

# 차세대 네트워크 인프라를 위한 캐리어 이더넷 기술

Carrier Ethernet for Next Generation Network Infrastructure

## 광대역통합망기술 특집

주성순 (S.S. Joo)	캐리어이더넷연구팀 책임연구원
안계현 (K.H. Ahn)	캐리어이더넷연구팀 선임연구원
이유경 (Y.K. Lee)	캐리어이더넷연구팀 팀장

## 목 차

- .....
- I . 머리말
  - II . WAN Transport 서비스와 이더넷
  - III . 캐리어 이더넷 기술
  - IV . 캐리어 이더넷 발전 전망
  - V . 맺는말

최초의 이더넷 IEEE 표준인 48비트 주소체계와 버스 토폴로지를 갖는 10Mbps 이더넷이 1985년에 승인받은 이후, 이더넷 기술은 1995년 100Mbps 이더넷, 1998년 1 Gbps 이더넷, 2002년 10G 이더넷 표준 등장으로, 전송 용량을 10배씩 높이는 기술 발전이 표준으로 완성까지 시간이 오히려 짧아질 정도로 숨가쁘게 진화를 거듭하였다. 이더넷 전송 용량의 급속한 증가는 LAN과 WAN간 액세스 속도 차이를 급속하게 줄이는 결과를 가져와, 그렇지 않아도 대역폭 제한과 유연성 결여로 문제가 되던 전통적인 last mile WAN 서비스를 대체하는 것을 시작으로 결국에는 pure Ethernet WAN transport 기술로 캐리어 이더넷이라는 새로운 이더넷 적용 분야가 등장하게 되었다. 이 글에서는 캐리어 이더넷 네트워크 서비스의 출현 과정과 서비스 특징을 소개하며, 캐리어 이더넷 네트워크 구조 관련 요소 기술로 이더넷의 백본 확장 기술, OAM, resilience, QoS 기술 동향을 정리하고, 마지막으로 캐리어 이더넷 개발 현황과 향후 발전 전망에 대하여 살펴본다.

## I. 머리말

제록스 팔로알토 연구센터에서 Robert Metcalfe에 의해 1973년 5월 22일 발표된 8비트 주소 체계의 3Mbps 초기 이더넷은 올해로 탄생한 지 33년이 되었다. 최초의 이더넷 IEEE 표준은 DEC, Intel, Xerox 컨소시엄에 의해 1980년 지금의 48비트 주소체계와 버스 토폴로지를 갖는 10Mbps 이더넷이 제안된 후 1985년에야 승인 받았다. 그러나, 이후 이더넷 기술은 1995년 100Mbps 이더넷, 1998년 1Gbps 이더넷, 2002년 10G 이더넷 표준 등장으로, 전송 용량을 10배씩 높이는 기술 발전이 표준으로 완성까지 시간이 오히려 짧아질 정도로 숨가쁘게 진화를 거듭하였다. 현재 IEEE 802.3에서 100Gbps 이더넷에 대한 논의가 진행되고 있다.

이처럼 이더넷 전송 용량의 급속한 증가는 LAN과 WAN간 액세스 속도 차이를 급속하게 줄이는 결과를 가져와, 그렇지 않아도 대역폭 제한과 유연성 결여로 문제가 되던 전통적인 last mile WAN 서비스를 대체하는 것을 시작으로 결국에는 pure Ethernet WAN transport 기술로 캐리어 이더넷이라는 새로운 이더넷 적용 분야가 등장하게 되었다.

캐리어 이더넷 네트워크 서비스는 이더넷 기술을 LAN 영역에서 MAN 영역, 더 나아가 WAN 영역으로까지 확장을 목표로 함에 따라 기존 WAN이 갖지 못한 단순성, 저비용, 스케일의 유연성 등을 바탕으로 WAN 전달 서비스를 제공하기 위하여 SLA, QoS, OAM, security, resilience 등 요구사항을 충족시켜야 한다.

이 글에서는 차세대 네트워크 인프라를 위한 캐리어 이더넷 네트워크 기술의 출현 과정과 서비스 특징을 소개한다. 이더넷 기술의 WAN transport 적용을 위한 요구 사항을 서술하고, 캐리어 이더넷 네트워크 구조 관련 요소 기술로 이더넷의 백본 확장 기술, OAM, resilience, QoS 기술 동향을 정리하고, 마지막으로 캐리어 이더넷 개발 현황과 향후 발전 전망에 대하여 살펴본다.

## II. WAN Transport 서비스와 이더넷

### 1. WAN Transport 서비스

전통적으로 WAN 전달 서비스는 계층 1에서 시간 분할 다중화 방식으로 point-to-point 연결 서비스를 제공하는 것이었다. 액세스 속도는 DS0, DS1/T1/E1, DS3/E3 등 고정적으로 제한되었으며, 용량 증설 비용이 많이 들었으나, QoS와 신뢰성, 보안성 면에서 완벽하였다. 그러나 새로운 비즈니스 요구를 수용하기에 구조적으로 유연하지 못하였다. 따라서, 계층 2와 계층 3에서 point-to-point로 WAN 전달 서비스를 제공하기 위한 방식이 모색되었다.

계층 2에서는 frame relay와 ATM이 등장하였으나, connection-oriented 서비스로써 scalability의 문제와 산발적으로 발생하는 데이터 전달에 적합하지 않아 실제로는 PVC 서비스가 계층 1의 전용선을 대체하는 데 적용되었다. 계층 3 WAN 전달 서비스는 IP에 기반한 방식으로 계층 1 및 계층 2 방식에 비해 상대적으로 비용이 적게 드나, QoS를 제공하기 위하여 평균 네트워크 사용률을 30% 이하로 하여야 하며, 엄격한 SLA를 보장하기 어려운 면이 있었다[1].

WAN 전달은 point-to-point 서비스 이외에 multipoint 서비스와 point-to-cloud 서비스에 대한 요구도 커지고 있으며, 기존 계층 1의 액세스 속도 제한을 없애고 저비용의 고속 액세스가 가능하고, 데이터 전달 중심의 프레임 처리 단말 관리에 적합한 WAN 전달 서비스가 요구되고 있다. 이더넷은 단순성, 저비용, scalability 등의 이점으로 WAN 액세스 요구사항에 적합한 방식으로 채용되었다. 이러한 기대는 궁극적으로 기존 WAN 전달 네트워크 구조를 all-Ethernet WAN 구조로 전환하는 것이 최종 목표이나 우선 기존 네트워크 인프라 상에 Ethernet WAN 전달 서비스를 적용하기 위한 시도가 진행되고 있다[2].

