

## 차세대 전송 망 기술 동향

김 영탁, 박 수남

SK 텔레콤, 노텔 네트워크 코리아

### Next-generation Transmission Network Technology Trend

Young-Tag Kim, Su-Nam Park

SK Telecom, Nortel Networks Korea

**Abstract** - 지난 몇 년간 서비스 공급업체, 주로 신생 업체는 새로운 광 스위치(OXC)의 서비스 기능, 유연성 및 비용 상의 우위를 즉시 활용할 수 있는 미개척 네트워크 영역을 구축해왔다. 최근 시장 침체로 인해 서비스 공급업체 특히 신생 업체가 타격을 받고 있다. 이러한 상황으로 인해 지능형 OXC 사용을 중심으로 하는 새로운 전송 아키텍처의 도입 열기가 다소 가라앉았지만 결코 멈춘 것은 아니다. 분명히 광 스위칭 및 분산 지능 기반의 아키텍처는 계속 존재할 것이다. 기존 업체(ILEC, IXC, RBOC 및 PTT)를 비롯하여 많은 서비스 공급업체는 이 아키텍처의 혁신적인 기술 및 기능을 인정하고 받아들이고 있다.

#### 1. 서 론

네트워크 트래픽은 기존 음성 서비스에서 데이터 및 IP 중심 서비스로 계속 옮겨가고 있다. 지금까지 광 네트워크는 고도로 멀티플렉싱되고 예측 가능한 음성 및 사설 라인 트래픽 요구를 해결할 비용 효과적인 기술로서 백본 네트워크용으로 설계되고 백본 네트워크에서 구현되어 왔다. 새 데이터 서비스가 등장하면서 기존 아키텍처에 자연스럽게 매핑되어 레질리언스 이점을 이용했지만 새 서비스의 특성 상 반드시 그 이점이 필요하지는 않았다. 일반적으로 이 네트워크는 몇 달 또는 몇 년 간에 걸쳐 정적 연결을 제공했다. 트래픽이 증가하면 여러 링을 중복하고 라인 속도가 더 높은 링을 사용하는 방식으로 해결했다. 지난 몇 년 동안 시장은 급격한 변화를 겪었다. 더 이상 성장을 예측하기란 어렵다. 경쟁이 치열해지고 자본 및 운영 예산은 한정되어 있다. 또 다른 중요한 변화로는 네트워크 에지에 광 라인 속도로 작동하는 클라이언트 장치(예: 라우터, 스토리지 장치, 콘텐츠 서버)가 등장한 것이다. 이러한 장치는 요구의 상세 수준, 필요한 서비스 등급을 변화시키고 있으며 연결 지속 시간을 줄어든게 할 것이다. 이러한 요인들로 광 전송 네트워크가 설계, 구현, 관리되는 방식이 근본적으로 변화를 겪고 있다. 따라서, 본 논문에서는 현재 서비스 공급업체가 직면한 과제를 해결할 지능형 광 네트워크 비전 및 ASTN 기능 구현을 소개 하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 ASTN 개요

현재 어려운 경제 환경을 극복하고 확장 가능한 솔루션을 통해 새로운 광 서비스를 최종 사용자에

게 직접 보급할 강력한 기회를 개척하기 위해 대부분의 회사들은 광 교환장치(OXC)기반의 ASTN 기능을 제공한다. 광 교환 장치(OXC)가 제공하는 지능형 광 스위칭 전송 계층의 새로운 경제적 효과를 십분 활용 함으로써 광 서비스는 기존 서비스의 경제적 특성을 크게 변화시키고 새로운 서비스를 개발할 수 있다. ASTN 은 새로운 광 네트워크에서 필요한 다음과 같은 핵심 기능을 제공한다.

