

FTTH 광송수신모듈의 기술 동향

김성민 | 임충환 | 권창순 | 추안구

(주)오이솔루션

요약

본고에서는 FTTH의 최근 기술현황과 장비에 사용되는 GE-PON ONU와 OLT 광송수신모듈의 기술에 대하여 알아 본다.

1. 서론

FTTH(fiber to the home) 서비스는 Point-to-Point 전송방식인 AON(active optical network)과 Point-to-Multipoint 방식인 PON(passive optical network)이 있다, AON 방식은 Remote Node에 Ethernet switch와 같은 능동장비에 의하여 동작하는 반면 PON방식은 Splitter와 같은 수동 구동장비에 의하여 동작하므로 경제성과 용이한 장비운영 때문에 AON방식은 줄고 PON방식의 보급이 세계적으로 급속히 늘어나고 있는 추세이다.

FTTH 서비스는 일본에서 2001년 3월부터 NTT 東일본과 西일본이 시작하여 A(ATM)-PON, B(broadband)-PON에 의한 100Mbps급 서비스에 이어 2004년 9월부터 GE(gigabit Ethernet)-PON에 의한 서비스도 제공되기 시작하였다. 현재는 대부분 GE-PON 중심으로 보급이 확대되고 있으며 현재까지 1000만명 가입자를 확보하였고 2010년까지 3000만 가입자를 목표로 하고 있다. 일본에서 서비스를 제공하는 회사는 NTT동.서, USEN, 동경전력, KDDI, CTC, QT Net, ST Net, OT Net, Energia, 케이.유티콤 등이 있다.

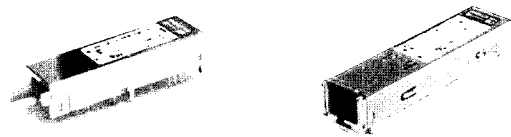
일본 외 미국에서는 2005년부터 FTTH서비스를 도입하고 있는데 carrier에 따라 채용하는 방식이 다르다. Verizon은 Video 신호를 overlay하는 triplexer을 채택한 FTTP(fiber to the premise), Cingular AT&T는 diplexer을 채택한 FTTN(fiber to the node) 상용서비스가 진행되고 있다. Verizon은 B-PON서비스를 해왔으나 AT&T와 함께 G(gigabit)-PON서비스로 전환하고 있다. 한국은 2007년부터 KT에 의한 GE-PON 서비스가 개시되었고 2년 전부터 DWDM(dense wavelength division multiplexing)-PON 시범 서비스가 진행되고 있으며 호주의 Telstra에서도 FTTN이 예정되어 있다.

아래 <표 1>에서 보여 주듯이 IEEE는 2001년 E-PON의 표준작업을 시작하여 2004년에 현재의 IEEE 802.3ah 표준을 완성하였다. E-PON은 bus-mode(ONU에서 신호를 전송하기 전에 OLT에 전송해도 되는지 허락을 맡아 전송하여 이웃한 가입자와 충돌을 피하는 방식)을 채택하여 point-to-point upstream 방식과 point-to-multipoint 방식의 downstream을 1.25Gbps 대칭스피드로 10km(PX-10)와 20km(PX-20) 전송이 가능하며 8, 16, 최고 32분기 서비스를 실시하고 있다. 2006년 3월부터는 차세대 10G E-PON 표준을 IEEE에서 추진 10Gbps downstream과 1 혹은 10Gbps upstream 서비스 공급을 논의하고 있다. A-PON은 1995년부터 FSAN(full service access network)에서 시작하여 1998년에 ITU-T G.983.1로 표준화 되었다. 2001년에는 B-PON이 ITU-T G.983.3으로 표준화되었다. 이 방식에 의하여 처음으로 Verizon에 의하여 video(TV)와 data(Internet) 통합 서비스가 상용서비스 되었다. 이 방식에서는 622Mbps downstream과 155Mbps

