Journal of Korea Multimedia Society Vol. 9, No. 1, January 2006(pp. 89-100)

GSMP 개방형 인터페이스 기반의 OBS 연결 제어 및 망 관리 메커니즘

권태현[†], 최인상[††], 김춘희[†††], 차영욱[††††]

요 약

OBS 망을 위한 GSMP 개방형 인터페이스 도입은 OBS 망의 전달평면과 제어평면의 분리를 실현하여 OBS 스위치의 구현을 단순화시키고, 망의 다양한 융통성을 제공한다. 그러나 GSMP 프로토콜의 실행 오버헤드로 인하여 연결설정이 증가하는 단점이 있다. 또한 GSMP 개방형 인터페이스에서 망 관리의 위치가 제어기인지, 스위치인지 명확하게 규정되어 있지 않으며, OBS에 대한 망 관리의 연구결과는 전무한 상태이다. 본 논문에서는 GSMP 개방형 인터페이스 기반의 OBS 망에서 연결설정 지연을 최소화하기 위하여 중앙집중형 연결제어 서버를 이용한 병렬형 연결설정 메커니즘을 제안한다. 또한 GSMP 개방형 인터페이스가 적용된 OBS 망의 연결, 구성, 성능 및 장애관리를 위한 관리객체를 정의하고, 이들 관리 정보가 관리 기능별로 OBS 스위치와 제어기에 분산되어 탑재되는 분산 망 관리 모델을 제안한다. 제안한 병렬형 연결설정 메커니즘 및 분산 망 관리 모델을 이용한 망 관리 기능의 구현을 통하여 OBS 제어 및 망 관리의 실현성을 확인하였다.

Connection Control and Network Management of OBS with GSMP Open Interface

TaeHyun Kwon[†], InSang Choi[††], ChoonHee Kim[†††], YoungWook Cha[††††]

ABSTRACT

The introduction of GSMP open interface to OBS network can materialize to separate the transport plane and the control plane in OBS network. This makes the implementation of OBS switches simple and provides various flexibility. However, the introduction of open interface will cause the connection setup delay because of the additional processing overhead of open interface protocol. Also, in GSMP based network, the location of network management functions are not defined explicitly and the research result about the OBS network management is almost nothing. This paper proposes a parallel connection setup mechanism using centralized connection control server to minimize connection setup delay in OBS network with GSMP open interface and defines managed objects to support connection, configuration, performance, and fault management for the management of OBS network with GSMP open interface. This paper also proposes a distributed network management model, in which the above managed objects are distributed in a controller and an OBS switch according to network management functions. We verify the possibility of OBS control and network management by implementing network management function using proposed parallel connection setup mechanism and distributed network management model.

Key words: OBS, GSMP, Open Interface(개방형 인터페이스), Network Management(망 관리)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 권태현, 주소 : 경북 안동시 송천동 388번지(760-749), 전화 : 054)820-6039, FAX : 054)820-6164, E-mail : taehyun@andong.ac.kr
접수일 : 2005년 5월 23일, 완료일 : 2005년 8월 30일
[†] 준회원, 안동대학교 컴퓨터공학과
[††] 안동대학교 컴퓨터공학과
(E-mail : ischoi@comeng.andong.ac.kr)
[†††] 대구사이버대학 컴퓨터정보학과
(E-mail : chkim@dcu.ac.kr)
[††††] 정회원, 안동대학교 컴퓨터공학과
(E-mail : ywcha@andong.ac.kr)
※ 본 논문은 2003학년도 안동대학교 학술연구 조성비에 의하여 연구 되었음.

1. 서 론

최근 인터넷 사용자들의 다양한 요구 및 이를 수용한 인터넷 응용 기술은 네트워크 변화를 요구하고 있으며 인터넷 트래픽의 증가를 수반하고 있다. 광 전송 기술을 기반으로 한 광 인터넷은 이러한 인터넷 트래픽의 증가에 효율적으로 대처할 수 있는 기술이다[1]. 광 인터넷을 위해 제안된 대표적인 스위칭 기술로는 OCS(Optical Circuit Switching), OPS (Optical Packet Switching), 그리고 OBS (Optical Burst Switching)이 있다. OBS는 1980년대 초반 음성통신을 위하여 제안되었던 버스트 스위칭 메커니즘을 광 인터넷에 적용한 기술로서 OCS와 OPS 중간 단계의 스위칭 기술이다. OBS 기술은 OCS에서 수행하는 호 단위의 연결설정 및 해제에 따른 채널 사용의 비효율성을 개선시키고, 패킷 단위의 스위칭이 아닌 버스트 단위로 스위칭함으로써 OPS에서 야기되는 버퍼링의 요구사항을 최소화할 수 있는 기술이다[2].

GSMP(General Switch Management Protocol)[3]는 제어기와 레이블 스위치 사이에서 연결, 구성, 성능관리 및 동기화 기능을 제공하는 IETF의 개방형 인터페이스 기술이다. OBS 제어를 위한 GSMP 개방형 인터페이스의 도입은 OBS 망의 전달평면과 제어평면의 분리를 실현하여, OBS 스위치의 구현을 단순화 시키고 망에 다양한 융통성을 제공한다. 그러나 개방형 인터페이스 프로토콜을 추가적으로 구현해야 하므로 전통적인 스위치-대-스위치 제어에 비해 연결설정의 지연이 길어지는 단점이 있다[4]. 이러한 연결설정 지연은 개방형 인터페이스가 적용된 연결제어 서버에서 병렬형 연결설정 메커니즘을 사용함으로써 OBS망에서의 버스트 트래픽을 위한 연결설정 지연을 기존의 스위치-대-스위치 제어보다 줄일 수 있다.

본 논문에서는 개방형 인터페이스 기반에서의 연결설정 지연을 최소화하기 위하여 중앙 집중형 연결제어 서버를 이용한 병렬형 연결설정 메커니즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 병렬형 연결 설정 메커니즘을 구현하기 위하여 리눅스 기반의 PC와 임베디드 리눅스 기반의 MPC860 보드를 이용하였다. 구축된 환경에 OBS 제어기능과 GSMP 인터페이스의 기능을 실현하여 스위치-대-스위치 연결설정 제어와 GSMP 인터페이스 기반의 병렬형 연결설정 제어의 연결설정 시 지연시간을 측정하여 비교, 분석하였다.

국내외에서 OBS에 관한 많은 연구가 스위칭 구조 및 연결설정을 위한 제어기능에 집중되어 있으며, OBS 망에 대한 망 관리의 연구결과는 미진한 상태이다. 본 논문에서는 OBS 망의 연결, 구성, 성능 및 장애관리를 위한 관리객체를 정의하고, 이들 관리 정보가 관리 기능별로 OBS 스위치와 제어기에 분산되어 탑재되는 분산 망 관리 모델을 제안하였다.

