

광통신기자재 기술기준 및 시험방법에 관한 연구

권 용 기

통신기술담당관실 공업연구사

I. 서 론

통신시스템은 정보를 보다 빨리, 보다 많이, 보다 멀리까지 전달할 수 있도록 발전해 가고 있다. 이와 같은 관점에서 광통신 시스템은 광 케이블의 낮은 흡수 및 분산 특성으로 인하여 보다 많은 정보를 보다 멀리까지 전달할 수 있는 장점이 있다. 따라서 이러한 광통신 시스템의 대용량성, 장거리 전송의 이점 등으로 인해 국내외 각국에서는 이미 대부분의 국가기간통신망을 광케이블 망으로 대체하고 있으며 각 가정에까지 대용량 정보 서비스를 제공하기 위한 초고속 정보통신망 사업계획을 수립, 이를 시행 중에 있다.

이와 같이 광통신망이 급속히 보급, 확산되고 광통신 기술이 점차 발전, 상용화 되어감에 따라 광통신기자재의 형식승인 신청이 점차 증가하고 있어 해당 기술기준의 재정비가 시급히 요청되고 있다.

따라서 본 연구에서는 국제기구(ITU-T) 권고사항, 지정시험기관 시험업무규정 등을 조사, 분석하여 광통신기자재의 기술기준(안)을 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 연구 내용

1. 인터페이스 분류

광전송장치의 기술기준안을 규정하기 위해 해당 기술기준을 광인터페이스와 전기적 디지털 인터페이스로 나누어 각각의 기술기준안을 규정하였다.

일반적으로 통신망 사업자와 이용자(기관) 분계점 상에 위치하는 광가입자망 전송장치(FLC : Fiber Loop Carrier)는 이용자 측의 저속의 전기적 신호(DS1, DSE1, DS2, DS3 등)를 수신하여 다중화한 후 고속, 대용량의 광신호로 변환하여 기간통신망으로 송신하게 된다. 따라서 단말장치 기술기준의 일차적인 목적이 국가 기간통신망의 위해방지라고 본다면 기간통신망과 직접적으로 연결되는 것은 광인터페이스이므로 이에 관한 기술기준만 규정해 두

면 된다. 그러나 기술기준 목적이 전기통신망 위해방지라는 측면외에도 통신 품질이나 신뢰성 확보라는 측면이 있음을 고려한다면 디지털 전기적 신호의 입출력과 관련한 디지털 인터페이스에 관한 기준도 필요하게 된다. 따라서 우리는 광전송장치의 기술기준(안)을 규정하기 위하여 디지털 전기적 신호의 입출력과 관련한 디지털 인터페이스에 관한 기준과 광신호의 입출력과 관련한 광인터페이스의 기준에 관한 조건으로 분리하여 조사, 분석하였으며 이를 위하여 국제기구(ITU-T) 권고안, 지정시험기관 자료, 기술기준관련 사업자 공시사항 등을 참고하였다.

2. 전기적 디지털 인터페이스 기술기준(안)

광전송장치의 전기적 디지털 인터페이스 기술기준과 관련하여 ITU-T권고 G.703 “계층 디지털 인터페이스의 물리적/전기적 특성”에서는 DS1(1.544 Mbps), DSE1 (2.048Mbps), DS2(6.312Mbps) 및 DS3(44.736Mbps)전송속도의 디지털 인터페이스에 관하여 각각 권고안이 제공하고 있으나, 국내에서는 현재 일부 전송속도에 대해서만 단말장치 기술기준(98.2.21 고시)이나 기존 사업자공시로 규정하고 있다. 각각의 규정에서 적용하고 있는 전송속도, 시험기준 및 기준값을 “표1”로 나타내었으며, 이를 참고로 하여 광전송장치의 디지털 인터페이스 기술기준안을 규정함에 있어 아래와 같은 원칙을 적용하여 해당 기술기준을 규정하였다.

