

主 題

ATM 기반의 MPLS

LG정보통신 민성기, 김영궁

차 례

1. 서론
2. MPLS 개요
3. ATM 기반 MPLS
4. MPLS를 지원하는 ATM 교환기 구조
5. 결론

1. 서론

광대역 ISDN의 전송 기술로 채택되어 연구 개발된 ATM은 그 기술이 거의 성숙된 단계에 이르렀지만 아직까지 공중망에서의 주요 전송 기술로 자리잡지 못하고 있다. 이는 ATM의 연결 지향성 전송 방식을 직접 이용하여 높은 품질의 서비스를 제공할 수 있도록 하는 응용 기술의 발전이 더디어서 직접 ATM 서비스를 필요로 하는 사용자의 확산이 미미한 수준이기 때문이다. 이에 따라 현재까지 ATM 기술은 주로 기업체나 학교 등의 사설 망의 구축에 활용되어 왔다. 그러던 중 WWW의 등장과 함께 Internet 사용자가 폭발적으로 등장하게 되었고 또한 단순 데이터 전송 서비스가 아닌 보다 다양하고 고품질의 서비스를 요구하게 되어 현재 Internet Backbone 망에 보다 높은 품질의 전송 서비스를 요구하게 되었다. 이에 따라 Internet에서의 주요 전송 프로토콜인 IP의 전송을 담당하는 라우터 장비의 높은 성능 향상을 요구하게 되어 Gigabit/

Terabit Router 개발 등과 같은 연구 개발이 진행되고 있다. 한편 ATM/SONET 등의 고속 전송 기술을 이용하여 IP를 전송하는 방법 등에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

Internet에서 사용되는 IP는 비연결형 전송을 기본으로 한다. 그러나 대부분의 응용프로그램은 ATM 기술과 같은 연결형 전송인 TCP를 이용한다. 이는 ATM 기술이 기존의 응용 데이터 전송에도 잘 적용될 수 있음을 의미하며 IPOA(IP Over ATM), NHRP(Next Hop Resolution Protocol), LANE(LAN Emulation), MPOA(Multi-Protocol Over ATM)와 같은 IP-ATM 연동 기술에 적용됨을 볼 수 있다[1-4]. 이러한 IP-ATM 연동 방식들은 광범위한 영역을 커버하는 공중망에서는 적합하지 못한 방식이다.

IPOA의 경우 LIS(Logical IP Subnet) 형태로 망을 구성하여 단일 LIS내에서는 호스트간에 직접 ATM 연결을 통해 데이터 전송이 가능하다[1]. 그러나 LIS간에는 기존의 IP망과 같이 라우터를 통

해 데이터를 전송하도록 구성되어 있다. 따라서 각 LIS들이 동일한 ATM 망 내에 존재하더라도 서로 다른 LIS에 속하는 호스트간의 데이터 전송은 LIS를 연결하는 라우터를 경유해야만 하는 문제점을 가지고 있어 여전히 라우터는 병목 현상을 갖게 된다. 이를 해결하기 위해 제안된 NHRP[2]의 경우, 호스트간의 직접 ATM 연결(Shortcut)을 설정하기 위해서는 데이터의 흐름 감지와 연결에 필요한 ATM 주소 정보 획득 과정(NHRP request/reply)등에 소요되는 연결 설정 지연 때문에 대규모의 공중망에 적용하기에는 문제가 있다. 또한 호스트간의 직접 연결을 제공해 주기 때문에 Intranet의 보안 장치인 방화벽(firewall)을 바로 통과 할 수 있는 문제점 등이 존재한다. LANE[3]의 경우 ATM 계층이 Ethernet과 같은 물리계층에 위치하여, ATM의 기능을 최소화하여 사용하는 경향이 있어서 ATM 고유의 장점(고품질 QoS 등)을 활용할 수 없으며, 공중망에서는 Network Layer의 프로토콜이 IP만 이용됨으로 이와 같은 구조는 적합하지 않다. MPOA[4]는 LANE, IPOA, NHRP, MARS/MCS(Multicast Address Resolution Server / Multicast Server) 등의 기술을 이용하여 망을 구성한 형태로서 이러한 기술이 갖고 있는 문제점들이 여전히 존재하므로 공중망에 적용하기에는 적합하지 않다.

위와 같이 ATM 망 위에서 IP 서비스를 제공하는 모델을 일반적으로 오버레이(overlay) 모델이라고 하며 이러한 방식으로는 공중망에서 ATM 기술을 이용한 IP 서비스 제공에는 한계가 있다. 이에 따라 ATM 스위치와 같이 고속의 계층 2 스위칭 기능을 직접 이용하여 IP 전송 서비스를 제공하기 위한 여러 연구가 진행되었고 그 결과 MPLS(Multi-Protocol Label Switching) [5] 기술이 등장하여 표준화의 단계에 이르게 되었다.

본 고에서는 MPLS의 등장 배경과 MPLS의 기본 기능 및 동작 과정에 대해 기술하고 ATM을 이용한 MPLS 서비스 제공 방안에 대해 진행되고 있

는 연구 동향에 대해 소개한다. 본 고의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MPLS의 등장 배경 및 MPLS 기술 개요를 다루고 3장에서는 ATM 기반의 MPLS 기술에 대해 논하고 4장에서는 ATM 스위치를 이용한 MPLS 구현 방안에 대해 기술하며 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. MPLS 개요

2.1 MPLS 등장 배경

MPLS 기술은 서론에서 언급하였듯이 계층 2 스위칭 기능을 이용한 IP 전송 서비스를 제공하기 위한 연구의 결과로 등장하였다. 'Layer 2 Forwarding & Layer 3 Routing'이라 불리는 이러한 기술은 기존 라우터의 계층 3에서 수행하던 IP 라우팅 및 전송 기능을 분리하여 라우팅 기능은 기존 라우터의 IP 계층상에서 동작하는 라우팅 프로토콜의 기능을 그대로 이용하면서 패킷의 전송 기능은 ATM 스위치와 같이 고속의 계층 2 스위칭 기능을 이용하여 보다 효율적으로 IP 패킷을 전송할 수 있도록 한 기술이다[5].