본 논문의 2장에서는 OBS 기술 및 GSMP 개방형 인터페이스에 대해서 기술한다. 3장에서는 OBS 제어를 위한 GSMP 개방형 인터페이스의 적용 방안 및 신속한 연결설정을 위하여 연결제어 서버에서 사용되는 병렬형 연결설정 메커니즘을 제안한다. 또한, 병렬형 연결설정 메커니즘의 성능을 확인하기 위하여 구현한 OBS 제어기능과 GSMP의 구현구조에 대하여 기술하고, 스위치-대-스위치 기반의 제어와 GSMP 인터페이스 기반의 병렬형 제어에 의한 연결설정 지연에 대한 측정결과를 비교, 분석한다. 4장에서는 GSMP 개방형 인터페이스 기반의 OBS 망 관리에 대하여 기술하며, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 기술한다.

2. OBS와 GSMP 인터페이스 기술동향

2.1 OBS 기술 동향

OBS에서는 트래픽 전송을 위한 스위칭 방식으로 TAG(Tell And Go) 방식과 RFD(Reserved a Fixed Duration)[5] 스위칭 방식이 사용되고 있다. TAG 스위칭 방식은 근원지 노드에서 대역폭을 예약하기 위해 제어 패킷을 송출한 후, 응답을 기다리지 않고 관련 데이터 버스트를 전달한다. 즉, TAG 방식은 제어 패킷을 수신하자마자 바로 버스트를 위한 대역폭을 할당하는 방식이다. TAG 스위칭에 의해 할당된 대역폭을 해제하기 위해서는 근원지 노드가 해제 패킷을 보내거나, 또는 주기적으로 전송하는 재생(refresh) 패킷을 보내지 않으면 해제된다. TAG 스위칭 방식에서는 자원의 할당 및 해제를 위해 JIT(Just-In-Time)[6] 신호 프로토콜이 사용된다. TAG에서 사용되는 JIT 신호 프로토콜의 동작 절차는 그림 1과 같다.

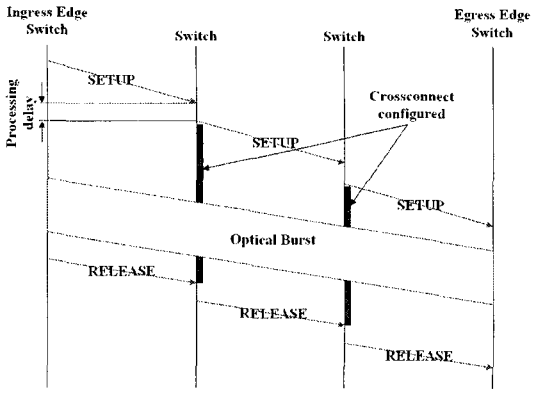

그림 1. JIT 신호 프로토콜의 절차

연결설정을 하기 위하여 입구 에지 노드에서는 SETUP 메시지를 중간 스위치에게 보낸다. 중간 스위치는 SETUP 메시지를 처리 후, 자원 할당과 동시에 다음 스위치에게 SETUP 메시지를 보내어 전체 연결을 설정한다. 버스트를 모두 전송한 후, 할당되었던 자원을 해제하기 위하여 입구 에지 노드에서 RELEASE 메시지를 보내면 중간 스위치들은 RELEASE 메시지를 수신함과 동시에 자원을 해제하게 된다.

OBS에서 사용되는 또 다른 스위칭 방식은 RFD 방식이다. RFD 스위칭 방식은 제어 패킷이 도착한 시점에 대역폭을 할당하지 않고, 오프셋 타임을 이용하여 데이터 버스트가 도착하기 바로 전에 대역폭을 할당하여 효율적으로 대역폭을 사용할 수 있게 하는 방식이다. 입구 에지 노드는 각 OBS 노드들에서 제어 패킷의 처리에 소요되는 전체 시간을 예상하여 오프셋 타임을 결정한다. 중간 노드들에서는 이전 노드에서 수신한 오프셋 타임의 전체 값에 자신이 처리한 제어패킷의 처리시간을 감하여, 다음 노드로 전달한다. RFD 방식에서는 제어 패킷에 포함되어 있는 데이터 버스트의 길이 정보를 이용하여 대역폭을 해제함으로, 해제를 위한 제어 패킷의 처리에 대한 오버헤드가 요구되지 않는다. RFD 스위칭 방식에서는 자원의 할당 및 해제를 위하여 JET(Just-Enough-Time)[7] 신호 프로토콜이 사용된다.

2.2 GSMP 개방형 인터페이스

GSMP 인터페이스는 그림 2와 같이 제어기와 스위치 사이에 동작하는 IETF의 개방형 인터페이스 프로토콜이다. GSMP의 마스터 기능은 제어기에 탑재되며, 슬레이브 기능은 스위치에 탑재된다.

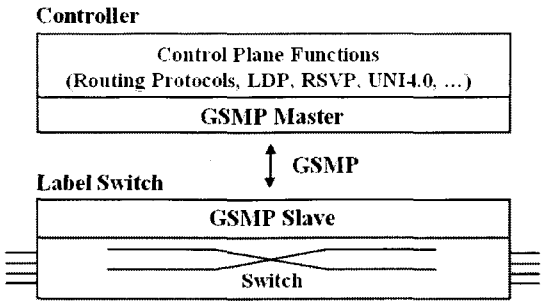

그림 2. GSMP 마스터-슬레이브 관계

GSMP는 제어기와 스위치 사이에서 연결, 구성, 성능, 장애관리 및 동기화 기능을 제공한다. 연결, 구성 및 성능관리를 위한 GSMP 프로토콜의 요구 메시지들은 제어기에 의해 생성되고, 스위치는 제어기가 보낸 메시지에 대한 응답을 수행한다. 장애관리를 위한 이벤트 메시지는 스위치에 의해 생성되며, 제어기는 장애 메시지에 대하여 응답 메시지를 보내지 않는다. 프로토콜 버전의 합의, 상태, 동기화 등의 정보를 교환하는 GSMP의 인접 프로토콜 기능은 제어기나 스위치 어느 곳에서든 먼저 활성화 될 수 있다.

3. GSMP 개방형 인터페이스 기반의 OBS 제어

본 장에서는 OBS와 GSMP 사이에 연결설정 지연을 최소화하기 위해 연결제어를 전담하는 연결제어 서버를 구축하고, 이를 이용한 병렬형 연결설정 제어 메커니즘을 제안한다.

