

ATM 망에서의 레이블 스위칭 기법 성능 평가 및 분석

정희원 이수경*, 오경희*, 손홍세**, 송주석*

Performance Evaluation of Label Switching in ATM Networks

SuKyoung Lee*, KyungHee Oh*, HongSe Son**, JooSeok Song* *Regular Members*

요 약

인터넷의 등장과 네트워킹 기술의 빠른 발전은 다양한 응용의 등장 및 사용자의 증가에 의한 대역폭 요구 증가 등의 변화를 가져왔다. 이러한 변화와 기존 라우터의 한계점으로 인해 스위칭과 라우팅 장비의 고성능화, 확장된 라우팅 기능 제공 등이 필요하게 되었고, 이를 위하여 IETF는 현재 MPLS라는 레이블 스위칭(Label Switching)방식을 표준화 중이다. 본 논문에서는 이 기술에 대한 성능을 분석하였다. 표준 및 스위치 개발이 연구 중인 현 시점에서, 레이블 스위칭 기술의 성능 평가 결과는 특히, ATM의 스위칭 능력과 IP 계층 능력의 효율적인 활용의 기반 자료가 될 것이다. 본 논문은 라우터와 레이블 스위치를 포함하는 망을 구성하고 NLANR에서 제공하는 인터넷 트래픽을 입력 트래픽 소스로 하여 성능 평가를 수행하였으며, 레이블 스위칭의 구조 및 ATM testbed에서의 구현 시, 이 기술이 갖는 스위칭의 기능성 및 성능을 분석하였다.

ABSTRACT

More advanced and demanding applications, like videoconferencing, video on demand, distributed computing etc., have been devised thanks to the availability of enhanced network feature. Network technologies need to be enhanced to support these applications and to cope with the increasing number of users. Increasing the availability of network resources is just not enough to achieve this goal : scalable network architecture, increased packet forwarding capabilities, a wider range of services are all additional requirements. MPLS(Multiprotocol Label Switching) is one of the new networking techniques under standardization in the scientific community.

In this paper, we analyze the performance of label switching in ATM networks. Simulation tests were performed. In this simulation, we set a simple network configuration and used internet traffic traces from NLANR as input traffic sources. The simulation results and analyses will be helpful in utilizing the functions of ATM switching and IP routing.

I. 서론

컴퓨터 통신을 위해 사용되기 시작한 인터넷은 90년대 초 WWW(World Wide Web)의 등장에 힘입어 최근 5년 이상 인터넷 호스트의 수에서 연평균 40% 이상의 성장률을 보이고 있다. 또한 인터넷에 대한 표준화를 담당하는 IETF(Internet Engineer-

ing Task Force)를 중심으로, 단순히 비실시간 데이터 전송 위주였던 인터넷 서비스에서 탈피하여 음성 및 실시간 화상 데이터 등 QoS(Quality of Service)를 요구하는 서비스를 포함하고자 하는 노력이 진행되고 있다. 뿐만 아니라 기존 망 라우터들의 성능은 다음 두 가지 요소에 의해 제한된다. 첫째, 유입되는 데이터그램들의 목적지 주소를 검사하고 다음 홉(hop)을 결정하기 위해 라우팅 테이블을 검색

* 연세 대학교 컴퓨터 과학과(oliver@emerald.yonsei.ac.kr),
 ** 한국전자통신연구원
 논문번호 : 99360-0908, 접수일자 : 1999년 9월 8일

해야 한다. 둘째, 유입되는 데이터그램들을 출력 인터페이스로 복사해야 한다. 라우팅 테이블 검색은 일반적으로 약 231개에 이르는 주소에 대해 longest prefix match를 찾아야 하므로 상당한 시간이 소요된다. 뿐만 아니라, 대부분의 라우터들은 인터페이스간에 데이터를 복사해야 한다는 단점을 갖는다.

이러한 트래픽의 증가 및 라우터의 한계점으로 인해 인터넷에 새로운 하부 구조를 필요로 하는데, 그 한가지 방안이 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기반의 초고속저버튼시막을 확보하고 그 위에서 인터넷을 운용하는 구조이다. 이 구조는 ATM 계층의 스위칭 기능을 이용해 고속으로 IP 패킷을 전송할 수 있으며 QoS 보장이 용이하다.

ATM 기반의 데이터 전달 프로토콜은 고속화, 성능 대 가격 비의 향상, 다양한 서비스 품질의 지원 그리고 확장성을 높이기 위한 방향으로 발전해왔으며 특히 ATM의 스위칭 능력을 활용하여 3 계층 처리 능력을 극대화하는 방안이 관심이 집중되고 있다. 따라서, ATM과 인터넷의 접목은 오버레이 모델(overlay model)과 통합 모델(integrated model)로 구별되는 방식들을 출현시켰다. 오버레이 모델은 Classical IP over ATM^[1], LANE (LAN Emulation)^[2] 및 MPOA (MultiProtocol Over ATM)^[3] 등이 있으며, IP와 ATM을 독립적인 계층으로 간주하기 때문에 구현과 확장성 면에서 많은 오버헤드를 갖는다. 이러한 단점을 극복하기 위해 등장한 통합 모델로는 IP Switching과 태그 스위칭(Tag Switching), CSR (Cell Switch Router) 등이 있다. 그리고 이와 같은 다양한 통합 모델에 기반하여 IETF는 MPLS(MultiProtocol Label Switching) 기법의 표준화 작업 중에 있다.

