

## 광인터넷망 구조 분석과 UNI 시그널링 프로토콜을 이용한 광전송 실험

이 상 화

# Structure Analysis of Optical Internet Network and Optical Transmission Experiments Using UNI Signaling Protocol

Sang-Wha Lee

### 요 약

본 논문에서는 광인터넷의 구조 설계에 대한 분석과 광서비스망에서 UNI(User Network Interface) 시그널링 프로토콜을 이용한 광전송 실험을 시행하였다. 광인터넷의 계층에 따른 백본망, 서비스망, 액세스망에 대한 세부적인 구조를 보여주었고, 각 계층에서 필요한 기능들에 대하여 기술하였다. 이어서 광전달 계층의 제어 구조, 운용 관리망 구조, 망간 연동 기술 그리고 라우팅 및 신호망에 대한 기능적 요구조건들을 제시하였다. 이러한 광인터넷망에서 OIF(Optical Internetworking Forum)에 의해서 규정된 UNI 시그널링 프로토콜을 사용하여 전송 실험을 하였다. LSP(Label Switched Path)에 트래픽을 전송하여 설정된 경로를 따라서 메시지가 UNI에 전달되었고, 스위칭을 통하여 최종 목적지에 도착한 TCP(Transmission Control Protocol) 패킷(packet) 값을 보여줌으로써 실시한 광전송이 성공적으로 완료되었음을 확인하였다.

▶ Keywords : 광인터넷, 시그널링 프로토콜, 유저 네트워크 인터페이스, 패킷

### Abstract

In this paper, the structural design of optical Internet is analyzed and by using UNI (User Network Interface) signaling protocol an optical transmission experiment was performed. The hierarchical structure of the basic optical Internet consists of the backbone network, the service network and the access network. The necessary functions for each layer were described as follows: Control structure of the optical transport layer, network operation and management structure, internetworking technology of sub networks, routing and signaling technology. By using UNI

•제1저자 : 이상화 •교신저자 : 이상화

•투고일 : 2013. 9. 5, 심사일 : 2013. 9. 23, 게재확정일 : 2013. 9. 27.

\* 서원대학교 정보통신공학과(Dept. of Information & Communication Engineering, Seowon University)

signaling protocol from OIF (Optical Internetworking Forum), the optical transmission in the proposed structure of the optical Internet network was experimented. By the traffic generation of LSP (Label Switched Path) data packets along the route-configuration was delivered to UNI. Finally, by showing the value of TCP (Transmission Control Protocol) packets the optical transmission was completely and successfully demonstrated.

▶ Keywords : Optical Internet, Signaling Protocol, User Network Interface, Packet

## I. 서론

광인터넷망은 WDM(Wavelength Division Multiplexing)기반의 동적연결기능을 가지는 광 통신망 기술과 인터넷 기술의 직접적인 결합을 통하여 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하는 최적화된 망 인프라를 의미한다. 광인터넷망은 계층(layer) 상으로 전달 계층과 라우팅 계층의 2계층을 가지며, 계위(hierarchy) 상으로는 액세스망, 서비스망, 백본망의 3계위 구조를 가진다. 서비스망은 기존의 교환/라우팅 망을 사용하여, 자연스럽게 기존 망 서비스를 수용한다[9]. 광인터넷망은 저렴한 비용으로 일반가입자에게는 수십 메가에서 수 기가급의 초고속서비스를 제공하고, 기업가입자를 대상으로는 수백 메가에서 수십 기가급의 대용량 광접속 서비스를 제공한다. 이러한 광인터넷 망을 구성하는 광 전달 계층은 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기술과 동적 제어기술을 기반으로 수십 Tbps급의 트래픽 처리능력을 제공한다. 또한 라우팅 계층(ATM, IP, MPLS, GbE/10GbE) 및 전자 전달계층(SONET/SDH)의 망 장치들이 광전달 계층의 망 자원을 직접적으로 사용하기 위해서는 광전달 자원사용에 대한 정합 기능이 있어야한다.

