



## 이더넷 전송망 기술 동향 분석

윤지욱\* 안병준\*\*

본 고에서는 폭발적으로 증가하고 있는 이더넷 서비스를 코아 망 영역의 서비스 사업자 망에서 보다 효과적으로 수용하기 위한 기술들에 대해서 논의하고자 한다. 이더넷 서비스를 코아 망에서 제공하기 위한 이더넷 전송망 기술로는 패킷 스위치 기반의 이더넷 전송망, SONET/SDH 기반의 이더넷 전송망 그리고 캐리어 이더넷 전송망 기술이 있다. 현재 이러한 이더넷 전송망 기술들은 광 전송기술인 WDM, ROADM 과 결합함으로써 보다 넓은 광 대역폭과 망 운영의 효율성을 가지고 코아 망 영역으로 그 영역을 확대해 나가고 있다. 본 고에서는 이들 기술 중에서 현재의 전송망 구조를 유지하면서 이더넷 서비스를 보다 효과적으로 수용하기 위한 SONET/SDH 기반의 이더넷 전송망 기술에 대해서 중점적으로 살펴보고 다른 기술들에 대해서는 간략하게 소개하는 것으로 한다. ☐

목	차
I.	서 론
II.	패킷 스위치 기반 이더넷 전송망
III.	SONET/SDH 기반 이더넷 전송망
IV.	캐리어 이더넷 전송망
V.	결 론

### I. 서 론

현재까지의 서비스 사업자가 제공하는 전송망은 음성 서비스 중심의 TDM 서비스를 제공하는데 적합하게 설계되었으며, 높은 신뢰성과 작은 지연시간이라는 특징을 가졌다. 그러나 이러한 전송망 구조는 이더넷으로 대표되는 데이터 트래픽을 전송하기 위한 구조로 빠르게 변화해 가고 있다. 이더넷은 낮은 가격과 운용상의 유연성, 확장의 편의성으로 데이터 서비스 사업자뿐 아니라 통신 사업자에게도 큰 인기를 얻고 있다. 이에 따라서 현재의 서비스 사업자 망의 특징도 버스트 데이터의 효과적인 수용, 데이터 트래픽에 대한 높은 효율성, 확장의 편의성 등으로 변해가고 있다. 또한 이더넷을 전송망으로 직접 사용하기 위한 캐리어 이더넷에 대한 연구가 진행되고 있다. 그러나 이더넷을 코아 전송망에서 사

\* ETRI 네트워크시스템연구팀/선임연구원  
\*\* ETRI 네트워크시스템연구팀/팀장

용하기 위해서는 신뢰성, 빠른 장애 복구 시간, 운용관리의 편의성, 플로우 기반의 대역폭 보장과 같은 문제점들을 해결해야 한다[1]-[3]. 이더넷 서비스를 코어 망에서 제공하기 위한 이더넷 전송망 기술로는 패킷 스위치 기반의 이더넷 전송망, SONET/SDH 기반의 이더넷 전송망 그리고 캐리어 이더넷 전송망 기술이 있다. 현재까지는 주로 SONET/SDH 기반의 이더넷 전송망 기술인 MSPP/MSTP(Multiservice Provisioning Platform/Multiservice transporting Platform) 장비가 주를 이루고 있다. 이는 현재 대부분의 전송망이 SONET/SDH 망을 사용하고 있으며, 망의 특성상 높은 신뢰성과 안정성을 보장해 주어야 하기 때문이다. 따라서 당분간은 기존의 SONET/SDH 전송망 구조를 유지하면서 폭발적으로 증가하고 있는 이더넷 서비스를 보다 효과적으로 수용할 수 있는 SONET/SDH 기반의 이더넷 전송망 기술이 실제 망에 적용될 것으로 예상된다.

따라서 본 고에서는 다양한 형태의 이더넷 전송망 구조 중에서 SONET/SDH 망을 사용하여 기존의 TDM 서비스를 유지하면서 보다 효과적으로 이더넷 서비스를 수용하는 기술들을 중심으로 살펴보고 패킷 스위치 기반의 이더넷 전송망 기술과 캐리어 이더넷 전송망 기술에 대해서는 간략히 소개하는 것으로 하겠다.

