

## MPLS를 위한 트래픽 기반의 레이블 할당 기법

황 하 응\*, 장 성 식\*\*

### Traffic Based Label Assign Technique For the MPLS

Ha-eung Hwang\*, Sung-sik Jang\*\*

#### 요 약

최근 인터넷 방송이나 VOD와 같은 대용량 데이터 서비스에 대한 이용이 보편화되면서 네트워크의 트래픽이 급증하고 있다. 이에 따라 발생하는 서비스의 지연문제를 해결하기 위해 대역폭의 확장뿐 아니라 망의 확장성을 해결할 수 있는 방안들이 모색되고 있다. 이러한 방안의 하나로서 MPLS는 망의 확장성과 고속의 라우팅을 지원하는 장점이 있으나 모든 패킷은 입구 노드에서 출구 노드까지 LSP가 설정되기 전까지 지연이 발생한다.

본 논문에서는 이러한 지연 문제를 해결하기 위해 데이터가 MPLS 도메인을 거쳐가야 할 경우 입구 노드에서 출구 노드까지의 홉수에 따라 서로 다른 레이블 할당 기법을 사용하는 방안을 제안한다. 또한 제안된 방안을 사용했을 경우 어느 정도의 지연 감소를 얻을 수 있는지를 보였다.

#### Abstract

As mass data service like internet broadcasting and VOD is used widely, network traffic is increasing rapidly. In order to resolve this service delay caused by mass network traffic data, various techniques are tried. MPLS, as one of these techniques, supports network extensibility and high speed routing. But it generate delay while waiting to set the LSP from input node to output node.

In order to resolve these delay problems, this Paper propose different label assign technic according to the hop count between input node and output node when data has to go throuth MPLS domain. The simulation results show that delay reduction was gained when the proposed technique is applied.

본 논문은 상주대학교 산업과학기술연구소의 연구지원금에 의한 연구실적을입니다

\* 상주대학교 컴퓨터공학부 부교수

\*\* 김천대학 컴퓨터정보처리계열 조교수

## I. 서론

World Wide Web(WWW)의 출현과 함께 인터넷 사용자의 증가와 이에 따른 인터넷 트래픽의 급속한 증가는 인터넷 서비스의 질을 현저히 떨어뜨리고 있다. 인터넷 서비스의 질을 위협하는 트래픽의 증가는 사용자의 요구에 대해 응답의 속도가 점차적으로 느려지고, 또한 실제 네트워크의 과부하로 인해 트래픽의 손실이 증가하며, 네트워크 관리의 부담 등을 포괄적으로 놓고 있다. 이에 반해 인터넷 사용자들은 좀더 빠른 네트워크 서비스, 멀티미디어 서비스와 같은 차별화된 서비스의 제공 등 더욱더 네트워크에 많은 것을 요구하고 있는데 이러한 현상은 전 세계적으로 인터넷의 더 빠른 전송 패러다임을 연구하게 만들고 있다.

이러한 배경에서 인터넷 망 사업자는 사용자의 증가에 따라 망을 확장해야 하는 과제가 시급히 요구되고 있다. 이 과제는 단순히 대역폭(Bandwidth)을 확장하는 것 뿐 아니라 라우터의 수의 증가와 라우터가 관리하는 테이블 수의 증가를 포함하는 망의 확장성(Scalability)을 해결할 수 있는 방안을 요구한다.

기존의 일반적인 IP 포워딩에서 특정 라우터는 들어오는 패킷에 대해 소프트웨어적으로 라우팅 테이블을 참조하여 경로를 설정한 후 다음 홉으로 그 패킷을 포워딩하게 된다. 이 패킷이 네트워크를 따라 전달되는 동안 각각의 홉들은 계속해서 그 패킷이 목적지에 도착할 때까지 패킷을 조사하고 포워딩하게 된다. 따라서 기존의 전송 패러다임에서는 소프트웨어적인 다음 홉 선택 작업이 전송 경로 상의 모든 라우터에서 반복적으로 일어남으로써 전송 효율을 저하시키고 트래픽의 특성을 제대로 살려서 전달하지 못하는 문제를 야기시킨다.

이러한 문제점을 해결하여 좀더 나은 전송 효율을 얻기 위해서 크게 세 가지 개념에 의한 전송 패러다임이 연구되어지고 있다. 첫 번째는 기존의 긴 IP 헤더에 의한 수많은 라우팅 테이블 참조로 다음 홉을 찾는 대신 짧은 레이블(Label)이란 개념을 도입하여 다음 홉을 선택을 하는 것이다. 두 번째는 기존의 최대 길이 매칭(Longest

Matching) 라우팅 알고리즘 대신 짧은 레이블 매칭 알고리즘을 사용하는 것이다. 마지막으로 기존의 3 계층의 소프트웨어적인 라우팅 대신 2 계층의 하드웨어적인 스위칭(Switching)을 하는 것이다[1].

이러한 새로운 전송 패러다임으로 인터넷 장비 벤더들이 최근 몇 년간의 연구를 통해 앞에서 설명한 문제점들을 해결할 수 있는 전송 장비들을 내놓고 있다.