광인터넷망의 기본 구조 모형은 대용량 트래픽의 원활한 전달 능력을 제공하기 위한 개방형 시스템 간 상호 접속(OSI: Open Systems Interconnection)의 데이터링크(data link) 계층 이하의 연결능력을 제공하는 전달계층과, QoS(Quality of Service) 또는 CoS(Cost of Service) 기반의 초고속 멀티미디어 서비스 제공을 위한 OSI의 네트워크 계층과 라우팅 계층으로 구성된다[9]. 가입자 종단점(TE: Terminal Equipment) 부터 CO(Central Office) 관할의 지선(feeder line) 구간을 포함하여 CO 접속 인터페이스까지를 액세스 망, CO부터 RO(Regional POP) 접속 인터페이스까지를 서비스망, RO부터의 지역간 연결망까지를 백본

망으로 구분한다. 그림1은 이러한 광인터넷망의 기본 구조를 보여준다.

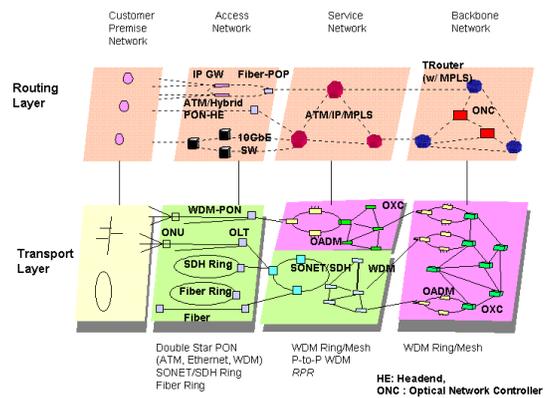


그림 1. 광인터넷망의 기본 구조 모형  
Fig. 1. Basic structure of an optical Internet network model

본 논문에서는 광인터넷망의 계층구조에 따라서 이루어진 각 서브 네트워크의 형태와 그에 따른 기능 및 역할에 관하여 기술하였고, 이러한 구조의 광인터넷 서비스망에서 UNI 시그널링(signaling) 프로토콜을 사용한 전송실험의 시스템 구성도를 보여준다. 이어진 실험에서는 데이터 트래픽을 발생시켜서 지정된 경로로 LSP(Label Switched Path)상에서 광 스위칭을 통하여 패킷이 목적지에 정확히 전달되었음을 확인한다.

## II. 광인터넷 망의 계층구조

광인터넷 망의 계층적 구조에서 전달 계층은 크게 전자 전달계층과 광 전달계층으로 구분하는데 표1에서 광인터넷 망을 구성하는 요소들을 2계층 3계위의 분류법에 따라서 분류하였다.

표 1. 광인터넷 망을 구성하는 요소들을 2계층 3계위의 분류법에 따른 분류

Table 1. Components of the optical Internet network according to two layer and three hierarchy classification

구분	액세스망	서비스망	백본망
라우팅 계층	Fiber PoP IP GW PON Headend (MPLS over 10GbE) (RPR) (Multiservice SONET)	ATM S/W Gigabit Router MPLS System Terabit Router (MPLS over 10GbE) (RPR) (Multiservice SONET) (MSPP)	Terabit Router ONC System (Optical Packet Router) (MPLS-OXC) (GMPLS-OXC)
	전자 전달 계층	10GbE S/W	SONET/SDH 10GbE S/W
전달 계층	광전달	OXC OADM OA Optical Line	OXC OADM OA Optical Line

그림 2는 광인터넷망의 3계위에 따른 백본망, 서비스망, 액세스망으로 분류하여 구성된 계층구조를 보여준다.

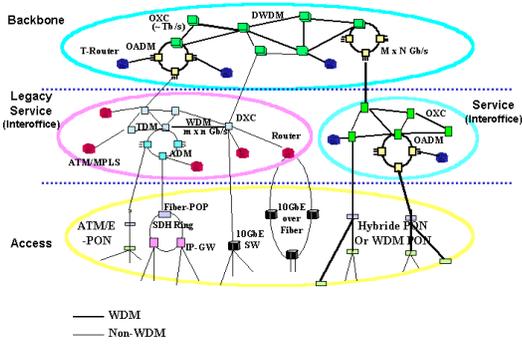


그림 2. 광인터넷망의 계층구조  
Fig. 2. Hierarchy of optical internet

백본망은 RO-RO간의 전국 망의 연결성을 담당하는 WDM기반의 네트워크를 의미한다. 백본망은 라우팅 계층과 전달 계층으로 구성된다. 백본망의 라우팅 계층은 코어(core) ATM 교환시스템, 코어 Router, 코어 GbE 스위치 등의 테라비트급 교환 및 라우팅 망장치들로 구성되어, 연결능력, 라우팅 능력, 가입자 관리 능력, 보안 관리 능력, 연결에 대한 보호/절체 능력 그리고 가입자 트래픽의 품질 수준 유지를 위한 품질관리 능력을 제공한다. 광 백본망 전달 계층은 OXC(Optical Cross-Connect), OADM(Optical