3.1 GSMP 개방형 인터페이스 기반의 OBS 제어

OBS 제어를 위해 사용되는 신호 프로토콜은 JIT 및 JET 등이 있다. GSMP의 마스터 기능은 제어기에 탑재되어 OBS 신호 프로토콜과 연동하게 된다. 연결설정을 위하여 OBS의 신호 프로토콜과 GSMP 프로토콜이 상호 연동되었을 때, 그림 3에서 보는 바와 같이 SETUP 메시지를 받은 제어기의 신호 프로토콜은 메시지를 분석한 후, 연결설정에 필요한 정보요소와 함께 GSMP 마스터에게 Add Branch를 요청

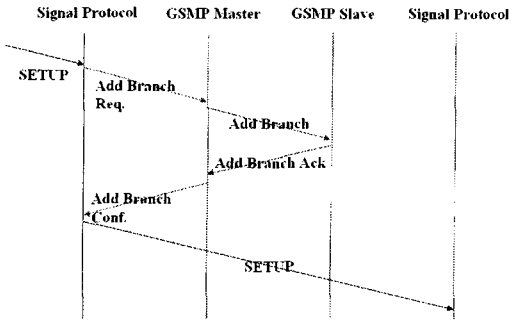

그림 3. 신호 프로토콜과 GSMP 연동 절차

한다. GSMP 마스터는 스위치의 GSMP 슬레이브에게 Add Branch 메시지를 보내고, 슬레이브는 스위치의 연결설정에 대한 성공 혹은 실패 여부를 응답한다. 이를 수신한 GSMP 마스터는 신호 프로토콜에 Add Branch에 대한 응답을 한다. 신호 프로토콜은 연결설정이 성공일 경우 다음 제어기의 신호 프로토콜에게 SETUP 메시지를 보낸다.

OBS의 제어를 위하여 오프셋 타임과 버스트 길이가 GSMP의 Add Branch 메시지에 추가로 정의된다. 오프셋 타임은 제어 패킷을 수신한 시점부터 데이터 버스트가 도착하는 시점까지의 시간 값이고, 버스트 길이는 버스트가 지속되는 시간 값이다. 제어 패킷을 수신 후, 즉시 자원을 할당하는 JIT 방식과 GSMP 프로토콜이 연동하는 경우에는 오프셋 타임은 0의 값을 가진다. 자원 할당이 오프셋 타임에 의하여 이루어지는 JET 방식과 GSMP 프로토콜이 연동하는 경우에는 버스트의 예상 도착시간을 통보하는 값이 오프셋 타임 정보요소에 포함된다.

OBS 신호 프로토콜에서 할당된 자원을 해제하기 위해서는 RELEASE 메시지를 이용하거나 또는 예상하는 버스트의 지속시간이 경과된 후에 자동으로 해제하게 할 수 있다. JIT 방식은 연결을 해제하기 위하여 RELEASE 메시지를 사용하므로 Add Branch의 버스트 길이의 정보요소는 0의 값을 가지며, JET의 경우에는 버스트의 길이를 Add Branch의 버스트 길이의 정보요소에 포함시킨다. RELEASE 메시지는 제어기에서 GSMP의 Delete Tree 메시지와 연동되어 OBS 스위치에 할당되었던 자원을 해제하게 된다.

3.2 GSMP 기반의 병렬형 OBS 제어 메커니즘

병렬형 연결제어 메커니즘의 적용은 ATM 망에서 제안된 바 있다[8]. GSMP 개방형 인터페이스에서 제어기는 하나의 스위치를 제어하거나 여러 개의 스위치를 제어할 수 있다. 제어기가 하나의 스위치를 제어하는 경우에는 OBS 신호프로토콜 이외에 GSMP 프로토콜의 오버헤드가 부가적으로 수행되어야 하므로 전체적인 연결설정 지연을 증가시킨다. OBS 스위칭 기술에서의 핵심적인 기술 중 하나는 입구 에지 노드에서 버스트를 위한 연결설정 요구를 발생시킨 후, 출구 에지 노드까지 가능한 빨리 연결설정을 완료하는 것이다. 그림 4는 신속한 연결설정을 위하여 하나의 제어기가 여러 개의 OBS 스위치를 제어하는 중앙 집중형 연결제어 서버를 이용하는 병렬형 연결설정 메커니즘을 나타낸다.

입구 에지 노드는 A 지역을 담당하는 제어기-A에게 연결설정을 위한 SETUP 메시지를 전송한다. SETUP 메시지를 수신한 제어기-A는 자신이 관리하는 OBS 스위치들에게 버스트 스위칭을 위한 연결

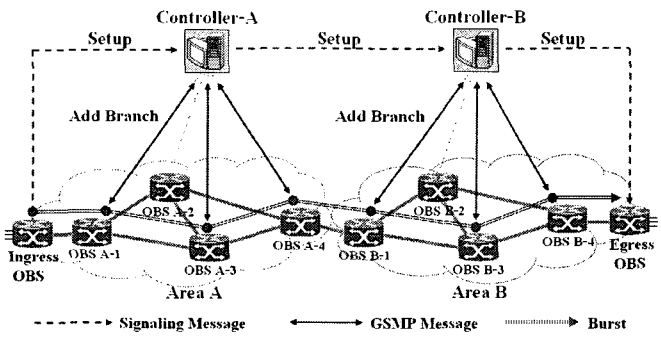

그림 4. 병렬형 OBS 제어 메커니즘

설정을 명령하기 위하여, GSMP의 Add Branch 메시지를 동시에 각 스위치에게 전송하게 된다. 각 스위치로부터 Add Branch Ack를 수신한 후, 제어기-A는 제어기-B에게 SETUP 메시지를 보낸다. 병렬형 제어에서의 전체적인 연결설정의 지연은 중간 OBS 스위치들의 개수가 아닌 제어기의 개수에 비례하게 된다. 하나의 제어기가 관리하는 OBS 스위치의 수가 많을수록 신호 프로토콜의 수행을 위한 홉(hop)의 수가 감소하여 전체적인 연결설정의 지연이 감소하게 된다. 만일, 제어기 자체에 고장과 같은 장애가 발생한다면 제어기는 자신이 관리하는 스위치들을 제어할 수 없으므로 중앙 집중화된 환경에서는 이중화방식으로 해결 할 수 있다.

3.3 구현 및 결과

본 절에서는 스위치-대-스위치 기반의 제어와 GSMP 인터페이스 기반의 병렬형 연결설정 제어 메커니즘 각각을 연결설정 지연 측면에서 비교, 분석하였다. 이를 위하여 JIT 신호 프로토콜과 GSMP 인터페이스를 구현하여, 스위치-대-스위치 기반의 제어 방식에서 연결설정의 지연과 GSMP 인터페이스의 연결제어 서버에서 연결설정 과정을 병렬로 수행하는 메커니즘의 연결설정 지연을 측정하였다.

