

디지털신호와 회선

통신회선에 따라 전송할 수 있는 데이터양이 제한됩니다. 따라서 통신회선의 규격화와 데이터의 규격화가 필요합니다. 통상 한 개의 전화 음성 채널에 사용되는 대역폭과 전송속도를 기준으로 하여 정하고 있습니다.

디지털신호등급은 DS#, E# 및 STS-#형태이며, 회선시스템은 미국의 경우는 T급회선을, 유럽은 E급회선을 사용합니다.

북미 DIGITAL 체계(μ - LAW)

DS - 0	1 VOICE/DATA CHANNEL	64 KBPS
DS - 1	24 VOICE/DATA CHANNEL	1.544 MBPS
DS - 1C	48 VOICE/DATA CHANNEL	3.152 MBPS
DS - 2	96 VOICE/DATA CHANNEL	6.312 MBPS
DS - 3	672 VOICE/DATA CHANNEL	44.736 MBPS
DS - 4	4032 VOICE/DATA CHANNEL	274.176 MBPS

유럽 DIGITAL 체계(A - LAW)

E1	30 VOICE/DATA CHANNEL	2.048 MBPS
E2	120 VOICE/DATA CHANNEL	8.448 MBPS
E3	480 VOICE/DATA CHANNEL	34.136 MBPS
E4	1920 VOICE/DATA CHANNEL	139.264 MBPS
E5	7680 VOICE/DATA CHANNEL	565.148 MBPS

SONET(Synchronous Optical Network)DIGITAL 체계

STS - 1/OC - 1		51.84 MBPS
STS - 3/OC - 3	STM - 1	155.52 MBPS
STS - 9/OC - 9		466.56 MBPS
STS - 12/OC - 12	STM - 4	622.08 MBPS
STS - 18/OC - 18		933.12 MBPS
STS - 24/OC - 24		244.16 MBPS
STS - 36/OC - 36		1866.24 MBPS
STS - 48/OC - 48	STM - 16	2488.32 MBPS

STM = Synchronous Transport Mode

. T1 기초

:- 1960년대초 DIGITAL 기술의 급속한 발전은 전화회사가 CABLE 증설에 대한 짐을 줄일 수 있는 획기적인 기회를 제공하였다.

이러한 도약의 발판은 아날로그 신호를 디지털 포맷으로 변화시켜 네트워크 성능을 향상시키는 새로운 종류의 Central - Office (CO)장비인 PCM (Pulse Code Modulation) 장비의 등장이었다.

전화 기법에 있어 디지털 혁명의 기초는 이전까지만 해도 단지 1개의 Voice Call을 처리하던 동선에 비해 24개의 독립적인 Channel을 전송하는 장비인 Channel Bank의 등장이다. Multiplexer의 기능을 수행했던 초기의 Channel Bank 는 일명 T - carrier라 불리워 졌다. T - carrier는 2개 이상의 Channel Bank 또는 아날로그 신호를 디지털 포맷으로 변환하여 디지털 트렁크를 통해 전송할 수 있도록 이들 디지털 포맷을 하나의 디지털 신호로 다중화 하는 D - Bank로 구성된다. 이 다중화된 디지털 신호를 T1 비트 스트림 또는 DS - 1신호라 부른다.

D BANK

수년동안 PCM Channel Bank의 기능은 발전되어 왔다. PCM Channel Bank는 일반적으로 Western Electronic사에서 처음 사용한 명칭에 따라 D1,D2,D3, 그리고 D4로 언급된다.

비록 D1/D2 Channel Bank는 더 이상 제조 되지 않으나 많은 것들이 아직 전화 망에서 사용되고 있다, D3와 D4는 최신장비이다.

D3와 D4 Bank는 매우 유사하며, D4 Bank는 기본적으로 단일 Chassis에 2개의 D3 Bank로 구성된다. (2 Share Common Equipment) D3/D4 Bank는 각각의 24 Channel에 대해 T1 Bit Stream을 사용한다. D3 Bank가 1개의 T1 Bit Stream을 사용하여 24 Channel 용량을 수용하는 반면 D4 Bank 는 두 개의 T1 Bit Stream을 사용하여 총 48 Channel을 수용한다.

오늘날 TDM 장비에서 D-Bank에 의해 암호화 되는 T1(DS - 1)Bit Stream은 1.544Mbit/s의 속도로 운용되는 1과 0의 고속 디지털스트림이다.

PCM은 D - Bank를통해 아날로그 신호를 전송하기위해 사용되는 기법이다. 또한 AMI(Alternate Mark Inversion)라 불리우는 Bipolar는 디지털 트렁크를 통과한후 T1 신호화 되는 Digital Form 이다. 아날로그 신호는 먼저 동일한 주기 (Time Interval)로 샘플된다. 이결과로 생기는 아날로그 샘플이 PAM (Pulse Amplitude Modulation)이라 불리우며 각각의 PAM Sample은 Digital 8 - Bit PCM Byte로 양자화(Quantizing) 및 부호화(Coding)된다. 이 8 - bit가 디지털 설비를 통해 다른지역으로 전송되며 PCM의 역과정이 수행되고 정보는 원래의 아날로그 형태로 재구성 또는 Decode 된다.

