

L2/L3 MPLS 기반 VPN 서비스를 위한 Ethernet-PON 시스템 기능 연구

안신영*, 허재두,
한국전자통신연구원 액세스기술연구부

e-mail : syahn@etri.re.kr

A Study on Ethernet-PON System functionality for L2/L3 MPLS based VPN service

Shin-Young Ahn, Jae-Doo Huh
Dept. of Access Technology, ETRI

요 약

기존 가입자망은 다양한 멀티미디어 서비스 트래픽에 대해 병목으로 작용하였으며 이에 대한 대안으로 광가입자망 기술 대두되었다. 광가입자망은 초기 설치비용이 매우 고가이기 때문에 기술 개발과 설치가 지연되었으나, 비용대비 효율성이 좋은 Passive Optical Network(PON) 기술이 개발됨에 따라 활기를 띠고 있다. 본 고에서는 MPLS/IP 백본으로 연결되는 Ethernet-PON 기반의 광가입자망에서, L2/L3 MPLS 기반의 망사업자가 제공하는 VPN 기술 개발을 위해 Optical Network Unit(ONU) 및 Optical Line Terminal(OLT)에서 지원해야 되는 기능에 대해 연구한다.

1. 서론

인터넷의 발달은 망사업자로 하여금 IP 백본망의 전송 용량 증설을 유도 하였으나, 이와 함께 발전한 멀티미디어, 전자상거래, 원격 교육 및 진료 등의 다양한 서비스들을 충분히 지원하기 위한 전체 망 구조에서 가입자망의 전송 용량 변화는 미미한 실정이다. 현재 가장 널리 사용되는 가입자망 솔루션인 Digital Subscriber Line(DSL)과 케이블 모뎀 망도 전송한 서비스의 제공이 불가능하다. 이데 대한 대안으로 저가이면서 간단한 망구조와 확장성을 가지는, 그리고 데이터, 음성, 비디오 서비스를 모두 수용 가능한 가입자망 기술로 PON(Passive Optical Network) 기술이 개발되었다.

PON 기술은 ATM PON 과 Ethernet PON, WDM PON 으로 나뉘며 현재 Ethernet PON 이 IP 서비스 지원 측면과 경제적 측면에서 가장 유리하기 때문에 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 광가입자망은 광대역의 광케이블을 가입자 선로로 사용함으로써 다양한 가입자에게 넓은 대역의 액세스 서비스를 제공한다. 광가

입자망은 중앙국사(Central Office :CO)로부터 광케이블을 어느 위치까지 포설하느냐에 따라 FTTB(Fiber to the Building), FTTH(Fiber to the Home), HTTC(Fiber to the Curb) 구조를 가질 수 있다.

IP 패킷을 계층 2 레벨에서 스위칭하는 MPLS 기술의 개발은 또 다른 형태의 VPN 서비스 기술 개발을 촉진하게 되었다. 기존의 IPsec 또는 PPTP, L2TP를 기반으로 하는 VPN 기술이 가입자 기반의 VPN 이었던 것에 반해, 계층 2/3 에서 MPLS 를 터널링 기술로 하여 망사업자가 제공하는 VPN 서비스 기술이 개발되고 있다. 이 기술은 PPVPN(Provider Provisioned VPN)이라고 하며, IETF 의 PPVPN, PWE3(Pseudo Wire Emulation Edge to Edge) 워킹그룹에서 표준화가 진행중에 있다.

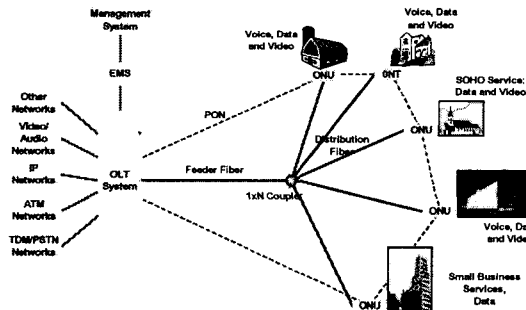
본고에서는 먼저 Ethernet-PON 기반의 광가입자망 시스템에 대해 살펴보고, L2/L3 MPLS 기반 VPN 서비스 기술에 대해 기술한다. 그리고 ONU/OLT 서브 시스템에서 VPN 서비스 구현을 위해 필요한 세부 기능과 L2/L3 MPLS 기반 VPN 서비스의 SLA(Service Level

Agreement) 측면에 대해 논의하겠다.

