

# NGOI 백본망에서의 광 링크 관리 프레임워크

신주동\*, 김성운\*, 황진호\*, 한중욱\*\*, 손승원\*\*  
 \*부경대학교, 정보통신공학과  
 \*\*한국전자통신연구원

## Optical Link Management Framework in NGOI Backbone Network

Ju-Dong Shin\*, Sung-Un Kim\*, Jin-Ho Hwang\*, Jong-Wook Han\*\*, Seung-Won Sohn\*\*  
 \*Dept. of Telecommunication Engineering, PuKyong Nat'l University  
 E-mail: jdshin@mail1.pknu.ac.kr, kimsu@pknu.ac.kr, jhhwang79@korea.com  
 \*\*Electronics and Telecommunications Research Institute  
 E-mail: {hanjw, swsohn}@etri.re.kr

### 요약

DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기반의 광 네트워크가 범 세계적인 차세대 광 인터넷(NGOI: Next Generation Optical Internet) 백본망의 대안으로 인식되고 있으나, 기존의 전기적인 오버헤드 비트를 이용한 전송 관리 정보의 사용이 더 이상 유효하지 않아 장애 관리에 많은 문제점을 드러내고 있다. 본 논문에서는 NGOI 백본망의 링크 관리를 위해 광 성능 모니터링 시스템 및 GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching)의 링크 관리 프로토콜(LMP: Link Management Protocol)을 활용한 관리 모델을 제시한다.

### 1. 서론

최근 급속하게 증가하는 인터넷 트래픽을 고속 대용량의 광 통신망을 통해 전달할 수 있는 차세대 광 인터넷(NGOI: Next Generation Optical Internet)의 표준화 연구가 국내외에서 활발하게 진행되고 있다 [1]. 차세대 통신 네트워크의 패러다임으로 각광 받고 있는 광 인터넷은 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기술을 이용한 풍부한 대역제공 능력과 기존 IP의 범용성이 결합된 경제적이고 효율적인 네트워크로 주목받고 있으나, 광 링크, 광 증폭기, 광 회선분배기 등의 non-regeneration 시스템으로 광 통신망이 구성되면서 기존의 오버헤드 비트를 이용한 전송 관리 정보의 사용이 더 이상 유효하지 않아 장애 관리에 많은 문제점을 드러내고 있다[2]. 따라서, 본 논문에서는 광 링크의 모니터링 및 장애 관리가 가능한 광 성능 모니터링 시스템과 이를 기반으로 GMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching)의 링크 관리 프로토콜인 LMP(Link Management Protocol)를 확장한 모델을 제시한다. 이를 위해 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에

서는 NGOI의 구조 및 광 성능 모니터링 기술에 대해서 기술하고, 3장에서는 광 성능 모니터링을 위한 시스템을 제안한다. 그리고, 4장에서는 제안된 시스템을 기반으로 LMP+ 모델과 이 모델에서의 성능 정보 전달 및 장애 지역화 절차를 제시한다. 마지막으로 5장의 결론에서는 향후의 연구과제를 제시한다.

### 2. NGOI의 구조 및 광 성능 모니터링 기술

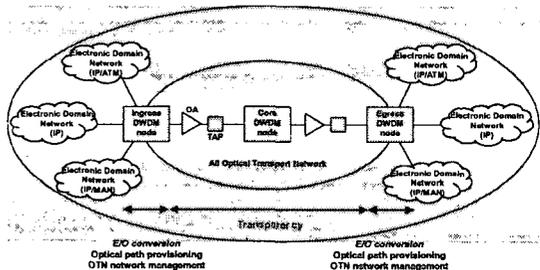


그림 1. NGOI 구조

제안되는 NGOI 구조는 그림 1과 같이 두 개의 기능적 도메인으로 분류된다. 외부 도메인은 패킷 헤더 정보를 기반으로 하는 기존의 상업적인 전기 도메인