## II. 패킷 스위치 기반 이더넷 전송망

순수 패킷 스위치 기반의 이더넷 전송망은 가장 단순한 구조의 이더넷 전송망으로 패킷 스위치 기반의 비 연결형(Connectionless) 구조를 가진다. 이 구조는 낮은 비용과 유연한 망 운용이라는 장점을 가지나 전송망에서 요구되는 신뢰성과 플로우 기반의 대역폭을 보장할 수 없다. 또한 STP(Spanning Tree Protocol)를 기반으로 하는 장애 보호/복구 기능과 load balancing 기능을 가지기 때문에 매우 느린 복구시간(30~60 초)을 가진다[4]. 중단간 QoS와 트래픽 관리는 기본적으로 IP QoS 메커니즘을 사용하며, 이더넷 트래픽은 물리포트, VLAN ID 또는 IP의 ToS나 DSCP(Differentiated Service Code Point) 필드 기반으로 분류될 수 있다. 이와 같은 특징을 가지는 순수 패킷 스위치 기반의 이더넷 전송망 구조는 앞에서 설명한 OAM과 보호/절체 기능의 부재와 VLAN ID가 최대 12비트로 제한되는 확장성 문제로 인하여 메트로 영역 이상으로 확장하는 데는 한계를 가진다. 또한 현재의 SONET/SDH 기반의 서비스 사업장 망을 일시에 패킷 스위치 기반으로 바꾼다는 것은 값비싼 오버레이 망을 새로 구축하는 것과 같다. 따라서 순수 패킷 스위치 기반의 이더넷 전송망의 단점을 극복하기 위해서 IP/MPLS(Multi Protocol Label Switching) 기술을 접목하고 있다. IP/MPLS 기반의 이더넷 전송망은 STP 대신 IP 라우

팅 프로토콜을 사용하여 보다 빠른 장애 복구시간을 구현하였으며, 망의 신뢰성과 플로우별 대역폭을 보장하기 위해서 연결형(connection-oriented) 구조를 가진다.

그러나 IP/MPLS 기반의 이더넷 전송망 역시 코어 전송망의 요구사항인 50ms 이내의 장애 복구 시간을 만족하지 못하고 있으며, OAM 에 있어서도 SONET/SDH 망과 비교하여 여전히 취약점을 가진다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 현재 Q-in-Q 나 MAC-in-MAC 을 사용하는 PBB-TE(Provider Backbone Bridge-Traffic Engineering) 기술과 MPLS 를 확장해서 사용하는 T-MPLS(Transport MPLS) 기술이 연구 중에 있으며 이에 대해서는 IV 장에서 살펴 보겠다.

### III. SONET/SDH 기반 이더넷 전송망

SONET/SDH 기반의 이더넷 전송망은 현재 서비스 사업자들에 의해서 전세계적으로 광범위 하게 사용되고 있는 SONET/SDH 전송망을 기반으로 폭발적으로 증가하고 있는 이더넷 서비스를 유연하게 수용하는 방법이다. 하나의 플랫폼에서 기존의 TDM 서비스와 급증하는 이더넷 서비스를 포함한 다양한 서비스를 수용할 수 있다는 장점을 가지고 있어 현재 가장 활발하게 연구 되고 있으며 다양한 상용 제품들이 출시되고 있다. Infonetics 조사에 따르면 2004 년 기준으로 전세계적으로 약 37 만 5,000 개 이상의 SONET/SDH 링이 서비스 중에 있다. 따라서 SONET/SDH 기반의 이더넷 전송망은 높은 신뢰성을 보장해 주는 광범위한 기존의 전송망을 사용한다는 장점을 가진다. 또한 SONET/SDH 기술과 WDM/ROADM 기술을 기반으로 이더넷 서비스를 제공함으로써 광 전송망의 넓은 대역폭을 이용할 수 있어 OPEX 와 CAPEX 를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 대표적인 장비업체로는 Alcatel-Lucent, Nortel, Meriton, BTI, Fujitsu, ECI, Huawei 등이 있다. 이더넷 데이터를 효과적으로 수용하기 위한 주요 기술들로는 GFP(Generic Framing Procedure), VCAT(Virtual Concatenation) 그리고 LCAS(Link Capacity Adjustment Scheme) 기술[5]-[7]이 사용된다. 이들 기능들은 전송망의 에지노드에서만 필요하며, 망의 전송노드에서는 기존 장비를 그대로 사용할 수 있다는 장점을 가진다. 또한 155Mbps, 622Mbps, 2.5Gbps 또는 10Gbps 단위의 스위칭만을 제공하던 기존의 장비들과 달리 VCAT 기술을 사용함으로써 VC-3/4 단위의 스위칭을 제공한다. <표 1>은 기존의 CCAT(Continuous Concatenation) 기술과 VCAT 기술에 대한 데이터 서비스별 전송 효율을 나타낸다.

&lt;표 1&gt; 데이터 서비스별 전송 효율

Data		SDH without VCAT		SDH with VCAT	
Ethernet	10Mbps	VC-3	20%	VC-12-5v	92%
ATM	25Mbps	VC-3	50%	VC-12-12v	98%
Fast Ethernet	100Mbps	VC-4	67%	VC-12-46v VC-3-2v	100% 100%
ESCON	200Mbps	VC-4-4c	33%	VC-3-4v	100%
Fiber channel	400Mbps	VC-4-4c	67%	VC-3-8v	100%
	800Mbps	VC-4-16c	33%	VC-4-6v	89%
Gigabit Ethernet	1,000Mbps	VC-4-16c	42%	VC-4-7v	95%

