

기가비트 이더넷 폰 링크 프로텍션 OPNET 구현

Gigabit Ethernet PON(Passive Optical Network) Protection OPNET Simulation

이 민 효*
(Min-Hyo Lee)

Abstract : HD(High Density) 방송의 시작 됨에 따라 광대역 멀티미디어 서비스에 대한 관심이 고조되고 있다. 광대역 멀티미디어 서비스를 하기 위한 전송 매체로 광선로를 이용한 덕내 전송 방식인 FTTH(Fiber To The Home)이 주목 받고 있고 특히 AON(Active Optical Network)에 비해 구축, 유지 보수 비용에 장점을 가지고 있는 PON을 이용한 방식이 선호되고 있다. PON을 이용한 표준으로 현재 IEEE802.3AH Group에서 표준 완료된 Gigabit Ethernet PON 있으나 링크 장애에 대한 안정성 고려가 빠져 있다. 이에 본 논문은 멀티미디어 서비스에서 중요시 되는 링크 장애에 대한 안정성 확보를 위한 GE-PON Link Protection 방안을 제시하며 OPNET Simulation을 구현하였다.

Keywords: Gigabit Ethernet, PON, AON, FTTH, IEEE802.3AH, Link Protection, OPNET

I. 서론

최근 광대역 멀티미디어 서비스에 대한 관심이 HD(High Density) 방송의 시작과 함께 고조되고 있다. MPEG(Moving Picture Experts Group) HD 방송 채널 하나가 요구하는 방송 대역은 20Mbps를 요구하는 것으로 조사되고 있다. 그런데 현재의 가입자 데이터 망은 Copper Cable(구리 선)을 기반으로 하는 VDSL(Very High Digital Subscriber Line) 서비스인데, VDSL의 실질적인 가능한 대역은 10~20Mbps로 HD 방송과 데이터 서비스를 수용하는데 한계를 안고 있다. 이러한 문제점에 대한 궁극적인 해결 방안으로 광 선로를 기반으로 FTTH(Fiber To The Home) 광 가입자 망이 논의 되고 있다. 현재 광 가입자 망의 주요한 방안으로서 논의 되고 있는 방식은 능동소자를 이용한 AON(Active Optical Network)과 수동소자를 이용한 PON(Passive Optical Network) 방식으로 나눌 수 있다. AON(Active Optical Network)은 광 분기점에 능동 소자 즉 스위치 장비를 배치하는 방식으로 망 Topology가 Point-to-Point 구조를 가진다. 그에 비해 PON(Passive Optical Network)은 광 분기점에 수동 소자를 배치하여 망 Topology가 Point-to-Multipoint 구조를 가지게 된다. 광 분기점에 능동 스위치 장비를 배치 시키는 AON(Active Optical Network)에 비해 수동 소자를 배치 시키는 PON은 많은 수의 가입자에 저렴한 구축 비용이 필요한 광 가입자 망에서 많은 장점을 가지고 있다. PON(Passive Optical Network)의 이러한 장점을 이용한 표준으로 ATM(Asynchronous Transfer Mode) PON(Passive Optical Network)이 ITU(International Telecommunication Union)를 중심으로 진행되고 있고 Ethernet PON은 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.3

EFM(Ethernet First Mile) AH Group을 중심으로 표준화 완료 되었다. 그런데 IEEE802.3AH에서 진행 중인 Ethernet PON 표준에서는 가입자 망의 장애에 대한 Protection 이중화 기능이 고려되고 있지 않고 있다. 이에 본 논문은 Gigabit Ethernet PON(Passive Optical Network) Point-to-Multipoint Tree 구조의 MPCP(Multi Point Control Protocol)의 동작 원리를 관련 연구하고 Ethernet 망에서 Fault Detection(장애 인식), Fault Recovery(장애 복구)로 이용 되는 STP(Spanning Tree Protocol)의 장애 복구의 문제점을 관련 연구한다. STP의 단점을 해결 할 수 있는 Gigabit Ethernet PON Protection 장애 이중화 방안을 제시 하는데 본 논문의 목적이 있다.

