

# 캐리어 이더넷 기술 및 표준화 동향

Technology and Standardization Trends of Carrier Ethernet

New ICT 방송통신융합기술 특집

강태규 (T.K. Kang) 광네트워크연구팀 선임연구원  
 정태식 (T.S. Cheung) 광네트워크연구팀 책임연구원  
 유제훈 (J.H. Yu) 광네트워크연구팀 팀장

## 목 차

- .....
- I. 서론
  - II. 캐리어 이더넷 기술 개요
  - III. 캐리어 이더넷 표준화 동향
  - IV. 결론

이더넷(Ethernet)은 본래 캠퍼스, 기업이나 가정 등 근거리의 LAN 영역에 주로 사용되는 기술이었으나 플러그 앤 플레이(plug and play)와 같은 단순함(simplicity), 적은 설치 비용 및 쉬운 운용 등을 장점으로, 통신 사업자 및 운송자(carrier)의 고유영역인 MAN/WAN에서도 사용 가능한 메트로 이더넷 및 캐리어 이더넷(Metro/Carrier Ethernet)으로 빠른 속도로 진화 발전하고 있는 상황이다. 캐리어 이더넷은 탄력성(resiliency), 신뢰성(reliability), 확장성(scalability), 관리성(manageability) 등과 같은 특징을 중요시하는 통신 사업자 환경에서 이더넷 기반 서비스를 제공할 수 있는 확장된 이더넷 기술을 의미한다. 본 고에서는 캐리어 이더넷 기술에 대한 정의와 관련 서비스를 소개하고, MEF, IEEE 802, ITU-T, IETF 등 국제 기구 및 연관 포럼에서 진행중인 캐리어 이더넷 기술의 표준화 동향을 살펴보고자 한다.

## I. 서론

1973년 Xerox Palo Alto 연구센터의 Robert Metcalfe에 의해 최초 발명된 2.94 Mbps 속도의 이더넷은 1983년 IEEE 802.3 위원회를 통해 10 Mbps 이더넷 표준으로 제정된 이래, 1995년 100 Mbps (Fast Ethernet), 1998년 1 Gbps(Gigabit Ethernet), 2002년 10 Gbps(10 Gigabit Ethernet) 표준까지 그 전송용량을 10배씩 빠르게 높여 왔으며 현재 다음 단계인 40 Gbps/100 Gbps 속도(IEEE 802.3ba)에 대한 논의가 진행중에 있다[1].

이더넷은 원래 산업체나 캠퍼스 등 근거리 영역을 사용하는 LAN 프로토콜의 하나로 개발되었다. 이더넷을 사용하는 주된 이유로는 플러그 앤 플레이와 같은 단순함과 적은 설치 비용 및 쉬운 운용 등을 예로 들 수 있다. 근거리의 제한된 영역에서만 적용되던 다양한 LAN 기술(Token Ring, Token Bus, Ethernet)은 성능대비 가격 경쟁력이 우수한 이더넷으로 통일되었고 저가화 됨에 따라, 이더넷은 캠퍼스, 기업은 물론 일반 가정의 홈 네트워킹 및 가전 제품, 공장 자동화(Industrial Ethernet), 멀티미디어(Audio & Video Ethernet) 분야에까지 광범위하게 확산되어 사용되고 있다.

유무선 서비스가 TPS 및 QPS를 중심으로 발전함에 따라 패킷 트래픽이 급격히 증가하고 있는 상황에서, 통신 사업자는 기존의 오버레이(overlay) 네트워크를 증설하기 보다는 MAN/WAN 영역에도 이더넷을 사용하여 설치 및 운용비용을 줄일 수 있는 캐리어 이더넷 기술을 도입하는 방향으로 확산 전개되고 있는 양상이다. 캐리어 이더넷은 탄력성, 신뢰성, 확장성 및 관리성 등과 같은 특징들을 중요시 하는 캐리어 네트워크 환경에서도 운용이 가능한 확장된 이더넷 기술이다[2],[3]. 서비스 제공자의 관심사항은 캐리어 이더넷을 통해 제공하는 서비스가 정상적으로 동작하고 있는지, 장애 발생시 얼마나 빨리 이를 감지하고 복구할 수 있는지, 서비스별 또는 사용자별로 제공되는 트래픽 양을 어떻게 제한할 수 있는지 등이 있다. 따라서 서비스 제공자 측면

에서는 이더넷을 단순히 데이터 전송 기술로서 생각 하는 것이 아니라, 종단간 서비스 관리 차원에서 적용할 수 있는지의 여부를 핵심 요소로 고려하고 있는 것이다.

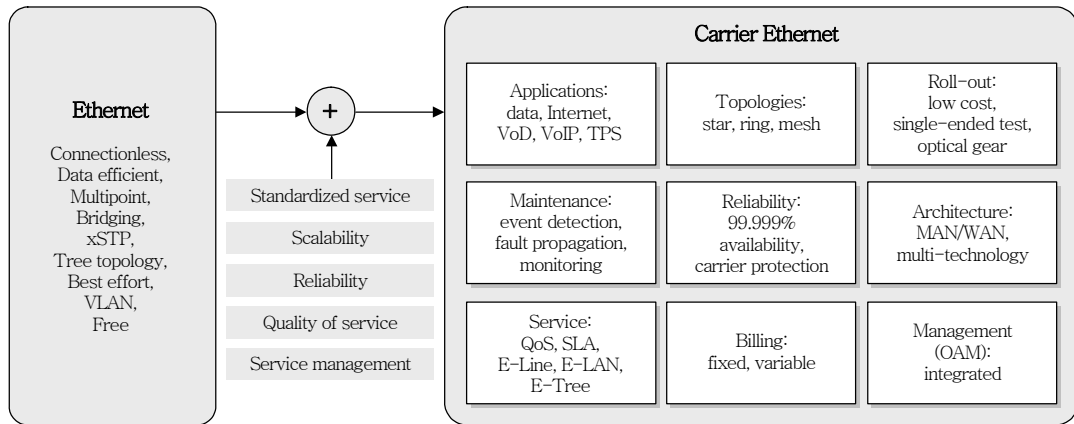
캐리어 네트워크는 SONET/SDH, ATM과 같은 다양한 계층의 전송 프로토콜이 존재하기 때문에 이들 모두를 지원하기 위해서는 네트워크의 모든 계층에 대한 관리 기능을 제공해야 한다. 그러나 전통적인 이더넷은 이러한 사항을 지원할 수 있는 관리 기능이 없기 때문에 엄격한 서비스 품질을 보장할 수 없었다. 또한 장애 발생에 대한 보호 기능이 매우 미약하여 캐리어급 네트워크에 적용하기에 적당하지 않았기 때문에, 캐리어 이더넷에는 SLA, OAM & Protection 등과 같은 요구사항을 충족하는 새로운 기능들이 추가되었다[3],[4]. 현재 전세계 150여 개의 서비스 사업자들은 이더넷 서비스를 제공중이거나 제공할 계획을 수립하고 있으며, 국제 표준화 기구인 IEEE 802, ITU-T 및 민간 포럼인 MEF 등에서는 관련 산업체들이 주축이 되어 기술 표준화 작업을 계속 진행중이다.

