

# MPLS 트래픽 엔지니어링을 위한 레이블 할당 방법

정희원 이영석\*, 옥도민\*, 최양희\*, 전병천\*\*

## Label Assignment Schemes for MPLS Traffic Engineering

Youngseok Lee\*, Tomin Ok\*, Yanghee Choi\*, Byungchun Jeon\*\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 MPLS망에서 효과적인 트래픽 엔지니어링을 위하여 IP 플로우 모델에 기반한 레이블 할당 방법을 제안하고 성능을 분석하였다. 지속시간이 길고, 많은 패킷들을 포함하고, 높은 전송률을 보이는 베이스 플로우들은 전체 트래픽 로드와 많은 부분을 차지하고 있기 때문에 네트워크에서 장기적인 혼잡 현상을 발생시키는 주요 원인이 된다. 따라서, 트래픽 기반 레이블 할당방법에 의해 분류된 베이스 플로우들을 네트워크 혼잡시 우선적으로 우회 LSP에 할당하는 명시적 경로 설정 방법을 이용하여 혼잡 현상을 빠르게 해결할 수 있다. 제안한 레이블 할당 방법은 X/Y 플로우 판별자와 라우팅 테이블을 이용하는데, 베이스 플로우를 판별하기 위하여 패킷수 기반과 cut-through ratio 기반 방법을 제안하여 비교하였다. 제안한 방법들은 2계층으로 스위칭 되는 패킷수의 비율(Cut-through Ratio)을 크게 떨어뜨리지 않고, 할당되는 레이블 수를 최소화시킨다.

### ABSTRACT

In this paper, label assignment schemes considering the IP flow model for the efficient MPLS traffic engineering are proposed and evaluated. Based on the IP flow model, the IP flows are classified into transient flows and base flows. Base flows, which last for a long time, transmit data in high bit rate, and be composed of many packets, have good implications for the MPLS traffic engineering, because they usually cause network congestion. To make use of base flows for the MPLS traffic engineering, we propose two base flow classifiers and label assignment schemes where transient flows are allocated to the default LSPs and base flows to explicit LSPs. Proposed schemes are based on the traffic-driven label triggering method combined with a routing table. The first base flow classifier uses both flow size in packet counts and routing entries, and the other one, extending the dynamic X/Y flow classifier, is based on a cut-through ratio. Proposed schemes are shown to minimize the number of labels, not degrading the total cut-through ratio.

## I. 서론

인터넷 트래픽의 증가와 고속 대용량 백본의 필요성은 플로우 기반 고속 스위칭 기술을 등장시켰다. 플로우 기반 스위칭은 IP 스위칭, 태그 스위칭, ARIS 등 다양한 방법들이 제안되었으며, IETF

MPLS(Multi-Protocol Label Switching) WG에서 이러한 플로우 기반 스위칭 기술 및 네트워크를 표준화하고 있다. MPLS 네트워크는 레이블을 이용하여 QoS(Quality of Service) 보장과 VPN(Virtual Private Network) 및 트래픽 엔지니어링 등의 다양한 기능을 제공한다.

\* 서울대학교 컴퓨터공학과 멀티미디어 통신 연구실(yslee, amaranth, yhchoi)@mmlab.snu.ac.kr,

\*\* 한국전자통신연구원 MPLS 프로토폴럼(bcjeon@etri.re.kr)

논문번호 : 99513-1230, 접수일자 : 1999년 12월 30일

\* 본 연구는 전자통신연구원 과제 지원으로 수행되었습니다.

MPLS 네트워크에서는 LER(Label Edge Router)에 입력되는 각 패킷에 고정 길이의 짧은 레이블(Label)을 첨부시켜 스위칭 네트워크를 경유시키게 하는데, MPLS 도메인 내에 위치하는 LSR(Label Switched Router)은 레이블만을 참고하여 패킷을 포워딩함으로써 고속의 성능 및 서비스 품질을 보장할 수 있게 한다. MPLS 네트워크<sup>[10]</sup>에서 포워딩을 위한 레이블은 LDP(Label Distribution Protocol)에 의해 설정된다. LER에서는 입력 패킷들을 FEC(Forwarding Equivalent Class)라는 단위로 분류하여 레이블을 할당한다. 레이블은 패킷의 목적지 주소 prefix에 의해 할당될 수 있지만, 트래픽의 세분화(Granularity)에 따라 PQ(Port Quadruple), PQT(Port Quadruple with TOS), HP(Host Pairs), NP(Network Pairs), DN(Destination Network), ER(Egress Router), NAS(Next-hop AS), DAS(Destination AS) 등의 플로우별로 할당될 수 있다. 멀티캐스트 트래픽의 경우 SST(Source Specific Tree), SMT(Shared Multicast Tree) 등으로 할당될 수 있다. 레이블 할당(Label Assignment)은 레이블 배정(Label Allocation)과 레이블과 경로를 바인딩(Binding)하는 역할을 수행한다. 레이블 할당은 제어 트래픽과 데이터 트래픽에 의한 방법으로 나뉘어진다. 제어 트래픽에 의한 레이블 할당 방식은 순수 제어 트래픽에 의해 레이블이 할당되므로 데이터 트래픽 프로파일과 패턴에 독립적이다. 따라서 포워딩 지연시간을 줄일 수 있다. 하지만, VC/VP 합병(Merging) 기능이 없는 ATM 스위치의 경우와 같이 데이터 트래픽에 의한 레이블 할당 방식이 필요한 경우도 있다.

