

主題

## 전광 광회선 분배 기술

한국전자통신연구원 박 혁, 김영화, 김광준

차례

1. 전광통신망
2. 광회선 분배 장치의 구분
3. 전광 광회선분배기 하드웨어
4. 보호 및 복구
5. 광네트워킹 제어방식
6. 결론

### 1. 전광통신망

1980년대 말 EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) 의 등장 이후 광통신기술은 급격한 발전을 이루었다. 일정한 거리를 전송한 후 전기적으로 신호를 재생해야 했던 광통신망은 EDFA의 등장으로 고가의 전기적 신호 재생 장치를 광 채널마다 사용하는 대신 파장 다중된 광신호를 동시에 증폭할 수 있게 되어 높은 가격 경쟁력을 가지는 WDM 시대가 시작되었다. WDM 방식을 사용하여 더 많은 채널을 더 멀리 보내기 위한 경쟁이 가속되어 최근에는 수 Tb/s 의 신호를 1,000 km 이상 전송할 수 있는 시스템도 등장하고 있다.

WDM 전송 장치로 다수의 채널을 전송할 수 있게 되면서 파장 다중된 광신호 중 일부를 분기 (drop) 하거나 몇 개의 채널을 추가 (add) 할 필요가 발생하게 되었다. 이를 전기 신호로 변환하여 수행할 수 있으나, 이 경우 파장 다중된 광신호 수만큼 광/전 변환기가 필요하며 또한 전기 스위치가 추가로 소요된다. 따라서 통과하는 신호는 광/전 변환이 없어도 되

도록 분기/결합 기능을 광학적으로 수행할 수 있는 광분기/결합 장치 (OADM: Optical Add/Drop Multiplexer) 에 대한 연구가 많이 이루어졌다. 분기/결합을 전기적으로 수행하는 경우 필요한 장치의 가격을 고려할 때 광학적인 방법은 큰 강점을 지니고 있다.

OADM을 사용하여 몇 개의 노드를 링으로 묶거나 선형의 망에 분기/결합할 수 있는 노드를 두는 형태의 망은 2000 년대에 실용화되었다. 그러나 수동 소자 기반의 OADM을 사용하는 현재의 망에서는 사용자가 망의 구성을 바꾸고자 할 경우 다수 노드에서 OADM 소자를 수작업으로 교체하여 주어야 하므로 서비스의 중단이 수반될 수 있다. 또한 교체 후 망에서 광신호의 품질을 점검하는 과정이 필요하여 새로운 경로를 설정하는데 몇 주의 시간이 걸릴 수도 있다.

다음 단계로서 가장 큰 가능성을 가지고 있는 것은 광회선 분배 방식이 적용되는 메쉬형 망이다. 메쉬형 망은 링형이나 선형의 망보다 더 다양한 경로를 취할 수 있으며, 일정한 노드 수를 가지는 망에서 메쉬형

망을 구성하면 임의의 두 지점을 연결하는 경로의 길이가 일반적으로 선형 망이나 링형 망보다 더 짧다는 이점이 있다. 망의 크기가 커질 경우 다수의 링형의 망을 연결하여 대처하는 것보다는 하나의 메쉬형 망을 구성하는 것이 더 유리하다. 메쉬형 망에서는 다양한 보호 방법을 채택할 수 있으며 자원을 공유함으로써 망의 자원을 더 효율적으로 사용할 수 있다. 망을 업그레이드 하고자 하는 경우에도 다수의 링형 망을 연결하여 사용할 경우 다수의 관리 영역으로 분리되어 있는 각각의 망을 모두 업그레이드해야 하지만 메쉬형 망의 경우에는 하나의 관리 영역에 있는 메쉬형 망을 업그레이드 하게 되므로 망의 변화에 더 유연하게 대처할 수 있다.

광통신망의 또 다른 진화 방향은 고정된 연결(permanent connection)을 제공하는 망에서 자유롭게 재구성이 가능한 동적인 망으로의 진화이다. 과거 SONET/SDH로 구성된 링형 망에서는 새로운 연결을 추가로 설정하는데 수 주일의 시간이 걸렸지만 OXC를 포함하는 메쉬형 망에서는 사용자의 요구가 있을 경우 실시간으로 새로운 연결을 설정할 수 있다. 가까운 미래에는 사용자의 요구가 있을 경우 수 주일 또는 몇 달에 해당하는 일정 시간 동안 연결을 제공하여 주는 반 고정 연결(soft permanent connection) 서비스 수요가 클 것으로 보이고, 그 후에는 트래픽의 흐름에 따라 자동으로 연결을 설정/해제하는 교환 연결(switched connection) 서비스가 등장할 것으로 예상된다.[1]

## 2. 광회선 분배 장치의 구분

광회선 분배기(OXC; Optical Cross-Connect)는 메쉬형 광통신망의 노드로서 입력되는 신호를 목적지에 따른 출력 포트에 라우팅해 주는 역할을 한다. OXC는 신호 용량의 증가에 능동적으로 대처하기 위하여 설정된 전송로의 용량이 부족한 경우 추가적인 경로를 설정해 줄 수 있으며, 전송로의 절

단 등과 같은 문제가 발생할 때 보호/복구 기능을 제공함으로써 신뢰성 높은 전달망을 구성할 수 있도록 해 준다. 또한, 사용자 계층과 광 계층 간의 종속 신호 접속 기능을 제공하며, 시스템과 선로의 감시 제어 및 광신호 연결 설정을 위한 시그널링 기능을 수행한다.

