

광섬유를 이용한 로봇 센서 시스템에 대한 기초 연구

전 종 임* 박 병 옥 박 민 용 이 상 배
연 세 대 학 교 전 자 공 학 과

The Fundamental Study On Robot Sensor System Using Optical Fiber

Jun, Jeng Arm Park, Byeong Wook Park, Mignon Lee, Sang Bae

ABSTRACT

This paper shows the development of robot sensor system using optical fiber. When the object recognition is implemented in the existing robot system, the image processing method using CCTV-Camera has been most widely used.

But when it is necessary to recognize and classify only simple elements in industrial field, the real time processing using this method requires relatively high cost.

The purpose of this paper is to represent the fundamental study on the development of optical-fiber sensor system, which may be used to recognize and classify elements with low cost and real-time.

1. 서 론

산업용 로봇은 작업의 능률을 높이고 대량생산을 할 수 있는 잇점이 있어서 선진 각국에서 개발에 힘쓰고 있다. 국내에서도 작업장의 요구환경에 따라 다양한 형태의 산업용 로봇이 사용되고 있다. 이러한 다양한 형태의 로봇에 따라서 여러 형태의 센서가 또한 개발되어 사용되고 있다.

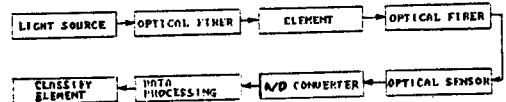
기존의 로봇에서 물체인식을 할 때, CCTV-Camera System을 이용하여 영상처리를 하는 방법이 가장 광범위하게 쓰이고 있으나 산업현장에서 단순한 소자만을 인식하여 분류할 필요가 있을 때 이 방법을 써서 실시간 처리를 할 경우 상대적으로 경비가 많

이 들게 된다.

본 논문에서는 로봇이 저경비, 실시간으로 소자들 인식하는데 쓰일 수 있는 Optical Fiber를 이용한 로봇 센서 시스템의 기초연구를 나타내고자 한다.

2. 시스템 구성

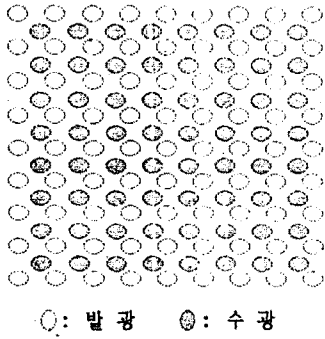
전체 시스템 구성은 그림 1과 같다. 발광원에서 나오는 빛을 Optical Fiber를 통하여 임의의 소자까지 전송한 후 소자위에 조사하게 된다. 조사된 빛은 소자로부터 반사물 일으켜 수광 Optical Fiber를 통해 수광부로 전송된다. 수광된 빛은 광센서에 의해서 전기적 신호로 바뀌게 되며 이 신호는 A/D 변환기를 거쳐서 Computer까지 전송된다. Computer에서는 전송된 데이터를 분석하여 소자를 판별하게 된다.



[그림 1] 시스템 개요도

발광원으로는 빛의 출력이 가급적 높은 것을 사용, 하면 소자의 인식율이 높지만 시스템의 규모를 줄이기 위해서 고휘도 적색 LED (HLMP-3750)를 사용하였다. 시스템 구성시 사용된 광섬유의 직경은 500 μm 인 폴라스틱 광섬유이다.

이를 이용하여 그림 2와 같은 17 x 17 의 Array를 형성하였으며 그 크기는 8.8mm x 8.8mm 이다.



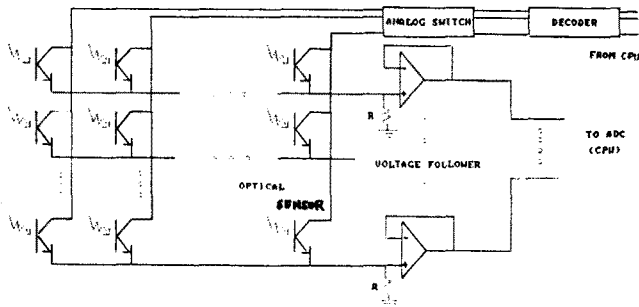
[그림 2] 광검유 Array 구성도

소자에 조사되는 빛의 조도를 균일화하기 위하여 발광부와 수광부의 배열을 교차시켰다. 그림 2에서 보는바와 같이 발광부는 15mm 길이의 광검유로 구성된 9 x 9의 Array 배열이며 수광부는 18mm 길이의 광검유로 구성된 8 x 8의 Array 배열이다.

광검유의 절단면 처리와 광검유와 광Sensor 사이의 결합은 광신호의 송수신에 직접적으로 영향을 끼치므로 본 시스템 제작시에 이점을 특히 유의하였다.

