

## GMPLS 기반 광인터넷 제어평면의 기능 및 시스템 적용

김 영 화, 양 선 희, 김 영 선

한국전자통신연구원, 네트워크연구소

### 요 약

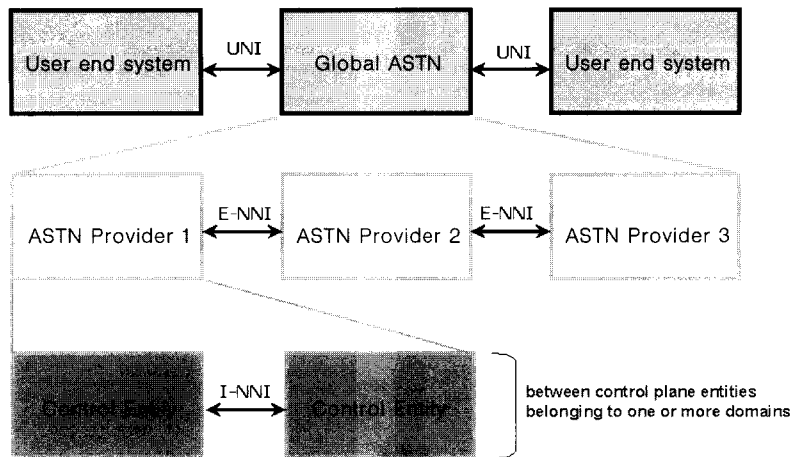
광교환 및 광라우팅 기술은 광인터넷에 접속되는 이용자가 원하는 인터넷 서비스를 실시간으로 제공받을 수 있도록 대상 목적지를 찾아 최단 시간내에 접속시켜 주기 위해 광인터넷 제어평면을 이용한다. GMPLS 기반 광인터넷 제어평면은 노드간 신호 유형 및 신호속도, 그리고 전송 프레임 구조 등과 무관한 호/연결 접속 능력을 제공하기 위해 기존의 계층 2.5 스위칭 구조인 MPLS 개념에 계층 1 스위칭 구조로까지 확장된 개념이다. 이 확장된 개념을 기능 구조화하고 시스템화하기 위해서는 표준화 상황 및 기술개발 동향을 분석하고, 노드간 상호연동성을 보장할 수 있는 현실적인 시나리오와 기능 구조를 우선 결정해야 한다. 본 논문에서는 시스템 엔지니어링 관점에서 광인터넷 제어평면의 개념 단계에서부터 시스템 단계에 이르기까지 표준화 상황, 제어평면 기능, 그리고 시스템 적용 등을 단계적으로 기술함으로써, 제어평면 관련 광인터넷 시스템에 좀더 가까이 다가서고자 한다.

### I. 개 요

GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching) 기반 광인터넷 제어평면은 수행되는 순서대로 보면 인접 노드의 형상과 제공 서비스를 자동으로 확인하는 링크관리(Link Man-

agement) 기능, 네트워크 패스를 계산하고 결정하는 라우팅(Routing) 기능, 그리고 연결 설정/해제를 수행하는 신호방식(Signaling) 기능으로 구성된다. 이러한 광인터넷 제어평면의 기능요소는 논리적인 기능 관점에서의 분류 방식으로 볼 수 있다. 한편, 광인터넷 제어평면은 네트워크 노드간 인터페이스 관점에서 ITU-T의 규정처럼 UNI(User to Network Interface) 및 NNI(Network to Network Interface)로 분류할 수 있다. 제어평면을 통해 연결 제어를 수행하는 전송망(ASTN, Automatic Switched Transport Network)과 클라이언트 사이의 인터페이스를 UNI라고 하며, ASTN 내부에서 네트워크 제공자간 인터페이스를 E(External)-NNI, 그리고 하나의 네트워크 제공자 내부에서 제어평면 실체간 인터페이스를 I(Internal)-NNI라고 한다. <그림 1>은 이러한 ASTN의 인터페이스들을 나타낸다<sup>[1]</sup>.