현재 광통신망의 회선 분배 기능을 수행하기 위하여 광/전 변환 후 디지털 계위에서 회선 분배를 수행하는 장비들이 OXC라는 이름으로 상용화되어 있다. 이 장비들은 주로 STS-1 단위의 grooming 기능을 제공하며 수백 Gb/s ~ Tb/s 정도의 스위칭 용량을 지원하고 있다. 이 장비와 함께 메쉬형의 전 광통신망의 노드로 많이 거론되고 있는 것은 광전(光電) 변환 없이 광계층에서 회선 분배를 수행하는 전광(全光, all-optic) 광회선분배 장치이다. 전광 광회선 분배 장치도 전통적으로 OXC로 불리워 왔으며, 앞에서 언급한 전기 스위치를 이용한 OXC와 구분하기 위하여 PXC(Photonic Cross-Connect)라고 부르기도 한다. 혹은 디지털 계위에서 스위칭을 수행하는 회선분배기를 OEO(optical-electrical-optical) OXC, 광계층에서 회선 분배를 수행하는 장비를 OOO(optical-optical-optical) OXC라는 이름으로 구분하기도 한다.

OEO OXC는 디지털 계위에서 스위칭을 수행하므로 다양한 기능을 수행하도록 시스템을 구성할 수 있다. 또한 노드마다 신호 재생이 수행되므로 노드 간 광신호의 전송이 가능하면 물리적인 제약 없이 망을 확장할 수 있다. 현재 OEO OXC는 테라급 용량의 제품도 상용화되고 있어서 지금의 수요와 비교할 때 용량 면에서 큰 제약이 없는 상태이다. 그러나 노드를 단순히 통과하는 광신호(express channel)에 대해서도 고가의 transponder와 전기스위치를 사용하므로 채널이 늘어날수록 시스템의 가격이 급격히 증가한다. 이에 비하여 OOO OXC는 모든 채널을 광/전 변환 없이 광신호 상태로 처리하여 낮은 가

격으로 시스템을 구성할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

OOO OXC는 스위칭 단위 및 파장 변환기의 유무에 따라 다시 FXC (Fiber Cross-Connect), WSXC (Wavelength Selective Cross-Connect), WIXC (Wavelength Interchanging Cross-Connect) 등으로 분류할 수 있다. (그림 1, (2))

FXC (Fiber Cross-Connect)는 단순히 광섬유 (optical fiber) 단위로 스위칭이 이루어지는 구조로서 원격 조정이 가능한 광섬유 분배함과 유사한 기능을 할 수 있다. FXC는 파장 채널 단위의 분기/결합 및 광감시 채널 (optical supervisory channel, OSC) 처리를 지원하지 않는다.

WSXC (Wavelength Selective Cross-Connect)는 파장 채널 별 회선 분배 기능이 있는 OXC중 파장 변환 기능이 없는 OXC를 지칭한다. WSXC는 파장 다중화된 입력 광신호를 역다중화한 후 공간 스위치를 사용하여 파장 별로 회선 분배를 수행한다. 따라서 WSXC는 파장 채널 단위의 분기/결합이 가능하다. 분기/결합 기능이 있는 OXC에서는 클라이언트로부터 오는 광신호의 특성을 전광 통신망 내부에서 사용하는 광신호 특성에 맞추기 위한 정합 기능이 요구될 수 있다. WSXC에는 각 입력

선로의 OSC를 받아보고 출력 선로들의 OSC를 생성하여 주는 기능이 필요하다. WSXC에는 파장 변환 기능이 없으므로 입력 광 채널들의 고유 파장은 그대로 유지된다. 따라서 WSXC를 사용하여 구현한 망에서는 출발지부터 목적지까지 같은 파장을 가지도록 경로를 설정해 주어야 한다. WSXC는 같은 파장의 광신호만을 묶어서 스위칭하는  $\lambda$ -plane 스위치로 구현할 수 있다.

