

논문 2011-48SD-9-2

# 접속 각도 조절을 통한 신뢰성 있는 저 손실 현장조립 광커넥터 설계

( A Reliable Low-Loss Field-Installable Optical Connector Design by  
Splicing Angle Adjustment )

박 병 철\*, 임 중 석\*\*, 정 준 호\*

( Byung-chul Park, Chong-Suck Rim, and Jun-ho Jung )

## 요 약

본 논문에서는 장거리, 저 손실 FTTH 구성에 필요한 현장조립 광커넥터(FIOC)의 접속 신뢰성과 성능 향상을 위한 방법을 제시한다. 이를 위해 FIOC의 내부 광섬유(inner fiber)와 외부 광섬유(field fiber)의 접속 면 각도를 최적화하여 별도의 각도 맞춤 툴과 광섬유 유각 절단기(fiber angled cleaver) 없이 조립하여도 저 손실 접속이 가능하도록 하였다. FIOC의 내부 광섬유(inner fiber)의 각도를 angled cleaver를 이용해 2°로 고정하고, 외부 광섬유(field fiber)는 일반 광섬유 절단기를 이용해 오차를 포함해서 0°~1°의 각도로 서로 접속하여 삽입손실은 0.3dB 이내로 줄이고, 반사손실은 -60dB 이하를 유지 할 수 있도록 하였다.

## Abstract

In this paper, we propose a design method for a reliable and improved field-installable optical connectors(FIOC) which are needed for long-distance and low loss FTTH configuration. To this end, we optimize the angle of splicing between the inner fiber and the field fiber of the FIOC, so that the low loss connection of optical fibers is possible without using any angle alignment tools as well as angled cleavers. More precisely, we set the cutting angle of the inner fiber and the field fiber to be 2° by using an angled cleaver and 0°~1° by using a general fiber cutter, respectively. Splicing these two optical fibers without any further adjustment, we can keep the insertion loss within 0.3dB and the reflection loss within -60dB.

**Keywords :** 현장조립 광커넥터, 저 손실 현장조립 접속, 접속손실, 광섬유 접속면 각도

## I. 서 론

최근에 인터넷은 일반 데이터 전송의 기존 서비스에서 진화하여 전화(VoIP)와 영상(Video, TV)을 서비스하는 방송 통신 융합 서비스(triple service)로 진화하고 있다.

이러한 다양한 서비스를 제공하는 업체들도 많은 수로 늘어나고 있으며, 스마트폰의 보급으로 무선통신망을 이용한 데이터 트래픽도 추가되어, 광 통신망을 통하여 유통되어야 하는 정보용량이 폭발적으로 늘어나고 있다.

이러한 정보 용량의 증가는 광통신 시스템의 사용 영역을 가입자망 뿐만 아니라 무선망으로 까지 확장 시키고 있다. 따라서 광통신망에서 사용하는 광섬유 종단처리기를 위한 현장조립 광커넥터(Field Installable Optical Connector(FIOC))의 사용이 많은 수로 늘어나 현장조립 광커넥터 시장도 국내외에서 급격히 확대되고 있다.

\* 정회원, (주)옵텔콤 광통신연구소  
(FiberOptic R&D Center, Optelcom, Inc.)

\*\* 평생회원, 서강대학교 컴퓨터공학과  
(Dept. of CS&E, Sogang University)

접수일자: 2010년9월16일, 수정완료일: 2011년8월17일

또한 현장조립 광커넥터의 성능이 FTTH(Fiber To The Home)를 비롯한 광통신 시스템에 미치는 영향도 크게 증가하고 있다<sup>[1]</sup>.

최근 FTTH 구성이 고속, 장거리화 함에 따라 접속 부품의 고성능, 고신뢰성이 요구되고 있는데, 특히 접속 부품에서의 반사손실 특성은 시스템의 신뢰성에 연관되어 중요시 되고 있다. 즉, 부품의 접속점에서 반사된 광이 시스템의 노이즈 성분으로 작용하여 성능 저하요인이 되고 있다. 실제로 차세대 FTTH 구현방식인 WDM-PON 과 GE-PON 방식에서는 현장조립 광커넥터(FIOC)의 반사손실 특성으로 -60dB 이하의 수준을 요구하고 있다<sup>[2]</sup>.

