

차세대 SONET/SDH 기술 동향

브라이언 라벨리, 심재경
노텔 네트워크스

Next Generation SONET/SDH

Brian Lavelle, Jae-Kyung Shim
Nortel Networks, LTD

Abstract - 정보 통신 네트워크 기술은 최근 10여년에 걸쳐 비약적인 발전을 하였다. 특히 광전송 분야는 음성 및 데이터 통합에 의한 시장 요구로 인하여 많은 진화를 하고 있다. 이 글에서는 SONET/SDH가 차세대 솔루션으로 진화하는 데 있어서 필요 기술을 서술하였다.

게 구현할 수 있다.

2. 본 론

2.1 두 가지 핵심 기술 LAN (이더넷)과 MAN (SONET/SDH) 비교

1. 서 론

서비스 제공업체들은 현재 통신업체간 치열한 경쟁이 벌어지고 있는 통신업계 경제 상황을 감안하여, 자사의 운영비를 대폭 삭감하기 위한 새로운 방법을 부지런히 모색하는 한편, 새로운 수익 창출형 데이터 서비스를 제공해오고 있다. 이러한 새로운 데이터 서비스는 SONET/SDH 네트워킹 장비의 대규모 설치 기반을 충분히 이용하여 저렴한 비용으로 통합 경로를 활용할 수 있도록 해야 하며, 설치 기반에 장애를 주어서는 안 된다. 데이터 서비스를 전송하는 기술에는 여러 가지 유형이 있으나, 메트로 네트워킹 시장에서는 상호관계 기술이 인기를 얻고 있다. 본 문서에서는 저렴한 비용으로 새로운 수익 창출 서비스를 구현하는 데 있어 다양한 요구사항을 만족시키기 위해 다음과 같은 기술을 살펴보고자 한다.

이러한 기술은 기존의 MAN 인프라를 통해 LAN (Local Area Network) 데이터 서비스의 전송을 최적화하고자 하는 필요성에서 중점적으로 개발되었다.

이더넷과 SONET/SDH는 각각 LAN과 MAN을 제어하므로 서로 상반된다. 이더넷은 데이터 트래픽 (폭주 (bursty) 트래픽 및 고(高) 대역폭)을 위해 고안되었으며, SONET/SDH는 음성 트래픽 (회로 기반 및 결정형 트래픽)을 위해 고안된 기술이다. 이 두 가지 기술은 각각 해당되는 애플리케이션에서 최적으로 활용되며, 이를 통해 두 기술 모두 유비쿼터스형에 가까운 기술임을 알 수 있다. 최근까지 SONET/SDH를 경유하는 이더넷은 복잡하고도 비용이 많이 드는 데다가 대체로 독점 기술인 매핑 방식을 활용하였다. GFP, VCAT, LCAS, RPR, MPLS 및 CWDM 기술은 이러한 연동 애플리케이션을 단순화하는 한편, 관련 비용을 절감할 것으로 기대된다.

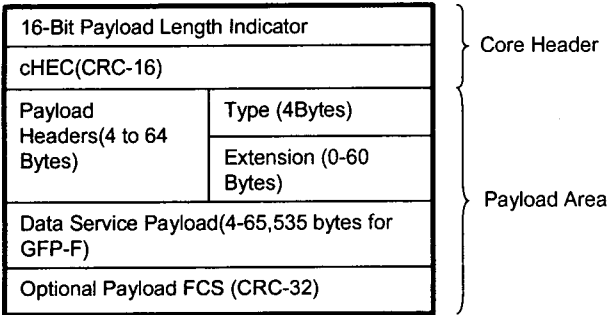
- GFP 일반 프레임링 절차 (Generic Framing Procedure) [1]
 - VCAT 가상 연결 (Virtual Concatenation) [2]
 - LCAS 링크 용량 조절 방식 (Link Capacity Adjustment Scheme) [3]
 - RPR 회복성 패킷 링 (Resilient Packet Ring) [4]
 - MPLS 다중 프로토콜 라벨 스위칭 (Multi-Protocol Label Switching) [5]
 - CWDM 저밀도 파장 분할 다중화 (Coarse Wavelength Division Multi-plexing) [6]
- 상기 기술들은 상호 보완적이며, 이러한 기술은 모두 현재 사용 빈도가 늘고 있는 SONET/SDH경유형 데이터 서비스를 전송하는 기존의 방법에 비해 운영비가 저렴하고, 보다 간단한 방법으로 MAN (Metro Area Network)에서 GbE (Gigabit Ethernet), FC (Fibre Channel), FICON (Fiber Connection), ESCON (Enterprise System Connection), IP (Internet Protocol) 및 PPP (Point-Point Protocol) 등의 데이터 서비스를 쉽