T1속도는 아날로그 신호에 적용된 Sampling 속도로부터 추출된다. 정보 이론중 Nyquist 정리 (Sampling 정리)에 따르면 아날로그 신호를 Encoding 하기 위해서는 2배의 대역폭에서 Sampling(표본화)되어야한다.

전화의 음성 주파수 대역은 300 - 3300Hz이나 여러 가지 이유로 인해 음성주파수 대역의 상한을 4000Hz로 제한한다. 그러므로 2배의 대역폭(2X 4000Hz)으로 1초당 8000Sampling을 하면 원래의 아날로그 신호를 복원할수 있게 된다.

9.1 아날로그 신호의 디지털화 과정

A. 순서

1단계 : 아날로그 파형을 일정하게 샘플링한후 PAM (Pulse Amplitude Modulation)으로 변환

2단계 : 샘플링된 파형이 양자화기를 거치며 PCM 코드로 디지털 화함.

3단계 : TDM MUX를 통과하여 디지털 코드인 PCM 코드가 Bipolar 신호로 바뀌어 전송로 상으로 전송됨

9.5 Frame 변환과정 상세 설명

:- Channel 당 인입되는 아날로그 신호가 여파기에 의해서 300~4000HZ만 걸러내어 통과시키면 게이트 회로에에 의해서 각 channel에대하여 초당 8000(표본화 주파수)회 샘플링(표본화)한후 PAM 펄스(양자화)로 변환한다.

변환된 PAM 신호는 부호기로 인입(부호화)되어 신호 파형의 높낮이에 따라 8BIT로 표현하여 송신한다. 수신측에서는 각 Channel에서 들어오는 8Bit중 처음 1Bit로 위상(+,-)를 표현하고 2~4Bit로 시작 전위를 설정하며 5~8Bit로 세부 전위를 설정하여 송신측에서와 같은 PAM 신호로 재생한후 아날로그 파형으로 재생한다.

9.6 Digital Format

- 8bit중 첫 번째 bit는 극성을 나타내며 2~8bit는 전위를 나타냄

9.8 E1(CEPT) FRAME FORMAT

앞에서 설명한 T1 FRAME과의 차이는 T1은 한 FRAME이 24개의 TIME SLOT으로 구성되어 있으며 각 TIME SLOT에 SIGNAL상태를 표현하여 주는 BIT가 포함되어있고 FRAME의 앞머리를 위한 1개의 BIT를 포함하여 FRAME이 구성되나 E1 FRAME은 32개의 TIME SLOT으로 구성되어 있으며 "0"TIME SLOT은 동기 또는 ALARM을 위한 용도로 쓰이며 "16" TIME SLOT은 각 TIME SLOT의 SIGNAL 상태를 나타낼 때 사용한다.

*T1/E1 FRAME이 VOICE를 사용할때는 TIME SLOT 차이만 있으나 DATA를 사용할때는 CHANNEL 의 지원 속도가 다르다. (T1은 CHANNEL당 56KBPS (CLEAR CHANNEL OPTION 없을 경우) 이나 E1은 64KBPS 까지 가능) *E1 FRAME 의 종류 역시 2가지가 (CCS/CAS) 존재하며 차이는 SIGNALING CHANNEL을 DATA CHANNEL(CCS)로 사용할것인가 SIGNAL CHANNEL(CAS)로 사용할것인가의 차이임.

(CAS : Channel Associated Signaling CCS : Common Channel Signaling)

* 전송 선로 부호로는 T1은 AMI/BnZS를 E1은 HDB3/CMI를 CCITT에서는 권고함.

시분할 다중화 방식은?

시분할 다중화 방법은 앞에서 말한대로 시간을 조각내어 이 조각낸 시간 단위(time slot)를 여러 이용자에게 할당하여 음성 혹은 데이터를 전송하게 하는 방법이다.

T1은 미국식의 시분할 다중화 방식이며 속도는 1.544Mbps, E1은 유럽방식으로 속도는 2.048Mbps이며 T1 다중화에는 음성 24개, E1 다중화에는 30개의 음성이 실리게 된다. 장거리 전송로에서는 이 두가지 시분할 다중화 방식이 주로 이용된다.

데이터 전송을 위한 시분할 다중화 방식에서는 앞에 설명한 기본적인 시분할 방식에서 약간 변형된 방법이 이용된다.

기본적인 시분할 다중화 방법을 동기식 시분할 다중화 (Synchronous Time Division Multiplexing)라고 하고 변형된 방법을 비동기 시분할 다중화(Asynchronous Time Division Multiplexing)라고 부른다.

T-반송자(T-carrier) 신호를 사용하는 고속의 디지털 네트워크 시스템으로 T1, T2, T3는 데이터 전송률의 등급을 표시한다.

이 시스템은 PCM(pulse code modulation)과 TDM(time-division multiplexing)을 사용하는 온전한 디지털 전송 시스템이며, 4 회선을 사용해서 full-duplex(동시에 2선은 수신, 2선은 송신)를 제공한다.