- 1) 다계층 제어 플레인 아키텍처(STS1/VC4, 파장, 파장대역, 광 케이블등)
- 2) 장비 구현 속도를 단축하는 APS 보호 기반의 유연한 네트워크 구성(링, 선형) 또는 메시 토폴로지
- 3) 구성 및 장비 프로비저닝을 간소화하는 네트워크 요소 및 자원 자동 탐색
- 4) 정확한 자원 인벤토리 및 인접 탐색을 지원하는 포괄적인 링크 관리
- 5) 운영을 간소화하는 서비스 자동 탐색
- 6) 서비스 속도를 향상시키는 실시간 광 연결 프로비저닝
- 7) 최적의 경로 설정을 위한 제약 기반 라우팅
- 8) 단일 네트워크에서 SONET/SDH 링에 국한되지 않고 보다 다양하고 유연한 복원 체계 지원
- 9) 서비스 속성, CoS(Class-of-Service) 기반의 자원 할당으로 자원을 보다 효율적으로 활용
- 10) 업체, 서비스 공급업체를 총괄하여 글로벌 엔드 투 엔드 서비스를 보장하는 표준 기반 설계
- 11) 사용자 시그널 기반의 대역폭 온 디맨드 기술(bandwidth-on-demand)로 가능해진 새로운 애플리케이션 및 수익 창출 기회 지원

광 트래픽(데이터/베이어) 계층을 통해 광 제어 계층을 생성하는 혁신적인 기능이 제공된다. 분산 지능을 사용하면 이 광 제어 계층은 링크 관리 기능과 함께 원하는 CoS 기반 광 연결 자동 시그널링 및 라우팅을 구현하는 메커니즘을 제공한다.

고객들이 새로운 지능형 광 네트워크가 제공하는 혜택을 십분 활용할 수 있도록 광 교환장치(OXC) 설계 방식은 ITU-T 권장안 G.807 제어 플레인 요건(ASTN) 및 G.8080 제어 플레인 아키텍처(ASON)를 기반으로 한다. 또한 ITU-T 는 ASTN 프레임워크에 포함시킬 프로토콜 요건을 정의하고 있다. G.7713 은 시그널링 프로토콜을, G.7715 는 라우팅 프로토콜을 정의한다. 이 맥락에서 ITU-T 는 IETF GMPLS 라우팅 및 시그널링 프로토콜을 검토하고 있다. 현재 ITU-T 와 연

계 활동을 벌이고 있는 OIF 가 UNI 정의에 기여했으며 ITU-T ASTN 프레임워크의 일환으로 NNI 정의 작업에 착수했다(E-NNI).

2.2 광 네트워크의 링크 관리(Link Management)

수동 인벤토리 추적은 데이터베이스 유지보수 측면에서 상당한 운영 비용을 발생시킨다. 부정확한 데이터로 인해 서비스 구성 오류 및 지연, 수익 손실을 겪을 수도 있다. 또한 부정확한 데이터는 네트워크 자원 교착 및 자본 투자 낭비와 같은 문제로 이어질 수 있다. 수동 추적에서 벗어나기 위한 패러다임 전환이 필요한 시점이다. 새로운 패러다임은 계획된 구성을 기준으로 실제 네트워크 구성을 조정할 뿐 아니라 만일의 상태 변화에 대비하여 자원을 지속적으로 모니터링해야 한다. 이러한 비전이 실현되는 네트워크에서는 각 네트워크 요소가 자체 자원의 인벤토리를 자동으로 작성할 뿐 아니라 다른 네트워크 요소와의 인접성도 감지할 수 있다.

2.2.1 링크 관리 구조

포괄적인 링크 관리에서 솔루션을 찾을 수 있다. 효과적인 링크 관리 아키텍처라면 광 네트워크의 물리적 전송 계층을 병렬화시켜야 한다. WDM 이 등장하면서 광 네트워크의 계층 수는 증가하였다. 또한 튜닝 가능한 레이저를 갖춘 트랜스 폰더, 포토닉 교차 연결, 광 애드/드롭 멀티플렉서와 같은 새로운 유연한 네트워크 요소들이 등장했다. 링크 관리는 다음과 같은 아키텍처 원칙 하에 운영된다.

