

## IEEE802.3ah EPON 표준화 기술과 동향

송재연, 김영균

삼성전자 표준연구팀

### I. 개요

인터넷을 비롯한 광대역 멀티미디어 수요가 폭발적으로 증가함에 따라 가입자망의 고도화가 통신산업에서 가장 큰 이슈가 되고 있다. 가입자 망이 상대적으로 정체되어 있는 반면에, 기간 망에서는 파장 분할 다중화(WDM: Wavelength Division Multiplexing)와 같은 기술을 사용함에 따라 네트워크 용량이 늘어나고 있다. 동시에 LAN 영역에서도 망의 속도가 10Mbps에서 100Mbps로 증가하고 있으며, 많은 LAN들이 기가급 속도로 향상될 전망이다. 그 결과, 대도시 지역에서의 망 용량과 가입자가 필요로 하는 용량 사이에는 큰 차이가 발생하여 가입자 망이 새로운 병목 구간으로 발생되고 있다. 가입자 망은 SP(Service Provider)의 CO(Central Office) 또는 POP(Point-of-Presence)와 가입자 영역 사이를 말하는 것으로, 'First Mile'로 대변되는 구간이다.

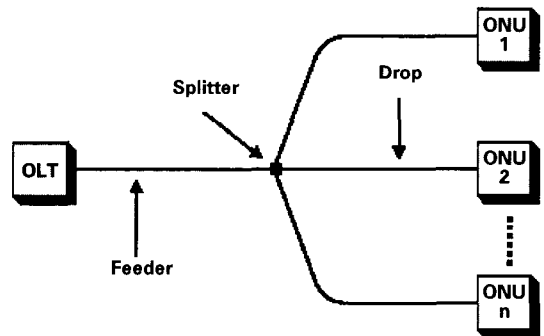
가입자 망의 구성형태로는 xDSL(x-Digital Subscriber Line), HFC(Hybrid Fiber Coax), FTTx(Fiber To The x) 등의 다양한 망 구조와 방안들이 제시되고 있다. 현재 구리선이나 동축 케이블들로 구성되어 있는 DSL이나 케이블 모뎀 서비스가 상당 부분을 차지하고 있으나 이러한 기술들은 대역폭의 확장에 한계성이 있으며 또한 거리와 선로의 품질에 따른 서비스 용량의 제약을 받는다는 단점을 지니고 있다.

따라서 가입자망은 기술 수준, 가입자의 형태, 지리적 조건, 서비스 품질, 경제성 등을 고려 할

때 광전송 기술을 기반으로 한 FTTC(Fiber To The Curb) 및 FTTO(Fiber To The Office)를 거쳐 FTTH 형태로 진화될 것으로 예상되며 가입자망 고도화는 FTTH 구축이 궁극적인 목표가 된다.

수동형 광가입자망(이하 PON: Passive Optical Network)은 이러한 병목현상을 해결함과 동시에 경제적인 FTTH 솔루션으로 평가 받고 있는 망구조이다. 이는 다수의 ONU(Optical Network Unit)가 하나의 광섬유를 통해 OLT(Optical Line Terminal)를 공유하는 점 대 다점(Point to Multipoint) 망구조로, OLT와 ONU 사이에는 수동 광분배 소자(splitter)를 이용하여 연결하는 방식이다. 이 구조는 <그림 1>에 도시하였다.

<그림 1>과 같이 OLT에서 수동광분배기까지는 하나의 광섬유를 공유하므로 각각의 ONU와 OLT를 점 대 점으로 연결을 하는 경우에 비하여 광섬유의 사용이 현저히 감소한다는 장점이 있다. 따라서 PON 구조는 공유되는 구간(Shared

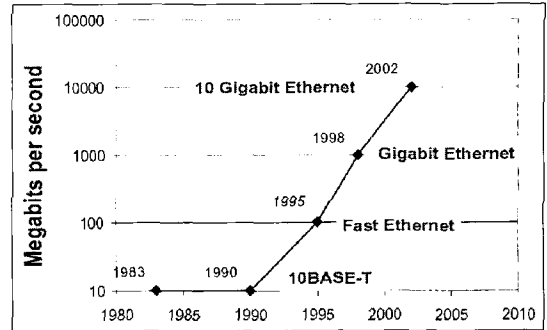


<그림 1> PON topology의 예

Feeder)이 많은 구간을 차지할 수 있는 가입자의 형태에서 더욱 효율적이다. 또한 수동소자를 사용함으로써 부가적인 파워 소모가 없어 관리하기가 용이하며 경제적이다. 그러나 동시에 분배율(splitting ratio)의 증가에 따른 신호의 파워의 감소에 따라 전송 거리의 제약을 받는다는 단점이 있다. 따라서 IEEE나 ITU-T등의 PON 표준에서도 분배율 16:1, 32:1에 따라 최대 전송거리를 20 km, 10 km 등으로 명시하고 있다.

