

광링액세스네트워크에서의 파장 라우팅을 위한 프로토콜 설계

이상화*

¹서원대학교 정보통신공학과

Protocol Design for Wavelength Routing in Optical Ring Access Networks

Sang-Wha Lee*

¹Department of Information & Communication Engineering, Seowon University

요약 본 논문에서는 초고속 광인터넷 구축을 위한 광링액세스네트워크(ORAN: Optical Ring Access Network)의 구조에서 파장 라우팅을 위한 새로운 데이터 프레임 구조를 설계하고 각 필드의 기능을 정의하였다. 또한 IP 패킷의 전송을 위하여 필요한 네트워크의 계층별 구조에 대응하는 프로토콜 스택의 구조를 새로이 제시하여 네트워크 프로토콜을 설계하였다. ORAN의 데이터 전송 및 파장 라우팅에 관한 프로토콜 검증에 위하여 서브망 내의 IP 패킷 전송, 서브망 내의 브로드캐스팅 패킷 전송 그리고 다른 서브망으로의 IP 패킷 전달 과정을 예시를 통하여 보여 주었다. 이 과정에서 라우팅을 위한 파장 정보가 인캡슐레이션 되는 프레임링 과정을 기술하였고 각 단계에서 이루어지는 패킷 스위칭 및 패킷의 전달 과정을 자세히 묘사하였다. 이어서 ORAN의 가입자 노드와 두 링의 제어노드에 대하여 데이터 전송 프로토콜의 송/수신 모듈 구조를 자세히 보여주었다. 링 형태의 광액세스 네트워크 프로토콜은 아직 연구되지 않은 분야이다. 본 논문에서는 파장을 이용한 라우팅이 이루어지도록 ORAN의 패킷 전송 프로토콜을 디자인하였다. 그리고 데모 시나리오를 구성한 망에서의 장시간 전송 테스트에서도 안정적으로 파장 라우팅을 통한 패킷 전송이 이루어졌음을 확인하였다. 따라서 이러한 프로토콜의 검증을 통하여 초고속 인터넷 액세스망 구축 설계의 새로운 해법을 제시하였다.

Abstract In this paper, a new data frame structure for wavelength routing in optical ring access network(ORAN) is designed and the functions of each field in the frame are defined. In addition, the IP packet transmission to the network layer corresponding to the newly proposed structure of the protocol stack is newly presented. The data transmission protocol design techniques of ORAN was proposed. IP packet and broadcasting packet transmission within the sub-network, and the IP packet transmission to other sub-network was shown through the process illustration. In the process, the encapsulation and framing process of the wavelength information to routing has been described in detail. And each step takes place in a packet transfer process is demonstrated. A ring type optical access network protocol is not yet research field. ORAN data transfer protocol to send/receive module structure of a subscriber node and a control node of the two rings which analyzed the results are shown. The high-speed Internet solution is proposed that by using wavelength routing the packet transport protocol for ORAN is designed.

Key Words : Frame, optical Network Interface Card, Optical Ring Access Network, Packet, Protocol

1. 서론

현재의 비즈니스 가입자들에게 대용량 정보교환의 필요성이 증가하고 있고 또한 일반 가입자들도 현재의 xDSL 방식보다 좀 더 고속화된 접속방식을 가지고 있는 초고속 광 인터넷의 구축이 요구되고 있다. 가입자 액세스

스 방식을 고속화하는 방법 중에서 대표적인 것으로는 VDSL-ONU-OLT의 광대역 PON(Passive Optical Network) 형태와 Fast Ethernet 또는 Gigabit Ethernet을 바탕으로 한 RPR(Resilient Packet Ring) 형태를 들 수 있다[1,2]. 하지만 PON과 RPR의 미비점을 보완하고

*Corresponding Author : Sang-Wha Lee(Seowon Univ.)

Tel: +82-10-4312-4567 email: swl@seowon.ac.kr

Received February 4, 2014

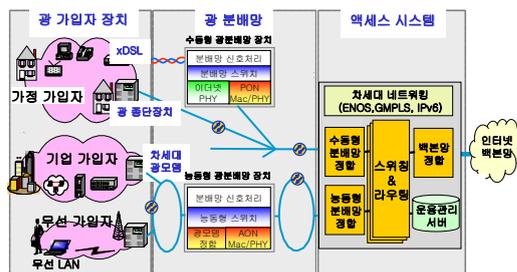
Revised February 27, 2014

Accepted April 10, 2014

이 두 기술의 통합된 기술이라고 할 수 있는 파장 단위로 스위칭을 하는 새로운 개념의 광 액세스 네트워크인 OLAN(Optical Label Access Network) 기술이 요구된다 [3]. OLAN은 네트워크 형태의 솔루션을 지향하는 기술로 예를 들면 가입자를 광으로 연결하는 광모뎀기술, 광모뎀들을 연동하는 기술, 광기가비트 이더넷 스위치들을 광레이블 방식으로 상호연결하는 기술 등의 핵심기술들을 포함하고 있다. 상업용 가입자를 중심으로 수집에서 수백 Gbps 초고속 대역폭이 요구되고 또한 광파장 자원의 증가에 비해서 광가입자 수의 증가가 훨씬 클 것으로 예상되기 때문에 광파장 자원 사용의 효율성을 높이기 위하여 광레이블 스위칭 및 광부호화 기술의 필요성이 대두된다.

