

主 題

광인터넷 구조 및 프로토콜

한국정보통신대학교 최준균, 이규명

차 례

- I. 광인터넷 기술 등장 배경
- II. 광인터넷 망 개요
- III. IP 기반 광 네트워크 제어 이슈 및 경제적 효과
- IV. 단계별 GMPLS망으로 전환 전략

I. 광인터넷 기술 등장 배경

늘날의 네트워크는 사용자 트래픽의 엄청난 증가와 빠른 전송 속도를 요구하는 반면 교환망의 구조는 점차 단순해지고 있다. 이로 인해 WDM(Wavelength Division Multiplexing : 파장 분할 다중화) 기법을 이용해 더욱 효과적으로 대역폭을 할당하고 동적 구성변환이 가능한 광 네트워크가 요구된다. 이를 위한 광 기술은 빠르게 변화하고 있으나 광 소자는 대기 시간과 동기 문제가 있으며 전자 및 광 소자 사이에 관심이 집중되고 있다.

전통적인 네트워크 플랫폼과 비용구조는 50ms 복구시간과 신뢰성 같은 서비스 전달 요구사항이 변화하고 있고 OC-48c/OC-192c 라우터에 대한 수요가 증가하고 있어 재평가 되어야 하고 현존 SONET(Synchronous Optical Network)/SDH(Synchronous Digital Hierarchy) 링 기반 구조가 비효율적이고 메쉬 구조가 더 효과가 있다는 지적도 있고 이런 기술들이 많은 비용이 들고 2.5Gbps 이상에서는 적절치 않으며 확장성의 문제

가 있다. 또한 현재의 구조는 음성에 최적화 되어 있어 데이터 트래픽에는 적합하지 않다. 따라서 기존 SONET/SDH 장비를 제거하여 IP 트래픽을 바로 WDM으로 전송하려는 IP over WDM 기술에 대한 연구가 활발하다. 이 기술을 적용한 광 인터넷은 기존 IP가 갖는 범용성 및 규모성과 WDM의 풍부한 대역 제공 능력을 결합하여 폭증하는 인터넷 대역 요구를 경제적, 효과적으로 수용할 수 있게 하는 차세대 통신 네트워크라 할 수 있다.

광 인터넷에서 진행중인 이슈들은 보호와 복구, 성능 모니터링, 장애 격리, 네트워크 엔지니어링과 대역폭 분배, 파장 관리와 망 확장성과 새로운 전송 기술에 대한 정합 문제 등이 있다. 그러나 이를 위해서는 여러 가지 물리적인 한계점을 해결해야 한다. 첫째 광 소자 측면에서 광 레벨에서 버퍼링 기술이 해결되지 않고 있으며 처리속도의 한계를 가지고 있다. 둘째 광 WDM 측면에서 단일 파장에 큰 대역폭을 가지고서 파장 조율과 변환을 위한 긴 대기 시간이 필요하다. 셋째 광 스위치 측면에서 단일 파이버에 큰 대역폭으로서 상대적으로 적은 사이즈의 스위치로

스위칭 오버에 긴 대기 시간을 갖는다.

앞으로 IP를 기반 한 광 네트워킹은 값이 비싼 O/E/O 변환 장비를 제거하고 값 싸게 패킷을 교환하고자 하는 움직임과 시기 적절한 서비스 제공, 광 레벨에서의 트래픽 엔지니어링이 가능해야 하며 백본 네트워크를 통하여 버스트한 IP 서비스를 수용할 수 있어야 한다. 이를 위해 모든 서비스를 수용하는 IP와 하부 광 전달망을 가장 최적으로 간단히 결합할 수 있는 강력한 제어 평면이 필요하며 이는 기존 MPLS(Multiprotocol Label Switching) 개념을 확장한 GMPLS(Generalized MPLS) 방식이 될 것이다.

네트워크 제어를 위해서는 장애 격리와 성능 모니터링, 보호 복구 기능을 가장 비용효과적으로 수행할 수 있는 OAM(Operation, Administration and Maintenance) 기능과 협상된 대역폭과 QoS(Quality of Service)를 위한 빠른 서비스 제공, 대역폭 제공 시 확장성과 그루밍(grooming), SLA(Service Level Agreement)에 따른 동적 광 VPN 제공 및 자동 환경설정과 토폴로지 자동 복구기능이 요구된다.

제어 평면을 통한 트래픽 제어와 리소스 제어, QoS, 시그널링, VPN(Virtual Private Network) 등과 노드 링크 경로 보호 복구의 제어 능력에 의해 광 네트워킹에 지능을 부여할 수 있다. 광 네트워킹을 위한 제어 평면은 링크 보호, 용량 계획, 부하 전달과 같은 동적 구성변환 기능과 스위칭/라우팅, 클래스, 우선순위 결정을 위한 통합 L1, L2, L3 전달 엔진을 가지고 어플리케이션과 흐름, 클래스, 파장에 기반한 트래픽 제어 및 트래픽 모음 기능을 수행하며 멀티캐스트와 보안을 위한 광 VPN 기능 및 공유 미디어를 위한 다중 액세스 방안과 광 스위칭과 IP 라우팅을 위한 네이밍과 어드레싱 기능을 포함한다. 광 크로스 커넥터 제어 평면은 신속한 광 채널 경로를 설정하고 트래픽 엔지니어링 기능 및 다양한 보호 복구 방안을 지원할 수 있어야 한다. MPLS

트래픽 엔지니어링 제어 평면은 자원 분배 및 정적 정보 보급 및 경로 선택 및 관리 기능을 수행한다.

지금까지 살펴본 것처럼 광 네트워킹을 위해서는 강력한 제어 평면이 필요하게 되었고 이 기능을 기존 MPLS 시그널링을 확장한 IP 중심적인 제어 메커니즘으로 GMPLS가 등장하게 되었다.

II. 광인터넷 망 개요

1. 광인터넷 망 구조

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.

● 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

앞으로 GMPLS를 이용한 IP over optical 네트워크는 (그림 3)과 같이 기존의 패킷 기반 IP/MPLS 망과 광 코어 라우터들로 구성된 MPLS 서브 망으로 구성될 것이다. GMPLS 시그널링을 이용하여 MPLS 영역에서 설정된 LSP가 aggregation 되어 광 에지 라우터에서 설정된 광 파장 LSP에 매핑되어 종단간 LSP를 설정하게 된다.

2. GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) 프로토콜

광 인터넷을 위한 통합 제어 평면은 MPLS 시그널링 기능을 확장한 GMPLS가 다중 유형의 스위칭을 지원하는 형태가 될 것이다. (그림 4)에 GMPLS의 구조를 제어 평면과 데이터 평면으로 나누어 나타내었다.

MPLS 시그널링 확장을 이용한 GMPLS는 시분할 (즉, SONET Add Drop Multiplexes), 파장과 공간 스위칭을 통해 분리된 단위로 대역폭 할당을 수행하며 라벨은 타임 슬롯, 파장, 혹은 물리적 공간의 위치로서 부호화 된다. TDM(Time Division Multiplexing), 파장, 그리고 파이버 스위칭을 지원하고 광 크로스 커넥터는 입력 포트에 들어오는 광

데이터 스트림을 출력 포트로 교환 할 수 있고 시그널링과 라우팅 프로토콜을 구현한 제어 평면 프로세서가 들어간다.

