

GSMP 인터페이스를 갖는 MPLS 네트워크의 망 관리 모델

권태현*, 이경만, 차영욱
안동대학교 컴퓨터공학과

Network Management Model of MPLS Network with GSMP Interface

TaeHyeon Kwon, KyungMann Lee, YoungWook Cha
Dept. of Computer Engineering, Andong National University
E-mail : thkwon@anu.ac.kr, eagle220@anu.ac.kr, ywcha@andong.ac.kr

요 약

MPLS는 고속 전달, 트래픽 엔지니어링 그리고 가상 사설망 서비스를 가능하게 한다. MPLS 레이블 스위치와 제어기 사이에서 동작하는 GSMP 프로토콜은 연결, 구성, 장애, 성능관리 및 동기화 기능을 제공하는 개방형 인터페이스 프로토콜이다. GSMP가 적용된 개방형 인터페이스의 망 관리 기능은 제어기 또는 레이블 스위치에 위치할 수 있다. 본 논문에서는 MPLS 레이블 스위치의 단순화 및 자원 이용의 효율성을 높이기 위하여 SNMP 에이전트가 제어기에 탑재되는 망 관리 모델을 제시하였다. MPLS-LSR 및 FTN MIB와 GSMP 메시지의 매핑 시나리오를 제시하였으며, 제어기의 구현을 통하여 본 논문에서 제시된 망 관리 모델의 실현성을 확인하였다.

1. 서론

계층 3의 라우팅과 계층 2의 레이블 스위칭 기술을 통합한 MPLS(Multiprotocol Label Switching)는 짧고 고정된 길이의 레이블을 기반으로 패킷을 전송하는 레이블 교환 방식을 이용함으로써 고속의 데이터 전송이 이루어진다. 또한 각 레이블에 매핑되어 있는 경로의 특성에 따라서 트래픽 엔지니어링이나 가상 사설망과 같은 다양한 서비스를 제공하는데 있어서 적합한 기술로 인식되고 있다. MPLS의 망 관리를 위해서는 IP 패킷과 일반 레이블 또는 트래픽 엔지니어링 터널과의 매핑 및 경로설정 등을 위한 MIB(Management Information Base)들의 표준화가 진행 중에 있다[1].

GSMP(General Switch Management Protocol) 프로토콜은 제어기와 레이블 스위치 사이에서 연결, 구성, 장애, 성능관리 및 동기화 기능을 제공하는 개방형 인터페이스이다. GSMP 버전 1.1 및 2에서는 ATM 스위치를 위한 제어 기능만이 정의되었으나, 버전 3에서

는 프레임 릴레이 및 MPLS 스위치를 지원하도록 확장 되었다. GSMP 기반의 개방형 인터페이스에서 망 관리를 위한 에이전트 기능은 제어기 또는 레이블 스위치에 위치할 수 있다. 본 논문에서는 GSMP가 적용된 네트워크에서 SNMP(Simple Network Management Protocol) 에이전트의 탑재 위치에 따른 자원 이용의 효율성 및 레이블 스위치의 구현 오버헤드를 분석하였다. 레이블 스위치의 단순화 및 자원 이용의 효율성을 높이기 위하여 본 논문에서는 SNMP 에이전트가 제어기에 탑재되는 모델을 채택하였다. 이러한 모델에서 요구되는 MPLS-LSR(Label Switch Router) 및 FTN(FEC-To-Next hop forwarding label entry) MIB와 GSMP 메시지의 매핑 시나리오를 제시하였으며, 제어기의 구현을 통하여 본 논문에서 제시된 GSMP 기반 개방형 인터페이스의 망 관리 모델에 대한 실현성을 확인하였다.

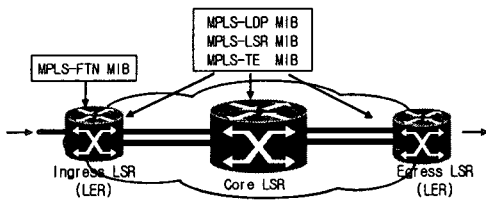
본 논문의 2장에서는 MPLS 망 관리와 GSMP 프로토콜을 기술하며, 3장에서는 망 관리 기능의 위치에 따른 레이블 스위치의 구현 복잡성과 자원 이용의

효율성을 분석하였다. 4장에서는 각 관리 기능별 MIB와 GSMP 메시지의 매핑 시나리오를 제시하였다. 5장에서는 본 논문에서 채택한 망 관리 모델의 실현성을 확인하기 위하여 구현한 제어기의 구조와 연동에 따른 연결설정 지연의 오버헤드에 대하여 기술한다. 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 기술한다.