MPLS 네트워크 트래픽 엔지니어링 방법으로 제안되고 있는 방법은 대부분 기존의 인터넷 라우팅 방법 즉, 다중 경로 배정 방법을 확장한 방법이다. 예를 들어, OSPF나 IS-IS에서의 ECMP(Equal Cost Multi-Path Routing Protocol)을 확장하여 MPLS에서 명시적 경로 배정 방법을 이용한 다중 경로 배정 방법들이 제안되고 있지만, 이러한 방법들은 기존 IP 라우터에서의 기능을 확장하였기 때문에 패킷 단위의 미세한 제어 방법을 채택하고 있다. 하지만, MPLS에서는 트래픽을 다양한 플로우로 분류하여 레이블을 할당하기 때문에 트래픽 엔지니어링 역시 플로우에 기반한 방법이 필요하다. 특히, 최근의 플로우 기반 인터넷 트래픽 측정 및 분석 연구 결과<sup>[18]</sup>에 의하면 플로우에 따라 지속시간 및 네트워크 트래픽 점유율 등이 다양하다는 것이 알려져

있고, 플로우 결합(Aggregation)에 의한 결과로 일부 플로우에 로드가 집중된다고 알려져 있다<sup>[9]</sup>.

MPLS LER에서 입력 트래픽에 레이블을 할당하는 방법이 필요하다. 이러한 정책은 크게 트래픽 기반(Traffic-driven)과 토폴로지-기반(Topology-driven) 및 요구 기반(Request-driven) 방법이 있다. 레이블은 스위칭의 포워딩 테이블 및 재결합 버퍼를 차지하므로 네트워크의 자원 이용율을 결정하는 주요한 인자이다. 따라서, MPLS 네트워크에서 중요한 것은 레이블 할당을 최소화하면서 많은 패킷들을 스위칭하는 비율(Cut-through Ratio)를 높이고, 다양한 QoS를 보장할 수 있는 레이블 할당 정책(Label Allocation Policy)이다.

특히 베이스 플로우는 트래픽 로드의 많은 부분을 차지하고 있고, 장시간 지속되는 특성을 보이므로 이러한 특징은 스위칭되는 패킷들의 비율을 떨어뜨리지 않고, 할당되는 레이블 수를 최소화하는데 이용될 수 있다. 그리고, 체중 현상을 해결하기 위하여 트래픽 로드 분산에서 베이스 플로우들이 가장 우선적으로 고려되어야한다.

따라서, 본 논문에서는 플로우 기반 인터넷 트래픽 모델에 근거하여 효과적인 MPLS 네트워크 트래픽 엔지니어링을 위한 레이블 할당 방법을 제안하고 성능을 분석한다. 플로우의 특성에 따라 크게 베이스(Base) 플로우와 이외의 플로우 즉, 순간적인(Transient) 플로우로 구분하였고, 베이스 플로우를 고려한 레이블 할당방법인 플로우의 패킷수와 cut-through ratio를 기반으로 하는 휴리스틱을 제안하였다. 레이블 할당방법은 트래픽 기반 방식과 라우팅 테이블을 이용하여 할당되는 레이블 수를 최소화하였다. 제안된 레이블 할당 방법은 실측된 트래픽 트래이스를 이용하여 성능을 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II에서 레이블 스위칭 네트워크와 트래픽 엔지니어링에 관한 관련 연구를 요약하였고, III에서 기존의 플로우 모델에 근거한 트래픽 측정 및 분석 결과를 제시하였다. 그리고, IV에서는 제안된 베이스 플로우를 이용한 트래픽 엔지니어링 방법과 베이스 플로우 레이블 할당 방법을 제안하였다. V에서 이의 성능 분석 결과를 제시하였다. 끝으로 VI에서는 본 논문의 결론과 향후 연구에 대해서 논의하였다.