종단간 네트워킹을 지원하는 광 크로스 커넥터들로 구성된 광 메쉬 서버 네트워크는 라우팅, 모니터링, 그루밍(grooming), 광 채널의 보호 복구와 같은 기능을 제공한다.

2.1. GMPLS 프로토콜의 특징

- GMPLS의 전달 인터페이스 유형

GMPLS의 전달 인터페이스는 (그림 5)와 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

GMPLS Architecture/Framework

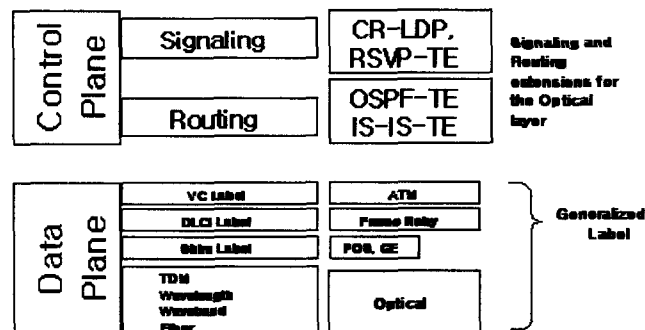


그림 4. Generalized MPLS의 구조

전달한다.

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

- 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 요구의 포맷은 LSP 인코딩을 지시하는 LSP 인코딩 유형과 원하는 보호 레벨을 지시하는 링크 보호 플래그 그리고 LSP에 의해 전달된 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.

- 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.

- 제안된 라벨 (Suggested Label)

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

- 양 방향 LSP 설정

양 방향 LSP 설정 기능을 이용하여 경로 설정 시 대기 시간을 줄이고 성공 확률을 증가 시킬 수 있다. 기존 단 방향 LDP(Label Distribution Protocol) 동작은 한 쪽 방향의 LSP가 설정된 후 상대방 방향으로 LSP를 설정하기 위해서는 같은 절차가

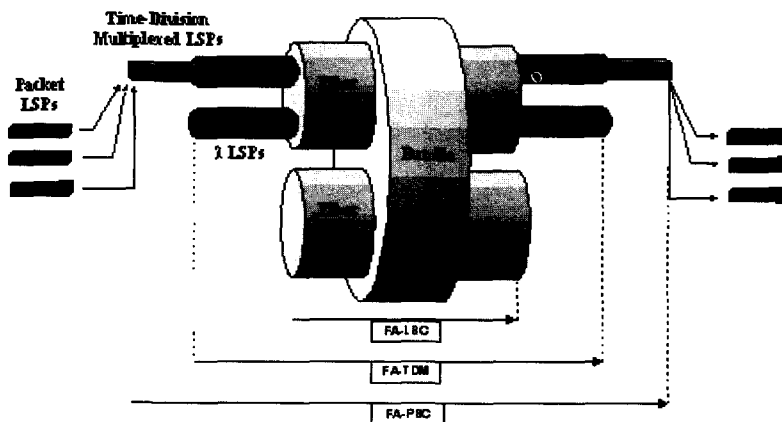


그림 5. GMPLS 전달 인터페이스

		provisioning	Inventory	Service layer automation	Management of resources
LMP	<ul style="list-style-type: none"> Multi-vendor node-2-node Connectivity Fault isolation Link association assignment 				
OSPF/IS-IS	<ul style="list-style-type: none"> Resource availability Path discovery Intra domain topology 				
BGP	<ul style="list-style-type: none"> Inter domain topology Inter autonomous system link state 				
RSVP-TE/CR-LDP	<ul style="list-style-type: none"> Signaling Establish paths and assign labels Traffic engineering and restoration 				

그림 6. GMPLS 프로토콜과 기능과의 관계

되풀이 되어야 한다. 그러나 양 방향 LSP 설정 가능하도록 LDP를 확장하면 한번의 요구로 양 방향의 LSP를 설정할 수 있다.

2.2. GMPLS 프로토콜의 기능

GMPLS 제어 평면은 크게 라우팅과 시그널링으로 구분할 수 있는데 (그림 6)은 GMPLS의 주요 프로토콜과 기능과의 관계를 나타내었다. 기존의

OSPF/IS-IS와 BGP와 같은 라우팅 프로토콜이 하부의 다양한 전달망을 지원할 수 있도록 확장되고 MPLS에서 규격이 완성된 RSVP-TE와 CR-LDP가 GMPLS를 위해 기능이 확장되어야 한다. 뿐만 아니라 채널 관리 기능 및 링크 장애 관리, 링크 속성 교환 및 연결성 검증을 위한 링크 관리 프로토콜 (LMP)이 있다. (그림 7)은 제어 평면의 라우팅과 시그널링이 LMP와 GSMP 기능을 이용하여 광 스위칭 패브릭을 제어하는 광 라벨 스위치 기능 모델을 설명하고 있다.

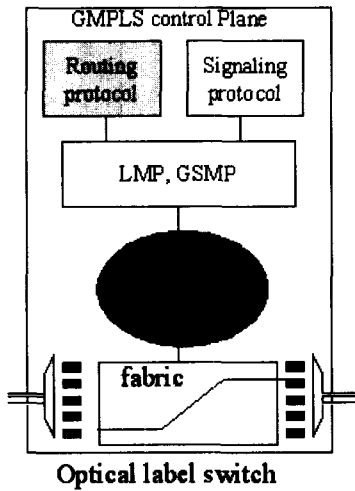


그림 7. 광 라벨 스위치의 기능 모델

2.3. UNI 신호 프로토콜

UNI 신호 프로토콜은 (그림 8)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 가지 메커니즘을 포함한다. 첫번째는 장비의 파이버 링크 종단을 서로 식별하기 위한 이웃 발견 (Neighbor Discovery) 메커니즘을 가지고 있다. 이 기능은 관리 시스템이 상호연결도 (interc-

onnection 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 해 준다. 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.

● 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.

● 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.

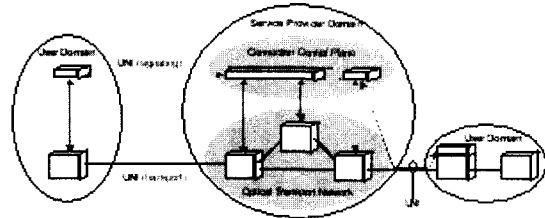


그림 8. 서비스 제공자와 사용자 도메인 간에 사용되는 UNI 신호 프로토콜

3. GMPLS 표준화 현황

본 장에서는 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 부가적인 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 측면뿐만 아니라 전송 및 망 관리 측면에 대한 규격을 제정 중에 있다.

