

특 집

일본 100 Mbps급 광가입자망 기술 : TS-1000 기술

윤종호*, 허영운**

*한국항공대학교, ** (주)아이텍테크놀로지 광전자연구소

I. 서 론

경제적인 FTTH 서비스를 제공할 수 있는 광가입자선 인터페이스 규정인 TS-1000은 “광가입자선 인터페이스-100 Mb/s 단선 양방향 파장분할다중(WDM) 전송방식”이라는 이름으로 일본의 표준화기구인 TTC(Telecommunication Technology Committee)에서 2002년 5월 23일에 표준으로 정해졌다.

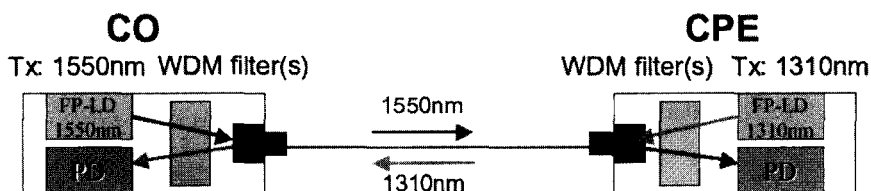
이것은 <그림 1>과 같이 가입자와 중앙국(Central Office) 간에 일대일로 연결되는 하나의 단일모드 광섬유상에서 하향은 1550nm, 상향은 1310nm 파장을 사용하여, 중앙국 및 가입자단에 있는 미디어 컨버터(Media Converter)라고 불리는 장치내에 있는 WDM 필터로 분기하여 양방향 전송을 가능하게 한다. 따라서, EPON(Ethernet Passive Optical Networks)과 같은 일대다(point-to-multipoint) 구조를 가지지 않으며, 802.3ah의 EPON과는 전혀 다른 방식이다.

이렇게 WDM 기술을 적용한 양방향 전송 방식을 사용하면 하나의 광섬유로 송수신을 동시에

할 수 있으므로 기존의 두 개의 광섬유를 사용하는 Duplex 방식보다 가격이 절반 정도 저렴하고, 설치자가 송수신 선로를 잘못 연결할 위험도 없는 장점이 있다. 뿐만 아니라, 온도 보상을 위한 TEC(Thermo-Electric Cooler)가 없는 1.3nm/1.5nm FP laser와 Photo Detector는 이미 개발된 G.983 표준의 OC-3(155Mbps) 용을 변형해서 사용하므로 기술적인 문제도 없다.

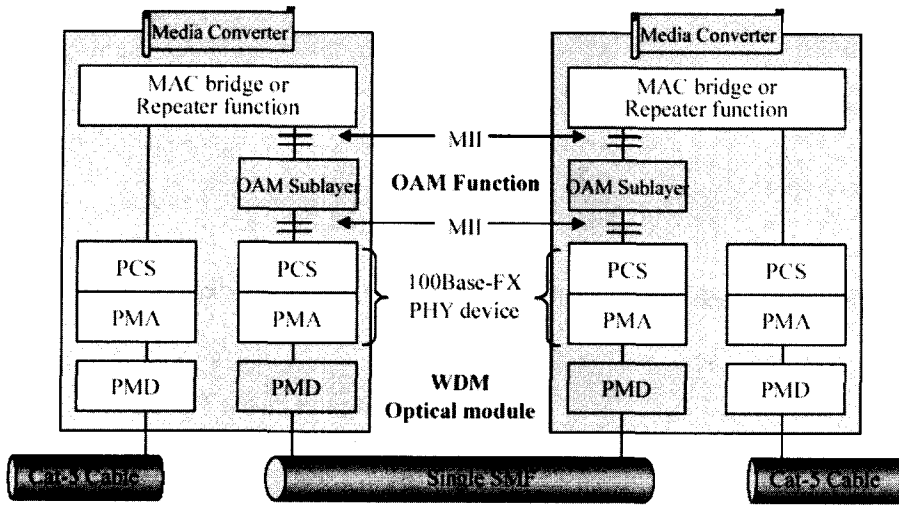
이러한 TS-1000 표준이 발표된 배경은 일본 정부에서 추진하고 있던 5년내에 1000만 가입자를 광섬유로 연결하는 사업인 e-Japan 계획에 따라, 여러 회사에서 WDM 방식을 적용한 단선의 단일모드 광섬유 미디어 컨버터를 개발하여 상용화 하였고, 또한 캐리어들이 미디어 컨버터에 대해 요구하는 OAM 기능에 대응하기 위하여 각 회사별로 독자적인 OAM 기능을 사용하였기 때문에 상호 호환성에 문제가 있었는데 이를 해결하기 위함이다. 비슷한 전송기술로는 IEEE 802의 100 Mbps급 이더넷 표준인 100Base-FX이 있는데, 이것은 2개의 광케이블을 사용할 뿐만 아니라, OAM 기능에 대한 표준이 없다¹.

TS-1000 방식에 따르는 미디어 컨버터(즉,



<그림 1> TS-1000 시스템의 망 구성.

1: 100Base-FX는 WDM 기술을 적용한 한 개의 광섬유를 이용한 전송에 대한 언급이 없으며, 특히 OAM 기능에 대한 표준은 없다.



〈그림 2〉 TS-1000의 계층구조.

브리지)의 계층구조는 〈그림 2〉와 같이 IEEE 802.3 100Base-FX 방식에서 사용하는 4B/5B 인코딩 방식을 그대로 사용하는 Physical Coding Sublayer(PCS)와 SERDES 기능을 가지는 Physical Medium Attachment(PMA)부분은 그대로 사용하지만, Media Independent Interface(MII), 즉, Reconciliation Sublayer(RS)와 PCS 계층 사이에 물리계층용 OAM 기능부를 추가하고, 한 개의 단일 모드 광섬유를 이용할 수 있는 WDM 기술을 적용한 Physical Medium Dependent(PMD)를 사용한 일본의 독자적인 계층구조를 가진다.

본 고에서는 본 서론에 이어, 이러한 TS-1000 표준에 따른 PMD 부분을 제 2장에서 다루고, 제 3장에서는 TS-1000용 OAM 기능의 상세를 분석한 다음, 제 4장에선 상용화된 제품들을 알아보도록 한다. 마지막으로 제 5장에서 결론을 맺는다.

II. 각 계층의 기능

1. 개요

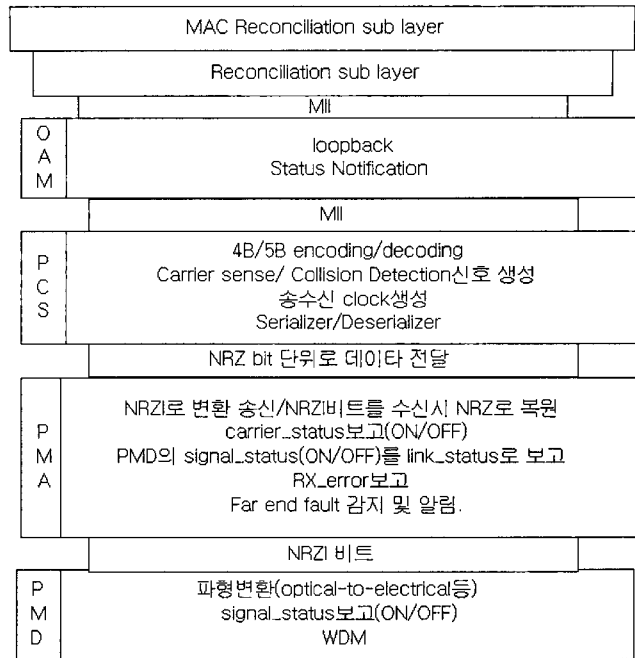
TS-1000 규격에는 PCS와 PMA에 대한 상세규정은 없지만 IEEE802.3 100Base-FX 방

식에 따른 PCS와 PMA를 사용한다고 규정하고 있다.

