

主題

광 인터넷 표준화 동향

한국정보통신대학교 최준균, 이규명

차례

- I. 광 인터넷 네트워크 구조 표준화 현황
- II. 광 인터넷 라우팅 및 신호 프로토콜 표준화 현황
- III. 광 인터넷 제어 및 망 관리 기술 표준화 현황
- IV. 광전달망 시그널링 프로토콜 확장, 광 네트워크 기술 표준화 현황
- V. 결 론

요 약

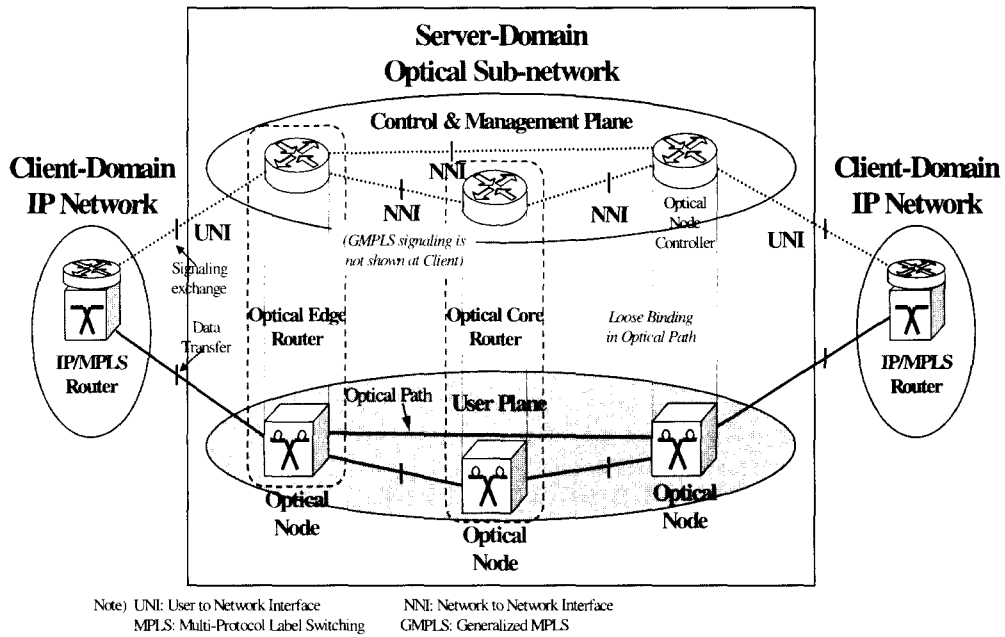
본 고에서는 광인터넷에 대하여 현재까지 IETF, ITU-T 및 OIF (Optical Internet Forum)을 중심으로 최근에 활발하게 추진되고 있는 표준화 동향을 살펴본다. 특히, 광을 기반으로 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 기술을 적용하려는 Generalized MPLS 기술을 중심으로 분석한다. 먼저 IETF에서는 MPLS WG에서 기존 MPLS 기술에 대한 표준을 지속적으로 작업하고 있으며 여기에서의 얻은 기술을 바탕으로 IPO WG과 CCAMP WG 등에서 광 네트워크 구조를 제안하고 있으며, 여기에 새로운 시그널링과 계층적 경로 설정 메커니즘 및 신뢰성 있는 보호/복구 등의 추가적인 기능들을 추가하기 위한 작업을 하고 있다. 또한 OIF에서는 UNI 신호 규격을 정하고 있으며 ITU-T에서도 광 전달 네트워크 (OTN)와 관련하여 ASTN/ASON (Automatic Switched Transport Network/Automatic Switched

Optical Network) 을 포함하여 광 네트워크에 대한 구조적인 측면 뿐만 아니라 전송 및 망 관리 측면에 대한 규격을 제정 중에 있다.