FIOC의 반사손실 특성을 향상시키는 방법으로는 FIOC 외부의 페룰(ferrule) 접속 면을 경사지게 연마하는 방법<sup>[3]</sup>과 FIOC 내부의 V-groove 접속점에 굴절을 보정액을 삽입하는 방법<sup>[4]</sup> 등 여러 가지 기술이 적용되고 있다. 그러나 이러한 기술을 통하여 얻을 수 있는 FIOC의 전체 반사손실 특성은 약 -50dB 수준으로 FTTH 시스템에서 요구되는 -60dB 수준을 만족하기는 어렵다(II장의 식 (1)). 반면 FIOC 내부의 V-groove 접속점의 광섬유 단면을 8° 경사지게 절단하여 접속하는 방법이 최근 제안되었으나<sup>[5]</sup> 이 방법은 각도를 맞추기 위한 여러 도구들이 사용되어야 함으로 현장조립 광커넥터의 현장적응력을 낮추고 조립 불량률의 원인을 제공하기도 한다.

본 논문에서는 FIOC의 반사손실 개선을 위해 V-groove 접속점에 기 삽입되어 사용되는 굴절을 보정액의 특성을 고려하여, 별도의 조립 틀과 장비 없이 작은 양의 삽입손실을 유지하며, -60dB 이하로 반사손실을 개선할 수 있는 V-groove 접속면에서의 광섬유 접속각도를 제안하였다. 이렇게 만들어진 새로운 구조의 FIOC는 별도의 각도 맞춤 틀과 고가의 fiber angled cleaver 없이 현장에서 접속하여도 FTTH 구성에 요구되는 FIOC의 손실 규격을 만족 시킬 수 있다는 것을 실험으로 보인다.

본 서론에 이어 제 II 장에서는 FIOC의 접속특성과 기존 기술에 대하여 알아보고 제 III 장과 IV 장에서는 이를 뒷받침하는 이론과 실험을 통해 FIOC 의 현장적용을 위한 V-groove 접속면에서의 최적 접속각도에 대하여 기술한다.

## II. FIOC의 접속 특성과 기존 기술

### 1. FIOC의 접속점 구조와 손실 변수

FIOC는 FTTH구성 현장에서 건물의 인입용 광케이블의 접속을 쉽게 하기 위해 광섬유의 종단을 커넥터처리하기 위한 광섬유 종단처리용 광커넥터이다. 현장조립 광커넥터의 구성은 그림 1과 같이 광섬유 절단기를 이용하여 일정 크기로 절단한 광섬유(inner fiber)를 세라믹 페룰 홀에 삽입, 경화하여 세라믹 과 함께 한쪽 면을 연마하고, 이것을 다시 V-groove까지 삽입하여 굴절을 보정액과 함께 위치시켜 외부 압박 구조물과 함께 조립되어 완제품으로 구성되게 된다.

완제품으로 구성된 현장조립 광커넥터는 FTTH 구성현장에서, 인출된 광섬유의 종단을 광커넥터화 하기 위해 현장조립 광커넥터에 FTTH 광섬유 케이블을 삽입하고, 고정, 압박하여 광커넥터화 한다.

이렇게 광커넥터화 한 인입광케이블은 광 어댑터를 이용하여 광모뎀 또는 광 스플리터와 연결되게 된다. 이러한 FIOC 접속방식은 두 개의 접속점이 만들어 지게 되는데, 그림 2에서 보인 것과 같이 일반 광커넥터와 FIOC의 페룰(ferrule)이 만나서 만들어지는 페룰 접속점과 FIOC 내의 inner fiber와 field fiber의 단면이 만나서 만들어지는 V-groove 접속점이다. 이 두 접속점의 특징은 각각 다음과 같다.

일반 광커넥터와 FIOC의 접속(페룰 접속)은 광 어댑터를 이용한 정밀하게 연마된 페룰의 단면을 이용한 접

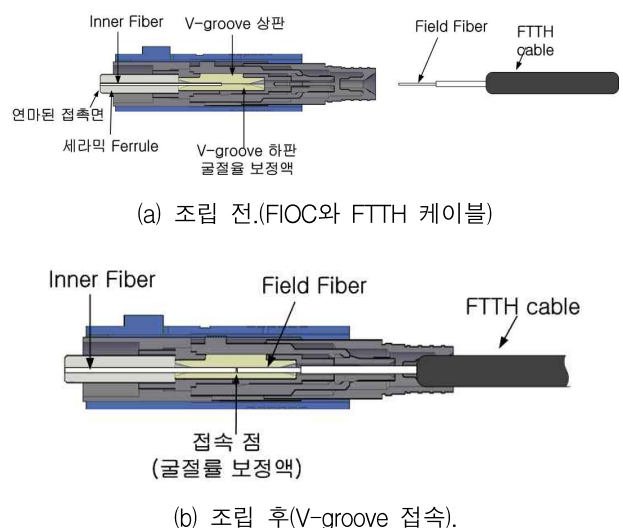


그림 1. 현장조립 광커넥터의 구조.  
 Fig. 1. FIOC structure. (a) Before assemble.  
 (b) After assemble.