여기서의 UNI 및 NNI는 기존의 PSTN(Public Switched Telephone Network) 및 N/B-ISDN(Narrowband/Broadband Integrated Service Digital Network)에서의 그것과 유사점과 상이점이 공존한다고 볼 수 있다. 하나의 호/연결 접속이 특정 UNI 클라이언트에서 요청하고 NNI를 경유하여 상대의 UNI 클라이언트에서 응답하는 것이 유사한 점이며, 호/연결의 대역폭 단위가 기존 네트워크에서는 주로 64 Kbps 단위임에 반해, 광인터넷에서는 주로 50Mbps 단위라는 것이 상이점이다. 또한, 네트워크 노드의 성격에서도 상이점이 있다. 예를 들면, 기존 네트워크에서는 교환기로 구성되는



<그림 1> ASTN의 인터페이스 관계

PSTN 및 N/B-ISDN의 단말(예: 전화)이 클라이언트이라면, OXC(Optical Cross-Connect) 등으로 구성되는 광전송망에서는 라우터, ATM(Asynchronous Transfer Mode) 교환기, MPLS LSR(Multi-Protocol Label Switching-Label Switch Router) 등이 클라이언트가 될 수 있다. 이는 기존의 전송망이 단순히 계층 1의 전송 기능만을 수행하였음에 반해, 미래의 전송망은 동적 호/연결 제어를 통해 전송 및 교환 기능을 동시에 수행 가능하며, 이를 기반으로 다양한 통신 네트워크 서비스들을 제공할 수 있는 능력을 제공한다.

본 논문을 통해서 기능 관점 및 네트워크 노드간 인터페이스 관점을 아울러 광인터넷 제어평면에 대한 개념 단계부터 시스템 단계에 이르기까지 관련 내용들을 정리하고자 한다. 이를 위해, 제2장에서는 광인터넷 제어평면에 대한 표준화 단체들의 진행상황을 살펴보고, 제3장에서는 광인터넷 제어평면의 전반적인 기능들을 검토한다. 제4장에서는 GMPLS 관련 네트워킹 운영체제나 장비를 지원하는 업체들의 개발 상황과, 현재 ETRI에서 추진하고 있는 광네트워킹 제어 시스템에 대한 연구개발 상황을 간략히 기술한다. 그리고 제5장에서 본 논문의 결론으로 MPLS 및 GMPLS의 중요성 및 연구개발 방향 등을 기술하고자 한다.

## II. 광인터넷 제어평면의 표준화 상황

광인터넷 제어평면의 표준화는 ITU-T, IETF 그리고 OIF등에서 추진하고 있다. ITU-T는 ASTN/ASON(Automatic Switched Transport Network/Automatic Switched Optical Network)에 대한 요구사항 및 구조를 기본으로 제어평면의 전반적인 분산 연결 관리 구조를 제시하고 있으며, IETF는 GMPLS 환경에 적용 가능한 신호방식 및 라우팅 프로토콜 등과 같은 제어평면 프로토콜들을 제시하고 있다. 그리고 OIF는 피어 모델 이전에 현실적으로 적용 가능한 오버레이 모델에 대한 상호연동성 규격들을 제시하고 있다.

ITU-T는 광전송망의 연결 제어를 위해 준비 연결(PC, Provisioned Connection), 교환 연결(SC, Switched Connection) 그리고 연성영구 연결(SPC, Soft Permanent Connection)과 같은 세가지 유형의 연결 제어를 정의하였다. 준비 연결은 EMS/NMS(Element Management System / Network Management System) 등의 관리 시스템에 의하여 노드들의 연결을 제어하는 구조이며, 교환 연결은 노드들이 상호 제어 신호를 교환하여 연결을 제어하는 구조이다. 그리고 연성영구 연결은 UNI 구간에는

EMS/NMS에 의한 준비 연결을 적용하고 NNI 구간에는 제어 실체에 의한 교환 연결을 적용하는 구조이다<sup>[11]</sup>. 광전송망은 기본적으로 준비 연결을 제공해야 하며, 다음으로는 클라이언트와 직접 관계가 없는 연성영구 연결을 지원해야 하고, 최종적으로는 교환 연결을 지원하는 방향으로 진행되는 것이 적절할 것이다. 이는 하나의 제어 실체는 프로비전 방식에 따라 교환 연결 및 연성영구 연결이 모두 가능해야 함을 의미한다<sup>[12]</sup>.

OIF UNI 규격은 LMP(Link Management Protocol) 기반의 ND(Neighbor Discovery) 및 SD(Service Discovery) 절차, 그리고 CR-LDP(Constraint-based Routed-Label Distribution Protocol) 또는 RSVP-TE(Resource ReserVation Protocol-Traffic Engineering) 기반의 호/연결 제어 절차를 권고하고 있다. 즉, 먼저 ND 절차를 통해 IP 제어채널에 대한 기본적인 구성과 링크 연결성의 검증 과정을 완료한다. 그리고 SD 절차를 통해 신호 방식 프로토콜의 버전과 클라이언트 및 백본 네트워크의 전송 특성 등을 교환한다. 이후, 호/연결 설정 절차를 수행한 다음, 전송평면을 통해 사용자 정보를 전송한다. 그리고 필요에 따라 호/연결 삭제 절차를 수행한다<sup>[13/16]</sup>. 이러한 절차는 NNI에서도 유사하게 적용될 수 있다.

