

## 플라스틱 광섬유용 광커넥터 / 광송수신모듈 제작과 특성

안정균\*, 박경서, 박민성  
\*한국통신 기술연구소, 히로세 코리아(주)

### Fabrication and Characteristics of Optical Connector / Optical Transceiver for Plastic Optical Fiber

Jung-Gyun Ahn\*, Kyoung-Seo Park, Min-Sung Park  
\* KT 기술연구소, Hirose Korea

**Abstract** - 본 논문에서는 플라스틱 광섬유용(POF) 광커넥터와 광송수신모듈을 설계, 제작하여 특성을 평가하였다. 650nm와 850nm POF 광커넥터는 광학적, 기계적, 환경적 신뢰성 시험을 통해 안정성을 확증할 수 있었다. POF 광송수신모듈은 1.25Gbps와 155Mbps급의 SC, RJ-45 형태의 구조로 제작되었고, 이를 적용하여 S/W Hub 및 광전 Outlet, Media Converter등을 구현하였다.

#### 1. 서 론

최근 인터넷 사용이 폭발적으로 증가하면서 점차적으로 초고속 통신서비스의 필요성에 대한 인식이 날로 높아지고 다양한 멀티미디어 서비스와 더불어 초고속 통신장치에 대한 수요가 급증하게 되었다. 현재 UTP 또는 전화망 위주의 설비가 주종을 이루고 있으나 가입자 증가에 따른 전송속도의 한계와 유효전송거리의 제약 등으로 인하여 고속 멀티미디어 서비스를 수용할 수 있는 커넥터 및 통신 시스템 장치들의 연구 개발이 시급한 실정이다. 또한 근래에는 FTTH 방안이 제시되고 있고 이를 실현하기 위해 유리 광섬유(GOF)가 사용되고 있으나 이는 깨지기 쉽고, 형성 가공이 어려우며, 생산성의 문제와 광접속 기술의 고가라는 단점을 가지고 있어, 이를 해결할 수 있는 광학 재료의 대체가 급속하게 대두되고 있다. 이 중 플라스틱 광섬유는(POF) 대역폭과 손실면에서 근거리 통신망에 적합하여 가장 각광을 받고 있는 소재이다. 본 논문에서는 이러한 POF를 이용하여 650nm, 850nm 전송용 광커넥터와 1.25Gbps, 155Mbps 고속 신호 전송이 가능한 일체형 광송수신 모듈을 설계, 제작에 관한 것을 기술하였으며 이들의 특성 측정 결과를 보이고 분석하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 POF 커넥터 설계

POF 커넥터를 설계하는데 있어 가장 고려되었던 사항으로는 통신용 고집적 장비나 패치패널, 소형 광인출구, 홈네트워크용 노트북, PDA등과 같이 소형의 커넥터를 요구하는 곳에 적용 가능하도록 하는 것과 이를 현장에서도 손쉽게 조립할 수 있도록 하는 것이었다. POF 커넥터는 케이블을 수용하기 위한 Plug, Plug to Plug 연결 AdapterR, Transceiver에 사용되는 Receptacle로 구분하였고, Gigabit 전송을 위한 850nm 커넥터와 수백 Mega급 650nm 커넥터의 두 종류로 설정하였다.

##### 2.1.1 650nm POF 커넥터...

Plug는 케이블을 잘 수용하여, 견고히 고정시킬 수 있어야 하고 착탈시 원활한 구조를 가지고 있어야 한다. 먼저, MITSUBISHI RAYON사의 980/1000um SI POF 광섬유를 수용하기 위해서 Housing과 한 몸체를 이루고 있는 페룰부를 형성하고 외경은 2.15mm, 내경은 1mm로 설계하였으며 케이블을 견고히 고정시키기 위해 하우징 상단으로부터 편심 요철형태를 가진 Clamp를 압입 시킴으로써 케이블의 강한 인장 시에도 특성 변화를 최소화 할 수 있는 구조를 채택하였다. 또한, 2심의 플라스틱 광섬유를 동시에 수용하도록 설계하여 플라스틱 광섬유 정렬을 위한 페룰간의 폭을 최대한 줄여서 단심 SC 광커넥터 2개가 수용되는 Duplex SC형의 광커넥터에 비해 평균 단면적이 1/3의 크기로서 기존의 통신용 IEEE1394 광커넥터에 비해서도 1/2의 크기로 설계가 되었다. 뿐만 아니라 push-pull 방식으로 설계하여 접속과 탈착의 편리성을 꾀하였다.

