

차별화된 멀티미디어 서비스를 지원하는

리눅스 기반 MPLS 시스템

전만철^o 이명섭 박창현
영남대학교

rockghost@yumail.ac.kr, {skydream, park}@yu.ac.kr

A Linux based MPLS system supporting Differentiated Multimedia Service

Mancheol Jun^o Myungsub Lee Changhyeon Park
Dept. of Computer Engineering, Yeungnam University

요 약

인터넷 서비스에 QoS(Quality of Service)를 제공하면서 IP(Internet Protocol)의 유연성과 확장성을 제공하기 위해 IETF에서는 MPLS(Multiple Protocol Label Switching)기술을 표준화 하였다. 또한, MPLS기술의 기본이 되는 시그널링 프로토콜로 LDP(Label Distribution Protocol), CR-LDP(Constrained based LDP), RSVP-TE(Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering)의 표준화를 진행해 왔다. 따라서 본 논문에서는 MPLS 기술을 적용하여 현재의 IP망에서 보다 안정적이고 차별화된 서비스를 제공하기 위해 리눅스 상에서 구현한 라우터기반 MPLS 시스템을 제시한다. 본 논문에서 제시하는 라우터 기반 MPLS 시스템은 기존 IP망과의 연동을 위해 MPLS 도메인상의 OSPF데몬을 수정하며, MPLS망에서 명시적 경로를 제어하기 위해 MPLS데몬을 수정한다. 그리고 MPLS데몬과 OSPF데몬은 수정된 Zebra데몬에 의해 스트림 형태로 정보를 교환한다.

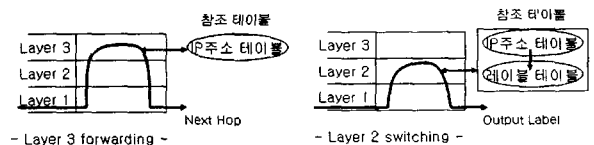
1. 서 론

MPLS 트래픽 엔지니어링 기술은 MPLS 망 내에 서비스 요구나 망 사업자의 자원 사용 정책을 반영한 명시적 경로를 설정하고 에지 라우터(edge router)에서 MPLS 망으로 유입되는 트래픽을 특성에 따라 분류하여 적절한 LSP(label Switched Path)로 분배해주는 메커니즘을 바탕으로 한다[1]. MPLS 망에서 트래픽 엔지니어링을 구현하기 위한 프로토콜로는 LDP(Label Distribution Protocol)에 기반한 CR-LDP와 RSVP에 기반한 RSVP-TE의 두 가지 프로토콜이 있으며[2,3], 본 논문에서는 리눅스 환경에서 CR-LDP기반의 트래픽 조절 기법을 구현한다.

2. 요구사항

MPLS는 2계층의 스위칭 속도와 3계층의 라우팅 기능을 접목한 2.5계층 스위칭 기술의 일종으로, 짧고 고정된 길이의 레이블을 이용하는 단순한 레이블 스위칭 방식을 사용한다[4]. 즉, MPLS는 IP 패킷 주소 앞에 레이블이라는 새로운 주소체계를 붙여 IP 주소가 아닌 레이블을 바탕으로 IP 데이터를 전달하는 고속 스위칭 기술로, IP 패킷이 MPLS망으로 들어가는 라우터에서 레이블을 추가하고, 코어 라우터들에서 이를 교체하며 MPLS 망을 나갈 때 다시 제거한다. [그림 1]에 보이듯이 MPLS 망에서 패킷 전송 시, MPLS 레이블을 할당받지 못한 패킷은

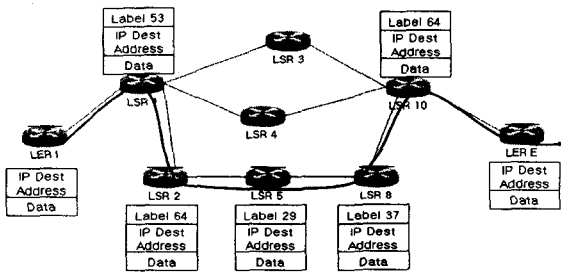
L3로 올라가 IP주소 테이블을 보고 다음 라우터로 포워딩(L3 routing)된다. 포워딩 시 패킷에는 경로 레이블이 부여되며, 레이블은 어느 인터페이스로 패킷이 나가야 할지에 대한 정보를 포함한다. MPLS 레이블을 할당받은 패킷은 L2와 L3 사이에서 이루어지는 레이블 할당으로 다음 라우터로 포워딩(L2 switching)된다.



