

# MPLS 기반 인터넷 중계망 관리를 위한 OAM 기능 연구

임은혁, 신해준, 김영탁  
영남대학교 정보통신공학과  
e-mail : [othree@infocom.ice.yeungnam.ac.kr](mailto:othree@infocom.ice.yeungnam.ac.kr)  
[fisher@infocom.ice.yeungnam.ac.kr](mailto:fisher@infocom.ice.yeungnam.ac.kr)  
[ytkim@yu.ac.kr](mailto:ytkim@yu.ac.kr)

## A Study on OAM function for Internet Transit Network based on MPLS

Eun-Hyuk Lim, Hae-Joon Shin, Young-Tak Kim  
Dept. of Information & Communication Engineering, Graduate School, Yeung-Nam University

### 요 약

MPLS(Multi-protocol Label Switching)는 차세대 인터넷(NGI : Next Generation Internet)에서 중계망 구성을 위한 핵심기술로서 사용되고 있다. MPLS 는 다양한 계층 2 기술을 수용하며, 계층 2 기술에 독립된 형태의 중계망 구성 기술을 제공한다. 실제 대규모의 MPLS 인터넷 중계망을 구성위해 MPLS 의 성능 측정과 분석 그리고 분석 결과에 따른 관리 기능이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 MPLS 기반의 인터넷 중계망의 성능 측정과 관리를 위한 MPLS OAM(Operation, Administration, and Maintenance)기능을 제안하고 OPNET 을 기반으로 한 시뮬레이션 모델로 구현하여 제안한 기능을 검증한다.

### 1. 서론

MPLS 는 급속히 증가하는 인터넷 트래픽을 수용하고 보다 효과적인 트래픽 엔지니어링 기능을 제공하기 위해 개발된 기술로 기존 인터넷을 구성하는 IP 라우터와 ATM 스위치의 단점인 트래픽 관리 기능 부족과 확장성의 문제를 해결하기 위해 계층 3 의 IP 라우팅기능과 계층 2 의 스위칭 기능을 결합한 형태로 구성된다.

MPLS 의 가장 큰 장점은 트래픽 엔지니어링 기능을 사용하여 망 전체에 대해 인터넷 트래픽을 분산하여 망의 사용효율과 혼잡 발생의 원인을 줄이며 VPN(Virtual Private Network)과 Voice 와 같은 서비스에 대해 서비스 품질(QoS :Quality of Service)을 보장하는 중계망을 제공하는데 있다. 그러나 이러한 인터넷 중계망을 관리하기위한 성능 측정 및 장애 관리 기능과 같은 OAM 기능이 정의되어 있지 않다.

본 논문에서는 MPLS 망에서의 인터넷 중계망에 대한 성능 측정과 장애 관리 기능 제를 위한 MPLS OAM 기능을 제안하고, 2 절에서 MPLS OAM 기능과 제공방법 및 설계내용에 대해 살펴보고, 3 절에서는 MPLS OAM 기능의 시뮬레이션 모델 구현과 시뮬레이션을 통한 MPLS OAM 기능의 동작을 검증하였으며, 마지막으로 4 절에서 결론을 맺는다.

### 2. MPLS Operation, Administration and Maintenance(OAM)

#### 2.1 MPLS 에서의 OAM 기능 필요성 및 제공방법

MPLS 에서의 인터넷 중계망은 CR-LDP(Constraint-based Routing Label Distribution Protocol) 또는 extended RSVP(Resource reservation Protocol) 등의 MPLS 시그널링 프로토콜에 의해 설정되는 다수의 LSP(Label Switched Path)로 구성된다. MPLS 에서의 인터넷 중계망인 LSP 는 중계망을 설정하는 목적에 따라 best-effort 또는 guaranteed service 를 지원하는 중계망 등으로 구분할 수 있다. 특히 guaranteed service 를 지원하는 LSP 의 경우 성능 측정을 위한 performance monitoring 기능과 장애 관리를 위한 continuity check 과 loop-back test 기능이 필요하다. 그러나 현재 MPLS 관리기능은 <표 1>의 ATM OAM 기능과 같이 완전하게 표준화 된 것이 없으며 MPLS 시그널링 프로토콜을 사용하여 LSP 의 경로와 대역폭 등을 변경할 수 있는 정도만 정의 되어 있다.