2. MPLS 망 관리와 GSMP 프로토콜

2.1 MPLS 망 관리

MPLS 망 관리를 위하여 정의되고 있는 MIB에는 [그림 1]과 같이 MPLS-FTN MIB[3], MPLS-LSR MIB[4] 및 MPLS-LDP(Label Distribution Protocol) MIB[5]와 MPLS-TE(Traffic Engineering) MIB[6]가 있다. MPLS-FTN MIB를 제외한 MPLS-LDP, MPLS-LSR, MPLS-TE MIB는 MPLS 네트워크의 모든 LER(Label Edge Router) 및 LSR에 적용될 수 있으나, MPLS-FTN MIB는 입구의 LER에만 적용된다.



[그림 1] MPLS 망 관리를 위한 MIB

MPLS-FTN MIB에 정의된 테이블은 다음과 같다.

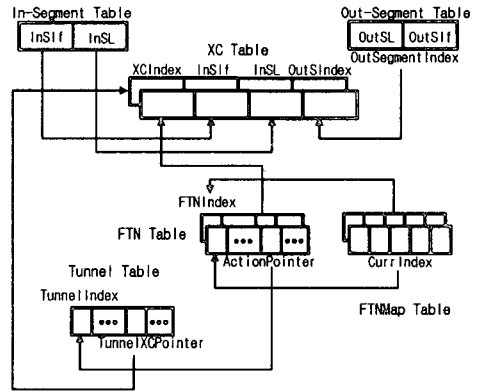
- 동일한 전달 클래스에 속하는 패킷들에 적용될 규칙과 출력 세그먼트 엔트리를 정의하는 FTN 테이블(mplsFTNTable)
- FTN 테이블에서 정의된 FTN 엔트리들을 시스템의 해당 인터페이스에 연관시켜 활성화 시키는 FTN 매핑 테이블(mplsFTNMapTable)
- FTN 엔트리를 위한 성능 카운터를 제공해 주는 FTN 성능 테이블(mplsFTNPerfTable)

LSR에서 LSP(Label Switching Path)의 설정 및 관리를 위한 관리 객체들을 정의하는 MPLS-LSR MIB의 테이블들은 다음과 같다.

- 인터페이스 구성 테이블(mplsInterfaceConfTable)
- 입력 세그먼트 테이블(mplsInSegmentTable)
- 입력 세그먼트 성능 테이블(mplsInSegmentPerfTable)
- 출력 세그먼트 테이블(mplsOutsegmentTable)
- 출력 세그먼트 성능 테이블(mplsOutSegmentPerfTable)
- 크로스컨넥트 테이블(mplsXCTable)
- 트래픽 파라미터 테이블(mplsTrafficParamTable)
- 레이블 스택 테이블(mplsLabelStackTable)

MPLS 기반의 트래픽 엔지니어링 구성 및 관리를 위한 관리 객체들을 정의하는 MPLS-TE MIB의 테이블은 다음과 같다.

- LSR과 원격 종단점(remote end pointer) 사이에 새로운 터널을 생성, 재구성 그리고 삭제하는데 필요한 정보를 가진 터널 테이블(mplsTunnelTable)
- 터널에 요구되는 자원을 나타내기 위한 터널 자원 테이블(mplsTunnelResourceTable)
- 홉 관련 테이블들(mplsTunnelHopTable, mplsTunnelARTable, mplsTunnelCHopTable)
- 터널 테이블을 위한 성능 카운터를 제공해 주는 터널 성능 테이블(mplsTunnelPerfTable)
- CR-LDP 신호 프로토콜을 이용하는 터널에 대한 자원 정보를 포함하는 CR-LDP 자원 테이블(mplsTunnelCRLDPResTable)