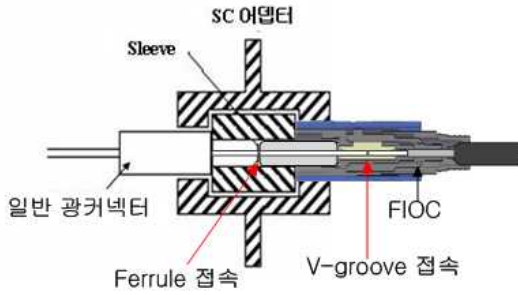


그림 2. 일반 광커넥터와 현장조립 광커넥터의 결합  
Fig. 2. The combination of the General Optical Connector and FIOC.

속으로 0° 기준의 UPC (Ultra Physical Contact) 형태로 연마하면, -50dB의 반사손실을, 8° 기준의 APC (Angled Physical Contact) 형태로 연마하여 접속하면 -65dB 이하의 반사손실을 얻을 수 있으며 이러한 APC 형태의 8° 접속 기술은 정밀한 페룰 연마기의 보급으로 대중화 되어 널리 사용되고 있다.

다음으로 FIOC 내부에 기 삽입되어 있는 inner fiber 와 외부의 field fiber가 만나서 이루어지는 V-groove 접속은 현장에서의 광섬유 연마가 어려워, 보통 일반 광섬유 절단기를 이용하여 0° 기준으로 절단한 광섬유 단면끼리 굴절을 보정액을 이용하여 접속한다. 이때 inner fiber와 field fiber의 접속점에 굴절을 보정액을 삽입하여 굴절을 차이에 의한 반사손실을 최대한 줄이고 있지만, 접속을 위한 두 광섬유의 MFD mismatch, 접속각도 등의 문제로 인하여 평균 -51dB 정도의 반사손실을 발생하게 된다.

따라서, 페룰 접속점과 V-groove 등 두 접속점의 반사손실에 의해 만들어 지는 FIOC 의 전체 반사손실 ( $BR_{tot}$ )은 아래 식 (1)<sup>[6]</sup>에 의하여 평균 -50dB 정도로 계산되어 FTTH 시스템에서 요구되는 -60dB 수준을 만족하기 어렵게 된다.

$$BR_{tot} = 10\log(10^{BR_A/10} + 10^{BR_B/10}) \quad (1)$$

식(1)에서  $BR_A$ 와  $BR_B$ 는 각각 APC 형태로 연마된 페룰 접속의 반사손실과 V-groove 접속의 반사손실이다. 또한 FIOC의 전체 삽입손실은 두 지점의 손실의 합으로 나타난다.

## 2. 저 손실 FIOC 구현을 위한 기존 방법

가. 8° 접속 면을 이용한 V-groove 접속

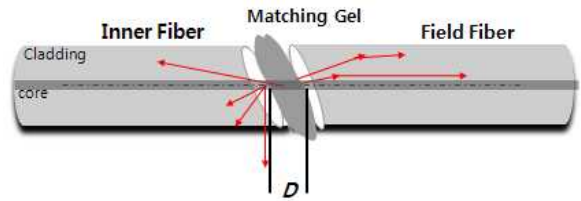


그림 3. 8° 각을 이용한 inner fiber와 field fiber의 접속  
Fig. 3. Splicing between inner fiber and field fiber by using 8° contact.

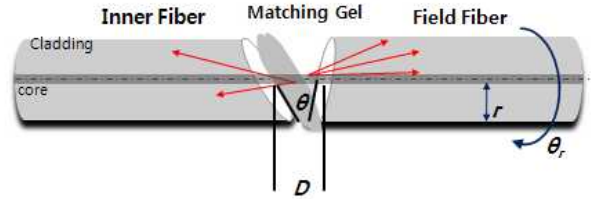


그림 4. 각도 방향이 맞지 않을 경우  
Fig. 4. A misaligned splicing example.