2. Ethernet-PON 기반의 광가입자망 시스템

통신망은 백본망, 가입자망, 사용자망으로 이루어진다. 현재 백본망은 광전송 기반의 동기전송 방식을 통해 대용량의 데이터 전송로를 제공하고 있다. 반면에, 가입자망은 사용자망으로부터의 데이터를 다중화하여 백본망에 전송하고 백본망의 하향 트래픽을 분배하는 역할을 수행한다. 현재 가입자망은 DSL 기술의 채용으로 수 Mbps 급에 이르고 있으나, 전화선을 이용하는 태생적 한계 때문에 더 이상의 고속 전송이 어렵고, 전송 매체를 광으로 바꾸는 것도 새로이 광케이블을 포설하는데 드는 비용문제 때문에 아직도 병목으로 남아 있다. 이를 위해 광케이블의 포설 비용을 혁신적으로 줄이면서 가입자단까지 광케이블을 통해 고속통신을 제공할 수 있는 Ethernet PON 시스템에 대한 기술 개발과 표준화가 진행 중이다.

Ethernet-PON 시스템은 크게 OLT 서비스 시스템, ONU 또는 ONT(Optical Network Terminal) 서비스 시스템, ODN(Optical Distribution Network)으로 구성된다. (그림 1)을 보면 PON은 하나의 OLT 시스템과 N 개의 ONU들이 ODN을 통해 구성됨을 볼 수 있다. OLT 시스템은 가입자쪽으로 다수의 PON 링크를 가지며 ATM, PSTN, IP 백본 등으로 연결된다. 또한 Video/Audio 서비스 서버로 연동될 수 있으며, 운용관리를 위해 EMS 시스템이 접속된다.



(그림 1) Ethernet-PON 시스템 구조

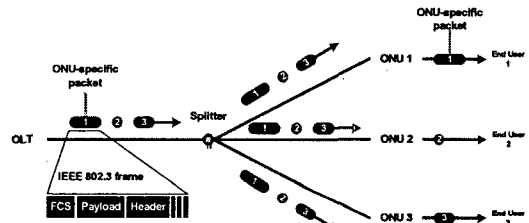
OLT 서비스 시스템은 중앙국사에 존재하며, ONU/ONT 서비스 시스템은 커브나 빌딩 혹은 택내에 위치한다. (그림 1)을 보면 하나의 광섬유가 OLT에서 가입자에 가까운 지점까지 와서 다수의 분배 케이블(Distribution fiber)을 통해 ONU/ONT로 연결됨을 볼 수 있다. 이와 같은 광분배망을 ODN이라 한다. ODN에 위치하는 Ethernet-PON의 수동 장비들은 단일파장 광 케이블, 수동 광 스플리터/커플러, 커넥터 등으로 구성된다.

PON이란 수동 장비들이 분배망에 사용되기 때문에 능동 장비를 분배망에 사용하는 것에 비해 전원 및 관리 비용이 들지 않아 저가의 가입자망을 구현할 수 있는 기술이다. PON을 통해 전달되는 광신호는 빛

의 방향이 상향인가 하향인가에 따라서 광 스플리터/커플러에 의해 분할되어 여러 개의 광섬유에 실리거나, 결합되어 하나의 광섬유로 전달된다. PON은 전형적으로 하나의 광 섬유를 사용하여 점대다중 트리 구조로 가입자 단까지 적용된다[1].

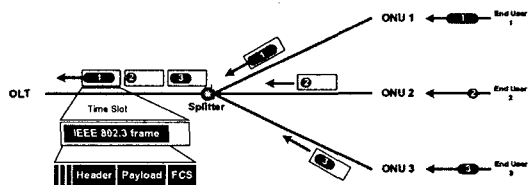
Ethernet-PON에서 OLT로부터 여러 ONU로의 하향 데이터 전송 처리 방법과 여러 ONU로부터 OLT로의 상향 데이터 전송 방법은 (그림 2)와 (그림 3)에 나타나 있다.