첫 번째가 시스코사(Cisco)의 태그 스위칭(Tag Switching) 기술이다. 이 기술은 네트워크 계층의 라우팅과 레이블 스위칭을 합한 것으로 레이블이라는 태그를 이용하여 다양한 포워딩 방식 결정과 라우팅 기능을 제공해준다[2]. 두 번째가 ARIS(Aggregated Route-Based IP Switching) 기술이다. 이 기술은 앞서 시스코의 태그 스위칭과 매우 유사한 메커니즘을 사용하지만 라우팅 정보 교환과 동시에 태그 정보의 교환이 일어나는 태그 스위칭과 달리 새로운 프로토콜을 사용하여 태그 정보를 교환한다[3]. 세 번째로 IP Navigator를 들 수 있다. 이 기술은 기존의 Frame Relay나 ATM 전송 기술을 이용하여 IP의 OSPF(Open Shortest Path First) 알고리즘을 수행하는 것으로 외부 인터넷에서는 전체 도메인이 하나의 라우터와 같이 보이도록 하는 것이다. 네 번째는 IFMP(Ipsilon Flow Management Protocol)를 이용하는 IP Switching이다. 이 기술은 빠른 레이블 테이블의 검색과 ATM 스위치의 빠른 스위칭 기법을 결합한 방식으로 앞서 설명한 방식들과 달리 실제 데이터 트래픽의 도착이 있을 경우에만 레이블을 통한 전달이 이루어진다는 특징을 가진다. 마지막으로 CSR(Cell Switch Router) 기술이다.[4] 이 기술은 여러 가지 면에서 IP Switching과 유사한데 기술의 출발이 인터넷 트래픽 전달을 위한 것이 아니라 ATM 네트워크를 연결하고 인터넷 트래픽을 전달하는 라우터로서 설계되었다는 점이 다르다. 이런 다양한 기술들을 하나의 목적으로 취합한 기술이 최근에 제안된 IETF의 MPLS(Multiprotocol Label Switching)이다 [5][6][7][8].

MPLS는 망의 확장성이나 고속의 라우팅을 한다는 관점에서는 장점이 있으나, 인터넷 트래픽이 MPLS 도메인을 거쳐야 할 경우 입구 노드(Ingress LSR)에서 출구 노드(Egress LSR)까지 LSP(Label Switching Path)가 설정되기 전, 즉 레이블이 할당되기 전까지 입구 노드의 버퍼에 패킷들을 대기시켜야한다. 따라서 모든 패킷은 입구 노드에서 출구 노드까지 LSP가 설정되기 전까지는 지연이 발생한다. 이러한 지연은 LSP 상의 홉 수에 비례

한다. 만약 홉 수가 적으면 버퍼링 의한 패킷 지연시간이 짧아 전체 패킷에 대한 망의 효율성에는 큰 영향을 미치지 못할 것이다. 하지만 홉 수가 길어지면 지연시간이 길어 전체 패킷에 대한 망의 효율성이 떨어질 것이다. 이러한 지연 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 인터넷 트래픽이 MPLS 도메인을 거쳐가야 할 경우 입구 노드(Ingress LSR)에서 각 패킷의 목적지 주소에 대한 출구 노드까지의 홉 수에 따라 서로 다른 레이블 할당 기법을 사용하는 방안을 제안한다. 또한 제안된 방안을 사용했을 경우 어느 정도의 지연 감소를 얻을 수 있는지를 시뮬레이션을 통해 보이고자 한다[9][10].

본 논문의 구성은 2장에서 MPLS와 관련한 개괄적인 내용을 살펴보고, 3장에선 본 논문에서 제시하고 있는 트래픽 기반의 레이블 할당 시 홉 수에 의한 레이블 할당 기법을 제시하고, 4장은 시뮬레이션 방법 및 결과분석을 보이고 마지막으로 결론을 맺는다.

## II. 본론

### 1. MPLS의 구조

MPLS는 앞에서 언급한 바와 같이 계층 2 스위칭 기술과 계층 3 라우팅 기술을 이용하여 IP 패킷 전송서비스를 제공하기 위해 연구된 기술이다. 이러한 기술은 기존의 계층 3에서 이루어지는 IP 라우팅을 그대로 이용하면서 패킷의 전송을 ATM 스위치와 같은 고속의 계층 2 스위칭 기능을 이용하여 IP 패킷을 보다 빠르고 효율적으로 전송하기 위한 기술이다.

#### 1.1. MPLS 레이블의 개념

현재의 라우터에서는 패킷을 전달하기 위해서 라우팅 테이블에 있는 IP주소를 사용한 최대 길이 매칭 알고리즘을 수행한다. 하지만 레이블 교환(Label Swapping)에 기반을 둔 MPLS에서는 레이블이라는 고정된 길이의 짧은 지정자(Identifier)를 사용한 완전 매칭(Exact Matching)에 의해 패킷을 전달한다. 이러한 레이블을 사용하기 때문에 간단하고 빠른 패킷의 전달이 이루어질 수 있다. 레이블은 망의 노드에서 동일하게 전달되는 패

킷의 그룹을 나타낸다. 즉 동일한 레이블 값을 갖는 패킷은 동일한 그룹에 속한다. 이러한 패킷의 그룹은 라우팅 프로토콜에 의해서 구분되는데 MPLS에서는 이러한 동일하게 전달되는 패킷의 그룹을 FEC(Forwarding Equivalent Class)라고 한다. 동일한 여러 응용 서비스로부터의 패킷들은 하나의 패킷 흐름(flow)을 형성하고 이러한 흐름들은 동일한 FEC를 갖는 스트림(Stream)을 형성하게 되고 하나의 레이블 값을 갖는다. 그림 1은 이러한 레이블과 패킷 스트림의 관계를 나타낸다.