2.1.1 GFP (Generic Framing Procedure)

GFP는 SONET/SDH 경유형 데이터 서비스를 전송하기 위해 현재 사용되고 있는 여러 가지 (또한 대개 독점 기술인) 방법을 대체하기 위해 개발된 기술로, 이를 활용할 경우 전반적인 비용을 절감할 뿐만 아니라, 구현 방식도 간단하다. 표준화된 분리 인터페이스 및 래핑 (wrapping) 기술의 경우, 다중 벤더의 상호 운용성, 새로운 수익 창출형 서비스, 네트워킹 비용 절감, 신규 구축시 위험도 감소, 다중 벤더 소싱 (sourcing) 등 여러 가지 탁월한 장점을 제공한다. GFP는 SONET/SDH 및 OTN (Optical Transport Network) [7]으로 둘 다 매핑이 가능한데, OTN이란 현재 사용되는 광학 네트워크는 물론, 미래형 광학 네트워크를 나타내는 용어이다. GFP는 L1 (Layer 1) 및 L2 (Layer 2) 독립형으로, GbE, FC, FICON, ESCON, IP, PPP 등의 다양한 데이터 서비스를 전송하며, Infiniband [8] 및 DVB-ASI (Digital Video

Broadcasting Asynchronous Serial Interface) [9] 서비스를 향후 지원할 것으로 기대된다. GFP는 애플리케이션 환경을 고려해 프레임형 (framed)과 투명형 (transparent) 두가지 방식을 지원한다. 각 방식은 다양한 데이터 서비스 매핑 방식을 구현하며, 그림 1은 공통적으로 나타나는 일반 프레임 구성 방식을 보여준다.

그림 - 1 GFP 프레임 구조



GFP-F (Framed Generic Framing Protocol)

GFP-F는 PDU (Protocol Data Unit) 지향형 프로토콜로, IP, PPP [10] 및 이더넷 MAC (Media Access Control) 프레임 등의 클라이언트 신호를 매핑하도록 고안된 기술이다. 이 경우, 클라이언트 프레임 (예: 이더넷 MAC 프레임)1개는 1개의 GFP-F 프레임에 매핑된다. 그림 2는 이더넷 MAC 프레임과 GFP 프레임의 1:1 암호화 방법을 나타낸 것이다.

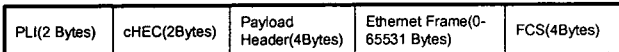


그림 2 이더넷 MAC 프레임을 GFP 매핑하기

이더넷 프레임의 길이가 다양하므로, 이에 따라 GFP-F 프레임의 길이도 각각 달라진다. 이더넷 프레임은 완전 버퍼링을 통해 프레임의 길이를 결정해야 하므로, FC 기반의 SAN (Storage Area Network)처럼 대기 시간의 영향을 크게 받는 애플리케이션의 경우, GFP-F가 부적합한 것처럼 보인다. 그러나, 1:1 GFP-F 매핑 매커니즘은 ATM (Asynchronous Transfer Mode)과 같이 복잡한 매핑 방식 보다 훨씬 간단하며, GFP-F는 GFP-T에 비해 채택 방식이 간편하다. 보다 자세한 사항은 다음과 같다.

GFP-T (Transparent Generic Framing Protocol)

GFP-F의 프레임 매핑 특성과는 달리, GFP-T 는 블록-코드 중심 프로토콜로, GbE, FC, FICON 및 ESCON 등의 클라이언트 신호를 매핑할 목적으로 개발되었다. 이러한 신호는 모두 8B/10B 암호화 기술을 구현하며, 이 기술을 통해 8비트 블록은 10비트 코드로 암호화된다. 8B/10B 암호화 방식은 256 (28)의 데이터 값을, 1024 (210) 코드로 매핑하는 것으로, 이러한 코드를 "문자"라고도 한다. 문자는 특수한 방식으로 할당되는 데 이로 인해 1과 0의 라인 시퀀스가 조화를 이뤄 CDR (Clock and Data Recovery)을 용이하게 하는 적당한 수의 트랜

잭션을 발생시킨다. 또한 10- 비트 문자 (코드)는 제어 코드로 예비 처리되는데, 데이터 소스 (입구) 노드는 이러한 코드를 신호 제어 정보에 사용하거나 데이터 싱크 (sink) (출구) 노드에 사용할 수도 있다.

전송 장치 (SONET/SDH 또는 OTN)는 8B/10B 암호화 방식을 채택한 데이터 신호를 적절하게 전송하기 위해, 데이터 및 제어 코드 문자를 모두 전송할 수 있어야 한다. 8B/10B 암호화 방식의 경우 25%의 오버헤드 패널티가 발생하므로, MAN 전송시에는 이 방식이 (비용 면에서) 적합하지 않다. 결론적으로 말하자면, 8B/10B 코드는 맨 먼저 10비트에서 기존의 8비트로 복호화 되었다가, 다시 보다 효율적인 64B/65B 고정 길이형 수퍼 블록으로 암호화된다. 이러한 64B/65B 수퍼 블록은 SONET/SDH 및 OTN 내 에서 가용한 가상 컨테이너 대역폭으로 매핑할 경우 효율성이 더 높아지기 때문에 MAN 전송 시에 보다 적합한 방식이다. 최소한 8B/10B 문자를 수신하여 이를 복호화 한 후 다시 64B/65B의 수퍼 블록으로 암호화해야 하기 때문에 이러한 처리 순서는 GFP-T의 최소 대기 시간으로 작용하며, 이는 GFP-F에 비해 꽤 짧은 시간이다. 프레임형 GFP는 전체 이더넷 프레임이 수신되기를 대기하며, 이러한 프레임은 64 ~ 1,518 바이트로 크기가 다양하다. 이로 인해 대기 시간이 늘어나는데 이는 FC 기반의 네트워크에는 적합하지 않다. 이름에서도 알 수 있듯이 GFP-T는 8B/10B 제어 문자와 데이터를 투명하게 전송하는데, 이러한 방식은 8B/10B 암호화된 데이터 서비스를 위해 GFP-F를 경유하는 GFP-T가 갖는 뚜렷한 장점이기도 하다.