하향 데이터는 IEEE 802.3 프로토콜에 따라 최대 1,518 바이트까지의 가변길이 패킷의 형태로 OLT에서 다수의 ONU로 브로드캐스트 된다. 각 패킷들은 전송될 ONU의 유일한 식별자를 프리앰블(preamble)에 포함하게 된다. (그림 2)를 보면, 스플리터에서 트래픽은 세 개의 신호로 분리되고, 각 신호는 모든 ONU에 보내지는 패킷을 전달한다. ONU에 패킷들이 도착하면, 각 ONU는 자신을 목적지로 하는 패킷만 받아들이고, 다른 ONU에 해당하는 패킷들은 모두 버린다. 예를 들면, ONU1은 패킷 1, 2, 3을 모두 받지만, 1번 패킷만 사용자 1에게 전달한다.



(그림 2) EPON에서의 하향 트래픽 흐름

(그림 3)는 시분할 멀티플렉싱(TDM)을 이용하여 상향 트래픽이 어떻게 관리되는지를 보여주고 있다. 이때, 전송 타임슬롯은 OLT에 의해 각 ONU에 할당된다. 타임 슬롯들은 다수의 ONU들로부터 보내진 상향 패킷들이 공용 광섬유에 실릴 때 서로 간섭하지 않도록 동기화 된다. 예를 들면, ONU1은 1번 타임슬롯에 패킷 1을 보내고, ONU2는 2번 타임슬롯에 패킷 2를 보내며, ONU3은 3번 타임슬롯에 3번 패킷을 보내게 된다.



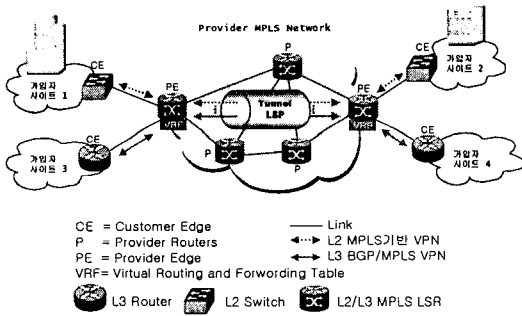
(그림 3) EPON에서의 상향트래픽 흐름

패킷은 IEEE 802.3 표준에 따른 형식으로 구성되며, 하향으로 1 Gbps의 속도로 전송되며 상향 대역은 정적/동적으로 각 ONU에 할당된다. 패킷 구조를 살펴 보면, 헤더, 가변길이의 페이로드, 그리고 여러 검출 필드로 구성된다[2].

PON 은 상향 트래픽 제어가 핵심 기술이 된다. OLT 와 ONU 간에는 각기 다른 거리에 있는 ONU 들 간에 상향 데이터 전송시 동기를 위한 레인징 절차가 수행되며, OLT 는 특정 ONU 로부터의 데이터량에 대한 동적인 제어룰 수행하는 마스터가 된다. 각 ONU 에 대역폭을 동적으로 할당하는 것을 DBA(Dynamic Bandwidth Allocation)이라 한다. 이 DBA 는 각 ONU 가 동적으로 필요한 대역을 OLT 에 요청하고 OLT 가 허가하는 방식으로 이루어진다. PON 시스템에서는 정적인 TDM 방식과 DBA 를 사용하여 대역폭 관리를 동적으로 할 수 있다.

3. L2/L3 MPLS 기반 VPN 기술

IP 백본망을 통한 VPN 서비스는 MPLS 기술의 채용과 더불어서 망사업자가 제공하는 VPN 서비스 형태로 진화하면서 발전하고 있다. 망사업자가 제공하는 VPN 기술은 L3 BGP/MPLS VPN 기술과 L2 MPLS 기반 VPN 으로 나뉜다.



