

광접속 부품 기술 동향

안승호* 정명영** 전오곤** 최태구***

목 차

- I. 서 론
- II. 광커넥터의 기술동향
- III. Mechanical Splice
- IV. 향후동향 및 결론

〈요 약〉

광통신 시스템에서 광선로의 접속에 사용되는 부품으로 광커넥터와 Mechanical Splice 등이 있다. 시스템 구성에 필수적인 부품으로서 이들 기술의 동향을 파악하여 접속부품의 개발에 응용하고자 광커넥터의 최근 연구분야인 광섬유 후퇴현상과 반사손실특성 향상을 위한 연구내용과 Mechanical Splice의 기술동향을 기술하였다.

I. 서 론

광통신 시스템을 구성하는 데 필요한 부품을 크게 능동부품과 수동부품으로 구별할 수 있는데, 광능동부품으로는 LD, PD, 광수신 OEIC, 광증폭기, 광스위치 등이고, 광수동부품으로는 광커넥터, Mechanical Splice, 광커플러, WDM(Wavelength Division Multiplexer), 광

* 통신부품연구실 연구원
** 통신부품연구실 선임연구원
*** 통신부품연구실 실장

Isolator 등을 들 수 있다. 이들 광수동부품의 세계적인 기술동향은 성능향상, 소형화, 집적화, 저가격화의 추세를 지향하고 있다.

본 고에서는 광수동부품 중에서 접속부품인 광커넥터와 Mechanical Splice에 대한 기술동향을 기술하고자 한다. 광커넥터와 Mechanical Splice는 광선로의 접속에 필수적인 부품으로 시스템 구성에 많은 수요가 예상되고, 현재 시장이 꾸준히 성장하고 있다. 광커넥터에서는 최근 주로 연구되고 있는 삽입손실과 반사손실의 향상을 위한 내용을 기술하고, Mechanical Splice는 최근의 기술동향을 다루었다.

II. 광커넥터의 기술동향

1. 국내의 현황

광통신 시스템에서 전송을 위한 광섬유의 다심화 및 고밀도화는 광통신 시스템의 대용량화에 따라 그 필요성이 점점 증대되고 있으며, 이러한 광통신 시스템의 구현에는 접속부품인 광커넥터가 필수적이고, 광전송 및 가입자 시스템 등에서 광로 유지, 보수의 용이성, 비용절감 등으로 인하여 그 수요는 더욱 증대될 것이다. 광커넥터는 1960년대에 개발되어 현재에는 주로 단심 광커넥터를 위주로 시장이 형성되어 있으며, 시장규모는 약 10억 달러('91년 기준)에 이르는 것으로 예측되고 있다. 주요 광커넥터 개발과정을 고찰하여 보면, 미국은 AT & T의 주도하에 연구되어, 현재 ST형 광커넥터 시장이 폭넓게 형성되어 있으며, 일본은 NTT의 주도하에 '90년경에 상품화된

SC형 광커넥터가 널리 보급될 전망이고, 이를 바탕으로 소형화, 다심화 및 고밀도 실장기술의 개발을 진행하고 있다. 또한 유럽에서는 RACE 프로젝트 내의 광커넥터 개발그룹에서 연구개발이 이루어져, 각국의 공동연구에 의해 '91년 5월경부터 EC형 광커넥터를 생산, 판매하고 있다. 이와 같이 선진각국에서는 각기 고유한 광커넥터를 개발, 자국 시장에 조달하고 있으며, 지속적인 연구를 통하여 시장 창출을 이룩하고 있다. 향후, 광커넥터 시장은 2000년경에 20~30억 달러의 시장으로 확대될 전망이며, 광커넥터는 다심화, 복합기능화, 소형화, 저가격화, 고성능화, 고신뢰성화의 방향으로 지속적인 개발이 이루어질 것이다. 광커넥터는 현재 국내에서 생산되는 유일한 광수동부품으로 광섬유를 생산하는 국내기업에서 광섬유의 결선등을 위하여 생산하고 있으나, 현재 국내 수요의 기반약화로 각 업체별 생산량도 미약한 편이다. 그러나 광 CATV 시스템의 국내 개발을 계기로 광가입자망의 확대가 예상되므로 많은 기업이 광커넥터의 부분품 또는 완제품의 생산을 계획하고 있다. 현재 국내기업의 기술수준은 일부를 제외하고는 단순 조립생산이 가능한 상태이며, 독자적인 핵심기술개발은 거의 불가능한 실정이다. 따라서 광커넥터 기술의 개발로 장래 B-ISDN 도래시 광커넥터의 가격인하를 유도하여 시스템 상용화에 이바지하여야 할 것이다.