○98.2.21일 고시된 “단말장치 기술기준”에서 규정하고 있는 전송속도의 인터페이스는 그대로 적용

○“단말장치 기술기준”에 규정되지 않은 전송속도의 인터페이스인 경우는 사업자공시나 ITU-T권고안을 반영하여 규정. 단 시험항목은 단말장치 기술기준에서 규정한 시험항목과 동일하거나 혹은 유사한 시험항목을 적용

따라서 광전송장치의 전기적 디지털 인터페이스 기술기준과 관련하여 DSE1(2.048 Mbps)과 DS3(44.736 Mbps)인터페이스 기술기준은 98.2.21일 고시된 단말장치 기술기준을 그대로 적용하였다. 그리고 DS1 디지털 인터페이스의 경우에는 사업자 공시 사항을 준용하되 일부 시험항목을 조정하여 “표 1”과 같이 적용하였고 DS2급 디지털 인터페이스의 경우에는 ITU-T권고기준을 준용하여 적용하였다.

표1. 관련 규정별 디지털 인터페이스 시험항목 및 시험기준 비교

전송속도별 시험항목 및 시험기준		단말장치 기술기준 (고시 98.2.21)	사업자 공시		지정시험 기관 시험기준	광전송장치 기술 기준(안)
			전용 회선	종합정보 통신단말		
DS1 (1544 Kbps)	선로속도 : 1544Kbps \pm 50ppm		○	○	○	○
	선로부호 : B8ZS			○		○
	펄스전압 : 2.3~3.7V		○	○		○
	펄스형상 : ITU-T G703 그림10		○		○	○
	신호레벨 772KHz : 12~19dBm 1544KHz : 772KHz보다 25dB 이하		○	○	○	○
	수신측임피던스 : 100 Ω \pm 10%		○	○		○
	기계적조건:4선식실선		○	○		-
DSE1 (2048 Kbps)	선로속도 : 2048Kbps \pm 50ppm	○	○	○	○	○
	선로부호 : HDB3	○		○		○
	펄스전압 대칭쌍 : 2.7~3.6V	○	○	○		○
	동축쌍 : 2.133~2.844V	○				○
	펄스형상 : ITU-T G703그림15	○	○		○	○
	수신측 임피던스 대칭쌍 : 120 Ω \pm 10%	○	○	○		○
	동축쌍 : 75 Ω	○				○
DS2 (6312 Kbps)	반사감쇠량 51kHz ~ 102kHz : 12dB이상 102kHz~2048kHz : 18dB이상 2048kHz~3072kHz : 14dB이상	○				○
	기계적조건 : 4선식실선		○	○		-
	선로속도 : 6312Kbps \pm 30ppm				○	○
	선로부호 : B6ZS					○
	펄스전압					-
	펄스형상 대칭쌍(110 Ω) : ITU-T G703그림11				○	○
	동축쌍(75 Ω) : ITU-T G703그림12				○	○
DS3 (44736 Kbps)	신호 레벨 대칭쌍(110 Ω) 3156KHz : 0.2~7.3dBm 6312KHz : -20dBm이하				○	○
	동축쌍(75 Ω) 3156KHz : 6.2~13.3dBm 6312KHz : -14dBm이하				○	○
	임피던스 대칭쌍:110 Ω , 동축쌍:75 Ω					○
DS3 (44736 Kbps)	선로속도 : 44736Kbps \pm 20ppm	○			○	○
	선로부호 : B3ZS	○				○
	펄스전압 : 0.36~0.85V	○				○
	펄스형상 : ITU-T G703그림14	○			○	○
	신호레벨 22368KHz : -1.8 ~ 5.7dBm 44736KHz : 22368KHz보다 20dB이하	○			○	○
	임피던스 : 75 Ω	○				○

3. 광인터페이스 기술기준(안)