물리계층은 RS, MII, PCS, PMA, PMD, MDI로 구성된다. 각 계층의 기능은 다음과 같다².

- Reconciliation 부계층 : MAC 계층에서 송신 요구된 프레임의 비트열을 고속전송을 위하여 4비트의 nibble 단위로 된 스트림으로 변환하여 MII를 통하여 전달하는 기능을 수행한다.
- MII : 기존의 10Mbps용 AUI 접속부의 기능과 유사한데, MAC 부분과 물리계층을 연결하는 접속부이다. 4비트의 송수신 데이터 외에, MII로 전달되는 신호에는 충돌감지신호(CDT), 캐리어감지신호(CRS), 송수신 클럭(TXCLK, RXCLK), 송수신오류신호 등이 있다.
- OAM : TS-1000용으로 추가된 계층이다.
- PCS : 라인코딩을 담당하는 부분으로서, 100 Base-X용 4B5B 부호를 사용하여 인코딩/디코딩하며, 이 부호들을 직렬화하거나 병렬화하는 SERDES 기능을 수행한다.

2: Auto-Negotiation(AN)기는 100Base-FX의 경우 사용되지 않는다.



〈그림 3〉 각 계층의 기능.

- PMA : 송신 요구된 디지털 형식의 데이터 비트열을 NRZI 부호로 변환하여 송신하고 또한 그 반대 기능을 수행한다. 그리고, 캐리어 감지 및 링크의 단절여부검사(link integrity) 등을 수행한다.
- PMD : TS-1000에서는 PMA 계층 밑에 전용 PMD 계층을 사용한다. 이 PMD 계층은 광 케이블을 사용하는 경우 광 신호와 전기 신호를 상호간에 변환하는 일을 수행한다.
- MDI : UTP, STP, 광케이블 등의 전송매체의 접속 규정인데, 상세한 규정은 없다.

2. RS와 MII

RS 계층은 MAC과 PHY 간에 제어신호(TX_ERR, TX_EN, RX_ER, RX_DV 등)와 이용하여, MAC에게 CSMA/CD 방식의 운용을 위한 충돌감지 및 캐리어 감지 신호로 변환하는 등의 매핑 과정을 수행한다. 또한, 4B5B 디코딩시 오류가 발생하면 PCS로부터 보고되는 RX_ER신호에 대하여, RS계층은 TX_ER신호를 발생시켜 상대방에게 그의 송신시 오류가 있어 오

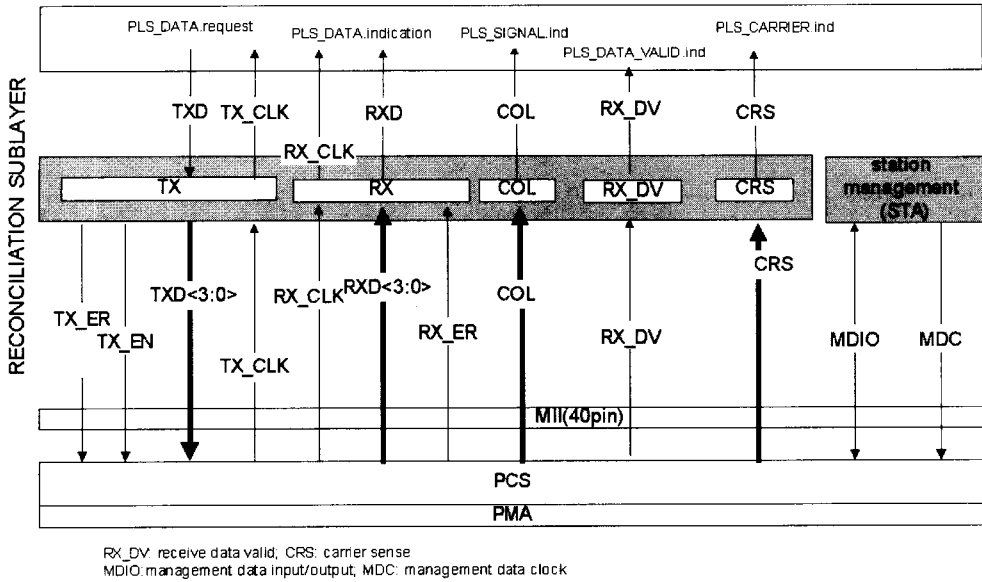
류가 있는 채로 수신되었음을 명시적으로 알리는 기능도 수행한다.

그리고, MII는 100Mbps용 정합부 계층과 PCS 간에 100Mbps MAC이 통일된 40핀의 MII 접속부를 통하여 데이터 및 제어정보를 교환할 수 있도록 규정된 표준 인터페이스를 말한다. 〈그림 4〉는 MII와 정합 부계층을 도시한 것이다.

MII를 통하여 Reconciliation 부계층으로 전달되는 신호는 다음과 같다. 먼저 송신관련 신호로는 TXD<3: 0>, 25MHz의 송신 클럭(TXCLK), TX_EN, 그리고 RX_ER에 의해 발생되는 TX_ER신호가 있다. 그리고, 수신관련 신호는 RXD<3: 0>, RXCLK, PCS에서 디코딩 오류 발견신호인 RX_ER, 디코딩 무결성 신호인 RX_Data_Valid 신호로 구성된다. 이외에 MII로 전달되는 신호에는 MAC으로 보고되는 충돌감지신호(COL)와 캐리어감지신호(CRS)가 있으며, Management용 신호인 MDIO와 MDC가 있다.

3. OAM 계층

제 3장에서 상세히 다룬다.

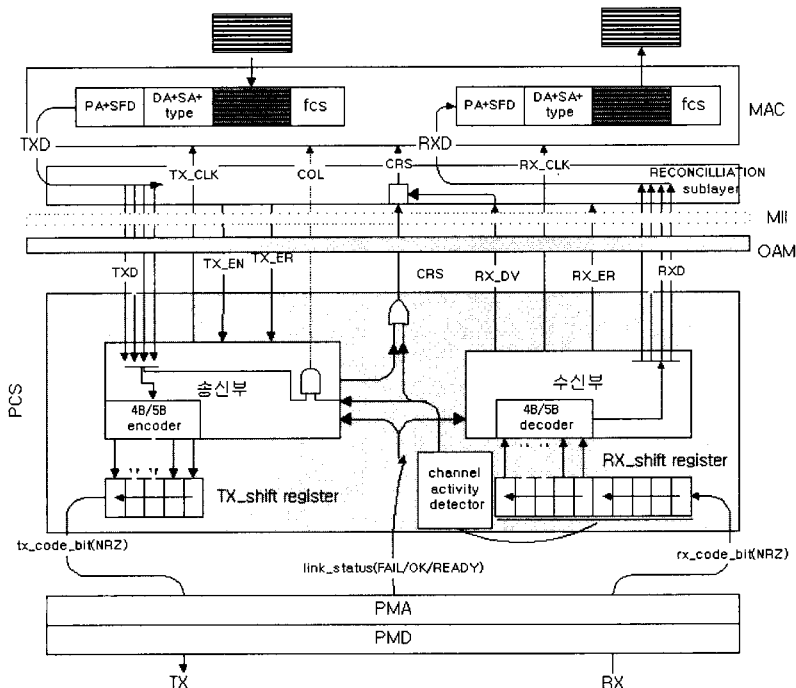


〈그림 4〉 정합부계층과 MII의 구성.