&lt;표 2&gt; 기술별 인캡슐레이션 효율

Frame size with VLAN tag(byte)	Payload(byte)	Encapsulation efficiency		
		Pure Ethernet	Ethernet over MPLS	Ethernet over MSTP
1,522	1,500	97.28%	96.150%	94.40%
1,028	1,006	95.99%	94.370%	93.49%
516	494	92.16%	89.170%	90.70%
260	238	85.00%	79.870%	85.19%
68	46	52.27%	43.409%	53.82%

&lt;표 3&gt; 종단간 전송지연 시간 측정결과

Frame size(byte)	Rate tested(%)	Average unidirectional latency(us)		
		Pure Ethernet	Ethernet over MPLS	Ethernet over MSTP
1,518	90	289.3	375.00	723.1
1,024	90	210.4	292.60	527.6
512	90	128.1	199.50	319.2
256	90	87.2	154.20	219.5
64	90	56.6	120.40	141.1

&lt;표 4&gt; 보호/절체 시간 측정결과

Transporting technology	Protection time(ms)
Pure Ethernet	1,205.3
Ethernet over MPLS	68.4
Ethernet over MSTP	21.5

## 1. MSTP 기반의 이더넷 서비스 전송기술

MSTP 기반의 이더넷 서비스 전송기술은 하나의 네트워크 관리 플랫폼에서 TDM, ATM 및 이더넷 서비스를 동시에 지원하는 기술로 VCAT 기술과 LCAS 기술을 사용하여 이더넷 서비스

별 서로 다른 QoS 를 보장해준다[8]. <표 2>는 이더넷 서비스 전송 기술별 이더넷 데이터에 대한 인캡슐레이션 효율을 나타낸다[8]. <표 2>로부터 MSTP 방식은 260 바이트 이하의 프레임 크기에서는 가장 높은 인캡슐레이션 효율을 가지나 516 바이트 이상의 프레임 크기에서는 가장 낮은 인캡슐레이션 효율을 가진다. 이는 MSTP 방식은 STM-N 프레임 크기의 1/27 크기의 SDH 오버헤드를 가지기 때문이다. <표 3>과 <표 4>는 이더넷 서비스 전송 기술별 종단간 전송 지연 시간과 장애발생 시 보호/절체 시간을 측정할 결과이다[8]. 종단간 전송지연 시간은 RFC 1242 에 따라 측정된 결과이며 보호/절체 시간은 식 1 에 의해서 측정되었다.

$$H_i(\text{Handover time}) = \frac{\text{Frame loss}}{\text{Sending frame rate}} \quad (1)$$

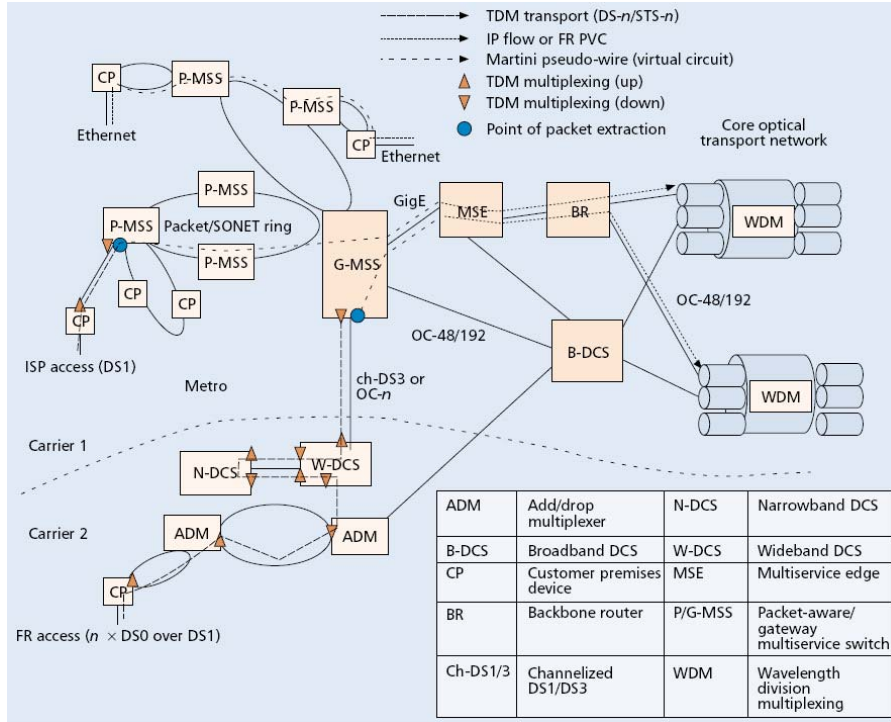
동일한 하드웨어 플랫폼에서 TDM 서비스와 패킷 서비스를 동시에 지원하기 위한 또 다른 방식으로는 Packet-aware 전송망 구조가 있다[2]. (그림 1)은 메트로 망에 적용된 Packet-aware 전송망을 나타내며 주요 특징은 다음과 같다[2].

