

E-PON 기반 광가입자망에서의 VLAN 서비스 제공 구조 연구

윤현식, 이재흠, 양선희
한국전자통신연구원 네트워크연구소
e-mail : x7hyhs@etri.re.kr

A Study of VLAN Service Architecture in Ethernet Passive Optical Network

Hyeon-Sik Yoon, Jae-Heum Lee, Sun-Hee Yang
Network Technology Laboratory, ETRI

요 약

초고속 인터넷 서비스가 보급된 이후 가입자들은 점점더 많은 서비스를 요구하게 되고, 이에 따라 더 많은 대역폭을 필요로 하게 되었다. 저렴한 비용으로 사용자들의 요구 사항을 충족시킬 수 있는 방안으로 E-PON(Ethernet-Passive Optical Network) 기반의 광가입자망에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 본 논문에서는 E-PON 기반 광가입자망의 핵심적인 구성 요소인 eOLT(enhanced Optical Line Termination) 시스템에서의 VLAN(Virtual Local Area Network) 서비스 요구 사항 및 제공 구조를 제시하고자 한다.

1. 서론

오늘날 초고속 인터넷 서비스는 우리 생활의 일부가 되었으며, 이미 우리나라에서는 1,000 만 가입자를 돌파하였다. 현재 초고속 인터넷 서비스에는 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)과 케이블 모뎀(Cable Modem)이 가장 많이 이용되고 있다.

ADSL 은 기존에 설치된 전화선을 이용해서 초고속 인터넷 서비스를 제공하며 가입자의 컴퓨터에 ADSL 모뎀을 설치하여 2Mbps~10Mbps 까지의 대역폭을 제공한다. 반면 케이블 모뎀은 기존의 케이블 TV 서비스를 위해 설치된 동축 케이블을 이용하여 초고속 인터넷 서비스를 제공하며, 가입자가 케이블 TV 서비스를 받고 있는 상태에서 PC 에 케이블 모뎀을 설치하면 된다.

초고속 인터넷 서비스가 기존의 56Kbps 인 전화선 모뎀에 비해 훨씬 커진 전송 용량으로 인터넷 웹 서핑(HTTP), 전자 우편(E-mail), 파일 전송(FTP) 등의 서비스 제공에 만족할 만한 성능을 보여주고 있으나, VoIP (Voice over Internet Protocol), VoD (Video on Demand), 인터넷 방송 서비스 등의 새롭게 추가되는 사용자들의 요구 사항을 만족시키기에는 한계가 있다.

아울러 케이블 모뎀 방식의 초고속 인터넷 서비스는 서비스 이용자가 증가함에 따라 제공 가능한 대역폭이 줄어드는 단점이 있고, ADSL 방식의 초고속 인터넷 서비스는 전화국으로부터 가입자 단말까지의 거리가 멀어짐에 따라 제공 가능한 대역폭이 줄어드는 단점이 있다.

이러한 단점을 해결하기 위해 가입자 맥내망까지 광케이블을 설치하는 FTTH (Fiber To The Home), FTTB (Fiber To The Building), FTTC (Fiber To The Curb) 등이 제시되고 있고, 서비스 대비 가격 효율을 향상시키기 위해 E-PON 에 대한 연구가 진행중이다.

E-PON 은 가격 경쟁력을 향상시키기 위해 LAN 환경에서 널리 사용된 Ethernet 기술을 채용하였고, 광가입자망내에 전력을 사용하는 능동 소자를 사용하지 않고 수동 소자만으로 망을 구성하며, Transceiver 의 수를 줄이기 위해 P-t-P 구성뿐만 아니라 P-t-MP 구성을 지원한다. E-PON 에 대한 규격은 IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile Task Force 에 의해 만들어지고 있다.[3]

본 논문의 또다른 이슈인 VLAN 서비스는 단말의 위치에 관계없이 서비스 사업자의 정책에 따라 LAN 을 구성하는 서비스로 정의될 수 있으며, 하나의 L2

Bridged Network 을 Broadcast 트래픽의 제한을 위해 여러 개의 가상 LAN 으로 나누는 서비스이다. 망에 VLAN 기능이 적용되면 Broadcast 트래픽의 제한 뿐만 아니라, 가입자에게 단말의 이동성 및 보안 등의 부가적인 서비스도 제공할 수 있다. 또한 최근에는 MPLS (MultiProtocol Label Switching)망에서의 L2VPN (Layer 2 Virtual Private Network)망에서의 L2VPN (Layer 2 Virtual Private Network)망에서의 L2VPN 서비스의 제공을 위해 VLAN 서비스가 요구되고 있다.