3.3.1 스위치-대-스위치 기반 OBS 제어의 구현

스위치-대-스위치 기반의 OBS 제어를 위한 구현 구조는 그림 5와 같이 입구 에지 OBS, 출구 에지 OBS 그리고 중간 OBS로 구성되며, 노드 사이의 메시지 송신은 UDP 소켓을 사용한다.

입구 에지 OBS에서는 포아송 분포를 갖는 SETUP 메시지를 생성하여 중간 OBS로 전송한다. 입구 에지 OBS는 SETUP 메시지에 메시지의 생성시간을 포함시키며, 출구 에지 OBS는 SETUP 메시지의 수신시간과 메시지에 있는 생성시간을 비교하여 연결설정 지연을 측정한다. 중간 OBS에서는 수신된 SETUP 메시지의 정보요소를 분석 후, 다음 중간 OBS 혹은 출구 OBS로 전송한다. 연결을 위한 자원의 할당과 같은 시스템 처리 부분은 지수 분포를 갖는 지연시간을 두어 인위적인 프로세싱 작업을 하는 것으로 대체하였다.

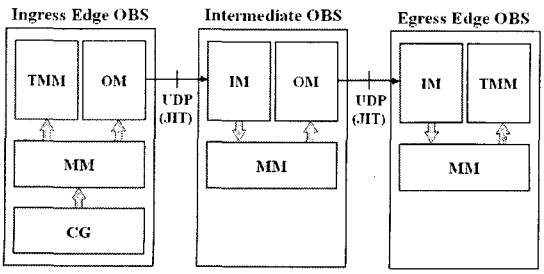

그림 5. 스위치-대-스위치 기반 OBS 연결제어의 구현 구조

3.3.2 GSMP 인터페이스 기반 OBS 제어의 구현

GSMP 인터페이스 기반의 OBS 제어를 위한 소프트웨어의 구현구조는 그림 6과 같다.

입구와 출구의 에지 OBS 구현구조 및 제어환경은 스위치-대-스위치 구조와 동일하다. 중간 OBS들의 제어는 제어기가 수행하므로 제어 모듈이 OBS가 아닌 제어기에 탑재된다. 제어기에는 OBS 제어 모듈과 GSMP 마스터 모듈이 탑재된다. OBS 스위치는 GSMP 슬레이브 모듈과 시스템 관리 모듈로 구성된다. OBS 제어 모듈은 수신된 SETUP 메시지의 정보요소를 분석하여 GSMP 마스터 모듈에게 전달한다. OBS 제어 모듈과 마스터 모듈 사이의 내부 프로세스간 통신은 메시지 큐를 사용하였다. OBS 제어 모듈로부터 연결설정 정보를 수신한 마스터는 슬레이브와 GSMP 인터페이스를 통하여 메시지를 송·수신한다. 슬레이브는 시스템 처리기(System Handler)

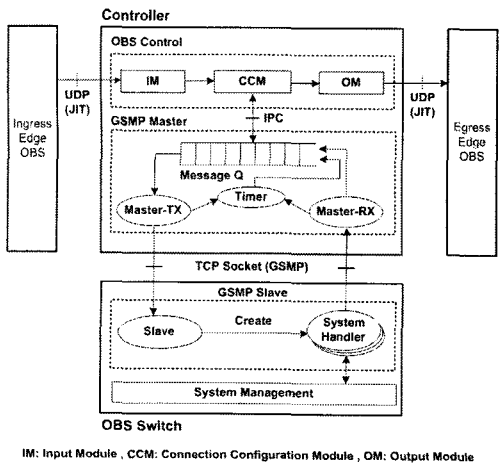

그림 6. GSMP 기반 OBS의 병렬형 연결 제어에 대한 구현 구조

및 시스템 관리 블록을 통하여 최종적인 OBS 제어를 수행하게 된다. 쓰레드로 구현되는 시스템 처리기 블록은 지수 분포를 갖는 지연시간을 두어 인위적인 프로세싱 작업을 하는 것으로 하였다. 제어기는 경로상에 있는 모든 OBS로부터 응답 메시지를 수신한 후, OBS 제어 모듈의 출구 블록을 통해 SETUP 메시지를 송신한다.

3.3.3 연결설정 지연

그림 7은 본 논문에서 제안한 병렬형 연결제어 메커니즘에 대한 연결설정 지연을 측정하기 위한 실험실 환경의 구성도이다.

입구 및 출구 에지 OBS는 연결설정의 지연을 측정 시에 동일한 타이머 값을 사용하기 위하여 리눅스 기반 PC에 같이 탑재하였다. GSMP 개방형 인터페이스 기반의 병렬형 연결제어에서 제어기는 리눅스 기반의 PC에서 작동하며, 중간 OBS 스위치의 GSMP 및 시스템 관리 모듈은 임베디드 리눅스 기반의 MPC860 보드에서 동작한다. GSMP 기반의 병렬형 OBS 제어인 경우에는 JIT의 SETUP 메시지가 제어기를 거쳐, 출구 에지 OBS로 전달된다. 스위치-대-스위치 기반의 OBS 제어인 경우에는 SETUP 메시지가 제어기로 전달되지 않고, 직접 중간 OBS 스위치들을 경유하여 출구 에지 OBS로 전달된다.

그림 8은 GSMP 기반 병렬형 제어 및 스위치-대-스위치 제어 방식의 연결설정 지연에 대한 실험실 환경에서의 측정결과를 나타낸 것이다. 각 제어 방식에서 연결설정을 위한 스위치 내부의 처리시간은 평

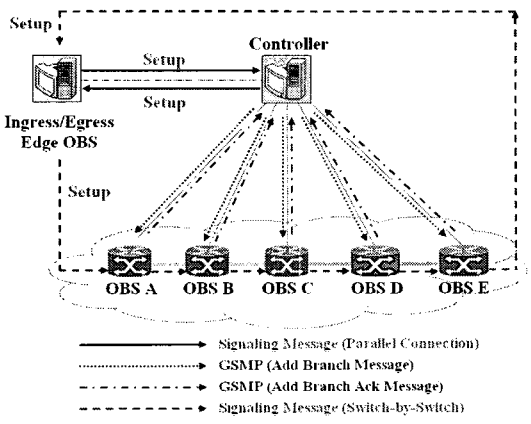

그림 7. 실험실 환경의 구성도

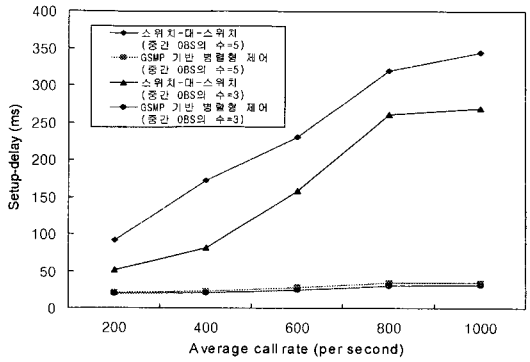

그림 8. 연결설정 지연

균 0.5ms의 지수 분포를 갖도록 하였다.