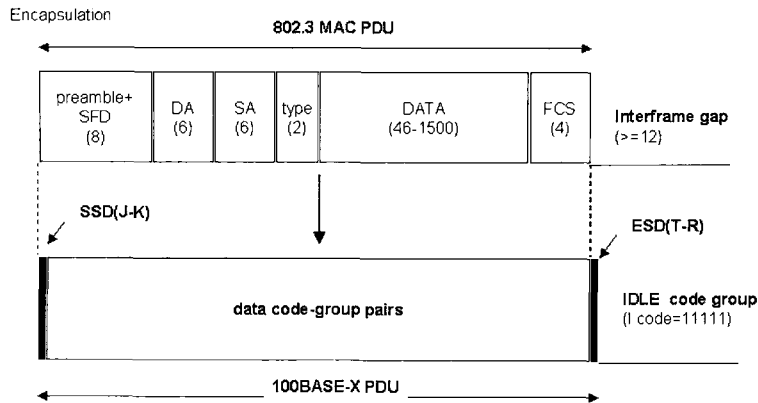
4. PCS 계층

PCS는 기본적으로 MII와 PMA 간의 Transmit, Receive, Carrier Sense, Collision De-

tection 기능을 수행한다. 하지만, TS-1000은 전이중 전용 방식이므로, 충돌감지 등의 기능은 불필요하다. 〈그림 5〉은 PCS 계층의 내부 구조이다.



〈그림 5〉 PCS 계층의 구성.



<그림 6> 4B/5B 인코딩에 의한 프레임 형식.

PCS 계층의 기능은 다음과 같다.

- Idle 송신 : 송신할 비트열이 없는 idle 기간 동안에는 /I/코드그룹을 계속 전송한다. 이 idle 코드그룹은 5개의 1로 구성되는 비트열로서, NRZI에 의한 라인 코딩시 각 비트마다 파형에 변화가 있어, 수신측이 동기를 추출하는데 유리하다.
- MAC 프레임의 송신 : MII로부터 4비트 단위의 비트열(TXD<3:0>)을 25MHz의 클럭에 따라 시프트 레지스터에 저장한 다음, 100Base-X에서 규정한 4B5B 코딩방식으로 5비트의 코드그룹 비트열로 변환하여 125MHz의 클럭에 의해 PMA로 전달한다. 따라서, PCS 계층에서 PMA로 전달되는 tx_code 비트는 125Mbps의 속도이다. 이때, MAC으로부터 송신 요구된 MAC 프레임은 <그림 6>과 같은 방법으로 인캡슐레이션 되어 PMA로 전달된다.

이때, MAC PDU의 프리앰블(Preamble) 중 첫번째 바이트는 FDDI에서 규정된 J-K 코드그룹으로 구성되는 Start of Stream Delimiter(SSD)로 변환되며, 이후의 모든 MAC PDU 부분은 데이터 코드그룹으로 간주되어 변환된다. 마지막으로, FCS 이후에 TXEN=0으로 되면, 프레임간 휴지 기간인 Inter-Frame-Gap(IFG) 시간이거나 계속 idle 기간이 된다. PCS 계층은

이 idle 기간의 첫 두 코드그룹 기간에 대하여, End of Stream Delimiter(ESD)인 /T/와 /R/ 코드그룹을 만들어 PMA로 전달한다. 이 ESD 코드그룹 다음에는 정상적인 Idle 코드들을 송신한다.

만약에, 송신 중에 충돌이 감지된 경우(즉, 송신 중 수신신호가 있는 경우)에는 COL 신호로 MAC 계층에게 알린다. 또한, 송신 중(TXEN=1)일 때, TX_ER=1인 신호가 MAC으로부터 Reconciliation 계층을 경유하여 전달되면, 송신 오류 코드 그룹인 /H/(HALT)코드 그룹을 원래의 데이터코드 대신에 계속 송신하여, 상대방에게 그의 송신과정에 문제가 있음을 명시적으로 알린다. 이후 TX_EN=0가 되면, ESD를 송신하고 송신과정을 종료한다. 그리고, 송신 및 수신 중에 PMA로부터 Link_Status=FAIL신호가 보고되면, PMA 계층의 수신부의 고장이나 케이블이 절단되는 등의 문제가 발생한 것으로, 즉시 송수신을 중지한다.

그리고, 수신부는 channel activity 감지, 코드그룹 조정, 4B/5B 디코딩 등을 수행한다. 100Base-X의 상대방 송신부는 idle시 IDLE 코드 그룹인 11111을 송신하는데, 수신측은 수신된 10개의 코드비트³중에서 연속되지 않은 0이 두개 이상이면, channel activity가 있다고 판단한다. Channel activity의 결과는 CRS 신호로 MAC

3: 즉, 1byte 분량이다.

〈표 1〉 FDDI/100Base-X에서 사용하는 4B/5B 코드심볼의 종류

DATA 심볼		
4bit data group(Hex)	5bit symbol	comment
0	11110	
1	01001	
2	10100	
3	10101	
4	01011	
5	01110	
6	01111	
7	10010	
8	10011	
9	10110	
A	10111	
B	11010	
C	11011	
E	11100	
F	11101	
CONTROL 심볼		
IDLE	11111	frame을 송신하지 않을 때 전송됨 (inter-Stream fill code)
J(0101)	11000	Start-of-Delimiter (SD)의 첫 symbol
K(0101)	10001	Start-of-Delimiter (SD)의 마지막 symbol
T	01101	End-of-Delimiter (SD)의 첫 symbol
R	00111	End-of-Delimiter (SD)의 마지막 symbol
HALT	00100	Transmit Error(TX_ER)
	이외의 심볼	허용되지 않는 심볼임

계층에 보고되는 동시에 PCS 송신부의 충돌감지 기능부에 전달된다.

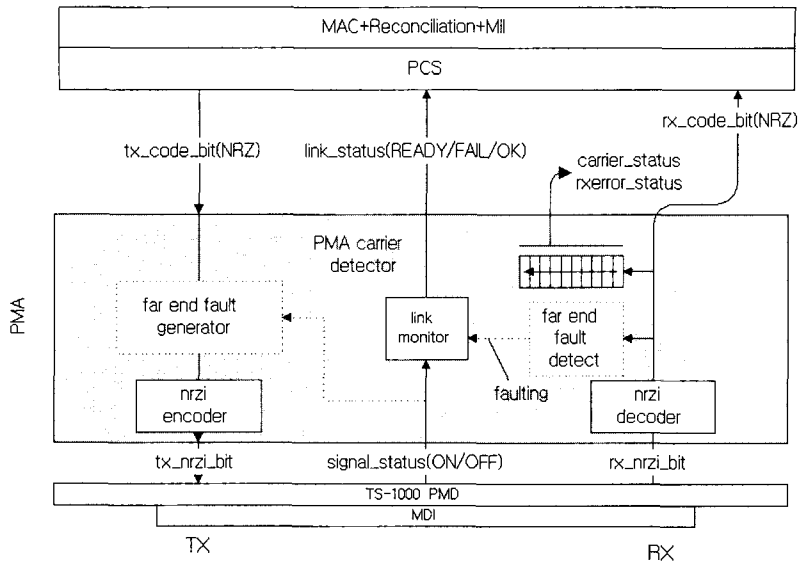
일단, channel activity가 있으면, 수신부는 수신되는 코드 비트들을 코드그룹으로 조합하여 4B/5B 디코딩이 가능하도록 코드그룹을 조정한다. <그림 6>처럼, 수신된 2개의 코드그룹에서 프레임의 시작을 표시하는 SSD를 구성하는 부분을 시프트레지스터에서 정확하게 찾게 되면, 이 SSD 부분인 /J/및 /K/코드는 각각 4B5B 디코더로 이동되어 이더넷에서 사용되는 8비트의 프리앰블로 다시 복원되어 4비트씩 MAC 계층에 전달된다 MII로 보고되는 RX_DV신호는 시프트레지스터에서 SSD를 감지한 이후에 TRUE

가 된다. 하지만, 수신된 코드그룹이 규정된 코드 그룹이 아니면, RX_ER=ON으로 보고한다. 이후, 프레임의 끝부분임을 표시하는 ESD이 수신되면, 이 ESD를 IDLE 코드인 11111 11111로 디코딩한다. 이렇게 하는 이유는 원래 이 ESD가 송신측에서 원래의 MAC 프레임의 끝 부분인 FCS 이후에 덧붙혀진 것이므로 IDLE부호로 복원하는 것이다.