- 물리계층으로는 SONET/SDH 망을 사용한다.
- 통계적 다중화를 지원한다.
- Shared circuit 과 Dedicated circuit 을 동시에 지원한다.
- TDM 채널의 Mux/Demux 횡수를 줄이기 위해서 G/P-MSS 에서 deep channelization 과 패킷 추출 기능을 수행한다.
- Circuit emulation 기능을 가진다.

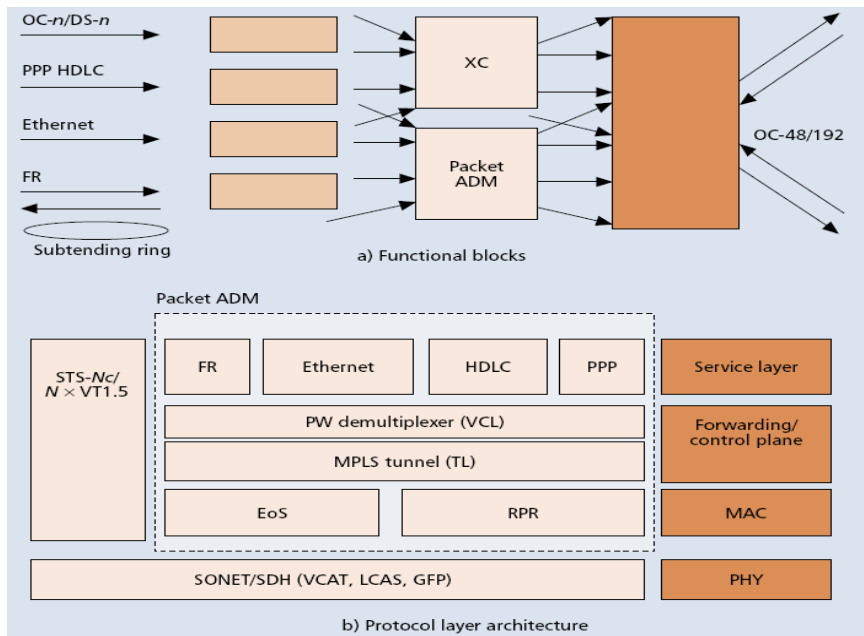
## 2. Multiservice ADM 기반의 이더넷 서비스 전송기술

(그림 2)는 계층별로 분리된 ADM 기반으로 다양한 서비스를 지원하는 Multiservice ADM 의 기능 블록도와 프로토콜 계층구조를 나타낸다[9]. 현재의 전송망은 프리미엄 서비스를 일반 데이터 서비스와 구분하지 않고 모든 데이터 서비스를 동등하게 취급하기 때문에 현재와 같이 데이터 트래픽이 급격하게 늘어날 경우 서비스 제공업자의 수익은 감소하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 서비스별로 차별화된 품질을 보장해 주어야 한다.

Multiservice ADM 기반의 이더넷 서비스 전송기술은 서로 분리된 Packet ADM 기능과 SDH ADM 기능을 가지고 기존의 SDH 전송망을 통하여 데이터 서비스를 보다 효과적으로 전송해 준다. 이 방법은 통계적 다중화 기능을 제공하며 이더넷 데이터에 대해서 서비스별 차별화된 품질을 보장해 줄 수는 있으나 OAM 과 경로관리 기능 그리고 제어평면이 계층별 또는 서비스 별로 분리되어 있기 때문에 이들을 통합해 주어야 하는 문제점을 가진다.