본 논문에서는 E-PON 기반 광가입자망에서의 VLAN 서비스를 제공하는 구조를 제시한다. 이를 위해 먼저 2 장에서는 E-PON 기반 광가입자망에서의 연결 구성 시나리오를 구분하고, 각 연결 시나리오별 Ethernet 프레임 처리 절차를 설명하였다. 3 장에서는 E-PON 기반 광가입자망의 구성 요소인 eOLT 시스템에서의 VLAN 서비스 기능 요구 사항을 정의하였다. 4 장에서는 eOLT 시스템에서의 VLAN 서비스 제공 구조를 Ethernet 프레임 처리 절차와 FDB 구성 절차로 나누어 제시하였다. 마지막으로 5 장에서 결론을 맺는다.

2. E-PON 기반 광가입자망에서의 연결 구성

저렴한 비용으로 초고속 인터넷 서비스보다 더 향상된 서비스를 제공하기 위해 제안되는 E-PON 은 OLT 와 ONU(Optical Network Unit)간에 Transceiver 의 수를 줄이기 위해 하나의 OLT 에 N 개의 ONU 가 연결된 구조이다. 동작 원리는 OLT 에서 ONU 로 데이터를 보낼 때는 Broadcasting 을 하며, ONU 에서 OLT 로 데이터를 보낼 때는 TDM (Time Division Multiplexing) 기술을 사용해서 여러 ONU 로부터의 정보를 OLT 로 보내게 된다.

현재 개발중인 E-PON 기반 광가입자망의 eOLT 시스템은 E-PON 망의 OLT 기능을 수행하며, VLAN 서비스를 포함한 L2 Switching 기능과 MPLS 서비스를 포함한 L3 Routing 기능을 모두 제공함으로써 가입자에게 좀더 효율적인 방법으로, 더 나은 품질의 서비스를 제공하고자 한다.

eOLT 시스템의 Switching 및 Routing 동작 원리를 좀더 상세히 알아보기 위해, <표 1>에서와 같이 가입자 단말의 연결 시나리오별로 구분해 볼 수 있다. 아울러 연결 시나리오에 따른 E-PON 기반 광가입자망의 연결 구성도를 그림 1 과 같이 나타낼 수 있다.

<표 1> eOLT 시스템의 Switching/Routing 시나리오

연결	연결 요구 사항	연결 제공 방안
연결 A	ONU 내부 가입자간	- ONU 자체에서의 L2 bridging 및 VLAN
연결 B	동일 Port 에 연결된 ONU _{a1} -ONU _{a2} 간	- eOLT 에서의 L2 bridging
연결 C	다른 Port 에 연결된 ONU _{b2} -ONU _{c1} 간	- eOLT 에서의 L2 bridging/ VLAN - L3 Routing & Forwarding
연결 D	eOLT-eOLT 간 (Metro 망내)	- L2-VPN (Martini) - L3 Routing & Forwarding

연결 E	백본망을 경유하는 경우	- L2-VPN (Martini) - L3 Routing & Forwarding
------	--------------	---

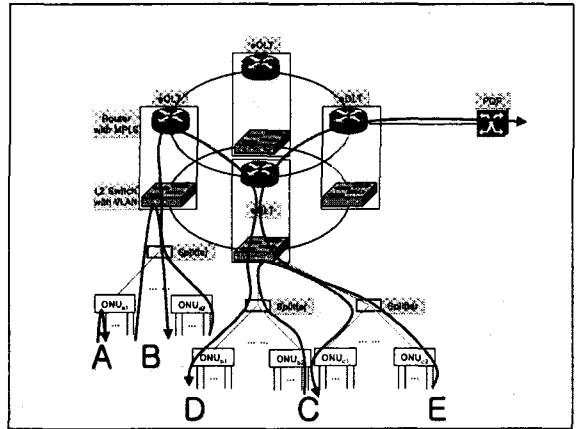


그림 1. E-PON 기반 광가입자망의 연결 구성도

각 연결 시나리오별 동작 원리를 살펴보면, 연결 A 는 ONU 내부에 연결된 가입자간의 통신으로서 ONU 의 L2 Switching 기능을 이용해서 정보를 전달한다.