If : interface, L : label, XC : cross-connect, S : segment

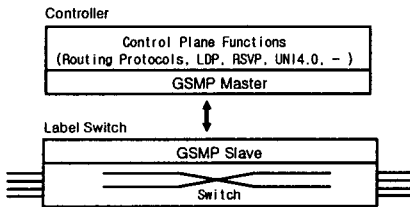
[그림 2] MPLS 망 관리 테이블 엔트리의 상호 관계

[그림 2]는 MPLS 망 관리의 FTN, 터널 그리고 크로스컨넥트 테이블 엔트리의 상호 관계를 나타낸다. 입구 LER은 IP 패킷을 수신하면 패킷을 수신한 인터페이스의 FTNMapTable을 참조하여 FEC(Forwarding Equivalence Class) 규칙이 적용된 FTNTable의 엔트리를 찾아낸다. FTNTable 엔트리의 액션-포인터를 참조하여 수신한 IP 패킷을 터널로 전달할지 아니면 일반 LSP로 전달할지를 결정한다. 크로스컨넥트 테이블 엔트리는 입력 세그먼트 테이블의 인터페이스 인덱스와 입력 레이블, 그리고 출력 세그먼트 테이블의 출력 인덱스를 이용하여 입력 및 출력 세그먼트를 스위칭하게 된다.

2.2 GSMP 프로토콜

IETF에서 표준화가 진행 중인 GSMP는 레이블 스위치와 제어기 사이에서 연결, 구성, 성능, 장애관리 및 동기화 기능을 제공하는 개방형 인터페이스 프로토콜이다. GSMP는 제어기에 마스터기능이 탑재되며

스위치에는 슬레이브 기능이 탑재되는 비대칭적인 구조를 가진다. [그림 3]은 제어기와 레이블 스위치 사이의 마스터-슬레이브 관계를 보여주고 있다. GSMP 모델에서 하나의 제어기는 여러 개의 스위치들을 제어할 수 있으며 또한 다수의 제어기가 하나의 스위치를 분할 기술을 이용하여 제어할 수도 있다.



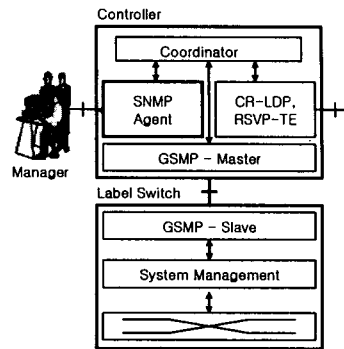
[그림 3] GSMP의 마스터-슬레이브 관계

연결, 구성 및 성능관리를 위한 요구 메시지들은 제어기에 의해 생성되며, 스위치는 제어기가 보낸 메시지에 대한 응답을 수행한다. 장애관리를 위한 이벤트 메시지들은 스위치에 의해 생성되며, 제어기는 장애 메시지에 대하여 응답 메시지를 보내지 않는다. 프로토콜 버전의 합의, 상태 동기화 등의 정보를 교환하는 GSMP의 Adjacency 기능은 제어기나 스위치 어느 곳에서든 먼저 활성화 될 수 있다. GSMP 버전 1.1 및 2에서는 ATM 스위치를 위한 제어 기능만이 정의되었으나, 버전 3에서는 프레임릴레이 레이블, MPLS 일반 레이블 및 FEC 레이블이 지원되도록 확장되었다.

3. GSMP 인터페이스의 망 관리 위치

GSMP 개방형 인터페이스에서 제어기는 스위치의 자원 상태를 알고 있다는 전제 하에서 동작한다. 즉, 제어기는 연결수락 제어 기능에 의하여 연결의 설정 여부를 결정하며, 레이블 스위치는 제어기의 명령에 대하여 단순히 응답을 수행하게 된다[2]. 동적연결(dynamic connection)은 제어기에 있는 신호 프로토콜에 의하여 제어되며, 구성연결(provisioned connection)은 망 관리 시스템에 의하여 관리된다. GSMP 기반의 개방형 인터페이스에서 망 관리를 위한 SNMP 에이전트는 레이블 스위치 또는 제어기에 위치할 수 있으며, 어느 곳에 위치해야 하는지 명확하게 규정되어 있지 않다. SNMP 에이전트가 레이블 스위치에 위치한다면 동적연결의 제어는 제어기가 수행하고 구성연결의 제어는 레이블 스위치가 수행하므로 연결의 종류에 따라서 제어를 수행하는 위치가 달라지게 된다. 또한 망 관리 인터페이스 및 GSMP 인터페이스의 구현으로 인한 스위치의 복잡성이 증대되므로, 스위치 구현의 단순성을 추구하는 개방형 인터페이스

의 개념과 부합되지 않는다[7].



