

MPLS 시스템에서 LDP 기능 구현 및 활용 방안

(On Implementing and Deploying Label Distribution Protocol in MultiProtocol Label Switching Systems)

김 미 희 [†] 이 중 협 ^{**} 이 유 경 ^{***}
 (Mi-Hee Kim) (Jong-Hyup Lee) (Yoo-Kyoung Lee)

요 약 인터넷 서비스에 ATM(Asynchronous Transfer Mode)이나 프레임 릴레이의 QoS(Quality of Service)를 제공하면서 IP(Internet Protocol)의 유연성과 확장성을 제공하기 위하여 IETF에서는 MPLS(Multiprotocol Label Switching) 기술을 표준화하였고, 이러한 기술을 확장하여 다양한 스위칭 기술들을 지원하는 제어 콤포넌트로서 GMPLS(Generalized MPLS)라는 이름으로 확장 표준화 진행 중이다. 또한 이러한 기술 제공의 기본이 되는 시그널링 프로토콜로 LDP(Label Distribution Protocol), CR-LDP(Constraint based Routing LDP), RSVP-TE(Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering)의 표준화를 진행해 왔다. 이에 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 현재의 초고속 국가망에 보다 안정적이고 차별화된 서비스 제공과 가상 망(VPN, Virtual Private Network) 서비스나 트래픽 엔지니어링(TE, Traffic Engineering) 서비스와 같은 고부가가치 서비스를 제공하기 위하여 이러한 MPLS 기술을 적용한 ATM 기반 MPLS 시스템을 개발하였고, 이제 초고속 국가망의 시범 서비스와 상용화 서비스 제공을 앞두고 있다. 본 논문에서는 LDP의 기능 개요와 개발된 시스템에 적용된 LDP 기능에 관하여 설계 및 구현 내용을 설명하고, 노텔, 시스코, 주니퍼, 리버스톤에서 개발한 MPLS 시스템에서의 LDP 개발 내용과 운용 방법을 비교 설명하고자 한다. 이를 통하여 LDP 기능이 추후 망에 적용되어 제공 가능한 서비스와 활용 방안에 관하여 기술하고자 한다.

키워드 : MPLS 시스템, MPLS 시그널링 프로토콜, LDP

Abstract IETF made the RFCs of MPLS technologies for providing the QoS of ATM or Frame Relay and the flexibility&scalability of IP on the Internet services. IETF has been expanding MPLS technologies as a common control component for supporting the various switching technologies called GMPLS. Also, IETF has standardized the signaling protocols based on such technologies, such as LDP, CR-LDP and RSVP-TE. ETRI developed the MPLS system based on ATM switch in order to provide more reliable services, differentiated services and value-added services like the VPN and traffic engineering service on the Korea Public Sector network. We are planning on deploying model services and commercial services on that network. This paper explains the basic functions of LDP, design and development of LDP on our system, and compares with LDP development and operation on other MPLS systems made by Cisco, Juniper, Nortel and Riverstone. In conclusion, this paper deduces the future services and applications by LDP through these explanation and comparison.

Key words : MPLS System, MPLS Signaling Protocol, LDP

1. 서 론

인터넷 망 사용에 효율성을 제공하고 QoS/CoS(Class

of Service) 서비스, 트래픽 엔지니어링서비스, 가상 망 서비스 등 다양한 차세대 IP 서비스를 제공하기 위한 기술로 MPLS[1]는 많은 주목을 받고 있다. 또한 이러한 MPLS 기술은 다양한 스위칭 기술, 즉 패킷 스위칭 뿐만 아니라 시분할(Time-Division) 스위칭, 파장(Wavelength) 스위칭, 공간(Spatial/Fiber) 스위칭 기술을 모두 지원하는 제어 콤포넌트로서 GMPLS[2]라는 이름으로 확장 표준화 진행 중이다.

한국전자통신연구원(ETRI)에서는 이러한 MPLS 기

[†] 정 회 원 : 한국전자통신연구원 액세스프로토콜팀 연구원
kimmh@etri.re.kr

^{**} 비 회 원 : 한국전자통신연구원 액세스프로토콜팀 팀장
jhlee@etri.re.kr

^{***} 비 회 원 : 한국전자통신연구원 네트워크연구소 연구원
leeyk@etri.re.kr

논문접수 : 2002년 3월 21일

심사완료 : 2002년 12월 11일

술을 ATM 스위치로 구성된 초고속 국가망에 적용함으로써 기존 망의 효율성 및 안정성과 차세대 인터넷 망에서의 고부가가치 IP 서비스를 제공할 수 있는 ACE 2000 MPLS 시스템을 개발하였고, 이제 망의 적용 및 상용화 서비스 제공을 위한 준비를 하고 있다. 개발된 시스템에서는 이러한 MPLS 기능을 위한 시그널링 프로토콜로 Hop-by-Hop LSP(Label Switched Path) 설정을 위한 LDP[3]와 Explicit LSP 설정을 위한 CR-LDP[4]와 RSVP-TE[5]를 제공하고 있다. 물론 트래픽 엔지니어링 기능이나 차별화된 서비스 제공을 위하여 CR-LDP와 RSVP-TE에 의한 LSP 설정의 중요성이 부각되고 있지만 망의 운용에 있어서 LDP의 Best-Effort LSP 설정도 또한 필수적인 것이다.

본 논문에서는 개발된 MPLS 시스템에서 제공되는 시그널링 프로토콜 중에 기본적으로 라우팅 기반의 Best-Effort LSP를 설정하는 LDP의 구현 방안에 대하여 설명하고, 기능을 제공하기 위하여 구성된 서브 모듈과 타 블록 간의 인터페이스를 기술한다.

현재 이러한 MPLS 기술을 적용하여 개발된 시스템은 크게 ATM 기반의 MPLS 시스템과 라우터 기반의 MPLS 시스템으로 나뉘어 진다. 이는 각 기반 시스템의 특성상 제공되는 서비스의 운용 방법에 있어서 차이가 있는데, 특히 이들 각 시스템에 적용된 LDP 구현 방안 및 구동 방법의 차이점에 관하여 소개한다. 이러한 기반 장비의 특성에 의해 LDP 운용상 가장 큰 차이점은 ATM 기반의 MPLS 시스템에서의 LDP 운용은 레이블 요청에 의해 레이블 바인딩 정보를 분배하는 Downstream-on-Demand 방식을 채택하였고, 라우터 기반의 MPLS 시스템에서의 LDP 운용은 레이블 요청 없이 원하는 LSP 설정을 위하여 운용자 명령어에 의해 Egress 측에서 레이블 바인딩 정보를 분배하는 Downstream Unsolicited 방식을 채택하였다는 것이다.

또한 최근 인터넷 시스템에 MPLS 기술을 적용하여 EoMPLS(Ethernet over MPLS) 서비스 즉, L2 VPN 서비스를 제공하고자 하는데 이러한 서비스에서 사용될 LDP의 기능을 포함하여 LDP에 의해 제공될 수 있는 다양한 서비스에 관하여 설명한다.