(그림 4) L2/L3 MPLS 기반 VPN 구조

L2/L3 MPLS 기반 VPN 의 구성 및 요소가 되는 장비는 (그림 4)에 도시한 바와 같다. Customer Edge(CE) 장치는 하나의 데이터 링크를 통해 공중망으로 연결되는 장치로서 호스트나 L2 스위치 또는 IP 라우터이다. Provider Edge(PE) 장치는 IP/MPLS Edge LSR 로 동작한다. PE 가 L3 BGP/MPLS VPN 을 위한 라우터로 동작할 때, PE 는 공중망의 모든 VPN 경로를 보관하는 것이 아니라 직접 연결된 VPN 의 라우팅 정보만을 유지하기 때문에 확장성이 우수하다. Provider(P) 라우터는 CE 라우터에 직접 연결되지 않는 PE 라우터들의 MPLS 중계 LSR 이다. PE 장치에서 가입자 사이트로의 포트 정보와 가입자 트래픽의 라우팅 정보가 등록되는 테이블을 VRF(VPN Routing and Forwarding) 테이블이라고 부른다[3][4].

망사업자는 가입자 L2 스위치간에 IP/MPLS 터널을 통해 동작하는 점대점 기반의 가상 회선을 제공함으로써 IP 백본상에서 계층 2 VPN 서비스를 제공할 수 있다. L2 MPLS 기반 VPN 은 IETF 의 Martini 초안을 통해 표준화가 진행중이다. (그림 4)에서 가입자 사이트 1 과 2 간에 점선으로 표시된 점대점 연결을 통해 L2 MPLS 기반 VPN 이 구축된다. 이때 CE-PE 간 연결은 ATM, FR, Ethernet 등 다양한 L2 프로토콜이 이용될

수 있으며, PE 는 이런 가입자 연결을 MPLS 백본의 LSP 와 맵핑시키는 역할을 수행함으로써 고객 사이트 간에 투명한 LAN 서비스를 제공한다[5][6].

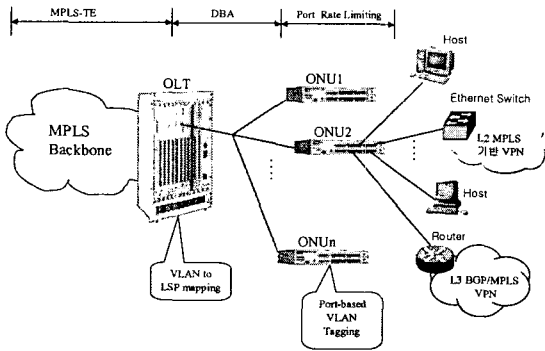
IETF 는 RFC 2547bis 에서 VPN 라우팅 정보의 분배를 위해 BGP 를 사용하고, MPLS 를 트래픽 포워딩을 위해 사용함으로써 IP 백본상에서 VPN 을 제공하는 BGP/MPLS VPN 방법을 정의하고 있다[3]. (그림 4)에서 가입자 사이트 3 과 4 간에 실선으로 표시된 것이 L3 BGP/MPLS VPN 의 형상이다. BGP/MPLS VPN 은 두 가지 기본적인 트래픽 흐름을 갖는다. 하나는 VPN 경로 분배와 LSP 설정을 위한 제어 흐름이며, 다른 하나는 가입자 데이터 트래픽을 전송하는 데이터 흐름이다. (그림 4)의 가입자 사이트 3 과 4 의 CE 는 자신의 라우팅 정보를 PE 에 알려주고, PE 들 간에는 BGP 를 이용하여 라우팅 정보를 교환함으로써 같은 VPN 에 속하는 사이트들에 대한 도달가능성 정보가 공유된다. 이렇게 되면 같은 VPN 에 속하는 가입자가 연결된 PE 들간에는 MPLS LSP 가 설정된다. 가입자 사이트간의 트래픽은 인접한 PE 로 보내지고 PE 는 VRF 에 등록된 LSP 로 트래픽을 전송함으로써 VPN 이 동작한다. 이때 두 PE 간에 LSP 의 설정은 best-effort LSP 가 필요할 경우엔 LDP 를 사용하고, QoS 보장이나 특정 트래픽 엔지니어링 목표가 요구될 경우엔 RSVP 를 사용한다.

망사업자가 제공하는 VPN 은 가입자들의 네트워크 관리 부담을 덜어주며, MPLS 를 기반으로 하기 때문에 VPN 의 확장성 및 유연성이 우수하고, 망사업자로서 하여금 매우 뛰어난 부가 서비스를 제공할 수 있도록 해주며, VPN 이 여러 망사업자 네트워크를 통해 구축 가능한 장점을 갖는다.