초기에 나타난 이러한 연구에는 IPSILON(NOKIA에 인수됨)의 IP Switch, TOSHIBA의 CSR(Cell Switch Router), IBM의 ARIS(Aggregated Route based IP Switching), CASCADE (ASCEND COMMUNICATIONS에 인수됨)의 IP Navigator, CISCO의 Tag Switch[6] 등이 있다. 이러한 기술들은 크게 2가지로 분류되는데 데이터의 흐름을 분석(flow detection)하여 지속성 데이터로 판별된 흐름에 대해서는 출발지와 목적지간의 ATM 연결 설정 통해 데이터를 전송하는 트래픽 기반(traffic driven) 방식과 미리 수집된 망 정보를 이용하여 데이터가 전송될 경로를 데이터가 망에 유입되기 이전에 설정하여 데이터를 전송해 주는 토

플로지 기반(topology driven) 방식이 있다. IP Switch, CSR 등은 전자에 속하며 ARIS, IP Navigator, Tag Switch 등은 후자에 속한다. (*주: 토폴로지 기반 방식은 종종 제어 기반(control driven) 방식으로 불리기도 하는데 이는 토폴로지 기반 방식을 포함하여 특정 요구에 의해 데이터 전송로를 설정하는 것도 가능한 제어 방식을 지칭한다.)

트래픽 기반(traffic driven) 방식의 대표적인 기술인 IP Switch는 ATM 스위치와 이를 제어하며 기본 라우터 기능을 수행하는 독립적인 제어 장치(일종의 Workstation)로 구성되어 있으며 IFMP(Ipsilon Flow Management Protocol) [7]과 GSMP(General Switch Management Protocol) [8]을 통해 동작한다. 그 구조는 그림 1과 같다.

IP Switch로 구성된 망 내에서의 IP 패킷은 기본적으로 제어 장치를 경유하여 hop-by-hop 방식으로 전송된다. 각 제어 장치에서는 전송되는 IP 패킷을 분석하여 발신지와 수신지가 동일한 패킷(source/destination IP address pair가 동일한 패킷 또는 port 번호까지 동일한 응용 흐름 패

킷)에 대해 지속적인 데이터 흐름이 감지되었을 경우 IFMP를 이용하여 이 흐름에 대해 각 IP Switch 간에 사용할 계층 2 레이블(label, ATM의 경우 VPI/VCI)을 배포한다. 각 IP Switch에서는 배포된 레이블에 따라 입출력 포트에 연결 설정을 수행하며 이에 사용하기 위해 제안된 프로토콜이 GSMP이다. (*주: 초기에 IP 스위치를 위해 Ipsilon에서 제안된 GSMP는 현재 IETF의 GSMP Working Group에서 다양한 기능을 추가하여 새로운 표준을 만들기 위한 작업을 수행하고 있다. 이 작업은 현재 MSF(Multiservice Switching Forum)과 공동으로 진행되고 있으며 새로운 표준이 될 GSMP V3.0은 개방형 레이블 스위치를 제어하기 위한 표준 인터페이스 프로토콜로 채택될 것이다.)

그런데 이와 같은 트래픽 기반 방식은 공중망의 백본(backbone)에 사용하기에는 NHRP와 같은 문제점을 내포하고 있다. 즉, 데이터 흐름을 파악하여 연결 설정을 통해 계층 2 전송로가 완성되기까지 소요되는 연결 지연의 문제가 있어 데이터가 전달되는 과정에서 많은 노드를 경유하는 공중망에서는 그 문제가 심각해진다. 또한 출발지와 목적지의 Host(IP address)에 대해 또는 port 번호까지

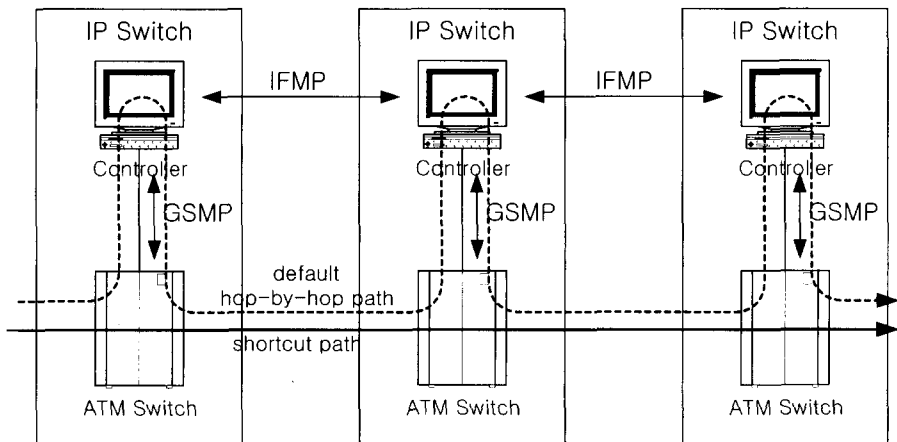


그림 1. IP Switch 구조

동일한 응용 흐름에 대해 망 내의 모든 전송로 상에서 연결을 설정해야 하기 때문에 공중망에서는 너무 많은 수의 연결을 필요로 하게 되어 쉽게 레이블의 고갈을 일으킬 수 있으며 레이블의 관리가 어려워지는 단점이 있다.

반면에 제어 기반 방식인 CISCO의 Tag Switch는 기존의 네트워크 계층의 라우팅 프로토콜이 생성한 토폴로지(topology) 정보를 기반으로 하여 데이터가 망에 입력되어 출력될 때까지 필요한 전송 경로를 미리 설정해 놓고 이를 통해 데이터를 전송하는 방식이다(6). Tag Switch 방식에서는 TDP(Tag Distribution Protocol)을 이용하여 Tag Switch 망 내에서 필요한 Tag값을 미리 협상, 배포하여 이를 기준으로 데이터를 전송하기 위한 계층 2 경로를 설정한다. 이와 같은 방법은 기존의 트래픽 기반 방식의 연결 설정 지연과 같은 문제를 해결할 수 있으며 데이터 흐름을 통합하여 하나의 전송로에 사상(mapping)할 수 있어 상대적으로 레이블의 수를 줄일 수 있으며 따라서 필요한 연결을 최소화 할 수 있다. 따라서 이와 같은 방식을 지원하는 많은 연구가 진행되었고 각 장비 업체에서는 다양한 시제품들을 선보이게 되었고 이에 따라 각 장비의 연동을 제공하기 위한 표준화의 문제가 대두되었다.