- 1) 한 계층의 링크는 바로 아래 계층에서 하나 이상의 링크가 연결(concatenation)된 결과이다.
- 2) 링크 관리가 운영되는 최하위 계층은 광 계층이다.
- 3) 링크 관리 자체는 애플리케이션을 인식하지 않는다. 링크 관리가 발견한 인접성 및 속성 정보는 해석되지 않은 채로 네트워크 제어 및 관리 플레인에서 사용할 수 있다.
- 4) 링크 관리는 (1) 인접성 탐색 그리고 (2) 속성 및 연결 검증의 서로 다른 두 단계로 진행된다. 1 단계는 제어 채널과 연관된 링크에서 수행되어야 하며 2 단계는 비연관 채널을 비롯하여 모든 제어 채널에서 이루어질 수 있다.

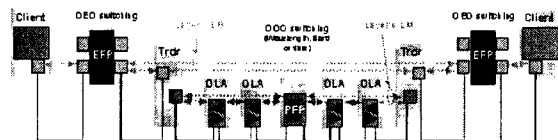


그림 1 SONET over DWDM 의 링크 관리 구조 (EFP=electrical flexibility point, PFP=photonic flexibility point, Trdr= transponder, OLA=optical line amplifier)

2.3 광 제어 계층 구조

ITU-T ASON 아키텍처에서 광 제어 계층은 광 트래픽 계층 위에 위치하며, 네트워크에서 스위칭 가능한 NE 마다 하나씩 존재하는 OCC(Optical Connection Controller)로 구성된다. 시그널링 네트워크로 상호 연결된 이 OCC 들은 Layer 0 및

Layer 1 에서 광 네트워크를 통해 광 연결 라우팅 및 시그널링을 제공한다. 광 연결은 클라이언트 장치를 대신하는 네트워크 관리 시스템에 의해(~ 프록시 시그널링) 또는 네트워크 에지의 클라이언트가 직접 요청할 수 있다. 현재 네트워크의 스위칭 지점에서는 OEO 스위치 매트릭스를 사용한다. (튜닝 가능 장치, 장거리 광 기술, 포토닉 스위칭

등) 신기술이 등장하면 전송 네트워크는 파장, 파장 대역, 완전 라인 시스템 광 케이블의 스위칭을 지원하도록 발전할 것이다. 아래에서 소개할 광 제어 계층 아키텍처는 그러한 포토닉 계층(Layer 0) 발전을 염두에 두고 설계되었다. 광 교환 장치(OXC)는 Layer 1 및 Layer 0 에서 연결을 관리하는 고유 기능을 제공하며 이를 통해 계층간 최적화를 실현한다. 광 교환 장치(OXC) 아키텍처는 아래의 모델을 따른다.

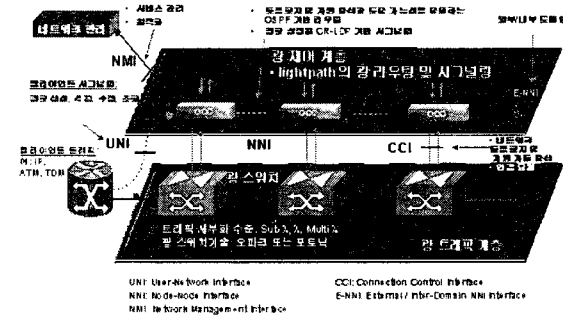


그림 2. OXC 기반의 ASTN 구조

2.3.1 광 제어 플레인 인터페이스 및 프로토콜

ASTN 의 광 제어 계층은 다음과 같은 시그널링 인터페이스를 포함한다.