또한, OIF는 NNI 관련 규격을 정립하는 과정에서 현재 단일 캐리어 및 멀티 벤더 환경에서 상호연동성을 시험하기 위해 2003년 3월에 OFC에서 통해 프로토타이핑 시스템들의 시연을 가질 예정이다. 이 시연에서는 NNI 임시 규격에 추가하여 제어 네트워크를 단일 LAN으로 구성하고, UNI 1.0 규격과 파장변환 레이저, VSR4-01 등을 필수로 적용하고, 교환 연결과 연성영구 연결을 함께 적용할 예정이다. 신호방식 프로토콜로 RSVP-TE를, 도메인간 라우팅 프로토콜로 OSPF(Open Shortest Path First)를 사용할 예정이다. 하나의 라우팅 도메인에서는 각 노드들이 신호방식 기능을 수행하고, 라우팅 기능은 별도의 에이전트를 두거나 아니면 각 노드들에 포함될 수 있도록 한다<sup>[4]</sup>.

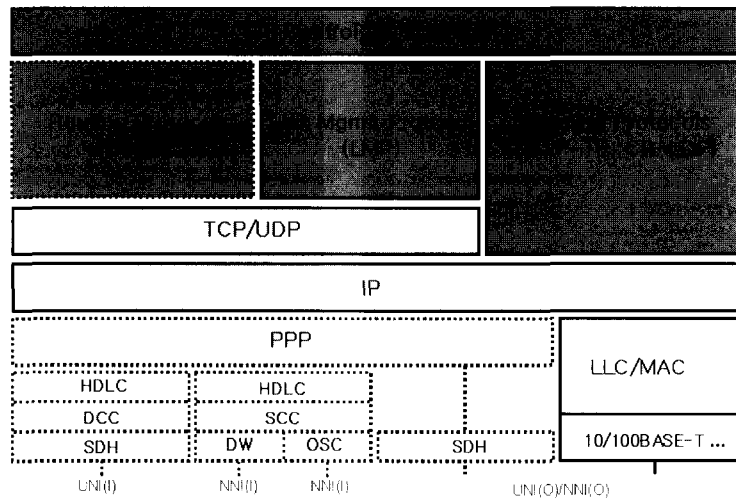
IETF 관련 표준화는 주로 CCAMP(Common Control and Measurement Plane) 작업그룹에서 GMPLS 관련 규격 작업을 진행하고 있다. 연구 테마로는 링크관리와 보호/절체를 주 대상으로 하며, 링크관리 부분의 경우 draft-ietf-ccamp-lmp-07.txt 버전으로 IESG(Internet Engineering Steering Group) 라스트콜을 준비중이다. 최근에는 광링크에 대한 링크관리 기능에 추가하여 TDM(Time Division Multiplexing) 링크에 대한 관리 기능까지를 고려하고 있다. 보호/절체의 경우, 현재로서는 전송평면에 대한 보호/절체를 중심으로 주로 용어 정리 및 기능 중심으로 작업이 이루어지고 있다. 그리고 2003년 3월 회의에서부터 CCAMP에서도 오버레이 모델에 대해서 상세한 검토가 진행될 예정이다.

### III. 광인터넷 제어평면의 기능

#### 1. 일 반

광네트워크에서 제어평면과 전송평면은 분리되어 있다. 이는 전송평면의 장애가 제어평면에 영향을 주지 않아야 하며, 또한 제어평면의 장애가 전송평면에 영향을 주지 않아야 한다는 사실을 의미한다. 이러한 제어 네트워크는 다수의 데이터채널과 관련되는 제어 정보를 하나의 공통적인 채널을 통해 교환하는 이른바, 공통채널 신호방식(CCS, Common Channel Signaling)의 개념을 적용한다. 이러한 CCS 관련 링크는 결합(Associated), 비결합(Non-associated), 그리고 준결합(Quasi-associated)과 같은 세 가지 모드가 있다. 광네트워크는 일차적으로 결합 모드를 사용할 수 있으나, 제어 네트워크의 신뢰도 향상을 위해 비결합 및 준결합 모드도 함께 적용할 수 있을 것이다.