FIOC 내부 광섬유 접속점의 반사손실을 줄이기 위해 기존에 제안된 방법으로, 접속을 위한 두 광섬유의 단면각도를 그림 3과 같이 페룰 접속의 APC(Angled Physical Contact)형태로 8° 연마 또는 절단하여 접속하는 기술이 있다<sup>[5]</sup>. 이 기술은 Fiber-Air-Fiber의 굴절을 변화에서 발생된 반사광의 유입을 방지하기 위해 사용되는 방법을 FIOC 내부의 V-groove 접속점에 적용한 것으로 Fiber - Matching Gel - Fiber의 굴절을 차이에 의해 발생된 반사광이 매우 작아 실제로 -75dB 이하의 매우 낮은 반사손실을 얻을 수 있다.

그러나 이러한 접속 기술은 광섬유 단면을 8° 각도로 만들기 위해 여러 어려움이 있으며, 또한 그림 4와 같이 접속점의 접속 각이 맞지 않을 경우 삽입손실이 증가하는 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 따라서 이 방법은 접속 면 각도를 유지하기 위한 별도의 틀이 필요하다.

나. 8° 접속 면을 이용한 V-groove 접속의 문제점  
앞에서 소개한 8° 각도로 두 광섬유를 접속하기 위한 별도의 틀 사용은 FTTH 사용환경에 그리 적합하지 않을 수 있다. 국내에서의 FTTH 구성 방법은 OLT (Optical Line Termination)로부터 시작된 광섬유의 효율적인 사용을 위해 광스플리터를 사용하여 광섬유를 분기한다. 이렇게 분기된 광섬유는 최대 32가입자의 ONT(Optical Network Termination)에 연결되어 있는데, 이때 광 스플리터는 가입자 주변의 전주 또는 통신주에 위치하게 된다. 따라서 현장조립 광커넥터가 사용

되는 주요 지점이 전주 위 또는 철탑, 가입자 의 옥탑 등으로 광섬유 접속을 하기에는 매우 열악한 환경이다. 이러한 환경에서 광섬유 접속각도를 맞추기 위한 별도의 틀을 사용한 조립은 현장조립 광커넥터(FIOC)의 조립 불량률을 높이는 주요 원인이 될 수 있다. 또한 field fiber의 경우 현장에서 광섬유를 8° 각을 만들어야 하므로 특수한 고가의 Fiber angle cleaver를 사용하여야 함으로, 현장적용을 매우 어렵게 하고 있다.

현재 적용중이거나, 제안되고 있는 FTTH의 현장조립 광커넥터에 적용되는 손실 규격은 삽입손실 0.3dB 이하, 반사손실 -60dB 이하로 요구된다<sup>[7]</sup>. 따라서, -75dB 이하의 낮은 반사손실을 갖는 8° 접속의 경우 반사손실을 필요이상으로 저손실화 하는 고비용 기술이며, FIOC 의 현장적용에 적합한 보다 효과적이고 간단한 접합 기술이 필요하다.

### III. 광섬유 절단각도 단순화를 통한 신뢰성 향상 기술

#### 1. 반사손실 최적화를 위한 접속 면 각도

일반 광커넥터와는 달리 현장조립 광커넥터(FIOC)의 가장 중요한 특징은 광커넥터 내부에서 V-groove와 굴절률 보정액(Index Matching Gel)을 이용한 굴절률 정합 방법을 이용하여 광섬유를 접속한다는 것이다. 따라서 FIOC의 손실특성을 좌우하는 중요 요소가 바로 굴절률 보정액을 이용한 V-groove 접속 부분이다.

굴절률 보정액은 광원에 민감하게 반응하는 물질로, 접속되는 두 광섬유 사이에 공기층 생성을 막고, 굴절률 차이를 보정해주는 물질이다. 따라서 FIOC 내 광섬유 절단면과 절단면이 만나는 부분인 V-groove 접속 부분은 대부분 굴절률 보정액을 사용하여 공기층을 없애고 반사손실을 보정하게 된다.

