

광섬유의 분광손실효율 측정 및 불확도 평가

Measurement of Optical Fiber Spectral Attenuation Coefficient and Evaluation of Measurement Uncertainty

유한영, 서호성

한국표준과학연구원, 기반표준부, 길이/시간 그룹

hyryu@kriss.re.kr, hssuh@kriss.re.kr

분광손실은 광섬유의 수행 특성을 평가하기 위한 가장 기본적인 파라미터 중의 하나이다. 광섬유의 손실은 파장에 의존한 흡수와 산란 이 두 가지의 결과가 주 원인이다.

광섬유의 손실은 신호 전달의 효율 및 신뢰성을 판단할 수 있는 기본 측정량으로 광섬유 특성 측정 분야에서 중요하게 인식되고 있다. 높은 정확도를 갖는 광섬유 손실 측정 기술은 광섬유 제조 공정에서 높은 신뢰성을 갖고 광섬유 품질을 유지할 뿐만 아니라, 광통신 시스템을 효율적으로 구성하고 유지하는데 활용된다. 이와 같은 광섬유 손실 측정 방법은 국제적으로 공인된 cut-back 방법, back scattering 방법, insertion 방법 등이 있는데, 이 중에서 cut-back method는 높은 측정 정확도를 갖고 있기 때문에 국제통신연합(ITU)⁽¹⁾ 및 국제전기기술위원회(IEC)^(2,3)에서 기준 측정 방법으로 제시되고 있다.

본 논문에서는 단일모드 광섬유의 분광손실(효율)을 측정하였고, 측정결과와 관련한 신뢰성확보를 위해 측정 불확도 평가⁽⁴⁾를 수행하였다. 광섬유 분광손실측정은 현재 국제전기표준회의(IEC)에서 규정하고 있는 기준측정방법(reference test method : RTM)인 cut-back 방법을 적용하여 수행하였다. cut-back 기술은 입력조건의 변화 없이 광섬유의 입력과 출력단의 두 지점에서 출력레벨을 측정하고 광섬유 분광손실의 정의로부터 직접 유도해낼 수 있는 유일한 측정방법이다. 분광손실측정을 위한 광섬유는 21 km 단일모드 광섬유(Corning_SMF28)이며 측정 반복성, 광원 안정도와 중심파장정확도의 측정 불확도 평가를 위해 파장 1200 nm - 1600 nm 구간에서 5번 반복 측정하여 수행하였다. 분광손실 비는 광섬유 길이에 대해 규격화하고 입력광의 출력과 출력광의 출력의 비로써 다음 식을 적용하여 계산할 수 있다.

$$\alpha(\lambda) = -\frac{10}{L} \log_{10} \left[\frac{P_f(\lambda)}{P_i(\lambda)} \right] [dB/km] \tag{1}$$

$\alpha(\lambda)$ = 분광손실효율, $P_f(\lambda)$ = 광섬유 출력단에서 광 출력
 $P_i(\lambda)$ = 기준 광섬유 출력단에서 광 출력, L = 광섬유 전체 길이

분광손실 비는 식(1)을 이용하여 구하고, 측정반복성 및 광원 안정도의 측정 불확도를 평가하였다.

그림 1은 측정 실험장치도이고 실험장치는 크게 백색광원, chopper, 분광기, lock-in amplifier, InGaAs 검출기로 구성되어 있다. 그림 2는 분광기 출력단 0.37 mm 사각슬릿을 통과한 단색광을 광섬유로 입사시키고 파장 1200 nm 부터 1600 nm 까지 2 nm 간격으로 스캔을 하고 기준 광섬유와 측정 광섬유에 대해 각각 5번 독립적으로 스캔하고 그 비를 구한 단일모드 광섬유의 평균 분광손실효율을 나타

낸다. 분광손실효율에 대한 측정결과에 관련하여, 측정결과의 신뢰성을 평가하기 위하여 측정량을 합리적으로 추정된 값의 분산 특성을 나타내는 불확도 평가가 필요하다. 분광손실측정에 주로 기여하는 불확도 항목은 광원의 중심파장 정확도, 측정 반복성(repeatability), 광원의 파장 안정도, 길이측정 정확도, 광 검출기 선형성과 같이 불확도에 주로 기여하는 크게 5 가지 항목에 대해 평가를 하였다.

광섬유 분광손실측정과 관련하여 평균표준편차를 구하여 각종 상대 불확도 평가를 하였고 그 종합한 최종결과는 표 1과 같이 얻을 수 있었다.

표 1. 단일모드 광섬유의 분광손실 측정 불확도

불확도 인자 (SMF28)	표준편차(dB)	불확도 (dB)	자유도	유형
측정 반복성	0.008	0.004	4	A
광원 파장 안정도	0.007	0.003	4	A
중심파장 정확도	-	0.003	4	A
검출기 선형성	-	0.004	-	B
광섬유 길이 (21.18 km)	-	0.004×10^{-6}	9	A
합성 불확도		0.007		
확장 불확도, k=2		0.014		

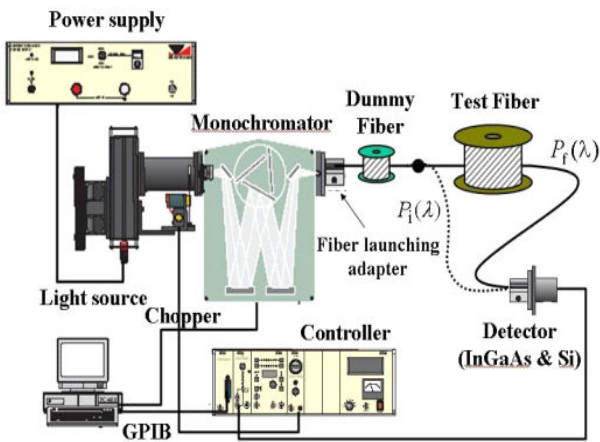


그림 1 측정 실험 장치도

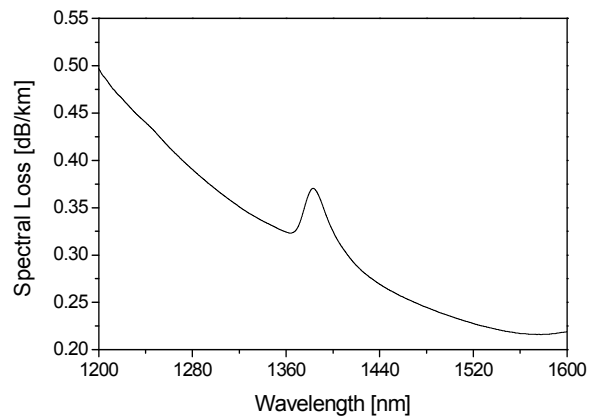


그림 2. 측정된 광섬유의 분광손실 효율

참고문헌

1. ITU Recommendation G.650: Definition and Test Methods for the Relevant Parameters of Single-Mode Fibers, (1995).
2. IEC 60793-1-40, Measurement methods and test procedures-attenuation.
3. IEC 61300-3-4, Examinations and measurements-attenuation.
4. KRISS-99-070-SP, 한국표준과학연구원, “측정불확도 표현 지침”.