

主 題

IP over Fiber 기반 광 인터넷 전송기술

한국전자통신연구원 김재근, 김홍주

차 례

- I. 서론
- II. 광 인터넷 접속/전송 기술
- III. 광 인터넷 전달망의 구성
- IV. 결론

I. 서론

최근 IP트래픽은 인터넷 서비스의 폭증에 힘입어 연간 800%~1600% 씩 증가되고 있으며, 이에 따라 IP트래픽을 고속으로 전송하기 위한 연구개발도 매우 활발하게 전개되고 있다. 90년대 중반까지만 하더라도 IP 백본망은 주로 T1 급 프레임릴레이 또는 데이터다중방식이 주를 이루어왔으나, 90년대 중반 이후에는 T3급 프레임릴레이의 급증과 함께 또 다른 핵심 대안으로 ATM 기술을 응용하는데 집중되어 왔다. 그 결과 ATM백본망을 이용하기 위한 IP over ATM, LAN emulation등과 같은 ATM/IP 정합방식이 개발되었다. 그러나 ATM 기술은 IP를 ATM에 정합해야 한다는 부담 때문에 인터넷 백본망에는 부적합하다는 시각도 대두되어 왔었다. 또한 Web 응용과 같은 인터넷 서비스가 폭발적으로 신장되면서 IP는 더 이상 ATM으로 전달될 신호만은 아니라는 인식이 확산되었다. 이에 따

라 최근 들어 ATM 트래픽과 같이 QoS 서비스는 보장되지 않지만, IP를 직접 광전송로에 접속할 수 있는 광 인터넷 전송기술의 채용이 급진전되고 상태이다. 여기서 광 인터넷 전송은 고성능 IP 라우터 또는 스위치 간을 광섬유를 통해서 상호 연결하여 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 기반의 인터넷 트래픽을 전달하는 망을 말한다. 즉, IP 라우터나 IP 스위치 장비의 광 전송·접속기능을 포함하여 이들 전송 신호들을 점대점 또는 점대 다지점 전송을 바탕으로 하는 전송망 네트워킹 기술이 여기에 포함된다.

현재까지 거론되고 있는 전형적인 광 인터넷 전송 기술은 크게 다음과 같은 세 가지로 분류될 수 있다. ATM 기반의 광전송기술 (IP over ATM) 이외에 현존 음성전송기반의 SDH 광전송망을 활용하여 인터넷 백본망을 구축하고자 하는 IPoS(IP Over SDH) 기술, SDH 광전송망과는 물리적으로는 같은 광케이블을 사용하지만 WDM 기술을 활용하여

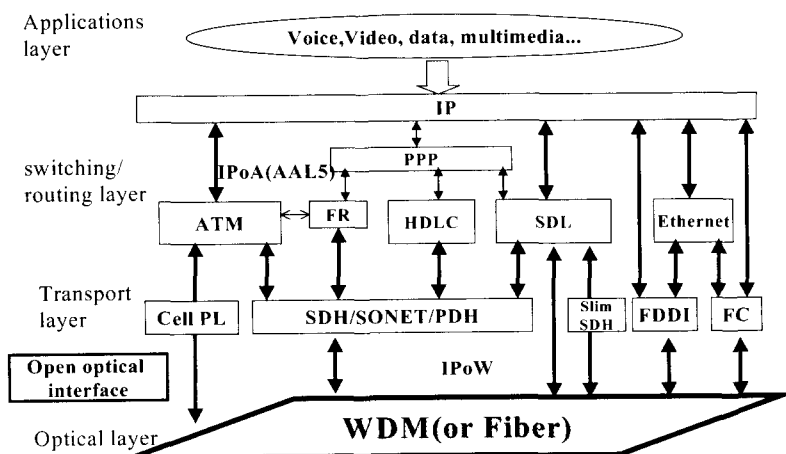
IP 데이터를 직접 또는 간접적으로 특정 광파장에 할당하여 별도의 전송로를 구축하고자 하는 IPoW (IP over WDM) 기술 등이 있다. 이러한 기술 대안들은 각기 나름대로의 장단점을 갖고 있으며, 기술적 관점에서 절대적 우위의 논의보다는 오히려 기존 보유 시설의 현황, 향후의 사업 전략, 단계별 진화 발전 방향에 따라 어느 기술의 적용이 유리한지 비교, 분석할 필요가 있다.

본 고에서는 IP계층과 광물리 계층간을 접속하여 주는 광 인터넷 데이터 링크 레이어를 위해 제안된 방식들에 대해 살펴본다. 특히 광인터넷에서 매우 중요한 프로토콜인 PPP(Point to Point Protocol)/HDLC, SDL(simple data link)의 프레임과 Delineation 등 핵심 기술에 관해서 중점적으로 살펴본다. 또한 slim SDH 또는 SDH-Lite라 불리는 단순 SDH 프레임 형태와 광전달망에서의 광 패스(optical path) 구성방식, 광인터넷 전달망으로의 진화 방향에 대해서 살펴본다.

II. 광 인터넷 접속/전송 기술

1. 기술 개요

(그림 1)은 IP 전달을 위한 광 네트워크 프로토콜 구조를 나타낸 것으로서 IP 패킷은 몇 종의 서로 다른 데이터 링크 프로토콜을 이용하여 물리적인 광 신호 레벨로 접속되어 전송된다. 여기서 IP패킷을 전달하는 광인터넷의 물리링크를 보면, 공중전화망에서는 기존에 운용되고 있는 SDH 전송망을 활용하는데 중점을 두고 있으며, 데이터망에서는 기존 LAN영역에서 활용되는 Gigabit Ethernet이나 Fiber Channel과 같은 신호의 이용을 선호하고 있다. 그러나 두 망 모두 궁극적으로는 단순한 링크 프로토콜을 이용하거나 IP패킷을 직접 Gigabit Ethernet을 통해 WDM망으로 접속되도록 발전될 전망이다. 여기서 SDL(simple data link)은 Lucent Technology사에서 제안한 프로토콜로서 단지 4바이트의 오버헤드만을 가지며, 주로 IP패킷을 WDM의 임의 광파장에 직접 접속(IPoW)하거나 SDH프레임을 접속(IPoS)하는데 적용된다.