광인터넷의 제어방식 프로토콜들은 신호방식 및 라우팅 기능은 MPLS 프로토콜 스택 구조를 확장 적용하지만 링크관리 기능은 새로이 추가된



〈그림 2〉 광인터넷 제어평면의 프로토콜 구조

기능이다. ND/SD 또는 장애 위치결정 등을 위해 사용하는 LMP와 같은 링크관리 프로토콜, OSPF 및 IS-IS(Interior System to Interior System)와 같은 라우팅 프로토콜(DDRP, Domain to Domain Routing Protocol), 그리고 호/연결 제어를 위해 사용하는 CR-LDP 또는 RSVP-TE와 같은 신호방식 프로토콜들에 대해 적용 구간에 따라 UNI, NNI 및 GMPLS 관련 능력을 확장해야 한다. 이러한 상위 프로토콜들에서 생성된 IP 제어패킷은 PPP(Point to Point Protocol) 등의 하위 프로토콜을 사용하여 교환된다. 또한, 전송평면의 특정 타임슬롯을 사용하는 경우에는 HDLC(High-level Data Link Control) 제어기를 사용한다. 〈그림 2〉는 이러한 광인터넷 제어평면의 프로토콜 구조를 나타낸다.

위의 광인터넷 제어평면의 프로토콜 구조를 기반으로 광네트워크를 실현하기 위해 이전의 라우팅 및 신호방식 방법과는 다른 개념들이 존재한다. 예를 들면, MPLS에서는 레이블 분배 과정을 수행한 후, 최대 32 비트의 레이블 값을 데이터 패킷의 헤더 부분에 삽입한다. 이후, 포워딩 및 레이블 교환을 통해 IP 데이터 패킷을 전송하며, 레이블 포맷은 적용되는 계층 2 유형(예: ATM, FR, Ethernet, PPP)에 따라 다르며, 단방향 전송만 가능하다. 이 레이블이 관련 데이

터 흐름에 대한 대역폭 할당이나 서비스 품질과 같은 특성을 의미할 필요가 없다.

GMPLS에서는 IP 데이터 패킷에 레이블을 포함하지 않는 대신, 설정된 연결 자체가 묵시적으로 해당 전송 특성을 나타낸다. 또한, 광네트워크 노드의 스위칭 유형(예: 랩다, 파이버, 타임슬롯 등)에 따라 설정된 연결의 물리적인 의미를 구분할 수 있다. 데이터 패킷을 전송하기 전에 IP 제어패킷의 교환을 통해 연결을 설정한다는 점에서 MPLS와는 달리 실질적인 연결지향형 서킷 교환이라고 볼 수 있다. 또한, LSP(Label Switched Path) 설정시 지연시간을 줄이기 위한 기능과 하나의 LSP에서 단방향 또는 양방향으로 설정할 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 장애의 정확한 위치를 파악하는 기능, 라우팅 프로토콜 운용시 수많은 링크에 대한 플러딩 부담을 줄이는 기능, 그리고 인접 노드간 물리적 구성을 자동으로 인식하는 기능들을 제공한다.

## 2. 광인터넷 제어평면의 기능요소

### 1) 링크관리 기능

LMP 프로토콜을 이용하는 링크관리 기능은 IETF에서 2001년 3월 SUB-IP 분야가 탄생할 때부터 7번의 버전 갱신을 거치면서 지금까지 이

른 부분이다. 데이터 채널에서 LOL(Loss of Light)과 같은 이벤트가 발생할 때 특정 장애 위치를 확인하고, 두 인접 노드간 많은 링크가 유사한 속성을 가지고 있을 때 간단한 라우팅 정보로 플래딩이 가능하도록 하고, 두 인접 노드간 물리적 포트가 의도한 대로 구성이 되었는지를 확인할 수 있는 기능을 제공하기 때문에 광인터넷에서 중요한 위치를 점하고 있다. 또한, 헬로우 기능을 사용하여 해당 제어채널의 장애를 감지하여 다른 대체 기능을 적용할 수 있도록 기본 능력을 제공해준다. 하지만, 헬로우 프로토콜의 타임아웃 시간(현재는 150msec)과 같이 세밀한 검증이 필요한 부분도 있다.

링크관리 기능은 광인터넷 제어평면에서 인접 노드간 제어 먼저 수행이 되어야 한다. 세부 기능으로서, 제어채널 구성, 헬로우 개시, 링크 연결성 검증, 링크 속성 상관, 신호방식 프로토콜 및 UNI 버전 확인, 클라이언트 포트 수준 속성 확인, 네트워크 루팅 다양성 확인, 그리고 장애 감지 및 통보 기능들이 있다<sup>[6]</sup>. 인증 기능은 버전 3까지 포함되었으나, 그 이후로 인증이 요구될 경우 IPsec 기능을 선택적으로 사용하도록 변경하였다. 특히, 링크 연결성 검증과 같은 기능은 TDM 스위칭과 Out-of-Fiber 방식의 제어채널을 사용하는 경우, 제어채널을 통해 LMP 제어패킷들(Verify 및 TestStatus 유형의 메시지) 교환하고 특정 포트의 OAM(Operation, Administration, and Maintenance) 채널을 통해 시험(Test 메시지) 제어패킷을 송수신함으로써, 자국 노드와 대국 노드는 자동적으로 물리적 포트의 연결성을 검증할 수 있도록 해준다.

