

차세대 인터넷 구축을 위한 Packet over SONET/SDH

기술의 분석

박준현^{*} · 홍석원^{*}

^{*}명지대학교

An Analysis of Packet over SONET/SDH for the Next Generation Internet

Jun-hyun Park^{*} · Sug-won Hong^{*}

^{*}Myongji University

E-mail : openeyes@ice.myongji.ac.kr . swhong@wh.myongji.ac.kr

요 약

본 논문에서는 현재 차세대 인터넷 백본망 구축을 위한 대안의 하나로 주목받고 있는 IP over SONET/SDH 기술에 대해 설명한다. 먼저 IP over SONET/SDH의 프로토콜 스택에 대해 소개하고 기존 스크램블러의 고의적인 패킷 손실 가능성에 의해 제안된 해결책을 설명한다. 그리고 IP over SONET/SDH에 의한 백본망의 구조에 대해서 소개한다. 마지막으로 차세대 인터넷 백본 기술의 또 다른 대안인 IP over ATM을 IP over SONET/SDH 기술과 비교하고 각 기술의 장단점을 고려한 차세대 백본망 구축의 최적 대안을 제시하도록 하였다.

ABSTRACT

This paper explains the IP over SONET/SDH that becomes nowadays one of the compelling candidates for building the next generation IP backbone networks. First we introduce the protocol stack and the related protocols of IP over SONET/SDH and explain the new scrambling technique using $1+X^{43}$ scrambler since the legacy scrambler could be vulnerable by malicious users. And we compare the IP over SONET/SDH with the IP over ATM that has long been a strong candidate for future IP backbone networks and we recommend that the optimal choice for the IP backbone should be considered based on the merits and demerits of each technology.

1. 서 론

인터넷 사용자의 증가와 서비스의 다양화, 이에 따른 고속 인터넷 액세스 기술의 도입은 인터넷 트래픽의 급격한 증가를 초래하고 있다.[1] 이러한 인터넷 트래픽의 증가를 수용하기 위해서는 현재의 인터넷 백본망의 확장은 불가피하다. 현재 차세대 인터넷 백본망을 구축하기 위한 시도는 두 가지 방향으로 전개되고 있다. 하나는 고속의 패킷 처리 능력을 갖는 라우터를 통한 IP over SONET/SDH과 또 하나는 링크 계층의 스위칭 기술을 이용하여 고속의 패킷 교환과 QoS의 제공을 실현해 보고자 하는 시도이다. 현재 공중망 사업자를 중심으로 B-ISDN을 위한 교환 전송 기

술로서 추진되고 있는 ATM은 이러한 스위칭 기술의 대표적인 대안으로서 이러한 시도를 통칭 IP over ATM이라고 부르고 있다.[2,3] IP over ATM은 효율적인 대역폭 관리와 프레임 릴레이(Frame Relay), ATM과의 연동 문제를 해결하며 새로운 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 QoS를 지원하는 장점이 있다. 한편 IP over SONET/SDH의 경우 ATM을 사용할 경우 생기는 셀택스(cell tax)가 상대적으로 적어 대역폭 확장시 상당한 비용이 소요되는 백본망 기술에 효율적이라는 잇점이 있다.

본 논문에서는 두 기술 중 IP over SONET/SDH에 초점을 맞춰 이 기술의 특징과 IP 패킷을 SONET/SDH 프레임을 통해 전송하는 방식에 대

해 살펴보도록 하며 스크램블러(scrambler) 전송 시 고의적으로 전송 실패를 야기할 수 있는 문제를 해결하기 위한 방안을 소개하기로 한다. 또한 두 기술의 장단점을 비교한 후 ISP 백본망 사업자의 요구사항에 적합한 전송기술을 제시하도록 한다.