## II. 관련 연구

최근 들어 레이블 스위칭 네트워크에서 할당되는

레이블 수를 최소화하면서 cut-through ratio를 높이는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[3]에서는 IP 스위칭에서 기본적인 플로우 타입 I(응용 주소 쌍 플로우)와 II(호스트 주소 쌍 플로우)에 대해서 X/Y(X: 패킷수, Y: 플로우 종료시간) 플로우 분류방법의 성능 평가를 하였다. [7]에서는 IP 스위칭의 트래픽 기반 레이블 할당 방법과 태그 스위칭<sup>[2]</sup>의 토폴로지 기반 레이블 할당 방법을 혼합한 방법을 이용한 레이블 할당 방법을 제안하였고, 목적지 AS 에 대한 트래픽 기반 레이블 할당 방법이 효과적이라는 것을 보였다. [8]에서는 플로우 스위칭 네트워크에서의 플로우 결합(Aggregation)의 행태에 따른 효과를 설명하였다.

이러한 플로우 스위칭 개념은 플로우 기반 인터넷 트래픽 모델링에 기초하고 있다. [4]에서 IP 패킷들을 연속적인 train 모델링화한 플로우 모델이 처음으로 제안되었고, [5]에서는 다양한 플로우 프로파일(Profile)을 이용한 인터넷 트래픽 특성을 세분화하였다. 특히 타입아웃과 플로우 스펙을 이용한 다양한 IP 플로우 프로파일을 제공하여 IP 플로우의 특성을 분석하였다. [18]에서는 IP 플로우 모델과 특성을 이용한 네트워크 트래픽 측정 및 분석 연구가 진행중이다. 특히 [6]에서는 주요 인터넷 백본 교환지점에서 OCXmon을 이용한 인터넷 트래픽 측정 및 분석 연구를 수행하였고, 플로우 스위칭의 시뮬레이션 결과를 제시하였다.

MPLS와 같은 네트워크에서는 플로우를 판별하여 레이블을 할당하여 고속 스위칭을 제공하므로 플로우 기반 네트워크 트래픽 분석은 플로우 스위칭 네트워크에 필수적이다. [9]에서는 플로우를 기반으로 AS(Autonomous System)사이에서의 백본 트래픽 분석을 하였고, 점보(Jumbo) 플로우라는 개념을 제시하였다. 즉, 점보 플로는 AS간의 트래픽의 대부분의 트래픽을 차지하지만, 소수의 플로우를 유지하는 특성을 보여준다. 이러한 플로우 기반 트래픽 분석 결과는 MPLS와 같은 플로우 스위칭 네트워크에서 유용하게 사용된다. 그리고, [13]에서는 장시간 지속되는 플로우와 이외의 플로우들에 대하여 라우팅 정책을 분리함으로써 네트워크 혼잡 현상을 줄일 수 있다는 것을 보였다.

MPLS 네트워크에서 플로우별 레이블을 할당하는 기능 이외에 중요한 기능은 트래픽 엔지니어링이다. 트래픽 엔지니어링의 요구사항은 [15]에서 정리되고 있고, 트래픽 엔지니어링을 위한 IETF MPLS WG 에서 기본적인 방법인 CR-LDP(Constrained-based

LDP)<sup>[16]</sup>가 제안되었다. 현재 대부분의 MPLS 트래픽 엔지니어링 기법은 기존의 IP 라우팅에서 제안된 방법을 확장하는 방법이다. 예를 어, OSPF의 다중 경로 배정 방법<sup>[12]</sup>을 이용한 트래픽 엔지니어링 방법들<sup>[11]</sup>이 다양하게 제안되고 있다. 그리고, [14]에서 TCP 플로우와 UDP 플로우를 구분하여 MPLS 트래픽 엔지니어링을 효과적으로 제공할 수 있는 방법이 제안되었다.

이상의 연구들은 MPLS에서의 기초적인 레이블 할당 방법과 트래픽 엔지니어링을 위한 플로우 관리 방법들에 관한 것들로 트래픽 엔지니어링을 위한 레이블 할당에 관한 연구는 미진하다.

