

비냉각 방식 레이저를 이용한 2.5Gbps 광 트랜스폰드의 온도 특성

두 영 호, 장 진 환, *김 창 봉
(주)넥스토시스템, *공주대학교 정보통신 공학부
전화 : 031-425-5207 / 핸드폰 : 019-390-9209

Temperature Effects of 2.5Gbps optical transponder with uncooled laser diode

Yong ho Doo, Jing Hwan Jang, *Chang bong Kim
R&D Division, NEXTO System, *Dept. of Infor. & Comm. Eng. Kongju University,
E-mail : tony@next.co.kr

Abstract

We implemented 2.5Gbps optical transponder by using uncooled laser diode and measured temperature effects of 2.5Gbps uncooled laser diode, such as optical power vs. injection current, extinction ratio, and power penalty.

I. 서론

인터넷 및 무선 서비스의 발달과 함께 기간망 및 가입자 망의 고도화가 요구되어지면서, 현재의 51Mbps/155Mbps급 가입자망은 622Mbps 또는 2.5Gbps급으로 발전하는 추세이다. 이와 함께, 중/단거리에 적합한 저가형 비냉각 방식 레이저를 이용한 2.5Gbps급 광 송수신기 및 광 트랜스폰더에 대한 관심이 높아지고 있다. 비냉각 레이저 다이오드를 이용하는 2.5Gbps급 광 트랜스폰더는 냉각방식의 레이저 다이오드를 이용하는 것보다 상대적으로 저가이고, 중/단거리 전송을 수행하는 가입자 및 메트로 전송망에 적용할 수 있기 때문이다. 이와 같은 장점에 반해, 비냉각 방식 레이저 다이오드는 동작 온도에 따른 광학적 특성이 변화한다는 단점을 가지고 있다.

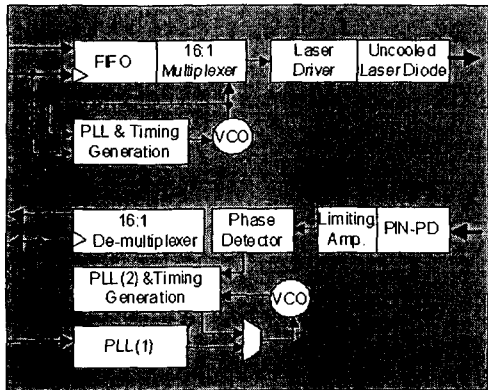
본 논문에서는 비냉각 레이저 다이오드와 PIN-PD를 이용한 2.5Gbps급 광 트랜스폰더를 구현하고, 동작 온도에 따른 송신 레이저의 특성 변화, 예를 들면 온도에 따른 소광비(extinction ratio)의 변화 등을 살펴보고, 이와 같은 특성 변화가 전송망의 성능에 미치는 영향을 살펴본다.

II. 2.5Gbps 광 트랜스폰드의 구현

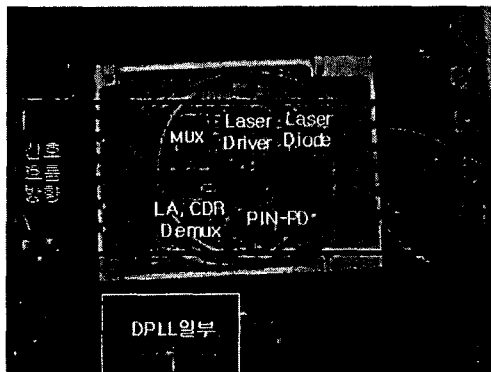
광 트랜스폰더는 송신부와 수신부로 구분하며, 송신부는 동기화된 저속 데이터를 수신하여 고속 신호로 다중화 한 후, 다중화된 신호를 전광변환하여 전송하는 역할을 수행하고, 수신부는 수신된 광신호를 광전 변환 한 후, 역다중화하여 동기화된 저속신호를 출력시키는 역할을 수행한다[1].