본 논문에서는 ATM과 IP 통합 기술으로써 현재 표준화 중인 MPLS의 레이블 스위칭 기술에 대한 성능 평가를 수행하였으며, 레이블 스위칭의 구조 및 ATM testbed에서의 구현 시, 이 기술이 갖는 스위칭의 기능성 및 성능을 분석하였다. 성능 평가 시, 라우터와 레이블 스위치를 포함하는 망을 구성하고 NLANR에서 제공하는 인터넷 트래픽을 입력 트래픽 소스로 사용하였다.

그리고 VC merge와 관련된 성능을 분석하였다. 따라서, 표준 및 스위치 개발이 연구 중인 현 시점에서, 레이블 스위칭 기술의 성능 평가 결과는 특히, ATM의 스위칭 능력과 IP 계층 능력의 효율적인 활용 및 레이블 스위칭 표준화 작업의 기반 자료가 될 것이다.

II. 레이블 스위칭 관련 기술

ATM 하드웨어를 이용하여 IP 패킷을 전달하기 위한, LANE, IPOA, NHRP, MPOA와 같은 기존의 방법들은 ATM 계층 위에 독립된 IP 계층을 구현하여 ATM 망을 단순히 IP 트래픽을 전달하기 위한 고속의 전달 망으로 사용한다. 이러한 방법은 ATM 계층과 IP 계층에서 제공하는 서비스들이 중복되기도 하며, 망의 확장성 문제, QoS 지원과 멀티캐스팅 구현에 있어서 어려움을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Ipsilon 사의 IP Switching^[4], Toshiba의 CSR^[5], Cisco의 태그 스위칭, IBM의 ARIS(Aggregate Router-based IP Switching)^[6] 등이 제안되었다.

1. ATM과 IP의 통합 방안

현재까지 ATM 망에서의 인터넷 서비스 제공 방안으로 오버레이 모델에 대한 연구가 IETF와 ATM Forum을 중심으로 전개되어 왔다. 그러나 오버레이 모델은 많은 제약점을 갖고 있으며 최근 들어 통합 모델에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

통합 모델은 ATM 계층과 IP 계층이 하나의 라우팅 프로토콜을 사용하는 것으로, 가장 큰 장점은 두 라우팅 프로토콜들 간의 상호작용이 갖는 복잡성과 비효율성을 피할 수 있다는 것이다. 이 모델에서는 ATM 망을 통하여 IP 패킷을 전송할 때, 기존의 OSPF(Open Shortest Path First)나 RIP(Routing Information Protocol), BGP(Border Gateway Protocol)와 같은 IP 계층 라우팅 프로토콜을 사용한다. 그리고 연결 설정시 LDP(Label Distribution Protocol)를 사용할 수 있는데 이 프로토콜은 아직 표준화가 진행 중이다. 통합 모델에서는 주소 해석 프로토콜이 따로 필요하지 않지만 ATM 스위치가 멀티프로토콜 라우터처럼 작동해야 하므로 ATM 스위치의 복잡도가 증가할 수 있다. 이 모델은 IP 트래픽 플로우(flow)를 감지해 각 플로우를 ATM 가상 연결과 직접 매핑시키므로 ATM 신호 및 라우팅 기능을 전혀 사용하지 않는다는 특징을 가진다.

IETF에서 현재 표준화가 진행되고 있는 MPLS^[7] 및 IP Switching, CSR, 태그 스위칭, ARIS 등이 이러한 통합 모델의 대표적인 예가 된다.

2. Control-driven 방식과 Data-driven 방식 통합 모델에 속하는 레이블 스위칭 방식들은 2

계층 경로를 생성하기 위하여 사용되는 방법에 따라, data-driven 방식과 control-driven 방식으로 나누어 볼 수 있다^{8,9)}.

2.1 Control-driven 방식

Control-driven 방식에서는 데이터 전송이 이루어지기 전에 제어신호에 의해 망 내부에 ATM 스위치의 2 계층 경로가 생성된다. 따라서 미리 망 내의 모든 입력 노드(ingress node)부터 출력(egress) 노드로의 경로가 만들어져야 한다. 일단 경로가 생성된 후, 망으로 전달되는 IP 패킷들은 이 경로를 통해 2계층으로 스위칭되어 전달된다. Control-driven 방식은 다수의 플로우들을 그룹화 함으로써 플로우 병합(flow aggregation)을 가능케 하는데, 이를 지원하기 위해 VC merge나 VP merge 기능이 ATM 하드웨어에 포함되어야 한다. 이 방식의 대표적인 기술로는 태그 스위칭과 ARIS가 있다.

