

KRISS/TR—2019-020

광섬유 통신용 광 측정 가이드

Guide for Optical Measurements of Optical Communication

2019. 10. 29.

한국표준과학연구원

이 측정가이드는 측정·시험 절차가 없는 신제품(기술)에 대한 신뢰성 제고를 위해 개발되었습니다. 현재까지의 축적된 경험과 과학적 사실에 근거해 해당 분야 전문가에 의해 작성되었고 새로운 과학적 타당성이 확인될 경우 언제든지 개정될 수 있습니다.

또한, 이 측정가이드에 기술된 내용은 권고사항으로 법적인 구속력을 갖지 않습니다. 제시된 방법은 최신의 규정과 과학적 근거를 바탕으로 기술한 것으로 추후 관련 규정 개정 및 과학의 발전으로 수정 될 수 있습니다.

이 측정가이드에 대한 의견이나 문의사항이 있을 경우 한국표준과학연구원 중소기업협력센터로 연락주시기 바랍니다.

전화번호: (042) 868-5781

측정가이드 제·개정 이력

개정 번호	일 시	개정사유	작 성 자	
			소 속	성 명
0	2019 4. 1	최초 제정	한 국 표 준 과 학 연 구 원	서호성
최종 제·개정 심의위원			부 경 대 학 교 P P I (주) 한 국 광 기 술 원 원 태 (주)	류우찬 문형명 엄주범 유한영

※ 심의위원 명단은 '가나다' 순서임.

목 차

서 문	1
개 요	1
1. 적용범위	1
2. 인용표준	1
3. 용어의 정의	2
3.1 광통신의 파장 대역(definition of spectral bands)	2
3.2. 각종 광측정 파라미터	2
3.2.1. 광섬유 길이(length of optical fiber, Length)	2
3.2.2. 색분산(chromatic dispersion, CD)	3
3.2.3. 편광모드분산 및 2차 편광모드분산	3
3.2.4. 군 지연	5
3.2.5. 차동-군 지연	5
3.2.6. 이득/손실(Gain/Loss)	6
3.2.6.1. 삽입 손실(IL, Insertion Loss)	6
3.2.6.2. 이득 (Gain)	6
3.2.7. 편광 의존 손실	6
4. 광통신용 광 파라미터 측정법	7
4.1. 변조위상지연(modulation phase shift, MPS) 측정법	7
4.1.1. 기준시험법인 MPS 측정법과 그 외의 대체시험법	7
4.1.2. 측정결과와 다항 근사식에 의한 fitting	8
4.1.3. 위상검출 정밀도의 향상	10
4.1.4. 광섬유 신축에 따른 오차의 개선	10
4.2. 광펄스법	10
4.3. 간섭법	11
4.4. 베이스밴드 AM 응답측정	12
5. 변조위상지연 측정기를 이용한 광 파라미터 측정	13
5.1. 측정시 고려해야 할 설정 파라미터	16
5.1.1. 설정 파라미터와 위상 랩핑(phase wrapping, 위상 줄바꿈)의 관계	16
5.1.2. 최대 RF 변조 주파수 (MHz)	18
5.1.3. 설정 파라미터와 앨리어싱의 관계	18
5.1.4. 설정 파라미터와 분해능의 관계	19
5.1.5. 설정 파라미터와 이미징의 관계	20
5.1.6. 설정 파라미터와 리플 진폭 정확도의 관계	21
5.1.7. 분해능 및 잡음 제어	23
5.1.8. 새로운 유형의 소자에 측정을 위한 설정 조건 선택	24
6. 상용의 측정기를 이용한 측정절차	25
6.1. 각종 광학 특성 측정	25
6.1.1. 측정을 위한 준비 작업	26
6.1.1.1. 광분산 손실 분석기의 측정파라미터의 개요	26
6.1.1.2. 측정을 위한 준비 작업	26
6.1.1.3. 측정 절차	26
6.1.2. 각종 파라미터의 측정	33
6.1.2.1. 측정을 위한 빠른 설정	33

6.1.2.2. 정규화 준비	33
6.1.2.3. 빠른 설정 프로세스	33
6.1.2.4. 측정 과정	33
6.2. 각종 광 파라미터 측정법	34
6.2.1. 광섬유의 길이측정	34
6.2.2. 편광의손실(polarization dependent loss, PDL) 측정.....	34
6.2.3. 군 지연(group delay, GD) 측정.....	34
6.2.4. 색 분산(chromatic dispersion, CD) 측정.....	34
6.2.5. 편광모드분산 및 2차 편광모드분산 측정.....	34
6.2.6. 차동 군 지연(differential group delay, DGD) 측정.....	35
6.3. 측정오차 이론과 불확도 평가.....	35
7. 측정의 정확도와 안정성.....	35
7.1 온 도.....	35
7.2 광통신 파라미터의 정도	35
8. 측정 성적서	35
8.1 광섬유 및 광통신디바이스의 표시	36
a) 제조회사명	
b) 규격	
c) 시험파장 밴드	
8.2 시험 조건.....	36
a) 시험 시 사용한 환경조건	
b) 시험 시 사용한 파장 밴드	
c) 시험시 사용한 기타의 측정 조건	
8.3 파라미터 측정의 보고(성적서)	36
a) DUT 제조회사명	
b) DUT모델명 과 serial 번호	
c) 환경조건	
d) 측정 파라미터	
e) 측정파장 범위	
f) fitting curve 차수	
g) 측정 불확도	
h) 사용한 기준시편 및 측정기기	
i) 시험에 사용한 측정표준소급체계	
부속서 A 광 파라미터의 측정기기의 개요.....	37
부속서 B 광분산 손실 측정기의 sweep mode 에서의 측정 불확도.....	38
부속서 C 광분산 손실 측정기의 기준값을 위한 표준기준물.....	42
1. CD 표준기준물	43
2. PMD 표준기준물	47
참고문헌.....	53

