

# 표식 인식 시스템의 개발

권 승 만      이 상 룡  
경북대학교 공과대학 기계공학과

## Development of Landmark Tracking System

Seung-Man Kwon      Sang-Ryong Lee

Dept. of Mechanical Engineering  
Kyungpook National University

### ABSTRACT

This paper presents the results of research on hardware and software of the landmark tracking system to measure the positions of moving robot in real time. The landmark tracking system is composed of CCD camera, landmark, strobo system, and image processing board. The algorithm calculates the position and direction by using the coordinate transformation formula after calculating the centroid and rotation angle of landmark at fixed position using the image data. The experiment is performed with landmark tracking system is loaded on xyz-table. XYZ-table is used for identifying the true position in our experiment. The results shows that this system has high performance with maximum error of  $\pm 1$  pixels.

### 1. 서론

이동체의 위치파악을 위해 사용되는 표식 인식 시스템 (landmark tracking system)은 CCD camera와 표식 (landmark)을 통해 얻은 영상 정보를 사용하여 camera의 위치 즉, camera가 설치된 이동체의 상대적인 좌표를 계산한다. 따라서, 영상 정보는 매우 정확해야 하며 여러 원인으로 발생할 수 있는 오차를 보정해야 한다. 본 시스템은 영상을 받아들이는 camera, camera에 영상정보를 제공하는 표식(landmark), 영상정보에 noise를 줄이기 위해 특별히 설계 제작된 camera flash system, 영상정보를 수집하고 처리하는 image acquisition & processing board 등으로 구성되어 있다. 주 컴퓨터(host computer)로부터 영상정보 수집의 명령이 전달되면 먼저 flash actuating circuit에 flash의 발광 명령이 주어지고 image processing board에 영상 정보 수집 명령이 전달된다. 영상 정보 수집 및 처리가 완료되면 주 컴퓨터는 image board로부터 필요한 정보를 받아 표식에 대한 이동체의 상대좌표를 계산하게 된다.

본 논문은 특히 정확한 영상정보를 얻기위해 플래시 시스템 (flash system)이용하여 영상의 잡음(noise)을 최대한 줄이고자 하였으며 보정과정을 통해 위치 계산의 정확성을 향상시키고자 하였다.

### 2. 실험장치

본 시스템의 구성도를 그림 1에 나타내었으며 실험

장치를 사진 1에 나타냈다. 각 요소들의 특징은 다음과 같다.

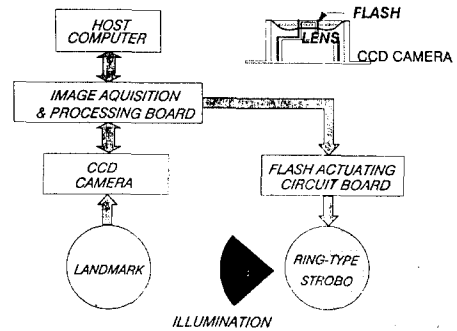


그림 1 표식 인식 시스템의 구성도

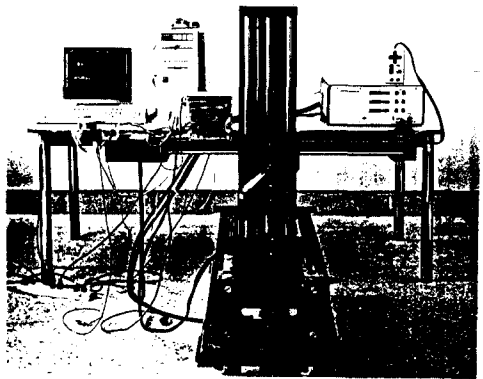


사진 1 실험 장치

### 2.1 표식의 형상

본 연구에 사용된 표식은 200 x 200 (mm) 크기의 두께 3 mm 인 정사각형 알루미늄판 위에 제작되었다. 표식무늬는 격자형으로 배열된 총 25개의 원들로 구성되어 있으며 각 원들 간의 거리는 4 cm이고 원들의 지름은 2 cm 이다. 표식무늬의 재질은 고휘도 반사 테이프로서 일반 백지보다 수백배의 반사율을 가지고 있으며 반사광을 입사방향으로 돌리는 재귀반사 효과를 가지는 특성을 가지고 있다. 따라서 본 표식은