##### 2.1.2 850nm POF 커넥터

ASAHI GLASS사의 120/200um GI-POF FIBER를 수용하기 위해서 별도의 플라스틱 재질의 페룰을 이용하는 구조로 설계하였다. 정확도와 정밀도를 확보하기 위해 플로팅 접속방식(페룰이 스프링력에 의해 접속력을 지속적으로 인가함으로써 온도변화 등에 의한 재료의 변형에도 일정한 접속을 유지할 수 있는 방식)을 적용하면서 기존의 SC나 MU형 커넥터에서 볼 수 있는 심선과 페룰의 고정, 외피와 부트간의 고정을 위한 기계적 압착 방식, 심선과 페룰간의 유동방지를 위한 접착등의 복잡한 고정방식을 Clamp만을 압입하여 외피를 고정하는 방식으로 개선함으로써 부품 및 조립시간을 최소화하였다. 특히 페룰의 동심 및 진원도를 유지하기 위해 PPS의 고강도 플라스틱 재질을 채택하여 친정밀도를 향상시켰으며, Clamp를 제외한 모든 부품이 플라스틱 사출물로 이루어져 기존의 지프코니아 페룰, 페룰의 후가공 등의 제조 공정을 없앨 수 있어서 주요 부품의 제조 단가를 파격적으로 줄이고자 하였다.

##### 2.1.3 ADAPTER / RECEPTACLE

Adapter 설계시 고려해야할 사항은 Plug to Plug를 얼마만큼의 정렬도를 유지하여 광특성을 좋게 할 것인가, 두 번째는 Panel 조립 장착시 빠른 시간내 효율적으로 실장 할 수 있는 구조인가가 중요 포인트이다. 따라서 Adapter 설계시 사출에 의한 일체형 Sleeve를 이용하여 정렬문제를 해결하였으며 Panel 조립 장착성을 양호하게 하기 위해서 Panel Front에서 뒤로 밀어 넣으면 자동적으로 P무디에 Lock 되며 해체 시에는 Back쪽에서 손으로 Lever를 눌러 빼는

구조를 채택하여 하나의 부품으로 광학접속과 Panel 취부 기능을 동시에 부합하였다.

Receptacle은 광신호를 송수신하기 위해 필수적인 LD 또는 LED, PD 광전소자를 수용하는 연결 부품이다. 따라서, Packaging시 페룰과 광전소자와의 정렬부는 대단히 정밀하게 이루어져야 하고 발광소자의 Focal Length도 광 Power에 직접적인 영향을 미치므로 설계시 이들 부품의 Align 방법이 제일 고려되어야 한다. 정렬부는 사출 성형에 의한 일체형 Sleeve를 사용하였으며 광전소자를 고정시키는 부분의 설계는 650nm receptacle의 경우 Key형태의 구조를 갖는 Metal Fitting을 먼저 Receptacle 상단으로부터 조립시킴으로서 Metal Fitting의 Spring력에 의해 고정시켜서 빠짐을 방지하고 Fiber정렬을 향상시켰다. 그리고, 850nm Receptacle의 경우는 특히 광전소자와 Fiber core의 정렬이 10 $\mu$ m이내의 공차 범위의 정밀도를 요구하기 때문에 광전소자와 Plug의 페룰과의 Align을 위한 SUS 재질의 Hlder를 따라 정렬되어지는 구조를 채택하였다.

