

MPLS 망에서 복수 연결해제 타이머를 이용한 레이블 공간의 효율적 사용방법

(An Algorithm for Efficient use of Label Space over MPLS Network with Multiple Disconnect Timers)

이 선 우 [†] 변 태 영 ^{**} 한 기 준 ^{***} 정 연 쾌 ^{****}
(Sun-woo Lee) (Tae-young Byun) (Ki-jun Han) (Youn-Kwae Jeong)

요 약 레이블 스위칭 기술은 격증하는 인터넷 서비스의 요구 대역폭을 만족시키기 위해 개발된 기술이다. 이중 multiprotocol label switching(MPLS)은 기존의 레이블 스위칭 기술을 통합하고 여러 장비제조 업체들간의 호환성을 보장하기 위해 IETF(Internet engineering task force)를 중심으로 표준화가 진행중이다. MPLS에서 레이블은 패킷의 스위칭에 사용되는 기본적인 단위이므로 이러한 레이블 공간이 각 레이블 스위칭 라우터에 어떻게 관리되고 효율적으로 사용되는가에 따라 MPLS망의 성능에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 이러한 레이블 공간을 효율적으로 사용하기 위해 다중 도메인에서 레이블 스위칭 라우터의 연결 해제 타이머의 복수 사용을 제안한다. 이 방법은 패킷 분류기를 통해 트래픽의 특성에 따라 등급이 높은 트래픽에 대해서는 상대적으로 긴 연결 해제 타이머를 할당하여 새로운 연결에 걸리는 지연 시간을 줄이고 3계층으로 라우팅 되는 패킷의 양을 줄이는 것이다. 제안된 방법을 실제 인터넷 망에서 수집된 트래픽 자료를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였고 그 결과 MPLS망의 동작에 필요한 레이블 공간이 기존의 방법보다 감소하였음을 확인하였다.

키워드 : 레이블 스위칭, 레이블, 스위칭을

Abstract Label switching technology is currently emerging as a solution for the rapidly growing of Internet traffic demand. Multiprotocol label switching(MPLS) is one of the standards made by the Internet Engineering Task Force(IETF) intended to enhance speed, scalability, and inter-opcarability between label switching technologies. In MPLS, utilization of label space is a very important factor of network performance because labels are basic unit in packet switching. We propose a algorithm to effectively use label space by a multiple disconnect timer at the label switching router. Our algorithm is based on multiple utilization of the connection release timer over the MPLS network with multiple domains. In our algorithm, a relatively linger timeout interval is assigned to the traffic with higher class by the aid of the packet classifier. This reduces delay for making a new connection and also reduces the amount of packets which will be routed to the layer 3. Simulation results shows that reduction of required label number in MPLS network and this indicate our algorithm offers better performance than the existing ones in term of utilization of label space.

Key words : MPLS, IP switching, ATM

1. 서 론

WWW(world wide web)로 대표되는 인터넷 사용자들의 기하급수적인 증가는 망 성능의 지속적인 확장에도 불구하고 각종 인터넷 서비스의 질 저하를 야기하였다. 이에 부응하여 인터넷 서비스 제공자와 각종 장비 제조업체들은 기간망(backbone)의 성능을 단기간 내에 향상시키기 위하여 보다 빠른 기간망 라우터(router)의 개발 및 확산에 주력하고 있으나 현재의 사용자들이 요

† 비 회 원 : 경북대학교 컴퓨터공학과
sunwlee@netopia.knu.ac.kr

** 정 회 원 : 경북대학교 컴퓨터전자공학부 교수
tybyun@kyongju.ac.kr

*** 통신위원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
kjhan@knu.ac.kr

**** 정 회 원 : 한국전자통신연구원 MPLS H/W팀 연구원
ykjeong@etri.re.kr

논문접수 : 2000년 1월 12일

심사완료 : 2001년 9월 25일

구하는 대역폭의 증가에 만족할만한 수준이 못되고 있는 실정이다[1][2].

IP(Internet protocol)와 같은 비 연결형 네트워크 계층의 프로토콜에서 패킷(packet)은 하나의 라우터에서 다음의 라우터로 각 노드(node)의 독립적인 결정에 의해 포워딩(forwarding)된다. 즉 각 라우터에서 들어오는 패킷의 헤더(header)를 분석하고 다음 홉(hop)으로의 경로를 해당 라우터에 구현된 라우팅 알고리즘에 의해 결정한다. 이러한 방식에서는 각 라우터가 소프트웨어의 동작속도로 인하여 하부 물리계층의 병목으로 작용하게 되고 또한 패킷 분석 시에 사용되는 라우팅 테이블의 양적 증가는 망의 확장성에도 문제를 일으키게 된다.