3.1. IETF 표준화 동향

GMPLS 관련 표준화는 sub-IP Area에 CCAMP WG을 중심으로 관련 MPLS, IPO, GSMP 등의 WG과 연관되어 규격을 제정 중에 있

다. (그림 9)는 CCAMP를 중심으로 한 sub-IP Area의 주요 WG들을 설명한 것으로 CCAMP는 각 WG에서 규격을 만들고 있는 프레임워크이나 요구 사항, 기존 MPLS 프로토콜에 관련된 사항을 반영하여 GMPLS를 중심으로 한 시그널링과 라우팅, LMP 등의 프로토콜 표준을 정한다.

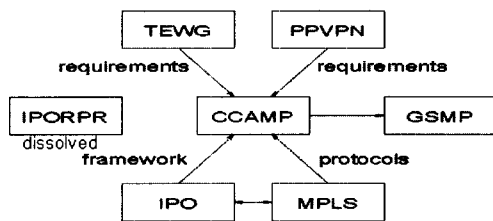


그림 9. IETF sub-IP Area 관련 Working Group

CCAMP WG은 juniper의 Kireeti Kompella와 월드콧의 Ron Bonica가 공동 의장으로, 다음과 같은 사항들을 해결하기 위한 회의 그룹이다.

- ✓ MPLS, IPO 등과 같은 전송기술 관련 WG의 결과를 활용하여 다양한 물리적 패스 및 터널링 기술(예: O-O-O/O-E-O 광스위치, ATM/FR 스위치, MPLS, GRE)을 지원하는 신호방식 및 측정 프로토콜들을 정의한다.
- ✓ TEWG 및 PPVPN 등과 같은 WG과 협력하여 링크 및 패스 관련 프로토콜 독립적인 메트릭 및 파라미터를 정의한다.
- ✓ 측정 프로토콜이 수집한 네트워크 자원 특성 정보를 OSPF 및 IS-IS와 같은 현재의 라우팅 프로토콜을 이용해 분배하는 방법을 정의한다.

이 WG은 TEWG, PPVPN, IPO, MPLS, ISIS, OSPF, 그리고 GSMP 등과 같은 WG들과 밀접한 관계를 맺고 있으나, 이번에 일본에 개최된 54차 IETF 미팅에서는 ITU-T SG15의 GMPLS 접근방향에 대한 상황 보고를 제외하면 WG 내부적

인 기고서 검토로만 이루어졌다. 특히, Wesam Alanqar는 현재의 IETF/OIF 주도의 O-UNI가 다음과 같은 세가지의 기능을 지원하지 못함을 지적하였다. .

- ✓ discovery of remote link end-point identifier
- ✓ discovery of serial link connection identifier
- ✓ discovery of remote control entity identifier

Kireeti Kompella는 draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-03를 비롯한 last call 상태에 있는 약 10종의 문서들의 리스트만을 소개하고 이어서 protection/restoration, crankback, multi-area operation 등에 대한 charter update 관련 사항들을 소개하였다. 발표된 기고서들 역시 주로 protection/restoration에 해당되는 것들로 미루어 보아 이미 지난 회의 때 charter update에 대한 내용이 검토되었던 것으로 보인다.

다음부터는 지금까지 진행된 표준화 현황을 항목 별로 살펴본다.

● 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-03.txt>
- ✓ IP over Optical Networks: A Framework, <draft-ietf-ipo-framework-02.txt>
- ✓ Carrier Optical Services Requirements, <draft-ietf-ipo-carrier-requirements-03.txt>
- ✓ Automatic Switched Optical

Network0 (ASON) Architecture and Its Related Protocols, <draft-ietf-ipo-ason-02.txt>

광 인터넷은 대부분의 응용을 IP 기반으로 통합하고 IP 중심 제어 프로토콜을 이용하여 액세스 지점에서 다양한 서비스 품질별로 트래픽을 분류한 후, 지원 가능한 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 문서가 거의 규격이 완성되었다. ITU-T에서는 G..807과 G..ason 문서와 관련한 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 기능규격을 다루고 있다.

- 광 인터넷 라우팅 및 신호 프로토콜 표준화 현황

광 인터넷을 위한 제어 평면은 라우팅과 시그널링으로 구성되는 데 광 계층을 위하여 이런 기능들이

확장되어야 한다. 광 인터넷을 위한 통합 제어 평면은 IETF에서 규격을 정하고 있는 GMPLS가 있다.

가. 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-04.txt>
- ✓ OSPF Extensions in Support of Generalized MPLS, <draft-ietf-ccamp-ospf-gmpls-extensions-07.txt>
- ✓ Optical Inter Domain Routing Considerations <draft-ietf-ipo-optical-inter-domain-01.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 과장을 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.

나. Generalized MPLS 신호 프로토콜

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

- ✓ Generalized MPLS - Signaling Functional Description, <draft-ietf-mpls-generalized-signaling-08.txt>
- ✓ Generalized MPLS Signaling - CR-LDP Extensions, <draft-ietf-mpls-generalized-cr-ldp-06.txt>
- ✓ Generalized MPLS Signaling - RSVP-TE Extensions, <draft-ietf-mpls-generalized-rsvp-te-07.txt>
- ✓ Signalling Unnumbered Links in CR-LDP, <draft-ietf-mpls-crldp-unnum-06.txt>
- ✓ Signalling Unnumbered Links in RSVP-TE, <draft-ietf-mpls-rsvp-unnum-06.txt>
- ✓ GMPLS Extensions for SONET and SDH Control, <draft-ietf-ccamp-gmpls-sonet-sdh-05.txt>
- ✓ Framework for GMPLS-based Control of SDH/SONET Networks <draft-ietf-ccamp-sdhsonet-control-01.txt>
- ✓ GMPLS Extensions to Control Non-Standard SONET and SDH Features <draft-ietf-ccamp-gmpls-sonet-sdh-extensions-03.txt>

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

형태로 CCAMP WG이 표준화를 진행하고 있다. 현재 GMPLS 구조와 GMPLS 시그널링 기능 규격과 CR-LDP extension, RSVP-TE extension 문서가 IESG last call 단계로 거의 RFC로 확정된 상태이다. 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.

● 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 망 관리를 위한 기능 규격을 만들고 있다.

가. 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-04.txt>
- ✓ Link Management Protocol Management Information Base Using SMIPv2, <draft-ietf-ccamp-lmp-mib-03.txt>
- ✓ Link Management Protocol (LMP) for DWDM Optical Line Systems, <draft-ietf-ccamp-lmp-wdm-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 메시지는 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

나. GSMP (General Switch Management Protocol)

현재까지 진행되고 있는 GSMP 프로토콜에 대한 표준화 작업은 다음과 같다.

- ✓ Requirements for the Dynamic Partitioning of Switching Elements, <draft-ietf-gsmp-dyn-part-reqs-01.txt>
- ✓ Requirements for adding optical Support to GSMPv3, <draft-ietf-gsmp-reqs-02.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, 포트타입, 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

V3.0가 RFC로 나왔으며 이번 미팅때 한국에서 광 인터넷을 위한 GSMP 확장 문서와 GSMP 인터페이스에서의 망 관리를 위한 모델을 제시한 문서를 제출하여 좋은 반응을 얻었다.