본 고에서는 캐리어 이더넷의 정의 및 제공 서비스 등을 먼저 살펴본 후 이와 관련된 국제 표준화 기구의 기술 표준화 동향을 살펴보고자 한다.

## II. 캐리어 이더넷 기술 개요

### 1. 캐리어 이더넷 정의

캐리어 이더넷이라는 용어를 처음 사용하였고 이에 대한 기술 표준화, 제품 인증, 마케팅 등을 주도적으로 추진하고 있는 메트로 이더넷 포럼(Metro Ethernet Forum)의 정의에 따르면, 캐리어 이더넷은 LAN 기반의 이더넷과 차별화가 가능한 표준화된 서비스(standardized service), 확장성(scalability), 신뢰성(reliability), 서비스 품질(quality of service), 서비스 관리(service manageability) 등의 다섯 가지 속성을 지니는 표준화된 캐리어급 서비스 및 네트워크를 의미한다[2].



(그림 1) 캐리어 이더넷 속성 및 특징

(그림 1)에서 보는 바와 같이 캐리어 이더넷을 특징짓는 속성을 정리해 보면 다음과 같다[2],[4].

서비스를 제공하고, 1 Mbps에서 10 Gbps 이상까지 세분화된 대역 증감폭으로 대역폭을 지원한다.

가. 표준화된 서비스(standardized service)

매체와 인프라에 독립적인 표준화된 플랫폼을 통해 지역적 또는 전 세계적으로 제공 가능한 서비스를 제공한다. 메트로 이더넷 포럼에서는 이러한 서비스로 이더넷-라인(E-Line) 서비스, 이더넷-랜(E-LAN) 서비스, 이더넷-트리(E-Tree) 서비스 등 세 가지 유형의 서비스를 정의하고 있다. 각 서비스에 대한 설명은 다음절의 캐리어 이더넷 서비스를 참고하기로 한다. 단, 이러한 서비스를 지원하기 위해 고객의 LAN 장비 또는 네트워크를 변경하는 경우는 없어야 하고, TDM 트래픽 또는 시그널링과 같은 기존 네트워크를 수용할 수 있어야 한다. 표준화된 서비스는 음성, 영상, 데이터가 융합된 네트워크에 적용 가능하고, 고객에게 다양하고 세분화된 대역폭 및 서비스 품질을 제공한다.

나. 확장성(scalability)

수많은 고객들에게 음성, 영상, 데이터를 포함한 광범위한 비즈니스, 정보통신, 엔터테인먼트 애플리케이션을 위한 네트워크 서비스를 제공한다. 서비스 제공자에 의해 구축된 다양한 물리적 인프라를 통해 액세스 및 메트로 구간부터 국가 또는 전 세계까지

다. 신뢰성(reliability)

링크 또는 노드에 문제 발생시 고객에게 영향을 주지 않고 이를 찾아내고 복구하는 기능을 제공함으로써, 가장 중요시하는 서비스 품질 및 가용성(availability)에 관한 요구사항을 충족시킨다. 네트워크 문제 발생시 SONET/SDH 수준인 50 ms 이하의 빠른 복구 시간을 제공한다.

라. 서비스 품질(quality of service)

다양하고 세분화된 대역폭과 서비스 품질 옵션을 지원하고, 비즈니스 및 residential 네트워크상에서 음성, 영상, 데이터에 요구되는 종단간 성능을 전달하는 서비스 수준 협약(service level agreement)을 제공한다. 인정 정보 속도(committed information rate), 프레임 손실, 프레임 지연, 프레임 지연 편차 특성을 기반으로 하는 종단간 성능을 제공하는 서비스 수준 협약을 통해 프로비저닝(provisioning)을 제공한다.

마. 서비스 관리(service management)

특정 업체와 무관한 표준 기반의 방식으로 네트워크를 감시하고(monitor), 진단하고(diagnose), 관

리하는(manage) 기능을 제공한다. 기존 서비스 제공자 모델과 통합될 수 있는 캐리어급의 OAM 성능을 지원하고, 기존 서비스와 비교할 수 있는 빠른 서비스 프로비저닝을 제공한다.

## 2. 캐리어 이더넷 서비스

캐리어 이더넷은 기존의 회선 기반의 SONET/SDH 네트워크가 제공할 수 없었던 파격적인 대역폭 대비 사용료와 함께 고객이 인터넷을 통해 임시적으로 대역폭을 요구하여 서비스를 받을 수 있는 실시간 및 웹 기반 프로비저닝을 제공할 수 있다.

메트로 이더넷 포럼에서는 (그림 2)에서 보는 바와 같이 이더넷-라인 서비스, 이더넷-랜 서비스, 이더넷-트리 서비스의 캐리어 이더넷 서비스를 정의하고

있다[5]. 이러한 서비스는 둘 이상의 가입자 네트워크 인터페이스(user network interface)간 단일 또는 복수 개의 이더넷 가상 연결(Ethernet virtual connection)을 설정하는 것을 기본으로 한다[6].

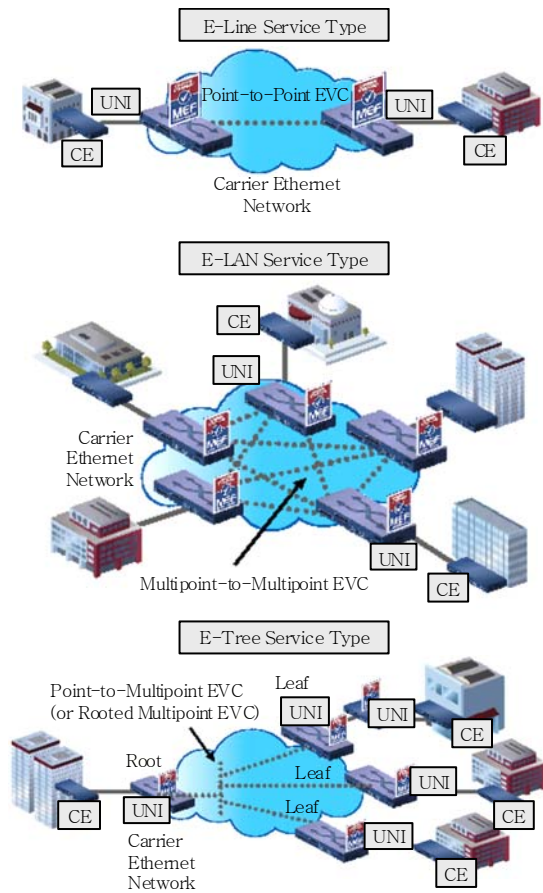
(그림 2)에서 CE는 고객들이 소유하고 있는 스위치 또는 라우터 장비를 의미하고, UNI는 고객과 서비스 제공자간 물리적 경계점(demarcation point)으로 IEEE 802.3 이더넷 인터페이스를 사용한다.

