

## [ 실험 9 예비 보고서 ]

2분반 12161756 윤성호

### 1. 실험 제목

- 광 커넥터의 접속에 따른 손실 측정

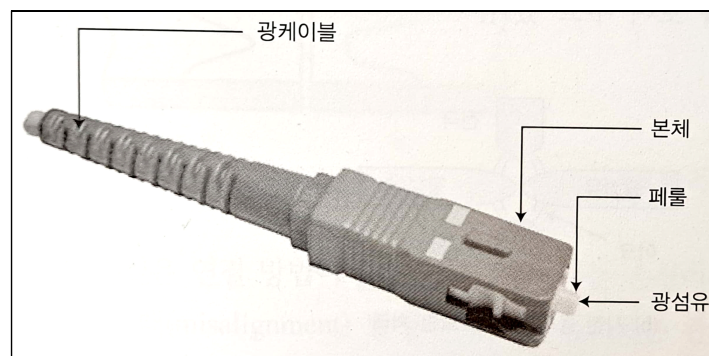
### 2. 실험 목적

- 가. 광 커넥터의 필요성을 이해한다.
- 나. 커넥터의 종류를 알아본다.
- 다. 커넥터의 접속 손실을 측정한다.

### 3. 이론

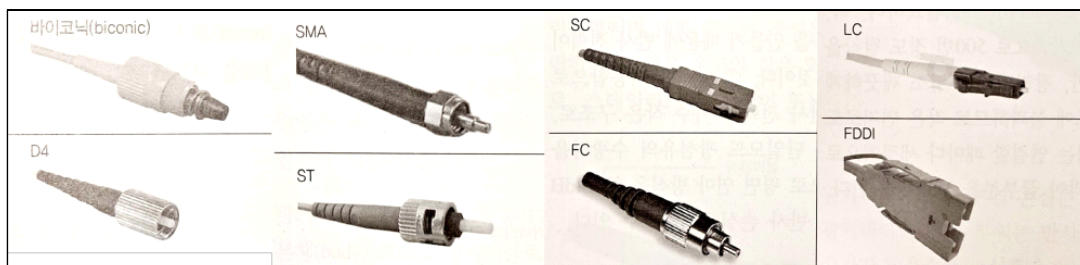
#### 가. 광 커넥터

- 1) 광 커넥터(optical connector)는 두 광섬유를 연결하는 매우 중요한 소자로서, 접속(splicing)과 달리 수시로 연결과 분리를 할 수 있다. 광통신 시스템에서 가장 흔히 발생하는 오작동의 원인은 커넥터에서 발생하며, 광통신 시스템을 설치하는 데 필요한 커넥터 작업에 막대한 인력과 시간이 소모된다.
- 2) 광 커넥터의 기본 구조는 [그림 1]과 같이 페룰(ferrule)과 본체(body), 광케이블로 구성된다. 페룰은 광섬유를 정렬하는 구조물로, 길고 얇은 실린더형이며 페룰 중심에 광섬유가 있다. 페룰의 끝부분과 광섬유의 끝부분은 일치하도록 조립한다. 페룰은 온도와 같은 외부 환경에 따라 변형되지 않고 정확한 형상을 유지해야 하므로, 스테인리스강, 폴리머 또는 세라믹계인 산화알루미늄이나 산화지르코늄으로 제작한다.



[그림 1] 광 커넥터의 기본 구조

#### 나. 광 커넥터의 종류



[그림 2] 광 커넥터별 사진

순	커넥터	연결 손실	반복성	광섬유 종류
1	바이코닉(biconic)	0.6~1.0dB	0.2dB	SM, MM
2	D4	0.2~0.5dB	0.2dB	SM, MM
3	SMA	0.4~0.8dB	0.3dB	MM
4	ST	Typ. 0.4dB(SM) Typ. 0.5dB(MM)	Typ. 0.4dB(SM) Typ. 0.2dB(MM)	SM, MM
5	SC	0.2~0.45dB	0.1dB	SM, MM
6	FC	0.5~1.0dB	0.2dB	SM, MM
7	LC	Typ. 0.15dB(SM) Typ. 0.10dB(MM)	0.2dB	SM, MM
8	FDDI	0.2~0.7dB	0.2dB	SM, MM

