

主題

MPLS 트래픽 엔지니어링에 의한 인터넷 품질제어기술

한국전자통신연구원 양선희, 정민영, 이유경

차 례

- I. 서 론
- II. MPLS 기술개요
- III. MPLS를 이용한 차세대 IP 망구조 발전
- IV. MPLS 트래픽 엔지니어링 기술
- V. MPLS 트래픽 엔지니어링을 이용한 고품질 IP 서비스 제공
- VI. 결 론

I. 서 론

90년대 중반 이후 인터넷 수요가 급속히 증가하면서 인터넷망은 대용량화와 고품질 서비스 제공이라는 큰 기술적 변화를 겪고 있다. 특히 VPN이나 전자상거래와 같이 인터넷이 기업 활동의 기반 인프라로 빠르게 확산되면서 서비스 품질과 네트워크 신뢰도 요구에 대한 기대가 높아지고 있으나, 현재의 인터넷은 이러한 기대 수준에 못 미치고 있는 실정이다.

이에 따라 ISP들은 고품질 인터넷 서비스를 안정적으로 제공할 수 있는 고품질 고신뢰도 인터넷 망 구축이라는 당면 과제를 해결하기 위해 많은 투자를 하고 있다. 사업자들은 네트워크 용량을 필요 이상으로 Over-provisioning 하거나 ATM 교환기술을 이용한 Overlay 구조로 망을 업그레이드 함으로써 트래픽 증가에 대응해 오고 있다. 그러나 인터

넷 트래픽이 연간 100~1000 % 이상씩 급속히 증가함에 따라 물리 용량의 지속적 확충의 경제적 기술적 한계에 직면하고 있다. 이에 따라 ISP들은 한정된 망자원을 사용하되, 동적으로 바뀌는 IP 트래픽을 효과적으로 처리하여, QoS를 차별적으로 지원함으로써 수익성을 극대화할 수 있는 IP 트래픽 엔지니어링 기술에 관심을 쏟게 되었다. 아울러 트래픽 엔지니어링을 통해 급속히 팽창하고 있는 IP망을 효과적으로 운용 관리하고, 네트워크 장애시에 신속한 복구가 가능한 구조로 망을 개선시키려는 추세에 있다.

IP 트래픽 엔지니어링 기술은 IP 트래픽 플로우를 물리 네트워크 상에 배치함에 있어서 네트워크 자원 상태와 서비스 요구사항을 반영하여 가장 효과적으로 맵핑할 수 있도록 트래픽의 흐름을 제어하는 기능이다. 그런데 IP와 같은 패킷 데이터 망에서 이와 같은 트래픽 엔지니어링이 가능하기 위해서는 기

본적으로 트래픽의 흐름을 제어할 수 있도록 연결형 데이터 채널들이 구성되어야 한다. 그리고 패킷 입력단에서는 패킷의 분류 및 적정 경로로의 패킷 분배가 이루어져야 하며, 각 노드에서는 트래픽 전달시의 큐잉제어(스케줄링 및 폐기 우선순위 제어) 기능이 요구된다. MPLS(Multi protocol Label Switching) 기술은 비연결형으로 동작하는 IP망 내에 논리 채널인 LSP(Label Switched Path)를 구성하여 연결형으로 동작하도록 함으로써 IP 트래픽의 흐름 제어를 가능하게 한다.

MPLS 트래픽 엔지니어링 기술은 ER-LSP(Explicit Routed LSP) 경로 설정 기능과 IP 트래픽에 대한 플로우 세분(packet categorization) 기능에 의해 트래픽의 종류별로 논리적 데이터 채널들을 배치하고, 각 논리적 채널에 대한 자원 할당과 트래픽 흐름을 제어한다. 이를 통해 기존에는 불가능한 IP 트래픽의 흐름 제어와 가입자 QoS의 선별적 제공이 가능하다. 기능적으로는 QoS 경로제어와 포워딩 엔진에서의 트래픽 플로우의 분류 및 분배 그리고 네트워크 성능에 대한 감시 및 상태 변화에 따른 지속적인 최적화 기능 등으로 구성된다.

MPLS 트래픽 엔지니어링 기술은 사용자 관점에서는 동적으로 바뀌는 트래픽 상황에서 사용자가 요구한 서비스 품질을 안정적으로 제공받을 수 있게 하고, 사업자 관점에서는 제한된 망 자원의 사용 효율을 극대화하여 수익성을 개선할 수 있는 기술이다. MPLS 트래픽 엔지니어링 기술을 이용하여 고품질 프리미엄 VoIP 서비스나 QoS 보장형 VPN 서비스 제공 등 초고속 IP 서비스가 가능하다. 또한 네트워크 장애시의 빠른 경로 복구와 부하 분산 등을 통해 네트워크 운용 및 서비스 신뢰도 향상이 가능해진다. 이러한 장점으로 인해 UUNet이나 프랑스 텔레콤, AT&T 등 대규모 사업자들이 99년 말부터 MPLS 기반으로 인터넷 백본망 업그레이드를 추진하고 있으며, 국내에서도 MPLS 기술 적용을

적극 검토하고 있는 실정이다.

본 고에서는 차세대인터넷에서 고품질 서비스를 제공할 수 있는 MPLS 트래픽 엔지니어링의 핵심 기술을 살펴보고 이를 이용한 응용을 분석, 고찰한다.