2장에서는 MPLS 시스템에서의 LDP 기능 개요에 관하여 설명하고, 3장에서는 한국전자통신연구원서 개발한 ATM 기반의 ACE2000 MPLS LER/LSR(Label Edge Router/Label Switched Router) 시스템의 구성에 관하여 기술한다. 그리고 4장에서는 본 시스템에서 LDP 기능 구현을 위한 시스템 프로토콜 스택에서의 LDP의 인터페이스와 타 블록간의 데이터 흐름을 설명

하며, 5장에서는 ATM 기반 MPLS 시스템과 라우터 기반의 MPLS 시스템에서의 LDP 구현 방안 및 구동 방법에 관하여 비교 설명하고자 한다. 6장에서는 이러한 LDP 기능이 망에 적용되어 제공될 서비스와 활용 방안에 관하여 기술하고, 마지막으로 결론으로써 본 논문을 마치도록 한다.

2. LDP 기능 개요

LDP는 MPLS 기능을 제공하기 위하여 제공되어야 할 시그널링 프로토콜 중에 하나이고, 그 중에 기본적으로 라우팅에 기반한 Hop-by-Hop Best-Effort LSP 설정을 목적으로 하고 있는 프로토콜이다. 이러한 LDP의 기능을 위하여 다음 세 가지의 기본 서브 기능이 존재해야 하는데, Peer 발견 기능과 세션 관리 기능 그리고 LSP 설정/해지 기능이 그것이다.

우선 LDP는 LSP를 설정하기 위하여 Peer 발견 기능을 수행해야 하는데, 이를 위하여 UDP(User Datagram Protocol)를 통한 Hello 메시지를 사용한다. 이러한 Peer 발견 기능은 기본 발견 메커니즘(Basic Discovery Mechanism)과 확장 발견 메커니즘(Extended Discovery Mechanism)이 있다. 전자는 LDP 인터페이스로 설정된 인터페이스에 UDP 646 포트와 멀티캐스트 주소 224.0.0.2를 사용하는 링크 Hello 메시지를 사용하며, 이러한 Hello 메시지를 전송하고 그 서브넷의 다른 MPLS 시스템으로부터의 Hello 메시지를 수신하면 Peer를 발견하게 되는 것이다. 이에 반해 후자는 직접 연결되지 않은 MPLS 시스템 사이에 LDP 세션을 설정할 목적으로 사용되는 메커니즘으로써 UDP 646 포트와 세션이 설정되기를 원하는 리모트 MPLS 시스템의 주소를 담은 다크 Hello 메시지를 사용하며, 이러한 메시지를 주기적으로 전송하고 그 리모트 시스템으로부터 Hello 메시지를 전송받으면 Peer를 발견하게 되는 것이다.

이렇게 Peer를 발견하게 되면 TCP(Transmission Control Protocol)를 사용하여 LDP 메시지를 주고 받기 위하여 사용될 세션을 설정하게 된다. 그림 1에서처럼 LDP 세션을 관리하기 위한 상태는 NON_EXISTENT, INITIALIZED, OPENSENT, OPENREC, OPERATIONAL이 있고, Peer간 Hello 메시지를 주고 받아 Peer를 발견하게 되면 NON_EXISTENT 상태가 된다. 이에 LDP 세션을 설정하고 이것이 성공하면 INITIALIZED 상태가 된다. 이때 LDP 세션 설정시 사용하는 IP 주소의 크기를 비교하여 역할을 결정하게 되는데, 큰 주소를 사용하는 노드가 Active가 되어 먼저 세션 설정을 위한 협상 정보를 담은 Initial 메시지를 보내고

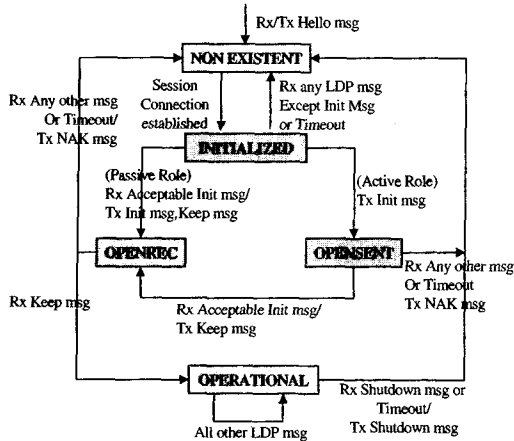


그림 1 LDP 세션 설정 및 관리를 위한 상태도[3]

OPENSENT 상태가 된다. 작은 주소를 사용하는 노드는 Passive 가 되어 Peer로부터 Initial 메시지를 기다리다가 수신을 하게 되면, 이 노드도 자신의 노드에 대한 정보를 담은 Initial 메시지와 KeepAlive 메시지를 보내고 OPENREC 상태가 된다. 이렇게 Active/Passive 노드 모두가 Initial 메시지와 KeepAlive 메시지를 서로 주고 받게 되면 OPERATIONAL 상태가 되어 LDP 세션 설정을 완성하게 된다. 이렇게 설정된 세션을 유지 관리하기 위하여 주기적으로 KeepAlive 메시지를 주고 받게 되는데, 협상된 Holdtime 내에 KeepAlive 메시지를 수신하지 못하면 Peer에 문제가 생겼다고 판단하고 설정된 LDP 세션을 종료하게 된다. 이렇게 세션을 관리하기 위하여 필요한 Hello 메시지의 'Holdtime'이나 KeepAlive 메시지의 Holdtime은 고정된 값으로 표준화 되어 있지 않기 때문에 표 1에서처럼 제공되는 장비마다 조금씩 차이가 있다. 그러나 이는 세션이 설정될 때 두 시스템의 Holdtime 중 작은 값으로 협상되고, 각 장비에서는 이러한 값을 수정할 수 있도록 명령어를 제공하기도 한다. 또한 Hello 메시지의 전송 주기는 LDP 표준화 문서[3]에서 각 메시지 Holdtime의 1/3 정도의 주기를 사용하도록 권고하고 있으나 ETRI 시스템에서는 Hello 메시지 전송이 데이터 전송의 안정성을 제공하지 않는 UDP를 사용하므로, 데이터 트래픽이 많은 경우의 제어 트래픽 손실에 대비하여 1/5 주기를 사용하도록 하였다.

이렇게 LDP 세션이 설정되면 라우팅에 의해서 또는 명령어에 의해서 Label Request 메시지와 Label Mapping 메시지를 전송하고 이를 통하여 LSP가 설정되게 된다. LSP 설정을 위한 동작 절차는 각 시스템에서 사용하는 레이블 분배 관리 모드에 따라 조금씩 차이가

표 1 각 시스템에서의 세션 관련 기본 Timer 값

단위 : 초(second)

세션 파라미터	직접 연결된 LDP Peer					리모트로 연결된 LDP Peer	
	ETRI	리버스톤	주니퍼	시스코	노텔	ETRI	리버스톤
Hello Holdtime	30	15	15	15	15	60	15
Hello 전송 주기	6(Holdtime의 1/5)	5(1/3)	5	5	5	12(1/5)	5(1/3)
Keepalive Holdtime	120	30	30	180	15	300	30
Keepalive 전송 주기	40(Holdtime의 1/3)	10	10	60	5	100	10

있는데, 이에 관련된 사항은 5장에서 상세히 설명하고자 한다. 설정된 LSP의 해지는 여러 상황에서 발생하는데, LSP를 지나는 노드 중 한 노드의 시스템 장애 및 인터페이스 장애를 비롯하여 운용자 명령어에 의해서 또는 세션 관리를 위한 타임아웃에 의해서도 발생할 수 있다. 이러한 LSP 해지 절차는 Label Withdraw 메시지, Label Release 메시지, Label Abort Request 메시지의 송수신에 의해서 수행된다.