T1은 디지털 신호 DS-1을 초당 1.54Mbps의 전송 속도로 전송할 수 있는 능력을 가진 디지털 전송 설비로서 24개의 채널을 가지고 있다. 이 디지털 전용회선은 인터넷의 백본을 구성할 경우에 많이 사용한다.

T2는 거의 사용되지 않는데, 디지털 신호 DS-2를 초당 6.312Mbps의 전송 속도로 전송할 수 있는 능력을 가진 디지털 전송 설비로서 96개의 채널을 가지고 있다.

T3은 디지털 신호 DS-3을 초당 44.746Mbps의 전송 속도로 전송할 수 있는 능력을 가진

digital signal X / 디지털 신호 X

(DS0, DS1....DS4)

일련의 표준 디지털 전송률에 대한 용어.

일반적으로 한 음성 전화 채널에 사용되는 대역폭인 64 Kbps 전송률을 DS0로 정하고, 이를 기준으로 등급을 부여하는 방식이다.

DS1은 T1 반송자(carrier)의 신호로 사용되는데, PCM(pulse code modulation)과 TDM(time-division multiplexing)을 이용하여 전송되는 24 개의 DS0 (64 Kbp) 신호들이다. DS2는 4개의 DS1 신호들을 함께 멀티플렉스하여 6.312 Mbps의 전송률을 제공한다. DS3는 T3 반송자 신호로, 28개의 DS1 신호(혹은 672개의 DS0 신호)를 전송해서 44.736 Mbps의 전송률이 가능하다.

아래 표는 신호들을 T반송자와 E반송자 시스템과 비교하여 요약한 것이다.

디지털신호지시자	데이터속도	DS0 배수	T반송자	E반송자
DS0	64 Kbps	0	-	-
DS1	1.544 Mbps	24	T1	-
-	2.048 Mbps	32	-	E1
DS1C	3.152 Mbps	48	-	-
DS2	6.312 Mbps	96	T2	-
-	8.448 Mbps	128	-	E2
-	34.368 Mbps	512	-	E3
DS3	44.736 Mbps	672	T3	-
-	139.264 Mbps	2048	-	E4
DS4/NA	139.264 Mbps	2176	-	-
DS4	274.176 Mbps	4032	-	-
-	565.148 Mbps	4 E4 채널	-	E5

T급 회선시스템은 1960년대에 미국 벨시스템에 의해 소개되었으며, 디지털 음성전송을 지원하는 최초의 성공적인 시스템이었다. 원래 전송속도가 1.544 Mbps인 T-1 회선은 오늘날 인터넷 서비스 공급자들에 의해 인터넷 접속에 보편적으로 사용되고 있으며, 등급은 다르지만 44.736 Mbps의 속도를 지원하는 T-3 회선 역시, 인터넷 서비스 공급자들에 의해 많이 사용된다. 다른 서비스 중에 단편 T-1 회선이 있는데, 이는 T-1 회선의 24 채널 중에 일부만을 빌려 사용하고 나머지 채널은 사용하지 않는 것이다.

T급 회선시스템은 디지털부호 코드변조 및 시분할 다중화(TDM)를 사용하는 완전한 디지털 회선이다. 이 시스템은 네 가닥을 사용하는데, 두 가닥은 수신에 그리고 두 가닥은 송신에 할당함으로써 전이중통신 능력을 제공한다. T-1 디지털 스트림은 24개의 64 Kbps 채널들이 다중화된다 (표준화된 64 Kbps 채널은 음성전화에 요구되는 대역폭에 기반하고 있다). 네 가닥의 전선은 원래 한 쌍의 구리선을 꼬아만든 것이었으나, 이제는 동축케이블이나 광케이블, 디지털 마이크로웨이브, 그 외에 다른 매체 등이 모두 이용될 수 있다. 채널의 숫자나 사용에 따라 여러 가지 변형이 가능하다.

T-1 시스템에서 음성신호는 초당 8,000번 샘플링 되며, 각 표본은 8 비트 워드로 디지털화된다. 이 신호들이 동시에 24 채널로 디지털화 되므로, 결국 192 비트 프레임이 초당 8,000번 전송되는 것이다. 또, 각 프레임은 하나의 비트에 의해 구분되므로, 각 블록은 총 193 비

트로 구성된다. $192 \text{ bits/frame} \times 8,000 \text{ frames} + 8,000 \text{ framing bits}$ 를 계산하면 T-1의 속도는 총 1.544 Mbps가 된다.

digital signal X (DS0, DS1....DS4) ; 디지털 신호 등급

디지털 신호 등급은 일련의 표준 디지털 전송 속도나 레벨을 위한 용어로서, 한 개의 전화 음성 채널에 사용되는 대역폭인 64 Kbps의 전송속도를 기반 속도인 DS0으로 삼았다. 북미의 T급 회선 시스템과 유럽의 E급 회선 시스템 모두가 DS 시리즈를 기본 배수로 운영된다.