Add-Drop Multiplexer), OA(Optical Amplifier) 등의 WDM 광통신 장치를 이용하여 링/메쉬(ring/mesh) 토폴로지(topology)로 구성되어, 광 경로 연결 능력을 제공한다. 라우팅 계층 및 전자전달계층의 CN들과 백본망과의 인터페이스는 WDM을 기반으로 하여 신호처리를 위한 독립된 파장을 할당할 수 있어야 한다. 이러한 백본망을 그림3에서 보여준다.

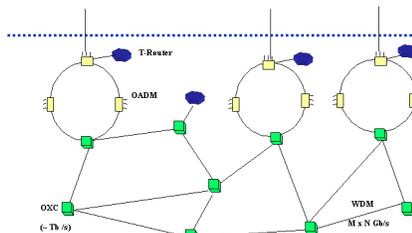


그림 3. 백본망 구조  
Fig. 3. Backbone network structure

서비스망은 CO-CO 간의 연결성과 이더넷(Ethernet) 또는 빌딩의 LEC(Local Emulation Client) 간의 연결성을 담당하는 네트워크를 칭한다. 서비스망은 라우팅 계층과 전달 계층의 전자 전달계층과 광전달계층의 혼합으로 구성된다. 라우팅 계층은 에지(edge) ATM 교환시스템, 에지 라우터, 에지 GbE(Gigabit Ethernet) 스위치 등으로 구성되어, 연결능력, 라우팅 능력, 가입자 관리 능력, 보안 관리 능력, 연결에 대한 보호 절체 능력 그리고 가입자 트래픽의 품질 수준 유지를 위한 품질관리 능력을 제공한다. 이러한 서비스망의 구조를 그림4에 나타내었다.

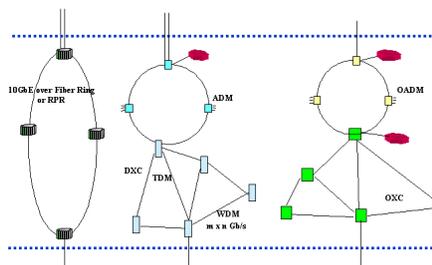


그림 4. 서비스 네트워크 구조  
Fig. 4. Service network structure

액세스 망은 ATM-PON, Ethernet-PON, WDM-PON, SDH 기반의 액세스 시스템, GbE/10GbE over Fiber 등으로 구성하며, 논리적으로 PON시스템의 헤드앤드(headend), Fiber-POP, IP 게이트웨이, 10GbE

S/W 등의 라우팅 계층과 파이버 링, SDH 링, PON 등의 전달계층으로 구분한다. 이러한 액세스망의 구조를 그림5에서 보여준다.

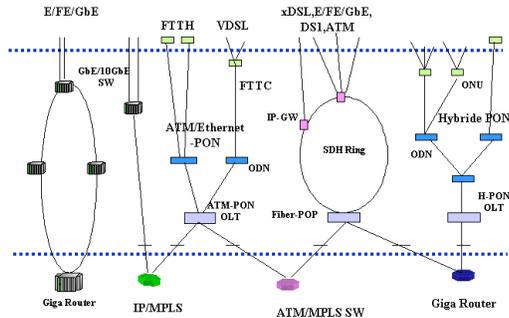


그림 5. 액세스망의 구조  
Fig. 5. Access network structure

백본망의 망운용 및 제어 관점에서의 광 전달 계층의 구조는 사용자 트래픽을 직접 전달하는 Switching/Adaptation Plane, 광전달 계층의 OAM&P(Operation, Administration, Maintenance and Provision)를 관리하는 MP(Management Plane), 그리고 광전달 계층의 ONE(Optical Network Element)의 자원을 제어하는 CP(Control Plane)으로 구성된다. 이러한 백본망의 개념적 제어 구조를 그림6에서 보여준다.

