

전력 System 시설물 안전 감시용 광섬유 격자 그물망 구현을 위한 광섬유 시스템 적용성 연구

이철규, 박윤석, 이종길, 이준호

호서대학교 대학원 전기공학과, 안동대학교 기계교육과, 호서대학교 전기공학부

Application of the fiber-optic lattice fence systems for the electric power system significant building safety monitoring

Cheol-Kyou Lee, Yoon-Suk Park, Jong-Kil Lee, June-Ho Lee
Hoseo Univ., Andong National Univ., Hoseo Univ.

Abstract - 본 연구에서는 국내에서도 아직 초기단계 기술이라고 할 수 있는 간섭계를 이용한 주요 시설물(변전소등) 안전 감시 혹은 항만 감시 및 방어용 광섬유 격자 그물망 구현을 위한 광섬유 시스템 적용성을 연구한 것이다.

연구에서는 마흐젠더 간섭계의 구성에 비해 구성이 용이한 Sagnac 간섭계를 구성 실험하였다. 이 간섭계의 성능 검증을 위하여 1550nm의 중심파장을 방사하는 레이저, 싱글모드 광섬유, 3×3 커플러 등의 광소자를 사용하였고, 광섬유의 길이의 변화를 주기 위하여 PZT 위상 변조기에 교류 전원을 인가하여 PZT 위상 변조기의 진동을 유도하였다. 또한, 전체 길이 약 180cm, 17×17, 철봉의 직경 6m의 철망 구조물을 제작후, 센서 부분의 역할을 담당한 광섬유 케이블을 일정한 간격으로 철망 구조물에 케이블 타이로 고정하였다.

철망 구조물에서 발생할 수 있는 각종 외부 가진에 대해, 철망 구조물에 가속도계를 설치하여, Sagnac 간섭계에서의 광 간섭 신호와 가속도계의 신호를 비교 검증하였다.

본 실험결과를 통하여 광섬유 펜스는 주요 시설물(변전소등) 안전 감시 혹은 항만 감시 및 방어용 경보 시스템에 적합하다고 판단된다.

2.1 PZT 위상변조기를 이용한 Sagnac 간섭계 검증

가장 간단하면서도 가장 많이 쓰이는 변조기는 빈 원 통형의 PZT 변환기 위에 피복 광섬유를 감은 것이다. 본 연구에서 사용한 광섬유 Sagnac 간섭계를 그림 1과 같이 구성 후 PZT 변환기에 의한 광섬유 변화를 제대로 검출할 수 있는지를 검증하기 위해서 실험하였다.

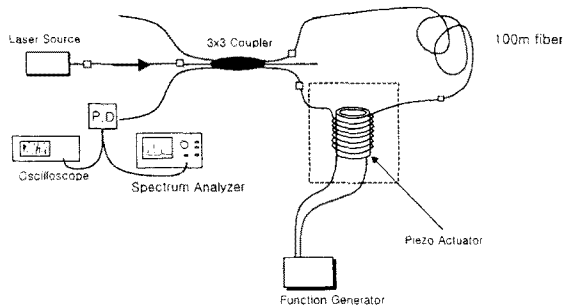


그림 1 PZT 위상변조기를 가진 Sagnac 간섭계

광원은 중심파장 1550 [nm]를 사용하였고, 광원에서 나온 빛은 3×3 광섬유 결합기를 통과하여, 압전 진동자 PZT 위에 감은 광섬유로 들어간 후, 다시 3dB 3×3 광섬유 결합기를 통과하여 광검출기로 들어간다. PZT 압전 소자에 감은 광섬유는 용융 접착식으로 연결하여 손실이 적고, 안정된 광섬유 일체식 Sagnac 간섭계를 구성하였다

광섬유의 직경은 코아(core)가 9.3 [μm], 클래딩(cladding)이 125 [μm] 이고, 아크릴 수지 보호피막을 포함한 전체 직경은 245 [μm] \pm 10의 허용오차(tolerance)를 가진 광섬유를 이용하였다. PZT에 교류 전원을 인가하면 PZT가 반경(radial) 방향으로 수축 확장 운동을 하기 때문에 PZT위에 감겨져 있는 광섬유도 수축 확장운동을 통하여 광섬유의 위상변화를 일으켜