### III. IP 플로우 특성 분석

#### 1. 베이스 플로우

IP 플로우의 특성은 플로우의 지속시간, 플로우당 패킷수, 및 플로우의 패킷/비트 전송률 분포를 이용하여 설명될 수 있다. 송신자와 수신자의 주소 및 포트 번호와 타임아웃으로 주어지는 플로우 스펙에 따라 플로우들이 정의될 수 있다. [20]에 의하면, 대부분의 IP 플로우들은 짧은 지속시간동안 유지되는 것들이지만, 몇몇 플로우들은 오랜 시간동안 유지되어 많은 트래픽 로드를 포함하게 되는 특성을 보여준다.

그림 1에서 라우터를 경유하는 트래픽 로드의 일부 플로우의 집중 현상을 볼 수 있다). 즉, 10 % 이내의 플로우들에 의한 비트 점유율은 90 % 이상, 패킷 점유율은 75 % 이상을 차지하고, 에 이른다. 즉, 일부 플로우들에 의한 트래픽 로드 점유율이 높다는 것을 보여준다.

소수 플로우들에 의한 트래픽 로드 집중도는 플로우들이 결합될수록 더욱 심화된다. 그림 2와 3에

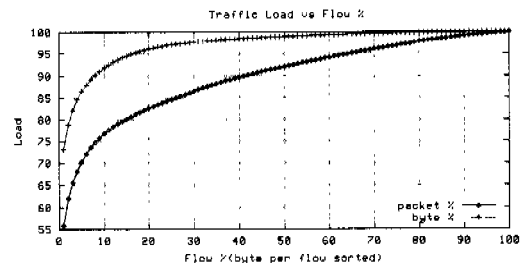


그림 1. 플로우 %에 의한 트래픽 로드(비트 순서)

1) 분석된 트래픽은 교육전산망<sup>[19]</sup>의 백본 라우터의 NetFlow<sup>[17]</sup>를 이용하여 측정되었다.

의하면 플로우 타입이 응용, 호스트, 네트워크, AS 주소 쌍으로 결합되면서 이러한 특성은 더욱 강화된다. 예를 들어, 플로우당 패킷수로 정렬된 1% 플로우의 바이트 점유율과 패킷 점유율을 살펴보면, 응용 수준의 플로우일 경우 63%, 80%이고, AS 플로우일 경우 90%, 100%에 이른다는 것을 알 수 있다. 그리고, 10%의 AS 플로우에서는 대부분의 트래픽 로드를 차지한다는 것을 알 수 있다.

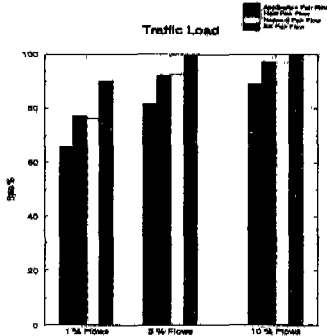


그림 2. 1/5/10% 플로우들에 의한 트래픽 로드 (바이트 %)

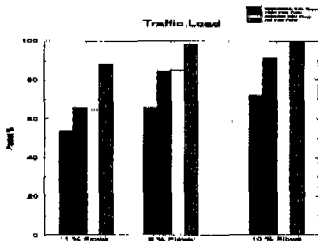


그림 3. 1/5/10% 플로우들에 의한 트래픽 로드 (패킷 %)

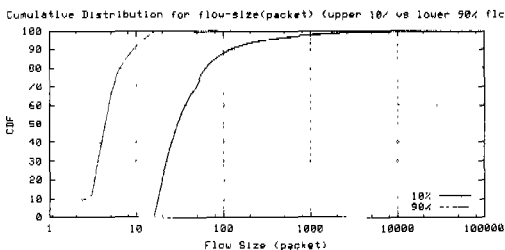


그림 4. 패킷수에 의한 플로우 구분

로드가 큰 IP 플로우들은 대체적으로 지속시간이 길고, 많은 패킷들을 가진다. 따라서, 본 논문에서는

이러한 플로우들을 “베이스” 플로우라고 한다. 베이스 플로우를 순간적인 플로우들과 구분하기 위하여 플로우당 지속시간 또는 패킷수 등을 모니터링하여 판별할 수 있다. 그림 4는 10%의 베이스 플로우와 나머지가 30개의 평균 패킷수에 의해서 명확히 구분이 된다는 것을 보여준다.

#### IV. 베이스 플로우를 이용한 트래픽 엔지니어링

본 장에서는 베이스 플로우를 구분하여 레이블을 할당하는 방법을 이용한 트래픽 엔지니어링 방법에 대해서 설명한다.