4. Ethernet-PON 시스템에서 VPN 기능

ONU 는 빌딩이나 커브에 존재하면서 다수의 로컬 가입자 트래픽을 다중화하여 OLT 서브시스템으로 송수신하는 장치이다. 광케이블이 막내에 까지 들어가는 FTTH 의 경우엔 특수한 형태로 ONT 라 부르며 가입자 포트를 한 두개 정도 가지나, ONU 는 10/100 Ethernet 이나 VDSL 가입자 포트를 24 혹은 32 개 정도 가진다. 따라서 OLT 의 PON 포트는 직접 가입자가 접속되는 포인트가 아니며 물리적인 가입자의 Ethernet-PON 시스템 접속점은 ONU 가 된다. L2/L3 MPLS 기반 VPN 은 가입자의 접속점인 ONU 특정 포트에서부터 서비스가 시작되어야 한다. 그러나 ONU 는 가입자 트래픽의 다중화 기능을 수행하는 시스템이지 MPLS 혹은 라우팅 프로토콜과 같은 상위 프로토콜이 실장되는 시스템이 아니다. 이와 같은 라우팅 및 MPLS 에지 기능은 OLT 에 실장된다. 따라서 ONU 는 OLT 의 포트를 가입자쪽으로 끌어다 놓은 형상과 같다. OLT 입장에서 L2/L3 VPN 서비스를 위해 가입자 포트를 식별하는 방법으로 VLAN ID 를 이용한다. L2 MPLS 기반 VPN 표준인 Martini 기고서에서는 VLAN ID 로 가입자를 식별하는 것을 언급하고 있지만 BGP/MPLS VPN 권고안에서는 포트단위로 가입자를 식별하는 것을 권고하고 있다. L3 기술에서는 VLAN

ID 를 가입자 식별을 위해 사용하지 않을 경우, OLT 에서 가입자 IP 주소를 사용하여 MPLS LSP 로 맵핑해야 하는데 이럴 경우엔 라인카드의 L2/L3 네트워크 프로세서의 성능 저하를 야기할 수 있다.



(그림 5) L2/L3 MPLS 기반 VPN 가입자 수용 모델

PON 의 분기율이 32, ONU 의 포트 수를 32 개라고 할 경우에, 하나의 Ethernet-PON 포트에 논리적으로 접속되는 가입자수는 최대 1024 개이다. 이는 두개의 PON 포트에 가입자가 2048 이 되어 최대 VLAN ID 공간인 12 비트를 초과하게 된다. 따라서 OLT 가 L2 스위치로 동작할 때는 VPN 서비스를 위한 VLAN ID 와 단순 L2 브리징을 위한 VLAN ID 를 구별하는 메커니즘이 OLT 에 구현되어야 한다.

ONU 는 가입자 식별을 위해 VLAN 기능의 표준인 IEEE 802.1Q 권고안을 백프로 구현할 필요까지는 없으며, 단지 운용자 명령을 통해 포트 단위로 VLAN 태깅 기능을 제공하면 충분하다.

L3 BGP/MPLS 기반 VPN 기술은 가입자 사이트에 VPN-IPv4 주소 체계를 사용하는 사설 주소 방식을 사용한다. 따라서 OLT 는 서로 다른 곳에 존재하는 가입자 사이트들 간의 라우팅 정보를 교환하기 위해 기존 BGP 를 확장한 Multi Protocol BGP (MP-BGP) 기능이 실장되어야 한다. MP-BGP 는 IPv6, IPX, VPN-IPv4 등의 라우팅 정보를 교환하는 것이 가능하다. 또한 OLT 는 가입자 트래픽을 MPLS 터널로 맵핑하기 위한 VRF 테이블을 관리해야 한다.

