

MPLS 망들의 상호 연동에 대한 프레임워크

정희원 김숙연*, 양선희*, 이유경*

Framework of MPLS network interworking

Sook-Yeon Kim*, Sunhee Yang*, and Yoo-Kyoung Lee* *Regular Members*

요 약

차세대 IP망 기술로서 각광 받고 있는 MPLS에 대한 표준화는 IETF를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 그럼에도 불구하고 서로 다른 기술적 접근을 하고 있는 MPLS 망들의 상호 연동에 대한 표준화는 아직까지 속제로만 남아 있다. 본 고에서는 MPLS 망들의 연동에 관한 프레임워크를 제시한다. 상호 연동 구조를 세가지로 제시한 후 각 구조의 특징과 장단점을 분석한다. 세 가지 구조는 망들을 통과하는 LSP의 성격에 의해서 서로 구분된다. 첫째는 망들을 통과하는 LSP가 없는 구조이고, 둘째는 LSP가 있으나 연동을 위한 스택킹이 없는 구조이고, 셋째는 LSP가 있고 연동을 위한 스택킹이 있는 구조이다. 한편 최선형 서비스와 품질 보장형 서비스와 VPN (Virtual Private Network) 서비스를 위한 망들의 협약사항을 제시함으로써 이러한 연동 구조들의 기능 요구 사항을 정리한다. 세 가지 구조는 각기 장단점을 가지고 있고 서비스의 종류에 따라 적합성이 다르다. 그럼에도 불구하고 연동을 위한 스택킹이 있는 구조가 확장성의 측면이나 전송시간의 측면에서 기술적 우위를 일반적으로 가진다. 그러나 MPLS의 표준화가 완성되지 않은 현 상황에서는 LSP가 없는 구조가 현실적으로 적용 가능하다.

ABSTRACT

MPLS that appeals as IP network technique of next generation is actively being standardized in IETF. However interworking of MPLS networks that apply different technical approaches still remains as further work for standardization. In this paper, framework of MPLS network interworking is presented. Three architectures of interworking are provided and characterized. The three are distinguished from each other by the characteristics of LSPs between networks. The first architecture has no LSP between networks. The second has LSPs without stacking. The third has LSPs with stacking. Each of the three architectures is examined on functionalities by listing contract items between networks for various services. The services are focused on BE (Best Effort), QoS (Quality of Service) and VPN (Virtual Private Network). Each of the three architectures has its own pros and cons and has the appropriate services. However, the most superior architecture is generally that of LSPs with stacking in terms of network extensibility and transmission delay. In the present situation where the standardization of MPLS has not been completed, the architecture of no LSP is more actually applicable.

I. 서 론

MPLS(Multiprotocol Label Switching)는 IP망의 성능을 개선할 수 있을 뿐 아니라 QoS(Quality of Service) 및 VPN (Virtual Private Network) 과 같은 고급 서비스를 제공하기에 용이한 구조를 가지고 있어 차세대 IP망 기술로서 각광 받고 있다. Cisco,

Nortel, Lucent, Ericsson과 같이 세계적으로 이름 있는 통신 회사들은 앞 다투어 MPLS 시스템을 개발하고 있다. 이와 더불어 UUNet, 프랑스텔레콤, AT&T 등 대규모 서비스 제공자들도 MPLS의 도입을 추진하고 있다. 한편 국내에서도 인터넷 백본망을 MPLS로 업그레이드 하는 것이 적극적으로 검토되고 있을 뿐만 아니라 벤처 기업인 미디어링크가

* 한국전자통신연구원 네트워크기술연구소 인터넷기술연구부 (isykim, shyang, leeyk) @etri.re.kr
논문번호: 00459-1206, 접수일자: 2000년 12월 6일

MPLS 시스템을 개발하였고 전자통신연구원 (ETRI) 도 개발 중이다.

MPLS에 대한 표준화는 IETF(Internet Engineering Task Force)를 중심으로 활발히 진행되고 있다^[1,2]. 그러나 똑같은 서비스에 대하여 다양한 기술적 구조들이 제안되고 있는 상태이다. 예를 들어 QoS 서비스에 대한 기술로서 CR-LDP(ConstRaint-based Label Distribution Protocol)와 RSVP-TE(ReSource reserVation Protocol Traffic Engineering)가 서로 양립하고 있다^[3,4]. 또한 VPN 서비스에 대하여 BGP multiprotocol extension(BGP-E)을 활용하는 방식과, Virtual Router (VR) 개념을 활용하는 방식이 양립하고 있다^[5,6,7,8,9]. 각 MPLS 망이 서로 다른 기술적 구조들을 도입하고 있는 상황에서 MPLS 망들의 연동에 대한 표준화는 아직까지 속제로만 남아 있다.

MPLS 망들의 연동이 필요한 이유 중 대표적 두 가지는 다음과 같다. 첫째, 데이터 패킷이 MPLS 망들을 통과할 때 IP 헤더 록업으로 인한 전송 시간 지연을 방지할 수 있다. MPLS 기술의 가장 큰 장점 중 하나가 IP헤더 록업으로 인한 시간 지연을 없애는 것이다. MPLS 망들을 연동시킴으로써 데이터 패킷이 망들 간을 통과할 때조차 IP 헤더의 록업을 제거할 수 있다. 둘째, 다른 MPLS 망에 접속되어 있는 원격의 사이트들 간에 QoS나 VPN과 같은 고급 서비스를 제공할 수 있다. 만약 망들의 연동이 되지 않는다면 QoS나 VPN 서비스를 원하는 MPLS 망의 고객들은 반드시 하나의 망에 접속하여야 한다. 이와 같은 상호 연동의 유용성 때문에 망사업자 혹은 시스템 개발자들은 적절한 연동 구조를 모색하고 있을 뿐 아니라 연동 표준화의 기초를 제공할 만한 프레임워크에 대한 정리를 필요로 하고 있다.

본 고에서는 MPLS 망들의 상호 연동 (이하 연동)에 관한 프레임워크 (framework)를 제시한다. 먼저 연동 구조를 세 가지로 제시한 후 각 구조의 특징과 장단점을 분석한다. 세 가지 구조는 망들을 통과하는 LSP(Label Switched Path)의 성격에 의해서 서로 구분된다. 첫째는 망들을 통과하는 LSP가 없는 구조이고; 둘째는 LSP가 있으나 연동을 위한 스테이징이 없는 구조이고; 셋째는 LSP가 있고 연동을 위한 스테이징이 있는 구조이다. 이러한 제시와 더불어 각종의 서비스를 위한 망들의 협약 사항을 제시함으로써 연동 구조들의 기능 요구 사항을 정리한다. 본 고에서는 서비스의 종류를 크게 BE(Best Effort)와 QoS와 VPN으로 나눈다.

2 장에서는 MPLS 기술을 간략히 설명하고; 3 장에서는 연동의 대략적인 기능 요구 사항을 밝히고; 4 장에서는 연동 구조들을 세 가지로 제시한 후 각각의 특징을 분석한다. 5 장에서는 연동 구조들을 BE와 QoS와 VPN 서비스에 적용하기 위하여 필요한 망들의 협약사항을 제시함으로써 기능 요구 사항을 상세화 한다. 6장에서는 연동과 관련된 표준화 동향을 살펴보고 7 장에서 결론을 맺는다.

II. MPLS 개요

MPLS 망은 그림 1의 예와 같이 LER(Label switching Edge Router)들과 LSR(Label Switching Router)들과 그들을 연결하는 링크들로 구성되어 있다. LER은 망의 에지에 위치하여 다른 망과 연동하거나 가입자를 수용한다. LSR은 망의 코어에 위치하여 데이터 패킷을 레이블 교환으로써 고속 전송한다. 본 고에서는 각 MPLS 망이 MPLS 도메인으로서 하나의 AS (Autonomous System)라고 간주한다.