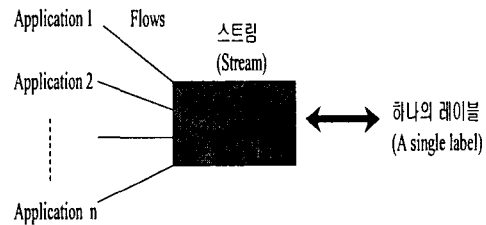


그림 2. 레이블과 패킷 스트림의 관계

동일한 FEC에 대해서 할당되는 레이블 값은 망의 노드마다 다른 값을 갖는다. MPLS에서는 이러한 레이블 스위칭 기능을 수행하는 노드를 LSR(Label Switching Router), 그리고 동일한 FEC에 대해서 할당된 레이블에 의해 패킷이 전달되는 경로를 LSP(Label Switching Path)라고 한다. 그림 2는 MPLS 망의 구성도이다.

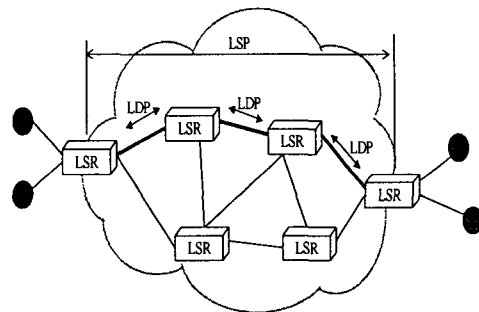


그림 3. MPLS 망 구성도

#### 1.2. 레이블 교환(Swapping)

기존의 IP 라우팅에서는 포워딩의 결정이 각 홉에 의해 패킷 헤더의 분석과 IP 라우팅 알고리즘에 의해 결정된다[5]. 따라서 라우터는 패킷을 포워딩하기 위한 경로 결정 정보를 유지하고 있어야 하며, 이러한 경로 정보에 따라 IP 라우팅에서는 패킷의 목적지 주소에 따라 다음

홉의 라우터가 결정되며, 라우팅의 결정은 각각의 라우터에 도착하는 패킷이 서로 독립적으로 이루어진다. 그러나 MPLS는 레이블이라는 짧고 고정적인 길이를 이용하여 패킷을 포워딩하여 이런 패킷 포워딩은 각 홉에서 레이블 매칭에 의해 다음 홉으로 포워딩하게 된다.

이런 레이블을 사용하면 간단한 포워딩 기술과 효율적인 라우팅 기술 및 트래픽 엔지니어링의 지원이 가능하며, 또한 망의 확장성과 향상된 라우팅이 가능하다.

그림 3은 MPLS 망의 LSR에서 레이블에 의해서 패킷이 전달되는 과정을 나타낸다.

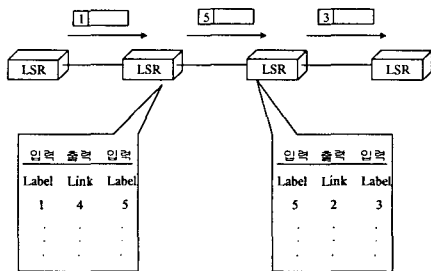


그림 4. 레이블 교환(label swapping)

각 LSR은 FEC에 대해서 할당한 레이블 값으로 구성된 레이블 테이블(Label Table)을 갖고 있다. 그림 3에서 첫 번째 LSR로부터 전달되는 레이블 값 1을 갖는 패킷은 두 번째 LSR에서 이 레이블 값에 의해서 LSP상의 다음 LSR이 결정되고, 이때 레이블 값은 5번으로 대체된다. 이와 같이 하여 동일 FEC에 속한 패킷들은 레이블 교환을 통해서 다음 LSR로 전달이 이루어진다.

### 1.3. 레이블 할당(Assignment)

MPLS의 기본 개념은 레이블과 네트워크 계층 라우팅, 즉 트래픽 전달경로의 관계이다. 각각의 LSR(Label Switching Router)들은 레이블을 할당해야 하고 그것을 포워딩 피어(peer)에게 전달한다. IETF에서는 이러한 레이블 할당 전략은 다음과 같은 세 가지 종류로 분류하여 제안하고 있다. 첫째, 위상 기반 제어 트래픽에 의한 레이블 할당, 둘째, 요구 기반 제어 트래픽에 의한 레이블 할당, 셋째, 데이터 트래픽에 의한 레이블 할당으로 구분할 수 있다.

실질적으로는 이러한 방법들을 혼용하여 서비스를 제공하는 방법을 이용하고 있는데 이러한 세 가지의 레이블 할당 정책에 대하여 세부적으로 알아보면 다음과 같다.