## 2. 캐리어 이더넷 요구사항

MEF에서 초기에는 메트로 이더넷의 범위를 메트로 영역으로 고려하였으나 현재는 (그림 1)과 같이 캐리어 이더넷의 개념으로 확장하고 access, metro, core, transport를 포함하는 Ethernet total 망을 고려하여 표준화 기술을 검토하고 목표를 넓혔다.

캐리어 이더넷 시스템은 갖추어야 할 기본 요건으로 모듈성과 확장성(modularity & scalability) 등의 특징을 갖는 시스템 구조, 통신망 구성 장치로서의 기능(functionality as network element), 통신망 요소 관리 기능(network element management) 등이 요구된다.

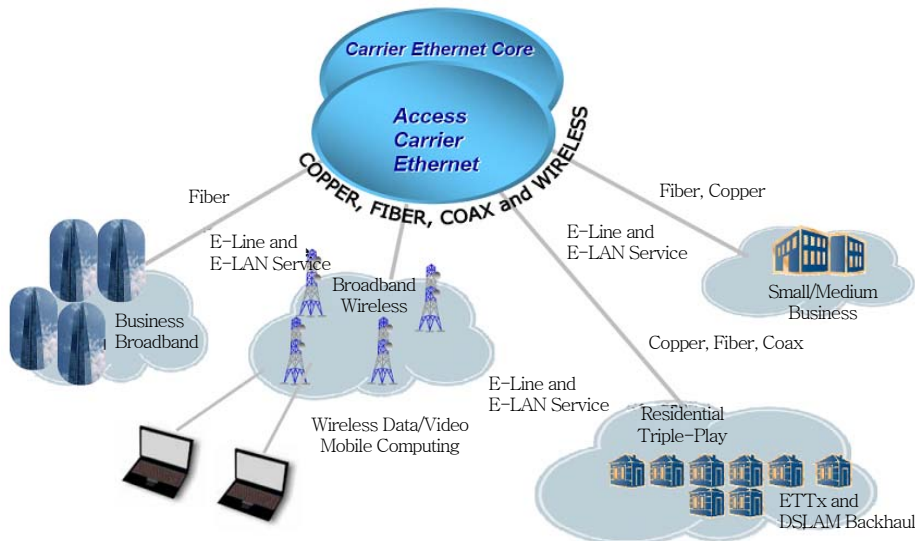
이더넷 시스템의 모듈성과 확장성이란 사용자의 요구사항 변화와 함께 응용 서비스들이 변화할 때 이를 쉽게 수용할 수 있으며 시스템 용량의 증감이 용이한 모듈 형태의 구조를 가짐을 의미한다. 캐리어 이더넷 시스템은 또한 인터넷 액세스 또는 메트로 망에서의 안정적인 서비스를 위하여 높은 신뢰성을 유지해야 하며, 이를 위해 시스템의 주요 기능 블록은 이중화로 구성되어야 한다. 이 같은 시스템은 유지/보수/관리/설정 작업 운영에 최소한의 영향을

주면서, 독립적이고 용이하게 할 수 있는 구조를 가져야 한다. 이를 위하여 고도의 OAM, 보호 복구 기능 및 장애관리, 통계 측정관리 기능 등을 갖추어야 한다.

## 3. 캐리어 이더넷 네트워크 서비스

이더넷 기반 캐리어 서비스는 기존의 SONET/SDH 기반 네트워크가 제공할 수 없었던 파격적인 대역폭 대비 사용료와 함께 사용자가 인터넷을 통해 임시적으로 대역폭 요구 VoD와 같은 서비스를 받을 수 있는 실시간/웹 기반 프로비저닝을 제공할 수 있다.

다양한 이더넷 서비스 사업자 간 효율적인 서비스 호환성을 보장하기 위해 전세계 메트로 이더넷 장비 및 서비스 사업자들의 연합체로 구성된 메트로 이더넷 포럼(MEF)에서는 캐리어 이더넷 서비스 사업자가 제공할 수 있는 다양한 이더넷 기반 서비스들을 크게 점대점 방식의 이더넷 라인(E-Line) 서비스와 다중점 방식의 이더넷 랜(E-LAN) 서비스로 구분하고, 메트로 이더넷의 서비스 정의 및 모델, 네트워크 구조, 프레임워크, 서킷 에뮬레이션, 트래픽 관리 규격 등을 정의하고 있다[3],[4]. 예를 들어



(그림 1) 캐리어 이더넷 적용 영역

E-Line 서비스는 사용자에게 이더넷 라인을 통해 사설망 사이트 간 가상 전용선(VPN) 서비스를 제공하거나, 고품질, 저가형 인터넷 접속 서비스를 제공하는 것을 의미한다. E-LAN 서비스란 도시 규모의 지역에 흩어져 있는 여러 지점간에 투명한 이더넷 LAN 서비스를 제공하는 것을 의미하며, 사용자 간에 이더넷 스페닝 트리 프로토콜(STP) 및 VLAN 등이 자유롭게 정의되어 사용될 수 있도록 2계층 수준의 서비스를 제공한다. 이같은 E-Line 및 E-LAN 서비스는 고객마다 별도의 SLA 계약에 의해 QoS 정책 설정이 가능한데, MEF는 SLA service attribute, bandwidth profile, service performance 등 SLA 계약의 기준 규격을 정의함으로써 사업자들의 서비스 제공에 일관성을 유지할 수 있게 하고 있다. 이밖에 캐리어 이더넷 서비스는 보안, 백업 회선 등 다양한 서비스와 이에 따른 요금 상품을 선택할 수 있어 고객의 입장에는 기존의 전용회선과 차별화된 서비스를 제공 받을 수 있다.

### Ⅲ. 캐리어 이더넷 기술

#### 1. 이더넷의 백본 확장

앞서 소개한 E-Line, E-LAN 등 캐리어 이더넷 서비스를 제공하기 위한 전송 장비 솔루션은 크게, IEEE 802.1 그룹이 개발해 온 2계층 스위치 구조를 백본에 맞게 확장하는 방법과, MPLS 등 백본용 라우터에서 발달해 온 기술을 이더넷 전송에 적합하도록 적응시키는 기술들로 나누어 볼 수 있다[5].