이더넷-라인 서비스는 캐리어 이더넷 네트워크의 UNI를 통해 가입자간에 점-대-점(PtP) 이더넷 가상 연결을 제공하는 서비스로, 사설망 사이트간의 기존 전용 회선(private line) 서비스를 대체하거나 고품질 및 저가형 인터넷 접속 서비스를 제공하기 위한 것이다.

이더넷-랜 서비스는 캐리어 이더넷 네트워크의 UNI를 통해 가입자간의 다중점-대-다중점(MPtMP) 이더넷 가상 연결을 제공하는 서비스로, 기존 L2 가상 사설망(VPN) 서비스를 대체하거나 도시 규모의 지역에 흩어져 있는 지점간의 투명한(transparent) 랜 서비스를 제공하기 위한 것이다.

이더넷-트리 서비스는 캐리어 이더넷 네트워크의 UNI를 통해 점-대-다중점(PtMP) 이더넷 가상 연결을 제공하는 서비스로, 멀티캐스트 또는 브로드캐스트 패킷 영상과 같은 IP 애플리케이션을 지원하기 위한 것이다. 참고로 단일 루트(root) UNI와 다중 리프(leaf) UNI 간의 이더넷 가상 연결에만 서비스가 가능하여 Rooted Multipoint EVC라고도 한다.

이상에서 정리한 캐리어 이더넷 서비스를 단일



(그림 2) 캐리어 이더넷 서비스 유형

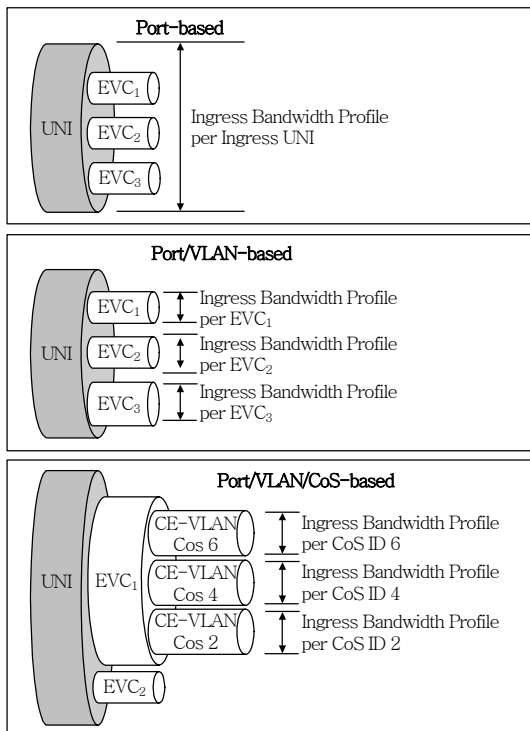
<표 1> 캐리어 이더넷 서비스 정의

| Service Type                         | Port-based (All-to-One Bundling) | VLAN-based (Service Multiplexed)         |
|--------------------------------------|----------------------------------|--|
| E-Line (Point-to-Point EVC)          | Ethernet Private Line (EPL)      | Ethernet Virtual Private Line (EVPL)     |
| E-LAN (Multipoint-to-Multipoint EVC) | Ethernet Private LAN (EP-LAN)    | Ethernet Virtual Private LAN (EVP-LAN)   |
| E-Tree (Point-to-Multipoint EVC)     | Ethernet Private Tree (EP-Tree)  | Ethernet Virtual Private Tree (EVP-Tree) |

(port-based) 또는 복수(VLAN-based) EVC로 각각 나누어 정리하면 <표 1>과 같다[5].

캐리어 이더넷은 이러한 서비스를 바탕으로 인터넷 액세스, VoD, VoIP, 게임 등의 가입자 서비스부터 스토리지 확장, 재난 복구, 콘텐츠 유통, 비디오 스트리밍 등의 비즈니스 서비스, 전용 회선 및 가상 사설 네트워크 등의 비즈니스 서비스까지 거의 모든 애플리케이션 영역에 적용이 가능하다.

또한 고객마다 SLA에 따른 서비스 품질 정책을 설정할 수 있는데, 메트로 이더넷 포럼에서는 서비스 품질 정책 설정과 관련하여 UNI 서비스 속성(UNI EVC service attributes), EVC 서비스 속성(EVC service attributes), 대역폭 프로파일(bandwidth profile) 등의 규격을 정의함으로써, 사업자들이 캐리어 이더넷 서비스를 제공하는 데 있어 일관성을 유지하도록 하고 있다. 캐리어 이더넷은 (그림 3)과 같이 UNI, EVC, CoS ID별 세 가지 유형의 프로파일 및 관련 파라미터를 통해 서비스 품질을 정의할 수 있다[6].



(그림 3) 대역폭 프로파일 유형

### Ⅲ. 캐리어 이더넷 표준화 동향

#### 1. 캐리어 이더넷 서비스 전달

메트로 이더넷 포럼에서는 이더넷 서비스 및 속성, 네트워크 구조 프레임워크, 트래픽 관리, 시험 등의 규격을 정의하였으나[2], 캐리어 네트워크상에서 여기서 정의한 서비스들을 어떻게 전달할 것인지에 대한 규격은 명시하지 않았다. 이더넷은 전통적으로 MAN/WAN 애플리케이션에 적용하는 데 있어 많은 제약 사항을 가지고 있었는데, 브리지 및 스페닝 트리 확장성, 사용자 트래픽 보안, 서비스 품질 측정, 장애 관리(OAM, protection) 등을 예로 들 수 있다. 이러한 이유로 초기에는 ITU-T의 Ethernet over SONET/SDH, IETF의 Ethernet over MPLS 등 기존 기술을 활용한 이더넷 서비스 전달 기술에 관한 표준화가 진행 및 완료되었다. 최근에는 IEEE 802.1의 PBB-TE, ITU-T & IETF JWT의 MPLS-TP 등의 연결 지향형 이더넷(connection-oriented Ethernet) 기술을 중심으로 이더넷 서비스 전달에 관한 표준화가 활발하게 진행중이고, 이를 채택 및 적용하려는 개발 업체와 사업자들이 계속 증가하고 있는 추세이다[7]. 이상에서 언급한 이더넷 서비스 전달 기술 표준화 동향을 간략히 정리해보면 다음과 같다.