2. 최근 기술동향

광커넥터의 특성을 향상시키기 위한 기술개

발은 설계, 소재, 생산기술 분야에서 그동안 많은 연구가 수행되었고, 개발된 기술이 안정화 단계에 이르고 있다. 그중 최근 연구개발이 이루어지고 있는 분야인 광섬유 후퇴현상(Fiber Withdrawal) 및 반사손실특성 향상을 위한 연구내용은 다음과 같다.

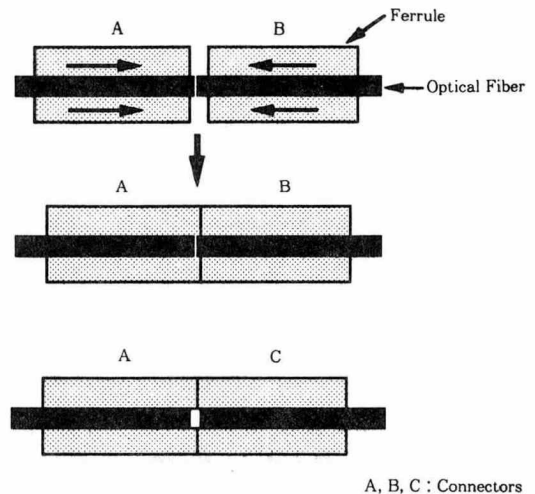
가. 광섬유의 후퇴현상

광섬유 후퇴현상(Permanent Fiber Withdrawal : PFW)은 페룰에 결합된 광섬유가 여러 요인에 의하여 원래 위치에서 이탈되어 광신호의 접속에 문제를 야기시키는 현상으로 물리적 접촉(Physical Contact : PC)에 의해 접속이 이루어지는 광커넥터에서 광섬유 후퇴에 영향을 미치는 주요인은 접착공정(Bonding Process)과 끝면형상이다.

광섬유 후퇴현상은 광커넥터 페룰 안에서 광섬유 축방향으로의 이동으로 후퇴량이 지나치면 물리적 접촉(PC)을 상실하게 되어 반사손실의 감소와 삽입손실의 증가를 가져온다. 광섬유 후퇴현상에는 두가지가 있는데 하나는 영구적인 후퇴현상으로 상온 및 플러그가 결합이 안된 상태에서 광섬유가 원위치로 복원되지 않는 상태이고, 하나는 일시적인 후퇴(Temporary Fiber Withdrawal)로 온도 및 작용하는 힘에 의해 일시적으로 나타나는 후퇴현상이다.

광섬유의 후퇴현상이 발생하는 과정은 PC 커넥터가 접속될 때 광섬유와 페룰의 끝면에 걸리는 힘이 광섬유와 페룰 사이의 접착제에 스트레스를 가하게 되고, 또한 온도가 상승함에 따라 광섬유와 페룰간 열팽창계수의 차이

에 의해 접착부분에 스트레스가 발생하게 된다. 접착제에 가해진 스트레스는 접착제의 변형(Deform), 크립(Creep), 절단(Break)을 유발하고 이는 광섬유의 후퇴를 가져온다. 여러 요인에 의해 발생된 광섬유 후퇴로 인하여 다른 커넥터와 결합되면 (그림 1)과 같은 현상을 초래하게 된다.