PL: Physical Layer PPP: Point-to-Point Protocol
 SDL: Simple Data Link FC: Fiber Channel

그림 1. IP 기반 광 네트워크 프로토콜 구조

PPP/HDLC 프로토콜은 IP 패킷을 기존 SDH 프레임에 사상하여 점대점 전송하는 방식으로서 주로 IPoS에 적용된다. ATM 프로토콜은 IP 패킷을 AAL-5 기능을 통해 ATM화 시키고, 이들 ATM 셀들을 SDH 또는 Cell-based ATM 프레임으로 사상하여 전송하는데 적용된다. LAN에서는 주로 IP 패킷을 Ethernet 패킷으로 사상하고, 광섬유를 이용하는 Gigabit Ethernet을 위해서는 FDDI 또는 Fiber Channel 프레임에 이용한다. 이들 프로토콜의 구조들은 대역폭의 효율성 측면, 운용/유지 보수 능력 측면, 보호절체를 통한 망의 신뢰성 측면, QoS 능력과 같은 새로운 특성으로의 확장성 측면, 그리고 기존 표준화 진전도 측면 등에 따라 선택, 운용된다.

2. IP over ATM

IPoA(IP over ATM) 기술은 연결성 제공, 이 기종 망간 상호 접속 기능이 탁월하며 IP 주소체계의 수용이 용이하고 TCP/IP 응용 서비스에도 쉽게 활용 가능한 기술이다. 또한 트래픽 엔지니어링 및

신호 기능이 잘 정립되어 있어 정보 전달 시 지연 및 지연변동을 최소화 할 수 있으며, 서비스별 품질을 보장할 수 있다. 또한 VPN(virtual private network)의 구성이 용이하고 비밀 보장성이 높으며, 표준화를 바탕으로 상호 운용성 보장이 용이하다는 장점을 지니고 있다.

IPoA의 과정은 (그림 2)에서 보는 바와 같이 3 단계로 처리되며, 첫번째 단계는 각 IP 데이터그램은 LLC와 SNAP 헤드를 이용하여 ATM AAL-5로 캡슐레이션된다. 두번째 단계는 AAL-5 PDU를 ATM 셀의 48 바이트 페이로드 속으로 나눠져 쪼개진다. 세번째 단계는 형성된 ATM 셀이 SDH 프레임 또는 CELL PL(physical layer)로 사상 되어진다. IP 전달을 위해 현재 주로 이용하는 방법은 IP over ATM over SDH 기법으로 STM-1(155Mb/s) 또는 STM-4(622Mb/s) 링크를 이용하여 전달한다.

(그림 2)에서 보는 바와 같이 IP 사용자 데이터를 고정길이의 ATM 53 바이트 셀에 실을 때 ATM cell tax 라고 불리는 5 바이트의 오버헤드로 인해 사용대역폭의 9%의 손실을 가져온다는 단

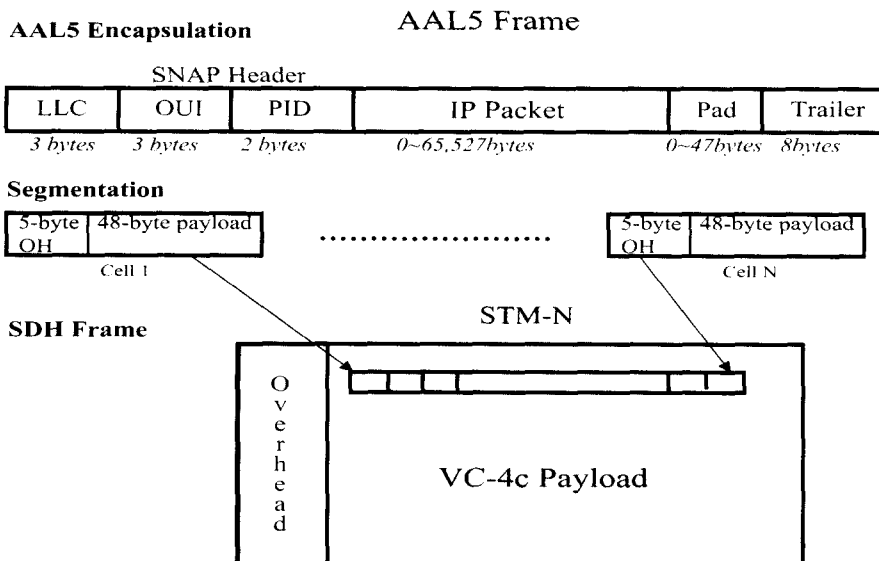


그림 2. 전형적인 IP over ATM over SDH 과정

점이 있다. 그리고 인터넷 상에서 전체 패킷의 절반 정도를 차지하는 TCP 제어 메시지가 두개의 ATM 셀로 갈라진다는 점이다. 즉, 최소 40 옥텟을 가지는 TCP ACK 메시지는 각 셀에서 8 옥텟의 AAL5 엔캡슐레이션 헤드, 8 옥텟의 AAL5 trailer가 부가된 후 원래 40 옥텟 패킷은 2개의 ATM 셀로 나뉘어지면서 AAL5의 SAR로 인한 대역폭의 증가 및 확장성에 제한을 가져온다. 그리고 현재 ATM 스위치의 대역당 가격비는 라우터에 비하여 상대적으로 고가이며, IP 계위에서의 대역폭 관리 및 QoS 보장 기능이 없어 이를 보상하기 위한 기능 구현에 따른 복잡성의 증가라는 단점도 안고 있다.

그러나 이러한 단점에도 불구하고 ATM 기술이 갖고 있는 여러 가지 장점으로 인해 현재 NSP (network service provider), ISP (internet service provider)의 주요 백본으로 도입되고 있으며, 수요의 증대에 따라 장비의 도입가격도 점차 줄어들 것으로 기대된다. ATM 기술을 사용함으로써 IP는 셀 및 프레임 릴레이 서비스와 같은 레벨 2 서비스를 제공할 수 있으며, best - effort IP 서비스 뿐 아니라 부가 가치 IP 서비스의 제공도 가능하다. 특히, 향후 출현할 네이티브 (native) ATM 서비스의 제공 능력도 보유하고 있다. 그러나 IP over ATM의 인터넷 백본망이 테라비트 라우터에 비해서 복잡도, Throughput에서 뒤진다면 대용량 백본망에서의 생존은 어려울 질 가능성을 내포하고 있다.