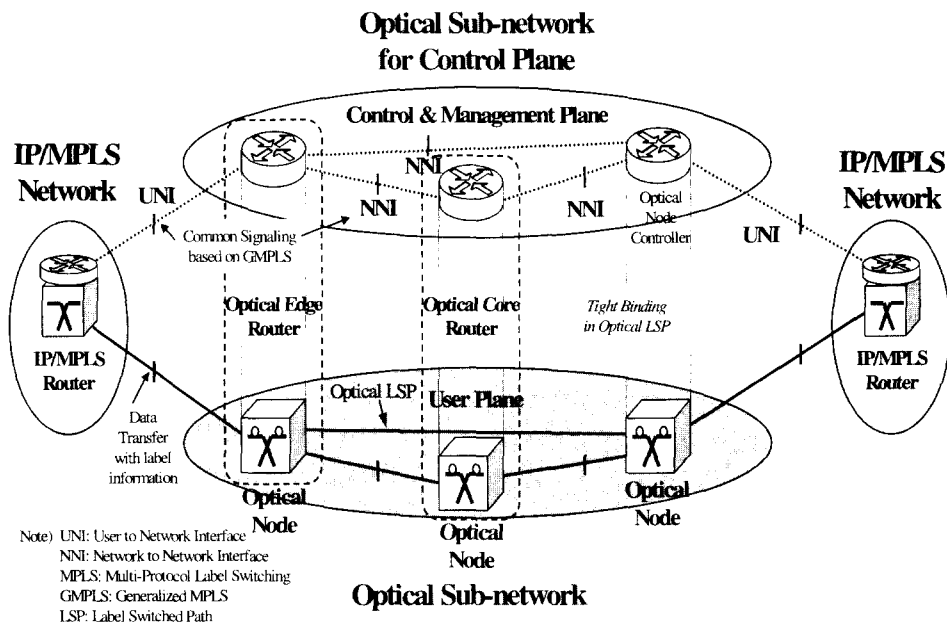
I. 광 인터넷 네트워크 구조 표준화 현황

현재까지 진행되고 있는 광인터넷 구조와 관련된 표준화 작업 현황은 다음과 같다.

- Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture. <draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-00.txt>
- IP over Optical Networks : A Framework. < draft-ietf-ipo-framework-00.txt>
- Carrier Optical Services Requirements. <draft-ietf-ipo-carrier-requirements-00.txt>



(a) 도메인 서비스 모델



(B) 통합 서비스 모델

그림 1. IP 서비스를 위한 광 네트워크 서비스 모델

- Automatic Switched Optical Network (ASON) Architecture and Its Related Protocols, <draft-ietf-ipo-ason-00.txt>

광 인터넷은 대부분의 응용을 IP 기반으로 통합하고 IP 중심 제어 프로토콜을 이용하여 액세스 지점에서 다양한 서비스 품질별로 트래픽을 분류한 후, 지능화된 대용량 초고속 전달망을 통하여 효율적으로 트래픽을 전달시키는 단순한 네트워크 구조를 지향하고 있다.

IETF (Internet Engineering Task Force)에서는 광 인터넷을 위한 프레임워크 문서를 작업 중에 있다. 이는 광 네트워크 부하 균형 및 성능과 리소스 이용율을 최적화 하기 위한 광 네트워크에 트래픽 엔지니어링 기능을 가질 수 있고 네트워크 상태 모니터링과 라우팅, 리소스, 트래픽 관리 파라미터 들을 피드백 제어하기 위한 동적 제어 메커니즘이 가능한 기존 MPLS 기술을 확장하려는 활동이 진행중이다.

현재 IETF IPO (IP over Optical) WG에서는 광 네트워크 구조 및 네트워크 서비스 모델과 상호 연결 모델을 바탕으로 광인터넷을 위한 요구사항을 기술한 프레임워크 문서를 준비하고 있다. ITU-T에서는 G..807과 G..ason 문서와 관련된 ASON (Automatic Switched Optical Network) 구조 및 관련 프로토콜에 대하여 표준을 진행하고 있으며, OIF에서는 초기에 고려했던 망 사업자 서비스를 위한 프레임워크 및 고려사항에 대한 논의가 진행되고 있다. 여기서 각 기관에서 광인터넷 구조에 대하여 먼저 제어 평면으로 GMPLS를 중심으로 광 계층과 IP 계층의 구조와 각 인터페이스에 대한 기능구격을 다루고 있다.

광 인터넷에서는 client IP 망은 기본적으로 MPLS 프로토콜을 가정한다. 광인터넷 망 구조는 전기적인 라벨 스위칭을 하는 에지 영역과 광 파장 스위칭을 수행하는 코어 영역으로 나눌 수 있다. 광 네트워크 진입단에 위치한 에지에서는 라벨 머징

(merging)이나 터널링을 수행한다. 코어 영역에서는 큰 대역폭을 가진 LSPs (Label Switched Paths)가 설정된다. 다음은 현재 작업하고 있는 광 네트워크 서비스 모델과 상호 연결 모델에 대한 특징을 살펴본다.

1. 네트워크 서비스 모델

IP 광 인터페이스를 위해 네트워크 서비스 모델은 (그림 1)과 같이 크게 도메인 서비스 모델과 통합 서비스 모델로 나눈다.

도메인 서비스 모델은 계층화된 도메인에 의해 정의된 IP 계층은 광 도메인의 클라이언트이고 광 계층은 클라이언트를 위한 점 대 점 채널을 제공하는 클라이언트와 서버의 관계로 되어있다. 클라이언트와 서버 간에 UNI를 적용하고 서버 도메인에는 서버 네트워크 간에 NNI (Network Node Interface) 규격을 적용한다.