레이블은 고정된 길이의 짧은 지정자(identifier)로서 망의 각 노드에서 동일하게 전달되는 패킷의 그룹을 의미하기도 한다. 이러한 동일하게 전달되는 패킷의 그룹을 FEC(Forwarding Equivalent Class)라 부른다. 동일한 FEC에 대해서 할당되는 레이블은 망의 노드 마다 다른 값을 갖는다. 이렇게 동일한 FEC에 할당된 레이블들에 의해서 결정되는 패킷 전달 경로를 LSP(Label Switched Path)라고 부른다. 그림 1에 두 개의 LER을 잇는 LSP가 점선 화살표로 표시되어 있다.

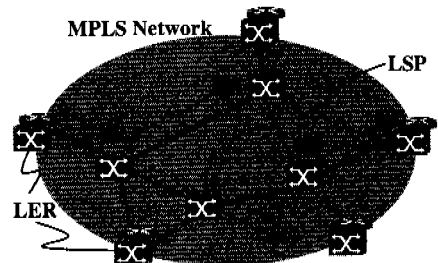


그림 1. MPLS 망의 예

LSR은 특정 FEC에 할당된 자신의 레이블을 인접한 LSR들에게 전달함으로써 입력 레이블과 출력 레이블을 대응시키는 레이블 테이블을 구성하여야 한다. 그림 2에 레이블 테이블에 따른 데이터의 전

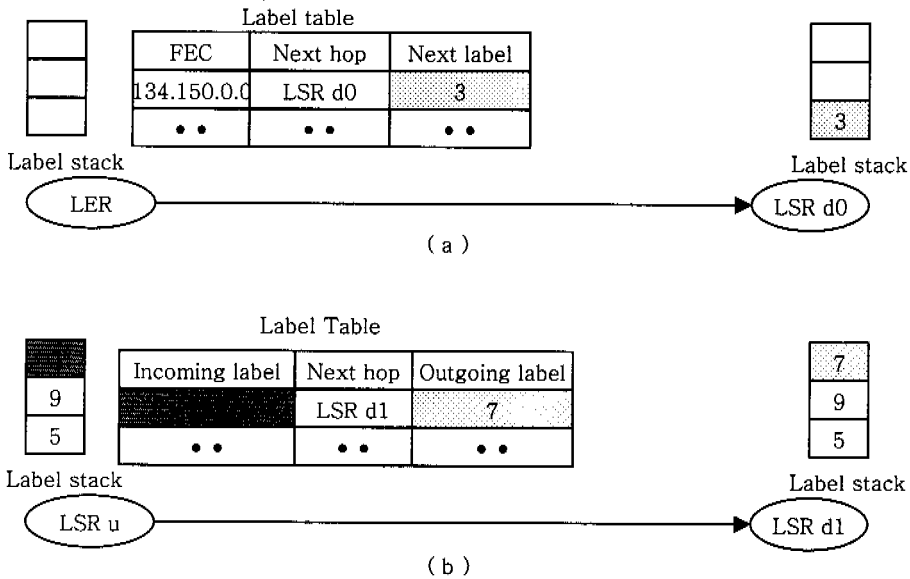


그림 2. 레이블 테이블에 따른 데이터 전달의 예

달 예가 나타나 있다. 그림 2의 (a)의 테이블은 입구 LER의 예이며 그림 2의 (b)의 테이블은 LSR의 예이다. 레이블 테이블에는 입력(출력) 레이블과 함께 입력(출력) 인터페이스도 표시되어야 하나 그림의 단순화를 위해서 인터페이스 정보는 생략하였다. 또한 그림 2에서 데이터 패킷은 레이블 스택으로만 표시하였다. 그림 2의 (a)에서 목적지 주소가 134.150.0.0으로 시작되는 FEC는 3이라는 레이블을 달고 LSR d0로 보내진다. 한편 그림 2의 (b)에서 3이라는 최상위 레이블을 달고 온 데이터 패킷은 최상

위 레이블을 7로 바꾼 후 LSR d1으로 보내진다.

레이블의 전달을 위한 프로토콜로서 표준화되고 있는 것이 LDP (Label distribution Protocol)이다^[10]. LDP와 같은 별도의 프로토콜로써 레이블을 전달하지 않고 BGP와 같은 기존의 라우팅 프로토콜의 메시지에 실어서(piggyback) 전달하는 방안도 제안되고 있다^[11].

MPLS에서는 다층 구조를 갖는 라우팅을 위해서 레이블 스택킹을 활용한다. 레이블 스택은 여러 FEC가 하나의 FEC로 통합되어 특정 도메인을 통

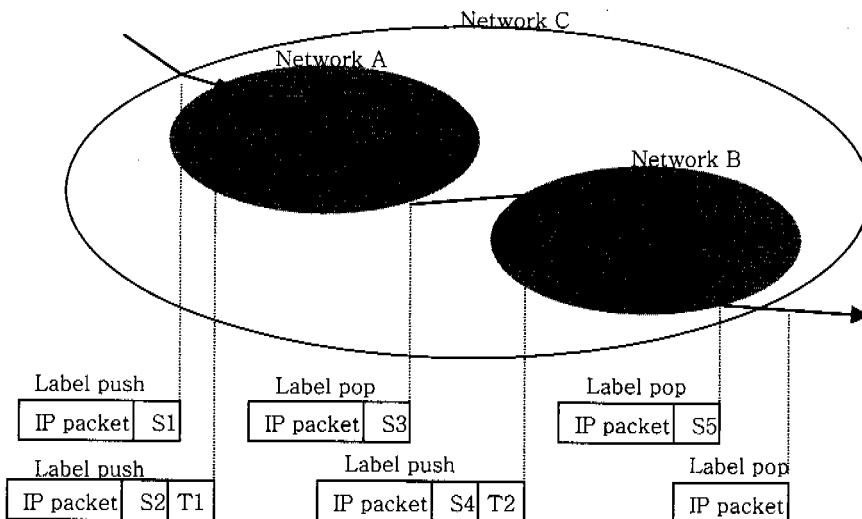


그림 3. 레이블 스택킹을 이용한 데이터의 전달 과정

과한 후 다시 원래의 FEC로 갈라질 수 있게 한다. 레이블 스택킹을 활용할 때 특정 도메인으로 진입하는 데이터에는 새로운 단계(level)의 레이블이 푸쉬되고 그 특정 도메인을 빠져 나오는 데이터에서는 그 단계의 레이블이 팝된다. 레이블 스택킹을 활용하여 데이터 패킷이 전달되는 예가 그림 3에 나타나 있다. 이 그림 3에서 IP 데이터 패킷이 망 C에 진입할 때 레이블 S1이 푸쉬되고; 망 A에 진입할 때 새로운 단계의 레이블, 즉 T1이 추가로 푸쉬된다. 그런 후 데이터 패킷이 망 A에서 빠져 나올 때 최상위 레이블이 팝되고; 망 B에 진입할 때 새로운 단계의 레이블, 즉 T2가 푸쉬된다. 또한 망 B를 빠져 나올 때 최상위 레이블이 팝되고; 망 C를 빠져 나올 때 역시 최상위 레이블이 팝된다.

MPLS 망에서 레이블 인코딩 방식은 망의 계층 2의 구조에 의존적이다^[11]. ATM기반의 MPLS 망에서는 셀의 VPI/VCI에 레이블이 인코딩되며; frame relay 기반에서는 DLCI에 인코딩된다. PPP기반에서는 IP 헤더와 계층 2 헤더 사이의 씬헤더에 인코딩된다^[12].

MPLS 망 A가 MPLS 망 B와 인접해 있다고 함은 망 A의 어떤 LER이 망 B의 어떤 LER과 직접 연결되어 있음을 의미한다. 여기서 자기 다른 망에 속하면서 직접 연결되어 있는 LER들을 앞으로 인접한 LER들이라 부르겠다. 같은 MPLS 망에 속하는 LER들도 서로 인접해 있을 수도 있다. 그러나 본 고에서 인접한 LER들이라 함은 다른 망에 속하는 LER들을 지칭한다. 그림 4에 인접한 두 망과 그들을 연결하는 인접한 LER들이 나타나 있다. 즉 망 A와 망 B가 LER b와 LER c에 의해서 인접해 있다.