5. PMA

PCS에서 전달받은 직렬 비트열을 NRZI 부호로 변환하는 기능을 수행하며, PMD의 동작여부를 검사하고, 캐리어 감지 및 선택적으로 상대 통신국의 고장여부를 감지하는 기능을 수행한다. 100Base-X용 PMA의 구성요소는 <그림 7>과

4: 10비트의 NRZI비트



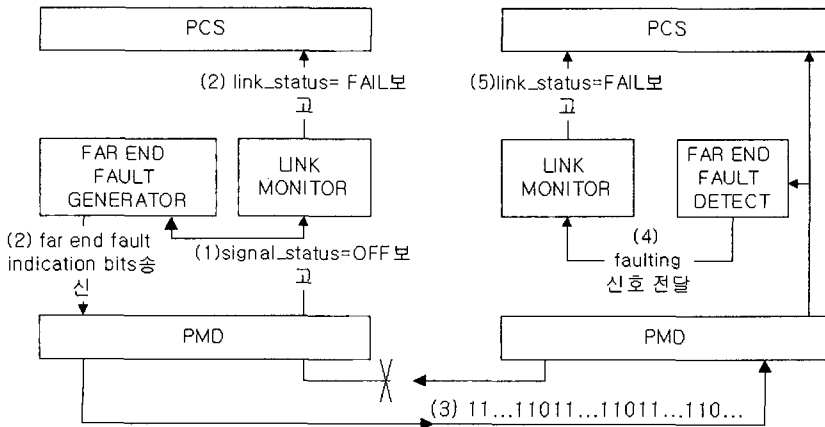
〈그림 7〉 100Base-X의 PMA구성

같이, NRZI 부호화기로 구성되는 송수신부, link monitor 기능부, 그리고 Far End Fault Detector/Generator이다.

- 링크 모니터 기능부 : 수신채널에 이상(수신부의 고장, 링크의 단절 등)이 생기면, PMD로부터 보고되는 signal_status=OFF값에 의하여, Link Monitor 기능부는 즉시, 상대 통신국과 연결된 자신의 수신부의 고장이나 케이블이 단절된 것으로 간주하여, Link_

Status=FAIL 신호로 PCS 계층에 이 사실을 보고하고, PMA의 상태는 LINK_DOWN 상태로 천이한다. (PMD의 수신부는 상대방으로부터 데이터도 수신되지 않으면서, idle 신호(1111)도 일정기간동안 수신되지 않는 경우에는 signal_status=OFF 신호를 Link Monitor와 Far End Fault Generator부에 모두 전달한다.)

- Far End Fault Indicator (FEFI) 기능부 : 이 기능은 100Base-FX처럼 Auto Negotia-



〈그림 8〉 100Base-X PMA의 Far End Fault처리 동작과정

〈표 2〉 TS-1000 PMD 규격

송수신 공통규격		
Bit rate	125 Mb/s	
Fiber	Single SMF	
Optical connector	Not specified	
Maximum reflectance	-14 dB 이상	
BER	10 ⁻¹⁰ 이하	
Power budget	15 dB	
Maximum transmission distance	7.5 km	
송신규격		
	Remote equipment	CO equipment
Operating wavelength	1260 nm-1360 nm	1480 nm-1580 nm
Max. RMS spectral width	7.7 nm	6.0 nm
Max. average launched power	-8 dBm	
Min. average launched power	-14 dBm	
Min. extinction ratio	8.2 dB 이상	
Pulse mask	STM-1(G.957)의 규격과 동일.	
수신규격		
	Remote equipment	CO equipment
Operating wavelength	1500 nm-1600 nm	1260 nm-1360 nm
Max. average input power	-8 dBm (BER ≤ 1E-10 w/max reflectance)	
Min. average input power	-30 dBm (BER ≤ 1E-10 w/max reflectance)	
Signal detect function	No false assertion w/max reflectance	

tion 기능이 없는 경우에 사용된다. Far End Fault Generator는, 〈그림 8〉처럼, PMD에서 보고되는 signal_status=OFF 신호에 대하여, Far End Fault Indication(FEFI) 신호를 상대방 통신국에 송신한다. 84개의 연속되는 1과 한 개의 0으로 구성되는 비트 열이 세 개 이상 조합되어 구성된 이러한 Far End Fault Indication 신호를 수신한 상대측 Far End Fault Detector부는 자신의 Link Monitor부에 이 사실을 알린다⁵⁾. 이것에 대하여 Link Monitor부는 PCS 계층에 link_status=FAIL 신호를 보고하여 사용자가 이 사실을 알도록 한다. 단, TS-

1000에서는 WDM 전송 기술을 사용하므로 하나의 단일모드 광섬유를 이용하기 때문에 광섬유의 절단 시에는 상대방 통신국과 Far End Fault Indication(FEFI) 신호를 송수신할 수 없다.

6. PMD

이 PMD에서는 디지털신호와 전송 신호간의 형태변환(고주파성분 제거, 전기적인 신호를 빛으로 변환 등), 수신 비트열로부터의 클럭 복원을 수행한다. TS-1000용 PMD의 규격은 전송 거리가 비교적 짧은 Class-S에 대한 송수신부 공통규격과 송신부 규격 수신부 규격으로 구성된다. 하지만, 20 km의 전송거리를 지원하는 Class

5: faulting=TRUE신호를 보낸다고 한다.

A와 30 km의 전송거리를 지원하는 Class B도 고려 중에 있다.

송수신 PMD의 규격은 <표 2>와 같이 PMA로부터 전달되는 전기적인 125Mbps의 NRZI 비트열을 광신호로 변환하여 전송하고, 수신된 비트열을 전기신호로 복원하여 PMA에 전달한다. 이때, 가입자단의 단말과 중앙국(CO)간 PMD는 하나의 단일모드 광섬유로 연결되어 있으므로, 두개의 파장을 사용한 WDM 방식으로 전이중 통신이 가능하다. Class S의 경우, 전송거리는 10^{-10} BER로 7.5km이다. 그리고, 소광비(Extinction ratio)는 “1”을 전송할 경우와 “0”을 송신할 경우 $10 \log_{10} (“1”/“0”)$ 로 표시되는 비이다. 시험패턴은 IEEE802.3 Annex 36 A에 규정된 short continuous random test pattern을 사용한다.

III. TS-1000용 OAM 기능

1. 개요

TS-1000 시스템에서는 CO측과 가입자 단의 MC 간에 최소한의 이벤트보고 및 루프백 기능을 수행하고, 원격장비의 Vendor ID, Model 정보 등을 수집할 수 있는 기능을 OAM 계층에서 제공한다. 이 기능부는 RS 계층과 PCS 계층 사이에 위치하여, MAC 계층이 없더라도 OAM 기능을 수행할 수 있는 물리 계층용 OAM 기능을

제공한다.

특징적인 것은 OAM 정보의 전달을 위하여, 사용자 프레임과 별도로 규정된 OAM 계층 간에만 전달되는 고정된 12바이트 길이의 OAM 프레임이 규정되어 있으며, 일대다(point-to-multipoint) 환경에서 필수적인 프리앰블 부분의 LLID를 사용하지 않기 때문에 현재 논의되고 있는 IEEE802의 EPON용 OAM과는 호환되지는 않는다.

2. OAM 메시지의 형식

RS 계층과 PCS 계층 간을 연결하는 MII에 삽입된 OAM 계층에서 전달되는 OAM 프레임의 형식은 <그림 9>과 <그림 10>과 같이 12바이트의 길이를 가진다.

