

# 품질 보장 서비스를 위한 MPLS 소프트웨어 구조

박혜경\*, 양미정\*, 김태일\*

\*한국전자통신연구원

e-mail : phk@etri.re.kr

## MPLS Software Architecture for QoS

Hae-Kyeong Park\*, Mi-Jung Yang\*, Tae-II Kim\*

\*Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요약

MPLS 기술은 빠른 패킷스위칭 뿐아니라 VPN이나 QoS를 보장하기에 적절한 기술로 알려져 있다. 본 논문에서는 QoS 보장 서비스를 제공하기 위한 MPLS 시스템의 소프트웨어 구조를 제시하고자 한다. 먼저 각 블록 별로 요구되는 기능들에 대해 정의하고, 블록 간의 인터페이스 기능들을 정의 한다. 또한 구현 측면에서 고려되어야 할 부분들을 검토하고 전체적인 소프트웨어 구조를 제시하고자 한다.

### 1. 서론

MPLS(Multi-Protocol Label Switching)기술은 네트워크 계층 라우팅 기술과 레이블 스위핑 기반 고속의 포워딩 기술을 결합함으로써 고속 패킷 전송을 가능하게 하고, 다양한 서비스들을 레이블에 매핑하여 서비스함으로써 QoS(Quality of Service)를 보장하는 서비스를 제공할 수 있도록 하는 장점을 가진다[1][2][11].

일반적인 라우팅 정보에 의해 LDP(Label Distribution Protocol)가 생성하는 best effort 용 LSP(Label Switched Path)를 가지고 QoS를 보장하는 서비스를 제공하기 어렵다. 그 대신 서비스 요구 조건에 따라 QoS 라우팅에 의해 계산된 경로를 CR-LDP(Constraint based LDP)나 RSVP가 제공함으로써 QoS를 제공하는 것이 가능해 진다.

망에서 QoS를 제공하기 위해서는 망의 다양한 자원 특성을, 예를 들어 지연, 대역폭, 지터, 전달 비용, 실패율 등을 고려하여야 한다. 또한 이러한 메트릭들이 변경되는 것에 대한 정보도 알려져야 한다. 최근 이러한 트래픽 엔지니어링 특성을 제공하기 위해 ISIS(Intermediate system to Intermediate system)와 OSPF(Open Shortest Path First) 라우팅 프로토콜의 확장이 활발히 논의되고 있다[8][9]. 확장된 라우팅 프로토콜에 의해 각 링크의 사용정보를 알 수 있게 되고, 이

러한 사용정보를 이용하여 품질 보장형 서비스 요구가 발생할 경우 요구를 만족하는 경로를 계산할 수 있다.

본 논문에서는 MPLS 망이 QoS 보장 서비스를 제공하기 위한 기능을 정의하고, 소프트웨어 구조를 제시하고자 한다. 제한 구조 및 설계는 ATM 스위치 기반 MPLS 시스템에 적용하기 위해 설계 및 구현되었다.

먼저 2 장에서는 라우팅 프로토콜의 확장기능을 이용하여 자동화된 트래픽 엔지니어링을 제공하기 위한 MPLS 시스템의 서비스 모델을 제시하고, 3 장에서는 이를 위한 블록들과 그 기능을 정의하며, 블록들 간의 인터페이스를 정의하고자 한다. 4 장에서는 OSPF와 ISIS 라우팅프로토콜 확장 구조를 제시한다. 5 장에서 결론을 맺고자 한다.

### 2. QoS 보장을 위한 MPLS 네트워크 서비스 모델

빠른 속도로 증가하고 있는 인터넷 사용자 수와 다양한 서비스 요구에 적절히 대응할 수 있는 MPLS 기술이 고속의 인터넷 백본 망을 구성하기에 적합한 방안의 하나로 대두되고 있다[1]. MPLS는 IP 라우팅 프로토콜을 이용하여 IP 계층의 라우팅 정보들을 수집하고, 이 정보를 바로 포워딩 엔진에 전달하는 것이 아니라, LDP에서 이러한 IP 라우팅 정보를 이용하여 목적지 IP를 기로 FEC(Forwarding

Equivalence Class)를 분류한 다음, 같은 FEC에 속하는 라우팅 엔트리에 대해 같은 레이블을 부여하고, 목적지와 계산된 레이블 정보를 포워딩 엔진에 전달하게 된다. 그 결과 레이블 스위핑에 의해 빠른 포워딩이 가능하게 된다.