3. IP over SDH

가. 개요

SDH 전송기술은 현재 망에서 널리 사용되고 있는 전화서비스 기반으로 강력한 망의 생존성 유지 능력, 기존 망으로부터 IP 망으로의 점진적인 진화 유도 가능, 기존 SDH 전송망 관리, 유지보수 체계

를 그대로 활용할 수 있으며 OAM (Operation and maintenance)과 네트워크 관리를 위한 풍부한 오버헤드를 지니고 있다. IPoS는 고속의 백본 라우터를 상호 연결시킬 때 라우터 대 라우터간 IP 전용로 구성시에 선호 기술로서 인식되고 있으며, 현재 시스코와 루슨트 등에서 수백만 달러 이상의 투자와 시장 기회를 가지고 있는 기술로 인식하고 있다.

IPoS방식은 기존 ATM over SDH 기반 망에 비해서 18-25%정도의 대역폭 개선 효과를 가지며, <표 1>에서는 인터넷 백본에서 많이 사용되는 5종류의 패킷 사이즈의 분포에 대해서 IPoS(PPP/HDLC)에서 요구되는 오버헤드 양, IPoA에서 요구되는 오버헤드 양을 5개 패킷 사이즈 각각에 대해서 비교해서 보이고 있다. IPoA인 경우에는 평균 ATM 오버헤드는 대략 25% 정도가 되며, IPoS인 경우는 대략 2%정도가 된다.

IP 패킷 사이즈	총 패킷 (%)	Ipos 오버헤드 (%)	ATM 오버헤드 (%)
40	38.9	20.0	165.0
1,500	11.5	0.5	13.1
552	10.1	1.4	15.2
44	6.1	18.2	140.9
576	4.9	1.4	19.6

표 1. 패킷사이즈 분포와 오버헤드 양

IPoS 기술은 주로 (그림 3)과 같이 기존 SDH 전송망을 활용하여 고속 인터넷 백본망을 구축할 수 있는 기술이다. 예지와 코아라우터 사이에서는 155Mb/s와 622 Mb/s 링크가 주로 이용되고, 코아 라우터 사이에서는 622 Mb/s와 2.5Gb/s 링크가 주로 이용될 것이다. 라우터 측에서는 IP 라우팅, QoS 협상과 관리, 트래픽 policing 과 shaping, 원격관리능력 등과 같은 기능 등을 제공하며, SDH ADM은 장애검출, 보호절체, 종속신호의 분기결합등과 같은 전송관련 기능을 제공한다.

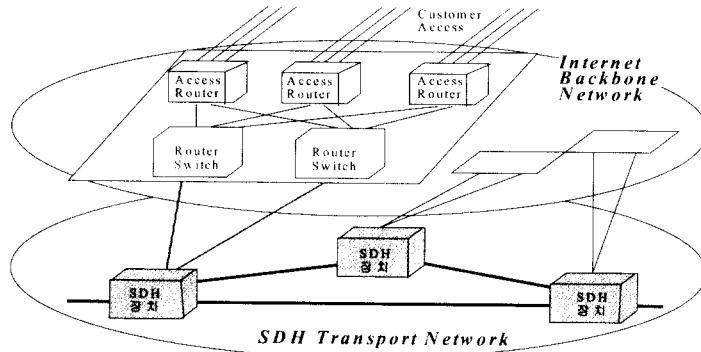


그림 3. IPoS 기반의 광 인터넷 전송망

또한 IPoS는 캠퍼스 백본을 위한 Gigabit Ethernet과 고속WAN 연결을 위한 ATM 혹은 프레임릴레이를 위한 적용을 가질 수 있다. 간단한 점대점 백본연결을 위한 IPoS의 중요한 장점은 링의 보호절체 능력을 이용하여 우수한 확장성 및 신뢰성을 제공할수 있다는 점이다. 그러나 다수의 라우터/스위치가 존재할 경우에 전송망 차원에서 전송로 구성이 아닌 다양한 네트워킹이 가능하도록 망 구성의 유연성을 가져야 하나, 이 경우에는 IP단위의 네트워킹이 전적으로 라우터에 집중되기 때문에 응용상 한계가 있고, QoS서비스를 위해서 해결해야 할 많은 문제들이 존재한다.

IP over SDH에서 IP 패킷은 SDH 상에서 PPP/HDLC 프로토콜 또는 SDL 프로토콜을 사용하여 전송되기 때문에, best-effort IP 서비스만 제공 가능하며 QoS와 대역폭 관리 기능이 없고, 라우터에서 라우팅과 forwarding 엔진 기능이 분리되지 않아 대용량 고속 라우터 환경하에 부적합하다는 문제점을 내포하고 있다. 또한 IP 패킷이 한 프레임 내에 정확히 일치하지 않아 패킷 크기에 따라 2개 이상의 프레임 혹은 한 프레임에 여러 개의 패킷이 매핑되는 단점과 함께 SDH 프레임의 SAR(segmentation and re-assembly)기능

의 요구, 라우터 인터페이스의 복잡성, 입력 버퍼의 요구에 따른 효율과 성능 저하의 단점을 안고 있다. 또한 IP 망은 고유의 흐름제어, 버퍼링, 리라우팅 등으로 자체 분산된 생존성을 보유하고 있으므로 대칭성의 SDH 전송로를 이용한 비대칭성의 IP 데이터 전달에는 한계가 존재한다.

나. PPP/HDLC 프로토콜

IP계층과 SDH 전송계층 사이에는 복잡한 ATM 프로토콜 대신에 PPP/HDLC 프로토콜을 사용하여 기존 SDH전송망 위에 고속 인터넷 백본망을 구축하는 기술로서, PPP/HDLC 프로토콜의 표준에 대한 논의는 1994년에 IETF RFC 1619 "PPP Over SONET/SDH"에서 시작되었으며, 1997년에 미국의 T1위원회에서 차세대 인터넷 기간망 구축을 위한 T1X1.5/97-105 "IP Over SONET/SDH"으로 발전되었다. 현재 ITU-T권고 G.707에는 T1위원회의 결과를 반영하여 현재 표준화를 추진 중에 있다. PPP/HDLC 프로토콜의 물리계층 표준은 STM-1, STM-4, STM-16이며, 지금까지 STM-1/4레벨이 상용화되어 적용되고 있다. PPP/HDLC 프로토콜은 2.5G 또는 10G의 고속 SDH 전송시에는 제약이 따르는 것으