3. ACE2000 MPLS LER/LSR 시스템

MPLS 시스템의 기능 블록 구성은 그림 2와 같이 크게 3개의 기본 기능 블록으로 나뉘 볼 수 있다. 첫째 MPLS의 핵심인 상호 노드 간에 레이블을 분배하는 레이블 분배 기능, 둘째 분배된 레이블을 관리하고 포워딩에 사용되는 레이블을 포워딩 엔진 테이블에 전달하는 레이블 관리 기능, 셋째 전달된 레이블 정보에 따라 패킷의 포워딩을 수행하는 포워딩 엔진 기능이다.

이러한 3가지의 기능을 위하여 ACE2000 MPLS LER 시스템은 그림 3과 같이 크게 네 개의 요소로 구성되어 있는데, 이는 라우팅 및 패킷 포워딩 제어 기능을 수행하는 MSC(MPLS Service Controller)와 패킷 포워딩을 수행하는 622Mbps FE(Forwarding Engine)

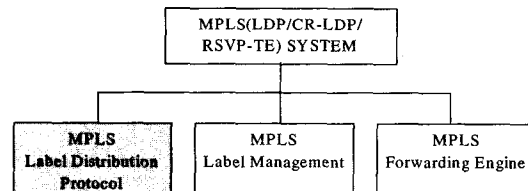


그림 2 MPLS 시스템의 기능 블록

4개로 구성된 MIM(MPLS Interface Module), 가입자 모듈과 제어 보드의 연결을 제공해 주는 ATM 스위치, 그리고 운용보전 기능을 위한 운용보전 시스템이다.

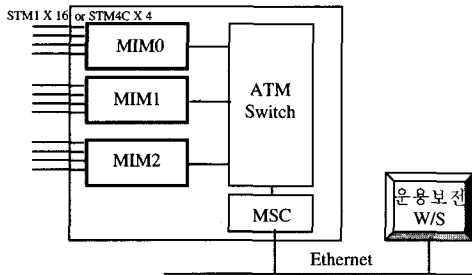


그림 3 ATM 기반 MPLS LER 시스템의 기본 구조

이러한 기본 구성을 하고 있는 ACE2000 MPLS LER시스템의 제어 블록인 MSC에는 레이블 분배를 위한 시그널링 프로토콜인 LDP/CR-LDP/RSVP-TE 프로토콜, 라우팅을 위한 RIP/IS-IS/OSPF/BGP 프로토콜, 자원관리 및 포워딩 엔진 관리 블록, 망관리 블록, TE/VPN 서비스를 위한 제어 블록 등이 탑재되어 패킷 포워딩에 필요한 다양한 제어 정보를 만든다. 이러한 프로토콜 스택의 구조도는 그림 4와 같다. 라우팅 프로토콜에 의해 생성된 RIB(Routing Information Base)는 LDP가 LSP 설정 시 기본 정보가 되어 BestEffort LSP를 설정하도록 한다. 그리고 VPN을 위한 연결 및 트래픽 엔지니어링을 위한 연결은 TE/VPN 모듈을 통하여 CR-LDP/RSVPTE에 의해 설정된다. 이렇게 설정된 LSP 정보는 레이블 관리 모듈인 IBM(Information Base Management) 블록에 저장되어 관리되고, FC(Forwarding Engine Controller)에 의해 포워딩 엔진에 전달되어 전달된 정보에 기반하여 실제 패킷 포워딩을 수행하도록 한다. 또한 설정된 LSP 정보는 망관리 시스템인 EMS로 전달되게 된다.

그리고 ACE2000 MPLS LSR 시스템은 그림 3의 LER 시스템에서 포워딩 기능을 수행하는 MIM 대신 ATM 스위칭을 제공하는 인터페이스인 AIM(ATM Interface Module)으로 구성되어 있고, 시스템 제어 블록인 MSC도 LER의 MSC 프로토콜 스택 구성보다 간단하다. 기본적인 라우팅을 위한 RIP/IS-IS/OSPF/BGP 프로토콜과 시그널링을 위한 LDP/CR-LDP 그리고 자원관리 블록이 탑재되어 패킷 스왑핑을 위한 제어 정보를 만들고 이에 기반한 패킷 스왑핑을 수행하게 된다.

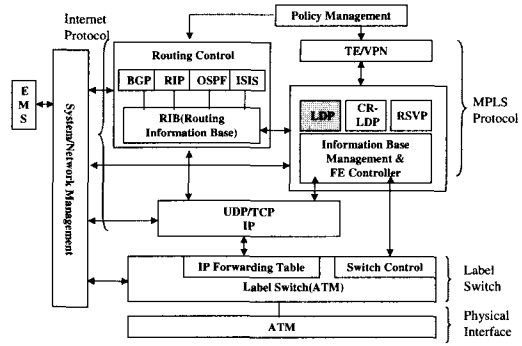


그림 4 MSC의 프로토콜 구조도

4. ACE2000 MPLS 시스템에서 LDP 설계 및 구현

LDP는 본 시스템의 제어 프로세서 MSC에 탑재되어 근접 Peer를 발견하고, Peer와 통신할 제어 세션을 설정하여 관리하며, 레이블 분배를 수행한다. ACE2000 MPLS 시스템에서 이러한 기능을 수행하기 위하여 그림 5와 같은 서브 모듈로 구성되어 있고, LDP-draft06의 문서[6]에 기반하여 구현되었다.

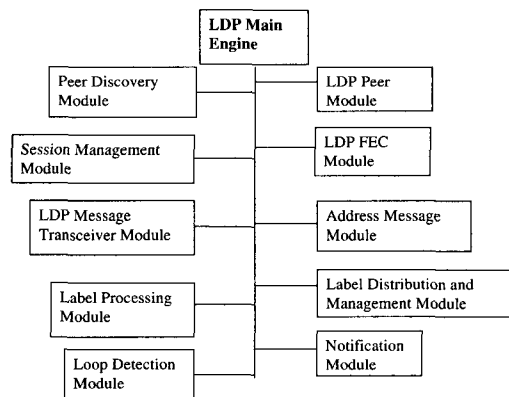


그림 5 LDP 기능을 위한 서브 모듈

이러한 서브 모듈에는 Peer 발견을 수행하는 Peer 발견 모듈(Peer Discovery Module)과 Peer와 주고 받은 메시지 관리 및 Peer 정보를 관리하고 처리하는 LDP Peer 모듈(LDP Peer Module), Peer와 통신을 위해 제어 세션을 설정하고 관리하는 세션 관리 모듈(Session Management Module)이 있다. 또한 레이블 분배의 기본이 되는 FEC(Forwarding Equivalence Class)를 관

리하는 LDP FEC 모듈(LDP FEC Module)과 LDP 제어 메시지를 송수신하여 처리하는 LDP 메시지 송수신 모듈(LDP Message Transceiver Module), LDP 메시지 중에 LDP Address 메시지를 처리 관리하는 LDP Address 메시지 모듈(LDP Address Message Module)이 있다. 그리고 송수신하는 레이블에 관한 특성 및 레이블 자원을 관리하는 레이블 처리 모듈(Label Processing Module)과 레이블 분배 및 분배 레이블 해지를 위하여 송수신된 Label Request 메시지, Label Mapping 메시지, Label Withdraw 메시지, Label Release 메시지, Label Abort Request 메시지를 처리하는 레이블 분배 관리 모듈(Label Distribution and Management Module)이 있다. 이 외에 루프 감지 처리를 위한 루프 감지 모듈(Loop Detection Module)과 에러에 관한 정보를 송수신하여 해당 메시지를 처리하기 위한 에러 통보 모듈(Notification Module)도 있다.