(그림 1) 광커넥터 결합시 광섬유 후퇴의 영향

이러한 광섬유 후퇴현상에 영향을 미치는 접착공정의 요인으로는 접착제 성분, 경화시간, 접착두께, 첨가제, 접착제 수명, 광섬유/페룰 시편 등이 있다.

1) 광섬유 후퇴현상의 특성

광섬유 후퇴현상을 유발하는 요인은 접착부분에 걸리는 힘, 온도, 시간 등이다. 일반적으로 결합된 광커넥터의 끝면에 걸리는 힘(End-force)은 800~1200gmf 정도인데, 광섬유는 장시간 광커넥터 스프링의 힘을 견딜 수 없으며, 따라서 광섬유의 이동을 가져온다. 또한 온도가 상승함에 따라 PFW는 증가하고, 시간

이 증가함에 따라 PFW는 감소한다.

2) 광섬유 후퇴의 현상

광섬유 후퇴현상의 1차적 결과는 Plastic Deformation, Creep, Bond Failure의 발생이다.

Plastic Deformation은 접속초기에 신속하게 발생하며 접착두께가 영향을 미친다.

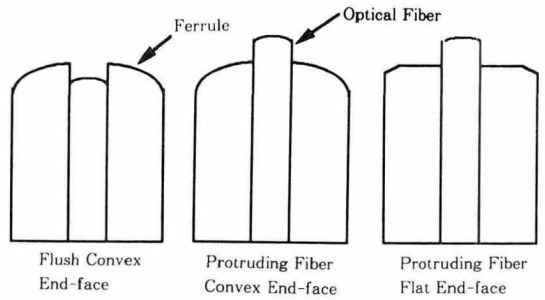
Creep은 느리게 발생하는 것으로 접착제에 가해지는 일정한 스트레스가 원인이고, 장시간 환경노출 후 발생하는 광섬유 후퇴량의 많은 부분이 Creep 때문에 발생한다. Creep에 의한 광섬유 후퇴는 온도의 증가에 따라 증가하고, 시간이 지남에 따라 감소한다.

Bond Failure는 스트레스가 접착부위에 가해질 때, 존재하는 역치(Threshold Value)에 의해 설명되는데 역치 이하에서는 광섬유의 이동이 거의 없고, 역치를 넘으면 이동이 급격히 발생한다.

온도에 의해 발생하는 광섬유 후퇴현상은 고온에서 접착제가 연화(軟化)되어 Creep을 저지하는 힘이 적어지고, 또한 페룰의 열팽창 계수가 광섬유보다 15배 크기 때문에 온도가 증가하면 페룰의 부피가 증가하여 광섬유를 밀어내려는 힘이 발생한다. 반면에 결합력이 제거된 상태에서는 Creep 이론에 의해 후퇴된 광섬유가 원래 위치로 돌아가려는 "Pop Back" 현상이 존재한다.

3) 커넥터 끝면형상

끝면형상은 광섬유 후퇴현상의 증가와 허용 가능한 후퇴량에 중요한 영향을 미친다. PC 커넥터 끝면형상은 곡면형상, 광섬유가 돌출된 곡면형상, 광섬유가 돌출된 평면형상 등이 있다.



(그림 2) 커넥터 끝면형상

4) 제조공차

일반 곡면형상의 가공은 공차가 아주 작으나, 광섬유가 돌출된 경우 1 μ m 이상의 변동이 발생한다. 돌출길이의 변화는 커넥터 결합시 비대칭에 의해 접속에서의 고장을 유발할 수 있다.

