

# CoS 지원을 위한 EPON ONU MPCP 구현

김광옥\*, 최창식\*\*, 곽동용\*\*

\*ETRI 네트워크핵심기술연구부 NP 라우팅팀

e-mail : kwangok@etri.re.kr

## The Implementation of EPON ONU MPCP to supporting CoS

Kwang-Ok Kim\*, Chang-Sik Choi\*\*, Dong-Yong Kwak\*\*

\*Team of NP Routing, ETRI

\*\*Dept. of Computer Engineering, Dae-Sung University

### 요 약

최근 가입자 망에서 다양한 멀티미디어 서비스를 저가이면서 간단한 망구조를 갖고 확장성이 뛰어나며 데이터, 음성, 비디오 서비스를 효율적으로 수용할 수 있는 EPON 기술이 요구되고 있다. EPON은 하나의 OLT와 다수의 ONU가 PTMP 구조로 연결된다. OLT는 백본망에 연결되고, ONU는 가입자에 연결된다. 하나의 ONU가 트래픽을 전달하기 위해서는 OLT로부터 타임 슬롯을 할당 받는다. 따라서 주어진 타임슬롯에 IDLE 구간 없이 최대한으로 전송대역을 이용하기 위해서는 ONU 내에 트래픽 동적 스케줄러가 요구된다. 또한 다양한 어플리케이션의 요구를 지원하기 위해 스케줄러는 CoS가 지원되어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 OLT와의 Auto-discovery, Laser\_On/OFF 기능 등 가입자에게 EPON 기능을 제공하며, 다양한 서비스를 제공하도록 CoS 기반 스케줄러를 수용한 EPON ONU의 MPCP(Multi-point Control Protocol)를 구현하였다.

### 1. 서론

최근 HDTV 나 영상회의, 멀티미디어형 고속 인터넷 서비스들을 효율적으로 수용하기 위해 백본망의 전송용량은 수 테라급까지 확장된 반면에 가입자 망에서의 전송용량의 변화는 거의 없다. 현재 가입자 망에서 사용하는 DSL이나 케이블모뎀 기술로는 이런 다양한 서비스들을 수용하는데 한계가 있으며, 이로 인한 가입자 망에서의 병목현상이 발생한다. 따라서 광대역 서비스를 가입자에게 원활하게 제공하기 위해 PON(Passive Optical Network) 기술이 요구된다. 수동형 광가입자망(PON)은 서비스 제공자인 중앙기지국과 수요자인 가입자간에 수동형 광분배소자(Passive, Splitter, Combiner, Coupler)를 이용하여 연결되며 음성 및 데이터, 비디오 서비스를 광섬유와 광분배기를 통하여 가입자에게 전송하는 방식이다<sup>[1]</sup>.

PON은 OLT와 ONU 사이의 데이터 전송방식에 따라 ATM-PON, WDM-PON, Ethernet-PON(EPON)으로 구분된다. ATM-PON은 점대점 시스템보다 경제성은 있지만 전송용량의 한계와 고비용, IP 트래픽 전송의 비

효율성으로 인해 많이 사용되지 않고 있다. WDM-PON은 가입자에게 대용량의 트래픽을 항상 제공할 수 있는 최적의 시스템이지만 서로 다른 광원을 구비해야 하며, 소자의 경제성으로 아직 실현되지 않고 있다. Ethernet-PON은 IP 패킷을 전달하기에 적합한 구조와 망의 확장성이 용이하기 때문에 현재 PON 기술로 가장 이슈가 되고 있으며, IEEE802.3ah Task Force에서 표준화 작업을 진행 중에 있다.