##### 가. Ethernet over SONET/SDH

EoS는 점-대-점 이더넷 링크를 SONET/SDH에서 효율적으로 수용하기 위하여, 대역폭의 유연한 할당을 위한 VCAT(G.707)[8], 이더넷 프레임을 SONET/SDH 프레임으로 매핑하기 위한 GFP(G.7041)[9], 가상 연결 기능을 사용할 경우 동적 대역폭 할당을 위한 LCAS(G.7042)[10] 등의 ITU-T 기술을 이용한다. EoS는 기존 SDH 장치를 재사용할 수 있고, 장애에 대한 유연성 및 고 가용성을 제공하는 SDH의 관리 및 복구 기능을 사용할 수 있는 장점이 있다. EoS는 광 전송 장비의 MSPP에 적용되어 현재 일반적으로 사용되고 있다.

나. Ethernet over MPLS

EoMPLS는 IETF 유사 회선(pseudo-wire) 관련 프로토콜(RFC 3985-PWE3 Architecture[11], RFC 4448-Ethernet PWs[12])을 사용하여 IP/MPLS상에 이더넷 서비스를 전달하기 위한 기술이다. 이더넷 링크는 IP/MPLS 전달망상의 MPLS 프레임 포워딩을 위한 외부 터널 LSP(tunnel label)와 외부 터널 LSP 안에서 점-대-점 이더넷 서비스를 분리하는 가상 회선 LSP(virtual circuit label)를 이용하여 유사 회선으로 전달된다. 이러한 기본 개념을 이용하여 점-대-점의 VPWS(또는 VLL), 다중점의 VPLS/H-VPLS[13],[14] 등 L2 MPLS 기반 VPN 서비스를 지원할 수 있다. EoMPLS는 현재 백본 및 코어 라우터 장치에 적용되어 일반적으로 사

용되고 있다. IETF MPLS WG에서는 ITU-T에서 시작한 EoMPLS 기술의 일종인 T-MPLS를 기존 MPLS와 연동할 수 있도록 하기 위한 MPLS-TP 표준화를 2008년 초부터 진행하고 있다[15].

다. Ethernet over Carrier Ethernet Transport

EoS, EoMPLS가 타 기술을 이용하여 이더넷 서비스를 전달하기 위한 초기 기술인데 반해, 최근 활발한 논의가 진행중인 EoCET는 기존 이더넷의 부족한 기능을 보완 및 개선하여 이더넷 서비스를 전달하기 위한 기술이다. 이더넷 관련 표준화를 주관하고 있는 IEEE 802는 취약한 OAM 기능을 보완하여 장애를 관리하기 위한 802.1ag CFM[16], VLAN 및 MAC 주소를 확장하여 캐리어 네트워크에 사용하기

〈표 2〉 Ethernet over Carrier Ethernet Transport 표준 요약

| Standards Body  | Ethernet Service  | Architecture/Control  | Ethernet OAM   | Ethernet Interface   |
|---|---|---|--|--|
|  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.3-MAC</li> <li>• 802.1D/Q-Bridges/VLAN</li> <li>• 802.17-Resilient Packet Ring</li> <li>• 802.1ad-Provider Bridges</li> <li>• 802.1ah-Provider Backbone Bridges</li> <li>• 802.1Qay-Provider Backbone Bridge Traffic Engineering</li> <li>• 802.1ak-Multiple Registration Protocol</li> <li>• 802.1aj-Two Port MAC Relay</li> <li>• 802.1AE/af-MAC/Key Security</li> <li>• 802.1aq-Shortest Path Bridging</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.3ah-EFM OAM</li> <li>• 802.1ag-CFM</li> <li>• 802.1AB-Link Discovery</li> <li>• 802.1ap-VLAN MIB</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.3-PHYs</li> <li>• 802.3as-Frame Expansion</li> </ul>  |
|   |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• MEF10.1-Service Attributes</li> <li>• MEF3-Circuit Emulation</li> <li>• MEF6.1-Service Definitions</li> <li>• MEF8-PDH Emulation</li> <li>• MEF9/14/18/19/21-Test Suite</li> <li>• MEF22-Wireless Backhaul</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• MEF4-Generic Architecture</li> <li>• MEF2-Protection Req. &amp; Framework</li> <li>• MEF11-UNI Req. &amp; Framework</li> <li>• MEF12-Service Layer Architecture</li> <li>• Class of Service</li> <li>• Ethernet Service Constructs</li> <li>• NID Specifications</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• MEF7-EMS-NMS Information Model</li> <li>• MEF15-Network Element Management Req.</li> <li>• MEF17-Service OAM Req. &amp; Framework</li> <li>• OAM Performance Management</li> <li>• OAM Fault Management</li> <li>• EMS-NMS Phase 2</li> <li>• Delivered Throughput</li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• G.8011-Service Framework</li> <li>• G.8011.1-EPL Service</li> <li>• G.8011.2-EVPL Service</li> <li>• G.8011.2-EVPL Service Architecture</li> <li>• G.smc-Service Management Channel</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• G.8010-Layer Architecture</li> <li>• G.8021-Equipment Model</li> <li>• G.8010v2-Layer Architecture</li> <li>• G.8021v2-Equipment Model</li> <li>• Y.17ethmpls-ETH-MPLS Interwork</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Y.1730-Ethernet OAM Req.</li> <li>• Y.1731-OAM Mechanisms</li> <li>• G.8031-Linear Protection</li> <li>• G.8032-Ring Protection</li> <li>• Y.17ethqos-QoS</li> <li>• Y.ethperf-Performance</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• G.8012-UNI/NNI</li> <li>• G.8012v2-UNI/NNI</li> </ul>   |
|   |    |   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• TMF814-EMS to NMS Model</li> </ul>  |

위한 802.1ad PB[17] 및 802.1ah PBB[18], 트래픽 엔지니어링 기능을 추가한 802.1Qay PBB-TE [19] 기술 등의 표준화를 완료 또는 진행하고 있다. <표 2>는 각 표준화 관련 기구 및 기술 영역별로 EoCET 관련 표준을 정리한 내용이다[4].

이하의 절에서는 EoCET 기술의 후보로 거론되고 있는 IEEE 802의 PBB-TE 기술과 경쟁 기술인 ITU-T & IETF JWT MPLS-TP 기술에 대해 살펴보기로 한다.