PON 기술의 개념은 새로운 것은 아니나 가입자망의 고도화에 따라 경제적이면서도 전송속도가 높은 망의 구조로 재평가받게 되었다. 관련 표준화는 90년대 말 FSAN(Full Service Access Network)의 APON(ATM PON)으로부터 시작되었다. APON은 하향 최대 622Mbps의 속도와 2계층 프로토콜로 ATM을 지원한다. 한편, EPON(Ethernet PON)은 APON의 전송용량의 한계와 고비용 문제를 해결하고자 IEEE에 의하여 시작되었다. IEEE LAN/MAN Standard Committee(이하 LMSC) 산하 802.3 WG(Working Group)에서는 2000년 11월 Ethernet을 가입자망에 적용하는 것을 목적으로 하는 EFM(Ethernet in the First Mile) SG 결성을 승인하여 1Giga급의 PON 규격의 표준화 작업을 시작하였다. EPON은 APON의 전송용량 한계를 극복하고 ATM과 IP 프로토콜간 변환에 따른 오버헤드(overhead)를 제거할 수 있다. 또한 인터넷 트래픽의 95%가 Ethernet 프레임을 통해 전달되고 Ethernet 데이터 용량도 10M, 100M급에서 기가급으로 증가함에 따라 Ethernet이 갖는 가격 경쟁력과 프로토콜의 친숙함이 장점이라고 할 수 있다. <그림 2>는 Ethernet의 증가하는 전송속도를 나타내고 있다.

현재의 PON 관련 국제 표준화는 IEEE 기반의 EPON 이외에 APON의 프로토콜을 확장, 수정한 형태인 FSAN/ITU-T SG15의 GPON(Gigabit PON) 표준화가 진행중이다. 이는 상/하향 155Mbps에서 2.488Gbps까지의 전송속도를 규정하고 있으며 ATM 뿐만 아니라 Ethernet과 그 외의 프로토콜을 지원할 수 있도록 GFP



<그림 2> End-to-End Ethernet

(Generic Frame Protocol)의 개념을 도입하였고 2003년 10월 표준화 완료를 목표로 하고 있다.

## II. IEEE802.3ah 표준화 동향

IEEE 802 LMSC에서는 Ethernet과 관련된 지속적인 기술표준의 추가와 전송속도의 향상을 통하여 그 적용영역을 확대해 왔다. 이미 완료된 1Gbps Ethernet 표준화(IEEE 802.3z)와 10Gbps Ethernet의 표준화(IEEE 802.3ae) 등을 통해서 전송속도를 10M에서 10Gbps까지 높여가면서 그 적용범위를 WAN(Wide Area Network) 영역까지 확대하고 있고, Ethernet 망에 망 복구능력을 도입하고자 하는 IEEE 802.17 RPR(Resilient Protection Ring) WG 활동을 통해서 MAN 영역에 적용할 때 문제가 되는 보호 절체 기능을 확보하였다. 이러한 IEEE 802 LMSC 활동의 일환으로 IEEE802.3ah EFM SG이 결성되어 2001년 3월 PAR(Project Authorization Request)와 5 Criteria가 802.3 WG의 승인을 받았다. 2001년 7월 회의부터 Sub-Track별 활동을 시작, 표준 제정 영역을 Optical PMD(Physical Medium Dependent), P2MP, OAM(Operation Administration & Maintenance), Copper로 나누었다. 이 Sub-Track들 중 P2MP는 EPON의 MAC 프로토콜을 제정하는 일을 담당하고, Copper Track

의 경우는 물리매체가 구리선인 경우의 스펙을 정하는 일을 하며 이는 VDSL로 대변된다. Optical PMD track의 경우 주로 Burst-mode 전송을 위한 스펙을 담당하고 있다. 같은 해 10월 정식 TF(Task Force)로 승인 받았으며 2002년 3월, 표준의 기본적인 골격이 되는 baseline이 통과되었다. 2003년 3월 현재 Draft v1.3이 수정 중에 있으며 2003년 7월 Draft v2.0 후 WG ballot과 LMSC ballot에서 통과가 되면 2004년 7월 표준이 완료될 예정이다. 현재 EFM에 참여하고 있는 회사는 Alloptic, Cosco, Passave, NTT, Samsung을 비롯한 30여개 회사로 100여명이 참여 중이다.