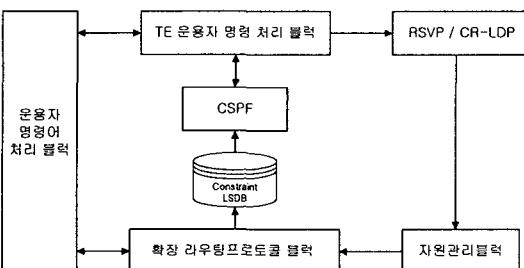
더 나아가 최근 특정한 constraint를 만족하는 경로를 MPLS 망에서 제공하고 이러한 자원들을 관리함으로써 사용자에게 요구하는 수준의 QoS를 보장하는 서비스를 제공할 수 있는 방법들이 제시되고 있다.

이를 위해 라우팅 프로토콜을 확장하여 다양한 constraint들 즉 트래픽 엔지니어링 메트릭들을 전달할 수 있도록 하여, 모든 MPLS 라우터에서 전체 망의 링크 정보 뿐 아니라 링크의 사용 자원 정보를 모든 라우터에 전달할 수 있게 된다.

그리고 사용자의 서비스 요구가 있을 때, 사용자에 인접한 MPLS 망에 라우터에서는 이러한 링크 정보 및 사용 정보를 입력으로 받아 CSPF(Constraint Shortest Path First) 알고리즘을 수행하여 요구를 만족하는 경로를 계산한다. 그 다음 이 계산된 경로에 따라 CR-LDP나 RSVP-TE가 LSP를 설정하고, 자원을 할당하여 실제로 서비스를 제공하게 된다.

### 3. MPLS 시스템의 소프트웨어 구조

QoS를 제공하기 위한 MPLS 시스템의 소프트웨어의 구성은 다음과 같다. 운용자 명령어 처리 블록, 확장 라우팅프로토콜 블록, TE 명령어 처리 블록, 자원관리 블록, CR-LDP/RSPV-TE 블록 등이다(그림 1 참조).



<그림 1> QoS를 고려한 MPLS 소프트웨어 구조

확장 라우팅 프로토콜 블록은 local 링크 정보가 운용자 명령을 통해 설정되면, 이러한 자원 정보는 LSDB(Link State Database)에 저장하고 링크 상태 정보를 인접한 시스템에 전달하고, 다른 시스템의 라우팅 프로토콜로부터 받은 정보를 LSDB에 저장한다.

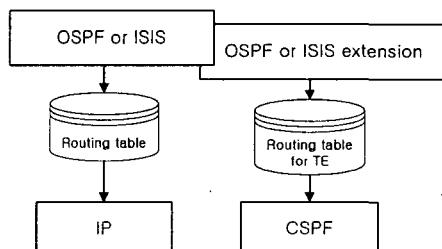
CSPF 블록은 사용자의 요구가 발생 할 경우, 운용자 명령어 처리 블록으로부터 특정 constraint를 만족하는 경로 설정이 요구되면, 확장 라우팅 프로토콜의 Constraint LSDB 정보를 이용하여 경로를 계산한 다음 TE 운용자 명령 처리 블록에게 알려 준다.

TE 운용자 명령 처리 블록은 계산된 경로 정보를

받아, 사용자가 요구한 시작노드에서 목적지 노드까지의 경로를 구성하여 RSVP-TE/CR-LDP로 전달한다. RSVP-TE/CR-LDP에 의해 LSP를 생성하기 위해 자원관리 블록에 자원을 요청하게 되고, 자원관리 블록은 자원을 할당하여 준 다음, 사용자에 대한 정보를 변경하고 이 정보를 확장 라우팅 프로토콜 블록에 알려준다. 확장 라우팅 프로토콜 블록에서는 모든 피어들에게 이러한 변경을 알리게 된다.

### 3.1 확장 라우팅프로토콜 블록

이 블록은 사용자에 대한 링크 정보를 관리하고, 전달하는 기능을 가진다. Best effort를 위한 라우팅 정보와 독립적으로 TE를 위한 라우팅 테이블을 가지며 독립적으로 관리된다(그림 2 참조). TE를 위해 OSPF와 ISIS가 추가로 전달하는 메트릭은 표 1과 같다.