이러한 모듈 중에 LDP 메시지 송수신 모듈에 관하여 부연 설명을 하자면 다음과 같다. LDP 메시지는 그림 6과 같이 계층적으로 구성되어 있다. LDP PDU(Packet Data Unit)는 기본적으로 LDP 버전 정보와 LDP 아이디를 갖는 LDP PDU 헤더를 선두로 다수의 LDP 메시지가 하나의 PDU 안에 전송될 수 있고, 이러한 LDP 메시지는 또한 메시지 타입 정보와 메시지 아이디를 담고 있는 메시지 헤더를 선두로 다수의 LDP TLV(Type Length Value)를 담아 전송될 수 있다. 또한 이러한 LDP PDU는 기본적으로 TCP 위에서 송수신 되기 때문에 TCP 스택에 따라 다를 수 있겠지만 상위 TCP 응용이 한꺼번에 많은 데이터 송신을 요구하면, 이러한 다수의 PDU들을 모아 하나의 TCP 패킷으로 전송될 수 있다. 그리고 TCP 패킷 처리 특성 중의 하나인 바이트 스트림 처리 특성에 의해 마지막에 추가되는 PDU는 중간 부분까지만 전송이 되고, 나머지 부분은 다음 TCP 패킷에 전송될 수 있다. 이렇게 LDP 메시지 송수신 모듈에서는 이러한 계층적인 메시지 처리 루틴과 함께 두 개의 TCP 패킷으로 나뉘어서 전송되는 LDP PDU를 처리하기 위한 루틴이 필요하다.

이러한 서브 모듈로 구성되어 있는 LDP 메인 엔진은 서브 모듈의 각 기능을 위하여 타 블록간 여러 인터페이스를 갖고 있는데 이는 그림 7과 같다. 우선 레이블 할당 요청 및 분배된 레이블을 관리하도록 해당 레이블 정보를 전달해 주기 위하여 IBM 블록과의 인터페이스가 있고, 분배 또는 해지된 레이블 정보에 따라 포워딩 엔진에 해당 정보의 설정 및 해지를 요청하기 위하여 FC 블록과 인터페이스가 있으며, LDP 인터페이스의 설

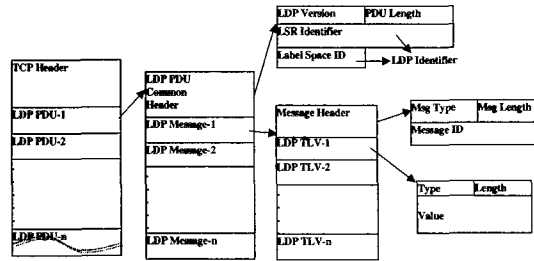


그림 6 LDP 제어 메시지의 구조

정 및 해지와 LDP 정보 출력 등의 운용자 명령어를 수신하여 처리하고 해당 결과를 전송하기 위하여 운용자 명령어 블록인 MMI/HMI 블록과 인터페이스가 존재한다. 또한 현재의 Peer 정보나 FEC/LSP 정보를 망관리 블록에서 관리할 수 있도록 SNMP Agent 블록과의 인터페이스가 있고, 운용중 MPLS 포트의 상태 변경 정보를 전달받기 위하여 GSMP 블록과 인터페이스가 있다. 그리고 기본적으로 Peer 발견을 위하여 사용되는 Hello 메시지를 송수신하기 위한 UDP 인터페이스와 LDP 제어 메시지를 송수신하기 위한 TCP 인터페이스가 존재한다. 이 외에도 기본적으로 필요한 메모리 관리와 타이머 관리를 위하여 각 관리 블록 간의 인터페이스가 있다. 여기에서 UDP/TCP/MPLS Timer/Memory Manager 인터페이스는 사용되는 OS에 의존적이어서 개발된 시스템에서 사용된 OS인 SROS에 맞추어 개발되어 있다. 또한 TCP 인터페이스에서 송신된 메시지 중에 해당 메시지가 CR-LDP 메시지이면 해당 메시지를 CR-LDP 처리 블록으로 전달해 주고, GSMP에서 전달된 포트 상태 정보를 CR-LDP 처리 블록에 알려주기 위하여 CR-LDP 처리 블록과 인터페이스가 필요하다.

본 시스템에서 LDP 기능의 운영을 위해 제공되는 명령어는 표 2와 같다. LDP 구동 시에는 우선 SET-LDP-LSRID를 이용하여 LSR ID를 설정하고, 원

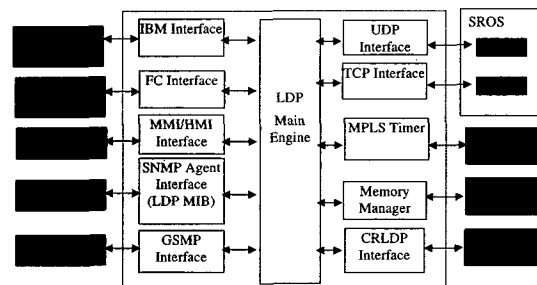


그림 7 LDP 엔진의 타 블록간 인터페이스

하는 인터페이스에 SET-LDPIF를 설정하면, Peer 발견 및 세션이 설정된다. 또한 LSP 설정을 위해서는 LDP 세션이 설정된 인터페이스에 라우팅 프로토콜을 설정하면 시스템의 NON-MPLS 인터페이스에 대하여 LSP가 설정되게 된다.

표 2 LDP의 운영자 명령어

명령어	설 명
1 SET-LDP-LSRID	LDP ID 설정 명령어
2 SET-LDPIF	LDP 인터페이스를 설정하여 LDP 세션을 설정하게 하는 명령어
3 SET-LDP-PARA	Basic/Targeted Hello Holdtime, Loop Detection 여부, Path Vector Limit, Hop Count 설정을 위한 명령어
4 SET-LDP-IFPARA	인터페이스 별로 파라미터를 설정하는 명령어
5 NO-SET-LDPIF	LDP 인터페이스 설정을 해지하여 LDP 세션을 해지하게 하는 명령어
6 SHOW-LDP-PEER	발견된 Peer들의 LDP ID, Advertisement Mode, 레이블 자원 정보, 세션 설정 상태 등을 출력하는 명령어
7 SHOW-LDP-ADJ	발견된 Peer들의 인터페이스 정보 및 Peer와 송수신한 Hello 메시지 정보를 출력하는 명령어
8 SHOW-LDP-PARA	설정된 LDP 파라미터를 출력하는 명령어

5. MPLS 시스템에서의 LDP 구현 방안 및 구동 방법 비교

기본적으로 LDP는 라우팅을 기반으로 Hop-by-Hop LSP 설정 과정을 통해 LSP를 생성하고 QoS LSP가 아닌 Best-Effort LSP를 설정하는 시그널링 프로토콜이다. 그러나 LDP의 동작 모드가 무엇이나에 따라 상당히 다른 양상으로 LDP 기능을 구동시킬 수 있고 망에 적용할 수 있다. 이는 LDP가 제공되는 MPLS 시스템이 라우터 기반의 MPLS 시스템이나 아니면 ATM 스위치 기반의 MPLS 시스템이나에 따라 대체로 상반되는 양상을 보인다.