1. 서 론

광섬유 센서(optical fiber sensor)는 전 세계적으로 약 20여년의 연구개발과정을 거쳐 이제 실용화단계에 접어들고 있으며 그 높은 정밀도, 전자파 방해 불가능, 분포계측 가능성, 소형 및 내구성 때문에 선진국에서는 탐지장비 및 철망 무기체계에 활용이 시작되고 있다. 광섬유 센서는 미국의 미해군연구소(NRL), 스탠포드대학, Litton사, McDonnell Douglas 및 Bendix사를 중심으로 연구되고 있으며, 영국의 British Aerospace사, Ferranti Thomson사, DRA(Defense Research Agency) 및 Plessey사등을 중심으로 음압감지 센서를 개발하고 있고, 그밖에 일본의 Okki 전자, 프랑스의 TMS사, 이태리의 Whitehead사 등에서도 광섬유를 이용한 각종 음압감지 센서를 연구하고 있다[1].

특히 미국의 Litton사는 많은 수의 광섬유 센서 관련 특허를 보유하고 있어 광섬유 센서를 개발하는데 걸림돌로 작용하고 있다. 이들 선진국에서는 특히 광섬유 센서 기술이전을 대단히 꺼리고 있으며 중요한 국가 핵심기술로 분류하여 그 기술을 보호하고 있는 실정이다[2-4].

따라서 본 연구에서는 국내에서도 아직 초기단계 기술이라고 할 수 있는 간섭계를 이용한 주요 시설물(변전소등) 안전 감시 혹은 항만 감시 및 방어용 광섬유 격자 그물망 구현을 위한 광섬유 시스템 적용성을 연구하는 것으로서 그 기술의 파급효과는 매우 크다고 판단되며 시급히 연구 해야할 단계에 있다고 사료된다.

2. 실 험

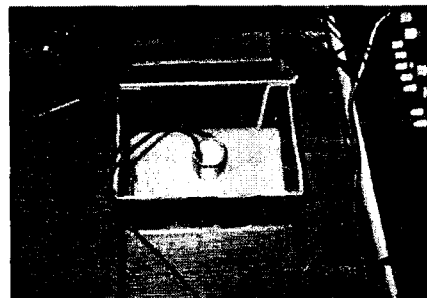


사진 1 PZT 위상변조기

Sagnac 간섭계의 광섬유 센서의 감지 특성을 분석 할

수 있다.

PZT에 감겨 있는 광섬유의 길이는 약 17.50 [m]이며, 구성되어있는 광섬유 전체 길이는 약 120 [m]가량 된다. 본 연구에서 사용한 PZT는 지름이 38 [mm], 높이 38 [mm]의 PZT를 사용하였다.

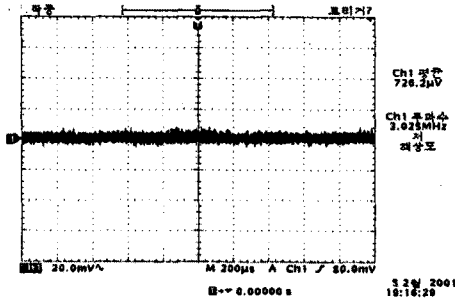


그림 2 순수 광신호

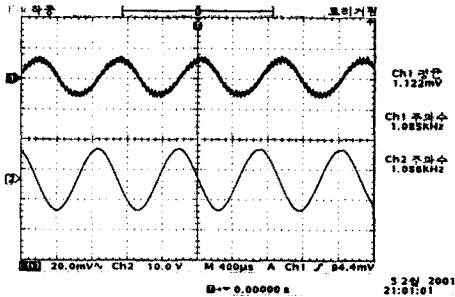


그림 3 PZT에 1[kHz] 입력에 따른 광신호
Ch. 1 : 광섬유 신호
Ch. 2 : 함수 발생기 신호

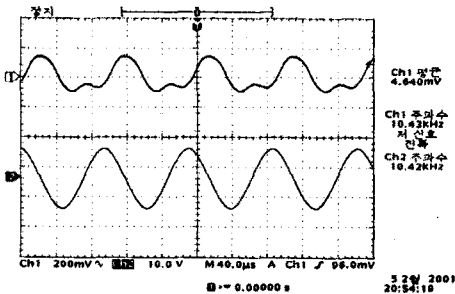


그림 4 PZT에 10[kHz] 입력에 따른 광신호
Ch. 1 : 광섬유 신호
Ch. 2 : 함수 발생기 신호

Sagnac 간섭계 구성 후 각각 PZT 위상변조기로부터 아무 입력 신호가 없는 것은 그림 2에서 잘 나타나고 있다. 그림 3과 그림 4에서는 1 [kHz]와 10 [kHz]의 신호가 함수 발생기로부터 PZT 위상변조기에 인가되었을 때의 광신호를 오실로스코프 채널 1에 함수발생기 신호를 채널 2에 잡은 것이다. 신호에서 알 수 있듯이 PZT 위상변환기의 변화에 따른 Sagnac 간섭계가 잘 동작하고 있음을 알 수 있다.