2.2 Data-driven 방식

Data-driven 방식에서는 2계층 경로를 생성하기 전에 우선 일반적인 3계층 라우팅 망으로서 데이터를 전달한다. 라우터들은 전달되는 패킷들 중에서 플로우를 찾아낸다. 계속적으로 특정 소스(source)로부터 동일한 목적지로 향하는 IP 패킷들을 특정 플로우에 속한다고 할 수 있다. 라우터는 상류 노드(upstream node)와 이 플로우를 위한 전용 가상채널을 생성해 2계층 경로를 만든다. 이후 상류노드는 이 경로를 통해 동일 플로우의 패킷들을 전송한다. 하류 노드(downstream node)와도 2계층 경로가 생성되면 패킷들은 라우팅을 거치지 않고 2계층 경로로 바로 전송될 수 있다. Data-driven 방식의 대표적인 기술로는 IP Switching과 CSR이 있다.

2.3 Control 및 Data-driven 방식의 비교

Control driven 방식
<ul style="list-style-type: none"> • 사용되지 않는 루트에 대해서도 VC/VP 설정. • 망 구성 초기화 과정에서 2 계층 경로 설정에 상당 시간이 소요되지만 초기화가 끝난 후에는 연결 설정에 소비되는 시간이 없다. 그러나 망의 장애 등 망 구성이 변화하는 경우에는 연결 재 설정에 대한 지연 발생. • 미리 설정된 레이블을 사용하므로 연결 설정에 대한 지연이 없음 • 동일한 목적지 흐름들을 VC merge로 결합

Data-driven 방식
<ul style="list-style-type: none"> • 데이터가 직접 전달될 때에만 2 계층 경로가 생성되므로 VCI/VPI의 낭비를 감소 • 플로우의 감지와 스위칭이 지역적으로 이루어지므로 망의 장애에 대한 회복력이 뛰어나 • 플로우 감지에 hop-by-hop으로 이루어지므로 지연 시간이 증가. • 첫 패킷은 2계층 경로가 없으므로 라우팅 되어야만 한다. 따라서 데이터 트래픽을 라우팅에 의해 전송하는 기능도 필요함. • 플로우 인식을 위해서는 2계층 경로가 생성되기 위한 시간 이상 플로우가 지속되어야 함. • 플로우 변화에 따라 2계층 경로가 계속 생성, 소멸되어야 하므로 제어신호 전송량 증가.

III. 레이블 스위칭 기술 분석

레이블 스위칭은 라우터, ATM 스위치 등 다양한 장치에서 구현이 가능하다. ATM 백본망에서 레이블 스위칭을 지원하기 위해서는 소프트웨어적인 수정만으로도 가능하며, 라우터의 하드웨어적인 개선은 필요하지 않다^{7,10,11,12)}.

1. 레이블 스위칭 구조

레이블 스위칭은 라우팅과 스위칭이 결합됨으로써 두 기능에서 오는 장점을 흡수하게 된다. 레이블 스위칭을 수행하는 망 구성 요소는 다음과 같다^{7,8,11)}.

- LSR(Label Switching Router) : 레이블 스위칭의 기본적인 기능인 포워딩과 제어 기능을 수행한다.
- LC-ATM(Label Switching Controlled ATM) Interface : ATM 인터페이스로, 레이블 스위칭 제어 구성 요소에 의해 제어된다.
- ATM-LSR : ATM 스위치에 기반한 LSR이며 LC-ATM 인터페이스를 갖는다.
- Frame-based LSR : 인터페이스들 간에 패킷을 포워드하는 LSR로써, 반드시 LC-ATM 인터페이스나 Frame Relay 인터페이스를 가질 필요는 없다. 이 때, 프레임은 frame relay protocol이 아닌 패킷을 의미한다
- Edge LSR : LC-ATM 인터페이스를 통해 ATM-LSR로 구성된 레이블 스위칭 망에 연결된 frame-based LSR로써, 패킷들에 레이블을 추가하고 제거하는 기능을 수행한다.

레이블 스위칭 기능은 기본적으로 포워딩(forwarding)과 제어(control)로 구성된다^[10-13].

1) 포워딩 구성요소(Forwarding Component)

ATM 포워딩 기능은 VCI와 VPI 값을 변환시킴으로써 셀을 스위칭하지만 하면 되므로 레이블 스위칭의 포워딩은 기존의 ATM 망에서의 스위칭 기능과 다를 바가 없다. 즉, VCI가 바로 레이블이 된다.

2) 제어 구성요소(Control Component)

ATM 스위치의 제어기는 VCI와 IP 루트(route)를 바인드(bind)하기 위해 LDP^[11,12]를 적용하며 OSPF, BGP, RSVP 등의 IP 라우팅 프로토콜에도 관여한다. ATM LSR은 downstream-on-demand 할당 메커니즘을 사용한다. 각 ATM LSR은 자신이 사용할 모든 IP 루트 목록을 LIB(Label Information Base)에 유지하고 있으며, 특정 루트에 대한 레이블 바인딩(binding)을 위해서 다음 홉에게 LDP를 통해 요구 메시지를 보낸다. 요구 메시지를 받은 ATM LSR은 입력 레이블(incoming label)를 할당된 레이블로 설정한 항목(entry)을 LIB에 만든다. 레이블 바인딩을 보내는 방식으로 다음과 같은 두 가지가 있다.