이러한 LDP 구동 모드는 3가지 기준에 의해 2가지 썩의 모드로 나뉘어 진다[3]. 첫번째는 LSP 설정 요청이 있어야 레이블 바인딩 정보를 분배하느냐 아니냐에 따라 LSP 설정 요청이 있어야 레이블 바인딩 정보를 분배하는 Downstream on Demand(DoD) 모드와 LSP 설정 요청 없이 레이블 바인딩 정보를 분배하는 Downstream Unsolicited(DU) 모드로 나뉜다. 두 번째는 하나의 LSP

설정 시, 레이블 바인딩 정보를 분배하는 순서에 의해 나뉘는데, 하위 레이블(Downstream Label)을 받아야 상위 레이블(Upstream Label)을 분배하는 순서화된 레이블 분배 제어 모드(Ordered Label Distribution Control Mode)와 하위 레이블을 받지 않고도 상위 레이블을 분배할 수 있는 독립적 레이블 분배 제어 모드(Independent Label Distribution Control Mode)로 나뉜다. 마지막으로 레이블 보유에 관한 것인데 해당 FEC의 다음 홉에서 분배되어진 레이블 즉, 현재 사용할 LSP에 대한 레이블만 보유하고 설정하는 보수적 레이블 보유 모드(Conservative Label Retention Mode)와 분배되어진 모든 레이블을 보유하고 설정하는 자유 레이블 분배 모드(Liberal Label Retention Mode)로 나뉘어 진다. 그림 8은 이러한 LDP 구동 모드를 도시한 것이다.

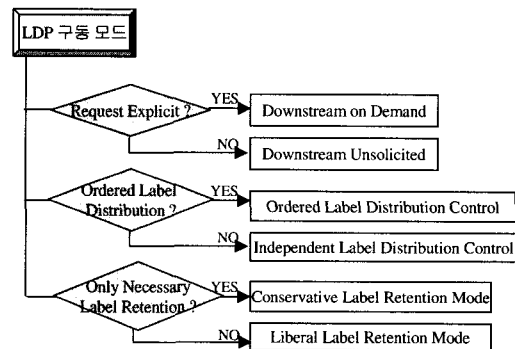


그림 8 LDP 구동 모드

그러나 이러한 LDP 구동 모드의 모든 조합이 사용되는 것은 아니다. 한국전자통신연구원에서 개발된 시스템이나 노텔의 MPLS 시스템[7]과 같이 ATM 기반의 MPLS 시스템은 DoD 모드에 순서화된 레이블 분배 제어 모드를 사용하고, 보수적 레이블 보유 모드를 적용하여 구현되어 있다. 이는 ATM 기반 MPLS 시스템이 레이블로서 ATM VPI/VCI(Virtual Path Identifier/Virtual Connection Identifier)를 사용하는데, 시스템에 따라 제한적인 범위의 VPI/VCI 값만을 사용할 수 있기 때문에 LDP 표준화 문서[3]에서는 ATM 기반 시스템인 경우, 현재 사용할 LSP에 대한 레이블을 관리하는 DoD-Ordered-Conservative 모드를 권장하고 있다. 이러한 ATM 기반의 두 시스템은 LDP를 구동하는데 DoD-Ordered-Conservative 모드를 사용하는 공통점은 있으나 LSP 설정을 트리거링 하는 방법이 다르게 제공되고 있다.

한국전자통신연구원에서 개발된 시스템인 경우, 라우팅 프로토콜에 의해 얻어진 간접 라우팅 정보, 즉 타 시스템의 서브넷 정보를 얻게 되면 Label Request 메시지가 트리거링 되어 Ingress LER에서 Egress LER 방향으로 LSP 설정 요청을 보내고, Egress LER에서 Ingress LER 방향으로 레이블 바인딩 정보를 분배하여 LSP가 설정된다.

이와는 달리 노텔의 MPLS 시스템에서는 라우팅에 기본하여 LSP가 설정되지만 처음 Label Request 메시지의 전송 트리거링은 CR-LDP와 마찬가지로 운영자 명령어로 설정할 LSP의 FEC를 입력하여 수행된다. 이러한 명령어는 CR-LDP에 의한 LSP 설정 명령어 절차와 동일하게 하기 위하여 그림 9와 같은 운영자 명령어 입력 절차를 걸친다.

```

<명령어 입력 절차>
1. FEC 설정
2. QoS 설정(단치 콤포넨트만 생성)
3. Path 설정( Nexthop의 인터페이스 설정)
4. 기 설정된 FEC/QoS/Path 콤포넨트를 한 LSP에 매핑

<예시> FEC 192.168.100.1/32에 대한 LSP를 설정하라.
Prov> add Vr/0 Mpls Fec/1
Prov> add Vr/0 Mpls Fec/1 ipv4/192.168.100.1,32,
disabled
Prov> add Vr/0 Mpls Qos/1
Prov> add Vr/0 Mpls Path/1
Prov> add Vr/0 Mpls Path/1 Hop/1
Prov> set vr/0 Mpls Path/1 Hop/1 ipv4Address
172.16.10.2
Prov> set vr/0 Mpls Path/1 Hop/1 ipv4Prefix 32
Prov> add Vr/0 Mpls Lsp/1
Prov> add Vr/0 Mpls Lsp/1 Er
Prov> set Vr/0 Mpls Lsp/1 Er fecName Vr/0 Mpls
Fec/1
Prov> set Vr/0 Mpls Lsp/1 Er qosName Vr/0 Mpls
Qos/1
Prov> set Vr/0 Mpls Lsp/1 Er pathName Vr/0 Mpls
Path/1
    
```

그림 9 노텔 MPLS 시스템에서 LSP 설정을 위한 명령어 입력 절차와 예

이러한 명령어 입력 절차를 통해 Ingress LER에서 Egress LER 방향으로 LSP 설정 요청을 보내면 Egress LER에서 Ingress LER 방향으로 레이블 바인딩 정보를 분배하여 LSP가 설정된다. 그림 10은 이러한

DoD-Ordered-Conservative 모드로 구동되는 ATM 기반 MPLS 시스템에서의 LSP 설정 절차를 도시한 것이다.

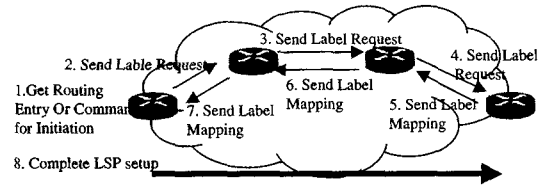


그림 10 ATM 기반 MPLS 시스템에서의 LSP 설정 절차

이러한 두 시스템의 차이로 한국전자통신연구원의 시스템은 초기 시스템 구동시, 라우팅에 의해 자동으로 모든 LSP가 설정되게 되고, 망의 라우팅 변화에 맞추어 빠르게 LSP 설정이 변화된다는 장점이 있다. 그러나 현재의 라우팅 프로토콜에 의해서는 하나의 시스템으로 향하는 루트들의 FEC Aggregation 정보 전달이 불가능하므로 한국전자통신연구원에서는 이러한 정보 전달을 위해 기존의 라우팅 프로토콜의 기능을 수정/추가하는 방법을 고안해 내기도 하였다[8].

또한 노텔의 MPLS 시스템은 모든 Best-Effort LSP도 각각의 운영자 명령어에 의해 설정되므로 초기 시스템 구동시 운영자의 개입이 크고, 라우팅의 변화 시에도 운영자의 개입 없이는 새로운 LSP를 설정할 수 없다는 단점이 있다. 그러나 설정되어야 할 Best-Effort LSP가 적은 경우, 운영자 명령어에 의한 LSP 설정은 좋은 방법 중에 하나가 될 수 있다.