2.2 광섬유 격자 시스템

2.2.1 외부 가진에 의한 실험

그림 5에는 본 연구에서 구현할 수 있는 간섭계 형태의 광섬유 그물망 시스템을 보였다. 광섬유 그물망에는 침입자 혹은 수영자들의 접촉으로 인한 저주파 진동이 외부가진 형태로 입력이 되며, 광섬유는 격자의 흔들림으로 인하여 위상변화가 발생하게 된다.

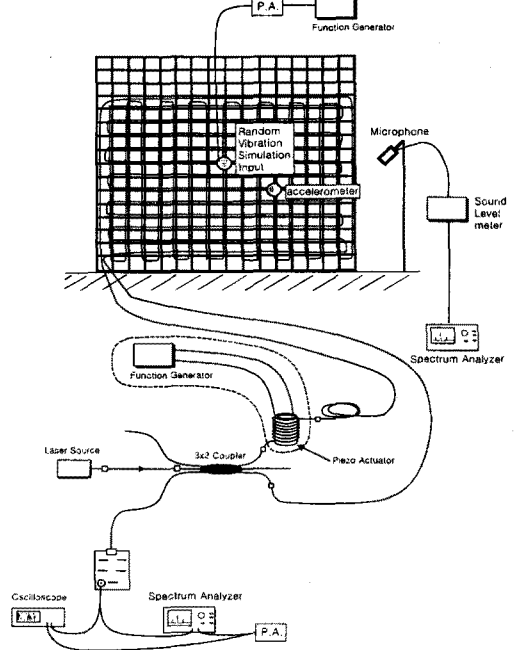


그림 5 광섬유 격자 시스템의 구성도

광섬유를 격자모양으로 설치하기 위하여 광섬유를 프레임에 부착하고 레이저 입력에서 나오는 광을 방향성 결합기(3×3 coupler)로 균등분배하고 이중 광섬유 격자를 통해 발생한 위상 변화는 방향성 결합기에서 다시 광의 간섭현상을 일으킨다.

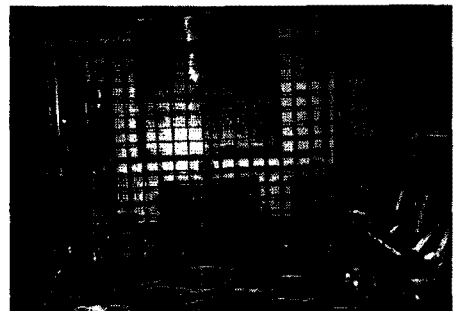


사진 2 광섬유 격자 펜스

수중에서 쓰이는 항만 감시용은 아주 굵은 로프 대신에 광섬유를 보강가닥과 함께 설치하는 기술이 필요하지만, 본 연구에서는 가로 세로 총 길이 180[cm], 철봉 6[mm]의 17×17의 철망 구조망으로 실제로 제작한 그물 격자망 펜스에 일정한 간격으로 케이블 타이로 고정을 시켜 놓았다.

광섬유 격자 펜스를 위한 구성도는 그림 5와 같고, 실제 격자 구조망으로 제작하여 실험을 한 광섬유 격자

펜스는 사진 2와 같다. 외부 진동원을 주기 위해서 광섬유 격자 펜스의 정 중앙 부에 외부 가진자를 설치 하였고, 가속도계는 강제 진동원에서 가까운 부근에 같이 설치하여, 광섬유 격자 펜스에 의해 발생하는 위상변화에 따른 광 간섭 신호를 검증 비교하였다.

