

1. 서론

김 정헌 선임연구원
(한국광기술원 광시스템팀)

통신시장에서의 전송량 증가는 WDM(Wavelength Division Multiplexing)방식에서의 전환점을 마련하였으며, 최근 홈네트워크, 방송통신 융합, FTTH 등 여러 미래기술들이 대두되고 있으며 이를 수용할 수 있는 초고속 대용량 데이터 전송을 위하여 다양한 형태의 가입자망이 제안되고 있다. 또한, 매트로그램도 이와 더불어 매트코어 및 매트 액세스 등 여러 가지 요구에 맞게 발전하고 있다. 불과 몇 년 전만 해도 장거리 망에서 주종을 이루었던 WDM 전송 방식은 계속적으로 증가하는 전송량을 수용하기 위해, 최근에는 매트로그램 또는 광가입자 망에서도 사용하게 되었다. 본 고에서는 광통신부품 및 모듈을 테스트 하는 특정 목적을 포함하여, 10.7 Gb/s 6채널, 2.5 Gb/s 2채널에 대하여 add/drop이 가능한 WDM 방식으로 최대 180km 전송거리를 갖는 매트코어 시스템에 대한 구축내용을 살펴보았다. 광통신부품모듈 및 시스템에 대하여 시스템레벨 전송시험 및 연동시험을 할 수 있는 매트로그램을 제작 내용과 이를 이용한 2km, 40km 전송용 트랜시버의 성능시험에 대하여 기술하였다.

2. 시스템 구성

그림1은 제작된 Metro-WDM 시스템에 대한 링크 구성도이다. 장거리 망으로부터 드롭된 10.7 Gb/s(ITU-T, G.709) 6개 채널과 2.5 Gb/s(STM-16) 2개 채널이 노드 OADM를 통해 매트코어 환형망으로 전송된 후 다시 장거리 망으로 애드된다. 8개의 채널들은 OADM 노드에 위치한 OADS(Optical Add/Drop Switch)에 의해 애드 및 드롭을 동시에 스위칭하게 되며, 각 전송 속도에 맞는 트랜스폰더를 통해 3R 재생이 된다. 각 채널별 출력 광세기는 약 0 dBm이며, VOA를 통해 채널 당 7 dBm으로 평탄화(< 1 dB)된다. 본 시스템은 각 노드에서의 광세기 감시 및 광학적 스위칭 제어가 모두 GUI(Graphic User Interface)를 통해 감시 및 제어 된다. 채널당 -7 dBm의 광신호는 광다중화기에 의해 대용화 되어 총 +2 dBm의 광세기로 광전력증폭기(EDFA, Booster)에 입사된다. 광전력증폭기에서

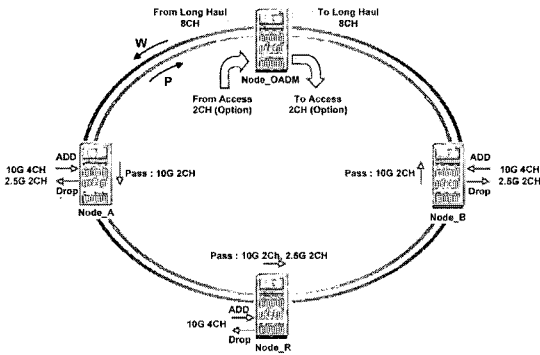


그림 1. 메트로 구성.

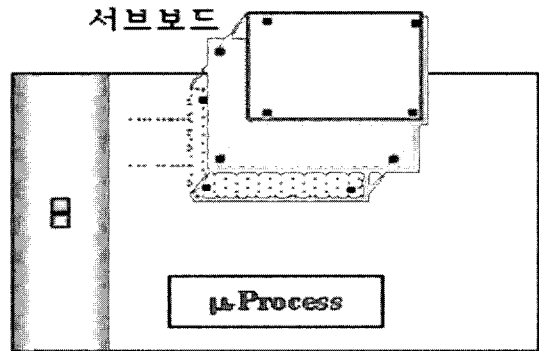


그림 2. 테스트 지그보드.