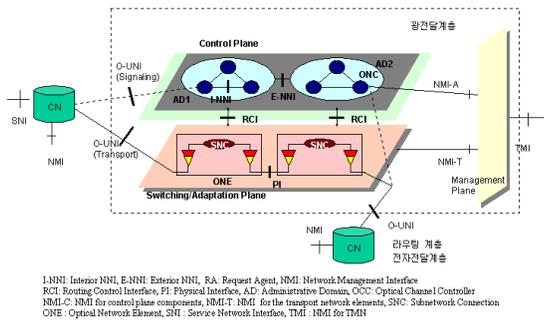


그림 6. 백본망의 개념적 제어 구조  
Fig. 6. Control structure of the conceptual backbone network

백본망의 광전달계층 제어는 ONC와 MP를 통하여 CN-to-CN간의 광 투명성을 제공한다. CN들과 광 전달 계층 사이의 UNI(User-Network Interface)는 라우팅 정보 및 시그널링을 이용하여 광 패킷을 전송한다. RCI(Routing

Control Interface)는 UNI 시그널링 및 CN망의 라우팅 정보를 이용한 실질적인 전달경로이다. 그림7은 광 전달 계층에서 ONC 사이의 라우팅 및 신호 처리와의 관계를 보여준다.

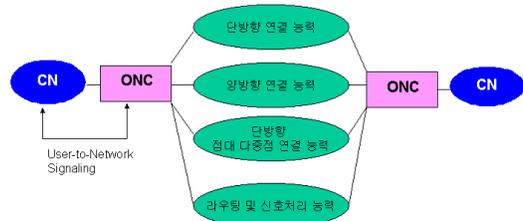


그림 7. 광 전달계층의 라우팅 및 신호 능력  
Fig. 7. Routing and signaling capabilities of the optical transport layer

ONC는 광전달계층의 에지 ONE에 대한 가상 라우팅 (Virtual Routing) 기능과, MPLS 스그널링 에이전트 (signaling agent) 기능, UNI 신호처리 기능, NMS와의 망 구성 정보 교환 기능, 망 구성 요구 기능 등을 갖고 있다. UNI 신호처리는 CN-to-CN의 투명한 광경로 설정을 위한 신호처리를 위해서 필요하다. NMS는 네트워크의 정책기반 관련한 정/동적 망 구성 정보의 추가 및 삭제 기능, 망구성 정보 교환 기능 그리고 새로운 광경로 생성 요구에 관한 망 구성 기능, CN들의 주소 등록 및 서비스 기능을 담당한다. 그림8은 광 전달계층에서 ONC를 중심으로 이루어지는 제어 구조를 보여준다.

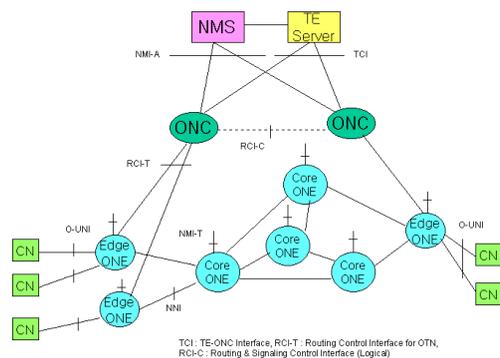


그림 8. 광 전달계층의 제어 구조  
Fig. 8. Control structure of the optical transport layer

광인터넷 운용관리망은 광인터넷의 망장치, 즉 광 액세스 망 장치, 광 국간망 장치, 광 백본망 장치, 서비스 계층 장치들에 대한 장애관리, 성능관리, 형상관리, 보안관리 등을 수행하는데 집중화된 망관리 센터(NOC)에서 일괄적으로 관리

한다. 광인터넷 망관리 센터는 통신관리망(TMN)과의 인터페이스를 제공한다. 이러한 광인터넷의 운용관리 체계를 그림 9에서 보여준다.