FIOC의 V-groove 접속에서 광섬유 굴절율이  $n_0=1.46$ 이고 굴절률 보정액의 굴절율이  $n_1=1.45$  이라면 접속 면에서 일어나는 반사손실은 아래의 식 (2)에 의하여 -49dB로 계산된다<sup>[8]</sup>.

$$R(dB) = 10\log\left[\frac{(n_0 - n_1)^2}{(n_0 + n_1)^2}\right] = -49dB \quad (2)$$

만일 접속 면을 경사지게 하여 접속한다면 반사손실을 더욱 작게 할 수 있다. 식 (3)은 공기중에서 경사각

이 0° 가 아닌 경사진 경우의 반사손실을 계산하는 식이다<sup>[9~10]</sup>.

$$R(dB) = 10\log\left[e^{-\left(\frac{2\pi \cdot \omega_0 \cdot a}{\lambda}\right)^2}\right] \quad (3)$$

여기서,

- $a$  : 광섬유 단면의 경사각,
- $w_0$  : 광섬유 Mode Field Diameter, 그리고
- $\lambda$  : Free space wavelength 이다.

그런데 우리의 광섬유 접속점에는 굴절률 보정액을 사용하였으므로 이때 발생하는 반사손실은 식 (2)와 식 (3)을 조합하여 식 (4)와 같이 표시할 수 있다.

$$R(dB) = 10\log\left[\frac{(n_0 - n_1)^2}{(n_0 + n_1)^2} \cdot e^{-\left(\frac{2\pi \cdot \omega_0 \cdot a}{\lambda}\right)^2}\right] \quad (4)$$

여기서, 식 (3)의 정의에 추가로

- $n_0$  : 광섬유 코어의 굴절률
- $n_1$  : 굴절률 보정액의 굴절율이다.

식 (4)에 의하여 -60dB이하의 반사손실을 얻기 위한 접속면의 경사각은 2° 이상이면 충분하다는 사실을 알 수 있다.

#### 2. 삽입손실 최적화를 위한 접속면 각도

두 광섬유의 접속면 각도가 그림 4에 보인 바와 같이 맞지 않을 경우, 반사손실은 접속면 각도에 의해 줄어들 수 있지만 삽입손실이 증가하여 전체 접속성능을 저하시킬 수 있다. 두 광섬유 접속 면간의 간격 D는 광섬유의 절단각에 따라 달라질 수 있으며, 같은 각도의 두 광섬유가 접속되었을 때는 접속 면의 방향에 따라 달라질 수 있다. 그런데, D 값이 최대가 되는 경우는 접속면이 그림 4와 같이 최대한 맞지 않았을 때이다. 따라서 이 경우를 가정하여 접속 면 각도에 따른 간격의 변화와 이에 따른 삽입손실의 변화를 계산할 수 있다.

먼저 접속면 각도 크기에 따른 간격의 변화는 아래의 식 (5)에 의하여 계산할 수 있다.

$$D = \tan\theta \cdot r \cdot 2\sin(\theta_r/2) \quad (5)$$

여기서,

- $\theta$  : 접속 면 각도

- $r$  : 광섬유(cladding) 반지름, 그리고
- $\theta_r$  : 두 광섬유 각도 방향 차이이다.

그림 4에  $\theta$ ,  $r$ ,  $\theta_r$ 의 설명을 위한 두 광섬유 간의 접합 모양을 보인다.

다음으로 접속 면의 간격(D)에 따른 손실을 계산해 보면 식 (6)에 의해 간격이 5um 이내 일 때 손실은 0.12dB 이하가 됨을 알 수 있다<sup>[11]</sup>.

$$L(\text{dB}) = -10 \log\left(1 - \frac{D \cdot NA}{4an_1}\right) \quad (6)$$

- $a$  : 광섬유 코어의 반지름
- $n_1$  : 굴절율 보정액의 굴절율
- $NA$  : Numerical Aperture(개구수)

식(6)에 대한 계산 결과를 아래의 표 1에 보인다.

이것은 FIOC를 이루는 두 접속면의 접속손실 중에 V-groove 접속면의 손실을 수식으로 계산한 것으로서, FTTH 현장조립형 광커넥터의 규격을 만족하기 위한 삽입손실은 페룰 접속점의 손실이 평균 0.15dB 임을 감안하면 V-groove 접속점의 손실은 0.12dB 이하로 유지하여야 한다. 식(6)에 의하면 삽입손실을 0.12dB이하로 유지하기 위해서는 D 값이 5um이하가 되어야 한다. D 값이 이 범위가 되기 위한 접속 면의 각도는 식 (5)에 의하여 계산할 수 있는데 이는 양쪽 광섬유의 단면이 2.3° 이하이거나, 한쪽이 0°인 Field 광섬유일 경우 내부 광섬유는 4.6°이하를 유지하면 된다.