다음은 EFM project의 Objectives이다. EFM은 점 대 다점 토폴로지 이외에도 점 대 점 토폴로지에 대하여 물리매체가 광케이블인 경우와 구리선인 경우의 속도와 스펙을 규정하고 있다. 기본적으로 Full duplex를 지원하며 EPON의 경우, 상향 1310 nm, 하향 1490 nm의 파장을 사용하는 싱글 모드 파이버(single mode fiber)를 권고하고 있다.

#### Objectives :

- Speed
  - P2P optical fiber : 100Mbps, 1000 Mbps using 100BASE-X, 1000BASE-X
  - P2P copper : support a variety of bit rates, depending on the span and the SNR
  - P2MP optical fiber : support 1000Mbps
- Provide a family of physical layer specifications :
  - 1000BASE-LX extended temperature range optics
  - 1000BASE-X  $\geq 10$  km over single SM fiber
  - 100BASE-X  $\geq 10$  km over SM fiber
  - PHY for PON,  $\geq 10$  km, 1000 Mbps, single SM fiber,  $\geq 1 : 16$

- PHY for PON,  $\geq 20$  km, 1000 Mbps, single SM fiber,  $\geq 1 : 16$
- PHY for single pair non-loaded voice grade copper distance  $\geq 750$  m and speed  $\geq 10$  Mbps full-duplex
- PHY for single pair non-loaded voice grade copper distance  $\geq 2700$  m and speed  $\geq 2$  Mbps full-duplex

표준 제정에서 특징적인 것 중의 하나는 EFM TF가 IEEE802.3 산하에 있으므로 상위의 IEEE 802.3 표준과 현재 진행되고 있는 프로젝트의 내용에 위배되지 않는 범위 내에서 표준 제정이 이루어져야 한다는 것이다. 따라서 EFM은 IEEE 802.3 MAC과 Ethernet 프레임구조를 그대로 따르는 것이 기본 입장으로, PAR에는 IEEE 802.3 MAC Operation의 변경을 최소한으로 할 것을 권고하고 있다. 이는 기본적으로 점 대 점 구조인 Ethernet 기반의 프로토콜로 트리 형태의 점 대 다점 구조를 갖는 PON을 구성하였을 경우 반드시 Ethernet MAC의 변경이 수반되어야 함을 의미한다고 할 수 있다. 이와 비슷한 경우는 EFM 표준의 다른 부분에도 반영되는데 OAM과 Security 방안이 이에 해당한다. EFM의 OAM은 Ethernet기반의 프로토콜로는 최초로 도입된 것으로, 이는 LAN 프로토콜이었던 Ethernet이 Access망으로 확장됨에 따른 영향이라고 할 수 있다. Security의 경우 역시 Access 단에서 점 대 다점 구조를 지니는 망에서는 필수적으로 제정해야 하는 프로토콜이나 기존의 Ethernet 기반의 망에서는 Security 방안이 필요하지 않았기 때문에 이를 수용하는 것에 많은 반대에 부딪혀 현재는 802 레벨의 LinkSec SG으로 새로운 SG을 결성, EFM의 범위에서 Security 표준을 제외시킨 상태이다. 결정된 EFM 표준화의 범위 및 이슈들은 다음과 같다. 즉, Plug and Play 기능, Request/Grant 메카니즘을 이용한 TDM 방식의 미디어 액세스 방안, 점 대 점 에뮬레이션(emulation) 기능을 위한 802.1d와의 compliance 해결, Optical/Copper PMD, OAM,

FEC가 이에 해당한다. 반면, 구체적인 DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) 알고리즘, ATM 지원, Security 방안, WDM 파장 오버레이(overlay), 아날로그 비디오 스트림 전송 지원, 보호(Protection) 및 복구(restoration) 기능 등은 EFM 표준화의 범위에 포함되지 않는다.

EFM의 점 대 다점 토폴로지의 계층 구조는 <그림 3>과 같다. <그림 3>과 기존의 IEEE802.3 계층 구조와 비교하여 보면, RS(Reconcile Sublayer) 계층의 기능을 확장하여 프레임 필터링(filtering) 기능이 추가되고, optional이었던 MAC Control 부계층(Sublayer)이 MPCP(Multi-Point MAC Control)라는 명칭으로 EPON의 동작을 위한 제어역할을 위해 삽입되었다. 또한 그림에는 나타나 있지 않으나 그 상위 부분에는 OAM 계층이 위치하고 있다. 또한 계층구조로만 보면 OLT와 ONU가 서로 대칭적인 형태를 가지고 있다. 이 계층구조에서 특징적인 점은 다수의 MAC entity들이 하나의 물리계층을 이용하여 구성되고 있다는 것이다. vMAC(Virtual MAC)이라고도 하는 각각의 MAC은 OLT와 ONU 사이의 점 대 점 에뮬레이션(emulation) 기능을 제공하며 OLT의 vMAC들과 ONU 간의 1:1 정합을 이룬다. 이에 트래픽의 브로드캐스트 기능을 담당하는 SCB(Single Copy Broadcasting) MAC을 포함, 전체적으로 OLT는 N+1개의 MAC을 지원한다. 이 때의 N은 ONU의 수가 된다. 반면에 ONU는 자신을 목적지로