연결 B 는 동일한 eOLT 포트에 연결된 다른 ONU 에 속한 가입자간의 통신으로서, ONU 에서 보낸 정보를 eOLT 에서 다시 해당 포트에 Broadcasting 하면 된다. 다만, 이런 동작은 기존의 L2 스위치에서는 발생하지 않는, E-PON 의 구조 특성상 발생하는 현상으로서 E-PON 관련 표준화 작업에서 이런 문제를 해결하는 방안이 제시되고 있다.

연결 C 는 다른 eOLT 포트에 연결된 ONU 에 속한 가입자간의 통신으로서 eOLT 의 L2 Switching 기능을 이용해서 정보를 전달한다.

연결 D 는 Metro 망내에서 서로 다른 eOLT 에 속한 가입자간의 통신으로서 eOLT 의 L2 Switching 기능을 이용해서 정보를 전달할 수도 있지만, 망의 확장성 및 유연성을 증가시키기 위하여 Martini draft 를 이용한 L2VPN 기능을 이용해서 정보를 전달한다.

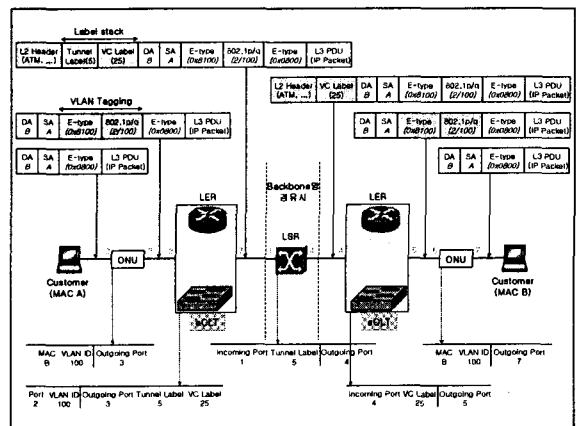


그림 2 연결 D 및 연결 E 시나리오 상의 Ethernet 프레임 처리 절차

연결 E 는 백본망을 경유해서 인터넷 서비스를 받거나, 원격지 LAN 에 있는 가입자와 통신하는 기능으로서 가장 많이 설정되는 연결 시나리오일 것으로 생각된다. 연결 D 와 마찬가지로 L2VPN 기능을 이용해서 정보를 전달하며 그림 2 에 상세한 처리 절차를 제시하였다.

3. eOLT 시스템의 VLAN 서비스 기능 요구 사항

VLAN 서비스를 제공하기 위한 eOLT 시스템의 VLAN 서비스 기능 요구 사항을 <표 2>와 같이 정리할 수 있다. eOLT 시스템의 VLAN 서비스 관련 기능은 크게 LAN Bridging 기능과 VLAN 관리 기능으로 나눌 수 있으며, LAN Bridging 기능은 IEEE 802.1D 규격을 기반으로, VLAN 관리 기능은 IEEE 802.1Q 규격에 따라서 개발하였다.[1][2]

<표 2> eOLT 시스템의 VLAN 서비스 기능 요구 사항

	기능 설명	규격	필요성
- 정적 Source MAC 주소 등록 기능	- 운용자 명령어에 의한 Source MAC 주소 등록 기능	802.1D	M
- 동적 Source MAC 주소 등록 기능	- Learning Process 에 의한 Source MAC 주소 등록 기능	802.1D	M
- 정적 VLAN 그룹 등록 기능	- 운용자 명령어에 의한 정적 VLAN 그룹 등록 기능	802.1Q	M
- 동적 VLAN 그룹 등록 기능	- GVRP 에 의한 동적 VLAN 그룹 등록 기능	802.1Q	M
- VLAN Tagging 기능	- Untagged 프레임에 대해 VLAN 적용 규칙에 따라 VLAN ID를 결정하고, VLAN 헤더를 추가하는 기능	802.1Q	M
- VLAN Trunking 기능	- 특정 포트를 여러 VLAN 그룹의 멤버로 등록(Multiple VLAN) 하는 기능	802.1Q	O
- Multicast 그룹 등록 기능	- GMRP 에 의한 Multicast 그룹 등록 기능	802.1D	O
- STP (Spanning Tree Protocol) 기능	- L2 Bridged Network 상에서의 루프 방지 기능	802.1D	M

4. eOLT 시스템의 VLAN 서비스 제공 구조

eOLT 시스템의 VLAN 서비스 제공 구조는 크게 두 가지 요소로 이루어져 있으며, eOLT 시스템에 Ethernet 프레임이 도착했을 때 어떻게 처리하는가 하는 것과

Ethernet 프레임을 처리하기 위해 FDB (Filtering DataBase)를 어떻게 구성하는가 하는 것으로 나누어 볼 수 있다.