이러한 필요에 의해 IETF에서는 네트워크 계층의 라우팅과 결합한 레이블 교환(swapping) 방식을 표준화하기 위하여 MPLS WG(working group)을 결성하였다. MPLS WG에서는 다음과 같은 사항들을 고려하여 표준화 작업을 수행 중에 있다. 첫째, 라우팅 계층이 존재할 때, 전송 정보를 함축하는 수단으로서의 레이블을 이용함으로써 대형 망에서 사용할 수 있게 망의 확장성을 보장한다. 둘째, 특정 서비스(예, QoS)를 받을 수 있도록 특정 트래픽을 구분하는데 레이블을 사용하거나, 전송 목적지 기반 경로와 다른 지정된 경로를 사용하도록 구별하는데 레이블이 사용 될 수 있도록 하는 망의 유연성을 증대시킨다. 셋째, 망의 성능을 최적화 하는 방식으로써 레이블 교환이 사용될 수 있도록 한

다. 넷째, 셀 스위칭 기술 기반 라우터들과의 통합(integration)이 단순화 되도록 하는 것이다. 또한 MPLS WG은 네트워크 계층 라우팅과 같이 레이블 스위칭 기술을 사용 할 수 있도록 하며, Packet-over-SONET, Frame Relay, ATM, Ethernet, Token Ring등의 링크-계층 기술에 구현 할 수 있도록 하는 표준화 작업을 수행하고 있다(5).

2.2 MPLS 기술 개요

MPLS는 OSI 계층 3 라우팅과 제어 프로토콜을 기반으로 한 연결형 교환 기능을 제공한다. MPLS는 기본적으로 shim 계층이라 부르는 계층이 OSI 계층 3과 계층 2 사이에 존재하여, 계층 3 트래픽에 대한 연결 서비스를 제공하고, 다시 계층 2의 서비스를 통하여 정보를 전송한다. MPLS의 기본 기능들은 다음과 같이 요약 할 수 있다. 첫째, 레이블(label)은 하나의 스트림(stream) 데이터에 주어진다. 둘째, IP 주소의 최대 프레픽스 매치(longest prefix matching) 알고리즘을 대신하여, 짧은 고정 길이의 레이블을 매칭하여 전송될 경로를 결정한다. 셋째, 레이블 분배 방법을 사용하여, 각 노드에서 특정 스트림에 사용될 레이블을 자율적으로 결정 할 수 있도록 한다. MPLS는 레이블 스위칭 특성을 계층 2에서 사용하고 있는 망(ATM, Frame Relay)의 경우 이를 직접 이용한 레이블 교환을 허용한다.

MPLS에서 중요한 개념 중의 하나는 레이블(label)이다. MPLS 레이블은 여러 용도로 사용된다. 첫째, 패킷(packet)이 전송 되어져야 할 다음 단(next hop) 라우터를 찾기 위해 패킷 헤더(packet header) 대신 사용된다. 둘째, 레이블은 전송되는 트래픽의 granularity를 결정하는데 사용된다. 레이블은 하나의 트래픽 스트림에 주어지는데, 이 스트림의 granularity는 network prefix에서 TCP/IP의 port-to-port 연결까지 나타낼 수 있다. 또한 레이블은 스택킹(stack)을 지원

하여 계층화된 망 구성을 지원한다.

MPLS 라우터를 LSR(Label Switching Router)라 부른다. 특히 MPLS 망으로 들어오거나 나가는 트래픽을 처리하는 라우터를 LER(Label Edge Router)라 부른다. 데이터가 전송되는 방향으로 먼저 위치하는 라우터를 위 방향(upstream) 라우터라 부르며, 바로 다음에 위치하는 라우터를 아래 방향(downstream) 라우터라 부른다. 아래 방향(downstream) 라우터는 위 방향(upstream) 라우터 입장에서는 다음 단(next hop) 라우터가 된다.

입구 LER에서 출구 LER까지의 데이터 스트림을 전송하기 위해 설정되는 경로를 LSP (Label Switched Path)라 부른다. LSP를 설정하기 위해 필요한 레이블을 교환하기 위해서는 제어 프로토콜이 필요하며 이는 명시적 것과 기존의 프로토콜을 확장한 것으로 나눌 수 있고 또한 토폴로지(topology) 기반, 요구(request) 기반, 트래픽(traffic) 기반으로 나눌 수 있다. MPLS는 명시적이며 토폴로지 기반 레이블 교환 방식에서 출발하여 새로운 망 요구사항을 지원하기 위해 요구 기반 방식을 수용하는 방향으로 발전하였고, VPN(Virtual Private Network)을 수용하는 방안의 일환으로 기존의 프로토콜을 확장한 것도 허용하고 있다. 명시적인 것으로는 LDP(Label Distributed Protocol), CR-LDP(Constraint-based LDP)가 있고, 기존 프로토콜을 확장한 것

으로는 RSVP(Reservation Protocol), BGP-4가 있다. LDP는 토폴로지 기반이며, CR-LDP나 RSVP는 요구 기반이다. 정통적 의미에서의 경로 설정은 토폴로지 기반 방식을 사용하여 설정하고, 이를 "Hop-by-hop Routed Path"라 부른다. 요구 기반 방식을 사용하여 설정하는 경로는 "Explicitly Routed Path"라 부른다.