본 연구는 한국전자통신연구원 수행과제(과제번호: 0701-2003-0019) 연구비에 의해 연구되었음

(LAN, MAN, ATM등)이며, NGOI 백본망인 내부 도메인은 광소자 기술로 구현된 전광 전달망(AOTN: All Optical Transport Network)이다. 이 같은 백본망 구조에서의 데이터 전달과정은 다음과 같다. 먼저, ingress 노드로 유입되는 다양한 IP 트래픽들은 lightpath를 따라 egress 노드로 전송된다. 이때 코어(core) 노드는 광 스위칭에 기반 하여 광/전 변환 없는 데이터 포워딩(forwarding)만을 담당하며, egress 노드는 전송된 트래픽들을 엑세스망에 따라 다시 분리하여 최종 목적지로 전달한다.

이와 같은 NGOI 백본망의 투명(transparency)한 데이터 전달 구조는 중간 노드에서의 전기적인 데이터 접근이 전혀 없으며, 광채널에 대한 상태 정보를 가지기 위해서는 보다 많은 정보를 제공해 줄 수 있는 광도메인에서의 성능 모니터링 기술이 요구된다. 이에 T1X1.5에서는 광 성능 모니터링(Optical Performance Monitoring: OPM) 문제를 해결하기 위해서 ITU-T draft recommendation G.798과 G.874에 포함되었던 일부 광 성능 파라미터(Optical Performance Parameter: OPP)에 대한 연구를 진행하고 있으며 [4-5], OPM 기능을 수행하기 위해 요구되는 OPP는 표 1과 같다.

표 1. 광 도메인에서의 OPP와 OPM 기술

종류	광 성능 파라미터 (OPP)	광 성능 모니터링 기술 (OPM)
Noise	Composite optical power level Composite optical power deviation	Optical Power Level monitoring
	Channel optical power Channel optical power deviation OSNR (Optical Signal-to-Noise Ratio) OSNR drift Wavelength identification Wavelength drift	Optical Spectrum Analysis monitoring
Distortion	Q-factor Q-factor drift Eye diagram Eye diagram drift	Q-factor monitoring based on eye-diagram

본 논문에서는 아래의 OPM 기술을 사용하여 측정된 OPP 값을 기반으로 광소자의 장애 및 신호 품질 감쇄를 검출한다.

◆ 광 성능 모니터링(OPM) 기술

(1) Optical Power Level(OPL) 모니터링 기술: 광 파이버로 전송되는 광신호의 전체 전력을 측정하며, DWDM 시스템에서 가장 쉽게 사용되는 모니터링 기술이다. 링크 상의 LOL(Loss Of Light)를 빠르게 검출하며, 광소자의 입출력 포

트에서 광 전력을 측정/비교함으로써 광소자 고장 검출과 시스템의 안정성을 모니터링 한다.

(2) Optical Spectrum Analysis(OSA) 모니터링 기술: OSA는 파장별 광전력(optical power)의 모니터링이 가능하여 파장에서의 결합/분기(add/drop) 정보나 특정 파장의 LOL 검출이 가능하고, 채널의 파워 OSNR(Optical Signal-to-Noise Ratio) 측정 등 다양하게 응용이 된다. 그러나 OSA는 광신호의 분산이나 비선형 특성으로 인한 신호의 왜곡을 측정하기에는 제한이 따르며, 이를 해결하기 위해서 다음의 Q-factor 모니터링 기술이 사용된다.

(3) Q-factor 모니터링 기술: Q-factor는 광 시스템에서 OSNR을 결정하고 BER을 추정할 수 있는 새로운 품질 평가 파라미터로, 광 시스템을 통계적 가우시안 잡음으로 가정했을 때의 SNR을 측정된 값이며, eye diagram의 측정값이 기반이 된다. 특히 BER을 추정할 수 있으므로, 왜곡으로 인한 신호 감쇄(Signal Degradation)를 검출하는데 사용된다.