이러한 시점에서 레이블 교환 기술(label switching technology)은 기간망의 ATM(asynchronous transfer mode)과 그 상위의 IP 프로토콜의 장점을 그대로 수용하면서 고속의 기간망을 구축할 수 있는 기술로 대두되고 있다. 레이블 교환 기술은 Ipsilon사의 IP 스위칭을 필두로 CISCO의 tag switching router(TSR), IBM에서 개발중인 aggregation route-based IP switching (ARIS)과 Toshiba의 cell switching router(CSR)등에서 이미 적용된 개념이었으나 Internet engineering task force(IETF)에서 호환 및 연동, 표준화를 위해 multiprotocol label switching(MPLS) 워킹그룹(working group)을 결성해 표준화 작업을 진행중이다. 워킹그룹에서 제시한 MPLS의 기본적인 동작은 IP프로토콜과 같은 네트워크 계층에서 목적지 기반 홉 단위의 포워딩 대신 대부분을 레이블 교환 형태의 단순한 패킷 포워딩 엔진을 사용하여 고속 라우팅과 용이한 확장성을 가능하게 한다[3][4].

일련의 패킷 스트림(stream)에게 레이블을 부착시켜 포워딩 하는 MPLS에서 레이블의 의미는 망 성능에 많은 영향을 끼친다. 단일 라우터에 나타나는 모든 패킷에 레이블을 할당하여 포워딩을 시킨다면 패킷이 스위칭 되는데 걸리는 시간은 줄어들다 할지라도 라우터에서 유지되는 label information base(LIB)의 항목이 많아지게 되고 결과적으로는 테이블 탐색시간이 길어질 뿐만 아니라 레이블 공간의 고갈을 가지고 와서 차후에 도착하는 패킷의 스위칭은 불가능하게 된다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 MPLS망에서 망 성능을 최적화 시킬 수 있는 동시에 효율적으로 레이블 공간을 사용할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 레이블 공간과 관계 있는 MPLS의 기술적 사항과 기존의 연구에 대해서 소개하고 3장에서 레이블 공간의 효율적인 활용을 위해 본 논문에서 제안한

방법을 설명한다. 4장에서는 제시한 방법을 시뮬레이션을 통해 타당성을 입증하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. MPLS 기술 및 레이블 공간

레이블 교환의 개념은 3계층의 패킷을 2계층의 레이블이나 2계층과 3계층 사이에 shim 레벨의 레이블로 바꾸어 포워딩할 수 있게 해주는 기술이다. 이러한 레이블은 계층 3의 주소를 분석함으로써 얻어지고 일단 레이블이 할당되면 차후의 포워딩에서는 계층 3주소에 의한 라우팅 테이블 탐색이 불필요하게 되어 고속의 라우팅 및 포워딩이 이루어지게 된다(그림 1).

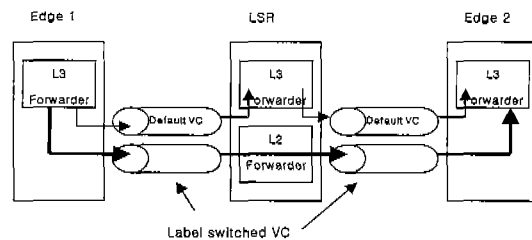


그림 1 Label switching and LSR

Label switching router(LSR)란 이와 같이 도착하는 패킷의 3계층 주소나 레이블 정보를 바탕으로 다음 홉으로 패킷을 포워딩할 수 있는 능력을 지닌 라우터이다. LSR에서는 일련의 패킷 흐름들에게 하나의 레이블을 할당하는데 MPLS에서는 한 개의 레이블을 할당 받은 패킷의 흐름들을 forwarding equivalence class(FEC)라 한다. 하나의 레이블을 할당 받은 FEC를 규정짓는 방법은 일반적으로 송신측과 수신측의 주소 및 포트 번호, 네트워크 prefix, 경계 라우터(ingress router, egress router)의 조합등 단계적으로(fine granularity to coarse granularity) 선택할 수 있도록 한다. 또 송신지로부터 수신지까지 일련의 LSR들이 참여하여 FEC에 대하여 각각 레이블 교환이 이루어지는 경로를 label switching path(LSP)라 한다. 서론에서 이야기 한 바와 같이 각 LSR에서 FEC에 할당하는 레이블 공간의 용량은 망의 확장성과 구현을 고려한다면 매우 중요하다고 할 수 있다. 이러한 레이블 공간의 용량에 영향을 미치는 파라미터들은 레이블 사상이 일어나는 시점, FEC의 분류정도(granularity) 및 LSR의 위치 등을 고려할 수 있다. 이들 중 레이블 사상이 이루어지는 시점을 기준으로 볼 때 현재 IETF는 크게 두 가지 형태의 LSP 설정 방식을 제시하고 있다[3][4].