이 외에 LDP 기능에 관련되어 제공되는 기능으로 LDP와 CR-LDP의 연동 기능이 있다. 노텔에서는 초기에 CR-LDP 기능을 지원하였고, 이후에 LDP의 기능을 같은 형식의 명령어로 제공하였기 때문에 이 두 프로토콜간의 망의 연동성을 위한 명령어를 제공한다. 그림 11은 이러한 연동의 예를 도시한 것인데, 노드 A,B,C,D,E에서는 LDP에 의해 Label Request가 전송된 것이고, 노드 D,F,H에서는 CR-LDP에 의해 Er-Hop 지정에 의한 Label Request가 전송되어 하나의 LSP를 설정할 수 있게 한다. 이처럼 두 프로토콜이 동시에 운용되는 망에서도 연동성을 제공하여 하나의 LSP를 설정할 수 있도록 하는 다양한 망의 운용성을 제공하고 있다.

이와는 달리 시스코, 주니퍼, 리버스톤의 라우터 기반 MPLS 시스템은 주로 DU 모드에 독립적 레이블 분배 제어 모드를 사용하고, 자유(Liberal) 레이블 보유 모드

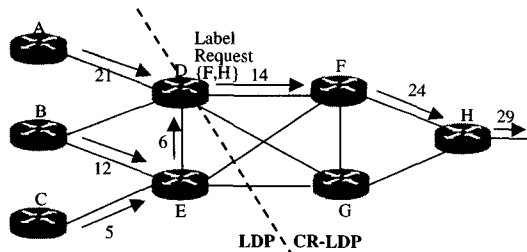


그림 11 노텔 시스템의 LDP와 CR-LDP의 연동 예[7]

또는 보수적(Conservative) 레이블 보유 모드를 적용하여 구현되어 있다. 이는 ATM 기반의 시스템과는 달리 Shim 헤더의 레이블 20-bit를 모두 사용하여 더 많은 레이블 분배를 할 수 있기 때문에 레이블 요청 없이도 레이블 바인딩 정보를 보내고, 중간 LSR에서 상위 레이블(Upstream Label) 수신에 상관없이 레이블 바인딩 정보를 보낼수 있는 DU-Independent-Conservative/Liberal 모드를 사용하는 것이다. 보수적(Conservative) 레이블 보유 모드와 자유(Liberal) 레이블 보유 모드는 각각 장단점이 있는데, Conservative 모드는 현재 사용할 LSP의 레이블만 관리한다는 점에서 레이블 낭비를 초래하지 않는다. 이에 반해 Liberal 모드는 레이블 낭비를 초래할 수 있지만 추후 라우팅의 변화에도 이미 그에 대한 레이블을 관리하고 있으므로 빠른 LSP 변환이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

그러나 DU 모드는 레이블 요청없이 레이블 바인딩 정보를 보낼 수 있기 때문에 별다른 제한 조건 없이 모든 장비의 모든 서브넷에 대하여 레이블 바인딩 정보를 분배한다면, 원하지 않는 LSP의 생성 문제가 발생할 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 모든 DU 모드를 사용하는 장비에서는 Egress LER 및 중간 LSR에서 레이블 바인딩 정보를 분배하는데 제한 조건을 설정할 수 있는 명령어를 제공하고 있다.

주니퍼의 MPLS 시스템인 경우(JUNOS 5.1), LDP-draft06 문서[6]를 참고하여 LDP를 구현하였고 DU 모드로 LDP가 구동되며, 기본적으로는 각 LSR에서 갖는 Loopback 주소에 대해서만 레이블 바인딩 정보를 분배하여 각 노드 사이에 하나씩의 LSP만 설정하게 되어 있다. 이 외에 다른 LSP를 설정하고자 하는 경우, Egress-Policy 명령어와 레이블 필터링 정책을 설정해 줌으로써 특정 FEC에 대한 레이블 정보를 특정 LSR에게만 분배하도록 하여 원하는 LSP만을 설정할 수 있게 하였다. 이렇게 주니퍼에서는 운용자 명령어에 따라 LSP를 설정하고 운용할 수 있는 방법을 제공하고 있다. 그림 12는 이러한

Egress-Policy/Label Filtering 명령어의 문법과 명령어의 예이다[9].

```

<문법>
[edit protocols]
ldp{
  import [filtering policy for received label binding]
  egress-policy [policy-name]
  export [filtering policy for advertising label binding]}

<예시> 모든 peer로부터 32-bit prefix 만을 수용하고, 이러한 prefix 중 10.10.10.6/32를 모든 Peer로 보내는 것은 블럭 시켜라.
protocol {
  ldp{
    import only-32
    export block-one }}
policy-options{
  policy-statement only-32{
    term first {
      from (router-filter 0.0.0.0 upto /31)
      then reject;
    }then accept;}
  policy-statement block-one{
    term first {
      from (router-filter 10.10.10.6/32 exact)
      then reject;
    }then accept;}}
    
```

그림 12 주니퍼의 MPLS 시스템에서 LSP 설정을 위한 명령어 문법과 예

또한 이 시스템에서 제공하는 특수 기능은 다음과 같다. 초기 주니퍼 시스템은 RSVP-TE에 기반한 MPLS 시스템을 개발하였기 때문에 RSVP-TE 망을 LDP LSP로 터널링시키는 연동 기능을 제공하고 있다. 그림 13은 이러한 RSVP-TE LSP에 LDP LSP의 터널 제공에 대한 예를 보여주고 있다. 이 때, 물론 LDP가 운용되는 B LSR과 E LSR은 타켓 Hello에 의한 확장 발견 메커니즘을 통해 하나의 홉(Hop)으로 인식해야 하고, LDP 망과 RSVP-TE 망이 같은 OSPF area 또는 같은 IS-IS Level에 포함되어야 하는 제한 조건이 있다.

이 외에 여러 라우팅 프로토콜에 의해 계산된 라우트 정보들 중에 특정 라우팅 프로토콜에 의해 계산된 루트를 사용할 수 있도록 Route-Preference를 설정할 수 있는 명령어를 제공한다. 또한, 하위 노드들에서 분배된 레이블에 대하여 상향 노드로 하나의 레이블만 분배를

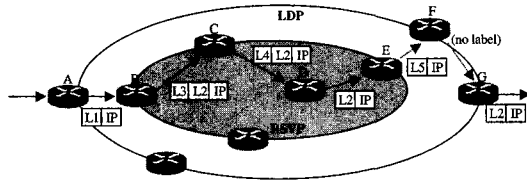


그림 13 RSVP-TE LSP에 LDP LSP의 터널 제공 예[9]

할 것인가에 대한 FEC Aggregation/De-Aggregation 설정 명령어도 제공된다.

이와 비슷하게 시스코의 MPLS 시스템은 LDP-draft08 문서[10]에 기반하여 LDP를 구현하였고 마찬가지로 DU 모드로 LDP가 구동되며, 주니퍼 시스템과는 반대로 기본적으로 모든 목적지에 대한 레이블을 모든 Peer에게 분배하게 되어 있다. 이에 특정 FEC와 특정 Peer에 대한 레이블 분배에 대한 제한 조건을 명령어로 설정해 줌으로써 원하는 LSP를 운용자 명령어에 의해 설정 및 운용 가능하게 하는 LSP 관리 방법을 제공하고 있다. 그림 14는 이러한 명령어의 문법과 특정 LSP 설정을 위한 명령어의 예이다[11].