광Sensor의 종류로는 Photomultiplier, Pyroelectric detector, Photo-transistor, Photo diode 등이 있으나 역시 설계규모상 Photo transistor를 채택하였다.

Photo-Transistor(ST-1CL310)를 사용하여 8 x 8 Array를 형성한 Scanning 회로를 그림 3 과 같이 구성하였다. Photo transistor는 collector 전류에 따른 R_{ce} 의 변화로 인해 비선형성을 나타낼 수 있으나 본 실험에서 측정된 collector 전류의 변화폭은 좁으므로 Photo-transistor는 거의 선형적인 영역에서 동작한다고 볼 수 있다.



[그림 3] Scanning 회로

Scanning회로를 거쳐 나온 신호를 Digital 적인 Data로 처리하기 위해서 본 실험에서는 ADC 0809를 사용하였으며, Computer도 이 Data를 받아들이고 외부로 Control Signal을 내보내기 위해서 PPI 8255 와 같은 General Purpose I/O Device를 사용하였다.

본 실험에 적합하게 제작한 A/D Converter Board를 IBM 호환기종인 Televideo - XT에 물려서 사용하였다.

3. Data 처리와 실험결과

3.1 Data 처리

설계된 광검유 Array의 기하학적 구조와 조도면의 산란에 의해 Array의 중심에서 가장자리로 갈수록 약해지는 조도분포를 갖게됨을 관찰할 수 있다. 만일 거리의 변화에 따른 측정된 전압의 변화가 선형적이라면 이를 토대로 소자에 대한 정확한 입체적 정보를 얻을 수 있으나 그렇지 못하므로 거리의 변위와 측정전압과의 선형화를 위해서 식 (3.1)과 같은 선형화 작업이 필요하다.

$$\Delta x(i, j) = \alpha(i, j) \sqrt{\frac{V(i, j) - V_0(i, j)}{V_{max}(i, j) - V_0(i, j)}} \quad (3.1)$$

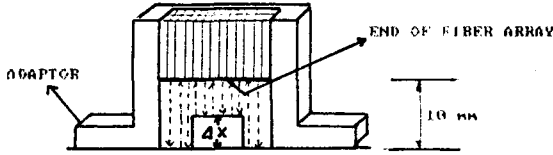
$\alpha(i, j) = [\text{실험에 의해 측정된 각 Array Sensor의 거리에 따른 전압의 변화율}]^{-1}$

$V_0(i, j)$ = 기준높이에서의 각 Sensor 전압

$V_{max}(i, j)$ = 측정 최대높이에서의 각 Sensor 전압

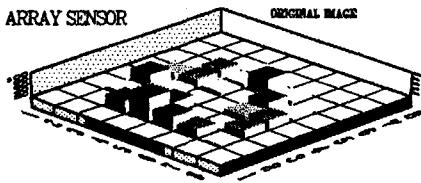
3.2 실험 결과

본 실험에서는 실험 대상 소자를 높이 5mm 미만으로 한정하여 실험을 행하였다. 실험 측정의 단면을 그림 4에 나타내었다.



[그림 4] 실험 측정 단면

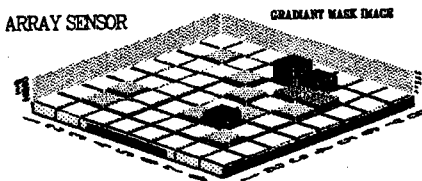
높이 5 mm 반지름 2.8 mm의 원형의 너트를 임의의 실험대상으로 한 경우 Data처리를 하지않고 그래픽 처리를 하여 Original Image를 구하면 그림 5 와 같다.



[그림 5] ORIGINAL IMAGE

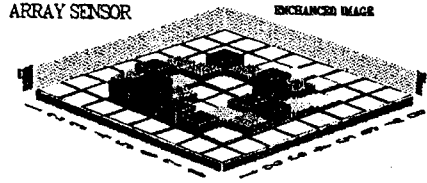
위와 같은 data를 보면 거의 원형의 형태를 찾아보기 힘들다. 그 이유는 조도의 불균형, 광섬유와 Sensor간의 접촉 불량, 광섬유의 기하학적 구조등을 들 수 있으나 본 실험에서 Optical Fiber 와 Sensor와의 접촉을 수작업으로 행하였기 때문에 그로 말미암은 효과가 가장 크리라 생각이된다.

각 Sensor마다의 보상계수 $\alpha(i,j)$ 를 Array 형태로 나타내면 다음과 같은 Gradient Mask Image를 구할 수 있다.