먼저 traffic-driven 방법은 LSR에 도착하는 패킷의 출현에 의해 레이블을 할당하는 방법이다. 이 경우 LSP는 해당 LSP로 포워딩 되는 패킷이 존재하는 동안 계속 유지되고 더 이상 패킷이 전송되지 않는 경우 해제된다. Topology-driven 방법은 LSP를 라우팅 정보 등에 의존하여 미리 설정하는 방법이다. LSP는 라우팅 테이블에 해당 노드의 엔트리가 존재하는 한 계속 유지되고 엔트리가 삭제될 때 해제된다. 이 두 가지 방법은 각각의 장단점이 존재하는데 traffic-driven 방법의 경우 패킷의 출현 시에만 레이블을 할당하므로 레이블의 개수와 관리해야 되는 레이블 공간이 줄어든다는 장점이 있고 topology-driven 방식의 경우 미리 LSP가 설정되어 있으므로 모든 데이터 패킷이 계층 2의 스위칭 능력을 이용할 수 있다는 장점이 있다.

MPLS에서 필요한 레이블의 개수는 여러 가지 측면에서 중요한 의미를 갖는다. 기간망 라우터의 경우 상대적으로 많은 수의 연결이 존재하고 각 라우터에서 레이블 할당 상태 레이블의 유지에 많은 오버헤드가 발생한다. 또 다중 도메인(domain)의 경우 서로 다른 종류의 LSR이 상호 동작해야 하므로 각 스위치간에 레이블 공간의 많고 적음에 따라 특정 LSR이 병목으로 작용할 가능성도 있다. 또 MPLS의 가장 실현 가능한 응용으로서 ATM-LSR, 즉 하부의 스위칭 엔진으로서 ATM 스위치를 사용할 경우 각 연결당 스위치에서 유지하는 버퍼 공간은 레이블의 개수에 따라 크게 좌우되므로 레이블의 개수는 스위치 가격 및 성능에 영향을 미치게 된다[1].

이에 따라 레이블 공간을 효율적으로 사용하기 위해 다양한 방법들이 제시되었는데 이들은 크게 LSR의 관점에서 사용하는 방법과 FEC의 관점에서 레이블을 할당하는 방법으로 나눌 수 있다. 전자의 경우는 위에서 언급한 traffic-driven 방법과 topology-driven 방법을 LSR의 위치에 따라 혼합하여 사용하는 방법이다. 즉 LSR을 border gateway protocol(BGP)이 동작하는 LSR과 interior gateway protocol(IGP)이 동작하는 LSR로 구분한 다음 BGP LSR간(inter-autonomous system, inter-AS)에는 traffic-driven 방법을 사용하고 IGP LSR간(intra-autonomous system, intra-AS)에는 topology-driven 방법을 사용하여 레이블을 할당한다. 이 방법은 레이블의 개수와 시그널링 오버헤드의 trade-off를 기초로 하여 Nagami 등에 의해 제안되었다[5]. 이들에 따르면 Intra-AS 환경에서 traffic-driven 방법이 적합하지 않은 이유는 intra-AS의 라우터에서 라우팅 테이블의 엔트리 수는 일반적으로 inter-AS의 그것보다 작

고 각 엔트리들도 참조되는 횟수가 상대적으로 많다. 그러므로 빈번히 발생하는 연결 요구 시 새로운 레이블을 할당하기보다는 미리 라우팅 정보에 기초하여(topology-driven) 연결을 설립하여 두어도 소비되는 레이블의 개수는 많지 않고 연결 시 소요되는 시그널링 오버헤드도 줄일 수 있다. 그러나 inter-AS의 경우 라우팅 테이블 엔트리의 개수가 훨씬 많고 각 엔트리에 대한 참조의 횟수도 intra-AS의 경우보다 훨씬 낮으므로 그러한 엔트리에 미리 레이블을 할당 해놓는 것은 연결 시 시그널링 오버헤드는 줄지라도 레이블 수의 낭비가 심하고 더구나 연결 해제 타이머가 종료되면 레이블 재수집이 자주 일어나게 되어 라우터에 걸리는 부하가 심하게 되므로 연결 요구 시에 레이블을 할당하는(traffic-driven) 방법을 사용한다.