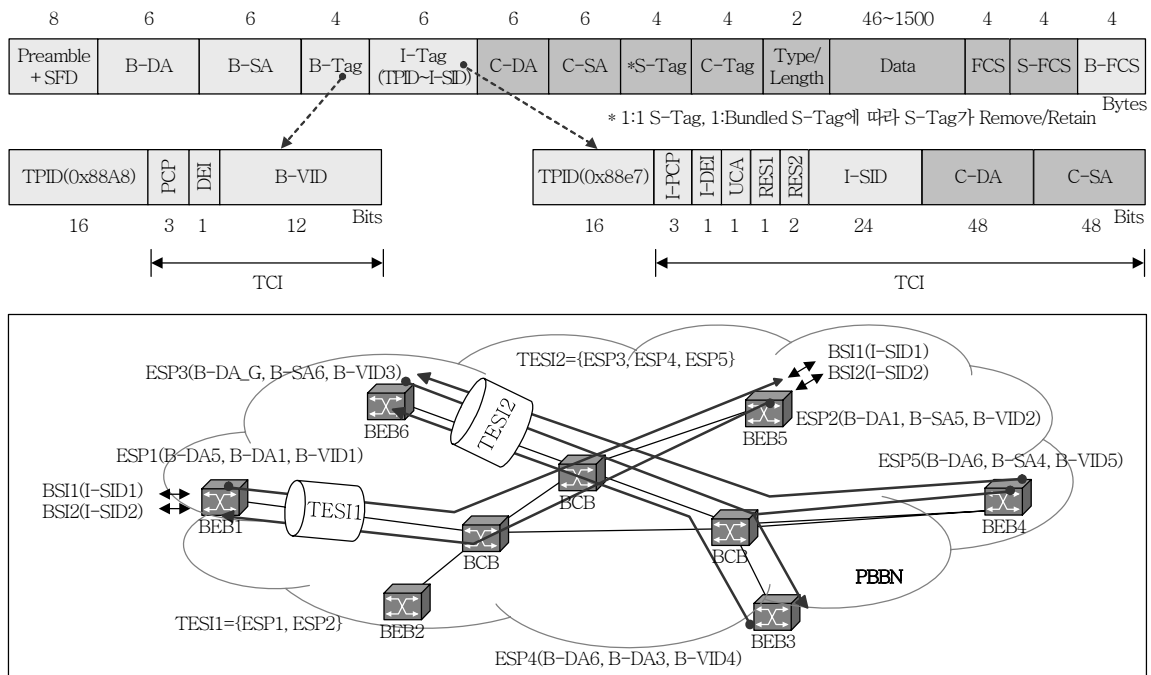
## 2. IEEE 802 표준화 동향

PBB-TE(또는 PBT)는 VLAN-aware 브리지(provider backbone bridge) 기반의 패킷 전달 기술을 구현하기 위한 방안으로 BT & Nortel에 의해 제안되었고, 2007년 5월부터 IEEE 802.1Qay로 표준화가 진행되고 있다.

브리지는 본래 스페닝 트리 프로토콜(spanning tree protocol)을 기반으로 학습(learning), 포워딩(forwarding), 필터링(filtering) 등의 기능을 수행하

지만, PBB-TE에서는 학습, 플러딩(flooding of unknown) 등을 사용하지 않고 스페닝 트리 프로토콜 대신 외부의 프로비저닝 시스템(GMPLS-IETF RFC 3945와 같은 분산형 제어 평면 또는 SNMP와 같은 집중형 관리 평면)을 통해 트래픽 엔지니어링된 점-대-점, 점-대-다중점 터널링 경로를 적극적으로 설정하는 것을 기본으로 한다. 이를 위해 PBB-TE는 PBB 내에서 PBB을 위한 B-VID와 PBB-TE을 위한 B-VID 영역 분리, 미지의 목적지 주소 프레임 폐기, 프로비저닝된 트래픽 엔지니어링 경로상의 연결성 장애 관리, 로드 세어링을 포함한 보호 절제 등의 기능을 정의하고 있다. 그러나, 다중점-대-다중점 서비스는 IS-IS link state 프로토콜을 기반으로 하는 IEEE 802.1aq SPB 제어 평면을 통해 PBB상에서 지원한다[7].

PBB-TE는 (그림 4)에서 보는 바와 같이 고객의 Untagged, C-Tagged, S-Tagged 서비스 인터페이스에 대해 MAC-in-MAC 인캡슐레이션(B-DA, B-SA, B-Tag, I-Tag 삽입)을 수행하여 고객 네트워크와 프로바이더 네트워크를 분리하는 PBB 프레



(그림 4) MAC-in-MAC 프레임 형식 및 BSI/ESP/TESI 정의

임 형식을 이용한다[18]. PBB-TE는 (그림 4)의 802.1ah MAC-in-MAC 프레임의 I-SID를 통해 정의되고, PBBN 내에서의 MAC 서비스를 의미하는 BSI(~2<sup>24</sup>개), 3-Tuple(B-DA, B-SA, B-VID)을 통해 정의되며, PPBN 상의 프로비저닝된 TE 단방향 연결 경로를 의미하는 ESP(~2<sup>59</sup>개), PBBN 상의 양방향 서비스 구성을 위해 ESP 그룹 형태로 제공되는 TESI를 이용하여 서비스를 전달한다[19].

### 가. Ethernet OAM & Protection

PBB-TE는 장애 검출 및 통보(fault detection and notification)를 위하여 connectivity check, loopback, link-trace 기능을 정의한 IEEE 802.1ag CFM, 성능 모니터링을 위해 프레임 지연, 프레임 지연 편차, 프레임 손실 등을 정의하고 있는 ITU-T Y.1731[20], 선형 보호 절체를 정의한 ITU-T G.8031[21] 등을 선별적으로 사용하여 이더넷 서

<표 3> OAM 기능과 프레임 종류

| Functions                         | OAM Frame      | ITU-T Y.1731 | IEEE 802.1ag |
|-----------------------------------|----------------|--------------|--------------|
| Continuity Check                  | CCM            | Yes          | Yes          |
| Loopback                          | LBM-LBR        | Yes          | Yes          |
| Link Trace                        | LTM-LTR        | Yes          | Yes          |
| Alarm Indication Signal           | AIS            | Yes          | No           |
| Remote Defect Indication          | CCM            | Yes          | Yes          |
| Lock Signal                       | LCK            | Yes          | No           |
| Test Signal                       | TST            | Yes          | No           |
| Automatic Protection Switching    | APS            | Yes          | No           |
| Maintenance Communication Channel | MCC            | Yes          | No           |
| Experimental OAM                  | EXM-EXR        | Yes          | No           |
| Vendor Specific OAM               | VSM-VSR        | Yes          | No           |
| 프레임 손실 측정: Dual-ended             | CCM            | Yes          | No           |
| 프레임 손실 측정: Single-ended           | LMM-LMR        | Yes          | No           |
| 프레임 지연 측정: One-way                | 1DM            | Yes          | No           |
| 프레임 지연 측정: Two-way                | DMM-DMR        | Yes          | No           |
| Throughput Measurement            | LBM-LBR 또는 TST | Yes          | No           |

비스의 연결성 장애 및 성능 관리를 수행한다.

참고적으로 이더넷 OAM에는 물리적인 이더넷 링크상에서 발생하는 장애를 처리하는 ETY Layer OAM과 이더넷 MAC을 이용한 연결 경로(예를 들어 PBB-TE 터널)상에서 발생하는 장애를 처리하는 ETH Layer OAM이 있다. ETY Layer OAM 관련 표준으로는 IEEE 802.3ah EFM이 있고, ETH Layer OAM 표준으로는 IEEE 802.1ag, ITU-T Y.1730/1731, MEF 17 등이 있다[4].