EPON ONU(Optical Network Unit)들은 하나의 광섬유를 통해 OLT와 연결되기 때문에 전송 시 서로 충돌이 발생할 수 있다. 이를 위해 OLT(Optical Line Terminal)는 각 ONU에게 타임슬롯을 할당한다. ONU는 타임슬롯이 할당되기까지 버퍼에 패킷을 저장한 후 타임슬롯이 할당되면 버퍼에 있는 패킷을 전송한다. 이때 프레임 분해를 하지 않고 전송하기 때문에 동적으로 타임 슬롯 크기보다 작은 프레임을 선택해 최대로 타임슬롯 안에 프레임을 전송할 수 있어야 한다. 또한 다양한 어플리케이션을 위해 패킷 클래스에 따른 큐잉제어 및 스케줄러 기법이 요구된다<sup>[4]</sup>. 따라서 본 논문에서는 EPON ONU가 할당된 타임슬롯에서

최대로 패킷을 전송할 수 있는 큐잉 구조를 이용하여 ONU MPCP 를 구현하였으며, 우선 순위에 따라 패킷 처리를 수행하도록 구현하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 EPON 의 구조 및 큐잉 알고리즘에 대해서 살펴보고, 3 장에서는 본 논문에서 구현한 MPCP 구조에 대해서 논의한다. 마지막으로 시뮬레이션 결과 및 결론을 맺는다.

2. EPON 알고리즘 및 구조

2.1. EPON 알고리즘

EPON 시스템의 전체 구조는 그림 1 과 같다. 하나의 OLT 는 다수의 ONU 와 수동형 분배장치를 통해 점대다점(Point-to-Multipoint)으로 연결되며, OLT 는 네트워크 인터페이스 카드를 이용해 백본망과 연결된다.

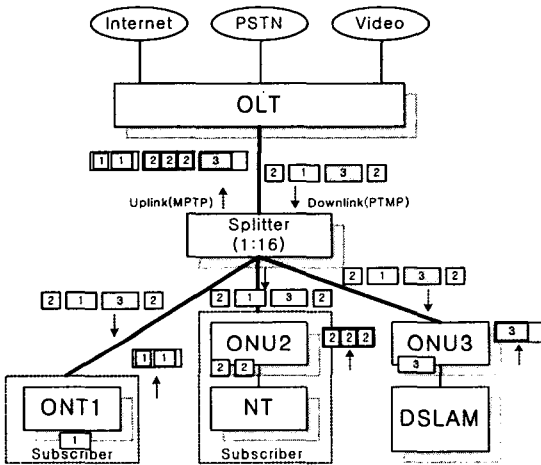


그림 1. EPON 시스템의 구조

OLT 와 ONU 사이의 기본 동작은 다음과 같다.

- ① OLT 는 ONU 들을 등록하기 위해 Discovery 제어 메시지를 Broadcast 로 전송한다. 이때 OLT MPCP 는 ONU 의 거리에 따른 Guard Band 를 할당해야 하므로 거리를 측정하기 위해 Global 카운터를 이용해 타임스탬프에 삽입한다.
- ② ONU 는 Discovery 제어 메시지를 받아 타임스탬프 값으로 자신의 클럭을 동기화 시킨다. 그리고 필요한 LLID 및 타입을 Register Request 메시지를 OLT 에게 보낸다. 이때 ONU MPCP 에서 동기된 카운터 값을 타임스탬프를 이용해 전송한다.
- ③ OLT 는 Register Request 메시지를 받아 타임스탬프의 값을 이용해 ONU 의 거리를 측정하게 된다. 그리고 ONU 에서 요청된 LLID 를 Register 메시지를 통해 알려준다. Gate 메시지를 통해 ONU 가 제대로 LLID 를 할당 받았는지 요청한다.
- ④ ONU 는 Register 메시지를 통해 자신의 LLID 를 등록하고, 자신의 LLID 를 달고 들어오는 Gate 메시지를 받은 후 잘 받았음을 Register\_Ack 메시지를 통해 알려준다.
- ⑤ OLT 는 Register\_Ack 메시지를 받아 ONU 가 LLID

를 등록함을 확인하고, 초기에는 TDMA 방식을 이용해 MPCP 는 업 링크 전송대역을 동일하게 타임슬롯으로 ONU 에게 할당한다. ONU 는 할당된 타임슬롯 구간에 패킷을 전송한다. 이때 패킷은 분해하지 않고 전송한다.