가. 광인터페이스 분류

앞에서 우리는 전기적 디지털 인터페이스를 전송속도별로 분류하여 해당 기술기준을 규정하였다. 그러면 여기서는 광인터페이스를 어떻게 분류해야 할 것인지에 대하여 먼저 알아보려고 한다. 이를 위하여 먼저 ITU-T에서 분류한 동기식 디지털 계층에 기초한 광인터페이스 종류를 “표2”에 나타내었다. 여기에서는 전송속도별, 전송거리별, 광케이블 종류와 사용 파장별로 구분하여 총 18가지의 광인터페이스로 분류하고 있는데 ITU-T에서 이와같이 광인터페이스를 상세히 구분하여 규정하는 근본적인 이유는 광전송장치 설치 운영되는 모든 경우를 고려하여 광전송시스템간 신호의 적절한 교환을 보장하기 위함이다. 즉 전송장치간 전송거리나 전송속도, 전송파장 또는 광케이블 종류에 따라 광신호의 감쇠와 분산값이 달라지게 된다. 따라서 광전송시스템에서 적절한 신호교환을 보장하기 위해서는 광송신기나 광수신기에서 요구되는 기준값들이 달라지기 때문에 이 모든 경우를 고려하여 각각의 기준값을 권고하고 있기 때문이다. 그러나 우리는 국내 가입자 광전송망 현황을 조사하여 광인터페이스를 보다 단순하게 분류하여 광인터페이스 기술기준을 규정하고자 한다. 먼저 ITU-T에서는 광케이블을 G.652, G.653, G.654 권고 광케이블로 구분하고 있으나 우리의 광가입자망으로 제공되는 광케이블은 G.652광섬유 케이블을 이용하고 있으므로 기술기준안에서는 ITU-T 권고안중 G.652권고안 만을 참고하였다. 그리고 ITU-T에서는 전송거리에 따라 3가지 전송거리(S,L)로 구분하고 있다. 그러나 여기서 분류하고 있는 I 인터페이스(전송거리:2Km이내에 적용)는 실제로 구내의 LAN망과 같이 단거리의 국 내부에서 광전송을 위한 기준 권고안이고 L 인터페이스(전송거리:40 혹은 60Km이내에 적용)는 통신망 사업자의 국간 전송과 같이 장거리 전송을 고려한 권고안이므로 우리의 기술기준 규정에서 이를 제외하고, 단지 S 인터페이스 권고안(전송거리:15Km이내에 적용) 만을 적용하여 우리의 가입자망 광전송장치의 기술기준 규정에 적용하고자 한다. 왜냐하면 실제로 소도시나 시골지역이라도 각 전화국에서 반경 7Km이내에 대부분의 전화 가입자가 위치(일본의 경우)하고 있으므로 실제 케이블 거리 15Km이내의 광전송 거리에 적용되는 S인터페이스 만을 적용하여도 무방하리라 판단되기 때문이다.

따라서 우리는 “표2”중에서 짙은 부분으로 표시한 광인터페이스 종류 만을

적용하여 우리의 기술기준안에 규정하였다. 즉 ITU-T권고안에서 분류한 인터페이스 중 전송속도별 인터페이스 구분만을 적용하고 광케이블 및 전송 거리에 따른 구분은 G.652케이블과 S인터페이스 권고안 만으로 국한하여 적용하였다.

표2. ITU-T권고 광인터페이스 분류

		국내부	국 간				
			단 거 리		장 거 리		
운 용 파 장		1310	1310	1550	1310	1550	
권 고 광 섬 유		권고안 G.652	권고안 G.652	권고안 G.652	권고안 G.652	권고안 G.652 G.654	권고안 G.653
거 리 (Km)		≤2	-15		-40	-80	
STM준위	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3

※ 주;

○ 전송 거리에 따른 분류 : 영문자 I,S,L

- I : 전송거리가 2km이하인 국내부간 상호접속시
- S : 전송거리가 15km이내인 단거리 접속시
- L : 전송거리가 장거리인 경우(1310nm파장에서는 40km이내, 1550nm 파장에서는 60km이내)