<표 1> ATM OAM function

OAM Type	Function Type
Fault	AIS(Alarm Indication Signal)
Management	RDI(Remote Defect Indicator)

	Continuity Check Loop-back
Performance Management	Forward monitoring Backward reporting

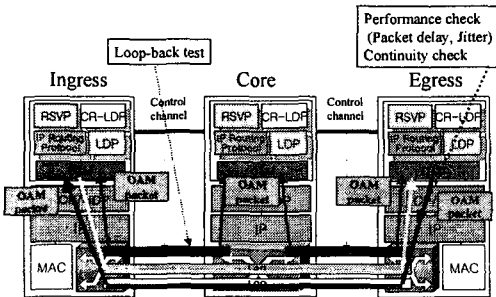
패킷의 헤더부분을 나타내며 <표 2>의 내용을 가지게 된다.

<표 2> MPLS OAM 기능 정의

OAM Type		OAM Function	
Performance Management	0x01	Performance monitoring	0x01
Fault Management	0x02	Loop-back Request	0x01
		Loop-back Response	0x02
		Continuity check Error Report	0x03

만약 MPLS 의 계층 2 스위치로 ATM 을 사용하게 되면 <표 1>에 나타낸 것과 같은 ATM OAM 기능을 이용하여 LSP 의 관리기능을 수행 할 수 있다. 그러나 MPLS 는 계층 2 의 기술로 ATM 만을 사용하는 것이 아니라 Frame Relay 등의 ATM 과는 다른 계층 2 스위치 기술뿐만 아니라 계층 2 를 사용하지 않고 MPLS 가 계층 1 에 해당하는 WDM(Wavelength Division Multiplex)을 직접 제어하는 경우도 있다. 그렇기 때문에 MPLS 망에서 ATM OAM 기능과 같이 계층 2 에 의존적인 관리기능을 사용할 경우 MPLS 에서 사용하는 모든 계층 2 스위치에 대해 각각 다른 관리 기능을 고려해야 하는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 관리 기능을 단순화 시키기 위해 계층 2 의 스위치 기술에 독립된 형태의 MPLS OAM 기능 제공에 중점을 두었다. 이를 위해 (그림 1)에 나타낸 것과 같이 LSR(Label Switching Router) controller 부분에 OAM 기능을 추가하는 방법을 제안하였다.



(그림 1) MPLS OAM 기능을 추가한 LSR

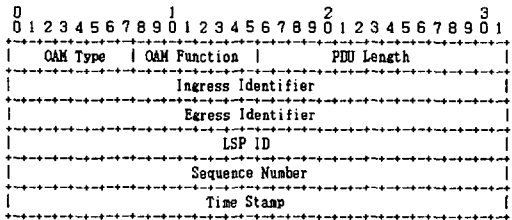
MPLS controller 는 MPLS 의 시그널링 프로토콜인 LDP, CR-LDP 와 extended RSVP 그리고 IP 라우팅 프로토콜 등을 포함한 부분으로 LSP 를 설정하는 기능을 가진다. MPLS OAM 기능은 주기적으로 OAM 패킷을 생성하여 LSP 를 통해 ingress LSR 의 OAM 프로세서에서 egress LSR 의 OAM 프로세서로 보내 LSP 에 대한 performance monitoring 기능과 continuity check 기능을 수행하며, 장애 발생시 OAM 패킷을 LSR controller 간에 사용하는 control channel 을 통해 hop-by-hop 방식의 loop-back test 를 수행하는 방식으로 관리 기능을 제공한다.

2.2 MPLS 에서의 OAM 기능 설계

MPLS 의 OAM 기능은 계층 2 의 종류에 관계없이 작동시키기 위해 LSR controller 부분에 위치 시키며 UDP(User Datagram Protocol)을 사용한다. UDP 를 사용하는 이유는 TCP(Transmission Control Protocol)을 사용하였을 경우 OAM 패킷을 장애로 인해 손실했을 경우 재전송으로 인한 정확한 장애 발생여부와 end-to-end delay 등의 측정이 어렵기 때문이다.

본 논문에서는 MPLS OAM 기능을 <표 2>에 나타낸 것과 같이 정의 하였으며 (그림 2)는 MPLS OAM

(그림 3)은 MPLS 에서의 LSP 성능 측정을 위한 performance monitoring OAM 패킷 구조를 나타낸다.