DS0는 디지털 신호 등급 시리즈의 기반이 된다. DS1은 T-1 회선 내의 신호로서 사용되며, 24개의 DS0 신호들이 PCM과 TDM 변조방법을 사용하여 전송된다. DS2는 네 개의 DS1 신호들이 함께 다중화되어 6.312 Mbps의 속도를 낸다. DS-3는 T-3 회선 내의 신호로서, DS1의 28배 속도, 즉 44.736 Mbps를 낸다.

디지털 신호 등급은 ANSI T1.107 지침에 기반을 두고 있다. ITU 지침은 약간 다르다. 아래의 표는 여러 가지 신호들과, 그것들을 T급 회선 시스템이나 E급 회선 시스템들과 관련시켜 놓은 내용이다

E1 through E5 carriers ; E급 회선들

[참고] E급회선과 T급회선, DS0 규격 간의 상관관계를 보려면, 디지털신호 X를 볼 것.

E-1은 ITU-T에 의해 고안되고, 유럽우편 및 통신운영회의(CEPT)에서 이름이 붙여진 유럽 디지털 전송규격으로서, 북미의 T-1 형식에 대응되는 것이다. E-2부터 E-5까지는 E-1 형식의 배수로 증가하는 전송매체들이다.

E-1 신호형식은 64 Kbps 속도의 채널 32개를 수용함으로써, 2.048 Mbps의 속도로 데이터를 전송할 수 있다. E-1은 T-1에 비해 다소 높은 데이터 전송속도를 보이는데, 그 이유는 T-1과는 달리 각 채널의 모든 8 비트가 신호를 부호화 하는데 사용되기 때문이다. E-1과 T-1은 국제적인 용도를 위해 상호 연결될 수 있다.

E-2는 E-1 신호들을 4배 다중화하여 8.448 Mbps로 전송하는 회선이다.

E-3는 E-1의 16배인 34.368 Mbps로 전송하는 회선이다.

E-4는 E-3의 4배인 139.264 Mbps로 전송하는 회선이다.

E-5는 E-4의 4배인 565.148 Mbps로 전송하는 회선이다

1.5 Mbps, DS1

$(24 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits/byte})/125 \text{ usec} = 1.536 \text{ Mbps of payload}$

Cell delineation by HEC detection as with STM-1
Cell payload = 1.536 Mbps x (48/53) = 1.391 Mbps

...F B B...B F B...B F...

125 usec

24 bytes

Framing Bit

45 Mbps, DS3

$7 \times 8 \times 84 / 106.4 \text{ usec} = 44.21 \text{ Mbps of payload}$

1 84 1 84 1 84 1 84 1 84 1 84 1 84 1 84 bps

106.4 usec frame

Framing and maintenance

Payload

DS3 Cell Delineation

F is framing pattern

12 cells/125 usec means 96,000 cells per second or 3.864 Mbps of cell payload

Stuff is either 13 or 14 nibbles and is indicated by C

Stuff

F 11 Cell

F 10 Cell

2 1 1 53

F 1 Cell

F 0 C Cell

..

125 usec

byte

155 Mbps, SONET STS-3c(SDH)

$9 \times 260 \times 8 / 125 \text{ usec} = 149.76 \text{ Mbps payload}$

Also known as STM1(STM = Synchronous Transport Mode)

SDH의 STM-n frame의 VC4 payload에 ATM cell을 mapping해 전송

9 Rows

270 bytes

Maintenance and operations

1 Synchronous

Payload Envelope

(1 column of overhead)

. . .

125 usec

9 bytes

STM-1 Cell Delineation

Peek ahead at the cell format

Receiver locks on 5 byte blocks that

Satisfy the HEC calculation

Are separated by 48 bytes

HEC includes coset so that empty cell (first 4 bytes of header = 0) does not make HEC = 0

Cell payload = 135.63 Mbps at STM-1

HEC (Header Error Check)

Header

Payload

Coverage of the 1 byte HEC

155 Mbps, 8B/10B Coding(Cell Based)

155.52 Mbps

Multimode fiber up to 2 Km

Shielded twisted pair up to 100 m

8B/10B block code as per Fiber Channel Standard

Cells delimited via a transmission frame

Cell payload = $155.52 * (26/27) * (48/53) = 135.63$ Mbps = STM-1 cell payload

100 Mbps, 4B/5B Coding

5 bit symbols are used to encode 4 bits of data and certain control information

16 used for data

16 symbol pairs defined in the FDDI Standard

Operates at 125 Mbaud or 100 Mbps data rate over multimode fiber

Cells delimited with TT symbol pair

108 symbols needed per cell and 25 Msymbols per second implies 88.89 Mbps of cell payload

TT Cell TT Cell

비동기식 디지털 계위(PDH)와 동기식 디지털 계위 (SDH) 비교

비동기식 다중화

- 입력신호는 공통 클럭에 동기가 안된 상태

(입력되는 계위신호의 clock과 mapping후 신호clock이 상호 독립적인 경우)

동기클럭과 입력신호간 속도차만큼의 단계별 스테이프비트(stuff bit) 삽입 요구

- 맨 아래 그림에서 신호는 1010011001101의 데이터 값을 가지나 다중화하면서 원래의 신호보다 약간 빠른 클럭으로 타이밍을 잡고 1bit분의 차가 되면 미리 정해진 시간위치에 Stuffing bit를 삽입하여 동기화된 1010011001101과 같은 신호를 얻는다

- 다시 말해서 입력 계위신호의 신호속도는 언제나 명목상의 계위신호의 속도보다 작으므로 그 차이가 1bit가 될때까지 기다렸다가 1bit가 되면 유효정보 bit열의 특정한 곳에 무용 bit를 삽입하고 stuff 제어bit에 그 정보를 실어서 전송하게 되는 것이다.