중간 OBS의 수가 5개인 경우에 스위치-대-스위치 방식에서는 초당 메시지의 평균 개수가 200에서 1,000까지 측정한 결과, 약 91.37ms에서 345.09ms의 지연시간이 측정되었다. 그러나 GSMP 기반의 병렬형 OBS 제어에서는 지연시간이 약 21.66ms에서 33.72ms로 측정되었다. 이들 두 제어 방식에 대한 지연시간의 차이가 최소 69.71ms, 최대 311.37ms 정도가 발생되었음을 확인할 수 있었다. 중간 OBS의 수가 3개인 경우에 GSMP 기반에서는 약 20.31ms에서 32.16ms의 지연시간이, 스위치-대-스위치 기반에서는 약 51.51ms에서 269.87ms의 지연시간이 측정되었다. OBS의 수가 5개일 때와 비교해 보면, GSMP 기반은 변동이 미약한 약 1.35ms에서 2.25ms의 지연시간이 감소하였지만, 스위치-대-스위치는 약 40ms에서 70ms의 지연시간이 감소하였다. 스위치-대-스위치 제어에서는 중간 OBS의 수에 비례하여 연결설정 지연이 급격히 증가한다. GSMP 기반의 병렬형 OBS 제어에서는 중간 OBS의 수보다는 제어기의 수에 비례하여 연결설정 지연이 증가하므로, OBS 수의 증가가 전체적인 연결설정 지연에는 크게 미치지 않음을 알 수 있다.

4. GSMP 개방형 인터페이스 기반의 OBS 망 관리

본 장에서는 GSMP 개방형 인터페이스가 적용된 OBS 망의 망 관리 서비스를 제공하기 위하여 OBS의 연결, 구성, 성능, 장애관리를 위한 관리객체를 정의하였다. 정의한 관리 객체들을 관리 기능별로

GSMP 개방형 인터페이스의 제어기와 OBS 스위치에 분산 탑재시킨 망 관리 모델을 제안한다.

4.1 OBS 망의 관리객체 정의

본 절에서는 OBS 계층의 망 관리 서비스를 제공하기 위하여 요구되는 관리 객체들과 관리 기능별 서비스 제공 방안에 대하여 기술한다. OBS 계층은 그림 9와 같이 OTN(Optical Transport Network)의 광 채널(Och) 계층 위에 위치한다. OTN 계층에 대한 망 관리에 대해서는 ITU-T SG15의 G.874[9]에 정의가 되어있다.

4.1.1 연결관리

OBS 계층의 연결관리 객체를 정의하기 위하여 JumpStart 프로젝트 신호 규격[10], 기존 MPLS LSR(Label Switching Router) MIB[11]과 MPLS FTN(Forwarding Equivalence Class To Next Hop Label Forwarding Entry) MIB[12]를 참조하였다.

그림 10은 OBS 코어 노드에서 연결관리 테이블

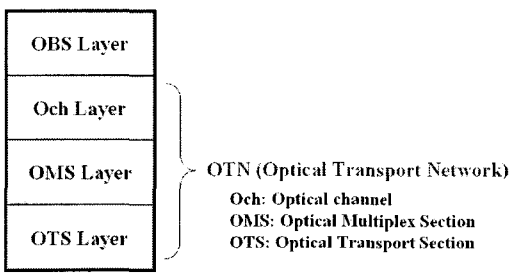

그림 9. OTN과 OBS 계층의 관계

엔트리들의 연관 관계를 나타낸다.

크로스-컨넥트 테이블 엔트리는 입력 및 출력 세그먼트 테이블 엔트리들과 연결 속성 테이블 엔트리와의 연관 관계를 구성한다. 버스트 트래픽의 전송을 위한 레이블이 정의되는 입력 및 출력 세그먼트 테이블 엔트리들은 인터페이스 테이블 엔트리와 크로스-컨넥트 테이블 엔트리와 연관된다. 크로스-컨넥트 테이블 엔트리는 인덱스로 크로스-컨넥트 인덱스, 크로스-컨넥트 입력 세그먼트 인덱스, 크로스-컨넥트 출력 세그먼트 인덱스, 그리고 크로스-컨넥트 연결 속성 인덱스를 사용하며, 연결 속성 테이블 엔트리에 의하여 연결 속성들이 기술된다. 표 1은 크로스-컨넥트 테이블 엔트리에 대한 연결 속성들을 나타내는 연결 속성 테이블 엔트리의 관리 객체들을 나타낸다.

버스트 어셈블리 과정은 OBS 입구 에지 노드의 중요한 기능 중 하나이다. 그림 11은 버스트의 어셈블리 과정을 위하여 입력 에지 노드에서 연결관리 테이블들과 FTN 테이블의 연관 관계를 나타낸다.

입력 에지 노드가 버스트 어셈블리 및 출력 레이블과의 매핑을 위하여 유지하는 테이블은 입력 및 출력 세그먼트, 크로스-컨넥트, 연결 속성, FTN, 그

표 1. 연결 속성 테이블

관리객체	설명
CAIndex	테이블 엔트리의 인덱스
dataBurstLength	데이터 버스트 길이
offsetTime	오프셋 타임
conversionFlag	파장 변환 플래그

