

# 고속 IP 교환망에서 효율적인 레이블 관리 방식에 관한 연구

심재헌\* · 장훈\*\*

## 요약

본 논문에서는 MPLS에서 전체 플로우의 수를 줄이고 확장성(scalability) 문제를 해결할 수 있는 레이블 관리 방안으로서 플로우 집적화와 플로우 유지 시간 제어 알고리즘을 제안하였다. 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식은 인터넷에서 전체 플로우의 수를 감소시키고 레이블을 효율적으로 사용할 수 있도록 관리하여 전체 패킷의 스위칭 비율을 향상시킬 수 있는 방식이며, 플로우 유지 시간 제어 알고리즘은 불필요한 플로우에게 할당되어 있는 레이블을 가능한 빨리 해제함으로써 레이블의 과도한 낭비를 줄일 수 있는 방법이다. 본 논문에서는 실제 인터넷 트래픽 트레이스를 이용하여 시뮬레이션을 수행함으로써 제안한 두 가지 방식의 성능을 검증하였다. 성능 검증에서는 레이블 사용 효율, 평균 레이블 사용량, 그리고 스위칭 된 패킷수와 스위칭 된 비율을 이용하였다.

## A Study on the Efficient Label Management Methods in High-Speed IP Switching Networks

Jae-Hun Shim<sup>\*</sup> · Hoon-Chang<sup>\*\*</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we present the flow aggregation method and the FLTC(flow lasting time control) algorithm to reduce the number of flows and solve the scalability problem in high speed IP switching networks. The flow aggregation based on the destination address could reduce the total number of flows, improve the label efficiency, and increase the total amount of the switched packets. The FLTC algorithm also eliminates the waste of label by deleting the flow binding efficiently. With the traces of real Internet traffics, we evaluate the performance of these schemes by simulation. The label efficiency, the average number of label used, and the percentage of packets switched and the number of packets switched are used as performance measures for this simulation.

**키워드 :** 고속 통신망(High Speed IP Switching Networks), 레이블 스위칭(Label Switching), 플로우 집적화(Flow Aggregation), 플로우 유지시간(Flow Lasting Time Control)

### 1. 서론

인터넷의 급속한 성장과 함께 인터넷의 고속화를 위한 많은 고속 멀티미디어 통신 기술들이 개발되어 왔다. 그러나 기존의 라우터를 통한 데이터 전달 속도의 한계는 인터넷 발전의 큰 문제점으로 지적되어 왔다[1, 2]. 이러한 라우터 기술은 라우터의 병목현상을 해결하기 위해 제 2 계층 스위칭 하드웨어 속도와 제 3 계층의 라우팅 기능을 접목한 레이블 스위칭 기술로 제안되었다[3, 4]. 레이블 스위칭 기술이란 기존 라우터를 통과할 때마다 목적지 주소를 기반으로 경로 검색을 통해 전달하는 hop-by-hop 방식 대신에 입력 단에서 목적지 주소에 의한 패킷 식별후 출력단까지 ATM

(Asynchronous Transfer Mode)의 NC(Virtual Circuit)와 같은 레이블 교환 경로를 통해 전달되도록 하는 방식이다[5]. 이 방식은 간략화된 레이블 정보만으로 고속의 패킷 전달이 가능하며, 또한 레이블 교환 경로 설정시 망의 특성을 반영한 정책 기반 라우팅 및 QoS(Quality of Service) 서비스도 지원할 수 있다. 이와 같은 레이블 스위칭 기술은 기존의 네트워크 기술을 수용하면서 큰 변화 없이 라우터의 병목현상을 해결할 수 있는 하나의 방법으로 주목받고 있다. 이러한 레이블 스위칭 기술을 기반으로 IP Switching, Tag switching, ARIS(Aggregate Route-Based IP Switching), CSR(Cell Switch Router) 등이 제안되었고, IETF(Internet Engineering Task Force)의 MPLS(Multiprotocol Label Switching) WG에서 이들 각 기술을 통합하여 단일안을 표준화하게 되었다[6-10].

초기 레이블 스위칭의 가장 큰 장점은 IP 패킷 라우팅과

\* 준회원 : 숭실대학교 대학원 컴퓨터공학과

\*\* 정회원 : 숭실대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2004년 3월 10일, 심사완료 : 2004년 6월 9일

계층 2 스위칭 기술의 접목을 통한 성능 향상이었으나, 최근 ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 기반 계층 3 스위칭 기술의 확산으로 이러한 성능 향상은 더 이상 큰 장점이 되지 않았다. 레이블 스위칭 기술이 각광 받는 보다 큰 이유는 확장성 있는 VPN(Virtual Private Network), 트래픽 엔지니어링과 같은 기능을 제공하고 라우팅과 포워딩의 완전한 분리를 통해 IPv6과 같은 새로운 기술들을 보다 쉽게 네트워크에 적용할 수 있다는 점이다.

레이블 스위칭 기술은 cut-through 경로 설정을 위한 레이블 할당 제어 방법에 따라서 제어 신호 기반 방식과 데이터 트래픽 기반 방식으로 나뉘어진다[6-8]. 제어 신호 기반 방식이란 데이터 트래픽의 흐름과는 분리된 라우팅 갱신 또는 자원 예약 요청과 같은 제 3 계층 신호 프로토콜에 의해서 cut-through 경로 설정이 이루어지는 방식이다. 이 방식에서는 데이터 트래픽이 지나가기 전에 cut-through 경로 설정이 이루어지므로 경로 설정 지연 시간이 거의 없으며, 또한 제 3 계층 신호 프로토콜을 확장하여 사용함으로써 플로우를 결정하는 단위(Flow granularity) 등의 정보를 추가로 전달할 수 있다. 반면 데이터 트래픽 기반 방식은 데이터 트래픽의 흐름에 의해서 cut-through 경로 설정이 이루어지는 방식이다. 이 방식은 데이터 트래픽의 플로우별로 cut-through 경로를 설정하므로 응용 프로그램의 세션별로 QoS를 지원할 수 있다. 하지만 데이터 트래픽 기반 방식은 플로우마다 레이블을 할당하기 때문에 과도한 레이블 소모를 초래하게 되며, 이로 인해서 인터넷 백본망에 그대로 적용하기에는 어려움이 있다.

IP 플로우의 특성은 플로우의 지속시간, 플로우당 패킷수, 및 플로우의 패킷/비트 전송률 등을 기준으로 설명할 수 있다. 일반적으로 송신자와 수신자의 주소 및 포트번호와 타임아웃으로 주어지는 플로우 스펙에 따라 플로우들이 정의되어진다. 대부분의 IP 플로우들은 짧은 지속시간 동안 유지되는 것들이지만, 몇몇 플로우들은 오랜 시간 동안 유지되어 많은 트래픽 로드를 포함하게 되는 특성을 보여준다.

데이터 트래픽 기반 방식을 대규모 망에서도 적용하기 위해서는 플로우의 구성단위를 적절히 선택함으로써 전체 플로우의 수를 줄일 수 있어야 한다. 현재까지 데이터 트래픽 기반 방식에서는 Peter Newman이 IP switching의 IFMP(Ipsilon's Flow Management Protocol)에서 제안한 두 가지의 플로우 정의를 사용하고 있다[6, 20].

제안된 플로우 정의에서 두 개의 통신 호스트 사이의 송·수신 IP(Internet Protocol) 주소와 송·수신 포트번호로 식별되는 세션을 통한 IP 패킷 흐름을 제 1 플로우라 하여 하나의 플로우로 인식하며, 응용 프로그램의 포트 번호와는 관계없이 송·수신 IP 주소만으로 두 통신 호스트 간에 전송되는 모든 데이터그램을 하나의 플로우로 인식하며 이를

제 2 플로우라 한다. 그러나 이러한 플로우 개념은 실제 인터넷 트래픽에 적용했을 경우 현재 ATM 스위치에서 지원할 수 있는 전체 레이블 수보다 약 두 배 정도의 레이블 수가 요구되는 것으로 알려져 있기 때문에 대규모 백본망에서는 적용하기 어렵다[21, 22].

본 논문에서는 데이터 트래픽 기반 제 3 계층 스위칭 기술에서 효율적인 레이블 관리 방법으로서 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식과 레이블이 부족한 네트워크 상태에서 플로우 유지 시간을 동적으로 변화시킴으로써 레이블 낭비를 막을 수 있는 동적 플로우 유지 시간 제어 알고리즘(Flow Lasting Time Control : FLTC) 알고리즘을 제안하였다. 이들 제안한 두 가지 방법은 실제 인터넷 트래픽 트래이스를 이용한 시뮬레이션을 통해 레이블 당 스위칭 되는 패킷 개수(레이블 사용 효율 : Label efficiency), 사용된 평균 레이블 개수, 그리고 패킷의 스위칭 비율면에서의 개선 정도를 고찰하였다.

서론에 이어 2장에서는 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식을 3장에서는 동적 플로우 유지 시간 제어 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 레이블 사용 효율의 향상 정도를 고찰하고 5장에서 결론을 맺는다.