따라서, 본 논문의 경우 내부 광섬유의 절단각도를 2°, 외부 광섬유의 절단각도는 는 오차를 고려해서 0~1° 사이를 유지하면, 이 경우 위에서 언급한 4.6° 이하를 만족하므로 참고문헌 [7]에서 요구하는 삽입손실 과 반사손실을 유지할 수 있게 된다.

표 1. 각도 및 회전 별 간격과 손실.  
Table 1. Distance and loss for each splicing angle and rotation.

회전 각 절단 각	60°		90°		120°		180°	
	간격(D)(um)	삽입손실(dB)	간격(D)(um)	삽입손실(dB)	간격(D)(um)	삽입손실(dB)	간격(D)(um)	삽입손실(dB)
2°	2.18	0.05	3.09	0.07	3.78	0.09	4.37	0.10
3°	3.28	0.08	4.63	0.11	5.67	0.14	6.55	0.16
4°	4.37	0.10	6.18	0.15	7.57	0.18	8.74	0.21
5°	5.47	0.13	7.73	0.19	9.47	0.23	10.94	0.26
6°	6.57	0.16	9.29	0.22	11.38	0.28	13.14	0.32
7°	7.67	0.18	10.85	0.26	13.29	0.32	15.35	0.38
8°	8.78	0.21	12.42	0.30	15.21	0.37	17.57	0.43
9°	9.90	0.24	14.00	0.34	17.15	0.42	19.80	0.49

#### IV. 광섬유 접속 면의 각도별 광학특성 실험

##### 1. 반사손실 최적화를 위한 접속 면 각도

현장조립 광커넥터(FIOC)의 내부 접속 면 각도에 따른 손실 변화를 측정하기 위해 각각의 각도 별 시료를 다음과 같이 준비하였다.

내부 광섬유(inner fiber)의 각도 작업은 정밀 fiber angled cleaver<sup>[12]</sup>를 사용하여 광섬유 절단작업을 하였으며, 같은 각도의 광섬유 시료를 다량으로 확보하기 위해, 12심의 리본 광섬유<sup>[13]</sup>를 이용하여 한 번에 다수의 광섬유를 절단하는 방법을 적용하였다. 또한 정밀 fiber angled cleaver 의 경우 절단오차가 0.5도 이상을 가지므로 10회 이상의 광섬유 절단을 통해 원하는 각도의 시료를 얻을 수 있었다.

실험에 사용된 외부 광섬유(field fiber)는 일반 광섬유 절단기를 사용하여 시료를 제작 하였으며 절단각도는 오차를 고려했을 때 0~1°를 갖는다. 실험은 현장에서 발생할 수 있는 상황을 반영할 수 있도록 일반 광섬유 절단기의 절단오차는 반영하지 않았다.

측정 항목은 FTTH의 사용파장인 1490nm 와 1550nm 의 파장을 이용하여 삽입손실과 반사손실을 측정하였다. 측정 파장의 기준은 광섬유 손실특성이 가장 좋은 1550nm 파장을 사용하였으며, 사용된 광섬유의 특성에 맞춰 FTTH E-PON 의 하향 전송에 사용되는 1490nm 파장도 추가로 실험 하였다. 실험에 사용된 모든 광섬유는 G.652D 규격의 low water peak fiber<sup>[14]</sup>를 사용하였다. 굴절율 보정액은 파장에 따라 굴절율을 변화가 작고, 1550nm 파장에서 굴절율이 1.4372인 제품을 이용하고, 보정액의 온도 의존특성<sup>[15]</sup>을 고려 하여 상온에서 실험을 진행하였다. 또한 굴절율 보정액이

표 2. 각도 별 시료 제작.  
Table 2. Testing samples for each splicing angle.