(그림 3) Performance monitoring OAM packet

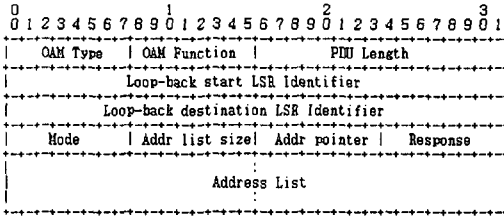
<표 3> Performance monitoring OAM packet 내용

Field	Function
Ingress LSR Identifier	LSP 의 시작점인 Ingress LSR 의 IP 주소
Egress LSR Identifier	LSP 의 끝점인 Egress LSR 의 IP 주소
LSP ID	Performance monitoring 을 수행하고 자하는 LSP 의 Ingress LSR 에서의 ID
Sequence Number	주기적으로 생성하는 OAM 패킷에 대해 sequence number 를 하나씩 증가시켜 전송하며 sequence number 의 조사하여 packet loss ratio 를 측정
Time Stamp	OAM 패킷을 생성시킨 시간을 기록하여 보며 패킷에 대한 end-to-end delay 측정에 사용

<표 3>은 (그림 3)에 나타낸 OAM 패킷의 각자의 필드 내용을 나타낸다. Performance monitoring OAM 패킷은 주기적(1 초)으로 생성하며 해당하는 LSP 를 통해 egress LSR 로 전달한다. Egress LSR 의 OAM 프로세서에서는 수신한 OAM 패킷으로부터 Time Stamp 의 시간정보와 Sequence Number 로부터 각각 end-to-end delay 와 jitter 그리고 packet loss ratio 를 계산하여 LSP 의 성능을 측정한다.

Continuity check 기능은 Performance monitoring 기능 과 함께 수행된다. Egress LSR 의 OAM 프로세서에서 주기적으로 수신되는 performance monitoring OAM 패킷이 일정시간 이상 수신되지 않을 경우 (그림 3)의 패킷의 헤더의 OAM Type 에 0x02(Fault management type), OAM Function 에 0x03(Continuity check Error Report)를 기록하여 Ingress LSR 로 보고한다.

(그림 4)는 장애의 위치를 파악하기 위한 loop-back test 를 위한 OAM 패킷 구조를 나타내며, <표 4>는 (그림 4)에 나타낸 OAM 패킷의 필드내용을 나타낸다.



(그림 4) Loop-back test OAM packet

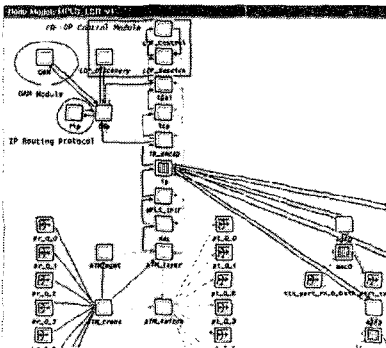
<표 4> Loop-back test OAM packet 내용

OAM Field	Function
Loop-back start LSR Identifier	Loop-back test 를 시작하는 LSR 의 IP 주소
Loop-back destination LSR Identifier	Loop-back test 의 목적지에 해당하는 LSR 의 IP 주소
Mode	Hop-by-hop Loop-back test(0) Explicit Loop-back test(1)
Addr list size	Addr List 의 크기를 나타낸다. Mode 0 일 경우 0 의 값을 가지며 Mode 1 의 경우 Address List 에 포함된 주소의 수가 들어감
Addr Pointer	Mode 0 일 경우 사용하지 않음 Mode 1 일 경우 Address List 에서 현재 처리 되어야 하는 주소위치를 가리킴
Response	Loop-back test 에 대한 결과 code Default Value : 0x00 Loop-back test Success : 0x01 Explicit path error : 0x02
Address List	Loop-back test 를 수행하는 경로(주소)정보

Loop-back test 의 경우 LSP 를 통해 전달되지 않고 LSR controller 간의 control channel 을 통해 전달된다. LSP 의 경우 ingress LSR 에서 egress LSR 까지 계층 2 에서 스위칭 만으로 전달이 되기 때문에 LSP 로부터 특정 OAM 패킷을 분리하여 OAM 프로세서로 보낼 수 없으며 loop-back test 의 경우 지정된 경로의 모든 LSR 이 응답을 해야 하기 때문에 LSP 로부터 loop-back test OAM 패킷을 추출해야 하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 loop-back test OAM 패킷의 경우 LSR controller 간의 control channel 을 통해 loop-back test 경로의 LSR 의 OAM 프로세서에 전달하며 loop-back test OAM 패킷을 수신한 OAM 프로세서는 해당하는 경로에 대한 loop-back test 를 수행한다.