MPLS에서 레이블 할당 정책은 크게 트래픽 기반, 토폴로지 기반, 요구 기반으로 나눌 수 있는데, 본 논문에서는 라우팅 테이블과 트래픽 기반 방법<sup>[7]</sup>을 이용한다. 라우팅 테이블을 이용한 트래픽 기반 레이블 할당 방법은 전체적인 cut-through ratio를 높이면서 할당되는 레이블 수를 줄여 네트워크 자원을 절약한다. 그리고, 베이스 플로우를 구분함으로써 cut-through ratio를 크게 떨어뜨리지 않으면서 레이블 수를 더욱 감소시킬 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 라우팅 테이블을 이용한 트래픽 레이블 트리거링 방식을 기반으로 하는 두 가지 방법(패킷수, Cut-through ratio 기반 방법)을 제안한다.

패킷 수를 이용하는 레이블 할당 방법은 IP 플로우의 특성 인자 즉, 패킷수, 지속시간, 및 전송률 중 베이스 플로우 구분에 가장 효과적인 인자인 플로우당 패킷 수와 라우팅 테이블의 엔트리를 이용하여 베이스 플로우를 구분하고, 레이블을 할당하는 방법으로 IP 스위치의 X/Y(X: 패킷수, Y: 타임아웃) 플로우 구분방법을 트래픽 기반 트리거링 방식에 응용한다.

두번째는 cut-through ratio를 이용한 구분 방법으로 패킷수 기반 방법을 동적으로 확장한 방법이다. Cut-through ratio 임계치를 이용함으로써 네트워크 관리자는 전체 트래픽 로드에서 상관없이 일정한 cut-through ratio를 만족할 수 있는 베이스 플로우를 구분하여 레이블을 할당한다.

##### 1. 패킷수 기반 베이스 플로우 레이블 할당 방법

패킷수 기반 레이블 할당방법은 트래픽 기반 X/Y 플로우 구분방법에 기초하는데, Y시간 이내에 X개의 패킷들이 입력되는 플로우에 대해 라우팅 테이블의 prefix를 레이블로 할당한다. 이 방법은 목적지

네트워크 주소 플로우 스펙을 이용하여, IP 스위칭의 X/Y 플로우 분류 방법에 비하여 레이블 수를 크게 줄일 수 있다. 베이스 플로우를 위한 패킷수 X는 네트워크에 측정된 패킷수 분포에 의하여 정해진다. 따라서, 패킷수 기반 레이블 할당 방법은 X/Y 플로우 구분방법을 그대로 이용하여 쉽게 구현할 수 있지만, 측정되는 트래픽의 로드를 관찰하여 X와 Y값을 실험적으로 결정해야한다. 즉, 측정된 네트워크 트래픽의 패킷별 플로우 분포를 이용하여 베이스 플로우에 적합한 X값을 결정해야한다.

IP 스위칭에서의 X/Y 플로우 분류 방법에서는 X값을 증가시키면 할당되는 레이블 수와 cut-through ratio를 감소시킨다. 반면 X 값을 감소시키면 순간적인 플로우들에 대해서도 레이블을 할당하게 되어 cut-through ratio를 증가시키지만, 레이블 수가 많이 필요하게 된다. 플로우의 타임아웃 Y 값도 X값과 같은 방식으로 작동한다. 따라서, 최적의 X와 Y값은 MPLS 네트워크에서 가용할 수 있는 최대 레이블 수에 따라 결정된다.

플로우 종료 시간은 일반적으로 레이블 수와 cut-through ratio값을 적절한 수준으로 맞출 수 있는 값으로 설정한다<sup>[6]</sup>.

## 2. Cut-through Ratio 기반 베이스 플로우 레이블 할당 방법

Cut-through ratio 기반 레이블 할당 방법은 네트워크 관리자로 하여금 베이스 플로우를 위한 cut-through ratio를 결정하도록 하여, 베이스 플로우를 직접 제어하는 방법을 제공한다.