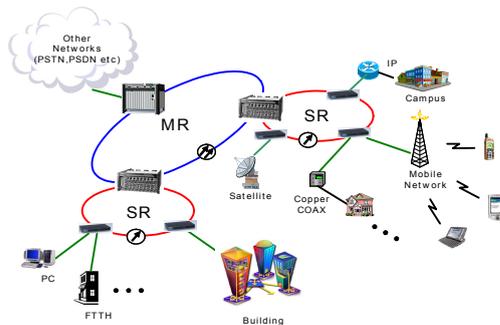
PON 기술의 핵심은 광신호의 분배와 집속을 위하여 수동소자인 스플리터(splitter)를 쓰는데 있으며, 이를 기반으로 망의 기본구조가 결정되고 다양한 연결방식이 개발되고 있다[4]. PON의 출현 동기를 살펴보면, 과거에는 광소자의 가격이 전자소자에 비해 월등히 고가였으므로 광부분을 가급적 수동화 시키고, 필요기능을 전자소자쪽에 부가함으로써 전체 가격을 낮추려는 시도로부터 제안되었다. 하지만 광소자의 수요 급증에 따른 대량생산과 저가형 광소자 기술의 진보에 따라 광소자의 상대적 가격이 크게 떨어지고 있다. 그리고 한 OLT가 수용하는 가입자 수가 증가함에 따라서 광의 수동화에 따른 전자소자의 추가부담이 연결 효율성을 저하시킬 가능성이 있다. 또한 같은 ONU에 연결된 가입자들 사이의 통신도 OLT 뒷단의 스위칭 시스템에게 넘김으로써 트래픽 처리에 있어서 기능적 중복성이 증가하게 될 것이다. PON 형태로 기가비트 급의 속도를 가입자에게 제공하기 위해서는 ONU 당 한가입자를 수용하는 형태가 될 것이므로 가입자 수용 용량 면에 있어서 비효율이 급증하게 되며 밀집된 사용자들을 광섬유로 연결하는데 있어서 PON의 스타(Star) 형태의 망구조 보다는 링 형태의 망구조가 광섬유 포설 및 관리 측면에서 좀 더 유리할 것이다. 네트워크 내의 트래픽 처리의 효율성을 높이고 한정된 대역폭을 효율적으로 나누어 쓰기 위해서는 사용자의 접속 대역폭을 사용자의 요구에 따라서 시간적으로 가변 할 필요가 있는데 PON은 기본적으로 집선, 분배 위주의 구조이므로 이 기능을 수용하는데 어려움이 예상된다. 이와 같은 이유로 PON 형태가 향후의 모든 초고속 가입자를 경제적으로 수용할 수 있는 수십 Mbps 속도의 일반 가입자를 수용하는 데는 좋은 방안이 될 수 있으나, 수십

Gbps 이상의 접속 속도를 요구하는 전문용 가입자를 수용하는 데는 미흡한 면이 있다고 판단된다. 따라서 본 논문에서는 광섬유(optical fiber)로 연결된 메인링(Main-Ring)과 서브링(Sub-Ring)의 두 개의 링 구조를 갖고 있는 광링엑세스네트워크(ORAN: Optical Ring Access Network)에서 패킷 송수신을 위한 파장 라우팅 프로토콜 설계 방법을 제안한다. Fig. 1은 XDSL, PON 그리고 광 링엑세스 네트워크로 연결된 액세스 네트워크 시스템의 구성도를 보여준다.



[Fig. 1] Access Network Structure

ORAN의 구성을 위한 기본요소로서 ONIC (Optical Network Interface Card)이 필요하다. 이 ONIC은 초고속 접속을 위한 네트워크 정합 카드이다. 이를 사용하여 기존의 외부망과, 예를 들면 MPLmS(Multiprotocol Lambda Switching)와 MPLS(Multiprotocol Label Switching)의 망 또는 WAN 또는 임의의 다른 LAN과도 연동 될 수 있으며 고속의 신뢰성 높은 통신을 지원 받을 수 있다. Fig. 2는 ORAN 구조에서 메인링과 서브링에 연결되어 있는 유무선 장치 및 장비를 보여준다. ONIC을 장착한 단말기와 링과 링 사이 및 링과 단말기 사이에 OADM(Optical Add/Drop Multiplexer)으로 파장 라우팅을 통한 패킷 송수신이 이루어진다.



[Fig. 2] Optical Ring Access Network

2. 광링액세스 네트워크에서 사용할 프레임 정의

ORAN에 대한 기술표준은 현재 정의된 것이 없다. 따라서 ORAN에서 파장을 이용한 레이블 스위칭을 위하여 그림3과 같이 새로이 프레임(frame) 구조를 정의한다.



[Fig. 3] Frame Structure

제안된 프레임의 각 필드별 기능을 위하여 정의된 내용은 다음과 같다.

- Preamble (4 Bytes)
 - 블록의 선두에 동기를 취하기 위해 사용
- SFD(Start Frame Delimiter) (1 Byte)
 - 프레임 시작 표시(Line Coding 방식에 따라 정의된 필드 부분)
- FL(frame Length) (2 Bytes)
 - SFD, FL, LTIF, DLAF, SLAF, FT&CoS, Payload, CRC-16 필드의 전체 길이
- LTIF(파장 ID Field) (1 Byte)
 - [7] [6] [5] [4] [3] [2] [1] [0]으로 나열
 - 파장 라우팅(Lambda Routing)을 위한 필드
 - 최상위 [7]이 0이면 LTIF가 Invalid이고, 1이면 LTIF가 Valid
 - [6]~[0]의 7비트는 파장(Lambda) ID를 표시: 27갓수
- DLAF(Destination Lambda Address Field) (1Byte)
 - 목적지 EN의 파장 주소(Address)
- SLAF(Source Lambda Address Field) (1Byte)
 - 근원지 EN의 파장 주소
- FT(Frame Type) & CoS (1 Byte)
 - 프레임 유형과 CoS
 - [7] [6] [5] [4] [3] [2] [1] [0]으로 나열
 - 상위 2비트 [7]와 [6]는 CoS 필드
 - [0][0]: Lazy Type
 - [0][1]: Normal Type(Traffic Data ID)