MPLS 기반 백본망에 수립된 LSP를 이용하여 이더넷 가입자간에 transparent LAN 서비스를 제공하는 새로운 2계층 서비스 개념을 촉발시킨 Martini draft[6]는 이후 IETF의 L2VPN, PWE 그룹 등에서 일련의 VPLS[7] 규격으로 발전하면서 경제적인 메트로 이더넷 서비스를 제공하기 위한 상용 서비스 수단으로 정착하는 데 성공하였다[8].

한편, 로컬망에서의 단말간 전송 수단으로 개발된 이더넷을 MAN/WAN 등 백본 영역으로 확대 적

용하기 위한 IEEE의 노력은 크게, 이더넷의 취약한 OAM 구조를 보완하여 장애복구 및 신뢰성 기능을 부여하기 위한 802.1ag (connectivity fault management) 규격[9], 이더넷의 VLAN 확장성을 개선하기 위한 802.1ad (provider bridge) 규격[10] 및 이더넷의 MAC 주소 확장성을 개선하면서 동시에 WAN 등 대규모 캐리어 망에 적용하기 위한 802.1ah (provider backbone bridge) 규격[11] 개발에 집중하고 있다. 특히 2007년 규격 완성을 목표로 하고 있는 802.1ah provider backbone bridge는 브로드캐스팅에 의한 MAC 주소 학습 방법 등 LAN 상에서 발전해온 이더넷의 고유 특성을 살리면서, MAC-in-MAC encapsulation이라는 새로운 솔루션을 적용하여 수백만 규모의 서비스 사용자를 안정적으로 지원해 주는 등 확장성 및 운영능력을 대폭 개선하는 등 기존의 LAN 스위치를 능가하는 기능들을 새롭게 포함하고 있어서 기대되고 있다.

이밖에 ITU-T SG15, MEF 등에서는 IEEE, IETF 등과 활발한 liaison을 주고 받으면서 캐리어 이더넷 서비스와 연관된 표준 규격 확장 작업을 활발히 진행하고 있다.

#### 2. OAM

이더넷 OAM이란 LAN 중심의 이더넷 기술을 캐리어 망에서 사용할 수 있게 해주는 주요 기술 중의 하나로 목적지까지의 링크 또는 노드의 장애를 발견, 격리 및 통보하는 등 망을 관리할 수 있는 기능을 제공하는 기술이다.

캐리어 망에서는 SONET, ATM과 같은 다양한 계층의 전송 프로토콜이 존재할 수 있기 때문에 이들을 모두 지원하기 위해서는 망의 모든 계층에서 관리 기능을 제공해야 한다. 그러나, 전통적인 LAN 중심의 이더넷 기술에서는 제공되는 관리 기능이 없기 때문에 캐리어 망에 이더넷을 확산시키는 데 큰 장애요인으로 대두되고 있다. 엄밀한 서비스 품질을 보장할 수 없으며, 장애 발생에 대한 보호 기능이 매

우 미약하여 캐리어 망에 적용하기에 적절하지 않기 때문에, OAM과 같은 기능이 추가로 구현될 필요가 있다. 이렇게 설계되는 이더넷 OAM 기술은 기존의 캐리어 망 환경에서 널리 사용되고 있는 SONET, ATM과 같은 기술을 인식할 수 있어야 하며, 그들의 관리 방식과 공존할 수 있어야 한다.

이더넷 OAM의 주요 기능은 다음과 같다[12], [13].

- 이더넷 데이터 평면의 고장을 발견
- 데이터 평면의 고장을 상위 계층 및 NMS에 통보
- 데이터 평면의 고장 검증 및 격리
- 사용자 트래픽의 안전한 전송
- 이더넷 서비스의 성능 측정

이더넷 OAM은 EVC 단위로 적용된다. EVC의 양 점 간에 OAM 관련 메시지가 교환되며, 그 양 끝 점을 MEP이라 부른다. 이더넷 장비 내에는 관리를 필요로 하는 EVC 개수와 같은 수의 MEG이 만들어지며, MEG의 가장자리에 위치한 점들을 MEP이라 부르는 것이다. 각각의 MEP들은 서로 다른 위치의 장비에 존재하며 이더넷 OAM 관련 메시지를 교환한다[13].

이더넷 OAM은 단일 링크(point-to-point 또는 shared) 상에서 발생하는 동작들을 처리하는 ETY 계층 OAM과 이더넷 연결(end-to-end 또는 edge-to-edge) 상에서 발생하는 동작들을 처리하는 ETH 계층 OAM으로 구분할 수 있다.

ETY 계층 OAM은 액세스 링크 또는 EFM을 위한 OAM 메커니즘으로 IEEE 802.3ah로 표준이 개발되어 있는 상태이고, ETH 계층 OAM은 IEEE 802.1ag, ITU-T SG13 및 MEF 등에서 ETH OAM 프로토콜 정의를 위한 작업이 진행중에 있다. ITU-T SG13의 권고안 Y.1731은 2006년 1월 SG13 미팅에서 동의를 얻어 comment resolution 과정을 거친 후 5월에 승인되었다.

이더넷 기술과 관련한 여러 표준화 기구에서 정한 이더넷 OAM의 기능들을 열거하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 이더넷 OAM 기능과 프레임 종류

주요 기능	OAM 프레임 종류
Continuity Check	CCM
Loopback	LBM-LBR
Link Trace	LTM-LTR
Alarm Indication Signal	AIS
Remote Defect Indication	CCM
Lock Signal	LCK
Test Signal	TST
Automatic Protection Switching	APS
Maintenance Communication Ch.	MCC
Experimental OAM	EXM-EXR
Vendor Specific OAM	VSM-VSR
프레임 손실 측정: Dual-ended	CCM
프레임 손실 측정: Single-ended	LMM-LMR
프레임 지연 측정: One-way	IDM
프레임 지연 측정: Two-way	DMM-DMR
Throughput Measurement	LBM-LBR or TST

### 3. Resilience

캐리어 이더넷 망에서 서비스 기술 또는 서비스 장비 선택에 있어서 고가용성(high availability)은 매우 중요한 기준이 된다[14]. 고가용성이란 서비스 장애 없이 얼마나 오랫동안 서비스를 안정적으로 이용할 수 있는가를 의미한다. 이를 위해서는 장애 빈도가 매우 낮아야 하며 장애가 발생한 경우라도 그 복구시간이 매우 짧아야 한다. 높은 수준의 가용