(그림 1) Packet-aware 전송망 구조



(그림 2) Multiservice ADM (a) 기능 블록도와 (b) 프로토콜 계층 구조

### 3. RPR over SONET/SDH 기반의 이더넷 서비스 전송기술

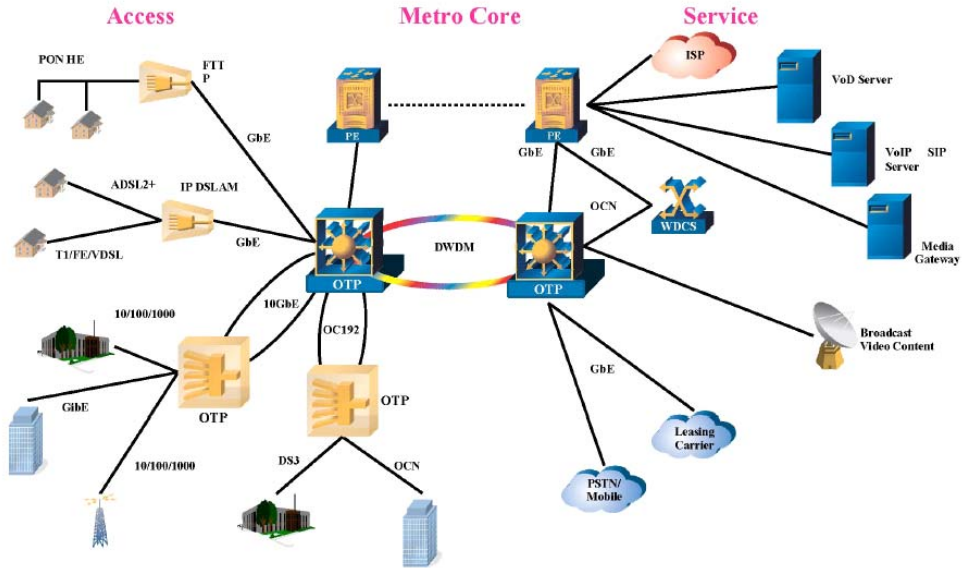
RPR(Resilient Packet Ring) over SONET/SDH 전송망 구조는 SONET/SDH 망의 신뢰성과 IP 망의 효율성을 결합한 구조이다[1]. IP 기반의 망은 데이터 서비스를 보다 효율적으로 제공할 수는 있으나 SONET/SDH 망과 비교해서 낮은 신뢰성을 가진다. 따라서 데이터는 패킷 기반으로 처리하면서 SONET/SDH 망 기반의 높은 신뢰성과 성능감시 그리고 OAM 및 보호/절체 기능을 구현하려는 시도가 연구되고 있다. RPR over SONET/SDH 전송망 구조는 기존의 EoS (Ethernet over SONET/SDH) 기술이 공유 대역폭(Sharing bandwidth) 구조가 아닌 전용 대역폭(Dedicated bandwidth)을 가지기 때문에 데이터 응용에 비 효율적이라는 단점을 해결하기 위한 기술로 기존의 EoS 기술과 비교해서 다음과 같은 특징을 가진다.

- 대역폭 공유기능: 사용하지 않는 대역폭에 대한 부분적 재 사용과 통계적 다중화 기능을 사용함으로써 데이터 전송 효율을 높인다.
- EVC(Ethernet Virtual Connection/Circuit )를 다중화 하기 위해서 별도의 이더넷 스위치를 사용할 필요가 없다.
- 데이터를 패킷 기반으로 처리함으로써 SONET/SDH 망의 신뢰성과 패킷망의 효율성을 동시에 제공한다.
- 다중 접속기능을 제공함으로써 EVPL(Ethernet Virtual Private Line)과 E-LAN 서비스에 효과적이다.
- 서비스 종류에 따라 다양한 QoS 를 제공할 수 있다.

### 4. 광 전송 플랫폼 기반의 이더넷 서비스 전송기술

광 전송 플랫폼 기반의 이더넷 서비스 전송기술은 TDM 서비스와 이더넷 서비스를 포함한 데이터 서비스를 광 전송기술인 WDM/ROADM 기술과 융합하기 위한 차세대 광 전송망 기술이다[3]. (그림 3)은 차세대 광 전송망 구조에 대한 예를 보여주고 있다[3]. 차세대 광 전송망은 (그림 3)의 광 전송 플랫폼(OTP)을 통해서 구현된다. 광 전송 플랫폼은 TDM 서비스와 데이터 서비스를 동시에 제공해 주며, 특히 캐리어 망에서의 이더넷 사설회선 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 액세스 영역이나 메트로 망의 접속부에 위치한 광 전송 플랫폼은 서비스 플로우에 대한 다중화 기능을 수행한다. 반면에 메트로 망의 코어에 위치한 광 전송 플랫폼은 ROADM 이 적용된 DWDM 망과의 연동성과 파장 단위의 서비스를 제공한다.





(그림 3) 차세대 전송망 구조

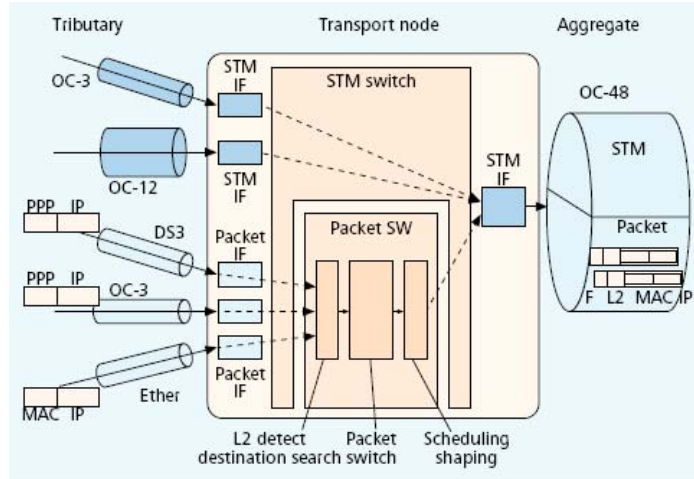
### 5. NG-SONET/SDH 기반의 이더넷 서비스 전송기술

NG-SONET/SDH 기반의 이더넷 서비스 전송기술인 DoS(Data over SONET/SDH) 구조는 기존의 SONET/SDH 전송망을 통해서 데이터 서비스를 제공할 경우 발생하는 문제점들을 해결하기 위해서 제안되었다[10],[11]. DoS 구조의 주요 특징은 GFP, VCAT 그리고 LCAS 기술을 사용하는 것으로 다음과 같은 특징들을 가진다.