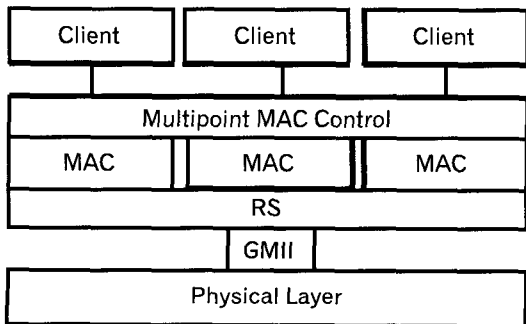
하는 프레임의 주소 필터링이 RS 계층에서 이루어지므로 하나의 MAC으로만 구성된다.

## II. MPCP(Multi Point Control Protocol)

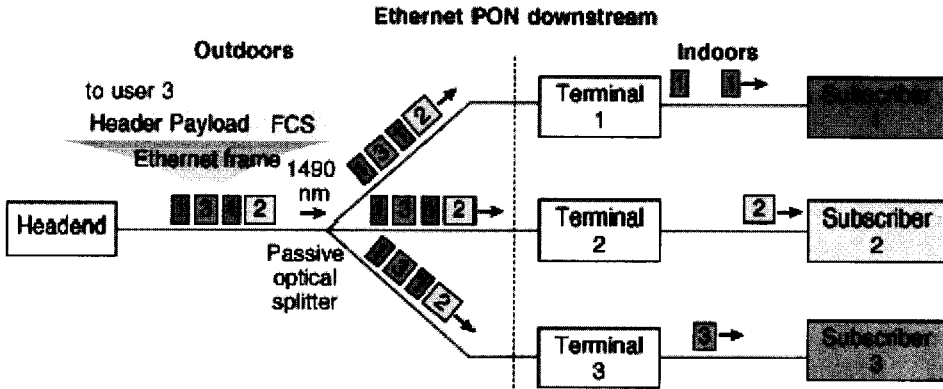
### 1. EPON Media Access 개요

점 대 다점 구조의 특징에 따라 PON 구조에서는 상향 트래픽의 매체접근 제어(MAC: Media Access Control) 프로토콜이 프로토콜의 핵심이 되며 기본적으로 다수의 ONU를 단일의 OLT가 제어하므로 OLT와 ONU는 Master/Slave 관계로 동작한다. <그림 4>는 OLT에서 ONU 방향으로의 하향 전송을, <그림 5>는 ONU에서 OLT로의 상향 전송의 동작을 도시하고 있다. <그림 4>를 보면 하향의 경우 기본적인 Ethernet의 특징인 방송(Broadcast) 특징을 보여 주고 있으며 각 ONU로 전송된 데이터들은 목적지 ONU에서만 해당 데이터를 수신한다. 반면, 상향 스트림의 경우 보내고자 하는 데이터가 있는 ONU들이 모두 전송을 시도하게 되면 수동광분배소에서 충돌이 발생하게 되므로, 각 ONU의 상향 데이터들이 충돌없이 결합 되어 다중화되기 위해서는 이 구간의 망자원을 효율적으로 공유하기 위한 다중 접속(Multiple Access) 프로토콜이 요구된다. 이러한 다중 접속 프로토콜에는 TDMA(Time Division Multiple Access), CDMA(Code Division Multiple Access), WDMA(Wavelength Division Multiple Access) 등이 있으며 IEEE802.3ah EPON의 경우 시분할 다중접속(TDMA) 방식을 채택하였다.