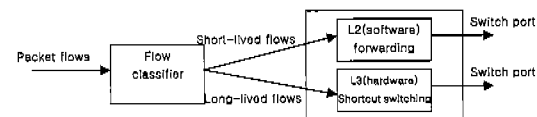


그림 2 FEC를 위한 flow classifier

레이블 공간을 효율적으로 사용하기 위한 다른 방법론은 FEC의 관점, 즉 어떤 패킷 흐름의 생존 기간에 따라 레이블의 할당 여부를 판별하는 방법이 있다[1] [6]. 생존주기가 짧다고 판단되거나 예상되는 패킷의 흐름에 대해서는 레이블을 할당하더라도 곧 사용되지 않을 가능성이 높으므로 새로운 레이블을 할당하지 않고 계층 3 포워딩 엔진을 사용하여 다음 노드로 넘기고 상대적으로 생존 주기가 긴 패킷의 흐름에 대해서는 새로운 레이블을 할당하여 레이블 수도 효과적으로 줄이고 이로 말미암아 레이블 공간 및 레이블 정보 테이블 상태 유지에 사용되는 오버헤드도 줄일 수 있는 방법이다. 여기에서 어떤 패킷 흐름의 생존 주기를 판별하는 방법에 따라 여러 가지 형태의 레이블 할당 방법이 나올 수 있다.

패킷 흐름의 생존기간의 길고 짧음을 판단하는 기준으로서, 첫번째 패킷 흐름 분류기가 프로토콜 분류기로 동작하여 IP상위의 프로토콜이 TCP인가 UDP인가에 따라 레이블 할당을 결정하는 방법이 있다. UDP의 경우 IP의 상위에서 데이터그램 서비스를 제공하기 때문에 이를 이용하는 응용 프로그램 또한 패킷의 비순서화, 손실, 가변적인 지연시간등에 무관심하거나 대처할 수 있는 능력을 지닌 경우가 대부분이다. 따라서 IP 패킷의 프로토콜 필드의 값이 UDP일 경우 새로운 레이블을 할당하지 않고 포워딩하고 상대적으로 신뢰성 있는 서비

스를 제공하는 TCP 연결인 경우 새로운 레이블을 할당하여 포워딩 하는 기법이다.

두 번째 방법은 패킷 흐름 분류기를 서비스 분류기로 사용하는 방법이다. 즉 레이블 할당의 기준을 해당 패킷 흐름이 서비스하는 응용 서비스의 성질에 두는 방식이다. DNS(domain name service) lookup이나 database query와 같은 내용을 포함하는 패킷의 경우는 연속적으로 이어지는 패킷의 흐름이 없는 경우가 대부분이므로 새로운 레이블을 할당하기보다는 계층 3포워딩을 사용하고 오디오나 비디오 스트림, 파일전송등과 같은 연속적인 데이터 서비스의 경우에는 새로운 레이블을 할당하여 스위칭 한다.

지금까지 설명한 방법들은 모두 효율적인 레이블 공간의 사용을 꾀하기 위하여 연구된 방법들이다. 그러나 LSR의 관점에서 본 방법의 경우 LSR의 위치에 따라 레이블 할당 정책이 달라짐으로 인하여 LSR 탑재 소프트웨어의 범용성과 확장성이 떨어진다. 패킷 분류기의 경우 해당 프로토콜에 따라 단순하게 플로우를 분류하기보다는 일반적으로 어느 정도의 지능을 첨가하여 적응적인 플로우를 사용하게 되는데 이 경우 패킷 분류기에 걸리는 컴퓨팅 시간이 고속 라우터의 경우 부담으로 작용할 수도 있다.

3. 복수개의 연결 해제 타이머를 이용한 레이블 공간의 효율적 사용

이 장에서는 2장에서 살펴본 문제점에 주목하여 새로운 레이블 할당 방법을 제시한다.