2.2 데이터 서비스 매핑 대체 기술

PoS (Packet over SONET/SDH) [11] 등의 SONET/SDH 기반 네트워크를 경유하는 데이터 서비스와, SDH를 경유하는 X.86 [12]을 전송하기 위한 GFP 매핑 방식 외에도 이에 필적할 만한 다른 방법이 있다. 그러나, GFP와 비교할 경우, 이러한 매핑 방식에는 GFP와 같은 유연성과 단순성이 부족하여, 대규모 구축에 있어 바람직한 선택 안이 될 수는 없다. 결국, 이러한 대안은 효율성이 부족으로 현재로서는 대안에 그칠 뿐이다.

2.2.1 PoS (Packet over SONET/SDH) 데이터 서비스 매핑

PoS 는 현재 라우터 인터페이스를 통해 SONET/SDH 네트워크를 경유하는 이더넷/IP 데이터 서비스의 매핑 방식 중 가장 일반적인 방식으로, 이러한 인터페이스에서는 광범위하게 활용 가능한 HDLC (High Level Data Link Control)를 지원한다. 그러나 PoS와는 달리, GFP는 이더넷 프레임의 L2 MAC 정보 (예: 목적지/출처 주소)를 삭제하지 않으므로, 이더넷 스위치 등의 L2 에지 장비를 투명하게 전송할 수 있다. PoS는 이러한 L2 MAC 정보를 종료시킴으로 멀티캐스팅이나 트래픽 우

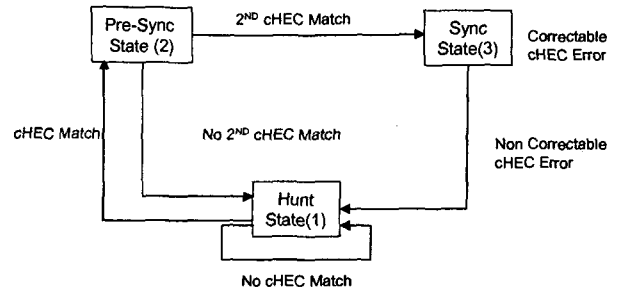
선순위 설정 (802.1p), 이더넷 보호 절체 및 VLAN (Virtual LAN) 필터링 (802.1q) 등의 여러 가지 적절한 L2 기능이 발생하지 못하도록 한다.

PoS는 이처럼 중요한 L2 MAC 정보를 삭제하고, 그 다음에는 이러한 정보를 HDLC를 경유하는 PPP로 다시 매핑하는데, 그 결과, 덤 (dumb) 형태의 PTP(Point-to-point) 파이프가 생성될 뿐 아니라 몇 가지 눈에 띄는 단점도 나타난다. 보다 자세한 사항은 다음과 같다.

HDLC는 프레임 식별 및 제어 정보에 활용되는 특정 비트 유형 (문자)에 의존한다. 따라서 이러한 특정 비트 유형이 데이터 페이로드에 포함된 경우, 이러한 유형은 특별한 의도 없이 예비 문자처럼 가장하므로, HDLC를 적절하게 운용하는 데 방해가 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 HDLC는 예비 문자처럼 가장한 페이로드 옆에 추가로 제어 이스케이프 (escape) 문자(0x7d)를 첨가한다. 그러나 이러한 문제를 해결한다 해도 제어 문자를 추가하게 되면 또 다른 문제가 야기된다. 즉, 기존의 클라이언트 정보를 전송하기 위해서 대역폭을 증가시켜야 한다는 점이다 (일반적으로 대역폭 인플레이션으로 알려짐). 보다 심각한 경우로, 클라이언트 신호가 예비 제어 문자를 가장한 데이터 문자만으로 구성되어 있다고 가정할 경우, PoS에서 사용하는 HDLC는 1:1 방식으로 이스케이프 문자를 추가하므로 기존의 클라이언트 신호를 전송하는 데 2배의 대역폭이 필요하게 된다. 물론 가능성이 낮기는 하지만 이는 결코 바람직한 시나리오가 될 수 없다.

HDLC와 PoS에서 빈번하게 발생하는 대역폭 인플레이션을 방지하기 위해서 GFP는 자체적으로 cHEC (core Header Error Control) 바이트를 사용하여 프레임을 식별한다. cHEC 바이트를 사용할 경우 사실상 이미 입증된 ATM 셀 식별 알고리즘을 채택하는 것이 된다 (그림 3 참조). 상태 장비는 GFP가 Hunt 상태에서 개시하는 방법과, cHEC 계산 값이 다음 순서의 수신 비트와, GFP 프레임 식별시의 결과값 (Pre-Sync 상태에 도달하는 경우)과 일치할 때까지 비트별로 검사하는 방법을 제시하였다. GFP 프레임 1개를 성공적으로 식별하면, 다음 GFP 프레임의 시작 지점을 알 수 있다. 다음 GFP 프레임의 cHEC 값과 다음 순서의 비트가 유효한 경우, Sync 상태가 입력된다. Sync 상태에서는 cHEC에 오류가 발생한 경우 이를 수정할 것을 고려하지만, 수신한 오류를 수정할 수 없는 경우, Hunt 상태가 다시 입력되고, 이 과정이 반복된다. GFP는 수신 프레임을 식별하는 과정에서 특별한 문자를 필요로 하지 않으므로, 이 경우에는 PoS/HDLC에서 분명하게 나타나는 역 (逆) 대역폭 인플레이션 문제를 해소할 수 있다.