II. 관련 연구

1. IEEE 802.3AH MPCP(Multi Point Control Protocol)

Gigabit Ethernet PON 망이 갖는 특성은 그림 1 과 같이 하향 트래픽은 브로드캐스팅 특성을 가지고 있어 OLT(Optical Line Terminal)가 송신한 하향 트래픽은 모든 ONU(Optical Network Unit)가 수신 받고 상향 트래픽은 다수개의 ONU 가 동일 매체를 공유하기 때문에 TDM(Time Division Multiplexing) 방식의 공유 방식이 필요하다. 그리고 Ethernet PON 에서는 상,하향 트래픽의 프레임을 Ethernet Frame 을 이용한다. IEEE 802.3 EFM AH Group 에서 Gigabit Ethernet PON Tree 구조에서 필요한 특성을 수용하는 Point-to-Multipoint Control Protocol 을 표준화 하고 있다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 20xx. x. x., 채택확정 : 200x. x. xx.

이민효 : 삼성전자

(minhyo.lee@samsung.com)

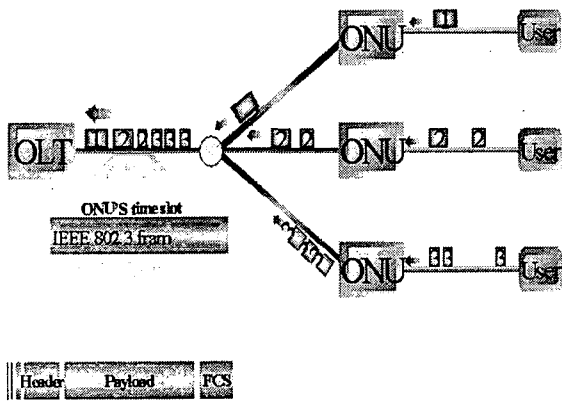


그림 1. Gigabit Ethernet PON Network 구조

2. Gigabit Ethernet PON MPCP (Multi Point Control Protocol) [1] 절차

OLT(Optical Line Terminal)가 다수개의 ONU(Optical Network Unit)와 통신하기 위해 다수개의 ONU를 등록하는 절차가 필요하다. 그래서 그림 2와 같이 OLT(Optical Line Terminal)가 초기화 시에 ONU(Optical Network Unit) 등록을 위하여 초기 등록 기회를 부여(Registration GATE)한다. 초기 등록 기회를 부여 받은 ONU는 등록요구(Registration Request)를 OLT에게 송신한다. Registration Request를 수신한 OLT는 ONU ID를 발급하여 ONU 등록을 한다. OLT는 등록 결과를 ONU에게 송신한다. 등록 결과를 받은 ONU는 OLT에게 등록 확인(Registration ACK) 메시지를 송신한다. 등록 확인 메시지를 받은 OLT는 등록된 ONU에게 Bandwidth Report 기회를 부여(Report GATE)를 부여하여 상향 트래픽 전송 기회를 부여한다.

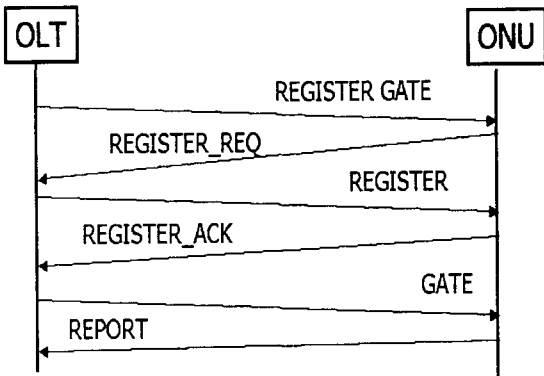


그림 2. GE-PON MPCP 절차도

3. Gigabit Ethernet PON MPCP Message Format [1]

Gigabit Ethernet PON MPCP 절차에서 필요한 메시지들을 수용하기 위해서 IEEE802.3AH에서 메시지 포맷을 그림 3과 같이 정의 하였다. Ethernet Control Frame을 확장하여 GATE, REPORT, REGISTER_REQ, REGISTER, REGISTER_ACK 메시지를 추가하였다. 현재 사용 중인

Ethernet Control Frame은 Pause Control Frame으로 OP_CODE를 0x01로 사용하고 있다. 그리고 Ethernet Control Frame의 Ethernet Type은 0x8808로 정의 되어 있다.