그림 1(a)는 광 트랜스폰더의 구조를 나타내고, 그림(b)는 구현된 광 트랜스폰더 및 evaluation board를 나타내고 있다. 광송신단은 16채널의 155Mbps LVPECL 신호를 2.5Gbps LVPECL 신호로 다중화하는 16:1 다중화기, 2.5Gbps LVPECL 신호를 레이저 제어용 전류 신호로 변환하는 레이저 구동기 그리고 비냉각 방식 레이저 다이오드(coaxial type)등으로 구성되어 있다. 레이저 다이오드의 광 출력을 일정하게 유지하기 위해 레이저 다이오드의 monitoring PD와 feedback loop를 이용하여 automatic power control(APC) 기능을 구현하였다. 광수신단은 PIN-PD, limiting amplifier(LA), Clock & Data Recovery(CDR), 그리고 1:16 역다중화기로 구성되어 있다. 역다중화기는 2.5Gbps 신호를 16 채널의 155Mbps LVPECL 신호로 역다중화한다.

Evaluation board는 2.5Gbps 신호 처리를 위한 상용 SDH Framer, SDH Framer 및 광 트랜스폰더의 기준 clock을 제공하기 위해서, phase detector, loop filter 그리고 155MHz VCXO(Voltage Controlled Oscillator)로 구성된 digital phase locked loop (DPLL) 등으로 구현하였다.



(a)



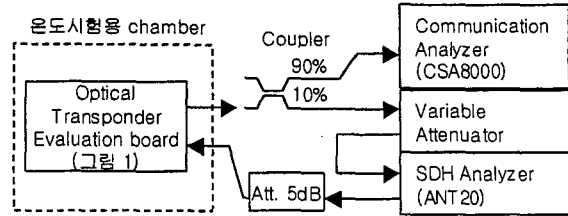
(b)

<그림 1> (a) Optical transponder의 Function Architecture (b)Implemented 2.5Gbit/s Optical Transponder

III. Experimental Setup

그림 2는 광 트랜스폰더에 사용된 비냉각 레이저의 온도 특성을 측정하기 위한 실험 구조이다. SDH 분석기의 2.5Gbps 송신 광신호를 광 트랜스폰더의 광 수신부에서 광전환 및 역다중화하고, Framer로 전송한다. Framer의 telecom bus에서 line loop back 한 후 광 트랜스폰더의 광 송신부에서 다중화 및 전광변환을 거쳐 SDH 분석기 및 Communication Analyzer로 전송한다. SDH 분석기의 광수신단은 APD로 구현되어 있다.

온도 변화에 따른 레이저의 광학적 특성을 측정하기 위해 환경온도를 0°C에서 50°C 까지 변화시키면서 레이저의 광출력 세기 대 구동 전류, eye-Diagram, 소광비(extinction ratio) 그리고 레이저 특성 변화에 따른 수신감도 변화 등을 살펴본다.

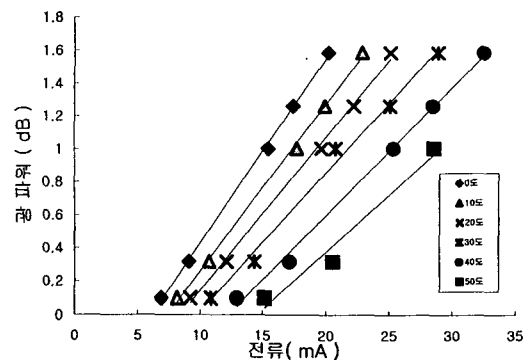


<그림 2> Experimental Setup II

IV. 레이저 구동 전류와 광 출력 특성

온도 변화에 따른 비냉각 레이저의 광출력 변화를 측정하였다. 이를 위해, 구현된 광 트랜스폰더에서 APC 기능을 제거하였고 변조 전류를 가하지 않은 상태에서 인가되는 구동 전류에 따른 레이저의 광출력 변화를 살펴보았다.

그림 3은 온도변화에 따른 비냉각 레이저의 광출력 세기 대 구동 전류의 관계를 보이고 있다. 광 트랜스폰더의 환경 온도 0°C에서 50°C까지 10°C 단위로 변화시키면서 레이저의 구동전류에 따른 광출력 변화를 측정하였다.



<그림 3> 전류변화에 따른 광출력 세기의 변화

위의 그래프에서, 온도의 증가에 따라 레이저의 광출력 대 구동 전류의 비가 감소함을 알 수 있다. 이러한 특성은 레이저의 광출력 변조 효율을 감소시킨다. 즉, 동일한 변조 전류를 인가함에도 불구하고, 온도가 증가할수록 출력되는 광출력의 변조 크기가 감소한다. 이러한 특성은 광 출력 신호의 소광비의 감소로 나타나게 되어 레이저의 전송 효율을 저하시킬 것이다[2].