#### 1.3.1. 위상 기반 레이블 할당 (Topology-driven Label Assignment)

이 스킴에서 레이블은 OSPF나 BGP(Border Gateway Protocol)와 같은 일반적인 라우팅 프로토콜 제어 트래픽의 처리에 대한 응답으로 할당된다. 한 LSR이 OSPF나 BGP의 바뀐 정보를 처리함으로써 인해 포워딩 테이블의 엔트리를 생성하거나 갱신하게 되고, 그러한 엔트리에 레이블을 할당하게 되는 것이다.

이 스킴은 다음과 같은 특성을 가진다.

- 레이블 할당과 전달 시에 발생하는 계산상의 부담과 레이블을 전달할 때 대역폭의 소모는 네트워크의 크기에 따라 바운드를 받는다.
- 일반적인 경우에 레이블은 미리 할당되어 있다. 하나의 경로가 존재한다면 그 경로에는 이미 레이블이 할당되어 있고 데이터 트래픽이 도착하자마자 레이블 스왑을 통해 포워딩되어 포워딩 시 레이블 설정 지연이 없다.
- 제어 트래픽만 처리할 수 있는 능력을 가진 LSR이 필요하다.
- 라우팅 프로토콜의 동작에 대한 응답으로 할당된 레이블은 그 프로토콜이 알려주는 경로와 동일한 입도(granularity)를 가진다. 이러한 방법으로 레이블은 통합된 경로를 지원한다.

#### 1.3.2. 요구 기반 레이블 할당 (Request-driven Label Assignment)

이 스킴에서 레이블은 RSVP와 같은 요구 기반 제어 트래픽의 처리에 대한 응답으로 할당된다. 한 LSR이 RSVP 메시지를 처리함으로써 인해 포워딩 테이블의 엔트리를 생성하거나 갱신하게 되고, 그러한 엔트리에 레이블을 할당하게 되는 것이다.

이 스킴은 다음과 같은 특성을 가진다.

- 레이블 할당과 전달 시에 발생하는 계산상의 부담과 레이블 전달 때 대역폭의 소모는 시스템 내의 제어 트래픽의 양에 따라 바운드를 받는다.
- 일반적인 경우에 레이블은 미리 할당되어 있다. 하나의 경로가 존재한다면 그 경로에는 이미 레이블이 할당되어 있고 데이터 트래픽이 도착하자마자 레이블 스왑을 통해 포워딩되어 포워딩 시 레이블 설정 지연이 없다.
- 제어 트래픽만 처리할 수 있는 능력을 가진 LSR이 필요하다.

- 이 방법은 제공되는 플로우의 수에 따라 위상 기반 할당보다 많은 레이블의 할당이 필요할 수도 있다.

1.3.3 트래픽에 따른 레이블 할당

(Traffic-driven Label Assignment)

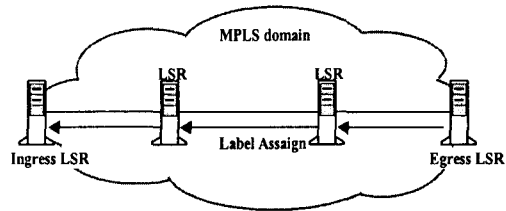
이 스킴에서는 LSR에 데이터의 도착이 레이블 할당과 전달을 트리거시킨다. 데이터 트래픽 기반 접근 방법은 다음과 같은 특성을 가진다.

- 레이블 할당과 전달 비용은 트래픽 패턴과 함수 관계에 있다. 많은 수의 플로우에 레이블을 할당하기 위해 트래픽 기반 접근 방법을 사용하는, 제한된 레이블 공간을 가진 LSR에서 레이블 할당과 전달 때문에 발생하는 오버헤드는 플로우의 수와 그들의 지속성에 함수적으로 증가한다. 짧지만 계속 되풀이되어 발생하는 플로우는 엄청난 제어 부담을 지우게 된다.
- 새로운 플로우의 출현과 그에 대해 레이블을 할당 하는데 관계된 지연이 발생한다. 이 문제에 대해 논의된 방법은 설정 기간 동안은 3계층 포워딩을 하자는 것인데 이 방법은 패킷의 순서가 바뀔 가능성이 있다.
- 플로우 기반의 레이블 할당은 높은 성능의 패킷 분류 능력을 필요로 한다.
- 트래픽 기반의 레이블 할당은 레이블 낭비를 줄이는데 유용하다.
- 레이블 공간에 한계가 있을 때 호스트들로 데이터를 전송하려면 네트워크에 존재하는 많은 호스트들로 인해 레이블 낭비가 발생한다.
- 응용의 지원을 위해 특정 레이블에 특정 네트워크 자원을 할당하려면 좀더 조밀하게 데이터 기반의 레이블 할당이 필요하다.

