

완전 광 통신을 위한 비선형 광섬유 소자

글 : 이학규 선임연구원/한국전자통신연구원 원천기술연구본부

지난 5월 14일부터 양일간 충북대에서 성황리에 개최된 제5회 광전자공학 학술회의에서 초청논문으로 발표된 내용을 소개하고자 한다. 완전 광 통신을 위한 비선형 광섬유 소자"라는 한국전자통신연구원 원천기술연구본부의 이학규 선임연구원의 논문을 전제하니 독자들의 많은 관심 바란다.

-편집자 주-

1. 서 론

최근 들어 세계의 선진 통신 연구소들은 Tbit/s급 광통신의 구현을 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있다.

그 이유는 급증하는 사용자의 정보 수요량을 충족 시키기 위해서는 정보 전달의 속도를 급격히 향상시킬 수 있는 기술의 진보가 이루어져야만이 가능하기 때문이다.

그러나 기존의 전자식 방식이 가지는 속도의 근본적인 한계성 때문에 광학적 방식에 의해 해결하려는 노력, 즉 완전 광 통신(all-optical communications)의 구현은 차세대 광통신 시스템이 나아가야

할 방향으로 자리잡고 있다.

이러한 완전 광 통신의 구현을 위해서는 광이 다른 광을 조절할 수 있는 완전 광 신호 처리 기술이 필수적이며, 매질의 비선형 광학 효과에 의해서 이루어진다.

이러한 기술들을 광섬유 내에서 구현한다면 전송되어온 광신호를 광섬유 내에서 직접 신호처리를 할 수 있어 접속 손실을 줄일 수 있을 뿐 아니라 광섬유가 가지고 있는 장점인 저손실 및 넓은 대역폭 등에 의해 초고속 대용량 정보처리가 가능할 것이다.

광섬유를 구성하는 실리카의 비선형 광학 효과는 반응 시

간이 수 fs 로서 매우 빠르다. 그러나, 반응시간이 빠른 만큼 그 크기는 작게되어, 완전 광 소자로서 동작 시키기 충분한 비선형 효과를 얻기 위해서는 높은 세기의 광이 필요하다.

근래에 눈부신 발전을 거듭한 어븀 첨가 광섬유 증폭기는 광신호 세기의 급격한 향상을 가져와 광섬유를 이용한 비선형 완전 광 소자의 출현을 가능케 하였다.

본 발표에서는 이러한 비선형 광섬유 소자들 중에서도 완전 광 통신 시스템에서 핵심적인 역할을 수행할 초고속 광섬유 레이저, 완전 광 시분할 역다중화기, 완전 광 클럭 추출

기, 완전 광 신호 형태 변환기 등에 대해서 최근에 발표된 실험적인 결과를 중심으로 살펴본다.

2. 초고속 광원

피코초(picosecond)나 그 이하의 펄스폭을 가지며 10GHz이상의 반복률을 지닌 초고속 광원으로는 조화 모드 로킹된 어븀첨가 광섬유레이저 (harmonic mode-locked Er-doped fiber laser)가 많은 주목을 받고 있다⁽¹⁾.

20 GHz의 반복률과 3ps이하의 펄스폭을 지닌 안정화된 모드 로킹된 어븀첨가 광섬유 레이저가 이미 상용화되었다.

그러나 이러한 일반적인 능동형 모드 로킹법은 발전할 수 있는 반복률이 공진기 내에 사용하는 광 변조기의 대역폭에 의해서 제한되게 된다.

따라서 수십 GHz 이상의 고 반복률로 펄스열을 생성하기는 거의 불가능하다. 최근에 이러한 변조기 대역폭에 제한 받지 않는 유리수차 모드 로킹법 (rational harmonic mode-locking)이 고안되어 200 GHz의 반복률로 발전하는 광섬유 레이저가 보고된 바 있다⁽²⁾.

이러한 유리 수차 모드 로킹법은 그 특성상 발전하는 펄스열의 진폭이 불균일하여 실용적인 광원으로서의 문제점이

있다.

본 실험실에서는 유리수차 모드 로킹 광섬유 레이저 출력을 또 다른 광섬유 레이저에 주입 잠금(injection locking)함으로써 균일한 고반복률의 펄스열을 얻을 수 있음을 보여준 바 있다⁽³⁾.

3. 완전 광 클럭 추출

전송된 초고속 광신호로부터 클럭을 추출하는 것은 통신 시스템을 구성하는 기본 기능이다. 이러한 클럭 추출을 비선형 광학을 이용하여 수행한 대표적인 방법이 injection locking⁽⁴⁾ 법과 phase-lock-loop(PLL) 방법이다⁽⁵⁾.

시간적으로 다중화된 광신호로부터 시스템 클럭을 찾기 위해서는 prescaling이 가능한 PLL방법이 유망하나, prescaling이 필요 없을 때에는 injection locking 법이 구도가 간단하여 장점을 지닌다.

현재 400 Gbit/s신호에서 10GHz 클럭을 추출한 것이 최고 속도로 기록되고 있다⁽⁶⁾. 그러나, 이러한 방법은 클럭 성분을 지니고 있는 RZ신호에서 광클럭을 추출하는 것으로, 현재 통신 시스템에서 사용하고 있는 NRZ신호에 바로 적용할 수 없다는 단점을 지니고 있다.

