

# 낮은 구부림 손실과 접속손실을 갖는 강화된 비영분산천이 광섬유의 설계 및 제작

## (Design and fabrication of enhanced non-zero dispersion shifted fiber with low bending and splicing loss)

이태형\*, 문대승, 오대환, 윤영식, 이영섭, 김진한  
삼성광통신 광통신연구소  
e-mail : th0428.lee@samsung.com

최근 PON(Passive Optical Network) 기반의 FTTH(Fiber TO The Home)시스템이 활성화 되고 인터넷 트래픽이 terabit/s로 급증함에 따라, 망의 효율성을 극대화하고 유지보수 비용을 절감하기 위한 많은 노력이 이루어지고 있다. 이러한 노력의 일환으로 NZ-DSF (Non-Zero Dispersion Shifted Fiber)를 활용하여 ISP 업체들의 광역 국사화와 함께 망의 높은 대역폭 장거리 (long-haul DWDM) 전송이 시도되고 있다<sup>(1)</sup>. 하지만 실제 광섬유 포설에 있어서 관로 내에서의 광케이블의 구부림은 필연적으로 발생되고, 또한 수 km단위의 광케이블을 융착접속 하여 장거리의 국사 사이를 연결하기 때문에 광섬유의 모드 필드 직경(MFD)의 불 균일성은 전체 시스템의 성능을 저하시킨다. 실제 광통신 시스템에서 시스템의 효율성을 결정짓는 주요한 요인은 광섬유 케이블의 강도, 구부림 손실, 접속손실이라 할 수 있다. 본 논문에서는 실제 광섬유케이블 포설 현장에 적합한 특성을 갖는 장거리 망 용 Enhanced NZDSF (ITU-T G.656) 광섬유를 설계하고, 그 광특성을 살펴보았다.

아래의 표1은 제안한 Enhanced NZDSF의 광 특성이다. 본 연구팀은 분산을 쉽게 조절하기 위하여 사다리꼴 형태의 코어구조를 채택하고, 하나 이상의 클래드 레이어를 구비한 광 프로파일을 구현하였다. 여기서 코어영역의 최대 굴절율 차( $\Delta 1$ )는 0.51%이고, 클래드 영역의 굴절율 차( $\Delta 3$ )는 0.08%로 정하였다.

표.1. Optical properties of Enhanced-NZDSF

항 목 (@ 1550nm)	ITU-T G.656 Recommendation	General NZDSF Characteristics	Samsung NZDSF (Typically)
전송손실 [dB/km]	≤ 0.35	0.203	0.192
분산 [ps/km·nm]	3.6 ~ 9.28	8.25	8.17
분산기울기 [ps/km·nm <sup>2</sup> ]	-	0.062	0.062
MFD [ $\mu$ m]	7.0 ~ 11.0	8.94	<b>9.1</b>
PMD [ps/ $\sqrt$ km]	≤ 0.35	0.026	0.021
구부림 손실 [OD 32mm, 1turn]	-	0.009	<b>0.0013</b>
극한 Test [OD 15mm, 1turn]	-	3.54	<b>0.5</b>

구부림 특성에 강한 광섬유를 설계하기 위하여 GeCl<sub>4</sub>가 도핑 된 클래드 영역과 순수 실리카의 사이의 굴절

율의 차를 적절히 형성하고, 하기의 식1과2를 통해 최대의 구부림 반경을 갖을 수 있는 차단파장영역을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 여기서 식 1은 곡률반경(R)을 갖는 광도파로의 첫 번째 고차모드 손실을 연산하며, 이는 다시 유효 차단파장( $\lambda_{cutoff}$ )과 도파로의 손실계수( $\alpha$ )의 관계로 식 2로 표현할 수 있다<sup>(2)</sup>.

$$10\log(P_1/P_0) = 10\log[1 + 2\exp\{-2\bar{\alpha}(R)l - 2\bar{\alpha}(\infty)(L-l)\}] \quad \text{식 (1)}$$

$$10^{0.01} = 1 + 2\exp[-2\alpha(R, \lambda_{cutoff})l - 2\alpha(\infty, \lambda_{cutoff})(L-l)] \quad \text{식 (2)}$$