WIXC (Wavelength Interchanging Cross-

Connect)는 WSXC의 각 신호 경로에 파장 변환 기능을 추가한 것이다. WIXC에 입력되는 광신호는 먼저 파장 역다중화된 후 공간 스위치에 의하여 회선 분배된다. 이 광신호는 파장 변환기에 의하여 파장 변환된 후 파장 다중화되어 출력된다. OXC는 다수의 입력 링크를 가지므로 같은 파장을 가지는 광신호 채널이 링크 수만큼 존재할 수 있다. 이 중 두 개 이상이 같은 출력 링크로 라우팅 되는 경우 회선 경쟁 (contention) 문제가 발생하게 된다. 이 때 각 출력 광선로마다 특정 파장 별로 하나의 신호만 받아들일 수 있기 때문에, 다른 파장이 사용되지 않고 있어도 회선 경쟁을 피할 수 없는 경우가 있다. 회선 경쟁에 의하여 블로킹이 발생할 경우 출력하고자 하는 링크에서 사용하지 않는 파장으로 파장을 변환해 주면

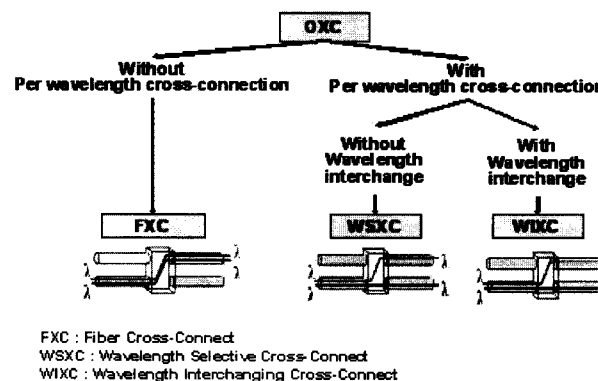


그림 1. 전광 광회선 분배기의 분류

망의 가용도를 높일 수 있다.

WIXC와 같이 전체 채널에 파장 변환기를 장착할 경우 일반적으로 블록킹 확률을 줄일 수 있으나 전체 채널 수만큼 파장변환기가 장착되어야 하므로 장비 가격이 상승하게 된다. WSXC/WIXC hybrid는 WIXC와 달리 전체 채널에 파장변환기를 사용하지 않고 파장 변환기를 공유하는 OXC를 지칭하며 장비 가격면에서 WIXC에 비하여 유리하다. WSXC/WIXC hybrid는 한 노드에서의 블록킹 확률은 WIXC 보다 크지만 망의 형태 및 라우팅 알고리즘에 따라 소수의 파장변환기만으로도 WIXC로 이루어진 망과 유사한 성능을 보일 수 있다.

### 3. 전광 광회선분배기 하드웨어

#### 3.1. OXC의 기능 구조

OXC는 크게 광학적인 경로를 설정해 주는 하드웨어 부분과 주로 소프트웨어로 이루어지는 제어계층으로 구분할 수 있다. (그림 2) 입력되는 파장 다중화된 광신호는 역다중화되어 광스위치로 입력된다. 회선 경합이 발생하지 않는 경우 광스위치는 입력되는 광신호를 투명하게 출력 포트에 연결해 준다. 한편 회선 경합이 발생하는 경우 파장변환기 모듈로 광신호를 연결하여 파장변환을 수행한 후 지정된 출력 포트에 연결해 준다. 만약 입력 및 출력 광신호의 세기가 약할 경우 이를 보상하기 위하여 광증폭기를 포함할 수 있다. 손실이 적은 경로이거나 OXC에서의 손실이 적은 경우 광증폭기를 사용하지 않을 수 있으며 입출력 중의 한 쪽만 사용할 수 있다.

그림 2에서 Mux/Demux 는 각각 파장다중화기/파장역다중화기를 지칭한다. 파장역다중화기는 링크로부터 입력된 파장 다중화된 광신호를 파장 채널 별로 분리하는 기능을 가진다. 각각의 역다중화된 광신호는 광스위치의 포트에 입력된다. 파장다중화기는 광스위치에 의하여 스위칭된 파장 채널을 다중화하여

링크로 출력하는 기능을 가진다. 파장다중화기 및 파장역다중화기는 각각 OXC에 연결된 링크의 수만큼 장착되며 역다중화기와 다중화기 사이에는 가변 광감쇄기를 들 수 있다. 가변 광감쇄기는 스위치의 경로 손실차 및 Mux/Demux 소자의 불완전성에 의한 경로 손실차 등을 보상하여 광증폭기 입력 부분에서 각 채널의 광세기를 일정하게 유지하는 역할을 한다.