동기식 다중화

- 입력신호는 공통 클럭에 동기가 안된 상태
- 각 입력신호들은 단순히 바이트 단위로 삽입되어 다중화됨

(BIM : Byte Interleaved Multiplexing)

- 기존의 비동기식 다중 방식이 DS_n(n=1, 2등) 신호를 패키지화 시키는 계위별 최적화에 바탕을 것과 달리 동기식 다중방식은 기존의 DS_n 신호나 광대역 신호를 가상의 컨테이너(VC: Virtual Container)에 담아 다중화하는 방법을 쓰고 있다.

SONET[썬넷]은 광(光) 매체상의 데이터 동기전송에 대한 미국 표준이다. 전세계적으로 SONET과 맞먹는 표준으로는 SDH (synchronous digital hierarchy)가 있다. 두 기술은 함께 표준을 보장함으로써, 디지털 네트워크들이 전세계적으로 연결될 수 있도록 하고 기존의 전통적인 통신 시스템에 보조부착물을 장착함으로써 광매체의 장점을 취할 수 있도록 한다.

SONET은 최고 9.953 Gbps의 회선속도까지 여러 종류의 회선속도에 관한 표준을 제공한다. 실제 회선속도는 초당 20 기가비트 근처까지 내는 것도 가능하다. SONET은 BISDN 물리계층의 기반이 될 것으로 간주된다.

ATM은 다른 기술의 상위일뿐 아니라 SONET의 상부계층에서 동작한다. SONET은 51.84 Mbps를 기저속도로 하여, 기저속도의 배수인 일련의 수준들을 정의한다.

1.SONET이란무엇인가?B & B

SONET은 동기식 광 전송망(Synchronous Optical NETwork)의 줄임 말이다. 여기서 동기식이라고 하는 것은 신호를 보내는데 있어서 보낼 데이터가 존재하는지 여부에 상관없이 일정한 시간간격을 가지고 전송하는 것을 말한다. 이와 반대로 비동기식 전송에서는 시간 간격과 상관없이 보낼 데이터가 있는 경우에만 보내는 것을 의미한다. Bellcore(Bell Communication Research)에서는 1985년에 광전송 신호의 표준을 정하기 위해서 이를 연구하기 시작하였으며, 그후 4년여 동안 세계 곳곳에서 활발한 연구가 이루어져서 1988년에 북미 지역에서는 SONET, 유럽지역에서는 SDH라고 불리는 표준안이 마련되었다. 여기에는 51.84Mbps/s 이상의 속도로 수행되는 광전송을 위한 광학 인터페이스(Optical interface), 전송률(Rate), 전송 형태(Format) 등을 포함하고 있다.

2.SONET의장점

SONET은 매우 넓은 대역폭을 제공한다. SONET이 이러한 장점을 가질 수 있는 것은 대부분의 구조를 동기화(Synchronize) 시킴으로서 가능한 것이었다. 다음 [표 1]은

비동기식 시스템과 SONET의 차이를 보여주고 있다.

지금 현재 공용 통신망에서 사용되고 있는 비동기식 통신 시스템과 비교해 볼 때 SONET의 주요 장점은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- [1] SONET이 갖고 있는 장점들 중 하나인 Midspan meet은 광 전송로를 구축하는데 있어 여러 공급업체의 장비를 공통으로 쓸 수 있는 기능을 말한다. 이와 같이 여러 장비 공급자가 장비를 공급할 수 있으므로 SONET은 장치들간에 접속이 용이하고 긴급 상황이 발생하더라도 빠른 복구가 가능하다.
- [2] SONET은 다중화(Multiplex) 작업이 간단하므로 장비들의 크기가 작아지게 된다.
- [3] SONET은 두 통신 지점(End point) 사이에 존재하는 설비가 간단하므로 매우 높은 신뢰도를 가진다.
- [4] SONET은 가까운 미래에 HDTV와 같은 응용분야에서 요구되어질 고속전송을 지원한다.
- [5] SONET은 고객의 요구에 신속히 대응할 수 있으므로, 운영, 관리, 유지, 설비(OAM&P: Operations, Administration, Maintenance, and Provisioning)에 대한 비용을 절감할 수 있다.
- [6] SONET에서는 ADM(Add-drop Multiplexer)를 이용하여 경제적으로 전송을 수행 할 수 있다.
- [7] SONET은 비용 효율적인(Cost-effective) 망 구조를 지원한다. 따라서 SONET은 생존도(Survivability)와 새로운 서비스 측면에 있어서 더욱 유용한 통신 기술이 될 것이다.