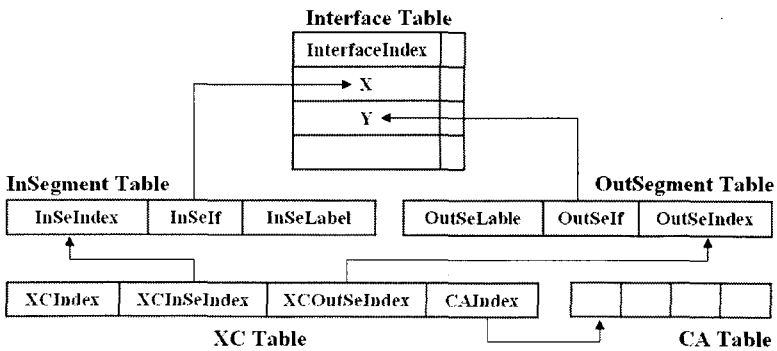

그림 10. OBS 코어 노드에서 연결관리 테이블 엔트리들의 연관 관계

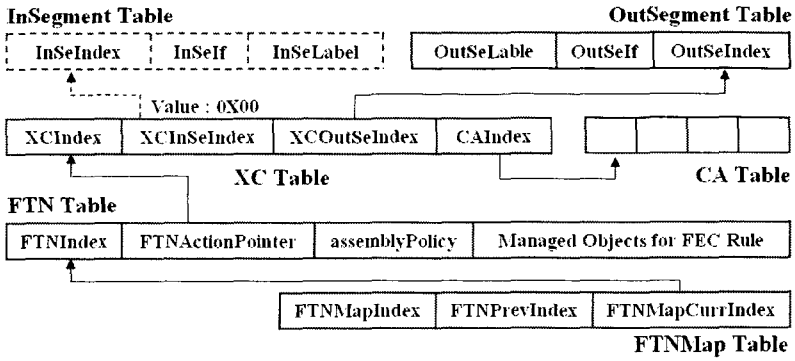

그림 11. OBS 입력 에지 노드에서 연결관리 테이블들과 FTN 테이블의 연관 관계

리고 FTNMap 테이블이 있다. FTN 테이블의 각 엔트리들은 어셈블리 정책(assemblyPolicy)을 비롯하여 FEC(Forwarding Equivalence Class)의 규칙들을 정의한다. FTNMap 테이블은 시스템의 해당 인터페이스에 연관하여 FTN 테이블에 정의된 FTN 엔트리를 매핑 또는 활성화 시켜주는 테이블이다. FTN 테이블의 어셈블리 정책은 버스트 어셈블리 메커니즘을 정의한다. 버스트 어셈블리 메커니즘으로는 CAT(Constant Assemble Time), VAT(Variable Assemble Time), AAT(Adaptive Assemble Time) 그리고 CBS(Constant Burst Size) 등이 연구되고 있다.

4.1.2 구성관리

OBS 계층에서의 구성정보를 관리하기 위하여 표 2와 같은 관리 객체들을 OBS 스위치 구성그룹으로 정의하였다.

North Carolina 주립대학의 JumpStart 프로젝트[7,8]에서는 데이터 버스트를 위한 자원의 예약 및 해제 시점에 따라 OBS 스위치의 제어방식을 네 가지로 구분하고 있다. JumpStart 프로젝트의 제어방식에 준하여 정의한 스위칭 제어 모드(switching-ControlMode)는 표 2와 같이 네 가지 모드로 정의된다. explicitSetupAndExplicitRelease 모드는 신호 프로토콜의 연결설정 메시지를 수신하면 바로 대역폭 및 자원을 할당하며, 할당된 자원은 신호 프로토콜의 연결해제 메시지를 받으면 해제된다. explicit-SetupAndEstimatedRelease 모드의 자원 할당은 explicitSetupAndExplicitRelease 모드와 같으며, 자원의 해제는 버스트의 길이 이후에 자동으로 해제된다. estimatedSetupAndExplicitRelease 모드는 신호 프로토콜의 연결설정 메시지의 도착 후 바로 자원을 할당하지 않고 오프셋 타임을 이용하여 버스트의 도착 전에 자원을 할당하며, 할당된 자원은 신호 프로토콜의 연결해제 메시지를 받으면 해제된다. estimated-SetupAndEstimatedRelease 모드의 자원 할당은 estimatedSetupAndExplicitRelease 모드와 같으며, 자원의 해제는 버스트의 길이 이후에 자동으로 해제된다. JumpStart 프로젝트에서는 버스트의 도착을

표 2. 스위치 구성 그룹

관리객체	설 명
switchingControlMode	자원 예약 및 해제 시점을 결정 - explicitSetupAndExplicitRelease - explicitSetupAndEstimatedRelease - estimatedSetupAndExplicitRelease - estimatedSetupAndEstimatedRelease
maxDataBurstNumber	지원될 수 있는 버스트의 최대 개수
maxDataBurstSize	지원될 수 있는 버스트의 최대 크기
minDataBurstSize	지원될 수 있는 버스트의 최소 크기

예상하는 문제는 단순하지 않으므로 신호 프로토콜의 연결설정 메시지가 도착하면 바로 자원을 할당하는 explicitSetupAndExplicitRelease 또는 explicit-SetupAndEstimatedRelease 모드의 방식을 채택하고 있다.

4.1.3 성능관리

성능관리를 위하여 제어기와 OBS 스위치에서 각각 생성되는 성능정보들을 이용한다. 표 3은 제어 패킷 성능 테이블 엔트리의 관리객체들을 나타낸다. 제어 패킷 성능 테이블은 제어기에 탑재되어 제어 채널로 송수신 되는 BCP 및 연결제어 서버가 OBS 스위치에게 연결설정을 요구하는 GSMP의 연결설정 메시지에 대한 성능정보들을 제공한다.

표 4는 OBS 스위치에 탑재되어 데이터 버스트 채널로 송수신 되는 OBS 데이터 버스트에 대한 성능정보들을 제공하는 데이터 버스트 성능 테이블 엔트리의 관리객체들을 나타낸다.

4.1.4 장애관리

그림 12는 NMS(Network Management System) 및 제어기와 OBS 스위치간의 장애에 대한 정보흐름을 나타낸다.

OBS 스위치에 장애가 감지되면 OBS 스위치에 탑재된 망 관리 기능은 NMS로 Notification을 보내며, GSMP 슬레이브는 제어기로 GSMP 이벤트 메시지를 전송하여 장애가 감지되었음을 알린다. 제어기로

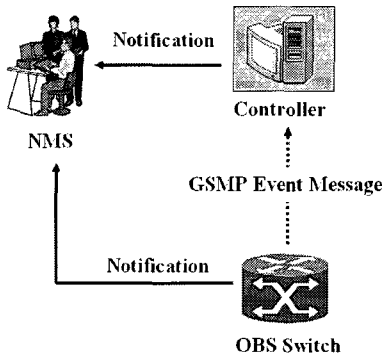

그림 12. GSMP 인터페이스에서의 장애정보의 흐름

전송된 OBS 스위치의 장애정보는 연결설정시의 연결수락제어 및 경로 계산시에 사용이 된다. BCP (Burst Control Packet)를 전송하는 제어채널의 장애가 감지되면, 제어기에 탑재된 망 관리 기능은 NMS로 Notification를 보내어 제어채널의 장애를 알린다.