Traffic-driven 레이블 할당 방법과 같은 다이나믹한 레이블 할당의 경우 재할당된 레이블 공간으로 말미암아 이미 사용중인 레이블은 일정시간이 지난 후 다시 회수하여 새로운 FEC에 할당한다. 이 일정시간이란 것은 일반적으로 연결 해제 타이머에 적용되고, 특정 FEC에 대한 연결 해제 타이머는 지정된 시간내에 도착하는 패킷이 없을 경우 종료되며 이 때 사용되던 레이블은 미사용 레이블로 지정되어 새로운 FEC들에게 할당된다. 이 연결 해제 타이머의 종료시간이 무한하다면 이는 거의 topology-driven의 형태를 지니게 된다. 그러므로 본 논문에서는 이 연결 해제 타이머의 값을 LSR에서 하나의 고정된 값을 지니는 것이 아니라 둘 이상의 서로 다른 연결 해제 타이머의 값을 지니게 함으로써 스위칭 되는 패킷의 양에는 영향을 최소화하면서 레이블의 활용도를 높이는 방법을 제안하고자 한다. 기존의 연구에서는 LSR의 위치 혹은 트래픽에 집중하여 레이블 할당 기법을 적용함으로써 망의 확장성 및 호환성에 문

제점을 가져왔는데 본 논문에서는 LSR에서 각 FEC에 대해 자신이 지원하는 연결 해제 타이머의 개수에 따라 FEC의 클래스를 정하여 클래스가 높은 FEC에 대해서는 상대적으로 긴 연결 해제 타이머를 할당하고 서비스의 클래스가 낮은 FEC에 대해서는 짧은 연결 해제 타이머를 할당하여 하나의 고정된 연결 해제 타이머를 주었을 때 보다 높은 레이블의 사용 효율을 얻고자 하는 것이다. 여기에서 FEC의 클래스를 구분하는 기준에 대하여 논의가 필요한데 이는 사용 프로토콜에 의한 분류와 해당 FEC에 소속된 트래픽의 성질에 의한 분류로 생각하여 볼 수 있다. 사용 프로토콜에 의한 FEC의 클래스 분류는 전송 프로토콜 혹은 응용 프로토콜에 따라 연결 해제 타이머를 할당하는 방법이다. 일반적으로 연결 해제 타이머가 짧은 경우 연결 재 설정 절차가 상대적으로 자주 발생할 가능성이 높고 이는 목적지 노드에 패킷의 비순서화를 일으킬 수도 있기 때문에 신뢰성을 요하는 응용의 경우, 연결 해제 타이머를 상대적으로 길게 할당하는 것이 타당하다. 또 응용 프로토콜의 성질상 빈번하게 발생하나 그 연결 주기가 짧은 트래픽의 경우 (예: DNS query등)는 짧은 연결 해제 타이머를 이용할 수도 있다. 이 방법은 기존의 프로토콜의 수정이 없이 MPLS 망에 적용 할 수 있다는 장점이 있으나 실제 인터넷 망에서 수집된 트래픽 자료의 분석 결과 전체 인터넷 트래픽에서 TCP(Transmission Control Protocol)가 차지하는 비율은 해당 라우터의 위치에 따라 최저 60%에서 최고 약 96%등으로 나타나므로 이러한 연결들에 모두 긴 연결 해제 타이머를 할당하였을 경우 오히려 레이블 공간의 낭비가 심화되는 경향이 발생한다[8]. 또 출현 빈도 순을 고려할 때 상위를 차지하는 응용 프로토콜들인 hypertext transfer protocol (HTTP), file transfer protocol(FTP), DNS, telnet등은 포트(port)번호로 구분이 가능하나 지연시간의 민감성으로는 그 서비스를 구분하기에 곤란하다. 그러므로 본 논문에서는 복수개의 연결 해제 타이머의 제안과 더불어서 이를 사용할 때 트래픽의 성질에 의한 클래스 분류는 트래픽의 성질에 따라 망에 유입되는 패킷에 명시적으로 서비스의 클래스를 표기하는 방법도 제안한다. MPLS의 고속 스위칭 능력을 이용하는 실시간 거래 및 지불 시스템이나 다자간 화상 회의와 같은 실시간성과 burst한 트래픽 형태를 동시에 가지는 응용의 경우 일찍 연결이 해제될 경우 새로운 LSP를 설립하는데 까지 걸리는 지연시간이 서비스에 영향을 줄 수가 있다. 즉, LSP 설립 이전에 도착한 패킷들은 기존 3계층 포워딩 능력을 이용하게 되고 이는 도착 지연시간에 영향을 줄뿐만 아니

