

# Gigabit Ethernet PON(Passive Optical Network) 링크 이중화

이민효<sup>0</sup> 민성기  
고려대학교 컴퓨터과학기술대학원  
[minhyo.lee@samsung.com](mailto:minhyo.lee@samsung.com) [sgmin@korea.ac.kr](mailto:sgmin@korea.ac.kr)

## Gigabit Ethernet PON(Passive Optical Network) Link Protection

Min-Hyo Lee<sup>0</sup> Sung-Gy Min  
Dept. of Computer Science and Engineering Korea

### 요 약

최근 광대역 멀티미디어 서비스에 대한 관심이 HD(High Density)방송의 시작과 함께 고조되고 있다. MPEG(Moving Picture Experts Group) HD 방송 채널을 수용하기 위해서 요구되는 방송대역은 20Mbps로 현재 가입자 망으로 한계를 가지고 있다. 궁극적인 해결 방안으로 FTTH(Fiber To The Home) 광 가입자 망이 논의되고 있다. 광 가입자 망의 유력한 방법중의 하나가 Gigabit Ethernet PON으로 IEEE(Institute of Electrical and Electronics) 802.3 EFM(Ethernet First Mile) AH Group을 중심으로 표준화 진행 중에 있다. IEEE 802.3 EFM AH Group에서는 가입자 망 장애에 대한 Protection 링크 이중화가 고려되고 있지 않아 본 논문에서 Gigabit Ethernet PON에서 링크 이중화 방법을 제시 하고자 한다.

### 1. 서 론

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 표준화진행 중이다. 그런데 IEEE에서 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 제시하는데 본 논문의 목적이 있다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 IEEE 802.3 EFM AH Gigabit Ethernet PON MPCP(Multi Point Control Protocol)[1]

Gigabit Ethernet PON 망이 갖는 특성은 그림 1과 같이하향 트래픽은 브로드캐스팅 특성을 가지고 있어 OLT(Optical Line Terminal)가 송신한 하향 트래픽은 모든 ONU(Optical Network Unit)가 수신 받고 상향

트래픽은 다수개의 ONU가 동일 매체를 공유하기 때문에 TDM(Time Division Multiplexing) 방식의 공유 방식이 필요하다. 그리고 Ethernet PON에서는 상,하향 트래픽의 프레임을 Ethernet Frame을 이용한다. IEEE 802.3 EFM AH Group에서 Gigabit Ethernet PON Tree 구조에서 필요한 특성을 수용하는 Point-to-Multipoint Control Protocol 을 표준화 하고 있다.

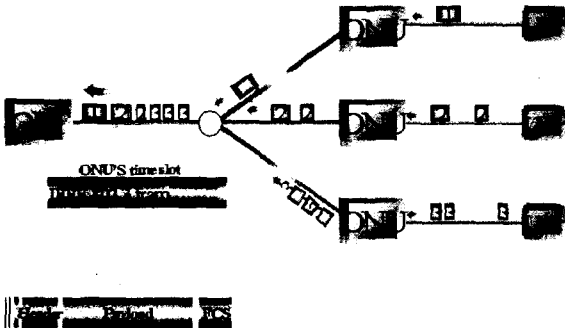


그림 1 Gigabit Ethernet PON 네트워크 구조

### 2.1.1 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 등록 된 ONU에게 Bandwidth Report 기회를 부여(Report GATE)를 부여하여 상향 트래픽 전송 기회를 부여한다.

### 2.1.2 Gigabit Ethernet PON MPCP Message Format[1]

2.1.1 Gigabit Ethernet PON MPCP 절차에서 필요한 메시지들을 수용하기 위해서 EFM AH Group에서 메시지 포맷을 그림 3과 같이 정의 하였다. Ethernet Control Frame을 확장하여 GATE, REPORT, REGISTER\_REQ, REGISTER, REGISTER\_ACK 메시지를 추가하였다. 현재 사용중인 Ethernet Control Frame은 Pause

Control Frame으로 OP\_CODE를 0x01로 사용하고 있다. 그리고 Ethernet Control Frame의 Ethernet Type은 0x8808로 정의 되어 있다.

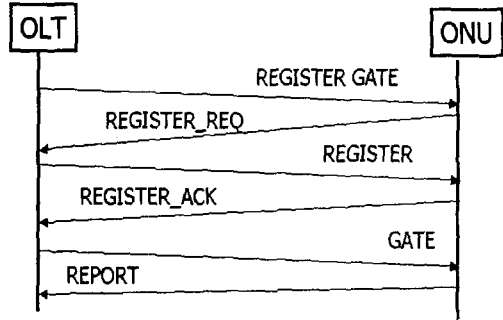


그림 2 GE- PON MPCP 절차도

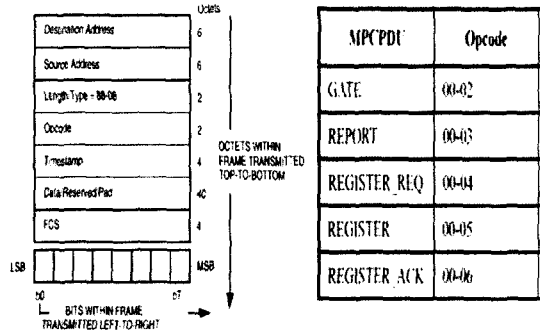


그림 3 GE- PON MPCP Message Format[1]

### 2.2 STP 이중화 장애 복구 문제점

현재 Ethernet Network에서 널리 사용되는 STP Protocol은 복구 시간이 평균 50초에 이르고 있고, 이러한 단점을 보완하기 위해 고려 된 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.