다. 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-02.txt)
- ✓ Link Bundling Management Information Base Using SMIv2, draft-ietf-mpls-bundle-mib-03.txt)

3.2. ITU-T 표준화 동향

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.

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 inter-

표 1. OTNT : ITU-T Recommendations on the ASTN/ASON Control Plane

Topic	Title	Publ.*
Requirements	G.807/Y.1302 Requirements for the Automatic Switched Transport Network (ASTN)	07/01
Architecture	G.8080/Y.1304 Architecture for the Automatic Switched Optical Network (ASON)	11/01
	G.ason living list	
Protocol Neutral Specifications for key signalling elements	G.7713/Y.1704 Generalised Distributed Connection Management (draft version 0.3, 06/01)	10/01
	G.7713.1/Y.1704 Distributed Call and Connection Management PNNI Implementation	
	G.7713.1/Y.1704 Distributed Call and Connection Management-GMPLS RSVP-TE Implementation	
	G.7713.1/Y.1704 Distributed Call and Connection Management-GMPLS CR-LDP Implementation	
	G.7714/Y.1705 Generalised automatic discovery techniques	10/01
	G.7715/Y.1706 Architecture and requirements for routing in automatically switched optical networks	2002
	G.7716/Y.1707 [ASTN link connection status]	
	G.7717/Y.1708 Connection Admission Control	
Specific Protocols to realise the signalling elements		
Data Communication Network (CDN)	G. 7712/Y.1703 Data Communication Network (Draft, 06/01)	10/01
	G.dcn living list version 02/01	

faces 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)

〈표 1〉은 ASTN/ASO 제어평면과 관련된 ITU-T 권고안 리스트를 나타낸다.

3.2. OIF (Optical Internet Forum) 표준화 동향

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.

OIF에서 광네트워크 관련한 기술적인 작업을 하고 있는 6 개의 WG은 다음과 같이 나누어져 있으며, 각 WG의 임무는 다음과 같다.

또한 현재까지 만들어진 OIF 규격들은 PLL에서 주로 작업이 이루어진 인터페이스 관련한 많은 규격들과 구조, 신호 및 OAM&P 그룹에서 협력해서 만든 신호규격이 있다.

- 광네트워크 표준화 동향 이슈

가장 최근의 표준화회의는 보스톤에서 3일동안 이루어졌으며, 기고서들에 대한 토의는 크게 PLL WG 과 그의 5개 WG으로 나누어져 논의되었다. 지난 회의 이후에 계속되고 있는 OIF 차원의 이슈는 UNI2.0과 NNI 요구사항 및 신호와 라우팅 규격 그리고 물리 인터페이스 규격이다. 더불어 이미 완성된 UNI1.0 규격에 대한 개발 제품들간의 완전한 상호운용성을 확보하기 위하여 상호운용성 시험 및 데모에 관한 작업의 논의도 활발하게 토의되었다. 이들

표 2. OIF Working Group

WGs	임무
Architecture	• 서비스 제공자의 요구사항을 분석하여 광 네트워크를 위한 구조에 관련된 규격 작성, 광 네트워크 기능의 정의, 기능간의 인터페이스 및 다른 망 요소를 갖는 인터페이스의 규정
Carrier	• 서비스 제공자 망에 설치될 수 있는 미래의 광 네트워킹 제품에 의해 지원되어야 하는 서비스와 기능에 대한 요구사항 개발. 모든 OIF멤버에게 공개되나, 캐리어만이 WG에 대한 투표권을 갖음
Interoperability	• OIF 규격에 대한 적합성을 확인하기 위한 시험방법의 정의 및 상호운용성 시험에 대한 기술적인 선도. 적합성 기준은 OIF 규격에서 도출해야 하며, 평가 방법은 관련 WG과 협의
OAM&P	• 광 네트워크에 관련한 운용/관리 및 유지보수와, 프로비저닝(Operations Administration, Maintenance, & Provisioning) 요구사항 및 규격의 개발. 이 규격들은 망자원의 계획(planning), 엔지니어링 및 프로비저닝에 적용
Physical & Link Layer (PLL)	• 광 네트워크 요소간의 물리 및 데이터 링크 계층에 관계된 규격 작성, 광 네트워크 장치간의 상호연결을 위한 신호의 정의와 설정
Signaling	• 광 네트워크 요소간에 사용되어질 수 있는 신호 프로토콜에 관련된 규격 작성, 광 요소들의 신호 정보의 교환을 위한 특정 물리 계층 메커니즘 정의 및 광 요소들의 연결을 위한 신호 정보의 교환을 위한 신호 프로토콜의 정의

에 관한 좀더 상세한 내용은 다음과 같다.

가. 물리적 인터페이스 규격

다음과 같은 규격들이 PLL WG 및 TC(technical Committee)를 통과하여 draft 기술 문서(technical document)로 인정되었다.

- ✓ SFI-5 (Serdes Frammer Interface Level 5) : 물리 및 링크 계층 디바이스를 위한 40Gb/s 인터페이스 규격(oif2001.145.10)
- ✓ SxI-5: 2.488 ~ 3.125Gbps 병렬 인터페이스를 위한 전기적 특성 규격(oif2001.149.12)
- ✓ SFI-4.2 (SERDES Frammer Interface Level 4 Phase 2) : 물리 계층 디바이스를 위한 10Gb/s 인터페이스 규격(oif2002.166.01)
- ✓ VSR-5 (Very Short Reach Interface Level 5) : VSR 응용을 위한 SONET/SDH OC-768 인터페이스 규격(oif2001.643.07)
- ✓ Tunable Laser : Tunable Laser 규격(oif2002.210.04)
- ✓ VSR-4.5 (Very Short Reach Interface Level 5) : VSR 응용을 위한 SONET/SDH OC-768 인터페이스 규격(oif2002.206.01)

나. UNI 2.0 규격

UNI 1.0 규격은 전달 평면으로는SONET/SDH 망에서의 전송만을 고려하였으며, 제어 평면의 기능으로는 RSVP나 CR-LDP를 이용한 신호, 점대점 연결 서비스 제공, LMP 프로토콜을 사용한 제어 채널의 유지보수 및 LMP 프로토콜을 확장한 이웃(Neighbor) 및 서비스 발견(Discovery)에 대하여 권고하고 있다. 그러나 새로운 기능의 도입과 강화를 목적으로 UNI 2.0 버전을 개발하기 위해, 그

후보가 될 수 있는 항목을 사전에 19가지를 선정하여 본 회의에서 토의를 가졌다. 그 결과 7개의 항목은 삭제하거나 다음 버전에서 고려하기로 하였으며, 아래의 내용들이 다음 회의에서 UNI 2.0버전으로 확정될 것으로 예상된다.