[그림 4] 레이블 스위치에 탑재된 망 관리 모델

[그림 4]와 같이 SNMP 에이전트가 제어기에 위치한다면 레이블 스위치는 GSMP 슬레이브와 기본적인 시스템 관리 기능만으로 구현이 가능하므로 레이블 스위치를 단순화 시킬 수 있으며, 제어기가 구성연결과 동적연결을 위한 모든 자원을 관리하므로 자원을 효율적으로 이용할 수 있다. 또한 하나의 제어기가 여러 개의 레이블 스위치를 관리하는 구성에서 SNMP 에이전트 기능을 모든 레이블 스위치에 구현할 필요 없이 제어기에만 구현하여도 되므로 스위치의 단순화를 추구하는 개방형 인터페이스의 기본 개념과 일치하게 된다. 본 논문에서는 레이블 스위치의 단순화 및 자원 이용의 효율성을 위하여 [그림 4]와 같이 SNMP 에이전트가 제어기에 탑재된 망 관리 모델을 채택한다.

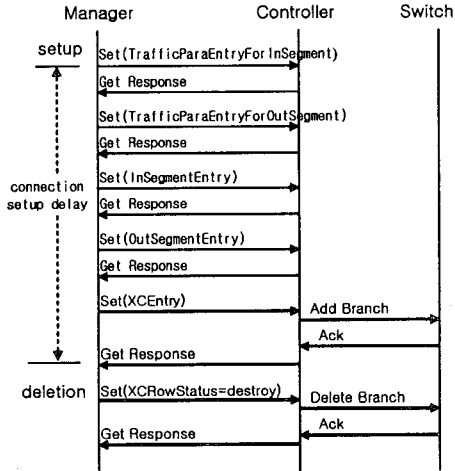
4. MPLS 망 관리 MIB와 GSMP 메시지의 매핑 시나리오

본 장에서는 SNMP 에이전트가 제어기에 탑재된 망 관리 모델에서 요구되는 MPLS 망 관리 MIB와 GSMP의 메시지에 대한 연결 구성, 성능, 장애 기능에 대한 매핑 시나리오를 기술한다.

4.1 연결관리

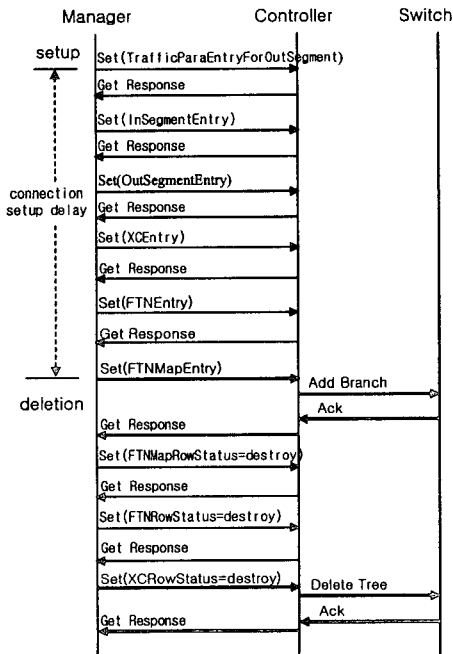
[그림 5]는 망 관리를 통하여 LSR에 구성연결을 설정하고 해제하기 위한 MPLS-LSR MIB와 GSMP 메시지의 매핑 절차를 나타낸다. 망 관리 매니저는 트래픽 파라미터 및 세그먼트 엔트리를 설정한 후 크로스컨넥트 엔트리의 설정을 요구한다. 크로스컨넥트 엔트리의 설정을 요구 받은 제어기는 GSMP의 Add Branch 메시지를 이용하여 레이블 스위치에게 구성연결의 설정을 요구하게 된다. 연결 해제 과정은 망 관리 매니저가 크로스컨넥트 엔트리의 상태 칼럼에 해제(destroy) 값을 설정하여 연결의 해제를 요구하게

된다. 연결 해제의 요구를 수신한 제어기는 GSMP의 Delete Branch 메시지를 이용하여 구성연결의 해제를 스위치에게 요구하게 된다.