#### ● 용어해설 ●

**고가용성(High Availability):** 서비스 장애 없이 얼마나 오랫동안 서비스를 안정적으로 이용할 수 있는가를 의미하며, 캐리어 이더넷 망에서 서비스 기술 또는 서비스 장비 선택에 있어서 고가용성은 매우 중요한 기준이 된다. 이를 위해서는 장애빈도가 매우 낮아야 하며 장애가 발생한 경우라도 그 복구시간이 매우 짧아야 한다. 높은 수준의 가용성을 제공하기 위하여 redundancy를 제공함으로써 failure rate를 감소시키는 방안과 failover가 발생했을 때마다 빠른 복구(restoration)를 위해 auto-recovery mechanisms를 제공하는 방안을 생각해 볼 수 있다.

성을 제공하기 위하여 device-level, network-level 에서 redundancy를 제공함으로써 failure rate를 감소시키는 방안과 failover가 발생했을 때마다 빠른 복구(restoration)를 위해 auto-recovery mechanisms을 제공하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 이 때, 충분히 빠른 복구란 일반적으로 SONET/SDH가 제공하는 50ms 이하의 transport-level service restoration을 일컫는다. 이를 위한 기술로서 IEEE 802.17 RPR 기술, MPLS 기반의 protection 기법, Ethernet protection switching을 고려해 볼 수 있다.

RPR은 링이나 노드의 장애시 새로운 경로를 설정해주는 스티어링(steering)과 반대 링크로 경로를 우회시켜 주는 래핑(wrapping) 기법을 사용하여 protection을 수행한다[15]. MEF에서는 MPLS를 사용하여 50ms 이하의 restoration을 제공하는 두 가지 모델을 제시하였다[16]. 첫번째는 local network protection을 위해 MPLS label switched paths를 사용하는 ALNP이고, 두번째는 MPLS 기능을 지원하지 못하는 기존 네트워크 장비를 수용하기 위한 EEPP 모델이다.

ITU에서는 IEEE 802.3에서 정의한 표준 MAC 프로토콜을 그대로 이용하는 Ethernet protection switching 기술에 대한 표준화 작업을 수행하여 G.8031/Y.1342를 작성하고 있다. 또한 이더넷 네트워크에서 효율적인 다중점 연결을 보호하기 위한 목적으로 ITU-T SG15에서는 Ethernet ring protection에 대한 논의도 활발하게 이루어지고 있다.

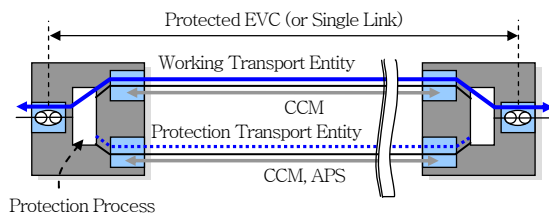
ITU-T에서 권고한 Ethernet protection switching 기술은 이더넷 전송망에서 점대점 VLAN 기

반의 EVC에 대하여 route와 bandwidth가 예약된 protection entity를 사용하여 신속한 protection 기능을 제공하는 기술이다[17].

“Head end”는 bridge function(데이터 패킷을 복사하여 요청이 있을 때 protection transport entity에게 전송하는 역할)을 수행하고, “Tail end”는 selector function (working transport entity 또는 protection entity로부터 traffic signal을 선택하는 역할)을 수행한다. 양쪽 방향 모두 protect 되는 양방향 전송에서는 양쪽 끝단에서 bridge와 selector function 기능을 모두 제공한다.

(그림 2)는 protection switching이 단일의 이더넷 connection에 대하여 1:1 방식으로 구성된 예를 나타낸다. Protection switching은 working과 protection 엔티티를 모두 모니터링 해야 한다. 이를 목적으로 MEP 간에 Y.1731에서 규정한 바에 따라 CCM을 주고 받음으로써 모니터링 한다. 또한 APS 통신을 위해 (1+1 unidirectional인 경우만 제외) protection entity를 모니터링하는 두 MEP 쌍 사이에서 APS OAM PDU를 송수신하도록 한다.

MEP sink function에 의해 얻어지는 APS 정보와 defect condition은 protection switching pro-



(그림 2) 1:1 방식의 Protection Switching 모델

1								2								3								4							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
MEL				Version(0)				OpCode(APS=39)				Flags(0)				TLV Offset(4)															
APS Specific Information																															
END TLV(0)																															
1								2								3								4							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
Request/State		Prot. Type		Requested Signal				Bridged Signal				Reserved																			
		A B D R																													

(그림 3) APS PDU 포맷

cess의 input이 된다. Protection은 network connection 뿐만 아니라 단일 link connection에 대해서도 적용이 가능하다.

APS 정보는 이더넷 OAM PDU 종류 중의 하나인 APS OAM PDU를 이용하여 전달된다. G.8031/Y.1342에서 규정하고 있는 APS PDU 포맷은 (그림 3)과 같다.

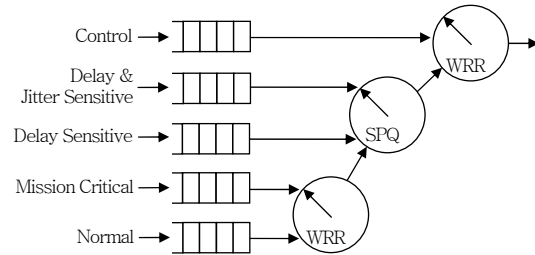
#### 4. QoS

이더넷을 WAN 전달 서비스에 적용시키려 할 때 기존 TDM 네트워크와의 연동과 hard QoS를 요구하는 서비스를 수용할 수 있어야 한다. 기존 TDM 네트워크와의 연동은 TDM over packet 방식으로 기존 TDM 신호를 이더넷 상에서 전달하여야 한다. 따라서, TDM 신호의 Ethernet, IP, SDH로 변환 또는 역변환, TDM 데이터의 전송을 위한 타이밍 클럭 정보 전달, 복수 개의 인터워킹 프로토콜들간 변환 기능, TDM 데이터의 이더넷상 포워딩 방법 등을 고려하여야 한다.