그림 3 GFP 프레임 식별 상태 장비 [1]



GFP의 주요장점 (Framed&Transparent 운용 모드)

다양한 유형의 데이터 서비스에 대해, 기존의 SONET/SDH 기반의 네트워크는 물론, 향후 OTN 기반의 MAN 인프라에 매핑하는 과정에서 GFP를 사용할 경우 여러 가지 장점을 경험할 수 있다. GFP의 주요 장점은 다음과 같다.

- 표준화 벤더의 상호 운용성과 컴포넌트 비용 절감을 위해 전 세계적으로 GFP 활용도가 대폭 증가할 것으로 예상된다.
 - 다양성 GFP를 사용하면 L1 및 L2에서 널리 사용되고 있는 여러 가지 데이터 서비스 프로토콜을 전송할 수 있다.
 - .L1 GbE, FC, FICON, ESCON, Infiniband (향후 사용 예정) 및 DVB ASI (향후 사용 예정).
 - .L2 이더넷 (예: IP/PPP/MPLS 암호화 등의 서비스)과 HDLC.
 - 서비스 품질 (QoS) QoS는 애플리케이션별로 엄격한 기준 (strict형) (GFP-T)이나 유연한 기준 (loose형) (GFP-F)을 적용할 수 있다.
 - 확장성 GFP는 현재 10Mb/s (Ethernet) ~ 10Gb/s (OC-192/STM -64)의 데이터 서비스를 지원한다.
 - 수용성 GFP는 IEEE-802.17 RPR (Resilient Packet Ring) Working group 및 IETF에서 보증하는 기술이다.
 - 단순성 GFP는 ATM 및 HDLC 보다 간단한 매핑 기술로서, 네트워크 설계 비용이 절감된다.
 - HEC (Header Error Control) HEC는 입증된 ATM 알고리즘과 유사한 방식에 기반한 기술로, Transparent 및 Framed 클라이언트 프레임 크기에 유연성을 부가할 수 있도록 지원해준다. 이 방식은 프로세스에 집중하는 방식이 아니므로 저렴한 비용으로 고속의 운용을 할 수 있도록 하드웨어를 통합하는 데 도움이 된다.
- GFP에는 여러 가지 장점이 있으나, 현재 MAN으로의 통합이 진행 중인 데이터 서비스를 end-to-end 방식으로 전송하기에는 부족한 점이 있다. 즉, 다른 기술을 활용하여 용량을 전송하는 데 필요한 SONET/SDH 페이로드의 크기를 파악하고, 대역폭의 크기를 동적으로, 무중단 상태에서 재설정해야 한다. 이러한 요구사항은 각각 가상 연결 (VC: Virtual Concatenation)과 링크 용량 조절 방식 (Link Capacity Adjustment Scheme)으로 해결하였다. 또한, 계층 최적화 요구사항은 전 반적인 대

역폭 용량을 결정하는 Resilient Packet Ring with Coarse Wavelength Division Multiplexing을 통해 해결하였다.

2.3 기술 상호 관계

2.3.1 VCAT (Virtual Concatenation)

CC (Contiguous Concatenation)는 SONET/SDH의 통합 요소 중 하나로, 이를 통해 다중 SPE (Synchronous Payload Envelope)를 단일 연결 요소로 인식하여 SONET/SDH 네트워크 전반에서 전송, 절체시킨다. 최초의 SONET/SDH 컨테이너 페이로드 포인터는 일반 (normal) 모드로 설정되며, 다음 페이로드 포인터는 연결 (concatenation) 모드로 설정된다. 이와 같은 설정을 통해 컨테이너가 효율적으로 연결됨으로써, 단일 연결 페이로드가 생성된다. 이러한 엄격한 방식을 통해 해당 연결 경로의 모든 노드가 CC를 지원해야 한다는 점을 알 수 있다. VCAT는 기존의 SONET/SDH 네트워크를 강화하기 위해 네트워크 리소스 자체에서 경로 구현 요소를 분리한다. 또한 VCAT 적용 기능은 VCAT Group (VCG) 구성원이 다양한 SONET/SDH 경로를 이동할 때 지연(delay) 변화가 발생하면 이를 보상해준다. 각각의 VCG 구성원이 서로 다른 물리적 경로를 이동할 수 있도록 해주는 기능은 주목할 만한 장점이라 할 수 있다.