온도 증가에 따른 또 하나의 특성은 그래프에

나타난 바와 같이 레이저 문턱 전류가 증가한다는 것이다. 이러한 특성은 레이저에 인가된 바이어스 전류가 일정할 경우, 광출력의 감소 및 변조된 광출력 신호의 왜곡을 발생시킨다. 그러므로, 레이저의 구동전류는 온도 변화 및 노화 등에 의한 특성 저하를 보상하기 위해서 APC 기능에 의해 제어되어야 한다.

V. 레이저 동작 온도와 소광비 특성

온도 변화에 따른 비냉각 레이저의 eye diagram 및 소광비를 특성을 살펴본다. 레이저의 광출력 세기를 일정하게 유지하기 위해 APC 회로를 구동하였으며, 일정한 레이저 변조 전류를 인가하였다.

그림 4는 동작온도 변화에 따른 광송신단의 eye-diagram 이다. 실선은 2.5Gbps급 SDH 신호를 위한 ITU-T 권고안의 eye mask이다. 각 특성은 ITU-T의 권고안을 만족한다[3][4].

그림 5은 각 온도에서 측정된 광 송신단의 소광비(extinction ratio)의 변화 그래프 이다.

측정된 eye diagram으로부터 온도가 증가함에 따라 mark level은 감소하고, space level은 증가함을 알 수 있다. 이러한 특성은 그림 5에 나타난 바와 같이 소광비의 감소로 나타난다. 측정된 소광비는 0°C에서 12.5 dB, 25°C에서 11.6 dB, 50°C에서 9.1 dB로써, 온도가 증가할수록 감소한다.

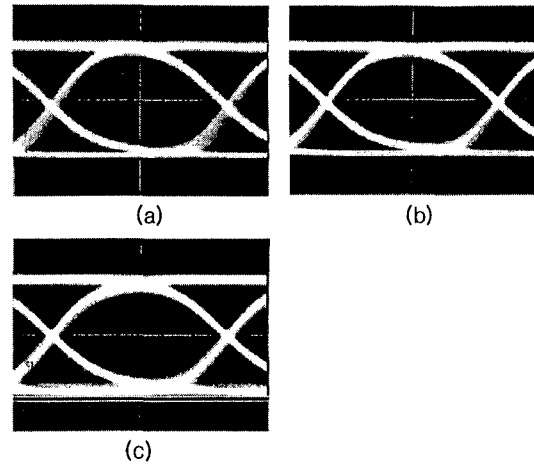
이와 같은 특성들은 그림 3에 나타난 바와 같이, 온도 증가에 따라 광출력 대 구동 전류의 비가 감소하기 때문이다. 이러한 소광비의 감소는 광 수신단에서의 probability of error를 증가시켜 시스템의 성능을 떨어뜨리게 된다. 문턱전류 증가에 의한 효과는 APC 기능에 의해 보상되었다[5].

VI. 레이저 특성 변화에 따른 전송 품질

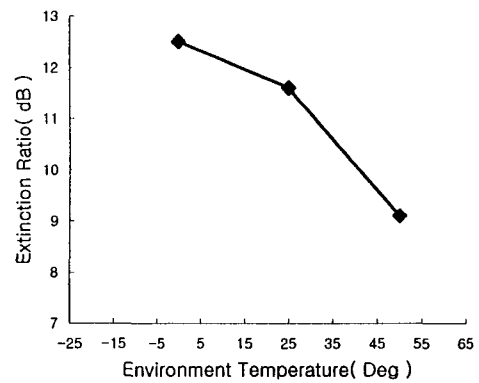
지금까지 온도 변화에 따른 비냉각 레이저의 특성 변화를 살펴보았다. 본 절에서는 이와 같은 레이저의 특성 변화가 전송 품질에 미치는 영향을 살펴본다.

그림 2의 실험구조에서 SDH 계측기로 입력되는 광세기를 가변 감쇄기를 이용하여 변화시키면서 온도 변화에 따른 수신감도의 변화를 관측하였다. 그림 6은 동작온도 0°C, 25°C 그리고 50°C에서, 가변 감쇄량에 따른 비트오류율(Bit Error Rate:BER)이다.

