

# 원형 레이저 마크 인식을 위한 실험적 연구

## Experimental study for mark recognition of circle laser

\*심혁훈<sup>1</sup>, 송춘삼<sup>2</sup>, #김종형<sup>3</sup>

\*H. H. Shim<sup>1</sup>, C. S. Song<sup>2</sup>, #J. H. Kim(johnkim@snut.ac.kr)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>서울산업대학교 메카트로닉스공학과, <sup>2</sup>서울테크노파크, <sup>3</sup>서울산업대학교 기계설계자동화 공학부

Key words : laser mark, structured light, fitting

### 1. 서론

시각센서를 이용한 로봇의 응용 작업은 산업현장에서 편의성과 정밀도를 높이고 생산성을 증대시킬 수 있는 방법으로 많은 연구가 되어왔다. 로봇의 작업에 시각센서를 이용해 대상물체의 3차원 정보를 얻는 방법으로 사람의 눈과 같이 2대의 카메라를 일정한 거리를 두고 배치하는 stereo vision system, 한대의 카메라와 한대의 특정한 패턴을 가진 광원을 사용하여 측정하는 structured light system을 대표적으로 꼽을 수 있다<sup>(1)</sup>.

이중 후자인 structured light 을 이용한 센서 시스템은 stereo vision system보다 구성이 간편하며 처리시간이 빠르다는 장점으로 인해 산업현장에서 많이 이용되고 있다. 그러나 용접선 추적(seam tracking), 도장(spray painting), 거리측정(range measurement), 결함검출(defect detection), 물체의 취급(object handling) 등과 같은 다양한 로봇의 응용 작업에 이러한 센서시스템이 사용되기 위해서는 더욱 발전된 기능, 즉 로봇에 장착이 적합하도록 가볍고 소형이며 작업의 속도를 높일 수 있도록 거리와 방향 정보의 빠른 처리 능력이 필요하다. 이러한 요구조건을 충족시킬 수 있는 센서시스템과 이를 이용한 로봇의 응용작업에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 원형 레이저 빔을 이용하여 structured light system의 다양한 로봇 응용작업을 위한 실험적 연구를 진행하고자 한다. 이때 원형 레이저 빔의 형상을 영상처리 하여 원형마크를 인식하는 연구를 진행하였다.

### 2. 시스템 구성

원형 레이저의 마크인식 위하여 Fig. 1과 같이 실험장치를 구성하였다. 그림에서와 같이 레이저는 658nm파장의 dot레이저를 원형 패턴으로 바꾸어 사용하였고, 레이저 시스템 측면에 해상도가 768(h) x 494(v)이며 초점거리가 6mm 흑백 CCD카메라를 장착하였다. 이때 측정하고자 하는 대상물에 원형으로 조사되

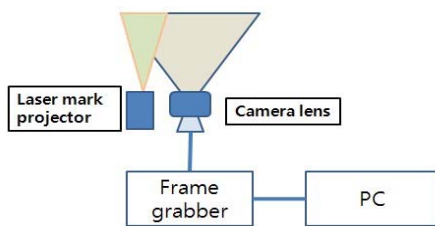


Fig.1 Schematic diagram of the experimental setup



Fig. 2 Photograph of experimental setup

Table 1 Specification of sensor system

CCD camera	Model : sony(xc-st50)
Lenz	Focal distance : 6mm
Filter	658nm Bandpass filter
Laser beam	Model : stocker yale(SNF501L)
	Wavelength : 658nm
	Diode power : 35mw
	Patten : single circle

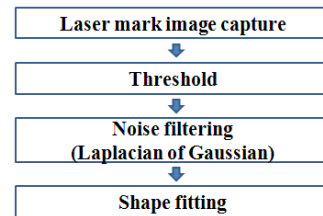


Fig. 3 Circle laser mark recognition process

어 반사된 레이저 빔은 같은 파장대의 밴드패스필터(Band passfilter)<sup>(2)</sup>를 거쳐 영상을 획득한다. Fig. 2는 실험장치의 구성이고, Table 1은 본 연구에서 구성된 센서 시스템의 상세이다.