통합 서비스 모델은 두 계층이 단일 시그널링과 라우팅 프로토콜을 가진 MPLS 기반의 통합된 제어 평면 구조를 나타낸다. MPLS 모델과 유사하며 광 크로스 커넥터는 마치 라우터와 같이 취급되며 UNI (User Network Interface)와 NNI 사이의 구분이 없다. IETF에서는 여기에 사용될 시그널링으로 GMPLS 기반의 통합 시그널링을 고려하고 있다.

가. 상호 연결 모델

광 네트워크를 통한 IP 전송을 위해 IP와 광 네트워크의 제어 평면은 (그림 2)와 같이 오버레이 모델과 피어모델의 두 가지 상호 연결 모델로 나눈다.

오버레이 모델은 광 전송 네트워크 도메인과 IP 도메인 간의 제어 평면이 분리되어 있는 형태로서 서로간의 네트워크 자원 정보를 공유할 수 없으며 IP와 WDM (Wavelength Division Multiplexing)은 시그널링과 라우팅의 관점에서 서로 독립적이다. IP가 광 도메인의 클라이언트이고 광 계층이 클라이

언트를 위한 채널을 제공하는 클라이언트-서버 모델이다. 따라서 IP 계층에서의 변화는 없고 IP over ATM 혹은 MPOA 모델과 유사한 주소 해결 과정이 필요하며, 클라이언트인 IP 라우터 사이에는 광 네트워크가 지원하는 lightpath들을 이용한 점대점 연결 형태를 가진다.

피어 모델은 광 전송 네트워크 도메인과 IP 도메인간이 하나의 계층으로 결합되어있는 형태로서 변형된 IP 시그널링/라우팅 프로토콜을 이용한 하나의 통합된 제어 평면 구조를 가지며 MPLS 모델과 유사하다. 이 모델에서는 WDM 장치들에 IP 주소가 부여되어지고 기존의 IP 시그널링과 라우팅 프로토콜은 수정이 필요하게 된다.

II. 광 인터넷 라우팅 및 신호 프로토콜 표준화 현황

광 인터넷을 위한 제어 평면은 라우팅과 시그널링으로 구성되는데 광 계층을 위하여 이런 기능들이 확장되어야 한다. 광 인터넷을 위한 통합 제어 평면은 IETF에서 규격을 정하고 있는 GMPLS가 있으며 (그림 3)에 GMPLS의 구조를 제어 평면과 데이터 평면으로 나누어 나타내었다. GMPLS는 시분할(즉, SONET ADM), 파장과 공간 스위칭을 통해 분리된 단위로 대역폭 할당을 수행하며 라벨은 타임슬롯, 파장, 혹은 물리적 공간의 위치로서 부호화된다. TDM, 파장, 그리고 파이버 스위칭을 지원하는 광 크로스 커넥터는 입력 포트에 들어오는 광 데이터 스트림을 출력 포트로 교환하고 시그널링과 라우팅 프로토콜을 구현한 제어 평면 프로세서가 사용된다.

1. 광 인터넷 라우팅

현재까지 진행되고 있는 광인터넷 라우팅과 관련된 프로토콜 표준화 작업 현황은 다음과 같다.

- Routing Extensions in Support of Generalized MPLS, <draft-ietf-ccamp-gmpls-routing-00.txt>
- OSPF Extensions in Support of Generalized MPLS, <draft-ietf-ccamp-ospf-gmpls-extensions-00.txt>