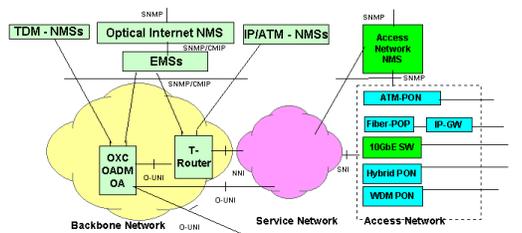


그림 9. 광인터넷 운용관리체계  
Fig. 9. Optical Internet operational management system

광인터넷 망간 연동 기능은 ATM, TDM, GbE 서비스를 위하여 UNI 시그널링에 의하여 생성된 데이터 전달 경로를 제공하는 형태의 망 연동 기능을 제공한다. 망간 연동을 위한 광전달 계층의 광경로 설정은 광인터넷 망관리센터를 통하여 동적으로 수행되며, 이의 동작은 ONE와 MP간의 NMI(Network Management Interface)를 통하여 수행된다. 이러한 연동 관계를 그림10에 나타내었다.

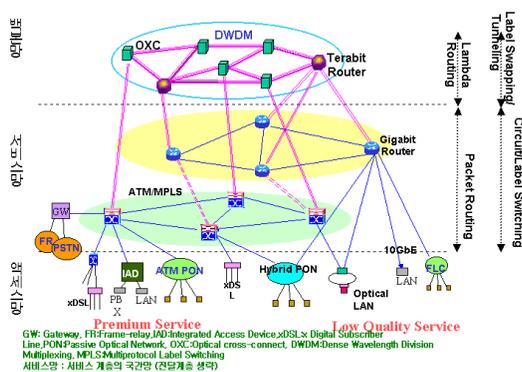


그림 10. 광인터넷의 연동  
Fig. 10. internetworking optical Internet

### III. UNI 시스널링 프로토콜을 이용한 광전송

그림11은 광인터넷의 서비스망 구성도이다. 본 논문에서는 이러한 광인터넷망에서 UNI 시그널링 프로토콜을 이용한 전송 실험을 위하여 그림12에서와 같은 시스템을 구성하였

다. Opti-A 라우터에서 Emulated Opti-X를 거쳐서 Opti-B 라우터로, 그리고 Opti-B 라우터에서 Emulated Opti-X를 거쳐서 Opti-A 라우터로 광전송이 이루어지며 Emulated Opti-X에서 광스위칭을 하게 된다. 실험에서 트래픽 발생을 위하여 MGEN(Multi-Generator)을 이용하였고 OIF에서 규정한 UNI 2.0 시그널링 프로토콜을 사용하여 설정된 LSP상에서 전송 시험을 시행하였다.

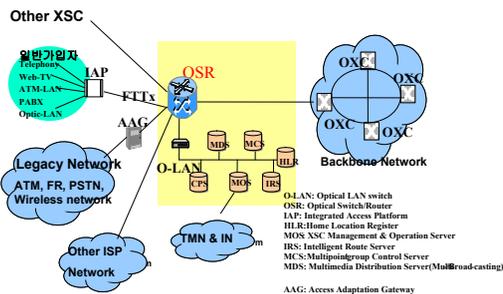


그림 11. 광인터넷 서비스망 구성도  
Fig. 11. Optical Internet service network configuration

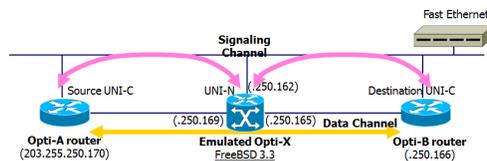


그림 12. 시스템 구조  
Fig. 12. System Architecture

그림13은 UNI 2.0 시스널링(Signaling) 프로토콜을 구현하여 전송 실험한 Message의 흐름도를 보여준다.

