

# 특 집

## EPON에서 LAN 에뮬레이션 구현 기술

안 계 현\*, 강 동 국\*, 박 태 성\*\*, 김 영 천\*

\*전북대학교 컴퓨터공학과, \*\*삼성전자 통신연구소

### I. 서 론

최근 인터넷 사용자의 증가로 인한 인터넷 트래픽의 증가와 음성·데이터·동영상과 같은 다양한 멀티미디어 서비스의 영향으로 사용자 측의 통신 대역 요구량이 큰 폭으로 증가하였고, 서비스 제공자 측면에서도 보다 수요성 있는 서비스 창출을 위해서는 방대한 대역폭이 요구된다. 따라서 가입자망의 고속화를 위하여 다양한 기술들이 제시되고 있으며, 음성, 데이터 및 영상의 통합 서비스를 수용할 수 있는 광 가입자망은 가장 유망한 기술로 인정받고 있다<sup>[1-3]</sup>. 이러한 광 가입자망을 구현하기 위한 방안으로서 오늘날의 광 가입자망 기술 수준, 가입자의 형태, 지리적 조건, 서비스 품질, 경제성 등을 고려할 때 수동형 광 가입자망(Passive Optical Network : PON)이 현실성 있는 구현 방안으로 주목받고 있다.

특히 이더넷 기반의 수동형 광 가입자망(EPON)은 인터넷 트래픽의 95%를 차지하는 이더넷 프레임 활용함으로써 ATM과 IP 프로토콜간 변환에 따른 오버헤드를 제거하여 더 넓은 대역폭을 제공하고, 유지 보수 및 트랜시버 소자 가격이 저렴하여 경제적인 서비스를 제공할 수 있는 광가입자 기술로서 최근 활발한 연구가 진행되고 있다.<sup>[4]</sup> IEEE 802 LAN/MAN 표준 위원회는 2000년 11월에 기존 CSMA/CD 기반의 이더넷 LAN 기술을 개발하던 802.3 Working Group 산하에 EFM(Ethernet in the First Mile) 스터디 그룹을 결성하여 표준화를 진행 중이다.

EPON을 위한 기술은 기존의 IEEE 802.x 규격과 호환 가능해야 한다. 융통성을 갖도록 하기 위한 이러한 제약은 EPON 표준화가 진행되는 동안 계속적으로 유지될 것이다. 이에 따라 EFM에서는 EPON을 위한 기술로서 MAC 계층 또는 MAC 상위 계층에서 수행되는 레인징, 대역 할당, OAM 등과 같은 PON 제어 기능뿐만 아니라 802.1 브릿지와 같은 기존의 802 기술 규격과 호환되어 동일한 서비스를 제공하기 위한 LAN 에뮬레이션에 관한 연구가 진행되고 있다<sup>[4,5]</sup>.

이 중에서 LAN 에뮬레이션 기술은 PON 구조의 특성과 이더넷 프로토콜의 특성이 결합함으로써 발생하는 문제들을 해결해야 한다.

기존의 이더넷 프로토콜에서 연결은 공유 매체를 사용하는 형태(Shared media)와 점대점 연결(point-to-point : P2P)만을 고려한다. 하지만 EPON 구조에서 ONU가 전송하는 모든 프레임은 단지 OLT에서만 수신될 수 있으며, ONU들은 다른 ONU가 전송하는 프레임을 알지 못한다. 즉, 공유 매체를 사용하는 LAN으로서의 특성을 PON 구조는 가지고 있지 않다는 문제가 발생한다. 이에 따라 IEEE 802.3ah는 EPON의 프로토콜 스택 구조에서 LAN 에뮬레이션 기능을 제공하기 위한 방안을 논의하고 있다<sup>[6,7]</sup>. 또한 PON의 특징인 점대 다중점 구조의 잇점을 이용하여 ONU에게 브로드캐스트 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 SCB(Single Copy Broadcast) 기술도 함께 모색되고 있다<sup>[6,7]</sup>.

본 고에서는 EPON에서 이더넷 LAN과 같은

서비스를 제공하기 위하여 제시되고 있는 LAN 에뮬레이션 기술을 소개한다. 2장은 EPON이 제공하는 고유의 상·하향 채널 구조와 P2P/멀티캐스트 서비스를 제공하기 위한 전송 구조를 살펴본다. 3장은 에뮬레이션을 수행하는 계층의 위치에 따른 특징을 비교하고 다양한 에뮬레이션 계층 모델들을 살펴본다. 4장에서는 본 연구팀에서 개발하고 있는 상위 에뮬레이션 계층에 대한 구현 모델 및 기능 검증에 대하여 기술하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. EPON 전송 구조

### 1. EPON 고유의 상·하향 전송 구조

EPON은 하나의 OLT(Optical Line Terminator)에 여러 개의 ONU(Optical Network Unit)를 수동 분배기를 사용하여 연결함으로써 트리 구조의 분산 토폴로지를 형성하는 가입자망 구조를 갖는다. 일반적으로 OLT와 ONU 사이의 상·하향 프레임 전송은 <그림 1>과 같이 이루어진다<sup>13)</sup>.