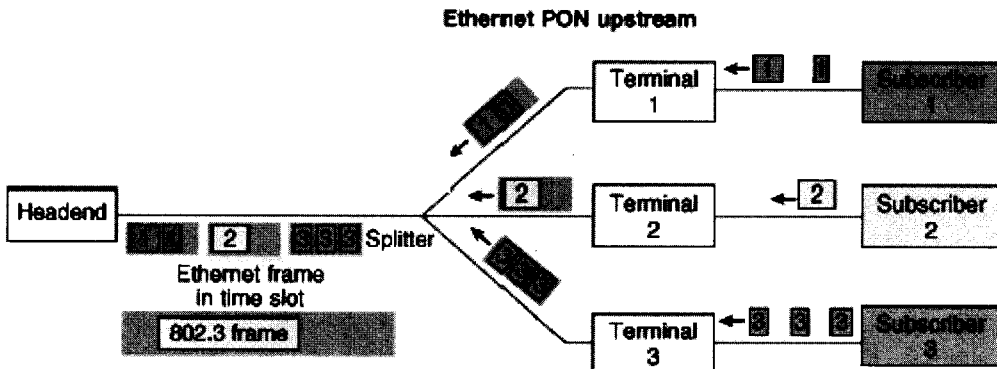
즉, OLT로 ONU가 데이터를 전송하기 위해서는 자신의 큐(queue) 상태를 OLT에게 보고한 후, OLT에 의해 할당된 대역 정보대로 데이터를 할당받은 시간에 보내는 방식으로 이루어진다. 이 때, 표준안에는 구체적인 DBA 알고리즘은 명시되어 있지 않으나 ONU로 하여금 큐 상태를 보고하게 함으로써 OLT가 DBA를 수행할 수 있도록 지원하는 기능이 포함되어 있음을 알



<그림 3> OLT 시스템 계층구조



<그림 4> EPON의 하향 전송 (downstream)



<그림 5> EPON의 상향 전송 (upstream)

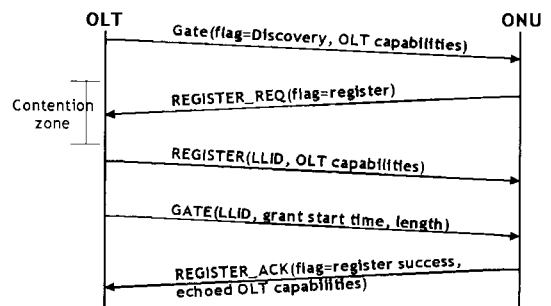
수 있으며 할당된 대역폭에 대하여 각 ONU는 Ethernet 프레임의 분할 (fragmentation) 기능을 지원하지 않는다.

## 2. MPCP

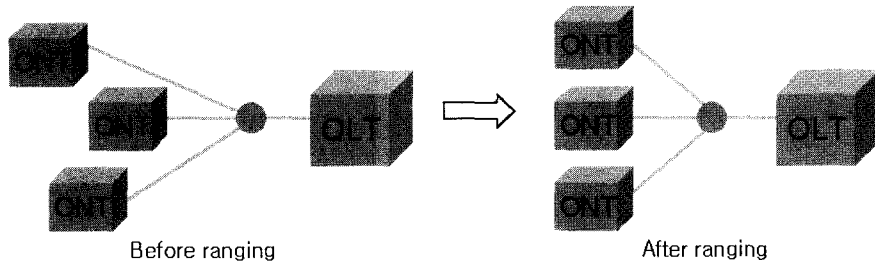
### 1) Discovery process

Discovery 과정은 OLT에 의해 정해진 Discovery window 내에서 ONU들이 OLT에게 자신의 MAC 주소를 등록하고 LLID(Logical Link ID)를 할당받는 과정으로, 이 때 OLT와 ONU들 간의 CDR(Clock/Data Recovery) lock time이나 AGC(Auto Gain Control) time 등의 PHY 파라미터들의 교환도 이루어진다. <그림 6>은 Discovery process 과정을 도시한 것이다. 그림의 flow에서는 보내어지는 각

각의 메시지와, 메시지에 담겨 있는 주요 내용들이 나타나 있다. 먼저 OLT에서 ONU들에게로 Discovery GATE 신호를 브로드캐스팅하면 ONU는 이를 받은 ONU들은 REGISTER\_REQ 메시지를 통해 등록요구를 하게 된다. 이 때에는 각각의 ONU에 할당된 시간이 정해지지 않은 상태



<그림 6> Discovery process



<그림 7> Ranging

이므로 서로 다른 ONU로부터 온 신호들이 충돌할 가능성이 존재한다. 충돌을 겪지 않은 등록요구 신호들은 OLT에 도착하게 되고, OLT는 메시지의 MAC 주소를 가지고 각각의 ONU에 LLID를 할당하여 ONU에게 알린다. 이 REGISTER 메시지를 받은 ONU들은 일정 시간 이내에 REGISTER\_ACK 메시지를 전송함으로써 전체 Discovery 과정은 완료된다.