- 1) NNI(Node-Node Interface): Internal NNI 라고도 부르는 이 인터페이스는 전체 라우팅 정보를 배포하고 동일한 관리 도메인 내부의 OCC 들 간에 사용자 요청을 전달하는 데 사용한다. 광 경로에서 중간 OPTera Connect NE 사이의 광 연결을 설정하고 해제하는 데 사용한다.
- 2) E-NNI(External Node-Node Interface): 서로 다른 관리 도메인에 속한 광 제어 계층을 연결하는 인터페이스이다. (도메인간 인터페이스라고도 부르는)External NNI 는 여러 관리 도메인에 걸쳐 신속하게 서비스를 공급하는 핵심 요소이다. E-NNI 인터페이스는 (I-NNI 처럼 전체 정보가 아닌) 도달 가능성 및 도메인 레벨의 라우팅 정보만 전달한다. 주소 및 토폴로지 요약 정보를 교환할 NNI 기능을 일부 갖춘 UNI 와 비슷한 인터페이스이다.
- 3) UNI(User-Network Interface): 클라이언트가 광 연결 설정 또는 해제 시그널을 보낼 수 있는 인터페이스이다. 라우터와 같은 클라이언트 시스템, 상위 계층 전송 네트워크 요소가 광 연결을 요청하거나 서비스 속성을 수정하고자 할 때 UNI 를 사용한다. 또는 Preside 와 같은 네트워크 관리 시스템은 UNI 를 사용하여 클라이언트 장치 내

신 또는 UNI 시그널링 기능이 없는 클라이언트 시스템을 위해 연결 요청을 시그널링 할 수 있다. 라우팅 정보는 교환되지 않는다.

4) CCI(Connection Control Interface): OCC와 OPTera Connect 또는 LH 스위칭 가능 NE 간의 인터페이스이다. NE 스위치 매트릭스에서 교차 연결 경로를 구성/설정하고 최신 자원 정보를 입수하는 데 사용한다. OCC가 내부에 있으면 CCI도 내부(논리적) 인터페이스가 될 수 있으며 또한 OCC가 NE 외부에 존재하면 CCI도 외부 인터페이스가 될 수 있다.

2.3.2 오버레이 플러스(Overlay Plus) 모델

MPLS LSR 및 OXC 네트워크의 제어 플레인 구현 시 2 가지 기본 아키텍처 옵션이 있다. 첫 번째 옵션은 여러 계층에 걸쳐 단일 제어 플레인 인스턴스를 사용하는 방법이다.

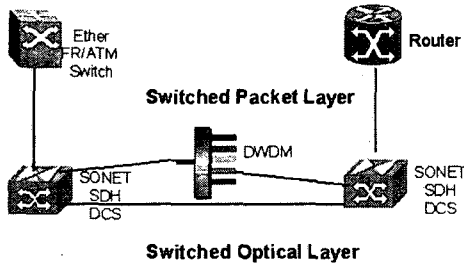


그림 3. Peer 모델

이 계층들은 IP(Layer3), SONET/SDH 및 lambda 계층을 포함할 수 있다. 이러한 제어 플레인의 라우팅 기능은 다양한 계층에서 링크를 모델링 할 수 있는 토폴로지 데이터베이스와 상위 계층에서 링크를 형성하는 경로를 필요로 한다. 이 모델에서 경로 계산은 여러 계층을 포함하고 계층 간 활용 가능성도 반영해야 한다. 광 네트워크 토폴로지는 Layer 2/3 장치와 공유해야 한다. 이 아키텍처를 "피어(peer), 단일화 또는 통합 모델"이라고 부른다. 이 아키텍처에서 IP 계층은 광 계층의 유일한 클라이언트이며 여러 계층은 동일한 관리 도메인에 속해야 한다.

한편 연결 서비스의 각 계층마다 별도의 제어 플레인 인스턴스를 사용하는 대체 아키텍처가 있다. 이 아키텍처를 "오버레이 모델" 또는 "클라이언트 서버 모델"이라고 부른다. 광 계층과 IP 계층 사이에 제어 플레인을 구분함으로써 여러 클라이언트, 여러 서비스 및 여러 관리 도메인이 지원된다.