하향 채널에서는 OLT가 전송한 인터넷 프레임들이 분배기를 경유하여 모든 ONU에게 방송

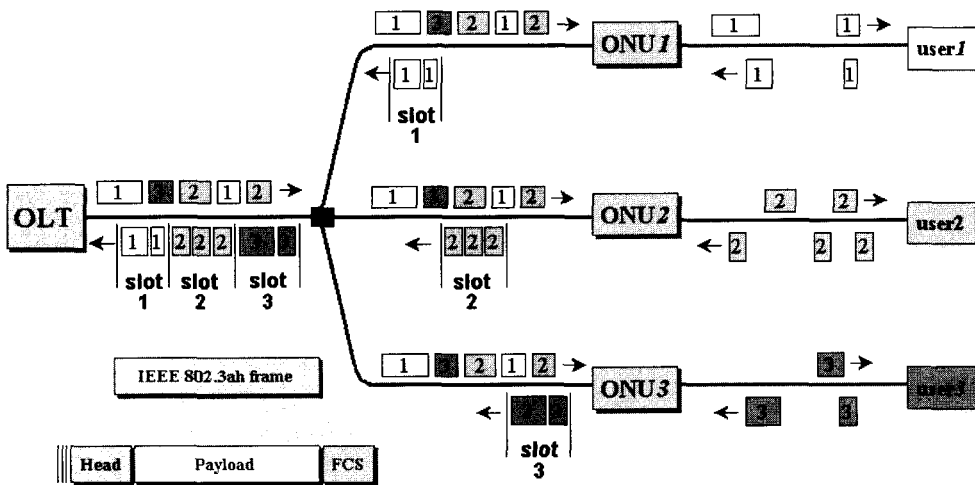
된다. 이때 각각의 ONU들은 자신의 MAC 주소와 일치한 프레임만을 수신한다. 상향 채널은 다수의 ONU들이 공유된 망 자원을 통해 상향 프레임을 전송한다. 이 프레임은 항상 OLT에서만 수신되며 다른 ONU들은 상향 프레임을 알지 못한다. 즉 ONU로부터 OLT로의 상향 채널은 점대점 전송 구조를 OLT에서 ONU로의 하향 채널은 모든 ONU에게 브로드캐스트 전송 구조를 갖는다.

### 2. LAN 서비스를 위한 전송 구조

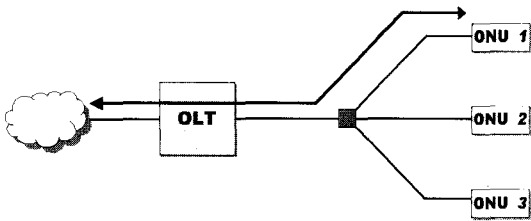
EPON의 ONU는 OLT와의 점대점 연결만 설정된 전송 구조를 갖는다. 이는 공유 매체를 사용하는 LAN으로서의 특성을 PON 구조는 가지고 있지 않기 때문이다.

ONU가 단일 공유 매체를 사용하는 것처럼 동작시키기 위한 가장 손쉬운 접근 방법은 OLT가 ONU로부터 전달된 모든 상향 트래픽을 다시 하향으로 전송하도록 하게 하는 것이다. 이 기능은 OLT의 MAC 계층 위, 혹은 아래에 둘 수 있으며 원래의 상향 트래픽을 보낸 ONU를 제외한 모든 ONU에게 자동적으로 보내게 한다. 이러한 시나리오는 EPON 기반의 LAN이 IEEE802.3 Shared LAN 표준과 같은 역할을 하게 한다.

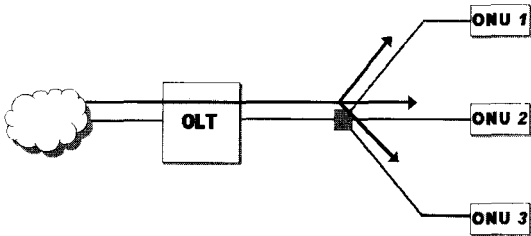
또한 EPON에서는 서로 다른 ONU들 간에



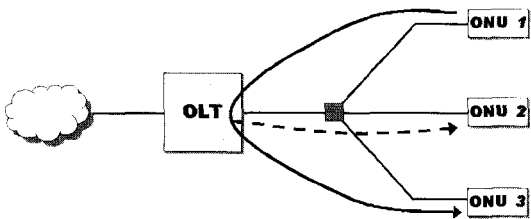
<그림 1> EPON에서 상·하향 전송 구조



〈그림 2〉 점대점 연결에 대한 전송



〈그림 3〉 외부 망으로부터의 브로드캐스트 전송



〈그림 4〉 공유 매체를 사용하는 LAN에서의 전송

이더넷 대등(Peer-to-Peer) 관계가 존재할 수 있다. 따라서 P2P 서비스를 제공해야 한다.

다음 그림들은 EPON에서 이더넷 LAN과 동일한 서비스를 제공하는 위한 프레임의 전송 형태를 보여준다.<sup>[3,6]</sup> 먼저 〈그림 2〉는 ONU와 ONU 사이에서 점대점 연결을 제공하는 전송 형태이다. 이를 위해 OLT는 ONU로부터 수신한 상향 프레임을 하향 채널로 되돌려 전송한다. 되돌려 전송된 프레임은 EPON의 특성 때문에 모든 ONU에게 전달될지라도 목적지인 ONU에서만 수신해야 한다.