이러한 OAM 메시지는 C2, C3, C8-C15 비트에 의해 메시지의 종류가 표시된다. 즉, CO에서 송신하는 OAM 상태 요구(status request) 메시지에 대하여 가입자단 MC가 상태 응답(status response) 메시지로 보고하는 절차에서 사용될 뿐만 아니라, Dying Gasp 등 가입자단 MC에서 발생하는 이벤트들은 status indication(즉, trap) 형식으로 보고된다. 그리고, 루프백 시험 개시 및 종료 메시지도 이 비트들에 의해 식별된다.

특별히, S4는 loss-of-optical signal 이벤트가 발생한 경우, 가입자단 MC가 이것을 CO에게 알리는 방법으로 OAM 메시지를 사용하는 대신에 FEFI 방법(100Base-FX에서 사용하는 기본 방법)을 사용하는지를 지시하는 비트이다.

TXD0/RXD0		C0	C4	C8	C12	S0	S4	S8	S12											
TXD1/RXD1	F0~F7	C1	C5	C9	C13	S1	S5	S9	S13	M0~M23				M24~M47				E0~E7		
TXD2/RXD2		C2	C6	C10	C14	S2	S6	S10	S14	Vendor Code				Model Code						
TXD3/RXD3		C3	C7	C11	C15	S3	S7	S11	S15											
		preamble				control				status								CRC		
TX_EN, RX_DV																				

<그림 9> OAM 메시지의 형식.

비트위치	의 미	설 정 값
F0~F7	preamble	1010 1010
C0	OAM신호식별자	0(1이면, 일반 데이터)
C1	전송방향식별자	0: 상향 1: 하향
C2~C3	명령식별자	10=Request ; 11=Reply ; 01=Notification ; 00=reserved
C4~C7	버전	0000
C8~C15	제어신호	0x80: 루프백시험개시 ; 0x00: 루프백시험종료 0x40: Notify Status ; 기타: reserved
S0	전원상태	0=ON ; 1=OFF (Dying Gasp시 OLT에게 보고해야 함)
S1	수신광상태	0=정상 ; 1=이상 (정상상태로 복귀한 경우나 이상상태로 된 경우 보고)
S2	링크상태	0=링크설정 ; 1=링크단절 (설정상태로 천이한 경우나 단절상태로 된 경우 보고)
S3	Media converter 고장상태 (전원고장, 수신광상태, 링크상태를 제외한 고장의 경우)	0=정상 ; 1=고장 (정상상태로 복귀한 경우나 이상상태로 된 경우 보고)
S4	Loss-of-optical signal 통지방법	0=OAM프레임 사용 ; 1=Far-End Fault Indication방법
S5	루프백 시험상태표시	0=정상적인 데이터 전달 중 ; 1=루프백 시험중
S6	단말측 링크설정상태 통지기능 (option B)의 대응 여부	0=option B 비 대응 ; 1=option B 대응
S7~S8	설정된 단말측 링크 속도	00=10Mbps ; 01=100Mbps ; 10=1Gbps ; 11=기타
S9	설정된 단말측링크통신방식	1=전이중 ; 0=반이중
S10	설정된 단말측링크의 auto negotiation기능 여부	1=가능 ; 0=불가능
S11	링크 인터페이스 개수	0=1개 ; 1=복수
S12~S15	reserved	0000
M0~M23	Vendor code	제조회사 코드번호
M24~M47	Model code	모델 번호나 vendor specific
E0~E7	FCS	CRC-8

〈그림 10〉 각 영역의 의미.

그리고, 이러한 status notification indication 메시지는 이벤트가 발생할 경우 항상 보고되어야 하지만, 다음과 같은 경우에는 예외이다.

짧은 시간에 여러 개의 이벤트가 동시에 발생한 경우 : 하나의 메시지로 통합 보고한다.

CO로부터 상태 보고 요구(status notification request) 메시지를 수신했을 때, 이벤트가 발생한 경우, Reply 메시지로 보고해 버린다.

수신광신호가 사라진 경우, 이 사실을 FEFI 방식으로 보고하기로 설정된 경우 굳이 status indication 메시지로 보고하지 않는다.

루프백 시험 중에 링크 상태가 변하는 경우 이 사실을 알릴 필요는 없다. 이후, 루프백 시험이 완료되면, 루프백 시험 종료 indication 프레임이나 상태 표시(status indication) 메시지로 그때 알려주면 된다.

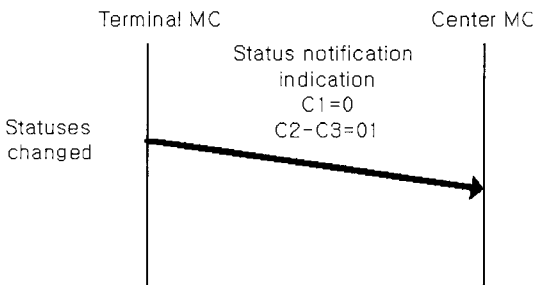
3. OAM 절차

OAM 절차는 CO와 단말간의 상태를 점검하고 보고하는 이벤트 보고(event notification) 절차와 성능 및 동작여부를 시험하기 위한 루프백 시험 절차로 구분된다.

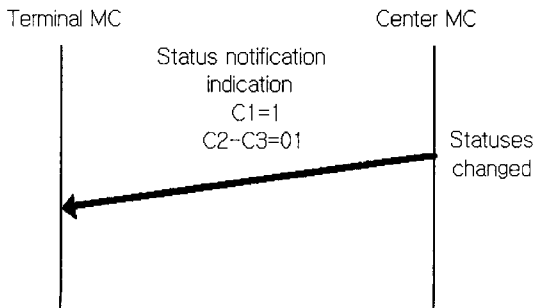
A. 이벤트 보고(Event Notification) 절차

가입자단 단말인 MC에서 송신하는 Status Notification Indication 절차: 단말에서 상태가 변화한 경우, 이 사실을 CO측으로 송신한다. 이때, C1=0(상향), C2C3=01로서 Status Notification Indication 메시지를 표시한다.

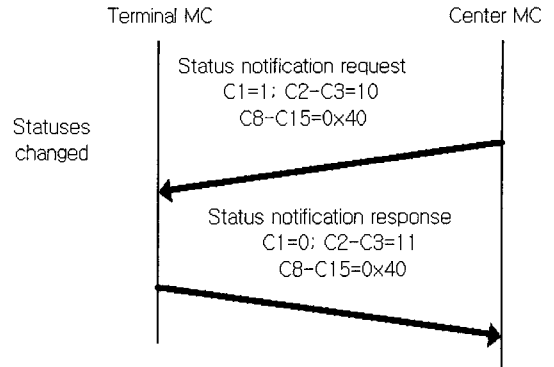
CO에서 가입자단 단말인 MC로의 Status Notification Indication 절차: CO에서 상태가 변화한 경우, 이 사실을 단말측으로 송신한다. 이러한 기능은 옵션 A로 규정되어 있다. 이때, C1=1(상향), C2C3=01로서 Status Notification Indication 메시지를 표시한다.



<그림 11> 단말에서 송신하는 Status Notification Indication 메시지의 전송과정.



<그림 12> CO에서 송신하는 Status Notification Indication 메시지의 전송과정 (Option A).