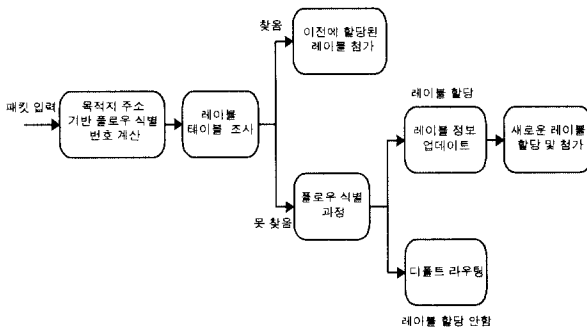
## 2. 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식

플로우란 특정 전송 호스트로부터 수신 호스트로 보내어지는 일련의 유니캐스트 또는 멀티캐스트 패킷들을 일컫는다. IFMP에서는 이러한 플로우를 두 개의 통신 호스트 사이의 송·수신 주소와 송·수신 포트 번호로 식별되는 세션을 통한 IP패킷 흐름을 하나의 플로우로 인식하는 제 1 플로우와 응용 프로그램의 포트 번호와는 관계없이 송·수 IP 주소만으로 두 통신 호스트 간에 전송되는 모든 데이터그램을 하나의 플로우로 인식하는 제 2 플로우로 구분한다[6].

제 1 플로우를 사용하는 경우 각각의 세션을 하나의 플로우로 인식하기 때문에 매우 많은 양의 레이블이 요구되는 반면 각 세션마다 서로 다른 QoS를 제공할 수 있는 장점이 있다. 제 2 플로우를 사용하는 경우는 제 1 플로우에 비하여 요구되는 플로우의 레이블의 수는 적지만 세션별 QoS를 제공할 수 없다는 단점이 생긴다. 그러므로 이들 중 어떤 종류의 플로우를 사용하는 것이 적합한 것인가를 판단하기는 어려우나, Steven Lin과 Lick Mckeown이 연구한 제 1 플로우와 제 2 플로우의 성능 비교 결과에 의하면 제 2 플로우가 제 1 플로우보다 레이블 사용 효율과 패킷의 스위칭 비율면에서 더 우수한 것으로 알려져 있다[21]. 그러나 Tom Worster와 Avri Doria는 두 플로우 개념 모두가 트래픽이 기하급수적으로 증가하고 있는 실제 인터넷 백본망에 적용하기에는 레이블 사용 효율면에서 부적절함을 지적하고 있

으며 다양한 플로우 단위를 제시하면서 플로우 집적화 방식의 필요성을 강조하였다[22]. 한편 John A. Copeland는 송·수신 IP 주소와 목적지 포트 번호만을 이용하여 IFMP에서 정의한 두 플로우 개념의 장점을 혼합한 플로우 집적화 방식을 제안하였다. 그러나 이러한 플로우 집적화에 대한 논의에서 플로우 집적화 방식에 대한 성능 평가 및 비교 분석은 없었다. 본 논문에서는 레이블의 사용량을 줄이고 서로 다른 플로우에게는 영향을 미치지 않는 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식을 고찰하고 이를 시뮬레이션에 의해 IFMP에 정의된 제 1, 2플로우 사용시와 성능을 비교하였다.

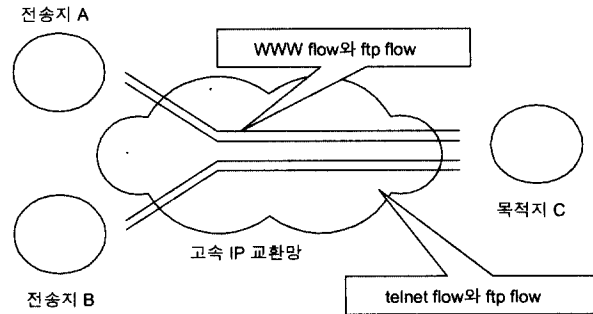
목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식은 여러 전송 호스트들로부터 하나의 수신 호스트로 전송되는 모든 트래픽을 하나의 플로우로 인식한다. 즉, 특정 사용자가 다수의 VOD (Video On Demand), AOD(Audio On Demand), 또는 웹 서비스 같은 요구형 서비스를 제공받을 경우 모든 트래픽에 대하여 하나의 플로우만을 할당해줌으로써 다른 사용자의 트래픽에는 큰 영향을 주지 않으며 전체적인 플로우 수를 감소시킬 수 있게 된다. 이와 같은 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식을 (그림 1)에 정리하였다.



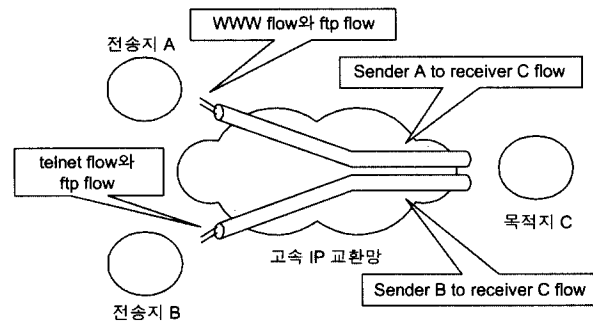
(그림 1) 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식

목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식을 적용한 고속 IP 교환망에서 특정 주소를 향하는 패킷을 수신한 경우, IP 스위치내의 제어 모듈에서는 목적지 주소를 기반으로 플로우 식별 번호를 계산한다. 즉, IP의 버전, 헤더길이, TTL(time to live), 그리고 목적지 주소 영역만을 플로우 식별 번호 계산에 이용한다. 이러한 플로우 식별 방식은 전송 호스트 주소 영역을 와일드카드로 고려함으로써 다중 전송지로부터의 데이터그램을 하나의 플로우로 인식하도록 수정한 제 2 플로우의 변형된 개념이다. 이렇게 계산된 플로우 식별 번호를 인덱스로 사용하여 맵핑되는 출력 레이블을 찾게 되며, 출력 레이블을 찾는 과정에서 해당 패킷의 목적지 주소 기반 플로우 식별 번호와 일치하는 항목이 있으면 할당되어 있는 레이블 값을 그대로 사용한다. 만약 일치하는 항목이 없는 경우에는 IP 스위치내의 제어 모듈에서 이용하는 특정 식별 방식을 통해서 새로운 레이블을 할당할 것인가를 결정한다

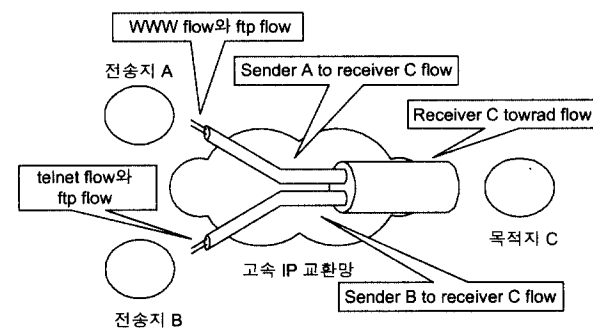
[21]. 이상의 목적지 주소 기반 레이블 집적화 방식을 적용한 플로우의 개념을 IFMP에서 제안한 제 1, 2 플로우의 정의와 비교하여 (그림 2)에 정리하였다. 그림의 예에서는 두 개의 전송 호스트와 하나의 수신 호스트 사이에서 4개의 응용 프로그램이 서로 통신하고 있음을 가정하고 있다.



(a) IFMP의 제 1 플로우 방식



(b) IFMP의 제 2 플로우 방식



(c) 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식

(그림 2) 플로우에 대한 정의

(그림 2)(a), (그림 2)(b)에 나타나 있는 IFMP 제 1 플로우를 사용할 경우 4개, 제 2 플로우를 사용할 경우 2개의 레이블을 각각 사용한다. 반면 (그림 2)(c)와 같이 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식을 고속 IP 교환망에 적용할 경우 동일 목적지를 향하는 서로 다른 응용 프로그램으로부터 데이터그램들은 중간 노드에서 하나의 플로우로 집적되기 때문에 전체 트래픽에 대하여 하나의 레이블만을 사용하게 된다. 그러므로 목적지 기반 플로우 집적화 방식을 적용함

으로써 IFMP의 플로우 정의보다는 레이블의 사용량을 많이 줄일 수 있으며, 또한 동일 목적지를 향하는 모든 트래픽에게 하나의 레이블을 사용하기 때문에 다른 목적지 호스트로 향하는 각 플로우에는 영향을 미치지 않게 된다.

