

고리형 반도체-광섬유 레이저를 이용한 전광 동기 신호 추출

All-optical clock extraction using a semiconductor-fiber ring laser

유봉안^{*,**}, 김동환^{*}, 김상혁^{*}, 조재철^{*}, 김봉규^{*}, 이유승^{*}, 전영민^{*}, 이병호^{**}

^{*}한국과학기술연구원 광기술연구센터, ^{**}서울대 전기공학부

adbong@hanmail.net

다가오는 정보화 사회에서는 B-ISDN를 비롯한 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 수 Tbps급 이상의 통신망의 구축이 필요하다. 이러한 초고속, 대용량 통신 시스템을 구현하기 위하여 파장 분할 다중화(Wavelength Division Multiplexing) 방식과 초고속 시분할 다중화(Optical Time Division Multiplexing) 방식에 의한 광전송 연구가 활발히 진행되고 있다. WDM 방식은 현재까지 광범위한 연구가 진행되어 왔고 어느 정도 성숙된 기술 수준에 도달해 있다. 반면에 OTDM 방식은 교환 및 역다중화 기술에 필요한 초고속 능동 시스템의 개발이 이 방식의 도입에 필수적인 요구사항으로 대두되고 있다. 이러한 능동시스템 중 핵심이라 할만한 동기 신호 추출 시스템을 살펴보면, 기존의 전기적 PLL(Phase Locked Loop)이 갖는 처리속도 한계(\sim Gbps)를 극복할 수 있는 방법으로 전기-광 PLL 기술⁽¹⁾과 전광 동기 신호 추출 기술^(2,3) 등이 연구되어 왔다. 전광 동기 신호 추출 방법들에서는 레이저 공진기 내에 분산 천이 광섬유(Dispersion Shifted Fiber)나 반도체 광 증폭기(Semiconductor Optical Amplifier)를 삽입하여, 입력 신호 광에 의한 비선형 현상을 이용하여 능동 모드록킹 소자로서 동작하게 함으로써, 레이저 출력 단에서 연속적인 펄스열 즉 동기 신호를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 고리형 반도체-광섬유 레이저⁽⁴⁾를 구성하고 이 레이저에 입력 광 펄스를 주입시켜 모드록킹된 광 펄스열을 재생시켰다. 이때, SOA는 레이저 내의 이득 매질로서 작용할 뿐만 아니라, 입력 신호에 의해 변조되는 비선형 소자의 역할을 하고 있다. 다시 말해서 레이저광은 SOA를 통과하면서 증폭되는 동시에 입력 광 펄스에 의한 상호 위상 변조(Cross-Phase Modulation) 효과⁽⁵⁾로 인해 모드록킹이 이루어진다. 이 구조가 갖는 장점은 SOA에 의한 이득 매질과 비선형 소자의 집적 효과 및 어븀 첨가 광섬유 레이저(Erbium-Doped Fiber Laser)에 비해 짧은 공진기 길이 등으로 인해 주위 섭동(열 혹은 진동)에 보다 안정된 동작 특성을 보여 준다는 데 있다.

연구에 사용된 실험 구성도는 그림 1과 같다. 입력 신호 광원으로는 리튬나오베이트 광세기 변조기에 의해 조화 모드록킹된 EDFL을 사용하였으며, 고리형 반도체-광섬유 레이저는 편광 조절기, 지연 가변형 선로, 출력 가변 광섬유 결합기, 1.2 nm 투과대역폭의 파장가변 필터, 편광 무의존성 광고립기와 SOA로 구성하였다. 사용한 SOA는 carrier life time이 800 ps이고 양면에 반사율이 $10^3 \sim 10^4$ 정도의 무반사 박막증착된 반도체 증폭기로서 fiber-to-fiber 이득은 대략 23 dB(@200mA)이고 ASE 선폭은 40 nm 정도이며 TE/TM 모드간의 이득차는 0.9 dB 이하로 매우 작다. 그림 2는 파장이 1548.3 nm이고 평균 파워가 -6.6 dBm인 10 Gbps 입력 신호 펄스열에 의해 다시 재생된 10 Gbps 동기 신호 펄스열을 보