속 성	비동기 시스템	SONET
고속 통신 방법	전기신호	광학 신호
저속 통신 방법	전기신호	광학/전기 신호
최대 전송률	DS3(44.7Mbps)	OC-48(2.488Gbps)
세부 신호(<DS3)조절	불가능	가능
신호 처리단위	Bit 단위	Byte 단위
다중화 방법	Bit Stuffing	Pointer Processing
Clock	Local	Common
다중화된 전송률	$DS3 \neq DS1 \times DS1$	$STS-N = N \times STS-1$
중간 장비간 호환성	없음	있음
Embedded Operations Channel	없음	있음
Remote Option Settings	없음	있음
적합성	점 대 점(point-to-point) 환경에 적합	망(Network) 환경에 적합 [표-1] 비동기 시스템과 SONET의 비교

3.SONET에서의신호체계(SignalHierarchy)

SONET에서 신호의 기본 단위는 810byte 크기를 갖는 구조로서, 51.840Mbps/s의 속도로 전송되는 STS-1(Synchronous Transport Signal-Level 1)이다. 이 STS-1 신호는 DS1급의 서비스에 필요한 신호들과 Line Over Head들이 합쳐져서 구성되며 이 STS-1 신호들은 Byte 단위의 다중화 과정을 통하여 STS-N급의 신호로 변환된다. 그리고 나서 STS-N 신호는 광캐이블로 전송되기 위해 광학 신호(Optical carrier)로 변환된다.

SONET	SDH	전송 속도
OC-1	STM-1	51.84 Mbps
OC-3		155.52 Mbps
OC-9		466.56 Mbps
OC-12	STM-4	622.08 Mbps
OC-18		933.12 Mbps
OC-24		1244.16 Mbps
OC-36	STM-16	1866.24 Mbps
OC-48		2488.32 Mbps

OC : Optical Carrier
STM : Synchronous
Transport
Module

SONET과 SDH 중에서 국제 표준으로 채택된 것은 SDH이다

SONET(Synchronous Optical NETwork)는 광섬유 매체를 통한 고속 데이터 통신을 위한 국제적인 표준이며 전송 속도는 51.84Mbps에서 2.5Mbps이다

UNI 프로토콜 구조

계층 3 : Q.2931

계층 2 : SAAL / AAL, ATM

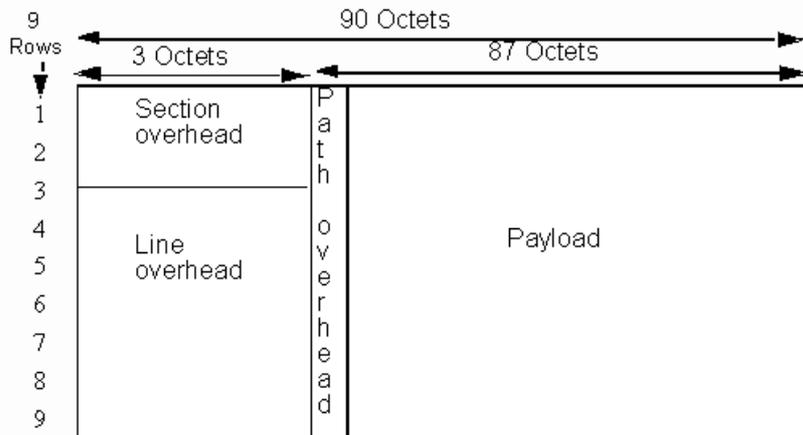
계층 1 : SONET / SDH / DS-n / E-n

1. IP over SONET/SDH - SONET 개요

SONET(Synchronous Optical NETwork)/SDH(Synchrohus Digital Hierarchy)는 사실상 거의 전세계 모든 장거리 전화망의 광케이블 구간에 적용되고 있는 물리계층 표준이다. SONET/SDH의 목표는 여러 사업자들이 연동할 수 있는 **Wavelength, Timing, Framing** 등에 관련된 공통의 시그널링 표준을 정의하여 미국, 유럽, 아시아 지역의 디지털 시스템들을 통합시키고, **Gigabit급** 이상의 전송속도를 가지는 광케이블상에 디지털 시그널들을 효율적으로 실어 보낼 수 있는 수단을 제공하는 것이다.

SONET/SDH는 동기식 시스템으로 설계되었기 때문에 전체 대역폭이 다양한 부채널들에 할당된 다수의 타임 슬롯들을 포함하고 있는 하나의 거대한 채널로 이용되며, 반송프레임은 사용자 데이터 포함 여부에 관계없이 125ms 간격으로 끊임없이 전송된다.

SONET의 기본 전송단위인 STS(Synchronous Transport Signal)-1은 90행 9열의 2차원 논리적 배열구조를 가지는 프레임으로, 전체 810바이트의 영역에서 36바이트는 프레임의 올바른 전송에 필요한 프로토콜 오버헤드로 이용된다. (참고로, SDH의 기본 전송단위는 STM(Synchronous Transport Module)-1으로 STS-3와 같은 크기의 프레임이다. 그러나 여기서는 SDH는 배제하고 SONET을 기준으로 모든 내용들을 설명한다.)