2) Ranging process

PON 구조에서 각 ONU들은 OLT로부터 서로 다른 거리에 위치하게 된다. 이로써 OLT로 전송하는 신호의 시간 지연(delay)가 서로 다른 값으로 발생하므로 OLT가 이를 제어하기 어렵게 된다. 따라서 서로 물리적으로 다른 거리에 있는 ONU들을 논리적으로 같은 위치에 존재하도록 하여 이를 해결하는 Ranging 과정이 필요하다. 이에 대한 개념이 <그림 7>에 도시되어 있다. 이는 실제적으로는 각 ONU와 OLT간의 RTT(Round Trip Time)을 계산하는 것으로 이루어진다. APON이나 GPON 등에서는 별도로 Ranging 과정을 두어 관리하나 EFM에서는 Discovery 과정에서 함께 이루어진다. 다음 절에 설명하게 될 메시지 포맷을 참조하면 MPCP 메시지는 4bytes의 Timestamp 필드가 포함됨을 알 수 있는데, 이는 OLT의 절대 시간(Absolute time)을 나타내며 이를 이용하여 RTT를 측정한다. 즉, Timestamp 필드가 포함된 메시지를 받은 ONU는 그 값을 보고 자신의 시간을 맞추는 방식으로 RTT를 흡수한다. 또한 이 필드는 모든 MPCP 메시지에 포함되므로 이후

Jitter가 발생하여도 이를 신속하게 반영하여 동기화를 이룰 수 있다는 것이 특징이다.

3) Report process

Discovery 과정을 마친 ONU들은 OLT로부터 전송된 GATE 신호에 할당된 시간에 자신의 데이터나 제어 메시지를 전송하는 방식으로 통신이 이루어진다. 이 때, ONU들은 REPORT 메시지를 사용하여 자신의 큐의 상태를 보고한다. EFM에서는 IEEE802.1Q의 우선순위(priority) 큐를 채용하여 8개의 큐 정보 필드를 갖는다. REPORT를 받은 OLT는 스케줄러를 구동하여 각 ONU들의 전송시기와 그 양을 결정한 후, GATE 메시지를 통하여 이를 ONU에게 알린다. 이 REPORT 메시지는 또한 주기적으로 OLT에게 보내어진다는 특징으로 인하여 ONU의 상태를 보고하는 'Keep alive' 메시지의 역할도 담당한다. REPORT 메시지가 이러한 목적으로 사용되는 경우, 플래그(flag) 필드에 표시되며 큐 정보 필드는 빈 상태로 전송된다.

3. frame format

EFM에서는 IEEE802.3 Ethernet의 프레임 포맷을 그대로 사용하므로 MPCP를 위하여 IEEE 802.3 MAC Control 프레임 포맷을 이용, 정의하였다. <그림 8>은 MPCP를 위한 IEEE802.3 MAC Control 프레임 포맷이다. 이는 프리앰블 내에 2bytes의 LLID와 CRC 필드가 삽입되었음을 보여주며 각 MPCP 메시지들은 <표 1>과 같이 MAC Control 프레임의 Opcode를 정의하여 사용한다는 것을 나타낸다. MPCP 메시지



〈그림 8〉 MPCP를 위한 IEEE802.3 MAC Control 프레임 포맷

〈표 1〉 MPCP opcodes

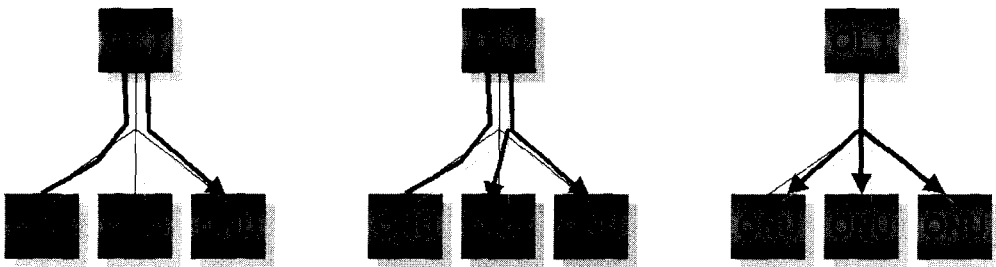
MPCPDU	Opcode
GATE	00-02
REPORT	00-03
REGISTER_REQ	00-04
REGISTER	00-05
REGISTER_ACK	00-06

들은 GATE, REPORT, REGISTER\_REQ, REGISTER, REGISTER\_ACK의 5가지로 Opcode 다음에는 전송한 바와 같이 Timestamp 필드를 정의하였고 이후의 40bytes의 메시지 부분에는 각 MPCP 동작에 따른 파라미터(parameter)들이 위치하게 된다. 이 중 GATE 메시지는 목적에 따라 두 종류로 나눌 수 있는데, 그 하나는 앞서 설명한 등록과정에서 사용하는 Discovery GATE 메시지이고 다른 하나는 각 ONU들에게 전송할 시간을 할당해 주기 위한 그랜트(Grant) 신호로 사용되는 Normal GATE 메시지이다. 이는 메시지 내의 플래그 필드로 구별된다.