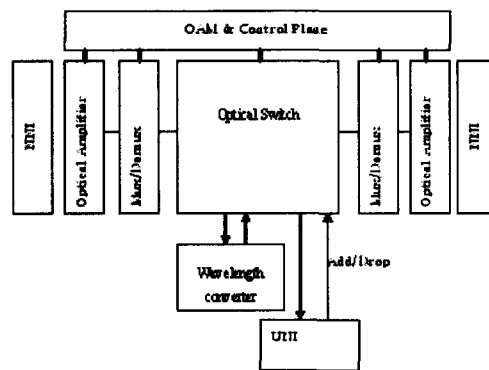


그림 2. 전광 광회선분배기의 기능 구조

#### 3.2. 주요 요소 기술

##### 3.2.1. 광스위치

광 스위치는 OXC의 핵심 요소로서 다수의 입력 및 출력 포트를 가지는 공간스위치로서 임의의 입력 포트에 입력된 광신호를 출력 포트에 연결해 줄 수 있는 기능을 가진다. 이 공간 스위치는 포트간의 연결 설정 시 이미 설정되어 있는 다른 연결을 방해하지 않아야 한다. OXC의 필요성은 광섬유를 이용한 광 전송 장치가 본격적으로 개발되기 이전에 이미 예견된 바 있으나 구현이 늦어진 큰 이유로 적절한 대용량 광 스위치의 부재를 들 수 있다. 이러한 대용량 광스위치를 구성하기 위하여 MEMS (Micro Electro-Mechanical System), bubble, 열광학 스위치 등과 같은 다양한 기술들이 시도되었다. 최근 들어 MEMS 기술로 수십~수백 개의 입/출력 포트를 가지는 광 스위치들이 구현되었다.[3]

### 3.2.2. 파장변환기

파장변환기는 전광통신망에서 회선 경합을 피하게 해 줌으로서 회선 이용 효율을 높여주는 역할을 하는 모듈이다. 파장변환기가 OXC 시스템에 사용되기 위해서는 데이터 전송속도 및 데이터 형태에 대한 투명성과 망의 용도에 맞는 전송특성을 지녀야 한다. 따라서, 현재 개발 중인 파장변환기는 저비용으로 얼마나 빠른 데이터 전송속도를 수용할 수 있는지, 얼마나 멀리 전송을 할 수 있는지가 중요한 관건이 된다. 파장변환기는 크게 광/전 변환을 이용한 파장 변환기와 전광(all-optical) 파장변환기로 분류된다. 광/전 변환기는 현재 상용화 기술에 가장 가까운 기술이며, 전광 파장변환기는 초고속 데이터를 처리하는 차세대 광 통신망을 위한 기술로 각광을 받고 있다. 광/전 파장변환기는 상용 파장 가변 레이저를 장착한 10 Gb/s급이 개발되었으며, 전자 기술의 발전과 함께 40 Gb/s의 고속 신호도 처리할 수 있게 될 것이다. 전광 파장변환기는 레이저 파장변환기(laser converter), 코히런트 파장변환기(coherent converter), 광게이트 파장변환기 등으로 분류할 수 있다. 현재까지는 XPM(Cross Phase Modulation)을 이용한 파장변환기가 적용 가능성이 가장 높다.[4]

## 4. 보호 및 복구

### 4.1. 전송망의 가용도

전송망은 다양한 원인에 의하여 단절될 수 있다. 공사 등에 의하여 매설된 전송로가 절단되거나, 노드 자체가 고장 나거나 전원 문제로 동작하지 않을 수도 있다. 장비를 구성하는 모듈 혹은 소자의 문제로 일부 채널이 두절될 가능성도 있다. 또한 장비를 운용하는 소프트웨어의 문제, 운용자의 실수, 혹은 천재 지변에 의해서도 통신 두절은 발생할 수 있다. 천재 지변 등을 제외한 통신망이나 장비의 고장에 대하여

전송망은 1년에 5분 이내의 downtime 즉 99.999% 이상의 가용도를 유지해야 한다.

이러한 높은 수준의 가용도를 확보하기 위해서 전송망은 다양한 보호 및 복구 방법을 사용하고 있다. 보호(Protection)는 운용 경로에 대하여 미리 보호 경로를 지정해 두었다가 고장이 발생하면 지정된 보호 경로를 따라 운용 경로를 우회하는 방식으로 낮은 계위에서 초기 대응을 위하여 사용된다. 보호는 주로 하드웨어적으로 실행되며 수십~수백 ms 정도의 시간 내에 장애를 처리할 수 있다. 복구(Restoration)는 보호 경로를 미리 지정해 두지 않고 고장이 발생한 시점의 트래픽 분포에 따라 남아 있는 예비 용량을 이용하여 보호 경로를 확보하고 장애가 발생한 트래픽을 우회하는 방식으로 주로 보호가 실패하였을 때 다음 단계의 대응으로 사용된다. 보호 기구가 주로 하드웨어적으로 수행되는 반면 복구는 소프트웨어에 의하여 실행되며 시간은 수초에서 수분 혹은 그 이상 걸릴 수 있다.

### 4.2. 광계층에서의 보호/복구

광통신망에서는 다양한 계층에서 보호 및 복구 방법이 수행될 수 있다. 상위 계층인 IP 혹은 SONET/SDH 계층에서 보호/복구가 수행될 수 있으며, 광계층에서 보호/복구를 수행할 수도 있다. 각 계층에서의 보호/복구는 각각의 장/단점을 가지고 있다.

