

# 10Gb/s 전계흡수 광변조기 내장형 레이저의 광전송

## Optical transmission of 10Gb/s Electro-absorption modulator integrated laser

이정찬, 한진수, 명승일, 고제수

한국전자통신연구원 네트워크연구소 광통신연구부

jclee@etri.re.kr

파장 분할 다중화(Wavelength division multiplexing : WDM) 광전송 장치의 용량확대를 위한 방안으로 여러 가지 방법들이 연구 개발되고 있으며, 최근들어 테라 급(Tb/s) 광전송 연구 결과들이 발표되고 있다<sup>(1)</sup>. 이러한 장거리 광전송 장치의 광송신기는 LiNbO<sub>3</sub> 마하-젠더(Mach-Zehnder) 간섭계형 외부 변조기를 주로 사용하고 있다. 한편 반도체 레이저 집적된 전계 흡수형 변조기(Electro-absorption modulator integrated laser : EML)를 이용한 외부 변조 방식 적용을 위해서 여러 연구소 및 기업체에서는 40Gb/s의 성능을 지닌 EML의 개발 결과들을 발표하고 있다<sup>(2)</sup>. EML은 변조 전압에 비해 높은 소광비(Extinction ratio)을 지니고 있고, III - V 족 화합물 반도체를 이용한 다른 광소자들과의 집적화가 가능하여 트랜스폰더 모듈의 소형화 및 저가화가 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 65nm 이득 대역폭을 갖는 광증폭기와 단일 모드 광섬유 80km를 전송 구간으로 하는 광 재순환 고리(Optical recirculating loop)를 구성하여 10Gb/s EML의 장거리 전송 실험 결과에 대해 논의 하고자 한다.

### 1. 광 재순환 고리를 이용한 전송 실험 구성도

광 재순환 고리를 이용한 전송 실험 구성은 그림 1과 같다. 전체 광채널은 1556.56nm 파장의 EML을 포함한 100GHz 채널 간격의 1530.33~1561.42nm 대역(C-band) 40 채널과 1571.24~1604.03nm 대역(L-band) 40 채널로 구성하였다. 광 재순환 고리는 음향 광학 변조기(Acousto-optic modulator : AOM), 50:50 광 결합기, 단일 모드 광섬유 80km, 65nm 이득 대역폭 광증폭기로 구성하였다. 광 재순환 고리 내외에 사용된 65nm 이득 대역폭 광증폭기는 32nm 이득 대역폭 C-band 용 광증폭기와 33nm 이득 대역폭 L-band 용 광증폭기로 구성되어 있으며, 각 대역 당 입출력 광은 C/L-band 광 결합기를 이용하여 분기 결합하도록 구성하였다. 각 대역 광증폭기는 각 대역 당 총 입력 광세기 -2dBm에 대해서 각기 23.5dB의 이상의 이득 특성을 가지며, 분산 보상용 광섬유를 이용한 전송로의 분산 보상 기능, 이득 고정 기능과 광출력 고정 기능을 포함하고 있다.

### 2. 전송 특성

그림 1과 같이 구성된 광 재순환 고리를 이용하여 10Gb/s EML의 광전송 실험을 수행하였다. NRZ 형태의 의사랜덤 신호(PRBS 2<sup>31</sup>-1)로 변조된 EML은 동작 온도 25.1°C, 구동 전류 70mA, -0.7V<sub>DC</sub>, -1.6V<sub>p-p</sub>에서 발진 중심 파장 1556.55nm, 인접 모드 억압비(SMRR)은 49.3dB, 평균 광출력 +1.3dBm, 그리고 광 소광비 10.4dB로 측정되었다. 그리고 그림 1의 광 재순환 고리를 이용하여 상기 특성 EML의 전송 특성으로 Q-factor를 측정하였다. 그림 2는 광 재순환 고리를 이용하여 EML의 전송 특성으로 전송 거리별 Q-factor를 나타낸다. EML은 일반적으로 V<sub>DC</sub>와 변조된 출력 광신호의 chirp에 상호 의존 관계에 있다<sup>(3)</sup>. 따라서, 그림 2의 Q-factor 측정 결과는 전송 거리에 따른 EML의 V<sub>DC</sub> 최적화 수행하여 얻은 결과를 나타낸다. 전송 거리 880km에서 측정된 Q-factor 17.79dB를 얻었다. 이는 BER(Bit error rate) 4.57×10<sup>-15</sup>에 해당된다. 이때의 광 신호대 잡음비는 19.3dB이었다. 전송 전 광송신기와 광수신기만 사용하여 측정된 수신감도는 BER 1×10<sup>-12</sup>에서 -15.5dBm이었는데, 880km를 전송한 경우 BER 곡선을

측정한 결과, EML의 처핑, 광섬유 색분산 등에 의해 동일한 BER에서 약 6dB의 광 패널티가 측정되었다. 그림 3은 560km, 720km, 880km, 1040km 각 전송 거리에서의 광 Eye diagram을 나타낸다.