[표 1] 광 커넥터 비교

- 1) 바이코닉(biconic) : 단일모드 광섬유를 사용한 최초의 커넥터로, 1980년대 초에 개발되어 통신 회사에서 광범위하게 사용되었다. 최근에는 잘 사용하지 않는다.
- 2) D4 : 단일모드와 다중모드 광섬유 모두 사용할 수 있다. 현재는 이를 개발한 회사에서만 사용하고 있다.
- 3) SMA : 가장 오래된 커넥터로, 현재는 잘 사용하지 않는다. 고열에 잘 견디는 특성이 있어 군사용으로 일부 사용된다.
- 4) ST : 1990년대 미국에서 개발했고 특성이 우수하면서 가격이 낮아 미국 시장의 70% 이상을 차지할 정도로 광범위하게 사용되었다.
- 5) SC : 일본에서 개발된 커넥터로 연결할 때 '찰칵'하는 소리가 나는 잠금 구조를 사용한다. 크기가 작고 사용이 간편하며, 특성이 우수해 우리나라를 비롯해 전 세계적으로 널리 사용되고 있다. 두 개의 SC 커넥터가 하나로 결합된 듀플렉스(duplex) 구조의 SC 커넥터도 있으며, 쌍방향 통신이 필요한 곳에서 널리 사용된다.
- 6) FC : 일본에서 개발한 커넥터며, 반사 손실을 크게 낮춘 최초의 커넥터다. 광신호의 반사에 의한 잡음의 영향이 문제가 될 수 있는 아날로그 시스템이나 고속으로 전송되는 시스템에서 사용되고 있다. 가격은 상대적으로 높은 편이다.
- 7) LC : 원래 가정 배선용으로 개발되었다. 전화용 잭과 비슷하며 페룰의 지름은 ST, SC, FC 커넥터의 절반인 1.25mm이다. 따라서 하나의 커넥터에 두 광섬유가 함께 사용된다.
- 8) FDDI : 원래는 양방향 광전송을 위해 사용되었고, 같은 이름의 표준으로도 등록되어 있다. 이 커넥터는 MIC(Media Interface Connector)라고도 한다.

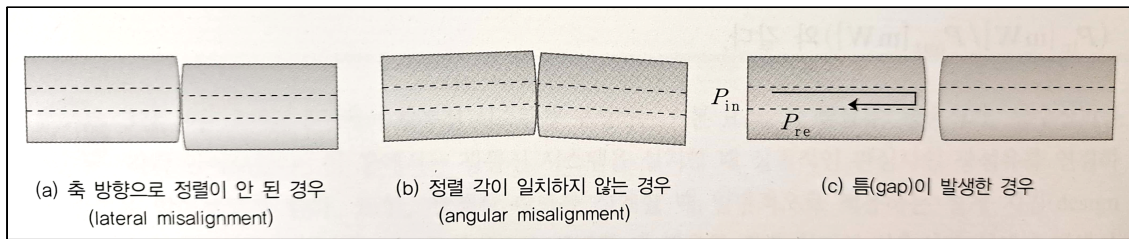
#### 다. 광섬유의 연결 손실과 반사 손실

- 1) 광섬유의 연결 손실 : 두 광섬유 연결하는 방법에는 접속(splicing)과 광 커넥터를 사용하는 방법이 있다. 이러한 방법으로 연결된 광섬유에서 광신호가 연결 부위를 통과하면서 전력 일부가 손실되는 것을 광섬유의 연결 손실이라 한다. 연결 손실은  $L = -10\log\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right) = 10\log\left(\frac{P_{in}}{P_{out}}\right)$ 와 같다.
- 2) 연결 손실을 발생시키는 원인은 크게 내인성과 외인성 손실로 나눌 수 있다.
- 3) 내인성 손실 : 연결된 두 광섬유의 특성이 서로 달라서 발생하는 손실로, 연결하는 방법이 완벽하

다해도 완전히 손실을 없앨 수 없다. 내인성 손실은 코어 직경 크기, 개수구, 모드 필드 직경 (MFD)의 불일치로 발생한다.