⑥ 이후부터는 각 ONU 가 Report 메시지를 통해 요구하는 대역 요구정보를 기반으로 Polling 을 수행하여 OLT MPCP 에서 각 ONU 에게 타임슬롯을 할당한다<sup>[1]</sup>.

2.2. EPON ONU 구조 및 MPCP

그림 2 와 같이 EPON ONU 는 Burst Mode PHY 칩과 일반 MAC 칩 또는 EPON 전용 MAC 칩, 그리고 EPON MAC Controller 기능을 수행하는 MPCP 로 구성된다. ONU 가 FTTH 로 사용될 경우 MPCP 는 PCI 인터페이스를 이용해 가입자와 정합되며, FTTB/FTTC 로 사용될 경우 MAC 스위치와 SPI-3 인터페이스를 통해 정합된다. MPCP 는 효율적인 데이터 전송을 수행하기 위해 PTMP 로 연결된 Master 와 Slave 사이를 제어하는 메커니즘이다. OLT MPCP 는 Master 로 동작하며, Boot 프로세스나 대역폭 할당/대역폭 폴링, ONU 관리를 수행한다. ONU MPCP 는 Slave 로 동작하며, OLT 와의 Boot 프로세스나 할당된 타임 슬롯에 패킷을 전송 기능을 수행한다. MPCP 는 MAC Control 계층에서 구현되며, Boot 프로세스나 대역폭 할당을 위해 5 개의 64Byte MAC Control 메시지를 사용하며, ONU 의 거리를 측정하기 위해 RTT 를 계산한다. RS layer 에서는 LLID Tagging/De-tagging 을 수행하며, 패킷 필터링을 수행한다. EOPN OTRx 는 버스트 모드의 송수신 기능을 수행한다. PTP 망구조에서는 Continuous mode 를 사용하나 PTMP 인 경우에는 다른 ONU 가 송신 가능하도록 버스트 송신 후에는 Laser Diode 를 OFF 시켜야 한다<sup>[2][5]</sup>.

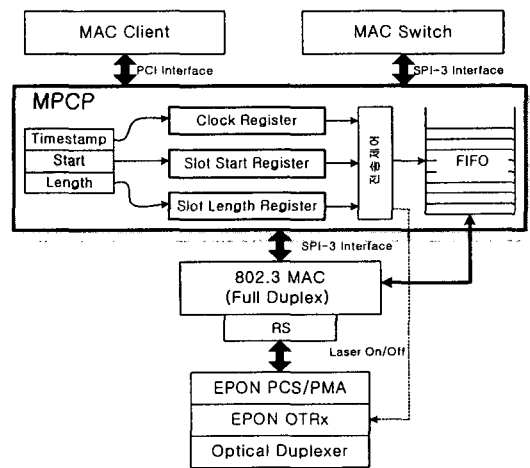


그림 2. EPON ONU 구조.

EPON ONU MPCP 에서는 할당된 타임슬롯에 최대한으로 프레임 전송을 수행하는 것이 중요한 기능이다. 따라서 효율적인 프레임 제어 기능이 요구된다.