〈그림 3〉은 외부망으로부터 브로드캐스트 프레임이 EPON으로 전달된 서비스를 나타낸다. EPON은 OLT에서 ONU로의 전송이 점대 다중점 구조를 가지고 있기 때문에 OLT가 한 개의 데이터 프레임만을 전송하더라도 모든 ONU

에게 브로드캐스트하는 효과를 얻을 수 있다. 이를 SCB(Single Copy Broadcast)라고 일컫는다. 효율적인 시스템의 운용을 위해 브로드캐스트 서비스는 SCB 전송 구조를 갖는 것이 바람직하다.

〈그림 4〉는 EPON이 공유 매체를 사용하는 LAN과 같이 동작하는 전송 방식이다. 임의의 ONU가 전송한 상향 프레임은 OLT가 수신한 후 하향 채널을 통해 모든 ONU들에게 되돌려 전송한다. EPON 내부에서 수행하는 SCB 전송이다. 〈그림 3〉과 다른 점은 OLT가 전송한 프레임을 발송자인 ONU는 수신하지 않아야 한다.

### III. LAN 에뮬레이션을 위한 EPON 계층 구조

#### 1. 논리적 링크 식별자

앞서 살펴본 바와 같이 EPON에서 LAN 에뮬레이션을 제공하기 위해 OLT는 ONU로부터 수신한 프레임을 필요한 경우 하향으로 되돌려 전송하는 기능을 수행해야 한다. 이렇게 전송된 프레임은 모든 ONU에게 발송되므로 해당 프레임을 발송한 ONU에게도 수신된다. 이때 발송자인 ONU는 자신에게 되돌아온 프레임을 무시할 수 있어야 한다. 또한 상향 프레임의 목적지가 EPON 안에 있는 ONU가 아니라면 다른 ONU에게로 하향 전송하는 것은 대역의 낭비임에 틀림없다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 각 프레임마다 논리적인 링크를 식별하는 주소를 포함시키도록 한다. IEEE 802.3ah에 제안된 많은 연구들도 공통적으로 논리적 링크 식별자를 사용하고 있다. 다양한 이름으로 명명하고 있다. 본 고에서는 [6, 7]에서 언급하고 있는 PON-Tag를 사용하여 기술하겠다.

PON-Tag는 OLT와 ONU 사이에서 주고받는 모든 프레임에 포함되어 전달되며 1비트의 모드 비트(Mode bit)와 15비트의 LLID(Logi-

cal Link ID)로 구성된다. 모드 비트는 P2P와 SCB를 구분하는 플래그로서 P2P 에멀레이션의 경우 모드 비트는 0 이고, SCB는 1로 설정되어 구분된다. LLID는 발송한 ONU 또는 목적지 ONU와 관련된 LLID를 기록하여 전송 모드와 함께 프레임이 전달되어야하는 경로 정보를 알린다.

ONU는 수신한 프레임이 P2P 모드인 경우 자신이 목적지인지를 확인할 필요가 있고, SCB 모드인 경우에는 프레임의 발송 ONU가 자신인가를 또한 확인해야 한다. 이를 위해 P2P 프레임을 전송하는 ONU는 LLID에 목적지 LLID를 기록하여 원하는 ONU가 수신할 수 있도록 한다. 반면 SCB 프레임을 전송하는 ONU는 모드 비트를 1로 설정하고 LLID를 발송 ONU의 LLID로 설정해야 한다. 외부 망에서 전달된 브로드캐스트 프레임은 OLT가 SCB 모드와 미리 약속한 LLID 값으로 PON-Tag를 설정하여 모든 ONU가 해당 프레임을 수신하도록 전송한다.

이러한 기능을 <표 1>과 같이 정리할 수 있다.<sup>[4,6,7]</sup>

PON-Tag에서 사용하는 LLID는 OLT와 ONU 사이의 논리적인 링크를 가리키는 식별자로서 ONU 또는 사용자가 등록하는 과정에 부여된다.

LLID와 관련한 제어 절차는 3개의 제어 메시지(Assign LLID, Release LLID, LLID Acknowledge)를 사용하여 다음과 같은 메시지 교환 절차를 수행한다.

<표 1> 수신한 프레임의 PON-Tag에 따른 기능

PON-Tag		Receiver Action	
모드 비트 (P2P/SCB)	LLID	OLT→ONU	ONU→OLT
0	Match	Accept	Accept and maybe reflect
1	Match	Discard	Accept and maybe reflect
0	No match	Discard	Discard
1	No match	Accept	Discard

새로운 ONU 또는 포트가 OLT에 등록되었을 때, OLT는 LLID 할당(Assign LLID) 제어 메시지를 전송한다. 해당 프레임은 브로드캐스트를 지시하는 LLID 값을 사용하고 ONU의 MAC 주소로는 등록 절차를 통해 습득한 주소를 사용한다. LLID 할당 메시지를 수신한 ONU는 LLID 응답(LLID Acknowledge) 메시지를 OLT에게 전송한다. 이때 자신과 관련한 LLID를 사용한다.