STS-1 프레임 구조

앞에서 언급했듯이, 이와 같은 프레임이 초당 8000번(125ms 간격) 전달되기 때문에 STS-1의 전송속도는 51.84Mbps(8000 X 810 X 8)이다. 그러나 프레임 당 36바이트의 오버헤드가 있기 때문에 상위계층 프로토콜에서 이용할 수 있는 순수한 데이터 전송속도는 49.536Mbps이다. 36바이트의 오버헤드 가운데 시스템 관리를 위한 27바이트(섹션, 라인)를 제외한 9바이트(패스)는 SPE(Synchronous Payload Envelope)라 불리는 SONET의 페이로드에 포함된다. 따라서 SONET의 페이로드 전송속도는 50.112Mbps 이다.

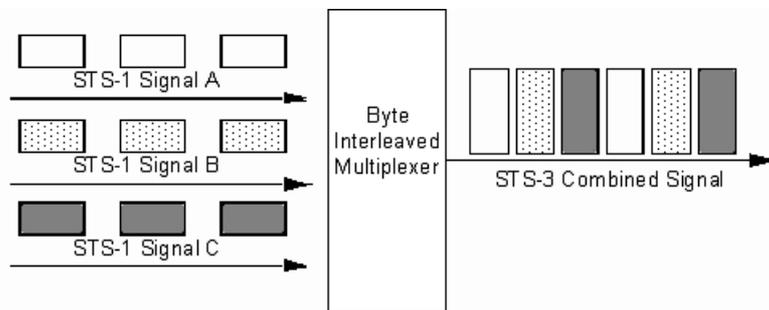
SONET이 Gigabit급 이상의 전송속도를 가지기 위해서는 이와 같은 프레임들이 커다란 하나의 프레임으로 다중화 되어야 한다. 다중화는 STS-1 프레임 단위로 이루어지고, 다중화된 프레임은 STS-3, STS-12 등과 같이 다중화에 포함된 STS-1 프레임의 수로 표시한다.

[참고: STS는 전기 신호이다. 이 신호가 광 신호로 바뀌면 그것을 OC(Optical Carrier)라 부른다.]

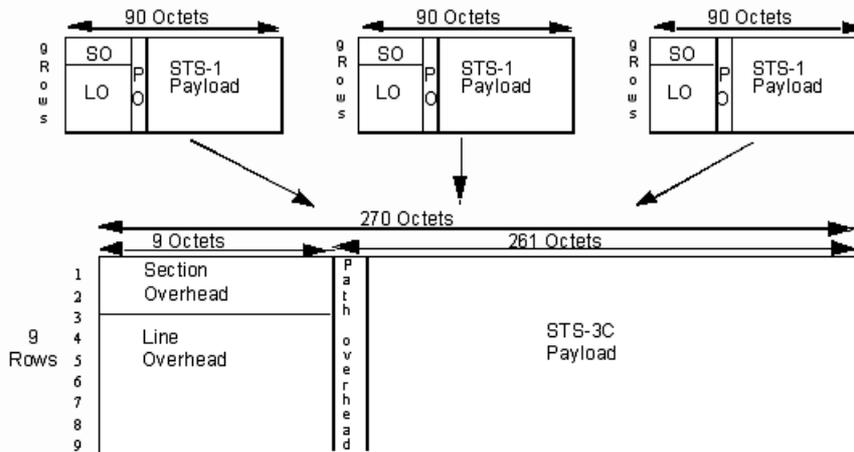
SONET 다중화 속도

전기신호	광신호	프레임속도	페이로드(SPE)속도	데이터속도
STS-1	OC-1	51.84Mbps	50.112Mbps	49.536Mbps
STS-3	OC-3	155.52Mbps	150.336Mbps	149.460Mbps
STS-12	OC-12	622.08Mbps	601.344Mbps	594.432Mbps
STS-48	OC-48	2488.32Mbps	2405.376Mbps	2377.728Mbps

STS-1을 다중화시키는 방법에는 바이트 인터리빙(Byte Interleaving) 방식과 연결(Concatenation) 방식이 있다. 바이트 인터리빙 방식은 각 입력 STS-1 프레임에서 한 바이트씩 차례로 추출하여 고속 STS-n으로 사상 시키는 것이고, 연결 방식은 여러 개의 STS-1을 고속의 STS-n에 차례로 집어 넣는 것이다. 이때 헤더와 페이로드가 구분되어 다중화되며, 연결방식의 경우에도 헤더에는 바이트 인터리빙 방식이 적용된다. 출력 프레임은 각각 STS-n과 STS-nC라 부른다. 여기서 C는 Concatenation을 의미한다.