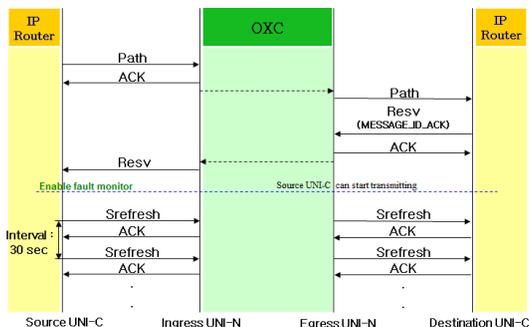
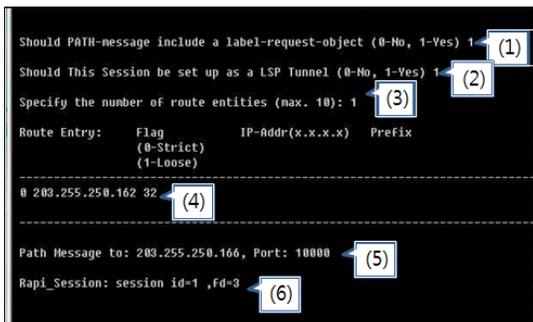


그림 13. UNI 2.0의 Message 흐름도  
Fig. 13. Message flow of UNI 2.0

### IV. 실험 및 결과

그림14는 전송 실험을 위하여 연결 생성 요청 (Connection Creation Request)을 위한 초기 화면을 보여 준다. 백본망에 있는 OXC에 IP주소를 할당하고 에뮬레이션 (emulation)한다. 그리고 보내는 메시지의 경로를 설정한 후 RSVP의 API 세션을 지정한다. 메시지 패킷이 OXC에 도착하면 파장 램다(lambda)를 레이블(label)로 간주하여 스위칭 된다. 그리고 설정된 경로를 따라서 메시지가 UNI-N에게 전달되어 최종적으로 TCP 패킷(packet) 값을 나타냄으로서, UNI 2.0 시그널링 프로토콜을 사용하여 실시한 광전송이 성공적으로 완료되었음을 보여준다.



- (1) Path 메시지 내부에 Label 할당을 요구. Emulated OXC에서는 Lambda를 Label로 간주
- (2) 설정된 세션이 LSP 터널로 사용되도록 설정. 설정된 LSP가 하나의 Lambda 터널로 동작.
- (3) Source UNI-C와 destination UNI-C에 존재하는 emulated OXC의 개수를 정하는 단계. 본 실험 환경의 경우 1개의 OXC를 거침.
- (4) Emulated OXC의 IP 주소를 manually 입력  
IP: 203.255.250.162  
port: 10000으로 전달.
- (5) Path 메시지의 경로
- (6) 설정된 RSVP의 API 세션 지정  
Session ID : 1  
File Descriptor : 3

그림 14. 연결 생성 요청을 위한 초기 화면  
Fig. 14. Initial screen for Connection Creation Request

그림15는 Path 설정 관련 TCP 패킷을 정의하는 실험 화면이다.

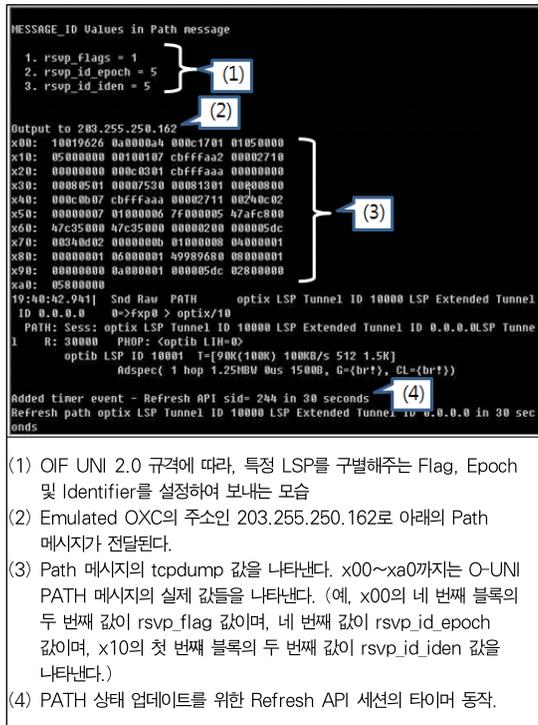


그림 15. 경로 설정 관련 TCP 패킷  
Fig. 15. Path to set up the TCP packet

그림16은 Srefresh 메시지 생성 및 전송 모습을 보여주는 화면이다.