upstream 스피드로 20km 전송 가능하다. video신호의 고급화 internet surfing의 향상된 서비스요청에 따른 용량의 한계를 극복하기 위하여 2005년에는 2.5Gbps downstream과 1.2Gbps upstream 스피드로 20km전송이 가능한 G-PON 표준 ITU-T G.984.1이 표준화되었다. 최근에 FSAN그룹에서는 10G E-PON에 대응하는 10G G-PON표준화 검토를 시작하였다. 위의 방식은 여러 가입자가 하나의 fiber에 시간상으로 할당을 받아 사용하는 문제점을 극복할 수 있는 독립적으로 point-to-point 전송이 가능한 WDM(wavelength division multiplexing)-PON방식이 있다. 이 방식은 높은 가격 때문에 현재는 대용량이 필요한 사무실이나 기존 PON장비의 확장을 위한 access backhaul용 소위 second-to-last-mile용도로 검토되고 있다. 이 방식에는 하나의 광 fiber에 최대 18 가입자에 전송이 가능한 CWDM(coarse wavelength division multiplexing)-PON방식과 채널당 간격을 20nm에서 0.8nm 까지 줄여 보다 많은 가입자를 수용할 수 있는 DWDM-PON방식이 있다. 현재 세계적으로 상용화 서비스가 가능한 장비는 Injection-locking방식을 이용한 한국의 Novera사가 개발한 DWDM-PON장비가 있으며 CWDM-PON장비는 한국의 동원, 우리넷, 현대네트웍 등에서 상용화 장비를 개발하였으며 기존의 duplex SFP(small form factor) 대신 OE Solutions사에서 세계최초로 상용화한 고기능 저가의 single wavelength bi-directional SFP 광송수신모듈을 채택하고 있다. WDM-PON방식에서는 1.25Gbps의 쌍방향 서비스가 가능한 수준이다.

II. 본 론

TRx는 아래 그림1에서와 같이 pigtail SFF(small form factor)와 SC 혹은 LC receptacle SFP 형이 있다. 맥내에 설치하는 ONU에는 진동과 같은 환경에 안전한 SFP형이 사용되거나 국사의 OLT에는 유지보수가 간편하고 자가 진단 기능을 갖는 SFP이 요구되기도 한다.



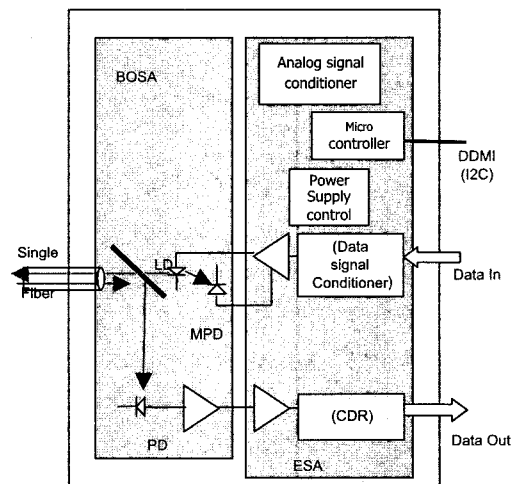
(그림 1) 광송수신모듈 (a) pigtail SFP, (b) SC receptacle SFP

광송수신모듈은 (그림 2)와 같이 제품의 외부를 감싸는 기구물(전자기파 차단, 열방출, 역학적/광학적 안전성이 고려되어야 함), 光電변환이 이루어 지는 BOSA(bi-directional transmitter and receiver optical sub-assembly), laser diode, photo diode, TIA, lens, isolator, ferrule, sleeve, filter등의 부품이 내장되고 이들을 die bonding, wire bonding,

<표 1> PON기술 비교

구 분	Downstream	Upstream	표준
A-PON	155Mbps broadcast	155Mbps TDM	ITU-T
	622Mbps broadcast	155Mbps TDM	G.983.1
B-PON	155Mbps broadcast	155Mbps TDM	ITU-T
	622Mbps broadcast	622Mbps TDM	G.983.3
GE-PON	10~1000Mbps broadcast	10~1000Mbps TDM	IEEE 802.3ah
G-PON	1.244Gbps broadcast	155Mbps TDM	ITU-T
	2.488Gbps broadcast	622, 1.25, 2.5Gbps TDM	G.984.x
WDM-PON	Not standardized	Not standardized	-
	100Mbps dedicated 1.25Gbps dedicated	100Mbps dedicated 1.25Gbps dedicated	

본고에서는 FTTH널리 보급 사용되고 있는 GE-PON장비의 OLT(optical line terminal)와 ONU용 광송수신모듈(transceiver:TRx)의 기술에 대하여 알아본다.

