom Queuing and Low Latency Queuing) 방식을 적용한 트래픽 shaping 과정을 통해 QoS를 만족할 수 있도록 하였고 OPNET을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안한 방안의 성능을 확인하였다. CQ는 PQ의 문제점인 우선권이 높은 트래픽은 여러번 전송하고 우선권이 낮은 트래픽은 최소 한번은 전송하여 낮은 우선권의 트래픽도 전송해주는 방식으로 PQ의 문제점을 개선한 방식이다. CQ\_LLQ 방식은 우선순위에 기반한 가중치를 이용하여 서로 다른 우선순위의 큐를 차등적으로 서비스하는 CQ방식에 짧은 지연시간을 위한 알고리즘이 추가된 스케줄링 기법이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재의 IP망에 비디오 스트리밍 서비스 적용시의 단점을 살펴본다. 3장에서는 MPLS망에서 비디오 스트리밍 서비스 QoS를 보장하기 위한 방안을 제시한다. 4장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 방안의 성능 평가와 결과 분석이 이뤄지며 마지막으로 5장에서는 결론과 앞으로 보완해야 할 점에 대해서 살펴본다.

## II. IP망에서의 비디오 스트리밍 서비스

MPEG 데이터 트래픽은 기존 트래픽(FTP, HTTP등)과는 달리 MPEG 압축 특성상 불규칙적인 모습을 보인다. 기존의 IP망에서는 트래픽의 종류나 특성과 상관없이 모든 트래픽을 동일하게 취급한다. 모든 트래픽은 라우터간의 설정이나 알고리즘에 따라 전송되게 되는데 이때 트래픽의 특성을 고려하지 않고 모두 'best effort service'로 처리 한다. IP망에서는 패킷을 전송하기 전에 OSPF (Open Shortest Path First)나 BGP (Border Gateway Protocol)를 이용하여 경로를 설정하고 전송하게 된다. 하지만 홉 수만 계산한 최단 경로만을 고려해서 경로를 설정하기 때문에 경로의 대역폭을 고려하지 않게 된다.

따라서 그림2의 경우와 같은 문제가 생기기도 한다. A-D-E-C를 경유 하는 경로의 대역폭이 훨씬 크지만 최단 경로 설정에 의해서는 대역폭이 적은 A-B-C의 경로를 설정하

게 되어 A-B-C 경로는 과사용이 발생되고 A-D-E-C 경로는 저사용이 발생하게 되어 전체적인 망의 균형이 맞지 않게 된다. 또한 트래픽의 특성을 고려한 등급화를 하지 않기 때문에 모든 트래픽을 동일한 방법으로 취급하여 경로 설정 및 전송을 하게 된다. 비디오 스트리밍 데이터의 경우도 다른 트래픽과 동일하게 취급하므로 지연시간 및 전송률을 보장할 수 없게 되어 QoS를 제공할 수 없다. 또한 IP망에서는 여러 경로가 있는 망에서 트래픽을 전송할 때 모든 트래픽이 동일한 경로로 전송된다는 보장을 할 수 없다. 망에서는 전송할 때 최적 경로를 찾기 때문에 동일 트래픽이라 할지라도 내부의 패킷들 중 일부는 다른 경로로 전송되거나 유실될 수도 있다. 패킷 중 일부가 다른 경로로 전달될 때 나중에 전송된 패킷 보다 목적지에 늦게 도착할 경우가 생길 수도 있는데 이것은 다른 트래픽에서는 큰 문제가 안 되지만 실시간을 요하는 비디오 스트리밍 서비스에서는 큰 문제점으로 작용한다.

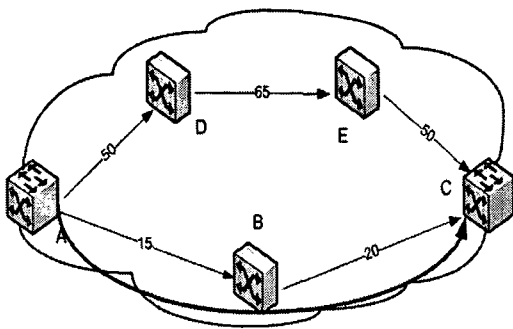


그림 2. 최단경로 설정의 문제점.  
Fig. 2. The shortest path problem.