3. 광 성능 모니터링(OPM) 시스템

DWDM 시스템에 사용되는 광소자들은 전원 모듈이나 제어모듈 등 내부적으로 다양한 서브시스템으로 구현되며, 이들의 물리적 장애는 DWDM 시스템의 오동작이나 동작불능을 유발한다. 또한 시스템의 환경적 요인이나 광소자의 다양한 불안 요소에 의해 신호의 품질은 영향을 받게 된다. 따라서 광 링크의 관리를 위해서는 신호 품질에 영향을 줄 수 있는 네트워크 요소에서의 광 성능 모니터링이 요구된다[6].

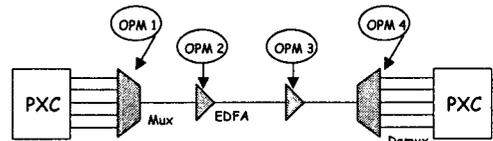


그림 2. 광 성능 모니터링 기술의 적용 예

그림 2와 같은 광 성능 모니터링 기술의 적용을 통해, 광소자의 장애는 각 소자의 입력/출력 포트에서의 광전력을 비교함으로써 검출할 수 있다. 만약 입력이  $\alpha$  (단,  $\alpha$ 는 시스템이 허용하는 임계치 이상의 값), 출력이 0일 경우, 광소자의 고장으로 간주되며, 입력이 0이고 출력도 0일 경우는, 업스트림 광소자의 고장 전

파로 인한 LOL로 분석될 수 있다. 이와 달리 신호 품질 감쇄의 검출은 제시된 OPM 기술로 측정된 OPP 값과 시스템이 요구하는 최저 혹은 최고 임계치 값을 주기적으로 비교함으로써 신호 품질 감쇄의 발생을 검출할 수 있다.

본 논문에서는 그림 3과 같이 구성된 광 성능 모니터링 시스템의 구현을 통해 광 도메인에서 광소자의 장애 및 신호 감쇄의 검출이 가능하며, 또한 광소자의 입력 파워의 제어를 통해 능동적인 장애 회복이 가능하다.

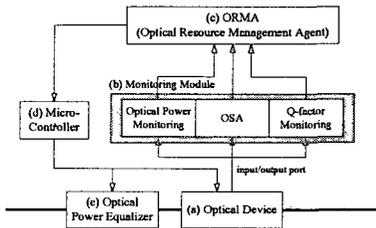


그림 3. 광 성능 모니터링 시스템

- (1) Optical Devices(광소자)
- (2) Monitoring Module(모니터링 모듈): OPL, OSA, Q-factor 등 광 성능 모니터링 기술이 적용
- (3) ORMA(Optical Resource Management Agent): 모니터링 모듈에서 제공되는 광자원의 상태정보를 OPP 값으로 유지하며, Micro-Controller를 통한 직접적인 광소자의 제어를 담당
- (4) Micro-Controller: 광소자의 실질적인 물리적 제어를 담당
- (5) Optical Power Equalizer: 채널의 입력 파워를 균일하도록 제어함으로써 광 전력의 변동으로 인한 장애에 능동적으로 대처할 수 있다.

#### 4. 광 링크 관리 모델

DWDM 기반의 NGOI 백본망에서는 이웃한 노드와 여러 개의 파이버로 연결되고, 각 파이버는 수 백개 이상의 파장을 전달할 수 있다. 이를 효율적으로 관리하기 위한 제어 채널로써, IETF(the Internet Engineering Task Force)에서는 GMPLS의 링크 관리 프로토콜인 LMP를 정의하고 있다[7]. LMP는 이웃한 노드 간에 out-of-band 제어 채널을 통해 데이터 링크와 관련된 제어정보를 주고받을 수 있으나, 두 이웃 노드를 연결하는 DWDM 광 링크의 구조 및 상태 정보를 알기 위해서는 광 성능 모니터링 시스템과의 정보 교환이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 링크

관리를 위한 out-of-band 제어 채널로써 LMP, 그리고 LMP를 DWDM 시스템 사이로 확장한 LMP-WDM(LMP for DWDM Optical Line System)[8]이 상호 동작되는 모델(이하 LMP+라 명칭)을 제안한다.