[그림 1] MPLS 네트워크에서 패킷 흐름

MPLS 네트워크에서 패킷 전송을 위해서는 필요한 레이블 정보를 저장하고 있는 LIB(Label Information Base)를 참조하여 패킷이 전달하며, 이것을 MPLS 라우팅이라 한다[5]. [그림 2]는 MPLS 네트워크의 에지에 위치하여 non-MPLS 네트워크와 연동하는 Ingress LER인 LER-I에서 MPLS 네트워크의 코어를 구성하는 LSR들(LSR-1, LSR-2, LSR-5, LSR-8, LSR-10)을 지나, Egress LER인 LER-E로 MPLS 레이블 패킷이 전달되는 과정을 보인다. [그림 2]에 보이듯이 MPLS 네트워크는 non-MPLS 네트워크와 연동하는 LER(Label Edge Router : LER-I, LER-E)과 MPLS 네트워크의 코어에 위

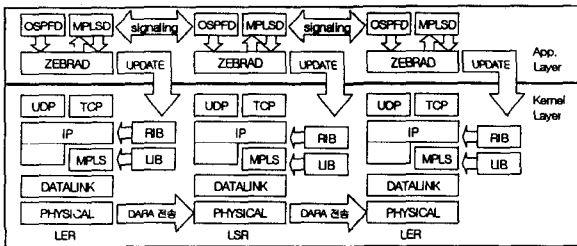
치하는 LSR로 이루어진다. LER-1에서는 non-MPLS 네트워크로부터 전달되는 패킷의 헤더를 분석하여 다음에 전달될 LSP를 결정하고, 데이터링크 계층에 따라 패킷을 Encapsulation한다. LSR은 LER로부터 레이블화(Labeling)된 패킷이 들어오면 그 레이블을 조사하고, LIB를 참조하여, 레이블 값을 변경한 다음 정해진 출력 인터페이스로 전달한다. LER E에서는 도착한 패킷에서 레이블을 제거하고 그 패킷의 목적지로 패킷을 전달한다. 이때, LER과 LSR에서 참조하는 LIB는 LDP 프로토콜이 생성해 준다.



[그림 2] MPLS Label packet 전달과정

3. 시스템 설계

본 논문의 실험망 구성은 MPLS 도메인에 속하는 모든 LSR들은 하나의 OSPF 영역으로 묶여진 상태에서 동작함을 가정한다. 각 LSR 간을 연결하는 링크에는 OSPF에서 관리하는 cost 정보를 달리하여 ECMP(Equal Cost Multi Path)가 생성되지 않도록 한다. ECMP가 생성되지 않도록 네트워크를 디자인한 이유는 ECMP가 생성된 경우 리눅스 커널 단에서 정상적인 라우팅 적용이 어렵기 때문이다. 또한, 대체 경로가 있음에도 불구하고 사용되지 않게 되는 문제점을 해결하고자 CR-LDP 프로토콜을 사용하여 대체 경로로 LSP를 생성하고 그 경로로 트래픽을 전송하도록 한다.