LSR에서 레이블을 할당할 때 아래 방향(downstream) 라우터가 위 방향(upstream) 라우터의 요구에 의해 할당하는가 아니면, 일방적으로 할당하는가에 따라 "Downstream-on-Demand" 방식과 "Unsolicited Downstream" 방식으로 나뉜다. 또한 아래 방향 라우터가 레이블을 할당할 때 그 자신의 아래 방향 라우터가 해당 스트림에 대해 먼저 레이블을 할당한 후에 자신의 Label을 위 방향 라우터로 할당해 주는가 아니면, 독자적으로 할당하는가에 따라 "Ordered" 방식과 "Independent" 방식으로 나뉜다.

그림 2는 MPLS 망 구성도 및 레이블 할당 절차의 한 예를 보여주고 있다. 이 그림에서는 "Downstream on Demand & Ordered Mode" 방식에 의한 레이블 할당 절차와 패킷의 전달 과정에서 나타나는 레이블 부착, 교환 및 제거 과정과 홵 카운트(hop count) 계산 과정을 보여준다.

MPLS는 기존의 라우터에서 수행하던 계층 3

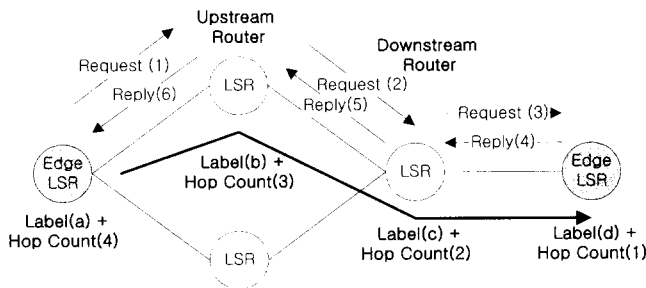


그림 2. MPLS 망 구성도: "Downstream-On-Demand & Ordered Mode" 방식

“라우팅 & 전송” 방식을 계층 2 교환 방식을 사용하여 보다 효율적으로 IP 트래픽을 처리하는 방식이다. 즉, LSP가 아직 설정되지 않았을 경우에 패킷은 기존의 계층 3 전송 방식에 의해 전달되며, LSP가 설정된 후에는 이를 통하여 보다 효율적으로 전송된다. 그림 3은 패킷 전송에 관여하는 LER 및 LSR의 계층을 도시한 것이다. 그림 3 (a)를 제외하고는 입력 측과 출력 측에 보이는 인터페이스(interface)는 동일 종류를 사용하는 것을 가정하였다. 만약 이종의 인터페이스를 사용하는 경우 그림 3 (b)와 같이 항상 MPLS 계층이 존재하여야 한다. 이 경우는 이종의 MPLS 망을 연동시킬 때 두 망을 연결시키는 경계 라우터(edge router)에서 나타난다.

MPLS 제어 프로토콜에 의해 MPLS 망 내의

LSP가 설정된 이후 MPLS 망 내부에서의 패킷 처리 절차는 다음과 같다. MPLS 망 외부의 라우터나 호스트에서 MPLS 입구(ingress) LER을 통하여 MPLS 영역(domain)으로 패킷이 전송되면 LER에서는 입력된 패킷의 헤더(header) 값을 이용하여 해당 FEC(forwarding Equivalence Class)를 찾는다. 이 FEC에 해당하는 LSP가 결정되면 이 LSP에 사상(mapping)되는 shim을 찾아서 패킷에 부착하고 캡슐화(encapsulation) 시킨 후, 해당 LSP를 통하여 전송한다(그림 3 (a) 참조). 이 과정은 기존의 라우터에서 다음 단(next hop) 라우터를 찾는 과정과 매우 유사하다. 여기에서 FEC는 한 라우터에서 동일한 취급을 받는 트래픽의 집합체