### III. MPLS망에서의 비디오 스트리밍 서비스

인터넷을 통해 제공되는 많은 종류의 서비스들은 사용하는 응용프로그램에 따라 각기 다른 QoS를 요구하게 된다. 예를 들어 FTP 서비스의 경우 지연시간 보다는 적은 에러율을 요구하게 되고 실시간 비디오 스트리밍의 경우는 전송속도 및 낮은 지연시간을 요구하게 된다. FTP 서비스는 전송된 패킷 중 한 바이트라도 오류가 발생하면 해당 패킷을 재전송해야 하므로 지연시간이 길어지더라도 목적지까지 데이터가 오류없이 전달되어야 한다. 반면 실시간 비디오 스트리밍 서비스의 경우는 패킷 중 일부 데이터의 오류가 있더라도 FEC (Forward Error Correction) 방식으로 복구하므로 일정 수준 이하의 에러율은 영상 재생에 큰 영향을 끼치지 않지만 재생 시간 이후에 도착하는 패킷을 복구할 수 있는 방법이 없기 때문에 버려지게 된다. 또한 수신측 버퍼의 데이터가 모두 재생되기 전에 다음 패킷이 도착해야 함으로 지연시간 및 전송 속도가 QoS에 중요한 요소이다[6,7].

LSP를 설정하기에 앞서 MPEG 데이터 트래픽을 만족 시키

는 대역폭을 결정하여야 한다. MPEG 데이터 내의 프레임별 사이즈를 히스토그램 형태로 살펴보면 프레임 사이즈가 다양하게 존재한다. 완벽하게 대역폭을 보장하기 위해서는 최대 프레임 사이즈만큼 대역폭을 설정하면 되지만 그렇게 설정하면 낭비되는 대역폭이 너무 많아져서 망 활용률이 떨어지게 되는 단점이 있다. 하지만 일반적으로 사용자는 비디오 스트리밍 서비스를 제공 받기위해 버퍼링을 지원하는 응용프로그램을 사용한다. 여기에서 버퍼링이란 일정 정도의 패킷을 받아둔 상태에서 영상을 재생하는 것을 뜻한다. 따라서 버퍼링 사이즈 내에서는 패킷 전송이 지연 되더라도 정상적인 영상 재생이 가능하다. 사용자가 요구하는 비디오 스트리밍 서비스의 종류나 영상의 크기, 압축 방법에 따라 LSP에 할당할 대역은 구분되어야 하고, 그 구분에 따라 트래픽을 분류해서 전송해야한다[7].

LSP는 ATM에서 가상회선과 같은 역할을 한다. 동일한 클래스를 가지는 트래픽들의 경로이므로 그 외 다른 트래픽들에게 영향을 받지 않는다. 라우터 사이에 경로를 LSP로 설정해 놓으면 동일한 클래스를 가진 트래픽들은 기 설정된 LSP를 통해서만 전송되게 된다. 따라서 패킷의 도착순서가 바뀌는 경우는 생기지 않고 동일한 지연시간을 갖게 되고, 다른 트래픽에 영향을 받지 않을 뿐만 아니라 트래픽 보안 기능도 가지게 된다[3].

MPLS망에서의 트래픽 엔지니어링은 RFC2702에 언급된 것처럼 망의 능력에 맞게 사용자의 QoS 요구를 들어주는 것으로 트래픽의 측정과 제어에 초점이 맞추어져 있다. 이때 사용자의 QoS 요청을 트래픽 특성별로 구분된 클래스에 따라 망 자원을 할당하거나 제어한다. 비디오 스트리밍의 QoS가 높더라도 망 전체를 비디오 스트리밍으로만 서비스 할 수는 없기 때문에 망 관리자는 일정 수준의 한계를 두어야한다. 본 논문에서는 다음과 같은 사용자 제한 정책을 제안한다.