- 4) 외인성 손실 : 연결 방법이 불완전하여 발생하는 손실로 이론적으로는 완전히 제거할 수 있다.
- 5) 반사 손실 : [그림 3-(c)]와 같이 외인성 손실의 한 종류로, 광섬유 사이에 틈이 있으면 공기와 광섬유의 굴절률 차이로 반사 손실이 발생한다. 광섬유로 입사된 광전력을  $P_{in}$ , 반사되어 송신기로

되돌아가는 광전력을  $P_{re}$ 라고 하면, 반사 손실  $L_{RE} = -10\log(\frac{P_{re}}{P_{in}})$ 로 정의된다. 반사된 광전력은 LD 동작에 심각한 영향을 줄 수 있으므로  $P_{re}$ 은 작을수록 좋다. 즉, 반사 손실은 다른 손실과 달리 클수록 유리하다.



[그림 3] 외인성 손실의 원인

#### 라. 광 커넥터의 연결 손실과 반사 손실

- 1) 광 커넥터에 의한 연결 손실은 0.1dB에서 1dB 정도며, 약 0.25dB 정도가 일반적인 값이다.
- 2) 광 커넥터의 연결 부위는 반사 잡음과 모드(mode) 잡음의 원인이 된다. 따라서 광 커넥터의 숫자가 많을수록 손실뿐만 아니라 잡음에 의해서도 성능 저하를 가져온다. 반사 잡음은 커넥터 단면에서 굴절률 차이 때문에 광신호 일부가 반사되기 때문에 발생한다. 반사 잡음을 제거하기 위해 경사 단면 구조를 사용하거나, 박막 코팅층을 사용하기도 한다. 모드 잡음은 다중모드 광섬유를 사용할 때 발생한다. LED와 같이 가간섭성(coherence)이 낮은 발광소자가 사용될 때는 큰 문제가 되지 않는다.
- 3) 광 커넥터는 광섬유의 끝부분을 어떻게 연마하느냐에 따라 평면 연마, PC 그리고 APC로 나눌 수 있다. 일반적으로 커넥터 이름 뒤에 PC 또는 APC 등으로 표면 연마 방식을 나타낸다.
- 4) 평면 연마를 하면 광섬유 표면의 작은 요철도 광섬유 사이에 틈을 만들기 때문에 반사 전력이 증가한다. PC 방식은 광섬유 끝을 부드러운 곡선으로 연마한 것이다. 이 방식을 사용함으로써, 반사 전력과 요철에 의한 틈이 줄어든다. APC 방식은 반사 전력이 아주 작은 구조로, 약 8° 정도의 경사로 끝부분을 연마한 것이다. 8°의 경사는 단일모드 광섬유의 수광각을 벗어나기 때문에 반사되는 빛을 크게 제한할 수 있다.
- 5) 일반적으로 평면 연마 방식은 약 14dB이상, PC는 약 25dB 이상 그리고 APC는 약 60dB 이상의 반사 손실을 얻을 수 있다.
- 6) 광 커넥터는 수시로 탈착하기 위해 사용하는 것이므로 반복성(repeatability)이 필요하다. 즉, 여러 번 반복하여 연결해도 연결 손실의 변화가 없어야 한다. 일반적으로 500번 정도 탈착을 반복했을 때 연결 손실의 증가는 0.2dB 이내이어야 한다.

- 참고 문헌 -

[1] 이종형, "광통신 공학 : MATLAB과 함께하는 광통신 시스템", pp.313-319, 한빛아카데미, 2016.