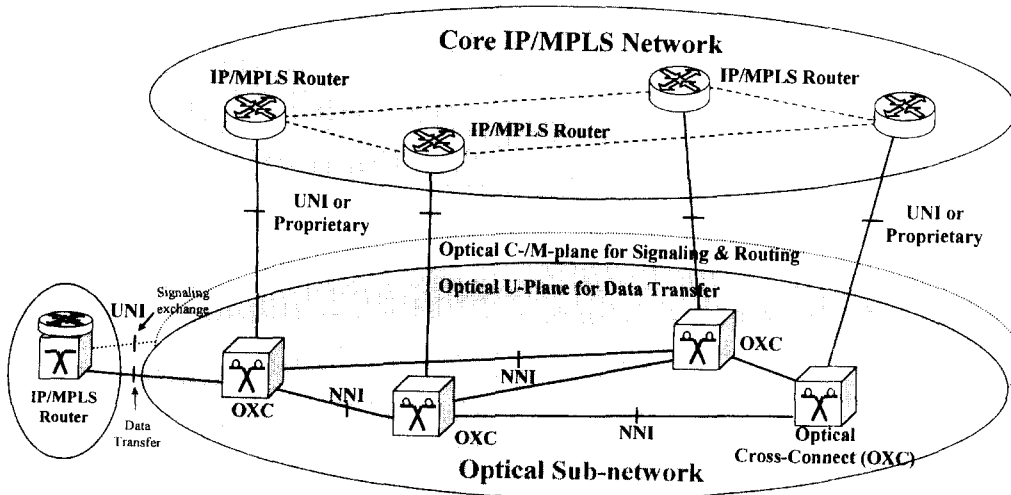
IETF에서는 광 네트워크를 위한 라우팅에 대한 표준화를 IPO WG에서 다루고 있다. 기존 MPLS를 확장한 GMPLS에서 라우팅을 위해 OSPF (Open Shortest Path First)와 IS-IS (Intermediate System - Intermediate System)를 확장하는 내용에 대한 규격이 나와있다. 광 인터도메인 라우팅을 위한 고려사항으로서 안정적이고 트래픽 엔지니어링 목적을 적용시킬 수 있어야 하는데 현재 나와있는 라우팅 프로토콜 중 OSPF, P-NNI (Private-Network Node Interface), BGP (Border Gateway Protocol) 등을 고려하고 있다.

광 인터넷에서의 라우팅 문제를 해결하기 위해 IP 계층 라우팅과 광 계층 WDM 라우팅을 통합하고자 하는 노력이 진행 중이며 상위 계층의 트래픽 요구에 따라 우회 경로 설정 및 재구성이 가능한 가상 토폴로지를 설계하고 파장을 할당하는 RWA (Routing and Wavelength Assignment) 알고리즘에 대한 연구가 선행되어야 한다.

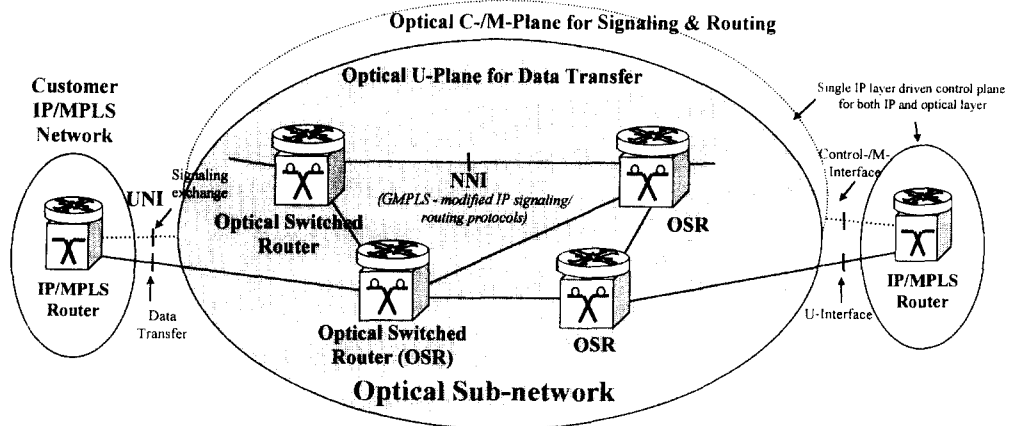
기존 라우팅에서 필요한 메트릭 값 외에 광 인터페이스의 리소스 및 SRLG (Shared Risk Link Group), 파장 등에 대한 다양한 정보를 함께 고려한 라우팅 테이블 작성과 flooding 메커니즘에 대한 논의가 필요하다.

2. Generalized MPLS 신호 프로토콜

현재까지 진행되고 있는 Generalized MPLS 프로토콜과 관련된 표준화 작업 현황은 다음과 같다.