#### 비디오 스트리밍 사용자수 관리 방법

1. 전체 대역폭 =  $B$ ,
2. 정책(policing)에 의한 비디오 스트리밍 사용자 한계  $N$
3. 각 비디오 스트리밍 데이터의 대역폭 =  $B_{vs}$
4. 각 비디오 스트리밍 노드 수 =  $N_{vs}$  (따라서  $N \geq N_{vs}$ )
5. 기타 트래픽의 대역폭 =  $B_{etc}$

따라서 할당 가능한 대역폭을  $B_a$ 라 하면

$$B_a = B - (B_{vs} \times N_{vs}) - B_{etc}$$

$$B > B_{vs} \times N_{vs}$$

의 관계식이 성립한다.

이 때  $B_a < B_{vs}$ 이고  $B_{etc} > B_{vs}$ 이면 또 다른 비디오 스

트리밍 데이터를 받을 수가 없게 되므로  $B_{etc}$ 를  $B_{etc} - (B_{vs} - B_a)$ 만큼 줄여서 비디오 스트리밍 서비스를 제공하게 된다.

#### IV. 컴퓨터 시뮬레이션 및 결과 분석

그림 3은 시뮬레이션을 할 망의 구성이다. router A와 B 사이는 E1(2.048Mbps)을 사용한 링크이고 나머지는 링크는 10Mbps이다. 따라서 router A와 B 사이는 병목현상이 발생한다. MPLS망 시뮬레이션 시에는 Switch A와 B사이가 MPLS 도메인이 되며 switch A와 B가 edge LSR이 된다.

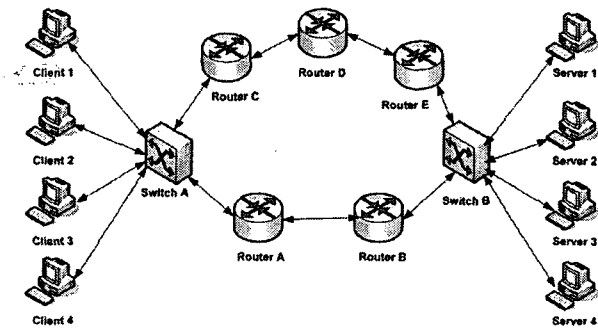


그림 3. 시뮬레이션에 사용할 망의 구성.  
Fig. 3. The network model for simulation.

IP망의 경우에는 모든 트래픽을 동일하게 처리하므로 인입부에서는 모든 종류의 트래픽에 동일한 우선권을 주는 방식인 WFQ방식을 사용한다. 반면 MPLS망에서는 비디오 스트리밍 서비스에 우선권을 주고 지연시간 부분에서 성능이 우수하고 전송과정을 독점하지 않는 CQ\_LLQ방식을 적용하였다.

그림 4는 IP망과 MPLS망의 전송률을 비교한 것으로 MPLS망에서는 트래픽의 증가에 따라 전송률도 비례적으로 증가하는 것을 볼 수 있는 반면 IP망에서는 트래픽이 증가할수록 전송률이 저하됨을 볼 수 있다.

그림 5는 IP망과 MPLS망의 양방향 패킷 손실정도를 비교한 것이다. 인가한 트래픽은 TCP 기반이며 버퍼링 시간 이후에 전송된 트래픽은 손실로 처리하였다. TCP 기반이므로 전송 에러가 발생하면 재전송을 한 것으로 그림에서 보듯이 MPLS망에서는 트래픽의 증가에도 양방향 패킷 손실은 없다. 하지만 IP망에서는 트래픽이 망에서 제공하는 대역폭 이상으로 증가할수록 양방향 패킷 손실량이 급격히 증가한다.