3. 제안한 Cos 지원 ONU MPCP 구조

본 논문에서는 CoS 를 지원할 수 있는 EPON ONU MPCP 구조를 구현하였다. 구현된 MPCP 모듈은 크게 Ingress Module 과 Egress Module 로 구성된다. Ingress 모듈은 MAC 칩에서 들어오는 프레임을 분석하여 MPCP 제어 프레임이면 ONU Message 처리기에서 수행되게 하고, 데이터 프레임이면 MAC 스위치로 보내 MAC 스위치에서 해당 가입자 포트로 데이터를 전송하게 한다. 이를 수행하기 위해 SPI-3 Receive master/slave 인터페이스를 사용하였다. SPI-3 Receive Master 인터페이스에서는 256Byte FIFO 를 이용해 인터페이스를 수행하며, 바이트 카운터를 이용해 MAC Type 이 무엇인지 식별한다. MAC Type 이 "8808"이면 MAC Control 메시지에 해당하기 때문에 메시지 종류를 나타내는 OP 코드와 함께 Control 패킷으로 전송하고, 그렇지 않은 경우 Data 패킷으로 전송한다. EPON ONU Control 메시지 처리기에서는 Reset/Power Up 이 되면 ONU 글로벌 카운터를 수행한다. 그리고 Discovery 상태와 No Connection 상태가 된다. Discovery GATE 메시지가 들어오면 OLT 와의 RTT 측정을 위해 Timestamp 의 값으로 ONU 의 글로벌 카운터를 동기 시킨다. 그리고 ONU 의 카운터를 동기 시킨다. 그리고 ONU 의 카운터 값이 GATE 메시지 내의 Grant Start Time 과 동일하게 되면 Laser 를 ON 하고, REGISTER\_REQUEST 제어 메시지를 전송한다. 이때 ONU 는 LLID 수 및 타입, Queue Depth

를 전송하게 된다. 만약 Egress 모듈의 Queue 에 프레임이 저장되어 있어도 아직 OLT 와 Connection 이 설정되지 않은 상태이므로 계속 Queue 에 저장하고 있어야 한다. Laser OFF 는 Grant Length 길이가 되면 수행한다. REGISTER\_REQUEST 제어 메시지를 보낸 후 REGISTER 메시지가 들어오면 PTP 포트 및 LLID 를 ONU 레지스터에 등록한다. 등록이 완료되면 ONU 는 OLT 와의 Discovery 상태가 완료된다. 이 상태에서 OLT 는 LLID 가 제대로 등록되었는지 확인하기 위해 할당된 LLID 를 이용해 Regular GATE 메시지를 전송한다. 이 메시지를 받으면 Timestamp 의 값으로 ONU 의 글로벌 카운터를 동기 시키고 Laser 를 ON 시켜 REGISTER\_ACK 메시지를 전송한다. 전송을 완료한 후에 OLT 와의 Connection 상태는 Normal 로 되고, Egress Module Queue 내의 프레임들은 전송모드로 들어간다. 전송 모드에서 Laser 가 ON 되면 데이터 프레임을 전송하게 된다. 데이터 프레임은 SPI-3 Receive Slave 인터페이스를 통해 MAC 스위치로 프레임을 전송한다.

Egress 모듈은 MAC 스위치로부터 입력되는 프레임을 우선순위에 따른 각각의 Queue 에 저장하고, 주어진 타임슬롯에 프레임을 MAC 에게 전송한다. SPI-3 Transmit Slave 인터페이스에서는 입력되는 프레임이 "8100", 즉 VLAN 타입인지 확인한 후 해당 Priority 에