(a) 오버레이 모델



(b) 피어 모델

그림 2. IP 오버 광 네트워크의 상호연결 모델

GMPLS Architecture/Framework

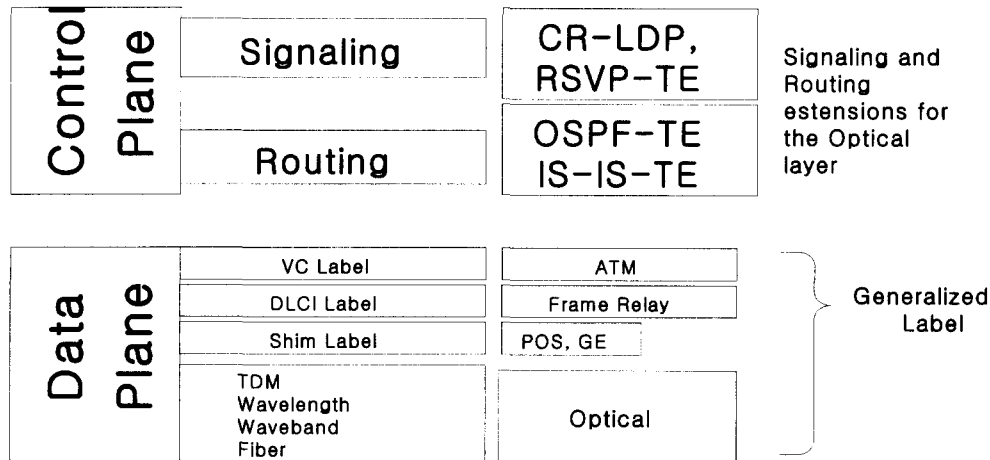


그림 3 Generalized MPLS의 구조

- Generalized MPLS - Signaling Functional Description, <draft-ietf-mpls-generalize-d-signaling-06.txt>
- Generalized MPLS Signaling - CR-LDP Extensions, <draft-ietf-mpls-generalize-d-cr-ldp-04.txt>
- Generalized MPLS Signaling - RSVP-TE Extensions, <draft-ietf-mpls-generalize-d-rsvp-te-05.txt>
- Signalling Unnumbered Links in CR-LDP, <draft-ietf-mpls-crldp-unnum-02.txt>
- Signalling Unnumbered Links in RSVP-TE, <draft-ietf-mpls-rsvp-unnum-02.txt>
- GMPLS Extensions for SONET and SDH Control, <draft-ietf-ccamp-gmpls-sonet-sdh-02.txt>

GMPLS 신호 프로토콜은 기존 CR-LDP (Constraint-based Label Distribution Protocol)와 RSVP-TE (Resource Reservation

Protocol - Traffic Engineering)를 확장한 형태로 MPLS WG과 CCAMP (Common Control and Measurement Plane) WG이 함께 표준화를 진행하고 있다. 현재 GMPLS 구조와 GMPLS 시그널링 기능 규격과 CR-LDP extension, RSVP-TE extension 문서가 초안으로 나와있다. 한편 IETF에서는 SONET (Synchronous Optical Network)과 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)를 위한 GMPLS 확장 부분과 계층적 트래픽 엔지니어링 및 보호/복구를 위한 기능 규격에 대해 활발히 논의 중이다.

GMPLS에 신호 프로토콜에 새롭게 규정된 기능들을 살펴보면 다음과 같다.

가. GMPLS의 전달 인터페이스 유형

GMPLS의 전달 인터페이스는 (그림 4)과 같이 4 단계로 구분된다.

- Packet-Switch Capable (PSC) : 패킷/셀 경계를 인식하고 헤더 정보에 따라 데이터를 전달한다.

- Time-Division Multiplex Capable (TDM) : 반복 주기에 있는 데이터의 타임 슬롯에 따라 데이터를 전달한다.
- Lambda Switch Capable (LSC) : 파장에 따라서 데이터를 전달한다.
- Fiber-Switch Capable (FSC) : 실제 물리 공간의 데이터 위치 정보를 기반으로 데이터를 전달한다.

위의 여러 가지 인터페이스를 계층화된 구조를 나누어서 하나의 FA (Forwarding Adjacency) 형태로 묶어서 LSP (Label Switched Path)를 설정하게 한다.

나. 일반화된 라벨 요구

일반화된 라벨은 크로스 커넥터를 조정하는 정보를 포함하고 있고 일반화된 라벨 요구는 LSP를 지원하는 특정 정보를 가지고 있고 링크 보호, LSP 인코딩, LSP 페이로드를 포함한다. 일반화된 라벨 요구

의 포맷을 보면 LSP 인코딩을 지시하는 LSP 인코딩 유형과 원하는 보호 레벨을 지시하는 링크 보호 플래그 그리고 LSP에 의해 전달 된 페이로드의 식별자인 일반화된 PID가 있다. LSR(Label Switched Router)은 요구 파라미터가 만족될 수 있는지 확인해야 하고 만약 노드가 지원할 수 없으면 그 노드는 "Routing problem/Unsupported Encoding", "Routing problem/Unsupported Link Protection", "Routing problem/Unsupported G-PID" 통지 메시지를 생성해야 한다.

다. 일반화된 라벨

일반화된 라벨은 묶음으로 된 단일 파이버, 파이버 내의 단일 주파 대, 주파 대 내의 단일 파장, 파장 내의 한 쌍의 타임 슬롯을 나타내는 라벨 정보를 전달한다. 일반화된 라벨은 링크의 유형에 따라 가변적이다.