베이스 플로우를 위해 설정되는 cut-through ratio를 만족하기 위해 X/Y 플로우 분류 방법을 동적으로 확장하였다. 즉, 주기적으로 cut-through ratio를 검사하여  $[t-1, t]$  시간동안 측정된 cut-through ratio (SampleCTR)를 반영한 최근의 cut-through ratio (CTR(t))가 주어진 값, CTRthreshold 이상일 경우는 X를 증가시켜 최소의 레이블 수를 유지하도록 하고, 반대일 경우는 X를 감소시켜 cut-through ratio를 높이도록 하는 2단계 동적 X/Y 분류 방법을 이용한다.

$$CTR(t) = \alpha \cdot CTR(t-1) + (1-\alpha) \cdot SampleCTR;$$

IF(CTR(t) ≥ CTRthreshold)

$$X = X + \Delta;$$

ELSE

$$X = X/C;$$

최근의 cut-through ratio는 이전의 값을  $\alpha$  만큼 반영하여 X값의 지나친 진동현상을 방지하도록 한다( $0 \leq \alpha \leq 1$ ). 측정된 cut-through ratio 값이 주어진 임계치 이상일 때에는 X 값을 증가시켜 최소의 레이블 수를 유지하도록 한다. X의 증가값  $\Delta$ 는 선형적으로 증가하지만, 이전의 값을 반영하도록 하여 주어진 cut-through ratio 임계치에 적합한 레이블 수에 빨리 접근하도록 한다.

$$\Delta = X/k, (k > 1)$$

그리고, 최근의 cut-through ratio 값이 주어진 cut-through ratio보다 적을 때에는 X값을 감소시켜 ( $C > 1$ ) 레이블을 많이 할당하도록 하여 cut-through ratio를 높인다. 동적인 X/Y 플로우 분류방법을 이용하는 Cut-through ratio 기반 레이블 할당 방법은 네트워크 관리자가 네트워크 로드와 상관없이 설정된 cut-through ratio에 해당하는 베이스 플로우에 대해서 레이블을 할당할 수 있게 한다.

레이블 수를 동적으로 할당하게 함으로써 주어진 cut-through ratio의 트래픽 로드를 제어할 수 있다. 그리고, 지나치게 증가할 수 있는 레이블을 줄이기 위하여 목적지 네트워크 주소 기반의 플로우 스펙을 이용하였다.

## V. 성능 평가

### 1. 패킷수 기반 베이스 플로우 레이블 할당 방법

그림 5에서는 패킷수에 따라 변화하는 레이블 수와 cut-through ratio를 측정한 결과를 보여주고 있다. 목적지 네트워크 주소의 플로우 타입을 이용하는 X/Y 플로우 구분자에서 X값이 증가할 수록 할당되는 레이블 수를 감소시키지만, 전체적인 cut-through ratio는 크게 떨어뜨리지 않는다. 베이스 플

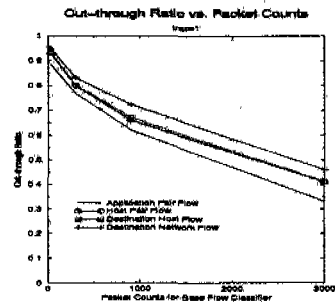


그림 5. 패킷수를 이용한 베이스 플로우 차별방법에 의한 Cut-through ratio

로우 분류에 적절한 패킷수 X는 플로우의 패킷수 분포에 의해 결정된다.

그림 6에서 X값이 증가하더라도 할당되는 레이블 수가 급격하게 감소되지 않고, cut-through ratio가 크게 떨어지는 X값을 이용하여 베이스 플로우를 결정하는데 이용한다. 예를 들어, X가 900일 때에는 레이블 수가 16으로 감소하여 X가 30일 때에 비해 레이블 수를 77 % 감소시키지만, cut-through ratio는 0.72로 X가 30일 때의 76 %를 유지한다. 하지만, 계속해서 X를 증가시켜도 레이블 수는 크게 감소되지 않고, 오히려 cut-through ratio가 크게 감소하게 된다.

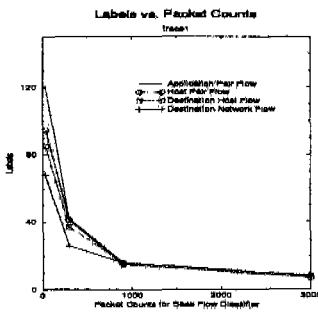


그림 6. 패킷수를 이용한 베이스 플로우 판별 방법에 의한 레이블 수

## 2. Cut-through Ratio 기반 베이스 플로우 레이블 할당 방법

패킷수를 기반으로 하는 베이스 플로우 구분 방법은 X/Y 플로우 분류방법을 이용하여 간단하게 구현할 수 있지만, 트래픽의 로드를 예측하기 힘들기 때문에 지속적인 트래픽의 관찰에 의한 플로우 패킷 분포를 알아야한다. 따라서, 네트워크를 보다 쉽게

