

EPON 액세스 망 기반의 ONU 설계

김 용 태, 신 동 범, 이 형 섭

한국전자통신연구원 액세스 H/W 팀

전화 : 042-860-4876 / 핸드폰 : 016-457-3289

Design of ONU for EPON Based Access Network

Yong Tae Kim, Dong Beom Shin, Heyung Sub Lee

Access System Hardware Team, ETRI

E-mail : kimyt@etri.re.kr

Abstract

An Ethernet passive optical network(EPON) is a point-to-multipoint optical network. EPONs leverage the low cost, high performance curve of Ethernet systems to provide reliable data, voice and video to end user at bandwidths far exceeding current access technologies. In this paper, we propose the economical and flexible structure of optical network unit(ONU) converting optical format traffic to the customer's desired format(Ethernet, VDSL, T1, IP multicast, etc.). A unique feature of EPONs is that in addition to terminating and converting the optical signal the ONU provide Layer 2-3 switching functionality, which allows internal routing of enterprise traffic at the ONU.

I. 서론

초기의 10Mbps의 이더넷을 근간으로 한 네트워크 환경은 최근의 음성과 데이터, 멀티미디어 스트리밍 등의 다양한 서비스로 인한 폭발적인 데이터량의 증가로 네트워크 컴퓨팅의 병목 현상의 원인으로 지적되어 왔다. 한편, 액세스망에 최근에 많이 설치된

ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)망으로는 이렇게 급격히 증가하는 가입자망 대역폭 요구를 수용할 수 없다.

상기의 이유로 PON(Passive Optical Network)은 통신망의 기술적, 경제적, 진화적 측면에서 FTTx(Fiber To The x)를 위한 가장 적합한 대안으로 오래 전부터 인식되어 왔다. PON 기술은 초기에 ATM(Asynchronous Transfer Mode)망을 대상으로 개발되었으나 ATM 기술을 이용한 APON(ATM PON)은 복잡성, 고비용, Ethernet 기반의 가입자 트래픽 증가 및 비디오 서비스 수용의 어려움 등의 여러 가지 이유로 널리 사용되지 못하였다. 최근에 IEEE 802.3ah EFM(Ethernet in the First Mile) Task를 중심으로 EPON(Ethernet PON)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며,기가비트 이더넷과 10기가비트 이더넷 등과 같은 이더넷의 기술 진보에 따라 EPON은 액세스 망에서 가입자의 대역폭 요구량을 수용할 수 있는 차세대 기술로 부상하고 있다. 본 논문은 이러한 EPON을 기반으로 하는 액세스 망에서의 ONU의 설계와 제작에 대한 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 EPON 개요 및 본 논문에서 제시한 ONU가 적용되는 EPON망 구조에 대하여 설명하고 3장에서는 구현한 ONU의 하드웨어 구조와 하드웨어의 기능을 검증하기 위하여 실행한 Dummy mode 설정 및 ONU 성능과 ONU에서의

방송 수용 방안에 대하여 설명하고 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. EPON 개요 및 제안한 망 구조

EPON은 OLT(Optical Line Terminal), 수동 광 분배기/합성기(Passive Optical Splitter/Coupler), 다수의 ONU들로 구성되고 구조가 단순하고 효율적인 방법으로 망을 구성 할 수 있다. 또한, EPON은 광섬유를 사용하여 넓은 대역폭을 제공하고 기존의 이더넷 망에서 사용하던 Regenerator, Amplifier, Laser 등의 능동 소자를 사용하지 않는다. 따라서 가격이 저렴하고 옥외에 수동소자만이 위치하게 되므로 관리 비용을 최소화 할 수 있다. 이외에도 EPON은 IP over ATM, IP over SONET, IP over WDM 등과 같은 구조에 쉽게 적용 가능하고 Router, ATM Switch, ADM(Add Drop Multiplexer)과 같은 복잡하고 고가의 장비를 필요로 하는 ATM이나 SONET 문제를 해결할 수 있다.

Point-to-Multipoint 구조를 가지는 EPON에서의 상·하향 데이터 흐름은 그림 1과 같다. 중앙국사에 위치한 OLT로부터 가입자 영역에 위치한 ONU로의 하향의 데이터 전송은 동보전송(broadcast) 방법을 사용한다. OLT가 하향으로 데이터를 전송하면, 이 데이터는 스플리터를 통하여 연결된 모든 ONU에 동보전송 된다. 상향의 데이터 전송은 데이터 프레임 충돌을 피하기 위하여 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식을 따른다. OLT에 있는 EPON Master 모듈은 ONU의 EPON Slave 모듈에 상향으로 데이터를 전송