II. MPLS 기술 개요

MPLS는 기존의 hop-by-hop 라우팅에 의해 전달되는 IP 패킷을 네트워크 입출력시에만 L3 라우팅을 처리하게 하고, 코어에서는 레이블을 이용한 고속 L2 스위칭에 의해 패킷을 전달함으로써 IP 라우팅의 성능과 확장성을 개선하고, explicit 라우팅과 트래픽 엔지니어링을 제공할 수 있도록 한 차세대 IP 네트워크 기술이다.

MPLS는 패킷 헤더에 부착된 고정길이의 레이블을 이용하여 패킷을 포워딩한다. 레이블은 망내에서 패킷이 전달되어야 하는 경로나 혹은 QoS와 같은 트래픽 특성을 나타낼 수 있다. 입력단에서는 유입되는 트래픽의 목적지와 트래픽 특성을 고려하여 레이블을 부착(패킷 세분화)하고, 코어에서는 레이블 값만을 보고 다음 노드로 스위칭한다. 따라서 집중적인 처리가 요구되는 패킷의 해석 및 분류, 필터링 등 L3 라우팅은 입력단에서 한번만 일어나면 된다.

MPLS의 기본적인 동작 절차는 크게 제어 평면에서 일어나는 LSP 설정 절차와 사용자 평면에서 일어나는 패킷 포워딩 절차로 구분할 수 있다.

• LSP 설정 절차

LSP는 크게 일반적인 hop-by-hop LSP와 traffic engineered LSP로 구분된다. Hop-by-hop LSP의 설정 절차는 다음과 같다. MPLS 망은 OSPF와 같은 IGP 라우팅 프로토콜을 이용하여 일반적인 라우팅 테이블을 구성한다. LDP 시그널링 프로토콜은 라우팅 테이블을 참조하

여 인접 노드들간에 레이블값을 교환함으로써 목적 시간을 연결하는 control-driven LSP(hop-by-hop LSP)를 구성한다. 이에 비해 traffic engineered LSP는 가입자의 QoS 요구와 네트워크 자원 상태 및 사업자의 자원 사용 정책을 고려하여 명시적으로 경로를 지정하거나, QoS 요구사항(요구대역폭, 지연, 지연변이 등)을 만족할 수 있는 경로를 찾아서 연결을 설정하며, 이를 위해 CR-LDP나 RSVP-TE 확장 프로토콜을 사용한다.

- Labeled 패킷의 포워딩 절차

MPLS망의 입력단으로 유입된 트래픽에 대해 Ingress LSR은 목적지나 트래픽 특성 및 사업자의 QoS 정책을 고려하여 트래픽을 분류하고 적합한 LSP로 맵핑한다(레이블 부착). 모든 코어 홉에서는 입력되는 트래픽의 레이블 값을 이용하여 출력단 레이블로 스위칭(Label 스위칭)하여 다음 홉으로 포워딩한다. 출력단에서는 레이블을 제거한 후 패킷 헤더의 목적지 주소에 따라 최종 목적지로 패킷을 포워딩 처리한다.

III. MPLS를 이용한 차세대 IP 망구조 발전

1. 기존 IP 망의 트래픽 엔지니어링 기술 한계

94년까지의 1세대 IP 망은 SDH/SONET 기반의 전송망 위에 라우터들을 1.5~45Mbps 회선으로 연결한 2계층 망구조로서 hop-by-hop 라우팅에 의해 best-effort 서비스를 제공할 수 있는 망구조이다. 이 구조에서는 전달망에서의 Over-provisioning과 라우팅 프로토콜의 metric 값 조정을 통해 트래픽 흐름을 아주 제한적으로 제어할 수 있다. 이 구조에서는 트래픽 엔지니어링 개념이

지원되지 않으며, 확장성이 나쁘고, 단일 최적 경로만을 지원하는 라우팅 프로토콜의 동작으로 인해 네트워크 자원이 고르게 사용되지 못하는 문제가 있다.

95년부터 99년까지의 2세대 IP 망은 SONET/SDH 전송망 상에 155~622Mbps급의 고속 ATM PVC를 이용하여 라우터들간을 풀메쉬로 연결한 3계층의 Overlay 구조로서 best-effort 서비스를 고속으로 제공하는 망이다. ATM 기반의 IP 망구조는 routed edge/ATM switched Core 구조로서 IP 전달 용량을 수백 메가급으로 고속화하였다.

ATM 트래픽 제어 기술은 종단간에 Real QoS 보장을 목표로 하며, 이를 위해 QoS 경로제어, 트래픽의 특성화 및 분류, 큐잉 제어 등 핵심적인 트래픽 엔지니어링 메커니즘을 조화롭게 지원한다. 기술적으로도 성숙된 상태이나 ATM 계층 기능에 집중되어 있어, IP 트래픽 전달에는 적합하지 않은 한계를 갖고 있다. IP 트래픽 전달 관점에서는 ATM과 IP의 2개 망이 공존하는 구조로서, N² PVC 설정에 따른 확장성 제한 문제와 Cell Tax 및 SAR 인터페이스의 속도 제한 문제 등으로 인해 IP 트래픽의 지속적 증가를 수용하는데 한계에 직면하고 있다.