CC와 달리, VCAT 연결을 구성하는 SPE는 타임슬롯 연결이 불필요하며, 네트워크에 저 애플리케이션에 적합한 저차의 VT-1.5 구성원을 사용하거나, 또는 네트워크 코어 애플리케이션에 적합한 고차의 VT-1.5 구성원을 사용해서 이러한 SPE를 생성할 수 있다. 통신 사업자들은 이와 같이 배가된 유연성을 활용하여 실제로 전송되는 데이터 서비스에 기반해서 여러 VCG 구성원 (고차 또는 저차)을 그룹화하고, 이를 통해 대역폭 활용도를 대폭 향상시킬 수 있다. 가령, 1Gbps 이더넷 서비스를 SONET으로 매핑하려면 최단거리의 대역폭 증가분, 즉, OC-48c (2.488Gbps)을 활용해야 하는데, 이 경우 표 1에 제시한 바와 같이 대역폭 활용도는 42%에 그친다. VCAT를 사용하면, 동일한 1Gbps 이더넷 서비스를 21 STS-1비연결 타임슬롯에 매핑하여 (표시된 STS-1-21v) 95%의 향상된 활용도를 얻을 수 있다. 이로써, 오늘날의 경제 환경에서는 말그대로 "불경스러운 일"이라 할 수 있는 대역폭 둔화 현상을 개선할 수 있다.

VCAT의 중단 지점 (네트워크 입구 및 출구 지점)에 한해 VCG 구성원 간의 관계를 파악해야 한다. 중계 노드는 VCG 구성원 간의 관계를 파악할 필요가 없으므로 보다 비용 효율적으로 VCAT를 기존의 SONET/SDH 네트워크에 도입할 수 있다. 입구/출구 (ingress/egress) 네트워크 노드에 한해 VCAT를 활성화해야 한다. VCAT 구

Data Service Rate	SONET/SDH Contiguous Concatenation	SONET/SDH Virtual Concatenation
100Mb/s Ethernet	STS-3c(67%)	STS-1-2v(100%)
1,000Mb/s Ethernet	STS-48c(42%)	STS-1-21v(95%)
ESCON(160Mb/s)	STS-12c(27%)	STS-1-4v(82%)
Fiber Channel(850Mb/s)	STS-48c(35%)	STS-3c-6v(95%)

표 1 CC와 VCAT 데이터 서비스 매핑 비교

성원들 모두가 똑같이 다중화 섹션을 거칠 필요는 없으므로, VCG 구성원 간에 전 파 지연이 발생할 수 있으며, 특히 장거리인 경우 이러한 가능성은 배가된다. 그러나, VCAT는 이와 같이 불가피하게 발생하는 전 파 지연 상황을 파악하여 필요한 재배치 과정을 수행한다.

최신 기술이라 할지라도 단점이 있기 마련이고, 이 점에서는 VCAT도 예외는 아니다. 예를 들어, VCG 구성원 중 하나라도 해당 경로에서 장애가 발생하면 전체 VCG에 장애가 발생한다. 또한 VCAT는 SONET/SDH의 PTP 특성을 해결하지 못 하였는데, 이는 이더넷 등의 L2 프로토콜의 경우, 바람직하지 못한 현상이다. 그물형 네트워크의 형태로 다중 SONET/SDH 연결을 프로비저닝할 수는 있으나, 그에 따른 비용 및 시간이 많이 들 뿐만 아니라, 운영비와 자본적 지출도 대폭 늘어날 수밖에 없다. VCAT가 SONET/SDH 회로의 고정적 특성을 개선하였다고는 해도 통신 사업자는 갑작스럽게 폭주하는 고객의 최대 데이터 서비스 속도를 기초로 회로를 제공해야 하기 때문에 최적의 솔루션 구축과는 거리가 생기게 된다. 이러한 현상은 연속 연결

(contiguous connection)이나 불연속 연결 (non-contiguous connection)의 경우에 상관없이 발생한다. 실제 평균 이용 속도는 매우 낮으므로, 사용되지 않는 대역폭이 남아도는 최적화가 덜 된 상태로 솔루션이 구축된다.

LCAS는 VCAT를 보완, 그룹 구성원의 경로에 장애가 발생하면 전체 VCG가 손실되는 경우를 방지하기 위해 개별 그룹 구성원을 동적으로, 무 중단(hitless) 상태에서 추가/삭제한다. VCAT는 기본적으로 L2 데이터 서비스에 투 명적으로 동작하므로, RPR를 사용하면 자체의 PTP 특성을 활용하여 VCAT의 결함을 방지할 수 있다. RPR를 사용하면 물리적으로 구성된 SONET/SDH 링 아키텍처에서 논리적인 그물형 L2 네트워크 토폴로지를 활용함으로써, 기존에 구축한 SONET/SDH 인프라를 사용할 수 있게 된다.

2.3.2 LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme)

LCAS는 VCAT를 보완하여 VCAT 연결의 크기를 동적으로 재조정하는 기능을 통해, VCG 구성원에 장애가 발생해도 (예: 파이버 절단) 이를 무리 없 처리할 수 있게 된다. LCAS는 소스(개시 노드)와 싱크 (sink, 종단 노드) 간의 동기화를 처리하며, 이를 통해 VCAT 회로는 애

플리케이션에서 필요로 하는 만큼 동적으로, 무중단 상태에서 증가 또는 감소한다. 또한 LCAS는 보호 대역폭을 활용하며 이러한 대역폭은 평소에는 사용하지 않고 1+1 이중화 기반으로 예비된다. 보호 대역폭을 사용할 수 있으나 사용하지 않는 상태로 설정하면 저차의 대역폭을 판매하는 현재 시점에 회선 스위치를 제공하지 않기 때문에 수익 창출이 늘어난다.