그림 6은 IP망과 MPLS망의 지연시간을 비교한 것이다. 그림에서 보듯이 MPLS망에서는 트래픽이 증가할지라도 버퍼링에 의한 시간 지연 이외의 다른 시간 지연이 없으므로 완만한 모양을 가진다. 하지만 IP망에서는 트래픽이 망에서 제공하는 대역폭 이상으로 증가할수록 버퍼링 지연 시간 외에 더 많은

지연을 가지므로 급격하게 지연시간이 늘어난다.

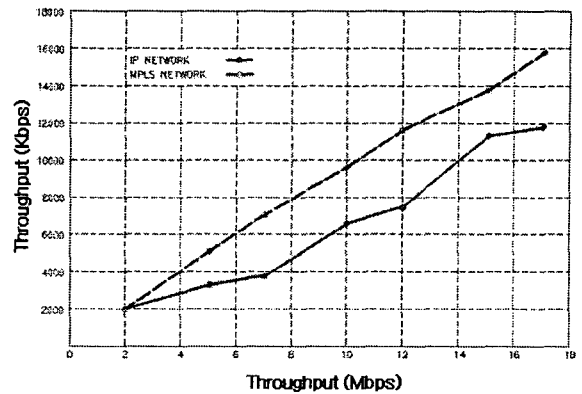


그림 4. IP망과 MPLS망의 전송률 비교.  
Fig. 4. A comparison of IP network and MPLS network in terms of throughput.

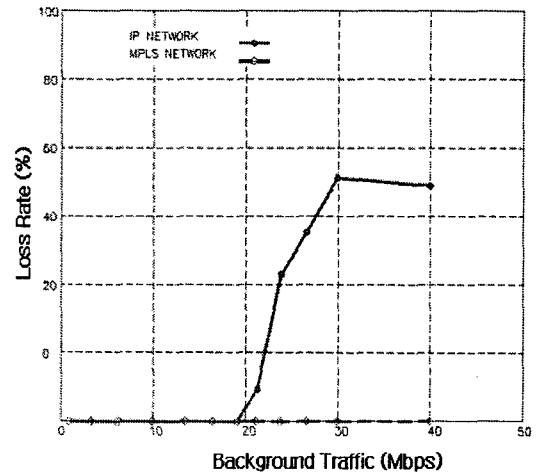


그림 5 IP망과 MPLS망의 양방향 패킷 손실량 비교.  
Fig. 5. A comparison of IP network and MPLS network in terms of packet loss rate.

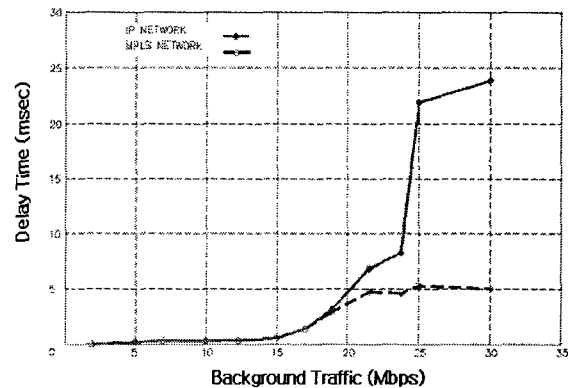


그림 6. IP망과 MPLS망의 지연시간 비교.  
Fig. 6. A comparison of IP network and MPLS network in terms of time delay.

그림 7은 MPLS망에 서로 다른 policing 방식을 설정하고 전송률을 비교한 것이다. High user policy는 사용자 수를 많이 설정한 것이고 Low user policy는 사용자 수를 적게 설정한 것이다. 그림에서 보듯이 사용자 수가 적어 전체 비디오 스트리밍 트래픽이 적은 경우에는 동일한 성능을 보이지만 트래픽이 늘어나면 사용자 수를 많이 할당한 정책을 적용한 망이 더 우수한 성능을 보여준다.