WDM 전송로에는 통상 수십 개의 광채널이 전송되고 있으며 이러한 대용량 링크의 절단과 같은 장애의 경우에는 광계층에서의 보호/복구 방법이 가장 적절한 것으로 보인다. 만약 SONET/SDH 계층에서 이런 장애를 해결하고자 한다면 장애 지점의 광섬유를 지나는 수십 개 채널을 동시에 보호 절체 하여야 하며 이는 통신망에 큰 부담이 될 수 있다. 일부 채널의 장애의 경우에는 SONET/SDH 와 같이 보호 기능이 잘 정의되어 있는 상위 계층에서의 보호/복구

기능 수행이 큰 문제가 없을 수 있으나, IP/ATM/WDM, IP/WDM 의 경우 IP 계층이나 ATM 계층에서 대처하기 어렵다. 광계층에서 보호/복구 기능을 수행한다면 특정한 트래픽에 대하여 선별적인 보호/복구 기능을 제공할 수 있다. 즉 보호/복구 기능이 잘 정의되어 있는 SONET/SDH 트래픽에 대해서는 보호/복구 기능을 수행하지 않아 이 기능이 중첩되는 것을 막고, IP 트래픽과 QoS를 보장하여야 하는 트래픽에 대해서는 차별화된 보호 복구 기능을 제공할 수 있다.

반면 광계층에서의 보호/복구 기능의 단점도 존재한다. 광계층보다 상위 계층에서 장애가 발생할 경우 처리할 수 없는 사각 지역이 존재할 가능성이 있다. 또한 아직까지는 광계층에서의 에러 검출 능력은 제한되어 있다. 즉 광섬유 절단과 같이 광신호 자체가 사라지는 경우는 쉽게 검출할 수 있으나 excessive bit rate 와 같은 error 는 광신호 상태에서 검출하기 어렵다. 광링크의 아날로그적인 특성으로 인하여 복구 경로의 길이가 제약을 받을 수도 있다. 경로 중간에서 3R 재생을 해 줄 필요가 발생할 수도 있으며 이 경우도 역시 판단을 위해서는 광계층에서 광신호의 품질을 측정할 수 있는 수단을 필요로 한다. 그리고 광계층에서의 보호/복구는 작게는 광채널 단위, 크게는 수십 개의 채널이 다중화된 광섬유 단위로 복구를 해야 하기 때문에 granularity 가 떨어지는

문제점이 있다. 또한 SONET/SDH 와 같은 상위 계층의 복구 기능과의 연동이 제대로 이루어지지 않고 보호/복구 기능이 이중으로 설정될 경우 race problem 이 발생할 수 있다.

### 4.3. 보호/복구 방법

WDM 메쉬형 망에서의 보호 방법 중 가장 간단한 것은 SONET/SDH 혹은 WDM 점대점 전송 장치에서 사용하는 1+1 보호 절체 방법을 적용하는 것이다. 즉 그림 3 의 (a) 와 같이 각 노드 사이에 운용 링크와 함께 보호 절체용 링크를 포설하여 운용 중인 링크에서 장애가 발생하는 경우 보호 절체용 링크로 절체하는 방법이다. 이 방법은 개념적으로 간단하고 운용이 쉬울 것으로 예상되나 예비 링크를 포설하여야 하므로 비용 면에서 불리하다.

장애를 대비한 보호 링크가 포설되어 있지 않거나 사용할 수 없는 경우에는 미리 경로를 설정하여 스위칭하는 보호 (protection) 혹은 장애 발생 시점부터 우회 경로를 계산하여 스위칭하는 복구 (restoration) 방법을 사용하여야 한다. 보호/복구를 위하여 경로를 설정하는 방법은 크게 링크 보호와 경로 보호로 나눌 수 있다. 링크 보호는 그림 3 의 (b) 와 같이 각 노드 사이의 구간 즉 각 링크 단위로 보호 경로를 지정하는 방법을 말한다. 이 방법에서는 링크

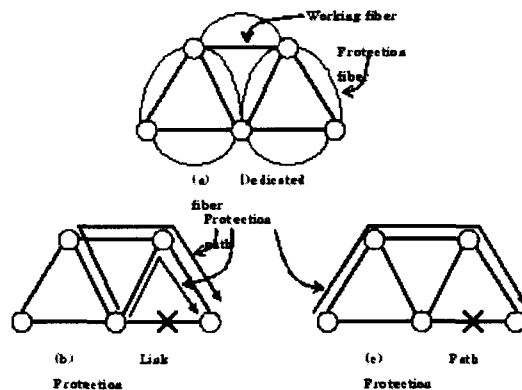


그림 3. 보호/복구를 위한 경로 설정 방법

장애가 발생하면 트래픽은 장애가 발생한 링크만을 우회하게 된다. 경로 보호는 하나의 source-destination pair에 대하여 운용경로와 예비 경로를 할당하는 방법을 말한다. 경로 보호 방법을 사용하는 망에서는 그림 3의 (c)와 같이 장애가 발생하는 경우 장애 링크만을 우회하는 것이 아니라 미리 계산되어진 다른 보호 경로로 트래픽이 우회하게 된다. 장애가 발생하는 경우 해당 링크의 주변 노드만이 관여하는 링크 보호 방법과는 달리, 경로 보호 방법의 경우에는 destination 노드까지 장애 정보가 전파되어야 하며, 복구에 관여하는 노드의 수가 링크 보호보다 더 많게 된다. 또한 하나의 경로에 대한 복구 경로를 설정할 때 두 경로가 공유하는 링크가 없도록 할당할 필요가 있다. 이러한 이유로 경로보호 방법은 링크 보호에 비하여 구현이 더 어려운 것으로 알려져 있다. [5]