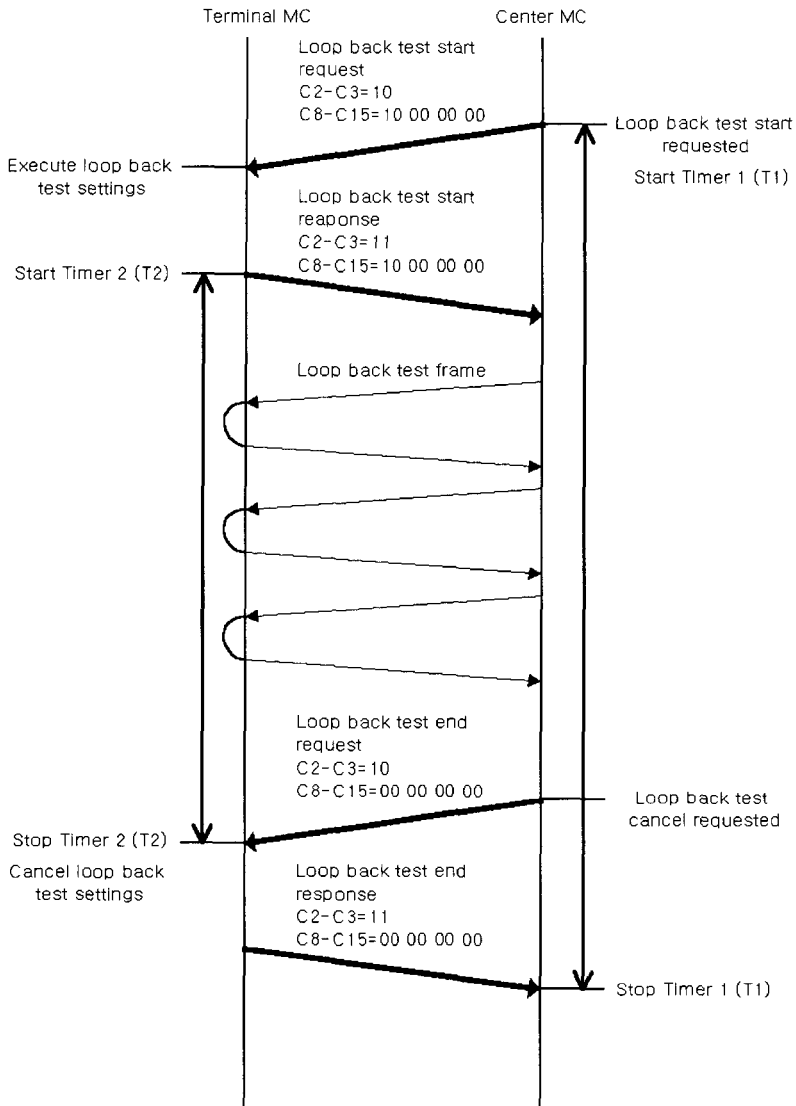


<그림 13> Status 요청과 응답 절차.

CO가 단말에게 상태보고를 요구할 경우: C2-C3=10(Request), C8-C15(0x40)로 요구하면, 단말은 자신의 현재상태를 C2-C3=11(reply) 메시지로 응답해야 한다.

B. 루프백 시험 절차

- ① CO는 T1 타이머를 기동하면서, 단말에게 C8-C15=0x80 메시지를 송신함으로써, 단말의 동작을 루프백 모드로 설정시킨다.
- ② 이 요청메시지를 수신한 단말은 T2 타이머를 기동하면서 C2-C3=11인 루프백 개시 응답메시지로 응답하고, 자신의 동작모드를 루프백 시험모드로 설정한다. 이후 CO로부터 수신되는 모든 메시지들은 OAM 기능이 루프백 시킨다.
- ③ CO는 루프백을 시험하기 위한 시험 패킷을 10msec 간격 이상으로 반복 전송할 수 있다. 이 테스트 패킷은 이더넷 프레임 형식으로 Ethertype은 0x0800이며, 데이터영역의 내용은 임의로 설정가능한데, 최대길이는 46~1500 바이트 내에서 사용 가능하다.
- ④ 루프백 시험 절차를 중지하고자 하는 CO는 루프백 시험 종료 요청 메시지를 단말에게 송신한다.
- ⑤ 이것을 수신한 단말은 루프백 시험 종료 응답 메시지로 응답하고, T2 타이머를 중지하며, 자신의 동작모드를 정상모드로 복귀한다.



〈그림 14〉 루프백 시험 절차(정상 동작의 경우).

⑥ 이 응답메시지를 수신한 CO는 T1 타이머를 중지시키고, 루프백 시험을 완료한다.

C. 루프백 시험 절차(오류 발생시)

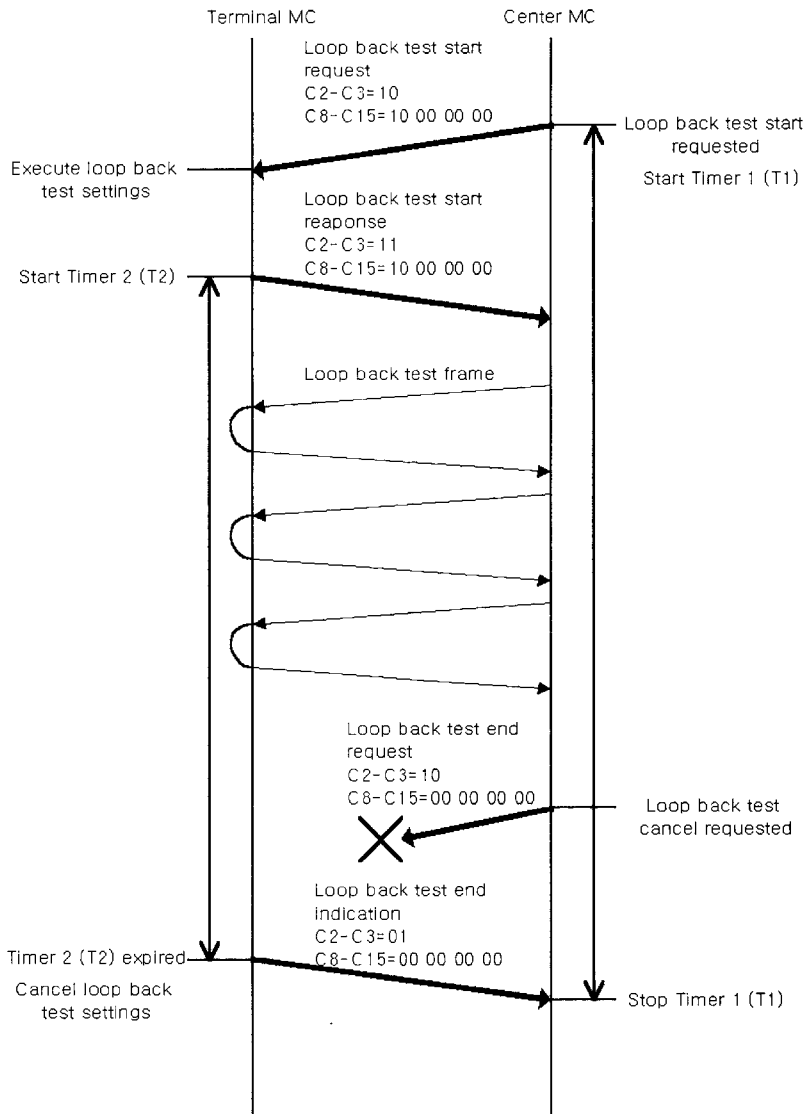
만약 CO가 송신한 루프백 시험종료 메시지가 분실되어, 단말의 T2 타이머가 만기되면, 단말은 루프백 시험종료 응답 메시지를 CO에게 송신한다. 이것을 수신한 CO는 단말이 정상모드로 복귀하였음을 알아차리고 자신의 T1 타이머를 정

지한다.

만약, T1 타이머가 만기되도록 단말로부터의 루프백 시험종료 응답 메시지를 수신하지 못한다면, 루프백 시험종료 요청 메시지를 송신하지 않고, 단순히 루프백 시험절차를 종료한다.