로 논란이 되어 왔으나 최근 IETF에서는 10G 까지 PPP/HDLC 프로토콜을 사용하는데 문제가 없는 것으로 판명하였다.^[7]

라우터 대 라우터간 IP정보는 (그림 4)에서 보는 바와 같이 점대점간의 PPP프로토콜을 통해서 제어되며 PPP프로토콜은 HDLC프레이밍과 유사한 구조에 PPP 패킷이 수송되고, 점대점 링크 상에서 멀티 프로토콜 데이터그램에 대한 엔캡슐레이션, 에러 검사, 링크 초기화기능을 갖는다. 여기에는 링크를 설정, 해제, 시험하는 링크제어 프로토콜 기능과, 서로 다른 네트워크 계층을 구성할 수 있는 네트워크 제어 프로토콜 기능이 있다. IPCP(IP control protocol) 서브프로토콜은 IP 어드레스를 교환하고 LCP(Link control protocol)는 FCS (frame check sequence) 사이즈와 같은 링크 파라미터를 협상한다. 링크확립과정은 라우터가 사용자데이터를 링크로 내보내기 전에 완전하게 성립되어 있어야 한다. HDLC 프레이밍은 수신측에서 SDH 프레임에서 추출할 수 있도록 패킷의 경계선을 플래그를 이용하여 구분하고, HDLC 프레임은 어드레스, control/protocol 필드 다음에 정보패킷이 포함된다. 16 또는32-bit FCS는 전체 프레임을 보호하고 플래그(7E)는 프레임의 끝과 다음 프레임의 시작을 지시하기 위하여 프레임 사이에서

이용된다. 그래서 사용자 데이터는 7E라는 옥텟 값을 포함할 수 없으며, 있을 경우에는 7E는 7D-5E로 변환된다. 여기에서 7D 옥텟은 "escape" 문자로 해석된다. 사용자데이터에서 7D가 존재하면 7D를 7D-5D로 변경하여야 한다. 이 과정을 옥텟 스텀핑이라 하며 수신측에서는 그 역과정을 수행한다. HDLC 프레임이 형성된 후에는 $1+x^{43}$ 스크램블러를 통과하게 된다.

다. SDL(Simple Data Link) 프로토콜

SDL 프로토콜은 Lucent사에서 제안한 프로토콜로서 표준화 기구(IETF, Bellcore, T1X1, OIF)에서 국제표준을 추진중에 있다.^[3] 플래그를 이용하는 PPP/HDLC 프레임에서 송신기와 수신기에서는 옥텟 스텀핑과 이의 제거 동작을 수행해야 하므로 고속 전송으로 확장시 제한사항이 발생하게 된다. SDL은 링크상에서 PDU(protocol data unit)를 찾기 위하여 HDLC의 플래그를 사용하는 것이 아니라 byte-by-byte CRC를 이용하여 자체 Delineation을 수행하게 된다. SDL이 동기를 잡은 후에는 SDL 헤더에서 PLI(packet length indicator)를 이용하여 데이터 링크 페이로드로부터 쉽게 IP 데이터그램을 찾을 수 있도록 한다. SDL 프로토콜은 IP over SDH에 적용되는

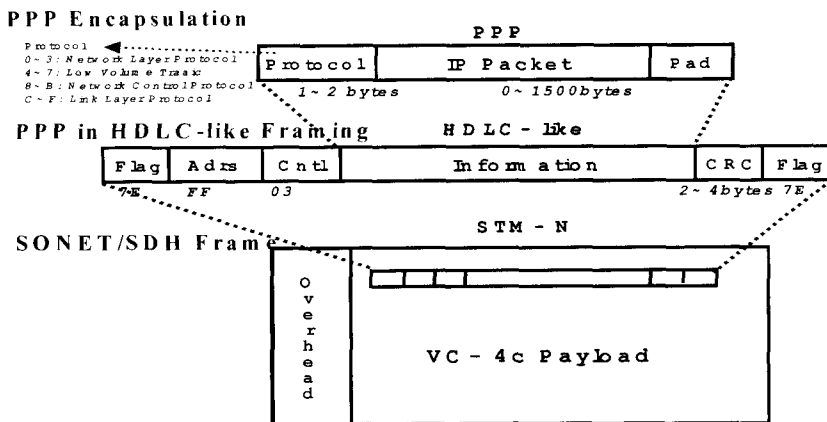


그림 4. PPP/HDLC 프로토콜 구조

PPP/HDLC 프로토콜의 문제점을 해결한 구조로서 나쁜 BER환경에 대한 적응성, 가변 패킷 길이 확장성, 고속(2.5G 이상)의 IP over SDH, IP over Fiber에 잘 적응할 수 있으며 CRC-16기반 프레임 사용한다.

SDL 프레임은 (그림 5)에서 보는 바와 같이 PLI, 헤더 CRC, IP 데이터그램, 페이로드 CRC로 구성되며, SDH의 포인터 그리고 헤더 CRC에 의해 동기가 획득되면 일련의 SDL 프레임은 PLI에 의해 찾을 수 있다. 데이터그램이 없을 경우에는 Idle 헤더와 PLI, CRC등으로 구성된 프레임을 전송한다.

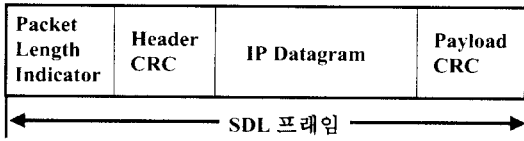


그림 5. SDL 프로토콜 프레임

SDL 동기과정(그림 6)에서 보는 바와 같이 CRC-16이 유효하지 않으면, PLI도 유효하지 않은 것으로 간주하고 ATM HEC과 유사하게 연속적인 유효한 CRC가 검출될 때 까지 Hunt 과정이 수행된다. ATM 셀에서는 헤더에서 에러가 검출되면 그 셀은 폐기되고 다음 셀의 헤더가 처리될 수 있다. 하지만 SDL프레임은 가변길이이므로 PLI에서 에