다행스러운 점은, LCAS가 기능적으로 VCAT 소스와 싱크 적응 기능 내부에 위치하고 있어서, 네트워크 경로의 중계 노드 전반에서 필요한 것은 아니라는 점이다. VCG 연결 시 동적 크기 재조정은 주어진 애플리케이션의 특정한 필요를 따르게 된다. 이와 같이 가용한 연결 대역폭의 크기를 동적으로 재조정하는 방식은 무중단 상태에서 수행되므로 이 방식은 최종 사용자에게 투명하게 이루어진다. 가령, 네트워크 장애로 인해 (예: 파이버 절단) VCG 구성원이 소실되는 경우, LCAS는 우선 소실된 VCG 구성원의 특정 용량별로 VCAT 연결의 대역폭 크기를 동적으로 축소하며, 사전 프로비저닝이 이루어진 경우, 필요하다면 다른 VCG 구성원을 추가함으로써 VCAT 연결의 크기를 자동적으로 재조정한다. 새로운 VCG 구성원을 추가하지 않고자 할 경우나 또는 추가할 수 없는 경우, 전반적인 VCAT 연결 대역폭은 일시적으로 억제되어 네트워크 장애가 복구되고 소실된 VCG 구성원이 다시 VCG에 추가될 때까지 이 현상이 지속된다. (동적으로, 무중단 상태에서 이루어짐)

LCAS는 소스 및 싱크 네트워크 요소간의 VCAT 구성원에 대해 주어진 그룹의 크기를 동적으로 조정하고 이러한 그룹을 동기화하기 위해 특정 제어 패킷을 사용한다. 고차의 VCAT인 경우, SONET Path H4 바이트를 사용하며 저차의 VCAT인 경우, VT1.5 K4 바이트를 사용한다. 두 유형의 바이트 모두 요청 및 확인(request and acknowledgement) 메커니즘을 구현한다. 이러한 제어 패킷의 교환은 실제로 소스 및 싱크 NE가 주어진 VCAT 연결의 크기를 조절하는 방식으로 이루어진다. 서비스 제공업체는 이와 같이 적절한 기능을 활용하여 특정 애플리케이션에서 필요로 하는 용량을 필요한 만큼 동적으로 조절하는데, 이러한 애플리케이션 자체는 하나의 서비스로 동작한다. LCAS는 단방향성으로 수행되므로 서비스 제공업체는 동영상 분배 애플리케이션의 경우와 마찬가지로 비대칭 대역폭을 제공할 수 있다. 대역폭 사용이 동적으로 이루어지는 만큼 서비스 제공업체는 예정대로 대역폭 연결성을 유연하게 제공할 수 있다. 예를 들어 데이터 아카이빙 대역폭의 경우, 자정부터 오전까지 고객에게 판매하고, 이와 동시에 이 대역폭을 다른 고객에게 일반적인 업무 시간 동안 오전부터 저녁 시간까지 재판매할 수 있다.

LCAS는 각 VCG 구성원의 기능 개시 및 크기 조정 작업 (추가/삭제)을 NMS (Network Management System)

등의 상위 계층 엔티티에서 관리하는 것으로 가정한다. 이는 상용 수용력을 증가시키려면 현재 구축한 EMS/NMS를 업그레이드하여 LCAS를 지원해야 함을 의미한다. LCAS 및 VCAT의 고유한 장점을 활용하면 기존에 구축한 OSS (Operational Support System) 제품의 업그레이드는 물론, 이러한 기능을 통합하기 위한 기획도 필요치 않게 해 준다. 그러나 실제로 LCAS는 이러한 신규 VCAT 회로의 프로비저닝 과정에 참여하지 않는다. NMS/EMS에서 VCAT 연결을 생성하고 그 크기를 조정하려면 MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 등의 일반화된 신호 처리 프로토콜을 통해 VCAT/LCAS가 활성화된 네트워크 노드에 자동으로 신호 처리를 해야 한다. 이에 대해서는 본문서에서 나중에 다루고 있다. 기타 표준 신호 처리 및 제어 프로토콜도 사용할 수 있다.

2.3.3 RPR (Resilient Packet Ring)

RPR은 대역폭 및 토폴로지 (링 형) 를 잘 파악하고 있는 액세스 제어 프로토콜이다. 이 프로토콜은 SONET/SDH 네트워크의 캐리어 급 특성을 나타내주는 공유 미디어 링을 구현하도록 해주며, 이를 위해 노드 간의 일련의 PTP 연결을 공유 미디어 링 아키텍처로 효율적으로 변환한다. RPR은 폭주하는(bursty) 데이터 서비스를 효율적인 방식으로 통계적으로 다중화하는 기능을 제공하는 한편, 공간 재사용 기능을 제공하여 사용 가능한 대역폭을 최대한으로 활용할 수 있도록 해준다. 이러한 두 가지 방식 모두 이더넷을 따른다. 또한 RPR 내부의 프로비저닝 방식 중에는 다중 서비스 등급 (CoS)을 활성화하는 기능이 있는데 이 기능은 웨이트드 페어니스 (weighted-fairness) 방식을 사용하여 완전히 동적으로 지원된다. 이 방식은 주어진 RPR 상에서 모든 사용자가 특정 순간에 활용하는 방식에 기반한 것으로, 그 결과 최적화가 배가된다.