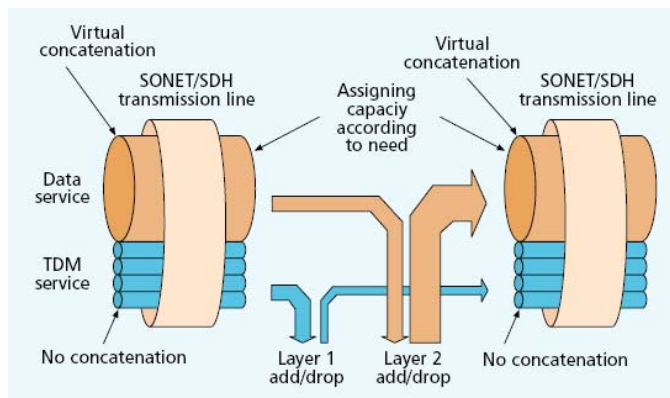
- VC-3(50Mbps) 단위로 대역폭을 할당할 수 있다.
- 망의 에지노드만 변경이 필요하며 전송노드는 기존의 SONET/SDH 망을 그대로 사용할 수 있다.
- 하나의 SONET/SDH 프레임에서 기존의 TDM 서비스와 데이터 서비스를 동시에 수용할 수 있다.
- 대역폭을 동적으로 할당할 수 있다.
- 기존의 잘 발달된 SONET/SDH 망의 망 관리기술과 OAM 기술을 사용한다.
- TDM 서비스를 지원하기 위한 전용 대역폭과 데이터 서비스를 위한 공유 대역폭을 동시에 지원한다.

TDM 서비스는 계층 1 을 통해서 제공하고 데이터 서비스는 계층 2 를 통해서 지원하는 DoS





(그림 4) DoS 노드의 하드웨어 구조

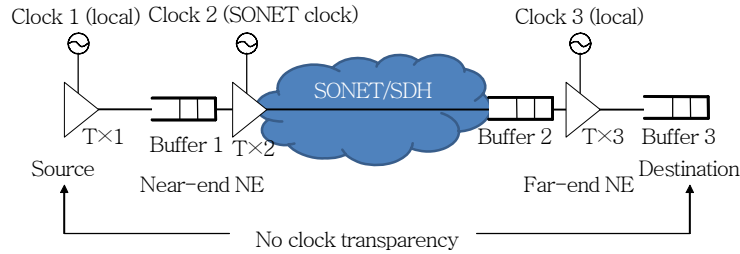


(그림 5) 하이브리드 스위치 개념도

시스템은 하이브리드 형태의 전송망으로 특히 BoD(Bandwidth on Demand) 서비스를 효과적으로 수용할 수 있다. (그림 4)는 DoS 노드의 하드웨어 구조를 나타내며 (그림 5)는 DoS 시스템에서 사용되는 하이브리드 스위치 구조를 나타내는 개념도이다[10].

### 6. SONET/SDH 기반 이더넷 전송망의 문제점

SONET/SDH 기반의 이더넷 전송망은 기존의 잘 발달된 SONET/SDH 전송망 구조와 OAM 특성을 사용할 수 있다는 장점을 가진다. 또한 이더넷 전송에 필요한 물리계층의 인코딩(4B/5B, 8B/10B)과 IFG, PA(SFD)가 필요 없기 때문에 대역폭을 절약할 수 있다는 장점도 가



(그림 6) EoS 망에서의 이더넷 타이밍

진다. 그러나 서로 다른 계층간의 플로우 제어 프레임의 전파 문제와 장애발생 시 장애정보를 서로 다른 계층으로 전파할 수 없다는 문제점이 있다. 또한 로컬 클럭을 사용하는 이더넷을 시스템 클럭을 사용하는 SONET/SDH 망을 통해서 전송할 경우 클럭킹 등에 문제점을 가진다 [12]. (그림 6)은 EoS 망에서의 이더넷 타이밍을 나타낸다. (그림 6)에서 이더넷 망의 송신단과 수신단 사이에는 어떠한 클럭 의존도도 가지지 않는다[12]. 따라서 수신단의 클럭 3 이 송신단의 클럭 소스인 클럭 1 에 비해 느릴 경우 이더넷 프레임의 손실이 발생하게 된다. 이더넷 망에서의 클럭 소스는 +/-100ppm 의 정확도를 요구하기 때문에 수신단 클럭이 송신단 클럭보다 최대 200ppm 느리게 될 수 있다. 만일 64 바이트 크기의 프레임을 전송할 경우 버퍼 2가 꼭 차게 된다면 식 2에 의해서 초당 약 298 개의 프레임이 손실되게 된다.

$$Frame\ loss = \frac{10^9 \times 200 \times 10^{-6}}{(64+20) \times 8} = 298\ frames/s \quad (2)$$

따라서 이더넷 서비스를 SONET/SDH 망을 통해서 제공할 경우 서로 다른 두 계층간 장애 및 유지/관리 정보의 전파 문제 이외에도 클럭의 투명도를 보장할 수 없기 때문에 발생하는 프레임 손실을 방지하여야 한다. 이를 해결하기 위해서 현재 연구되는 방법들과 그에 따른 문제점들은 다음과 같다.