### 3. Gigabit Ethernet Protection 제안

#### 3.1 GE-PON Protection 이중화 기능 제안

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, Stand-by Line 설정, LINK 장애 인지, 장애 복구의 과정이 정의 되어야 한다.

##### 3.1.1 이중화 Link 인지

현재 MPCP Protocol에서는 PON Link별로 LLID(Logical Link Identification)를 부여하여 ONU를 구분하고 있다. 그런데 PON Link별로 LLID를 이용하는 방식에서는

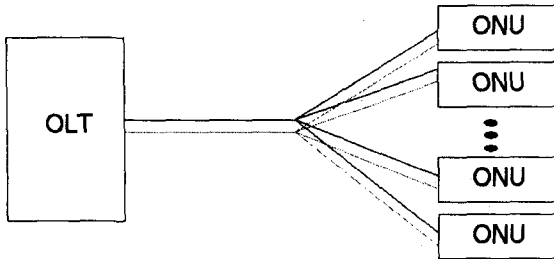


그림 4. 제안 GE-PON Protection 망 구조도

동일한 ONU에 연결된 이중화 Link를 OLT 시스템에서 인식 할 수 없다. 그래서 본 논문에서는 OLT 시스템에서 LLID를 Link 단위로 관리하던 방식과 함께 OLT 시스템 전체적으로 ONU\_ID를 관리하는 방식을 제안한다. ONU는 Registration Request Message 송신 시에 ONU\_ID 구분자를 포함하여 송신하고 OLT는 표 1.과 같이 링크별 LLID □ ONU\_ID Mapping Table을 관리한다. Registration Request를 수신한 OLT는 Mapping Table을 검사하여 동일한 ONU\_ID를 보유한 링크가 존재하는지 검사하여, 존재 할 경우 이중화 링크 등록 요구이므로 이중화 링크 그룹으로 설정한다. 표 1.의 예제의 경우 1번 링크의 2번 LLID와 2번 링크 1번 LLID가 동일 ONU\_ID를 가짐으로 이중화 그룹으로 설정 된 상태로 1번 링크의 2번 LLID가 Active로 동작하고 2번 링크의 1번 LLID가 Stand-by 링크로 동작하게 된다.

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
...	...	...	...

### 3.1.2 Active, Stand-by Link 설정

Register\_Request를 받은 OLT는 등록 요구한 ONU의 ONU ID를 표1의 Mapping Table에서 검사하여 같은 ONU ID를 갖는 링크가 존재 하지 않는다면 단일 링크이므로 Active Link로 설정한다. 이후 동일 ONU ID를 갖는 등록 요구 링크가 있을 경우 해당 링크를 Stand-by 링크로 설정한다. OLT는 Stand-by 링크로 설정된 ONU Link에게 Stand-by 메시지를 송신하여 Stand-by 동작을 알린다. Stand-by 메시지를 받은 ONU Link는 OLT에게 Stand-by-Ack 메시지를 보낸다. Stand-by-Ack 메시지를 받은 OLT는 Stand-by 동작 완료한다. Stand-by, Stand-by-Ack 메시지는 MPCP 메시지를 확장한다.

### 3.2.3 Link 장애 인지

GE-PON에서는 일정 주기마다 Report와 Gate 메시지를 OLT와 ONU가 주고 받는다. OLT가 ONU의 Bandwidth 요구량을 Report 메시지를 통해 알게 되고 다수의 ONU의 Report 정보를 분석하여 각각의 ONU에게 동적

bandwidth 할당을 GATE 메시지로 알려준다. 현재 범용적으로 제시하는 주기는 2 msec(milli second)[3]이다. 본 논문에서는 주기적으로 주고 받는 GATE, REPORT 메시지의 송수신 유무로 Link Fail을 인식하는 방안을 제안한다. OLT가 주기적으로 받게 되는 Report 메시지를 5 회 이상 연속으로 수신 받지 못할 경우에 Link Fail로 인식한다.

### 3.2.4 이중화 링크 이중화 절체

ONU Link Fail을 인식한 OLT는 표 1의 Mapping Table에서 Stand-by ONU Link 정보를 검색하여 해당 ONU Link로 절체 요구한다. 절체 요구를 받은 OLT는 Stand-by link ONU에게 Active 메시지를 송신한다. Active 메시지를 받은 ONU Link는 Active 전환하고 Active-Ack 메시지를 OLT에게 송신한다.

$$Total \text{ 절체 시간} = 10(\text{link fail 인식}) + 2(\text{Active 메시지 송신}) + 2(\text{Active\_Ack 메시지 수신}) = 14 \text{ msec}$$

Total 절체 시간이 14msec으로서 음성, 멀티미디어 서비스 품질을 수용 할 수 있다.

## 4. 결론 및 향후 연구 과제

가입자 망에서 안정적인 통신 서비스를 제공하기 위해서 장애 발생시 복구 절차가 필수적이다. 이에 본 논문은 현재 IEEE 802.3 EFM AH Group에서 표준화 진행 중인 Gigabit Ethernet PON에서 효과적인 Link 이중화 구현 방안을 제시하였다.

본 논문 제안 Link 이중화 방식으로 이중화 구간 인식, Link 장애 인식, 이중화 Link 복구가 가능하다. 이와 더불어 기존 Ethernet 망에서 이중화 방식으로 널리 사용되는 STP, RSTP가 장애 복구시간이 수초에 이르는 단점을 보완하여 20msec 이하의 장애 복구 시간을 가진다. 향후 Link Aggregation과 연동하여 이중화 링크의 Traffic Load Shearing에 대한 연구가 필요하다.

## 5. 참고 문헌

- [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", February 2002:URL ([http://ita.iita.re.kr/%7Eita/seminar/notice/body/d\\_1014270188/MetroNetwork%B0%B3%BF%E4%28IITA%29.ppt](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.