그림 1은 제작된 Enhanced NZDSF의 MFD와 차단파장의 비율 따른 1550nm 구부림 손실이며, 이때 맨드릴의 반지름은 10mm 으로 측정하였다. 최소의 구부림 손실을 갖는 영역은 차단파장과 MFD의 비율이 7~7.5 부근에서 형성되었으며, 이 구간에서 최대 구부림 손실 값은 0.05dB/turn 이하로 나타났다.

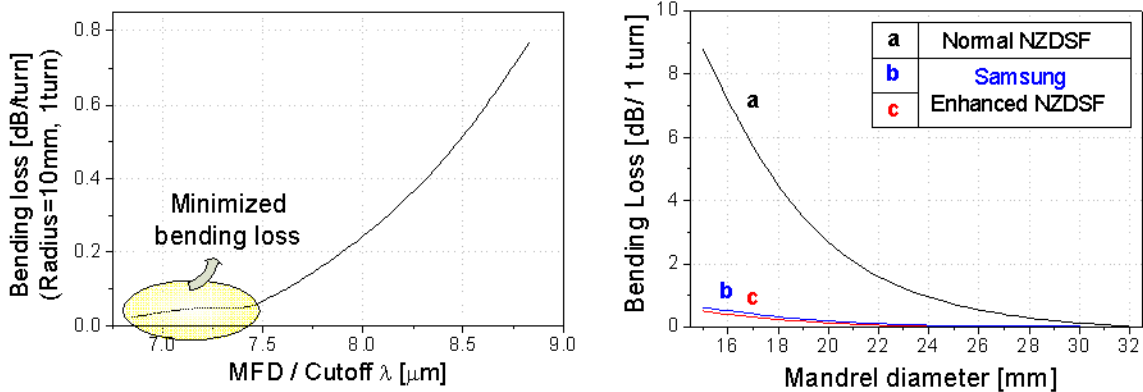


그림 1. MFD와 차단파장의 비율에 따른 손실변화      그림 2. Enhanced NZDSF의 손실 특성

그림 2는 제작된 Enhanced-NZDSF의 극한 구부림 테스트 결과이다. 일반적인 장거리 전송용 NZDSF와는 현저한 차이를 보이며, 상기의 테스트 결과는 ITU-T G.657. B의 구부림 특성 강화 광섬유(Bending loss Insensitive Fiber; BIF) 권고사항에 근접하는 결과를 보였다.

본 연구에서 개발된 Enhanced-NZDSF는 낮은 손실 특성과 고속데이터 망에 적합한 분산/PMD(Polarization Modal Dispersion)값 등 40G DWDM 전송망에 적합한 특성을 보유함을 확인하였다. 이와 더불어, 낮은 구부림 손실특성을 바탕으로 국사 간의 백본 망에서 가입자 단말까지 SMF, NZDSF, BIF 등 각기 다른 종류의 광섬유를 연결하여 사용하는 대신, 하나의 단일화된 광섬유로 전체의 시스템을 구성할 수 있기 때문에 광 융착접속 시 발생하는 Splicing loss를 최소로 유지하며 전체 시스템의 효율증대가 가능할 것으로 예측된다.

### 참고 문헌

- [1] Geun-Young Kim, Soo-Jin Park, and Ki-Tae Jeong, "Comparison with Dispersion Compensation Scheme Using 10 Gbit/s × 40 Channels Wavelength Division Multiplexing Transmission over 323 km of Field Installed Non-Zero Dispersion Shift Fiber," Journal of the Optical Society of Korea, Vol. 10, No. 3, pp. 112-117, September 2006
- [2] Virendra Shah, "Curvature Dependence of the Effective Cutoff Wavelength In Single-Mode Fibers", Journal of Lightwave Technology, Vol. LT-5, No. 1, pp.35-43, January 1987.