이더넷상에서 시간을 동기화하는 방법으로는 IP 상에서 NTP을 적용하는 방법, IEEE 1588, GPS 등이 있다. NTP는 시간 정밀도가 1~50ms이며, 하드웨어로 구현하는 경우 수십  $\mu$ s의 정밀도를 얻을 수 있다. IEEE 1588은 규모가 작은 네트워크에서 수백 ns의 정밀도를 얻을 수 있다.

최근에는 이더넷 프레임을 이용한 시간 동기화 방법이 새로이 제안되고 있다. 참고문헌 [18], [19]에서는 MAC 계층 이하에서 동기화 프레임을 master와 slave 간 주기적으로 교환하며 얻게 된 time offset 정보를 이용하여 클럭을 보정하는 방법을 제안하고 있다. 동기화 프레임의 지연과 지연 변이를 줄이기 위하여 preemptive priority queuing 방법을 FPGA로 구현하였다.

캐리어 이더넷에서 제공하는 QoS 등급은 서비스 중심으로 MEF에서 정의하였다. 서비스는 확약 대역(CIR) 및 버스트 크기(BS), 초과 허용 대역(EIR) 및 버스트 크기(EBS), 서비스 클래스 등으로 표현된



(그림 4) 트래픽 큐잉 방식 예

다. EVC를 위한 네트워크상 경로 선정시 CIR을 만족시키는 경로를 발견할 수 없으면 EVC 설정 요구는 받아들여지지 않는다. 경로 설정 후 트래픽은 트래픽 클래스와 네트워크의 혼잡 상태에 따라 최종 목적지까지 전달되기 전에 drop 될 수 있다. 프레임 dropping이 방지된 클래스 이외의 트래픽이 EIR보다 크거나, 네트워크 혼잡 상태에서 CIR보다 크며 BS를 넘어서는 경우 drop 될 가능성이 높도록 policing 한다.

이러한 특성을 갖도록 프레임 큐잉 방법을 적용하여야 하는데 한 예로 (그림 4)와 같이 제어 메시지를 위해 대역폭이 작지만 보장되도록 WRR 방식으로 서비스하며, 최소 지연과 변이 및 프레임 누락이 없어야 하는 음성이나 circuit emulation service는 우선순위별 strict priority queuing을 적용하며, 그 외의 서비스는 서비스 특성별 할당 대역을 비율적으로 사용할 수 있도록 WRR 방식으로 서비스한다 [20].

## IV. 캐리어 이더넷 발전 전망

### 1. 주요 벤더들의 개발 전략

#### 가. Cisco 및 Juniper의 IP/MPLS

Cisco사 및 Juniper사는 기본적으로 라우터 기술을 기반으로 IP 네트워크 장비를 주도하고 있으며 캐리어 이더넷 영역에서도 이러한 기술 전략은 동일하게 적용되고 있는 상황이다. 앞으로의 네트워크의 인프라는 캐리어 이더넷 형태로 triple play/quad

play 서비스를 제공할 수 있는 고성능 고효율의 네트워크가 되어야 한다는 의견에 대하여 전반적인 공감대는 이루어져 있다. 이들 벤더들은 IP/MPLS를 백본망으로 하여 이의 기술을 기반으로 한 캐리어 이더넷 망을 구축하는 것을 주장하고 있다.

MPLS 분야에서도 지금까지 10년간의 표준화 결과와 현재의 안정된 MPLS 기술을 이용하여 캐리어 이더넷의 transport를 실현하는 것으로 추진하고 코어망에서의 확장성은 IP를 기반으로 하고 있는 추세이다.

#### 나. Alcatel의 T-MPLS

프랑스의 Alcatel사는 전통적인 통신장비 벤더로서 ITU-T에서 캐리어 이더넷 기술 관련 표준화 활동을 활발히 추진하고 있는 기관 중에 하나이다. 특히 T-MPLS를 제안하여 기존의 MPLS가 복잡하고 IP 기반으로 되어 있으므로, 캐리어 이더넷에 적용하기 위하여 불필요한 부분을 제거하여 단순화하고 connection oriented 특성에 맞는 기능을 추가하고 있다. 현재 ITU-T에 T-MPLS 관련 기고서들은 SG15에서 G.8110, G.8112, G.8121 등이 있으며 2007년에는 이러한 표준화가 어느 정도 성숙될 것으로 예상하며 기술개발은 2007년 하반기에 가능할 것으로 제시하고 있다.

T-MPLS는 MPLS를 단순화하고 IP layer를 제거하는 것으로 제안하고 있으며 control plane 부분을 GMPLS를 이용하여 제어하는 것으로 표준화를 진행하고 있다. (그림 5)는 T-MPLS의 표준화 관련 구성도이다.

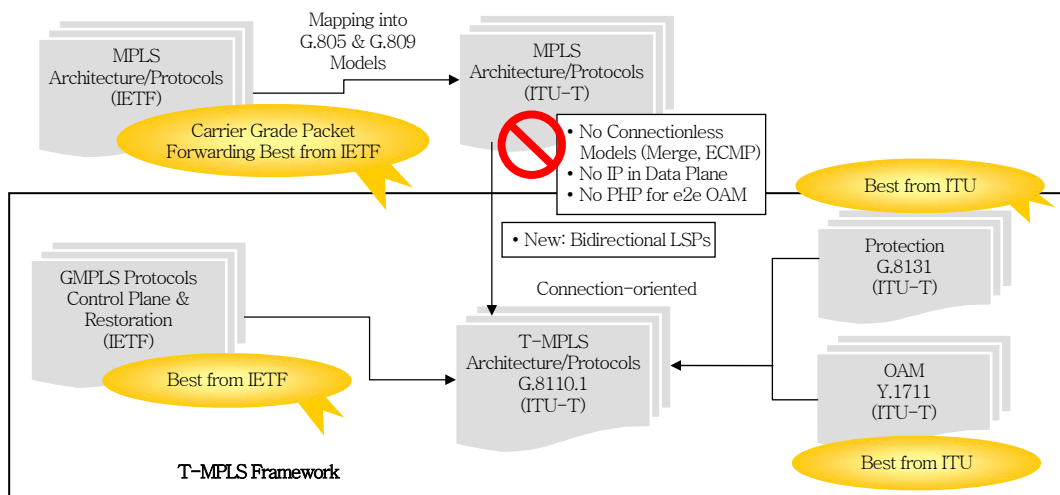
#### 다. Atrica의 캐리어 이더넷

Atrica사는 MEF 초기부터 캐리어 이더넷을 위하여 장치 개발을 적극적으로 추진하여 온 회사 중의 하나이다. 장비의 개발 방향은 전반적으로 기존의 MSPP를 기반으로 한 형태를 띠고 있으며 MEF에서 제시하는 규격에 충실하여 기능 구현을 하고 이를 특성화하여 시장을 확보해나가는 전략을 구사하는 것으로 판단된다.