**2.2 시제품 제작과 특성**

플라스틱 광섬유 단면의 연마는 100 $^{\circ}$ C정도의 방전 히터를 이용하여 용착시키는 Hot Plate 방법과 기존의 지르코니아 페룰 연마방법인 랩핑 필름을 이용한 단계적 Polishing 방법을 사용하였다. 랩핑필름을 이용한 Polishing방법은 고도의 연마기술을 필요로 하지는 않으며, Hot Plate 방법보다 더 나은 광특성을 얻을 수 있었다. 이러한 방법으로 제작된 sample은 신뢰성을 확인하기 위하여 광특성 시험과 다양한 신뢰성 검사(기계적, 환경적 허용 범위)가 수행되었다. 검사의 방법과 상태는 JIS규격에 기초하였다.



그림 1. POF 커넥터.

**2.2.1 광학적 특성**

제작된 플라스틱 광섬유 커넥터의 광학적 특성을 파악하기 위해 다수의 sample을 선정하여, 마스터 코드와의 삽입손실을 측정하였다. 측정 결과 650nm 커넥터의 경우 핫플레이트 가공시 평균 0.95dB, 연마방법시 0.75dB를 얻었으며, 850nm 커넥터의 경우 평균 0.45dB의 결과치를 보였다.

**2.2.2 환경적 특성**

플라스틱 광섬유 커넥터 시제품은 고분자 합성재료를 소재로 사용하기 때문에 환경적 특성이 중요하다. 따라서 온도주기시험과 내습성 시험을 통하여 제작된 플라스틱 광섬유 커넥터의 환경적특성을 평가하였다.

**(1) 온도주기시험**

플라스틱 광섬유 커넥터 시제품의 온도주기에 따른 손실 특성의 변화를 측정하기 위하여 저온항온조와 고온항온조를 사용하여 진행하였다. 시험 조건은 -25 $^{\circ}$ C에서 30분, 5~35 $^{\circ}$ C 10~15분, 70 $^{\circ}$ C 30분, 5~35 $^{\circ}$ C에서 10~15분을 1cycle로 하여 10cycle 실시하였고, 매 10 $^{\circ}$ C마다 측정하였다. 시험중 손실 변화 편차는 일정한 범위내에서 크게 벗어나지 않았다.

**(2) 내습성 측정**

내습성은 온도 -10 $^{\circ}$ C~65 $^{\circ}$ C, 상대습도 80-96%RH의 환경에서 24시간을 1cycle로 하여 10cycle 실행되었다. 내습성 시험에 따른 삽입손실값의 변화는 평균 0.22dB 수준으로 크지 않으며, 측정오차 범위 내에 존재하는 것을 알 수 있다. 또한, 외관, 구조상 파손 등의 변화는 일어나지 않았다.

**2.2.3 기계적 특성**

기계적 시험은 외부의 힘에 의해 재료의 열화 현상이나 구조적인 결함, 부품의 수명등을 파악하기 위해 행하여진다. 본 플라스틱 광섬유 커넥터의 구조와 적용 부분의 기계적 특성을 알아보기 위해 코드 clamp 강도와 내진성, 반복동작, 내충격성의 시험을 실행하였다.

**(1) 코드 clamp 강도 시험**

Clamp코드의 작용에 광섬유와 커넥터 하우징의 고정력이 이루어지는 플라스틱 광섬유 커넥터의 강도를 시험하기 위해 Push-Pull Gauge를 사용하여 광 커넥터 양단을 고정후 5kgf(49N)의 인장력을 1분간 인가하여 clamp부 코드의 이상 유무와 삽입손실을 측정하였다. 측정결과 인장력을 가하기 전 초기 측정손실과 비교하여 크게 변하지 않으며 평균 0.1dB이하의 손실 변화를 나타내어 주어진 환경에서 안정성을 확증할 수 있었다.