이러한 단점은 비대칭 마하젠더 간섭계를 이용하여 NRZ신호로부터 클럭성분을 지닌

pseudo-RZ(PRZ)형태의 신호로 전환한 후, PRZ신호를 다시 광섬유 레이저에 injection-locking시켜 클럭을 발생하는 구도로서 해결될 전망이다⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

4. 완전 광 역다중화

고속으로 다중화되어 전송된 광신호로부터 시스템 클럭에 맞추어 채널별로 역다중 추출하는 기능을 지닌 역다중기는 통신 시스템에서 가장 큰 대역폭을 필요로 하는 소자이다.

따라서, 역다중화기의 초고속화는 곧 시스템의 대용량화를 의미한다. 그 동안 제안된 방법들로는 Kerr스위칭⁽⁹⁾, Sagnac 간섭계를 이용한 비선형 루프 거울형 스위칭⁽¹⁰⁾, 사광파 혼합병 (four-wave-mixing) 스위칭⁽¹¹⁾ 등이 있다.

이 중에서 비선형 루프 거울형 스위치는 온도나 진동 등의 외부 환경으로부터 가장 안정된 특성을 지니고 있기 때문에 가장 많이 사용되고 있다.

그러나 이러한 광섬유 스위치를 이용한 역다중기는 광섬유의 색분산(chromatic dispersion)에 의해서 대역폭이 제한되고 스위칭 에너지가 상승하게 된다. 따라서 광섬유의 색분산 보상은 역다중기 설계시 반드시 고려하여야 한다.

지금까지 400Gb/s의 신호를 10Gb/s로 역다중화한 것이

최고 속도이며⁽¹²⁾, 국내에서는 40Gb/s의 신호를 10Gb/s로 역다중화 한 것이 보고되었다⁽¹³⁾.

5. 완전 광 신호 형태 변환

초고속 시간 분할 다중화 통신 시스템을 고려하면, 국간의 장거리 전송은 시스템 요량을 극대화 하기 위해 RZ신호를 광학적 방법으로 다중화하여 사용할 것이다. 그러나, 근거리 통신망에서는 전기적인 대역폭 부담이 적은 NRZ신호를 선호한다.

따라서 완전 광 근거리 통신망과 초고속 국간 전송로 사이에는 두가지 신호간에 형태를 변환시켜 줄 수 있는 소자가 반드시 필요하다⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾.

최근에 역다중기에 사용하는 비선형 루프 거울형 광섬유 스위치를 이용하여 NRZ신호와 RZ신호 사이의 형태 변환 시킨 결과를 보고 한 바 있다⁽¹⁶⁾.

6. 결 론

미래의 초고속 완전 광 통신망에서 사용할 비선형 광섬유 소자들인 초고속 광섬유 레이저, 완전 광 시분할 역다중화기, 완전 광 클럭 주출기, 완전 광 신호 형태 변환기 등에 대해서 최근에 발표된 실험적인 결과를 중심으로 살펴 보았다.

[참고문헌]

- [1] T.F. Carpathers and I. R. L. Duling III, Tech. Dig. OFC '96, San Jose, California, pp. 7-8, 1996.
- [2] E.Yoshida and M. Nakazawa, Electron. Lett., vol. 32, pp. 1370-1372, 1996.
- [3] M.-Y. Jeon, H. K. Lee, J.T.Ahn, D.S.Lim, H.Y. Kim, K.H.Kim, and E.-H.Lee, Electron, Lett., vol. 34, pp. 182-184, 1998.
- [4] K.Smith and J.K.Lucek, Electron. Lett., vol. 28, pp. 1814-1816, 1992.
- [5] Kamatani and S. Kawanishi, IEEE J Lightwave Technol., vol. 14, pp. 1757-1767, 1996.
- [6] O. Kamatani and S. Kawanishi, IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 8, pp. 1094-1096, 1996.
- [7] C.H.Lee and H.K.Lee, Electron. Lett., vol. 34, pp. 295-297, 1998.
- [8] H.K.Lee, C.H.Lee, S.B. Kang, M.-Y.Jeon, K.H. Kim, J.T.Ahn, and E.-H.Lee, Electron, Lett., vol. 34, pp. 478-480, 1998.
- [9] T.Morioka and M.Saruwatari, Opt, Eng., vol. 29, pp. 200-209, 1990.
- [10] H.K.Lee, K.H.Kim, S.Y.Park, IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 7, pp. 1441-1443, 1995.
- [11] P. A. Andrekson, Electron. Lett., vol. 27, pp. 922-923, 1991.
- [12] S. Kawanish, Tech. Dig. OECC '97, Seoul, Korea, pp. 12-13, 1997.
- [13] 이학규, 전민용, 김경현, 안준태, Telecommunications Review, vol. 8, pp. 44-53, 1998.
- [14] S.Bigo, E.Desurvire, S. Gauchard, and E.Bun, Electron. Lett., vol. 30, pp. 984-985, 1994.
- [15] S.Bigo, E. Desurvire, B. Desruelle, Electron. Lett., vol. 30, pp. 1868-1869, 1994.
- [16] H.K.Lee, K.H.Kim, M.-Y. Jeon, J.T.Ahn, and E.-H. Lee, Electron. Lett., vol. 33, pp. 791-792, 1997.