III. MPLS 망들의 연동을 위한 기능 요구 사항

연동의 기능 요구 사항은 크게 운용 관리 기능 연동과 제어 기능 연동과 데이터 프레이밍 기능으로 나누어 진다.

3.1. 운용 관리 기능 연동

운용 관리 기능 연동은 서로 다른 망에 접속된 사이트들 간의 서비스 측면에서의 연동을 위한 것이다. 서비스 레벨 계약(SLA)과 같은 사전 작업을 통해서 서비스의 성격을 설정하고 이들을 유지, 관리할 수 있어야 한다.

3.2. 제어 연동 기능

제어 연동 기능은 망들을 통과하는 LSP가 있을 경우 그러한 LSP의 설정에 수반되는 제어 기능 측면에서의 연동이다. 망들을 통과하는 LSP의 설정을 위해서는 망들 간에 라우팅 정보를 서로 분배하는 기능과 분배된 라우팅 정보를 바탕으로 LSP를 설정하는 신호 프로토콜의 연동이 필요하다. 이러한 라우팅 정보 분배 기능과 신호 프로토콜의 연동은 상호간에 유기적으로 결합되어 동작해야 한다.

망들 간의 라우팅 정보의 분배 기능은 라우팅 프로토콜에 의해서 이루어 지거나 중앙 집중적인 서버를 통해 이루어 질 수 있다. 여기서 라우팅 정보는 망의 위상(topology) 정보뿐 아니라 각 링크의 상태(link state)로부터 추출되는 망의 자원 정보를 포함한다. 단 QoS를 지원하지 않는 연동에 대해서는 위상 정보만으로도 충분하다.

망들 간의 라우팅 정보를 분배할 수 있는 라우팅 프로토콜로서 현재 상용화되어 있는 것은 BGP이다^[13]. 그러나 BGP는 자원 정보나 망 내부의 상세 위상 정보를 분배해 주지는 않는다. 단지 목적지로 가는 AS의 순서를 알려 줄 뿐이다. 자원 정보나 망 내부의 상세 위상 정보를 다른 망으로 분배해 주는 프로토콜은 향후 연구 과제로 남아 있다. 참고적으로 위상 정보나 자원 정보를 같은 AS 내에서 분배할 수 있는 프로토콜들은 이미 상용화되었거나 표준화 진행 중이다^[14,15,16].

이렇게 망들 간의 라우팅 프로토콜의 표준화가 아직 미흡한 상황에서 망들의 연동을 구현하기 위해서 중앙 집중적인 서버를 활용할 수 있다. 망들

표 1. 인접한 LER간에 제어 정보의 전달 형식

특징	제어 정보의 전달 방식	레이블에 인코딩	IP 헤더에 인코딩	제어 정보별 인터페이스
데이터가 망들 간을 통과할 때 IP헤더 록업으로 인한 시간 지연 없음		O	X	O
데이터 패킷에 QoS 정보 인코딩		O	O	X

간의 라우팅 정보의 분배 기능이 중앙 집중적인 서버를 통해 이루어 지려면 각 망 내부 위상 정보나 자원 정보가 그 서버로 전달되는 메커니즘과 서버에서 모든 라우팅 정보가 각 망으로 전달되는 메커니즘이 필요하다. 중앙 집중적인 서버는 정보의 유지 관리 측면에서 효율적일 수 있으나 확장성이 매우 떨어지므로 규모가 작은 소수의 망들을 연동시키는 데에 적합하다.

한편 신호 프로토콜의 연동은 망들을 통과하는 LSP의 설정을 위한 기능으로서 LSP를 형성하는 레이블을 분배하는 기능이기도 하다. 신호 프로토콜로는 LDP나 CR-LDP나 RSVP-TE가 있으나 BGP-E로 레이블을 분배할 수 있음도 알려져 있다^[11]. 이들 프로토콜의 연동은 단순히 프로토콜 메시지에 대한 것뿐 아니라 라우팅 정보와의 결합 관계에 대한 것도 포함한다.

3.3. 데이터 프레임링 기능

데이터 프레임링 기능은 망들 간을 통과하는 데이터의 형식을 연동시키는 기능이다. IP 데이터 패킷과 함께 제어 정보를 전달하게 될 경우 제어 정보의 전달 형식을 연동시켜야 한다. 여기서 제어 정보는 라우팅 정보나 QoS 정보나 VPN 정보 등을 포함한다. 제어 정보의 전달 형식은 표 1과 같이 크게 세가지로 볼 수 있다. 첫째, 레이블에 인코딩하는 방식이다. 둘째, IP 헤더에 인코딩하는 방식이다. 셋째, 제어 정보별로 인접한 LER간의 논리적 연결(이하 연결)을 두는 방식이다. 각 연결을 LER은 논리적 인터페이스(이하 인터페이스)로써 구분하게 된다. 제어 정보를 레이블에 인코딩하는 경우 망들 간의 레이블의 인코딩 방식은 망 내의 레이블 인코딩 방식과 다를 수 있다. 따라서 인접한 LER들은 상이한 레이블 인코딩 방식에 대한 처리 기능을 가져야 한다.

IV. 연동구조

이 장에서는 MPLS 망들의 연동 구조를 세가지로 제시하고 각 구조의 특징들을 분석한다. 각 구조는 망들을 통과하는 LSP의 성격에 의해서 구분된다. 세 가지 중 첫번째는 망들을 통과하는 LSP가 없는 구조이다. 두 번째는 망들을 통과하는 LSP가 있으나 연동을 위한 스테킹이 없는 구조이다. 다시 말해서 망들 간을 통과하는 데이터에 인코딩된 레이블이 망 내에서 사용되는 레이블과 같은 단계이다. 세 번째는 망들을 통과하는 LSP가 있고 연동을 위한 스테킹이 있는 구조이다. 다시 말해서 망들 간을 통과하는 데이터에 인코딩된 레이블이 망 내에서 사용되는 레이블과 다른 단계이다. 여기서 연동을 위한 스테킹의 유무는 각 망 내의 스테킹의 유무와는 무관하다. 이제 세가지 구조의 기본적 특징들을 밝힌다.

4.1. LSP없음

망들을 통과하는 LSP가 없는 연동 구조는 다음과 같은 특징을 지닌다. 첫째, 인접한 LER간을 통과하는 데이터가 IP 패킷 형태이다. 둘째, 각 데이터 패킷이 통과하는 LSP들은 각 망에서 종단된다. 셋째, 구현이 비교적 단순하다는 장점이 있다. 다시 말해서 연동을 위한 기능 요구 사항이 거의 없다. 넷째, 망들이 독립적으로 동작하므로 확장성이 우수하다는 장점이 있다. 다섯째, 망의 입출력 시마다 IP 패킷의 헤더를 록업해야 하므로 전송 시간 지연이 크다는 단점이 있다.