LLID의 해제는 ONU 또는 포트가 등록 해제될 때 이루어진다. OLT는 해당 ONU의 LLID를 설정한 LLID 해제(Release LLID) 메시지를 전송한다. LLID 해제 메시지를 수신한 ONU는 LLID응답 메시지를 OLT에게 전송한다.

## 2. P2P 에멀레이션 계층의 위치에 따른 특징

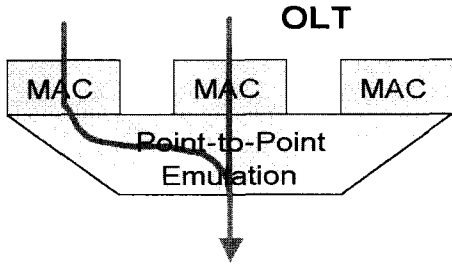
EFM에서 P2P 에멀레이션을 수행하기 위한 계층을 어느 곳에서 처리하는가에 대한 논의가 이루어지고 있다<sup>[7,8]</sup>. 대표적으로 MAC 계층을 중심으로 MAC 아래에 위치한 RS 계층에서 담당하는 경우와 MAC보다 상위인 MAC Control 계층에서 담당하는 경우가 제시되었다. 각 경우에 대한 특징을 살펴본다.

### ■ RS 계층에서 P2P 에멀레이션 수행

PON-Tag를 프레임의 프리앰블의 일부를 사용하여 전달한다. 따라서 EPON 프레임 구조의 변경을 요구하지 않으며 별도의 오버헤드 증가도 발생하지 않는다. 또한 MAC 계층의 아래 계층에서 PON-Tag를 기반으로 프레임의 주소 정보를 판단할 수 있다. 이에 따라 ONU는 수신한 프레임 중에서 자신에게 소용없는 프레임(다른 ONU가 목적지인 P2P 프레임, 자신이 발송자인 브로드캐스트 프레임)을 MAC 계층에 전달하지 않고 RS 계층에서 필터링할 수 있다.

반면 RS 계층에서 다중화 기능을 수행해야 하는 문제가 발생한다. RS 계층에서 P2P 에멀레이션을 수행하는 구조는 <그림 5>와 같다.

OLT가 갖는 다수개의 MAC은 완전히 독립된 MAC 기능이 아닌 가상 혹은 논리적인



〈그림 5〉 RS 계층에서 에뮬레이션

MAC을 의미한다. OLT가 PON 상에 n개의 ONU와 통신을 위해 각 ONU와 짝지어진 n개의 논리적 MAC 엔터티를 가지는 것처럼 동작하도록 한다. 따라서 서로 다른 MAC으로부터 전달된 프레임들을 하향 채널로 전송하기 위하여 MAC 아래 계층에서 다중화 기능을 수행해야 한다.

다중화 기능은 버퍼링을 요구하며 가변적인 지연을 유발한다. 또한 다수의 MAC으로부터 동시에 프레임이 전달될 수 있기 때문에 전송을 요구하는 대역의 총합이 일시적으로 링크의 용량을 초과하는 경우도 발생할 수 있다. 이때 RS 계층에서는 낮은 우선 순위를 갖는 프레임들을 폐기해야 한다. RS 계층에서 발생한 프레임의 폐기는 BER(Bit Error Rate)에 영향을 미치게 되고, 높은 부하 환경에서 좀더 많은 프레임이 폐기되므로 결국 BER이 부하에 따라 결정되는 오류를 갖는다.

■ MAC Control 계층에서 P2P 에뮬레이션 수행

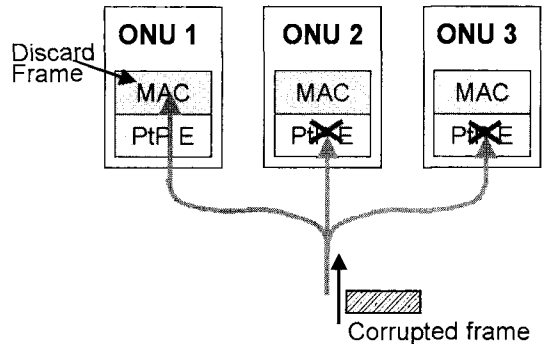
에뮬레이션을 위한 PON-Tag를 프레임의 헤더를 통해 전달한다. 앞서 언급한 MAC 아래 계층에서 다중화를 수행함에 따라 발생하는 문제는 나타나지 않는다.

하지만 EPON 프레임의 헤더에 PON-Tag를 기록하기 위한 필드를 정의해야 하므로 오버헤드가 증가한다. 또한 ONU가 자신에게 소용없는 프레임을 MAC 계층 아래에서 필터링하지 못하므로 링크 관리 기능에 오류가 발생한다. 이러한 문제의 예를 〈그림 6〉과 〈그림 7〉에 비교하여 나타내었다. ONU 1을 목적으로 하는 손상된 프

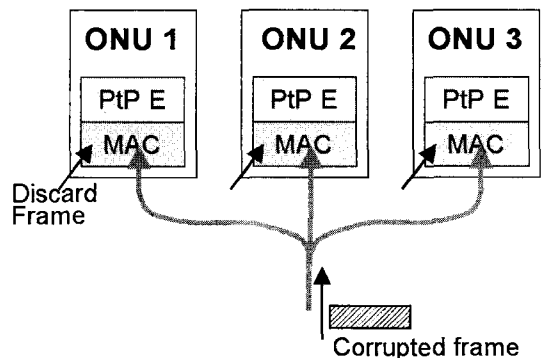
레이미 전달되었을 때 에뮬레이션 계층이 MAC보다 하위에 있는 경우와 상위에 있는 경우 ONU가 수행하는 동작을 보인다.