3. 결론

단일모드 광섬유 80km 전송 선로와 80개 광채널(100GHz channel spacing)를 수용하는 C/L-band 광섬유 증폭기를 사용한 광 재순환 고리를 구성하여 전송거리에 따른 10Gb/s EML의 광전송 실험을 수행한 결과, 880km에서 측정된 Q-factor 17.79dB( $4.57 \times 10^{-15}$ 에 해당)를 얻었다.

1. Yann Frignac, et al., "Transmission of 256 wavelength-division and polarization-division-multiplexed channels at 42.7Gb/s(10.2Tb/s capacity) over  $3 \times 100$ km of Teralight™ fiber", OFC 2002, postdeadline papers, FC5-1 (2002).
2. Hiroaki Takeuchi, et al., "High-speed electroabsorption modulators with Travelling-wave electrodes", OFC 2002, WV1, pp. 336-338 (2002).
3. M. Ishizaka, et. al., "The transmission capability of a 10-Gb/s electroabsorption modulator integrated DFG laser using the offset bias chirp reduction technique", IEEE Photonics Technology Letter, vol. 9, no. 12, pp. 1628-1630 (1997).

\* 본 연구는 정보통신 출연 연구과제로 수행 되었습니다.

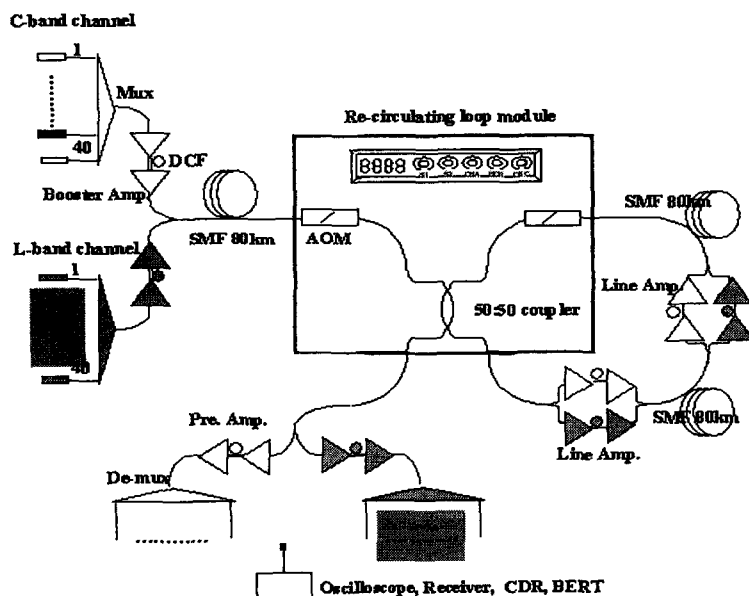


그림 1. 광 재순환 고리를 이용한 10Gb/s EML의 광전송 실험 구성도.

TC

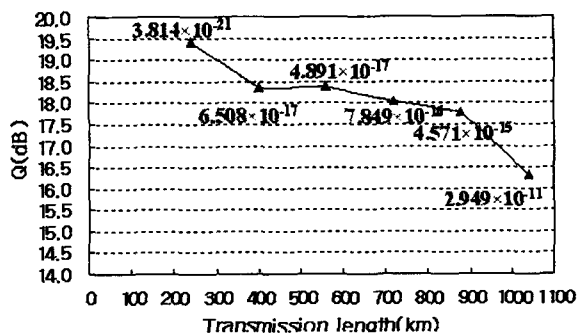


그림 2. 전송 거리별 Q-factor.

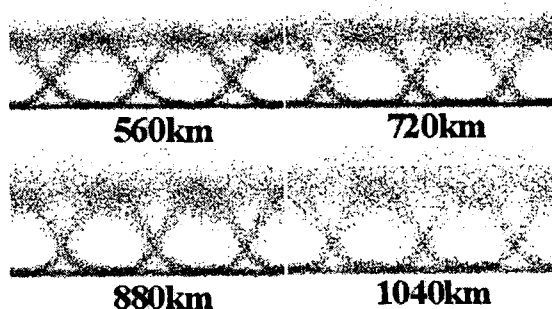


그림 3. 560km, 720km, 880km, 1040km에서의 Eye diagram.