4. OAM 메시지의 삽입위치

OAM 프레임은 이벤트 발생시, 〈그림 16(a)〉처럼, idle한 경우에는 즉시 OAM 메시지를 전



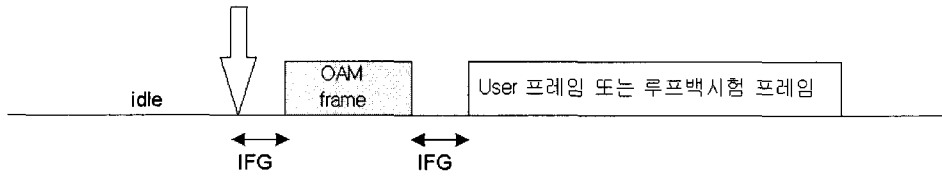
〈그림 15〉 루프백 시험 절차(비 정상 동작의 경우).

송한다. 뿐만 아니라, 〈그림 16(b)〉와 같이 현재 사용자 프레임이나 루프백 시험용 프레임이 송신 중이라고 할지라도, 이것의 송신을 중단시키고, OAM 메시지가 먼저 송신된다. 결과적으로 사용자 프레임의 내용은 깨지게 된다.

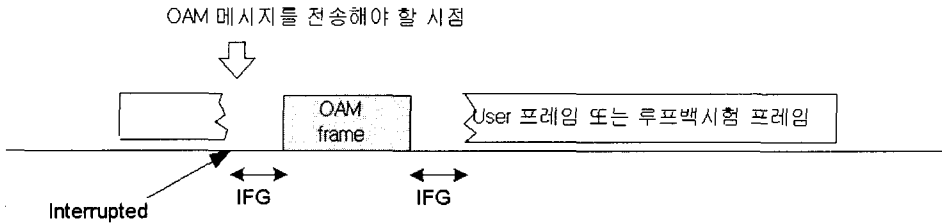
사용자 프레임이나 루프백 시험용 프레임이 현재 송신 중에 있을 때, OAM 이벤트가 발생하여 OAM 프레임이 송신되어야 할 경우를 보다 상세하게 설명하면 〈그림 17〉과 같다. 먼저, 사용자

프레임의 송신을 즉시 중지하기 위하여 OAM 계층은 TX_EN 신호를 0으로 설정하여 이 프레임의 데이터 부분에 대한 송신이 완료되었다고 PCS 계층에 지시하여 PCS 계층이 ESD(end of stream delimiter)를 전송할 수 있게끔 하여 정상적인 프레임처럼 송신을 완료하도록 한다. 물론, 이 프레임을 수신한 상대방의 MAC은 FCS 계산시 오류를 발견하여 버릴 수 있게 된다.

그리고, OAM 프레임 송신 중에 상위계층에서

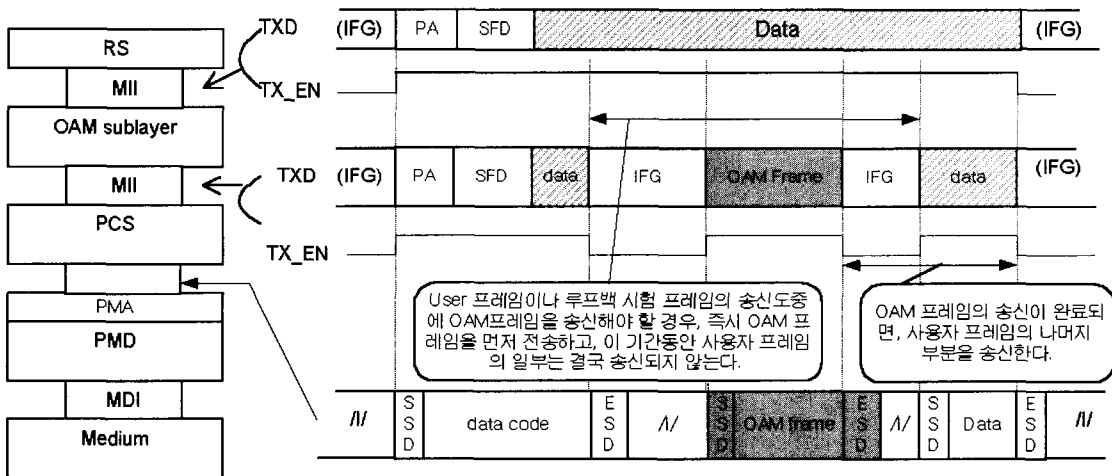


(a) Idle한 경우에 OAM 메시지를 전송할 경우.



(b) User프레임 송신중 OAM메시지가 전송되어야 할 경우

<그림 16> OAM 메시지의 사용자 프레임에 대한 전송 우선 순위.



<그림 17> OAM 메시지 전송에 의한 사용자 프레임의 인터럽트 과정.

사용자 프레임이나 루프백 시험용 프레임의 송신을 요구하는 경우, 현재 송신중인 OAM 프레임의 송신이 완료된 다음, IFG 기간 이후에 OAM 계층은 상위계층 프레임의 뒷부분들로 구성된 부분만을 마치 정상적인 프레임인 것처럼 송신하도록 PCS에게 지시한다. 결과적으로 이러한 상위계층 프레임들의 앞 부분은 버려진 채로 송신되므로, 이것을 수신한 측에서는 FCS 계산에 의해 이러한 프레임들을 버리게 된다.

5. 상태천이 및 타이머 규정

OAM 계층부의 상태천이와 타이머들은 단말과 CO측에 대해 각각 다음과 같이 규정된다.

A. 단말

- UST0(정상상태) : 단말이 루프백 상태가 아닌 정상적인 프레임 전달상태이다. 이 상태에서 CO로부터의 루프백 시험요청 프레임

을 수신하게 되면 루프백 시험상태(UST1)로 천이한다.

- UST1(Under loop back test) : 모든 수신 프레임들을 루프백 시키는 상태이며, 이 상태에서는 상위 계층으로부터의 사용자 프레임이나 CO로부터 수신되는 사용자 프레임들은 모두 버려진다. 이후, 루프백 시험종료 요청 메시지가 수신되거나 T2 타이머가 만기되면, 정상상태(UST0)로 복귀한다.
- 공통 : 이 상태에서 발생할 수 있는 고장감지나 복귀 시에는 단말은 항상 상태 표시(status indication) 메시지로 알린다. 하지만, 전원 고장으로부터 회복되면 이러한 메시지를 송신하지는 않는다. 그리고 옵션 B가 지원될 경우, 단말은 이 사실을 상태 표시(status indication) 메시지로 보고한다. 그리고, 상태 요청 메시지가 수신되면, 단말은 자신의 상태를 상태 응답 메시지로 응답한다.

B. CO

- CST0(정상상태) : 루프백 시험상태를 개시한 상태가 아닌 정상상태이다.
- CST1(Under loop back test) : 단말에 대한 루프백 시험 중인 상태로서, 이 상태에서는 시험 패킷을 송신하고 수신한다. 이후 루프백 시험종료 indication 메시지가 수신되거나 T1 타이머가 만기되면, CST0로 복귀한다.
- CST2(루프백 시험요청 패킷 송신 후 응답 대기 상태) : 루프백 시험개시 요청 메시지를 단말에게 보내어 이에 대한 응답인 루프백 시험 개시 응답 메시지를 기다리는 상태이다. 이후, 기대하던 응답이 단말로부터 수신되면, CST1 상태로 천이한다. 하지만, 루프백 시험종료 indication 메시지가 수신되거나 T1 타이머가 만기되면, CST0로 복귀한다.
- 공통 : CO의 상태 변화 시 단말에게도 보고하는 옵션 A가 활성화된 경우 status indication 메시지로 알린다. 그리고, CST1과 2