○ 전송속도에 따른 분류 : 첫번째 숫자로서 1, 4, 16

- 1 : 전송속도가 155.520Mbps(STM-1)인 경우
- 4 : 전송속도가 622.080Mbps(STM-4)인 경우
- 16 : 전송속도가 2,488.320Mbps(STM-16)인 경우

○ 광케이블 종류와 사용파장에 따른 구분 : 두번째 숫자로서 공백, 1, 2, 3

- 공백 또는 1 : G652 광케이블에서 1310nm파장원을 이용하는 경우
- 2 : G652나 G654 광케이블에서 1550nm파장원을 이용하는 경우
- 3 : G653 광케이블에서 1550nm파장원을 이용하는 경우

나. 기술기준 조사, 비교

앞 절에서 분류한 광인터페이스 종류에 따른 시험항목 및 시험기준치를 규정하기 위하여 국제기구(ITU-T)권고안, 국내 지정시험기관 시험기준 및 한국통신 광전송장치 표준을 조사, 분석하였다. 이와 관련하여 S-1.1 광인터페이스의 예를 들어 각 기관의 규정항목 및 기준치를 “표3”에 비교하여 나타내었다.

표3. 관련 규정별 광인터페이스 기준 비교
[예 : S-1.1 인터페이스인 경우]

ITU-T권고	한국통신 광전송장치 표준	지정시험기관 시험기준
<ul style="list-style-type: none"> ○전송 속도:155.520±20ppm ○전송신호 부호방식: NRZ ○광송신기 관련 <ul style="list-style-type: none"> - 파장범위:1260~1360nm - 광원유형:MLM(다중모드LD) - 최대 광출력 : -8dBm이하 - 최소 광출력 : -15dBm이상 - 광원선폭(최대rms폭) : 7.7nm이하 - 소광비 : 8.2dB - EYE패턴 : “부록1”참조 ○광수신기 관련 <ul style="list-style-type: none"> - 최소수신감도: -28dBm이하 - 최대수신감도: -8dBm이상 	<ul style="list-style-type: none"> ○전송 속도 : 작동 ○전송신호 부호방식 : 작동 ○광송신기 관련 : 작동 <ul style="list-style-type: none"> - 파장운용범위 : 작동 - 광원유형 : 작동 - 최대 광출력 : 작동 - 최소 광출력 : 작동 - 광원선폭 : 작동 - 소광비 : 미규정 - EYE패턴 : 미규정 ○광수신기 관련 <ul style="list-style-type: none"> - 최소수신감도 : 작동 - 최대수신감도 : 작동 	<ul style="list-style-type: none"> ○미규정 ○미규정 ○광송신기 관련 <ul style="list-style-type: none"> - 파장운용범위 : 1310, 1550, 850nm 광파장 중심에서 ±30nm이내 - 광원유형 : LD또는 LED ○광수신기 관련 <ul style="list-style-type: none"> - 최소수신감도 : BER이 $1 \times 10E(-10)$인 수신전력을 dBm으로 측정,기록 - 최대수신감도 : BER이 $1 \times 10E(-10)$인 최대허용전력을 측정하여 최소수신감도에 대한 상대적 값을 기록 - 수광소자 유형 : PIN-FET 또는 APD

위의 표를 보면 한국통신 광전송장치 표준에서는 ITU-T권고안을 거의 그대로 반영하여 관련 기준을 상세히 규정하고 있으나 국내 지정시험기관 시험기준에서는 상당히 막연하게 규정되어 있음을 알 수 있다.

국내지정시험기관에서 규정하고 있는 광인터페이스 시험항목 및 기준치를 보면

○송신기와 관련하여

- 발광소자로서 LED나 LD소자를 사용하고 있는가에 대한 육안(혹은 제출문서로) 확인
- 발광소자의 운용파장이 850, 1310 혹은 1550nm 파장에서 ±30nm 이내 파장을 사용하고 있는지의 시험 확인 (광원선폭, 광전력세기 미규정)

○광수신기와 관련해서는

- 수광소자로서 PIN이나 ADP소자를 사용하고 있는가에 대한 육안(혹은 제출문서로) 확인
- 전송에러(BER)가 1×10^{-10} 일때의 수신기 최소감도는 몇 dBm인가에 대한 시험 및 시험결과치 기록 (시험기준치 없음)
- 전송에러(BER)가 1×10^{-10} 인 수신기 수신범위는 몇 dB인가에 대한 시험 및 시험결과치 기록 (시험기준치 없음)

을 요구하고 있을 뿐이다.