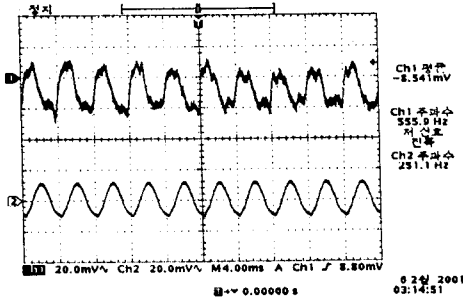


그림 6 외부 가진 주파수 : 251[Hz]

Ch. 1 : 광섬유 신호
Ch. 2 : 함수 발생기 신호

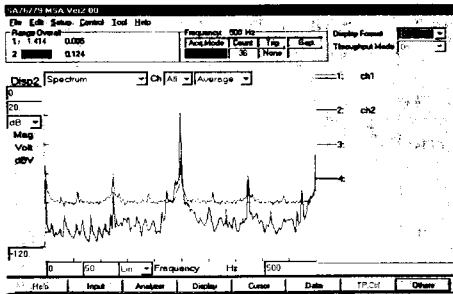


그림 7 외부 가진 주파수 251[Hz] (FFT)

Ch. 1 : 광섬유 신호
Ch. 2 : 함수 발생기 신호

그림 6에서는 외부 가진 주파수가 251 [Hz]일 때 광섬유에서의 신호와 가속도계에서 검출 되는 신호를 오실로스코프 상에서 본 것이다. 광섬유 신호와 가속도계 모두 육안으로 식별이 가능할 정도로 외부 가진에 의한 반응이 뚜렷이 나타나고 있음을 알 수 있다. 그림 7에서는 광섬유 신호와 가속도계의 신호를 스펙트럼 분석기를 통하여 각각의 주파수 성분을 본 것이다. 그림 7의 그래프 정 중앙부의 피크치는 251 [Hz]로서 가속도계의 응답에 비해 광섬유 신호의 피크치는 15 [dB]가량 적은 양을 나타내고 있지만, 비교적 안정적인 신호 분포를 나타내고 있음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 광섬유를 이용한 시설물 안전 감시 시스템으로 광섬유 센서는 측정감도가 좋고 광섬유가 유전체도파로이기 때문에 전자기간섭(EMI)의 영향을 받지 않으며 전기가 흐르지 않아 주위 환경에 영향을 주지 않는다 또한, 피측정물의 구조에 적합한 형태의 센서를 만들 수 있다는 장점을 이용, 항만, 주요 시설물의 안전 감시 시스템에 적용하기 위한 연구를 하였고, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 본 연구에서 사용된 시설물 안전 감시용 광섬유 격자 펜스에서는 마호젠더 간섭계에 비해 적용이 용이하고, 안정적인 Sagnac간섭계 사용이 적합하다.

2. Sagnac 간섭계의 검증을 위하여 PZT 변환기에 교류를 인가하여 PZT의 진동으로 광섬유 길이의 변화가 생겼을 때, Sagnac 간섭계는 PZT 변환기의 변화에 따른 광간섭이 잘 나타나고 있음을 알 수 있었다.
3. 현장에 적용가능한 철 구조망 펜스를 직접 제작하여, 광섬유를 철 구조망에 설치 후 외부 가진이 생겼을 때의 광 신호의 변화들의 변화 감지가 가능함을 알 수 있었다.
4. OTDR (Optical Time Domain Reflectometry)의 분포형 센싱 기술로 외부 가진 부위의 정확한 정보를 얻을 수 있는 기술력이 확보되면, 가속도계와 같이 각 포인트별 센싱보다 여러 장점을 확보 할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이종길, 윤형규, 서인창, "광섬유 하이드로폰 및 소나 기술 현황," 국방과 기술, 제205호, pp. 48-61, 1996.
- [2] A. Kersey *et al.*, "64-element time division multiplexed interferometric sensor array with EDFA telemetry," OFC '96 Technical Digest 2, pp. 270-271, 1996.
- [3] P. Nash, "Optical fibre hydrophone technology for sonar systems," *Conference Proceedings of the 95 Undersea Defence Technology*, France, 1995.
- [4] J. P. Dakin and C. A. Wade, "Optical Fibre Hydrophone Array-Recent Progress," SPIE 514, pp. 375-379, 1984.
- [5] Herve Lefevre, "THE FIBER-OPTIC GYROSCOPE", ARTECH HOUSE, pp. 1-60, 1993
- [6] Dakin, john, Culshaw, B. "Optical Fiber sensors : principles" Artech House, pp. 9-23, 230-232, 1988
- [7] Eric Udd "Fiber optic smart structures", John Wiley & Sons, pp. 154-169, 1994
- [8] K.T.V. Grattan and B.T. Meggitt "Optical Fiber Sensor Technology", Chapman & Hall, pp. 1-9, 197-222, 1995
- [9] 김상준, "광섬유 Sagnac 간섭계를 이용한 방전 현상 검출", 고려대학교 대학원 박사학위논문, 1999