러는 수신측에서 Hunt 상태로 들어간다. 1비트에러정정은 실제 랜덤비트에러에 의해 Hunt 상태로 들어가는 것을 피할 수 있다. SDL은 10^{-8} 비트에러율에서 4 패킷의 프레임 내에서 패킷 경계를 찾을 수 있다고 보고하고 있다. SDL 페이로드는 페이로드 CRC에 의해 보호된다. SDL이 SDH에 매핑되어질때 적절한 스크램블링 기법이 적용되어진다. SDL은 플래그에 기본적인 Delineation이 아니라 길이에 기본적인 Delineation 기법을 수행하므로 스크램블러는 SDL과 SDH 프레임 사이에서 적용되며 벨연구소에서 SDL을 위한 스크램블러를 제안하고 있다.^{3,4)}

SDL은 다양한 higher-layer 프로토콜을 이용할 수 있도록 설계되었으며, PPP/SDL 형태로도 이용할 수가 있다. 또한 MPLS 레이어가 이용된다면 IP와 SDL 사이에서 삽입되어질 수 있다. 또한 SDL은 SDH에 매핑도 가능하지만 SDH 계층을 생략하고 직접 DWDM에서 접속할 수 있다. SDL 송수신과정은 (그림 7)로서 나타낼 수 있으며, 그리고 QoS와 다중화를 규정하기 위한 기법과 포맷이 현재 연구 중이며 이 또한 표준화 과정을 진행 할 예정이다.

라. 그외 프로토콜

고속 IP 전달을 위한 그외 프로토콜들은 기가비

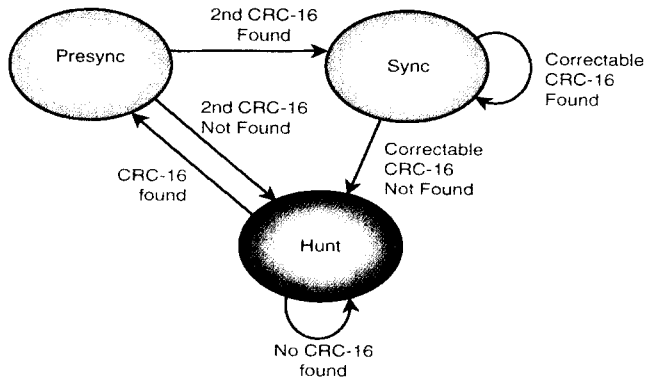


그림 6. SDL 동기 과정

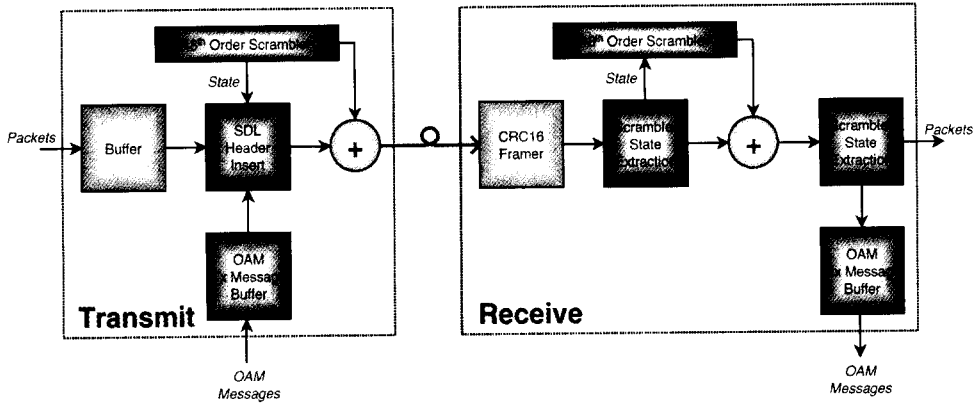


그림 7. SDL 송수신 과정

트레이더넷, IPoA over PL(physical layer), 프레임 릴레이 등이 있다. 기가비트이더넷(1000 baseT)은 현재 표준화 진행중에 있으며, 전송거리는 5km로 제한되고, 또한 장애검출, 성능관리기능, 보호절체 기능 등이 제한되므로써 백본망 구성에는 적합하지 않은 것으로 판단하고 있다. 그리고 ITU-T I.432에서 정의된 UNI용 ATM cell PL가 고려되고 있으며 장애검출 및 지시가 SDH에 비해 느리다는 단점이 있으며 보호절체기법 등은 현재 표준화 연구가 진행 중에 있다. 현재 IP의 전달을 위해 DS-1급과 DS-3급에서 많이 쓰이고 있는 프레임 릴레이 기술은 현재 155Mb/s 까지 표준화 연구가 진행 중이다.

3. IP over WDM

가. 개요

SDH 전송망을 활용하여 고속 대용량의 인터넷 기간망을 구축하는 기술이 IPoS 라면, IPoW는 IP뿐만 아니라 서로 다른 QoS를 갖는 통신 트래픽을 각각 여러 파장에 할당하여 하나의 광케이블을 통해서 동시에 전송할 수 있는 WDM 기술을 사용하는 기술이다. 이렇게 함으로써 통신 트래픽 관리

의 단순화와 통신망 노드의 저가격화와 광통신선로의 구축 및 유지보수 비용의 절감을 기대할 수 있게 된다.⁽⁸⁾

IPoW 기술의 가장 큰 장점은 고속 대용량 광 인터넷 망의 구축 뿐만 아니라 ATM망 혹은 SDH 전송망의 구축을 위해 필요한 광 선로의 구축 비용의 절감에 있다. 최근의 자료에 의하면, IPoW 기술을 이용한 장거리 광 인터넷 망의 구축 시 선로 구축 비용이 98년 현재 \$0.35 (per wavelength per meter per year)로 IPoW 기술을 적용하지 않은 장거리 광 인터넷 망의 구축 시 선로 구축 비용인 \$1.43보다 훨씬 경제적이다. 2000년경에는 \$0.11 정도로 하락할 것이라는 데 있다. 또한 도시지역의 광 인터넷 망의 구축을 위해 IPoW 기술을 적용하면, 광 인터넷 망의 구축 시 선로 구축 비용이 98년 현재 \$0.12 (per wavelength per meter per year) 정도로 예상된다.⁽¹¹⁾

(그림 8)은 광 인터넷 전달망 구조를 보여주고 있다. 이외에 위에서 언급한 여러 대안들을 결합한 차세대 인터넷 네트워크의 백본망 전달 기술들로는 IP 데이터그램을 어떤 전달 방식에 싣느냐에 따라, IP over ATM over SDH over WDM, IP over SDH over WDM 구조, IP over WDM 등이 논

의되고 있는 추세이며, 벤더나 통신사업자의 입장에 따라 각기 다른 모델을 제시하거나, 기존에 제시된 방식과는 다른 새로운 방식을 제시하는 연구도 현재 진행 중이다. 백본 전달 기술 방식의 장단점을 비교하면 다음 <표 2>와 같다.