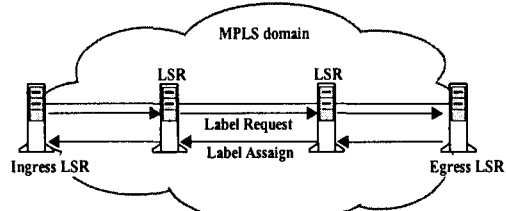
1.4. 레이블 전달(Distribution)

각 LSR에서 할당된 레이블 값은 하나의 LSP를 정의한다. LSR은 각 이웃하는 LSR에 특정 FEC에 할당된 자신의 레이블 값을 전달하여 입력 레이블과 출력 레이블을 매핑하는 레이블 테이블을 구성하여야 한다. 이런 과정은 현재 MPLS에서는 LDP(Label Distribution Protocol)이라는 별도의 프로토콜을 이용하여 LSR간에 레이블을 전달하고 있다. LDP에서의 레이블 전달은 LSP상에 위치한 아래 방향(Downstream)의 LSR로부터 위 방향(Upstream)의 LSR로 이루어진다. 레이블을 전달하기

위한 방법으로는 위 방향 LSR이 아래 방향 LSR에 레이블 값을 요청하면 아래 방향 LSR은 요청한 라우터로 레이블 값을 전달하는 "Downstream-on-Demand" 방식과 아래 방향 LSR로부터 레이블이 할당되고 할당된 레이블이 이웃한 위 방향 LSR로 무조건적으로 레이블 값이 전달하는 "Unsolicited Downstream" 방식으로 구분할 수 있다. 지금의 MPLS의 LDP는 이런 Unsolicited Downstream 방식과 Downstream-on-Demand 방식 두 가지를 모두 허용하고 있다. 그림 4는 이 두 가지 방법에 의해 레이블이 전달되는 과정을 나타낸다.



(a) Unsolicited Downstream 방식



(b) Downstream-on-Demand 방식

그림 5. 레이블 전달 방식

MPLS LSP 제어를 위해 두 가지 방식이 제안되고 있다. 경계 라우터에 의해서 입구 LSR에서 출구 LSR까지의 하나의 LSP를 형성하는데, LSP상에 위치한 라우터의 레이블 할당은 아래 방향 LSR이 레이블을 전달 할 때 레이블의 전달이 출구 LSR에서부터 이루어지는 순서적인 레이블 전달(Ordered label distribution) 방식과 언제든지 이웃한 LSR에 레이블 값을 전달하여 LSP에 해당하는 레이블 테이블 항목을 구성하여 다음 홉으로부터 레이블 값을 요청하면 언제든지 레이블 값이 전달되는 독립적인 레이블 전달(Independent label distribution) 방식으로 구분될 수 있다. 그림 5는 이러한 LSP 제어 방식의 메시지 전달 과정을 나타낸다.

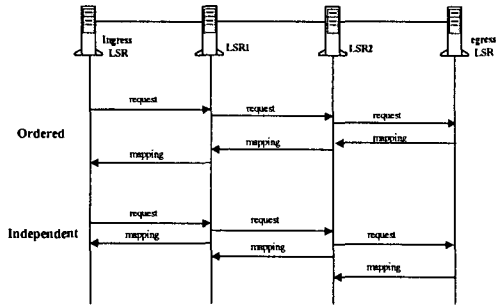


그림 6. 순서적인 레이블 전달과 독립적인 레이블 전달

## 2. 트래픽 기반의 레이블 할당 기법

### 2.1. 기존의 레이블 할당 기법

MPLS에서는 데이터 패킷이 경계 LSR에 도착하면 제어 프로토콜에 의해 망 내에서 LSP가 설정되고, 패킷의 처리절차는 다음과 같은 방법으로 이루어진다. MPLS 망 외부의 라우터나 호스트에서 MPLS 입구 노드를 통하여 MPLS 영역(domain)으로 패킷이 전송되면 입구 노드에서는 입력된 패킷의 헤더 값을 이용하여 해당 FEC를 찾는다. 이러한 FEC에 대하여 LSP가 설정되면 이 LSP에 맵핑되는 정보를 찾아서 패킷을 캡슐화하고, 해당 LSP를 통하여 전송한다. 이러한 과정은 기존의 라우터에서 다음 홉 라우터를 찾는 과정과 유사한 방법이다. 여기서 FEC는 한 라우터에서 동일한 취급을 받는 트래픽들의 집합체 개념으로 기존의 라우터에서의 라우팅 테이블의 한 개체에 해당한다고 볼 수 있다. 이러한 방법에 의해서 패킷들을 포워딩 할 경우 LSP의 설정 시간은 MPLS 도메인 내의 LSR의 수에 영향을 받는다. 만약 LSR의 수가 많으면 그 만큼 LSP의 설정 시간은 길어지게 된다. 이 LSR은 패킷이 목적지에 도착하기 위한 홉 수에 해당한다. 또한 역으로 LSR의 수가 적으면 MPLS 도메인내의 LSR의 수가 적으므로 LSP를 설정하는 시간이 적게 걸린다. 이렇게 LSP의 설정시간은 패킷이 목적지에 도달하기 위해서 패킷들이 입구 노드에서 버퍼에 대기하는 시간에 영향을 준다.

기존의 MPLS 망에서는 LSP를 설정하는 동안 입구 노드에서는 도착하는 패킷들을 버퍼에 버퍼링하여 대기시킨 후, LSP를 설정한 후 레이블을 할당하여 스위칭하는 방법을 이용하고 있다. 따라서 홉 수가 많은 경우에는 입구 노드에서의 버퍼에 대기하는 지연시간이 상당히 길어진다.