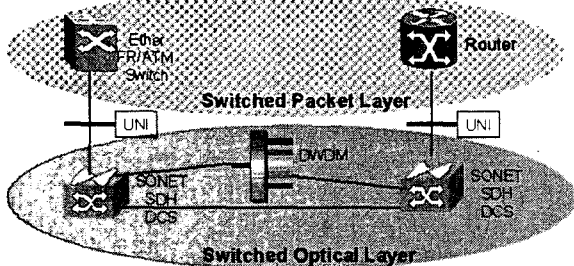


그림 4. Overlay 모델

별도의 제어 플레인 인스턴스를 사용한다고 해서 두 제어 플레인이 서로 다른 방식을 사용하는 것

은 아니다. 공통의 방식 및 프로토콜을 사용하여 구축할 수 있다. 라우팅 기능을 향상시킨 다음 다계층 패브릭을 네트워크에 추가하는 방식으로 오버레이 모델을 단일화 모델로 발전시킬 수 있다. 피어 모델에서 오버레이 모델로 발전시키려면 UNI 및 de-laying 옵션이 추가되어야 한다.

2.4 보호(Protection) 및 복원(Restoration)

강력하고 유연한 보호/복원 체계는 차세대 광 교환 장치(OXC)에 구현된 ASTN 기능의 핵심 구성 요소이다. 이 체계는 새로운 포토닉 스위칭 기술이 등장하면 이를 수용하도록 발전시킬 수 있다. 따라서 서비스 공급 업체는 비즈니스 요구사항과 일치하고 고객의 트래픽 요구사항을 효과적으로 반영하는 서비스를 제공할 수 있다. 다양한 APS 보호, 메시 보호 및 복원 옵션을 사용하여 연결별로 CoS 유연성을 실현할 수 있다. 요청된 연결의 희망 CoS는 네트워크 운영자가 연결 관리 GUI (northbound 인터페이스)를 통해 입력하거나 연결 요청 시 UNI 또는 E-NNI 인터페이스를 통해 제어 플레인으로 "시그널링"될 수 있다. 원하는 연결의 소스 중단에 위치하면서 요청을 수신하는 OXC의 제어 플레인 기능은 다음사항을 담당한다.

- 1) 경로 다양성 및 비용 제약 요인을 기준으로 연결 경로 및 복원 경로/대역폭을 적절히 계산. 경로 선택 시 NE, 포트, SRLG를 기준으로 선택 범위를 제한할 수 있다. 경로 선택 요청에는 서비스 제공 비용 및 시그널 품질(BVER, 지연 등) 관련 정보를 포함시킬 수 있다. 주: 또는 (OSS 툴을 통해) 외부에서 계산한 명시적 경로를 제어 플레인에 제공할 수 있다.
- 2) 원하는 보호/복원 체계와의 연결 설정

2.4.1 ASTN의 향상된 보호 및 복원 기능

ASTN은 서비스 공급업체가 선택한 보호 복원 유형과는 독립적으로 공통 분산 네트워크 지능을 도입하고 자 설계되었다. 한 가지 보호 또는 복원 유형으로는 모든 서비스를 만족시킬 수 없으며 따라서 단일 네트워크에도 둘 이상의 보호/복원 유형이 구현되어야 한다. 일부 메커니즘은 특정 네트워크 구조나 서비스에 더 적합할 수 있으므로 네트워크 설계 작업을 통해 메커니즘이 선택된다. 맨 처음 목표는 APS 보호, 메시 보호 및 메시 복원의 공존을 허용하는 솔루션을 구축하는 것이었다. ASTN 분산 지능은 단일 연결 관리로부터 CoS를 사용하여 각기 다른 유형을 지원한다. CoS는 요청 시 지정되는 연결 속성 중 하나이며, ASTN은 희망 CoS와 일치하는 시설을 통한 연결을 라우팅한다

2.4.2 CoS(Class-of-Service) 지원

ASTN 제어 플레인 구현 방식은 각기 다른 보호 및 복원 메커니즘을 지원한다. 연결 관리 관점에서 보면 이 메커니즘들을 CoS로 매핑한다. 연결 시점에 운영자/클라이언트가 희망 CoS를 선택하면 ASTN은 희망 CoS에 일치하는 적합한 네트워크 자원을 선택한다.

ASTN 이 지원하는 CoS 및 해당 보호 복원 메커니즘을 소개하면 다음과 같다.