아울러 eOLT 시스템의 동작을 알아보기 전에 동작 범위를 제한하기 위해 몇 가지를 가정한다.

첫째, eOLT 시스템은 L2 bridging 기능 및 VLAN 기능과 IP Routing 및 MPLS forwarding 기능을 포함하고 있다.

둘째, ONU 는 L2 bridging 기능과 VLAN 기능을 포함하고 있어서, ONU 에서 eOLT 로 오는 모든 Ethernet 프레임들은 모두 해당 VLAN ID 를 포함하는 것으로 생각한다.

eOLT 시스템이 정상적으로 동작한 후, Ethernet 프레임이 도착했을 때 처리 절차는 다음과 같다. eOLT 시스템의 가입자 보드에서는 ONU 로부터 Ethernet 프레임이 도착했을 때 Ethernet 프레임의 VLAN ID 와 Source MAC 주소 및 Destination MAC 주소를 확인한다. Source MAC 주소가 eOLT 시스템의 FDB 에 등록되어 있지 않으면, Learning Process 에 따라서 입력 포트의 Learning 테이블을 갱신한 후 FDB 에 해당 정보를 반영한다. 그리고, Destination MAC 주소를 검색한 후 Destination MAC 주소에 따라서 다음과 같이 동작한다.

첫째, Destination MAC 주소가 입력 포트에 등록된 Source MAC 주소에 속하면, 해당 Ethernet 프레임은 폐기한다.

둘째, Destination MAC 주소가 eOLT 시스템의 MAC 주소와 동일한 경우, 출발지 Host 에서 라우팅을 위해 송신한 Ethernet 프레임이므로 Layer 3 계층에서 Forwarding 테이블을 검색해서 IP 라우팅 기능을 수행한다.

셋째, Destination MAC 주소가 eOLT 시스템의 MAC 주소와 다른 경우, 만일 Destination MAC 주소가 FDB 에 존재한다면 해당 출력 포트로 Ethernet 프레임을 전달하고, FDB 에 존재하지 않는다면 입력 포트를 제외한 모든 포트로 Flooding 한다.

이러한 동작 원리를 그림 3 과 같이 나타낼 수 있다.

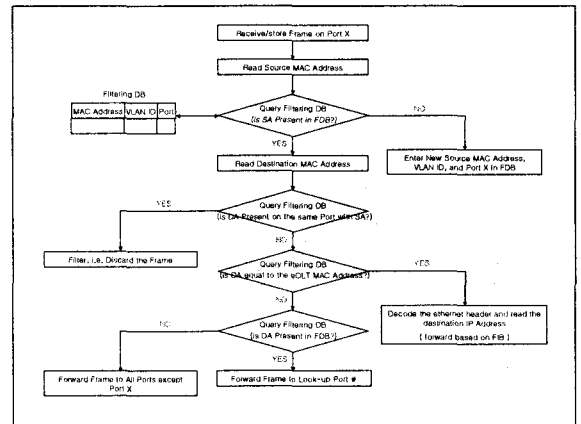


그림 3. eOLT 시스템에서의 Ethernet 프레임 처리 절차

eOLT 시스템에서 VLAN 서비스를 제공하기 위해 FDB 를 구성하는 절차는 다음과 같다. 이때 FDB 와 VLAN 의 관계에 따라 IVL (Independent VLAN Learning)과 SVL (Shared VLAN Learning)로 나누어 진다. IVL 의 경우에는 VLAN 각각에 대해 별도의 FDB 가 존재하며, SVL 의 경우에는 하나의 FDB 를 여러 개의 VLAN 이 공유한다. 그리고, eOLT 시스템에서는 SVL 로 기능을 구현하였다.

FDB 의 구성 요소는 크게 Filtering Entry 와 VLAN Registration Entry, 그리고 Group Registration Entry 로 나눌 수 있다. Filtering Entry 는 운용자 명령어에 의한 Static Filtering Entry 와 Learning Process 에 의한 Dynamic Filtering Entry 로 구성된다. VLAN Registration Entry 는 운용자 명령어에 의한 Static VLAN Registration Entry 와 GVRP (GARP VLAN Registration Protocol)에 의한 Dynamic VLAN Registration Entry 로 구성된다. 마지막으로 Group Registration Entry 는 GMRP (GARP Multicast Registration Protocol)에 의해 구성된다. 본 논문에서는 이들중 Learning Process 에 의한 Dynamic Filtering Entry 구성 절차를 제시하며, GVRP 및 GMRP 의 동작 절차는 다루지 않는다.