Ethernet-PON 시스템에서 L2/L3 VPN 을 구현할 경우엔 기존 IP 기반의 VPN 인 IPsec, L2TP, PPTP 를 통해 제공하기 어려웠던 고정 대역폭 서비스를 지원함으로써 망사업자로 하여금 새로운 비즈니스 모델을 창출할 수 있도록 한다. L2/L3 MPLS 기반 VPN 기술은 망사업자의 VPN 서비스 경로상에서 SLA 를 통해 협상된 대역폭을 서비스할 수 있다. 이는 가입자에서 ONU 포트까지는 10/100 혹은 VDSL 로 고정 대역폭을 서비스 할 수 있고 ONU 의 포트 단위 Rate Limiting 기능으로 가입자별로 트래픽 볼륨을 제한할 수 있으며, 하나의 ONU 는 자신에게 유입되는 가입자 트래픽의 총량만큼만 광분배망과 MPLS 백본에서 보장받으면 가입자와 약속한 서비스 품질을 보장할 수 있다. 광분

배망 구간에서는 대역폭 할당 정책에 따라 구성 관리 기능을 통해 특정 ONU 에 고정 대역폭을 할당할 수 있으며, MPLS 백본 망에서는 RSVP 와 같은 자원 예약 프로토콜로 LSP 를 설정함으로써 트래픽 엔지니어링을 통해 약속된 고정 대역 서비스를 제공할 수 있다.

5. 결론

본 고에서는 광가입자망의 유력한 대안 기술인 Ethernet-PON 시스템과 망사업자가 제공하는 L2/L3 MPLS 기반 VPN 기술에 대해 살펴 본 후, Ethernet-PON 에서 L2/L3 MPLS 기반 VPN 서비스 제공을 위해 OLT/ONU 에서 구현되어야 할 기능에 대해 고찰해 보았다. VPN 기술은 현재 표준화가 진행중이며, L3 BGP/MPLS VPN 기술은 표준화가 빠르게 진행되어 이미 IETF 에서 RFC 가 나와있는 상태이고 L2 MPLS 기반 VPN 기술은 현재 초안이 만들어진 상태이다. 그러나 이미 많은 다국적 네트워크 장비 회사의 스위치 또는 라우터 장비에 L2 혹은 L3 MPLS 기반 VPN 기능이 탑재되어 판매되고 있다. 이 VPN 기술은 기본적으로 IP/MPLS 백본망을 전제로 하고 있고 백본망의 장비들이 MPLS 를 지원할 수 있어야 이런 서비스가 가능하다. 이 기술은 Ethernet-PON 기반의 광 가입자망 시스템에 적용할 경우 VPN 을 구축하려는 가입자는 기존 가입자 기반의 VPN 에 비해 적은 장비 비용으로 자신만의 VPN 을 구축할 수 있게 될 것이며, SLA 를 통해 다양한 형태의 서비스를 제공하게 되는 망사업자들에게는 새로운 수익 모델로 등장할 것으로 판단된다.

이와 같은 VPN 서비스를 제공하기 위해선 OLT 서버 시스템은 VLAN ID 로 구별되는 특정 VPN 가입자 트래픽을 L2/L3 에서 MPLS 터널로 맵핑하는 기능이 요구되며, VPN 을 설정하기 위한 운용관리 기능이 요구된다. ONU 서버 시스템에서는 가입자 트래픽을 구별하기 위한 VLAN 태깅 기술과 가입자 트래픽을 제어할 수 있는 Rate Limiting 기능이 필요하다.

참고문헌

- [1] 심재찬, 허재두, 이형호, "Ethernet PON 기술 개발 동향", ETRI 주간기술동향, 1051 호, June, 2002, pp.1~15
- [2] Glen Kramer and Gerry Pesavento, "Ethernet Passive Optical Network(EPON): Building a Next-Generation Optical Access Network", IEEE Comm. Magazine, Feb, 2002, pp.66~73
- [3] E. Rosen, "BGP/MPLS VPNs", IETF, RFC2547, Mar, 1999.
- [4] Peter Tomsu, Gerhard Wieser, MPLS-Based VPNs, Prentice Hall, 2002
- [5] Luca Martini, "An Architecture for L2VPNs", IETF, draft-ietf-ppvpn-l2vpn-00.txt, Jul, 2001.
- [6] Luca Martini, "Transport of Layer 2 Frames over MPLS", IETF, draft-martini-l2circuit-trans-mpls-09.txt, Apr, 2002.