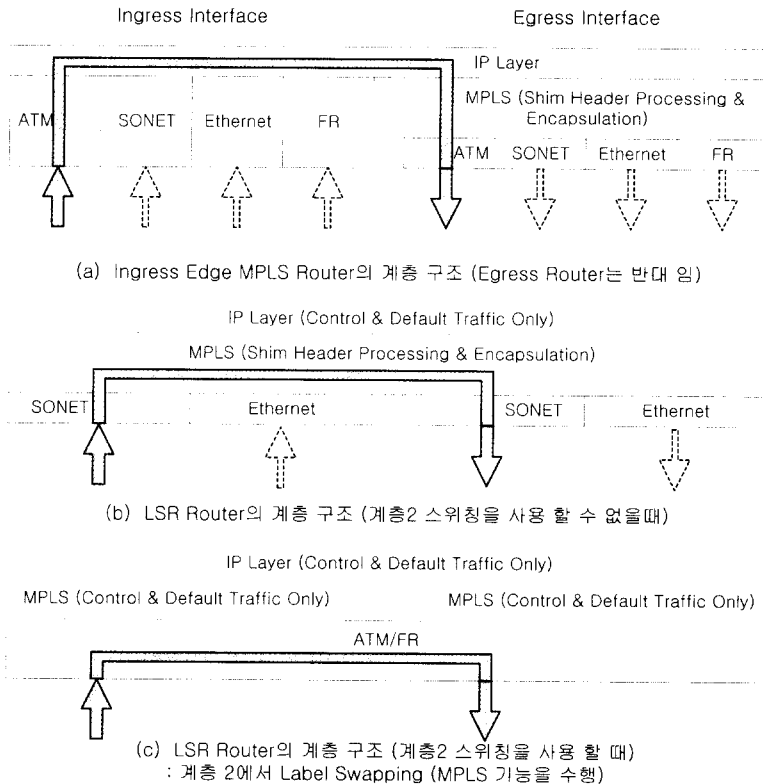


그림 3. LER/LSR의 계층 구조

개념으로, 기존의 라우터에서의 라우팅 테이블(routing table)의 한 entry에 해당한다. 캡슐화(encapsulation)는 shim 계층 하위의 계층2 전송 방식에 따라 다를 수 있다. 입구 LER을 통해 망 내부로 전송된 패킷은 더 이상 계층 3의 패킷 헤더 처리 절차를 거치지 않고 MPLS shim 계층에서의 레이블 교환 기능이나(그림 3 (b) 참조) 또는 직접 계층 2에서 레이블 교환에 의한 전송 기능(그림 3 (c) 참조)에 의해 출구(egress) LER까지 전달된다. 따라서 MPLS 망 내부에 존재하는 LSR은 MPLS 방식에 의한 패킷 전송 기능을 수행하기 위해 별도의 트래픽 처리 기능이 필요하지 않으며 단순히 레이블 교환에 의한 전송(label swapping) 기능만을 제공하면 된다. 이러한 기능은 Frame Relay이나 ATM을 사용하는 교환기에서 이미 개발되어 사용되어 있으므로 이러한 장치의 교환 방식을 수정 없이 그대로 활용할 수 있어 쉽게 MPLS 기능을 지원할 수 있다. ATM에 기반한 MPLS 처리 절차는 3장에서 좀 더 자세히 언급한다. 만일 Packet-Over-SONET과 같은 전송 방식을 이용할 경우에는 별도의 레이블 교환 장치가 필요하다.

3. ATM 기반 MPLS

MPLS 기능을 수행하는 ATM 교환기를 ATM-LSR이라 한다. ATM-LSR의 경우 ATM Forum이나 ITU-T의 표준 ATM 신호(signaling) 프로토콜을 지원하지 않아도 되며, 선택적으로 OAM 기능을 제공할 수 있다. 즉 ATM-LSR은 표준 신호 프로토콜 대신 MPLS 제어 프로토콜(예를 들어 LDP, CR-LDP 등)을 이용하여 레이블(VPI/VCI)을 교환하고 이 레이블을 부착한 셀을 교환하여 전송할 수 있도록 ATM 교환기의 연결 설정을 수행한다. 예외적으로 ATM-

LSR이 MPLS기능을 제공하지 않는 표준 ATM 교환기를 중간에 두고 연결될 때에는 ATM PVP(Permanent Virtual Path)기능을 이용하거나 또는 VCID(Virtual Connection Identifier) [11]를 사용하는 SVC(Switched Virtual Channel)를 이용하여 중간의 표준 ATM 교환기를 통과하여 ATM-LSR간 연결 설정을 수행할 수 있도록 한다. ATM-LSR에서 사용하는 레이블 할당 방식은 "Downstream-On-Demand" 방식과 "Ordered" 방식을 선호하나 "Independent" 방식도 가능하다. ATM 교환기능과 MPLS 기능을 모두 제공할 때는 ATM 교환기의 자원(VPI/VCI 범위, 대역폭 등)은 상호 간섭 없이 사용할 수 있어야 하며 이를 위해서는 적절한 자원 분할 및 공유가 필요하다. 향후 체계화된 교환기 분할(partitioning) 기능을 이용한 가상 교환기(virtual switch) 방식을 사용하면 이 문제는 보다 근본적으로 해결될 것으로 보인다[10,13].

ATM 교환기를 이용하여 ATM-LSR을 구축할 때는 여러 가지 제약 사항이 존재한다. 이는 MPLS 방식 이전에 ATM이 개발되었고 MPLS를 지원하기 위해 기존 ATM 교환기에 특별한 조건을 요구하기 때문이다. 또한 이미 설치되어 있는 ATM 교환기와 연동의 문제도 발생하며 ATM 교환기를 이용하여 망을 구축한 사업자들은 MPLS 방식의 망 운영뿐만 아니라 ATM 고유의 용도로도 교환기를 사용하기를 원하기 때문이다. ATM 교환기가 MPLS에 주는 제약 사항은 다음과 같다. 첫째, 레이블 교환(label swapping)은 ATM 셀 헤더 부분에 있는 VPI/VCI 필드를 사용하여 이루어지기 때문에 패킷 내에서 레이블의 크기와 위치를 제한한다. 둘째, 현재 개발된 ATM 교환기에서 다중점대점(multipoint-to-point)이나 다중점대다중점(multipoint-to-multipoint) 연결은 일반적으로 지원하지 않는다. 이는 MPLS에서 LSP 축약에 사용되는 경로 통합(path merging) 기능을 지원할 수 없는 경우가 발생함을 의미한다. 셋째, ATM 교환기에서는 VPI/VCI 교환 기능만을 수행할 수

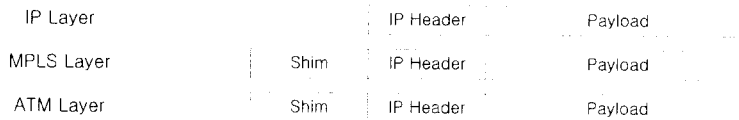
있으며 순환 경로(looping path) 트래픽을 방지하기 위한 TTL decrement 기능을 제공할 수 없다. 따라서 ATM 교환기를 이용하여 MPLS 기능을 수행할 때에는 일반적인 MPLS 처리 기능과는 약간 다른 점이 있다.

ATM 전송을 이용하여 MPLS 캡슐화(encapsulation)된 패킷을 전송할 때는 ATM 캡슐화 표준인 RFC1483에 따라 전송한다. 이때 사용되는 방식은 null encapsulation이다. 또한 LDP를 사용하는 두 ATM-LSR이 레이블이 부착되지 않은 IP 패킷을 실어 나르는 비 MPLS 연결로 연결되어 있을 때는 LLC/SNAP encapsulation을 사용해야 한다. 이 연결은 두 LSR간 제어 정보(LDP나 Routing 메시지)를 전달할 때 사용한다. 두 ATM-LSR간에 복수개의 링크로 연결되어 있을 경우에는 여러 개의 제어 채널(channel)을 만들 수 있어야 하며, 이때 사용되는 VCI 값은 0-32 사이 값을 사용하며 이 채널을 통해 null encapsulation나 LLC/SNAP encapsulation을 사용해야 한다. 그림 4는 ATM-LSR에서 캡슐화에 대해 도식한 것이다.