- ✓ 호 및 연결 제어 강화: 망에서 호와 연결의 분리 제어, 서비스 중단없는 연결 수정, 점대점의 다중 연결의 설정 및 라우팅 관점에서 다중 호명 응용
- ✓ 발견 및 도달가능성의 강화: 도달가능성의 강화 및 주소 할당과 등록
- ✓ 전달 형태의 강화: 이더넷 인터페이스의 전달 및 G709 인터페이스의 사용
- ✓ 보안 요구사항의 강화: 보안에 대한 요구사항 강화 및 보호/복구의 확장 기본적으로 UNI2.0은 이미 만들어진 UNI 1.0 규격을 수용하고 기능 및 특성의 처리가 상호호환성을 갖는 것을 전제로 작업을 진행하고 있다.

다. NNI 요구사항

현재 NNI 1.0 요구사항은 본 회의에서 draft 기술 문서가 되었으며, 메트로/코어 연동과 멀티-밴드 연동에 한하여 요구사항이 만들어지고 있다. (그림 10)에서는 NNI에 대한 도메인 기준 모델을 나타냈으며, A 라우터에서 시도하는 신호/연결 제어 경로를 만들기 위해 B, C 및 D 메트로/코어 도메인에서 수행하여야 하는 여러 기능 또는 메커니즘을 NNI1.0.으로 고려하고 있다. 호 설정 신호는 도메인 B, C 또는 NMS에 의해 이루어질 수 있도록 하고 있는 데, 이것은 신호 호출(invocation) 방법을 관리나 UNI가 시작할 수 있도록 하며, 그에 의한 연결은 ITU-T G.807(ASTN)에서 정의하는 3가지 기본 연결 형태(교환 연결, 영구 연결 및 반영구 연결)를 지원하도록 하고 있다.

NNI가 지원가능한 서비스로는 정적 프로비저닝 대역폭 서비스(SPB, Static Provisioned Band-

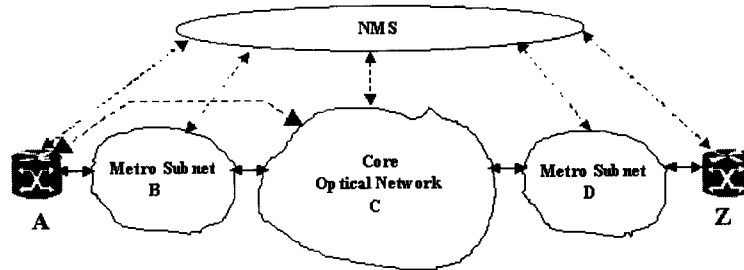


그림 10. OIF NNI 기준 모델

width Service), 요구형 대역폭 서비스(BOD, Bandwidth-on-demand service) 및 광레벨 VPN(Optical VPN)를 고려하고 있으나, OVPN은 현재 ITU-T에서도 작업을 하고 있고 UNI 2.0 후보 항목에서도 탈락되었기 때문에, 다음 버전의 NNI에서 지원하는 것으로 논의되었다.

라. NNI 신호 및 라우팅 규격

NNI 라우팅 규격

본 회의에서는 NNI 라우팅 프로토콜 규격에 대한 많은 기고서들이 제출, 논의되었으나, 다음 회의에서 규격화를 위해 OSPF 및 IS-IS를 기반으로 하는 하나의 DDRP(domain to domain Routing Protocol)를 만들 것을 고려하고 있다. 이를 위해 라우팅 프로토콜을 링크-상태 기반으로 할 것인지 아닌지를 결정하고, GMPLS OSPF-TE 또는 OSPF-TE의 특성을 결합시켜야 하며, 그리고 NNI 요구사항에 포함된 규격을 만족시키는 지에 대한 평가가 필요하다는데 동의했다. 더불어 라우팅 계위 레벨의 수(2 또는 4)를 결정해야 하는데, 여기에는 라우팅 토폴로지 생성, 가용 자원과 제한의 결정, 도달할 수 있는 TNA 주소를 어떻게 결정해야 하는가 및 이런 정보들을 어떻게 코딩하고 전파해야 하는가에 대한 추가적인 논의가 필요하다는 것을 인식했다.

NNI 신호 규격

본 회의에서는 지난 회의에서 결정된 Interim

NNI 규격에 대하여 제품간의 초기 상호운용성 시험에 대한 토의가 있었으며, 또한 GMPLS RSVP-TE 또는 CR-LDP를 사용한 호와 연결의 분리 작업을 하기로 하였다. 또한 UNI와 GMPLS의 연동에 관한 기고도 발표되었는데 앞으로 계속 진행하기로 합의하였다. 본 회의에서는 draft 기술 문서의 작성은 없었다.

● 광네트워크 상호운용성 시험 계획

UNI 1.0 규격의 완성 및 NNI 신호에 대한 Interim 버전 작성과 VSR 또는 Tunable Laser와 같은 일련의 OIF 활동을 통하여 제품개발자, 캐리어 및 서비스 제공자간의 규격에 대한 상호운용성 시험은 2001년 Supercomm에서 실시된 이후 계속 논의되어 왔다. 이번 회의에서는 그 동안 계속 논의되어 왔던 상호운용성 시험 범위와 일정 등 일부 사항들이 결정되었다.

가. NNI 상호운용성 시험 계획

- ✓ 시험 일정 : 2003년 1월 또는 2월(비공개), 2003년 3월 OFC(공개)
- ✓ 시험 범위 : UNI 전체 기능(이웃 및 서비스 발견 메커니즘 및 Inband 신호), 부분적 NNI, 가능하면 TMF와 협의하여 프로비저닝 연결 관리 시도
- ✓ 시험 규격 작성 : draft(2002년 9월), 규격

승인(2002년 11월 회의)

● 향후 활동 방향

OIF에서 논의가 활발한 WG은 광 네트워크의 기능 및 능력을 규정하는 UNI2.0과 NNI 신호 및 라우팅 프로토콜 개발과 연관되어 있다. 현재 UNI 2.0 규격에 대한 개발 시점을 올해 11월로 예정하고 있기 때문에 신속한 후보 항목의 선정이 이루어져야 한다. 이를 위해 각 멤버들간의 전화를 이용한 국제회의(Conference Call)와 메일을 통한 항목의 사전 협의를 계획하고 있다.

NNI 신호와 라우팅에 대한 작업도 계속 진행되고 있으므로 KT에서도 이 분야에 대한 지속적인 참여와 관심이 필요하다. 이 규격의 완성은 기본적으로 광 네트워크에서 전송 및 교환기능을 갖게 되어 상위 계층 서비스의 유연한 제공과 효과적인 망 및 자원 관리가 가능하게 된다. 이를 위해서는 사전에 제품들간의 상호운용성에 대한 확보가 필수적이다.

이상과 같은 분야에 대하여는 광 네트워크 규격의 개발에 참여뿐만 아니라 현재 KT망에 그런 기술을 적용하기 위한 방안 등의 마련을 위해서 관련 분야의 많은 사람들의 관심과 참여도 필요하다.

Ⅲ. IP 기반 광 네트워크 제어 이슈 및 경제적 효과

1. IP 기반 광 네트워크 제어 이슈

네트워크 제어를 위해서는 결합 분리와 성능 모니터링, 보호 복구 기능을 가장 비용효과적으로 수행할 수 있는 OAM(Operation, Administration and Maintenance) 기능과 협상된 대역폭과 QoS(Quality of Service)를 위한 빠른 서비스 제공, 대역폭 제공 시 확장성과 그루밍(grooming), SLA(Service Level Agreement)에 따른 동적

광 VPN 제공 및 자동 환경설정과 토폴로지 자동 복구기능이 요구된다.