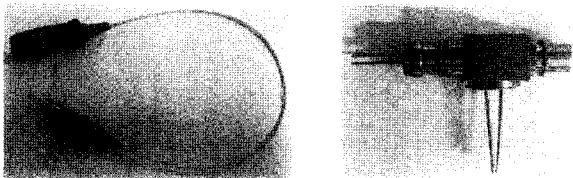


(그림 2) 광송수신모듈의 구성도

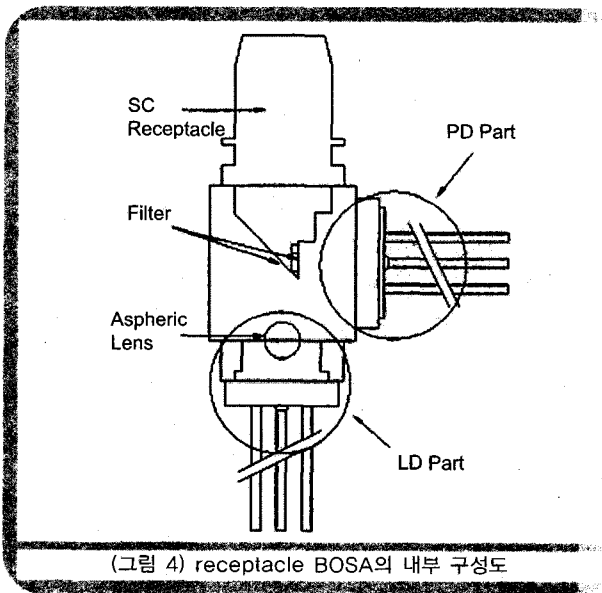
projection welding, laser welding 방법을 사용하여 제품화 함) 부분, LD와 PD를 구동하고 신호를 재생 및 증폭하는 기능의 회로부분(ESA: electrical sub-assembly)으로 구성된다.

BOSA는 (그림 3)에서와 같이 pigtail BOSA(a)와 receptacle BOSA(b)형이 있으며 receptacle BOSA의 내부구성도가 (그림 4)에 있다. BOSA는 광송수신모듈의 성능과 가격에서 중요한 부분을 차지하는 핵심부분이다.

이를 구성한 핵심부품은 LD(laser diode)와 PD(photo diode)이며 이 소자에서 광전변환이 이루어 진다.



(그림 3) (a) pigtail BOSA, (b) receptacle BOSA



(그림 4) receptacle BOSA의 내부 구성도

GE-PON의 경우 사용되는 LD는 uncooled FP-LD과 DFB-LD가 사용되고 PD는 PIN-PD와 APD가 사용된다. OLT TRx에서 송신단 하향전송과장은 data가 1490nm DFB-LD를 video가 1550nm DFB-LD를 사용하고 수신단에는 높은 수신 감도를 위하여 APD가 사용된다.

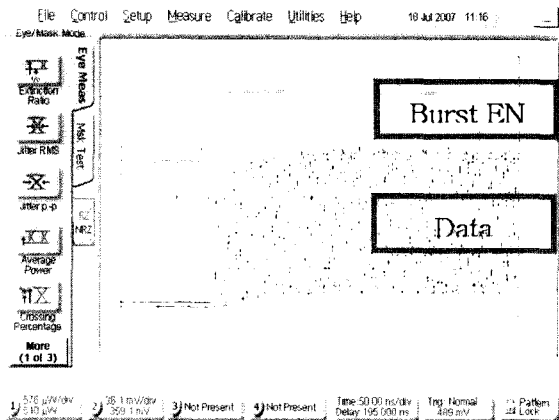
ONU TRx에는 송신단에 1310nm FP-LD(PX-10) 혹은

1310nm DFB-LD(PX-20)를 사용하고 수신단에는 저렴한 PIN-PD를 사용한다. PON종류에 따라서 다양한 LD와 PD 조합이 사용될 수 있으며 LD의 경우 전송거리 전송용량이 따라 FP-LD, DFB-LD, EML이 사용되고 PD의 경우는 수신감도에 따라 PIN-PD 혹은 APD가 사용된다.