일반적으로 기술기준이란 장비별 측정항목을 규정하고 규정항목별 일정한 기준치를 정해둔 상태에서 해당 장비가 규정된 기준치를 만족하고 있는지를 시험하여 확인하는데 반해 우리의 지정시험기관에서 적용하고 있는 광인터페이스 시험기준은 이러한 측면이 다소 부족한 것으로 생각된다. 즉 국내 지정시험기관 시험업무규정 상의 시험기준을 보면 수광소자와 발광소자에 대한 육안(또는 제출서류)확인을 통하여 전송장치가 실제로 광전송에 의하여 신호전송이 이루어지고 있는지에 대한 단순 확인과정과 운용파장이 850, 1310 혹은 1550nm파장에서 $\pm 30\text{nm}$ 이내의 파장을 사용하고 있는지에 대한 기준만을 측정하고 있을 뿐, 전송에러(BER)가 1×10^{-10} 이상인 수신기 감도에 대한 광세기에 관한 기준은 없이 단순히 광세기만을 측정하고 있을 뿐이다. 그리고 광전송장치 발광소자로서 LED(발광다이오드)는 LAN망과 같이 단거리의 국내부 전송 외에는 실제로 쓰이지 않고 있으므로 발광소자로는 LED를 규정해 두는 것은 적절하지 않다.

따라서 우리는 광인터페이스 기술기준을 규정하기 위하여 ITU-T권고안을 분석하여 이를 기술기준에 적용하고자 한다.

먼저 ITU-T에서 광인터페이스별 세부기준 항목을 위와 같이 세분하여 규정하고 있는 이유를 개념적으로 알아보자. ITU-T권고안에서는 광인터페이스별 세부 시험항목을 크게 광송신기, 광수신기, 광케이블 부분으로 분류하여 권고하고 있다. 그러나 실제로 통신용 광케이블은 망사업자가 설치, 관리하는 부분이므로 여기서의 논의는 제외하고자 한다.

먼저 광송신기 부분에 대한 권고사항에 대하여 알아보자. ITU-T에서는 광송신기에서 출력되는 광원의 일정한 기준을 규정하기 위하여 광원의 파장범위, 스펙트럼 폭, 광세기 및 소광비에 관한 기준을 규정하고 있고 신호 변화시 발광소자가 반응해야 할 반응시간과 반응한 광신호의 일정한 품질을 규정하기 위하여 eye 패턴에 대한 세부항목 기준을 제시하고 있다. 즉 디지털 신호 변화시("1"과 "0" 사이의 신호반전) 발광소자가 이에 얼마나 빨리 반응

해야 하는지에 대한 기준과 신호변화시 수반되는 오버슈트나 언더슈트에 관한 일정한 기준을 규정하기 위하여 eye패턴 기준을 규정하고 있는 것이다. 그리고 광수신기와 관련해서도 수신기 최소감도 기준과 최대 과부하를 규정함으로써 수신기에 관한 일정한 품질기준을 동시에 요구하고 있는 것이다. 이와 같이 ITU-T 권고안에서는 광케이블에서 발생할 수 있는 최악의 광신호 감쇄와 분산효과를 고려한 상태에서 광송신기 광원과 출력 파형에 관한 일정한 기준을 규정함과 동시에 광수신기에서도 일정한 품질을 각각 규정하여 이를 준수토록 함으로써 광통신시스템의 적절한 운용을 보장하도록 하고자 하고 있는 것이다. 즉 발광소자와 수광소자가 각각 위에서 규정하고 있는 시험항목과 시험기준을 준수함으로써 서로 다른 제조업체에서 제조된 광전송장치간에도 원활한 광통신이 이루어지게 한다. 이는 국내 통신망 사업자가 사용하고 있는 광전송장치 유형에 상관없이 통신망 이용자(기관)가 임의의 제품을 구입하여 사업자 광통신망에 연결하더라도 광통신이 원활히 이루어짐을 보장하게 되는 것이다.