그림 4에 이 구조의 예가 나타나 있다. 망 A의 LER a에서 망 B의 LER d까지 통과하는 데이터 패킷이 있다고 가정해 보자. 이 데이터 패킷은 망 A와 망 B에서 각각 다른 LSP를 통과하게 된다. 망

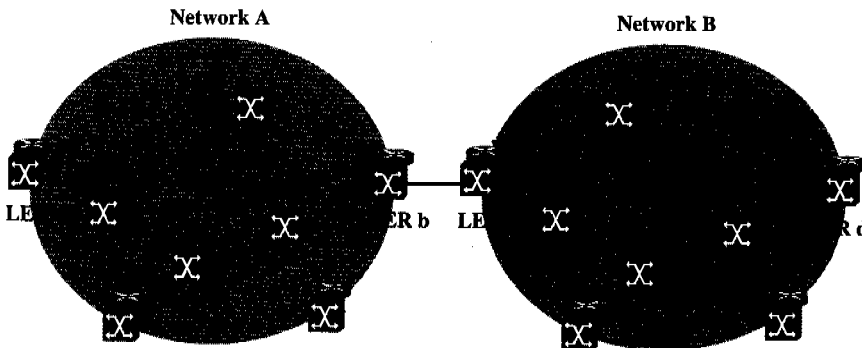


그림 4. 망들을 통과하는 LSP가 없는 구조

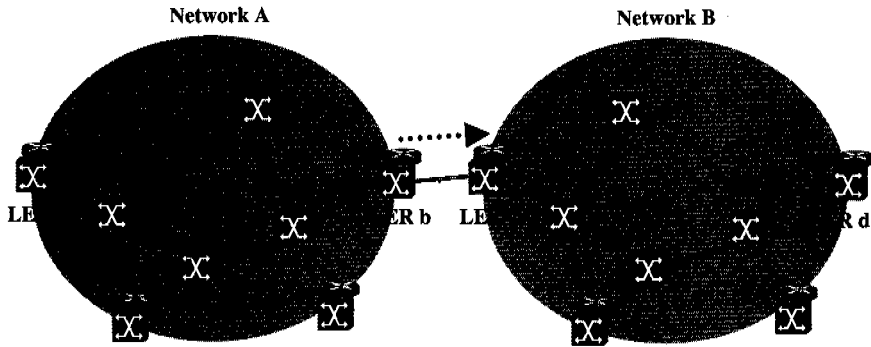


그림 5. 망들을 통과하는 LSP가 있으나 스테킹이 없는 구조

A에서는 LER a에서 LER b 까지 LSP를 통과하고 망 B에서는 LER c에서 LER d까지의 LSP를 통과한다. 이 LSP들은 그림 4의 점선 화살표들로 나타나 있다. 데이터 패킷이 망들 사이를 통과할 때는 IP 패킷 형태가 된다. 따라서 LER b와 LER c에서 각각 IP헤더를 록업해야 한다.

4.2. 스테킹 없는 LSP

망들을 통과하는 LSP가 있으나 연동을 위한 스테킹이 없는 구조에서는 LSP가 여러 망에 걸쳐 중단 없이 설정된다. 여러 MPLS 망에 거쳐 설정되는 LSP를 Inter-Network LSP(INLSP)라 부르자. INLSP는 각 망의 LSP의 연장으로도 볼 수 있다. INLSP의 설정 과정은 하나의 MPLS 망에서 LSP가 설정되는 과정과 똑같다. 따라서 여러 MPLS 망을 통과하는 INLSP상의 중간에 존재하는 LER들은 그 INLSP의 LSR의 역할을 수행한다.

그림 5에 이 구조의 예가 나타나 있다. 망 A의 LER a에서 망 B의 LER d까지 통과하는 데이터 패킷이 있다고 가정해 보자. 이 데이터 패킷은 LER a에서 LER d 까지 INLSP를 통과한다. 이 INLSP 들은 그림 4의 점선 화살표들로 나타나 있다. 데이터

패킷이 망들 사이를 통과할 때에도 INLSP를 통과하므로 LER b와 LER c에서 IP헤더를 록업할 필요가 없다.

이 구조에서 망들 간을 통과하는 데이터 패킷에 인코딩된 레이블은 INLSP를 위한 것이다. 그림 5의 예에서 볼 수 있듯이 LER b와 LER c 사이의 데이터 패킷에는 INLSP를 위한 레이블이 인코딩된다.

이 구조의 장점 중 하나는 망의 입출력 시에도 IP 헤더를 록업할 필요가 없으므로 전송 시간 지연이 적다는 점이다. 데이터 패킷이 여러 MPLS 망을 거쳐 이동하는 과정에서 라우팅 처리는 없고 오직 레이블 교환에 의한 고속 전달 만이 존재한다. 또 다른 장점은 연동을 위한 스테킹의 유지 관리에 따르는 비용이 없다는 점이다.

이 구조의 치명적인 단점은 자원의 낭비로 인하여 확장성이 떨어진다는 점이다. 예를 들어 그림 6의 세 개의 MPLS 망 A, B, C가 서로 연동한다고 해보자. 그림의 단순화를 위해서 LSR들과 그들에 인접한 링크들은 생략하였다. 점선 화살표는 INLSP를 나타낸다. LER 0에서 LER 7까지의 INLSP와, LER1에서 LER 8까지의 INLSP와, LER2에서 9까지

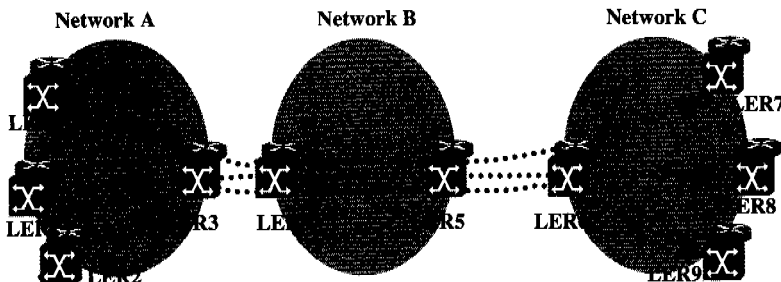


그림 6. INLSP의 설정 예

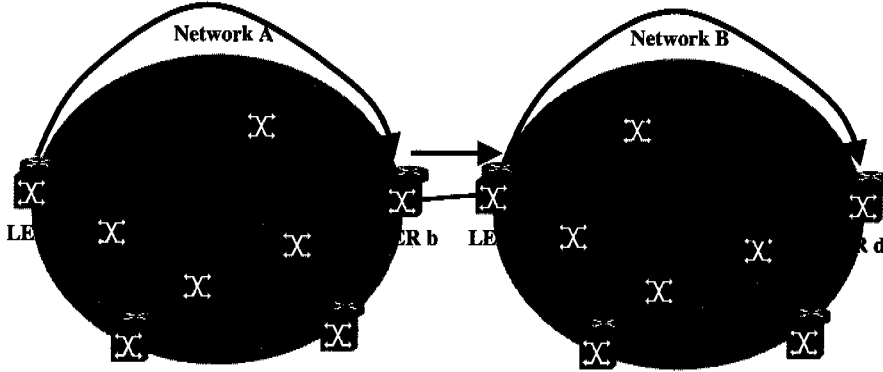


그림 7. 연동을 위한 스테킹이 있는 구조

지의 INLSP는 망 B를 통과한다. 즉 세 개의 INLSP가 별도로 LER 4와 LER 5를 지나게 된다. 이 예에서 볼 수 있듯이 같은 망 내의 두 LER간에 수많은 INLSP가 생길 수 있기 때문에 자원의 낭비가 초래된다.

4.3. 스테킹 있는 LSP

망들을 통과하는 LSP가 있고 연동을 위한 스테킹이 있는 구조에서는 각 MPLS 망 내부의 레이블 체계와 MPLS 망들 간의 레이블 체계가 다르다. 각 MPLS 망 내부의 레이블 체계는 각 망이 기존에 운용하던 레이블 체계를 그대로 따른다. 즉 각 망의 입구 LER에서 출구 LER까지의 데이터 전송을 위하여 기존의 LSP를 그대로 사용한다. 이러한 LSP는 망들의 연동과 상관없이 설정된 것으로서 LSR들과 두 개의 LER들로 구성된다.

한편, MPLS 망들 간의 레이블 체계는 MPLS 망들의 연동을 위하여 추가로 도입된 레이블 체계이다. 즉 여러 망들에 걸쳐 데이터 패킷을 전달하기 위하여 원격 노드들을 피어로 할 수 있는 새로운 종류의 LSP를 활용한다. 이제부터 이러한 LSP를 일반 LSP와 구분하여 편의상 BG-LSP(Border Gateway LSP)라 부르겠다. 또한 BG-LSP를 위한 레이블을 BG-레이블이라고 부르며 BG-LSP 상의 피어를 BG-피어라 부르겠다. 이러한 BG-LSP는 LER들로만 구성되는데, 다른 망의 인접한 LER들을 연결할 뿐 아니라 같은 망의 원격 LER들도 연결한다.