### 2.2. 홉 수에 따른 레이블 할당 기법

본 논문에서 제시하는 레이블 할당 기법은 트래픽 기반의 레이블 할당 시 홉 수에 따라 버퍼링 한 후에 할 것인가, 계층 3 라우팅을 한 후에 할 것인가를 결정한다. 만일 MPLS 망의 입구 노드에서 출구 노드까지의 홉 수가 특정 임계 홉 수 보다 적다면 기존의 방법 대로 LSP 설정 동안에 패킷들을 입구 노드에 버퍼링시키고, 만약 특정 임계값보다 클 경우에는 LSP 설정시간이 길어 기존의 방법과 같이 LSP가 설정 될 때까지 패킷들을 버퍼링하면 패킷의 지연시간이 상당히 클 것이다. 따라서 이 경우에는 LSP설정과 동시에 라우팅을 하므로써 패킷 버퍼링에 의한 지연시간을 줄일 수 있을 것이다.

그림 6은 트래픽 기반의 레이블 할당 시 입구 LSR에서 홉 수에 따른 레이블 할당 기법에 대한 알고리즘을 나타낸다.

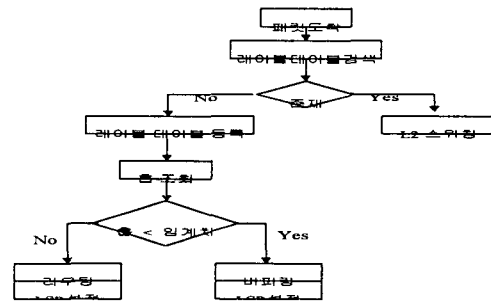


그림 7. 홉 수에 따른 레이블 할당 정책 알고리즘

## 3. 시뮬레이션 결과 고찰

### 3.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 MPLS 도메인에서 레이블의 할당 정책은 트래픽에 따른 레이블 할당하는 정책에 의해서 레이블이 할당되고, 모든 예지 라우터에서는 MPLS 도메인 내의 망 토폴로지 정보를 가지고 있으며, 레이블의 전달 방법은 Downstream-on-Demand & Ordered 방법에 의하여 레이블이 할당된다는 가정하에 망을 구성하여 홉 수에 의한 레이블 할당 정책을 적용하였다. 제시한 MPLS 망의 구성도는 그림 7과 같다.

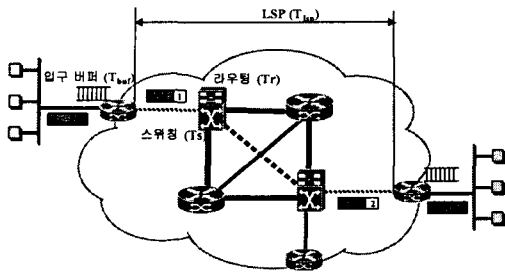


그림 8. MPLS 망 구성도

그림 8은 본 논문에서 사용하고 있는 레이블 전달 방법인 Downstream-on-Demand와 Ordered 방식에 의한 레이블 전달 방법에 관한 그림이다.

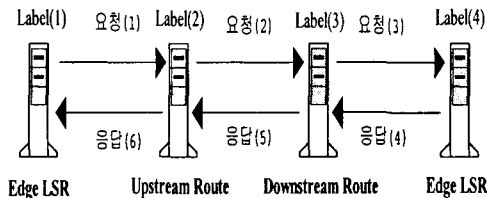


그림 9. Downstream-on-Demand & Ordered

시뮬레이션에 사용되는 패킷 스트림은 실제 IP 패킷의 정보를 가지고 있는 Trace 파일을 이용하여 적용하였다 [11]. LPS 설정 시간에 영향을 주는 가장 중요한 값인 홉 수는 랜덤으로 값을 생성하였고, 이 홉 수가 임계값을 넘으면 LSP 설정과 동시에 계층 3라우팅을 하고 LSP 설정이 완료되어 레이블 테이블에 경로가 있으면 레이블을 할당하여 계층 2 스위칭이 이루어지도록 하였다. 이때 처음 입구 노드에 도착하여 출구 노드로 빠져나갈 때까지의 시간차로 지연시간을 계산한다. 이렇게 한 FEC에 대하여 즉 하나의 패킷 스트림의 총 지연시간은 이런 패킷들의 각각의 지연시간의 합으로 계산할 수 있다. 제안한 레이블 할당 방법의 흐름도는 다음과 같은 방법으로 기술한다. 패킷이 입구 노드에 도착시 레이블 테이블 검색하여 레이블 테이블에 있으면 계층 2 스위칭을 수행하고 만약 레이블 테이블에 없으면 레이블 테이블에 패킷의 정보를 등록하고 홉 수를 계산한다. 계산된 홉 수가 임계 홉 수를 넘으면 계층 3 라우팅을 수행함과 동시에 LSP를 설정하고, 반대로 임계 홉 수를 넘지 않으면 기존의 방법인 패킷을 입구 노드에서 버퍼링을 한다. 이때 입구 노드에서 출구 노드까지의 총 지연시간을 계산한다.