1. GE-PON ONU/OLT 광송수신기 기술

하향전송은 연속적인 신호를 broadcasting 하므로 연속 모드 광송신기와 광수신기가 필요 하지만 상향전송은 시분할 다중접속 기술을 사용하기 때문에 ONU는 burst mode 광송신기, OLT는 burst mode 광수신기 기술이 필요하다.

(a) ONU



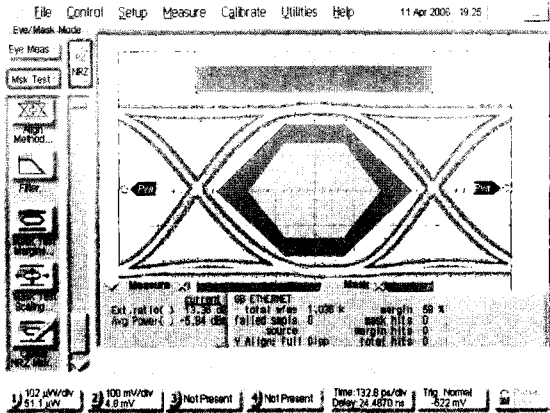
(그림 5) enable시 burst 신호. 마스크 마진이 59%를 보인다.

Burst mode 광송신기의 핵심기술은 휴식 기간 동안 데이터를 전송하지 않고 있다가 자신의 시간슬롯에 빨리 정상적인 데이터를 전송하는 laser on time을 줄이는 데 있다.

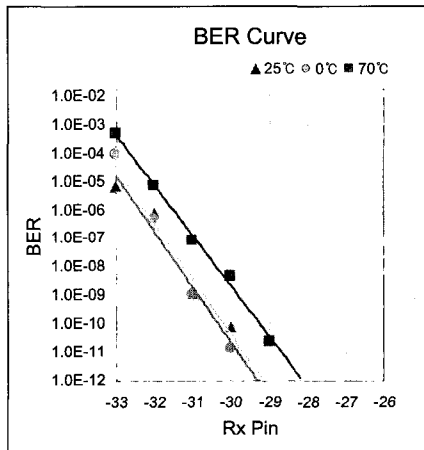
(그림 5)는 enable 신호 인가 시 burst data를 보이고 있다. 국제규격 512ns보다 월등히 우수한 약 50ns의 반응속도를 보인다.

(그림 6)은 광신호의 측정 파형이며 측정 조건은, Data rates는 1.25Gbps이며 PRBS 2³¹-1이다. 저 전압 transceiver를 구현하기 위해 동작 전압은 3.3volt이며 측정은 상온에서 이루어져 있다.

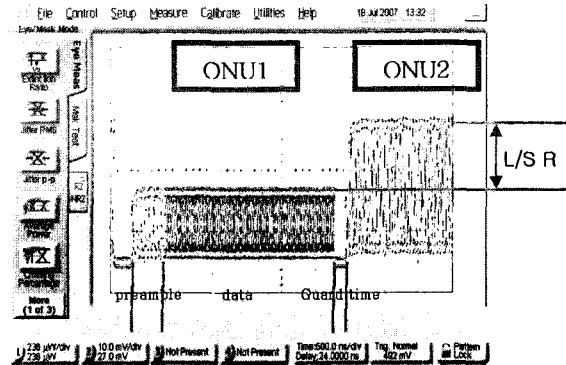
(그림 7)은 온도에 따른 BER curve를 보여준다.



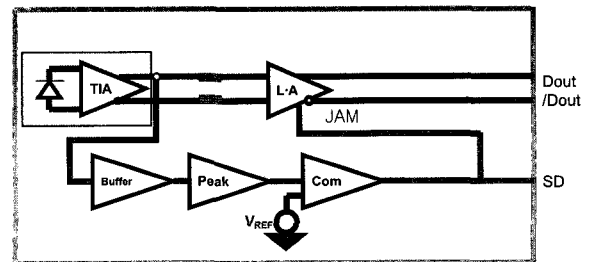
(그림 6) Eye Pattern. PRBS 2⁷-1 패턴, 1X10⁻¹²에서 -28dBm 정도의 성능을 보인다.