[그림 3] 시스템 전체 구성도

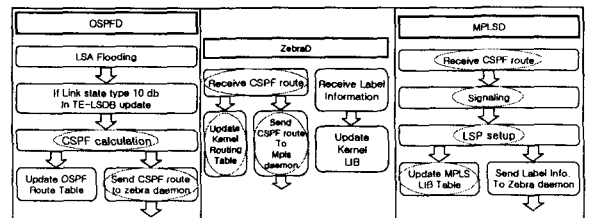
[그림 3]은 본 논문에서 사용된 MPLS 커널과 Zebra,

OSPFd, MPLSd 등의 데몬들이 상호 협력하여 동작하는 구성도를 나타내고 있다. [그림 3]에서 OSPFd는 라우팅 정보를 플로딩 하게 되며, MPLSd는 각 LSR 사이의 TCP 세션의 유지와 레이블 요청과 할당 메시지들을 주고받는 것을 담당하게 된다. Zebra는 OSPF, RIP, BGP와 같은 라우팅 프로토콜을 이용하여 네트워크를 설정할 수 있도록 마스터 데몬인 Zebra와 각각의 프로토콜을 담당하고 있는 OSPFd, RIPD, BGPd의 데몬들로 구성되어, 이 데몬들을 이용하여 커널의 라우팅 정보를 갱신하고 추가함으로써 네트워크를 동적으로 구성할 수 있다.

본 논문에서는 리눅스 응용계층에서 동작하는 Zebra, OSPFd, MPLSd들에 수정을 하고, CR-LDP 프로토콜은 MPLSd 위에 구현하며 네트워크의 혼잡유발을 위한 시뮬레이션은 OSPFd 내에 구현한다. Zebra에는 OSPFd와 MPLSd가 서로 정보를 스트림 형태로 주고받을 수 있도록 통로 역할을 하는 기능을 구현한다. LSP를 형성하는 모든 과정이 끝난 뒤에 IP 단이 관리하는 RIB(Routing Information Base)와 MPLS 단이 관리하는 LIB(Label Information Base)는 각각 Zebra와 MPLSd에 의해 정보가 업데이트된다. MPLS는 업데이트된 LIB를 참조하여 데이터를 전송하게 되며, 데이터 전송과 동시에 지속적인 플로딩과 시그널링을 통해 RIB와 LIB를 갱신, 유지한다. [그림 3]에서 보인 각 데몬들의 설명은 세부절로 구성한다.

3.1 각 데몬들의 구현

각 데몬들의 전체적인 상호동작 흐름은 [그림 4]와 같다. [그림 4]에서 OSPF 데몬은 CSP에 대한 정보를 Zebra에게 전송하고, Zebra는 자신이 가지고 있는 라우팅 정보를 갱신한 다음 MPLS 데몬에게 그 정보를 재분배한다. 재분배된 정보를 받은 MPLS 데몬은 다른 LSR들과 메시지를 주고받아 LSP를 형성하게 되며, 형성된 LSP의 인덱스 정보인 mplsindex를 Zebra에게 다시 넘겨 라우팅 정보와 mplsindex를 연결함으로써 최종적인 LSP를 따라 스왑&포워딩을 거쳐 고속으로 패킷을 전송한다.



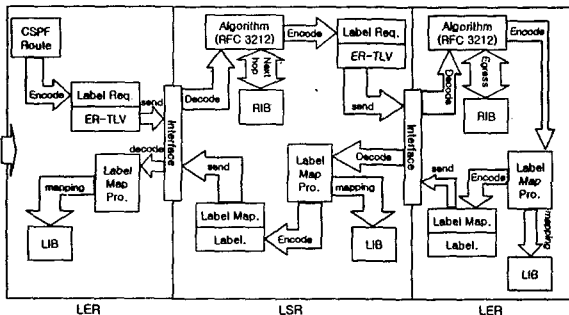
[그림 4] 각 데몬들의 흐름도

본 논문에서는 [그림 4]에서 원으로 형성된 부분에서 보이는 것과 같이 각 데몬들이 CR-LDP를 설정하기 위한 동작에 필요한 부분들을 OSPF와 Zebra 데몬에 추가하며, MPLS 데몬에는 CR-LDP 프로토콜에 기술된 ER-TLV를 포함하는 레이블 요청 메시지를 보내는 시그널링 부분과 LSP 형성을 완료하는 부분 등을 추가하여 구현한다. [그림 4]에서 Zebra 데몬의 동작 부분은 CR-LSP를 설정하기 위해 동작하는 구성요소들만 표현한 것이고, 실제 Zebra 데몬에서 제공하는 부분은 더 많은 기능들을 포함한다.