### 3. 플로우 유지 시간 제어 알고리즘

제공할 수 있는 최대 레이블 수가 제한되어 있는 환경에서 레이블이 할당된 플로우를 언제, 어떻게, 얼마만큼 유지할 것인가는 고속 IP 교환망의 성능에 큰 영향을 미친다. 일반적 유지 방식으로는 특정 플로우에 대한 추가적인 패킷이 일정 시간 동안 더 이상 수신되지 않는 경우 플로우를 해제하는 time-out 메커니즘이 이용되고 있다[6, 19]. time-out을 설정하여 경로를 해제하는 방식을 소프트 상태(Soft State)라고 하며 제어 메시지를 이용하여 경로를 해제하는 방식을 하드 상태(Hard State)라고 한다. 이 때 time-out 시간값을 일정하게 고정하는 고정 플로우 유지 시간 방식은 해당 플로우의 마지막 패킷이 지나간 후 플로우 유지 시간만큼 레이블이 계속 점유되기 때문에 플로우 유지 시간이 클 경우 레이블 부족 현상을 유발할 수 있으며, 레이블 삭제 시간이 짧은 경우에는 패킷 흐름이 버스트한 플로우는 일차 플로우가 삭제되고 다시 플로우가 할당되어 두 개 이상의 서로 다른 플로우로 분리될 수도 있다. 따라서 레이블을 효율적으로 사용하기 위해서는 고정된 플로우 유지 시간을 사용하는 것보다는 이를 적절히 조절하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 플로우 유지 시간에 따른 이러한 현상을 고려하여 레이블의 수가 부족한 네트워크 환경에서 플로우 유지 시간을 동적으로 제어하는 플로우 유지 시간 제어 알고리즘(Flow Lasting Time Control : FLTC) 알고리즘을 제안한다.

다음은 FLTC 알고리즘에서 사용되는 변수들을 나타낸다.

- $LN_{max}$  : IP 스위치의 최대 레이블 개수( $NC_s$ )
- $LN_{now}$  : 현재 망에서 사용하고 있는 레이블 개수( $NC_s$ )
- $TH_{min}/TH_{max}$  : 망의 상태를 저, 보통, 고부하 상태로 구분하기 위한 레이블 사용 최소/최대 임계값( $NC_s$ )
- $T_{FLT}$  : 플로우 유지 시간(sec)
- $R_{FSR}$  : 레이블 발생 또는 감소율( $NC_s/sec$ )
- $T_a$  :  $T_{FLT}$  증·감 단위 시간(sec)
- $T_{offset} : k \times \frac{\text{단위시간 동안 증/감된 레이블 개수}}{\text{남아 있는 레이블의 개수}} \text{ (sec), } k : \text{상수}$

FLTC 알고리즘은 현재 사용하고 있는 레이블 개수( $NC_{now}$ )와 레이블의 최소/최대 사용 임계값( $TH_{min}/TH_{max}$ )에 따라서 아래와 같이 망의 현재 상태를 저, 보통, 고부하 상태로 나누고, 각 상태별로 플로우 유지 시간( $T_{FLT}$ )을 조정함으로써 레이블의 사용 효율을 향상시키도록 한다.

$$\text{네트워크상태} = \begin{cases} LN_{now} < TH_{min} : \text{저부하 상태} \\ TH_{min} \leq LN_{now} \leq TH_{max} : \text{보통부하 상태} \\ LN_{now} > TH_{max} : \text{고부하 상태} \end{cases}$$

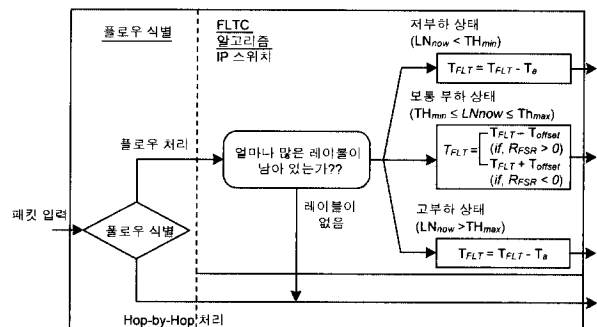
각 상태별로  $T_{FLT}$ 는 다음과 같다.

**저부하 상태** : 현재 망에서 인식된 플로우 개수와 사용하고 있는 레이블 개수가 적은 경우로 IP 스위치 내에 충분한 레이블이 있는 것으로 간주하여  $T_{FLT}$ 를 일정 시간( $T_a$ )만큼 증가시킨다.  $T_{FLT}$ 를 증가시켜서 플로우를 오랫동안 유지시킴으로써 패킷의 버스트 특성과 관계없이 많은 플로우를 스위칭 하도록 하여 높은 패킷 스위칭 비율을 얻는다.

**보통 부하 상태** : 현재 망에서 보통 수준의 트래픽이 발생하고 있는 경우로 IP 스위치에서 적정 수준의 레이블을 사용하고 있는 것으로 간주하여 초당 새로이 발생 또는 감소하는 레이블 개수( $R_{FSR}$ )에 따라서  $T_{FLT}$ 를 조정한다.  $R_{FSR}$ 가 양의 값인 경우 레이블 사용률이 증가 추세이므로  $T_{FLT}$ 를 감소하여 불필요한 플로우를 제거하도록 하고,  $R_{FSR}$ 가 음의 값인 경우는 레이블 사용률이 감소 추세이므로  $T_{FLT}$ 를 증가시켜 플로우를 유지시킬 수 있도록 한다. 저부하 또는 고부하 상태에서는 일정 시간만큼  $T_{FLT}$ 를 증·감하도록 하고 있지만 보통 부하 상태에서는 단위 시간에 레이블 증·감이 클수록 신속히 대응하기 위해 시간 증감값을 증가시키고, 남아 있는 레이블 개수가 많은 경우는 레이블 유지 시간 변화를 크게 할 필요가 없으므로 시간 증감값을 적게 하는 방향으로  $T_{offset}$ 을 앞서와 같이 정의하여 사용한다.

**고부하 상태** : 현재 망에서 많은 트래픽이 새로이 발생하고 있는 경우로 IP 스위치에서 많은 양의 레이블을 사용하고 있기 때문에  $T_{FLT}$ 를  $T_a$ 만큼 감소시켜 가능한 빨리 불필요한 플로우를 제거하고 새로운 플로우에게 레이블을 할당할 수 있도록 하여 지속적인 플로우만이 레이블을 사용하도록 한다.

이상의 FLTC 알고리즘을 (그림 3)에 정리하였다.



(그림 3) 상태별 FLTC 제어 알고리즘의 동작

### 4. 시뮬레이션 및 고찰

#### 4.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식과 FLTC 알고리즘을 세 개의 실제 인터넷 트래픽 트레이스를 이용하여 시뮬레이션 하였으며 트레이스한 결과는 <표 1> 과 <표 2>이다. 이들 트래픽 트레이스 중 두 개(DEC-PKT-1, DEC-PKT-4)는 기업망 게이트웨이에서 한 시간씩 트레이스 한 결과이며, 다른 하나(FIXWEST1)는 인터넷 백본망에서 수분간 트레이스 한 결과이다<sup>1)</sup>

<표 1> 트레이스 한 결과값

트레이스 이름	망	평균 TCP 플로우 존속 시간(min)		평균 UDP 플로우 존속 시간(min)		평균 플로우 존속 시간(min)	
		제 1 플로우	제 2 플로우	제 1 플로우	제 2 플로우	제 1 플로우	제 2 플로우
DEC-PKT-1	기업망 게이트웨이	1.32	10.33	12.08	14.12	7.75	13.49
DEC-PKT-4	기업망 게이트웨이	0.90	10.37	9.80	12.91	5.33	12.45
FIXWEST1	백본망 라우터	0.48	2.48	1.43	2.40	0.78	2.42

<표 2> 트레이스 한 결과값

트레이스 이름	망	수집 길이	패킷수	패킷수 / 초	TCP 비율	상위 4포트	플로우 수	
							제 1 플로우	제 2 플로우
DEC-PKT-1	기업망 게이트웨이	1 hour	2,983,221	829	72.2	dns nntp ftp-data smtp	75,438	45,560
DEC-PKT-4	기업망 게이트웨이	1 hour	5,049,790	1403	76.5	ftp-data dns nntp http	153,527	70,625
FIXWEST1	백본망 라우터	12,866 minutes	11,550,347	14,962	78.7	http dns ftp-data smtp	846,277	301,524

본 논문에서 제안한 두 가지 방식을 검증하기 위해 단일 IP 스위치를 대상으로 실험하였으며, 스위치가 지원할 수 있는 최대 레이블 개수와 사용한 플로우의 유형을 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 최대 레이블 개수를 제한하면서 플로우 유형에 따른 성능을 조사하였다. 플로우를 식별하기 위한 방식으로는 Y 시간 동안 X개의 패킷이 지나가는 경우 cut-through 경로를 설정하고 레이블을 할당하는 X/Y 식별 방식을 사용하였다[21]. 본 시뮬레이션에서 사용한 각 변수들의 값을 <표 3>에 나타내었다.

1) 인터넷 트래픽 아카이브와 FIXWEST1 트레이스는 각각 <http://ita.ee.lbl.gov/html/traces.html>과 <ftp://oceana.nlanr.net/Traces/FR+/>에서 얻을 수 있다. 또한 NLANR 홈페이지 <http://www.nlanr.net>에서 FIXWEST1 이외에 다른 많은 자료를 얻을 수 있다.