(그림 7) 온도에 따른 BER curve

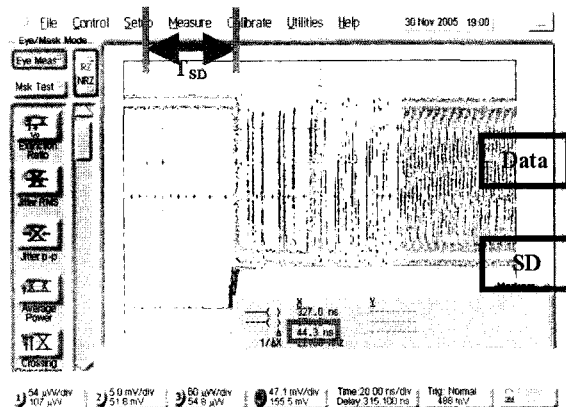


(그림 8) ONU 입력 신호



(그림 9) SD 생성 신호

(그림 10)은 광신호의 측정 파형이며 측정 조건은, Data rates는 1.25Gbps이며 PRBS 2⁷-1이다. 저 전압 TRx를 구현하기 위해 동작 전압은 3.3volt 이며 측정은 상온에서 이루어져 있다. 마스크 마진이 56%를 보인다.



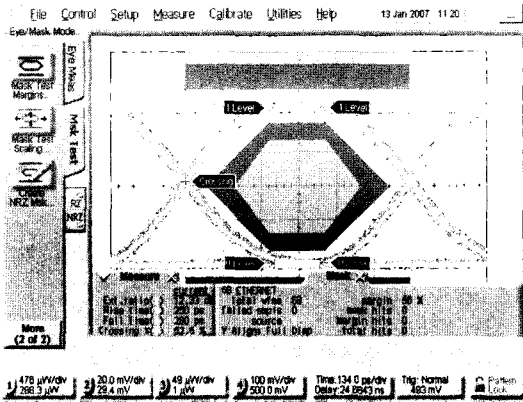
(그림 10) 광전변환한 burst 신호와 SD 신호

(b) OLT

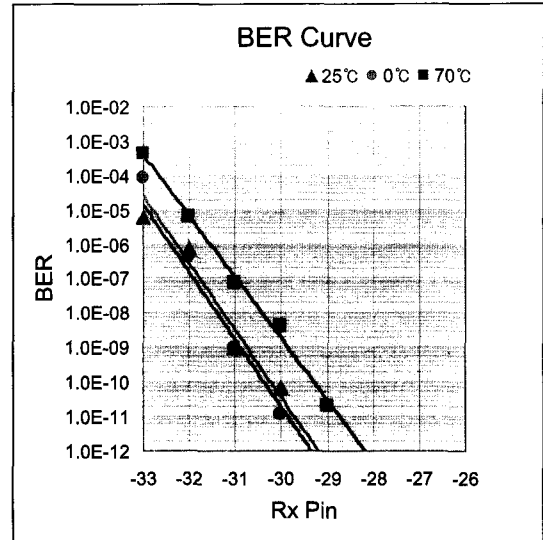
OLT의 경우 ONU의 서로 다른 광출력과 다른 전송경로 차이로 인해 (그림 8)과 같은 광신호를 입력 받는다.

Burst mode 광수신기의 핵심기술은 큰 파워차이(Loud Soft Ratio; L/S R)가 있는 burst 신호를 빨리 복구하는 것과 입력 burst 검출신호(Signal Detector; SD)를 빨리 생성하는데 있다. 이러한 성능은 ONU의 preamble을 줄여 QoS를 높일 수 있는 직접적인 원인이 된다.

이러한 이유로 본사에서는 상용화 IC로 SD 신호를 검출하지 않고 (그림 9)와 같이 high speed SD 생성회로를 구현하였다.