ITU-T, IEEE 802 표준화 기구에 대응하는 ETH Layer OAM의 세부 기능 및 관련 프레임들을 정리하면 <표 3>과 같다.

### 나. Provider Link State Bridging

PLSB는 PBB상에서 다중점-대-다중점 서비스를 지원하기 위해 Nortel에 의해 제안되었고, 2006년 3월부터 IEEE 802.1aq SPB로 표준화가 진행되고 있다.

IEEE 802.1aq SPB에서 정의하고 있는 PLSB의 특성을 요약하면[22],

- (1) PBB에서 루프 방지를 위해 적용된 STP 대신 모든 PLSB 노드는 IS-IS 프로토콜로 동작한다.
- (2) IS-IS 프로토콜을 통해 PLSB 네트워크에 속한 모든 노드는 각 PLSB 노드의 고유한 B-MAC 정보(각 노드의 구분자 역할을 함)와 PLSB 네트워크의 에지 노드에 등록된 I-SID 정보를 공유한다.
- (3) PLSB 노드는 각 노드의 B-MAC 정보 공유를 통해 PLSB 네트워크에 속한 모든 노드가 포함된 최단 경로 토폴로지를 알 수 있으며, VPN ID 역할을 하는 I-SID가 어떤 PLSB 에지 노드에 속해 있는지 알 수 있다.
- (4) PLSB 네트워크의 VLAN에 속한 코어 노드는 flooding, broadcasting, source MAC learning을 사용하지 않는다.
- (5) IS-IS를 통해 수집한 각 PLSB 노드의 B-MAC 주소들은 unicast FIB에 자동 저장된다.

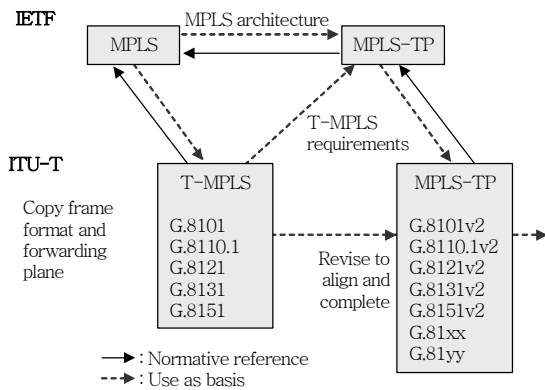


- (6) 또한 모든 PLSB 노드는 I-SID와 1:1 매핑되는 multicast FIB 엔트리를 형성하고, 이를 통해 unknown, broadcast, multicast 패킷을 전달한다.
- (7) PLSB는 IEEE 802.1ah에서 정의하고 있는 PBB의 데이터 평면을 그대로 사용한다. 즉, PBB의 MAC-in-MAC 인캡슐레이션을 그대로 사용한다.

### 3. ITU-T & IETF JWT 표준화 동향

T-MPLS는 기존의 MPLS를 단순화 하여 코어 망에서 패킷 전달 기술을 구현하기 위한 방안으로 Alcatel-lucent에 의해 제안되었고, ITU-T SG15에서 표준화가 진행되어 왔다. 그러나 IETF에서는 T-MPLS가 기존의 MPLS와 동일한 EtherType과 OAM 레이블을 사용하면서도 MPLS와는 다른 새로운 OAM PDU와 프로토콜을 정의하고자 함으로써 기존 MPLS 망과의 상호 운용성 문제를 일으킬 수 있다는 문제를 제기하였다. 이후 IETF는 ITU-T SG15에 이 문제를 논의하기 위한 Joint Working Team 구성을 제의하였고, ITU-T SG15는 2008년 1월 플레너리에서 이러한 문제점을 인정하여 그 동안 진행되던 T-MPLS 관련 권고안 작업을 모두 중지하고 IETF 내에서 MPLS-TP라는 이름으로 새롭게 논의하기로 합의하였다.

MPLS-TP는 기본적으로 MPLS 내에 포함되며



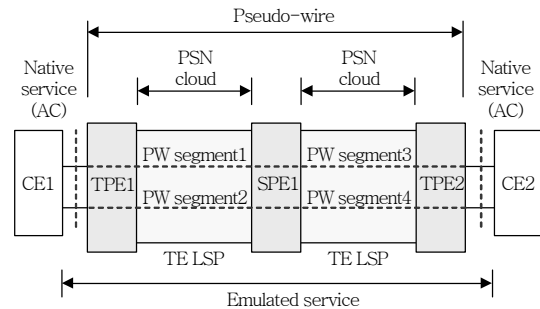
(그림 5) T-MPLS/MPLS-TP 표준 진화 방안

T-MPLS 요구사항을 만족하기 위한 기능들이 프로파일에 추가될 예정이다. (그림 5)는 IETF와 ITU-T가 합의한 MPLS, T-MPLS, MPLS-TP 표준의 진화 방안을 도식적으로 나타낸 것이다.

현재까지의 MPLS-TP 표준화는 MPLS의 전달 프로파일 정의를 위해 MPLS의 구조에 대해 고찰한 결과가 RFC 5317[23]로 승인되었고, MPLS-TP의 전달 평면, OAM, 제어 평면, 관리, 망 생존성 등에 대한 인터넷 드래프트 27건이 논의 중이다.

#### 가. MPLS-TP 구조

MPLS-TP의 구조는 (그림 6)에서 보는 바와 같이 MPLS-TE[24], PW[11], MS-PW[25]의 구조를 기반으로 한다. LSP는 MPLS-TP를 구성하는 주 요소에 해당하고 PW는 주요 클라이언트 계층에 해당한다[26].



(그림 6) MPLS-TP 구조

#### 나. MPLS-TP 어드레싱

MPLS-TP는 망 관리 및 시그널링을 목적으로 MPLS-TP 노드를 구분하기 위해 IPv4 또는 IPv6 주소를 기본으로 사용한다. 포워딩 평면에서 서비스 context나 OAM을 위해 구분자가 필요한데, MPLS에서는 IP 주소를 사용하는데 반해 MPLS-TP는 포워딩 평면에서 IP 주소가 사용되지 않는 경우에도 동작해야 하므로 G-ACH를 이용한다. 또한, OAM alert 메커니즘의 경우에도 MPLS는 만료 또는 목적지 IP 주소를 사용하는데 반해 MPLS-TP는 G-ACH 내의 GAL을 사용한다.