## 2) 라우팅 기능

광인터넷 제어평면을 오버레이 모델로 적용할 것인가 아니면 피어 모델로 적용할 것인가의 근거는 라우팅 기능을 실현하는 방법에서 비롯된다. UNI/NNI 인터페이스가 현재의 IP 라우터처럼 동적 라우팅 프로토콜기능을 수행할 수 있는 상황이 되면 피어 모델단계로 단정할 수 있다. 하지만, 일단 오버레이 모델 단계를 거친 후, 이

들 두 모델이 공존하는 하이브리드 모델 단계를 거쳐 완전한 피어 모델로 진행되는 과정이 적절하다. 오버레이 모델에서도 광전송망 내부의 라우팅 기능을 서로 달리 수행할 수 있다. 가장 현실적인 시나리오로서, 광전송망 내부의 특정 도메인의 라우팅을 담당하는 독립적인 에이전트를 두는 방법이다. 실제적인 예로서, 람다 기반 광전송망에서는 광경로를 결정하기 위해 링크, 노드, 파장, 그리고 트래픽 패턴 등을 파라미터로 하여 네트워크 운영자 정책에 따라 정적 또는 동적 RWA(Routing and Wavelength Assignment) 알고리즘을 실행하여 패스 데이터베이스를 구성하고, 에지 노드는 클라이언트로부터 LSP 설정 요청을 수신할 때, 이 에이전트로부터 명시적 패스를 수신하는 것이다. 그리고, 광전송망에서만 피어 모델로 동작하는 방법이다. 만일 광전송망에서 피어 모델로 동작할 수 있는 상황이 이루어지면 전체 네트워크 차원에서의 피어 모델화는 그다지 어려운 것이 아닐 것이다. 대부분의 광인터넷 시스템은 오버레이 모델의 전자 방법을 고려하며, 후자 방법을 사용한 시스템은 아직 출시되지 않고 있다.

GMPLS 기반 라우팅에서 중요한 이슈로서, 네트워크 확장을 고려하여 인접 노드간 수백개의 링크(각 링크는 수십개 또는 수백개의 람다 및 타임슬롯이 가능)에 대한 효과적인 플래딩 방법, 각 람다 및 타임슬롯에 대한 주소지정 방식, 그리고 링크간 연결성 검증 방법이 있다. IETF에서는 이들 이슈에 대해 각각 링크 번들링, 언넘버드 링크, 그리고 LMP 프로토콜과 같은 방법들을 적용함으로써 해결하고 있다<sup>[6]</sup>. GMPLS 라우팅 문제를 조기에 발견하고 대안을 마련하는 프로토타이핑 시스템에서는 OSPF 프로토콜을 기반으로 연구개발을 진행하고 있으며, GMPLS 트래픽 엔지니어링을 측면을 고려할 때 RIP(Routing Information Protocol)과 같은 디스턴스 벡터 프로토콜 대신 OSPF/IS-IS와 같은 링크 상태 프로토콜을 확장하여 링크 유형이나 대역폭, 그리고 링크 보호 유형 등을 플래딩하는 방향으로 진행될 것이다.