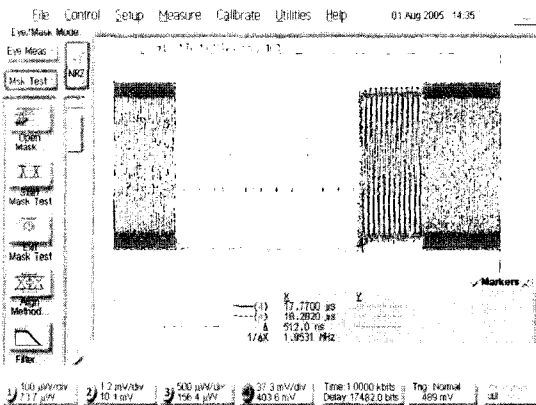


(그림 11) Eye Pattern, PRBS 2⁷-1 패턴, 1X10⁻¹², L/S R=22dB에서 -31.5dBm 정도의 성능을 보인다.



(그림 13) 온도에 따른 BER curve

(그림 12)는 전기신호의 burst 측정 파형이다.



(그림 12) Rx burst waveform

(그림 13)은 온도에 따른 BER curve를 보여준다. RBS 2⁷-1 패턴, 1x10⁻¹², L/S R=22dB에서 -31.5dBm 정도의 성능을 보인다.

본 개발은 최근 광 가입자망에서 관심이 되고 있는 TDMA 방식으로 여러 사용자들의 송수신 데이터를 하나의 선로를 이용해 전송이 가능한 효율적인 광통신 방식인 E-PON을 적용하기 위한 burst mode 광송수신기의 제작이다. ONT 광송수신기의 특성 결과는 <표 2>와 같고, OLT 광송수신기의 특성 결과는 <표 3>과 같다.

<표 2> ONU 광송수신기의 특성 평가 결과

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	측정결과
Optical characteristics						
Optical output power	Po	0.5	-	4.0	dBm	2.2
Optical output power with Tx off	Pout_off	-	-	-45	dBm	-78
Side mode suppression ratio	SMSR	30	-	-	dB	41
Optical burst on/off time	Ton/off					
Rx part: PIN PD						
RX sensitivity	S	-	-	-27	dBm	-29.2
Overload	Pmax	-3	-	-	dBm	>0
SD assert	SD_A	-44	-	-	dBm	-38

<표 3> OLT 광송수신기의 특성 평가 결과

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	측정결과
Optical characteristics						
Optical output power	Po	2.0	-	7.0	dBm	3.9
Optical output power with Tx off	Pout_off	-	-	-45	dBm	-86
Side mode suppression ratio	SMSR	30	-	-	dB	43
Rx part: PIN PD						
RX sensitivity	S	-	-	-30	dBm	-21.5
Overload	Pmax	-6	-	-	dBm	>-3
SD assert	SD_A	-44	-	-	dBm	-39

모두 20km 전송하기에 양호한 결과이다.

III. 결 론

본고에서는 FTTH 광송수신모듈의 시장현황, 기술동향과 세계적으로 가장 많이 보급되고 있는 GE-PON ONU와 OLT 기술과 특성에 대하여 살펴보았다.

HD급 video신호의 보급 확산과 Internet 정보량의 급증에 따라 FTTH보급이 한국을 포함한 선진국을 중심으로 급속히 확산되고 있으며 155Mbps와 1.25Gbps 서비스가 보급되고 있고 2.5Gbps 서비스가 준비 중에 있으며 10Gbps 서비스가 가까운 장래에 요구되고 있다. 이를 지원하기 위한 GE-PON, G-PON, WDM-PON과 같은 다양한 기술이 표준화되고 있다. 고속 대용량 서비스 요구와 함께 가입자가 기대하는 것은 저가 서비스이다.

회사 소개

(주)오이솔루션

- 설립일: 2003년 8월 7일
- 종업원: 113명
- 년매출: 200억원 (국내: 30%, 해외 70%)
- 주요 생산 제품 : 유.무선 광전송에 사용되는 DWDM, CWDM, SONET/SDH, Fiber Channel, Gigabit Ethernet, FTTH向 OC-3/12/48/192, GbE, 4/8Gbps급 광송수신모듈(170여종), OSA(TOSA, ROSA, BOSA), 2.5Gbps LD/PD 소자