<그림 2> 라우팅 테이블 구조

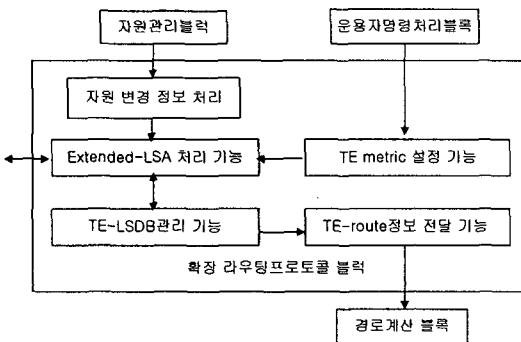
<표 1> TE 기능을 지원하기 위한 OSPF/ISIS 확장 메트릭 비교표

OSPF 확장 metric	ISIS 확장 metric
Local interface IP address	IPv4 interface address
Remote interface IP address	IPv4 neighbor address
Traffic engineering metric	TE default metric
Maximum bandwidth	Maximum link bandwidth
Maximum reservable bandwidth	Reservable link bandwidth
Unreserved bandwidth	Unreserved bandwidth
Resource class / color	Administrative group(color)

확장 라우팅프로토콜의 세부 기능에는 추가적인 메트릭들은 설정하도록 하는 운용자 명령 처리 기능, TE를 위한 라우팅 정보를 보내고 받는 기능, TE를 위한 라우팅 테이블 관리 기능, 경로 계산을 위한 정보를 전달하는 기능, 변경된 링크 정보를 처리하는 기능 등이 있다(그림 3 참조).

실제로 자원관리 블록으로부터 사용자에 대한 정보가 변경되었다고 알려질 때, 망의 상태 정보를 정확하게 유지하기 위해 매번 이를 상대 라우팅프로토콜 블록에게 알리게 될 경우, 너무 과도한 라우팅 테이블의 증가로 망의 상태를 불안정하게 만들 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 OSPF와 ISIS 확장 메트릭을 사용하는 방식이 제안되고 있다. 예를 들어 변경폭이 절대적 혹은 상대적인 어떤 기준치 이상인 경우에만 라우팅 정보를

알리도록 하는 방법 등이다. 또한 트리거링 메커니즘에 따라 CSPF 블록에서 경로를 계산하는 알고리즘도 달라지게 된다.



<그림 3> TE를 위한 확장 라우팅프로토콜 기능 블록

### 3.2 CSPF 블록

이 블록은 확장 라우팅 프로토콜로부터 전달 받은 라우팅 정보를 이용하여 경로를 계산하는 기능을 한다. 경로를 계산하는 알고리즘은 독자적인 기술을 적용해 볼 수 있는 부분이다. 현재 이러한 경로 계산 알고리즘들 즉 QoS 라우팅 알고리즘들이 다양하게 제안되고 있는데, 일반적인 OSPF, ISIS 내부의 SPF 알고리즘이 가장 빠른 경로를 찾는 것과는 다른 성질을 띤다[2][11]. 왜냐하면 QoS를 보장하는 문제는 요구하는 메트릭을 만족하는 경로만을 제공하면 되기 때문이다. 또한 더욱 신뢰성이 있는 서비스를 제공하고자 할 경우, 서비스 경로와 함께 서비스 경로가 차단된 경우 복구경로를 계산하는 것이 필요하게 된다.

CSPF 블록은 라우팅 프로토콜로부터 라우팅 정보를 받은 Constraint-LSDB를 이용하여 TE 운용자 명령 처리 블록으로부터 요구가 발생하면 적절한 경로를 계산하여 TE 운용자 명령 처리 블록으로 시작 노드에서 목적지 노드까지 경유하는 노드들의 리스트와 필요한 경우 흡 카운트 등을 알려준다.

### 3.3 TE 운용자 명령 처리 블록

이 블록은 운용자로부터 요구를 받아서 필요한 구간에 대한 경로 설정을 경로 계산 블록에 요구하고 결과를 받아서 explicit 한 경로 정보와 조합해서 시작노드부터 목적지 노드까지 경로 정보를 구성하여, RSVP-TE / CR-LDP 블록에 경로 설정하도록 요구한다.

이 블록에서 사용자가 요구에서 특정 경로를 경유하도록 하고 있을 경우 정의된 경로에 대해서는 저장하고 있고 나머지 자동으로 계산되어야 하는 경로에 대한 요구 만을 경로 계산 블록으로 전달하게 된다.

TE 운용자 명령 처리 블록에서 CSPF 블록으로 전달되는 파라미터에는 시작노드, 목적지 노드, 요구 대역폭, 포함되어야 할 노드들, 제외되어야 할 노드들, 제외되어야 할 링크들 등이 있다.