flash system 을 사용하므로써 영상정보 수집시 외부 광원에 의한 noise 를 현저하게 줄일 수 있는 장점을 가진다. 또한, 무늬의 edge를 정밀하게 처리하기 위해 silk screen 기법으로 제작하여 포식의 자체에 의해 발생할 수 있는 오차를 예방하였다. 원형 무늬의 외부는 모두 검정색 특수 잉크로 도색하여 무늬 이외의 영상에 대한 반사를 막았다. 본 실험에 사용된 포식의 형상은 그림 2와 사진 2에 나타나 있다.

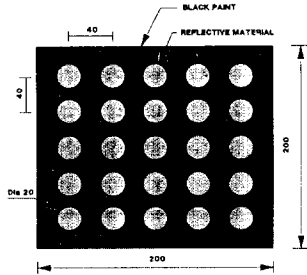


그림 2 포식의 형상

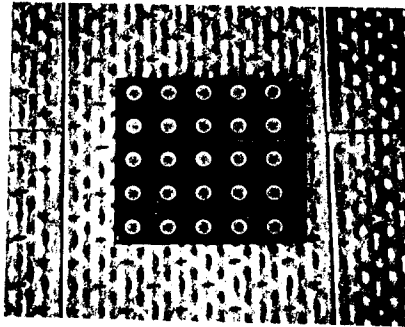


사진 2 포식의 형상

## 2.2 CCD camera

본 연구에 사용된 CCD camera 는 미국 Texas Instrument 에서 개발한 192(H) × 165(V)의 pixel array를 가지는 TC211 image sensor사용하고 있고 Lens는 표준 촛점거리 (focal length)가 16 mm인 것을 장착하고 있다. TC211 image sensor는 2.64 mm × 2.64 mm 의 정방형이고, pixel 1개의 size 가 13.75 micron × 16 micron ( 1 micron 은 10<sup>-6</sup> mm ) 인 흑백 image sensor이다. 본 camera의 field-of-view (FOV)의 크기는 landmark, camera lens, image plane 에 맺힌 영상의 기하학적 관계와 thin lens theory 를 사용하여 계산할 수 있다.

$$Yo = Yi ( So - f ) / f$$

여기서 So = 피사체에서 lens 중심까지의 거리  
 Yo = 피사체의 크기  
 Yi = image plane 에 맺힌 영상의 크기  
 f = lens의 촛점거리

그림 3에 물체, 렌즈, 영상간의 기하학적 관계를 나타내었다.

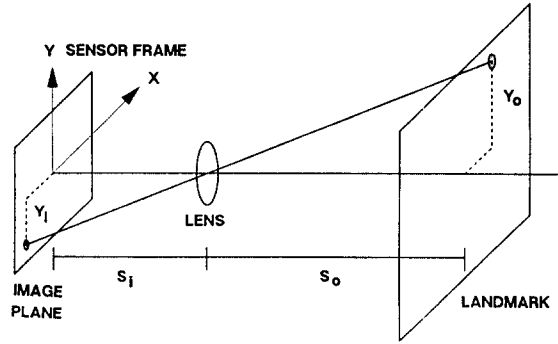


그림 3 Landmark, camera lens, 영상간의 기하학적 관계

## 2.3 Camera flash system

본 실험에 사용된 포식은 뛰어난 반사율을 가지지만 수동적인 반응만을 행한다. 따라서, 외부 광원에 의해 발생되는 영상 잡음을 줄이기 위해 camera lens와 같은 방향에서 고위도 반사체에 충분한 광량을 제공해 주어야 한다. 그림 4에서는 조명에 따른 영상의 차이를 비교하였다. 이를 위해 본 연구에서는 특별히 flash actuate board를 설계 제작하였는데 최대 허용 발광 주파수가 20kHz이고, ring-type 방전관의 입력전력은 20 watt이다. trigger 신호는 주 컴퓨터로부터 주어지며 interface board의 digital out port를 통하여 flash actuating board로 전달된다. 방전관이 trigger 신호에 의해 발광하려면 관 양끝단에 약 1200 V의 전압이 걸려있어야 하는데 flash 구동 board의 입력 전원은 24V 이고 trigger coil에 의해 1200 V로 승압되어 방전관 양 끝단에 공급된다. flash actuating board의 전원은 24V 직류 전원 장치를 사용하여 공급한다.