2. MPLS를 이용한 차세대 망구조 진화

2000년도 이후의 3세대에는 기존의 인터넷망이 안고 있는 IP 트래픽 제어 문제를 해결하기 위해 MPLS를 이용한 구조로 발전될 전망이다. 3세대 IP 네트워크는 (그림 1)처럼 OC-48 이상의 수기가 급 SONET/SDH/DWDM 전송망 상에 MPLS 기술을 이용하여 IP 패킷을 전달하는 논리적 3계층 망구조로 구성된다.

MPLS 계층에서는 Constrained Routed LSP가 구성되고, 트래픽의 종류를 고려하여 네트

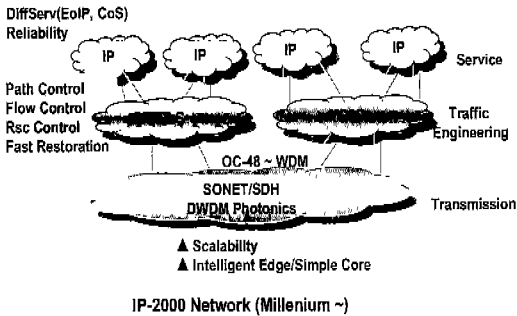


그림 1. MPLS 기반의 IP 네트워크 구조발전

워크 내의 트래픽 경로와 트래픽 플로우가 제어된다. 또한 장애시의 신속한 경로 복구와 같은 트래픽 엔지니어링 응용 기능이 지원된다. 따라서 기존에는 불가능한 IP 트래픽 처리에 대한 제어와 이를 통한 가입자 QoS의 차별적 제공이 가능해진다. MPLS 구조에서는 라우터들간을 풀메쉬로 연결할 필요가 없으므로 네트워크 확장이 용이하고, Intelligent Edge/Simple Core 구조로서 네트워크의 구성 및 운용을 효율적으로 관리하는 것이 가능하다. <표 1>은 차세대 IP 네트워크에서 요구되는 특성과 MPLS의 지원 메커니즘을 요약한 것이다.

표 1. 차세대 IP 네트워크를 위한 MPLS 특성

NGI/Network Requirement	MPLS Feature
• Network Simplicity	• Intelligent Edge, Simple Core
• Scalability	• Flexible LSP, Traffic aggregation
• Robust & Secure	• Fast MPLS LSP Restorati
• Per App/Customer QoS	• Constrained Routed Path(TE)
• Maximum link utilization, without overload	• Explicit Routed Path 계획에 의한 Load balancing
• Min. Investment and Max. Profit	• Traffic Engineerin 을 통한 투자 효율화 • Premium, QoS-VPN 등 응용

IV. MPLS 트래픽 엔지니어링 기술

1. MPLS 트래픽 엔지니어링 기술 개요

MPLS 트래픽 엔지니어링 기술은 MPLS 망 내에 서비스 요구나 망 사업자의 자원 사용 정책을 반영한 traffic-engineered path(explicit routed path)를 설정하고, 입력단에서 MPLS 망으로 유입되는 트래픽을 특성에 따라 분류하여 적절한 LSP로 분배해 주는 메커니즘을 바탕으로 한다. 따라서 기능적으로는 서비스 품질 요구사항을 만족하는 경로를 찾는 Constraint-based routing, 찾아낸 경로를 따라 자원을 예약하기 위한 시그널링 기능, 트래픽의 종류에 따라 트래픽 플로우를 최적으로 분류 및 분배하는 기능 그리고 네트워크 상태 변화에 따른 지속적인 re-optimization 기능 등으로 구성된다.

(그림 2)는 MPLS 트래픽 엔지니어링 기능에 대한 네트워크 기능구조를 보여주는데, 전체적인 동작 절차는 다음과 같다.

- 가입자는 망사업자와 서비스 사용에 대한 계약 (Service Level Agreement)을 맺는다. 계약 내용에는 서비스의 종류, 서비스별 요구 품질(요구대역, 지연, 지연변이, 손실 등)을 포함한다.
- 서비스 계약이 이루어지면 SLA와 망사업자의 자원 사용 정책을 고려하여, 계약 내용을 만족시킬 수 있는 경로(Constraint Routed Path)를 찾는다.
- CR-LDP나 RSVP-TE와 같은 시그널링 프로토콜을 이용하여 Explicit Routed LSP를 설정한다.
- MPLS 망으로 유입되는 트래픽에 대해 트래픽 특성과 SLA를 고려하여 IP 패킷을 분류한 다음 적합한 LSP 혹은 ER-LSP로 분배한다.