**(2) 내진성과 내충격 시험**

내진성 시험은 진동수 범위 10~55Hz, 진진폭 1.50mm, Sweep time 10~55~10Hz(약 5분간), (X,Y,Z) 3축 방향 각 2시간의 조건으로 진동시험기를 사용하여 수행하였고, 내충격 시험은 가속도 981m/s<sup>2</sup>(100G), 지속시간 6ms, 정현반파 3.7m/s, (X,Y,Z) 3축방향 각 3회로 낙하충격시험기를 이용하였다. 시험 결과는 신뢰성 시험 규격에 만족하는 범위에서 우수한 특성을 나타내었다.

**(3) 재반복 특성 시험**

광커넥터의 역할 중 가장 중요한 것이 광섬유의 결합 방식의 형태를 바꾸어 유연성 있게 함으로써 최소의 손실로 광을 전송하는 것이다. 이에 커넥터는 내구성 뿐만 아니라 다수의 재반복 동작 후에도 어떠한 열화 현상이 발생하지 않는 특성을 가지고 있어야 한다. 재 반복 특성 시험은 반복 동작 후 외관, 구조의 변화와 삽입손실의 측정으로 진행되었다. 시험조건은 500회 재반복 동작(삽발)을 실행하며 10회 마다 삽입손실을 측정하며 측정시 외관, 구조상 파손 및 부품의 흔들림이 없어야 하며 삽입손실은 0.5dB내의 편차를 가져야 한다. 시험 결과 삽입손실의 편차는 0.15dB이하로 나타났으며, 이 결과는 주어진 광접속 상태에서 플라스틱 광섬유 커넥터의 안정성과 일관성을 확증하는 결과이다.

**2.3 광송수신 모듈 시제품 설계 및 특성**

**2.3.1 가입자 맥내용 광모듈 설계**

850nm VCSEL과 650nm RC LED를 광원으로 하여 SC구조 형태와 RJ-45구조로 1.25Gbps, 155Mbps 광송수신모듈 5종을 설계 제작하였다. 그림 2는 SC구조의 가입자 맥내용 850nm VCSEL 1.25Gbps 광모듈의 구조도를 보여준다.

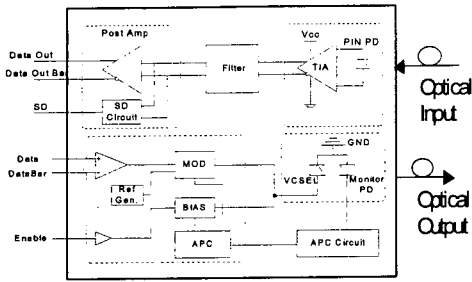


그림2. SC구조형태의 1.25Gbps 광모듈 구조도

광 송신부는 Monitor PD와 VCSEL을 포함한 광원부, VCSEL의 고속변조를 위한 구동 회로부, 광출력의 세기를 모니터링하여 온도의 변화에 관계없이 일정한 광출력을 얻을 수 있도록 하는 자동 광출력 조절 (APC: Automatic Power Control) 회로로 구성된다. 광원부에는 광섬유와의 커플링 효율을 향상시키기 위해 렌즈가 적용된 TO-46 패키지를 사용하였으며, APC 기능을 위해 Monitor PD의 출력을 사용한다. 광 수신부는 전송후 세기가 약해지거나 왜곡된 광신호를 전기신호로 바꾸고, 증폭하여 신호를 처리할 수 있도록 정형화 시키는 기능을 한다. 광신호를 전기신호로 바꾸는 PD와 미약한 전기신호를 증폭하는 전치 증폭기(TIA), 증폭 및 왜곡된 신호를 정형화하는 주 증폭기로 구성된다.

2.3.2 송수신 모듈 시제품 및 광학적 특성

그림 3(a)는 SC 구조 형태의 850nm/1.25Gbps 광모듈, 3(b)는 RJ-45 구조 형태의 850nm/155Mbps 광모듈 제품을 보여준다.