Learning Process 는 eOLT 시스템의 포트에 연결된 Source MAC 주소에 대한 정보를 알아내는 과정으로 정의할 수 있으며, eOLT 시스템에서의 FDB 구성 절차는 그림 4 와 같이 나타낼 수 있다.

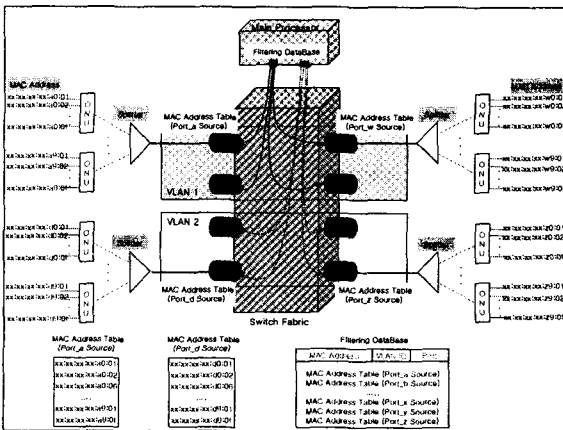


그림 4. eOLT 시스템에서의 FDB 구성 절차

Learning Process 에 의한 FDB 구성 절차를 살펴 보면, 각각의 가입자 보드는 외부로부터 들어오는 Ethernet 프레임의 Source MAC 주소를 검색해서, 현재 자신의 포트에 연결된 MAC 주소에 대한 정보를 Learning 테이블에 저장하고, 관련 정보를 eOLT 시스템의 MP (Main Processor)로 통보한다. MP에서는 eOLT 시스템 내의 모든 포트로부터 통보된 Learning 정보를 이용해서 FDB 를 구성한 후, 모든 포트로 FDB 를 전달한다. 가입자 보드에서는 MP 로부터 받은 FDB 를 이용해서 입력된 Ethernet 프레임의 Forwarding 및 Flooding 여부를 결정한다.

Learning Process 와 관련해서 MAC 주소의 Aging 기능이 아울러 고려되어야 한다. MAC 주소 Aging 기능은 일정한 시간동안 해당 Source MAC 주소를 가진 Ethernet 프레임이 도착하지 않는 경우에, 해당 Source MAC 주소를 가진 Host 가 더 이상 유효하지 않은 것으로 간주하고 FDB 내에 garbage 정보의 제거를 위해 해당 Entry 를 삭제하는 과정이다. 각각의 가입자 보드는 미리 설정된 Aging Time 을 가진다. Aging Time 은 Default 가 300 ms 이며 운용자 명령어에 의해 변경 가능하다.

Aging Process 에 의한 FDB 변경 절차를 살펴 보면, Learning 테이블에 등록된 특정 Source MAC 주소를 가진 Ethernet 프레임이 가장 최근에 도착한 이후 Aging Time 동안 도착하지 않은 경우에 가입자 보드는 해당 Entry 를 Learning 테이블에서 삭제한 후, 결과를 MP 에게 통보한다. MP 는 해당 Entry 를 FDB 에서 삭제한 후, eOLT 시스템의 모든 가입자 보드의 FDB 에 대해 해당 Entry 를 삭제하도록 메시지를 전달한다.

5. 결론

본 논문에서는 E-PON 기반 광가입자망의 핵심적인 구성 요소인 eOLT 시스템에서의 VLAN 서비스 기능 요구 사항 및 제공 구조를 제시하였다.

eOLT 시스템은 가입자에게 좀더 효율적으로 서비스를 제공하기 위해서, 연결 시나리오별로 다양한 서비스 처리 방안을 제공한다. 또한 이러한 요구 사항을 만족시킬 수 있도록 L2 bridging 기능과 L3 Routing 기능을 동시에 처리 가능한 Ethernet 프레임 처리 절차를 제시하였고, 대용량 시스템에서의 효율적인 FDB 구성 절차를 제시하였다.

마지막으로 다른 VLAN 그룹에 속한 단말간의 통신을 위한 VLAN 라우팅 기능과 Metro 망에서의 성능에 대해서는 추후에 고려되어야 한다.

참고문헌

- [1] IEEE Std 802.1D (ISO/IEC 15802-3), "Media Access Control(MAC) Bridges"
- [2] IEEE Std 802.1Q, "Virtual Bridged Local Area Networks"
- [3] IEEE Draft P802.3ah/D1.0, "Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for subscriber access networks"