3) 신호방식 기능

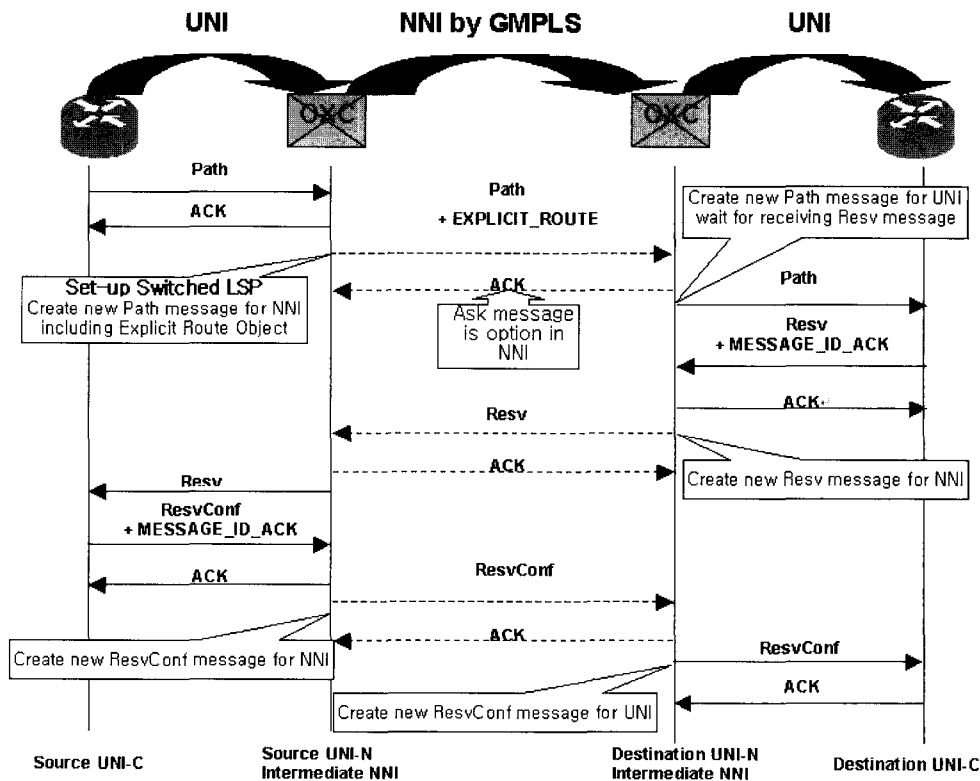
링크관리 기능 및 라우팅 기능을 수행한 후 다음 단계로 광전송망의 에지 노드는 클라이언트로 부터 또는 EMS/NMS로부터 LSP 설정 요청을 대기한다. LSP 설정 요청을 수신하게 되면, 업스트림 LSR은 다운스트림 LSR에게 “Generalized Label Request” 객체를 이용하여 부호화 및 스위칭 유형을 표시한다. 이에 대한 응답으로 다운스트림 LSR은 업스트림 LSR에게 “Generalized Label” 객체를 이용하여 해당 레이블을 할당한다. GMPLS에서 레이블은 32 비트에서부터 임의 길이의 바이트 길이까지 확장 가능하여 각각의 파이버, 특정 파이버 내의 램다 그룹, 각각의 램다, 그리고 하나 또는 그 이상의 TDM 타임 슬롯들을 표시할 수 있다. <표 1>은 GMPLS에서 사용하는 주요 레이블 관련 객체들을 요약한

<표 1> GMPLS의 레이블 관련 주요 객체들

객체	기능
Generalized Label Request	해당 레이블에 대한 전송 특성 (부호화 및 스위칭 유형)을 표시
Generalized Label	해당 레이블을 표시
Label Set	선택 가능한 다수의 레이블들을 표시
Suggested Label	LSP 구간에서 사용하고자 하는 레이블을 표시 (LSP 설정시간 감소)
Upstream Label	양방향의 LSP를 설정하기 위해 사용

것이다<sup>[7]</sup>.

RSVP-TE 또는 CR-LDP와 같은 신호방식 프로토콜은 위에서 기술한 레이블 관련 객체들을 이용하여 원하는 LSP를 제어한다. 또한, 클라이



<그림 3> 교환 연결 설정 절차

엔트로부터 LSP 설정 요청을 수신하게 되면 광 전송망의 에지 노드가 보안 관련 인증기능을 수행하여 적절한 클라이언트인지를 검증할 수 있으며, 설정 및 삭제 과정에서 얻은 정보를 근간으로 상세과금 자료를 생성할 수 있다. GMPLS 신호 방식 문제를 조기에 발견하고 대안을 마련하는 프로토타이핑 시스템에서는 RSVP-TE 프로토콜을 기반으로 연구개발을 진행하고 있다. <그림 3>은 RSVP-TE 신호방식 프로토콜을 사용하는 상황에서 교환 연결 설정에 대한 신호 방식 절차를 나타낸다.

#### IV. 광인터넷 제어평면의 시스템 적용

광인터넷 제어평면의 시스템 개발에 있어 MPLS 기반 소프트웨어를 지원하는 업체는 쉽게 GMPLS 기반 소프트웨어를 쉽게 확장 개발이 가능하다. 특히, Data Connection의 경우 MPLS 시스템을 확장하여 SuperComm2001에서 CIENA를 포함한 9개의 벤더들의 장비에서 O-UNI 시스템을 포팅하여 상호연동 시험을 실시하였다. 그 당시 시험을 통해 신호방식 측면에서는 약 100%