〈그림 6〉은 MAC 아래 계층에서 에뮬레이션을 수행하는 구조이다. ONU 2와 ONU 3에서는 PON-Tag를 기반으로 소용없는 프레임을 판단하고 MAC 계층의 아래에서 필터링하여 폐기시킨다. 목적지인 ONU 1에서만 손상된 프레임은 MAC 계층으로 전달된다. MAC 계층에서는 프레임이 손상되었으므로 오류 카운터를 증가시킨다.

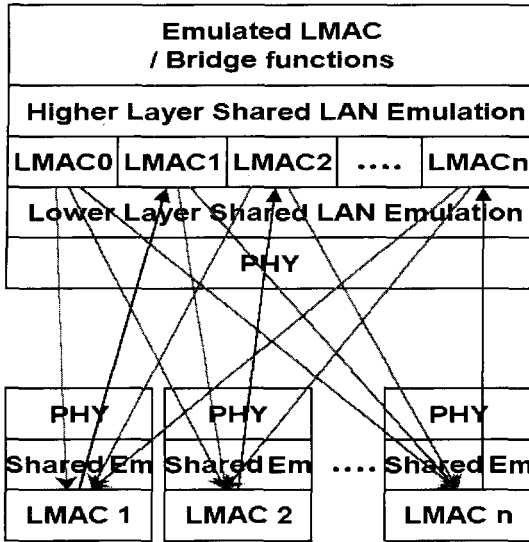
반면 MAC 계층의 상위에서 에뮬레이션을 수행하는 〈그림 7〉에서는 도착한 프레임이 필터링되지 않고 MAC 계층으로 전달된다. 손상된 프레임이 ONU 1 뿐만 아니라 ONU 2와 ONU 3의 MAC으로 전달되기 때문에 모든 ONU의 오



〈그림 6〉 MAC 계층 아래에서 에뮬레이션



〈그림 7〉 MAC 계층 위에서 에뮬레이션



〈그림 8〉 두 계층으로 구성된 LAN 에뮬레이션

류 카운터가 영향을 받는다. 따라서 올바른 링크 관리 기능이 수행되지 못한다.

앞서 살펴본 바와 같이 에뮬레이션을 위한 기능을 MAC 계층의 하위 또는 상위에 두는 어떠한 경우도 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 에뮬레이션을 위한 기능을 두 개의 계층으로 나누어 구성하는 구조에 대한 연구가 이루어지고 있다<sup>[4,8,9]</sup>.

에뮬레이션을 위해 두 개의 계층을 갖는 기술은 일반적으로 802.3ah에서 정의한 기능을 수행하는 하위 계층과 802.1의 기능을 지원하기 위한 상위 계층으로 〈그림 8〉과 같이 구성된다.

하위 계층은 ONUx로부터 전송된 프레임을 수신하여 OLT LMACx를 통해 상위 계층으로 전달한다. OLT에서 LAN 에뮬레이션을 위해 수신한 상향 프레임을 다시 하향 채널로 전송하기 위한 기능(Reflection)은 상위 계층에서 수행한다. 프레임의 목적지가 EPON 외부인 경우 까지 하향 채널로 되돌려 전송하는 것은 바람직하지 않다. 따라서 OLT가 하향 채널로 다시 전송할 것인지를 프레임의 목적지에 따라 선택적으로 결정하기 위하여 상위 계층은 브릿지와 유사한 기능을 수행할 수 있어야 한다.

### 3. LAN 에뮬레이션 계층 구조

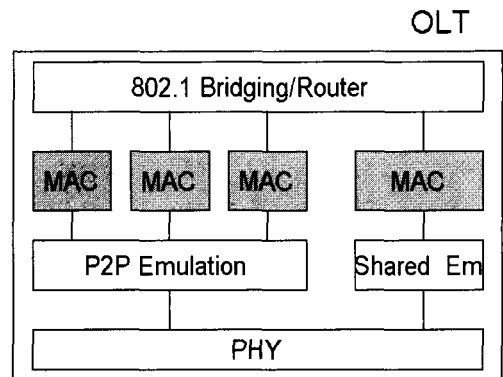
IEEE 802.3ah EFM에서 LAN과 유사한 기능을 수행하기 위한 많은 계층 모델이 제안되고 있다. 본 고에서는 [5]와 [6, 7]를 기반으로 구조 1과 구조 2를 설명한다.

#### ■ 구조 1

OLT는 〈그림 9〉와 같은 구조를 갖는다. OLT과 ONU 사이의 논리적 링크를 가리키기 위하여 논리적 PHY ID(=PON-Tag)를 사용한다. 2바이트의 논리적 PHY ID는 프레임의 프리앰블에 위치하고 1비트의 모드 비트와 15비트의 PHY ID(=LLID)로 구성된다. 수신한 프레임이 RS 계층에서 MAC 계층으로 전달될 때 다시 표준 프리앰블로 바뀐다.