광섬유 통신용 광 측정 가이드

Guide for Optical Measurements of Optical Communication

서 문

4차 산업혁명과 더불어 5G-통신과 사물 인터넷 기술이 급속도로 진화함에 따라서 필요한 핵심 구성요소로서 초 광대역 및 초고속 광 네트워크의 수요가 폭발적으로 증대되는 있는 요즘에 다시 파장분할다중화 광통신에 관련된 광학적 물리량에 대한 정밀 광 측정기술이 수요가 증대되고 있어서 ITU-T 표준규격에 의거한 고밀도 파장다중화 전송(DWDM, Dense Wavelength Division Multiplex)을 기반하는 광통신 기술에 사용되는 광섬유 및 광 디바이스의 각종 광 측정량 측정의 대한 전문적인 기술서의 개발이 요구되고 있다.

개 요

본 가이드북은 광섬유 측정에서의 이득/손실(gain/Loss), 군지연(group delay, GD), 색 분산(chromatic dispersion, CD), 편광모드 분산 및 2차 편광모드 분산(polarization mode dispersion(PMD) including 2nd-order PMD), 차동-군 지연(differential group delay, DGD), 편광의손손실(polarization dependent loss, PDL) 및 광섬유 길이(length of optical fiber, Length) 등의 량에 대한 측정에 대한 것을 다루고 있다.

1. 적용범위

본 가이드북은 변조위상지연(modulation phase shift, MPS) 측정법을 기반으로 하여, 광통신용 광섬유 및 광 디바이스의 각종 광 측정량을 측정하는 것에 적용하며, 이 측정 방식에 의한 측정 절차를 수록하고 있다. 특히 Agilent (현, Keysight technology)사에서 제작한 광분산 손실 측정기를 이용한 광섬유 및 광소자의 각종 파라미터의 측정 기술을 기술하고 있다.

2. 인용표준

다음에 나타내는 규격은 이 규격에 인용됨으로써 이 규격의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용 규격은 그 최신판을 적용한다

Recommendation, ITU-T Standards,

G.650, Definition and test methods for the relevant parameters of SM fibers

G.652, Characteristics of a SM optical fiber cable

G.653, Characteristics of a dispersion shifted SM optical fiber cable

G.654 Characteristics of a cut-off shifted SM optical fiber cable

G.655 Characteristics of a non-zero dispersion-shifted SM optical fiber cable

G.691, Optical interfaces for single-channel STM-64, STM-256 and other SDH

systems with optical amplifiers

G.692, Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers

G.694-1, Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid

IEC 60793-1-42, Optical fibres-Part 1-42: Measurement methods and test procedures - Chromatic dispersion

IEC 60793-1-1, Optical fibres-Part 1-1: Measurement methods and test procedures - General and guidance IEC

3. 용어의 정의

이 규격에서 사용하는 용어의 정의는, 상기한 ITU-T Recommendation G. 6xx 들에 의거하여 아래의 정의를 따른다.

3.1 광통신의 파장 대역(definition of spectral bands)

2001년 2월, ITU-T SG-15 회의에서 결정된 광통신 밴드의 광 파장 대역(definition of spectral bands)의 정의는 다음 <표 1> 과 같다.

<표 1> 광통신 파장대역과 그 대역의 명칭

	Band(대역, 帶域)	Descriptor(명칭)	Range(파장 범위, nm)
1	O-band	Original	1260-1360 (100 nm)
2	E-band	Extended	1360-1460 (100 nm)
3	S-band	Short wavelength	1460-1530 (70 nm)
4	C-band	Conventional	1530-1565 (35 nm)
5	L-band	Long wavelength	1565-1625 (60 nm)
6	U-band	Ultra-long wavelength	1625-1675 (50 nm)

3.2. 각종 광 측정 파라미터

3.2.1. 광섬유 길이(length of optical fiber, Length)

사용자 정의 파장에서 레이저 광을 RF 주파수로 변조하여 광섬유를 통과한 광과 기준광사이의 변조위상지연(delay time, τ) 를 측정하여 광학 길이 L_{opt} ($= c \cdot \tau$, 여기서 c 는 진공에서의 빛 속도, $c = 299\,792\,458$ m/s)를 결정한다. 또 광학 길이는 다음과 같다.

$$L_{opt} = n \cdot L \tag{1}$$

변조위상지연 측정에 의해 광학 길이 $n \cdot L$ 이 결정되므로 물리적 광섬유의 길이를 계산하려면 사용자가 굴절률 값을 입력해야 한다. 그러므로, 굴절률의 오차는 길이 측정에 직접적인 영