에 가까운 상호연동 시험 결과를 얻었지만, 전송 평면과 연계되어 동작하는 시스템 측면에서는 70%에도 미치지 못하는 트래픽 전송 시험 결과를 얻었다. 장비 업체들은 계층 1 스위칭 장비의 제약 때문에 MPLS를 제외한 GMPLS 기능만을 제공하고 있다. 즉, 아직까지는 하나의 장비 내에서 MPLS 및 GMPLS 기능을 동시에 지원하는 시스템은 보이지 않고 있다. 다른 관점에서 보면 MPLS 및 GMPLS 기능을 동시에 지원하는 시스템이 연구개발의 돌파구로 볼 수 있으나, 기술적 우위를 점할 수 있는 패킷 및 서킷이 동시 처리 가능한 통합 스위치 패브릭을 현재로서는 거의 찾아보기 힘들다. 서킷 스위칭에서 람다 또는 파이버 스위칭 시장보다는 TDM 스위칭 시장이 현재는 주류라고 볼 수 있다. <표 2>는 광인터넷 제어평면의 기능을 지원하는 시스템에 대한 메이커들의 상황을 분류한 것이다.

현재 국내에서는 ETRI에서 광회선분배(OXC) 시스템에 적용하기 위해 RSVP-TE 및 LMP 프로토콜을 기반으로 GMPLS 시스템의 초기버전을 개발하고 있다. UNI를 위해서는 OIF UNI 1.0 규격을 적용하고 NNI를 위해서는 GMPLS RSVP-TE를 적용하였다. NNI에서는 ERO(Explicit Route Object) 또는 RRO(Record

<표 2> 광인터넷 제어평면 관련 시스템 메이커 분류

회 사	NOS 이름	지원 프로토콜	스위치 유형	주요 특징
Tellium(USA)	StarNet OS	GMPLS, O-UNI	TDM	Fast, distributed and automated rest.
Atos Origin(FR)	MARBEN	GMPLS, O-UNI	TDM	Protocol independent API
Data Conn.(UK)	DC-Optical MPLS	(G)MPLS, O-UNI	TDM	Non-blocking, reliable and scalable
NetPlane(UK)	LTCS-Optical	(G)MPLS, O-UNI	Packet/TDM/Lambda/Fiber	ND/SD for UNI included
Nortel(CA)	OPTera Smart OS	GMPLS	TDM/Lambda/Fiber	Powered in OPTera Connect portfolio
Lucent(USA)	ONNS	GMPLS, O-UNI	TDM/Lambda/Fiber	Powered in LambdaRouter AOS
Alcatel(FR)		GMPLS, O-UNI	TDM/Lambda/Fiber	Powered in 7670 RSP & 7770 RCP
Sycamore(USA)	BroadLeaf	GMPLS, O-UNI	TDM	Powered in SN 3000 & SN 16000

Route Object) 객체들 처리하는 로직과 스위치 제어 및 패스계산 서버와의 인터페이스 기능, 그리고 교환 연결 및 연성연구 연결 관련 로직 등이 추가되어 있다. 그리고, NNI에서 시스템 내부적으로 OIF UNI1.0 규격과 같이 메시지 수신 확인(Ack 메시지 관련) 기능과, 요약 리프레쉬(Srefresh 메시지 관련)을 그대로 적용한다. 지금은 제어평면 관련 서브시스템과 전송평면 관련 서브시스템간 연결 설정, 스트림 전송, 연결 삭제 과정에 대한 시스템 통합 시험을 진행하고 있다. 좀더 상세한 내용은 JCCI2003에 제출 예정인 “광인터넷에서 RSVP-TE 기반의 UNI/NNI 설계 및 구현”에 관한 논문을 참조하길 바란다.

## V. 결 론

현재는 광네트워크 시장의 붕괴로 국내외적으로 광인터넷 관련 연구개발 프로젝트가 축소되거나 아예 중단되고 있다. 이는 시장 상황을 무시한 전적으로 연구개발자 관점에서 기술개발을 주도해온 결과라 아니할 수 없다. 하지만, 대부분의 네트워크 예견자들은 ALL-IP 기반 차세대 통신망으로 진화하기 위해 GMPLS 기반 광인터넷 제어를 필수 조건으로 보고 있다. 심지어는 유비쿼터스 네트워크를 구성하기 위해서도 제어 네트워크는 GMPLS 기술을 적용해야 한다고 주장한다. GMPLS 기반 광인터넷 제어는 MPLS 기반 제어를 가정하고 있다. 이는 GMPLS 기반 광인터넷 제어를 국내 자체 기술로서 확보하기 위해서는 MPLS 기술이 중요한 위치를 차지함을 의미한다.

