

광파이버를 이용한 침입자 감시시스템

김요희^o, 김인수, 박해수, 오상기
한국전기연구소

Fiber Optic Security System based on Multimode Fiber

Y.H. Kim^o, I.S. Kim, H.S. Park, S.K. Oh
K E R I

Abstract

This paper reports the principle, design, configuration, and test results of the fiber optic security system using multimode fiber. In this system, optical fiber works as a sensing element. The length of sensing element may be from several meters to several kilometers. Physical principle of this system is the dependence of interferometric pattern on the end of the fiber on mechanical perturbation in the area, where this fiber is situated. Near and far field patterns of the output light for mulimode fiber are speckle pattern. A number of speckles on the fiber depends on mode numbers. Light intensity in each point of the fiber end depends on phase difference of modes. Finally we introduced a "Fiber Optic Security System based on Multimode" Fiber which we developed, it may be available in the field of the important area and building.

1. 서론

최근 광파이버의 기술이 점점 발전함에 따라 광파이버 센서에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 광파이버 센서기술은 광의 다양한 파라미터 즉 "진폭, 파장, 위상, 편파면," 등과 "반사, 흡수, 굴절, 분산, 산란, 간섭, 회절" 등의 여러 현상과 효과들을 복합하여 응용하는 기술이다.

현재 이용되는 침입자 감시시스템은 초음파 센서 또는 적외선 센서를 적절한 개소에 설치 운영하고 있으나 이들 센서시스템은 감시영역이 제한되거나 기상조건에 따라 오동작 또는 부동작할 우려가 있고 유지보수 등에 문제가 따른다. 또한 상기 센서시스템은 노출된 상태에 설치되므로 침입자가 미리 감지할

수 있다. 여러 모드를 가지는 멀티모드 광파이버내에서는 외부 응력에 의해 경로차(위상변이)가 고감도적으로 변화하게 된다.

본 논문은 광파이버를 매설하거나 울타리에 설치하여 침입자가 발생했을 때 광파이버내의 미세 모드 상호변화를 검출함으로써 침입자를 인지하고 경보장치를 발생하게 하는 시스템에 관하여 설계 및 실험에 관한 내용이다.

2. 본론

2.1 광파이버내의 위상변이

굴절을 분포에 따라 멀티모드 광파이버에서는 고차모드(High - order mode)를 발생하게 되므로 이 때 V - parameter는 식 (1)과 같다.

$$V = n_1 k a \sqrt{2 \Delta} \dots\dots\dots(1)$$

여기서, $k=2\pi/\lambda$, $\Delta=(n_1+n_2)(n_1-n_2)/2n_1^2$, a 는 코아의 반경, n_1 , n_2 는 각각 코아, 클래드의 굴절율이다.

이 때 모드의 수(N)는 식(2)와 같다.

$$N = [4 a^2 \pi^2 \Delta / \lambda^2] [g/g + 2] \\ = [g/g + 2] [V^2 / 2] \dots\dots\dots(2)$$

여기서 g 는 profile parameter 이다.

본 시스템에서 코아/클래드의 직경이 100/125 μ m를 이용하고 $g=2$, $n_1=1.48$, $n_2=1.46$, $\lambda=850$ nm 일 때 모드의 수를 계산해 보면 2000여개가 된다. 그리고 진행된 빛의 모드의 수에 따라 스펙클의

개수가 형성되고 단면에서 그 스펙클 패턴을 발견할 수 있다. 즉 광파이버를 통하는 빛의 위상변이(ϕ)는 식(3)으로 간략하게 표현할 수 있다.

$$\phi = L\beta \dots\dots\dots(3)$$

여기서 L 은 광파이버의 길이, β 는 모드의 전파상수이며 광파이버의 크기, 코아와 클래드의 굴절율에 따라 다르다.

만약 광파이버의 단면크기 및 굴절율에 미세한 외부 영향을 주는 외부 응력을 가하면 수천개의 모드에서 경로차가 발생하고 이로 인해 위상변이를 발생시키며 스펙클이 예민하게 움직이게 된다.

2.2 시스템 구성

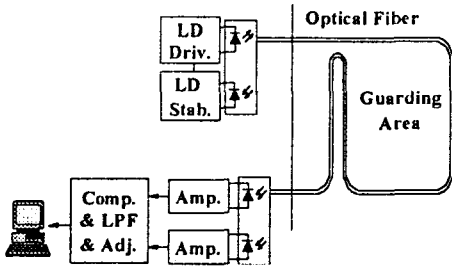


그림 1. 전체적인 시스템 구성도

전체적인 시스템 구성은 그림 1과 같으며 멀티모드 광파이버 (Step-Index 또는 Graded-Index)로 감시지역내의 침입자를 센싱하기 위해서 장소에 따라 길게 매설하거나 건물바닥 등에 설치할 수 있다. 송신부에는 코히런트한 광원을 발생시키도록 레이저 다이오드(LD)를 사용하며 또한 안정적인 동작을 유지하게 해주는 안정화회로가 부가된다. 특히 보다 정밀한 안정화를 위해서 레이저 다이오드에서 발광된 빛의 일부를 포토 다이오드(PD)로 받아 Feedback하여 항상 안정된 광량을 송신하도록 하였다.