## 5. 광네트워킹 제어방식

### 5.1. 제어평면의 구성요소 및 표준화 동향

최근 들어 IP 트래픽의 급격한 증가와 광통신망 기술의 발전에 따라 통합된 형태의 새로운 망 제어 구조에 대한 논의가 ITU-T, IETF, OIF 등의 표준화 기관을 중심으로 활발하게 진행되고 있다. 이러한 광통신망을 위한 광네트워킹 제어방식은 광네트워킹에서 노드 간 신호 속도나 전송 프레임 구조와 무관한 접속 능력을 제공하기 위해 기존의 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 를 확장한 개념이다. 이 확장된 개념을 시스템화 하기 위해서는 다양한 네트워크 제어 및 연결 구조를 비교·검토한 후 해당 시스템에 맞는 방안을 선택해야 한다. 그리고 표준으로 제시된 프로토콜들뿐만 아니라 노드 간 상호 연동성을 지원하기 위해 호/연결 제어와 같은 시스템 내부적인 응용 기능들도 추가적으로 개발해야 한다. 광통신망의 제어평면은 그림 4와 같이 연결 설

정 및 해제를 수행하는 신호방식, 네트워크 도달성 및 형상 정보를 교환하는 라우팅, 그리고 제어채널과 관련하여 노드간 인접 노드의 형상과 제공 서비스를 확인하는 링크관리 등 세 부분으로 구성된다.

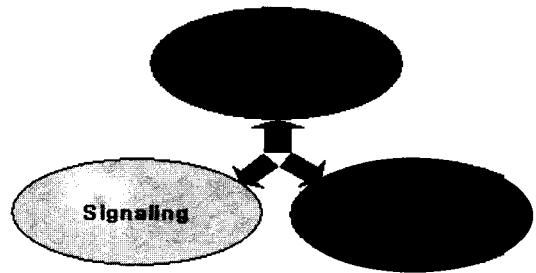


그림 4. OTN 에서 제어 평면의 구성 요소

광네트워킹을 위한 제어평면의 표준화는 크게 ITU-T, OIF, 그리고 IETF에서 추진하고 있다. ITU-T는 ASTN/ASON (Automatic Switched Transport Network / Automatic Switched Optical Network) 에 대한 요구 사항 및 구조를 기본으로 제어평면의 전반적인 분산 연결 관리 구조를 제시하고 있으며, IETF는 GMPLS (Generalized MPLS, [6]) 환경에 적용 가능한 신호방식 및 라우팅 프로토콜 등과 같은 제어평면 프로토콜들을 제시하고 있다. 그리고 OIF는 피어 모델 이전에 오버레이 모델에 적용 가능한 현실적인 상호 연동성 규격들을 제시하고 있다. OIF UNI 규격은 LMP (Link Management Protocol) 기반의 ND/SD (Neighbor Discovery/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 제어 채널에 대한 기본적 구성과 링크 연결성의 검증 과정 등을 완료한다. 그리고 SD 절차를 통해 신호 방식 프로토콜의 버전과 클라이언트 및 백

본 네트워크의 전송 특성 등을 교환한다. 이후, 호/연결 설정 절차를 수행한 다음 전달 평면을 통해 사용자 정보를 전송한다. 그리고 필요에 따라 호/연결 삭제 절차를 수행한다. 그림 5는 OIF UNI 기반의 전체적인 신호방식 절차를 나타낸다.

### 5.2. OXC 시스템의 광네트워킹 제어방식 요구사항

광네트워킹 제어방식은 MPLS 프로토콜 스택 구조를 확장 적용한다. 즉, 호/연결 제어를 위해 사용하는 CR-LDP 또는 RSVP-TE 프로토콜과 ND/SD 또는 장애 위치결정 등을 위해 사용하는 LMP 프로토콜, 그리고 OSPF (Open Shortest Path First) 및 ISIS (Intermediate System-Intermediate System) 와 같은 라우팅 프로토콜들에 대해 적용 구간에 따라 UNI, NNI 및 GMPLS 관련 능력을 확장해야 한다. 이러한 상위 프로토콜들에서 생성된 IP 제어 패킷은 PPP 등의 하위 프로토콜을 사용하여 인캡슐 되고 교환된다. 그림 6은 이러한 광인터넷 제어평면의 프로토콜 구조를

나타낸다.