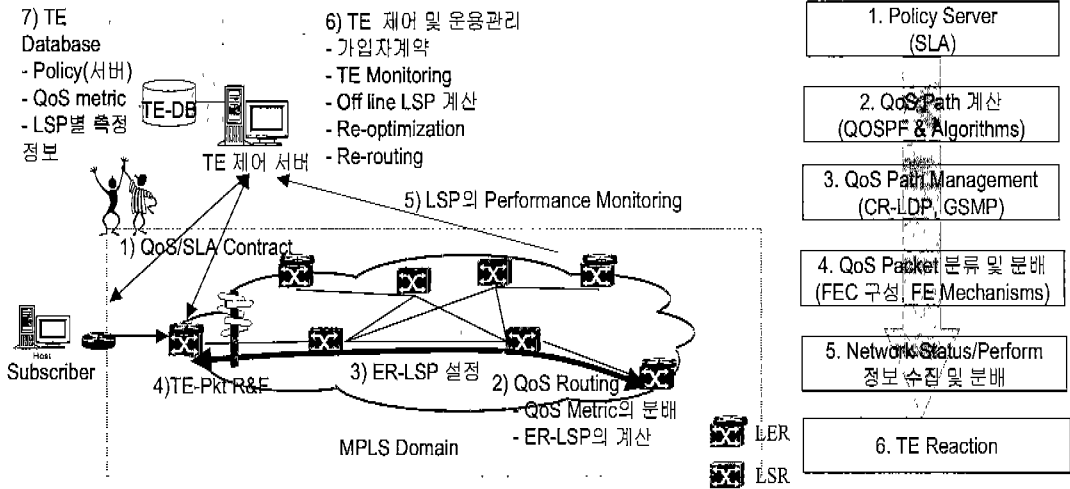


그림 2. MPLS Traffic Engineering Functional Architecture

- Traffic Engineered Path에 대해서는 지속적으로 계약된 성능을 만족시키는지를 감시하고, 필요시에는 재라우팅이나 대역폭 증감과 같은 re-optimization을 지속적으로 수행한다.
- 트래픽 제어 서버(Policy Server)는 SLA 프로파일, QoS 정책, LSP별 품질 정보, QoS Metric과 같은 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 총괄 관리하고, 이를 이용하여 경로 계산, 부하 분산, 재 라우팅 등의 트래픽 엔지니어링 제어 기능을 네트워크 전반에 대해 수행한다.

2. MPLS 트래픽 엔지니어링 주요 기능

MPLS 트래픽 엔지니어링의 핵심기술은 크게 QoS나 망사업자의 정책을 만족시킬 수 있는 경로 선택(Constraint-based Routing) 기능, 선택된 경로의 설정을 위한 시그널링, 패킷 입력단에서의 패킷의 분류 및 적정 경로로의 패킷 분배, 각 노드에서의 트래픽 전달시의 큐잉 제어 등 네가지 기능이다. (그림 3)은 ATM 기반 MPLS LSR 시스템의 핵심 기능 구성을 보여 준다. 스위칭 패브릭과

버퍼링 및 입출력단과 호/연결 설정을 위한 기본적인 ATM 기능블럭 외에 Traffic Engineered MPLS 기능을 위해 추가적으로 QoS 라우팅 프로토콜, MPLS 시그널링 프로토콜이 추가되며, 입력단에는 패킷 분류 및 포워딩 기능이 추가되어 있음을 알 수 있다.

- QoS Path Computation

Constrained Routes는 IGP 라우팅 프로토콜에 의해 수집된 네트워크의 연결 정보를 근간으로 찾아지는 단일 SPF 경로와 달리, 네트워크 자원의 최근 상태 정보와 가입자 및 망운용자의 자원 사용 제한 사항을 만족시킬 수 있는 경로이다.

Constrained Routes를 찾아내기 위해서는 QoS 라우팅 프로토콜을 이용하는 on-line 경로 계산 방법이나 혹은 off-line 방법으로 계산할 수 있다.

Online path computation은 (그림 4)와 같이 QoS 라우팅 프로토콜을 이용하여 QoS Metric을 수집 분배하고, 이를 이용하여 특정 제한 사항을 만족시키는 경로를 찾는 알고리즘으로 구성된다. QoS Metric은 링크 총 대역폭, 예약된 대역폭, 예약 가능한 대역폭, 링크 컬러, 전달지연 등 네트워크