4. LLID와 점 대 점 에물레이션

EFM의 EPON 표준에서 특징적인 항목 중의 하나는 점 대 점 에물레이션을 지원한다는 것이

다. 이를 위하여 OLT는 등록과정에서 ONU들에게 LLID를 할당하여 관리한다. ONU의 LLID는 브리지(Bridge)의 포트(port) 번호의 역할을 하여 에물레이션이 가능하게 한다. 〈그림 9〉에 점 대 점 에물레이션의 개념을 도시하였다. 이는 각 ONU와 OLT가 논리적으로 각각의 다른 링크(link)로 연결되어 있어 동일한 PON 내에 존재하는 ONU 간에 직접적인 통신이 가능하도록 OLT에서 브리징(Bridging) 기능을 수행할 수 있게 하는 개념이다. 따라서 이의 구현을 위해서는 OLT에 IEEE802.1d와는 다른 브리징(Bridging) 기능이 포함되어야 한다. 또한 SCB(Single Copy Broadcasting) 개념은 PON의 기본적인 기능인 브로드캐스팅 기능을 수행하는 것으로 역시 한 ONU가 보낸 브로드캐스팅 데이터를 PON 내의 다른 ONU들도 수신할 수 있게 브리징하여 전달(forwarding)하는 기능이다. LLID 2bytes는 1bit의 모드(mode) 필드와 15 bits의 ID 필드로 나뉘어 있으며 모드 필드의 값에 따라 유니캐스트(unicast)와 브로드캐스트로 구별된다. 또한 이는 프리앰블 부분에 삽입되어 Ethernet MAC으로 메시지가 전달되기 전에 메시지의 소스(source) 또는 목적지를 구분할 수 있으므로 RS 계층에서 주소 필터링을 수행하고 이 때 프리앰블에서 LLID가 제거된다.



〈그림 9〉 점 대 점 에물레이션 개념

#### IV. Optical PMD

일반적인 광전송에서는 광 송수신기(optical transceiver)가 전송 데이터가 없을 때의 IDLE 상태에서 더미(dummy) 데이터가 전송된다. 일반적인 점 대 점 토폴로지의 경우, 이 신호의 파워 레벨이 높지 않으므로 문제가 되지 않으나 점 대 다점 구조에서는 이러한 신호들이 수동광 분배기에서 결합(combine) 되므로 오류 신호가 OLT에 전송될 가능성이 있다. 따라서 PON의 구조의 경우, 데이터를 전송할 시점에만 트랜시버의 레이저를 ON하고 전송이 끝나면 OFF하는 동작이 필요하며 또한 ON/OFF의 전이가 신속하게 이루어져야 한다. 이를 버스트 모드 전송(Burst mode transmission)이라고 하며 OLT에서는 버스트 모드 수신인 ONU의 경우에는 버스트 모드 송신이 필요하다. 이에 대한 파라미터의 정의가 PON의 optical PMD track의 주요 활동이 된다. 2003년 3월 Draft v1.3에 결정된 주요 PMD 파라미터들은 주로 timing 이슈에 관한 것으로 레이저 Turn ON time, 레이저 Turn OFF time, 광수신기 AGC time, CDR lock time 등이 이에 해당한다. 고정된(fixed) 최대 레이저 Turn ON time, 레이저 Turn OFF time은 600ns이며 EPON의 OLT 수신기에서의 CDR lock time은 최대 400ns로 결정되었다. 이는 자신들이 생산하는 송수신기의 성능에 따라 이를 표준에 반영하고자 하는 업체들 간의 주장으로 인해 오랜 시간 동안 수십 ns 내의 매우 짧은 시간 값을 주장하는 세력과 구현에 따라 변경이 가능하도록 융통성을 두자는 세력간의 논의 끝에 결정되었다.

#### V. EFM OAM

EFM OAM은 IEEE802.3 Ethernet 산하에 서는 처음 제정된 OAM 규격으로 향후 LAN

환경을 벗어나는 Ethernet 기반의 표준에 계속 적용될 전망이다. 이는 802.3 Slow protocol을 이용하여 정의한 것으로 Local and Remote fault indication, Loopback control, Link monitoring의 기능이 제공된다. 그 밖에, ONU 등록 후 자신이 제공하는 OAM 기능에 대한 OLT와의 협상과정이 OAM Capability process라고 하여 제공되며 이로써 두 주체간의 OAM 채널이 형성된다. Link monitoring 기능에서는 주기적으로 특정 변수의 값을 OLT에 보고하며 Loopback control을 하기 위하여 Unidirectional 모드를 정의하였다. 이 모드는 효과적인 Loopback을 위하여 Loopback 신호를 전송할 경우 다른 일반 데이터는 전송하지 못하도록 차단하는 기능이다.

