



12주 1강.

광섬유의 연결, 광통신 링크 설계



승실사이버대학교

승실사이버대학교의 강의콘텐츠는
저작권법에 의하여 보호를 받는바, 무단
전재, 배포, 전송, 대여 등을 금합니다.

* 사용서체 : 나눔글꼴

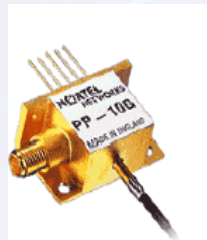
Where are we?



광송신기



광섬유



광수신기

➤ 기본 요소들을 이용하여 광통신 시스템을 구성할 때 알아야 할 사항

- 광섬유를 연결하는 방법
- 광통신 링크를 설계할 때 일반적으로 적용하는 설계 지침 (design guideline)

광섬유의 연결

□ 발광소자(LED, LD)와 광섬유, 광섬유와 수광소자(광다이오드)와 결합하는 기본적인 3가지 방법

- 직접 결합
- 렌즈 결합
- 광섬유의 끝부분을 렌즈 모양으로 변형하여 결합

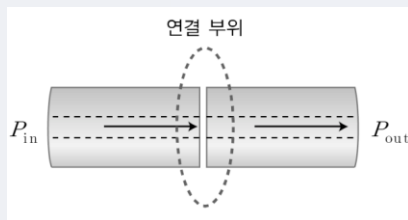
□ 광섬유끼리 연결하는 방법

- 접속(splicing)
- 커넥터(connector)

“광부품 업체는 패키징할 때 접속용 광섬유(pigtail)를 사용하기 때문에, 사용자는 단순히 광섬유끼리 어떻게 연결할지 만을 고려하면 된다”

◆ 연결 손실

- 신호가 연결 부위를 통과하면서 전력 일부가 손실

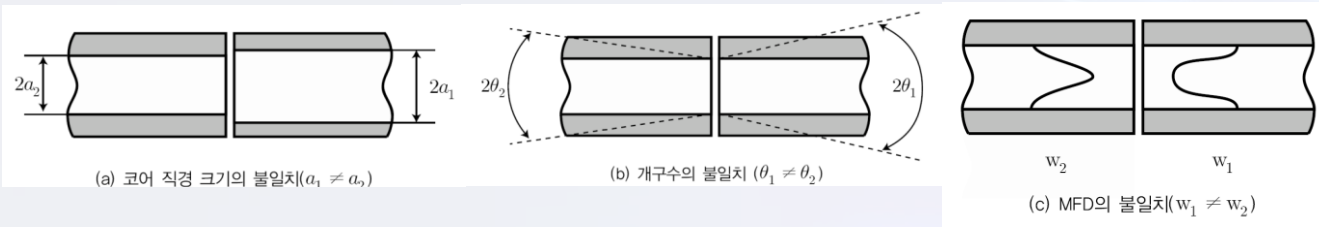


$$L = -10 \log(P_{out} [\text{mW}] / P_{in} [\text{mW}])$$

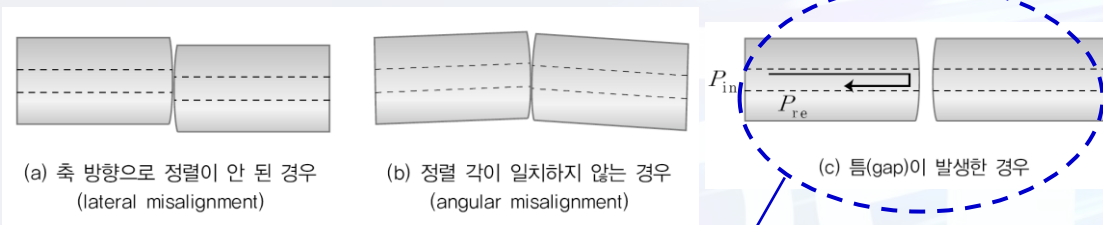
■ 연결 손실의 원인

- 내인성 손실(intrinsic loss)
 - 연결된 두 광섬유의 특성이 서로 달라서(mismatch) 발생하는 손실
- 외인성 손실(extrinsic loss)
 - 연결 방법이 불완전하여 발생하는 손실
 - 주로 두 광섬유를 제대로 정렬하지 못했을 때(misalignment) 발생하며, 이론적으로는 완전히 제거 가능

내인성 손실(intrinsic loss)



외인성 손실(extrinsic loss)