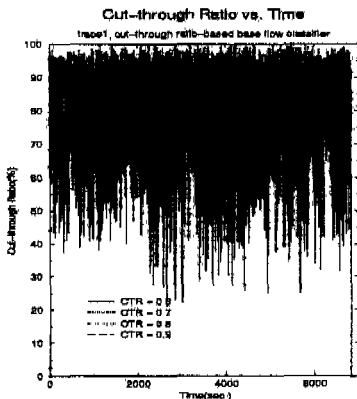


그림 7. Cut-through ratio에 근거한 베이스 플로우 판별방법의 CTR변화율

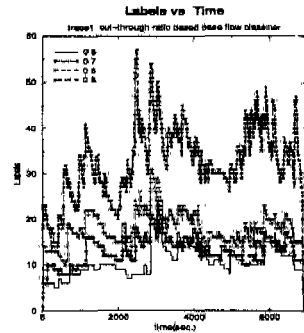


그림 8. Cut-through ratio에 근거한 베이스 플로우 판별방법의 레이블 변화

관리할 수 있는 방법이 필요하다. Cut-through ratio는 전체 패킷(또는 바이트)에 대하여 스위칭된 패킷(또는 바이트)들의 비율을 나타내므로 이를 이용하여 베이스 플로우를 구분하고 레이블을 할당하는 cut-through ratio 임계치 기반 방법은 입력 트래픽의 로드와 상관없이 베이스 플로우를 분류할 수 있다는 장점을 가진다. 그림 7은 cut-through ratio 기반 휴리스틱에 의하여 주어진 cut-through ratio에 해당하는 베이스 플로우를 찾는것을 보여준다. 주어진 패킷 cut-through ratio에 대하여 동적인 X/Y 플로우 분류 방법에 의한 평균 cut-through ratio를 평균 90 %이상의 cut-through ratio를 유지하며, 최대 레이블 수도 패킷수에 비해 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 MPLS 네트워크에서 효율적인 트래픽 엔지니어링을 위한 레이블 할당 방법을 제안하여 성능 분석을 하였다. 인터넷 트래픽의 플로우 특성에 따라 베이스 플로우와 순간적인 플로우로 구분이 가능하다. 베이스 플로우의 특성은 긴 지속적인 특성을 가지며 많은 트래픽 로드를 차지하고, 순간적인 플로우들에 비해 적은 플로우 수를 가진다. 베이스 플로우의 이러한 특성을 이용하여 킷수 기반 베이스 플로우 레이블 할당 방법과 cut-through ratio 기반 베이스 플로우 레이블 할당 방법을 제안하여 성능을 분석하였다.

특히 cut-through ratio 기반 레이블 할당 방법에서는 IP 스위칭에서의 X/Y 플로우 분류 방법을 동적으로 확장하여, 트래픽 로드와 상관없이 베이스 플로우를 판별하여 레이블을 할당할 수 있게 하였

다.

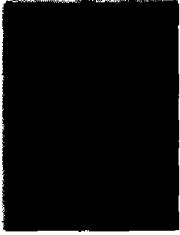
제안된 방법들은 라우팅 테이블과 트래픽 기반 레이블 트리저링 방식을 이용하여 레이블 수를 최소화하였다. 측정된 네트워크 트래픽 트래이스를 이용한 실험 결과에 의하면 패킷수와 네트워크 목적지에 따른 레이블 할당 방법에 의해서 베이스 플로우들을 효과적으로 판별한다는 것과, cut-through ratio 기반 레이블 할당 방법에 의해서 트래픽 로드 에 상관없이 주어진 입체치에 근사한 베이스 플로우들을 판별한다는 것을 보였다. 제안된 레이블 할당 방법은 MPLS 네트워크에서 최소의 레이블들이 유지되도록 하기 때문에 MPLS 스위치에서 트래픽 엔지니어링이 필요한 네트워크 혼잡 현상을 쉽게 제어할 수 있게 한다.