EFM OAM은 처음에는 물리계층까지의 OAM을 정의하고자 하는 주장도 있었으나 여러 가지 종류의 물리계층을 지원하는 EFM의 특징에 따라 이에 대한 OAM을 단일하게 지원할 수 있도록 MAC 계층까지 만으로 범위를 제한하였다. 따라서 물리적 절체에 대한 보호(Protection), 복구(Restoration)기능등은 표준화 범위에 해당하지 않는다.

#### V. 결 론

현재 FTTx 솔루션으로 대표되고 있는 PON 표준화의 주체는 IEEE802.3ah EPON과 FSAN PON으로 대변되는 ITU-T APON, GPON으로 나눌 수 있다. EPON의 경우 end-to-end Ethernet이라는 프로토콜의 발전에 따라 프로토콜 계층의 단순화 및 IP와의 용이한 정합 등이 장점이나 이 점이 동시에 단점으로, Ethernet 범위에서 한정적으로 제정되어 상대적으로 OAM 등의 기능이 빈약하다. FSAN계열 PON들의 경우, ATM이 가지는 견고한 OAM 프로토콜과 함께 표준 제정 주체가 Telco를 중심으로 한 Carrier 집단이라는 것이 장점이며 또한 표준 완



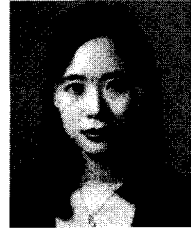
료 시기가 2003년 10월 경으로 EFM보다 빠르다는 것도 유리하다. 또한 PON의 경제성이라는 것은 2계층 프로토콜에 따라 결정되는 것이 아니라 OLT에서 광분배기까지의 공유 구간의 길이와 물리계층의 광 송수신기의 성능에 따라 결정되는 것이므로 어떤 PON 표준이 더 유리할 것인가에 대한 고찰은 경우에 따라 달라질 수 있다.

삼성전자는 현재 EFM 표준화 회의에서 한국에서는 유일하게 지속적인 표준 활동으로 기고문 발표 및 I기능 제안을 통하여 표준채택을 위한 활동을 하고 있다. 또한 2003년 5월 IEEE802.3ah Interim meeting을 한국에 유치하였으며 이는 한국의 가입자망 및 브로드밴드 액세스 표준과 시장에 대한 위상을 제고하는 기회가 될 것이다.

#### 참 고 문 헌

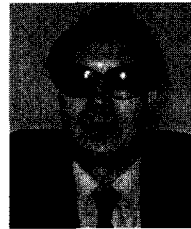
- [1] IEEE802.3ah EFM draft v1.3
- [2] ITU-T SG15 Q2 G.GPON.gsr, G. GPON.pmd, G.GPON.gtc
- [3] 송재연, "Ethernet PON의 프로토콜과 표준화동향", 이더넷 신기술 워크 자료집, pp. 43~65
- [4] 박태성, 오윤제, 강병창, "이더넷 PON 기술 동향", 광학과 기술, Vol.6, No.2, pp.29~38, 2002

## 저 자 소 개



### 송 재 연

2001년 8월 홍익대학교 전자공학과 박사학위, 1997년 2월 홍익대학교 전자공학과 석사학위, 1995년 2월 홍익대학교 전자공학과 학사, 2001년 9월~현재: 삼성전자 정보통신총괄 통신연구소 표준연구팀 책임연구원, <주관심 분야: WDM 네트워크 설계, 광가입자망 표준화, FTTH>



### 김 영 군

1967년 2월 서울 경기고등학교 졸업, 1972년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업, 1976년 2월 Rutgers University 전자공학 석사 취득, 1978년 2월 Duke University 통신공학 박사 취득, 1978년 2월: ETRI Digital PCM Channel 개발 책임자, 1982년 2월: J.S. Lee Assoc., Inc, 위성통신 분야 책임자, 1984년 4: GTE 위성/이동통신 네트워크 시스템 분야 책임자, 1993년 4월: INTEL-SAT 3세대 이동통신 표준화 책임자, 1999년 9월: 삼성전자 정보통신총괄 통신연구소 표준화 전략팀장(전무), <주관심 분야: 3G, FTTH 표준화, 4G 선행연구 및 표준화>