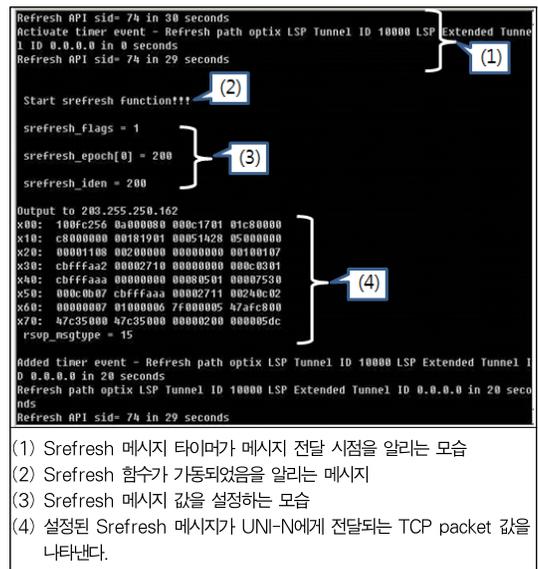
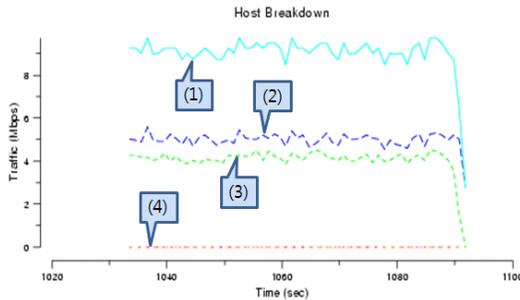


그림 16. Srefresh 메시지 생성과 전송  
Fig. 16. Srefresh message generation and transmission

- (1) Srefresh 메시지 타이머가 메시지 전달 시점을 알리는 모습
- (2) Srefresh 함수가 가동되었음을 알리는 메시지
- (3) Srefresh 메시지 값을 설정하는 모습
- (4) 설정된 Srefresh 메시지가 UNI-N에게 전달되는 TCP packet 값을 나타낸다.

그림17은 MGEN 트래픽 발생기(Traffic Generator)를 이용하여 UNI 2.0에 의해 설정된 LSP 상에서 전송하여 측정한 시험 결과를 보여준다.



- (1) Total : Traffic 1+ Traffic 2
- (2) Traffic 1: Opti-B Opti-X → Opti-A
- (3) Traffic 2: Opti-A Opti-X → Opti-B
- (4) Control Signal

그림 17. MGEN 실험 결과: MGEN Traffic Generator를 이용하여 설정된 LSP에 트래픽을 전송하고 측정된 모습  
Fig. 17. MGEN experiment results: Measurement of the traffic sent to LSP

실험 결과에서 보면 UNI 2.0 Signaling 프로토콜을 이용하여 전송한 광전송실험에서 광인터넷을 백본 핵심 장비인 OXC를 통하여 두 개의 데이터 트래픽이 광고환이 이루어져서 OptiA → OptiB, OptiB → OptiA로 TCP 패킷이 성공적으로 전송되었음을 확인하였다. 또한 UNI 2.0 시그널링 프로토콜을 사용하여 제어시그널(Control Signal)이 함께 전송되어 사용되었음도 알 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 광인터넷의 기본적인 계층구조에 따른 백본망의 구조, 서비스망의 구조, 액세스망의 구조를 소개하고, 기능적인 측면에서 백본망의 광전달 계층 제어 구조, 운용 관리망 구조 및 망간 연동 기술 그리고 라우팅 및 신호망에 대한 요구 조건들을 제시하였다. 이러한 광인터넷망의 제안된 구조에서 OIF에서 규정한 UNI 2.0 시그널링 프로토콜을 사용하여 전송 실험을 하여 설정된 LSP에 트래픽을 전송하였음을 확인하였고, 설정된 메시지가 UNI에게 전달되는 TCP 패킷 값을 확인 함으로써 실시한 광전송이 성공적으로 완료되었음을 보여주었다. 앞으로는 평가입자망까지 확장하여 OIF에서 규정한 프로토콜에 의하여 실험하는 연구가 계속되어야한다.