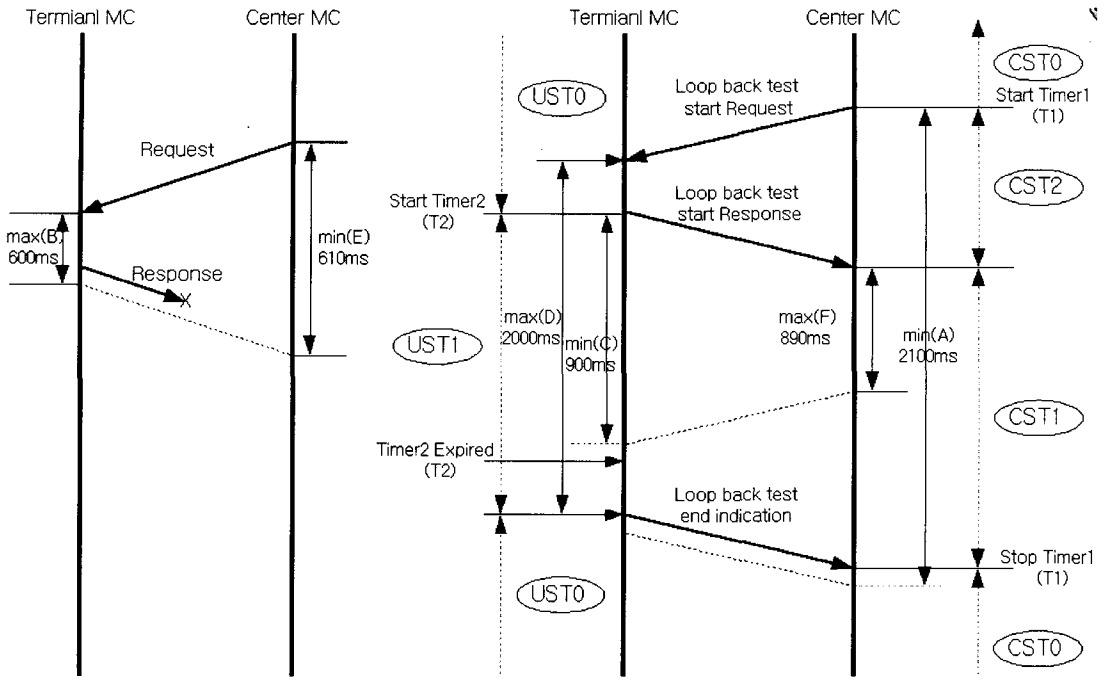
상태에서는 모든 사용자 프레임들의 송수신 작업은 중지된다.

C. 타이밍 : <그림 18>에 표시된 각 기간의 최소 및 최대값은 다음과 같다.

- CO user frame blocking period(최소 2100 msec) : 루프백 시험 기간동안 사용자 프레임의 송수신동작을 중지하는 기간이다. 이 기간 중에 loop back test end response나 loop back test end indication 프레임이 단말로부터 수신되면, 즉시 정상상태로 복귀한다.
- Terminal MC response return period(최대 600ms) : 단말이 status notification request나 loop back test 프레임을 수신한 경우 이에 대한 응답을 지연할 수 있는 최대시간이다.
- Terminal MC under loop back test state guarantee period(900 msec) : loop back test start response로 응답한 다음 최소한 루프백 상태에 머무르는 시간이다. 물론, CO로부터 loop back test end request를 수신하게 되면, 정상상태로 즉시 복귀한다.
- (D) Terminal MC.under loop back test. state allowance period(최대 2000 ms) : 단말이 loopback 모드에서 최대한 머무를 수 있는 시간이다. 이 기간에는 사용자 프레임의 송수신이 중지된다.
- CO response wait period(최소 610 msec) : CO가 요청한 메시지에 대한 응답을 기다리거나 루프백 시험 패킷이 되돌아 올 때까지 최소한 기다려야 하는 시간이다.
- CO loop back test allowance period(최대 890 ms) : CO가 루프백 시험을 할 수 있는 최대시간이다.

6. 옵션

TS-1000 OAM 운용을 위한 기본 사항 외에 다음과 같은 두 가지의 옵션 사항들이 규정되어 있다.



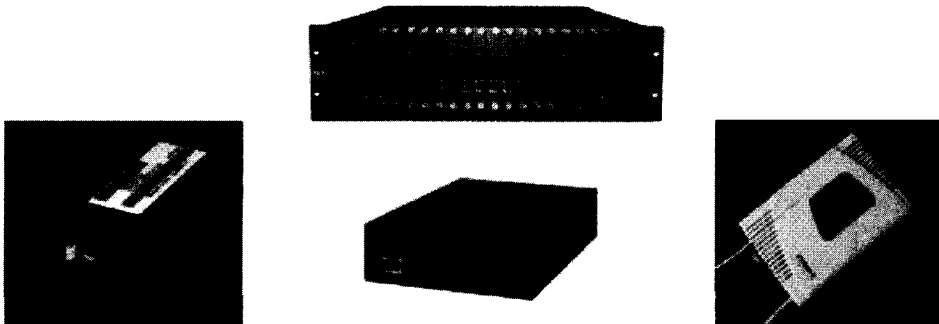
〈그림 18〉 TS-1000의 단말과 CO의 상태전이 및 타이머 규정.

- Option A : CO의 상태를 단말에게 보고하는 기능의 지원
- Option B : 단말 미디어 변환기에 접속된 PC들로 구성된 사용자 망의 설정상태 (즉, 사용자 망의 전송속도, 전이중/반이중 방식, 자동협상기능 (automatic negotiation 기능) 여부, 인터페이스 개수 등)을 CO에게 보고하는 기능의 지원 (이것은 OAM 메시지의 S7~S10 비트값으로 표시하며, 이 기능이 지

원되지 않으면, 이 비트들은 모두 0으로 설정된다.)

IV. 제품의 종류

TS-1000 관련 제품은 PMD(트랜시버), CO 용 optical Ethernet 스위치, 가입자용 미디어 컨버터 등이 있다.



〈그림 19〉 TS-1000 제품의 종류.

V. 결 론

본 고에서는 일본의 고유한 FTTH 방식인 TS-1000 규격에 대한 PMD와 OAM 기능을 요약하였다. 이 규격은 국제 표준이 아님에도 불구하고 일본에서 의욕적으로 추진하고 있는 광가입자망 구축계획에 따라 다른 외국의 상품 진입을 방지하는데 기여할 뿐만 아니라, 관련 이더넷 관련 OAM 기술 개발에 많은 영향을 준다. 사실, 대부분의 국제 표준들이 미국 회사 주도에 의해 제정되고 있는 실정에 비추어, 우리나라에서 의욕적으로 추진하고 있는 여러 가지의 표준화 사업들에 대해 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. “따라갈 것인가? 요소 기술에 따른 대응용 지적 재산권을 확보할 것인가? 아니면, 전혀 다른 국내 표준을 만들 것인가?”

참 고 문 헌

- [1] TS-1000 Optical Subscriber Line Interface-100 Mbit/s Single-Fiber Bi-directional Interface by WDM, “TTC, Oct. 2002
- [1] 윤중호 외, “최신 이더넷,” 교학사. 2002.

저 자 소 개



尹 鍾 浩

1984년 2월 한양대학교 전자공학과 학사, 1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사, 1990년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사, 1991년~현재 : 한국항공대학교 전정컴학부 교수, 2001년~현재 : 한국이더네포럼 부의장, <주관심 분야 : LAN, 프로토콜, 성능분석 및 개발>



許 永 運

1987년 2월 부산대학교 재료공학과 학사, 1987년 3월 : 삼성전자(주) 광섬유 개발팀 연구원, 1992년 8월 : 한국 듀폰(주) 부품 개발팀 선임 연구원, 1994년~현재 : (주) 아이텍 테크놀로지 광전자 연구소 연구 소장, <주관심 분야 : 광통신용 능동 광 부품, 이더넷 통신 시스템 개발>