<표 3> IP 스위치의 시뮬레이션을 위해서 사용한 변수들의 값

방식	변수	플로우방식		플로우 유형	$T_{FLT}$	$T_o$	임계값(labels)	
		X(패킷)	Y(sec)				$TH_{min}$	$TH_{max}$
IFMP의 방식 (RFC 1953)				1, 2	30	사용 안함	사용안함	
FLTC 알고리즘	5		15	2	15~45	0.2	$LN_{max} \times 0.9$	$LN_{max} \times 0.7$
플로우 집적화 방식					30	사용 안함	사용안함	

패킷 분석을 위해서 사용한 모듈은 다음과 같다.

첫째, 패킷 트레이스 컬렉터로 이더넷 패킷이나 FDDI 패킷을 수집할 수 있는 응용 프로그램을 사용하여 패킷 헤더 정보를 구할 수 있다.

둘째, 플로우 변환 프로그램으로 바이너리 파일을 객체 플로우 (flow objects)로 변환시켜주는 프로그램을 사용하여 플로우의 타임아웃(time-out) 값을 임의로 조절할 수 있었으며 4개의 포트(src addr, dst addr, src port, dst port)에 따른 플로우를 생성해 낼 수 있었다. 이 때 응용프로그램과 전송지·목적지 주소는 IP 패킷 헤더 정보에 따라 분리해 낼 수가 있다.

본 연구에서는 각각의 플로우에 대해 제공할 수 있는 레이블의 개수를 임의로 제한하면서 플로우 유지 시간을 15초에서 45초 간격으로 변화시킬 때 레이블 사용효율과 패킷의 스위칭 비율, 그리고 평균 레이블 사용량에 대해 시뮬레이션을 수행하였다.

셋째는 펄 스크립터를 이용해 플로우의 트레이스 분석 결과를 얻을 수 있다.

플로우 분석을 위해 기본적으로 유닉스 기반 소프트웨어를 사용하여 데이터를 분석했다.

본 논문에서의 레이블 사용 효율  $E_{label}$ 은 다음과 같이 정의하여 각 방식의 성능을 비교하였다.

$$E_{label} = \frac{\text{스위칭 된 전체 패킷 수}}{\text{평균 사용된 레이블 수}}$$

이 밖에도 패킷의 스위칭 비율이란 플로우 내에 포함된 전체 패킷 중에서 스위칭 되어 전송된 패킷의 수를 의미한다. 즉 플로우가 스위치로 전송되어질 때 각 플로우에 속한 데이터그램 중에서 NC 스페이스를 할당 받아서 스위칭 되어 전송되는 비율을 의미한다.

일반적으로 네트워크 설계자들은 80%이상의 스위칭 비율을 요구하지만 플로우의 종류와 제공할 수 있는 레이블의 개수, 그리고 네트워크 환경에 따라 그 이상의 다양한 값을 얻을 수 있다. 평균 레이블 사용량이란 하드웨어적으로 제공한 전체 레이블 개수 중에서 각각의 패킷을 스위칭 하는데 사용된 평균 레이블의 수를 말한다.

본 논문에서는 이들 각각의 플로우 정의에 따라 레이블

사용 효율과 패킷의 스위칭 비율, 그리고 평균 레이블 사용량을 통해서 각 방식들을 비교하였다.

4.2 플로우 집적화

(그림 4)부터 (그림 7)은 IP 스위치 내에서 제공할 수 있는 최대 레이블 개수( $NC_{max}$ )를 변화시키면서 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식에서의 레이블 활용을 IFMP의 제

1, 2 플로우를 사용할 때와 비교하여 나타나고 있다. 최대 레이블 개수는 인터넷 백본망 트래픽(FIXWEST1)을 이용한 시뮬레이션 시에는 500에서 10,000개로 변화시켰으며, 중규모 기업망 트래픽 트레이스(PKT-DEC-1, PKT-DEC-4)에 대해서는 10에서 1,000개까지 변화시켰다.

<표 4>는 인터넷 백본망인 FIXWEST1을 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식에 따라 분석한 결과이다.

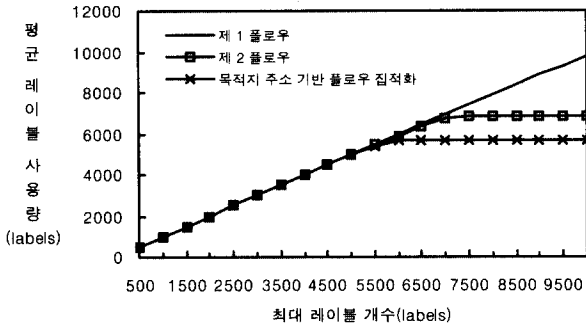
<표 4> 목적지 주소 기반 FIXWEST1 데이터 분석 자료

최대 NC수	데이터 종류	스위칭 비율	Total Flow	평균 레이블 사용량	스위칭 된 패킷수	레이블 효율
500		55	2,138	500	6,378,724	12,764
1000		63	5,513	999	7,320,404	7,330
1500		69	9,984	1,496	7,965,935	5,324
2000		73	15,387	1,993	8,448,703	4,240
2500		76	21,533	2,488	8,851,528	3,558
3000		79	28,382	2,982	9,188,303	3,082
3500		82	35,897	3,473	9,471,685	2,727
4000		84	43,959	3,963	9,717,983	2,452
4500		86	52,774	4,450	9,926,518	2,231
5000		87	62,085	4,933	10,097,290	2,047
5500		88	71,807	5,393	10,230,321	1,897
6000		89	78,032	5,667	10,297,609	1,817
6500		89	78,290	5,679	10,300,554	1,814
7000		89	78,290	5,679	10,300,554	1,814
7500		89	78,290	5,679	10,300,554	1,814
8000		89	78,290	5,679	10,300,554	1,814
8500		89	78,290	5,679	10,300,554	1,814
9000		89	78,290	5,679	10,300,554	1,814
9500		89	78,290	5,679	10,300,554	1,814
10000		89	78,290	5,679	10,300,554	1,814

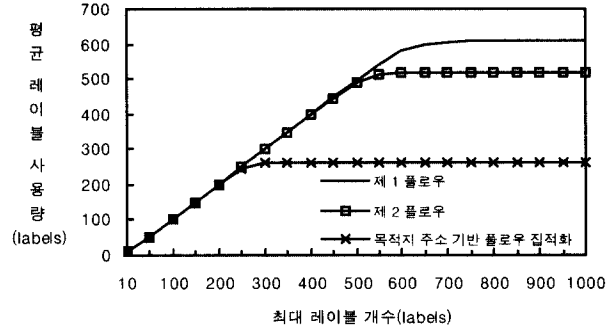
(그림 4)는 인터넷 백본망 트래픽(FIXWEST1)과 기업망 트래픽(PKT-DEC-1)으로 나누어 최대 레이블 개수 변화에 따른 평균 레이블의 사용량을 나타냈다. 그림에서 보듯이 최대 레이블 개수가 증가함에 따라서 평균 레이블 사용량이 최고 정점까지 증가하고 그 이후부터 포화상태가 된다. 즉, 기업망 트래픽의 경우 제 1 플로우, 제 2 플로우, 그리고 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식에 따라서 각각 최대 700, 600, 300개 정도의 레이블만을 사용한다. 인터넷 백본망의 경우, 이러한 트래픽 소스를 이용하여 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식의 평균 레이블 사용량을 제 1, 2 플로우와 비교해 볼 때 인터넷 백본망 트래픽의 경우 약 1/5 정도, 기업망 트래픽의 경우는 약 1/2 정도 감소하였다. (그림 5)에서는 앞에서 정의한  $E_{label}$ 을 최대 레이블 개수의 변화에 따라서 인터넷 백본망 트래픽과 기업망 트래픽으로 나누어 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식의  $E_{label}$ 을 제 1, 2 플로우와 비교하면

인터넷 백본망 트래픽의 경우 약 40% 정도, 기업망 트래픽은 약 두 배 정도 레이블 효율이 향상되어진 것을 볼 수 있다. 그리고 (그림 6)는 전체 패킷의 스위칭 비율을 나타내고 있으며, 패킷 스위칭 비율에서도 전반적으로 약 10% 이상씩 증가하였음을 알 수 있다. 이상의 결과로부터 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식을 통해서 중규모 기업망과 대규모 백본망에서 향상된 레이블 사용 효율과 전체 패킷의 스위칭 비율을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

(그림 7)에서는 최대 레이블 개수를 변화시키면서 실제로 스위칭 되어진 패킷의 수를 그래프로 나타낸 것이다. (그림 7)(a)에서 알 수 있는 것은 패킷의 숫자가 많은 인터넷 백본망의 경우 제 1 플로우에 비해 제 2 플로우의 경우 2배 이상의 패킷이 스위칭 되어 전송되어졌고, 또한 제 1 플로우에 비하여 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식의 경우는 3배 정도로 스위칭 되어진 패킷의 수가 많아진 것을 확인할 수 있다. (그림 7)(b)에서는 플로우의 양이 인터넷 백본망의

