

Rayleigh 역산란광을 이용한 광파이버 진단에 관한 연구

김요희*, 오성기*, 김인수*, 박해수*, 노종대*, 김영수**

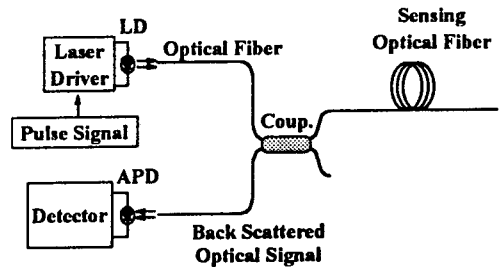
* 한국전기연구소, ** 초당산업대학

A study on the optical fiber diagnostics using rayleigh back-scattering

Y.H. Kim*, S.K. Oh*, I.S. Kim*, H.S. Park*, J.D. Roh*, Y.S. Kim**

* KERI, ** Chodang University

Abstract - In this paper, we have designed and fabricated high speed signal processing unit, optical driver and sensing unit in order to develop a distributed optic fiber sensing and measuring system using the rayleigh backscattering. To define the functions, we have constructed a testing system(1.1[km]), done the characteristics test.



1. 서 론

최근 광파이버 자체를 센서로 이용하여 2차원적 물리량(온도, 압력 등)을 측정할 수 있는 분포형 센서 시스템에 대한 연구가 진행되어 방폭성과 내습성이 요구되는 한정된 분야 및 시설물에 대한 분포계측이 가능하게 되었다. 이러한 광파이버의 분포형 계측분야에서 가장 기본이 되는 핵심기술은 Rayleigh 역산란광을 처리하는 OTDR 기술이다.

이와 같은 것을 배경으로 하여 본 논문에서 구현한 OTDR은 전기설비용 분포형 광파이버 온도계측 시스템 개발의 연구과제를 수행하는 과정에서 필수적으로 구현해야 할 핵심기술로서 거리 분해능 등에서 상용의 OTDR보다 성능이 떨어진다. 그러나 OTDR 기술을 국내 기술에 의해 기능구현을 함으로써 인해서 향후 광파이버 계측분야에 적극 활용되리라 본다.

본 논문은 이와 같은 OTDR 기술을 적용해 구현한 분포형 광파이버 진단 시스템의 설계 제작 및 성능시험 결과에 대해서 설명한다.

2. 진단 시스템 설계 및 제작

2.1 개념 및 원리

일반적인 OTDR의 개념도는 그림 1과 같다. 여기서 LD에서 출사된 짧은 폭의 펄스광은 광결합기를

그림 1. OTDR의 개념도

거쳐 센서용 광파이버에 입사하면 광섬유의 재질이나 굴절율의 미소 변동으로 인하여 산란이 발생하게 되는데 산란된 광의 대부분은 외부로 방출되고 일부는 광섬유내를 역전파하여 입사단으로 되돌아온다.

이러한 역산란광 중에서 Rayleigh 산란광이 98[%] 이상으로 입사광의 파장과 동일한 파장을 갖는다. 그래서 광섬유에 각종 물리량이 가해지거나 자체에 결함이 발생했을 때 입사단에 되돌아온 역산란광의 도달시간을 측정하면 광속을 알고 있기 때문에 산란이 일어난 위치를 파악할 수 있다는 것이 OTDR의 원리이다.

2.2 펄스 레이저 및 구동회로

일반적으로 광계측 분야에서 사용되는 광원은 고출력, 극초단의 펄스폭, 장파장대 및 수명이 길어야 한다는 것이 필수적인 조건이다. 이와 같은 조건을 고려하여 시험 시스템에서는 최대 광출력이 3[W], 최대 펄스폭이 50[%]에서 200[ns], 파크 광파장이 904[nm]인 펄스 구동형 LD(LD160F)을 선정하였다.

그림 2는 광펄스 출력회로의 구성도로서 LD 구동회로는 SCR과 충전용 콘덴서로 구성된다.

초기에 콘덴서에 직류전압이 충전되고 SCR의

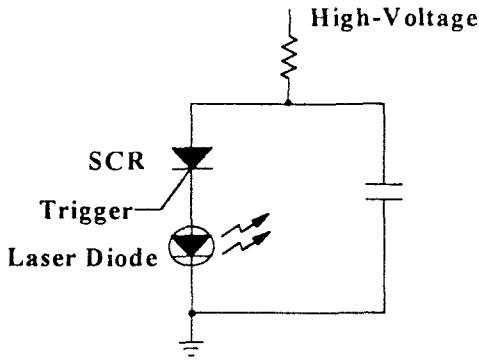


그림 2. LD 및 구동회로의 기본구성

Gate 단자에 트리거 신호(5 μ s)가 인가되면 콘덴서의 충전전압이 SCR과 LD를 통하여 방전한다. 이때 순간적으로 LD에 큰전류가 흘러서 광펄스가 출력된다.