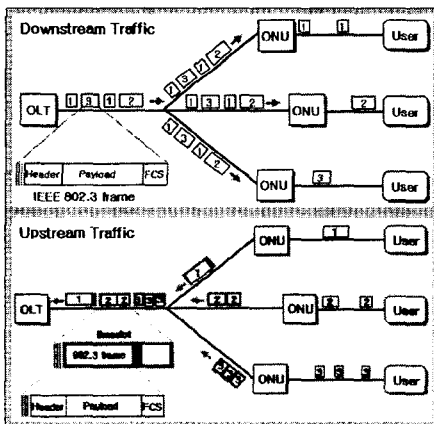


그림 1. EPON에서의 상·하향 데이터 흐름

할 수 있는 time slot을 할당하고, time slot을 할당받은 ONU만이 상향으로 데이터를 전송할 수 있다. EPON 시스템에서 EPON Master 모듈과 Slave 모듈 사이에 레인징(Ranging), LLID(Logical Link ID)의 지정, 대역폭의 할당을 포함한 Auto-discovery 프로세스를 수행한다. 또한 OLT로부터 생성되는 하향 게이트 제어 메시지내의 time stamp를 통하여 ONU를 OLT의 global time reference에 동기 시킨다. ONU는 OLT로부터 게이트 메시지를 수신함으로써 주어진 시간 동안 데이터 프레임 전송할 수 있다. 이때 추가적인 대역폭에 대한 요구가 REPORT 프레임으로 OLT에 보내질 수 있다. OLT는 802.3 프레임들을 물리적으로 동보 전송하고, ONU들은 preamble에서의 LLID를 식별하여 자신에게 전송된 802.3 프레임들을 추출한다. 또한 ONU들에게 대역폭을 할당하기 위하여 64바이트의 게이트 메시지를 전송한다.

상향의 제어는 OLT와 ONU간의 제어 프로토콜인 MPCP 프로토콜에 의해 관리된다. ONU는 할당된 time slot동안에 IEEE 802.3 프레임들을 전송하게 되는데, OLT는 ONU들로부터의 요구에 따라 time slot 크기를 조절함으로써 통계적인 다중화가 이루어진다. 각 time slot은 다수의 802.3 프레임들을 포함하며, ONU들에 대한 time slot 할당은 충돌이나 프레임 분할이 일어나지 않도록 관리하여야 한다.

본 논문에서 고려하고 있는 EPON ONU는 그림2와 같이 한국의 대표적인 주거형태인 아파트 단지를 대상으로 하고 있다. 주요 구성 요소의 위치를 살펴보면 중앙국사에 OLT가 위치하고 아파트 MDF실에 광 분배기가 위치하며 ONU가 동 IDF실에 위치하여 상용 가입자 스위치와 연결되는 구조이며, 광분배기와 ONU의 위치는 실제 가입자 규모에 따라서 융통성 있게 구조를 변경할 수 있다.

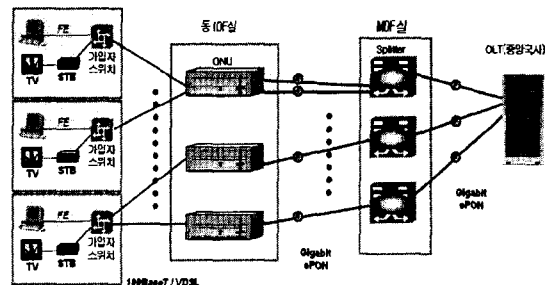


그림 2. 제시한 EPON망 구조

III. ONU의 구조

3.1 ONU의 하드웨어 구조

본 논문에서 설계한 ONU 시스템의 구조는 그림 3과 같이 프로세서 모듈, 스위치 모듈, 가입자 모듈, EPON 모듈, 기가비트 이더넷 모듈로 구성된다. ONU의 가격 경쟁력을 높이기 위하여 프로세서 모듈은 저가의 프로세서를 사용하고 무료 운영체제인 리눅스를 사용하였다. 프로세서 모듈은 Host 인터페이스를 통하여 ONU 스위치 모듈을 초기화 한다. ONU 스위치 모듈은 이더넷 인터페이스를 통하여 가입자 모듈과 정합하고 기가비트 이더넷 인터페이스를 통하여 OLT와의 연결 또는 ONU의 확장 등에 쓰이는 E-PON 모듈 또는 기가비트 이더넷 모듈과 정합한다.

한편, ONU 프로세서 모듈은 내장된 버스 제어기를 가지고 Host 인터페이스를 통하여 스위치 모듈을 제어하고, 로컬 버스를 통하여 EPON 모듈을 제어하며 직렬 제어 버스를 통하여 VDSL(Very high data rate Digital Subscriber Line), 이더넷 가입자 모듈 또는 기가비트 이더넷 모듈을 제어한다. 프로세서 모듈에서 스위치 모듈을 제어하기 위해서는 Host 인터페이스를 통하여 스위치의 레지스터를 프로세서 모듈의 로컬 어드레스 영역으로 매핑 하여야 한다.