라 최악의 경우 패킷의 비순서화를 일으키게 된다. 그러므로 이러한 응용을 요구하는 FEC는 연결 설정 당시부터 LSR에 긴 연결 설정 타이머를 요구하여 할당 받는다. 패킷 분류의 표현은 기존의 IP 패킷의 type of service 필드에 표시하거나 IPv6의 해당 필드를 이용하여 나타낸다. 이로서 이러한 트래픽은 기존 FEC의 생존 주기를 늘리고 결과로 스위칭 되는 패킷의 비율을 높이면서도 하나의 연결 해제 타이머를 사용할 때 보다 적은 레이블을 사용함으로써 레이블 공간을 효율적으로 사용한다. 또 이러한 서비스의 클래스를 명시적으로 지정하게 되면 복수개의 타이머를 유지할 때 발생할 수도 있는 오버헤드의 가능성을 제거하게 된다. 즉, 실제로 복수개의 타이머가 유지되지만 시스템이 레이블 할당 및 해제 절차를 수행하기 위해 해당 클래스에 접근할 때는 그 클래스에 할당된 고정된 연결 해제 타이머의 값으로 접근하게 되므로 별도의 계산과정이나 모니터링 과정이 필요 없어 부가적인 비용은 단일 연결 해제 타이머의 그것과 거의 같다고 할 수 있다.

이러한 방식은 폭주 제어에도 응용할 수 있다. 즉 ingress LSR 이전에서 폭주를 경험한 트래픽의 경우 명시적인 indication이나 마크된 셀 등을 이용하여 해당 트래픽의 폭주 상태 경험 여부를 판단하고 이러한 트래픽의 경우 긴 연결 해제 타이머를 할당하여 폭주로 인해 삽입된 지연시간 이외의 지연시간이 더 이상 삽입되지 않도록 제어할 수 있다.

4. 시뮬레이션 및 성능 평가

본 논문에서는 제한한 방법의 성능을 시험하기 위하여 trace-driven 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위한 패킷 트래이스는 미국의 National Laboratory for Applied Network Research(NLANR)에서 수집한 기간망 라우터의 통과 패킷 수집 데이터를 사용하였고 그 특성은 표 1과 같다[8].

표 1 traffic characteristics

Trace name	Description (router location)	duration	Number of packets	Average packet arrival rate in sec
FXW-25769	Backbone	88sec	608,736	6917.5 packets/sec
FXW-35920	Backbone	88sec	595,045	6761.9 packets/sec

시뮬레이션에서는 연결 해제 타이머의 변이에 따른 레이블의 수와 스위칭 비율을 알아보기 위하여 새로운 패킷이 도착한 후 레이블 할당까지의 지연 시간(시그널

링 지연시간, LDP전파 지연시간)은 2초의 상수값을 사용하였으며 FEC의 granularity는 network prefix로 고정을 하였다. 연결 해제 타이머의 값은 레이블이 할당된 FEC에서 실제 레이블을 회

수하여 다른 FEC에게 할당하는데 걸리는 지연시간을 뜻한다. 레이블을 해제하는데 걸리는 시간은 방법에 따라 상수시간이 걸릴 수도 있고 정책적으로 최적화된 시간이 도출될 수도 있다. FEC의 클래스 분류 비율은 수집된 데이터에 응용 프로토콜이 명세되어 있지 않으므로 랜덤 함수를 사용하여 짧은 연결 해제 타이머를 가지는 FEC와 긴 연결 해제 타이머를 가지는 FEC의 비율을 5:5에서 7:3으로 두고 성능 시험을 수행하였다. 성능 평가 파라미터는 필요한 레이블 공간의 크기와 전체 패킷 중에서 스위칭 되는 패킷의 비율이다. 일반적으로 이 두 가지는 서로 역상관 관계가 있는데 스위칭 되는 패킷의 비율을 높게 하기 위해선 전체 패킷들에 레이블을 할당할 수 있지만 이 경우 레이블 공간이 과소비되므로 적절한 선에서 망의 성능을 저하시키지 않고 최적의 해를 각각의 방법에서 비교한다.