이러한 LSP 설정에 대한 명령어 외에 LDP-draft08 문서에 추가된 기능인 LDP 세션 보안을 위한 TCP Message Digest 5(MD5)를 사용하는데 있어서 암호를

```
<문법>
> mpls ldp advertise-labels [for ip-access-list[to ip-access-list]]
> [no] mpls ldp advertise-labels [for ip-access-list[to ip-access-list]]

<예시> FEC 59.0.0.0에 대한 레이블은 LSR 155.0.0.55에만 분배하고, FEC 35.0.0.0에 대한 레이블은 LSR 133.0.0.33에만 분배하라. 그리고 이 외 다른 FEC에 대한 레이블 분배를 제한하라.
Router(config)# ip access-list standard pfx-filter1
Router(config-std-nacl)# permit 59.0.0.0
Router(config-std-nacl)# exit
Router(config)# ip access-list standard lsr-filter1
Router(config-std-nacl)# permit 155.0.0.55
Router(config-std-nacl)# exit
Router(config)# ip access-list standard pfx-filter2
Router(config-std-nacl)# permit 35.0.0.0
Router(config-std-nacl)# exit
Router(config)# ip access-list standard lsr-filter2
Router(config-std-nacl)# permit 133.0.0.33
Router(config-std-nacl)# exit
Router(config)# mpls ldp advertise-labels for pfx-filter1 to lsr-filter1
```

```
Router(config)# mpls ldp advertise-labels for pfx-filter2 to lsr-filter2
Router(config)# no mpls ldp advertise-labels
```

그림 14 시스코의 MPLS 시스템에서 LSP 설정을 위한 명령어 문법과 예

설정하는 명령어와 VC 머징 기능을 설정하는 명령어를 제공하고 있다.

요즘 MPLS 기술을 이용한 인터넷 시스템 제공에 선두를 보이고 있는 리버스톤은 라우터/스위치 기반의 MPLS 시스템을 제공하고 있는데 DU-Ordered-Liberal 모드로 LDP가 구동된다. LSP 설정에 있어서 주니퍼 시스템과 마찬가지로 기본적으로는 각 시스템의 Loop back 주소에 대해서만 레이블 분배를 하여 각 시스템간에 하나의 LSP를 설정하고, 그 외 다른 인터페이스에 대한 레이블 분배 트리거링을 위하여 각 인터페이스의 prefix를 명시하기 위한 route-map 명령어와 Egress LER에서 레이블 바인딩 분배를 위한 Egress-policy 명령어를 제공하고 있다. 그림 15는 이러한 명령어에 의한 LSP 설정에 관한 예이다[12]. 이 외에 시스코 시스템과 마찬가지로 LDP 세션 보안을 위한 MD5 Signature 설정 명령어를 제공하고 있다.

```
<예시> FEC 9.9.9.1/24에 대한 레이블 바인딩을 분배하여 LSP를 설정하라.
interface create ip Net9 address-netmask 9.9.9.1/24 port et.3.8
route-map Net9 permit 10 network 9.9.9.0/24 match-prefix
ldp set egress-policy route-map Net9 sequence 10
```

그림 15 리버스톤의 MPLS 시스템에서 LSP 설정을 위한 명령어 예

이상으로 주니퍼, 시스코, 리버스톤의 라우터 기반 MPLS 시스템에서 LDP 운용 방법을 정리해 보면 이 모두는 DU 모드로 동작을 하여 레이블 요청 없이 레이블 바인딩 정보를 분배한다. 이에 대한 제한 조건은 Egress LER에서 Egress 정책 정보를 설정하여 제한된 FEC에 대한 LSP를 설정하게 하고, 중간 LSR에서도 레이블 바인딩 정보의 분배에 대한 제한 조건을 명령어로 설정하게 하여 원하는 LSP만을 설정하도록 한다. 그림 16은 이러한 라우터 기반의 MPLS 시스템에서의 LSP 설정 절차를 도시한 것이다.

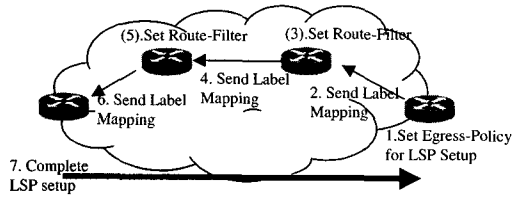


그림 16 라우터 기반 MPLS 시스템에서의 LSP 설정 절차

표 3은 지금까지 설명된 MPLS 시스템에서 LDP 구동 모드와 LSP 설정 트리거링 방법을 비교 정리한 표이다.

표 3 MPLS 시스템에서의 LDP 구동 모드와 LSP 설정 트리거링

		LDP 구동 모드	LSP 설정 트리거링
ATM 기반 MPLS 시스템	ETRI	DoD-Ordered-Conservative	Ingress LER에서 라우팅 프로토콜에 의해 Indirect 라우팅 정보 생성
	노텔	DoD-Ordered-Conservative	Ingress LER에서 사용자 명령어에 의해 설정할 LSP의 FEC 입력
라우터 기반 MPLS 시스템	주니퍼	DU-Independent-Conservative/Liberal	Egress LER에서 사용자 명령어에 의해 설정할 LSP의 Egress Policy/ Label Filtering Policy 입력
	시스코	DU-Independent-Conservative/Liberal	Egress LER에서 사용자 명령어에 의해 설정할 LSP의 FEC/LSR 입력
	리버스톤	DU-Ordered-Liberal	Egress LER에서 사용자 명령어에 의해 설정할 LSP의 Egress Policy 입력

6. LDP 기능의 망 적용 방안과 활용 방안

이러한 다양한 구동 모드를 제공하는 MPLS 시그널링 프로토콜인 LDP는 기본적으로 MPLS 망에서 CR-LDP나 RSVP-TE에 의한 QoS LSP가 아닌 Best-Effort LSP를 설정하는데 사용될 것이다. 그러나 CoS 정보를 입력하는 명령어를 제공하고, 입력된 CoS 정보와 분배하는 레이블의 Experimental Bit(3Bits)를 매핑하여 바인딩 정보를 분배하는 메커니즘을 제공한다면 CoS 제공의 LSP 설정의 용도로도 사용가능할 것이다.

또한 이제까지 적용되어 사용되고 있는 LAN 영역의 기술들을 그대로 사용하면서 ISP 백본망에 연결하여 지리적으로 분산된 Peer간의 연결성을 제공할 목적으로 MPLS 기술을 이용한 AToM(Any Transport over MPLS)[13] 서비스 기술이 나오게 되었다. 이러한 AToM 기술은 MPLS 백본 망에 연결된 네트워크의 종류가 프레임 릴레이, ATM, 이더넷, PPP처럼 무엇이든 다양한 종류의 망으로 구성된 단말 사용자를 연결시켜 줄 목적으로 사용될 수 있다. 이러한 기술의 제공 수단으로 LDP의 사용이 많은 관심을 받고 있는데, 그림 17은 이러한 AToM 기술이 적용되고 LDP를 사용하여 프레임 릴레이 망을 연결한 예를 도시한 것이다. LSP가 PE1에서 PE2로 향하는 LSP라 가정했을 때, PE1과 PE2를 연결하여 PE2에서 프레임 릴레이의 DLCI를 구분하여 트래픽을 전송하기 위한 직접 LDP(Directed LDP) 즉 타겟 피어링(Targeted Peering)을 사용하였고, MPLS 백본에서 PE2를 찾아가기 위하여 각 노드 간에는 근접 LDP(Neighbor LDP) 즉 기본 피어링(Basic Peering)을 사용하여 레이블이 할당되었다.