### 3.4 CR-LDP / RSVP-TE 블록[5][6]

이 블록은 CSPF에서 계산된 경로 정보와 함께 TE 파라미터들이 TE 운용자 명령 처리 블록을 통해 전달되면 explicit 경로 정보에 따라 해당 트래픽 파라미터를 가지고 LSP를 설정한다. CR-LDP 혹은 RSVP-TE가 이를 수행한다. 이러한 LSP 설정은 소스 노드에서 시작되면 목적 노드까지 성공적으로 경로설정이 이루지면 그 결과를 TE 운용자 명령 처리 블록으로 알려준다.

### 3.5 자원 관리 블록

자원 관리 블록은 논리 인터페이스 별 자원 정보를 유지, 관리 한다. 초기에 자원 정보가 설정되면 그 정보를 유지하고, CR-LDP/RSPV-TE 블록에서 LSP를 설정하기 위해 자원을 요구할 경우 자원을 할당하고, 변경된 자원 정보를 확장 라우팅 블록으로 알려주어야 한다. 이때, 인터페이스 이름이나 IP 주소를 식별자와 사용되고 남은 가용 대역폭 정보가 전달되어야 한다.

### 4. OSPF-TE 확장 설계

TE 확장 기능을 위해 추가 되는 명령어 처리 기능에는 라우터 loopback 주소 설정 기능과 링크의 각 메트릭에 대한 설정 기능이다.

OSPF 인터페이스 데이터구조에 링크 메트릭 설정 시, 그 메트릭들을 저장할 수 있는 필드가 추가되어야 한다. 가상의 링크를 지원할 경우, 새로운 인터페이스 타입이 추가 되어야 하여, 이러한 인터페이스를 설정, 운용하는 기능도 추가되어야 한다.

트래픽 엔지니어링을 위한 메트릭들을 전달하기 위해 Opaque LSA(Link State Advertisement)를 이용하도록 하고 있다[4]. Opaque LSA는 다양한 목적으로 활용할 수 있도록 제공되는 LSA이다. 다만 링크 상태의 형태는 전달되는 영역에 따라 link-local scope(타입 9), area-local scope(타입 10), AS scope(타입 11)의 3 가지로 나뉜다.

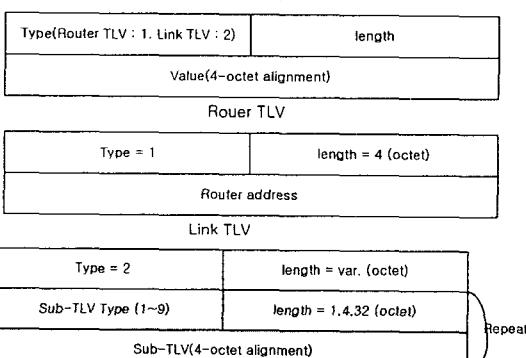
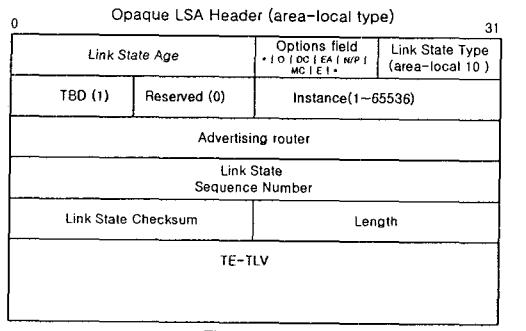
TE 메트릭들을 타입 10을 사용하여 전달될 수 있으며, Router address TLV와 Link TLV 두 가지 타입의 TLV를 정의하고 있다. Router address TLV는 자신의 주소를 표시하기 위한 필드이며, Link TLV는 여러 개의 Sub-TLV를 가진다.

그리고 TE 메트릭들을 전달하기 위해 OSPF는 Opaque LSA를 이용하게 되는데, 피어 라우터가 이를 지원하는지 확인하여, Opaque 능력을 가진 이웃(Opaque-capable neighbor)에게만 Opaque LSA를 전달하도록 하여야 한다. 이를 위해 Hello, Database Description 패킷에 options field의 O-bit에 Opaque-capability를 표시한다. 이러한 이웃들의 정보를 관리하기 위해 DD 패킷을 받은 다음 options field의 O-bit를 검사하여 OSPF neighbor entity에 Opaque-capability를 저장하여야 한다.

그리고 Opaque LSA를 받아서 처리하는 기능과 그 결과 LSA 정보를 관리하기 위한 추가 LSDB가 필요

하다. 명령어로 TE metric 을 설정하는 경우나 자원관리 블록에서 가용 자원 정보가 변경된 경우 Opaque LSA 를 생성하여 neighbor 에게 전달하는 기능도 추가되어야 한다.