라. 제안된 라벨 (Suggested Label)

제안된 라벨은 업스트림 노드의 선택권을 가지고

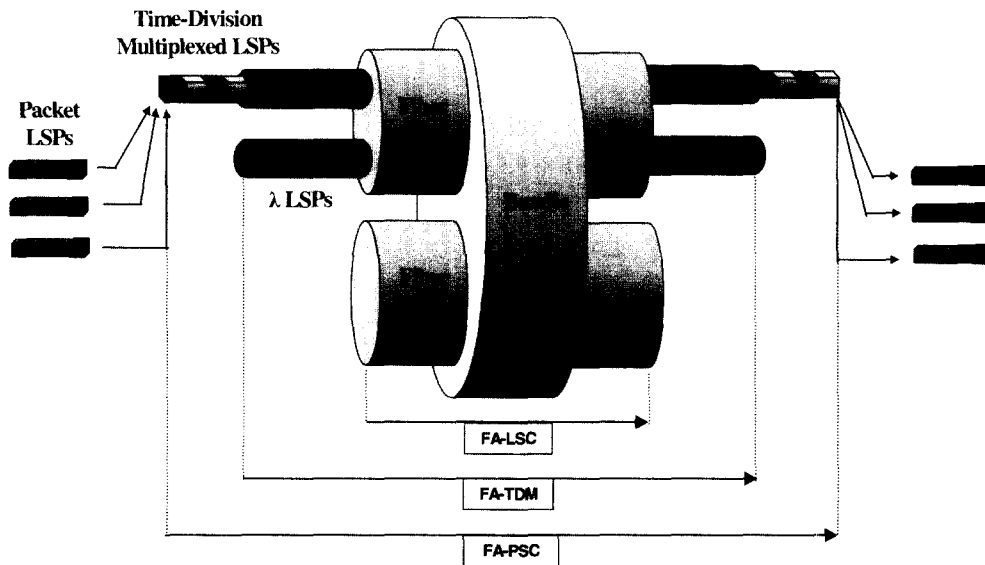


그림 4. Generalized MPLS 전달 인터페이스

서 다운스트림 노드를 제공하기 위해 사용되는 것으로 업스트림 노드는 라벨이 다운스트림 노드까지 도착되기 전에 제안된 라벨을 가지고 하드웨어를 제어하여 셋업 대기 시간을 줄인다.

마. 양 방향 LSP 설정

양 방향 LSP 설정 기능을 이용하여 경로 설정 대기 시간을 줄이고 성공 확률을 증가시킬 수 있다. 기존 단 방향 LDP(Label Distribution Protocol) 동작은 한 쪽 방향의 LSP가 설정된 후 상대 편 방향으로 LSP를 설정하기 위해서는 같은 절차가 되풀이 되어야 한다. 그러나 양 방향 LSP 설정 가능하도록 LDP를 확장하면 한번의 요구로 양 방향의 LSP를 설정할 수 있다.

3. Optical UNI 신호 프로토콜

현재까지 진행되고 있는 Optical UNI 프로토콜과 관련된 표준화 작업 현황은 다음과 같다.

- Optical User Network Interface Specification version 1.0, OIF

OIF에서는 서비스 제공자 도메인과 사용자 도메인 간에 UNI (User-Network Interface) 규격을 통하여 기존 MPLS 시그널링 (CR-LDP, RSVP-TE 등)에 기능 확장을 하였고 보호 기능과 같은 새로운 기능을 포함하려는 활동을 하고 있다. 궁극적으로는 이런 기능들이 IETF에서 규정하고 있는 GMPLS 신호 프로토콜과 합쳐질 것이다.

UNI 신호 프로토콜은 (그림 5)처럼 GMPLS 시그널링과 호환되는 시그널링 절차를 이용하여 클라이언트가 동적으로 광 연결을 설정할 수 있도록 한다. 이것은 광 네트워크 안의 지능을 이용하여 수 초 안에 연결 제공이 가능하도록 한다. 게다가 UNI에는 이런 복잡한 네트워크 관리를 단순화하기 위한 두 가

지 메커니즘을 포함한다. 첫번째는 장비의 파이버 링크 종단을 서로 식별하기 위한 이웃 발견 (Neighbor Discovery) 메커니즘을 가지고 있다. 이 기능은 관리 시스템이 상호연결도 (interconnection maps)를 자동적으로 형성해 주어 수동 설정에 의한 비용을 줄이고 결함을 최소화 할 수 있다. 두 번째는 클라이언트가 광 네트워크로부터 이용 가능한 서비스를 결정할 수 있는 서비스 발견 (Service Discovery) 메커니즘이다. 이는 새로운 광 네트워크 서비스를 클라이언트가 자동으로 발견하고 이용할 수 있도록 해준다. 앞으로 UNI는 시그널링 절차를 이용하여 provisioning interval을 줄이고 사업자의 운용관리 비용이 줄어들 수 있도록 하고 동적 트래픽 엔지니어링을 통해 오늘날의 고정된 네트워크 특성 때문에 발생하는 불필요한 용량 낭비를 줄일 수 있을 것이다.

