

광섬유증폭기를 이용한 광섬유 BOTDA 센서의 펄스 신호 증폭 특성

Amplification of Fiber Optic BOTDA Sensor Pulsed Signal Using Erbium-doped Fiber Amplifier

박형준, 고평락, 권일범

경북대학교 대학원 센서공학과, 경북대학교 화학공학과, 한국표준과학연구원 비파괴계측그룹
z981250@kriss.re.kr

분포형 광섬유 센서시스템은 일정한 길이의 연속적인 광섬유 및 광케이블을 매질로 하여 길이 방향에서 생기는 투과율 또는 산란 특성의 변화를 통해 물리량의 변화와 그 위치를 감지하는 시스템을 말한다. 그 중에서 광섬유 내부의 브릴루앙 산란효과를 이용하여 광케이블 주위에 진동, 압력등에 매우 민감한 분포형 광섬유센서를 구성하고 외부로부터의 침입 유무와 위치를 파악함과 동시에 주요시설물의 감시 및 진단이 가능하도록 한다.

특히, 광섬유 브릴루앙 산란은 광이 물질 중에 생긴 음파와 상호 작용하여 입사광의 주파수와 다른 주파수로 산란하는 현상으로 이 주파수의 차를 브릴루앙 주파수 천이라고 하며, 이 주파수는 광섬유의 재료에 크게 의존할 뿐 아니라 광섬유에 인가되는 변형률과 주위온도에 따라서도 변화한다. 광섬유 BOTDA(Brillouin Optical Time Domain Analysis)센서의 개념도를 살펴보면 피측정 광섬유의 양끝단에서 펄핑 광(Pulse wave)과 프로브 광(Continuous wave)을 광섬유에 입사시킬 때, 펄핑 광의 광주파수를 ν_p , 프로브 광의 광주파수를 ν_{cw} 라 하면 두광원의 주파수차는 $\Delta\nu = \nu_p - \nu_{cw}$ 가 된다. 두광원의 광주파수차 $\Delta\nu$ 를 피측정 광섬유의 브릴루앙 주파수 천이 ν_b 와 일치하도록 광원의 광주파수를 조정하면 펄핑 광은 유도브릴루앙 산란에 의해 프로브 광으로 광전력 변환을 하며, 이에 따라 프로브 광은 피측정 광섬유 내에서 브릴루앙 광 증폭을 하게된다. 이렇게 함으로써 브릴루앙 신호의 해석이 가능하다.

따라서 광섬유를 이용한 분포형센서는 광범위한 지역이나 장거리지역을 감시하기 위한 목적 등으로 연구되고 있다. 그림1에서는 광섬유 BOTDA센서의 개념도를 보여준다.

본 연구에서는 광 펄스 신호를 정확하고, 장거리측정에 초점을 맞추기 위하여 증폭된 펄스광원을 필요로 한다. 높은 출력의 광 펄스신호를 얻고자 2단 EDFA(Erbium-doped Fiber Amplifier)를 제작하고, 광섬유 BOTDA센서시스템에 연결하여 증폭된 광펄스 신호를 얻었다. 제작된 EDFA는 1555nm 파장을 갖는 DFB LD, 980nm 펄핑용 LD, 1480nm 펄핑용 LD, WDM(wavelength division multiplexer), Attenuator, Isolator, EDF로 구성하였다. EDFA는 2단구조로서 1단 증폭부분은 EDF의 길이를 17m로 하여 1개의 980nm 펄핑광원을 이용하여 120mw파워로 순방향 펄핑하였고, 2단 증폭 부분은 EDF의 길이를 40m로 하여 980nm LD와 1480nm LD를 펄핑용 광원으로 각각 280mw파워, 160mw파워로 양방향 펄핑하였다. 디지털 오실로스코프를 통해 증폭된 광 펄스신호의 증폭 특성을 확인하였다. 그림 2는 광섬유 증폭기의 개념도를 보여준다. 펄스신호를 만들기 위해 electro-optic modulator를 이용하여 1mw의 peak 값을 갖는 입력펄스 신호를 만들었다. 실험에서 펄스폭은 30ns, 50ns, 100ns로 변화시켜가며 조사하였다. 실제로 광섬유 BOTDA센서 시스템에 연결하여 증폭된 브릴루앙 산란신호를 각각의 펄스폭에

따라 비교하였다. 제작된 광섬유 증폭기는 펄스신호를 증폭하기 위하여 소신호영역(small signal region) 이득을 향상 시켜줌으로써 약 55 dB이상의 이득을 얻었다. 펄스신호에 있어 peak값의 증폭에 따라 노이즈의 값의 증폭 또한 무시할 수 없다. 결과적으로 광펄스 신호를 2단 광증폭기를 이용하여 최대로 증폭하고 다시 전체적으로 펄스광 신호의 감쇄를 통해 펄스광의 peak 값과 노이즈의 비인 Extinction Ratio를 조사하였고, 광섬유 BOTDA센서 시스템에서 브릴루앙 신호의 증폭특성을 조사하였다. 2단증폭으로 인하여 20dB이상의 S/N비를 향상 시켰다. 브릴루앙 신호 또한 증폭됨을 확인하였다.

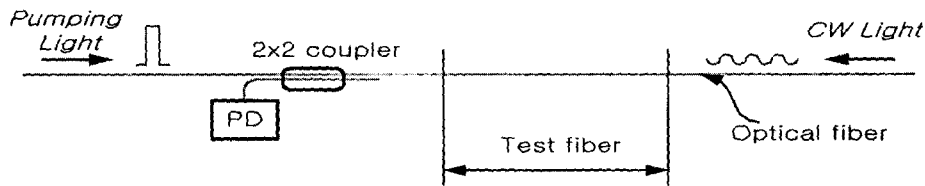


그림 1. 광섬유 BOTDA센서의 개념도.

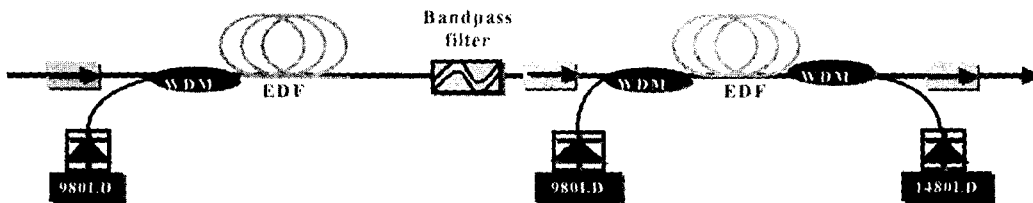


그림 2. 광증폭기의 개념도.

후기

본 연구는 과학기술부에서 주관하는 민군겸용 기술개발사업의 '침입/구조안전 감시용 광섬유 산란형 센서시스템 개발' 과제의 일환으로 수행되었음을 밝히며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

- [1] 권일범, 최만용, 유재왕, 백세중, "광섬유 BOTDA 센서의 개발" 한국광학회지, 제12권 4 호, pp. 294-298, 2001
- [2] T. Horiguchi and M. Tateda, "Development of a distributed sensing technique using Brillouin scattering," J. Lightwave Technol., vol. 13, no. 7, pp. 1296-1302, 1995.
- [3] T. Horiguchi, T. Kurashima, and M. Tateda, "A technique to measure distributed strain in optical fibers," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 2, pp. 352-354, 1990