Opaque LSA 패킷 포맷은 LSA 헤더에 TE 정보필드들(32bits-aligned)이 붙는다.

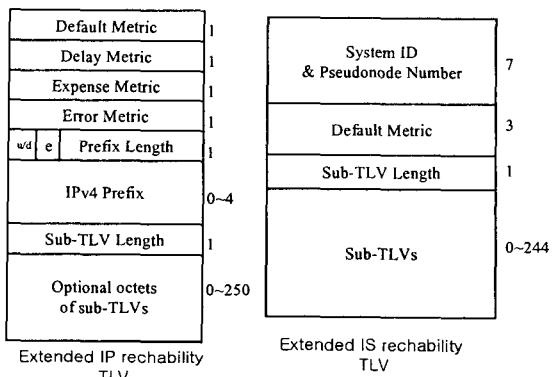


<그림 > 확장 OSPF 패킷포맷

## 5. ISIS-TE 확장 설계

트래픽 엔지니어링을 위한 IS-IS 확장에서는 새로운 TLV 를 제안하고, 이 TLV 들이 트래픽 엔지니어링과 관련된 링크 상태 정보를 전달할 수 있게 하였다[7][9]. 제안된 TLV 는 TLV 22(The extended IS reachability TLV)와 TLV 135(The extended IP reachability TLV)이며 이는 각각 기존의 TLV 2(IS neighbors)와 TLV 128/130(IP internal reachability Information/IP external reachability information)을 대체하여 사용된다.

통상 TLV 22 와 TLV 135 를 “New-TLVs”로, TLV 2 와 TLV 128/130 을 “Old-TLV”로 지칭한다. New TLVs 는 기존 old TLVs 의 정보를 전달하면서, 링크 메트릭의 6 비트 제한을 확장하고, 트래픽 엔지니어링을 위한 여러 정보를 전달하는 것이 목적이다. 두개의 new TLV 모두 고정 길이 부분과 선택적인 sub-TLVs 로 구성된다. 링크 메트릭은 6 비트에서 24 또는 32 비트로 확장하였으며, 선택적인 sub-TLVs 에 추가적인 정보들이 전달된다.



Extended IS reachability TLV

<그림 > 확장 ISIS 패킷 포맷

## 6. 결론

본 논문에서는 MPLS 시스템에서 QoS 를 보장하는 서비스를 제공하기 위한 소프트웨어 구조를 제시하였다. 이 구조는 ATM 기반 MPLS 시스템에 실제로 구현하여 시험 검증한 것이다.

QoS 보장 서비스는 OSPF 와 ISIS 라우팅 프로토콜을 확장하여 다양한 트래픽 엔지니어링 매트릭들을 전달함으로써 가능하게 되었다. 이러한 라우팅 프로토콜의 변화는 QoS 라우팅의 중요성을 인식하게 해주고 있다. 앞으로 망을 효율적으로 사용하면서 신뢰성있는 서비스를 제공하기 위한 경로 계산 알고리즘들의 개발과 적용이 있어야 할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- [1] Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, “Multiprotocol Label Switching Architecture,” RFC3031, IETF, January 2001.
- [2] B. Rajagopalan and H. Sandick, “A Framework for QoS-based Routing in the Internet”, RFC 2386, IETF, Aug. 1998.
- [3] J. Moy, “OSPF version 2”, IETF RFC 2328, April 1998.
- [4] R. Colton The OSPF Opaque LSA Option. RFC 2370, July 1998.
- [5] D. Awduche, L.Berger, D.Gan T. Li, V.Srinivasan, and G.Swallow, “RSVP-TE Extensions to RSVP for LSP Tunnels,” RFC 3209, Dec.2001
- [6] B.Janoussi et al , “ Constraint-Based LSP Setup using LSP,” RFC 3212, Jan.2002
- [7] R. Callon, “Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments,” RFC 1195, December 1990.
- [8] Dave Katz, Derek Yeung, Kireeti Kompella, “Traffic Engineering Extension to OSPF”, IETF Internet Draft, Aug. 2002
- [9] T. Li and H. Smit, “IS-IS extensions for Traffic Engineering,” Internet Draft, August 2001.
- [10] 백영미,박혜경,전병천,한기준, “트래픽 엔지니어링을 위한 OSPF 확장 설계 및 구현,” 통신학회추계학술발표회 2001.11, p.255.
- [11] H.K. Park, Y.J. Heo and T.L. Kim “A Fast Randomized QoS Routing Algorithm,” International Conference on Optical Internet, July 2002, pp.224-226.