장애관리를 위하여 LMP MIB[13]과 GSMP MIB[14]에 정의된 Notification을 사용한다. LMP MIB에는 lmpControlChannelUp과 lmpControl-ChannelDown과 같은 제어 채널에 대한 Notification들을 정의하고 있다. GSMP는 스위치에서 발생하는 장애나 이벤트를 제어기에게 통보하기 위하여 Port Up, Port Down, Invalid Label, New Port, Dead Port 및 Adjacency Update와 같은 이벤트 메시지들을 정의하고 있다. 이와 같은 이벤트 메시지들은 표 5와 같이

표 3. 제어 패킷 성능 테이블

관리객체	설 명
bcpTotalReceiveCounter	BCP의 총 수신 개수
bcpHeadErrorCounter	헤더에러가 있는 BCP의 수신 개수
setupMessageReceiveCounter	연결설정 BCP의 수신 개수
releaseMessageReceiveCounter	연결해제 BCP의 수신 개수
connetionSetupAttemptCounter	연결제어 서버가 연결설정을 시도한 개수
connectionSetupFailureCounter	연결제어 서버가 연결설정을 실패한 개수

표 4. 데이터 버스트 성능 테이블

관리객체	설 명
dataBurstTotalReceiveCounter	버스트의 총 수신 개수
connectionSetupPrevDropCounter	연결설정 전에 드롭된 버스트의 수
connectionSetupAfterDropCounter	연결설정 후에 드롭된 버스트의 수
dataBurstAverageDuration	버스트의 평균 지속 시간

표 5. GSMP 이벤트와 Notification

GSMP Event	Notification
Port Up	gsmpPortUpEvent
Port Down	gsmpPortDownEvent
Invalid Label	gsmpInvalidLabelEvent
New Port	gsmpNewPortEvent
Dead Port	gsmpDeadPortEvent
Adjacency Update	gsmpAdjacencyUpdateEvent

GSMP MIB에 정의된 Notification들과 매핑이 가능하다.

4.2 분산 망 관리 모델

GSMP 개방형 인터페이스에서 망 관리 기능의 위치가 제어기인지 스위치인지는 명확하게 정의되어 있지 않다[15-16]. GSMP 개방형 인터페이스 환경의 제어기에는 시그널링과 라우팅을 지원하는 제어평면들의 기능들이 구현되어진다[17]. 그림 13은 GSMP 개방형 인터페이스가 적용된 OBS 망의 망 관리 서비스를 제공하기 위해 본 논문에서 제안하는 분산 망 관리 모델을 나타낸다.

분산 망 관리 모델에서 관리정보의 관리주체 및 생성되는 위치에 따라서 망 관리 기능은 제어기와 OBS 스위치에 분산되어 탑재된다. GSMP 개방형 인터페이스에서는 시그널링과 라우팅 프로토콜에 의하여 지원되는 제어평면의 기능들은 제어기에서 수행된다. 제어기는 제어평면의 기능들과 연동에 의해서 연결설정 및 해제와 관련된 메시지를 OBS 스위치에게 전달하며, OBS 스위치는 처리된 결과만을 응답하게 된다. 즉, 연결수락 제어 및 스위치의 구성이 제어기에 의하여 수행되므로 연결 및 구성관리 기능들은 제어기에 탑재된다. OBS 망에서의 성능정보는 제어 채널 및 데이터 버스트 채널과 관련된다. GSMP 기반 개방형 인터페이스에서는 제어기에서 제어 채널과 관련되는 성능정보들이 생성되고 수집되므로 제어 채널과 관련된 성능관리 기능은 제어기에 탑재되며, 데이터 버스트 채널과 관련된 성능정보들은 OBS 스위치에서 생성되고 수집되므로 OBS 스위치에 탑재된다. GSMP 기반 개방형 인터페이스에서 장애 및 이벤트 정보는 제어기와 OBS 스위치에서 각각 발생할 수 있으므로, 장애관련 망 관리 기능도 제어기와 OBS 스위치에 분산되어 탑재된다. 이러한 분산 망 관리 모델은 GSMP 개방형 인터페이스 기반의 모든 망에 대한 망 관리 서비스를 제공하기 위해 적용될 수 있는 모델이다. 분산 망 관리 모델에서 SNMP 에이전트의 위치 및 망 관리 기능은 표 6과 같다.

그림 14는 본 논문에서 제안한 분산 망 관리 모델을 기반으로 하는 망 관리 매니저인 NMS에서, OBS 망의 연결관리를 위한 사용자 인터페이스를 보여준다. 연결은 구성연결(provisioned connection)과 동

표 6. SNMP 에이전트의 위치 및 망 관리 기능

위치	관리 기능
제어기	연결 및 구성관리 기능
	제어기에 관련된 성능 및 장애관리 기능
OBS 스위치	OBS 스위치에 관련된 성능 및 장애관리 기능

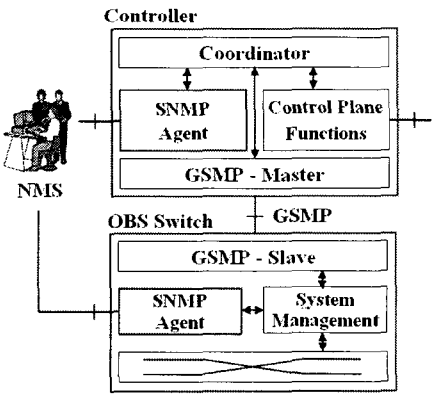

그림 13. 분산 망 관리 모델

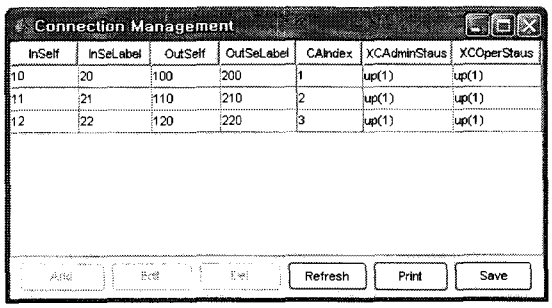

그림 14. 연결관리를 위한 사용자 인터페이스

적연결(dynamic connection)로 구분할 수 있다. 구성연결은 망 관리 기능에 의하여 설정되며, 동적연결은 제어기에 탑재된 신호 프로토콜의 결정에 의하여 설정된다. 실시간을 요구하는 OBS 망의 특성상 NMS로 구성연결을 설정하기에는 적합하지 않으므로, NMS는 동적연결에 대한 정보를 검색, 저장 및 인쇄가 가능하도록 구현하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 제어평면과 전달평면의 분리를 실현하게 하는 개방형 인터페이스에서 GSMP 인터페이스 기반의 OBS 제어 메커니즘 및 망 관리 객체를 제안하였다. GSMP 인터페이스를 도입하는 경우에 발생하는 연결설정 지연을 개선시키기 위하여 집중형 연결서버를 이용한 병렬형 연결설정 메커니즘을 정의하여 제안하였다. GSMP 인터페이스 기반의 OBS 제어에 대한 실현성을 확인하기 위하여 OBS 신호 프로토콜인 JIT와 GSMP 프로토콜을 구현하였으며, 입구 및 출구 에지 OBS와 제어기 그리고 5개의 중간 OBS 스위치들로 구성되는 실험실 환경에서 GSMP 기반 병렬형 제어와 스위치-대-스위치 제어에 대한 연결설정 지연을 측정하였다. 스위치-대-스위치 제어에서는 중간 OBS의 수에 비례하여 연결설정 지연이 증가하나, GSMP 인터페이스 기반 병렬형 제어에서는 제어기의 수에 비례하여 연결설정 지연이 증가하게 된다. 실험을 통하여 GSMP 기반 병렬형 제어의 연결설정 지연시간이 스위치-대-스위치 방식에 비하여 현격하게 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