다. MPLS-TP 포워딩

MPLS-TP LSP는 MPLS 레이블 스위칭[24]을 사용하여 레이블 스와핑되어 가며 TTL 만료시 스와핑이 중지되고 해당 LSR에서 패킷이 처리되거나 폐기된다. MPLS-TP LSP는 PtP LSP의 경우 단방향 또는 양방향 구성이 가능하고, 양방향 구성의 경우에는 서로 다른 방향의 두 LSP가 동일한 경로를 경유하도록 설정이 가능해야 한다. PtMP LSP는 MPLS와 마찬가지로 단방향으로 구성된다. MPLS-TP는 패킷별 ECMP 부하 분산 기능과 PHP 기능을 사용하지 않는 것을 기본으로 한다. 그러나 MPLS-TP와 MPLS가 모두 PHP를 사용하는 것은 후속 표준에서 논의될 예정이다. MPLS-TP PW는 단일 PW 및 MS-PW의 포워딩 동작을 지원한다[11], [25]. PtMP PW는 현재 IETF에서 정의중이며 필요시 MPLS-TP에도 적용될 예정이다.

라. MPLS-TP OAM

MPLS-TP OAM은 section, LSP, PW 계층에서 적용 가능하다[27]. MPLS-TP OAM에서 정의하고 있는 ME를 정리해 보면,

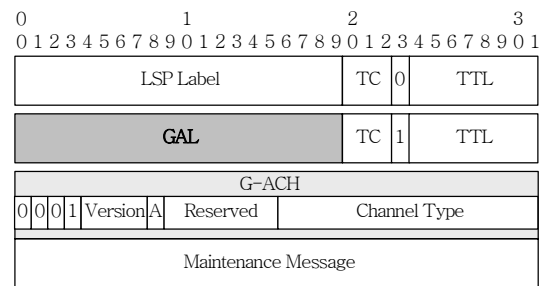
- (1) SME(Section ME): MPLS-TP section을 모니터링하고 관리(LSR 사이),
- (2) LME(LSP ME): End-to-End LSP를 모니터링하고 관리(LER 사이),
- (3) PME(PW ME): End-to-End SS/MS-PW를 모니터링하고 관리(T-PE 사이),
- (4) TLME(LSP Tandem Connection ME): LSP Tandem Connection(또는 LSP segment)를 모니터링하고 관리(LER과 임의의 LSR 사이),
- (5) TPME(MS-PW Tandem Connection ME): SS/MS-PW Tandem Connection(또는 PW segment)를 모니터링하고 관리(TPE와 임의의 SPE 사이) 등이 있다.

MPLS-TP OAM에서 정의하고 있는 기능으로는 continuity check, connectivity verification, performance monitoring, alarm suppression,

remote integrity, on-demand/continuous operation이 있다.

마. G-ACH & GAL

MPLS-TP는 FCAPS를 지원하기 위해 PWE3의 ACH와 유사한 G-ACH를 이용한다. 패킷 내에 G-ACH 포함 여부는 GAL에 의해 표시되며 GAL은 레이블 스택의 맨 아래에 위치한다. (그림 7)은 GAL과 G-ACH를 포함하는 MPLS-TP LSP OAM 프레임 형식을 나타낸다.



(그림 7) MPLS-TP LSP OAM 프레임 형식

바. 제어 평면

MPLS-TP는 다수의 벤더와 도메인 환경에서 신속하고 동적이며 신뢰성 있는 서비스 프로비저닝을 가능케 하기 위해 분산 제어 평면을 사용한다.

MPLS-TP 제어 평면은 PW용 MPLS 제어 평면과 LSP용 GMPLS 제어 평면의 조합에 기반하여 PW 시그널링을 위해서는 LDP를 이용하고, LSP 시그널링을 위해서는 RSVP-TE를 이용하며, LSP 라우팅을 위해서는 OSPF-TE와 ISIS-TE를 이용한다. MPLS-TP 제어 평면을 이용하지 않고 정적으로 LSP와 PW를 구성하는 것도 가능하다.

MPLS-TP의 제어 평면 주요 기능으로는 시그널링 및 라우팅, TE 및 constraint 기반 경로 계산, OAM에 대한 반응(관리 평면 기능에 속한다는 의견도 제시되어 논의중), 제어 평면 자체의 생존성(데이터 평면과 decouple되어 상호 장애에 독립적으로 동작) 등이 있다.

사. 생존성

MPLS-TP는 선형, 링 및 메시 보호 절체를 지원한다. MPLS-TP에서의 보호 대상은 section, LSP 및 PW이며, OAM에 의존한 보호 절체와 APS에 기반한 보호 절체를 지원한다. 또한 MPLS-TP 보호 절체는 서버 계층의 메커니즘과의 race condition 발생을 방지하기 위해 홀드-오프(hold-off)와 같은 메커니즘을 가지고 있으며 복원 및 비복원 동작 모드도 지원한다.

아. MPLS-TP 망 관리

MPLS-TP의 망 관리 요구사항은 ITU-T 권고안 G.7710/Y.1701[28]의 일반 규정에서 도출한 내용으로 정의하고 있다[29]. MPLS-TP에서 제공되는 망 관리 기능으로는 장치 관리(equipment management), 장애 관리(fault management), 구성 관리(configuration management), 성능 관리(performance management) 등이 있다.

넷 트래픽의 증가를 효율적으로 수용하기 위해, 기존 SONET/SDH 전달망을 캐리어 이더넷 기반 전달망으로 전환시키고 있기 때문이다. 궁극적으로 캐리어 이더넷은 IP와 함께 NGN 개념에 입각한 단일 네트워크를 실현할 수 있는 Carrier Ethernet Transport 기술로 발전할 것이다.

약어 정리

|         |  |
|---------|--|
| APS     | Automatic Protection Switching                             |
| ATM     | Asynchronous Transfer Mode                                 |
| BCB     | Backbone Core Bridge                                       |
| BEB     | Backbone Edge Bridge                                       |
| BSI     | Backbone Service Instance                                  |
| CE      | Customer Equipment   |
| CFM     | Connectivity Fault Management                              |
| ECMP    | Equal Cost Multiple Path                                   |
| ESP     | Ethernet Switched Path                                     |
| EVC     | Ethernet Virtual Connection                                |
| FCAPS   | Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security |
| FIB     | Forwarding Information Base                                |
| G-ACH   | Generic Associated Channel                                 |
| GAL     | Generic Alert Label  |
| GFP     | Generic Framing Procedure                                  |
| GMPLS   | Generalized MPLS   |
| H-VPLS  | Hierarchical VPLS  |
| I-SID   | Backbone Service Instance Identifier                       |
| IS-IS   | Intermediate System to Intermediate System                 |
| LCAS    | Link Capacity Adjustment Scheme                            |
| LDP     | Label Distribution Protocol                                |
| LSP     | Label Switched Path  |
| LSR     | Label Switched Router                                      |
| MAC     | Media Access Control                                       |
| ME      | Maintenance Entity   |
| MPLS    | Multi-Protocol Label Switching                             |
| MPLS-TE | MPLS-Traffic Engineering                                   |
| MPLS-TP | MPLS-Transport Profile                                     |
| MPTMP   | Multi-Point to Multi-Point                                 |
| MS-PW   | Multi-Segment PW   |
| OAM     | Operation, Administration, Maintenance                     |
| OSPF    | Open Shortest Path First                                   |