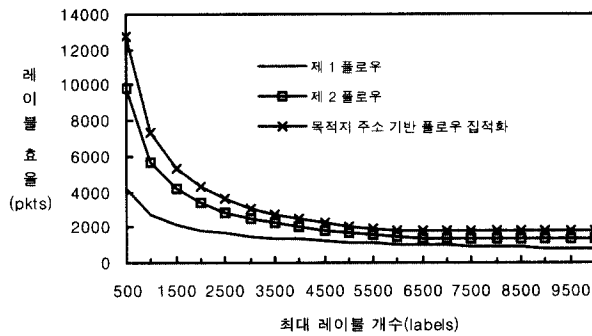


(a) 인터넷 백본망 트래픽(FIXWEST1)

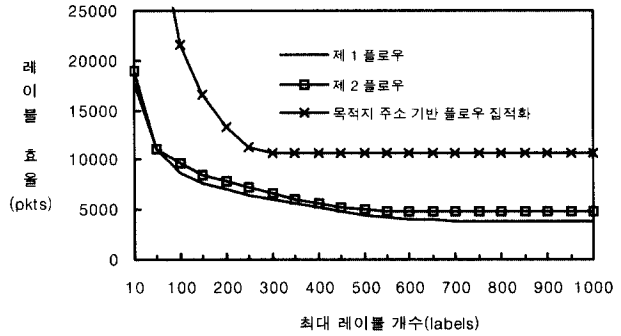


(b) 기업망 트래픽(PKT-DEC-1)

(그림 4) 최대 레이블 개수 변화에 따른 평균 레이블 사용량

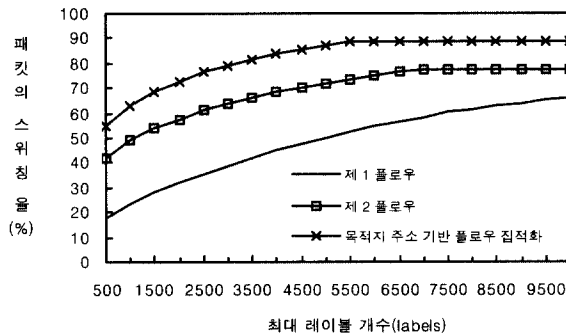


(a) 인터넷 백본망 트래픽(FIXWEST1)

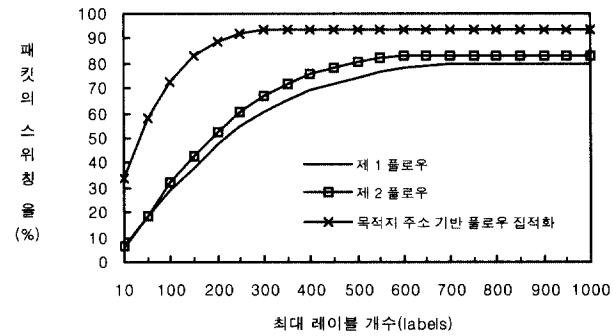


(b) 기업망 트래픽(PKT-DEC-1)

(그림 5) 최대 레이블 개수 변화에 따른 레이블 사용 효율

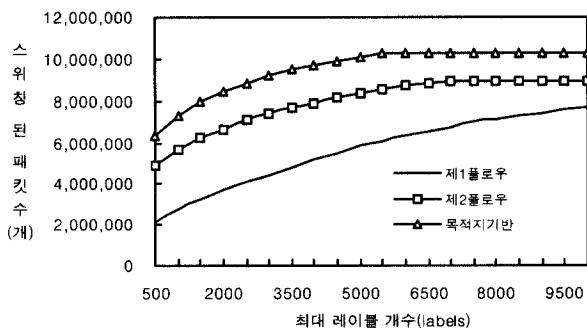


(a) 인터넷 백본망 트래픽(FIXWEST1)

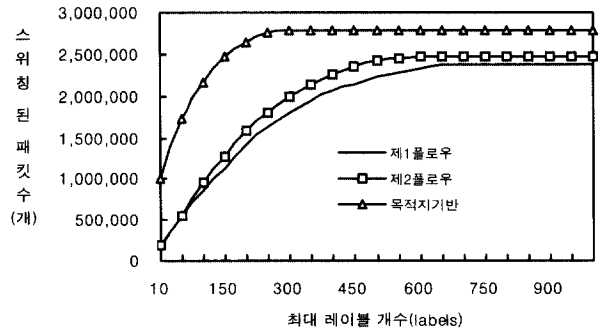


(b) 기업망 트래픽(PKT-DEC-1)

(그림 6) 최대 레이블 개수 변화에 따른 패킷의 스위칭 비율



(a) 인터넷 백본망 트래픽(FIXWEST1)



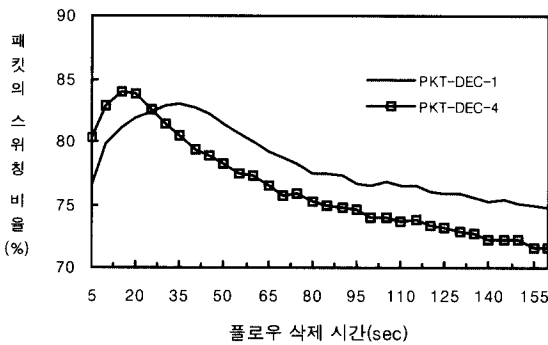
(b) 기업망 트래픽(PKT-DEC-1)

(그림 7) 최대 레이블 개수 변화에 따른 스위칭된 패킷수

경우보다 많지 않은 기업망의 경우 제1 플로우에 비해 제2 플로우의 스위칭 된 패킷의 수가 월등히 많지는 않지만 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식의 경우는 월등히 성능이 향상되어진 것을 알 수 있다.

4.3 플로우 유지 시간 제어 알고리즘

(그림 8)은 IP 스위칭에서 제공할 수 있는 최대 레이블 개수가 제한된 조건에서  $T_{FIT}$ 를 변화시킬 경우, 전체 패킷의 스위칭 비율에 미치는 영향을 나타내었다. 트래픽은 중규모의 기업망 트래픽인 PKT-DEC-1과 PKT-DEC-4 트래이스를 사용하였으며,  $T_{FIT}$ 는 5에서부터 160 초까지 증가시켰다. 그리고 최대 레이블 개수가 제한된 조건을 만들기 위해서 최대 레이블 개수를 650으로 제한하였으며, 플로우를 식별하기 위한 방식으로는 <표 1>에 나타난 변수값을 가진 X/Y 플로우 식별 방식과 IFMP의 제 2 플로우를 적용하였다.



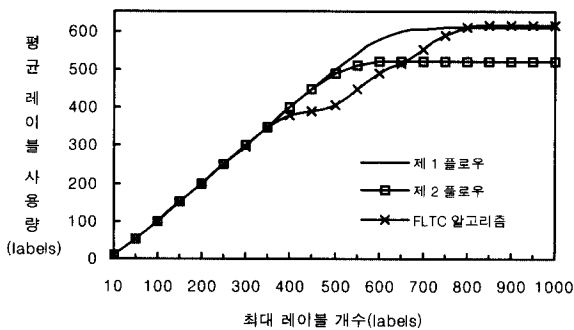
(그림 8) 최대 레이블 개수가 부족한 환경에서 플로우 유지 시간에 따른 패킷 스위칭 비율

그림은 최대 레이블 개수가 제한된 조건에서  $T_{FIT}$ 가 증가함에 따라 전체 패킷의 스위칭 비율은 최고 점점까지 증가하고 그 이후부터는 점차적으로 감소하고 있는 것을 보여주고 있다. 이러한 현상은  $T_{FIT}$ 가 어느 값 이상이 되면  $T_{FIT}$ 가 크기 때문에 그 기간 동안 레이블을 해제하지 못하고 계속 점유하게 됨으로써 최대 레이블 개수가 제한된 상황

에서 새로이 발생하는 플로우들에게 더 이상 레이블을 할당해줄 수 없기 때문에 발생한다. 따라서 레이블 개수가 제한된 환경에서 레이블 사용 효율을 증대시키기 위해서는 적절하게  $T_{FIT}$ 를 동적으로 변화시킬 필요가 있다. 본 연구에서는 플로우 유지 시간을 15초에서 45초 간격으로 변화시키면서 그 때의 레이블 효율과 스위칭 비율, 그리고 평균 레이블 사용량을 시뮬레이션 하였다.