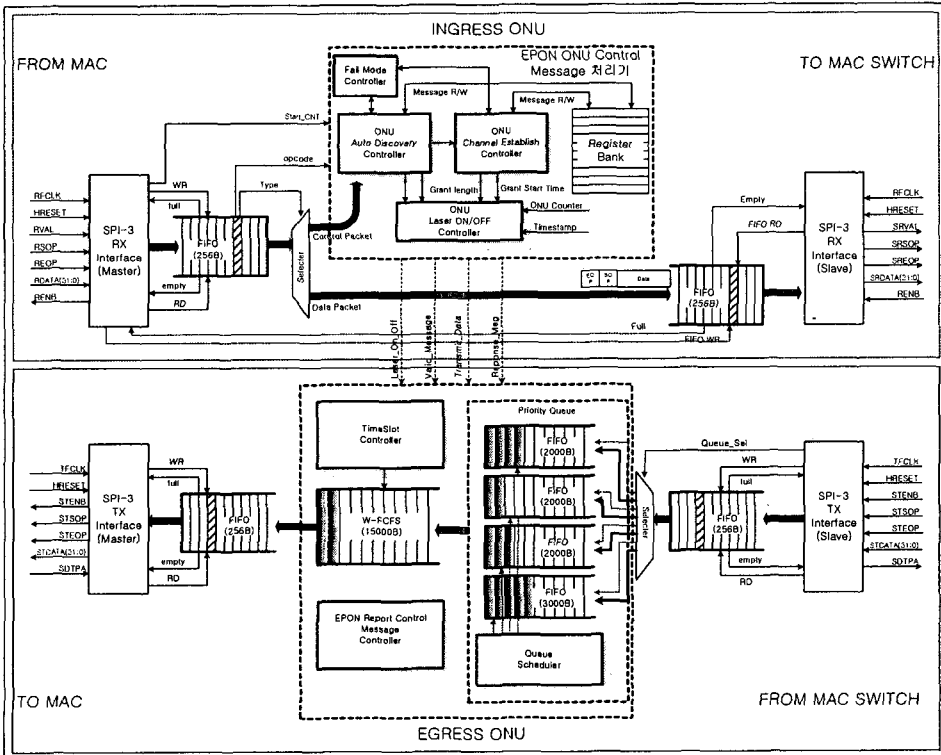


그림 3. 제안된 EPON ONU MPCP 구조.

따라 Queue 를 선택해 프레임을 전송한다. 이때 각각 Priority Queue 는 하나의 프레임이 모두 입력되면 FCFS 로 프레임 전송한다. 그림 3 과 같이 Two-Stage Buffer 구조를 사용한 이유는 구현의 용이함과 Low Priority 프레임에 대한 Fair Queuing 을 제공하고, 주어진 타임슬롯을 100%로 이용하기 위함이다. 즉, ONU 는 REPORT 메시지를 이용해 타임슬롯을 요청할 때 W-FCFS DEPTH 를 사용하기 때문에 항상 할당된 타임슬롯을 이용할 수 있게 된다. 그러나 W-FCFS 에서는 지연 민감한 트래픽을 보장할 수 없게 된다. 따라서 W-FCFS 에서는 주어진 타임슬롯에서 Priority 에 따라 재 정렬해 프레임 전송한다. 프레임 전송이 끝나면 마지막에 REPORT 메시지를 전송해 다음 타임슬롯을 요청하게 된다. W-FCFS 에서 큐 사이즈는 15000Byte 이다. 이 사이즈는 16 개의 모든 ONU 에게 최소 60Mb/s 의 대역을 보장하며, 최대 600Mb/s 의 대역을 이용할 수 있다. OLT 는 요청된 타임슬롯 사이즈가 WMAX 보다 적으면 할당한다. T<sub>MAX</sub> 는 2ms 로 가정한다. 또한 타임슬롯 사이즈는 식 (1)에 의해 결정된다<sup>[1]</sup>.

$$\text{Timeslot(bytes)} = \left( \frac{T_{MAX}(S)}{N} \times \text{Line\_Rate} \right) \quad (1)$$

$$T_{MAX} = \sum_{i=0}^N (B + \frac{WMAX}{RU})$$

T<sub>MAX</sub> : 각 ONU 에 성공적인 타임슬롯 시간.  
 N : ONU 수  
 B : 인접한 슬롯 사이의 Guard Time  
 R<sub>U</sub> : EPON Line Rate.

또한 그림 4 에서처럼 타임 슬롯이 15000Byte 일때 Delay 로 가장 적고, Bandwidth Utilization 로 거의 최대이다.