## 참고문헌

- [1] A. Banerjee et al., "Generalized Multiprotocol Label Switching : An Overview of Routing and Management Enhancements", IEEE Communications Magazine, pp. 144-150, January. 2001.
- [2] A. Rafel et al., "A New Functional Model for Management of Optical Transport Network Nodes", Journal of Lightwave Technology, vol 19, no. 6, pp. 810-820, June 2001.
- [3] D. Awduche and L. Berger, "Generalized Multiprotocol Label Switching : An Overview of Signaling Enhancements and Recovery Techniques", IEEE Communications Magazine, pp. 144-151, July. 2001.
- [4] D. Rudra, G. Rouskas, and I. Baldiney, "Converging choice and service in future commodity optical networks using traffic grooming." Transparent Optical Networks (ICTON), 2013 15th International Conference on. IEEE, pp. 1-5, 2013.
- [5] K. Seklou, A. Sideri, P. Kokkinos, E. Varvarigos, "New assembly techniques and fast reservation protocols for optical burst switched networks based on traffic prediction", Optical Switching and Networking, Volume 10, Issue 2, pp. 17-28, April 2013.
- [6] L. Long, A. E. Kamal, "Protecting multicast services in optical internet backbones", Computer Networks, Volume 57, Issue 1, pp. 17-28, 16 January 2013.
- [7] M. K. Dutta, V. K. Chaubey, "Comparative Analysis of Wavelength Conversion and Segmentation Based Dropping Method as a Contention Resolution Scheme in Optical Burst Switching (OBS) Network", Procedia Engineering, Volume 30, pp. 1089-1096, 2012.
- [8] Ramasamy Mariappan Jr., T. Ravi and R. S. D. Wahida Banu, "An Efficient Traffic Model for IP-over-WDM Networks with QoS Parameters",

- The IUP Journal of Information Technology, vol VI, no. 3, pp. 31-42, September 2010.
- [9] Ramaswami, Rajiv, Sivarajan, Kumar N., Sasaki, Galen H., "Optical Networks : A Practical Perspective", 3 edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2009.
- [10] Wen-Yi Lin, Ching-Hung Chang, Hai-Han Lu, Peng-Chun Peng, Ying-Pyng Lin, Chia-Yi Chen, and Chung-Yi Li, "A hybrid CATV/OFDM long-reach passive optical network architecture", Optics Express, Vol. 20, Issue 4, pp. 4219-4224, 2012.
- [11] Y. Shimada, T. Sato, K. Tokuhashi, H. Takeshita, S. Okamoto, and N. Yamanaka, "Optimum Multicast Time Slot Allocation in Active Optical Access Network", OptoElectronics and Communications Conference held jointly with 2013 International Conference on Photonics in Switching (OECC/PS), 18th. IEEE, pp. 1-2, 2013.
- [12] Yejun Liu, Lei Guo, and Xuetao Wei, "Optimizing Backup Optical-Network-Units Selection and Backup Fibers Deployment in Survivable Hybrid Wireless-Optical Broadband Access Networks", Journal of Lightwave Technology, Vol. 30, Issue 10, pp. 1509-1523, 2012.
- [13] Zhi-shu Shen, Hiroshi Hasegawa, Ken-ichi Sato, "An efficient heuristic waveband assignment algorithm for hierarchical optical path networks utilizing wavelength convertors", Optical Switching and Networking", Volume 10, Issue 1, pp. 54-61, January 2013.
- [14] SangJo Park, "Performance Analysis of 5Gbps/1.25Gbps WDM/TDM Hybrid Passive Optical Network with Inverse Return to Zero(RZ) coded Downstream and NRZ upstream re-modulation by Performing Simulation with MATLAB", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 17 No. 8, pp. 51-60, August 2012
- [15] SangJo Park, "Threshold Level Setting of a Receiver in Optical Subscriber Network with Manchester Coded Downstream and NRZ Upstream Re-modulation for the Improvement of Upstream Data Ratios", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 16 No. 12, pp. 175-185, 2011

## 저 자 소 개



### 이 상 화

1988: 도르트문트대학교  
컴퓨터공학 공학사.

1994: 도르트문트대학교  
컴퓨터공학 공학석사.

1998: 도르트문트대학교  
컴퓨터공학 공학박사.

2000: 한국전자통신연구원 선임연구원  
현 재: 서원대학교  
정보통신공학과 교수

2008: 한국전자통신연구원 초빙연구원  
관심분야: 정보통신, 인공지능,  
유비쿼터스 네트워킹,  
RFID/USN

Email : swl@seowon.ac.kr