II. IP over SONET/SDH의 특징

이 기술을 정확하게 말하면 그림. 1과 같이 IP over PPP over HDLC over SONET/SDH로 표현할 수 있다. SONET/SDH는 ANSI에서 SONET이란 이름으로, ITU의 전신인 CCITT에서 SDH란 이름으로 발전해 오다 1988년 SDH 표준안을 CCITT에서 내놓아 오늘에 이르렀다. 표준화된 이후 계속적인 발전으로 여러 벤더에 대한 연동의 용이성과 OAM(Operation And Management)의 표준화와 SPS(Standardized Protection Switch)로 인해 안정적인 망 적용이 가능해 졌다.[4]

IP
PPP
HDLC
SONET/SDH

그림. 1 IP over SONET/SDH 프로토콜 스택

PPP(Point-to-Point Protocol)는 데이터 링크 계층 프로토콜로서 IP나 IPX, Appletalk와 같은 다중 네트워크 프로토콜을 지원하며 에러 제어 기능 및 링크 설정 기능을 한다.[5,6] 먼저 PPP 프레임에는 그림. 2와 같이 삽입되는 정보가 링크 제어 프로토콜(LCP) 정보인지 네트워크 제어 프로토콜(NCP) 정보인지, 실제 데이터 정보인지를 구분하는 프로토콜 필드가 들어간다.

Protocol	Information	Padding
----------	-------------	---------

그림. 2 PPP 인캡슐레이션[5]

PPP에서 연결 설정을 위한 단계는 그림. 3과 같다. 먼저 dead 상태에서 사용자나 관리자에 의해 up 상태로 전환되며 특정 네트워크 계층 프로토콜에 상관없이 LCP에 의해 연결이 설정된 후 인증 프로토콜에 의해 인증 단계에 들어간다. 이후 특정 네트워크 계층 프로토콜에 대응하는 NCP에 의해 각 네트워크 프로토콜에 대한 설정에 들어가게 된다. 설정 후에는 패킷 전송에 들어가게 되며 마지막으로 링크 해제 단계에 들어간다.

다.[5]

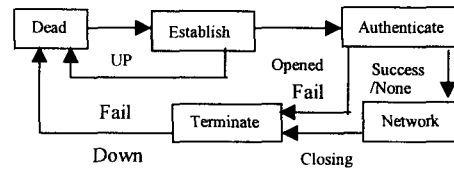


그림. 3 PPP 연결 단계[5]

PPP에 캡슐화된 IP 데이터그램은 HDLC(High-level Data Link Control) 프레임에 넣어지며 이는 다시 SONET의 SPE(Synchronous Payload Envelope)에 바이트 단위로 매핑된다. HDLC의 주기기능은 바이트 스테핑(stuffing)에 의해 PPP 패킷에 대한 서술적 기능을 하는 것이다. 바이트 스테핑은 그림. 4의 HDLC 프레임의 플래그 순서(flag sequence)인 0x7e와 제어 문자인 0x03에 0x20을 Exclusive-OR 하여 나온 0x5e와 0x23을 0x7d와 함께 전송하며 이를 수신측에서는 바이트 스테핑을 제거하여 원래 코드를 수신하여 전송시 투명성을 보장한다.[5]

Flag	Address	Control	PPP	FCS	Flag
0x7e	0xff	0x03	PPP		0x7e

그림. 4 HDLC 프레임

HDLC 프레임에 캡슐화된 IP 데이터그램은 스크램블러에 의해 코드화되어 바이트 단위로 SPE에 매핑된다.[7,8,9,10] 스크램블러는 암호화의 기능과 연속적인 0이나 1의 신호가 망을 통해 전송 시 인접 채널에 대한 유도전류로 인한 손실을 줄이고 0과 1의 순차적인 비트로 수신측에서도 원래 신호를 쉽게 복구하기 위해서이다. 스크램블러가 커다란 논쟁의 대상이 되고 있는 이유는 기존 $1+X^6+X^7$ 방식의 스크램블러가, 고의적으로 망의 데이터를 손실하려고 하는 사용자에 의해 기존에 설치되어 있는 APS(Automatic Protection Switch)가 에러를 복구하기 전에 전체 프레임을 손실할 수 있기 때문이다.[7,8] 우선 기존 스크램블러의 구조를 보면 그림. 5와 같다. 처음 각 단계는 1로 설정되어 있으며 단계 6과 7의 비트는 exclusive-OR되어 다시 단계 1에 들어가게 된다. 단계 7의 비트는 사용자의 데이터와 다시 exclusive-OR되어 SPE로 매핑된다. 스크램블러에서 나올 수 있는 비트 패턴은 127(2⁷-1)이 되며 이 패턴은 여러 벤더의 상호 연동을 위하여 이미 공개되어 있다.