제어 평면을 통한 트래픽 제어와 리소스 제어, QoS, 시그널링, VPN(Virtual Private Network) 등과 노드 링크 경로 보호 복구의 제어 능력에 의해 광 네트워크에 지능을 부여할 수 있다. 광 네트워크를 위한 제어 평면은 링크 보호, 용량 계획, 부하 전달과 같은 동적 구성변환 기능과 스위칭/라우팅, 클래스, 우선순위 결정을 위한 통합 L1, L2, L3 전달 엔진을 가지고 어플리케이션과 흐름, 클래스, 파장에 기반한 트래픽 제어 및 트래픽 모음 기능을 수행하며 멀티캐스트와 보안을 위한 광 VPN 기능 및 공유 미디어를 위한 다중 액세스 방안과 광 스위칭과 IP 라우팅을 위한 네이밍과 어드레싱 기능을 포함한다. 광 크로스 커넥터 제어 평면은 신속한 광 채널 경로를 설정하고 트래픽 엔지니어링 기능 및 다양한 보호 복구 방안을 지원할 수 있어야 한다. MPLS 트래픽 엔지니어링 제어 평면은 자원 분배 및 정적 정보 보급 및 경로 선택 및 관리 기능을 수행한다.

메쉬 광 네트워크에서 light path를 동적으로 제공하기 위하여 링크 발견, 토폴로지 발견, 경로 계산, 경로 설정과 같은 메커니즘들이 필요하다. 이를 바탕으로 IP 기반으로 광 네트워크를 수행하기 위해 제어 평면에서 해결해야 할 많은 이슈들에 대하여 살펴본다.

✓ 어드레싱 이슈

어드레싱을 통하여 광 크로스 커넥터, 광 링크, 광 채널, 서버 채널의 엔터티를 식별할 수 있어야 한다. 물리적인 리소스를 공유하는 광 링크의 그룹에게 할당된 식별자인 공유 리스크 링크 그룹을 이용한다.

✓ Neighbor Discovery 이슈

로컬 링크 상태를 발견하는 것으로 각 광 링크의 업/다운 상태와 링크의 대역폭 및 다른 파라미터, 멀리 떨어진 링크의 식별자와 같은 인접 광 크로스 커넥터 간에 파라미터를 결정하고 링크 관리 및 결합 분리하며 베어러 채널에 in-band 통신을 요구하며

로컬 연결성과 링크 상태를 결정하는 이웃 발견 프로토콜 (NDP : Neighbor Discovery Protocol) 을 이용한다.

✓ Topology Discovery 이슈

토폴로지 발견은 서브 네트워크에서 모든 링크의 토폴로지나 리소스 상태를 결정하는 절차이다. 링크 상태 라우팅 프로토콜 혹은 관리 프로토콜을 이용한다. 광 링크에서 링크 상태 정보는 링크 묶음으로 구성되어 있고 각 링크 묶음은 네트워크 토폴로지에 추상적인 링크이며 광 링크를 위한 복구 관련 파라미터를 사용한다. 이웃 사이에 단일 라우팅 정보를 유지하며 링크 가용성 정보의 동적 변화에 때문에 링크 상태를 유연하게 갱신한다.

✓ 복구 모델

결합이 주요한 링크에 영향을 미칠 때 두 인접한 광 크로스 커넥터 사이에 우회 링크를 선택하는 로컬 메커니즘이 있다. 종단간 메커니즘은 미리 계산된 우회 경로를 이용 복구하는 방법과 물리적으로 다른 경로를 따라 보호된 최초 경로를 위해 백업 경로를 설정하여 처음 경로의 장애 시 백업 경로에 즉시 스위치 오버 되는 “1+1” 보호 기법, 그리고 백업 경로가 같은 네트워크 리소스를 공유하여 장애가 주요 경로에 영향을 미칠 때 같은 장애가 리소스를 공유하고 있는 다른 경로에 영향을 주지 않도록 하는 공유 보호 기법이 있다.

✓ 시그널링 이슈

양 방향 lightpath를 설정 시에는 광 크로스 커넥터에서 전달 방향의 출력 포트는 경로의 반대 방향의 입력 포트와 같다. 충돌 감지 기능을 이용하여 뒤엎힌 경로가 끊어지게 되면 경로 재 설정하게 하고 충돌이 완전히 피해지게 할 수도 있다. 결합 복구 기능을 이용하여 결합이 발생되면 백업 프로세서 혹은 백업 제어 채널이 활성화 되도록 하고 결합이 복구 되는 동안 현재의 광 경로에 가장 적은 분열로 관련된 광 크로스 커넥터에 로컬 상태를 복구하는 것이 바람직하다.

✓ 광 인터넷워킹 이슈

광 인터넷워킹은 광 서브 네트워크를 따라 lightpath를 동적으로 제공하고 복구할 수 있어야 한다. 이를 위해 다른 서브 네트워크에 lightpath를 독립적으로 식별하고 서브넷을 따라 종단점에 도달 가능하게 하기 위한 프로토콜과 lightpath를 제공하기 위한 시그널링 프로토콜 그리고 lightpath의 복구를 위한 절차가 필요하다.

2. IP 기반 광 네트워크 제어의 경제적 효과

광 네트워크를 GMPLS 처럼 IP 기반으로 제어할 경우 다음과 같은 경제적인 효과를 기대할 수 있다.

✓ 실시간 및 자동 구성 관리 기능

기존 TDM, SONET/SDH, WDM, 및 Fiber 장비에 대한 통합 관리 효과가 있으며 Plug-in-Play 개념의 IP 망의 auto-discovery 및 discovery 프로토콜 적용에 따른 운용 비용 절감 효과를 기대할 수 있다.

✓ On-Demand 대역 제어 기능

IP 트래픽의 bursty 특성을 수용하기 위한 가장 효과적인 방안이 될 수 있고 CR-LDP 또는 RSVP-TE에 따른 On-demand 대역 제공 및 할당이 가능하다.

✓ 통합 망 관리 기능

IP 기반으로 TDM 망, SONET/SDH 망, 및 WDM 망 등을 통합 망 관리를 통한 망 구축 비용의 절감 효과가 있다.

IV. 단계별 GMPLS 망으로 전환 전략

앞으로 통신망은 사용자 트래픽의 엄청난 증가와 빠른 전송 속도를 요구하는 반면 교환망의 구조는 점차 단순해지고 있다. 이로 인해 WDM 기법을 이용해 더욱 효과적으로 대역폭을 할당하고 동적 구성변환이 가능한 IP over Optics 망으로 발전할 것이

다. 이런 방향은 적은 비용으로 좀 더 단순한 망을 디자인 하고자 하는 방향이고 강력한 QoS를 제공할 수 있는 제어 및 신호 프로토콜이 이용될 것이다.