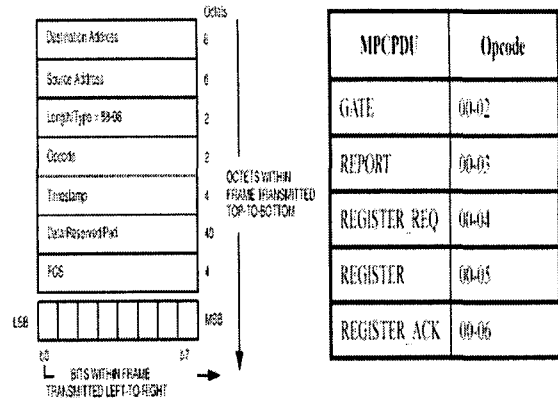


그림 3. GE-PON MPCP Message Format [1]

4. STP 이중화 장애 복구 문제점

현재 Ethernet Network에서 널리 사용되는 STP Protocol은 복구 시간이 평균 50초에 이르고 있고, 이러한 단점을 보완하기 위해 고려된 RSTP(Rapid Spanning Tree Protocol)은 1초 내에 복구를 보장한다[2]. 그러나 멀티미디어, 음성 서비스를 장애 없이 복구하는데 한계를 가지고 있어 가입자 망으로서 Gigabit Ethernet PON의 이중화 방식으로 적절하지 못하다.

III. GE-PON Link Protection 제안

1. GE-PON Link Protection 필요성

GE-PON은 Metro Ethernet, Optic Access System에서 주요한 System Solution으로서 망 장애 시에 신속한 복구를 위해 Protection 이중화 기능이 필요하다. Ethernet Switch에서 사용되는 STP은 GE-PON Point to Multi-Point 구조를 수용할 수 없고, 복구 시간도 수 초에 이르러 고품질의 실시간 서비스를 제공할 수 없다

2. GE-PON Link 이중화 기능

본 논문에서 제안하는 이중화 구간은 아래 그림 4와 같이 OLT, ONU 사이 전체 구간에 대한 이중화를 제안한다. OLT, ONU 사이 이중화 기능이 구현 되기 위해서 이중화 구간 인지, Active, Stan-by Link 설정, Link 장애 인지, 장애 복구의 과정을 정의 한다.

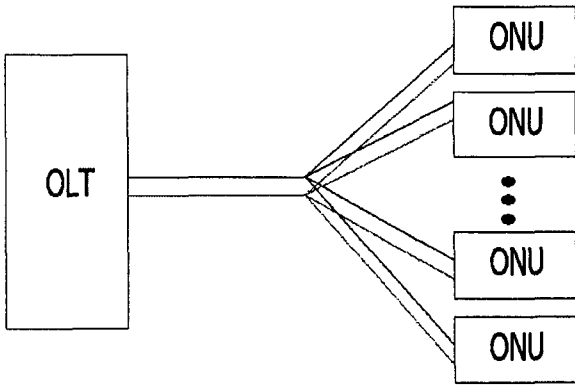


그림 4. 제안 Gigabit Ethernet PON Protection 구조도

3. 이중화 Link 인식

현재 MPCP Protocol에서는 PON Link 별 LLID(Logical Link Identification)을 부여하여 ONU 를 구분하고 있다. 그런데 PON Link 별로 LLID 를 이용하는 방식에서는 동일한 ONU 에 연결된 이중화 Link 를 OLT 시스템에서 인식 할 수 없다. 그래서 본 연구에서는 OLT 시스템에서 LLID 를 Link 단위로 관리하던 방식과 함께 OLT 시스템 전체적으로 ONU_ID 를 관리하는 방식을 제안한다. ONU 는 Registration Request Message 송신 시에 ONU_ID 구분자를 포함하여 송신하고 OLT 는 표 1 과 같이 링크 별 LLID-ONU_ID Mapping Table 을 관리한다. Registration Request 를 수신한 OLT 는 Mapping Table 을 검사하여 동일한 ONU_ID 를 보유한 링크가 존재하는 지 검사하여, 존재 할 경우 이중화 링크 등록 요구이므로 이중화 링크 그룹으로 설정한다. 표 1 의 예제의 경우 1 번 링크의 2 번 LLID 와 2 번 링크 1 번 LLID 가 동일 ONU_ID 를 가짐으로 이중화 그룹으로 설정한다.