P2P 전송을 위해 ONU는 모드가 0이고 PHY ID로서 자신에게 할당된 ID를 가진 프레임을 OLT에게 전송한다. OLT는 P2P 에뮬레이션에서 논리적 PHY ID를 판단하고 PHY ID와 연관된 MAC을 거쳐 상위 계층으로 포워딩된다. 모든 상향 프레임 P2P 혹은 브로드캐스트에 관계없이 브릿지/라우터 기능을 수행하는 상위 계층으로 포워딩된다. 상위 계층에서는 목적지 ID와 연관된 MAC 엔터티로 프레임을 다시 하향 전달하고 P2P 에뮬레이션 계층을 통해 하향 채널로 전송한다.

ONU는 논리적 PHY ID의 모드가 0이고 PHY ID가 자신의 것과 일치하는 경우에만 MAC 계



〈그림 9〉 OLT 계층 구조 (구조 1)

층으로 전달하고 PHY ID가 일치하지 않으면 MAC 계층 아래에서 필터링하여 제거한다.

브로드캐스트 서비스를 위해 ONU는 모드를 1로 LLID에 자신의 것을 기록한 프레임을 OLT에게 전송한다. OLT는 모드가 1인 프레임을 하향 채널로 전송한다. 점대 다중점 구조이기 때문에 브로드캐스트 전송을 위해 동일한 프레임을 다수개 생성시킬 필요가 없다. ONU는 수신한 프레임의 모드가 1일 때, ID가 자신의 것이 아닌 경우에만 받아 들인다. 만약 모드가 1이고 ID가 자신의 것이라면 이는 해당 프레임의 발송자가 자신임을 의미한다.

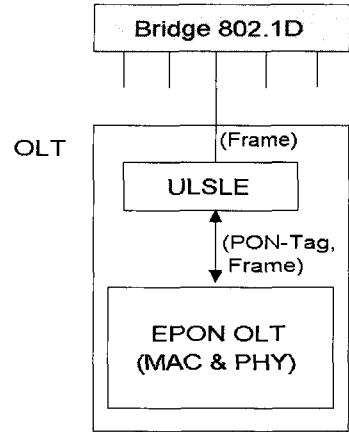
■ 구조 2

P2P 서비스를 제공하는 LAN 에뮬레이션을 위해 [6, 7]은 다음 구조를 제안하였다.

SCB 서비스를 위한 SCB 포트는 표준 규격의 브릿지 또는 라우터와 곧바로 연결되지 못한다. 이를 해결하기 위하여 OLT는 IEEE 802.3ah 와 IEEE 802.1 사이에서 인터페이스를 담당하는 계층(ULSLE: Upper Layer Shared Layer Emulation)을 제안한다. ULSLE는 외부 브릿지와 인터페이스를 위해 MAC Control 계층 상위에 위치한다.

EPON 시스템은 OLT와 ONU 사이에는 논리적 링크가 설정되어 있고 이를 식별하기 위하여 LLID(Logical Link ID)를 사용한다. P2P 또는 SCB 서비스를 지시하는 모드 비트와 LLID 필드로 구성된 PON-Tag는 항상 프레임과 함께 전송된다. OLT에 전달된 프레임의 PON-Tag는 MAC Control과 ULSLE 사이에서 전달된다.

ONU는 자신의 LLID가 기록된 모든 P2P 프레임과 자신의 것이 아닌 LLID가 기록된 모든 SCB 프레임을 수신한다. 모든 ONU에게 전송되어야 하는 브로드캐스트 전송을 위한 별도의 LLID도 규정된다. 이와 같이 OLT와 ONU 사이의 논리적인 링크는 등록 과정에서 설정된다. ULSLE 레이어는 OLT가 LLID를 관리하는 기능을 담당한다. ULSLE가 수행하는 기능을 열거



〈그림 10〉 OLT 계층 구조 (구조 2)

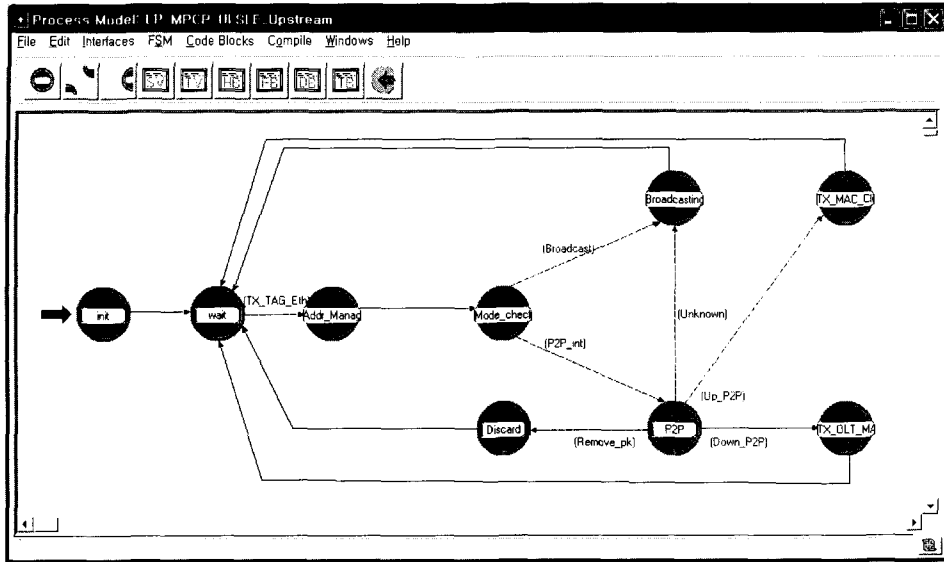
하면 다음과 같다.