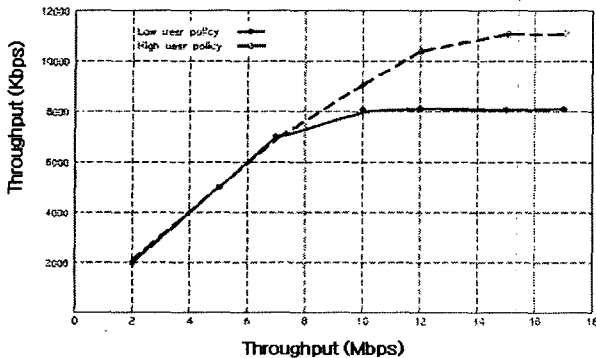


그림 7. Policing 방식에 따른 전송률.  
Fig. 7. Throughput vs. policing strategies.

### VI. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 QoS 향상을 위해 인입부의 트래픽 엔지니어링 적용과 LSR간 전송방법에서 트래픽 엔지니어링 적용을 살펴보았다. MPLS망의 경우는 MPEG 데이터 트래픽을 분석하여 대역폭을 설정하였으며 그 대역폭을 LSP에 고정 할당하는 방식을 적용하였다. IP망에 비하여 MPLS망은 전송률 및 지연시간에서 우수한 성능 향상을 보였다. 특히 대역폭이 고정된 LSP를 설정한 MPLS망에서는 지연시간을 보장할 수 있음을 보였다. 따라서 비디오 스트리밍 서비스의 QoS를 충족시키기 위해 적합함을 보였다. 기존의 IP망에서는 대역폭을 나누어 사용하므로 결과적으로 모든 사용자의 QoS가 저하를 일으키는 반면 MPLS망에서는 사용자 제한 정책을 적용하여 정책적으로 일정수의 사용자 QoS를 보장하고 다른 종류의 트래픽을 조정하여 신규 사용자를 할당하는 방법을 제시하였다.

본 논문에서는 대역폭을 고정된 LSP를 적용하여 전송률 및 지연시간 개선을 보였지만 망의 대역폭을 낭비하는 단점이 발생하였다. 또한 비디오 스트리밍 서비스마다 대역폭이 다른 경우는 정책결정에 문제가 발생하였다. 앞으로 망의 대역폭 활용도와 QoS 보장을 동시에 만족시키는 방안과 대역폭 결정 정책이 연구되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] A. Viswanathan, N. Feldman, Z. Wang, R. Callon,

"Evolution of Multiprotocol Label Switching", IEEE Communications Magazine, pp.165 - 173, May 1998.

[2] Xipeng Xiao, Alan Hannan, Brook Bailey, Lionel M. Ni, "Traffic Engineering with MPLS in the Internet" proceeding, 2000 IEEE, March 2000.

[3] R. Callon, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, G. Swallow, A. Viswanathan, "A Framework for Multiprotocol Label Switching", IETF Draft draft-ietf-mpls-framework-02.txt.

[4] Murwan Krunz, Satish K. Tripathi, "On the Characterization of VBR MPEG Streams", ACM Sigmetrics conference May, 1997.

[5] Geng-Sheng Kuo; C.T. Lai, "A new architecture for transmission of MPEG-4 video on MPLS networks", Communications Magazine, IEEE Vol. 40, Issue 12, Dec 2002, pp.114 - 119.

[6] Koushik Kar, Murali Kodialam, T.V.Lakshman, "Minimum Interface routing of Bandwidth Guaranteed tunnels with MPLS Traffic engineering Applications", Bell labs, November 2000.

[7] Tamrat Bayle, Reiji Aibara, Kouji Nishimura, "Performance Measurements of MPLS Traffic Engineering and QoS", ISOC conferences 2001.

김 충 현(Choong-Hyun Kim)

2000년 2월 서울 산업대 전자공학과(공학사)

2004년 8월 건국대 전자공학과(공학석사)

관심분야 : 정보통신망, 차세대 인터넷, MPLS



김 영 범(Young-Beom Kim)

1984년 2월 서울대 전자공학과(공학사)

1986년 2월 서울대 전자공학과(공학석사)

1996년 8월 미 메릴랜드주립대(공학박사)

1997년 9월 ~ 현재 건국대학교 전자공학

부 부교수

관심분야 : ATM, 통신망 트래픽 제어