### 3.2 시뮬레이션 결과 및 분석

본 장에서는 위의 방법을 이용하여 두 가지 형태로 성능에 대한 결과를 분석하였다. 우선 첫 번째의 형태는 제시한 알고리즘에서 중요한 파라미터 값인 홉 수중 최대홉 수를 특정한 값으로 고정하였을 경우 임계홉수를 변화시켰을 경우의 총 지연시간의 변화를 보이고, 다음은 임계홉수를 변화시켰을 경우의 Cut-Through Ratio의 변화를 보이고 있다.

그림 9,10은 임계홉수를 변화시켰을 경우의 총 지연시간의 변화를 보이는 그래프이다. 이때 총 지연시간은 첫 번째 패킷이 입구 라우터에 도착하여 마지막 패킷이 출구 라우터를 빠져나갈 때의 시간을 측정하였다. 이때의 MPLS 도메인내의 홉수는 임의의 수로 생성하였다. 이 그래프를 보면 기존의 방법인 입구 라우터에서 LSP를 설정동안 패킷들을 버퍼링하였을 경우는 총 지연시간이 제시한 알고리즘보다 높은 지점에서 거의 일정한 형태를 이루는 반면 제시한 알고리즘은 임계홉수가 증가함에 따라 총 지연시간이 증가함을 알 수 있다. 이는 제시한 알고리즘에서 나타난 것과 같이 임계홉수와 랜덤에 의해 생성한 홉 수, 즉 패킷이 MPLS도메인내의 입구 라우터에서 출구 라우터까지의 홉 수와 비교하여 임계홉수가 적으면 패킷의 버퍼링 시간은 증가하게 된다. 따라서 이러한 경우 총 지연시간은 증가하게 됨을 알 수 있다.

그림 11,12는 최대홉수 고정시 임계홉수 변화에 따른 Cut-Through Ratio를 보이는 그래프이다. 이 그래프는 임계홉수를 증가시켰을 경우 Cut-Through Ratio는 증가함을 알 수 있다. 이 경우는 임의로 생성한 홉 수가 임계홉수보다 크면 L3 라우팅에 의해 LSP를 설정하고 LSP가 설정되면 L2 스위칭에 의해 패킷이 포워딩된다. 이러한 값의 측정을 Cut-Through Ratio라고 한다. 이러한 Cut-Through Ratio가 증가함은 그만큼 망에서의 처리율이 증가한다 의미를 가지고 있다.

Cut-Through Ratio는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$Cut-Through Ratio = \frac{L2 Switching Packet 수}{Total Packet 수} \quad (1)$$

식(1)과 같이 시뮬레이션에 사용한 총 패킷수는 고정된 값이므로 Cut-Through Ratio가 증가하기 위해서는 L2 스위칭 패킷수가 증가해야한다. 그림 11그래프에서 최대홉수를 고정하고 임계홉수를 증가시켰을 경우에 Cut-Through Ratio가 증가함을 알 수 있는데, 이는 임

의로 생성되는 홉수가 임계홉수보다 큰 값을 생성하면, 즉 홉수가 많으면 LSP설정 시간동안 L3 라우팅이 이루어지므로 패킷이 입구 라우터에서 버퍼링하는 시간을 줄일 수 있으나, Cut-Through Ratio는 반면 감소할 것이다. 반대로 임의로 생성되는 홉수가 임계홉수보다 작으면, 즉 홉수가 작으면 LSP설정 시간동안 L3 라우팅이 이루어지지 않고 패킷이 입구 라우터에서 버퍼링하므로 버퍼링 시간은 증가하는 반면에 Cut-Through Ratio는 증가할 것이다. 이렇게 패킷의 홉수에 따라 총 지연시간과 Cut-Through Ratio와는 Tradeoff 관계에 있음을 알 수 있다.