실험은 Fig. 3과 같이 진행되었다. 원형 레이저 패턴의 영상처리를 위해 대상 표면으로부터 180mm 떨어진 거리에서 레이저 빔을 조사하여 영상을 획득하였다. 또한 거리를 10mm씩 증가하여 10회 반복실험을 진행하였고, 획득된 영상을 이진화 하였다. 이진화된 영상은 dot형태의 강한 빛과 더불어 그 주변에 약한 원형의 실루엣과 같은 노이즈를 가진다. 이때 발생한 노이즈를 LoG(Laplacian of Gaussian)연산자<sup>(3)</sup>를 사용하여 제거 하였다. 노이즈가 제거된 영상의 원형 이미지는 최소자승법을 이용하여 타원의 방정식으로 Fitting되며, Fitting을 통해 찾아낸 타원의 방정식은 파라미터를 이용하여 원의 중심점을 찾을 수 있다.

### 3. 레이저 비전 영상의 Fitting

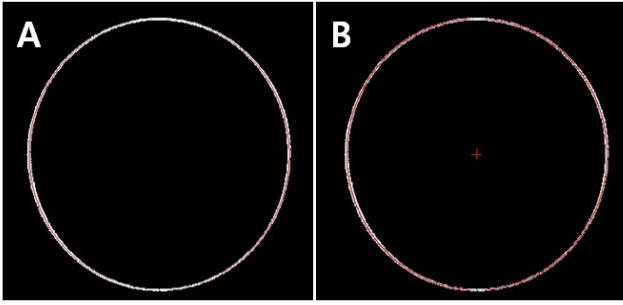
타원의 방정식을 식(1)과 같이 두고, 양변을 x의 최고차항 계수 A로 나누면 식(2)를 얻을 수 있다. 식(2)의 에러를 최소화하기 위해 파라미터  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_5$ 에 대한 편미분을 0으로 두면 식(3)과 같다<sup>(4)</sup>.

$$Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F = 0 \quad (1)$$

$$x^2 + \omega_1 y^2 + \omega_2 xy + \omega_3 x + \omega_4 y + \omega_5 = 0 \quad (2)$$

$$\frac{df}{d\omega_1} = 0, \frac{df}{d\omega_2} = 0, \dots, \frac{df}{d\omega_5} = 0 \quad (3)$$

식(3)을 다음과 같이 행렬의 형태로 표현하면 역행렬을 통해 파라미터를 구할 수 있다.



(a) circle image (b) centroid image

Fig. 4 Laser mark image detecting

$$\begin{pmatrix} \sum y^4 & \sum xy^3 & \sum xy^2 & \sum y^3 & \sum y^2 \\ \sum xy^3 & \sum x^2y^2 & \sum x^2y & \sum xy^2 & \sum xy \\ \sum xy^2 & \sum x^2y & \sum x^2 & \sum xy & \sum x \\ \sum y^3 & \sum xy^2 & \sum xy & \sum y^2 & \sum y \\ \sum y^2 & \sum xy & \sum x & \sum y & \sum 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sum x^2y^2 \\ -\sum x^3y \\ -\sum x^3 \\ -\sum x^2y \\ -\sum x^2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

여기서 x, y의 값은 원형 이미지의 좌표 값이다. 구해진 타원의 방정식에서 중심 (Xc, Yc)를 구하면 식(5)와 같다.

$$X_c = \frac{-\omega_3}{2}, \quad Y_c = \frac{-\omega_4}{2\omega_1} \quad (5)$$

Fig. 4 (a)는 타원의 방정식을 이용하여 원형 레이저마크를 검출한 것이고, 검출된 원을 식(5)에 적용하여 Fig. 4 (b)와 같이 원형 레이저 마크의 중심을 검출 하였다.

### 3. 실험평가 및 결과

원형 레이저 마크 검출 결과 센서 시스템은 대상표면으로부터 각각의 간격에 따라 Fig. 5와 같은 측정 결과를 보였다. 그림에서와 같이 60~90°와 270~300°영역에서 오차가 큰 것을 발견할 수 있었다. 이는 센서와 카메라의 배치에 그 원인이 있다고 사료된다.