### 3. MPLS OAM 기능의 시뮬레이션 모델 구현 및 실험

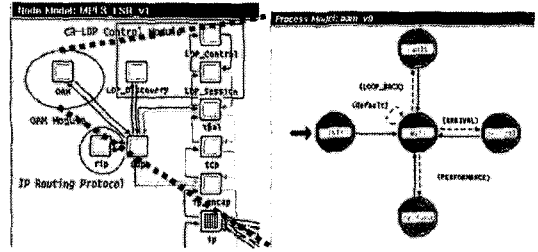
#### 3.1 MPLS 시뮬레이션 모델 구현



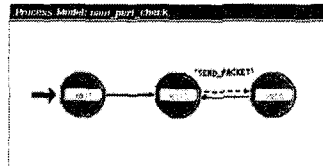
(그림 5) MPLS LSR 구현

(그림 5)는 OPNET 기반에 구현된 MPLS 시뮬레이션 모델[5,6]을 나타낸다. 프로세서 모델로는 CR-LDP 기능과 MPLS 와 계층 2 의 스위치와의 인터페이스인 MPLS\_IPIF 를 구현하였다. 노드 모델로는 Core LSR 과 Edge LSR 을 구현하였고 계층 2 의 스위치로 ATM 을 고려하였다.

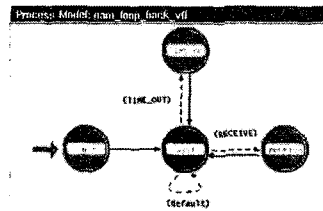
#### 3.2 MPLS OAM 기능 시뮬레이션 모델 구현



(그림 6) MPLS OAM 프로세서



(그림 7) Performance OAM 프로세서



(그림 8) Loop-back OAM 프로세서

(그림 6)은 MPLS OAM 프로세서로 UDP 를 사용하여 MPLS OAM 패킷을 수신하여 처리하는 기능을 수행한다. (그림 7)의 Performance OAM 프로세서는 performance OAM 패킷을 주기적으로 생성시켜 주는 기능의 프로세서이며 (그림 8)의 Loop-back OAM 프로세서는 continuity check error 보고가 왔을 경우 loop-back test 를 수행하는 기능을 담당한다. (그림 7)과 (그림 8)의 프로세서는 (그림 6)의 MPLS OAM 프로세서에 의해 생성되어 동작한다.

#### 3.3 MPLS OAM 기능 동작 시나리오

(그림 9)는 MPLS OAM 기능을 실험하기 위한 간단한 시험망으로 16 개의 core LSR 과 12 개의 edge LSR 로 구성된다. Edge-to-edge LSR 간에 best-effort 서비스를 지원하는 LSP 가 자동적으로 생성되며 서비스 품질 보장을 위한 CR-LSP 는 CR-LDP 를 사용하여 (그림 9)에 나타난 것과 같이 node\_16 과 node\_22 사이에 설정한다.

Step 1. LSP 와 CR-LSP 는 생성되는 것과 동시에 각각의 Ingress LSR 의 OAM 프로세서에서 performance

monitoring OAM 패킷을 해당 LSP 의 egress LSR 로 주기적으로 전달하며 LSP 의 성능을 측정한다. 이때 시험망 전체에 대하여 혼잡을 발생할 정도의 트래픽을 발생시켜 best-effort 서비스를 지원하는 LSP 와 서비스 품질 보장을 위한 CR-LSP 의 성능을 측정한다.

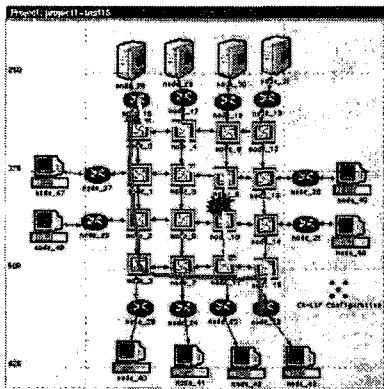
Step 2. Node 9 와 node 10 사이의 link 에 장애를 발생 시킨다. 이때 egress LSR 의 OAM 프로세서에서는 일정시간 이상 performance monitoring OAM 패킷이 도착하지 않을 경우 장애가 발생을 ingress LSR 의 OAM 프로세서에 보고하는 OAM 패킷을 보낸다.

Step 3. 장애를 보고를 받은 ingress LSR 의 OAM 프로세서는 loop-back test 를 수행하여 장애 발생 위치를 파악하는 순서로 MPLS OAM 기능이 동작한다.