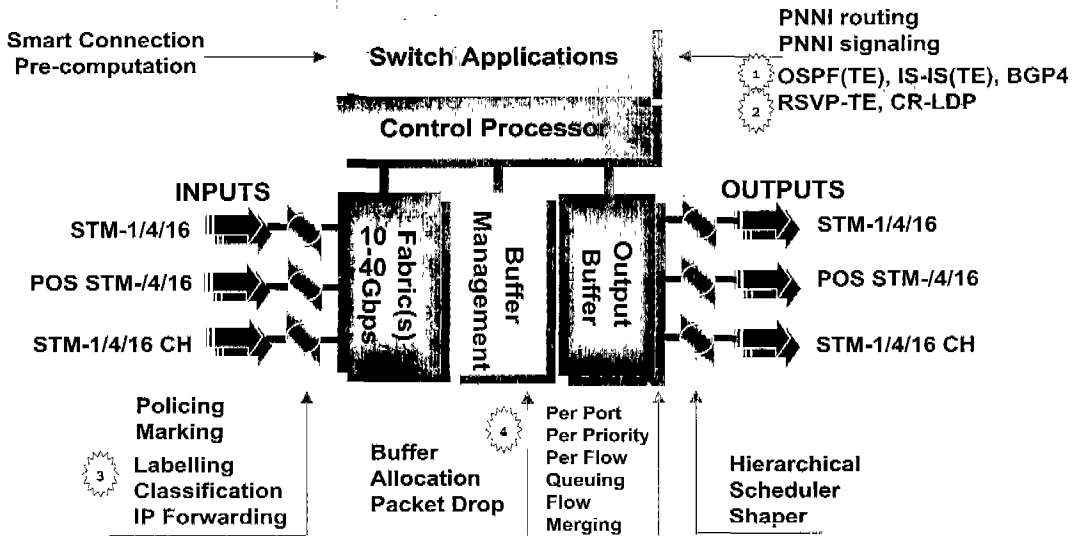


그림 3. ATM 기반 LSR 시스템의 핵심 MPLS 트래픽 엔지니어링 기능 구성

의 최신 상태에 대한 정보로 구성된다. 사용자 제한 사항은 요구 대역폭, 허용 가능 최대 홉 수, 설정 및 유지 우선순위, 링크 운용 관리 정보 등 가입자나 운용자의 자원 사용에 대한 제한 사항을 포함한다. IETF에서는 이와 같은 추가적인 QoS Metric을 전달할 수 있도록 기존의 OSPF 및 IS-IS 라우팅 프로토콜을 확장하여 QOSPF 및 IS-IS 확장 프로토콜을 발표하였다.

(그림 4)는 On-line Constrained-based Routing 기능의 동작을 전체적으로 보여준다. 확장 IGP 프로토콜은 기존의 네트워크 토폴로지 정보와 확장된 트래픽 엔지니어링 데이터베이스를 수집, 분배하고, CSPF 알고리즘은 사용자 제한 사항을 반영하여 최적 경로를 명시적으로 결정한다. 경로가 결정되면 ER-LSP 설정을 지원하는 시그널링 프로토콜을 이용하여 입력단 LSR에서 출력단 LSR까지 경로가 설정된다. 일반적인 MPLS 동작에서와 마찬가지로 네트워크 도달성 정보가 변경되는 경우에는 CSPF 알고리즘이 새로이 동작하여 ER-LSP 경로가 새로이 설정된다.

Off-line path computation 방법은 네트워크

자원 상태와 트래픽의 흐름을 고려하여 운용자가 경로를 결정하는 것이다. 이 방법은 ATM Overlay 구조에서 PVC 경로를 결정하는 것과 유사하며 자원 사용의 전체적인 최적화가 가능하다. 운용자가 네트워크 동작이 예측 가능하도록 ER-LSP를 배치할 수 있어서 안정성이 우수한 대신에 동적으로 바뀌는 트래픽에 효과적으로 대응하는 데에는 한계가 있다. Off-line path calculation을 위해서는 네트워크 토폴로지 정보와 네트워크 트래픽 상태정보의 수집이 서버에서 이루어져야 하며, Loop 방지와 같은 IP 경로 선택을 위한 의사 결정 지원 등이 필요하다.

Constrained Routes를 찾아 내는 기능은 QoS 라우팅 프로토콜을 이용하든 혹은 Off-line으로 경로를 결정하든 매우 복잡하며, 실현하는데 여러가지 현실적 문제가 있는 상태로서 아직은 초기 연구 단계에 있다.

- MPLS 시그널링 프로토콜

일단 ER-LSP 경로가 결정되면 시그널링 프로토콜을 이용하여 해당되는 노드들간에 연결을 설정

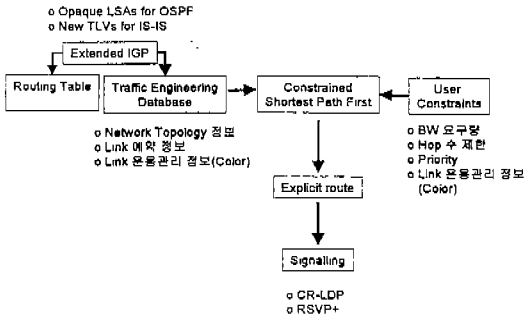


그림 4. Constrained-based Routing 기능

해야 한다. MPLS 시그널링 프로토콜은 ATM 시그널링 프로토콜과 마찬가지로 레이블의 분배, Explicit Route 정보의 전달, 대역폭을 포함한 트래픽 파라미터의 전달 및 Pre-emption이나 우선 순위와 같은 연결 설정에 필요한 부가적인 정보들을 인접 노드들간에 전달하는 역할을 한다. MPLS 시그널링 프로토콜은 신뢰성(Robustness), 확장성, QoS 지원을 할 수 있어야 하며, 이외에도 연결설정 및 유지 우선순위, Preemption, 멀티캐스팅, 대체경로 설정 등을 지원할 수 있어야 한다. 현재 CR-LDP와 RSVP-TE의 두 규격이 발표되어 있으며, 주도권을 잡기 위해 치열한 경쟁을 하고 있는 실정이다.

CR-LDP는 LSP 설정 메시지 내에 Explicit Route 정보와 트래픽 파라미터를 전달할 수 있도록 LDP를 확장한 프로토콜로서, TCP를 이용하여 시그널링 메시지를 교환한다. ER-LSP 설정은 (그림 5)에서 처럼 미리 결정된 경로를 따라 Label Request 및 Label Mapping 메시지를 한 바퀴 교환함에 따라 이루어지는데, 실제 자원 예약은 Label Request가 진행될 때 순방향으로 Hard State로 이루어 진다. CR-LDP에서 지원하는 트래픽 파라미터는 Peak Rate(PDR, PBS), Committed Rate(CDR, CBS), Excess Burst Size 등이다.