- [1][0]: Fast Type(DWDM's L2 Protocol ID)
- [1][1]: Expedited Type(OAM ID)
- 하위 6비트 [5] ~ [0]는 프레임 Type 필드
- [0][0][0][0][0][0]: Traffic Data ID for Unicasting
- [0][0][0][0][0][1]: DWDM's L2 Protocol ID for Unicasting
- [0][0][0][0][1][0]: OAM ID
- [0][0][0][0][1][1]: Debugging ID
- [0][0][0][1][0][0]: Traffic Data ID for Broadcasting
- [0][0][0][1][0][1]: DWDM's L2 Protocol ID for Broadcasting
- [0][0][0][1][1][0]: OAM ID for Broad-casting
- Remain Bits: Reserved
- Payload Field (1 ~ 1500 Bytes)
 - Traffic Data, DWDM's L2 Protocol Msg, OAM Msg, Debugging Msg, etc...
- CRC-16 (2 Bytes)
 - SFD, FL, LTIF, DLAF, SLAF, FT&CoS, Payload, CRC-16 필드에 대한 값

LTIF 필드는 MR_CN(Main-Ring Control Node)에서 고속의 파장 스위칭을 할 때 사용한다. 즉, 어떤 한 SR상의 EN에서 임의의 다른 SR상의 EN에 패킷을 전송하는 경우에 송신 EN이 속한 SR_CN(Sub-Ring Control Node)에서 LTIF 필드의 최상위 비트(8번째 위치)를 1로 지정하며 나머지 7 비트에 목적지 SR의 SR_CN에 해당하는 파장 ID를 지정한다. 만일, 같은 SR상에 있는 다른 EN(End Node)으로 패킷을 전송할 때는 LTIF 필드의 최상위 비트(8번째 위치)를 0으로 지정하며 나머지 7 비트는 자신이 속한 SR의 SR_CN에 해당하는 파장 ID를 지정한다.

MR_CN은 수신된 패킷의 LTIF 필드의 최상위 비트(8번째 위치)를 검사하여 1이면 하위 7비트에 있는 정보를 읽어 목적지 SR_CN의 파장 ID에 따라 스위칭을 수행하고 목적지 SR_CN으로 전송(스위칭)한다. 목적지 SR_CN에 도착한 패킷은 LTIF 필드의 최상위 비트(8번째 비트)를 1에서 다시 0로 지정한 후 최종 목적지 EN에 해당하는 파장을 실어 전송한다. MR_CN에서 패킷의 LTIF 필드의 최상위 비트(8번째 위치)가 0이면 버린다.

FT&CoS 필드는 DWDM FPGA 모듈에서 사용된다.

트래픽 데이터 경로(Traffic Data Path)로 전달되는 Payload, DWDM L2 디바이스 드라이버에서 전달되는 Payload, Control 모듈 디바이스 드라이버에서 전달되는 Payload 또는 Debugging 디바이스 드라이버에서 전달되는 Payload의 경우를 고려하여 FT&CoS 필드를 지정한다. DWDM FPGA 모듈은 FT&CoS 필드를 검사 한 후, 하위 6 비트([5]~[0]의6비트)의 정보에 따라 트래픽 데이터는 트래픽 데이터 경로로 가고 나머지 경우에는 데이터 유형에 따라 DWDM L2 모듈의 디바이스 드라이버, Control 모듈의 디바이스 드라이버 또는 Debugging 모듈의 디바이스 드라이버 경로로 전달한다. 또한 CoS용으로 사용되는 FT&CoS 필드의 상위 2 비트는 기본 값으로 [0][1] 값을 가진다.

3. ORAN에서 데이터 전송 프로토콜

3.1 데이터 전송 프로토콜 설계

ORAN을 구성되기 위해서는 장치의 효율적인 운용 기술 및 트래픽 엔지니어링 기술과 함께 프로토콜 설계 시 다음의 사항들이 반드시 고려되어야 한다.

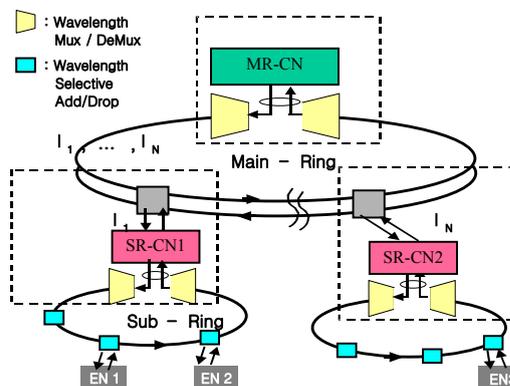
- 인터넷 상위 프로토콜과의 호환성 유지
서비스 관점에서 IP기반의 서비스가 향후 주요할 것으로 예상되며, 광섬유 기반의 인터넷 스위치 등이 많이 보급될 것으로 예상되므로 인터넷 기반의 상위 프로토콜과 호환성이 필요하다.
- 네트워크의 특성을 고려한 QoS, dBOD, OAM 제공
네트워크의 특성을 고려하여 서비스의 QoS를 보장하거나 다양한 가입자의 요구에 따른 동적 대역 할당(dBoD)이 원활이 이루어져야 하며 추가적인 OAM 기능이 필요하다.

- 광모뎀 장치와의 인터페이스

ORAN은 광모뎀 장치와 스위치 등의 제어 장치와 직접적인 프로토콜이 요구 되므로 광모뎀의 특성을 고려하여 상호 연동이 가능한 인터페이스를 통하여 원하는 서비스를 제공하여야 한다.