(1) Optimistic mode

입력 레이블과 요구 메시지를 보낸 LSR에 대한 루트 간의 바인딩을 즉시 보내준다. 요구 메시지를 받은 LSR은 바인딩을 보내면서 다음 홉에게 바인딩 요구 메시지를 보내는 과정을 반복한다.

(2) Conservative mode

다음 홉 LSR이 목적지 edge LSR에 도착할 때까지 다음 홉에게 바인딩 요구 메시지를 보내는 과정이 반복된다. 목적지 edge LSR에 이르면 레이블 바인딩을 요청한 LSR들에게 보내주기 시작한다.

2. ATM 망에서의 레이블 스위칭

ATM-LSR의 제어 기능은 UNI나 PNNI 프로토콜이 아닌 OSPF, BGP, PIM, RSVP의 프로토콜을 통해 수행된다. 그러나 포워딩은 ATM 스위치를 통해 수행된다.

1) 레이블 정보

ATM 헤더에 저장된다. 레이블 스택이 한 계층이면 VCI 필드만을 사용하고(16 bit이므로 216개 레이블이 가능하다.) 두 계층이라면 VPI 필드도 사용한다.(12 bit이므로 212= 4096개의 레이블로 제한된다.)

2) 목적지 기반 포워딩(Destination-based forwarding)

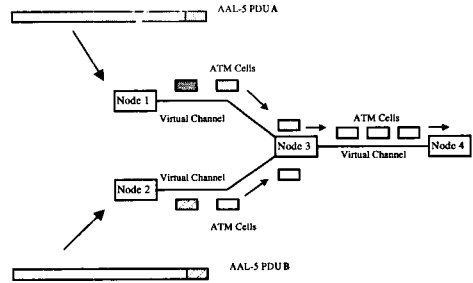


그림 1. Cell Interleave

ATM-LSR에서 목적지 기반 포워딩 시에, 효율적이 레이블 사용을 위해서 remote binding은 요청(on-demand)이 있는 경우에만 일어난다.

- ATM-LSR은 다른 LSR의 요구 메시지를 받게되면 자신의 local binding을 보내준다.
- 다른 LSR로부터 remote binding 정보를 얻으려면 역시 요청을 해야 한다.

그리고, 다른 패킷에 해당하는 cell들이 같은 VCI 값을 갖는 cell interleave 문제가 발생할 수 있다. (그림 1 참조) 이는 다음의 두 가지 방식으로 해결할 수 있다^[8,12]

3) VC-merge 방식

ATM-LSR이 end-of-packet indicator로 셀들을 인식해서 셀들을 버퍼링할 수 있어야 한다. VC-merge를 통해서 destination-based routing을 지원할 수 있으나 패킷들의 경계를 인식하는 기능은 ATM 표준이 아니기 때문에 이 기능의 추가가 필요하다. 그리고 자원 예약(resource reservation)을 요구하는 트래픽에 대해서는 사용되지 않기 때문에, 버퍼링에 의한 지연은 VC-merge가 되는 트래픽에 대해 큰 영향을 미치지 않는다.

4) 다중 레이블 할당 방식(Multiple labels)

다른 패킷의 셀들에 대해 다른 VCI 값을 갖도록, 특정 루트에 대해 다수의 레이블을 유지한다. 다중 레이블 할당 방식은 ATM 하드웨어에 대한 수정이 전혀 필요치 않지만 VC 수에 대해서 문제점을 갖는다. VC 수가 제한된다는 면에서 확장성(scalability)은 VC-merge 방식보다는 떨어지지만 IP over ATM에 비해서는 좋은 성능을 갖는다.

IV. 레이블 스위칭 기술 성능 평가 및 분석

1. 성능 평가 환경

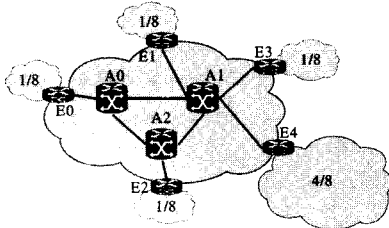


그림 2. 성능 평가 시 선택 망 구성도

1.1 망 구성(Network configuration)

본 논문에서는 레이블 스위치가 망에 도입되었을 때, 망 성능에 대한 영향을 분석하는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 망 내에 유입되는 IP 트래픽에 대해서 레이블 스위칭을 하는 경우와 레이블 스위칭 없이 일반적인 라우팅 과정을 거치는 경우를 비교한다.^[14]에서는 한 개의 IP 스위치를 성능 평가 모델로 잡았으며 이것은 IP 스위칭이 hop-by-hop으로 이루어지는 알고리즘이기 때문에 가능하다^[14,14]. 그러나 본 논문에서는 레이블 스위칭 기술을 성능 평가하기 위해 여러 네트워크를 연결하는 백본망으로서 그림 2와 같은 망 구성을 잡는다^[15]. An은 ATM LSR을, En은 edge LSR을 나타낸다. 그리고 각 edge LSR에는 외부망이 연결되어 있다. 그리고 일반적으로 각 레이블과 관련되는 VC는 ATM CBR PVC(Permanent VC)로 간주된다.