- 브릿지 기능의 일부 : 주소 학습, 에이징 등
- LLID 학습 기능 : 주소 학습 테이블에 LLID 엔트리 추가
- PON 내부가 목적지인 경우 프레임을 하향 채널을 통해 PON 내부로 되돌려 전송
- 상향 프레임을 다시 하향으로 전달할 때 프레임의 PON-Tag 재설정

IV. ULSLE 기능 구현

본 연구팀에서는 OPNET을 이용하여 ULSLE 모듈을 구현하여 기능을 검증하였다. OLT의 ULSLE는 EPON에서 브릿지와 유사한 기능을 수행한다. ONU로부터 수신한 프레임에 대한 전송을 주소 테이블로부터 얻은 LLID, PON-Tag의 모드 비트와 목적지 주소를 기반으로 다음과 같이 결정한다.

먼저 프레임에 기록된 LLID가 등록되지 않은 경우라면 프레임을 폐기한다. LLID가 주소 테이블에 등록된 경우 PON-Tag로부터 모드를 확인한다. SCB 모드인 프레임은 LLID를 변경하지 않고 그대로 하향 스트림으로 되돌려 전송한다. 반면 P2P 모드로 설정된 프레임은 목적지

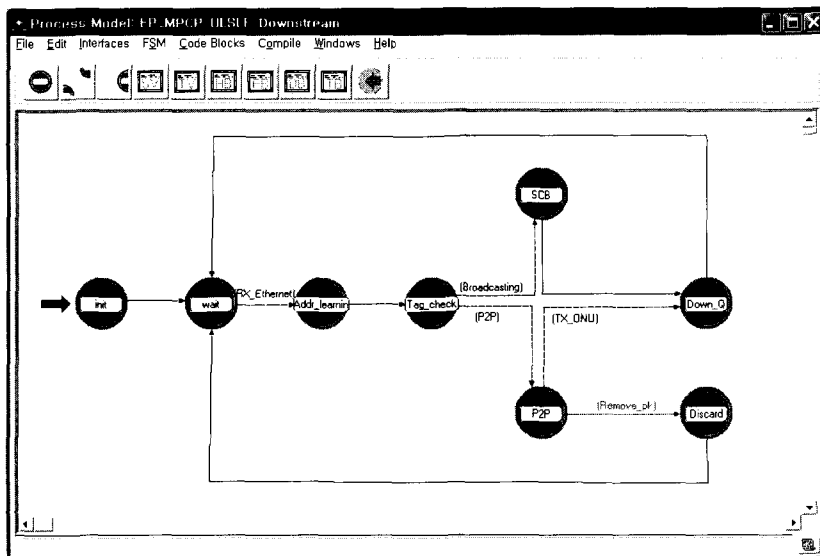


〈그림 11〉 내부 프레임을 위한 ULSLE 기능 설계

주소가 EPON 내부를 가리키면 하향 스트림으로 전송하고 외부로 가리키거나 알지 못하는 주소인 경우에는 외부망으로 전달하기 위하여 OLT의 바깥쪽 포트로만 프레임을 전송한다. 또한 방송 서비스를 위해 약속된 주소값을 갖는 경우에는 외부 망과 PON 내부 망 모두에게 프레임 전송한다.

〈그림 11〉은 ONU로부터 전송된 프레임을 처리하는 OLT의 ULSLE 기능을 설계한 프로세스 모델이다.

외부 망으로부터 EPON으로 전송된 프레임은 PON-Tag가 없다. OLT의 ULSLE는 주소 테이블을 참조하여 수신한 프레임의 목적지 주소에 해당하는 LLID와 모드 비트를 설정하여 PON-



〈그림 12〉 외부 프레임을 위한 ULSLE 기능 설계



Tag를 가진 프레임 형태로 ONU에게 전송해야 한다.

이를 위해 먼저 목적지 주소가 방송 서비스를 위한 주소값 인지를 검사한다. 만약 방송 서비스를 요구한다면 모드를 P2P로 설정하고 모든 ONU가 수신하도록 하기 위하여 약속된 LLID 값을 갖는 PON-Tag를 생성한다. 특정한 목적지 주소를 갖는 경우에는 주소 테이블을 참조하여 연관된 LLID를 검색한다. 외부 망에 위치한 목적지라면 해당 프레임을 제거한다. 검색된 LLID가 ONU와 연관된 경우에는 P2P 모드와 해당 LLID를 설정한 PON-Tag를 프레임과 함께 하향 채널로 전송한다. 알지 못하는 목적지 주소인 경우에는 방송 서비스를 전송하는 형태로 브로드캐스트 한다. <그림 12>는 외부 망에서 전달된 프레임을 처리하기 위한 ULSLE 프로세스 모델이다.