RPR은 사실상 기본적인 물리 전송과는 독립적으로 이루어지므로 이더넷 또는 SONET/SDH 네트워크를 경유하여 전송될 수 있다. RPR을 위한 GFP 적응 계층은 SONET/SDH 물리 계층을 통하는 것이 아니라 SONET/SDH 물리 계층을 통해 생성되므로, VCAT와 투명하게 연동할 수 있다. RPR은 VCAT/LCAS의 PTP 특성을 향상하기 위해 논리적 그물형 토폴로지를 생성함으로써 대역폭 활용도를 강화하였다. 기존 방법에 비해 SONET/SDH 인프라를 통해 데이터 서비스를 전송하는 방식은 향상되지만 VCAT와 LCAS를 조합할 경우, 특히 소스 및 싱크 네트워크 노드 사이에 데이터가 전송되지 않는 경우에는 생성된 연결의 대역폭이 사용된다. 이러한 문제는 여러 데이터 애플리케이션에서 흔히 발생한다. 또한 RPR은 대역폭 사용율을 최적화하기 위해 RPR 노드가 유휴 용량을 감지하고 이를 재할당하여 공유 링을

재사용할 수 있도록 하는 방식을 사용한다.

상업적으로, 서비스 제공업체는 이더넷과 같은 데이터 서비스의 폭주 특성을 이용하여 RPR 상에 가용 대역폭보다 초과하여 가입함으로써(over-subscribe) 수익 창출을 향상시킬 수 있는데 이는 현시점에서는 이상적 목표이기도 하다. 서비스 제공업체는 이러한 데이터 애플리케이션을 위해 비용이 많이 드는 PTP 대역폭을 비효율적인 방식으로 영구 할당하는 기존의 방법을 고집하지 않아도 될 것이다. 또한 통신 사업자들은 RPR을 통해 자사의 기존 SONET/SDH 네트워크를 전적으로 활용할 수 있도록 주어진 SONET/SDH 인프라 내에서 데이터와 음성 서비스를 조합하는 방식을 취하게 된다.

SONET/SDH는 음성 트래픽의 전송에 최적화되었으며, RPR은 주어진 SONET/SDH 링 상에서 폭주하는 데이터 서비스의 동시 전송을 최적화하는 작업을 지원한다. 다음은 RPR의 장점을 일부 요약한 것이다.

- 네트워크 회복성 SONET/SDH와 유사한 네트워크 보호 기능으로, 전체 시간은 50msec 이하이다.
- 차별화된 서비스 우선순위가 높은 패킷의 지연 시간을 최소화하여 지연허용시간에 따른 트래픽을 지원한다.
- 공간 재사용 기존의 SONET/SDH와는 대조적으로, 착신 노드와 소스 노드 간에 한해 대역폭을 사용한다. 데이터 패킷/프레임이 착신 노드에서 삭제되어 불필요한 대역폭 사용량이 줄어든다.
- 자동 탐색 기능 내장된 자동 탐색 방식을 통해 노드의 추가/삭제 작업이 자동화되므로, RPR에서 수동으로 추가/삭제된 노드를 프로비저닝하지 않아도 된다.
- 확장성 100개 이상의 노드로 구성되는 링형 토폴로지를 지원한다.
- 견고성 링상의 노드는 데이터 패킷을 폐기하지 않으므로, 기본적으로 전송시 손실이 발생하지 않아도 된다.

RPR에 할당된 대역폭을 LCAS 메커니즘을 통해 동적으로 제어하면, VCG 구성원을 추가/삭제함으로써 필요한 대역폭을 동적으로 할당할 수 있게 된다. LCAS는 동적으로 VCG의 크기를 재조정할 수 있도록 해 주는 메커니즘인데, 이 때 필요한 대역폭을 결정하는 기능을 포함하고 있지는 않다. 이와 같은 지능적인 요소는 표준화된 신호 처리/제어 프로토콜을 사용하는 광 제어판에서 제공하는 것으로, 변동되는 서비스 요구사항에 기반하여 동적 네트워크 환경 재설정을 개시할 수 있다. 이러한 프로토콜로는 MPLS가 있다. RPR은 사실상 L2 기술이므로, MPLS 신호 처리 및 제어 정보를 전송할 수도 있는데 이러한 정보는 RPR의 물리적 특성을 알지 못하며, 각각의 노드는 실제로 완전 그물형 구성으로 연결된 것으로 파악된다. RPR은 GFP 또는

HDLC를 활용하여, SONET/SDH 기반의 네트워크 인프라를 경유하는 RPR 패킷을 암호화할 수 있다. 단, GFP는 앞서 언급한 바와 같이, 별반 도움이 되지 않는 HDLC 제한사항(예: 대역폭 인플레이션)으로 인해 문제가 발생하지 않으므로 선호되는 방식이다.