한편, RSVP-TE는 IntServ 시그널링 프로토

콜로 사용되던 RSVP를 확장하여 Explicit Route 정보와 Label 정보를 전달하는데, 기능적으로 CR-LDP와 동일하다. CR-LDP와 달리 RSVP-TE는 raw IP를 이용하여 시그널링 메시지를 교환한다. ER-LSP 설정은 (그림 5)에서 처럼 미리 결정된 경로를 따라 Path와 Resv 메시지를 한 바퀴 교환함에 따라 이루어지는데, 실제 자원 예약은 Resv가 진행될 때 역방향으로 Soft State로 이루어 진다. RSVP-TE에서는 기존의 Tspec과 Flowspec 트래픽 파라미터를 그대로 사용한다.

<표 1>은 CR-LDP와 RSVP-TE의 주요 기술적 특성과 장단점을 비교분석한 것이다. 현재 IETF에서는 양쪽 프로토콜의 표준화가 동시에 진행 중이며, 각기 8종의 RFC가 상정되어 검토 보완 중이다. CR-LDP의 경우에는 상대적으로 확장성이 우수하고, 전달 프로토콜로서 신뢰성있는 TCP 프로토콜을 사용한다는 장점을 갖고 있으나, RSVP-TE에 비해 시장에서 늦게 받아 들여지고 있다. 이에 비해 RSVP-TE는 소프트 스테이트 프로토콜로서 확장성이 떨어지는 대신에 기존의 RSVP 기술을 가진 벤더들이 선호함에 따라 더 빨리 시장에서 받아들여지고 있다. 두 규격은 지속적으로 보완되고 있으므로 기술적 우위를 논하기는 어려운 상태이며, 대다수 벤더들은 두 규격을 동시에 지원하는 추세다. 이에 따라 두 규격은 당분간 같이 사용될 것으로 보이며, 올 하반기에 상호연동성 시험이 본격적으로 이루어 질 것으로 전망된다.

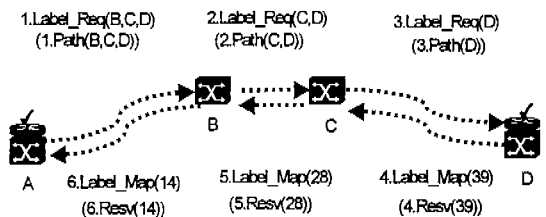


그림 5. CR-LDP 및 RSVP-TE의 연결설정과정

표 1. CR-LDP와 RSVP-TE 프로토콜의 특성 비교

특성 비교		CR-LDP	RSVP-TE
기술적 특성	전달 프로토콜	TCP(Reliable)	Raw IP(unreliable)
	기반 프로토콜	LDP	RSVP
	연결 State	Hard(Refresh 필요없음) 확장성이 우수	Soft(주기적으로 Refresh) 확장성 제한되나, 보완되고 있음
	자원예약 제어	Forward 예약	Reverse 예약
	연결설정 메시지	Label Request Label Mapping	Path Resv ResvConf(Optional)
	Traffic Parameter	Peak rate(PDR, PBS), Committed Rate(CDR, CBS), Excess Burst Size, Frequency, Weight	Tspec, Flowspec
	기 타	Security(o) 멀티캐스팅(X) LSP merging(o) Re-routing(o) ER-LSP: Stric & Loose Route Pinning(o) LSP Preemption(o) LSP Protection(o)	Security(o) 멀티캐스팅(X) LSP merging(o) Re-routing(o) ER-LSP: Stric & Loose Route Pinning(o) LSP Preemption(o) LSP Protection(o)
	장단점	확장성이 우수 시장확산이 멀어짐	기존 RSVP 프로토콜 확산에 힘입어 시장에 빠르게 확산
	표준화 및 개발 현황	IETF Constraint-Based LSP Setup using LDP를 비롯한 8종 RFC Optical Internet, VPN 등의 적용을 위한 보완 진행 중 Nortel 등	IETF RFC2205(Resource ReSerVation Protocol)을 비롯한 8종 RFC Optical Internet, MPLS, 확장성 개선 등을 위한 보완 진행 중 Juniper, Cisco 등

• QoS 패킷의 분류 및 분배

제어 평면에서 요구되는 ER-LSP 경로 설정 기능과 더불어 사용자 평면에서 요구되는 핵심 기능은 유입되는 IP 패킷을 세분화하여 적당한 LSP로 분배하는 패킷의 분류 및 분배 기능이다. 패킷의 분류 및 분배 기능은 입력단 LSR의 포워딩 엔진에서 이루어지며 MPLS 망의 처리 성능을 결정짓는 핵심 기능이다.

입력단 LSR의 포워딩 엔진에서는 유입되는 IP 트래픽의 패킷 헤더의 정보를 이용하여 가입자와 서비스 종류에 따라 세분화(Classification)하고,

SLA를 참조하여 Conditioning(metering, marking, dropping 등)한 후 다음 노드로 포워딩

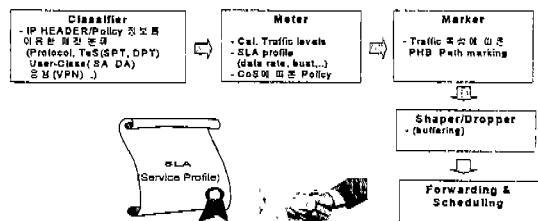


그림 6. QoS 패킷의 분류 및 분배 기능

당한다. (그림 6)은 QoS 패킷의 분류 및 분배 기능의 구성을 보여 준다.