표 1. LLID - ONU_ID Mapping Table 예제

LINK NO	LLID	ONU_ID	이중화 그룹
1	1	ONU_2	N
1	2	ONU_7	Y(Active)
...	
2	1	ONU_7	Y(Stand-by)
2	2	ONU_8	N
...	

4. Active, Stand-by Link 설정

Register_Request 를 받은 OLT 는 등록 요구한 ONU 의 ONU ID 를 표 1 의 Mapping Table 에서 검사하여 같은 ONU ID 를 갖는 링크가 존재 하지 않는다면 단일 링크이므로 Active Link 로 설정한다. 이후 동일 ONU ID 를 갖는 등록 요구 링크가 있을 경우 해당 링크를 Stand-by 링크로 설정한다. OLT 는 Stand-by 링크로 설정된 ONU Link 에게 Stand-by 메시지를 송신하여 Stand-by 동작을 알린다. Stand-by 메시지를 받은 ONU Link 는 OLT 에게 Stand-by-Ack 메시지를 보낸다. Stand-by-Ack 메시지를 받은 OLT 는

Stand-by 동작 완료한다. Stand-by, Stand-by-Ack 메시지는 표준 MPCP 메시지를 확장한다. 이중화 링크 인식, Active, Stand-by Link 설정 과정은 그림 5 와 같은 메시지 절차를 따르게 된다.

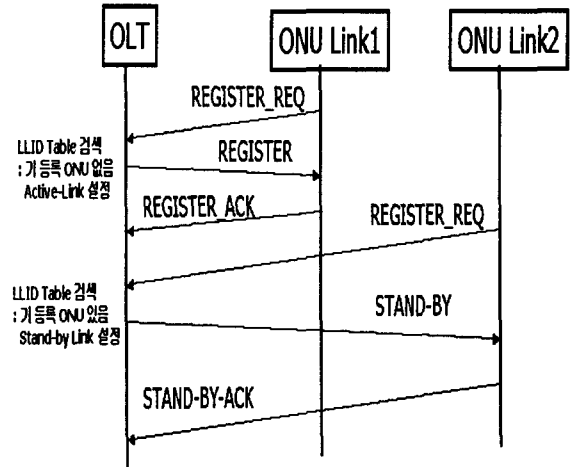


그림 5. 이중화 링크 인식- Active, Stand-by Link 설정

5. ONU Link Fail 인식

GE-PON 에서는 그림 6 와 같이 일정 주기마다 GATE 와 REPORT 메시지를 OLT 와 ONU 가 주고 받는다. OLT 가 ONU 의 Bandwidth 요구량을 Report 메시지를 통해 알게 되고 다수의 ONU 의 Report 정보를 분석하여 각각의 ONU 에게 동적 bandwidth 할당을 GATE 메시지로 알려준다. 현재 범용적으로 제시하는 주기는 2msec 이다[3]

본 논문에서는 주기적으로 주고 받는 GATE, REPORT 메시지의 송수신 유무로 Link Fail 을 인식하는 방안을 제안한다. OLT 가 주기적으로 받게 되는 Report 메시지를 그림 7 과 같이 5 회 이상 연속으로 수신 받지 못 할 경우에 Link Fail 로 인식한다.

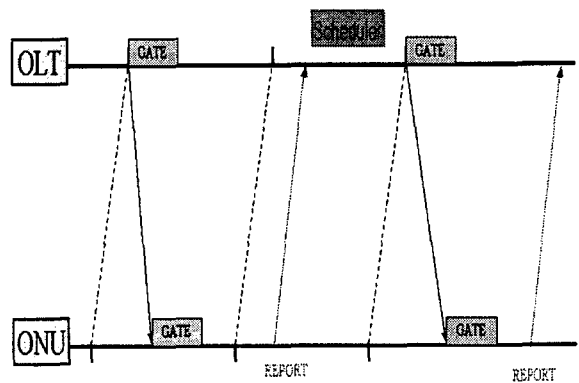


그림 6. GATE, REPORT 송, 수신

6. 이중화 링크 Protection 복구

ONU Link Fail 을 인식한 OLT 는 표 1 의 Mapping Table 에서 Stand-by ONU Link 정보를 검색하여 해당 ONU Link 로 이중화 링크 복구 요청한다. OLT 는 그림 7 과 같이 Stand-by link ONU 에게 Active 메시지를