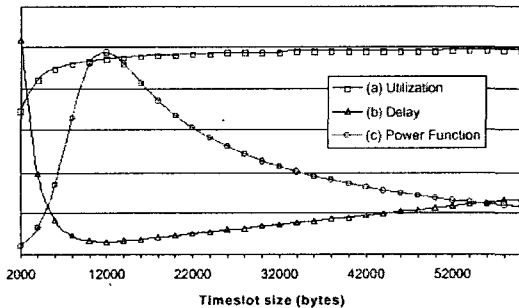


그림 4. Optimal timeslot size<sup>[1]</sup>

그림 5 는 Queue 스케줄러에 따른 대역 이용효과를 보여준다. 그림 5-(a)에서 ONU 가 하나의 FIFO 를 사용한다. 타임슬롯을 요청할 때 현재 저장된 프레임 수를 요구한다. 따라서 Utilization 은 100%수행할 수 있으나, 지연 민감 트래픽은 손실될 수 있다. 5-(b)는 여러 개의 큐를 두고 우선 순위에 따라 전송한다. 이런 경우 타임슬롯을 요구한 후 할당 받기 전에 입력되는 우선 순위가 높은 프레임이 먼저 전송되므로 Utilization 을 100% 사용할 수 없게 되며, 우선 순위가

낮은 프레임은 전송 기회를 놓칠 수 있다. 5-(c)는 이런 문제점을 보완하기 위해 Two-Stage 버퍼 구조를 사용한다. 타임슬롯을 요구한 후 할당 받기 전에 입력되는 프레임은 FCFS 방식으로 전송한다. 따라서 이 구간에서는 우선 순위가 높은 패킷은 지연되지 않는다. 5-(d)는 이 문제점을 개선하기 위해 W-FCFS 에서 우선 순위별로 정렬하여 우선 순위가 높은 프레임이 먼저 전송될 수 있도록 한다.

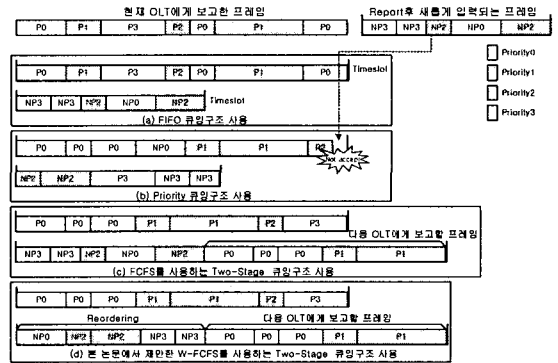


그림 5. 큐잉 구조에 따른 전송능력.

4. 결론

본 논문에서는 CoS 를 지원할 수 있는 EPON ONU MPCP 를 구현하였다. 구현된 MPCP 모듈은 SPI-3 인터페이스를 통해 MAC 칩과 MAC 스위치 사이에서 인터페이스를 수행한다. OLT 와의 Boot 프로세스 및 할당된 타임슬롯에서 우선 순위에 따른 프레임 전송을 수행하며, 최대 600Mb/s 를 전송할 수 있도록 W-FCFS 사이즈를 15,000Byte 로 구현하였다. 또한 버스트 모드 PHY 칩에 Laser On/Off 제어 기능을 제공한다.

구현된 MPCP 는 33MHz/32Bit 데이터 버스를 사용하여 1Gbps 의 프레임 처리를 수행하며, Xilinx XCV21000-5bg575 를 사용하였다. 향후 표준화의 진행 방향에 따라 부가 기능 개발이 요구되며, 구현이 용이하고 더욱 효율적으로 프레임을 처리할 수 있는 큐잉 구조의 연구가 요구된다.

참고문헌

[1] G. Kramer, B. Mukherjee, and G. Pesavento, " Ethernet PON(ePON): Design and Analysis of an Optical Access Network," Phot. Net. Commun., vol. 3, no. 3, pp.307-319, July 2001.  
 [2] G. Kramer, B. Mukherjee, "Interleaved Polling with Adaptive Cycle Time(IPACT): Protocol Design and Performance Analysis," Tech. Rep. CSE-2001-4, Dept. of Comp. Sci., UC Davis, Aug. 2001.  
 [3] B. Mukherjee, Optical Communication Networks, McGraw-Hill, New York, 1997.  
 [4] G. Kramer, B. Mukherjee, " Supporting differentiated classes of service in Ethernet passive optical networks," JON, Vol. 1, pp280~298, Sept. 2002.  
 [5] IEEE802.3ah - EPON STF