목적지 주소 Prefix에 의해 패킷 경로가 결정되는 기존의 IP 라우팅 방식과 달리 MPLS에서는 IP 패킷 헤더의 프로토콜 정보와 목적지 주소, DSCP(Differentiated Service Code Point) 코드나 포트 번호 등 여러가지 L4 정보를 동시에 고려하여 트래픽을 Forwarding Equivalence Class로 세분화한다. 분류된 트래픽은 종류별로 미터링되고, SLA와 운용자 정책을 고려하여, 계약 범위 안에서 트래픽 특성에 따라 레이블과 PHB(Per Hop Behavior)가 결정되고, 버퍼링을 거쳐서 다음 노드로 포워딩되게 된다.

패킷의 분류 및 분배 기능은 망사업자의 서비스 제공 정책과 가입자의 다양한 요구를 유연하게 수용할 수 있는 구조로 실현되어야 한다. 이를 위해서는 패킷 헤더의 멀티 필드를 고속으로 검색하여 패킷을 세분화하고, SLA에 따른 트래픽 컨디셔닝을 효과적으로 수행할 수 있어야 하므로, 고성능 패킷 룩업과 유연한 제어 구조로 실현되어야 한다. 예를 들면 BGP-4 확장 기능을 이용하는 MPLS-VPN 서비스를 제공하기 위해서는 적어도 80bit 이상의 정보를 이용하여 레이블을 룩업할 수 있어야 한다. 이에 따라 최근 네트워크 프로세스를 이용한 고성능 포워딩 엔진에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

- 기타 기능

이 외에 MPLS 트래픽 엔지니어링 핵심 기능으로는 SLA 기능과 각 노드에서의 CBQ(Class Based Queueing) 메커니즘 및 Traffic-engineered path에 대한 성능 모니터링 및 Re-optimization 기능 등이 요구된다.

CBQ 기능은 각 노드에서 트래픽의 특성을 고려하여 스케줄링 및 폐기 우선 순위를 제어하는 기능으로서 기존의 ATM이나 DiffServ에서 이미 실현된 기술들(Elastic Traffic Management, Per

Flow Queueing, RED 등)로서 MPLS 트래픽 엔지니어링의 주요 관심 기술은 아니다.

트래픽 엔지니어링 경로에 대한 성능 모니터링은 특정 LSP에 대해 지연이나 손실, QoS/소스/목적지 주소별 트래픽 양을 지속적으로 모니터링함으로써 계약된 SLA의 QoS 기준을 만족시키는지를 감시하는 기능이다. 만약 계약 내용을 지키지 못하고 있으면 대역폭 증감이나 Re-routing 등을 이용하여 re-optimization을 하게 된다. SLA나 성능 모니터링 및 이를 이용한 Re-optimization 기술들은 인터넷망에서 해결해야 할 근본적인 기술로서 아직은 초기 연구 단계에 있다.

V. MPLS 트래픽 엔지니어링을 이용한 고품질 IP 서비스 제공

MPLS 트래픽 엔지니어링 기술을 이용하면 가입자에게 기존의 Best-Effort 서비스와 차별화되는 프리미엄 인터넷 서비스(VoIP, 인터넷 방송, 증권 뉴스 등) 나 특정 사이트간에 대역폭 보장형 LSP를 지원하는 ELL(Emulated Leased Line) 서비스 및 QoS-VPN과 같은 다양한 응용 및 부가 서비스 제공이 가능하다. 또한 운용자 입장에서는 네트워크 신뢰도와 사용 효율을 개선할 수 있도록 장애시의 긴급 복구, 부하 분산 등 운용 관리를 효율화할 수 있는 다양한 응용을 지원할 수 있다.

(그림 7)은 MPLS 트래픽 엔지니어링 기능을 이용하여 VoIP 게이트웨이 서버 시스템간에 기존의 Best-Effort LSP와 다른 경로로 ER-LSP를 설정해 줌으로써 프리미엄 VoIP 서비스를 제공하는 것을 보여 준다. VoIP 서비스를 위한 LSP는 음성 서비스 QoS 요구사항을 만족시킬 수 있도록 경로가 설정되며, 지속적으로 품질을 모니터링해야 한다. (그림 8)은 VPN 서비스와 같이 고신뢰도를 요구하는 경우 대체 경로를 사전 할당해 둬으로써 장애 발

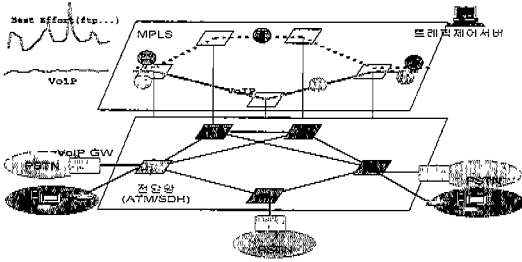


그림 7. 프리미엄 VoIP 서비스 제공

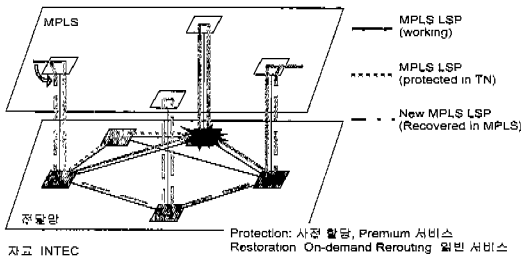


그림 8. MPLS 트래픽 엔지니어링에 의한 장애 복구

생시 입력단 LSR에서 유입되는 트래픽을 우회 경로로 신속히 전환함으로써 장애가 극복되어 장애 Protection이 가능한 것을 보여 주고 있다.