가. 클라이언트 - 광 네트워크 인터페이스

- 직접 인터페이스 : IPCC(IP control channel)가 라우터와 광 크로스 커넥터 사이의 시그널링과 라우팅 메시지를 교환하며 제어 평면에서 서로 피어 관계이다.

- 간접 인터페이스 : 광 크로스 커넥터와 클라이언트가 직접 인터페이스를 지원할 수 없는 경우에 클라이언트와 광 네트워크 사이에 Out-of-band IP 제어 채널로 구성된다.

나. UNI 시그널링을 위한 LDP 확장

- UNI에 LDP를 적용하면 이미 정의된 LDP 메시지와 메시지 포맷을 그대로 사용할 수 있고 LDP 세션 관리 및 제어 절차도 재 사용할 수 있다.

- UNI lightpath 설정을 위해 요구되는 속성을 지원하기 위한 새로운 TLV를 추가하고 UNI를 통한 lightpath 상태 정보 교환을 가능하게 하는 새로운 LDP 메시지가 정의되어 있다.

Ⅲ. 광 인터넷 제어 및 망 관리 기술 표준화 현황

광 인터넷에서 라우팅 프로토콜과 신호 프로토콜 외에 링크 관리를 위한 새로운 프로토콜로서 IETF에서 링크 관리 프로토콜 (LMP)와 스위치 제어를 위한 GSMP 그리고 ITU-T에서는 망 관리를 위한 기능 규격을 만들고 있다.

1. 링크 관리 프로토콜 (Link Management Protocol : LMP)

현재까지 진행되고 있는 링크관리 프로토콜의 표준화 작업 현황은 다음과 같다.

- Link Management Protocol (LMP), <draft-ietf-ccamp-lmp-02.txt>
- Link Management Protocol Management Information Base Using SMIV2, <draft-ietf-ccamp-lmp-mib-00.txt>

현재 IETF에서는 광 크로스 커넥터와 광 크로스 커넥터 사이의 링크 관리와 광 크로스 커넥터와 전송 장비 사이의 링크 관리를 위한 규격을 만들고 있다. 기존의 OXC (Optical Crossconnect)나 라우터의 링크 관리 기능을 강화시키며, OXC와 DWDM 시스템이 이중의 광 네트워크에서 지능적으로 상호 호환이 될 수 있도록 규정하고 있으며 검증 단계의 Test 메시지를 제외한 모든 LMP 메시지들은 IP 패킷에 실려서 제어채널로 송수신 된다. LMP의 주요 기능은 다음과 같다.

- 제어 채널 관리 기능
- 링크 속성 교환 기능
- 연결성 검증 기능
- 링크의 장애 관리 기능

2. GSMP (General Switch Management Protocol)

현재까지 진행되고 있는 GSMP 프로토콜에 대한 표준화 작업은 다음과 같다.

- General Switch Management Protocol V3, <draft-ietf-gsmp-10.txt>
- Definitions of Managed Objects for the General Switch Management Protocol (GSMP), <draft-ietf-gsmp-mib-06.txt>
- GSMP Packet Encapsulations for ATM, Ethernet and TCP, <draft-ietf-gsmp-encaps-04.txt>

GSMP는 IETF에 GSMP WG서 표준화한 것으로 개방형 ATM 스위치를 제어하기 위해 개발된 것이다. 즉 ATM 스위치 내부에 스위치 슬레이브(Slave)를 두고 컨트롤러(Controller)를 분리해서 개방형으로 호의 연결 관리 및 자원 관리를 하는 것이다. GSMP 프로토콜은 기존의 교환기를 원거리에서 구성 정보를 관리하고, 연결, 상태·통계, QoS를 제어하도록 구성되어 있기 때문에 광과 같은 특정 새로운 기술에 대한 대처 방안이 부족한 상태이다. 그래서 CCAMP와 같은 작업 그룹에서 활발히 진행되고 있는 기술을 도입해서 연구를 진행 중에 있다. "Label"의 속성에 Lambda를 추가하는 작업 뿐만 아니라, 포트 타입, 서비스 정의, 트래픽 매개 변수 등에 대한 새로운 작업도 요구되고 있다. 따라서 최근에는 광 스위치를 제어하기 위한 요구사항을 분석 중이면, GMPLS와 CCAMP에서의 요구사항을 이용한 연구가 많이 이루어지고 있다. 현재 GSMP V3.0까지 나와 있으며 광 인터넷을 위한 GSMP 확장 부분에 대한 초안이 나와있다.