- 수신단에서 IPG를 12 바이트 보다 작게 만들어 전송한다. 이 방법은 다른 노드에서 정상 프레임을 장애 프레임으로 인식할 수 있다는 문제점을 가진다.
- 버퍼 크기를 증가시킨다. 이는 패킷처리 시 지연시간이 길어지는 단점을 가진다.
- 수신단에서 항상 Positive biased 된 클럭만을 사용한다. 이는 시스템 운용에 제약을 가지게 된다.
- 다중 Pause 소스를 사용한다. 이는 관련표준을 변경해야 하는 문제점이 있다.

#### IV. 캐리어 이더넷 전송망

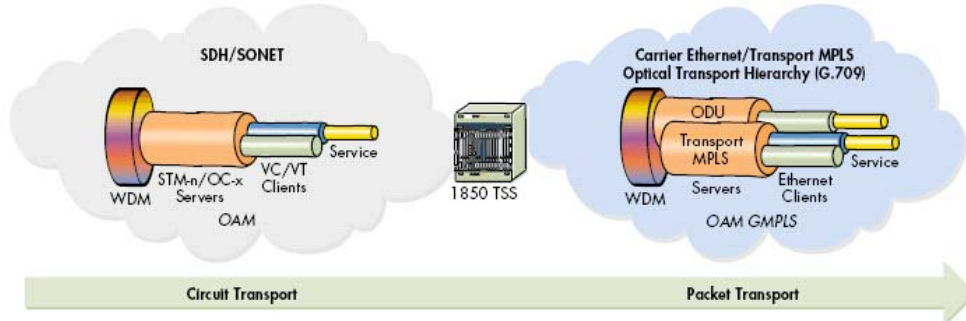
현재 이더넷을 코아 전송망으로 직접 이용하기 위한 캐리어 이더넷 관련 표준화와 기술들이 연구 중에 있다. 캐리어 이더넷은 이더넷이 가지는 공간적인 제약성과 OAM 및 보호/절체 문제점 등을 해결하여 캐리어 망에서 사용하기 위한 기술이다. 캐리어 이더넷은 기본적으로 연결형 구조를 가진다. 즉 망의 접속노드에서 종단간 연결을 미리 설정함으로써 플로우별 차별적인 QoS 를 보장해 준다. 또한 기존의 SONET/SDH 기반의 전송망에서 요구하는 수준의 신뢰성과 망 보호/복구 기능을 제공해 준다. 캐리어 이더넷을 구현하기 위한 방법으로는 현재 ITU-T 에서 표준화가 진행 중에 있는 T-MPLS 기술[13]-[15]과 IEEE 에서 표준화가 진행 중인 PBB-TE[16],[17] 기술이 있다. <표 5>는 현재 MEF 를 중심으로 개발되고 있는 캐리어 이더넷 장비들의 목록과 주요 특징들을 나타낸다.

<표 5> 캐리어 이더넷 제품별 주요 특징

업체명	모델명	관련 기술	주요 특징
Alcatel-Lucent	TSS 1850	T-MPLS	- ROADM 기능 내장 - Universal switch - OTH 지원
TPACK	Longmorn	T-MPLS PBB-TE	-FPGA 형태의 칩 제공
Tellabs	Tellabs 6345	T-MPLS	- Q in Q 기능 - ADM/Cross connect
ZTE	ZXMP S385	T-MPLS	- SDH 기반의 multi-service 제공
Nortel	MERS 8600	PBB-TE	- Stacking 구조
Huawei	Quidway CX600	PBB-TE	
Hammerhead	HSX 6000	PBB-TE	- L2.5 aggregation switch - SONET APS and SDH multi section protection
Extreme	Black Diamond 12800	PBB-TE	

#### V. 결론

현재 이더넷 서비스는 전세계적으로 폭발적으로 증가하고 있으며 이더넷이 최후의 승자가 될 것이라는 것에는 이견이 없다. 이러한 관점에서 'Ethernet over everything'이라는 개념으로 이더넷 서비스를 캐리어 망과 같은 코아 전송망에서 효과적으로 수용하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 그러나 이더넷은 원천적으로 비 연결형 구조를 가지기 때문에 망의 신뢰성과 운용관리, 유지보수 관리 및 보호/복구에 근본적인 문제점을 가지고 있다. 따라서 현재까지의 이더