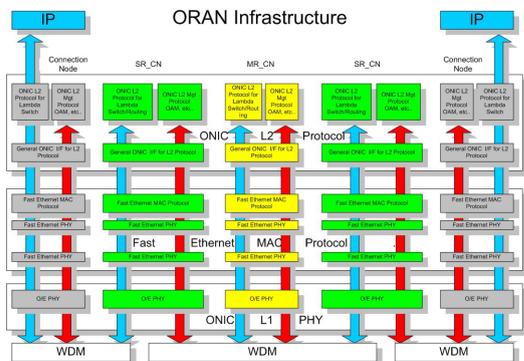
메인링을 중심으로 WDM 커플러들을 통하여 광모뎀이 연결된 서브링이 물려 있고 각 WDM 커플러 간에는

링 형태의 연결을 가지며, 이때 WDM 커플러에서는 특정 파장의 Add/Drop이 가능하다. 따라서 능동적인 서비스가 가능하기 위해서는 광모뎀과 메인링 간의 프로토콜이 필요하며, 하나의 파장으로 분기된 파장 자원을 효율적으로 이용하기 위한 방안도 필요하다. 이를 위하여 하나의 파장을 다중화하기 위한 멀티플렉스 기술로써 광 SCM(Subcarrier Multiplexing) 방식과 광 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식을 도입하여 연계 할 수 있다[5,6]. ORAN은 Fig.4에서와 같이 트리구조를 갖고 있고 크게 MR과 SR의 두 층으로 구성되어 있으며 SR에는 가입자 노드가 물려 있다. MR_CN과 SR_CN에는 ONIC이 장착되어 있어서 도착한 프레임을 분석하고 스위칭 하는 역할을 담당한다.



[Fig. 4] Hierarchical Structure of ORAN

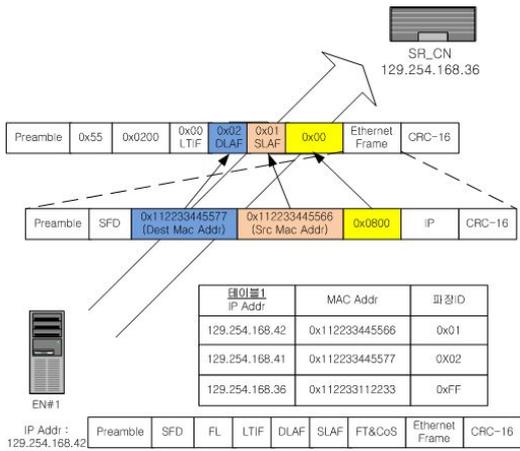
Fig. 5는 EN-SR-MR-SR-EN에서 IP 패킷의 송수신 과정에서 각 계층별 기능을 수행하는 ORAN의 기본 구조를 보여준다.



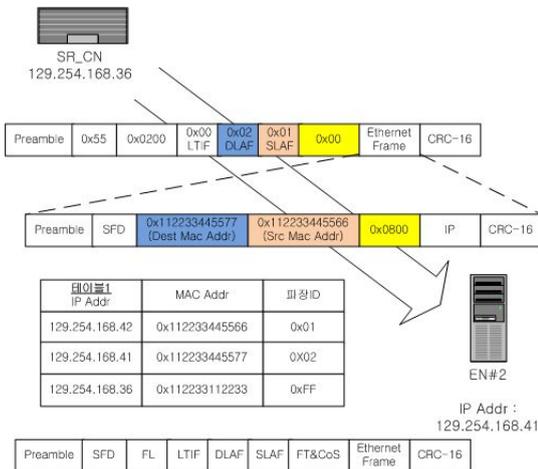
[Fig. 5] Hierarchical Function of ORAN Infrastructure

3.2 서버망내의 IP 패킷 전달 과정

Fig. 6은 EN#1의 노드에서 EN#2의 노드로 패킷이 전송되는 과정 중에, EN#1 노드에서 인캡슐레이션(encapsulation)을 통하여 프레임에 과장정보를 실어서 SR_CN으로 보내는 과정을 보여준다. 그리고 Fig. 7은 SR_CN에서 패킷이 스위칭 되어 EN#2 노드로 보내지는 과정을 보여준다.



[Fig. 6] Packet Transmission from EN#1 to SR_CN



[Fig. 7] Packet Transmission from SR_CN to EN#2

- EN#1은 IP Msg(Message)를 발생시킨다.
- 프레임 인캡슐레이션 모듈은 이더넷(Ethernet) 프레임의 헤더를 참조하여 프레임을 생성된다.
- 프레임 인캡슐레이션 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.

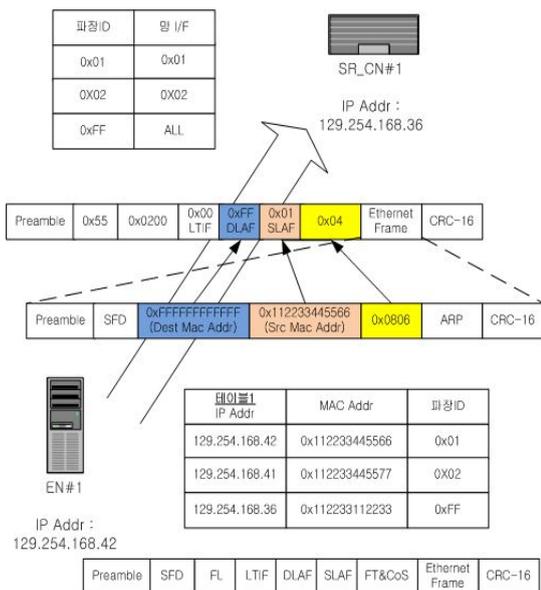
- 이더넷의 목적지 맥 주소(Destination Mac Address)를 보고 테이블1을 참조하여 해당 DLAF 필드를 지정하며, FT&Cos 필드는 유니캐스팅을 위한 프레임 유형(0x00)으로 지정한다.
- 만일, 목적지 맥 주소가 All'1 이면 DLAF는 0xFF가 되며 FT&Cos 필드에서 브로드캐스팅을 위한 프레임 유형 (0x40)으로 지정된다.
- SLAF는 테이블0를 참조하여 세팅한다.
- FL을 계산하여 지정한다.
- CRC를 계산하여 지정한다.