(그림 11)은 IP over Optics 망의 계층적 진화 모델을 나타낸다. 초기의 ATM과 SONET이 점차 제거된 형태로 진화하여 단순화 되면서 보호 절체 등의 기능은 강력한 제어 프로토콜을 이용하게 될 것이다.

현재 MPLS가 사용자 평면 및 제어 평면을 함께 가지고 있는 상태에서 사용자 평면은 ASON(Automatic Switched Optical Network)이나 ASTN(Automatic Switched Transport Network) 형태로 되고 제어 평면은 Generalized-MPLS(GMPLS)로 바뀌게 될 것이다. 이렇게 될 경우에 IP-based L2 포워딩 엔진이 새로운 광 IP 포워딩 엔진으로 변할 것으로 예상된다.

앞으로 IP over Optical Networks은 IP over ATM/SDH, IP over SDH, IP over WDM, IP over 10GbE 형태가 있을 수 있으며 IP over Optical Network의 이슈는 Encapsulation에서 출발하며 트래픽 엔지니어링 기능이나 CoS, QoS 기능 및 보호 절체 기능이 중요한 이슈가 될 것이다.

1. 기존 SONET/SDH 망의 GMPLS 망으로 전환 전략

SONET/SDH에 기반한 Self-healing Ring을 주축으로 기간 전송망이 현재 많이 이용되고 있다. 특히 생존성, 신뢰성, 효율성 등에서 많은 장점을 지닌 SHR은 음성과 전용선 서비스가 주류를 이루던 시대의 핵심적인 인프라의 역할을 담당해 왔다.

앞으로 인터넷서비스를 중심으로 한 급격한 데이터 트래픽의 증가로 인해 TDM기반의 SHR은 전송 용량의 확장과 효율성면에서 많은 한계를 나타낼 것이고 이에 대한 해결책으로 DWDM 기술 기반의 광 전송 시스템이 대두될 것이다.

GMPLS 기술은 하위 계층을 제어하고 관리하기 위해 IP 기술을 확장하고자 하는 것이다. 여러 계층을 제어하기 위하여 하나의 시그널링과 라우팅 프로토콜을 이용함으로써 망을 설계하고 구축하는데 전체적인 복잡성을 줄이고 오버레이 모델, 피어 모델, 혹은 통합 모델을 이용하여 두개의 연결된 계층을 운영할 수 있도록 한다. GMPLS는 각 계층을 서로 독립적으로 제어하기 위해 사용될 수 있다.

기존 SONET/SDH 망이 GMPLS 망으로 전환되기 위해서는 GMPLS가 SONET/SDH 회선을

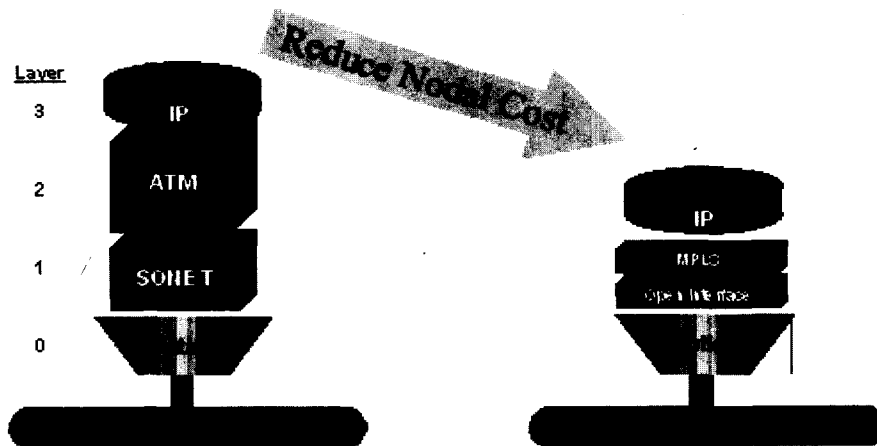


그림 11. IP OVER OPTICS로의 진화

동적으로 설정하고 관리 및 해지 할 수 있어야 한다. GMPLS가 오늘날 제공되고 있는 SONET/SDH 서비스와 같은 제공하도록 기능이 구현되어야 한다.

SONET/SDH 기반에서 GMPLS 프로토콜을 적용하기 위해서는 다음과 같은 기능이 필요하다.

✓ SONET/SDH 멀티플렉스 제어

GMPLS를 이용하여 제어하고자 하는 SONET/SDH 멀티플렉스의 다른 스위칭 콤포넌트를 결정할 수 있어야 한다. 이 경우 SONET 혹은 SDH 터미널 멀티플렉스, ADM (Add-Drop Multiplexer) 혹은 OXC는 SONET/SDH LSR 이 되고 두 SONET/SDH LSR 간의 경로 혹은 회선은 GMPLS LSP가 된다. LSP를 형성하기 위하여 경로상에 있는 각 SONET/SDH LSR의 입력 인터페이스, 스위치 패브릭, 출력 인터페이스를 설정할 수 있는 GMPLS 시그널링 프로토콜을 이용한다.

✓ SONET/SDH를 위한 GMPLS 라우팅

스위칭 기능 측면에서 SONET/SDH를 위해서 스위칭 granularity와 시그널 연결 기능과 SONET/SDH 투명성(transparency)을 적용할 수 있도록 GMPLS 라우팅이 확장되어야 한다. 또한 전통적으로 SONET 라인 혹은 SONET/SDH 경로 레벨에서 수행된 다양한 보호 메커니즘을 제공할 수 있어야 한다. 각 SONET/SDH LSR은 링크 사용량과 가용한 용량에 대한 테이블을 유지하고서 경로 계산시에 이런 자원 정보를 이용할 수 있어야 한다.

✓ SONET/SDH를 위한 LSP 제공(provisioning)/시그널링

RSVP-TE나 CR-LDP 같은 시그널링 프로토콜이 여러 관리 시스템을 요구하는 다중 벤더 환경에서 상호 호환성 문제를 해결할 수 있도록 회선 교환 응용을 위해 확장되어 다양한 콤포넌트들에 SONET/SDH LSP를 자동적으로 제공(provisioning)될 수 있도록 되어야 한다. 또한 SONET/SDH LSP를 설정하는데 사용되는 시그널링 프로토콜은 특정

정보 요소를 가지고 있어서 라벨과 특정 신호 유형을 매핑할 수 있다.

2. MPLS 망의 GMPLS 망으로 전환 전략

빠른 서비스 제공을 위한 IP를 기반으로 할 경우 현재 시그널링 프레임워크를 다시 사용 가능하고 표준화가 아직 완성되지 않은 상태에서 빠른 벤더의 상호 호환성 측면에 유리하고 IP 주소를 그대로 사용함으로써 어드레싱 관련 고려사항이 없다는 장점이 있다. 또한 라벨 스택킹/스왑핑을 이용한 계층적 LSP(Label Switched Path) 터널링, 명시적 라우팅 능력, LSP의 존속 능력과 제약 기반 라우팅과 같은 중요한 MPLS 특징을 이용할 수 있다.