- 1) APS 보호 및 전용 메시 보호 : 최대 50msec
- 2) 공유 메시 보호 : 최대 200msec
- 3) 동적 메시 보호 : restoration : Secs
- 4) 비보호 : 비보호 연결 이므로 장애 발생시 복원 되지 않음
- 5) Pre-emptable : 비보호 연결 이므로 CoS 가 낮으므로 네트워크 장애 발생시, pre-empt 될 수 있고, 필요한 경우 상위 CoS 연결 복원 가능

### 2.5 네트워크 통합

네트워크의 전송 및 스위칭 계층 모두를 위해 단일 통합 제어 프레임이 개발 중이다. Layer 0/ Layer 1 통합을 통해 계획, 연결 관리 및 네트워크 최적화가 가능해진다.

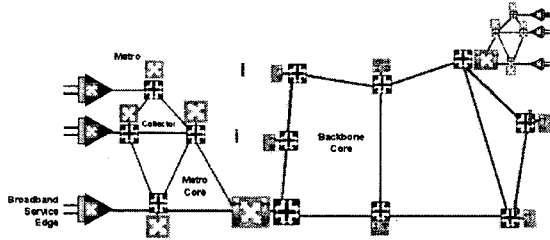


그림 5. Optical Network

이는 Layer 0 및 Layer 1 의 최신 모습, 즉 라우팅 도메인 자산, lit 용량 및 광 연결 등의 정보를 바탕으로 그러한 활동을 수행함으로써 실현된다. 네트워크 통합은 고객에게 중요한 데이터를 네트워크 크리티컬 데이터와 연결시키기 위해 계층 간에 관련 정보를 실시간 네트워크 기반으로 필터링할 수 있게 한다.

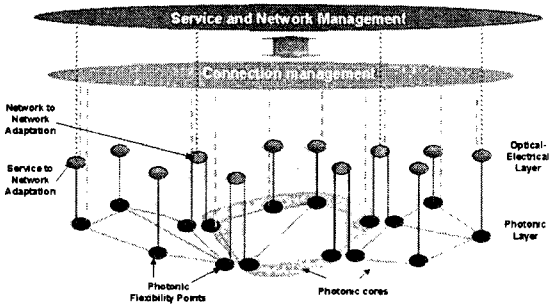


그림 6. 네트워크 구조

네트워크 통합 기능을 유연하게 패키징 함으로써 독립형 및 통합 구성 모두에서 초기 비용, 네트워크 구현 관련 TCO(total cost of ownership), 공간 및 전력 비용 매개변수를 최적화할 수 있다.

### 3. 결 론

차세대 광 네트워크는 현재의 네트워크보다 더 지능적이고 동적이며 수익성을 갖춰야 한다. 간단히 말해 네트워크는 견고하고 고성능을 제공할 뿐만 아니라 동적이고 확장 가능하며 기존 네트워크 보다 효율성이 크게 향상되어야 한다. 특히 네트워크는 보다 쉽고 간단하게 서비스 수요에 대처하고 관리하며 용량이 필요할 시점 및 장소에서 효율적,

효과적으로 구현할 수 있어야 하며, 결론적으로 서비스 공급업체가 자본 및 운영 비용 제한을 만족시키려면 개별 고객 및 전송할 서비스의 요건을 보다 효과적으로 해결하도록 네트워크를 최적화 해야 한다. 서비스 공급업체가 신규 고객을 유치 하고 영업 이익을 보존하고자 애를 쓰는 동안 각 서비스의 전송 비용은 향후 네트워크 발전에 핵심 사항으로 떠오를 것이다.

### [참고문헌]

- [1] Rodschat, Ralph " Intelligence Optical Network Vision ", pp. 1-15, 2002.
- [2] Madeleine Gagne, Nazar Neayem, Juan Pablo Perez, Marc Verreault, " Layer 1/Layer 0 Switching Hierarchy and Intelligence Sharing in an All Optical Network ", pp 1-2, 2002.
- [3] " Requirements for Automatic Switched Transport Network (ASTN)", ITU-T G.807, 2001-07.
- [4] "Architecture for Automatically Switched Optical Network (ASON)", ITU-T G.8080, 2001-11.