만약 고의적으로 사용자 정보를 스크램블러의 패턴과 같은 127비트 패턴을 보낸다면 SPE에 매

평되는 데이터는 모두 0이 나오게 된다.[7,8] 사실 사용자는 자신이 보낸 데이터가 SPE의 어디에 위치할지는 모른다. 그러나 사용자의 스크램블러와 같은 비트 패턴이 스크램블러와 같은 확률은 $1/127$ 이며 최악의 경우에 SPE의 첫번째 행에 위치하여 같은 비트 패턴을 가질 경우 프레임 전체의 데이터는 0이 나오게 된다.

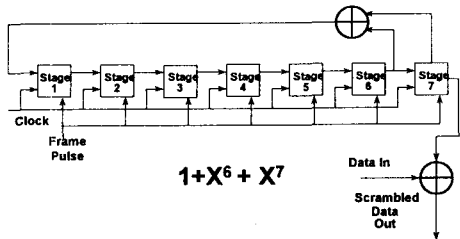


그림. 5 SONET/SDH 스크램블러[8]

그러면 이에 대해 기존의 SONET/SDH의 인터페이스는 에러를 감지하고 다시 복구가 가능한지에 대해 살펴보기로 한다. 그림. 6를 보면 POH(Packet Overhead)와 FS(Fixed Stuff)를 제외한 SPE의 길이는 OC-3의 경우 2080비트가 되며 OC-12의 경우 8320비트가 된다. 각 프레임이 전송되는 시간은 OC-3(2080bits/155.52Mbps)와 OC-12 모두 13.37s 가 된다. 그러나 LOS(Loss Of Signal)의 표준은 2.3s - 100s이며 대부분의 APS는 13s - 27s로 적용되고 있다.[7,8] 그러므로 대부분의 SONET/SDH 인터페이스는 망 데이터 손실에 대한 복구를 할 수 없으며, 또한 고속 전송 동기화를 위한 클럭의 경우 80비트를 제외한 나머지 부분에 대해서는 동기화에 대한 규정이 정해지지 않아 이 또한 망 데이터 손실을 초래할 수 있다. 이에 대한 방안으로 제시된 스크램블러는 ATM에 사용되는 그림. 7의 $1+X^{43}$ 의 스크램블러이다. 이 방식은 가능한 패턴이 2^{43} 으로 패턴을 알기가 어렵고 알더라도 일치할 경우의 수가 희박(2^{-43})하다. 현재 $1+X^{43}$ 스크램블러의 적용시 랜덤 데이터의 다양한 전이분포(transition density)를 주기 위해 SONET의 set/reset 스크램블러를 출력측에 exclusive-OR과정을 거쳐 SPE에 매핑을 하게 되어있다. 지적된 두가지 문제점은 고의적으로 사용자 데이터를 SONET set/reset 스크램블러의 상태 정보와 같이 보내고 이 데이터가 스크램블러와 일치할 경우 스크램블러의 43비트 비트 패턴이 SONET의 오버 헤드에 의해 전이가 일어나기 전까지 OC-3의 경우 46번이나 반복된다는 것이다. 이런 비트 패턴이 일치할 확률은 전이가 0일 경우 2×10^{-13} 정도지만 6일 경우 10^{-6} 이 된다. 그러나 수신측 장비가 이런 전이 분포에 대해 정상적으로 작동이 된다면 크게 문제는 되

지 않는다.[7,10]

두번째는 그림. 7의 스크램블러는 스크램블러의 상태를 수신측에 전송하지 않는 자체 동기화(self-synchronous)스크램블러이다. 그러므로 라인의 1비트 에러는 수신측에서 디스크램블러(descrambler) 과정을 거친 후에는 2비트의 에러가 발생한다. 이 문제는 실시간 서비스를 요구하는 상위 어플리케이션의 경우 재 전송할 시간적 여유가 없으므로 FEC(Forward Error Control)로 에러검사를 할 경우 문제가 되나 현재 IP over SONET/SDH의 경우 HDLC에서 CRC 검사시 에러가 생긴 패킷을 제거하므로 문제가 없다. 그러나 이에 대한 추후 연구가 필요하다.