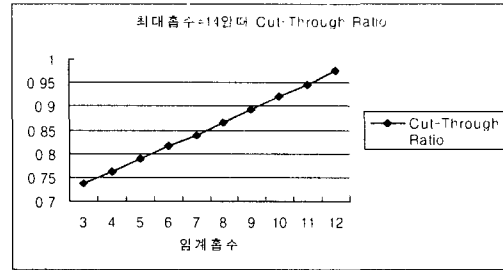


그림 13. 최대홉수=14일 때 Cut-Through Ratio

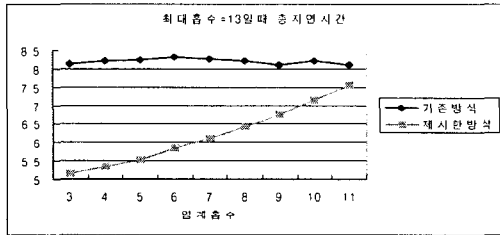


그림 10. 최대홉수=13일 때 총지연시간

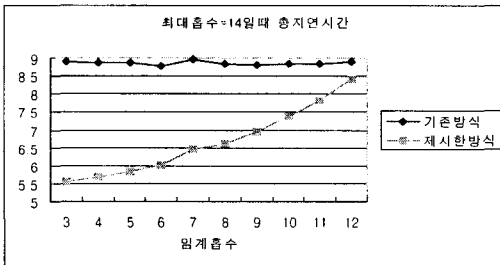


그림 11. 최대홉수=14일 때 총지연시간

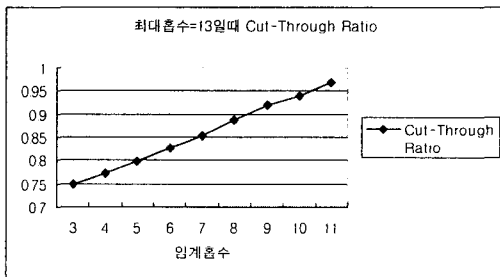


그림 12. 최대홉수=13일 때 Cut-Through Ratio

### III. 결론 및 향후과제

최근 WWW의 출현과 인터넷 사용자의 증가로 인터넷 서비스의 질을 현저히 떨어뜨리고 있다. 이에 반해 인터넷 사용자들은 좀더 빠른 네트워크 서비스, 멀티미디어 서비스 같은 차별화된 서비스의 제공 등 더욱더 네트워크에 많은 것을 요구하고 있다. 이로 인해 새로운 전송 패러다임으로 MPLS 기술이 연구되고 있었다. 본 논문에서는 현재 표준화 작업중인 MPLS 기술에서 기존의 방법인 입구 노드에서부터 LSP를 설정하기 전까지 패킷들을 버퍼링한 후 LSP가 설정되면 스위칭하였을 때의 지연 시간과 제시한 알고리즘에 의한 스위칭할 때의 지연 시간을 비교하였다. 본 논문에서 제시한 알고리즘을 이용하여 Downstream-on-Demand와 Ordered 방식인 레이블 전달 방법을 이용하여 두 가지 형태로 성능에 대한 결과를 분석하였다. 우선 첫 번째의 형태는 제시한 알고리즘에서 중요한 파라미터인 홉수중 최대홉수를 특정한 값으로 고정하였을 때, 임계홉수를 변화시켜 총 지연시간의 변화를 보였고, 다음은 임계홉수를 변화시켰을 때의 Cut-Through Ratio의 변화를 보였다. 총 지연시간의 비교 결과로는 기존의 입구 라우터에서 패킷들을 버퍼링하였을 때보다 제시한 알고리즘이 현저하게 낮음을 알 수 있었다.

Cut-Through Ratio는 기존의 경우는 90%를 이상을 유지하는 반면에 본 논문에서 제시한 알고리즘은 약 70% 이상을 유지함을 알 수 있었다. 패킷의 홉수에 따라 측정된 총 지연시간이 증가하면 Cut-Through Ratio 또한 증가하는 Tradeoff 관계에 있음을 알 수 있었다.



## 참고문헌

- [1] Ipsilon Networks, "IP Switching : The Intelligence of Routing, the Performance of Switching", White Paper, <http://www.ipsilon.com/productinfo/techwpl.html>, February 1996.
- [2] Rekhter, Davie, Katz, Rosen, Swallow, Farinacci, "Tag Switching Architecture Overview", draft-rekhter-tagswitch-arch-00.txt, January 1997.
- [3] N. Feldman, A. Viswanathan, "ARIS Specification", draft-feldman-aris-spec-00.txt, March 1997.
- [4] Yasuhiro Katsube, Ken-ichi Nagami, Yoshinoro Ohba, Shigeo Matsuzawa, Hiroshi Esakid, "Cell Switch Router - Architecture and Protocol Overview -", draft-katsube-csr-arch-00.txt, Dec. 1997.
- [5] R. Callon, G. Swallow, N. Feldman, A. Viswanathan, "A Framework for Multiprotocol Label Switching", draft-ietf-mpls-framework-05.txt, Sept. 1999.
- [6] Eric C. Rosen, Arun Viswanathan, Ross Call, "Multiprotocol Label Switching Architecture", draft-ietf-mpls-arch-05.txt, April 1999.
- [7] Arun Viswanathan, Nancy Feldman, Zheng Wang, Ross Callon, "Evolution of Multiprotocol Label Switching", IEEE Communication Magazine, May 1998.
- [8] Chuck Semeria, "Multiprotocol Label Switching :Enhancing Routing in the New Public Network", <http://www.juniper.net/techcenter/thecpapers/mpls/mpls.html>, March 17, 1999.
- [9] Steven Lin, Nick McKeown, "A Simulation Study of IP Switching", SIGCOMM, April 1997.
- [10] J.Zheng, Victor O.K.Li, "Performance Models For IP Switching"

## 저자소개



### 황 하 응

1986 경북대학교 전자공학과  
전산전공 졸업  
1988 경북대학교 전자공학과  
전산전공 석사  
1988 한국전자통신연구소 연구  
원  
1992 상주대학교 전자계산학과  
전임강사  
1995 경북대학교 컴퓨터공학과  
박사수료  
현재 상주대학교 컴퓨터공학부  
부교수  
관심분야 : 정보통신, 정보처리



### 장 성 식

1987 경북대학교 전자공학과  
전산전공 졸업  
1989 경북대학교 전자공학과  
전산전공 석사  
1998 경북대학교 컴퓨터공학과  
박사수료  
현재 김천대학 컴퓨터정보처리  
계열 조교수  
관심분야 : 정보통신, 정보처리