- SR_CN#1은 프레임의 LTIF와 DLAF 필드를 참조한다.
- DLAF 필드가 ALL's 1 이면 SR_CN 또는 외부망으로 가는 프레임이다.
- SR_CN의 서버네트워크 내부 스위칭 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
- 만일, DLAF가 0xFF가 아니면 DLAF를 참조하여 해당 망 I/F로 보낸다.
- 또는 DLAF가 0xFF이며 FT&CoS 필드가 0x04이면 SR_CN은 수신된 망 I/F를 제외한 모든 망 I/F로 수신한 프레임을 전달한다.
- 또는 DLAF가 0xFF이며 FT&Cos 필드가 0x00 이면, SR_CN에서 중단이다.

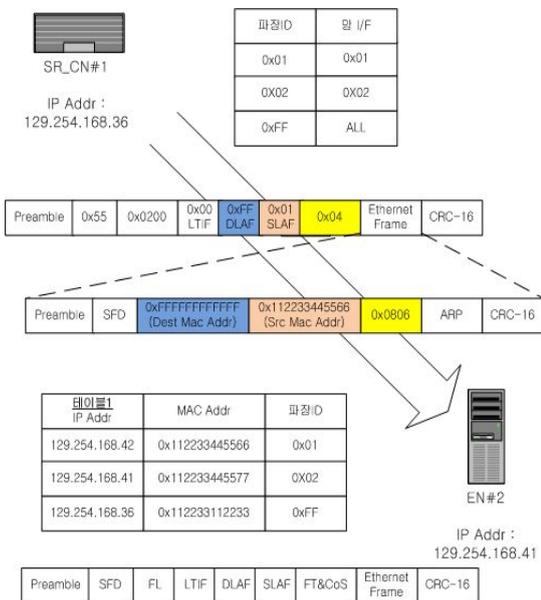
- EN#2의 프레임 디캡슐레이션 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
- 수신한 프레임의 CRC를 검사한다.
- DLAF 필드를 보고 자신의 프레임 인지를 검사한다.
- 이더넷 MAC으로 Payload 부분을 전달한다.

3.3 서버망내의 브로드캐스팅 패킷 전달 과정

Fig. 8은 EN#1 노드에서 SR 내에 있는 모든 노드에 브로드캐스팅 패킷을 전송하는 과정 중에, 인캡슐레이션을 통하여 프레임에 과장정보를 실어서 SR_CN으로 보내는 과정을 보여준다. Fig.9는 SR_CN에서 브로드캐스팅 패킷이 스위칭 되어 EN#2 노드로 보내지는 과정을 보여준다.



[Fig. 8] Broadcasting Packet Transmission from EN#1 to SR_CN



[Fig. 9] Broadcasting Packet Transmission from SR-CN to EN#2

- EN#1은 ARP Request Msg를 발생시킨다.
- 프레임 인캡슐레이션 모듈은 인터넷 프레임의 헤더를 참조하여 프레임을 생성된다.

- 프레임 인캡슐레이션 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
 - 인터넷의 목적지 맥 주소를 보고 테이블1을 참조하여 해당 DLAF 필드를 지정하며 FT&Cos 필드는 유니캐스팅을 위한 프레임 유형(0x00)으로 지정한다.
 - 만일, 목적지 맥 주소가 All'1 이면 DLAF는 0xFF가 되며 FT&Cos 필드에서 브로드 캐스팅을 위한 프레임 유형 (0x40)으로 지정된다.
 - SLAF는 테이블0를 참조하여 세팅한다.
 - FL을 계산하여 지정한다.
 - CRC를 계산하여 지정한다.

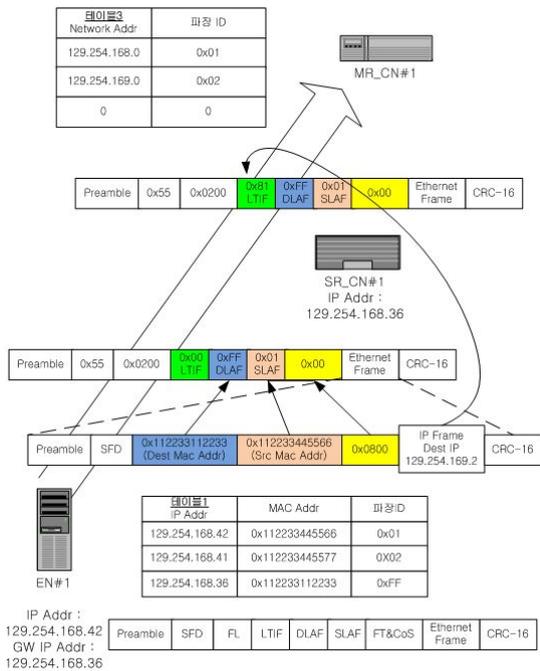
- SR_CN#1은 프레임의 LTIF와 DLAF 필드를 참조한다.
- LTIF의 상위 8번째 필드가 0 이면 서브네트워크 내의 스위칭이다. 만일, 1이면 다른 서브네트워크로의 스위칭이다.
- SR_CN의 서브네트워크 내부 스위칭모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
 - 만일, DLAF가 0xFF가 아니면 DLAF를 참조하여 해당 망 I/F로 보낸다.
 - 또는 DLAF가 0xFF 이며 FT&CoS 필드가 0x04이면 SR_CN은 수신된 망 I/F 제외한 모든 망I/F로 수신한 프레임을 전달한다.

- EN#2의 프레임 디캡슐레이션 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
 - 수신한 프레임의 CRC를 검사한다.
 - DLAF 필드를 보고 자신의 프레임 인지를 검사한다.
 - 인터넷 MAC으로 Payload 부분을 전달한다.