전송하고 Active 메시지를 받은 ONU Link 는 Active 전환하고 Active-Ack 메시지를 OLT 에게 전송한다.

$$\begin{aligned} \text{Total 절체 시간} = & \\ & 10(\text{link fail 인식}) + 2(\text{Active 메시지 송신}) \\ & + 2(\text{Active_Ack 메시지 수신}) = 14 \text{ msec} \end{aligned}$$

Total 장애 복구 시간이 14msec 으로서 실시간 멀티미디어 서비스 수준의 음성, 멀티미디어 서비스 품질을 수용 할 수 있다.

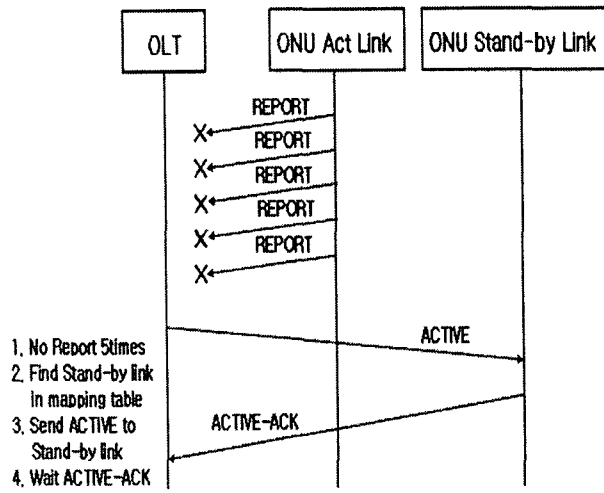


그림 7. 이중화 링크 복구 절차

IV. OPNET 을 이용한 GE-PON Link Protection 구현

1. OPNET Simulation 개요

OPNET 을 이용하여 GE-PON Link Protection 의 네트워크, 노드, 프로세스를 모델링하고 구성된 네트워크가 제대로 동작하는지를 검증한다.

2. Network Modeling

GE-PON OPNET Network Model 그림 8 과 같이 OLT, ODN, ONU 로 구성 된다. OLT 의 주요기능은 OLT 상향에서 받은 Data Traffic 을 하향으로 브로드캐스트 시키고 ONU 상향 트래픽에 대한 실시간 대역 할당을 하게 된다. OLT 는 대역 할당에 앞서 ONU 의 등록이 필요한데 초기 등록 과정으로 ONU 를 등록 시키고 LLID(Logical Link ID)를 발급하게 된다. ODN 은 상향으로 OLT 와 Point-to-Point 로 연결되고 하향으로 Point-to-Multi Point 연결 된 Splitter 소자 역할을 하게 된다. ODN 의 특성은 OLT 에서 받은 트래픽을 ONU 하향으로 Broadcast 하고 ONU 에서 상향 전송 된 트래픽을 OLT 상향으로 전송하는 특성을 갖게 된다. ONU 는 OLT 에게 초기 구동 시에 등록 요청하여 OLT 에 할당: 받은 LLID(Logical Link ID)를 가지고 전송에 참여하게 된다. 초기등록이 마친 ONU 는 자신에게 할당 된 LLID(Logical Link ID)를 가진 트래픽만 선택적으로 수용하게 되며 상향 트래픽은

OLT 로부터 부여 받은 대역에 한하여 상향 트래픽을 송신하게 된다.

본 시뮬레이션은 상기 제시한 OLT, ODN, ONU 노드의 특성에 따라 네트워크 모델링을 하게 되었고 이중화 링크 장애 시 복구 과정을 모델링 하기 위하여 그림 8 과 같이 하나의 OLT 에 하향으로 두 개의 ODN 이 연결시키고 각 ODN 별 하향 16 개의 ONU Node 가 위치하게 된다. ONU 중 1,2 번 ONU 는 이중화 링크를 구성한 ONU 노드로서 두 개의 ODN 에 중복 연결 시킨다. 시뮬레이션 시작 시 이중화 링크를 정상 연결하여 동작시켜 일정 시간 지난 상태에서 ONU 1, 2 노드의 Active Link 를 Fail 시킨다. Active Link Fail 상태에서 Stand-By Link 가 Active 상태로 복구 되어 상, 하향 데이터 Traffic 이 정상 복구 됨을 확인하게 된다.