MPLS 기술은 이제 핵심 기술 단계에서 서비스 기술 단계로 옮겨가고 있는 상황이며, GMPLS 기술은 아직 핵심 기술을 확보하고 있는 단계로 볼 수 있다. 관련 표준화 단체들의 상황과 국내 연구개발 상황은 순서의 차이는 있지만 상호 유사한 과정에 있다고 볼 수 있다. 이 시점에서 국

내의 연구개발을 축소하거나 중단하게 되고 향후 광인터넷 시장이 개선된다는 가정하에 국내 통신 시장은 지금의 xDSL 기반 액세스 네트워크처럼 외국 업체에게 우리가 서야 할 자리를 내어주게 될 것이다.

광인터넷 제어평면을 통한 호/연결의 접속 제어는 신속한 연결제어 및 신규 서비스 창출, 다양하고 효과적인 트래픽 엔지니어링, 벤더간 상호연동성 보장, VPN 서비스 및 상세과금 기능의 제공, 다양한 전송기술의 수용, 자동적 네트워크 토폴로지 감지, 그리고 네트워크 운영 비용 감소와 같은 많은 장점들을 지니고 있다. 현재의 광인터넷 제어평면은 대부분의 전송망이 TDM 기반이기 때문에 램다 또는 파이버 스위칭 제어보다는 TDM 스위칭 제어가 우선적으로 중요하다. 특히, 가상연접(Virtual Concatenation), GFP(Generic Framing Procedure) 및 LCAS(Link Capacity Adjustment Scheme)와 맞물려 VC-1(약 2M) 단위까지 연결 제어가 가능하게 되면, GMPLS 기반 광전송망은 광인터넷 제어평면의 장점들을 대부분 현실화할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] ITU-T, “Requirements for Automatic Switched Transport Networks(ASTN)”, G.807, Jul. 2001.
- [2] YoungHwa Kim, Kwangjoon Kim, JongHyun Lee, JaeCheol Ryou, “Functional Structure of Control Plane for the Intelligent Optical Internet”, COIN+PS2002 Proceeding, pp.268~pp.270, Jul. 2002.
- [3] OIF, “UNI 1.0 Signaling Specification”, oif2000.125.7, Oct. 2001.
- [4] OIF, “Interim NNI Specification”, oif2002.025.01, April. 2002.
- [5] IETF, “Link Management Protocol



- (LMP)”, draft-ietf-ccamp-lmp-07.txt, Nov. 2002.
- [6] Ayan Banerjee, John Drake, Jonathan P. Lang, Brad Tuner, et al, “Generalized Multiprotocol Label Switching : An Overview of Routing and Management Enhancements”, IEEE Communication Magazine, Jan. 2001.
- [7] Neil Jerram, Adrian Farrel, “MPLS in Optical Networks”, White Paper of DC Limited, Oct. 2001.

## 저자 소개



金永和

1987년 전남대학교 계산통계학과 졸업, 1997년 충남대학교 컴퓨터과학과 석사 졸업, 2000년부터 현재 충남대학교 컴퓨터과학과 박사과정중 1988년부터 현재 한국전자통신연구원 선임연구원, <주관심 분야: 통신 프로토콜 및 서비스, MPLS/GMPLS, 광인터넷 네트워크, 유비쿼터스 네트워크>



梁仙姬

1984년 경북대학교 전자공학과 (학사), 19회86년 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사), 1986년 2월~1988년 7월: 한국과학기술원 통신공학연구실 연구원, 1988년 8월~현재: 한국전자통신연구원 네트워크연구소 책임연구원, 현재 차세대 프로토콜 팀장, <주관심 분야: 광인터넷 네트워크, MPLS/GMPLS, 인터넷 QoS, MPLS-VPN>



金煥善

1980년 고려대학교 전자공학과 공학사, 1982년 고려대학교 전자공학과 공학석사, 1991년 고려대학교 전자공학과 공학박사, 1982년~현재: 한국전자통신연구원 사업관리팀장, 시스템2실장, 품질보증연구실장, 교환설계개발실장, 트래픽제어연구실장, 교환방식연구실장, 기술기획실장(기술조사팀장, 대외협력팀장 겸임) 역임, 현재 네트워크연구소 인터넷기술연구부장(책임연구원), 1989년~현재: 한국통신학회 교환 및 라우팅연구회 전문위원장 및 학회지 편집위원, 대전·충남지부 이사, 부지부장 역임, 현재 대전·충남지부 지부장, 정회원(평의원), 상임이사(학회지 위원장), 1980년~현재: 대한전자공학회 스워칭 및 라우팅연구회 전문위원장, 논문지 편집위원, 상임이사(회지편집 위원장), 기획위원회 위원 역임, 현재 정회원(평의원), <주관심 분야: 광인터넷 네트워크, MPLS/GMPLS, 차세대라우터 등>