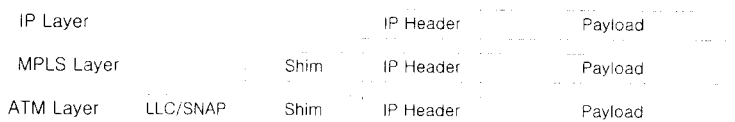
ATM-LSR의 경우 특정 FEC에 레이블을 할당할 때 반드시 홉 카운트(hop count)를 같이 계산할 수 있어야 하며 그 방식은 다음과 같다. Ordered 방식을 사용할 경우 주어진 FEC의 출구

(egress) LER에서 Hop Count를 1로 하여 레이블 응답 값(bind 값)을 요구한 위 방향 라우터로 보낸다(그림 2 참조). Binding 정보를 수신한 라우터는 수신한 홉 카운트에 1을 더하여 다시 레이블 요구에 응답(label bind)한다. Independent 방식을 사용할 경우 우선 Hop Count를 0(Unknown)으로 보낸 후, 추후 출구(egress) LER에서 설정된 LSP를 따라 올라오는 홉 카운트를 받아 위 방향 라우터로 보내 홉 카운트를 수정하는 방법으로 홉 카운트 정보를 수정한다. 여기에서 구해진 홉 카운트는 IP 헤더의 TTL 값을 처리하는데 이용된다. 최대 홉 카운트는 255이다. ATM-LSR은 LSP가 순환 경로(loop)를 형성하는 것을 방지하기 위하여 split-horizon 방법 등을 이용하여 레이블 분배 절차를 수행한다.

입구(Ingress) ATM-LSR에서 패킷을 캡슐화할 때 위에서 언급한 RFC1483 null encapsulation에 더하여 그림 5와 같은 구조의 shim header을 반드시 포함하여야 한다. 이 shim header의 레이블이 단 한 개이거나 또는 스택킹(stackng) 되어 있을 수 있으며, 제일 위쪽에 위치하는 label 값은 0을 가지며 이 레이블의 실제 의미는 VPI/VCI 값이 되어 ATM 셀 헤더에 들어간다. shim header는 packet에 label이 여러 개 존재하는지를 구분하는데 사용하며, 만약 사전 협의에 의해서 단일 레이블만 사용하기로 정하였거



(a) Null Encapsulation (MPLS Conenction : Data Traffic)



(b) LLC/SNAP Encapsulation (Non MPLS Conenction : Control Traffic)

그림 4. Edge ATM-LSR에서 기본 캡슐화(default encapsulation) 방법

나 단일 레이블과 스택킹 레이블(stacking label)을 서로 다른 채널을 통하여 보낼 수 있을 경우에는 0 값을 갖는 의미 없는 shim 헤더를 갖지 않아도 된다.

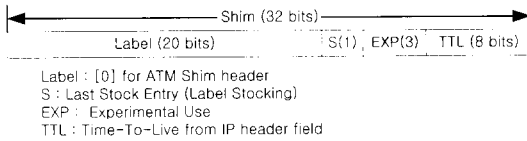


그림 5. Shim Header 구조

입구 ATM-LSR은 packet을 전송하기 이전에 TTL 값을 조정하여야 한다. 만약 LSP의 TTL값을 홑 카운트를 통하여 알 수 있는 경우 이 값 만큼을 원래의 TTL에서 차감한 후 이를 shim header의 TTL 필드에 실어 전송한다. 만약 차감 후 TTL 값이 0보다 적거나 같으면, ICMP 메시지를 발생시키거나, TTL 값을 원래 값에서 1만 감소시킨 후 비 MPLS 연결을 통하여 전송한다. 출구(egress) ATM-LSR은 수신된 Packet의 shim header에 있는 TTL값을 원래 메시지가 다음 단계(level)의 shim 헤더에 복원하여 준 후 전송한다.

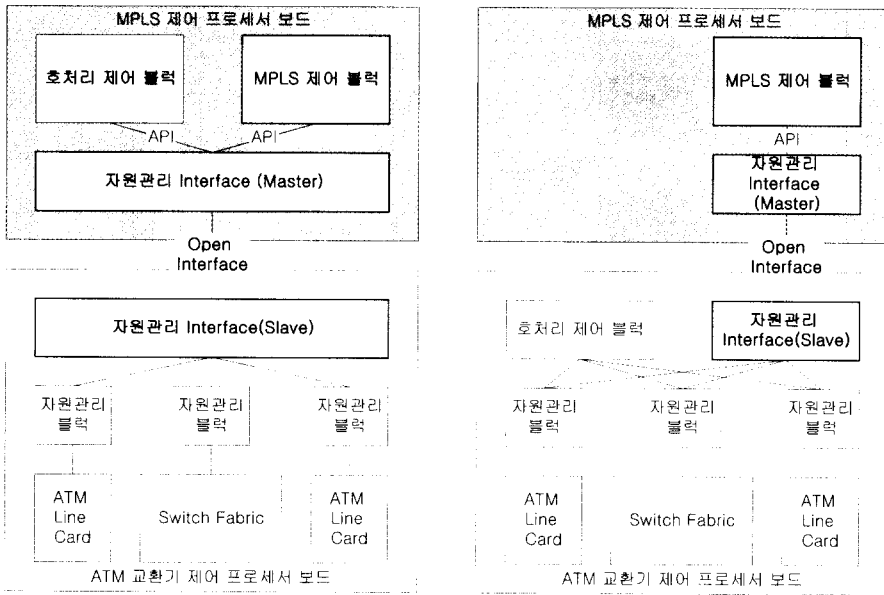
4. MPLS를 지원하는 ATM 교환기 구조

ATM 교환기를 이용하여 MPLS 시스템을 구축할 때 기존의 ATM교환기에 MPLS 기능을 추가하여 구현하는 경우가 많이 발생한다. 이 경우 이미 존재하는 교환기 소프트웨어와 새로 부가되는 MPLS 기능 소프트웨어가 잘 조화될 수 있도록 설계하여야 한다. 하지만 실제로 공중망용 ATM 교환기의 경우 분산구조로 설계되어 있고 호처리 블록, 운용보전 블록과 밀접한 관계를 가지도록 설계된 경우가 많다. 또한 ATM MPLS 망의 경계(edge) 부에 들어가는 ATM-LSR의 경우 기존의 라우터와 같은 IP lookup 기능이 추가적으로 필요하다.