#### 라. Huawei의 MPLS

중국의 Huawei사는 액세스 및 이더넷 스위치 시장에서 성능이 낮고 값싼 장비제조업체로부터 이제는 Cisco, Juniper와 대등하게 경쟁을 할 정도로 기술력 시장점유율이 향상되었으며 전반적인 네트워크 장비를 line-up 하고 있다.

캐리어 이더넷 기술 분야에서 Huawei사는 앞으로의 장비개발 방향을 네트워크를 simplified한 형태로 하기 위하여 MPLS에서 복잡한 RSVP 사용을



(그림 5) T-MPLS 관련 표준화 구성도



억제하고 단순화한 LDP를 채택하고 50ms 이내의 recover time을 만족시키고자 하는 방향으로 추진하고 있다. 또한 Ethernet OAM을 이용하여 fail over 기능을 구현하고, triple play를 대비하여 P2MP를 실현하는 방향으로 장비 개발 방향을 제시하고 있다.

#### 마. ADVA사의 Demarcation Device

ADVA사는 캐리어 이더넷의 UNI에서의 가입자 장치와 캐리어 이더넷을 연결할 수 있는 demarcation device를 장치로 정의하고 OAM 기능과 트래픽 제어기능 등을 구현하여 네트워크 운영비용을 절감하고 SLA 및 QoS를 위한 다양한 기능을 구현하고 있다. 이러한 장비를 통하여 장비설치를 쉽게 도와주며, 성능 감시, end-to-end loopback, Ethernet OAM 처리, VLAN tag 등의 기능이 구현될 수 있다.

#### 바. Nortel의 PBT

PBT는 IEEE 802 표준화 기구를 중심으로 이더넷 기술을 백본 네트워크에서 사용될 수 있는 트랜스포트 기술로 MAC-in-MAC (IEEE 802.1ah)이 대표적인 것이다.

Nortel사는 기존의 MPLS 망을 사용하고 PBT를 연동하거나 PBT를 확장하여 백본망을 구성하는 것을 선호하고 있다.

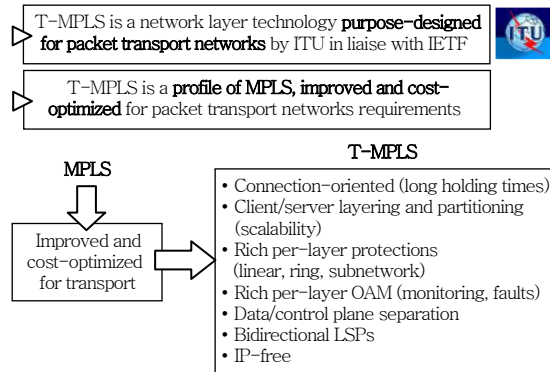
## 2. 캐리어 이더넷 주요 기술 이슈

### 가. T-MPLS 기술

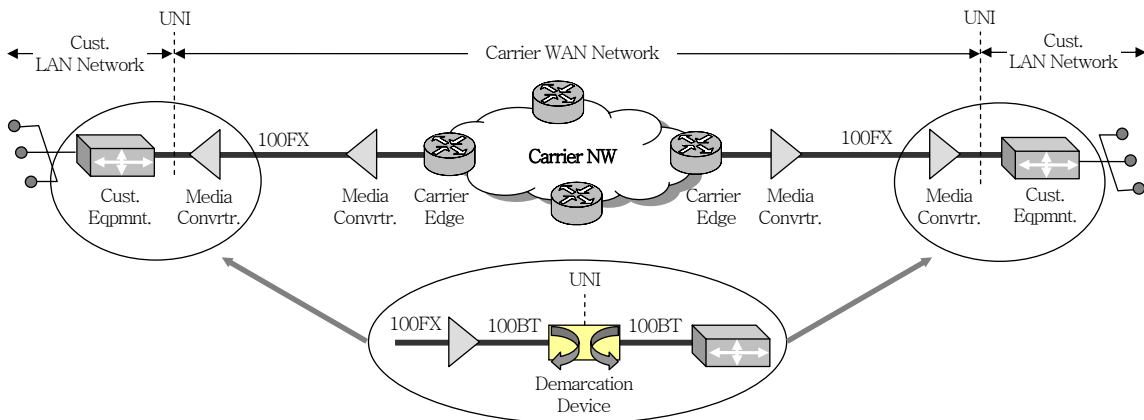
T-MPLS는 기존의 MPLS를 단순화하고 코어망에서 사용할 수 있는 Ethernet transport를 실현하기 위한 하나의 방안으로 (그림 6)과 같은 특성을 갖고 있다.

ITU-T SG15에서 표준화를 추진중에 있고 주로 Alcatel에서 주도적으로 제안하고 있으며 다음과 같은 표준화 문서가 작성되어 있다.

- G.8110.1: Architecture of Transport MPLS (T-MPLS) Layer Network
- G.8112: Interfaces for the Transport MPLS (T-MPLS) Hierarchy (TMH)
- G.8121: Characteristics of Multi Protocol La-



(그림 6) T-MPLS의 특성



(그림 7) 캐리어 망에서 이더넷 Demarcation

bel Switched (MPLS) equipment functional blocks

### 나. Carrier Ethernet의 Demarcation Device

캐리어 망에서 이더넷 demarcation device의 위치는 (그림 7)과 같다.

캐리어 이더넷의 UNI를 통하여 가입자를 수용하고 가입자 단에서의 OAM, 성능 감시, QoS 태깅 및 제어 등의 기능을 실현하여 NT의 특성을 갖는다.

OpEx의 절감을 위하여 통신망 사업자가 적극적으로 사용하게 될지는 사업 적용 추세에 따라 달라질 것으로 예상된다.