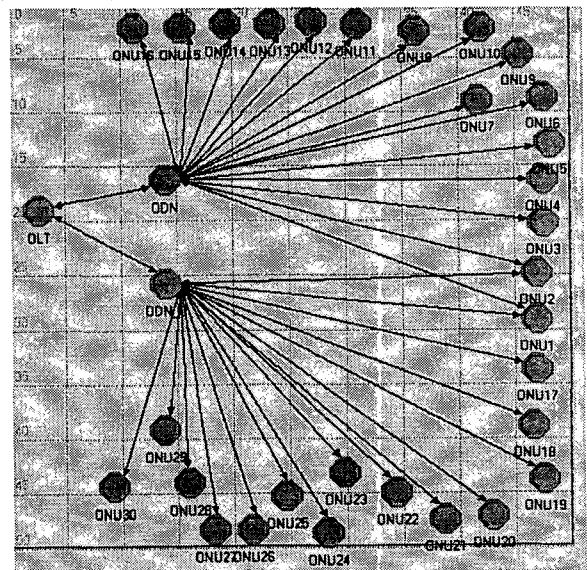


그림 8. Network Modeling

2. OLT Node Modeling

OLT Node 는 그림 9 과 같이 OLT_MAC, Physical interface, Link Switch, Single link source, protect link source, sink, Tx, Rx 모듈로 구성된다. OLT MAC 모듈은 OLT MPCP 관련 프로토콜을 처리하는 모듈로서 ONU 의 등록, ONU 상향 트래픽에 대한 대역 할당 기능을 담당하게 된다. Physical interface 는 OLT MAC 에서 전송된 Packet 을 Tx Module 에게 전송하고 Rx Module 에서 수신된 Packet 을 OLT MAC 에 전송하는 Physical Interface 기능을 하게 된다. Link Switch Module 은 Global Mapping Table 을 관리하는 모듈로서 이중화 링크로 하향 전송 되는 Packet 에 대하여 Active Link 에 할당된 OLT MAC 에게 선택 전송하는 스위치 기능을 하게 된다. Single link Source Module 은 PON 하향 데이터 트래픽 생성을 하는 모듈로서 단일 링크에 대한 데이터 트래픽을 생성한다. Protect link source Module 은 단일 링크가 아닌 이중화 링크에 대한 데이터 트래픽을 생성하게 된다. Sink Module 은 ONU 에서 상향 전송된 데이터 트래픽을 수신하는 모듈로서 수신된

데이터의 통계 정보(Packet Count, End-to-End Delay)를 수집하고 데이터를 중단 시키는 기능을 하게 된다. Tx, Rx 모듈은 송,수신 트랜시버 기능을 하는 모듈로서 링크 연결 기능을 담당하게 된다. OLT 는 ODN 가 이중화 링크가 연결 되어 있기 때문에 링크 별 OLT_MAC, Physical Interface, Tx, Rx 모듈이 각각 구성된다.