ATM 교환기 자원을 하나의 표준 개방형 인터페이스(open Interface)를 사용하여 표준 호 제어 부분과 MPLS 제어 부분이 같은 Interface을 통하여 교환기를 제어하는 것이 가장 바람직하다. 그러나 이미 존재하는 교환기 소프트웨어의 수정을 최소화 할 필요가 있을 경우에는 두 제어 소프트웨어가 사용하는 자원을 적절히 분배하여 각각의 간섭을 없애는 방법을 사용해야 한다. 그림 6은 이 두 경우를 나타내고 있다. 현재 많은 ATM 교환기에서 사용하는 표준 개방형 인터페이스는 GSMP (General Switch Management Protocol)이다. 최초 IP Switch를 지원하기 위해 개발된 이 프로토콜은 현재 IETF와 MSF에서 공동으로 version 3.0의 표준화를 진행 중에 있다. 이 표준화 작업에서는 개방형 인터페이스로 제어할 수 있는 교환기를 ATM 교환기에 국한하지 않고 일반 레이블 교환기로 확장하여 표준화를 진행하고 있으며 교환기 분할을 통한 가상 교환기 제어 방법과 표준 MIB(Management Information Base)을 통한 관리 인터페이스(management interface)에 대해서도 표준화를 진행하고 있다[13].

그림 6과 같이 ATM 교환기의 MPLS 제어 기능부는 독립적인 제어 보드 상에 구현되어 GSMP 표준 인터페이스로 교환기를 제어하는 경우를 많이 이용한다. 이 제어 보드에 탑재되는 기능 블록들은 크게 MPLS 제어프로토콜, 라우팅 프로토콜, GSMP 매스터(master) 부분으로 나눌 수 있다. MPLS 제어프로토콜은 LDP, CR-LDP, RSVP를 주로 사용하며, 라우팅 프로토콜은 RIPv1.0, RIPv2.0, OSPF, BGP-4 등을 사용하고, GSMP 매스터는 교환기를 제어하기 위해 교환기 내의 자원 관리 부분(GSMP slave)과 통신을 하기 위한 블록이다.

그림 7은 이들 블록들의 관계를 보여 준다. 여기에서 Routing 부분과 MPLS 제어 부분은 직접 정보를 주고 받을 수 있으며, 만약 MPLS 제어 부분이 링크 상태(link status) 방식을 사용하는 라우



(a) 공개 구조에 입각화 ATM/ATM-LSR 공유구조

(b) 기존 ATM 구조에 ATM-LSR을 부가한 구조

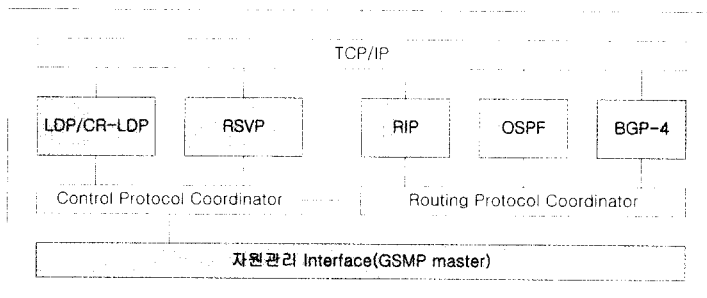
그림 6. ATM/MPLS 교환기의 소프트웨어 구조

팅 프로토콜의 토폴로지 정보를 사용할 수 있으면 FEC을 보다 효율적으로 생성할 수 있다.

경계(edge)용 ATM-LSR의 경우에는 입력되는 패킷의 IP 헤더 lookup 기능을 수행하여 적절한 LSP를 파악하고 이를 ATM 셀로 변환하여 전송해

주는 기능이 필요하다. 특히 공중망에서 사용되는 MPLS 시스템의 경우에는 고속의 처리 성능을 요구한다. 따라서 패킷 헤더 처리 기능만을 고속으로 수행하는 별도의 H/W ASIC 보드를 제작하거나 전용의 프로세서 보드를 이용하여 S/W 헤더 처리 기능을 고속 알고리즘을 사용 구현해 주어야 한다.

To Peer LSR (External Link : Non MPLS Connection)



To GSMP Slave (Internal IPC/External ATM Link)