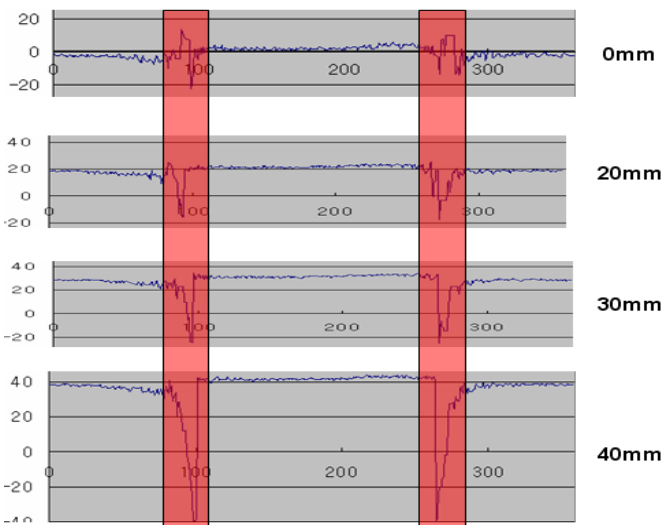


Fig. 5 Errors in the section of circumference

본 연구에서의 센서 시스템 구성은 센서가 카메라의 옆에 근접하게 부착되어 있는 형태이기 때문에 기존의 시스템에 비해 시스템의 크기가 작으면서도 멀리 있는 데이터의 측정이 가능하다는 장점을 유지하는 반면 레이저 빔에 대하여 카메라 시선의 각도 차이에 따른 오차를 가지게 된다. 또한 빔 생성기가 정확한 원형을 생성하지 못하는 것이 오차의 원인으로 볼 수 있다. 실험에 사용된 빔 생성기는 Stocker yale사의 single circle pattern generator로 원하는 측정거리에 수동으로 초점을 맞추면 원형으로 빔이 생성된다. 그러나 설정한 측정거리를 벗어날수록 원형 이미지가 깨지는 현상이 두드러지게 발생하였으며 이로 인해 전체적인 측정영역에 오차가 발생하였다. 따라서 센서 시스템 측정오차는 빔 생성기의 성능에 의해 크게 좌우 되는 것을 알 수 있었다.

오차를 줄이기 위해서는 무엇보다 정확하게 cone형으로 빔을 생성하는 빔 생성기의 개발이 중요하다고 볼 수 있다. 그러나 실험에서와 같이 측정대상과의 거리를 줄이거나 빔 생성기를 카메라와 일정각도로 회전하여 배치하는 방식을 사용함으로써 정밀도의 향상을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

### 4. 결론

본 연구에서는 레이저 시스템에 카메라를 부착하여 원형 레이저 빔 형상의 영상처리를 통한 원형마크를 인식하였다. 이때 발생하는 오차의 패턴을 알 수 있었고, 측정 대상과의 거리를 조절하여 오차를 줄일 수 있었다. 또한 마크의 중심 검출을 통하여 용접선 및 크랙을 추적하는 다양한 로봇 응용작업에도 활용할 수 있을 것이라 사료된다. 추후 오차를 줄이기 위하여 정확하게 cone형으로 빔을 생성하는 빔 생성기에 관한 연구가 필요할 것이며, 레이저 센서와 카메라의 배치방법에 따른 오차를 정확히 조사하고 이를 바탕으로 대상의 거리 및 정밀도에 따른 calibration 및 방식을 결정함으로써 좀 더 높은 정밀도의 센서 시스템을 구성할 수 있을 것이라 사료된다.

### 후기

본 연구는 서울산업대학교의 서울시 산학연 협력사업(10890)의 지원을 받았다.

### 참고문헌

1. D.C. Brown, "Decentering Distortion of Lenses," Photometric Engineering, p444-462, Vol. 32, No. 3, 1966.
2. 박경만, 이진수, "The Roll Eccentricity Control of Using a Bandpass Filter," Automation in Mining, Mineral and Metal Processing, p47-52, Vol.10 No.- 2001.
3. RANDY CRANE, "영상처리 이론과 실제", 홍릉과학출판사, 1997.
4. 유동선, "수치해석원론", 교우사, 2003.