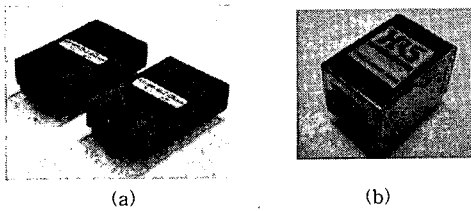


그림 3. 광송수신 모듈

SC 구조 형태의 850nm/1.25Gbps 광송수신 모듈의 광학적 특성은 표1과 같으며 광 EYE Pattern은 그림 4와 같다.

표1. SC구조 형태의 850nm/1.25Gbps 광모듈의 광학적 특성

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
<b>Transmitter</b>					
Optical Transmit Power	$P_{opt}$	-10		-4	dBm
Center Wavelength	$\lambda_c$	830	850	860	nm
Spectral Width(RMS)	$\Delta\lambda$			0.85	nm
Extinction Ratio	ER	9	10		dB
<b>Receiver</b>					
Optical Sensitivity	$P_{min}$			-17	dBm
Optical Overload	$P_{max}$	-4			dBm
Operating Wavelength	$\lambda_o$	810	850	860	nm
Signal Detect Alarm ON	SA	-27		-17	dBm

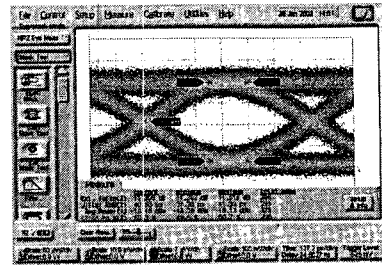


그림 4. 전송 후 Eye pattern

Optical Transmitter Power는 125um core/230um clad 광섬유와 결합하였을때의 광파워이며, 출력되는 광의 중심 파장은 850nm이다. 모듈의 제작시 광파워는 상온에서 -6dBm 정도로 제작된다. Optical Sensitivity는 1.25Gbps, PRBS 2<sup>23</sup>-1 NRZ 신호를 입력하여 BER = 1×10<sup>-10</sup> 일 때의 광파워이며, Signal Detect는 입력 광파워가 -27~-17dBm 사이에서 Alarm ON이 된다.

3. 결 론

초고속 정보 통신망 구축의 일환으로 근거리 통신망에서의 새로운 전송 매체인 POF(Plastic Optical Fiber) 커넥터 및 광송수신 모듈, 통신 기자재시제품을 제작하여, 그 특성을 평가하였다. POF 커넥터를 Plug, Adapter, Receptacle 부분으로 구분하여 제작 기술을 확보하였으며, 시제품의 광학적, 기계적, 환경적 특성평가를 통해 제작된 커넥터의 충분한 기능을 확인할 수 있었다. 또한 650nm와 850nm를 사용하는 1.25Gbps, 155Mbps급 광송수신모듈을 SC타입, RJ 타입으로 설계, 제작하여 S/W Hub, Media Converter, Outlet 등의 POF 관련 통신 기자재를 구현할 수 있었다. 본 POF 관련 커넥터 및 광전소자 등의 연구를 통해 광홈네트워크 구축을 위한 기초 기술을 확보하고 이를 통해 전분야의 초고속 통신의 기반이 될 수 있는 FTTH의 완성을 위한 기술력 확보로 구내통신망의 고도화 실현이 기대된다.

(참 고 문 헌)

- [1] JIS C 5961, JIS C 5976 Japanese Industrial Standard Specifies
- [2] G. D. Khoe, T. Koonen, I. Tafur, H. v. d. Boom, P. v. Bennekom, A. Ng'oma, "High Capacity Polymer Optical Fiber Systems", POF '2002 Tokyo
- [3] J. D. Lambkin, T. McCormack, T. Calvert, T. Moriarty, "Advanced Emitters for Plastic Optical Fiber", POF '2000 Tokyo
- [4] E. Baur, H. Hurt, J. Wittl, K. Panzer, T. Gallner, "Shifting the Borders, "POF Transceiver for high Temperature Applications for 200Mbit/s bidirectional half duplex data transmission", POF '2002 Tokyo, post deadline paper