1.2 트래픽 소스

NLANR(National Laboratory for Applied Network Research)에서는 인터넷 서비스 모델링, 인터넷 트래픽 분석 등의 연구를 활성화시키기 위해 인터넷 트래픽 트레이스를 공개적으로 제공하고 있다. 본 연구에서는 IP switching을 성능 평가 한^[14]에서와 같이 NLANR의 web site^[16]에서 제공하는 인터넷 트래픽의 패킷 헤더 트레이스들을 성능 평가에 대한 입력 트래픽으로 사용하고 있으며 입력 노드로써 각 edge LSR에 유입되는 트래픽 트레이스는 다음 표 1과 같다.

외부 망에서 각 edge LSR로 입력되는 패킷의 수와 출력 LSR로 선택될 확률은 표 2와 같다. 본 성

표 1. Edge LSR에서 사용된 인터넷 트래픽

LSR	인터넷 트래픽	평균 길이	지속시간	측정시간
E0	Trace1	515.7	84.25809	Sun Jun 13 03:04:29 1999
E1	Trace2	453.3	82.32821	Sun May 30 03:06:09 1999
E2	Trace3	460.6	49.91031	Sun Jun 27 03:27:47 1999
E3	Trace4	500.0	62.15878	Sun Jun 06 03:52:53 1999
E4	Trace5	289.0	81.03673	Sun Jun 20 03:16:08 1999

표 2. Edge LSR 당 입력 패킷 수 및 출력 LSR 확률

LSR	입력 패킷 수	출력 LSR 확률
E0	103809	1/8
E1	50416	1/8
E2	39537	1/8
E3	33675	1/8
E4	14185	1/2

능 평가에서 사용되는 입력 트래픽 트레이스의 IP 주소는 16 bit 중에서 하위 3bit만을 circularly left shift로 변화시키고 있다. 그리고 본 성능평가의 망 구성도 중에서 edge LSR E4에 연결된 서브넷의 크기를 전체 망의 반으로 설정하여, 입력 트래픽의 절반이 E4를 출력 LSR로 잡도록 한다. 즉, 그림 2의 각 edge LSR에 연결된 서브넷에서 발생하는 트래픽의 목적지 IP 주소는 하위 3bit 변화로 8개의 주소가 평등하게 분포(uniform distribution)되는데 이 중 4개의 주소는 E4에 연결된 서브넷을 향하게 된다. 따라서 ATM LSR들 중 A1에 부하가 집중되도록 한다.

1.3 성능평가 파라미터

레이블 스위칭에 대한 성능 평가 수행 시 측정되는 성능 평가 파라미터는 다음과 같다^[14, 15].

1) 지연 시간

본 성능 평가에서의 전송 시간은 edge LSR(혹은 라우터)로부터 다른 edge LSR로 패킷이 전송되는데 걸리는 시간을 의미한다. 전파지연시간(propagation delay)도 지연 시간에 영향을 끼치지만 전파지연 시간은 전송 매체의 물리적인 특성에 기반하기 때문에 본 논문에서는 고려하지 않고 있다. 그리고 지연 시간에는 라우터나 스위치에서의 처리 시간, 큐에서의 대기 시간 및 전송 시간이 포함되고 있다. 즉, 다른 모든 edge LSR(혹은 라우터)로부터 전송되어 온 패킷들이 각 edge 라우터로 도착하는 데 걸리는 평균 시간으로 정의한다. 그러나 VC merge 성능평가에서 지연 시간은 ATM LSR A1에서의 버퍼에 머무르는 대기 시간과 출력 LSR에 이르기까지의 시간을 의미한다.

2) 패킷 손실률

본 성능 평가에서는 LSR 내의 큐(라우터나 ATM 스위치의 큐)에 도착하는 패킷의 수가 큐의 크기를 초과할 때 발생하는 손실을 의미한다. 결국, 데이터 패기울 및 버퍼 오버플로우(overflow)와 연관된다.

2. 성능 평가 결과 및 분석

2.1 LSR에서 레이블 스위칭과 라우팅하는 경우의 비교

A0, A1, A2가 ATM LSR로서 2 계층 스위칭을 하는 경우와 일반 라우터로서 3 계층 라우팅을 하는 경우, 패킷들이 전송되는 데 걸리는 시간을 측정하여 비교한다. 다음의 표 3은 ATM LSR에서 스위칭으로 인해 지연되는 시간 값을 라우팅으로 인한 지연에 대하여 상대적으로 1/5의 값으로 지정한 경우이다. ATM 스위치에서의 큐 크기는 10(패킷 단위)으로, 라우터에서의 큐 크기는 40으로 설정했다. 표에서의 Ingress, Egress는 각 edgeLSR이 망에서 입구 및 출구 위치에 있을 때 유입되는 패킷 수이며 In, Out은 ATM LSR에서 입력되는 패킷과 출력되는 패킷의 수이다.