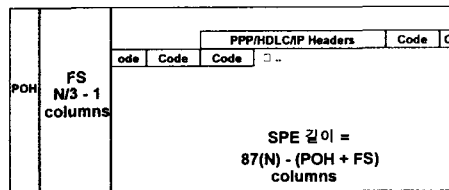


그림. 6 SONET/SDH SPE

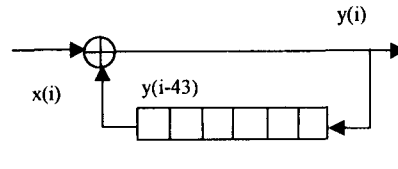


그림. 7 $1+X^{43}$ 스크램블러

III. IP over SONET/SDH 백본망의 구조

그림. 8은 IP over SONET망을 ISP망에 적용할 경우의 구조이다. 먼저 연구망이나 상업망의 채널 단위 정보나 데이터 단위 정보는 접속 라우터를 통하여 백본망의 라우터와 접속이 가능하다. 각 접속망은 효율적인 망 접속을 위하여 상호 연결되어 있으며 백본 라우터는 백본 노드 사이에 트래픽을 관리하며 링 구조의 SONET망과 연결이 되어 있다. 링 구조는 한쪽 링크의 단절시 다른 링크를 통한 전송이 가능하여 생존성(survivability)이 강하여 백본망의 구조로 적합하다. 각 SONET 전송망 사이의 트래픽 전달은 Add/Drop Mux(ADM)를 통하여 특정 채널의 추가 제거를 통하여 중간 노드에서 특정 채널을 제외한 다른 채널에 대한 프로세싱이 필요 없다.

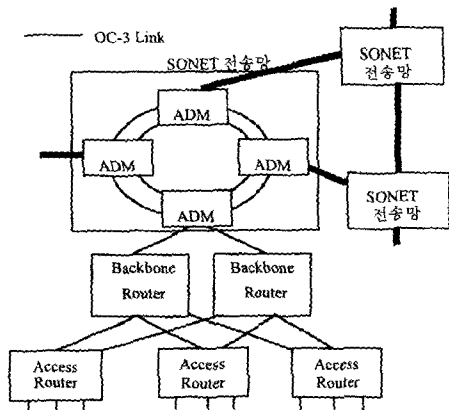


그림. 8 ISP의 IP over SONET 백본망 구조

IV. IP over SONET/SDH와 IP over ATM 기술의 비교

IP over SONET과 IP over ATM 기술 [11,12,13,14]의 비교시 중요한 이슈는 다음과 같다. 첫번째 ATM 프로토콜 오버헤드를 보면 표1과 같다[15]. 표. 2와 비교하여 보면 ATM의 경우 셀렉스로 인해 망의 80%정도를 실제 정보를 전송하는데 사용할 수 있는 반면 IP over SONET/SDH는 95%이상을 사용할 수 있다. [7,15]

두번째로 대역폭 관리 측면에서 접근해 볼 수 있다. ATM의 경우 다중 스트림(stream)을 같은 링크를 통해 전송할 수 있으며 통계적 다중화를 사용하여 대역폭의 효율적 할당이 가능하나 SONET/SDH는 단순한 점대점(point-to-point) 링크이며 대역폭 관리 기능을 제공하지는 않는다. 그러므로 IP 단계에서 패킷 스케줄링(packet scheduling)을 통한 관리가 요구된다. 하지만 지연에 민감한 음성 신호의 경우 우선권을 높게 책정하더라도 패킷 특성상 낮은 우선권을 가진 긴 패킷의 작업이 끝나면 처리할 수 있기 때문에 실시간을 요구하는 서비스에 지연을 초래할 수 있다.[18]

세번째 QoS의 측면에서 ATM은 서비스 유형별로 구분하여 스위치에서 지능적인 큐잉과 스케줄링을 제공하며, 다양한 사용자의 QoS 요구사항을 제공하는 반면 SONET/SDH는 이런 기능을 가지고 있지 않아 IP계층에서 QoS를 제공하기 위한 방법이 요구된다.