5) 곡률반경

일반적으로 PC 커넥터는 결합시 광커넥터 끝면에 800~1200gmf 정도의 힘이 작용한다. 물리적 접촉을 유지하면서 광섬유 후퇴현상이 발생하지 않기 위해서는 광커넥터 접촉면의 곡률반경(Radius)이 중요한 요인이 된다. 곡률반경에 따라 커넥터의 공차가 달라지며, 이 공차는 광섬유 후퇴현상을 부분적으로 상쇄하는 요인으로 작용하기 때문에 이상적인 끝면 곡률반경을 결정하는 연구가 필요하다.

나. 반사손실특성의 향상

반사손실은 광섬유를 통해 전달되는 광신호가 광선로의 굴절을 불연속성으로 인하여 반사되어 되돌아오는 정도를 입력신호와 반사신호의 광파워 비의 함수로 나타낸다. 광통신 선로상에서 반사손실을 광섬유 결합부품들의 주요 광학특성으로 규정하는 이유로는 반사된

광신호가 광원(LD) 및 광증폭기의 성능저하, 열화를 초래하고 에널로그 광통신시스템과 Coherent-detection, Direct-detection등에도 많은 영향을 주고 있기 때문이다. 또한 다중반사(Multiple Reflection)는 노이즈성분의 증폭으로 레이저 위상의 간섭현상을 야기하여 시스템 열화 및 특성측정에 한계를 초래한다. 최근 Bellcore에서도 광섬유 결합장치들의 반사손실의 허용기준을 30dB에서 40dB로 제안하였다.

반사손실을 줄일수 있는 대책기술과 그에 따른 반사손실 영향은 다음과 같다.

1) 물리적 접촉법과 굴절률 정합

광선로상에서 굴절을 불연속을 최소화하는 기술로 광섬유간의 물리적 접촉법(Physical Contact Method)과 커넥터보다는 Mechanical Splice에서 많이 사용하는 방법으로 굴절률 정합물질(Index Matching Material)을 광섬유 접촉면 사이에 끼워 굴절을 불연속을 최소화하는 기술이 있다. 그러나 현재 상용화된 대부분의 광커넥터는 굴절률 정합체를 이용하기 보다는 단면접촉법을 많이 이용하고 있다. 광섬유 물리적 접촉(PC)을 위한 접속구조(Coupling Mechanism)에서는 광섬유 절단, 접착, 연마공정이 필수적이며, 이때 광섬유 절단면의 직각성 및 평면도 유지, 광섬유 접촉시 접촉체의 광섬유 단면 오염으로 연마공정이 필요하다. 이러한 기술로 단면처리된 광커넥터의 반사손실은 약 30dB 정도이다.

연마공정에서 광섬유에 가해지는 응력이 스트레스를 유도하여 광탄성효과에 의해 야기된 광섬유 굴절지수의 변화와 연마시 침투된 불

순물에 의해 광섬유 굴절률(1.47)보다 높은 굴절률층(Higher Index Layer : 굴절률 1.6)이 형성된다. 이렇게 생성된 고굴절률층은 반사손실을 줄이는 데 제약조건이 됨에 따라 새로운 연마방법이 제시되었는데, 이는 일차로 종래의 연마과정을 거친 후 이차로 산화세륨(Cerium Oxide)을 연마제로 다시 연마하여 고굴절률층의 생성을 최소화하는 것이다. 그러나 단면의 거칠기가 거친 단점이 있다. 이 방법으로 약 40dB 정도의 반사손실을 얻을 수 있다.

2) 경사 연마법

접속되는 광섬유 단면의 경사면 처리(Oblique Polishing Method)로 반사되는 광파위를 광섬유 밖으로 유도하여 반사손실을 줄이는 방법으로 광섬유 중심축과 이루는 각도를 약 10° 정도로 유지하여 반사손실 약 60dB를 만족하는 광커넥터가 개발되었다. 경사연마법으로 가공된 광섬유 접속구조에서 저삽입손실을 위해서는 접속 양단면의 동일한 경사각도 유지 및 커넥터 접속시 경사각도가 서로 평행하게 결합되기 위한 극성을 갖는 접속구조가 요구된다.