광전달망에서 상기의 제어구조 및 연결방식 시나리오, 그리고 프로토콜 스택을 바탕으로 하는 OXC 시스템의 종합적인 요구사항은 다음과 같다:

- 제어구조 : 분산 연결제어 및 GMPLS 확장을 고려
  - 연결방식 : 연성 영구 연결 및 교환 연결
  - 신호방식 프로토콜 : UNI/NNI 모두 RSVP-TE를 적용
  - 링크관리 프로토콜 : UNI의 경우, LMP ND/SD를 적용, NNI의 경우 추후 검토
  - 라우팅 프로토콜 : 추후 검토
  - 신호방식 스킴 : In-fiber 및 IP 네트워크 기반의 Out-of-fiber 신호방식 적용
  - 주소지정방식 : Ipv4 (Unnumbered)를 기본, Ipv6 는 추후 검토
  - 프레임 구조 : UNI의 경우 SDH 구조를 적용, NNI의 경우 Lambda 구조를 적용
- 광네트워킹을 위한 종단 간 (통상 라우터 간) 연결 방식의 경우 프로비전 연결, 연성 영구 연결, 역연성

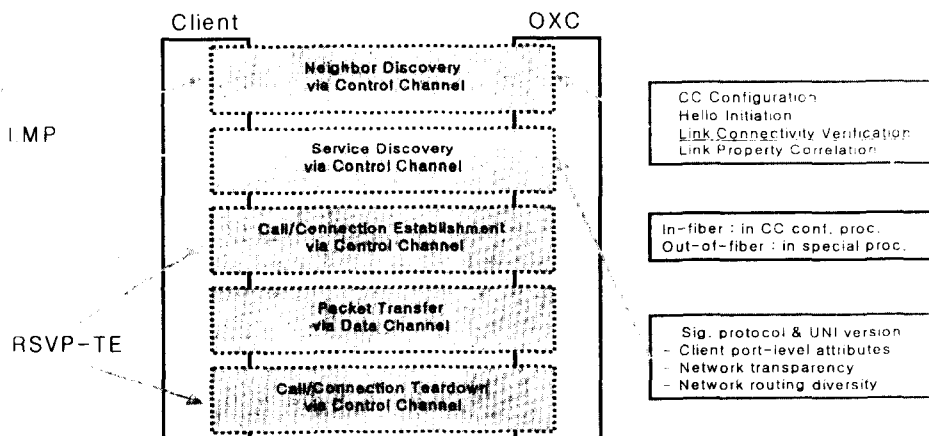


그림 5. OIF UNI 신호방식 절차



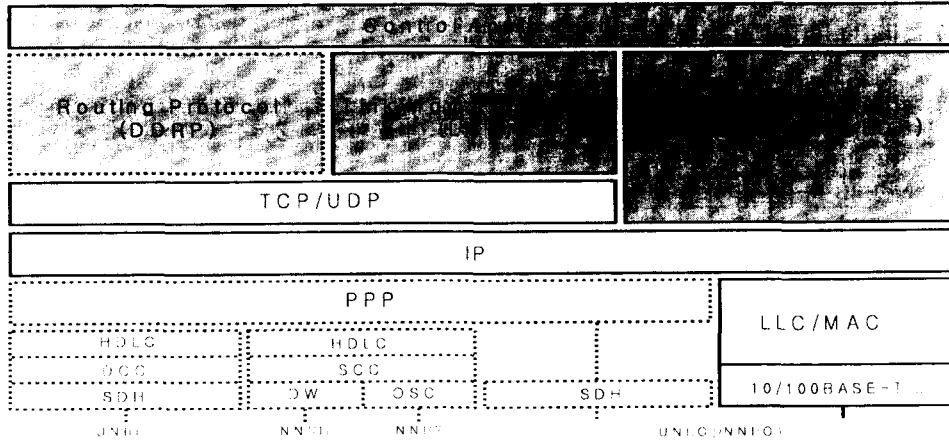


그림 6. 제어평면의 프로토콜 스택

영구 연결, 그리고 교환 연결 등이 있으나, 제어평면에서 제어할 수 있는 연결방식은 연성 영구 연결과 교환 연결이다. 그림 7은 RSVP-TE 신호방식 프로토콜 기반의 교환 연결에 대한 O-UNI (OIF의 RSVP-TE) 및 O-NNI (GMPLS RSVP-TE)의 신호방식 절차를 나타낸다. [7] 참고로 연성 영구 연결의 경우, O-UNI 관련 신호방식 절차는 프로비전

연결로 대체되고, 연결 설정 요청은 클라이언트 대신 광전달망 내부의 EMS/NMS에서 생성되어야 한다.