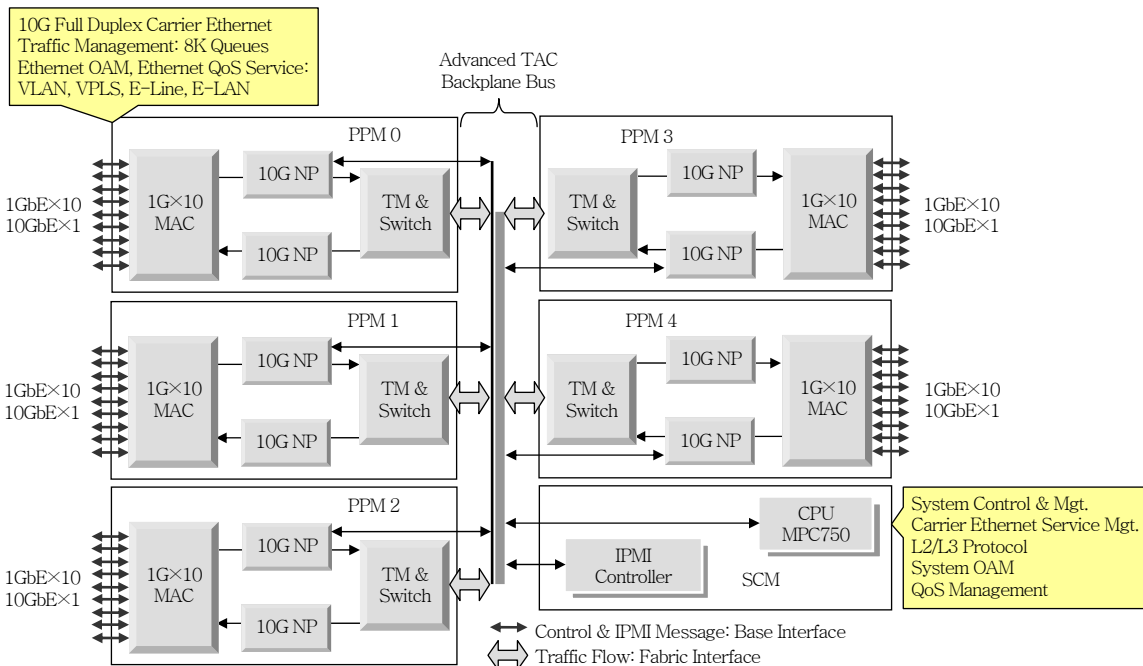
### 3. 캐리어 이더넷 개발 방향

캐리어 이더넷은 앞으로 triple/quad play service를 제공하기 위한 핵심 네트워크 인프라를 구성하게 될 것이다. 이러한 요구사항을 충족시키고 기존의 망을 대체하기 위해서는 carrier grade의 이더넷 기술이 필요하며 또한 이더넷의 장점인 장치 가

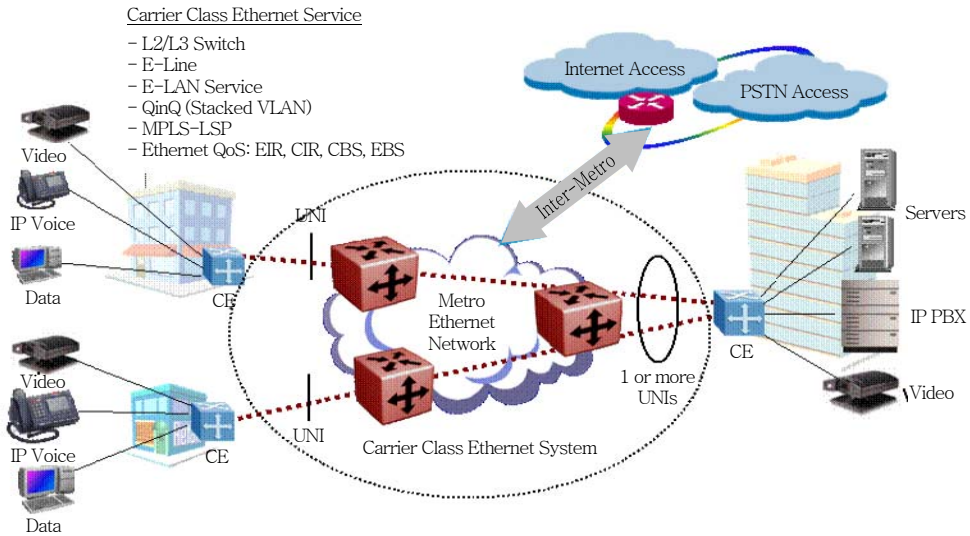
격과 운용비용의 효율성은 매우 중요한 요소이다.

이러한 요구 및 필요성들은 반영하여 캐리어 이더넷 시스템을 설계하는 데 다음의 사항들을 고려하였다.

- 시스템 가격 및 개발 효율성을 위한 표준플랫폼 구조: Advanced TCA
- 시스템 용량의 다양한 scalability 실현: 10G~50G(스위치보드 추가시 160G)
- Reliability를 위한 캐리어 이더넷 OAM 구현: 진행중인 ITU-T, MEF OAM 반영
- Protection: 50ms 이내의 빠른 restoration
- Managed 서비스 및 SLA을 위한 QoS 기능 강화: 전용 traffic mgt. 모듈
- 서비스기능: E-LAN, E-Line, VLAN, VPLS, (MAC-in-MAC 추후 검토)
- Micro coding이 가능한 고성능의 network processor: 새로운 기능 구현
- 시스템 health parameter(전원, 온도, Fan, 상태)를 제어 관리하기 위한 IPMI 구현



(그림 8) 50G급 캐리어 이더넷 시스템 구성도



(그림 9) 캐리어 이더넷 시스템 망 구성도

(그림 8)은 2006년 9월 현재 시스템 하드웨어 제작이 완료되어 소프트웨어 기능 구현이 추진중인 50G급 캐리어 이더넷 시스템(CCE-50) 구성도이다.

50G급 캐리어 이더넷 시스템의 적용은 enterprise 망에 사용되어 E-Line, E-LAN 서비스 기능을 제공하여 pseudo wire 형태와 같은 guaranteed QoS를 이더넷 망에서 실현할 수 있다. 또한, 공중망에서 quad play 서비스의 multicast, real video를 위한 품질 보장형 EVC 제공이 가능하고, 무선 액세스 망에서 pseudo wire, EVC 액세스 및 제어기능을 통하여 쉽게 통합 망을 구성할 수 있을 것이다. (그림 9)는 개발한 캐리어 이더넷 시스템을 적용하여 망을 구성한 예를 나타낸다.