네번째로 링크 측면이다. ATM의 경우 완전 그물 형태(full-mesh)가 아니라도 글로벌한 어드레싱(Addressing)을 제공하며 SVC(Switched Virtual Circuit)를 통해 링크 단절시 SONET/

SDH의 링크 복구 기능 외에 ATM 자체에서 동적인 경로 설정이 가능하다는 장점이 있으나 SVC의 링크 설정 시간이 지나치게 길어 큰 크기의 데이터 전송시 설정 시간이 전송시간에 비해 할 정도로 커 이에 대한 연구가 현재 진행중이다. 이에 반해 SONET/SDH는 단순히 점대점(point-to-point) 링크이며 최단 경로를 설정하기 위해 완전 그물 형태가 필요하나 이는 현실적으로 불가능하다.[15,16]

표. 1 IP over ATM 오버헤드[15]
(IP Packet Size=576bytes, STS 3C Link)

프로토콜 계층	유용대역폭	라인사용율	오버헤드율
SONET	155.520	100	3.7
ATM	149.460	96.6	9.43
AAL	135.362	87.5	6.41
LLC/SNAP	126.937	80.7	1.37
IP	125.918	79.6	0

표. 2 IP over SONET/SDH 오버헤드[15]
(IP Packet Size=576bytes, STS 3C Link)

프로토콜 계층	유용대역폭	라인사용율	오버헤드율
SONET	155.520	100	3.7
PPP	149.460	96.6	1.54
IP	147.150	95.4	0

다섯번째는 흐름 제어이다. ATM의 경우 서비스 계약서(service contract)에 의거하여 감시 기능(policing)을 통해 이를 위반할 경우 제어 비트를 설정하여 망의 포화 상태 발생 전 계약을 위반한 데이터에 대한 제어가 가능하다. 그러나 SONET/SDH는 흐름 제어 기능을 제공하지 않는다. 이를 위해서는 IP 라우터에서 버퍼링(buffering)을 통한 흐름 제어가 요구되었거나 이는 ATM에서 필요한 버퍼량보다 더 많은 부분을 요구하는 단점이 있다.[15]

위 다섯 가지의 측면에서의 비교를 통해 볼 때 ATM은 QoS 측면과 대역폭관리 기능 및 흐름 제어와 어드레싱의 잇점을 가지고 있으나 백본망의 경우 망대역폭 증설이 어려워 대역폭에 대해 민감한 환경의 경우에는 셀렉스로 인한 망사용율의 현저한 저하는 크게 고려되어야 할 부분이다. 또한 ATM은 QoS지원 및 VPN(Virtual Private Network)에 대한 지원 등 다양한 서비스를 지원하는 확장성을 가진 반면 SAR (Segmentation And Reassembly) 과정과 큐잉 지연과 전송계층의 복잡성으로 인한 관리의 어려움이 있다. 그러므로 QoS를 요구하지 않고 고속전

송을 요구하는 백본망에서는 SONET/SDH을 통해 직접적으로 IP를 전송하는 것을 선호하고 있으며 대역폭의 증설이 쉬운 캠퍼스 망이나 멀티서비스 제공이 필요한 망의 경우 ATM이 적합하리라 생각된다.

VI. 결 론

백본망 기술 선택시 앞으로 음성, 영상 등의 멀티미디어 트래픽을 광케이블을 통해서 전달하기 위해 최적화된 전송 기술을 선택하는 것은 신중히 고려해야 할 부분이다.