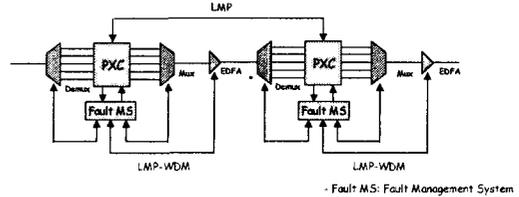


그림 4. LMP+ 모델의 구조

제안된 LMP+ 모델은 그림 4와 같이 Fault MS(Management System) 간의 LMP와 Fault MS-광 성능 모니터링 시스템 간의 LMP-WDM이 상호 동작되는 모델로, 광 도메인과 노드의 제어 평면을 연결하는 기능이 LMP-WDM을 통해 구현되며, LMP-WDM을 통해 수집된 광 링크의 정보 및 장애 통보를 기반으로 GMPLS 시그널링과 라우팅 및 장애 관리가 수행된다.

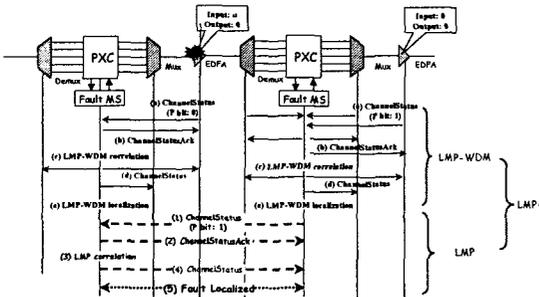
또한 LMP+는 ChannelStatus 메시지 교환을 통해 망에서 발생한 장애 지역화(fault localization) 메커니즘을 제공한다[7-9]. 이때 사용되는 ChannelStatus 메시지는 하나 혹은 그 이상의 데이터 채널들의 상태를 이웃 노드에 통지하기 위해 사용되며, 포맷은 그림 5와 같이, Interface\_ID 혹은 Link Group\_ID, Channel Status(Signal Failure, Signal Degradation, 그리고 Signal OK) 및 데이터 채널의 방향 등을 나타낸다. 특히 LMP-WDM에서는 Interface\_ID 대신 Link Group\_ID를 새롭게 정의하여 데이터 링크를 위한 개별적인 ChannelStatus 객체 대신 데이터 링크들의 그룹을 사용함으로써 장애 발생에 의한 제어 트래픽의 양을 줄이고 있다.

1										2										3									
N	C-Type	Class								Length																			
Interface_ID (LMP), Link Group_ID (LMP-WDM)																													
ADP Channel Status																													

N : 객체가 할당가능(N=1)한지 불가능한지(N=0)를 나타낸다  
 C-Type : Object class의 타입  
 Class : Object 타입  
 Length : Object의 길이(Object 헤더값이 포함)  
 Link Group\_ID : 데이터링크들의 그룹식별자  
 A (Active bit) : 사용과 트래픽이 할당된 채널인지 식별, 모니터링 필요 여부를 나타낸다.  
 D (Direction bit) : 데이터 채널의 방향을 나타낸다.  
 F (Position bit) : SF, SD 알람시 사용되며, Fault인지 Fault propagation인지를 나타낸다  
 Channel Status : 데이터 채널의 상태값 나타낸다.

그림 5. ChannelStatus 객체의 포맷

LMP+ 모델에서 ChannelStatus 메시지의 교환은 물리적으로 2가지 의미를 가진다. 이것은 ChannelStatus 메시지를 전달하는 광소자나 링크에서 장애가 발생했음을 보고하는 경우, 그리고 업스트림에서 발생한 장애의 전파로 인해 다운스트림 측에서도 장애 발생을 보고하는 경우이다. 이 두 경우의 차이점은 3장에서 살펴 보았듯이 광소자의 입/출력 성능 모니터링 기술을 통해 구분 가능하며, DWDM 광 링크 구간에서의 보다 정확한 지역화를 위해서는, 장애와 장애 전파의 정확한 의미를 제어 평면에 전달해야 할 필요가 있다. 따라서, 본 논문에서는 그림 5의 Channel Status 필드 중 1비트를 P비트(Position bit)로 활용할 것을 제안한다. 제안된 P비트는 LMP-WDM과 LMP에 모두 사용되며, P비트가 0이면, 관리되는 구간에서의 장애가 발생했음을 나타내고, P비트가 1이면, 장애 전파를 의미한다.