Time	Node	Message
402.555702557	node_20	MPLS Continuity Check error form node_23
402.558557079	node_21	MPLS Continuity Check error form node_18
402.56934462	node_24	MPLS Continuity Check error form node_18
402.57231958	node_20	MPLS Continuity Check error form node_24
402.574630099	node_22	MPLS Continuity Check error form node_18

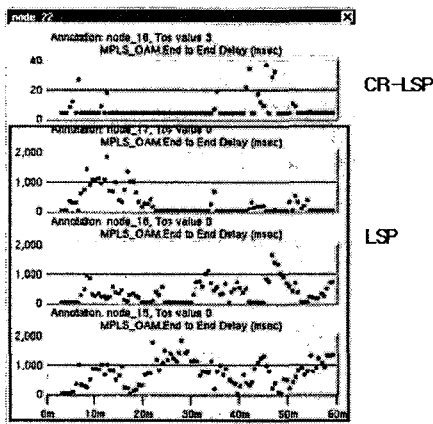
(그림 11) Continuity check OAM 기능 결과

(그림 11)은 node\_9 와 node 10 사이의 link 에서 장애를 발생 시켰을 때 egress LSR 의 OAM 프로세서로부터 보고되는 continuity check error 를 나타낸다.



(그림 9)MPLS OAM 기능 시험망

3.4 MPLS OAM 기능 시뮬레이션



(그림 10) Performance monitoring OAM 기능(end-to-end delay)

(그림 10)은 performance monitoring OAM 기능 중 end-to-end delay 를 측정 한 결과이다. 망 전체에 과도한 트래픽을 발생하였을 경우 서비스 품질을 보장하는 CR-LSP 와 best-effort 방식으로 설정된 LSP 의 특성을 performance monitoring 결과를 통해 살펴볼 수 있다. 또한 주기적으로 생성하는 performance monitoring OAM 패킷은 continuity check 의 기능도 함께 수행한다.

Time	Node	Message
389	node_22	MPLS Loop Back Test Start at node_22 MPLS Loop Back
389	node_22	Test 1 Start : IP address = 192.0.25.1, Test Node no
389.021149997	node_22	Test 1 Result : Response = 1, Start Time = 389.00000
389.031149997	node_22	Test 2 Start : IP address = 192.0.25.1, Test Node no
389.041149997	node_22	Test 2 Result : Response = 1, Start Time = 389.03114
389.074381997	node_22	Test 3 Start : IP address = 192.0.25.1, Test Node no
389.084381997	node_22	Test 3 Result : Response = 1, Start Time = 389.07438
389.119252997	node_22	Test 4 Start : IP address = 192.0.25.1, Test Node no
389.129252997	node_22	Test 4 Result : Response = 1, Start Time = 389.11925
389.139252997	node_22	Test 4 Error location : IP add

(그림 12) Loop-back test OAM 기능 결과

(그림 12)는 (그림 11)에서 나타난 것과 같은 continuity check error OAM packet 을 수신하였을 때 해당 경로에 대해 loop-back test 를 수행한 결과를 보여 주며 4 번째 LSR 에 대한 loop-back test 가 실패했음을 보여준다. 이로부터 장애 발생 위치를 추정할 수 있다.

4. 결론

MPLS 를 기반으로 하는 인터넷 중계망인 LSP 에 대한 관리기능 제공을 위해 본 논문에서는 계층 2 의 스위치 종류에 독립된 성능 관리와 장애 관리의 제공 방법과 설계 방안을 제안하였고 OPNET 을 기반으로 하는 시뮬레이션 모델을 구현하여 동작 시나리오에 따른 결과를 살펴봐왔다. 향후 연구과제로 MPLS OAM 기능을 장애 발생시 대체 경로로의 트래픽 이관 기능과 같은 장애 복구기능의 설계 및 시뮬레이션 모델을 구현할 예정이다.

참고문헌

[1] Ross Callon, George Swallow, N. Feldman, A Viswanathan, P. Doolan, A. Fredette, "A Framework for MPLS", IETF Draft, 1999. 9.  
 [2] Ross Callon, A Viswanathan, E. Rosen, "Multiprotocol Label Switching Architecture", IETF Draft, 2000. 8.  
 [3] Bob Thomas, N. Feldman, P. Doolan, Loa Andersson, A. Fredette, "LDP Specification", IETF Draft, 2000. 8.  
 [4] Bilel Jamoussi, "Constraint-Based LSP Setup using LDP", IETF Draft, 2000. 7.  
 [5] Eun-Hyuk Lim, Hea-Joon Shin, Young-Tak Kim, "Implementation of the Simulation Model for the MPLS Signaling Protocol and OAM Functions with OPNET", OPNETWORK2000, 2000. 8.  
 [6] 임은혁, 김영탁, "MPLS 망에서의 CR-LDP, RSVP 기반 연결 구성 및 관리 기능 분석을 위한 시뮬레이션 모델 구현", 한국통신학회 2000 년도 하계학술대회, 2000. 7.