3) 굴절률 정합 및 경사 연마법

반사손실 및 삽입손실특성을 동시에 향상시킬 수 있도록 상기 두가지 대책 기술의 조합 형태도 제안되고 있다. 즉, 굴절률 정합체와 단면 경사 처리법을 결합하여 반사손실을 줄이면서 경사로된 광섬유 단면에 굴절률 정합체가 끼워지게 되므로 극성구조의 결합구조가 불필요하며 저삽입손실도 얻을 수 있다. 그러나 이 기술은 광커넥터보다는 Splice에 더욱

효과적이다. 왜냐하면 광커넥터에서는 플러그의 탈착이 많이 반복됨으로 인해 오염물질이 침투하여 굴절률 정합체의 성질을 변하게 하여 신뢰성 있는 특성유지에 문제가 있기 때문이다. Splice의 경우 한번 결합 후에는 많은 반복 결합은 불필요한 제품 특성이 있다.

III. Mechanical Splice

1. 국내외 현황

광통신 시스템의 목표인 FTTH(Fiber To The Home)의 전개는 광섬유의 평균사용거리를 짧게 하여 광섬유 단위길이당 Splice/Connector의 사용량을 증대시키므로, 전체 시스템 비용중 Splice 및 설치비용이 차지하는 비중은 점점 높아지고 있다. 또한 Splice 용도가 확대되고, 새로운 환경에 적용하기 위해서는 적절한 Splice의 개발이 필요하다.

현재 사용되고 있는 Splicing 방법은 Mechanical Splice와 Fusion Splice가 있다. Fusion Splice는 손실때문에 광섬유 축의 수직선에 대하여 2° 이하로 절단되어야 하지만, Mechanical Splice는 굴절률 보정액의 사용으로 인하여 각도의 영향을 크게 받지 않는다. 또한 Fusion Splice는 광섬유의 정렬 및 용융을 위한 정밀한 장치가 필요하고, 현장(맨홀)에서의 작업에 어려움이 따른다. 반면에 Mechanical Splice는 광섬유를 유도하여 지지하기 위한 다소 간단한 장치만이 요구되고, 장소에 무관하게 사용가능하며, 비용, 작업공간, 작업시간의 측면에서 유리한 면이 있다. <표 1>은 기존 Splice

의 특성을 비교한 것이다.

<표 1> Splice의 성능비교

항 목	Fusion Splice	Mechanical Splice
접속손실	0.15dB	0.2dB
반사손실	50dB 이상	50dB(평균)
인장강도	1lb 이하도 존재 Proof Test 필요	1lb 전후
접속시간	3분 정도	2분 정도
온도주기 특 성	적절한 보호 슬리브가 있을 경우 변화 없음	대부분 양호 (-40~85°C)

2. 기술동향

Mechanical Splice는 광케이블을 영구접속시키는 하나의 방법으로, 용착에 의하지 않고 기계적인 방법으로 정렬을 시켜주는 부분과 정렬된 광섬유를 영구히 유지(고정)시켜주는 부분으로 구성되어 있다. Mechanical Splice에서 이용하고 있는 광섬유 결합방법은 크게 접착제에 의한 Bonding과 광섬유를 기계적 구조물로 잡아주는 Grip-Type으로 나눌 수 있다.

Bonding을 이용한 Mechanical Splice의 종류는 Capillary Splice와 Groove Splice로 대별된다. 이들은 주로 굴절률 보정액과 접착제를 사용하여 광섬유를 고정시키고, Capillary와 Groove를 이용하여 정렬시키는 구조를 가지고 있다.

Grip-type은 광섬유를 봉이나 별도의 구조물을 이용하여 정렬시키고, 이들 구조에 외부 구조물에 의한 물리적 힘(스프링, 나사, 클립 등)을 가함으로써 광섬유를 정렬 및 고정시키

는 구조이다.