(그림 9)에서 (그림 13)은 서로 다른 특성을 나타내는 두 개의 기업망 트래픽(PKT-DEC-1, PKT-DEC-4)에 대하여 최대 레이블 개수( $NC_{max}$ )의 변화에 따른 FLTC 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 IFMP의 제 1, 2플로우와 비교하여 보이고 있다. 두 개의 기업망 트래픽은 기업망 트래픽 I (PKT-DEC-1)과 기업망 트래픽 II (PKT-DEC-4)로 나누어 각각의 결과를 나타내고 있으며, 시뮬레이션 시 최대 레이블 개수는 10에서 1,000개까지 변화시켰다. (그림 14)의 경우는 인터넷 백본망(FIXWEST1)에서 최대 레이블 개수 변화에 따른 평균 레이블 사용량과 스위칭 된 패킷수를 나타낸 것이다.

(그림 9)는 최대 레이블 개수 변화에 따른 평균 레이블 사용량을 나타내고 있다. 확대 되어진 그림에서 알 수 있는 것은 트래픽 소스의 특성에 따라서 결과값이 상이하게 나타나고 있다. 먼저 기업망 트래픽 I의 FLTC 알고리즘의 경우 레이블의 개수가 400개 정도에서 일단 완만하게 증가하기 시작하여 650개 되는 지점까지 그 사용량에 있어서 제1플로우나 제2플로우에 비하여 적은 것을 알 수 있다. 이는 레이블 사용량이 제한적인 인터넷 환경에서 의미있는 결과로 해석된다. 그러나 650개를 넘기게 되면 제 2 플로우의 레이블 사용 개수가 FLTC 제어 알고리즘에 비하여 적어짐으로써 그 이후에는 오히려 사용량에 있어서 비효율적일 수 있다. 제 1 플로우와 비교하여 볼 때 제공되어지는 레이블 개수가 800개 이상인 경우는 FLTC 제어 알고리즘의 성능은 제 1 플로우와의 비교에서도 차이가 없다. 이러한 사실을 통해 제공되어지는 레이블 사용 공간이 1K 이하인 환경일수록 플로우 유지 시간 제어 알고리즘의 성능이 높아진다는 것이다.



(a) 기업망 트래픽 I (PKT-DEC-1)

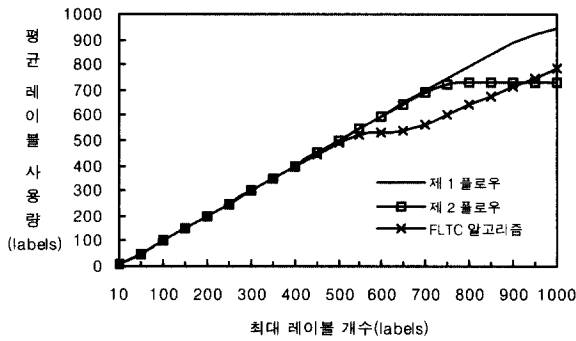
(b) 확대한 기업망 트래픽 I (PKT-DEC-1)

(그림 9) 최대 레이블 개수 변화에 따른 평균 레이블 사용량

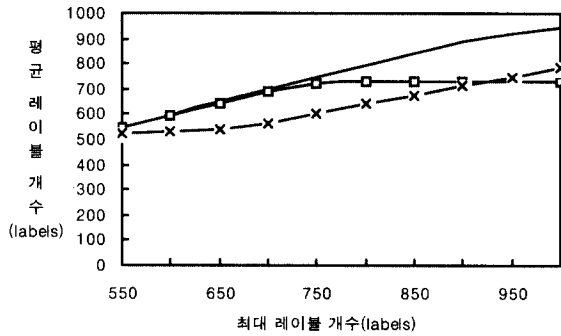


(그림 10)의 기업망 트래픽 II의 경우 약 900개인 지점을 정점으로 성능의 차이점을 구분할 수 있다. 즉, 900개 이상의 경우에는 FLTC 알고리즘의 평균 레이블 사용량이 오히려 제 2플로우의 경우보다 많아지기 때문에 적용할 가치가 없다. 단 제 1플로우에 비해서는 그 이상의 경우에도 레이블 사용량이 적은 것을 확인할 수 있다. 트래픽 특성상 기업망 트래픽 I은 최대 650개 정도, 기업망 트래픽 II는 약 900개 정도의 레이블만을 필요로 한다. 최대 레이블 개수가 제한된 환경에서 레이블 사용 효율을 살펴보기 위해 (그림 11)에서는 최대 레이블 개수의 범위가 기업망 트래픽 I의

경우 350~650개에서 FLTC 알고리즘이 의미 있는 값을 가지고, 기업망 트래픽 II인 경우 (그림 11)에서와 같이 레이블의 개수가 400~900인 경우에 의미 있는 결과값을 나타내고 있다. (그림 11)(a)의 그래프를 살펴보면 최대 레이블 개수가 650인 지점을 중심으로 FLTC 제어 알고리즘의 레이블 효율이 제 2 플로우에 비하여 떨어지고 있다. 결국 플로우 유지 시간 제어 알고리즘의 경우 제 1 플로우에 비하여 레이블의 효율은 언제나 크게 나타나지만 제 2 플로우와의 관계에 있어서 특히 제공되어지는 레이블의 개수가 적을수록 효율적인 것을 알 수 있다.

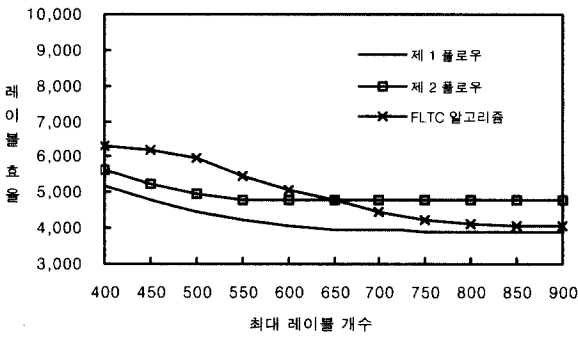


(a) 기업망 트래픽 II(PKT-DEC-4)

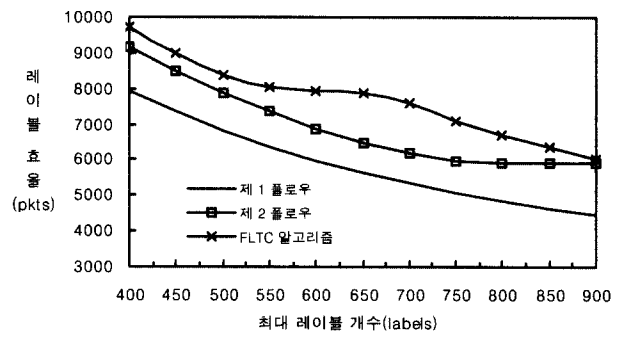


(b) 확대한 기업망 트래픽 II(PKT-DEC-4)

(그림 10) 최대 레이블 개수 변화에 따른 평균 레이블 사용량

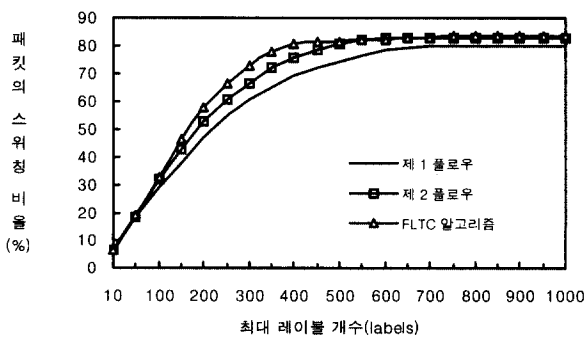


(a) 기업망 트래픽 I (PKT-DEC-1)

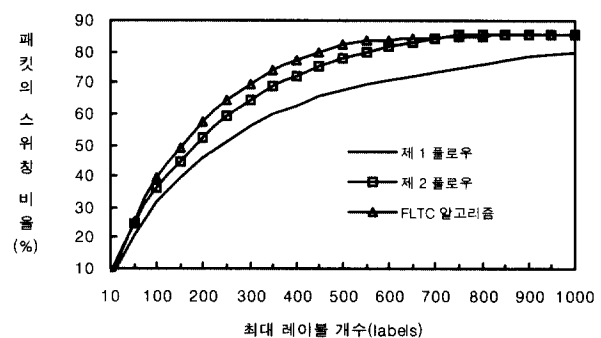


(b) 기업망 트래픽 II(PKT-DEC-4)

(그림 11) 최대 레이블 개수 변화에 따른 레이블 사용 효율



(a) 기업망 트래픽 I (PKT-DEC-1)



(b) 기업망 트래픽 II(PKT-DEC-4)

(그림 12) 최대 레이블 개수 변화에 따른 패킷의 스위칭 비율

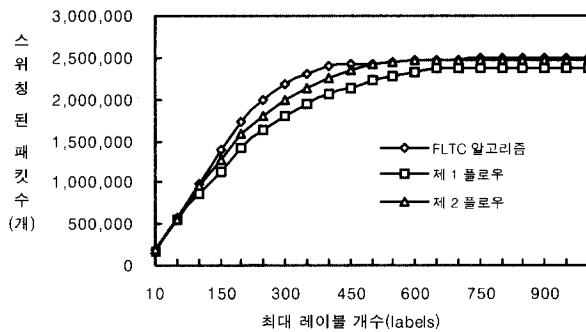
기업망 트래픽 I에서 최대 레이블 개수를 650으로 제한했을 경우, FLTC 제어 알고리즘의 성능을 분석해 보면 기업망 트래픽 I에서 평균 레이블 사용량은 제 1 플로우 및 제 2플로우에 비하여 약 20% 정도 감소하였으며, 레이블 효율면에서는 각각 30%와 20% 정도 향상되었다. 패킷의 스위칭 비율에서도 제 1플로우에 비해서는 약 10% 정도, 제 2 플로우에 비해서는 약 6% 정도 향상되었다. 또한 기업망 트래픽 II의 결과에 대해서도 전반적으로 비슷한 정도의 레이블 사용 효율과 패킷 스위칭 비율의 향상, 그리고 평균 레이블 사용량의 감소를 얻을 수 있었다.