그림 7에 이 구조의 예가 나타나 있다. 망 A의 LER a에서 망 B의 LER d까지 통과하는 데이터 패킷이 있다고 가정해 보자. 이 데이터 패킷은 LER a에서 LER d까지 BG-LSP를 통과한다. 이 BG-LSP는 그림 7의 실선 화살표로 나타나 있는데

네 개의 LER들로만 구성된다. 이 BG-LSP는 점선 화살표로 나타나 있는 망 A의 LSP와 망 B의 LSP와 결부되어 있다. 데이터 패킷이 망들 사이를 통과할 때에는 BG-LSP를 지나므로 IP헤더를 룩업할 필요가 없다.

이 구조에서 망들 간을 통과하는 데이터 패킷에 인코딩된 레이블은 BG-LSP를 위한 BG-레이블이다. 그림 7의 예에서 볼 수 있듯이 LER b와 LER c 사이의 데이터 패킷에는 BG-LSP를 위한 레이블이 인코딩된다.

이 구조에서 각 망의 내부에서는 데이터 패킷이 적어도 두 개의 레이블을 달고 이동한다. 여기서 최상위 레이블은 망 내의 LSP를 위한 것이며 두 번째 레이블은 BG-LSP를 위한 것이다. 최상위 레이블은 MPLS 망을 통과하는 동안 LSR마다 변경되지만 BG-LSP를 위한 BG-레이블은 한 망의 입구 LER에서 출구 LER까지 변경되지 않는다. BG-LSP를 위한 레이블의 인코딩 방식은 망 내의 LSP를 위한 레이블 인코딩 방식과 다를 수 있다.

이 구조는 망의 입출력 시에도 IP헤더를 룩업할 필요가 없으므로 전송 시간 지연이 적다는 장점과, 스테킹이 없는 구조보다 확장성이 우수하다는 장점이 있다. 확장성의 우수성을 그림 8의 예를 통해서 살펴보자. 세 개의 MPLS 망 A, B, C가 서로 연동한다고 가정해 보자. 그림 8에서 BG-LSP는 실선 화살표로, 망 내의 LSP는 점선 화살표로 나타나 있다. LER 0에서 LER 7까지의 BG-LSP와; LER1에서 LER 8까지의 BG-LSP와; LER2에서 9까지의 BG-LSP는 망 B를 통과한다. 그러나 세 개의 BG-LSP는 LER 4와 LER 5간에 존재하는 한 개의 LSP를 공유할 수 있다. 비록 세 개의 BG-LSP가 망 B에 존재하나 각 BG-LSP는 LER4와 LER 5사

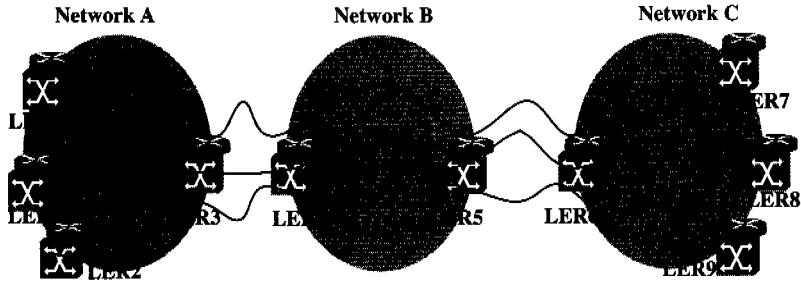


그림 8. BG-LSP의 예

이를 통과하기 위해 한 개의 레이블만 필요로 한다. 이 예에서 볼 수 있듯이 LSP의 공유로 인하여 자원이 절약되므로 이 구조는 확장성이 우수하다.

4.4. 비교

세 가지 구조를 비교해 보면 복잡도 측면에서 연동을 위한 스테이킹이 있는 구조가 가장 복잡하고 LSP가 없는 구조가 가장 단순하다. 확장성 측면에서 LSP가 없는 구조가 가장 확장성이 우수하고 LSP가 있으나 스테이킹이 없는 방안이 가장 확장성이 낮다. 따라서 복잡한 서비스 즉 기능 요구 사항이 다양하고 구현 방안의 표준화가 거의 되어 있지 않은 서비스를 위해서는 단순하고 확장성이 있는 구조, 즉 LSP가 없는 구조가 적합하다. 그러나 BE 서비스와 같이 단순한 서비스를 위해서는 다소 복잡한 연동 구조도 가능하다. 세가지 연동 구조의 특징은 다음 표 2과 같이 정리될 수 있다.

V. 각 종의 서비스에 대한 연동 구조들의 비교

이 장에서는 세 가지 구조를 각종의 서비스 측면에서 비교한다. 3 장에서 제시한 기능 요구 사항을 상세화 하기 위하여 각 종의 서비스에 대한 망들의 협약사항을 제시한다. 서비스의 종류는 BE와 QoS와 VPN으로 본다. 이 장에서 라우팅 분배 메커니즘을 고려할 때 중앙 집중적인 서버로 구현하는 방식은 제외한다. 왜냐하면 중앙 집중적인 서버의 구성과 정책에 따라 다양한 라우팅 정보 분배 메커니즘을 구현할 수 있으나 서버의 구성과 정책은 본 고의 범위 밖이기 때문이다.

5.1. BE 서비스에 대한 연동 구조들의 비교

BE 서비스는 데이터 패킷을 목적지로 전달하는 것만을 목표로 한다. 데이터 패킷의 라우팅 경로는

3계층의 라우팅 프로토콜들에 의존적이다. 망들을 통과하는 LSP가 없는 구조는 기능 요구 사항을 거의 필요로 하지 않는다. 다시 말해서 각 망의 LER이 IP 라우터로서 동작할 수만 있으면 연동을 않는 것이라 봐도 무방하다.

망들을 통과하는 LSP가 있는 구조들에서 망들의 협약 사항은 다음과 같다. 첫째 망들 간의 라우팅 정보의 분배 방식이다. 여기서 라우팅 정보라 함은 망의 위상 정보만을 의미한다. 둘째 신호 프로토콜의 연동을 위한 사항으로서 INLSP나 BG-LSP와 같이 망들을 통과하는 LSP를 위해 필요한 사항들이다. 셋째 망들 간을 통과하는 데이터 패킷에 대한 레이블의 인코딩 방식이다.

망들을 통과하는 LSP가 있으면서 스테이킹이 없는 구조에서 라우팅 정보의 분배 방식으로서 기존의 라우팅 프로토콜을 그대로 수용하면 다음과 같은 문제점이 생긴다. LDP는 통상 라우팅 테이블의 각 엔트리를 하나의 FEC로 본다. 그런데 LER의 라우팅 테이블은 다른 망에 대한 엔트리를 통합된 형태로 지닌다. 예를 들어 그림 5의 LER c는 LER b에게 망 B를 통과하는 여러 목적지에 대해서 통합된 라우팅 정보를 분배할 수 있다. 그러면 LER b는 통합된 라우팅 정보에 대한 라우팅 엔트리를 하나의 FEC로 보고 그 FEC에 하나의 레이블만을 할당하게 된다. 즉 그러면 그 레이블을 달고 LER b에서 LER c로 이동한 데이터 패킷은 망 B에서 동일하게 취급될 수 밖에 없다. 다시 말해서 LER c로부터 같은 LSP를 통과해야만 한다. 결론적으로 망들을 통과하는 라우팅 정보의 통합으로 인하여 망들을 통과하는 INLSP도 통합되어 버리는 문제가 생긴다. 이러한 문제는 통합되지 말아야 할 INLSP에 대한 라우팅 정보를 LER이 별도로 취급하도록 기존의 라우팅 프로토콜들을 수정함으로써 해결될 수 있다. 그러나 이러한 수정의 구체적인 방안은 향

표 2. 연동 구조들의 기본 특징 비교

특징		연동 구조		
		LSP 없음	스태킹이 없는 LSP	스태킹이 있는 LSP
기본 특징	망들 간을 통과하는 데이터에 레이블 인코딩	X	O	O
	연동을 위한 스택킹	X	X	O
장단점	MPLS 망들 간을 데이터 패킷이 통과할 때 IP 헤더 룩업에 따른 시간 지연 없음	X	O	O
	구현의 단순성	O	O	X
	확장성	O	X	O

표 3. BE 서비스에 대한 연동 구조들의 비교

망들의 협약사항		연동 구조		
		LSP 없음	스태킹이 없는 LSP	스태킹이 있는 LSP
라우팅	망들 간의 위상 정보 분배 방식	X	O	O
신호 프로토콜	인접한 LER들이 LDP 피어로 동작하는데 필요한 사항	X	O	X
	BG-LSP 설정 방식과; LER들이 서로 BG-피어로 동작하는데 필요한 사항	X	X	O
데이터 프레이밍	망들 간의 데이터 패킷에 대한 레이블 인코딩 방식	X	O	O

후 연구 과제로 남아 있다.