레이블 스위칭 없이 일반적인 라우팅만으로 데이터를 전송하는 경우, 전송 시간의 연장은 물론 트래픽이 집중되는 ATM LSR A1에서 혼잡 발생으로

표 3. 레이블 스위칭 방식과 라우팅 방식의 지연 시간 및 패킷 손실률

스위칭 지연시간 : 0.00002 라우팅 지연시간 : 0.0001

<레이블 스위칭 방식>

LSR	Overflow	Ingress/In	Egress/Out	Delay
E0	0	103809	12426	0.000278
E1	0	50416	19827	0.000274
E2	0	39537	31895	0.000272
E3	0	33675	25376	0.000266
E4	0	14185	152098	0.000315
A0	0	116235	116235	
A1	0	230368	230368	
A2	0	71432	71432	

<라우팅 방식>

LSR	Overflow	Ingress/In	Egress/Out	Delay
E0	0	103809	12426	0.000478
E1	0	50416	19827	0.000466
E2	0	39537	31895	0.000463
E3	0	33675	25376	0.000459
E4	0	14185	152089	0.000516
A0	0	116235	116235	
A1	0	230368	230359	
A2	0	71432	71432	

인한 셀 초과(overflow) 및 그에 따른 패기가 발생됨을 볼 수 있다. 반면에, 레이블 스위칭 방식은 빠른 스위칭 속도로 이와 같은 현상이 발생하지 않는다

2.2 ATM LSR 버퍼의 망 성능에 대한 영향

LSR에서의 지연 시간은 한 셀이 LSR 입력 포트에 도착해서 출력 라인으로 나갈 때까지 LSR에서 머무르는 평균 시간을 의미한다. 따라서, 스위칭 지연 시간에는 일반적인 ATM 스위칭 구조에서처럼 입력 버퍼, 내부 버퍼, 출력 버퍼에서 대기하는 시간이 포함된다. 본 연구의 ATM-LSR은 일반적으로 많이 사용되는 출력 버퍼 구조를 가정하였다. ATM LSR에서도 일반 ATM 스위치와 마찬가지로 스위치 내에 할당되는 버퍼의 크기에 따라 손실률과 지연시간에 영향을 미치게 된다. 그림 3은 A1의 버퍼 크기에 따라 LSR에서의 손실률과 지연시간과의 관계를 알 수 있다. 즉, 버퍼의 크기가 증가함에 따라 지연 시간은 증가하고 버퍼 오버플로우로 인한 셀 손실은 감소하게 된다. 따라서, 각 트래픽 특성에 따라 셀 손실 및 지연 시간 요구치를 만족시키는 버퍼 크기가 할당되어야 한다.

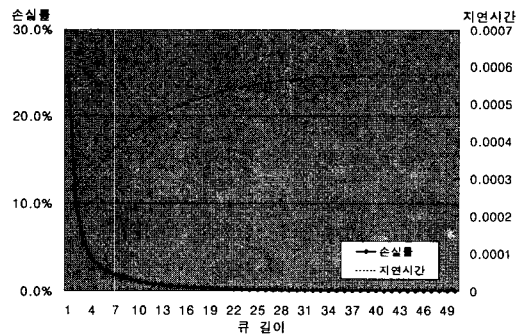


그림 3. ATM LSR 큐와 손실률 및 지연과의 관계

2.3 VC-merge 시 성능 평가

동일한 목적으로 향하는 VC들이 merge되는지의 여부에 따른 전송 특성 및 망 성능에 미치는 영향을 살펴본다. 스위칭으로 인한 지연 시간 및 큐 길이는 앞서와 같이 각각 0.0002 와 10(패킷 단위)으로 설정한다. 그리고 본 성능평가 시스템에서의 VC-merge는 그림 4처럼 일어나며 VC-merge 여부에 따른 성능 평가 결과는 표 4와 같다. VC-merge를 하지 않는 경우에는, 다중 레이블 할당 방식을 적용하게 된다. VC-merge를 하는 경우, ATM LSR에서의 지연과 혼잡에 의한 패킷 손실이 발생하는

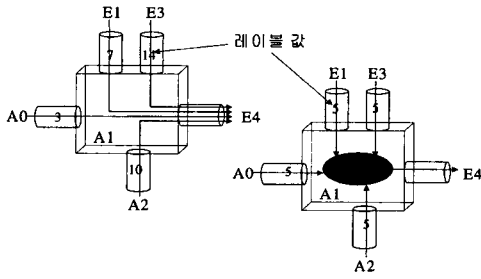


그림 4. 성능 평가 시 VC merge 구성

표 4. VC-merge로 인한 지연 시간 및 패킷 손실률 <Non-VC merging>

LSR	Overflow	In	Out	Delay
E0	83	103809	12426	0.000986
E1	0	50416	19827	0.000960
E2	0	39537	31895	0.000957
E3	0	33675	25376	0.001020
E4	121	14185	152015	0.001866
A0		116152	116152	
A1		230285	230285	
A2		71432	71432	