광 네트워크 부하 균형 및 성능과 리소스 이용율을 최적화하기 위한 광 네트워크에서 트래픽 엔지니어링 기능을 가질 수 있고 네트워크 상태 모니터링과 라우팅, 리소스, 트래픽 관리 파라미터들을 피드백 제어하기 위한 동적 제어 메커니즘이 필요하게 되어 MPLS 기술이 적용된다.

광 인터넷에서 IP 망은 전기적인 라벨 스위칭을 하는 LER로 구성된 에지 영역과 광 파장 스위칭을 수행하는 Core O-LSR (Optical-Label Switched Router)로 구성된 코어 영역으로 나눌 수 있다. 광 네트워크 진입단에 위치한 Edge O-LSR에서는 라벨 머징(merging)이나 터널링을 수행한다. 코어 영역에서는 큰 대역폭을 가진 LSPs (Label Switched Paths)가 설정된다.

에지와 코어 라우터로 분리한 광 인터넷을 위한 프로토콜 참조 모델에서 사용자 평면은 광 계층과 WDM 계층위에 바로 IP 계층이 존재하는 IP over WDM 형태가 되며 제어 평면은 기존 IP 시그널링과 MPLS 시그널링을 이용하며 라우팅 정보를 이용하여 파장을 할당하기 위한 RWA(Routing and Wavelength Assignment) 시그널링이 들어간다. 이런 제어 시그널링을 이용하여 IP와 WDM 계

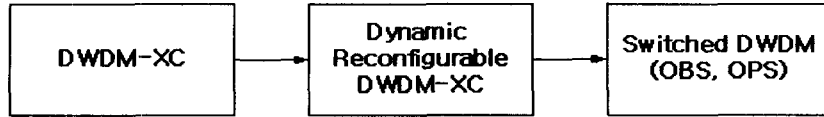


그림 12. 스위칭 측면에서의 진화 방향

층을 잘 정합 시켜주는 역할을 하며 각 계층 별로 관리 평면이 존재하며 전체 네트워크 관리를 위한 TMN(Telecommunication Management Network)과 라우팅과 시그널링 망이 있다.

기존 패킷 기반의 MPLS망이 코어의 광 네트워크와 결합되어 GMPLS 망으로 전환되기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- ✓ 기존 MPLS 신호 프로토콜을 GMPLS 신호 프로토콜로 포맷 전환

기존 CR-LDP와 RSVP-TE 같은 MPLS 시그널링이 광 네트워크까지 적용되기 위해 기능이 확장된 GMPLS 신호 프로토콜로 포맷 전환이 필요하다. 파장 및 광 파이버를 위한 라벨이 새롭게 정의되고 입출력단에 대한 스위칭 정보에 대한 매핑 테이블을 가지고 자원 예약을 통해 lightpath를 설정할 수 있게 된다.

- ✓ MPLS 라벨 flow를 GMPLS 기반의 각 전송 모드에 따른 label flow로 매핑 방안

기존 패킷 망에서 설정된 전기적인 LSP가 광 네트워크의 광 레벨의 더 큰 granularity를 가지는 LSP나 TDM 단위 교환 경로에 머징되거나 터널링되어 전송되기 위해서는 MPLS 라벨 flow를 효과적으로 GMPLS 기반의 각 전송 모드에 따른 label flow로 매핑할 수 있는 메커니즘이 필요하다.

3. DWDM 전달망의 GMPLS 망으로 전환 전략

궁극적으로는 SONET/SDH 같은 전송장비를 없애고 IP 기반의 GMPLS 프로토콜이 DWDM 기반 전송망(WDM-OXC 포함)에 바로 탑재된 형태가 될 것이다. 이 경우 상위 신호 및 라우팅 프로토콜과

하부에 스위치를 직접 제어 할 수 있는 GSMP 같은 프로토콜이 결합되어 실시간 서비스 제공이 가능하게 된다. 이를 위한 스위칭 측면의 고도화 방향과 광 스위칭 기술에 대해 알아본다.

- 스위칭 측면 고도화

(그림 12)는 스위칭 측면에서 진화 방향을 나타내었다. 현재 point-to-point DWDM 망으로 토폴로지 및 망 구성이 고정된 형태이다.

향후 동적으로 구성변환이 가능한 크로스 커넥터로 변화 될 것이며 궁극적으로 훨씬 더 granularity 측면에서 우수한 성능을 보이는 광 버스트 스위칭 혹은 광 패킷 스위칭 형태로 발전할 것이다.

- 광 스위칭 기술

미래의 광 스위칭 기술로서 가능한 구조로는 동적 구성변환 기능을 가진 파장 스위칭과 광 버스트 스위칭 그리고 광 태그 혹은 패킷 스위칭으로 구분 할 수 있다. 이들 기술은 제어 방식과 물리적인 레벨에 따라 <표 3> 과 같이 분류할 수 있다.

표 3. 광 스위칭 기술 분류

분류	오프 라인 제어	온라인 제어	
		In-band 시그널링	Out-band 시그널링
가상 레벨	VP-XC	MPLS 스위치	VP 스위치
경로 레벨	SDH-XC	광 태그 스위치	광 버스트 스위치
파장 레벨	Lambda-XC	광 패킷 스위치	파장 스위치

광 스위칭 기술은 큰 대역폭을 가지고 있고 각 트래픽을 모은 대용량 트래픽에 적합하지만 파장 레벨로 트래픽 엔지니어링이 불가능하다. 즉 한 파장에 단일 서비스 등급을 가지며 흐름제어나 충돌 해결에 대한 대책이 없다. 또한 가상 레벨 보호 및 확장된 서비스로 메쉬 네트워크로의 이동을 지원한다.

앞으로의 광 크로스 커넥터는 IP 라우터에 크게 의존하는 상태에서 에지 쪽에 IP 라우터가 존재하고 코어 쪽에는 광 크로스 커넥터가 메쉬 형태로 구성되어 스위칭을 하는 형태로 진화하면서 GMPLS 프로토콜이 이를 제어하는 형태가 될 것이다.



최준균

1988 한국과학기술원 (박사-데이터통신) 1985 한국과학기술원 (석사-통신) 1982 서울대학교 공과대학 (학사-전자공학) 1998.1~현재 한국정보통신대학원대학교 부교수 1986~1997.12 한국전자통신연구원, 책임연구원 1990~1991 캐나다 토론토 대학, 교환연구원 1993~1996 ITU-T SG13, Associate Rapporteur (AAL) 및 국내 대표 1997~2000 ITU-T SG13, Rapporteur (Q2: B-ISDN Network Capability) 1997~현재 한국정보통신기술협회 (TTA), 통신망구조연구반 의장

1999.2 홍익대학교 (학사-전자공학)
1999. 3 - 2000.8 한국정보통신대학원대학교 (석사-네트워크) 2000.8~ 현재 한국정보통신대학원대학교 박사과정

이규명

1999.2 홍익대학교 (학사-전자공학)
1999. 3 - 2000.8 한국정보통신대학원대학교 (석사-네트워크) 2000.8~ 현재 한국정보통신대학원대학교 박사과정