[그림 6] GRADIENT MASK IMAGE

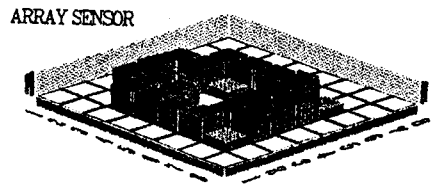
Original Image에 위의 Mask를 띄워 구한 Enhanced Image는 다음과 같다.



[그림 7] ENHANCED IMAGE

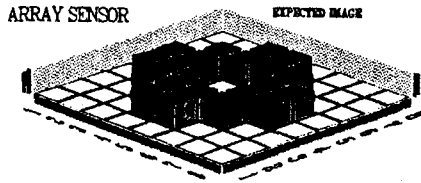
그림 7을 그림 5와 비교하여 보면 Mask Image를 띄우므로서 기하학적으로 원형의 너트에 근사한 향상된 Image를 구할 수 있음을 알 수 있다. 그림 6에서의 Masking을 함에도 불구하고 동일한 소자의 높이에 대한 각 Sensor의 절대치가 일정하지 않는 이유는 식 (3.1)의 $\alpha(i,j)$ 는 평면적인 변화에 대한 보상만을 고려한 것이지 평면상에 입체적인 물체가 놓이는 경우에는 오차가 발생하기 때문이다. 소자의 2차원적인 평면에 관한 정보는 적절한 Gray Level Thresholding을 선정하면 근사하게 구할 수 있다. 그림 8은 전체 Gray Level에서 50% 되는 Gray Level을 Threshold로 하여 Image 처리하여 구한 것이다.

GRAY LEVEL THRESHOLDED IMAGE

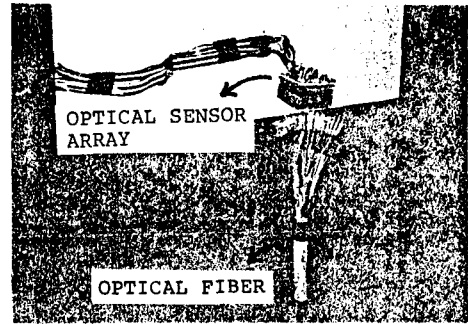


[그림 8] GRAY LEVEL THRESHOLDED IMAGE

원형의 너트를 8 x 8 Array로 받아들였을 때 기대되는 2차원적인 Image인 그림 9와 이를 비교해보면 약간의 오차가 여전히 존재함을 볼 수 있다.



[그림 9] EXPECTED IMAGE



[그림 10] 제작한 광 센서 ARRAY와 OPTICAL FIBER

4. 결 론

실험을 통하여 얻어진 $V(i, j)$ 및 $V_{max}(i, j)$ 와 $C(i, j)$ 를 연산자로 사용하여 소자의 형태를 광 센서로 파악하려고 시도 하였으나 시스템 구성시의 정밀도 결여에 기인하는 여러 오차와 산란 효과로 인해 근사한 기하학적 도식판별은 가능하였으나 정확한 절대변위량은 측정하기 곤란하였다.

그러나 시스템 제작시에 세밀한 주의를 기해 발생 가능한 오차를 최소화하고 각 광센서에 관한 연산자와 가중치를 정밀 측정한다면 더욱 좋은 결과가 나올 수 있으리라 본다.

앞으로 광섬유 Array 를 더욱 확장 한다면 큰 소자의 측정에도 사용가능하며 광섬유의 직경이 작은것이 사용된다면 해상도도 더욱 높일 수 있으리라 본다. 임의의 소자를 받아들여 처리하는데 걸리는 시간은 약 1 SEC 정도걸리나 앞으로 더욱높은 Resolution의 고속도 A/D 변환기와, 고휘도의 발광원이 병행되어 산업 현장에서 토보프에 응용된다면 더 좋은결과가 있으리라 기대된다.

참고 문헌

1. J.Varon, M.Mahien, P. Vandenberg ; High Brightness Ga Al As Heterojunction Red LEDs, IEEE Vol-28 1981
2. J.A.Morris, C.R.Pollock ; A Digital fiber-optic Liquid Level Sensor. Journal of Light wave Technology Vol. LT-5 No.7 1981
3. A.K.Bejczy ; Fiber Optic Tactile Sensor, Robot Sensing and Controls, 1985 IEEE International Conference
4. C.P. Yakymyshyn, C.R.Pollock ; Differential absorption Fiber-optic Liquid Sensor , Journal of Light Wave Technology.1987
5. James, W.Coffron; The IBM PC Connection SYBEX.1984
6. 村政用: 光導波板を用いた分布型 触覚センサ 日本ロボト學會誌 5 卷 4 号, 1987