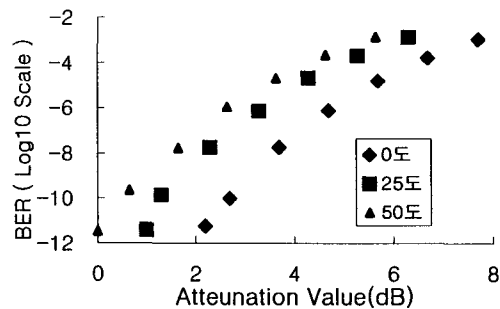
측정된 결과에서 BER이 일정한 경우, 온도가 증가함에 따라 측정치가 감쇄량이 작은 쪽으로 이동한다. 또한 일정한 감쇄량에서 온도가 증가함에 따라 BER이 증가함을 알 수 있다. 온도가 증가함에



<그림 4> 온도변화에 따른 eye-diagram
(a)온도 0°C (b) 온도 25°C (c) 온도 50°C



<그림 5> 온도 변화에 따른 Extinction Ratio의 변화

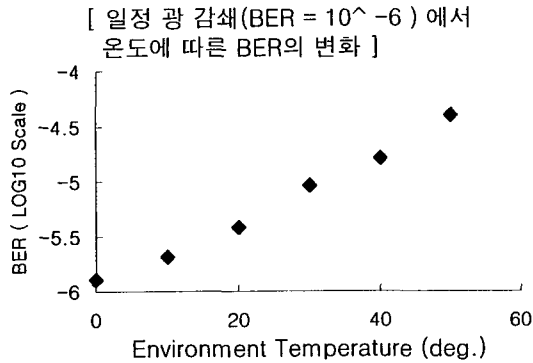


<그림 6> 감쇄량에 따른 수신감도 변화

따라 소광비가 낮아지고, 이에 따라 수신 감도가 저하되는 것이다.

그림 7은 SDH 분석기에서 측정된 BER을 10^{-6} 이

되도록 가변감쇄기를 조정한 후, 동작온도를 0°C에서 50°C 까지 변화시키면서 측정한 BER 그래프이다. 측정된 결과로부터, 그림 6에서 나타난 결과와 동일하게 온도의 증가에 따라 BER이 증가함을 확인할 수 있다.



<그림 7> 고정된 수신 광전력에서 온도 변화에 대한 BER 특성

V II. Summary

본 논문에서는 비냉각 방식의 레이저를 이용한 2.5Gbps급 광 트랜스폰드를 구현하고, 온도에 따른 비냉각 방식 레이저의 광학적 특성 변화를 살펴보고, 이러한 특성 변화가 전송 품질에 미치는 영향을 살펴보았다.

레이저의 동작 온도가 증가하는 경우, 비냉각 방식 레이저를 이용한 광 송신기의 특성변화는 크게 두 가지로 나타났다. 첫째는 레이저 문턱 전류의 증가이고, 두번째는 레이저 광출력 대 구동 전류의 비가 감소하는 것이다. 문턱 전류의 증가는 APC 기능에 의해 보상된다. 이에 반해, 레이저 광출력 대 구동 전류의 비율 감소는 광 출력의 소광비 감소로 나타나고, 궁극적으로는 전송 품질의 저하(수신감도 저하)로 나타났다. 이와 같은 특성을 보상하기 위해서는 광 송신단의 소광비(extinction ratio)를 높게 유지하여야 하지만, 높은 소광비는 광섬유상의 색분산 페널티를 증가시키며, 장거리 전송에서는 심각한 전송 품질 장애를 유발할 수 있다.

그러므로, 이와 같은 특성을 고려할 때, 비냉각 방식의 레이저 다이오드, 또는 이를 이용한 광 트랜스폰더는 장거리보다는 중.단거리 전송에 적합할 것이다.

참고문헌

- [1] 장진환, 두영호, 이치원,윤석범, 김창봉, “비냉각 레이저 다이오드를 이용한 2.5Gbps급 optical transponder”, COOC '02, pp. 69-70
- [2] Gerd Keiser, “Optical Fiber Communications”, McGraw Hill, 1991.
- [3] ITU-T Recommendation. G.957
- [4] Tektronics, CSA 8000 Communication Signal Analyzer operating Manual
- [5] Harry J.R Dutton, “Understanding Optical communications” IBM,1998.