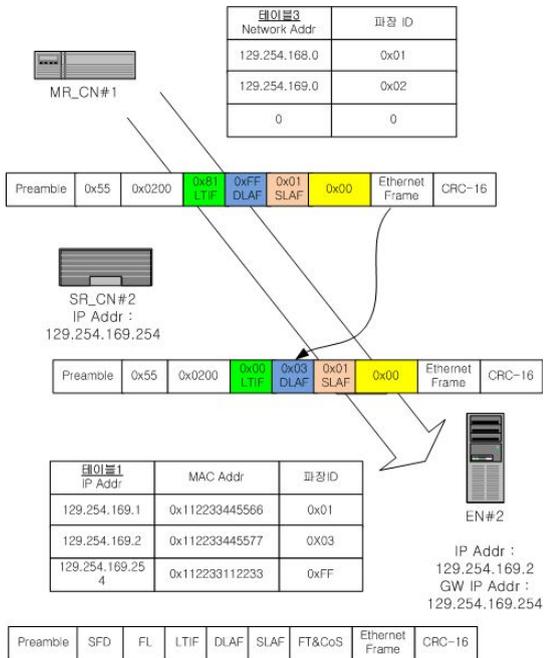
3.4 다른 서브망으로 IP 패킷 전달 과정

Fig. 10과 Fig. 11은 EN#1 노드에서 SR_CN#1, MR_CN#1 거쳐서 다시 SR_CN#2에서 스위칭 되어 중국에는 EN#2에 도착하는 패킷을 전송하는 과정을 보여준다.

Fig. 10은 그 중에서 인캡슐레이션을 통하여 프레임에 과장정보를 실어서 SR-CN#1에 보내고 거기에서 스위칭 되어 MR_CN#1에 도착하는 과정을 보여준다. Fig.11은 MR_CN#1에서 SR_CN#2를 거쳐서 패킷이 EN#2 노드로 보내지는 과정을 보여준다.



[Fig. 10] Packet Transmission from EN#1 to SR_CN#1 and MR_CN#1



[Fig. 11] Packet Transmission from MR_CN#1 to SR_CN#2 and EN#2

- EN#1은 외부망으로 가는 IP Msg를 발생시킨다.

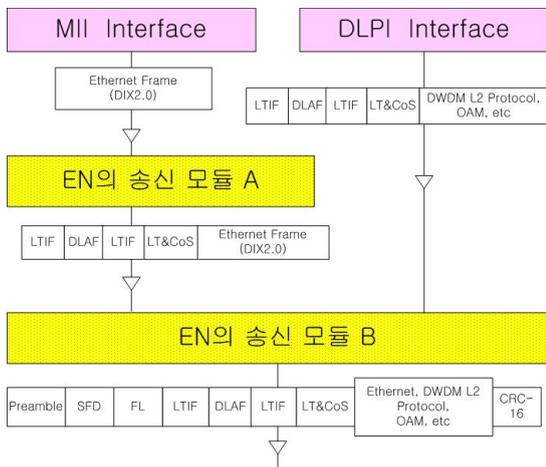
- 프레임 인캡슐 모듈은 이더넷 프레임의 헤더를 참조하여 ORAN의 프레임을 생성된다.
- 프레임 인캡슐레이션 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
 - 이더넷의 목적지 맥 주소를 보고 테이블1을 참조하여 해당 DLAF 필드를 지정하며, FT&Cos 필드는 유니캐스팅을 위한 프레임 유형(0x00)으로 지정한다.
 - 만일, 목적지 맥 주소가 All'1 이면 DLAF는 0xFF가 되며 FT&Cos 필드에서 브로드캐스팅을 위한 프레임 유형(0x40)으로 지정된다.
 - SLAF는 테이블0를 참조하여 셋팅한다.
 - FL을 계산하여 지정한다.
 - CRC를 계산하여 지정한다.
- SR_CN#1은 프레임의 DLAF 필드를 참조한다.
- DLAF 필드 값이 All'1 이면, SR_CN 또는 외부 망으로 가는 프레임이다.
- SR_CN의 스위칭 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
 - Payload의 Dest IP 주소를 참조하여 SR_CN으로 가는지 외부망으로 가는지를 검사한다. 만일 목적지 주소가 SR_CN(게이트웨이)이면, 중단시킨다.
 - 또는 외부망이면 테이블3을 참조하여 LTIF 필드를 셋팅한다.
- MR_CN#1은 프레임의 LTIF 필드를 참조한다.
- MR_CN의 파장 스위칭 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
 - 테이블3을 참조하여 수신한 LTIF에 따라 해당 망 I/F로 전달한다.
- SR_CN#2은 프레임의 LTIF와 DLAF 필드를 참조한다.
- LTIF 필드 검사하여 수신 적합한 프레임인지를 검사한다.
- SR_CN의 스위칭 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
 - Payload의 Dest IP 주소를 참조하여 테이블 1을 참조하여 어떤 EN으로 가는지 DLAF 필드에 셋팅한다.
 - LTIF 필드와 CRC를 계산한 후 목적지 EN망 I/F로 전달한다.

- EN#2의 프레임 디캡슐레이션 모듈은 아래와 같은 일을 수행한다.
 - 수신한 프레임의 CRC를 검사한다.
 - DLAF 필드를 보고 자신의 프레임 인지를 검사한다.
 - 이더넷 MAC으로 Payload 부분을 전달한다.

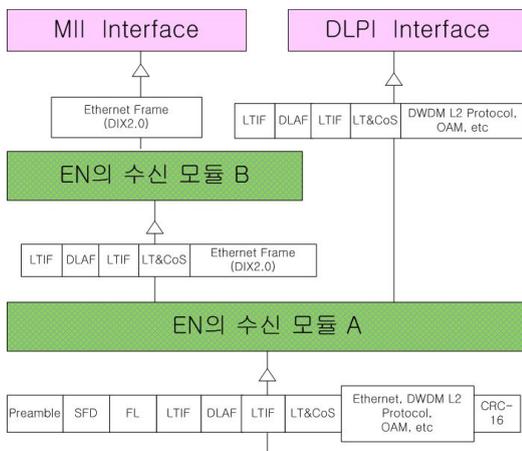
3.5 송/수신 모듈 구조

3.5.1 EN

Fig. 12는 EN의 송신 모듈 구조를 보여주고 Fig.13은 EN의 수신 모듈 구조를 보여준다. 여기에서 MII는 Media Independent Interface를 의미하고 DLPI는 Data Link Provider Interface를 의미한다.