## 6. 결론

광통신망은 현재의 정적인 선형 혹은 링형의 망에서 광회선 분배기가 도입된 동적인 메쉬망으로 진화

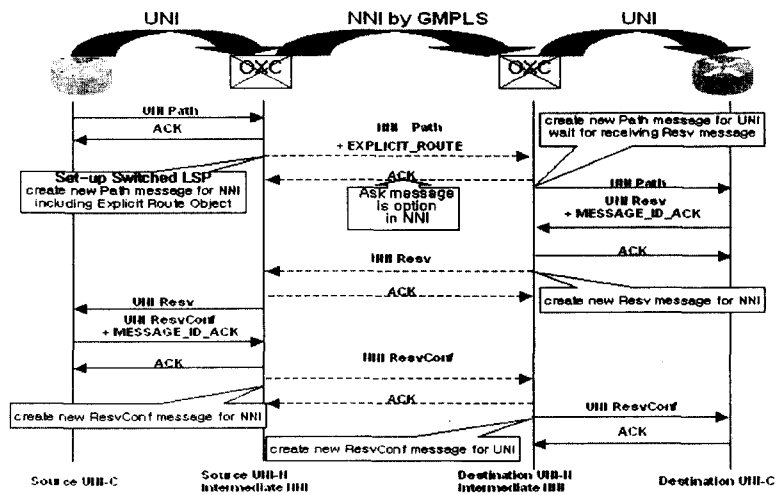


그림 7. 광전달망의 O-UNI/O-NNI 신호방식 절차

할 것으로 예상된다. 광회선 분배기는 전/광 변환 후 디지털 계위에서 스위칭을 수행하는 OEO OXC와 광/전 변환 없이 광신호 상태로 스위칭을 수행할 수 있는 OOO OXC 혹은 전광 광회선 분배기로 구분할 수 있다. 전광 광회선 분배기는 많은 비용이 필요한 광/전 변환 없이 광신호 상태에서 grooming 을 수행할 수 있어 가격적인 면에서 유리하며, 보호/복구 기능을 제공해 줄 수 있다. 또한 동적인 망 재구성 기능으로 현재의 망에서 지원할 수 없는 동적인 서비스를 지원해 줄 수 있으며, 전체 망을 하나의 관리 영역에 묶으로써, 망의 운용비용을 낮출 수 있을 것으로 기대되고 있다. 시장의 침체와 요구 대역폭 증가의 둔화로 인하여 시장에서의 요구 시점이 예상보다 다소 늦어질 것으로 보이나 전광 광회선 분배기가 가지는 많은 장점들로 인해 망에 필수적으로 도입될 것이다. 전광 광회선 분배기와 관련된 광스위치 등 핵심 소자의 성능 개선, 장애 복구, 운용 등의 기술 개발 및 표준화는 계속 활발하게 이루어지고 있다.

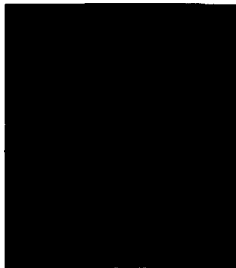
#### 참고문헌

- [1] 박혁, 이창형, 김봉규, 김광준, “광회선 분배 기술” 한국통신학회지: 정보통신 2001.12 v.18, n.11, pp.82-95
- [2] Telcordia, “Optical Cross-Connect Generic Requirement”, Telcordia GR-3009-Core, Issue 2, Dec. 1999.
- [3] Patric B. Chu, S.-S. Lee, and S. Park, “MEMS: the path to large optical crossconnect”, IEEE Communications Magazine, p.80, March 2002
- [4] Jaafar M.H. Elmirghani, Hussein T. Mouftah, “All-optical wavelength conversion: technologies and applications in DWDM networks”, IEEE Communications Magazine p.86, March 2000
- [5] D. Zhou and S. Subramaniam, “Survivability in optical networks”, IEEE Network, p16, November/December 2000
- [6] G. Li, J. Yates, D. Wang, and C. Kalmanek, “Control plane design for reliable optical network”, IEEE Communications Magazine p90, February 2002
- [7] Lou Berger et. al., “Generalized MPLS Signaling - RSVP-TE Extensions” draft-ietf- mpls-generalized-rsvp-te-08.txt



### 박 혁

1997~현재 : 한국전자통신  
연구원 선임연구원 1995~  
1996 : 한국전자통신연구원  
박사후연수연구원 1992~  
1995 : 서울대학교 자연과  
학대학원 물리학과 (이학박  
사 ; 고체물리 전공) 1988~  
1990 : 서울대학교 자연과학대학원 물리학과 (이학석  
사 ; 고체물리 전공) 1981~1986 : 서울대학교 자연  
과학대학 물리학과 (이학사)  
연구분야 : 광통신시스템, OXC시스템 기술



### 김 영화

1987년 : 전남대학교 계산통  
계학과 졸업 1997년 : 충남  
대학교 컴퓨터과학과 석사  
졸업 2000년부터 현재 : 충  
남대학교 컴퓨터과학과 박사  
과정 중 1988년부터 현재 :  
한국전자통신연구원(ETRI)  
선임연구원 관심분야 : 지능망, 통신망 서비스 및 시스  
템, 광인터넷, 통신 프로토콜



### 김 광 준

1977~1981 : 서울대학교  
자연과학대학 물리학과 (이  
학사) 1981~1983 : 서울  
대학교 대학원 물리학과 (이  
학석사 ; 고체이론 전공)  
1986~1993 : 미국 Ohio  
State University 물리학과  
(이학박사 ; Conducting  
Polymer/비선형 광학 전공) 1984~현재 : 한국전자통  
신연구원 OXC시스템팀장  
연구분야 : 파장분할 다중화 광통신 기술, 비선형 광학,  
OXC 시스템 기술