이와 같이 ULSLE의 기능을 수행하기 위해 OLT는 주소 테이블을 운영한다. 주소 테이블은 MAC 주소, LLID, 유효시간 등의 속성을 갖는다. OLT는 수신한 프레임의 목적지 주소(Destination Address)를 이용하여 주소 테이블로부터 LLID를 얻는다. 얻어진 LLID와 모드 비트에 따라 수신한 프레임을 외부망 쪽으로 전송하거나 PON-Tag를 수정하여 다시 EPON 내부로 전송한다. 또한 OLT는 주소 테이블을 운용하기 위하여 주소 학습(Address Learning) 기능과 에이징(Aging) 기능을 수행해야 한다.

## V. 결 론

EPON 시스템에서 표준 802 기술 규격과 호환되어 이더넷과 동일한 서비스를 ONU에게 제공하기 위해서는 LAN 에멀레이션에 관한 연구가 요구된다. EPON의 특징인 점대 다중점 구조의 잇점을 이용하여 브로드캐스트 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는 SCB 기술도 함께 모색되고 있다.

본 고에서는 EPON에서 LAN 에멀레이션을 위한 기술을 언급하고 에멀레이션 계층 모델을 소개하였다. 이를 위해 OLT와 ONU 간의 논리적인 링크와 에멀레이션을 담당하는 계층 구조에 따른 특징을 분석하고 EFM에서 제시되고 있는 에멀레이션 계층 모델을 제시하였다. 또한 본 연구팀에서 개발하고 있는 ULSLE 기능 모듈을 기술하였다.

현재까지 활발한 연구가 이루어짐에도 불구하고 LAN 에멀레이션을 위한 기술은 여전히 합의에 도달하고 있지 못하다. 단일의 ONU에게 몇 개의 LLID를 허락할 것인가에 대한 결정 및 802.1D 브릿지에서 수행하는 STP(Spanning Tree Protocol)의 호환성 부족 등과 같이 해결해야 할 과제가 아직 많이 남아있다.

## 감사의 글

본 연구는 삼성 전자(주)의 지원으로 수행되고 있습니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Shun Yao, S. J Ben Yoo, Biswanath Mukherjee, "All-Optical Packet Switching for Metropolitan Area Networks : Opportunities and Challenges", IEEE Communications Magazine Vol. 39, No. 3. pp.142-148, 2001
- [2] Tarek S. EL-Bawab and Jong-Dug Shin, "Optical Packet Switching in Core Networks : Between Vision and Reality", IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. 40, No. 9. pp.60-65, 2002.
- [3] Glen Kremer, Gerry Pesavento, "Ethernet Passive Optical Network(EPON) : Building a Next-Generation Optical Access Network", IEEE Communica-

tions Magazine Vol. 40, No. 2. pp.66-73, February, 2002.

- [4] Norman Finn, "Spanning Trees and IEEE 802.3ah EPONs", Cisco Systems.
- [5] Dolors Sala, "MPCP: Architecture and Layering Model", IEEE 802.3 EFM Task Force, May, 2002.
- [6] Dolors Sala, "An Efficient System Solution for Compliance", IEEE 802.3 EFM Task Force, May, 2002.
- [7] Glenn Kramer "MPCP: Layering Considerations", IEEE 802.3 EFM Task Force, May, 2002.
- [8] Tae Whan Yoo, "Suggestion for the Layering Architecture", IEEE 802.3 EFM Task Force, July, 2002.
- [9] Hiroshi Suzuki, "EPON P2P Emulation and Downstream BroadCast Baseline Proposal", IEEE 802.3 EFM Task Force, March, 2002

## 저자 소개



安桂賢

1996년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학사, 1998년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학석사, 2003년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학박사, <주관심 분야: 유/무선 가입자망 매체접근제어

프로토콜 설계>



姜棟國

2002년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학사, 2002년~현재: 전북대학교 컴퓨터공학과 석사과정, <주관심 분야: 광 가입자망 전송 프로토콜 설계>

朴泰誠

1987년 2월 광운대학교 전자재료공학과 공학사, 1989년 2월 광운대학교 전자재료공학과 공학석사, 1996년 2월 광운대학교 전자재료공학과 공학박사, 1993년 11월~1996년 2월: 한국전자부품연구원, 1996년 3월~현재: 삼성전자 통신연구소 책임연구원, <주관심 분야: WDM 광전송시스템, Access Network System>



金永川

1980년 2월 고려대학교 전자공학과 공학사, 1982년 2월 고려대학교 전자공학과 공학석사, 1987년 2월 고려대학교 전자공학과 공학박사, 1989년 8월 전자 기술사, 1989년 8월~1990년 8월: Univ. of California, Irvine, Post-Doc., 1997년 1월~1998년 12월 한국과학재단 한독기술협력위원회 위원, 1998년 1월~2000년 2월: Univ. of California, Davis, 연구교수, 1986년~현재: 전북대학교 전자정보공학부 교수, <주관심 분야: 광통신망 구조 및 프로토콜, 무선 통신 프로토콜>