- |   |
|---|
| <p>Phase 1: LMP-WDM 지역화 절차</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) 광 성능 모니터링 시스템의 ORMA에서 ChannelStatus 메시지 전달</li> <li>(b) Fault MS의 ChannelStatusAck 응답</li> <li>(c) LMP-WDM correlation</li> <li>(d) 각 광소자의 ORMA에게 상태 정보 전달</li> <li>(e) LMP-WDM 지역화 절차 완료</li> </ul> <p>Phase 2: LMP 지역화 절차</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 다운 스트림 Fault MS의 ChannelStatus 메시지 전달</li> <li>(2) 업스트림 Fault MS의 ChannelStatusAck 메시지 응답</li> <li>(3) LMP correlation</li> <li>(4) 다운 스트림 Fault MS에게 상태 정보 전달</li> <li>(5) LMP 지역화 절차 완료</li> </ul> |
|---|

그림 6. LMP+모델의 장애 지역화 알고리즘

그림 6은 제안된 LMP+ 모델에서 ChannelStatus 메시지와 Channel Status 필드의 P비트를 사용한 장애 지역화 알고리즘으로, LMP-WDM 지역화와 LMP 지역화의 두 가지 과정으로 동작되며, 이를 통해 고장난 광소자의 위치를 정확하게 검출 및 지역화 할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서 제시된 광 성능 모니터링 시스템과 LMP+ 모델은 광 성능 모니터링을 통해 광 도메인에서의 빠른 장애 검출 및 지역화를 가능하게 함으로써 신뢰성 있는 서비스를 제공할 수 있다. 그러나 정확한 광 성능 측정을 위해 보다 정확한 광 성능 모니터링 기법 및 파라미터의 연구와 LMP+ 상호 연동을 위한 절차 연구가 향후 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

## [참고문헌]

- [1] Bala Rajagopalan, James Luciani, et al., "IP over Optical Networks: A Framework," Internet Draft, draft-ietf-ipo-framework-04.txt, April 2003.
- [2] Jigesh K. Patel, Sung-Un. Kim, David. H. Su, "Modeling Attack Problems and Protection Schemes for All-Optical Transport Networks," Optical Network Magazine, 3(4), pp. 61-72, July/August 2002.
- [3] Jae-Dong Lee, Sung-Un Kim, et al., "Differentiated Wavelength Assignment with QoS Recovery for DWDM Next Generation Internet Backbone Networks," Photonic Network Communications, 5(2), pp. 163-175, March 2003.
- [4] Stanic, S. Subramaniam, et al., "On Monitoring Transparent Optical Networks," Proceedings of the International Conference on Parallel Processing Workshops(ICPPW'02), pp. 18-21, August 2002.
- [5] C. P. Larsen, P. O. Andersson, "Signal Quality Monitoring in Optical Networks," Optical Network Magazine, 1(4), pp. 17-23, October 2000.
- [6] Cengiz A. Aydin, "Proposed Optical Performance Monitoring Application for G.atoon," Contribution to T1 standards projects, May 2002.
- [7] J. Lang, "Link Management Protocol(LMP)," Internet Draft, draft-ietf-ccamp-lmp-08.txt, March 2003.
- [8] A. Fredette, J. Lang, "Link Management Protocol(LMP) for DWDM Optical Line Systems," Internet Draft, draft-ietf-ccamp-lmp-wdm-01.txt, September 2002.
- [9] Eric Mannie, et al., "Generalized Multi-Protocol Label Switching(GMPLS) Architecture," Internet Draft, draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-07.txt, May 2003.