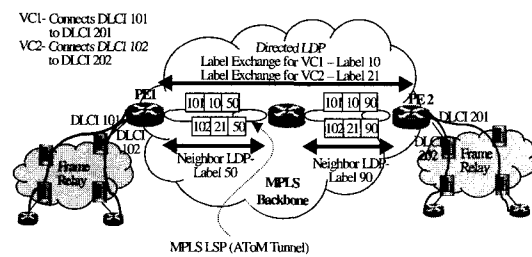


그림 17 LDP를 이용한 FrameRelay over MPLS[13]

이러한 AToM 기술의 한 예로 최근 많은 관심을 받고 있는 EoMPLS 서비스에서도 Egress LER에서 LAN 인터페이스를 찾는 용도로 사용되는 VC(Virtual Circuit) Label을 할당하는데 LDP를 적용할 수 있다[14]. 이와 비슷하게 Ethernet VPN을 위한 레이블 분배 메커니즘을 제공하는 목적으로도 LDP가 사용될 것이다[15].

또한 라우팅 프로토콜을 부분적으로 대신하는 목적으로도 LDP가 사용 가능한데, 하나의 IGP(Interior Gateway Protocol) 내의 라우터 사이에 LDP에 의한 터널 LSP를 제공하여 외부 망 정보가 백본 망으로 유입되는 것을 줄일 수 있는 용도로도 사용 가능할 것이며[9], IBGP Full Mesh나 Route Reflector를 대신하여 백본 망에 LDP 터널 LSP를 제공할 수 있을 것이다[12].

7. 결론

한국전자통신연구원에서는 인터넷 멀티미디어 트래픽의 QoS 지원을 보장하고, 현 IP 네트워크에서 가상 사설망 서비스나 트래픽 엔지니어링 서비스 제공을 가능하게 하는 ATM 기반 MPLS 시스템을 개발하였고, 본 논문에서는 이 시스템에서 구현된 사그널링 프로토콜 중에 LDP의 설계 및 구현 내용에 대하여 설명하였다. 본 시스템은 ATM 스위치로 구성된 초고속 국가망의 효율성과 안정성 및 향상된 IP 서비스를 제공해 줄 것이다.

개발된 LDP의 기능은 노텔 시스템 등 타 시스템과의 연동 시험 및 MPLS 기능 시연을 통하여 기능을 검증하였고, 앞으로 초고속 국가망에서 시범 서비스와 상용화 서비스를 제공할 것이다.

이렇게 개발된 ATM 기반 MPLS 시스템에서의 LDP 기능은 또 다른 ATM 기반 MPLS 시스템인 노텔 시스템과 LSP 설정에서의 차이점에 대해 논의하였으며, 시스템, 주니퍼, 리버스톤 사의 라우터 기반 MPLS 시스템의 LDP 개발 및 운용 상의 차이점에 관하여 기술하였다.

이렇게 비교 분석된 여러 시스템의 LDP 기능 및 운용 방법을 통하여 추후 망에서 적용 가능할 LDP의 서비스와 활용 방안에 대하여 기술하였다. 우선 기본적으로 LDP는 라우팅에 기반한 Best-Effort LSP를 설정하는데 사용될 것이며, ATOM서비스, 특히 EoMPLS 서비스, L2/L3 VPN 서비스를 위하여 사용 가능하고, IGP 내의 라우터 사이에 터널을 제공할 목적으로도 사용 가능할 것이다. 또한 향후 개발될 GMPLS 기술 개발에 초석이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, "Multi-Protocol Label Switching Architecture," RFC 3031, January 2001.
- [2] Eric Mannie, "Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture," draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-03.txt, August 2002.
- [3] L. Andersson, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, and B. Thomas, "LDP Specification," RFC 3036, January 2001.
- [4] B. Jamoussi, L. Andersson, R. Callon, R. Dantu, L. Wu, P. Doolan, T. Worster, N. Feldman, A. Fredette, M. Girish, E. Gray, J. Heenanen, T. Kilty, and A. Malis, "Constraint-based LSP Setup Using LDP," RFC 3212, January 2002.
- [5] D. Awduche, L. Berger, D. Gan, T. Li, V. Srinivasan, and G. Swallow, "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels," RFC3209, December 2001.
- [6] L. Andersson, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, and B. Thomas, "LDP Specification (v06)," Internet-Draft draft-ietf-mpls-ldp-06.txt, October 1999.
- [7] "Passport 7400,15000, Multiprotocol Label Switching Guide," Nortel Networks.
- [8] 박해경, 정민영, 전병천, 이유경, "MPLS시스템에서 효율적인 LSP 할당 방법," 제6회 통신소프트웨어학술대회(comsw2001), pp155~158, 2001.
- [9] "JUNOS 5.1 Internet Software Configuration Guide: MPLS Application (LDP)," Juniper Networks, <http://www.juniper.net/techpubs/software/junos51/swconfig51-mpls-apps/download/swconfig51-mpls-apps.pdf>.
- [10] L. Andersson, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredette, and B. Thomas, "LDP Specification (v08)," Internet-Draft draft-ietf-mpls-ldp-08.txt, June 2000.
- [11] "MPLS Label Distribution Protocol (LDP)," Cisco IOS Release 12.2(2)T, Cisco Systems, http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios122/122newft/122t/122t2/ldp_221t.pdf.
- [12] "Interior Gateway Protocol in an MPLS Environment, Label Distribution Protocol (LDP)," Riverstone Networks, http://www.riverstonenet.com/support/mpls/ldp_index.htm.
- [13] Azhar Sayeed, "Any Transport over MPLS & Layer 2 VPN," Cisco Systems, MPLS International Conference 2001.
- [14] "Ethernet over MPLS on Cisco 7600 Series Router," Technology Brief, Cisco Systems, http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/7600osr/prodlit/emp76_tc.pdf.
- [15] Juha Heenanen, "Directory/LDP Based Ethernet VPNs," Internet-Draft draft-heenanen-dirdlp-eth-vpns-01.txt, November 2001.



김 미 희

1997년 이화여자대학교 전자계산학과 졸업(이학사). 1999년 이화여자대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사). 1999년 ㈜인터 연구원. 1999년~현재 한국전자통신연구원 액세스프로토콜팀 연구원. 관심 분야는 차세대 인터넷 기술, MPLS/GMPLS, Ethernet 시스템, VLAN, VPN



이 종 협

1984년 고려대학교 산업공학과 졸업(공학사). 1986년 한국과학기술원(KAIST) 산업공학과 졸업(공학석사). 1996년 한국과학기술원(KAIST) 산업공학과 졸업(공학박사). 1986년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 액세스프로토콜팀 팀장

관심분야는 High-speed Network Design and Routing Switch and Router Technology, Network Protocols



이 유 경

1978년 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1980년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1980년~1984년 공군제2사관학교 교관. 1984년~현재 한국전자통신연구원 네트워크연구소 책임연구원. 관심분야는 고속통신시스템 네트워크 구조, MPLS 기술

트위크 구조, MPLS 기술