- 섬유 사이에 틈이 있으면 공기와 광섬유의 굴절률 차이로 반사 손실(reflection loss)이 발생

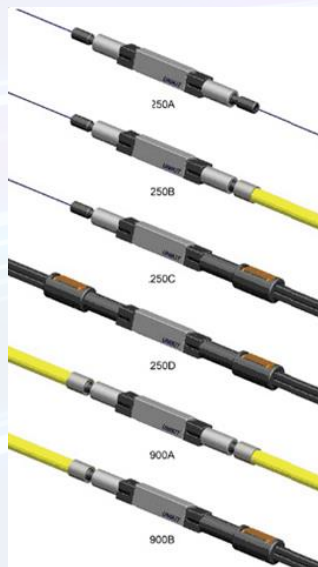


◆ 접속(splicing)

- 두 광섬유를 반영구적 또는 영구적으로 결합하는 것을 말하며, 주로 실외에서 사용
- 융착 접속(fusion splicing)
 - 두 광섬유를 일렬로 정렬시킨 후, 두 광섬유의 끝 부분에 열을 가해 녹여 하나로 결합하는 접속 방법
 - 연결 손실은 0.01dB에서 0.15dB 이하로 매우 낮은 편

- 기계식 접속(mechanical splicing)
 - 특수하게 제작된 구조물에 광섬유를 넣고 조여서 광섬유끼리 밀착해서 결합하는 방식
 - 주로 끊어진 광섬유를 빨리 수리해야 할 때 사용
 - 연결 손실은 약 0.2dB로, 용착 접속에 의한 연결 손실보다 높음

기계식 접속의 외형



◆ 광커넥터(optical connector)

- 두 광섬유를 연결하는 매우 중요한 소자로서, 접속과 달리 수시로 연결과 분리 가능
- 흔한 오동작의 원인, 커넥터 작업에 많은 인력과 시간 필요
- 기본 구조



- 연결 손실
 - 0.1dB에서 1dB 정도이며, 약 0.25dB 정도가 일반적인 값
- 광커넥터의 연결 부위는 반사 잡음의 원인

■ 표면 연마 방식에 따른 광커넥터의 구분

➤ 평면 연마(flat finished)

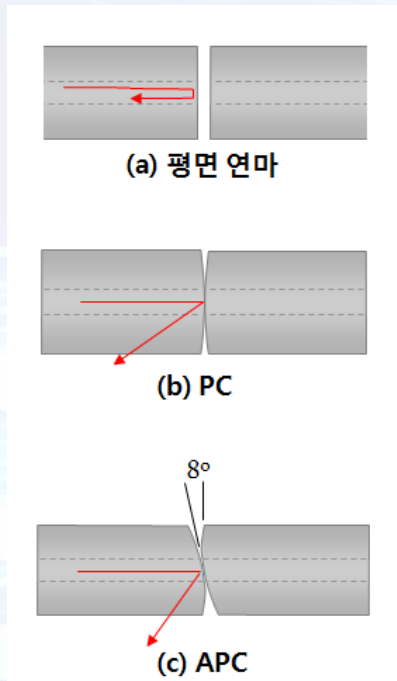
- 광섬유 표면의 작은 요철도 광섬유 사이에 틈을 만들기 때문에 반사 전력이 증가

➤ PC (Physical Contact)

- 광섬유 끝을 부드러운 곡선으로 연마
- 반사 전력과 요철에 의한 틈이 줄어 듦

➤ APC (Angled Physical Contact)

- 약 8° 정도의 경사로 끝부분을 연마
- 8° 의 경사는 단일모드 광섬유의 수광각을 벗어나므로, 반사 전력 크게 감소



광섬유의 연결

- 광커넥터의 종류
 - 표준 광커넥터는 없음 →
- 어댑터
 - 여러 종류의 커넥터를 서로 연결하기 위한 소자



[주요 광커넥터의 특성(SM=단일모드, MM=다중모드)]

커넥터	연결 손실	반복성	광섬유 종류
바이코닉(biconic) 	0,6~1,0dB	0,2dB	SM, MM
D4 	0,2~0,5dB	0,2dB	SM, MM
SMA 	0,4~0,8dB	0,3dB	MM
ST 	Typ. 0,4dB(SM) Typ. 0,5dB(MM)	Typ. 0,4dB(SM) Typ. 0,2dB(MM)	SM, MM
SC 	0,2~0,45dB	0,1dB	SM, MM
FC 	0,5~1,0dB	0,2dB	SM, MM
LC 	Typ. 0,15dB(SM) Typ. 0,10dB(MM)	0,2dB	SM, MM
FDDI 	0,2~0,7dB	0,2dB	SM, MM



◆ 광통신 링크

- 광통신 링크는 두 지점 사이의(point-to-point) 통신을 위해 광송신기와 광수신기를 광섬유로 연결한 형태
- 광통신 시스템은 광통신 링크가 상호 연결된 네트워크로 발전