또한, GSMP 개방형 인터페이스가 적용된 OBS 망의 망 관리 서비스를 제공하기 위하여 OBS의 연결, 구성, 성능 및 장애관리를 위한 관리객체를 정의하였다. 연결관리를 위한 관리객체들은 JumpStart 프로젝트의 신호규격에 정의된 정보요소와 기존 MPLS 망 관리의 MIB를 참조하여 정의하였으며, 구성관리는 OBS 스위칭을 위한 제어모드 및 버스트 처리를 위한 스위치의 구성관리 객체들을 정의하였다. 성능관리를 위하여 제어기에서 수집되는 제어 패킷 성능정보와 스위치에서 수집되는 버스트 관련 성능정보들의 관리객체를 정의하였다. 장애관리를 위한 정보들은 제어기와 스위치에서 발생하는 장애정보를 구분하여 정의하였다. 정의한 관리 객체들을 관리 기능별로 제어기와 OBS 스위치에 망 관리 정보가 분산 탑재되는 분산 망 관리 모델을 제안하였다.

향후 연구과제로 OBS 제어의 관점에서 데이터 버스트를 서비스 품질별로 구별하여 응답형 및 비응답형 병렬형 연결설정 메커니즘을 정의하여 병렬형 연결제어 메커니즘을 최적화하는 것이며, 망 관리 관점에서는 제어기의 하부에 있는 스위치들의 토폴로지 및 내부 연결들의 관리 방안을 연구하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] C. Qiao and M. Yoo, "Optical burst switching (OBS) - a new paradigm for an Optical Internet," *Journal of High Speed Network (JHSN)*, Vol. 8, No. 1, pp. 69-84, 1999.

[2] C. Qiao and M. Yoo, "Choice, features and issues in optical burst switching," *Optical Networks Magazine*, Vol. 1, No. 2, pp. 36-44, 2000.

[3] A. Doria, F. Hellstrand, K. Sundell, and T. Worster, "General Switch Management Protocol v3," *IETF RFC 3292*, 2002.

[4] 김춘희, 백현규, 차영욱, 최준균, "광 인터넷의 개방형 인터페이스를 위한 병렬형 연동 모델의 특징," 정보과학회논문지, 제29권, 제1호, pp. 405-411, 2002.

[5] Hui Zang and Buswanath Mukherjee, "Connection management for survivable wavelength routed WDM mesh networks," *Optical Networks Magazine*, Vol. 2, No. 4, 2001.

[6] Ilia Baldine, George N. Rouskas, Harry G. Perros, and Dan Stevenson, "JumpStart: A Just-in-time Signaling Architecture for WDM Burst-Switching Networks," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 40, No. 2, pp. 82-89, 2002.

[7] M. Yoo and C. Qiao, "Just-enough-time(JET): a high speed protocol for bursty traffic in optical networks," *Digest of IEEE/LEOS Summer Topical Meetings on Technologies*

for a Global Information Infrastructure, pp. 26-27, 1997.

[8] M. Veeraraghavan and M. Kshirsagar, "PCC: Parallel Connection Control Algorithm for ATM Networks," *Proc. of IEEE ICC'96*, pp. 1635-1641, 1996.

[9] ITU-T Recommendation G.874, "Management aspects of the optical transport network element," 2001.

[10] MCNC-RDI ANR, NCSU, "JumpStart JIT Signaling Definition," http://jumpstart.anr.mcnc.org, 2004.

[11] Cheenu Srinivasan *et al.*, "Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Switch Router (LSR) Management Information Base (MIB)," *IETF RFC 3813*, June 2004.

[12] T. Nadeau *et al.*, "Multiprotocol Label Switching (MPLS) Forwarding Equivalence Class To Next Hop Label Forwarding Entry (FEC-To-NHLFE) Management Information Base," *IETF RFC 3814*, June 2004.

[13] Martin Dubuc *et al.*, "Link Management Protocol Management Information Base," *IETF Internet Draft*, May 2004.

[14] H. Sjostrand *et al.*, "Definitions of Managed Object for the General Switch Management Protocol (GSMP)," *IETF RFC 3295*, June 2002.

[15] YoungWook Cha *et al.*, "Network Managment for GSMP Interface," *IETF Internet draft*, draft-cha-gsmp-management-01.txt, Nov. 2002.

[16] YoungWook Cha, TaeHyun Kwon, ChoonHee Kim, and JunKyun Choi, "Management Information and Model of GSMP Network Open Interface," *Proc. of INTELLCOMM 2004*, pp. 309-318, 2004.

[17] A. Doira and K. Sundell, "General Switch Management Protocol Applicability," *IETF RFC 3294*, June 2002.

권 태 현

2001년 안동대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2003년 안동대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
2003년~현재 안동대학교 대학원 컴퓨터공학과(박사과정)

관심분야 : 광 인터넷, 개방형 인터페이스, 망 관리 등

최 인 상

2003년 안동대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2003년~현재 안동대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학과정)

관심분야 : 광 인터넷, 개방형 인터페이스, 망 관리 등

김 춘 희

1988년 전남대학교 전산통계학과(학사)
1992년 충남대학교 전자계산학과(이학석사)
2000년 8월 경북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
1988년~1995년 한국전자통신연구원 연구원
2002년~현재 대구사이버대학교 컴퓨터정보학과 조교수
관심분야 : 고속통신망, 트래픽 제어, 망 관리 등

차 영 욱

1987년 경북대학교 전자공학과(학사)
1992년 충남대학교 계산통계학과(이학석사)
1998년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
1987년~1999년 한국전자통신연구원 선임연구원
2003년~2004년 매사추세츠 주립대학 방문교수
1999년~현재 안동대학교 컴퓨터공학과 부교수
관심분야 : 광 인터넷, 개방형 통신망, 망 관리 등