위의 결과로부터, 제공되어지는 레이블 개수가 적은 경우 FLTC 제어 알고리즘을 적용한 동적인  $T_{FIT}$ 의 사용은 기존의 고정된  $T_{FIT}$ 를 사용하는 것보다 제한된 레이블을 더욱 효율적으로 관리할 수 있음을 알 수 있다. 특히 레이블이 부족한 환경을 나타내고 있는 기업망 트래픽 I의 350~650 구간, 그리고 기업망 트래픽 II의 400~900 구간에서는 패킷의 스위칭 비율과 레이블 사용 효율면에서 모두 월등히 향상되었다. (그림 12)와 (그림 13)은 최대 레이블 개수 변화에 따라 스위칭 된 패킷의 비율과 수를 각각의 플로우

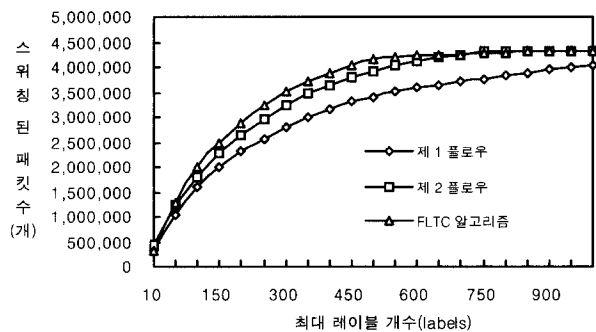
정의에 따라 그래프로 나타낸 것이다. 패킷의 수가 다소 적은 PKT-DEC-1의 경우 FLTC를 적용한 제 2 플로우의 경우에 스위칭 되는 패킷의 비율이 제 1, 제 2 플로우에 비해 상대적으로 많은 것으로 나타났다.

(그림 14)는 인터넷 백본망에서 제공 되어지는 레이블의 개수를 달리하면서 사용되어진 평균 레이블의 개수와 스위칭 되어진 패킷수를 비교한 것이다. 플로우의 양이 많은 인터넷 백본망의 경우 최대 레이블의 개수를 1000~10000으로 변화시키면서 그때 사용되어진 레이블의 양을 시뮬레이션 하였다. FLTC의 경우 최대 레이블의 개수가 5,000개를 지나면서부터 평균레이블 사용량이 적어지고 8,000개 이후부터는 제 2 플로우보다 레이블 사용량이 많아지게 된다.

그러나 (그림 14)(b)에서 스위칭 되어진 패킷의 양을 비교하여 보면 초기 제공되어지는 최대 레이블 개수가 증가함에 따라 스위칭 되어지는 패킷의 개수도 증가하다가 8,000개 정도에서 포화상태에 도달하는 것을 알 수 있다. 이는 곧 플로우의 수가 상대적으로 많은 인터넷 백본망의 경우 레이블 개수가 8,000개까지는 플로우 유지 시간 제어 알고리즘의 성능이 향상된 것을 알 수 있다.

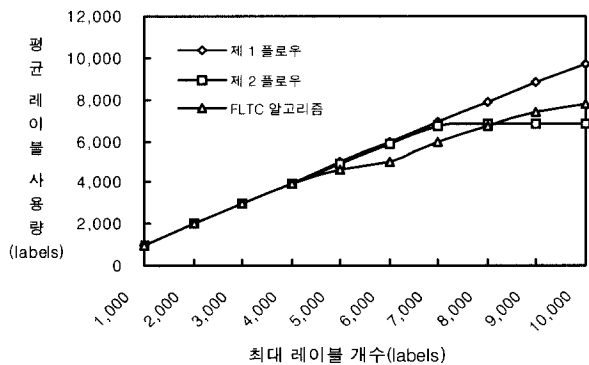
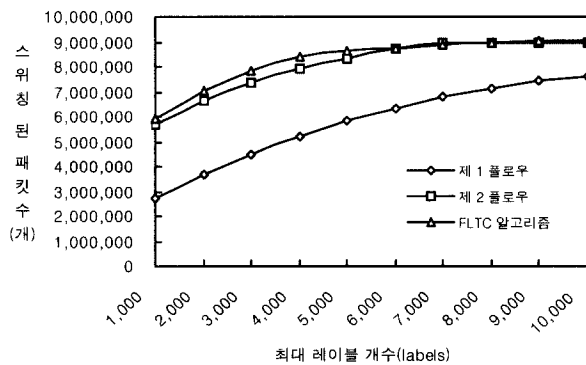


(a) 기업망 트래픽 I (PKT-DEC-1)



(b) 기업망 트래픽(PKT-DEC-4)

(그림 13) 최대 레이블 개수 변화에 따른 스위칭 된 패킷 수



(그림 14) 인터넷 백본망(FIXWEST1)의 최대 레이블 개수 변화에 따른 평균 레이블 사용량 및 스위칭 된 패킷수

### 5. 결 론

인터넷 트래픽이 질적인 면과 양적인 면으로 급속히 증

가함에 따라서 플로우의 수와 IP 교환망에서 요구되는 레이블의 개수가 더욱 증가될 것으로 예상된다. 또한 스위칭 하드웨어 기술의 한계로 인해 제공할 수 있는 레이블 개수가

제한되어 있기 때문에 이러한 플로우 수의 증가는 고속 IP 교환망의 성능에 큰 영향을 미치게 될 것이다. 그러므로 인터넷 백본망에서 고속 IP 교환망을 실현하기 위해서는 플로우 수에 대한 문제를 반드시 고려하여야만 한다. 본 논문에서는 고속 IP 교환망에서 전체 플로우 수를 효율적으로 사용하도록 하는 방안으로써 목적지 주소 기반 플로우 집적화와 플로우 유지 시간 제어 알고리즘을 제안하였다. 평균 사용된 레이블의 사용량은 모든 플로우 타입에서 처음에는 일정하게 비례하여 증가하다가 다음에는 포화상태에 도달하는 것을 알 수 있다. 이때 포화상태에 도달하는 정도가 플로우를 집적화 하는 정도에 따라 다르게 나타났다. 플로우 타입 1에 비해 2가 훨씬 레이블 사용 효율이 높게 나타났다. 또한 타입 2보다는 목적지기반 플로우의 효율이 높게 나타났다. 목적지 주소 기반 플로우 집적화 방식은 전체 플로우의 수를 감소시킴으로써 레이블 사용 효율과 전체 패킷의 스위칭 비율을 향상시킬 수 있고, 또한 사용자가 수신하는 모든 트래픽을 하나의 플로우로 인식하여 각 사용자의 트래픽을 독립적으로 처리함으로써 다른 사용자의 트래픽에 대해 서로 영향을 미치지 않는다.

플로우를 집적화 시킬 때 가장 커다란 문제점은 각각의 응용 프로그램에 대한 개별 서비스가 어렵다는 것이다. 실제 인터넷 백본 라우터에서는 동시에 수십만의 소스-목적지 트래픽 플로우가 있을 수 있기 때문에 확장성을 고려하여야 한다. 따라서 복잡한 제어 연산 기능은 네트워크의 가장 자리에서 구현하고 네트워크의 코어에서는 단순한 포워딩 기능만 처리함으로써 확장성 요구를 충족시킬 수 있을 것이다. 네트워크 관리자 입장에서는 플로우 집적화 방식을 통해 레이블을 효율적으로 사용할 필요가 있으며 서비스의 중요성이나 고비용 우선순위 서비스를 요청한 IP 주소들에 따라서 패킷 헤더의 DS(Differentiated Service) 값인 소스와 목적지 주소, 그리고 포트번호와 프로토콜을 적절히 선택함으로써 이는 곧 패킷 분류와 트래픽 조정 기능을 가장 자리 네트워크 라우터에서 수행하도록 할 필요가 있는 것이다. 이러한 확장성을 수반한 각 라우터의 기능은 Internet Engineering Task Force에서의 'diffserve'에 대한 연구와 병행되어져 수행되어지고 있다.