수광부에서는 광파이버에서 수신된 광신호를 2개의 포토 다이오드(PD)로 수신된다. 두 개의 PD에 도달한 빛은 전치증폭기를 통과하면서 전기적인 신호로 전환이 된다. 이들 두 신호의 레벨을 조정하여 침입자가 없을 때에는 차동증폭기의 출력값은 영(zero)이 된다.

만약 매설 또는 장설된 광파이버 주위에 침입자가 발생하게 되면 침입자에 의해서 광파이버에 응력을 주거나 진동을 주게되며 차동증폭기에 서로 다른 출력이 나타나게 된다. 이 때 그림 2와 같은 스펙클 패턴이 변화하고 이 신호는 LPF를 통과하여 일정신호레벨 이상의 입력신호만을 감지하는 감도조절기를

거쳐서 최종 출력신호를 얻는다. 여기에 침입자를 알리기 위하여 부저나 램프등 경보장치를 구현할 수 있다.

2.3 실험 및 결과

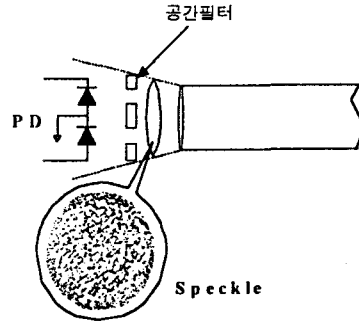


그림 2. 스펙클 패턴의 변화

본 논문에서 제안한 방식대로 시스템을 구성하고 10m의 센싱 광파이버를 흙 또는 콘크리트에 매설하여 침입자 유무에 따른 실험을 행하였다.

그림 2와 같이 광파이버의 종단과 광수신 PD사이 에 공간 필터를 넣고 스펙클의 움직임을 가시적으로 볼 수 있게 했으며 신호대 잡음비를 높이기 위하여 공간필터의 크기를 적절하게 사용하였다.

차동증폭기의 출력값은 침입자가 없을 때에는 거의 영에 가까우나 침입자가 있을 때에는 수 mV에서 수십 mV 크기의 신호가 나타났다. 그림 3의 (a)는 흙과 같은 부드러운 땅속인 경우로 수 Hz 정도의 주파수 성분이 가지는 신호로 나타나고 그림 3의 (b)는 콘크리트와 같은 단단한 물질인 경우이며 수 kHz의 주파수 성분이 나타났다. 광파이버의 설치여건에 따라서 이 처럼 주파수 특성이 변화를 하므로 LPF를 통과시켜 잡음을 제거하고 원하는 신호를 검출할 수 있었다.

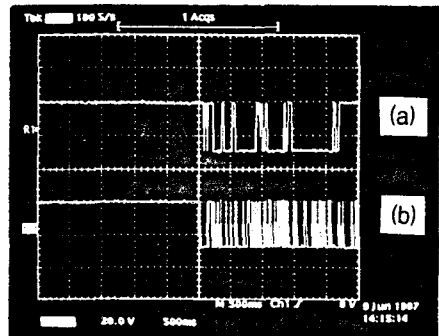


그림 3. 침입의 유무에 따른 출력파형

3. 결론

본 논문은 멀티모드 광파이버를 센싱부분으로 하여 출입자 감시시스템을 구성하고 적용 가능성을 실험한 내용이다. 감시구역내에서 아주 예민하게 동작하는 고성능의 컴팩트한 감시시스템을 제시하고 설계하였다. 신호의 주파수 성분은 1Hz에서 수십KHz 사이였고 주파수 밴드는 설치 여건에 따라 달라지며 부드러운 땅속에는 주파수가 낮으며 콘크리트와 같은 단단한 물질의 경우에는 높은 주파수 성분이 나타났다. 실험실내에서는 약 10m의 광파이버를 이용하였지만 땅속 깊이로는 1m깊이 까지, 길이는 수십 km까지 적용가능성이 보였다. 본 시스템은 가정, 빌딩 또는 산업시설에 사용할 수 있고, 특히 감시 구역이 넓고(길고) 눈에 띄지 않게 하는 특수목적지역에 알맞고 PC 등에 그래픽한 맨 머신 인터페이스를 보완하여 사용한다면 더욱 효과적이다.

[참고문헌]

- [1] John P. Powers, " Graded - Index Multimode Fiber" An Introduction to Fiber Optic Systems . p.35-39. 1993.
- [2] G. B. Hocker, " Fiber - Optic Sensing of Pressure and Temperature," Appl. Opt., vol. 18, p.144, 1979.
- [3] T.G. Giallorenzi, "Optical Fiber Sensor Technology " IEEE Trans. on Microwave Tech., vol. MTT-30 NO.4, p.472, April, 1982.
- [4] N. Lagakos , et. al., " Stress Optic Coefficient and Stress Profile in Optical Fibers 1 July 1981/ vol. 20, n0.13/ Applied optic.
- [5] M.G. Xu, et. al., "Optical Fiber Sensor for High Pressure Measurement using an In fiber Grating," Proc. of OFS' 9, Firenze, p.31, 1993.
- [6] 김요희, 김영수, " 광파이버 온도 ,압 력센서 개발에 관한 연구" 과학기술 처, 1994. 9.