표 1. 테스트제품의 종류 및 제품별 테스트 규모.
(a) 능동소자

Comonents	Type	Available Test Items
CW-LD	14pin Butterfly	Wavelength, Output Power, Spectral Linewidth
TLS-LD	Any type	Wavelength, Output Power, Spectral Linewidth, Tuning range
DFB-LD	2.5G, 10G	Wavelength, Output Power, Spectral Linewidth
Pump-LD	14pin Butterfly	Output Power, Spectral Linewidth, TEC Control
EML	2.5G, 10G	Eye-pattern, Wavelength, Output Power, Polarization, Jitter, Modulation Frequency
Modulator	10G (LiNbO3)	Eye-pattern, BER, Jitter, Extinction Ratio, Modulation Frequency, Polarization
PIN-PD	2.5G, 10G	Wavelength, Sensitivity, Return Loss
APD	2.5G, 10G	Wavelength, Sensitivity, Return Loss
Transceiver	100M, 155M, 622M	Transmission Distance, OSNR, Sensivity, Output Power, BER, Jitter, Ext. Ratio, Wavelength
Transponder	2.5G, 10G	Transmission Distance, OSNR, Sensivity, Output Power, BER, Jitter, Extinction Ratio
Transmitter	1.25G, 2.5G, 10G	Transmission Distance, OSNR, Extinction Ratio, BER, Output Power, Jitter, Wavelength
Receiver	1.25G, 2.5G, 10G	Sensitivity, Wavelength, BER, Return Loss
EDFA	10ch, 40ch	Transmission Distance, OSNR, BER, Noise Figure, Gain Figure, PMD
Raman Amp	Lumped, distributed	Transmission Distance, OSNR, BER, Noise Figure, Gain Figure, PMD

(b) 능동소자

Comonents	Type	Available Test Items
Isolator	C, L band	Insertion Loss, Return Loss, Isolation, PDL, PMD
Coupler	Any type	Insertion Loss, Return Loss, Wavelength Range, PDL
Filter	BPF, Tunable filter	Insertion Loss, Return Loss, Wavelength Range, PDL
WDM coupler	980nm, 1480nm	Insertion Loss, Return Loss, Wavelength, PDL, PMD, XTalk
Jumper Cord	Any type	Insertion Loss, Return Loss
Adapter	Any type	Insertion Loss, Return Loss
Attenuator	Fixed Type	Insertion Loss, Return Loss, Wavelength Range, PDL
	Variable Type	Insertion Loss, Return Loss, Wavelength Range, PDL, Accuracy
Circulator	3port, 4port	Insertion Loss, Return Loss, Isolation, Bandwidth, PDL, PMD
FBG	Filter, Circulator	Insertion Loss, Return Loss, Bandwidth
DCF	40km, 80km	Insertion Loss, Return Loss, Wavelength, Dispersion, PDL, PMD
Optical Switch	Any type	Insertion Loss, Return Loss, Extinction Ratio, Switching Time, XTalk
AWG	8ch, 16ch, 32ch, 40ch	Insertion Loss, Return Loss, XTalk, TEC Control, Extinction Ratio

채널당 +4+7 dBm으로 증폭된 광신호는 SMF(Single Mode Fiber)를 통하여 45 km 전송된 후 노드 A로 입력된다. 각 노드 (A, R, B)에서는 애드/드롭 기능을 수행하고 최대 180 km 전송된 광채널들은 다시 노드 OADM으로 입력된다. 각 채널에 사용된 파장은 1555.75(1) 1561.42(8) nm(100 GHz Spacing)이며, 2 Fiber UPSR 방식으로, 광섬유 절단 등 절체 상황 발생시 보호절체 라인으로 절체 작업을 수행한다.

그림2는 새로 개발된 Laser Diode를 본 시스템에서 시험하고자 할 때 테스트 지그보드를 이용한 예이다. 시험하고자 하는 부품을 서브보드에 장착한 후 테스트 지그보드에 끼우고 다시 테스트 지그보드를 매트رو 시스템에 실장하여 시험하게 된다. 이때 시험부품에 따라서는 고속전송으로 인한 Noise를 줄이기 위해 시험부품에 필요한 대부분의 회로를 테스트 지그보드에 꾸미게 된다. 매트رو 시스템에서 시험 가능한 광부품으로는 Laser Diode 이외에 External Modulator, PIN PD, APD, Transponder, EDFA, MUX/DEMUX, VOA, Optical Switch, 각종 수동광부품 등이 있으며 표1에 정리하였다.

3. 시스템 비트오율 측정

매트로 시스템의 전송 성능을 분석하기 위하여 비트오율(BER)을 측정하였으며 그림3에 나타내었다. 그래프 좌측은 2.5 Gb/s에 대한 곡선이고, 우측은 10.7 Gb/s에 대한 곡선이며, DCF(Dispersion

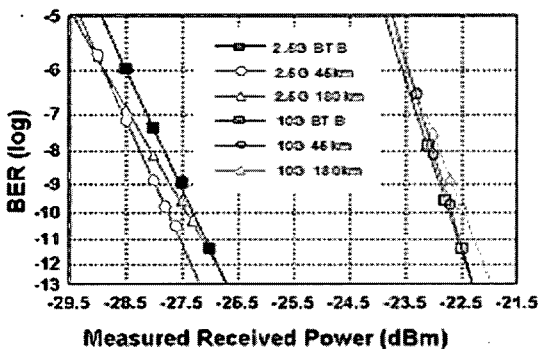


그림 3. 비트오율 측정.