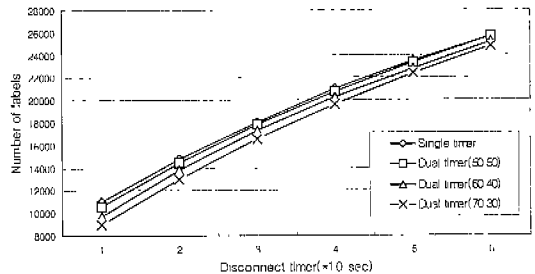


그림 3 연결 해제 타이머의 변이에 따른 레이블 수의 사용도

그림 3에서는 연결 해제 타이머를 10초에서 60초 까지 변경하였을 때 입력 패킷에 할당되는 레이블 수의 변화를 연결 해제 타이머의 수와 각 연결 해제 타이머를 사용하는 트래픽의 비율에 따라 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 연결 해제 타이머의 길이가 길어질수록 연결 해제 타이머의 수에 상관없이 사용되는 레이블의 개수는 늘어난다. 이는 연결 해제 타이머의 길이가 길수록 회수되는 레이블의 개수가 줄어들게 되므로 새로운 FEC에 회수된 레이블을 할당하기 보다는 새로운 레이블을 할당하게 되기 때문이다. 또한 여기에서 연결 해제 타이머의 개수가 2개인 경우가 1개의 경우보다 작은 수의 레이블을 소비하는 것을 볼 수 있고 연결 해제

타이머의 개수가 2개인 경우에서도 짧은 연결 해제 타이머와 긴 연결 해제 타이머를 가지는 트래픽의 비율이 7:3인 경우가 레이블 사용 효율이 가장 좋음을 나타낸다. 이는 전체 인터넷 트래픽중 짧은 연결 지연시간을 요구하는 트래픽의 비율이 그렇게 높지 않다는 것을 감안하면 실제 레이블 할당 정책에 이를 적용했을 경우에도 효율적인 방법이라 할 수 있다.

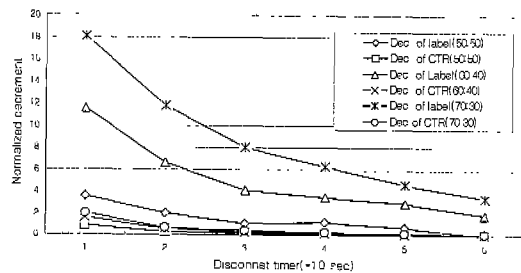


그림 4 레이블의 활용도와 패킷 스위칭을 비교

그림 4는 연결 해제 타이머의 변이에 따라 스위칭 되는 패킷의 비율과 레이블 활용도의 비교를 위한 시뮬레이션 결과이다. 앞서 설명한 것처럼 연결 해제 타이머의 길이가 길어 질수록 스위칭 되는 패킷의 비율이 높아진다. 이는 연결 해제 타이머의 길이가 늘어나면 어떤 FEC에 할당된 레이블의 생존 주기가 길어지고 이 생존 주기안에 도착하는 모든 패킷들은 생존주기가 짧은 레이블이 할당된 FEC에 도착되는 패킷들보다 스위칭 되는 비율이 높기 때문이다. 그림에서 스위칭 되는 패킷의 비율이 일정한 연결 해제 타이머 이후에 늘어나는 속도가 완만해지는 경향이 있는데 이는 이 시점에 도달하기까지는 계속 새로운 FEC가 생성되다가 이 시점 이후에는 대부분이 기존의 FEC로 스위칭 되기 때문이고 새로운 FEC의 생성이 급격히 줄어들기 때문이다. 반대로 두개의 연결 해제 타이머를 사용하면 상대적 짧은 연결 해제 타이머를 할당 받은 트래픽들은 스위칭 되는 비율이 떨어지는 것을 예상 할 수 있는데 그림 4에서는 이러한 스위칭 비율의 감소가 레이블 공간의 감소에 비해서 상대적으로 미미하다는 것을 보여주고 있다. 특히 그림 3에서처럼 트래픽의 분류 비율이 7:3에 가까워 질수록 스위칭 비율에 미치는 영향이 적어짐을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 계획