■ 광통신 링크의 손실 보상

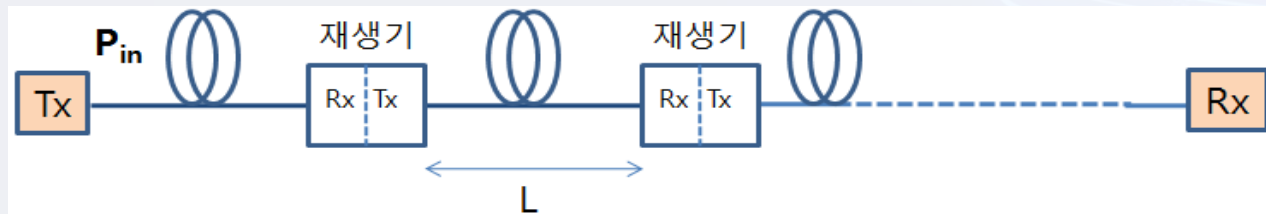
- 광섬유 길이가 20~100km 이상이면 광섬유의 손실 때문에 광수신기에 도달하는 광전력이 매우 낮음
- 원하는 비트오율(BER)을 얻기 위해서는 손실을 보상해야 함
- 손실을 보상하는 두 가지 방법
 - 재생기(regenerator) 사용
 - 광증폭기 사용



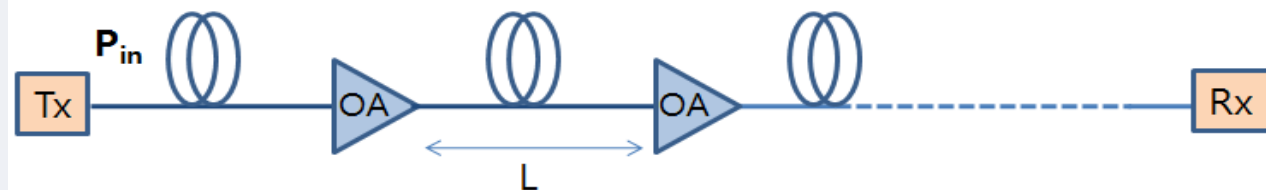
■ 중계기 간격 L

- 재생기 또는 광증폭기 사이의 거리 L을 흔히 중계기 (repeater) 간격이라고 함
- L이 길수록 광통신 링크의 전체 비용 절감
- 광통신 링크는 광섬유의 손실뿐만 아니라 분산 특성에도 영향을 받으므로, L은 비트율 B에 의해 결정되기도 함
 - 광통신 링크의 성능을 나타내는 대표적인 지수로 BL곱을 흔히 사용
 - 중심 파장이 $0.85\mu\text{m}$ 인 제1세대 광통신 시스템은 BL곱이 $\sim 1[(\text{Gb/s})\cdot\text{km}]$ 정도
 - 중심 파장이 $1.55\mu\text{m}$ 인 제3세대 광통신 시스템은 $\sim 1[(\text{Tb/s})\cdot\text{km}]$ 정도

광통신 링크 설계



(a) 재생기를 사용한 경우



(b) 광증폭기를 사용한 경우



◆ 설계 지침(design guideline)

- 중요한 설계 변수
 - 전송 거리
 - 전송 속도(즉, 비트율)
 - 동작 파장
 - 목표 비트오율(BER) 등
- 광통신 시스템을 설계하기 위해서는 광송신기, 광수신기 및 광섬유의 특성을 명확하게 이해해야 함
- 손실제한시스템(loss-limited system)
 - 수 km 이내의 짧은 거리를 제외하고는 광통신 링크를 설계할 때 가장 먼저 고려해야 할 사항은 광섬유의 손실임



◆ 광통신 링크 설계

- 광통신 링크를 설계할 때 전송 거리, 비트율, BER은 미리 결정됨
- 설계 지침은 광섬유의 종류와 동작 파장을 결정하는 출발점이 된다.
- 사용할 광섬유와 파장이 결정되면, 링크 설계(link budget) 단계를 거침
 - 전력 설계
 - 상승시간 설계

■ 전력 설계(power budget)

- 광통신 링크의 예상 수명 동안 수신기에 수신 감도 \bar{P}_{\min} 이상의 전력이 수신되도록 설계



설계 지침을 만족하면서 경제적으로 어느 방법이 가장 유리한지 살펴보아야 함



- 상승시간 설계(rise-time budget)
 - 상승시간 설계는 목표 비트율에서 제대로 동작하도록 설계하는 것을 말함
 - 대역폭 설계(bandwidth budget)라고도 함
 - 광송신기, 광수신기의 상승시간은 광부품 회사의 기술 명세서에서 제공
 - 광섬유의 상승시간은 분산에 의한 펄스 퍼짐으로 계산.

수고하셨습니다.