3. 망 관리 프로토콜

현재까지 진행되고 있는 광인터넷의 망관리 프로토콜과 관련된 표준화 작업 현황은 다음과 같다.

- Multiprotocol Label Switching (MPLS) Management Overview, <draft-ietf-mpls-mgmt-overview-00.txt>
- Link Bundling Management Information Base Using SMIV2, <draft-ietf-mpls-bundle-mib-00.txt>

ITU-T에서 G.709 (Network node interface for the Optical Transport Network)에서 광 전달 네트워크에 대한 관련 주제로 표준화를 진행하고 있으며 망 관리 측면에서 G.874에서 광 전달 네트워크를 클라이언트 네트워크와 분리하여 독립적인 관리방식을 적용할 수 있도록 장애, 구성, 그리고 성능 등에 대한 규격을 만들었다. 또한 G.875는 G.874에 적용될 망 관리요소의 정보관리 모델에 대하여 규격을 만들었다.

IV. 광 네트워크 기술 표준화 현황

광 전달망에 대한 표준은 ITU-T를 중심으로 Optical Transport Network (OTN)에 대하여 OTN의 구조 측면, 기능 측면, 측면 및 물리적인 인터페이스 측면에서 여러 권고안이 작업되었다. OPTN과 관련하여 작업된 주요 권고안을 보면 다음과 같다.

- 구조 측면 : G.871 (Framework of Optical Transport Network Recommendations), G.872 (Architecture of optical transport networks), G.873
- 광 모듈 및 서브 시스템 : G.661 (Definition

and test methods for the relevant generic parameters of optical amplifier devices and subsystems), G.662 (Generic characteristics of optical amplifier devices and subsystems), G.663 (Application related aspects of optical amplifier devices and subsystems), G.671 (Transmission characteristics of optical components and subsystems),

- 기능 특성 : G.681 (Functional characteristics of interoffice and long-haul line systems using optical amplifiers, including optical multiplexing), G.798
- 인터페이스 측면 : G.709 (Network node interface for the Optical Transport Network)
- 물리계층 측면 : G.691 (Optical interfaces for single-channel STM-64, STM-256 and other SDH systems with optical amplifiers), G.692 (Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers), G.959.1 (Optical transport network physical layer interfaces)
- 망 관리 측면 : G.874, G.875, G.983.2 (ONT management and control interface specification for ATM PON)
- 액세스 측면 : G.983.1 (Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks)

V. 결론

지금까지 IETF와 ITU-T를 중심으로 광인터넷과 관련된 표준화 현황을 정리하였다. 상기한 바와 같이 아직까지 광인터넷 관련 프로토콜은 광 네트워

크 기술 부분에서는 ITU-T를 중심으로 상당히 표준화가 진행되었으나, IP 트래픽을 전달하기 위해 광 네트워크를 제어하고, 파장 대역을 제어하고, 트래픽 제어와 망 지능을 부가하기 위한 광 인터넷 표준화 작업은 대부분 초안 상태에 있다. 그러나 신호 및 제어 프로토콜 측면의 표준화 작업은 빠른 시간 내에 완성될 것이며, 바로 상용화를 하여 상호 연동성 시험을 하게 될 것으로 보인다.

그러나 광 신호 처리 및 스위칭 기술과 관련된 부분은 아직까지 상용화를 위해서는 많은 시간이 소요될 것으로 예상되어 표준화는 제어 측면을 제외하고는 빨리 나오지는 않을 것 같다.



최준균

1988년 한국과학기술원(박사 - 데이터통신), 1985년 한국과학기술원(석사 - 통신), 1982년 서울대학교 공과대학(학사 - 전자공학), 1998년 현재 한국정보통신대학원대학교, 부교수, 1986년~1997년 한

국전자통신연구원, 실장 및 책임연구원, 1990년~1991년 캐나다 토론토 대학, 교환연구원, 1993년~1996년 ITU-T SG13, Associate Rapporteur (AAL) 및 국내 대표, 1997년~현재 ITU-T SG13, Rapporteur (Q2 : B-ISDN Network Capability), 1997년~현재 한국통신기술협회 (TTA), 통신망구조연구 의장, (연구 분야) B-ISDN 망능력, 구조, 및 성능분석 (ATM 기술 포함), 네트워크 프로토콜 (LAN/ MAN/WAN, Public/Private), 네트워크 접속/연동 기술