IETF 등에서 새로운 스위칭 패러다임으로 제안하고 있는 MPLS는 일련의 패킷 스트림에게 레이블을 부착시

켜 포워딩하는 방법을 사용하고 있으므로 여기에서 레이블의 의미는 망 성능에 많은 영향을 끼친다. 본 논문에서는 이러한 MPLS 망 상에서 레이블 스위칭 라우터가 사용하는 연결 해제 타이머를 하나의 고정된 값을 지니는 것이 아닌 둘 이상의 서로 다른 값을 가지는 방법을 제시하였다. 이 방법은 인터넷 트래픽을 연결 지연 시간 민감성과 폭주 경험 여부에 따라 등급 분류하여 패킷에 명시하고 서비스의 등급이 높은 FEC에 대해서는 상대적으로 긴 연결 해제 타이머를 할당하고 서비스의 클래스가 낮은 FEC에 대해서는 짧은 연결 해제 타이머를 할당한다. 이러한 방법을 사용하여 하나의 고정된 연결 해제 타이머를 사용하였을 때 보다 별도의 컴퓨팅 부담이나 스위칭 비용의 저하없이 상대적으로 적은 수의 레이블을 사용함을 시뮬레이션을 통해서 확인하였고 이는 LSR의 레이블 관리에 따른 부담을 줄여주어 망 성능 향상에 기여 할 수 있다. 본 논문에서는 망 상태에 따라 적용적으로 대응할 수 있는 알고리즘은 사용하고 있지 않다. 그러므로 향후 본 논문에서 제안한 복수개의 연결 해제 타이머를 이용하여 망 상태에 따라 적용적으로 타이머의 수와 타이머의 값을 변화시켜 망 성능의 최적화를 가능하게 하는 방법에 대해 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] H. Che, S. Li, A. and A. Lin, Adaptive resource management for flow-based IP/ATM hybrid switching systems, *IEEE/ACM Tran. on Networking*. Vol. 6, No. 5, Oct. 1998.
- [2] A. Viswanathan, N. Feldman, Zheng Wang, and R. Callon, Evolution of multiprotocol label switching, *IEEE Communication Mag.* May. 1998.
- [3] R. Callon, G. Swallow, N. Feldman, A. Viswanathan, P. Doolan, and A. Fredette, A framework for multiprotocol label switching, *draft-ietf-mpls-framework-03.txt*, June. 1999.
- [4] E. C. Rosen, A. Viswanathan, and R. Call, Multiprotocol label switching architecture, *draft-ietf-mpls-arch-05.txt*, April. 1999.
- [5] K. Nagami, H. Imaizumi, H. Esaki, Evaluation of label mapping policy for aggregated packet flow in label switching network, in *Proc. of INET '99*, June. 1999.
- [6] P. Newman, T. Lyon, and G. Minshall, Flow labeled IP: a connectionless approach to ATM, in *Proc. of Infocom '96*, 1996.
- [7] R. Cole, D. Shur, and C. Villamizar, IP over ATM: a framework document, *IETF RFC 1932*.

Apr. 1996.

- [8] Passive monitoring and analysis via traffic header,
<http://moat.nlanr.net>
- [9] Steven Lin, and Nick McKeown, "A Simulation Study of IP Switching," *SIGCOMM*, April, 1997.



이 선 우

1995년 경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 졸업(학사). 1997년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사). 1997년 ~ 현 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 차세대 인터넷, ATM, Wireless communication.



변 태 영

1994년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사). 1997년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사). 2000년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사). 1994년 (주)SKC 정보시스템부. 1997년 ~ 1999년 김천대학 전산정보처리과 겸임교수. 1998년 ~ 1999년 (주)새빛정보 대표이사. 2000년 3월 ~ 현재 경주대학교 컴퓨터전자공학부 교수. 관심분야는 ATM Interworking, IP Multicasting over ATM, 무선통신시스템, WAP 등



한 기 준

1979년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1981년 한국과학기술원 전기공학과 졸업(석사). 1985년 University of Arizona 전기 및 전산공학과 졸업(석사). 1987년 University of Arizona 전기 및 전산공학과 졸업(박사). 1981년 ~ 1984년 국방과학연구소 연구원. 1988년 ~ 현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 전산망 프로토콜, 멀티미디어 통신망 B-ISDN MAN/LAN, 분산처리 임.



정 연 패

1982년 경북대학교 공과대학 전자공학과(전산공학) 학사. 1984년 경북대학교 대학원 전자공학과(전산공학) 석사. 1996년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사. 1983년 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원. 관심분야는 MPLS 기반 IP스위치, 차세대 인터넷 통신, ATM 교환, CDMA 이동통신, 실시간 고속 통신망.