SONET 다중화 (STS-3, Byte Interleaving)



SONET 다중화 (STS-3C, Concatenation)

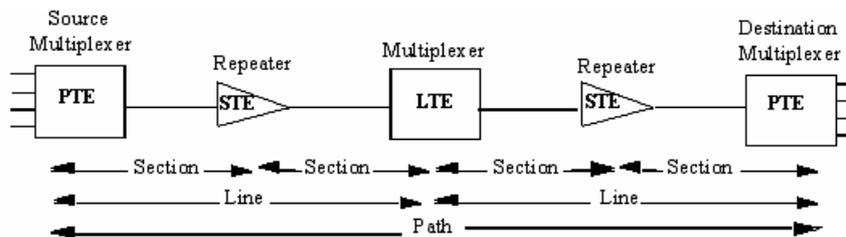
STS-1 프레임은 또한 저속의 시그널들을 수용하기 위한 VT(Virtual Tributaries) 개념도 가지고 있다. 하나의 STS-1 프레임은 7개의 VT 그룹으로 분류될 수 있으며, 각 VT는 12행으로 구성되고 DS1(1.544Mbps)에서 DS2(6.312Mbps)까지 수용할 수 있도록 다수의 부 그룹으로도 분리될 수 있다.

VT 그룹
STS-1의 라인 오버헤드
1열에는 페이로드의
시작위치를 알리는
포인터 정보가 포함된다.
따라서 STS 프레임

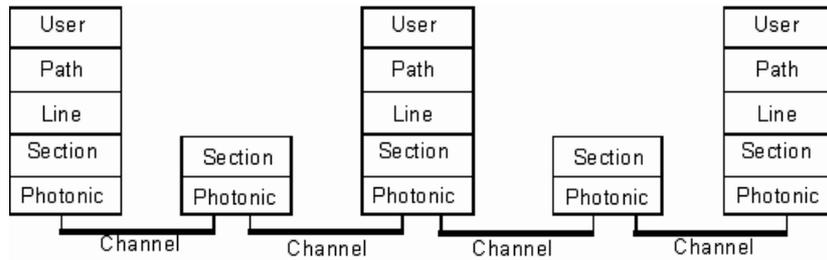
VT 형식	신호표준	신호속도	VT그룹내의 신호 수	바이트(행)
1.5	DS-1	1.544Mbps	4	27(3)
2	CEPT-1	2.048Mbps	3	36(4)
3	DS-1C	3.152Mbps	2	54(6)
6	DS-2	6.312Mbps	1	108(12)

내에서 SPE는 아무 곳이나 위치할 수 있다. 심지어 SPE가 프레임에 걸쳐 존재할 수도 있다. 이에 따라, 프레임의 유연성과 동기화가 보장된다. 즉, 각 SPE의 시작위치를 알리는 포인터가 있기 때문에 이를 이용해서 타이밍의 차이를 보상할 수 있고, 프레임 구성 중에 도착하는 페이로드도 모두 도착하기를 기다릴 필요 없이 바로 채워 보낼 수도 있다.

SONET 망을 구성하는 구성요소로는 서비스 어댑터(Service Adapter) 또는 ADM(Add Drop Multiplexor) 기능을 가지는 PTE(Path Terminating Equipment), 리피터(Repeater) 기능을 가지는 STE(Section Terminating Equipment), 그리고 허브(Hub) 역할을 하는 LTE(Line Terminating Equipment) 등이 있다.



SONET망 구성요소(Ring)



SONET망 계층

PTE - 상위계층의 사용자 Payload를 SONET 형식으로(STS-n) 만들어 주는 장비로 CPE(Customer Premises Environment)를 위해 Payload를 분리, 결합하는 모든 망 구성요소들에 포함된다.

LTE - 망 구성요소들 사이에 위치하여 동작하는 일종의 허브로, PTE 계층에 대해 다중화, 동기화, 백업 스위칭(사용 중인 링에 문제가 생기면 트래픽을 나머지 백업용 링으로 전환시켜 주는 것) 등의 서비스를 제공한다.

STE - 프레임 정렬, 스크램블링(Scrambling), 오류 검출, 모니터링(Monitoring) 등의 기능을 수행하는 재생기(Regenerator 또는 Repeater) 이다.

이상에서 설명한 SONET은 서두에 언급한 바와 같이 SDH와 더불어 전세계 모든 장거리 전화망에 이용되고 있으며, Level 3, Qwest, WorldCom 등과 같은 차세대 망 사업자들은 전체 백본 망을 SONET/SDH로 구축해 놓은 상태이다. 이제 이들 사업자들은 이 거대한 파이프에 얼마나 효율적으로 데이터를 채워 보낼 것인가를 고민하고 있다. 초기에는 ATM(Asynchronous Transfer Mode)의 고속 스위칭 능력을 이용하여 SONET/SDH의 전송능력을 극대화하려 했지만, 동기식과 비동기식의 차이에서 기인하는 여러 가지 문제들이 노출되었다. 때문에 최근에는 PPP(Point to Point Protocol)를 링크계층으로 이용한 IP over SONET/SDH 또는 POS(Packet Over SONET/SDH)와 같은 방식들이 활발히 연구되고 있다. 또한 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 PPP를 대응할 링크계층 프로토콜인 MAPOS(Multiple Access Protocol over Sonet/SDH) 개발에 한창이다. 다음 회에는 네트워크계층 프로토콜인 IP를 물리계층 프로토콜인 SONET과 연결하는데 이용되는 링크계층 프로토콜들과 각 프로토콜이 IP와 SONET 사이에 위치했을 때 나타나는 장단점을 설명한다.