Mechanical Splice를 설계 및 개발하는 데 있어 중요한 것은 직경이 다른 광섬유라 할지라도 동일축상에 양 중심을 정확하게 정렬 및 고정시켜주는 메카니즘과 적절한 광섬유의 유지력을 필요로 한다. Mechanical Splice에 대한 표준이나 규격은 존재하지 않으나, Bellcore TR-TSY-000765의 설계요구조건은 Mechanical Splice의 광섬유 유지력이 500 g 이상으로 되어 있다. 또한 작은 삽입손실과 반사(Reflection) 그리고 설치의 용이성, 저가격 등도 고려하여야 한다. Mechanical Splice가 Fusion Splice에 비해 갖는 단점은 반사(Reflection)가 상대적으로 크다는 점이다. 반사를 줄이기 위해 접속되는 광섬유의 끝면을 경사지게 연마하여 결합하는 구조도 있다.

가장 일반적인 Mechanical Splice로 구조의 단순성 등이 갖는 특징 때문에 Capillary와 Groove Splice 등이 많이 사용되어 왔으나, 굴절률 정합액의 사용과 정확한 동일축상 정렬의 어려움 등 단점도 가지고 있어서, 최근 Mechanical Splice의 기술동향은 광섬유를 정확하게 동일축상에 정렬·고정시켜주기 위하여 Grip-type Mechanical Splice의 개발로 이어지고 있다. 그러나 Grip-type은 구조가 다소 복잡해지고 구성품이 증가하는 단점도 가지고 있다.

가. Capillary Splice

Capillary Splice는 양쪽에서 광섬유를 삽입한 후, 에폭시 등의 접착제를 사용하여 접속시키는 것으로 크기가 작으며, Capillary 내경

의 정밀도가 중요하다. 또한 굴절률 보정액을 사용하는 경우, 완전한 밀봉이 안될 때 오염의 문제도 발생할 수 있고, 조립과정이 Grip-type에 비해 늘어난다.

나. Groove Splice

Groove Splice는 기관상의 V홈을 이용하여, 두 광섬유를 정렬시키고, 접착제를 사용하여 접합시키는 것으로 굴절률 보정액을 사용하기도 한다. 또다른 방법으로는 2-3개의 봉을 사용하여 정렬시키는 구조도 많이 개발되어 있다. 이 방법은 홈이나 정렬봉이 정밀해야만 한다.

다. Grip-type Mechanical Splice

Grip-type은 Capillary나 Groove Splice의 단점, 즉 동일축상 광섬유 정렬의 어려움을 해결하고, 조작의 용이성이 있는 반면에 구조가 약간 복잡해지고 부분품이 증가하게 된다. 그러나 Grip-type이 갖는 장점이 단점에 비해 더욱 부각되고 있는 실정이다.

Grip-type의 구조들은 광섬유를 직접 고정시키는 부분이 외부의 힘에 의해 재질의 변형과 함께 정렬되거나, 캠의 원리를 이용, 회전시키면서 고정·결합시키는 방법 등이 있다.

IV. 향후동향 및 결론

광접속부품의 기술개발방향은 성능향상, 비용절감, 사용의 용이성을 목표로 고신뢰성과 삽입손실 및 반사손실 등 광학적 특성 향상, 생산성 향상을 위하여 무연마, 무접착제 기술

을 이용한 조립의 신속화, 저가격화 등을 추구하고 있다. 또한 광통신 시스템의 대용량화에 따라 광섬유의 다심접속 및 고밀도화의 필요성이 증대되고 있다. 따라서 국내에서는 단순조립의 단계를 극복하고, 광커넥터 및 Me-

chanical Splice 접속기술을 확보하여 시스템 상용화에 이바지하고, 서비스 비용의 절감을 이룩해야 할 것으로 생각된다. 아울러 접속기술 및 광통신시스템의 발전방향에 대응하여 다심접속기술의 개발도 병행해야 할 것이다.