플로우 유지 시간 제어 알고리즘은 레이블이 부족한 네트워크 상태에서 플로우 유지 시간을 동적으로 변화시킴으로써 불필요한 플로우에게 할당되어 있는 레이블을 가능한 빨리 제거하여 레이블의 과도한 낭비를 줄일 수 있도록 제안된 방식이다. 본 논문에서는 레이블을 효율적으로 사용할 수 있는 이러한 두 가지 방안에 대한 시뮬레이션을 실제 인터넷 트래픽 트레이스를 이용하여 수행함으로써 평균 레이블 사용량, 레이블 사용효율, 그리고 패킷의 스위칭 비율을 통해서 성능이 크게 향상되었음을 검증하였다. 스위치에서 제공할 수 있는 최대 레이블 개수를 650으로 제한한 환경의

기업망 트래픽에서 플로우 유지 시간을 5초에서 160초까지 증가시켜가면서 시뮬레이션을 수행하였다. 패킷의 스위칭 비율을 살펴보면 패킷의 양이 많을수록 패킷의 최대 스위칭 비율에 도달하기 위해 플로우 유지 시간이 다소 짧아지는 것으로 나타났다. 시뮬레이션의 결과 (그림 9)에 의하면 PKT-DEC-1의 경우 35초, PKT-DEC-2의 경우에는 17초 정도에서 최대값을 나타내고 있다.

패킷의 양이 많은 게이트웨이일수록 플로우 유지 시간 변화에 따른 스위칭 비율의 변화가 큰 반면에 패킷의 양이 적은 게이트웨이인 경우는 최대 플로우 유지 시간을 중심으로 패킷의 스위칭 비율이 작게 변화하는 것을 알 수 있다. 이는 곧 레이블 사용량이 많은 트래픽일수록 동적으로 플로우를 유지할 필요성이 있다는 것을 의미한다. 본 논문에서는 플로우 삭제 시간을 15초에서 45초 사이 값으로 정해서 각각의 플로우에 대한 스위칭 비율을 시뮬레이션을 통해 수행하였다. 패킷의 양이 적은 PKT-DEC-1의 경우 제공되는 레이블의 개수가 650개인 경우에 최대 레이블 효율을 나타냈고, PKT-DEC-4의 경우는 900개 정도에서 최대 스위칭 비율을 나타내고 있다. 선행 연구에 의하면 일반적으로 다양한 인터넷 환경에서 레이블 스페이스가 1K에서 32K 정도인 게이트웨이인 경우는 30~120초 정도가 적당하고, 캠퍼스나 기업 백본망에서는 30~60초 정도가 적당하다고 한다. 또한 인터넷 백본망의 경우에는 다양한 인터넷 환경에서도 플로우 삭제 시간이 30초 정도에서 최대 스위칭 성능을 얻을 수 있다고 한다.

본 연구에 의하면 레이블 사용 가능 스페이스가 1K 미만인 경우, 학내망이나 기업망에서 플로우 유지 시간 제어 알고리즘의 성능이 크게 향상된 것으로 나타나며 플로우의 수가 많은 인터넷 백본망의 경우 제공되어지는 최대 레이블의 수가 8,000까지 플로우 유지 시간 제어 알고리즘의 성능이 높아진 것으로 나타났다.

지금까지 레이블 사용 효율을 향상시키기 위해서 살펴본 플로우 집적화 방식과 플로우 유지 시간 제어 알고리즘은 현재 인터넷에서 제공할 수 있는 최선형 서비스만을 고려하였기 때문에 QoS를 지원할 수 없다는 단점이 있다. 그러나 QoS 기능은 향후 차세대 인터넷으로 진화하기 위해서 반드시 필요한 기능이기 때문에 고속 IP 교환망에서 레이블의 효율을 향상시키고 QoS도 제공할 수 있는 새로운 방안에 대한 연구가 필요하다[18-21].

차후 과제로 레이블 사용 가능 스페이스의 값에 따라 플로우 유지 시간값을 다양하게 변화시킬 때 스위칭 효율을 분석할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] "LAN Emulation over ATM Version 1.0 Specification,"

- The ATM Forum, Jan., 1995.
- [2] M. Laubach, "Classical IP and ARP over ATM," IETF RFC 1577, Jan., 1994.
- [3] E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture," Internet Draft, Apr., 1998.
- [4] R. Callon, P. Doolan, A. Malis, "A Framework for Multi-protocol Label Switching," Internet Draft, Nov., 1997.
- [5] "Multi Protocol Over ATM (MPOA) Specification Version 1.0," The ATM Forum, Jul., 1997.
- [6] Peter Newman, W. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching, T. Lyon, G. Minshall, "Ipsilon Flow Management Protocol Specification for IPv4," IETF RFC 1953, May, 1996.
- [7] Peter Newman, W. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching, T. Lyon, G. Minshall, "Ipsilon's General Switch Management Protocol Specification Version 2.0," IETF RFC 2297, Mar., 1998.
- [8] Y. Rekhter, B. Davie, D. Katz, E. Rosen, G. Swallow, "Cisco Systems's Tag Switching Architecture Overview," RFC 2105, Feb., 1997.
- [9] R. Woundy, A. Viswanathan, N. Feldman, R. Boivie, "ARI S : Aggregate Route-Based IP Switching," Internet Draft, May, 1997.
- [10] Y. Katsube, K. Nagami, Y. Ohba, S. Matsuzawa, H. Esaki, "Cell Switch Router-Architecture and Protocol Overview," Internet Draft, Dec., 1997.
- [11] E. Roen, A. Viswanathan, and R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture," RFC 3031, Jan., 2001.
- [12] Changcheng Huang, Vishal Sharma, "Building Reliable MPLS Networks Using a Path Protection Mechanism," IEEE Com. Mag., Mar., 2002.
- [13] Ayan Banerjee, John Drake, "Generalized Multiprotocol Label Switching : An Overview of Singaling Enhancements and Recovery Techniques," IEEE Communication Magazine, Jul., 2001.
- [14] Arun Viswanathan, Nancy Feldman, Zheng Wang, Ross Callon, "Evolution of Multiprotocol Label Switching," IEEE Communication Magazine, May, 1998.
- [15] Neil Jerran, Adrian Farrel, "MPLS in Optical Networks," Data Connection White Paper, Oct., 2001.
- [16] Chris Metz, IEEE Internet Computing "Layer 2 over IP/MPLS," Cisco System, <http://computer.org/internet/>, Aug., 2001.
- [17] L. Martini et al., "Transport of Layer 2 Frames over MPLS," Internet draft, work on progress, Feb., 2001.
- [18] Victoria Fineberg, Lucent Technologies, "A Practical Architecture for Implementing End-to-End QoS in an IP Network," IEEE Communications Magazine, Jan., 2002.
- [19] A. Conta, P. Doolan, A. Malis "Use of Label Switching on Frame Relay Networks Specification," IETF RFC 3034, Jan., 2001.
- [20] Peter Newman, Tom Lyon, and Greg Minshall, "Flow Labelled IP : A Connectionless Approach to ATM," Proc. IEEE Infocom '96, Vol.3, pp.1251-60.
- [21] Steven Lin, Nick Mckeown, "A Simulation Study of IP Switching," Proc. ACM SIGCOMM, pp.15-24, Sept., 1997.
- [22] T. Worster, A. Doria, "Levels of Aggregation in Flow Switching Networks," Electronic Industries Forum, May, 1997.
- [23] A. Fredette, C. White, L. Andersson, P. Doolan, "Stream Aggregation," Internet Draft, May, 1998.
- [24] John A. Copeland, Randal Abler, Keith L Bernhardt, "IP Flow Identification for IP Traffic Carried over Switched Networks," Accepted for publications in Computer Networks and ISDN Systems, 1998.
- [25] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated services," Internet Draft, Dec., 1998.
- [26] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Helzong, S. Jamin, "Resource Reservation Protocol(RSVP)- Version 1 Functional Specification," RFC 2205, Sep., 1997.
- [27] P. Vaananen, R. Ravikanth., "Framework for Traffic Management in MPLS Networks," Internet Draft, Sep., 1998.
- [28] CAIDA, <http://www.caida.org>.
- [29] Winjia Fang, and Larry Peterson, "Inter-AS Traffic Patterns and Their Implications," Princeton University TR-598-99, March, 1999.

### 심재현

e-mail : simjhun@unitel.co.kr  
 1987년 서울대학교 물리교육과(학사)  
 1991년 서울대학교 물리교육과(석사)  
 2002년 숭실대학교 컴퓨터학과 수료(박사)  
 2002년~현재 한성과학고등학교 교사  
 관심분야 : 컴퓨터통신, 분산시스템, 초고속통신, 이동데이터통신

### 장훈

e-mail : hoon@computing.ssu.ac.kr  
 1987년 서울대학교 전자공학과(학사)  
 1989년 서울대학교 전자공학과(석사)  
 1993년 University of Texas at Austin (박사)  
 1991년 IBM Inc. Senior Member of Technical Staff  
 1993년 Motorola Inc. Senior Member of Technical Staff  
 1994년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 부교수  
 관심분야 : 컴퓨터통신, 분산시스템, 초고속통신, 이동데이터통신