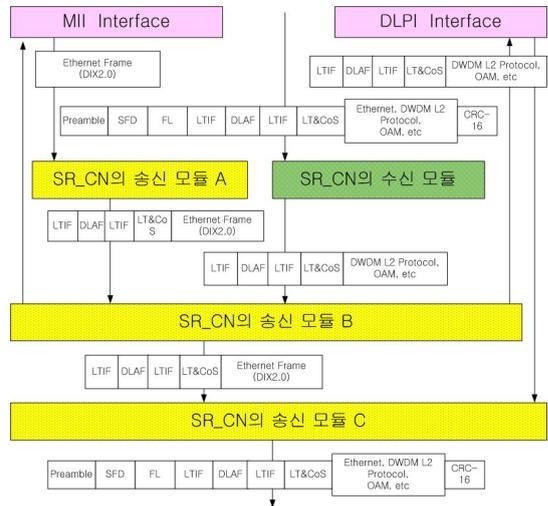
[Fig. 12] Transmission Module Structure of EN



[Fig. 13] Receive Module Structure of EN

3.5.2 SR_CN

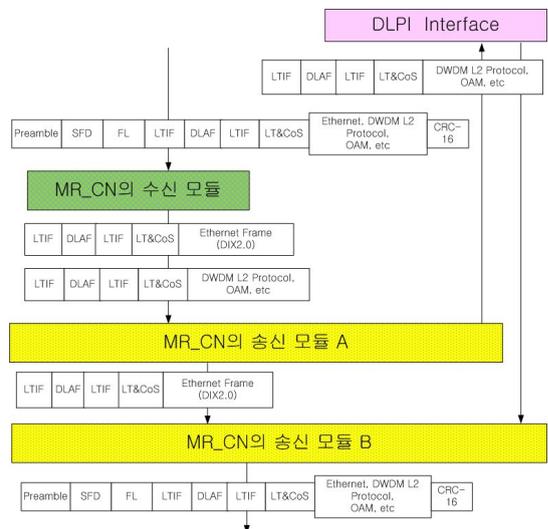
Fig. 14는 SR_CN의 송/수신 모듈 구조를 보여준다.



[Fig. 14] Transmission/Receive Module Structure of SR_CN

3.5.2 MR_CN

Fig. 15는 MR_CN의 송/수신 모듈의 구조를 나타낸다.



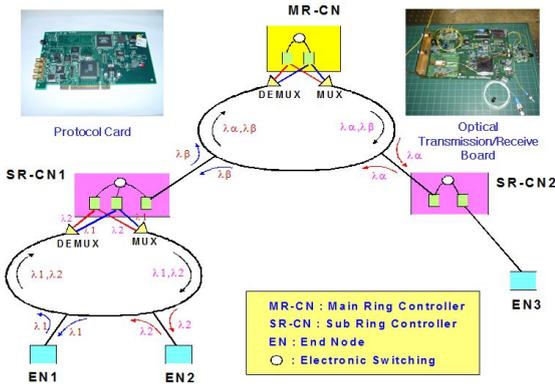
[Fig. 15] Transmission/Receive Module Structure of MR_CN

ORAN을 구성하고 있는 EN, SR_CN 그리고 MR_CN에서의 인캡슐레이션과 디캡슐레이션이 이루어지는 송/수신 모듈 구조 설계와 각 모듈에서 시행되는 패킷 처리

알고리즘을 구현함으로써 데이터 패킷 전송 및 파장 라우팅의 프로토콜을 실현하였다.

4. 실험

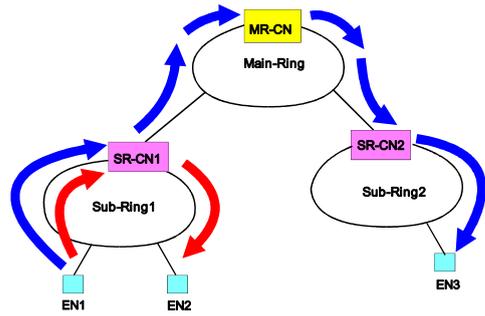
파장라우팅을 위한 프로토콜 검증을 위하여 Fig. 16 과 같은 데모시나리오를 구성하여 실험 하였다. 각 노드에는 그림에 있는 장치인 프로토콜 카드와 광 송수신 보드를 장착하고 네트워크를 구축하여 파장 라우팅을 통하여 패킷 전송이 이루어진다. Fig. 17은 실험을 위하여 실제로 구축한 네트워크의 형상을 보여준다. Fig. 18은 프로토콜 검증을 위한 데모 시나리오를 보여준다. 첫 번째 실험은 EN1->SR_CN1->EN2, 그리고 두 번째 실험은 EN1->SR_CN1->MR_CN->SR_CN2->EN3으로 패킷을 전송하는 데모 시나리오를 나타낸다.



[Fig. 16] Experimental configuration for the device



[Fig. 17] Network configuration for experiments



[Fig. 18] Demo Scenario for Protocol Verification

4.1 시험 절차

4.1.1 EN1->SR_CN1->EN2

- SR-CN 1대와 EN 2대를 크로스 케이블(Cross Cable)을 이용하여 연결 또는 더미 허브(Dummy Hub)에 연결한다.
- 먼저 SR-CN측의 모듈을 올린 후 Netconfig로 네트워크를 세팅한다.
- 각 EN측의 모듈을 올린 후 Netconfig,를 이용하여 네트워크를 세팅한다.
- Ping 명령어를 통한 연결 상태를 확인한다.
- FTP를 이용하여 큰 용량의 패킷 처리에 대한 상태를 확인한다.