방식	장단점
IP over ATM over SDH over WDM	-멀티서비스 지원 - PTP QoS 보장, 구조 복잡 -망구축 비용 고가
IP over SDH over WDM	-IP 서비스만 지원 -cell tax 로 인한 오버헤드 없음 -SDH 계위 사용
IP over WDM	-인터넷백본으로는 가장 단순한 구조 -Wavelength routing을 통한 Virtual wavelength connection 기능이 요구됨

표 2. 인터넷 백본 전달 기술 방식에 따른 비교

(그림 8)에서 보는 바와 같이 광계층은 OCH (optical channel) OMS(optical multiples section), OTS(optical transmission section) 레벨의 3계층으로 구성되며 각 계층에는 고유의 오버헤드를 가지고 있다. OCH 오버헤드를 전달하는 방법으로 최근 ITU-T에서는 TDM

Wrapper 방식을 선택하고 이를 위해 2가지 방식을 제안하고 있다. 첫번째 방식은 종속신호의 종류에 관계없이 그 속도보다 15/14배 정도 빠르게 해서 멀티프레임구조로서 프레임핑과 성능관리 데이터, FEC(forward error correction)등을 수용하여 전달하는 형태로서 루트트에서 제안하고 있으며, 두번째 방식은 SDH 종속신호 일 때 신호속도는 동일하고 단지 A1, A2 바이트를 이용하여 프레임핑, OCH 오버헤드, FEC등을 위해 활용한다. 예를 들면 STM-64인 경우는 384개의 A1, A2바이트가 존재하고 여기서 4바이트는 프레임핑 용도, 188바이트를 OCH오버헤드 용도, 그리고 192바이트를 FEC용도로 활용한다. 여기에서 단거리용도로 사용할 경우에는 FEC가 사용되지 않을 수 있다.

나. 프로토콜 구조

IPoS기술과 IPoW의 차이는 IP데이터 전송을 위해서 SDH계층만을 둘 것인가, 아니면 IP를 다른 여타 프레임을 적용할 것인가에 있다. IPoS는 IP의 전송을 위해서 SDH계층만을 사용하지만, IPoW는 IP 뿐만이 아니라 서로 다른 QoS가 요구되는 통신 프로토콜을 보다 단순화해서 전송하기 위해서 SDH이외에 다양한 프레임핑 프로토콜을 사용할 수

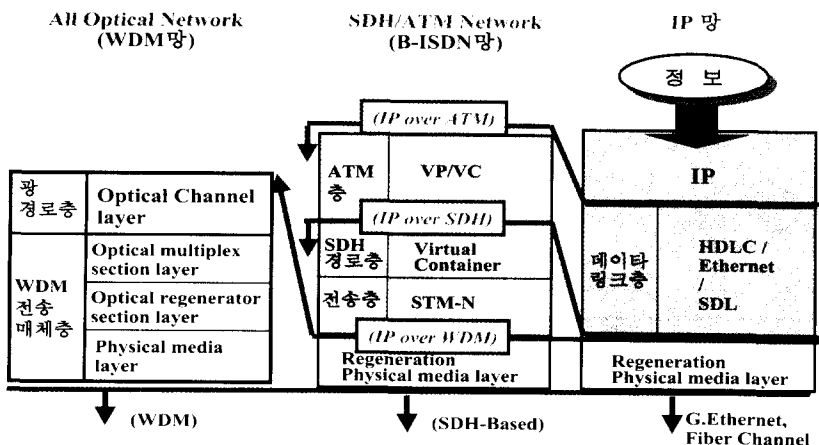


그림 8. WDM 기반 인터넷 전달망 계층구조

있다. IPoW 기술에서는 표준화가 진행중인 것은 아직 없고, 현재 IP를 직접 WDM에 올리기 위해서 필요한 링크 계층의 프로토콜로 어떠한 것을 사용할 것인지에 대해서 활발이 연구가 진행 중이다. IPoW를 위해서 검토되고 있는 간략화된 프로토콜은 (그림 1)에서 보여준 바와 같이 다음과 같은 프로토콜을 이용할 수 있다.

- SDH 프레임 또는 SDL 프레임이 직접 적용되는 형태
- Slim SDH(or SDH Lite) : 새로운 형태의 간략화된 SDH 프레임 프로토콜
- 기가비트 이더넷/파이버채널 또는 프레임 릴레이 기반의 프레임 프로토콜
- ATM cell Physical layer 형태의 프레임 프로토콜

Slim SDH는 단거리용과 장거리용으로 구분되며 장거리용일 경우는 기존의 SDH 3R 중계기를 사용해야 하므로 RSOH(regenerator section overhead)는 대부분 사용을 하여야 하며, 단거리 적용 시에는 프레임핑과 간단한 성능관리를 위한 오버헤드 외에는 RSOH와 MSOH(multiplex SOH)는 사용하지 않아도 무방하다. 그리고 경로오버헤드는 SDH ADM에서와 같이 채널단위의 운용이 필요할 때는 이용할 수 있으나 그렇지 않을 경우에는 사용하지 않아도 무방하다. 이렇게 운용하므로써 장치가격과 운용비용이 절감된다는 장점이 있다. Slim SDH 프레임 프로토콜로서 루선트에서는 HSSF(high speed synchronous frame)을 제한하고 있다. HSSF는 (그림 9)에서 보는 바와 같이 SDH와 유사한 125us 프레임핑을 이용하고

장애와 성능관리를 위해서 신호상태 지시 정보를 포함하고 있다. HSSF는 SDL을 수용하기 위해서 설계되어졌으며, 불필요한 SDH 기능, 즉 패이로드 포인트 기법, 스테퍼 바이트와 같은 불필요한 오버헤드 등을 제거하여 SDH 보다 훨씬 간단한 인터페이스를 제공할 수 있다. 그리고 FEC(forward error correction)를 수용하여 WDM 링크에서 신호 대 잡음 성능을 개선할 수 있다.