VI. 결 론

본 고에서는 차세대인터넷에서 고품질 서비스를 제공할 수 있는 MPLS 트래픽 엔지니어링의 핵심 기술과 이를 이용한 응용을 살펴 보았다. MPLS 트래픽 엔지니어링 기술은 인터넷 트래픽의 급속한 증가에 경제적으로 대응할 수 있도록 함으로써 가입자에게는 고품질 IP 서비스를 제공하고, 사업자에게는 수익성과 네트워크 운용 구조의 효율화를 가능하게 할 것으로 전망되고 있다.

기술적으로는 QoS 라우팅 문제, 품질 모니터링 및 SLA 기능, CR-LDP와 RSVP-TE 간의 상호연동성 확보, Policy Server 등에 대해 더 많은 연

구가 필요한 실정이다.

※참고문헌

- [1] IETF Draft, "draft-ietf-mpls-framework-05.txt: A Framework for Multiprotocol Label Switching," Sep. 1999.
- [2] IETF Draft, "draft-ietf-mpls-arch-06.txt: Multiprotocol Label Switching Architecture," Aug. 1999.
- [3] Anoop Ghawani 외, "Traffic Engineering Standards in IP Network Using MPLS," IEEE Communications Magazine, Dec. 1999.
- [4] Petri Aukia 외, "RATES: A Server for MPLS Traffic Engineering," IEEE Network Magazine, Mar/Apr. 2000.
- [5] Tony Li, "MPLS and the Evolving Internet Architecture," IEEE Communications Magazine, Dec. 1999.
- [6] Daniel O. Awduche, "MPLS and Traffic Engineering in IP Networks," IEEE Communications Magazine, Dec. 1999.
- [7] Nancy Feldman, "Traffic Engineering Standards in IP Networks Using," IEEE Communications Magazine, Dec. 1999.
- [8] George Swallow, "MPLS Advantages for Traffic Engineering," IEEE Communications Magazine, Dec. 1999.
- [9] 양선희, "초고속 IP 서비스를 위한 MPLS Traffic Engineering 기술," Proc. of B-ISDN 워크샵, Jul. 2000.

- [10] "Layer 3 Switching Using MPLS," White paper, Harrison & Jeffries (<http://www.hjinc.com>) MPLS Forum 2000, Apr. 2000 (Bell Laboratories Lucent Technologies)
- [11] "Multi Protocol Label Switching," White paper, Future Software Private Limited, India, (<http://www.futsoft.com>).
- [12] Proc. of ATM-KIG Workshop - ATM 기반 MPLS 기술, May 20, 1999.
- [13] "IP Traffic Engineering Using MPLS Explicit Routing in Carrier Networks." White paper, Nortel Networks (<http://www.nortelnetworks.com/mpls>)
- [14] "IP QoS - A Bold New Network," White paper, Nortel Networks (<http://www.nortelnetworks.com/mpls>)
- [15] "Traffic Engineering for the New Public Network," White paper, Juniper Networks (http://www.juniper.com/techcenter/techpapers/TE_NPN.html)
- [16] Brian Williams, "Quality of Services Differentiated Services and Multi-protocol Label Switching." White paper, ERICSSON, March 2000.
- [17] Angela Chiu, Seyhan Civanlar, and Z. Bo Tang, "Applying MPLS for Per-class Traffic Engineering and Failure Protection/Restoration." Proc. of MPLS Forum 2000, Apr. 2000 (AT&T WORLDNET)
- [18] Anwar Elwalid, Debasis Mitra, and K. G. Ramakrishnan, "MPLS Adaptive Traffic Engineering." Proc. of MPLS Forum 2000, Apr. 2000 (Bell Laboratories Lucent Technologies)
- 양 선 희**
 1984년 경북대학교 전자공학과(학사)
 1986년 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사)
 1986년~1988년 한국과학기술원 통신공학연구실 연구원
 1988년~현재 한국전자통신연구원 교환.전송기술연구소 선임연구원, MPLS 응용팀 팀장
 관심분야: 고속통신망구조, 고속통신프로토콜, 라우팅 알고리즘, 인터넷 QoS 기술, MPLS 기술
- 정 민 영**
 1990년 한국과학기술원 전기및전자공학과(학사)
 1994년 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사)
 1999년 한국과학기술원 전기및전자공학과 (박사)
 1990년~1992년 한국과학기술원 전기및전자공학과 위촉연구원
 1999년~현재 한국전자통신연구원 교환.전송기술연구소 선임연구원
 관심분야: 신호망, 지능망, 이동통신망, MPLS망 성능 및 신뢰성 분석
- 이 유 경**
 1978년 한국항공대학 전자공학과(학사)
 1980년 연세대 대학원 전자공학과(석사)
 1980년~1984년 공군제2사관학교 교관
 1984년~현재 한국전자통신연구원 교환.전송기술연구소 인터넷기술연구부 부장, 책임연구원
 1990년 전기통신 기술사
 관심분야: 고속통신 시스템, 네트워크 구조, MPLS 기술