2.3 광결합기

광결합기는 고출력 LD와 센서용 광파이버를 결합하여 출사된 광펄스가 광파이버를 통해 전송된 후 입사단에 되돌아온 산란광을 수신 포토 다이오드에 효율적으로 전달하기 위해서 사용된다.

그림 3은 본 논문에서 사용된 2x2 광결합기를 나타냈으며 광결합기 한쪽면에는 FC형 광콘넥터를 부착하여 시스템 구성시 결합이 용이하도록 하였다. 그리고 결합기에 사용한 광파이버는 센서용 광파이버와 같은 크기의 100/140(μ m) 다중모드 광파이버를 사용했다.

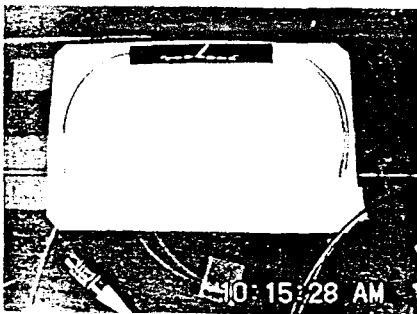


그림 3. 광결합기의 사진

2.4 광수신 및 신호처리

입사단에 되돌아온 Rayleigh 역산란광은 광결합기를 통과한 후 APD 광수신 모듈에 의해 전기적 신호로 변환된다. 이렇게 변환된 전기적 신호는 고속 신호처리 회로를 이용하여 검출하면 OTDR 개

념에 근거한 광출력의 감쇠패턴을 확인할 수 있다. 고속 신호처리 회로는 미약한 신호를 증폭기로 증폭한 후 A/D 변환기에 의해 10bit 디지털 신호로 변환한다. 그리고 S/N비를 향상시키기 위해서 고속 평균화 회로에 의해 수 천번 이상의 Adding을 실시한다.

그림 4는 본 논문에서 설계 제작한 신호처리 및 평균화 회로의 블록다이어그램으로 고속 신호처리 및 부품수를 최소화하기 위해 평균화 회로 등은 EPLD를 사용하여 32bit Full Adder를 구성하였다.

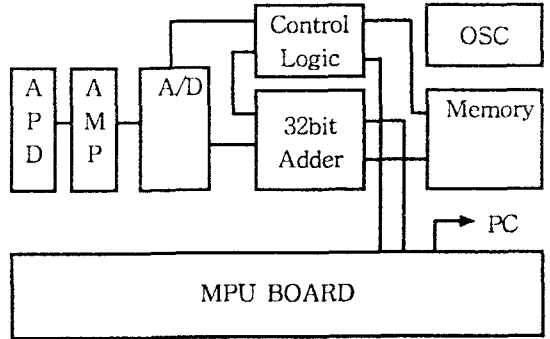


그림 4. 광수신 및 신호처리 회로

3. 시스템 구성 및 특성시험

3.1 실험 시스템의 구성

분포형 광파이버 진단을 위한 시험 시스템은 그림 5와 같이 구성하였다. 그림에서 LD에서 출사된 광펄스는 광결합기 입력측에 입사되어 센서용 광파이버에 전송된다.

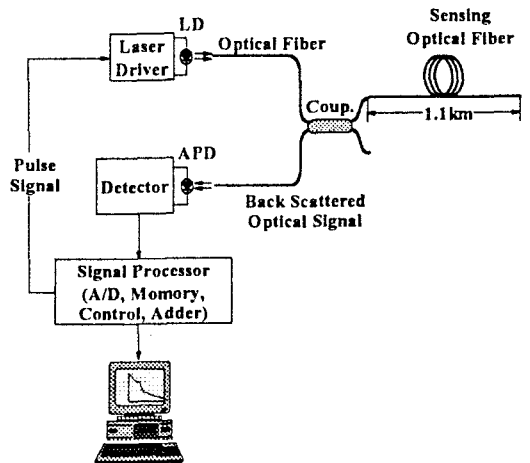


그림 5. 시험 시스템의 구성도

그리고 입사단에 되돌아온 Rayleigh 역산란광은 APD로 수광한 후 고속 신호처리 및 평균화를 실시해 PC로 전송하여 거리에 따른 감쇠량을 표시하도록 하였다.