연동을 위한 스택킹이 있는 구조는 다음과 같은 특징을 가진다. 첫째, 망들 간에 분배되어야 할 라우팅 정보 중 다른 망 내의 상세한 위상 정보는 필요 없다. 즉 다른 망에 대한 위상 정보로서 목적지로 가는 AS들로 충분하다. 이러한 라우팅 정보는 각 망이 하나의 AS로 동작하고 각 LER이 BGR (Border Gateway Router)로 동작할 때 BGP에 의해서 분배될 수 있다. 둘째, 신호 프로토콜의 연동을 위한 사항으로서 BG-LSP 설정 방식과 LER들이 서로 BG-피어로 동작하기 위해 필요한 사항들이다. BG-LSP 설정 방식은 BGP-E 활용 방식이거나 LDP의 원격 피어 설정 방식이 될 수 있다. 셋째, 기능 요구 사항에 레이블 스택킹 기능도 포함된다. 레이블 스택킹 기능은 BG-LSP와 망 내의 LSP를 결부시키는 기능을 포함한다.

연동 구조들에 대한 망들의 협약사항을 비교해 보면 다음 표 3과 같다. 필요한 사항은 O로 필요하지 않은 사항은 X로 표시하였다.

5.2. QoS 서비스에 대한 연동 구조들의 비교

QoS 서비스는 데이터 패킷을 목적지로 전달하는 것 뿐 아니라 QoS를 만족시키는 기능도 필요로 한

다. QoS 데이터 패킷이 지나는 LSP는 일반적으로 대역폭이나 버퍼량과 같은 자원의 예약을 동반할 뿐 아니라 라우팅 경로가 명시적으로 지정되는 특성을 지닌다. 이러한 LSP를 CR-LSP(Constraint-based LSP)라 하자.

CR-LSP의 명시적 경로는 중앙 서버와 같은 장치에서 off-line으로 계산할 수도 있고, 입구 LER에서 수시로 변하는 망 자원 정보를 기반으로 on-line으로 계산할 수도 있다. On-line 계산의 기반이 되는 망 자원 정보를 망들 간에 분배할 수 있는 프로토콜은 향후 연구 과제로 남아 있다. 단 망 내에서는 OSPF나 IS-IS와 같은 IGP (Interior Gateway Protocol)의 확장을 통해 망 자원 정보가 분배될 수 있음이 알려져 있다^{[14],[15]}. 각 망은 서로 다른 라우팅 분배 메커니즘과 서로 다른 명시적 경로 계산 방식을 가질 수 있다.

CR-LSP는 CR-LDP(Constraint-based Routed Label Distributed Protocol)나 RSVP-TE와 같은 신호 프로토콜로써 설정된다. CR-LDP 방식은 구현이 용이하고, 상호 운용성이 보장되며, 여러 벤더가 참여하고 있는 장점을 가지고, RSVP-TE 방식은 RSVP 메시지에 explicit-route 객체만 추가하는 약간의 수정으로 이미 구현/설치된 RSVP를 사용할

수 있다는 장점이 있다. 각 망은 서로 다른 신호 프로토콜을 사용할 수 있다.

CR-LDP나 RSVP-TE는 CR-LSP의 설정 방식일 뿐 서비스의 종류를 결정해 주지 않는다. 왜냐하면 그 프로토콜들의 파라미터들은 트래픽의 특성만을 명시하기 때문이다. 따라서 각 망에서는 프로토콜의 트래픽 파라미터들을 서비스들로 대응시키는 규칙을 정의해야 한다. 따라서 각 망은 서로 다른 서비스의 종류를 제공할 수 있다.

QoS 서비스에 대한 연동을 하기 위하여 필요한 망들의 협약 사항 중 대표적이 것이 QoS 메커니즘이다. QoS 메커니즘은 망들 간을 통과하는 데이터의 QoS 종류와, 협약한 각 QoS를 만족시키는 방법과, 데이터 패킷에 QoS 정보를 실어 보내는 방식을 포함한다. 인접한 LER간에 QoS 정보를 실어 보내는 방식은 크게 세가지로 분류된다. 첫째는 데이터 패킷의 IP 헤더에 QoS 정보를 인코딩하는 방식이다. 예를 들어 IP 헤더의 ToS (Type Of Service) 필드에 QoS 정보를 인코딩하도록 협약할 수 있다. 둘째로 QoS 종류에 따라 레이블을 협약하는 방식이다. 이러한 레이블은 CR-LDP나 RSVP-TE를 통해 협약할 수 있다. 셋째는 협약한 QoS의 종류 수 만큼의 연결을 인접한 LER간에 설치하는 것이다. 즉 각 LER은 망 내의 특정 CR-LSP와 지정된 인터페이스를 연관시켜 놓게 된다.

망들을 통과하는 LSP가 없는 구조에서는 QoS 정보를 실어 보내는 방식으로서 레이블에 인코딩하는 방식을 채택할 수 없다. 따라서 IP 헤더에 인코딩하거나 QoS의 종류 수 만큼의 연결을 설치하도록 협약해야 한다.

망들을 통과하는 LSP가 있으나 스테이킹이 없는 구조에서는 QoS에 따라 INLSP가 설정된다. 따라서 다른 망 내의 위상이나 자원 정보가 망들 간에 분배되어야 한다. 왜냐하면 입구 LER이 INLSP의 명시적 경로를 계산하는데 필요하기 때문이다. 이러한 라우팅 정보를 망들 간에 분배 하는 프로토콜은 알려진 바가 없고 향후 연구 과제일 뿐이다. 단 한 망 내에서 IGP 영역간에 위상 및 자원 정보를 분배하는 표준화 작업 결과를 참고할 수 있을 것으로 보인다^[16,17]. QoS에 따라 INLSP가 설정되는 이 구조에서는 신호 프로토콜의 연동을 위하여 인접한 LER들이 CR-LSP의 피어로 동작해야 한다.

연동을 위한 스테이킹이 있는 구조에서는 QoS에 따라 BG-LSP가 설정된다. 따라서 다른 망 내의 모든 위상이나 모든 자원 정보가 망들 간에 분배되어

야 하는 것은 아니지만 목적지로 가는 AS들과 각 AS의 통합된 자원 정보가 분배되어야 한다. 이러한 라우팅 정보는 BGP-E를 이용하여 분배할 수 있으나 구체적인 방안은 향후 연구 과제이다. 이런 구조에서는 QoS 종류가 다른 데이터 패킷은 다른 BG-LSP를 통과한다. 따라서 같은 출발지와 목적지를 가지는 데이터 패킷에 대하여 여러 개의 BG-LSP가 설정될 수 있다. QoS에 따른 BG-LSP를 망 내의 CR-LSP와 어떻게 결부시킬 것인가도 향후 연구 과제로 남아 있다.