ONU스위치 모듈은 L2~L4 데이터 처리를 지원하고 실시간 패킷 스위칭 성능을 가진다. 패킷과 헤더를 실시간으로 처리하기 위하여 패킷 메모리와 헤더 메모리를 사용하여 40K개의 어드레스 테이블을 처리하고, 어드레스 러닝을 위하여 스위치 내부에 있는 하드웨어

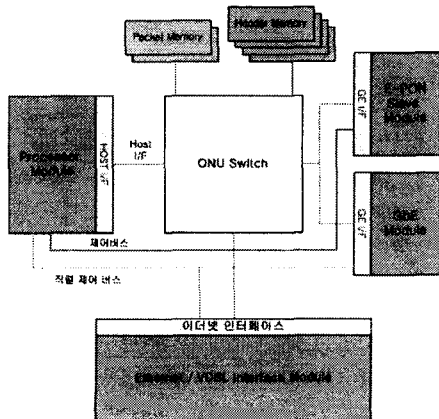


그림 3. ONU의 하드웨어 구조

엔진은 프로세서에게 CAM(Content Addressable Memory)과 유사한 정합을 제공한다.

ONU 가입자 모듈은 100Base-TX 이더넷 모듈과 VDSL 모듈이 있으며 두개의 모듈을 교체하여 ONU에 실장이 가능하다. 100Base-TX 이더넷 모듈은 UTP(Unshielded Twisted Pair)케이블을 사용하여 가입자까지 연결되고 VDSL 모듈은 기존의 전화선 가입자를 대상으로 설계하였다. 2종의 가입자 모듈은 모두 스위치 모듈의 이더넷 인터페이스를 통하여 연결되고 가입자 모듈의 초기 파라미터는 저속의 직렬 제어 버스를 통하여 설정한다.

EPON Slave 모듈은 스플리터를 통하여 국사에 있는 OLT의 Master EPON 모듈에 연결된다. EPON Slave 모듈에서 사용자 데이터는 기가비트 이더넷 인터페이스를 제공하는 스위치 모듈을 통하여 가입자 모듈에 연결되고, 제어신호는 제어버스를 통하여 프로세서 모듈에 전달된다. EPON에서 ONU는 상향 트래픽을 전송하기 위하여 다른 ONU들과 망 자원을 공유하고, OLT는 ONU들에게 공유된 망 자원의 접근 권한을 제한한다. OLT와 ONU의 상호 제어는 MPCP 프로토콜을 사용하여 상향 데이터 전송 시 발생할 수 있는 충돌을 제거하고 동적으로 대역폭을 할당한다.

3.2 개발된 ONU의 검증

개발된 ONU의 하드웨어의 검증 단계는 다음과 같다. 우선, 프로세서 보드의 상태 확인을 위한 직렬포트와 부트 이미지를 다운받기 위한 이더넷 포트와 SDRAM, Flash 메모리의 활성화를 통하여 프로세서 보드의 초기화를 수행한다. 다음은 프로세서 보드의 리눅스 커널의 메모리 매핑을 통하여 스위치의 레지스터를 프로세서의 베이스 어드레스로 할당하여 스위치의 레지스터를 설정하고, 헤더 메모리의 제어 여부를

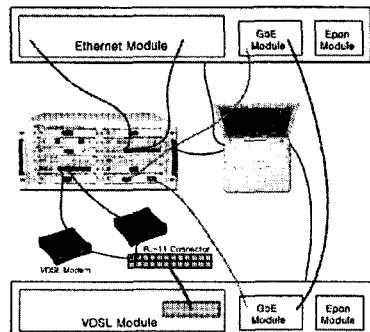


그림 4. ONU의 시험 연결도

확인한다. 또한, 프로세서 보드의 제어 버스를 통한 EPON Slave 모듈의 제어, 직렬 제어버스를 통한 가입자 보드의 PHY칩의 레지스터 제어, 이더넷 인터페이스와 기가비트 이더넷 인터페이스에 대한 타이밍 검사를 하여 하드웨어적 검증을 완료한다. 설계한 시스템의 하드웨어적 성능을 검사하기 위하여 스위치 칩을 Dummy mode로 레지스터를 셋팅 한 후, 각각의 포트별 스위칭 성능 검사를 수행한다. 그림 4는 SmartBits를 이용하여 ONU를 Dummy mode로 셋팅한 후 이더넷 정합 모듈과 VDSL 정합 모듈의 성능 시험 연결도이다. 그림 4처럼 SmartBits에서 100% utilization의 속도로 생성된 이더넷 프레임은 ONU의 이더넷 정합 모듈을 거친 후 스위치 모듈에서 동보전송 헤더로 바꾸고 다른 이더넷 포트를 통하여 패킷이 99%이상 돌아옴을 확인하였다. 한편, VDSL 모듈은 SmartBits에서 생성한 이더넷 프레임을 VDSL 모뎀을 이용하여 VDSL 프레임으로 변환하고 VDSL 칩에서 다시 이더넷 프레임으로 변환되는 과정을 통하여 비대칭 25/3Mbps의 성능을 가검을 확인하였다.