## V. 맺는말

캐리어 이더넷 네트워크 서비스는 이더넷의 단순성, 저비용, scalability 등 이점을 WAN 액세스에 적용하는 것뿐 아니라 궁극적으로 end-to-end all-Ethernet WAN 구조까지 확장될 것이다. 캐리어 이더넷 기술은 기존 네트워크 인프라를 수용하며 이더넷 백본을 구현할 수 있는 적용 방안으로부터 점진적으로 pure Ethernet WAN을 위한 구조로 발전할 것이며, multipoint WAN 전달 서비스를 제공할 수 있도록 차세대 네트워크 인프라로 발전할 것이다.

## 약어 정리

### ● 용어해설 ●

**T-MPLS (Transport-MPLS):** 코어망에서 사용할 수 있는 Ethernet transport를 실현하기 위한 하나의 방안으로, 기존의 MPLS가 복잡하고 IP 기반으로 되어 있으므로 캐리어 이더넷에 적용하기 위하여 불필요한 부분을 제거하여 MPLS를 단순화하고 connection oriented 특성에 맞는 기능을 추가하고 있다. ITU-T SG15에서 표준화를 추진중에 있으며, Alcatel에서 주도적으로 제안하고 있다.

ALNP	Aggregated Link and Node Protection
APS	Automatic Protection Switching
BS	Burst Size
CBS	Committed Burst Size
CE	Customer Edge
CCE	Carrier Class Ethernet
CCM	Connectivity Check Message
CIR	Committed Information Rate
EBS	Excess Burst Size

EEPP	End-to-End Path Protection
EFM	Ethernet in the First Mile
EIR	Excess Information Rate
ETH	Ethernet MAC Layer trail
ETY	Ethernet PHY 또는 Ethernet Link Layer
EVC	Ethernet Virtual Connection
GPS	Grounded Position Systems
HA	High Availability
LDP	Label Distribution Protocol
LSP	Label Switched Path
MA	Maintenance Association
ME	Maintenance Entity
MEF	Metro Ethernet Forum
MEG	Maintenance Entity Group
MEP	MEG End Point
MIP	MEG Intermediate Point
MPLS	Multi Protocol Label Switching
NMS	Network Management System
NNI	Network to Network Interface
NT	Network Termination
NTP	Network Time Protocol
OAM	Operations, Administration, and Maintenance
P2MP	Point to Multi Point
PBT	Provider Backbone Transport
PWE	Pseudo Wire Emulation
RPR	Resilient Packet Ring
SLA	Service Level Agreement
T-MPLS	Transport-MPLS
UNI	User Network Interface
VPLS	Virtual Private LAN Service
WRR	Weighted Round Robin

## 참 고 문 헌

- [1] Aref Meddeb, "Why Ethernet WAN Transport?," *IEEE Comm. Magazine*, Nov. 2005, pp.136-141.
- [2] Metro Ethernet Forum, "Technical Specification-Requirements and Framework for Ethernet Service Protection in Metro Ethernet Networks," Feb. 2004.
- [3] Ralph Santituro, "Metro Ethernet Services - A Technical Overview," <http://www.metroEthernetforum.org>, v2.6, 2003.
- [4] MEF, "Ethernet Service Model, Phase 1," MEF Technical Specification, <http://www.metroEthernetforum.org>, Nov. 2003.
- [5] Girish Chiruvolu, An Ge, David Elie-Dit-Cosaque, Maher Ali, and Jessy Rouyer, "Issues and Approaches on Extending Ethernet Beyond LANs," *IEEE Comm. Magazine*, Mar. 2004, pp.80-86.
- [6] L. Martini et al., "Encapsulation Methods for Transport of Ethernet Frames over IP/MPLS Networks," IETF, RFC4448, Apr. 2006.
- [7] Loa Andersson and Eric C. Rosen, "L2VPN Framework," draft-ietf-l2vpn-l2-framework-05.txt, June 2004.
- [8] Anush Elangovan, "Efficient Multicasting and Broadcasting in Layer 2 Provider Backbone Networks," *IEEE Comm. Magazine*, Nov. 2005, pp166-170.
- [9] Internetworking Task Group of IEEE 802.1, "Virtual Bridged Local Area Networks - Amendment 5: Connectivity Fault Management," P802.1ag/D5.2, Dec. 2005.
- [10] Internetworking Task Group of IEEE 802.1, "Virtual Bridged Local Area Networks - Amendment 4: Provider Bridges," P802.1ad/D6.0, Draft Amendment to IEEE Std 802.1Q, Aug. 2005.
- [11] Internetworking Task Group of IEEE 802.1, "Virtual Bridged Local Area Networks - Amendment 6: Provider Backbone Bridges," P802.1ah/D2.2, Draft Amendment to IEEE Std 802.1Q, Apr. 2006.
- [12] ITU-T Draft Recommendation Y.17ethoam, "OAM Functions and Mechanisms for Ethernet Based Networks," 2005.
- [13] MEF Technical Specification, "OAM Requirements and Framework (V3.0)," 2004.
- [14] S. Determan and C. Arthmann, "Carrier-Class Availability for Enterprises," *Alcatel Telecommunications Review*, 4th Quarter, 2002.
- [15] IEEE Standard 802.17, "Resilient Packet Ring Access Method and Physical Layer Specifications," 2002.
- [16] MEF Specification 2, "Requirements and Framework for Ethernet Service Protection in Metro Ethernet Networks," 2004.
- [17] ITU-T Recommendation G.8031/Y.1342, "Ethernet Protection Switching," 2006.
- [18] <http://www.ieee802.org/1/pages/802.1as.html>
- [19] Yoshiaki Yamada et al., "Hardware-based Precise

Time Synchronization on Gb/s Ethernet Enhanced with Preemptive Priority," *IEICE Trans. Comm.*, Vol.E89-B, No.3, Mar. 2006, pp.683-689.

[20] Jiyang Wang, "Optical Ethernet: Making Ethernet Carrier Class for Professional Services," *Proc. of the IEEE*, Vol.92, No.9, Sep. 2004, pp.1452-1462.