[그림 5] LSR의 구성연결 설정 절차

[그림 6]은 입구 LER에서 수신한 IP 패킷에 대한 FTN 설정 및 관련 출력 레이블을 설정하기 위하여 요구되는 MPLS-LSR, FTN MIB 및 GSMP 메시지의 매핑 절차를 나타낸다.



[그림 6] 입구 LER의 FTN 설정 및 출력 레이블 설정 절차

4.2 구성관리

GSMP 구성관리 메시지는 제어기가 스위치의 능력을 파악하도록 지원한다. GSMP에는 스위치, 포트 그리고 서비스와 관련된 구성관리 메시지를 정의하고 있다[1]. MPLS 망 관리에는 GSMP의 구성관리 메시지와 매핑되는 관리 객체나 테이블이 정의되어 있지 않다. [그림 7]은 GSMP의 Switch Configuration 메시지와 매핑을 위하여 정의한 anuMplsSwitchConfTable이다. 스위치 구성 테이블의 각 엔트리들은 스위치의 분할 식별자를 인덱스로 사용하며, 엔트리의 오브젝트들은 GSMP의 Switch Configuration 메시지에 정의된 정보 요소들을 기반으로 정의하였다.

```

anuMplsSwitchConfTable OBJECT-TYPE
SYNTAX SEQUENCE OF AnuMplsSwitchConfEntry
MAX-ACCESS not-accessible
STATUS current
DESCRIPTION
    "This table specifies switch configuration."
 ::= { anuMplsLsrObjects 1 }
    
```

```

anuMplsSwitchConfEntry OBJECT-TYPE
SYNTAX AnuMplsSwitchConfEntry
MAX-ACCESS not-accessible
STATUS current
DESCRIPTION
    "This entry specifies the global (not port specific)
    configuration for the switch partition."
INDEX { anuMplsSwitchPartitionIndex }
 ::= { anuMplsSwitchConfTable 1 }
    
```

[그림 7] 스위치 구성 테이블

4.3 성능관리

MPLS-LSR의 MIB에는 인터페이스, 입력 세그먼트 그리고 출력 세그먼트들에 대한 성능 관리를 위한 세 개의 테이블을 정의하고 있다[4]. GSMP에서는 Port Statistics 및 Connection Statistics 메시지를 이용하여 포트 및 연결에 관한 성능관리를 수행한다[2]. MPLS-LSR MIB의 인터페이스 성능 테이블의 각 엔트리들은 GSMP의 Port Statistic 메시지와 매핑이 가능하다. GSMP의 Connection Statistics 메시지에 있는 입력 및 출력 카운터 정보 요소들은 MPLS-LSR MIB의 입력 세그먼트 성능 테이블 및 출력 세그먼트 성능 테이블의 각 엔트리들과 매핑이 된다. MPLS-FTN의 MIB에는 FTN 엔트리를 위한 성능 카운터를 제공하는 테이블을 정의하고 있다[3]. FTN 성능 테이블은 직접적으로 GSMP의 성능 메시지와 매핑이 되지 않으므로 GSMP에 FEC Statistics 메시지라는 새로운 메시지의 정의가 요구된다.

4.4 장애관리

MPLS-LSR MIB에는 크로스 콘넥트 생성 및 해제와 연관된 통보(NOTIFICATION)만이 정의되어 있다[4]. GSMP에는 장애관리를 위하여 Port Up, Port Down, Invalid Label, New Port, Dead Port 및 Adjacency Update 와 같은 이벤트 메시지들을 정의하고 있다[2]. GSMP 제어기는 이들 이벤트 메시지가 레이블 스위치로부터 통보되면 이를 SNMP Trap 메시지로 망 관리 매니저에게 통보함으로써 장애관리에 대한 GSMP와 MPLS 망 관리의 연동이 이루어진다. GSMP 이벤트 메시지들과 MPLS 망 관리와의 매핑을 위하여 새로이 정의한 통보의 유형 및 관련 정보 요소들은 <표 1>과 같다.