3.3 ONU의 방송 수용 방안

본 절에서 제시하는 ONU의 방송 수용 방안은 Head-end 쪽에서 MPEG Encoder와 스트림 다중화기를 이용하여 MPEG 스트림 형태의 OLT로의 방송 공급이 전제되어야 한다. MPEG 스트림의 OLT로의 전달은 이더넷 또는 기존의 ATM, SONET 등의 이용도 가능하고 OLT에서 ONU의 방송용 데이터의 전달은 큰 대역폭을 고려하여 WDM 기술을 이용하여 별도의 방송용 파장을 할당한다.

한편, 본 논문에서 제시한 방송수용을 위한 ONU의 구조는 그림 5와 같다. 먼저 ONU의 Splitter를 이용하여 방송용 파장과 기존의 데이터용 파장을 분리하고 기존의 데이터 처리는 EPON Slave 모듈을 통하여 ONU의 스위치 모듈에서 처리한다. 한편, 방송용 파장은 방송용 PHY, MAC칩을 통하여 MPEG 스트림을 추출하고 역다중화기를 거치면서 MPEG 스트림은 채널별로 분리된다. 가입자 셋톱박스에서 발생한 채널요구 제어 패킷을 판단하여 ONU의 Tuner에서 그 가입자가 선택한 채널의 MPEG 스트림에 가입자를 목적지로 이더넷 헤더를 첨가하여 이더넷 프레임 형태로 바꾼 후, 스위치 모듈에서 각 가입자별로 방송용 이더넷 프레임을 스위칭 한다. 이 방송용 이더넷 프레임은

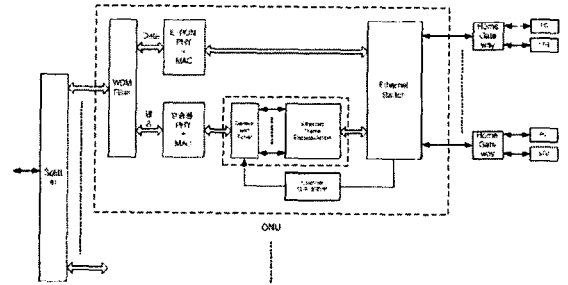


그림 5. 방송수용을 위한 ONU의 구조

홈 게이트웨이를 통하여 셋톱박스에 도달한 후, MPEG 스트림을 추출한다. 한편, 스위치 모듈에서 가입자의 셋톱박스까지는 상위 프로토콜을 이용하여 안정된 방송을 위한 대역폭을 할당하여야 한다.

IV. 결론

본 논문에서는 EPON망을 기반으로 한 ONU의 구조를 설명하고 ONU의 방송 수용 방안을 제시하였다. 제시한 ONU는 설치 환경에 따라 이더넷 또는 VDSL 사용자를 수용할 수 있다. 또한 상위의 OLT와는 EPON Slave 모듈을 통하여 정합 가능하고, 기가비트 이더넷 인터페이스를 통하여 TDM과 같은 확장 서비스가 가능하다. 또한 많은 가입자를 수용하기 위하여 여러 대의 ONU를 기가비트 포트에 연결할 수 있고 기가비트 포트를 이용하여 서버를 연결하는 구성도 가능하다.

본 논문에서 개발한 ONU 시스템은 L2 부가기능의 처리가 가능하고, L3 ~L4 프로토콜을 지원하고, 스위칭 기능이 하드웨어 엔진을 기반으로 처리되기 때문에 성능의 저하가 없고, 모든 기능이 소프트웨어로 제어 가능하기 때문에 본 논문에서 제시한 ONU의 방송 수용 방안의 구현이 용이하다.

Reference

- [1] G. Pesavento and M. Kelsey, Gigabit Ethernet Passive Optical Networks, Alloptic White Paper, 2001.
- [2] Glen Kramer and Gerry Pesavento, Ethernet Passive Optical Network(EPON): Building a Next-Generation Optical Access Network, IEEE Comm. Magazine, pp.66-73, Feb. 2002.
- [3] 심재찬, 허재두, 이형호, Ethernet PON 기술 개발 동향, ETRI 주간기술동향, 제 1051호, 2002년 6월.