<VC merging>

LSR	Overflow	In	Out	Delay
E0	83	103809	12426	0.000985
E1	0	50416	19827	0.000960
E2	0	39537	31895	0.000957
E3	0	33675	25376	0.001020
E4	0	14185	149554	0.001558
A0		116152	116152	
A1		230285	227824	
A2		71432	71432	

것을 볼 수 있다. ATM LSR A1에서 출력 LSR E4로 향하는 모든 트래픽이 같은 VCI를 갖고 동일한 VC로 전송된다. 따라서, 이와 같이 공유되는 VC에 할당된 대역폭을 초과하는 경우가 발생할 수 있다. 그러나 본 성능 평가에서는 실제 망에서의와 달리 많은 수의 트래픽을 merge했으며 적절한 대역폭의 할당은 자원 이용도를 향상시킬 것이다. 그림 5는 ATM LSR A0, A2와 edge LSR E1, E3에서 출력 LSR인 E4로 네 개의 VC가 결합되어 E4로 전송될 경우, A1에서 VC가 결합될 때, 대역폭에 따른 패킷 손실률과 지연 시간이다. 표 4에서 VC-merge의 경우, 같은 VCI 값을 갖는 VC의 대역폭은 0.0002(초/패킷)의 시간이며, A1에서 VC-merge 시에도 이와 동일한 대역폭을 사용한 경우 패킷 손실과 지연에 있어서 성능 저하가 있음을 보여 준다.

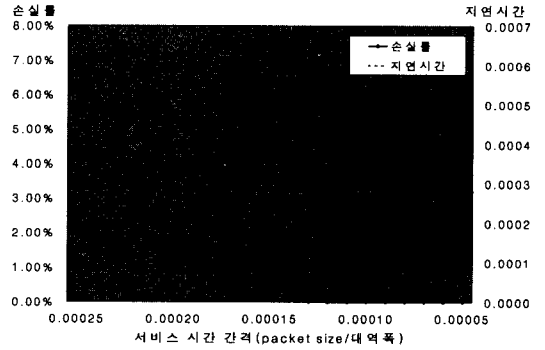


그림 5. VC-merge 시 대역폭, 손실률, 지연과의 관계-I

그러나, A1에서 VC에 대한 대역폭 할당량을 증가시키기에 따라 패킷 손실과 지연시간이 현저히 줄어드는 것을 그림 5에서 볼 수 있다. 따라서 VC-merge된 VC에 적절한 크기의 대역폭을 설정하여 줄 필요가 있음을 알 수 있다. 그림 6은 그림 5보다 merge되는 트래픽 더 적은 경우의 성능 평가 결과이다. 즉, E1, E3에서 오는 트래픽은 다중 레이블을 할당받아 merge 되지 않고 A0, A1에서 오는 트래픽은 merge 되는 경우이다. merge 되는 VC만을 관찰했을 때, 평균 손실률과 지연 시간이 그림 4에서보다 줄어들었다. 그러나 VC-merge를 하지 않은 경우, VC-merge를 한 경우에 비하여 더 많은 VC와 그에 따른 대역폭을 필요로 하므로, 대역폭과 VC의 낭비를 초래할 수 있다. 특히, ATM 망과 같이 한정된 레이블 영역(VC)을 갖는 경우에 VC-merge 없이 다중 레이블을 사용한다면 망 자원 측면에서 비효율적인 이용률로 이를 것이다. 그리고 수용할 수 있는 트래픽 플로우 수도 레이블 수로 한정될 것이다.

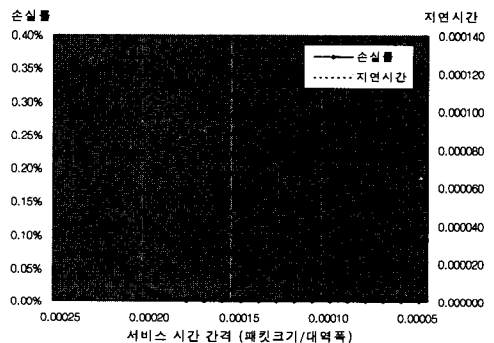


그림 6. VC-merge 시 대역폭과 손실률 및 지연 시간과의 관계-II

V. 결론

레이블 스위칭은 라우터가 가진 라우팅 기능과 아울러 ATM 스위치가 갖는 다양한 큐잉 메커니즘을 동시에 제공한다. 즉, ATM 스위치를 ATM 서비스 및 IP 서비스가 함께 사용하게 된다. 따라서, ATM 백본망에 기반한 WAN(Wide Area Network)에서, 레이블 스위칭에 기반한 MPLS는 MPO나 NHRP와 같은 SVC 기반의 IP over ATM 방식들이 지원이 어려운 멀티캐스트, VC merge, 차별화된 서비스 및 QoS 지원을 제공할 것이다.