여주고 있다. 입력 신호 펄스열은 RF 신호 발생기의 주파수를 조정하여 EDFL을 불안정한 상태로 모드 록킹시켜 얻을 수 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 '0' 신호를 포함한 입력 신호 펄스열로부터 진폭이 거의 일정한 동기 신호 펄스열이 추출되고 있다. 이때, 동기 신호 펄스열은 파장이 1544.3 nm이고 평균 파워는 1 dBm이었다. 동기 신호 파장은 공진기 내의 파장가변 필터를 조정함으로써 1530 nm에서 1570 nm 까지 쉽게 바꿀 수 있다.

참고문헌

1. O. Kamatani, S. Kawanishi, and M. Saruwatari, "Prescaled 6.3GHz clock recovery from 50Gbit/s TDM optical signal with 50 GHz PLL using four-wave mixing in a travelling wave laser diode," *Electron. Lett.*, **30**, 807-809 (1994).
2. D. M. Patrick, and R. J. Manning, "20Gbit/s all-optical clock recovery using semiconductor nonlinearity," *Electron. Lett.*, **30**, 151-152 (1994).
3. S. Bigo, and E. Desurvire, "20GHz all-optical clock recovery based on fibre laser mode-locking with fibre nonlinear loop mirror as variable intensity/phase modulator," *Electron. Lett.*, **31**, 1855-1857 (1995).
4. D. H. Kim, S. H. Kim, Y. M. Jhon, S. Y. Ko, J. C. Jo, and S. S. Choi, "Relaxation-free harmonically mode-locked semiconductor-fiber ring laser," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, **11**, 521-523 (1999).
5. A. D. Ellis, D. M. Patrick, D. Flannery, R. J. Manning, D. A. O. Davies, and D. M. Spirit, "Ultra-high-speed OTDM networks using semiconductor amplifier-based processing nodes," *J. Lightwave Technol.*, **13**, 761-770 (1995).

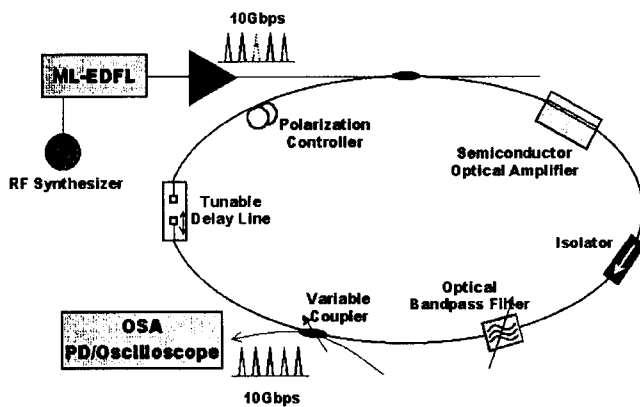


그림 1. 고리형 반도체-광섬유 레이저를 이용한 전광 동기 신호 추출 실험 구성도

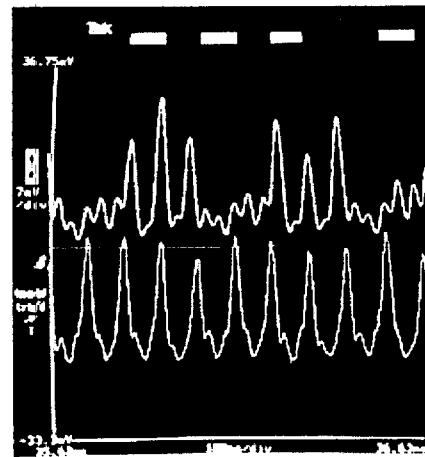


그림 2. 10Gbps 입력 신호 펄스열과 동기 신호 펄스열