Compensating Fiber)를 이용하여 색분산 보상을 해 준 값이다. 2.5 Gb/s 광 신호의 전송 성능은 BTB (Back-To-Back) 보다 전송 후 더 좋아짐을 알 수 있다. 이는 과잉 분산 보상에 의한 효과로 예측 할 수 있다. 10 G급 광신호의 경우 PIN 타입의 광 검출기의 일반적인 수신감도가 -17 ~ -18 dBm정도 되지만 순방향에러정정을 통한 성능개선을 통해 약 -22 dBm (BER@10⁻¹²)의 수신감도가 측정되었다. 180 km 전송 후 패달리는 약 0.4 dB 정도이다.

4. 매트로망에서의 트랜시버 성능시험

Metro-DWDM Test-Bed 시스템은 그림1에서 보는 바와 같이 장거리망과의 연동을 위한 OADM노드, 가입자망과 연동이 가능한 노드(A, B), 그리고 파장가변이 가능하도록 설계된 노드(R)로 구성되어 있다.

그림 4는 본 매트رو 시험시스템에서 Laser Diode 혹은 Photo Diode에 대하여 성능시험을 하기 위한 시료 장착 전후의 예를 나타낸다. 시료를 서브보드에 장착하고 서브보드를 테스트지그보드에 끼우게 되며, 이를 시험시스템에 실장하여 시스템레벨 시험을 수행하게 된다. 그림5는 2 km (TRx1), 40 km (TRx2) 전송용 트랜시버(2.5 Gb/s)의 성능을 시험하기 위한 실험구성도이며, 트랜시버의 광스펙트럼(파장, 광파워, SMSR), Eye패턴, BER, Error Free Aging Test에 대한 연구를 수행하였다. TRx1과 TRx2의 광

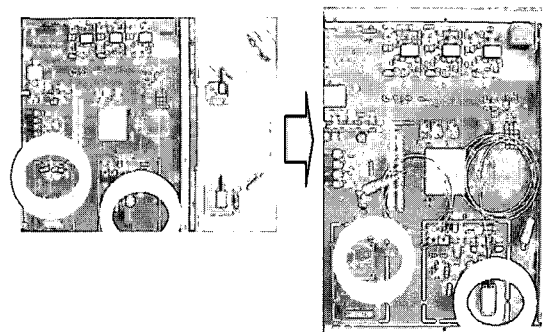


그림 4. LD, PD 테스트용 보드.

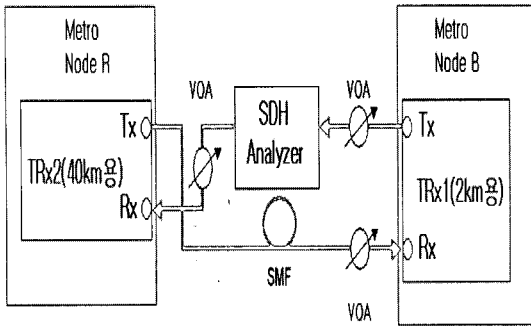


그림 5. 트랜시버 성능시험 구성도.

원은 DFB-LD이고 파장은 각각 1310, 1550 nm이다.

5. 시험 결과

그림6은 TRx1출력에서의 Eye패턴 모습과, TRx2에 대하여 45 km SMF전송 전후의 Eye패턴을 비교한 데이터이다. 잡음과 지터가 거의 없음을 알 수 있다. 또한, TRx2의 전송 성능을 분석하기 위하여 전송 전후의 스펙트럼을 비교하여 그림7에, BTB(Back-To-Back)와 45 km 전송후의 BER Curve를 비교하여 그림8에 나타냈다. 약 6.5일간의 간단한 Aging시험에서는 전원불안정에서 기인하는 것으로 보이는 187개의 LOF가 있었다. 하지만, 만약 모듈이나 시스템 문제라면 B1 Error가 발생할 것으로 추정되므로 이를 무시하였으며 최종 BER은 1E-16이었다.

광부품·모듈·시스템 시험을 위한 매트رو 시험 시스템을 제작하여 단거리, 중거리용 트랜시버의 성능시험을 수행하였으며, 시료의 여러 가지 특성들을 잘 평가할 수 있었다. 또한, 현재 제작된 여러 종류의 테스트지그보다는 매트로망을 이루는 대표적인 광부품 및 모듈 중에서 약 22종류를 선정하여 제작하였으며 향후 지속적으로 좀 더 다양한 능동수동소자에 대한 시험이 가능하도록 확장할 계획이다

6. 결론

본 고에서는 능동 및 수동 광 부품을 시험할 수 있는 매트رو WDM 시스템 구현 및 실험에 대한 결과

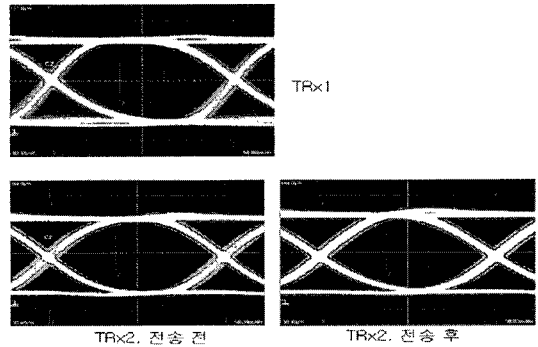


그림 6. TRx1, TRx2의 Eye패턴.