연동 구조들에 대한 망들의 협약사항을 비교해보면 다음 표 4와 같다. 단 표 4에서는 BE 서비스에 대한 표 3의 내용과 중복되는 사항은 생략하였다. 즉 LSP가 있는 구조에서는 라우팅 정보 분배 방식과 레이블 인코딩 방식을 협약해야 한다. 또한 연동을 위한 스테이킹이 있는 구조에서는 BG-LSP 설정 방식과 LER들이 BG-피어로 동작하는데 필요한 사항을 협약해야 한다.

5.3. VPN 서비스에 대한 연동 구조들의 비교

VPN 서비스는 원격의 사이트간의 보안성 있는 데이터 전달을 목표로 한다. 여기서 VPN 서비스는 원격 사이트 간의 인트라넷이나 엑스트라넷 서비스를 의미한다. VPN 서비스를 위해서는 데이터 패킷과 라우팅 정보의 보안성을 보장해야 한다. 물론 BE (QoS) 서비스를 할 경우 BE (QoS) 서비스를 위한 모든 사항을 더불어 고려해야 한다. 각 망은 자신의 독특한 VPN 구현 방식을 가질 수 있다. MPLS 망에서 VPN 서비스는 일반적으로 BGP-E 방식이나 VR 방식으로 구현된다.

VPN 서비스에 대한 연동을 위한 망들의 협약 사항 중 중요한 두 가지는 다음과 같다. 하나는 망들 간을 이동하는 라우팅 정보의 보안성을 VPN 별로 보장하는 방식이고 또 다른 하나는 데이터 패킷의 보안성을 VPN별로 보장하는 방식이다.

라우팅 정보에 대한 보안성은 크게 두 가지 방식으로 보장할 수 있다. 첫째는 인접한 LER간을 통과하는 VPN의 수 만큼의 연결을 설치하는 것이다. 이 방식은 VPN의 멤버십 메커니즘과 도달성 메커니즘이 분리된 방식이라 볼 수 있다. 멤버십 메커니즘은 독립된 연결로써 구현되며 도달성 메커니즘은 라우팅 프로토콜등으로써 구현된다. 이 방식은 인접한 망이 모두 VR 방식으로 VPN을 구현하고 있을 때 매우 유용하다. 둘째는 BGP-E를 활용하는 방식이다. 이 방식은 VPN의 멤버십 메커니즘과 도달성

표 4. QoS 서비스에 대한 연동 구조들의 비교

망들의 협약사항		연 동 구 조			
		LSP 없음	스태킹이 없는 LSP	스태킹이있는 LSP	
라우팅	망들 간의 자원 정보 분배 방식	X	O	O	
신호 프로토콜	인접한 LER들이 CR-LSP 피어로 동작하기 위한 사항	X	O	O	
데이터 프레임	인접한 LER 간의 데이터 패킷에 QoS 정보를 실어보내는 방식	IP 헤더에 인코딩	가능	X	X
		레이블에 인코딩	X	O	O
		QoS별 인터페이스	가능	주 1	주2
QoS 메커니즘	인접한 LER 간의 QoS 종류 (망들 간의 QoS 종류와 망 내의 QoS 종류의 대응 관계)	O	O	O	
	인접한 LER 간의 데이터에 대하여 협약한 QoS를 만족시키는 방법	O	O	O	

주 1,2. QoS 정보를 레이블에 인코딩하면서 보조적인 수단으로써 QoS 별 인터페이스를 둘 수도 있다.

메커니즘이 분리되지 않은 방식이라 볼 수 있다. 멤버십 정보와 도달성 정보가 동시에 BGP-E의 메시지에 실려 분배된다^[6,7,18]. BGP-E를 활용하는 방식은 각 망이 BGP-E 방식^[6,7]으로 VPN을 구현하고 있을 때 매우 유용하다.

데이터 패킷에 대한 보안성은 크게 두 가지 방식으로 보장될 수 있다. 첫째는 인접한 LER간을 통과하는 VPN의 수 만큼의 연결을 설치하는 것이다. 만약 데이터와 라우팅 정보의 보안성을 모두 VPN 별 연결을 뚫으로써 보장하기로 결정한다면 VPN별로 오직 한 개의 연결만 두어 활용할 수도 있다. 둘째는 VPN별로 레이블을 협약함으로써 레이블에 VPN 정보를 인코딩하는 방식이다. 만약 라우팅 정보의 보안성을 BGP-E로써 보장하고 데이터의 보안성을 VPN별 레이블로써 보장하기로 한다면 라우팅 정보를 분배할 때 BG-레이블도 함께 분배할 수 있다.

망들을 통과하는 LSP가 없는 구조에서는 VPN 별로 연결을 뚫으로써 데이터의 보안성을 보장해야 한다. 망들을 통과하는 LSP가 있으나 스택킹이 없는 구조에서는 VPN별 레이블을 협약함으로써 데이터의 보안성을 보장해야 한다. 즉 데이터의 보안성은 VPN별 INLSP로써 보장하도록 한다. 다시 말해서 같은 VPN에 속하는 사이트 간에 완전 메쉬(full mesh) 형태로 INLSP가 설정되도록 한다.

연동을 위한 스택킹이 있는 구조는 다음과 같은 특징을 가진다. 첫째, 데이터의 보안성은 VPN 별로 BG-LSP를 설정함으로써 보장된다. 다른 VPN에 속하는 데이터 패킷이 망 내부에서 같은 LSP를 탈 수는 있으나 같은 BG-LSP를 탈 수는 없다. 둘째,

만약 각 망의 VPN이 BGP-E 방식^[6,7]으로 구현되어 있다면 망들 간의 라우팅 정보의 보안성도 BGP-E로써 보장하고 데이터의 보안성도 VPN별 레이블로써 보장하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 망 내부의 VPN용 레이블 분배 메커니즘을 그대로 BG-레이블 분배 메커니즘으로 확장할 수 있기 때문이다.

VPN 서비스는 QoS를 지원할 수도 있다. QoS를 제공하는 VPN 서비스는 본 고에서 제시한 QoS와 VPN 서비스에 대한 사항들로부터 유추 할 수 있다. 그러나 상세한 적용 모델과 특징 분석은 향후 연구 과제로 남겨둔다.

연동 구조들에 대한 망들의 협약사항을 비교해보면 다음 표 5과 같다. 단 표 5에서는 BE 서비스에 대한 표 3의 내용이나 QoS 서비스를 위한 표 4의 내용과 중복되는 사항은 생략하였다. 즉 망들 간의 라우팅 정보 분배 방식과 신호 프로토콜의 연동을 위한 사항을 협약해야 하며 레이블 인코딩 방식도 협약해야 한다. QoS를 지원할 경우 QoS 메커니즘과 QoS 정보 전달 방식도 협약해야 한다.

VI. 표준화 동향

MPLS 망들의 연동에 관한 표준화는 아직 활발히 이루어 지고 있지 않다. 그러나 망들의 연동을 위하여 선행되어야 할 신호 프로토콜, 즉 LDP, CR-LDP 및 RSVP-TE의 표준화는 IETF에서 심도 있게 진행된 상태이다^[9,4,10]. 표준화된 구조를 바탕으로 다른 회사에서 출시된 라우터간의 연동시험을 하여 성공한 사례들도 있다. 예를 들어 Ericsson과

표 5. VPN 서비스에 대한 연동 구조들의 비교

망들의 협약 사항		연 동 구 조			
		LSP 없음	스테킹이 없는 LSP	스테킹이 있는 LSP	
라우팅	라우팅 정보의 보안성 보장 방식	VPN별 인터페이스	가능	가능	가능
		BGP-E 활용 방식	가능	가능	주 3
신호 프로토콜	VPN라우팅 정보와 레이블을 연관시켜 분배하는 방식	X	O	O	
데이터 프레이밍	데이터의 보안성 보장 방식	VPN별 인터페이스	O	X	X
		VPN별 레이블을 협약	X	O	O

주 3. 각 망의 VPN이 BGP-E 방식이라면 망들 간의 라우팅 정보의 보안성 보장 방식도 BGP-E를 활용하는 것이 바람직하다.

Nortel Networks과 General DataComm Industries, Inc., (GDC)는 1998년에 CR-LDP의 인터워킹의 데모가 성공적임을 발표했다.