4.1.2 EN1->SR_CN1->MR_CN->SR_CN2->EN3

- MR-CN 1대, SR-CN 2대와 EN 2대를 크로스 케이블을 이용하여 연결 또는 더미 허브에 연결한다.
- 먼저 MR-CN측의 모듈을 올린 후 Netconfig로 네트워크를 세팅한다.
- 다음 SR-CN측의 모듈을 올린 후 Netconfig로 네트워크를 세팅한다.
- Debug 모드를 통하여 SR-CN과 MR-CN간의 DWDM Layer2 프로토콜의 운용 상태를 확인한다.
- 각 EN측의 모듈을 올린 후 Netconfig,를 이용하여 네트워크를 세팅한다.
- Debug 모드를 통하여 EN과 SR-CN간의 DWDM Layer2 프로토콜의 운용 상태를 확인한다.
- Ping 명령어를 통한 연결 상태를 확인한다.
- FTP를 이용하여 큰 용량의 패킷 처리에 대한 상태를 확인한다.

4.2 시험 검증

두 실험의 결과에 대한 검증을 위하여 다음과 같은 사항을 점검하여야 한다.

- Debug 모드를 통한 Ping 명령어에 의해 각 EN측에서 전송된 패킷의 헤더(Header)부분이 DWDM Layer2 프로토콜에 의해 구성된 헤더가 추가된 것을 확인한다.
- Debugger를 통하여 DWDM Layer2 프로토콜에 의해 전송된 라우팅 테이블(Routing Table) 참조를 확인한다.
- Ping 명령에 의한 패킷 전송에 문제가 없는지 확인한다.
- FTP 명령을 통한 큰 패킷의 경우도 아무 문제없이 전송되었는지 확인한다.
- 수신측에서의 DWDM 헤더의 제거가 깨끗하게 해결 되었는지 확인한다.
- Debug 모드를 통하여 헤더 추가 상태와 헤더 제거 상태를 비교 확인한다.

장시간의 전송 테스트에서도 시험 결과 점검 사항을 모두 확인하여 안정적으로 파장 라우팅을 통한 패킷 전송이 이루어졌음을 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 파장 라우팅 프로토콜 설계에 이상이 없음이 검증되었다.

5. 결론

초고속 인터넷 망 구축을 위한 모델로 제안된 ORAN 구조에서의 패킷 전송 프로토콜 디자인을 설계하였다. 이를 통하여 패킷 송/수신과 패킷 라우팅을 위한 새로운 데이터 프레임의 구조와 각 필드별 기능을 정의하였다. 또한 ORAN의 계층별 구조에 따른 프로토콜 스택의 구조를 자세히 보여 주었고 ORAN의 데이터 전송 프로토콜 설계에 대한 기법을 제시하였다. 또한 서브망 내의 IP 패킷 전송, 서브망 내의 브로드캐스팅을 위한 IP 패킷 전송 그리고 다른 서브망으로의 IP 패킷 전달 과정을 예시를 통하여 자세히 설명하였다. 이 과정에서 패킷의 라우팅을 위한 파장 정보를 인캡슐레이션을 통하여 프레이밍되는 과정을 자세히 기술하였고, 각 단계에서 이루어지는 패킷처리 알고리즘을 구현 하였다. 이어서 ORAN의

데이터 전송 프로토콜의 송/수신 모듈 구조를 EN, SR_CN 그리고 MR_CN에 대하여 자세히 분석한 결과를 보여주었다. 또한 테스트망 구축을 통한 실험에서 파장 라우팅을 통한 패킷 전송이 안정적으로 이루어 졌음을 검증하였다. 이제는 광링엑세스네트워크에서의 표준화를 위한 노력이 필요하다.

References

- [1] George Charalampopoulos, Dimitris Katsianis, Dimitris Varoutas, "The option to expand to a next generation access network infrastructure and the role of regulation in a discrete time setting: A real options approach", Telecommunications Policy, Volume 35, Issues 9 - 10, pp.895-906, October - November 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.telpol.2011.04.014>
- [2] M. Chardy, M.-C. Costa, A. Faye, M. Trampont, "Optimizing splitter and fiber location in a multilevel optical FTTH network", European Journal of Operational Research, Volume 222, Issue 3, pp.430-4401, November 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.024>
- [3] Rajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarajan, Galen H. Sasaki, "chapter 11 - Access Networks", Optical Networks (Third Edition), Morgan Kaufmann, pp.629-652, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374092-2.50019-9>
- [4] Xiaobin Li, Long Dan, Qiong Wu, "Adaptive dynamic bandwidth allocation algorithm supporting multi-services over Ethernet passive optical networks", Optik-International Journal for Light and Electron Optics, Volume 124, Issue 4, pp.287-291, February 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2011.11.051>
- [5] Jen-Fa Huang, Yao-Tang Chang, Che-Chih Hsu, "Hybrid WDM and optical CDMA implemented over waveguide-grating-based fiber-to-the-home networks", Optical Fiber Technology, Volume 13, Issue 3, pp. 215-225, July 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yofte.2007.02.002>
- [6] S. Betti, E. Bravi, M. Giaconi, "Analysis of the performance of subcarrier multiplexed (SCM) optical systems", Computer Networks, Volume 32, Issue 5, pp.563-569, May 2000.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1389-1286\(00\)00017-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1389-1286(00)00017-7)

이 상 화(Sang-Wha Lee)

[정회원]



- 1994년 10월 : 도르트문트대학교 (컴퓨터공학석사)
- 1998년 11월 : 도르트문트대학교 (컴퓨터공학박사)
- 2000년 2월 ~ 2002년 8월 : 한국 전자통신연구원 선임연구원
- 2002년 9월 ~ 현재 : 서원대학교 정보통신공학과 교수
- 2008년 7월 ~ 2009년 6월 : 한국전자통신연구원 초빙연구원

<관심분야>

정보통신, 인공지능, 컴퓨터 네트워크, RFID/USN