No.	준비 시료	수량
1	Inner Fiber가 0°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개
2	Inner Fiber가 1°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개
3	Inner Fiber가 2°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개
4	Inner Fiber가 3°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개
5	Inner Fiber가 4°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개
6	Inner Fiber가 5°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개
7	Inner Fiber가 6°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개
8	Inner Fiber가 7°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개
9	Inner Fiber가 8°(±0.1) 각을 갖는 FIOC	22개

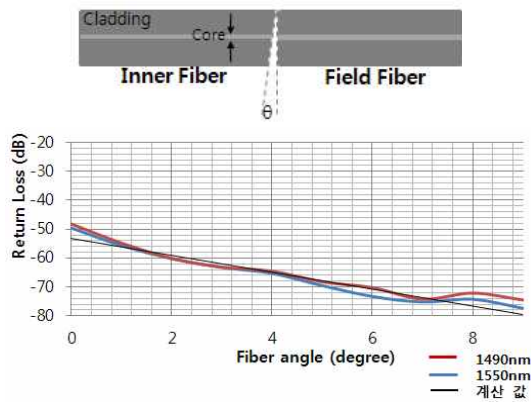


그림 5. 각도 별 반사손실 특성.  
Fig. 5. Return loss characteristics by splicing angles.

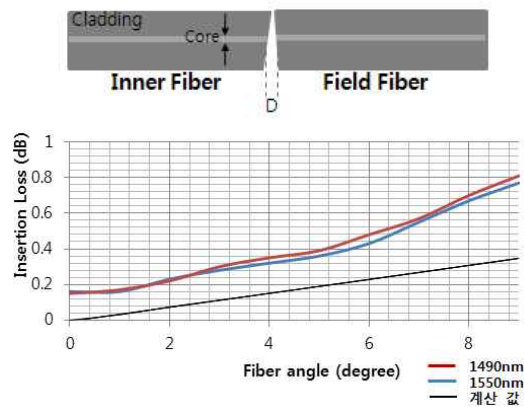


그림 6. 각도 별 삽입손실 특성(계산 값은 V-groove 접속점만의 손실이고 실험 값은 이 접속외에 추가로 페룰 접속점에서의 손실이 더해진 값이다).  
Fig. 6. Insertion loss characteristics by splicing angles.

V-groove의 V홈에 바르게 삽입될 수 있도록 주사기가 장착된 정밀 정량 토출기로 보정액을 주입하고, Gel이 흘러들어 갈 수 있는 시간만큼 기다린 후 시료를 제작하였다. 측정방법은 Telcordia GR-326의 측정 방법과 동일하게 하였다<sup>[16]</sup>. 측정 조건은 그림 4와 같이 광섬유 절단각의 방향을 반대로 하여 최대한 접속 간격을 크게 하여 측정하는 방법을 사용하였다.

사용파장 1490nm와 1550nm에서의 반사손실 측정결과를 그림 5에 보인다. 본 실험에서 반사손실 측정결과, 현장조립 광커넥터의 내부 광섬유의 접속면 각도가 2° 이상이면 반사손실이 -60dB 이하로 나타났으며, 측정과정에서의 손실요인을 감안할 경우 손실특성은 더욱 향상될 것으로 기대한다.

삽입손실은 FIOC 측정에 나타나는 두 개의 접속점인 페룰 접속점과 V-groove 접속점을 포함한 FIOC 전체

의 손실을 측정하는 방법을 사용하였다. 측정결과, 그림 6과 같이 단면 각도에 따른 손실 변화량이 그래프의 처음 일정 구간인 0°~3° 사이에서는 삽입손실의 증가량이 매우 적게 증가하고, 최고 손실 값도 0.3dB를 넘지 않는 것을 알 수 있다. 하지만 그 이상 각도에서는 기준치 이상으로 손실이 증가함을 알 수 있다. 그림 6에서 그래프 곡선이 계산 값과 다르게, 일정한 차이를 보이는 것은 측정값 안에 V-groove 접속점의 손실 외에 페룰 접속점의 손실이 포함되어 있기 때문이며, 손실증가가 일정치 않은 것은 광섬유 절단 오차와 페룰 접속점의 단면 상태에 의한 변화로 분석된다.