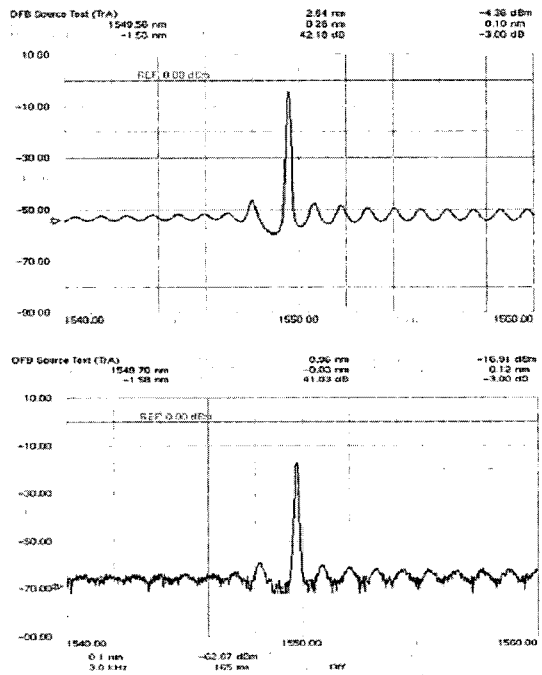


그림 7. TRx2의 전송전후 스펙트럼.

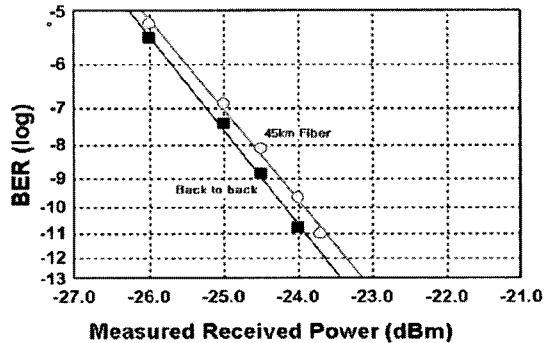


그림 8. TRx2의 BER Curve.

를 기술하였으며, 구축한 시스템의 전송 성능은 매우 우수하였다. 본 시스템은 각 유니트에 장착되는 수동 및 능동 광 부품을 시험할 수 있으므로, Laser Diode, Photo Diode 등의 각종 광 부품은 별 개의 시험 보드를 통해 시스템에 장착 가능하도록 설계되었다. 그림9는 한국광기술원 광시스템팀에 설치 구축되어 있는 광통신 테스트베드 시스템 전경이다. 그 동안 시스템 레벨에서의 시험이 어려웠던 중소 부품 업체에 좋은 시험기회를 제공할 수 있게 되길 기대하며, 또한 시스템업체와 부품업체 사이의 교량 역할로 국내 광통신시장의 활성화에 일조할 수 있기를 희망한다.

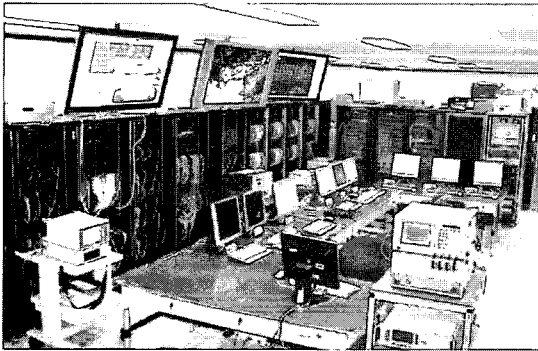
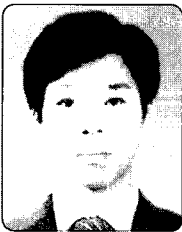


그림 9. 광통신 테스트베드 전경.

저|자|약|력



성 명 : 김 정 현

- ◆ 학 력
 - 1989년 충남대 물리학과 이학사
 - 1992년 충남대 대학원 물리학과 이학석사
 - 1997년 충남대 표준연 학연협동 이학박사

◆ 경 력

- 1997년 ~ 1998년 한국표준과학연구원 Post-Doc
- 1998년 ~ 2000년 미국표준연구소(NIST) Post-Doc
- 2000년 ~ 2001년 (주)티엔에스테크놀로지 책임연구원
- 2001년 ~ 현재 한국광기술원 광시스템팀 선임연구원