Zebra는 리눅스 커널의 Netlink 인터페이스를 이용하여 커널에서 라우팅 정보를 읽어 오거나, OSPF 데몬으로부터 받은 정보를 이용하여 커널의 라우팅 테이블에 항목을 추가하고 갱신하는 역할을 한다. 본 논문에서는 OSPF 데몬으로부터 스트림 형태로 받은 CSP 정보를 기반으로 Zebra가 유지하고 있는 라우팅 정보를 갱신할 수 있도록 기능을 추가하며, 갱신된 정보를 다시 MPLS 데몬에게 재분배하도록 구현한다. [그림 4]의 가운데 부분은 OSPF 데몬으로부터 CSP를 받았을 때 Zebra 데몬이 동작하는 과정이다. 그림에서 OSPF 데몬으로부터 받은 label info는 재분배된 라우팅 정보를 기반으로 MPLS 데몬이 LSP를 형성한 다음 다시 Zebra에게 보내는 정보를 최종적으로 라우팅 정보와 LSP를 연결시키기 위한 과정이다.

3.2 명시적 경로 제공을 위한 CR-LDP기능 구현

MPLSd에는 CR-LDP 프로토콜이 구현되어 데몬 형태로 동작된다. 기존의 ldp-portable 패키지에는 LDP를 구현할 수 있도록 기반이 제공되며, 이를 확장하여 CR-LDP 프로토콜에서 명시적 경로를 이용하여 ER-TLV를 인코딩한 다음 레이블 요청 메시지를 전송할 수 있도록 시스템을 구현한다.



[그림 5] 명시적 경로 설정 과정

본 논문에서 구현한 명시적 경로 조건을 가지는 LSP 설정 과정을 [그림 5]에 보인다. [그림 5]에서 가장 좌측의 CSP 경로는 OSPF 데몬이 Zebra에게 전달한 정보가 다시 MPLS 데몬에게 넘어온 정보이며, 레이블 요청 메시지를 인코딩하여 다음 LSR에게 전달한다. 레이블 요청 메시지를 받은 중간의 LSR은 Algorithm(RFC 3212) 부분에서 라우팅 정보를 참조하여 다음 hops를 결정하고, 필요하다면 ER-TLV를 갱신하여 레이블 요청 메시지를 포워딩 한다. 마지막에 있는 LER은 알고리즘 부분에서 이전의 LSR과는 다르게 이 레이블 요청 메시지가 자신이 관리하는 네트워크로 향하는 것을 판단하고, 각 부분에 있는 Label Map Pro. 부분에서 레이블을 할당하여 커널내의 LIB 정보를 갱신한 다음 레이블 매핑 메시지를 보내게 된다. 각 LSR들에 포함되어 있는 MPLS 데몬의 내부 동작과정은 [그림 5]의 오른쪽 그림과 같다.

4. 결론

본 논문에서는 리눅스 환경에서 CR-LDP기반의 트래픽 조절 기법을 구현하였다. 본 논문에서 구현한 라우터 기반 MPLS 시스템은 기존 IP망과의 연동을 위해 MPLS 도메인상의 OSPF데몬을 수정하였으며, MPLS망에서 명시적 경로를 제어하기 위해 MPLS데몬 내에 CR-LDP 프로토콜을 삽입하였다. OSPF 데몬으로부터 스트림 형태로 받은 CSP 정보를 기반으로 라우팅 정보를 갱신할 수 있도록 Zebra 데몬을 수정하였으며, 갱신된 정보를 다시 MPLS 데몬에게 재분배하도록 구현하였다.

5. 참고문헌

- [1] Eric C. Rosen, Arun Viswanathan, "Multiprotocol Label Switching Architecture", IETF Internet Draft, Sep. 1999
- [2] Bilel Jamoussi, "Constraint-Based LSP Setup using LDP", IETF Internet Draft, Sep. 1999
- [3] Daniel O. Awduche, Lou Berger, "Extensions to RSVP for LSP Tunnels", IETF Internet Draft, Sep. 1999
- [4] R. Callon, P. Doolan, "LDP Specification", IETF Internet Draft, Oct. 1999
- [5] Francois Le Faucheur, Liwen Wu, "MPLS Support of Differentiated Services", IETF Internet Draft, Oct. 1999