<표 1> GSMP 이벤트와 NOTIFICATION

이벤트	NOTIFICATION
Port Up	AnuMplsPortUp {partition ID, port no, port session no}
Port Down	AnuMplsPortDown {partition ID, port no, port session no}
Invalid Label	AnuMplsInvalidLabel {partition ID, port no, port session no, label}
New Port	AnuMplsNewPort {partition ID, port, port session no}
Dead Port	AnuMplsDeadPort {partition ID, port, port session no}
Adjacency Update	AnuMplsAdjacencyUpdate {partition ID, code}

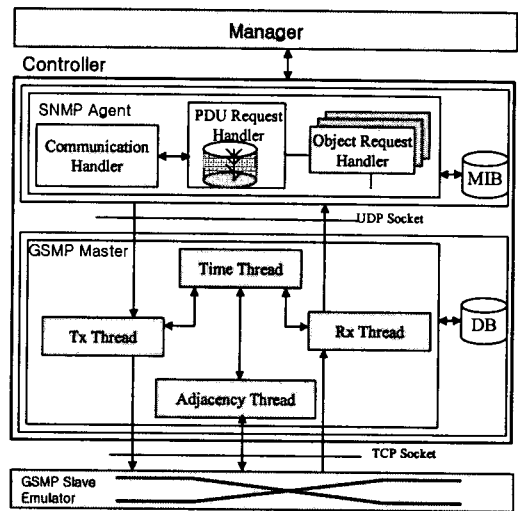
5. 제어기의 구현

5.1 구현 구조

GSMP 기반 개방형 인터페이스의 망 관리 모델에 대한 실현성을 확인하기 위하여 구현한 제어기의 전체 구현 구조는 [그림 8]과 같다. SNMP 에이전트는 AdventNet사의 Agent Toolkit[8]을 이용하여 구축하였다. SNMP 에이전트는 MM(Main Module), PRH(PDU Request Handler), 그리고 ORH(Object Request Handler) 처리기로 이루어진다. 주 모듈인 MM은 NMS로부터 받은 명령의 타당성을 검사하고 오류가 없을 때 PRH 에게 명령을 보낸다. PRH의 등록 트리에는 각 오브젝트들의 처리기인 ORH가 Java의 이벤트 처리 기술인 리스너(Listener)로 등록되어 있어서 NMS로부터의 명령을 처리한다.

GSMP 마스터는 4개의 Java 쓰레드로 구성된다. Tx 쓰레드는 SNMP 에이전트에서 전달 받은 메시지를 스위치로 전달하는 역할을 수행하며 Rx 쓰레드는 스위치로부터의 응답 메시지를 처리하는 기능을 수

행한다. Adjacency 쓰레드는 제어기와 스위치 사이의 동기를 설정하고 유지하는 기능을 수행하며, Time 쓰레드는 GSMP 프로토콜의 타이머 기능을 지원한다. 제어기내에 탑재되는 GSMP 마스터와 SNMP 에이전트의 내부 인터페이스는 UDP 소켓으로 구현하였다. 레이블 스위치에 탑재되는 GSMP의 슬레이브 기능은 제어기와의 상호 운용성 시험을 위하여 이플래이토로 구현하였으며, 일반 PC에서 동작하도록 하였다. 마스터와 슬레이브 사이의 인터페이스는 GSMP의 표준 인캡슐레이션 방식 중에서 TCP 소켓으로 구현하였다.



[그림 8] 제어기의 구현 구조

5.2 연결설정 지연

연결설정 지연을 측정하기 위하여 망 관리 매니저와 제어기 그리고 GSMP 이플래이토는 모두 800MHz 급의 펜티엄-III PC에서 동작하도록 하였다. [그림 5]의 LSR 구성연결 설정 절차에서 연결설정 지연은 매니저에서 입력 세그먼트를 위한 트래픽 파라미터 엔트리의 생성을 요구한 시점에서 크로스콘넥트 엔트리의 생성에 대한 응답을 받을 때까지의 시간이다.