3.2 실험결과 및 고찰

그림 6은 시험 시스템에서 최대 출력이 3[W], 펄스폭이 200[ns]인 광펄스를 1.1[km] 광파이버 센서에 입사한 후 산란되어 되돌아온 Rayleigh 역산란광을 Oscilloscope를 이용하여 계측한 것으로 평균화 처리를 하지 않은 파형이다. 이란적으로 Rayleigh 역산란광을 효율적으로 계측하기 위해서 반복적으로 광펄스를 송신한 후 되돌아온 산란광을 Adding하여 평균화 처리하면 S/N비가 향상되는데 그림 7은 평균화 회로를 부가하고 900[m]부근에서 밴딩을 하였을 때 역산란광의 감쇠특성을 나타냈다.

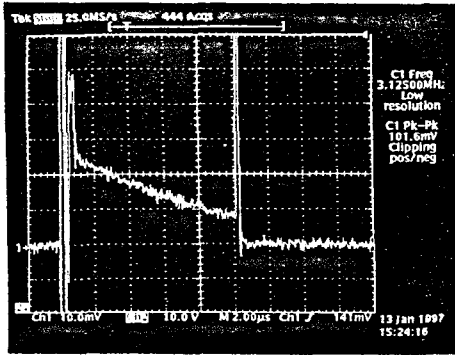


그림 6. 역산란광의 측정파형(평균화 회로 무)

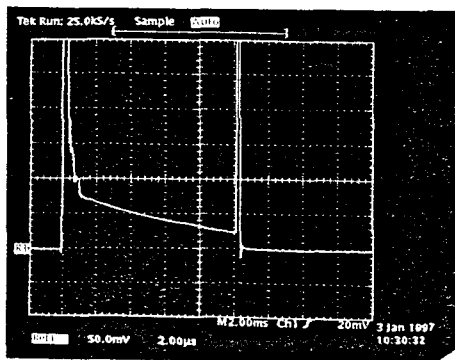


그림 7. 역산란광의 측정파형(평균화 회로 유)

그리고 시험 시스템에서 미약한 역산란광은 신호 처리부에서 수십만회 고속 평균화한 후 통신포트를 통해 표시장치인 PC에 전송한다.

그림 8은 분포형 광파이버 센서의 900[m]지점에서 밴딩을 하였을 경우 PC 모니터에 나타난 특성 곡선으로 Oscilloscope로 계측한 특성과 같다.

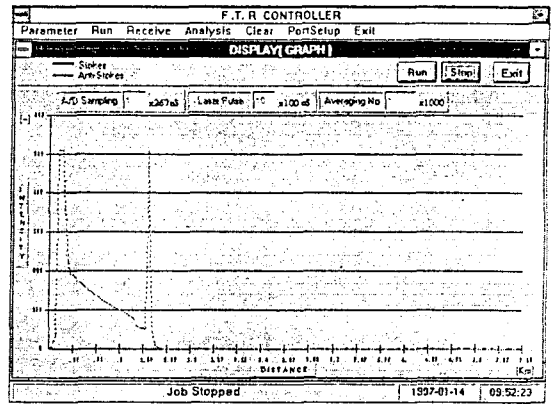


그림 8. PC에 출력된 역산란광의 측정결과

4. 결 론

본 논문은 분포형 광파이버 진단 시스템을 개발하기 위한 기본적인 OTDR 기술을 구현하기 위해서 광학계 및 고속 신호처리 회로를 설계 제작하고 특성시험을 실시하였다. 시험결과 고속 평균화회로는 향상된 S/N비 성능을 발휘하였으며 감쇠특성 시험에서는 임의의 지점에 밴딩손실을 주었을 경우 신호감쇠가 정확히 일어남을 확인할 수 있다.

그리고 본 논문에서 구현한 시험 시스템의 거리 분해능은 20[m] 정도이고 계측시간이 비교적 길기 때문에 아직까지는 현장에 적용하기에는 곤란하다. 향후 거리 분해능 및 계측시간의 축소, 다양한 표시기능을 보유하는 고기능의 분포형 광파이버 진단 시스템에 대한 연구가 진행되어야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] A. H. Hartog, "POTDR : Experimental results and application to loss and birefringement measurement in single mode fiber", Proc. 6th ECOC, York, UK, 1980
- [2] H. Geigera, J. P. Dakin, "New OTDR technique for monitoring the range of reflective markers", 10th Int. Conf. Optical Fiber Sensor, Proc. SPIE 2360, pp. 150-153, 1994