(그림 7) 이더넷 전송망의 발전 방향

넷은 메트로 이상의 영역에서는 사용이 어려워 MAN 영역으로 그 사용범위가 제한되어 왔다. 또한 현재의 전송망 구조는 SONET/SDH 기반으로 설계되어 있기 때문에 가격적인 측면에서도 현재의 전송망 구조를 일순간에 바꿀 수는 없다. 따라서 현재의 전송망 구조를 유지하면서 이더넷 서비스를 보다 효과적으로 수용하기 위한 SONET/SDH 기반의 이더넷 전송기술이 앞으로 당분간은 실제 망에 다양하게 적용될 것으로 예상된다. 현재 이러한 SONET/SDH 기반의 이더넷 전송기술은 광 전송기술인 WDM 과 연동함으로써 보다 넓은 광 대역폭을 사용할 수 있게 되었다. 또한 ROADM 기술과 결합함으로써 단순한 점대점 구조가 아닌 링 또는 메쉬 구조의 망 운용이 가능하게 되었으며 파장 단위의 스위칭을 지원함으로써 보다 단순화된 노드 구성과 망 운용이 가능해졌다. 그러나 이는 전송망에서 이더넷 서비스를 제공하기 위한 궁극적인 해결책이 될 수는 없으며 가까운 미래에 이더넷 기술이 캐리어 망과 코어 망을 포함하는 전송망에 직접 적용될 것이며 또한 광 전송 기술과도 직접 결합될 것이다. 즉 전송망의 발전 방향은 (그림 7) [18]과 같이 이더넷과 광 전송기술이 직접 융합된 Ethernet over WDM/ROADM 망으로 발전하게 될 것이다.

### <참 고 문 헌>

- [1] Joe Mocerino, "Carrier Class Ethernet Service Delivery Migrating SONET to IP & Triple Play Offerings", OFC/NFOEC, JThB97, 2006, pp.396-401.
- [2] Thomas S. Afferton, Robert D. Doverspike, Charles R. Kalmanek, and K. K. Ramakrishnan, "Packet-Aware Transport for Metro Networks", IEEE Commu. Mag. 2004, pp.120-127.
- [3] Steve Gringeri, Tom Rarick, "Packet and TDM Transport Integration: How, When and Why?", OFC/NFOEC, NWF4, 2006.
- [4] IEEE 802.1D, "Media Access Control(MAC) Bridges," 2004.
- [5] ITU-T Rec. G.7041, "Generic Framing Procedure," Aug. 2005.

- 
- [6] ITU-T Rec. G.707, "Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy", Jan. 2007.
  - [7] ITU-T Rec. G.7042, "Link Capacity Adjustment Scheme(LCAS) for Virtual Concatenation Signals," Mar. 2006.
  - [8] Xiaoming He, Mingying Zhu, Qingxin Chu, "Transporting Metro Ethernet Service over Metropolitan Area Networks", in Proc. of IEEE Conf. on SUTC, Vol.2, 2006, pp.178-185.
  - [9] Enrique Hernandez-Valencia, Gady Rosenfeld, "The Building Blocks of a Data-Aware Transport Network: Deploying Viable Ethernet and Virtual Wire Services via Multiservice ADMs", IEEE Commu. Mag. 2004, pp.104-111.
  - [10] Dirceu Cavendish, Kurenai Murakami, Su-Hun Yun, Osamu Matsuda, Motoo Nishihara, "New Transport Service for Next-Generation SONET/SDH Systems", IEEE Commu. Mag. 2002, pp.80-87.
  - [11] Enrique Hernandez-Valencia, "Hybrid Transport Solutions for TDM/Data Networking Services", IEEE Commu. Mag. 2002, pp.104-112.
  - [12] Vish Ramamurti, John Siwko, George Young, Mike Pepe, "Initial Implementations of Point-to-Point Ethernet over SONET/SDH Transport", IEEE Commu. Mag. 2004, pp.64-70.
  - [13] ITU-T Rec. G.8112, "Interfaces for the Transport MPLS(T-MPLS) Hierarchy", 2006.
  - [14] ITU-T Rec. G.8110.1, "Architecture of Transport MPLS(T-MPLS) Layer Network", Nov. 2006.
  - [15] ITU-T Rec. G.8121, "Characteristics of Multi-proticol Label Switched(MPLS) Equipment Functional Blocks", 2006.
  - [16] IEEE 802.1ah, "Provider Backbone Bridging," Nov. 2007.
  - [17] IEEE 802.1Qay/D3.0, "Virtual Bridged Local Area Networks-Amendment: Provider Backbone Bridge Traffic Engineering", Apr. 2008.
  - [18] Alcatel-Lucent TSS 1850 white paper, <http://www1.alcatel-lucent.com/products/>

---

\* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITA의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.