표4. 광인터페이스 기술기준(안)

광인터페이스		S-1.1	S - 1.2		S-4.1	S-4.2	S-16.1	S-16.2
○ 광신호 속도	Kbps	155,520±20ppm			622,080±20ppm		2,488,320±20ppm	
○ 광신호 부호		NRZ			NRZ		NRZ	
송신기 관련								
○ 광원 유형		MLM	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	SLM
○ 파장운용범위	nm	1260-1360	1430-1569	1430-1580	1291-1333 / 1273-1355	1430-1580	1260-1360	1430-1580
○ 스펙트럼 선폭								
- RMS폭(σ)	nm	7.7이하	2.5	-	4/2.5	-	-	-
- -20dB폭	nm	-	-	1이하	-	1	1	1
- 측모드억압율	dB	-	-	30이상	-	30	30	30
○ 광전력 세기								
- 최대	dBm	-8이하	-8		-8	-8	0	0
- 최소	dBm	-15이상	-15		-15	-15	-5	-5
- eye 패턴		“연구보고서” 참조	“연구보고서” 참조		“연구보고서” 참조	“연구보고서” 참조	“연구보고서” 참조	“연구보고서” 참조
수신기 관련								
수신기 최소감도	dBm	-28이하	-28		-28	-28	-18	-18
수신기 최대감도	dBm	-8이상	-8		-8	-8	-0	-0

따라서 한국통신에서 규정하고 있는 광전송장치 표준에서도 ITU-T권고 시험항목과 시험기준을 거의 그대로 인용하여 규정하고 있으나 광송신부와 관련해서는 소광비와 eye패턴을 규정하지 않고 있다. 그러나 소광비와 eye패턴 측정은 광전송 품질유지에 필요한 사항이면서 실제로 eye패턴 측정으로 소광비도 동시에 측정할 수 있으므로 eye패턴 측정을 규정해 두는 것이 적절하리라 판단, 따라서 국내 광전송망을 위한 광인터페이스 기술기준(안)을 “표4”과 같이 규정하였다.

III. 결 론

본 연구에서는 광전송장치에 관한 기술기준을 규정하기 위하여 ITU-T권고안, 국내 지정시험기관 시험기준, 한국통신 광전송장치 표준 및 단말장치 기술기준 고시 등을 참조하였으며, 이를 바탕으로 광전송장치의 디지털 인터페이스와 광인터페이스에 대한 기술기준(안)을 작성, 제시하였다.

먼저 전기적 디지털 인터페이스 기술기준과 관련해서는 국내 기술기준 고시(단말장치 기술기준, 98.2.21고시)에서 규정하고 있는 전송속도와 동일한 전송속도 인터페이스는 고시 내용을 그대로 적용하였으며, 고시에서 규정하지 않고 있는 전송속도의 디지털 인터페이스는 사업자 고시, ITU-T권고안 및 국내 지정시험기관 자료 등을 참고하여 기술기준안을 작성하였다.

광인터페이스와 관련해서는 국내 광케이블망 시설 현황을 반영하여 될 수 있는한 ITU-T에서 분류한 광인터페이스 종류를 단순화하여 일부 만을 적용하였으며 각 인터페이스별 기술기준안을 ITU-T권고사항을 거의 그대로 인용하여 적용하였다.

그리고 이와 관련한 시험방법을 국내 지정시험기관 시험자료 및 관련 전문가에 의한 자문, ITU-T권고안 등을 참조하여 작성하였으며, 구체적인 시험방법은 “연구보고서 부록2”에 첨부하였다.