GSMP와 SNMP 에이전트의 연동을 통하여 연결을 설정하는 경우 실험실 환경에서 측정한 연결설정 지연의 평균은 957ms 이었다. 망 관리 매니저로부터의 연결설정 요구를 에이전트에서 바로 응답하는 경우에 측정한 연결설정 지연의 평균은 897ms 이었다. 두 가지 경우의 연결설정 지연에 대한 실험 결과 GSMP 프로토콜의 처리 오버헤드가 약 60ms 임을 알 수 있었다. 이러한 오버헤드는 전체 연결설정 지연의 약 6% 정도이므로 전체 연결설정 지연에 큰 영향을 미치지 않는 범위이다. 레이블 스위치의 단순화 및 자

원의 효율적인 이용을 가능하게 하는 GSMP 기반 개방형 인터페이스의 망 관리 모델에서, MPLS 망 관리 MIB와 GSMP 메시지의 매핑에 따른 오버헤드는 무시할 만한 것으로 판단된다.

6. 결론

MPLS 네트워크의 레이블 스위치와 제어기 사이에 적용되는 GSMP 개방형 인터페이스에서, 망 관리를 위한 SNMP 에이전트는 레이블 스위치 또는 제어기에 탑재될 수 있다. 본 논문에서는 레이블 스위치의 단순화 및 자원 이용의 효율성을 높이기 위하여 GSMP 마스터와 SNMP 에이전트가 제어기에 탑재되는 모델을 제시하였다. 제어기에 SNMP 에이전트와 GSMP 마스터가 탑재되므로 MPLS 망 관리의 MIB와 GSMP 메시지의 매핑이 요구된다. 본 논문에서는 MPLS-LSR 및 FTN MIB와 GSMP 메시지들의 매핑 시나리오를 제시하였다. 제어기의 구현을 통하여 제시된 망 관리 모델 및 매핑 시나리오의 실현성을 확인하였으며, 매핑에 따른 연결설정 지연을 측정하였다. GSMP와의 매핑에 따른 오버헤드는 약 6% 정도이며 이러한 오버헤드는 전체 연결설정 지연에 큰 영향을 미치지 않는 범위이다.

추후 연구사항으로는 광 인터넷을 위한 GMPLS의 망 관리 MIB와 GSMP 메시지의 매핑 시나리오를 정의하고자 한다.

본 연구는 한국과학재단 우수연구센터사업의 연구 결과임.

참고문헌

- [1] Jeremy Lawrence, "Designing Multiprotocol Label Switching Networks," IEEE Communications Magazine, July 2001.
- [2] F. Hellstrand, *et al.*, "General Switch Management Protocol V3," Internet draft, <draft-ietf-gsmp-11.txt>, June 2002.
- [3] Thomas D. Nadeau *et al.*, "Multiprotocol Label Switching (MPLS) FEC-ToNHLFE(FTN) Management Information Base," Internet draft, <draft-ietf-mpls-fts-mib-04.txt>, January 2002.
- [4] Cheenu Srinivasan *et al.*, "Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Switch Router(LSR) Management Information Base," Internet draft, <draft-ietf-mpls-lsr-mib-08.txt>, January 2002.
- [5] J. Cucchiara *et al.*, "Definitions of Managed Objects for the Multiprotocol Label Switching, Label Distribution Protocol(LDP)," Internet draft, <draft-ietf-mpls-ldp-mib-08.txt>, August 2001.
- [6] Cheenu Srinivasan *et al.*, "Multiprotocol Label Switching (MPLS) Traffic Engineering Management Information Base,"

Internet draft, <draft-ietf-mpls-te-mib-08.txt>, January 2002.

[7] Nils Bjorkman *et al.*, "The Movement from Monoliths to Component-Based Network Elements, IEEE Communications Magazine, January 2001.

[8] AdventNet, "AdventNet Agent Toolkit(Java Edition) 4.2 Documentation," 2001.