참고로 다수의 통신 파장에 대한 결과는 굴절율이 파장에 대한 함수이므로 손실 변화가 있을 수 있다. 하지만 사용된 보정액의 굴절율 특성이 파장에 따라 1.4372(1550nm)~ 1.46(1310nm)사이 이고 실험에 적용된 광섬유 G.652D의 파장에 따른 손실 특성상, 파장이 낮아질수록 손실이 증가할 수 있지만, 그 변화량이 크지 않을 것으로 예측된다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 FIOC에 대하여 참고문헌 [7]에서 요구한 삽입손실과 반사손실에 관한 조건을 만족하는 새로운 광섬유 접속방법을 제안하였다. 즉, FIOC의 V-groove 접속에서 굴절율 보정액의 특성을 고려하여 광섬유 접속면의 접속각도를 2° 정도로 유지하면 별도의 조립툴과 장비없이 FIOC의 삽입손실을 0.3dB이하로 유지하면서도 반사손실을 -60dB에 맞출 수 있다는 것을 보였다. 따라서, FIOC의 내부 inner fiber의 접속면 각도를 2°가 되도록 제작하면, Field Fiber와의 접속에서 Field Fiber에 별도의 각도 맞춤 도구를 사용하지 않고 광섬유를 접속하여도 FTTH 구성에 요구되는 FIOC의 손실 규격을 만족시킬 수 있어 현장에서 신뢰성있는 저손실 FIOC를 저비용으로 손쉽게 제작할 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] 김관중 외 2인, "Fiber To The Home 기술 및 시장동향," ETRI 전자통신동향분석, 제19권 제6호, 34-42쪽, 2004. 12.
- [2] Paul Eliot Green, Fiber to The Home: the new empowerment, Wiley-Interscience, p.85-86, 2006.
- [3] W. C. Woung, V. Shah, L. Curtis, "Loss and

- Reflectance of Standard Cylindrical-Ferrule Single-Mode Connectors Modified by Polishing a 10° Oblique Endface Angle,” *Photonics Technology Letters*, Vol 1, no. 12, pp. 461-463, 1989.
- [4] Tan khée Yen Serin, et al, “Field Installable LC Connector and Mechanical Splice,” *OFCNFOEC*, 2007.
- [5] Shigeo Takahashi, “Low Return Loss Field Installable Optical Connector,” *Optical Society of America OFC*, pp.1-3, 2009. 3.
- [6] “RM3 SERIES BACK REFLECTION METER User’s Manual,” *JDS Uniphase*, Rev 002.
- [7] Network 운용본부 고객솔루션팀, “현장조립형 광 커넥터 규격,” *SK broadband*, 2008.
- [8] M. Kihara, S. Nagasawa, and T. Tanifuji, “Temperature Dependence of Return Loss for Optical Fiber Connectors with Refractive Index-matching Material,” *ZEEE Photon. Technol. Letters*, Vol. 7, pp. 795-797, July 1995.
- [9] 안승호 외 3인, “광커넥터 경사단면에 따른 손실 특성,” *한국통신학회 학술대회논문집*, 제14권 1호, 764-767쪽, 1995. 1.
- [10] R. RAO, “High Return Loss Connector Design without Using Fibre Contact or Index Matching,” *Electronics Letters*, Vol. 22 No. 14, pp. 731-732, 1986.
- [11] Joseph C. Palais, *Fiber Optic Communications*, pp.260-262, Prentice-Hall, 2003
- [12] 정밀 Angled cleaver 웹 카탈로그  
www.pkinetics.com/products/productdetail.aspx?model=FK12
- [13] Ivan P. Kaminow, Thomas L. Koch, *Optical fiber telecommunications III*, pp.94-96, Academic Press, 1997
- [14] Louis-Anne de Montmorillon et al, “Bend-Optimized G.652D Compatible Trench-Assisted Single Mode Fibers”, *Proc. 55th IWCS Conference*, pp 342-347, November 2005.
- [15] M. Kihara, S. Nagasawa, and T. Tanifuji, “Temperature dependence of return loss for optical fiber connectors with refractive index-matching material,” *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 7, pp. 795 - 797, July 1995.
- [16] “Generic Requirements for Singlemode Optical Connectors and Jumper Assemblies”, *Telcordia GR-326-CORE*, Issue 3, Sept. 1999.

---

 저 자 소 개
 

---



박 병 철(정회원)  
1997년 남서울대학교 정보통신공학과 학사 졸업.  
2010년 서강대학교 정보통신대학원 석사 졸업.  
2004년 현재 (주)유펜콤 광통신연구소 책임연구원.

<주관심분야 : 광통신/광소자/광섬유 및 부품>

임 종 석(평생회원)  
대한전자공학회 논문지 제45권 SD편 제12호 참조



정 준 호(정회원)  
2003년 전남대학교 정보통신공학부 학사 졸업.  
2007년 호남대학교 광산업공학과 석사 졸업.  
2006년~현재 (주)유펜콤 광통신연구소 선임연구원.

<주관심분야 : 광통신/광소자/광섬유 및 부품>