### 참고 문헌

- [1] P. Newman, T. Lyon, and G. Minshall, "Flow Labeled IP: A Connectionless Approach to ATM," IEEE INFOCOM' 96, 1996
- [2] Y. Rekhter, B. Davie, D. Katz, E. Rosen and G. Swallow, "Cisco System's Tag Switching Architecture Overview," IETF RFC2105, Feb. 1997
- [3] S. Lin and N. McKeown, "A Simulation Study of IP Switching," SIGCOMM '97, 1997
- [4] R. Jain, and S. A. Routhier, "Packet Trains - Measurements and a New Model for Computer Network Traffic," IEEE JSAC Sept. 1986
- [5] K. Claffy, H.W. Braun, G.C. Polyzos, "A Parameterizable Methodology for Internet Traffic Flow Profiling," IEEE JSAC Special Issue on the Global Internet, 1995
- [6] K. Thomson, G. J. Miller, and R. Wilder, "Wide-Area Internet Traffic Patterns and Characteristics," IEEE Network Nov./Dec. 1997
- [7] K. Nagami, H. Esaki, Y. Katsube, and O. Nakamura, "Flow Aggregated, Traffic Driven Label Mapping in Label-Switching Networks," IEEE JSAC, vol.17, no. 6, June 1999
- [8] T. Worster, and A. Doria, "Levels of Aggregation in Flow Switching Networks," IEEE Forum, May 1997
- [9] Wenjia Fang, and Larry Peterson, "Inter-AS Traffic Patterns and Their Implications," Princeton University TR-598-99, March 1999
- [10] A. Viswanathan, N. Feldman, Z. Wang, R. Callon, "Evolution of Multiprotocol Label Switching," IEEE Communications Magazine, May 1998
- [11] C. Villamizar, MPLS Optimized Mutipath (MPLS-OMP), IETF Internet Draft, Feb. 1999
- [12] C. Villamizar, OSPF Optimized Mutipath (OSPF-OMP), IETF Internet Draft, Feb. 1999
- [13] A. Shaikh, J. Rexford, and K. G. Shin, "Load-Sensitive Routing of Long-Lived IP Flows," SIGCOMM'99, 1999
- [14] P. Bhaniramka, W. Sun, R. Jain, "Quality of Service using Traffic Engineering over MPLS: An Analysis," Globecom'99, 1999
- [15] D. O. Awduche, J. Malcolm, J. Agogbua, M. O'Deil, J. McManus, "Requirements for Traffic Engineering Over MPLS," Internet Draft, June 1999
- [16] B. Jamoussi, "Constrained-Based LSP Setup using LDP," Internet Draft, June 1999
- [17] Cisco, <http://www.cisco.com>
- [18] CAIDA, <http://www.caida.org>
- [19] KREN, <http://www.kren.ne.kr>
- [20] 이영석, 옥도민, 서영일, 최양희, "플로우 특성을 이용한 인터넷 백본 트래픽 패턴 분석", 한국통신학회, 1999

이 영 석(Youngseok Lee)

정회원

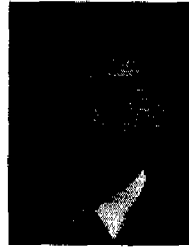


1995년 2월 : 서울대학교 컴퓨터 공학과 졸업  
1997년 2월 : 서울대학교 컴퓨터 공학과 석사  
1997년 3월~현재 : 서울대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<주관심 분야> 차세대 인터넷, 인터넷 트래픽 엔지니어링

전 범 천(Byungchun Jeon)

정회원



1986년 : 충남대학교 전자공학과 석사  
1992년 : 충남대학교 전자공학과 박사  
1987년~1988년 : 국방과학연구소 연구원

1988년~1998년 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

MPLS 프로토콜팀 팀장

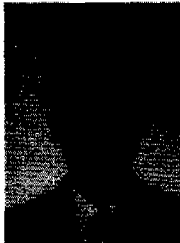
TDX-10, ATM 교환기, MPLS 시스템 개발

ATM 기반 데이터 통신, 인터넷 관련 기술 개발 참여

<주관심 분야> 초고속통신망 구조 연구 고품질 인터넷 서비스를 위한 통신 프로토콜 연구

옥 도 민(Tomin Ok)

정회원

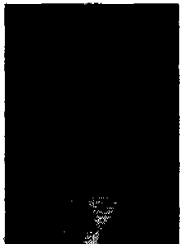


1998년 2월 : 동국대학교 컴퓨터 공학과 졸업  
2000년 2월 : 서울대학교 컴퓨터 공학과 석사 졸업  
2000년 3월~현재 : (주) 드림첼

<주관심 분야> 트래픽 측정, DB

최 양 희(Yanghee Choi)

정회원



1975년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업  
1977년 2월 : 한국과학기술원 전자공학과 석사 졸업  
1984년 : 프랑스 E.N.S.T 대학 전산학 박사

1981년~1984년 : 프랑스 CNET 연구소

1984년~1989년 : 미국 IBM 왓슨 연구소, 한국전자통신연구소 책임연구원

1991년~현재 : 서울대학교 컴퓨터공학과 부교수