표준 LAN 프레임은 Gigabit Ethernet(GE) / Frame Relay(FR)등 기존 LAN과의 호환성이 유지되며 컴퓨터간에 별도의 정합(SAR, 스테핑등) 기능이 필요없게 된다. Gigabit Ethernet 은 Fiber Channel 상에서 8B/10B 블록코드를 이용하여 1.25Gigabaud 까지 가능하고 IEEE 802.3에서는 10Gb/s Ethernet까지 가능한 물리 계층 코딩을 위한 작업을 진행 중이다. 기가비트 이더넷은 비교적 단거리인 도시지역의 광 인터넷 망 구축을 위해 사용될 예정이다. FAST(Framed ATM over SDH/SONET Transport) IP는 IP기반 서비스를 지원하도록 ATM 성능 개선 차원에서 ATM Forum에 의해 규격화 작업 중이며, DiffServ(Differentiated Services) 정보를 ATM 신호에 맵핑하여 기 증명된 IP 대비 ATM의 이점을 유지하고 QoS 보장, VC 단위의 보안성과 망관리 및 트래픽관리, Bandwidth on Demand의 장점이 있으며, ATM 헤더의 4 바이트만으로 64K바이트 데이터까지 전송이 허용되며, 기존 ATM전송과 완전한 backward compatibility를 유지하여 여러 응용을 위해 보다 큰 효율성을 제공할 예정이다.

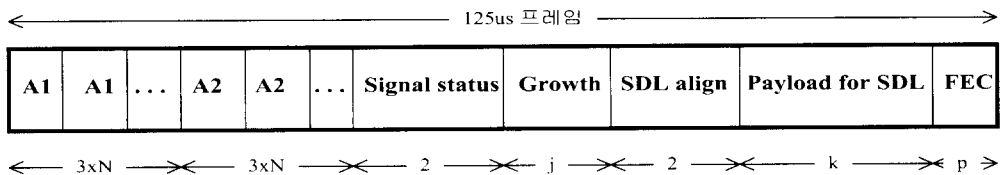


그림 9. IPoW를 위한 High Speed Synchronous Frame

III. 광인터넷 전달망의 구성

광인터넷 전달망의 구성 초기에는 단일채널을 바탕으로 기존 망과의 친화성 차원에서 기존 전송로를 충분히 활용할 수 있도록 개발될 것이다. 이의 대표적인 방식으로 ATM기반의 IP전용로 또는 SVC채널 구성이 가능한 IP over ATM over SDH over OF (또는 ATM over OF) 가 있으며, 동시에 IP를 직접 SDH에 맵핑하는 IP over SDH over OF방식이 있다. 여기서 ATM을 기반으로 하는 방식은 기 구축된 ATM기반의 공중 백본망을 활용하거나 실시간 멀티미디어 서비스 또는 QoS서비스 제공을 목표로 구축되었거나 또는 향후 구축될 ATM망에 주로 적용될 것이다. IPoS의 경우, 대용량 고성능 라우터/스위치간을 수백 Mb/s급 고속 전용선으로 구성하여 점 대 점간 전송에 적용되며, IP네트워크는 전적으로 IP 라우터나 IP 스위치를 통해서 이루어진다. 따라서 각 IP패킷 데이터는 목적지별 물리 포트에 분리된 후 PPP프로토콜을 통해 전송되며, 임의 링크의 장애시 라우터/스위치를 통해서 우회루트를 자동적으로 구성할 수 있다. 이들 두 방식들의 입,출력 광신호는 기존에 시설된 SDH 전송망과 완전한 호환성을 갖기 때문에 동기식 단위 신호인 VC(Virtual Container)단위의 네트워킹이 가능하며, 따라서 기존 망이 갖는 망운용관리, 유지보수, 유연한 망구성 능력 등을 그대로 활용하면서 기존 PSTN(Public Switched Telephone Network)망의 서비스 신뢰성 수준으로 IP를 제공할 수 있다는 장점을 갖는다.

다음으로 라우터나 스위치가 수백 기가급에서 수 테라비트 급 정도로 초 대용량일 때는 WDM링크가 적용될 수 있다. 여기에는 IP over WDM 방식이 적용될 것이며, 라우터 직접 접속방식으로 IPoW가 있고, 간접 접속방식으로 IP over SDH 또는 기가비트이더넷/플래임릴레이 기반의 광신호를 WDM 광링크로 수용할 수 있다. 이때 IP 라우터나 스위치

입장에서 보면 IPoW만이 의미를 가지며, 간접 접속방식인 경우에는 각종 전송 프레임, 전송속도, STM/ATM정보, IP정보 등을 서로 다른 파장에 할당해서 통합전송하면서 동시에 전달의 투명성을 보장한다. 따라서 기존 PSTN 기반의 WDM전송망을 그대로 활용하여 IP정보를 전달할 수 있으며, 이때는 대용량 IP정보들을 포함해서 각종 트래픽들이 하나의 광케이블을 공유하기 때문에 경제적인 IP전송로를 구성할 수 있다.

이상에서 언급한 바와 같이 IPoW기술은 수백 기가급 이상의 초대용량 라우터/스위치의 광접속부에 적용 시에만 광선로 비용의 절약차원에서 의미를 가지며, 이의 응용도 초기단계에는 대규모 기업망에서의 점대점 간 대용량 전송로의 구성 등과 같이 매우 제한적인 틈새시장만이 존재할 것으로 보인다. 그러나 수 테라급 IP라우터가 다수 존재하는 2000년대 초 썸에는 목적지 라우터 별로 분류된 IP데이터들을 라우터내 광접속부의 임의의 파장에 직접 할당하는 IPoW방식을 적용하는 것이 바람직할 것이다. 이때는 각 라우터 간을 광케이블로 연결하는 OADM(Optical Add-Drop Multiplex), OXC(Optical Cross-connect)를 사용하여 각 라우터로 부터의 WDM신호를 목적지 별로 파장단위로 분배할 경우에 (그림 10)과 같은 망구성이 될 것이다. 또한 IPoW는 패킷처리형 광라우터/스위치 장치에서는 필수적인 유용한 광링크 구성방식이 될 것이다.