그림 7. MPLS 제어 모듈 블록도

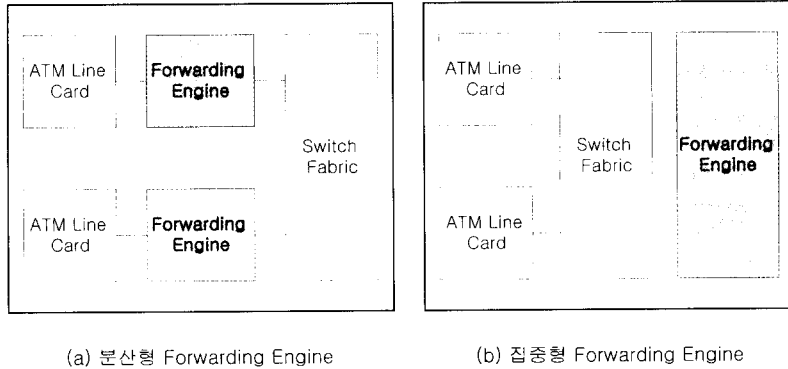


그림 8. 경계 ATM-LSR에서 Forwarding Engine의 위치

이러한 기능을 수행하는 장치를 FE(Forwarding Engine)이라 부르며 ATM 교환기에 탑재되는 구조는 그림 8과 같다. 그림 8(a)와 같이 ATM 교환기의 정합 카드(interface card)에 분산하여 구현하는 방식과 그림 8(b)와 같이 한곳에 집중시켜 처리하는 방식이 있다. 정합 카드에 구현하는 경우 각 정합 카드에 AAL5 기능을 추가하여야 하며, lookup을 위한 ASIC 하드웨어나 빠른 프로세서를 장착하여야 한다. 그러나 각 정합 카드의 처리 속도는 회선 속도를 초과하지 않고 IP lookup 부하가 분산되는 장점이 있다. 반면 IP 트래픽을 집중하여 처리하는 경우에는 ATM 교환기의 다른 부분의 수정 없이 사용할 수 있는 장점이 있다. 또한 FE 부분을 외부 장치로 구성할 수도 있다. 하지만 이 경우 모든 IP 트래픽이 이곳으로 집중되기 때문에 이곳에 병목 현상(bottleneck)이 발생할 수 있고 패킷이 ATM fabric을 두 번 통과해야 하는 문제가 있다. 분산형의 FE도 여러 개의 모듈(module)로 구성할 수도 있으나 클러스터(cluster)형으로 구성할 때는 이들을 적절히 조정(coordination)하여 단일 노드(node)로 동작시키기 위해서는 제어 블록이 복잡해진다.

5. 결론

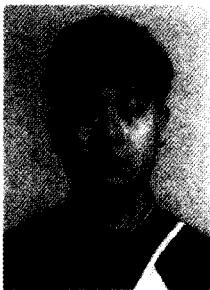
MPLS는 기존의 라우터가 갖는 계층 3 헤더 처리에 의한 전송 지연 현상을 해결하기 위해 연구 개발된 새로운 라우터 기술이다. MPLS는 전송 교환 장비의 빠른 발전에 따라 고속의 전송 기능을 직접 이용할 수 있는 장점과 특정한 하부 구조에 제약 받지 않는 융통성 때문에 세계적으로 많은 연구 개발이 진행 중에 있다. IETF를 중심으로 한 표준화 작업도 근시일 내에 마무리되어 기본적인 표준안이 곧 발표될 것이다. 현재 MPLS는 하나의 거대한 흐름을 형성하고 있으며 Internet 공중망의 많은 부분이 MPLS 라우터를 이용하여 구성될 전망이다.

세계적인 통신 장비 제조 업체들은 제각기 MPLS를 지원하는 라우터 제품들을 선보이거나 조만간 출시할 예정에 있다. 아직 표준화가 완성되지는 않았지만 기본적인 표준안은 거의 확정된 단계이므로 각 장비간의 연동 문제는 큰 어려움이 없을 것으로 전망된다. 국내에서도 산학연 공동으로 ATM 기반의 국산 MPLS 시스템 개발을 진행하고 있다. 본 고에서는 MPLS 기술에 대한 전반적인 기술 소개와 ATM 기반의 MPLS 시스템에 대해 논하였다. 현재 연구 개발되고 있는 ATM-LSR에 대해서는 구체적으로 기술하지 않았는데 그 이유는 향후 상당부분 기능 변경이나 추가 작업이 이루어질 것이

며 현재의 구조가 다소 변경될 여지가 많기 때문이다. ATM-LSR의 기본 기능에 대한 개발이 완료된 후에도 보다 고품질의 MPLS 서비스 제공을 위해서는 고품질 QoS 지원 방안, MPLS 망 관리 방안, 트래픽 공학(traffic engineering) 지원 방안, Diff-Serv 기능 지원 방안, VPN 기능 지원 방안 등에 대한 다양한 연구 개발이 지속되어야 할 것이다.

※ 참고 문헌

- [1] IETF, Classical IP and ARP over ATM, IETF Standard, RFC1577, Jan, 1994.
- [2] IETF, NBMA Next Hop Resolution Protocol, IETF Standard, RFC2332, Apr, 1998.
- [3] ATM Forum, LANE v2.0 LUNI Interface, ATM Forum Specification, af-lane-0084.000, July, 1997.
- [4] ATM Forum, Multi-protocol Over ATM Specification, Version 1.1, ATM Forum Specification, af-mpoa-0114.000, May, 1999.
- [5] IETF, A Framework for Multiprotocol Label Switching, Internet Draft, draft-ietf-mpls-framework-05.txt, Sept, 1999.
- [6] IETF, Cisco Systems' Tag Switching Architecture Overview, IETF Standard, RFC2105, Feb, 1997.
- [7] IETF, Ipsilon Flow Management Protocol Specification for IPv4 Version 1.0, IETF Standard, RFC1953, May, 1996.
- [8] IETF, General Switch Management Protocol, Internet Draft, draft-ietf-gsmmp-02.txt, Oct, 1999
- [9] IETF, Multiprotocol Label Switching Architecture, Internet Draft, draft-ietf-mpls-arch-06.txt, Aug, 1999.
- [10] IETF, MPLS using LDP and ATM VC Switching, draft-ietf-mpls-atm-02.txt, Internet Draft, Apr, 1999
- [11] IETF, VCID Notification over ATM Link for LDP, Internet draft, draft-ietf-mpls-vcid-atm-04.txt July, 1999.
- [12] IETF, LDP Specification, Internet Draft, draft-ietf-mpls-ldp-06.txt, Oct, 1999.
- [13] MSF, Multiservice Switching Forum System Architecture Implementation Agreement, MSF Draft Specification, Nov, 1999.



민 성 기

1988년 고려대학교 전산학과(이학사)
 1989년 University of London(QMW) 전산학과
 (이학석사)
 1994년 University of London(QMW) 전산학과
 (이학박사)
 1994년~현재 LG 정보통신(주) 책임연구원
 ※ 관심분야: 객체지향 분산시스템, MSS(Multiservice
 Switching System)



김 영 궁

1991년 고려대학교 전자공학과(공학사)
 1994년 고려대학교 전자공학과 컴퓨터공학 전공(공
 학석사)
 1997년 고려대학교 전자공학과 컴퓨터공학 전공(공
 학박사)
 1996년~1998년 고려대학교 부설 정보통신 연구소
 선임연구원
 1998년~현재 LG 정보통신(주) 선임연구원
 ※ 관심분야: MPLS, ATM 프로토콜, 개방형 스위치 구
 조