ATM의 경우 지능적인 큐잉과 스케줄링, 서비스 계약서에 따른 감시 기능, 서비스 구분에 의한 QoS 지원과 VPN 지원 등의 장점과 다양한 기존 망과의 연동 등의 장점이 있다. 그러나 패킷을 셀로 만들면서 생기는 셀 택스로 인한 오버헤드로 망 사용율이 80%로 저하되며 QoS 제공을 위해 서비스에 따라 구분하여 SAR과정을 통해 셀로 구성하고 큐잉하는 과정에서 생기는 지연 및, 다양한 망과의 연동을 위해 생기는 전송 계층의 복잡성으로 인한 관리의 어려움 등이 고려되어야 할 부분으로 남는다.

SONET/SDH의 경우 단순히 점대점(point-to-point) 링크로 인한 어드레싱의 문제점, 멀티 미디어 서비스를 위한 QoS 지원의 부재의 문제점을 갖고 있으며 이것은 IP 계층의 기능을 통해서 해결되어야 한다. 하지만 패킷 자체를 PPP로 프레이밍(framing)하여 전송함으로써 고속 전송에 용이하며 오버헤드가 4% 미만으로 용량 증설시 상당한 경비를 요구하는 백본망에 효율적인 대역사용이 가능하다.

그러므로 QoS와 VPN 지원 등이 요구되는 망에서는 IP over ATM이 선택될 수 있으며 고속 전송이 필요하며, 망 증설에 제한을 받으며 QoS를 필요로 하지 않는 망에서는 IP over SONET/SDH가 적절한 선택이 될 수 있다.

앞으로의 인터넷 수요를 예측할 때 기존 ISP 백본망 사업자는 계속적인 망 증설이 요구되며, 계속된 경쟁으로 줄어드는 마진율을 감안, 투자를 최소한 줄이면서 사용자의 대역폭 요구사항을 만족시킬 수 있는 기술로 떠오르고 있는 WDM은 기존 단일 모드 광에 파장의 수를 계속적으로 늘려 용량증설에 제한을 두고 있지 않으며 새로운 TDM 기술의 수용 가능, 기존의 IP over SONET/SDH, IP over ATM 기술과의 연동 가능한 점은 미래의 SONET/SDH TDM 기술의 한계를 극복할 수 있는 해결책으로 볼 수 있다.

참고문헌

[1] R. Gareiss, Is the Internet in trouble?, Data

Communications, 26(12), September 1997[1]

[2] 홍석원 et al., ATM 망에서 IP 스위칭 기술의 과제, 한국 해양 정보 통신 학회 논문지, 2권 4호, pp169-175, 1998.12

[3] 홍석원 et al., 차세대 인터넷 백본망 구축을 위한 IP/ATM 연동 과제, 한국 통신 학회 추계 종합 학술대회, 1998.11

[4] Tecktornix, Synchronous Optical Network (SONET) Tutorial, 1998,

<http://www.webproforum.com/tektornix/full.html>

[5] W. Simpson, The Point-to-Point Protocol (PPP), IETF RFC 1661, July 1994

[6] W. Simpson, PPP in HDLC-like Framing, IETF RFC 1662, July 1994

[7] J. Manchester et al., IP over SONET, IEEE Communication Magazine 36(5), pp.136-142, May 1998

[8] J. Manchester et al., IP over SONET/SDH, T1X1.5/97-105, Oct. 1997

[9] W. Simpson, PPP over SONET/SDH, IETF RFC 1619, May 1994

[10] B. Doshi et al., Scramblers for PPP over SONET/SDH, T1X1.5/97-129, Dec. 1997

[11] M. Laubach and J. Harpen, Classical IP and ARP over ATM, IETF RFC 2225, April 1998

[12] G. Armitage, Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks, IETF RFC 2022, November 1996

[13] J. Luciani, et al., NBMA Next Hop Resolution Protocol(NHRP), IETF RFC 2332

[14] ATM Forum, "Multi-Protocol Over ATM Version 1.0", AF-MPOA-0087.000, July 1997

[15] Trillium Digital Systems, Comparison of IP-over-SONET and IP-over-ATM Technologies,,1997,http://www.trillium.com/whats-new/wp_ip.html

[16] Ting Wo Chung et al, Architectural and Engineering Issues for Building an Optical Internet, 1998, <http://www.canet2.net>