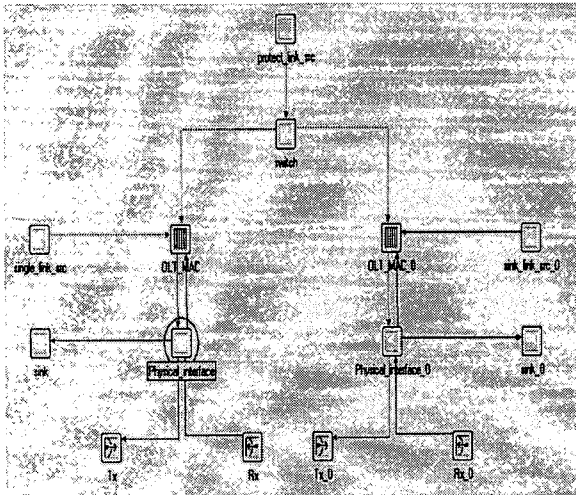


그림 9. OLT Node Modeling

3. ONU Node Modeling

ONU Node 는 그림 10 와 같이 ONU_MAC, Physical interface, PON Protection ONU Switch, ONU source, sink, Tx, Rx 모듈로 구성된다. ONU MAC 모듈은 ONU MPCP 관련 프로토콜을 처리하는 모듈로서 ONU 의 등록 요구, ONU 상향 트래픽에 대한 대역 요구 및 상향 트래픽 전송 기능을 담당하게 된다. Physical interface 는 ONU MAC 에서 전송 된 Packet 을 Tx Module 에게 전송하고 Rx Module 에서 수신 된 Packet 을 ONU MAC 에 전송하는 Physical Interface 기능을 하게 된다. PON Protection ONU Switch Module 은 ONU 이중화 링크로 상향 전송 되는 Packet 에 대하여 Active Link 에 할당된 ONU MAC 에게 선택 전송하는 스위치 기능을 하게 된다. ONU Source Module 은 PON 상향 데이터 트래픽 생성을 하는 모듈이다. Sink Module 은 ONU 에 하향 전송된 데이터 트래픽을 수신하는 모듈로서 수신된 데이터의 통계 정보(Packet Count, End-to-End Delay)를 수집하고 데이터를 중단 시키는 기능을 하게 된다. Tx, Rx 모듈은 송,수신 트랜시버 기능을 하는 모듈로서 링크 연결 기능을 담당하게 된다. ONU 는 ODN 가 이중화 링크가 연결 될 수 있기 때문에 링크별 OLT_MAC, Physical Interface, Tx, Rx 모듈이 각각 구성된다

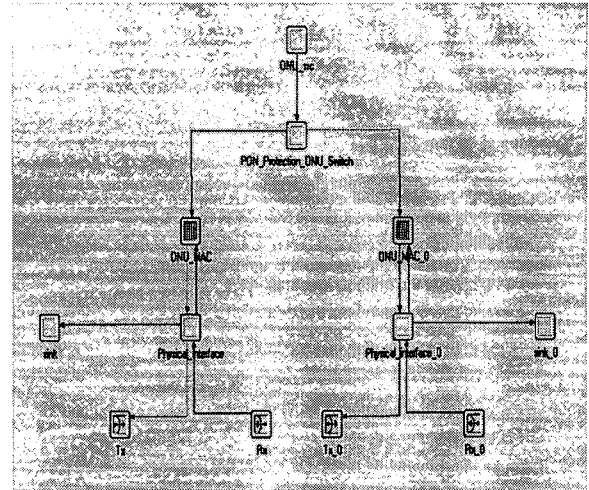
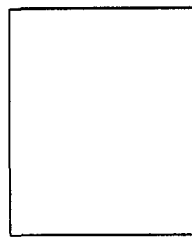


그림 10. ONU Node Modeling

VI. 결론

Metro Ethernet, Access System 에서 멀티미디어, 음성 서비스에 대한 안정적인 서비스를 제공하기 위해 장애 발생시 복구 절차가 필수적이다. 이에 본 논문은 현재 IEEE 802.3AH 표준화 된 Gigabit Ethernet PON 망에서 효과적인 Protection 이중화 구현 방안을 제시하였다. 본 논문 제안 GE-PON Link 이중화 방식으로 이중화 구간 인식, Link Fail 인식, 음성 서비스 수준의 링크 장애 복구가 가능하다. 이와 더불어 기존 Ethernet 망에서 이중화 방식으로 널리 사용되는 STP, RSTP 가 장애 복구시간이 수초에 이르는 단점을 보완하여 20msec 이하의 장애 복구 시간을 가짐을 OPNET Simulation 구현 확인하였다.



이 민 효

2004년 고려대학교 컴퓨터과학기술대학원 석사과정 졸업.

2000~현재 삼성전자 제직, 관심분야는 FTTH, Routing Protocol, IPv6, Security

참고문헌

- [1] IEEE 802.3 EFM(Ethernet First Mile) AH Group, "IEEE DraftP802.3ah /D3.1", pp449-506, February 2004.
- [2] KT 통신망 연구소, "Metro Network 개요 및 기술", February2002:URL (http://ita.iita.re.kr/%7Eita/seminar/notice/body/d_1014270188/MetroNetwork%B0%B3%BF%E4%28IITA%29.ppt)
- [3] Su-il Choi, "Dynamic Bandwidth Allocation Algorithm for Multimedia Service over Ethernet PONs", ETRI Journal, Volume24, Number 6, December 2002.