IV. 결론

캐리어 이더넷은 글로벌 경제위기에도 불구하고 통신업계에서 매우 빠른 속도로 시장을 확대하고 있다. 이는 국내외 통신 사업자들이 TPS 또는 QPS로 발전하고 있는 유무선 서비스로 인한 지속적인 인터

● 용어해설 ●

**유사 회선(Pseudo-wire):** 컴퓨터 네트워크 및 통신에서 기존 통신 서비스를 패킷 기반 네트워크 상에서 제공하는 것을 의미하며, 기존 통신 서비스란 ATM, Frame Relay, Ethernet, TDM, SONET/SDH 등을 의미하고 패킷 기반 네트워크는 MPLS 또는 IP(IPv4 혹은 IPv6), L2TPv3 등을 말한다.

**트래픽 엔지니어링(Traffic Engineering):** 네트워크에서 서비스 품질을 보장하면서도 자원을 효율적으로 이용하기 위한 기술을 의미하며, 패킷 트래픽 관점에서는 망내의 불균형적인 트래픽 상황으로 인한 혼잡 현상을 피하기 위해 각 링크에 트래픽 흐름을 균형있게 배분하는 기술을 말한다.

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| PB     | Provider Bridge                      |
| PBB    | Provider Backbone Bridge             |
| PBB-TE | PBB-Traffic Engineering              |
| PBT    | Provider Backbone Transport          |
| PLSB   | Provider Link State Bridging         |
| PtMP   | Point to Multi-Point                 |
| PtP    | Point to Point                       |
| PW     | Pseudo-Wire                          |
| PWE3   | PW Emulation Edge-to-Edge            |
| QPS    | Quadruple Play Service               |
| RSVP   | Resource Reservation Protocol        |
| SDH    | Synchronous Digital Hierarchy        |
| SLA    | Service Level Agreement              |
| SNMP   | Simple Network Management Protocol   |
| SPB    | Shortest Path Bridging               |
| SS-PW  | Single-Segment PW                    |
| STP    | Spanning Tree Protocol               |
| TDM    | Time Division Multiplexing           |
| TE     | Traffic Engineering                  |
| TESI   | Traffic Engineering Service Instance |
| T-MPLS | Transport MPLS                       |
| TPE    | Transport PE                         |
| TPS    | Triple Play Service                  |
| TTL    | Time-To-Live                         |
| UNI    | User Network Interface               |
| VCAT   | Virtual Concatenation                |
| VLAN   | Virtual Local Area Network           |
| VLL    | Virtual Leased Line                  |
| VPLS   | Virtual Private LAN Service          |
| VPN    | Virtual Private Network              |
| VPWS   | Virtual Private Wire Service         |

## 참 고 문 헌

- [1] [http://www.ieee802.org/1/\(or /3/\)](http://www.ieee802.org/1/(or /3/))
- [2] <http://www.metroethernetforum.org/>
- [3] Aref Meddeb, "Why Ethernet WAN Transport?," *IEEE Comm. Magazine*, Nov. 2005, pp.136-141.
- [4] Adul Kasim et al., "Delivering Carrier Ethernet: Extending Ethernet Beyond the LAN," McGRAW Hill, Oct. 2007.
- [5] MEF Technical Specification-MEF6.1, "Ethernet Services Definition Phase 2," Apr. 2008.
- [6] MEF Technical Specification-MEF10.1, "Ethernet Services Attributes Phase 2," Nov. 2006.
- [7] David Allan et al., "Ethernet as Carrier Transport Infrastructure," *IEEE Comm. Magazine*, Feb. 2006, pp.134-140.
- [8] ITU-T G.707/Y.1322, "Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy," Oct. 2000.
- [9] ITU-T G.7041/Y.1303, "Generic Framing Procedure," Jan. 2002.
- [10] ITU-T G.7042/Y.1305, "Link Capacity Adjustment Scheme(LCAS) for Virtual Concatenated Signals," Feb. 2004.
- [11] S. Bryant and P. Pate, "Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge(PWE3) Architecture," RFC 3985, Mar. 2005.
- [12] L. Martini, N. El-Aawar, and G. Herson, "Encapsulation Methods for Transport of Ethernet over MPLS Networks," RFC 4448, Apr. 2006.
- [13] K. Kompella and Y. Rekhter, "Virtual Private LAN Service(VPLS) Using BGP for Auto-Discovery and Signaling," RFC 4761, Jan. 2007.
- [14] M. Lasserre and V. Kompella, "Virtual Private LAN Service(VPLS) Using Label Distribution Protocol(LDP) Signaling," RFC 4762, Jan. 2007.
- [15] <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>
- [16] IEEE Std. 802.1ag-2007, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 5: Connectivity Fault Management," Dec. 2007.
- [17] IEEE Std. 802.1ad-2005, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 4: Provider Bridges," May 2005.
- [18] IEEE Std. 802.1ah-2008, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 7: Provider Backbone Bridges," June 2008.
- [19] IEEE P802.1Qay/D4.5, "IEEE Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment: Provider Backbone Bridges-Traffic Engineering," Oct. 2008.

- [20] ITU-T Y.1731, "OAM Functions and Mechanisms for Ethernet Based Networks," Feb. 2008.
- [21] ITU-T G.8031/Y.1342, "Ethernet Protection Switching," June 2006.
- [22] IEEE P802.1aq/D1.5, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 9: Shortest Path Bridging," Dec. 2008.
- [23] S. Bryant and L. Andersson, "JWT Report on MPLS Architectural Considerations for a Transport Profile," RFC 5317, Feb. 2009.
- [24] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture," RFC 3031, Jan. 2001.
- [25] M. Bocci and S. Bryant, "An Architecture for Multi-Segment Pseudowire Emulation Edge-to-Edge," draft-ietf-pwe3-ms-pw-arch-05, Sep. 2008.
- [26] M. Bocci, S. Bryant, and L. Levrau, "A Framework for MPLS in Transport Networks," draft-ietf-mpls-tp-framework-00, Nov. 27, 2008.
- [27] M. Vigoureux, D. Ward, M. Betts, M. Bocci, and I. Busi, "Requirements for OAM in MPLS Transport Networks," draft-vigoureux-mpls-tp-oam-requirements-01, Nov. 2008.
- [28] ITU-T Rec. G.7710/Y.1701, "Common Equipment Management Function Requirements," July 2005.
- [29] S. Mansfield, K. Lam, and E. Gray, "MPLS TP Network Management Requirements," draft-gray-mpls-tp-nm-req-01, Oct. 2008.