본 논문에서 수행된 성능 평가 결과로부터 레이블 스위칭은 라우팅 과정을 거치지 않고 셀들을 스위칭하기 때문에 각 LSR에서 지연 시간이 줄어들게 됨을 알 수 있다. 결국, 레이블 스위칭을 도입한 방식이 트래픽 처리 속도가 향상됨으로써 데이터의 지연 시간 및 손실률을 감소시킨 것이다. 그리고 레이블 스위칭이 ATM 망에 도입될 경우, 발생하는 문제의 하나인 cell interleave를 해결하기 위해서 VC merge를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우를 망 성능 면에서 비교했다. 대역폭 이용률 면에서 VC merge가 필요함을 시뮬레이션 비교 결과가 보여주고 있다. 그러나 다수의 트래픽이 결합될 경우, 혼잡 발생을 줄이기 위하여 결합되는 VC에 대해서 적절한 대역폭을 지정할 필요가 있다.

따라서, 현재 표준으로 진행 중인 MPLS의 향후 연구 방향은 VC merge 시, RB(Reassembly Buffer) 크기 할당 및 각 VC에 대한 대역폭 할당에 대한 분석이 이루어져야 한다. .

참 고 문 헌

- [1] M. Laubach, "Classical IP and ARP over ATM", *IETF RFC 1577*, Jan. 1994.
- [2] ATM Forum Technical Committee, "LAN Emulation over ATM version 1.0", *ATM Forum*, af-lane- 0021.000, Jan. 1995.
- [3] "Multiprotocol over ATM Specification", *The ATM Forum*, version 1.0, Jul. 1997.
- [4] P. Newman, G. Minshanll, and T. Lyon, "IP switching: ATM Under IP", *IEEE/ACM Trans. Networking*, pp117-129, Apr. 1998
- [5] H. Esaki, "Cell Switch Router: Label Switch Router Supporting SONET and ATM Interface", *Toshiba Co.*, Mar. 1998.
- [6] A. Viswanathan, N. Feldman, R. Boivie, and R. Woundy, "ARIS: Aggregate route-based IP switching", *IETF Internet Draft*, draft-woundy-aris- ipswitching-00.txt, Mar. 1997.
- [7] E. C. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, "Multiprotocol label switching architecture", *IETF Internet Draft*, ftp://www.ietf.org/internet-drafts/ draft-ietf-mpls-arch-05.txt, Apr. 1999.
- [8] B. Davie, P. Doolan, Y. Rekhter, "Switching in IP Networks", *Morgan Kaufmann. Publishers*, San Francisco, 1998.
- [9] C.T. Lea, C. Y. Tusi, B. Li, L. C. Y. Kwan, S. K. M. Chan, and A. H. W. Chan, "A/I Net : A Network that Integrates ATM and IP", *IEEE Network Mag.*, pp48-55, Jan/feb. 1999.
- [10] Y. Rekhter et al., "Cisco Systems Tag Switching Architecture Overview", *IETF RFC 2105*, Feb. 1997.
- [11] B. Davie et al, "MPLS using ATM VC Switching", ftp://www.ietf.org/internet-drafts/ draft-ietf-mpls-atm- 02.txt, Apr. 1999.
- [12] L. Andersson, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, and B. Thomas, "LDP Specification", ftp://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-ldp- 05.txt, Jun. 1999.
- [13] Cisco Systems, "Cisco Express Forwarding", White Paper, 1997.
- [14] S. Lin and N. McKeown, "A Simulation Study of IP Switching," Technical Report CSL-TR-97-720, Apr. 1997.
- [15] "Label-based switching: Architecture and performance in an ATM wide area network", <http://www.dante.net/ten-34/DELIVERABLES/D14.2/2.html>.
- [16] NLANR homepage at <http://moat.nlanr.net/>

이 수 경(SuKyoung Lee)



1993.2 연세대학교 이과대학
컴퓨터과학과 학사
1995.2 연세대학교 이과대학
컴퓨터과학과 석사
1996.3~현재: 연세대학교 공과
대학 컴퓨터과학과
박사과정

<주관심 분야> ATM 트래픽 제어, MPLS 트래픽
엔지니어링 및 VC merge, Wireless ATM
handover 제어

오 경 희(KyungHee Oh)



1999.2 연세대학교 공과대학
컴퓨터과학과 학사
1999.3~현재: 연세대학교 공과
대학 컴퓨터과학과
석사과정

<주관심 분야> MPLS, TCP/IP

손 흥 세(HongSe Son)

1986.2 경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 학사
1990.2 경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 석사
1990.2~현재: 한국전자통신연구원 재직

<주관심 분야> MPLS, LAN/WAN 프로토콜 호환
시험 및 성능 평가

송 주 석(JooSeok Song)



1976년 서울대학교 전기공학과
학사
1979년 한국과학기술원 전기 및 전자
공학과 석사
1988년 Univ. of California,
Berkeley 전산과학 박사.

1979~1982년: 한국 전기통신 연구소 전임 연구원
1982년: 중앙 전기 주식회사 개발자문
1988~1989년: Naval Postgraduate School 조교수
1989년~현재: 연세대학교 컴퓨터과학과 교수 및
소프트웨어 응용 연구소 소장

<주관심 분야> ATM 트래픽 제어, PCS, MPLS,
정보보호, 암호학