QoS 서비스 연동을 위한 표준화는 다음과 같이 진행되고 있다. 첫째 하나의 망 내에서의 CR-LDP와 RSVP-TE를 서로 연동시키는 작업이 진행 중이다^[19]. 이 작업에서는 CR-LSP가 RSVP-TE로 시작하여 CR-LDP를 지나갈 때의 절차를 제시한다. 둘째, CR-LDP의 트래픽 파라미터들로부터 QoS 서비스를 정의하는 방식에 대해서 진행 중이다^[20]. 이 작업에서는 CR-LDP를 사용하는 두 MPLS 망들을 연동시키기 위한 서비스 정의 방식 뿐만 아니라 MPLS 망과 다른 망, 즉 Diffserve망^[21], ATM망, Frame Relay망, Intserve망^[22,23,24] 등을 연동시키기 위한 서비스 정의 방식을 제시한다. 셋째, 하나의 망 내에서의 여러 IGP 영역을 통과하는 CR-LSP의 설정에 대해서 진행 중이다^[16,17]. 이 작업에서는 OSPF나 IS-IS를 확장함으로써 한 IGP 영역의 통합된 QoS 정보를 다른 IGP영역으로 분배하고, CR-LDP나 RSVP-TE를 확장함으로써 IGP 영역들을 통과하는 CR-LSP를 설정한다.

한편 MPLS VPN과 관련한 표준화 동향은 다음과 같다. BGP-E 방식과 관련된 표준화 작업은 시스코를 중심으로^[6,7] VR 방식은 노텔과 루슨트를 비롯한 여러 기업을 중심으로^[8,9] 활발히 진행되고 있다. 한편 MPLS VPN 연동을 위해 프레임워크를 제시하는 작업들도 진행 중이다. 다른 구조를 가지는 MPLS VPN들 사이의 상호연동을 위해 필요한 요소들을 규정하고 기능들을 규격화하는 작업이 진행되고 있다^[25]. 이 작업은 QoS를 지원하는 VPN 서비스에 망들을 통과하는 LSP가 없는 구조를 적용하는 문제를 다루고 있다. MPLS VPN을 포함하는

일반적인 망 기반의 VPN (network-based VPN)에 대하여 프레임워크를 제시하거나^[26], 다양한 IP VPN을 총망라하여 분류한 후 각각의 요구사항을 정리한 문서들도 발표되어 있다^[27].

VII. 결 론

본 고에서는 MPLS 망들의 연동에 관한 프레임워크를 제시하였다. 연동 구조들을 세 가지로 제시한 후 각각의 장단점을 포함한 특징들을 분석하였다. 또한 세 가지 구조를 BE, QoS, VPN 서비스에 적용하기 위하여 망들이 사전에 협약해야 할 사항을 밝힘으로써 기능요구 사항을 상세화 하였다. 이와 더불어 MPLS 망들의 연동과 관련된 IETF의 표준화 동향을 조사 분석하였다.

세 가지 구조는 각기 장단점을 가지고 있고 서비스의 종류에 따라 적합성이 다르다. 그러나 LDP나 CR-LDP나 RSVP-TE나 MPLS-VPN과 같은 기초적 기술들조차 아직 표준화가 진행 중인 현 상황에서는 망들을 통과하는 LSP가 없는 연동 구조가 가장 현실성이 있다. 향후 MPLS의 표준화가 완성되었을 시에는 연동을 위한 스테킹이 있는 구조가 확장성이나 전송 지연의 측면에서 가장 기술적 우위가 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] R. Callon, et al., "A Framework for Multiprotocol Label Switching," work in progress, IETF Internet Draft <draft-ietf-mpls-framework-05.txt>, September 1999.
- [2] E. C. Rosen, et al., "Multiprotocol Label

- Switching Architecture, RFC 3031, January 2001
- [3] B. Jamoussi, et al., "Constraint-based LSP Setup Using LDP", work in progress, IETF Internet Draft <draft-ietf-mpls-cr-ldp-04.txt>, July 2000.
- [4] D. O. Awduche, et al., "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels," work in progress, IETF Internet Draft <draft-ietf-mpls-rsvp-lsp-tunnel-07.txt>, August 2000.
- [5] T. Bates, et al., "Multiprotocol Extensions for BGP-4," RFC2283, February 1998.
- [6] E. Rosen and Y. Rekhter, "BGP/MPLS VPN," RFC2547, March 1999.
- [7] E. Rosen, et al., "BGP/MPLS VPNs," work in progress, IETF Internet Draft <draft-rosen-ietf-2547bis-02.txt>, July 2000.
- [8] K. Muthukrishnan and A. Malis, "A Core MPLS IP VPN Architecture," RFC2917, September 2000.
- [9] H. Ould-Brahim and B. Gleeson, "Network based IP VPN Architecture Using Virtual Routers, work in progress, IETF Internet Draft <draft-ouldbrahim-vpn-vr-01.txt>, July 2000.
- [10] L. Andersson, et al., "LDP Specification, RFC 3036, January 2001.
- [11] Y. Rekhter and E. Rosen, "Carrying Label Information in BGP-4," work in progress, IETF Internet Draft <draft-ietf-mpls-bgp4-mpls-04.txt>, January 2000.
- [12] E. C. Rosen, et al., "MPLS Label Stack Encoding," work in progress, RFC 3032, January 2001.
- [13] Y. Rekhter, T. Li, "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)," RFC1771, March 1995.
- [14] D. Katz, and D. Yeung, "Traffic Engineering Extensions to OSPF," work in progress, IETF Internet Draft <draft-katz-yeung-ospf-traffic-02.txt>, August 2000.
- [15] T. Li and H. Smit, "IS-IS extensions for Traffic Engineering," work in progress, IETF Internet Draft <draft-ietf-isis-traffic-02.txt>, September 2000.
- [16] S. Dharanikota and S. K. Venkatachalam, "OSPF, IS-IS, RSVP, CR-LDP Extensions to Support Inter-Area Traffic Engineering Using MPLS TE," work in progress, IETF Internet Draft <draft-dharanikota-interarea-mpls-te-ext-00.txt >, September 2000.
- [17] S. Venkatachalam, S. Dharanikota, "A framework for the LSP setup across IGP areas for MPLS traffic engineering," work in progress, IETF Internet Draft <draft-venkatachalam-interarea-mpls-te-00.txt>, August 2000.
- [18] H. Ould-Brahim, et al., "BGP/VPN: Information Discovery for Network-based VPNs," work in progress, IETF Internet Draft <draft-ouldbrahim-bgp-vpn-00.txt>, July 2000.
- [19] G. Wright, et al., "CR-LDP Extensions for Interworking with RSVP-TE," work in progress, Internet Draft <draft-wright-mpls-crl-dp-rsvpte-iw-00.txt>, March 2000.
- [20] O. Aboul-Magd and B. Jamoussi, "A Framework for Service Definition and Interworking Using CR-LDP," work in progress, Internet Draft <draft-aboulmagd-svc-def-crl-dp-00.txt>, October 1999.
- [21] S. Blake, "An Architecture for Differentiated Service," RFC 2475, December 1999.
- [22] R. Braden, et al, "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, RFC 1633, July 1994.
- [23] S. Shenker, et al., "Specification of Guaranteed Quality of Service, RFC 2212, Sept. 1997.
- [24] J. Wroclawski, "Specification of the Controlled-Load Network Element Service, RFC 2211, Sept. 1997.
- [25] J. Sumimoto, et al, "MPLS VPN Interworking," work in progress, IETF Internet Draft <draft-sumimoto-mpls-vpn-interworking-00.txt>, February 2000.
- [26] M. Suzuki and J. Sumimoto, "A Framework for Network-based VPNs," work in progress, IETF Internet Draft <draft-suzuki-nbvpn-framework-00.txt>, July 2000.
- [27] B. Gleeson, et al., "A Framework for IP Based Virtual Private Networks," RFC2764, February 2000.