한편 최근에 활발히 적용되고 있는 IPoS와 IPoW기술 또한 기존 공중망 용도의 SDH전송과 WDM 전송기술을 통해 그 핵심 기술들이 이미 성숙된 상태이다. 다만, IPoW의 경우에 전기적인 신호처리부인 IP데이터의 WDM 접속방식에 대한 표준화가 아직까지 연구되고 있는 상태이나 WDM 관련 광통신기술은 이미 성숙된 상태에 있다.

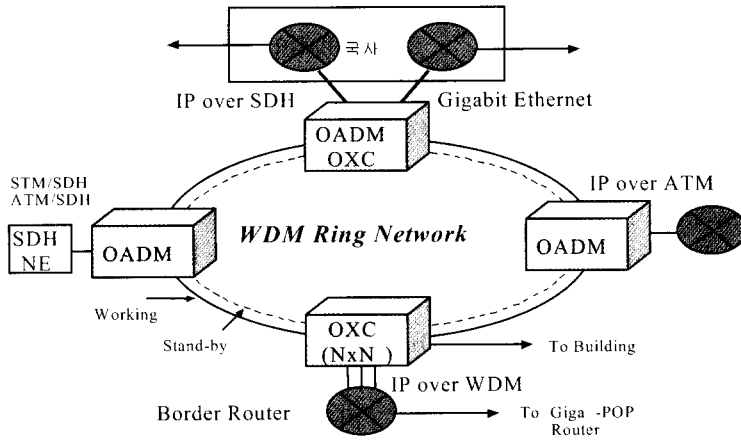


그림 10. 전형적인 광인터넷 망 구성예

IV. 결 론

본 고에서는 광 인터넷 전송기술로서 현재는 물론 향후 적용될 수 있는 대표적인 방식들에 대해 기술적인 소개와 함께 특징과 향후 응용전망을 기술하였다.

현재 IP 라우터간 전송로로는 프레임 릴레이가 가장 보편적으로 적용되고 있으나 인터넷 트래픽의 급증과 라우터의 고속화에 따라 이미 한계점에 이르고 있으며, 이의 대체 수단으로 IPoS의 구성이 한동안 주류를 이룰 것으로 예상된다. 그러나 인터넷 수요와 트래픽 증가로 인터넷 망이 보다 복잡하게 전개됨에 따라 전송망 차원의 네트워킹이 보다 절실히 될 것으로 보인다. IPoS의 적용시 IP 네트워킹을 위해서는 라우터/스위치의 능력에만 의존할 수밖에 없으며, 따라서 점대점 전송에 기반을 둔 전용선개념의 IPoS보다는 추가 오버헤드와 비용을 감수하더라도 셀 네트워킹에 기반을 둔 ATM이 고려되거나 또는, 데이터링크 또는 물리계층에서의 네트워킹을 통해 망구성을 유연하게 실현할 수 있는 또다른 방식이 도입될 수밖에 없을 것으로 보인다. 동시에 초고속 IP전송을 위해서 IPoW를 이용한 광신호

단위의 네트워킹도 각광을 받을 것으로 보인다. IP 패킷이 DWDM에 사상될때 가장 대역폭을 효과적으로 사용하는 구조로는 SDL 프로토콜이 보고되고 있으며 이 방식은 OCH에 사상될때 15/14배의 속도를 올려야 하는 TDM Wrapper방식을 사용하여야 한다.

2000년대 초에는 인터넷을 기반으로 하는 새로운 통신망의 도래가 점쳐지는 가운데, 가장 확실한 것은 테라비트급 이상의 초고속 전송과 라우터/스위치가 일반적으로 적용될 것이며, 이는 광통신을 기반으로 하는 광인터넷이 그 역할을 맡을 것이라는 사실은 누구도 부인할 수 없을 것이다. 우리는 2000년대의 새로운 광인터넷 시대를 대비하기 위해서 고밀도WDM기술, 광 회선분배기술, 광 인터넷 접속기술인 IPoS기술과 IPoW기술, 그리고 고속 광 패킷스위칭기술 등에 대한 연구개발을 활성화하고 특히 IPoW 기술의 경우 아직 미표준화 상태인 초기 기술로서 집중적인 연구가 필요하다.

※ 참고 문헌

1. 김재근, 채종억, 인터넷 트래픽 전송 기술, 한국통신학회지 정보통신 제16권2호, pp.83~94, 1999.
2. J. Manchester, J. Anderson, B. Doshi, and S. Dravida, IP over SONET, IEEE Communication Magazine, pp.136~142, May 1998.
3. B. Doshi, S. Dravida, E. Hernandez-Valencia, W. Matragi, M. Quresh, J. Anderson and J. Manchester, A Simple Data Link Protocol for High-Speed Packet Networks, Bell Labs Technical Journal, pp. 85~104, Jan.-Mar. 1999.
4. J. Anderson, J. Manchester, A. Rodriguez-Moral, and M. Veeraraghavan, Protocols and Architecture for IP Optical Networking, Bell Labs Technical Journal, pp. 105~124, Jan.-Mar. 1999.
5. M. Shariff, Packet over SONET Fuels New IP Transport Paradigm, Lightwave Mag., pp. 33, Apr. 1998.
6. A. McGuire and P. Bonenfant, Standards: The Blueprints for Optical Networking, IEEE Communication Magazine, pp. 68~78, Feb. 1998.
7. D. OConnor, L. Mo, and E. Catovic, Packet over SONET and DWDM, NFOEC99, Vol. 1, pp.109~120, Sep. 1999.
8. P. Evaldsson, E. Almstrom, Evaluating the Technical Feasibility of Transporting IP and ATM Traffic

Through WDM, NFOEC99, Vol. 1, pp. 282~289, Sep. 1999.

김 재 근

1980.2. 고려대학교 전자공학과(학사)
 1983.2. 고려대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1990.8. 고려대학교 대학원 전자공학과(박사)

1979.12.~현재 한국전자통신연구원 근무
 광통신연구부장

※주관심분야:디지털전송, 광통신, 광인터넷, 가입자액
 세스

김 흥 주

1983.2. 경북대학교 전자공학과(학사)
 1985.2. 경북대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1999.2. 한국과학기술원 전기및전자공학과(박사)
 1985.1.~현재 한국전자통신연구원 교환 전송기술연구
 구소 광통신연구부 PON기술팀장

※주관심분야:광통신망 및 시스템, 디지털전송기술