2.3.4 MPLS (Multi-Protocol Label Switching)

RPR은 SONET/SDH을 보완하여 다중 노드를 구성하는 공유 미디어 링을 생성할 뿐 아니라, 이더넷 등의 폭주하는 데이터 서비스를 효율적인 방식으로 통계적으로 다중화하고 이를 통합해준다. 그러나 RPR은 전송 계층의 경우에 MAC 역할을 수행할 뿐이며, 서비스 프로비저닝을 신속하게 활성화하지는 않는다. 그 대신, 필요한 데이터 서비스를 신속하게 동적으로 프로비저닝하려면 서비스 계층에 대해 공통되는 제어판을 갖추어야 한다. MPLS는 이러한 제어판을 활성화 해주는 프로토콜로, 이를 활용하면 RSVP-TE (Resource Reservation Protocol Traffic Engineering)와 같은 표준 기반의 신호 처리 프로토콜을 통해 엔드-투-엔드 서비스를 자동으로 프로비저닝할 수 있으며, 이 때, MPLS는 MPLS 트래픽 엔지니어링 요구 사항을 처리할 수 있도록 수정된다. 특정 레벨을 활용하는 MPLS는 보안 기능을 적용하기 위해 공통 RPR 물리 매체를 공유하는 사용자와 서비스를 엄밀하게 분리한다. 최종적으로, 트래픽이 효율적으로 엔지니어링 되므로, 서비스 제공업체가 자사의 기본 비즈니스 자산인 대역폭을 일관적으로 최적화하여 사용할 수 있게 된다.

2.3.5 신규 애플리케이션

오늘날 대도시권 광학 네트워킹 업계에서는 저렴한 비용으로 장거리까지 지원이 가능한 고속 데이터 서비스를 구현할 다양한 애플리케이션이 개발되고 있다. 이 같은 대표적 애플리케이션으로는 SAN이 있는데, SAN은 애플리케이션 네트워크와 데이터 스토리지 네트워크를 지리적으로 분리시켜준다. SAN은 데이터 스토리지 설비의 확장, 중앙 집중화를 통해 물리적으로 분리된 애플리케이션(예:트랜잭션 처리)이 동일한 중앙 집중형 데이터 스토리지 설비를 실시간으로 공유할 수 있도록 해준다. 오늘날 SAN 기술의 경향은 다중 모드 파이버를 경유하며 광학 거리가 500m인 파이버 채널 ~ 단일 모드 광학 파이버를 경유하며 거리가 10km인 채널로, 이 채널들은 탁월한 기술이기는 하지만 아직 주소 지정이 가능한 애플리케이션(addressable application) 공간의 제약이 크다. 새로운 기술을 활용하여 파이버 채널 길이의 범위를 추가로 확장할 필요가 있는데 이러한 문제는 GFP, VCAT, LCAS 및 SONET/SDH 기술을 신중하게 조합할 경우 효율적으로 해결할 수 있다.

그러나 앞서 언급한 기술, 특히 파이버 채널과 이더넷

서비스를 SONET/SDH 기반의 매핑 기술로 구현할 경우 이 같은 문제점을 완화시킬 수 있다.

3. 결 론

신속한 기술 표준화는 칩셋 상용화를 제공하고 시장적 용을 가속화시켜 주므로, 저렴한 가격 및 높은 활용도를 가능하게 해준다. 이더넷은 표준화 특성 및 신속한 시장 수용으로 인해 비용이 대폭 절감된 유비쿼터스 기술의 한 예라 할 수 있다. 본 문서에서 다룬 기술은 대부분 이미 표준화되었거나 표준화 예정인 기술로, 차세대 SONET/SDH 네트워크 및 서비스에 직접 연계되는 기술이다. 데이터 서비스가 지속적으로 추가 개발되어, 기존 SONET/SDH MAN (및 WAN)으로의 마이그레이션이 심층적으로 진행되면 새로운 수익 창출형 데이터 서비스가 생성될 뿐만 아니라, 이와 같이 대규모로 설치된 네트워크 기반을 이용할 수 있게 된다. LAN과 MAN의 경계는 점차로 구분이 어려워지고 있으며, 현재 업계에서는 이더넷과 SONET/SDH라는 2가지 기술을 하나로 통합할 필요성을 절실히 느끼고 있다. 앞서 언급한 기술을 신중하게 도입하는 것은 하나의 대안으로서 이를 통해 불확실한 부분들을 해결해나갈 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] ITU-T G.7041/Y.1303, Generic Framing Procedure (2001년 12월)
- [2] ITU-T G.707/Y.1322, Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy (2000년 10월)
- [3] ITU-T G.7042/Y.1305, Link Capacity Adjustment Scheme for Virtual Concatenated Signals, (2001년 11월)
- [4] IEEE Draft P802.17/D2.1, Resilient Packet Ring Access Method & Physical Layer Specifications (2003년 2월)
- [5] IETF Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Standards Suite, draft-ietf-mpls-xxx-xxx-xx.txt
- [6] ITU-T G.694.2, Spectral Grid for WDM Applications: CWDM Wavelength Grid (2002년 6월)
- [7] ITU-T G.709, Interface for the Optical Transport Network (OTN) (2001년 2월)
- [8] Infiniband Architecture Specification, 1&2권, 릴리스 1.1, 2002년 11월 6일, 최종안
- [9] Interfaces for CATV/SMATV Headends & Similar Professional Equipment), DVB A010, 개정판 1.0, 1997년 5월
- [10] IETF RFC-1661, Point to Point Protocol (PPP) (1994년 7월)

- [11] IETF RFC-2615, PPP over SONET/SDH (PoS) (1999년 6월)
- [12] ITU-T X.86 Y.1323, Ethernet over LAPS (2001년 2월)
- [13] IETF RFC-1662, PPP in HDLC-Like Framing (1994년 7월)