## 2.4 Image acquisition & processing board

본 연구에서는 image sensor가 결정되어 있고 포식 무늬가 비교적 단순하므로 이에 맞게 설계된 image board와 algorithm을 사용하였다. 본 board는 IBM PC의 PC bus에 접속시켜 사용하며 주 컴퓨터와 board사이의 communication은 I/O address를 정의하여 행해지고 있다. 사용된 base address는 0x280 과 0x281 (16진수)이며 I/O port 0x280 은 주 컴퓨터로부터 image acquisition & processing board의 CPU에 명령을 주기위한 port이며, I/O port 0x281은 board의 CPU에서부터 주 컴퓨터로 image processing 결과를 전달하는데 사용되는 port이다. I/O port의 base address는 jumper에 의해 변경할 수 있도록 설계되었다. 본 board에는 80C31 single chip μ-processor를 사용하여 주 컴퓨터로부터의 명령을 수행하고 있다. 80C31 single chip μ-processor를 사용하는 이유는 image sensor로부터의 image acquisition 및 processing 에 소모되는 작업량을 전적으로 주 컴퓨터의 main CPU 부담시키면 cycle time이 증가하고 다른 작업 수행에 방해가 되므로 이를 방지하기 위함이다.

## 2.5 XYZ 이송 Table

본 실험에서는 camera의 위치를 정밀하게 제어하기 위해 3축 이송 table을 사용하였다. 이 table의 위치는 최소 0.01 mm 까지 제어할 수 있게 되어있다. 각 축의 최고 이동 속도는 약 8 (mm/sec) 정도이다. XYZ 이송 table의 위치의 제어는 control pendant나 program을 사용하여 가능하다.



#### 4. 결론

table 1을 도식화하여 그림 5에 나타내었는데 포식과 영상평면 사이의 거리가 가까워질수록 영상평면에 나타난 영상들이 정중앙에 위치한 포식을 기준으로 방사상형태로 배열됨을 볼 수 있다. 이는 이론적인 사실과 일치하며 실험이 적절히 수행되었음을 알 수 있다. table 2, table 3

에서 각각의  $(X_{w1}, Y_{w1})$  값들과  $(X_w, Y_w)$  값을 그림 6에 도식화하였다. 이 결과로부터 보정된 world 좌표계에서의 포식의 좌표값들은 실제값들과 비교하여 볼때 약 2 mm 전후의 오차를 보이고 있어서 본 시스템의 위치인식 방법은 비교적 정확하다고 판단된다. 한편, camera 변수 보정후의 정확도의 향상은 0.1 mm 단위이므로 본 시스템에서 이동체의 위치를 파악하는데 있어서 camera의 변수는 보정을 거치지 않고 사용해도 위치측정에 있어서 신뢰성을 가진다고 할 수 있다.

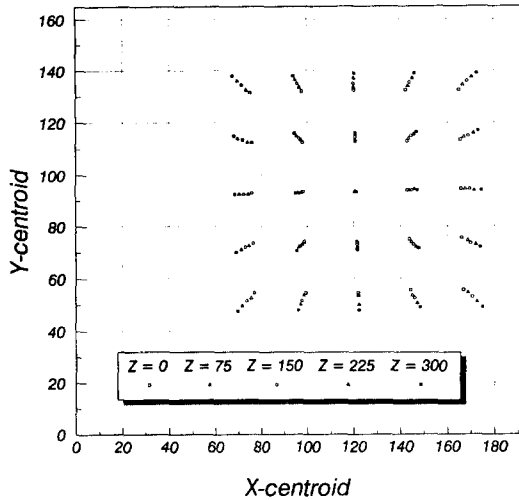


그림 5 높이에 따른 영상의 변화

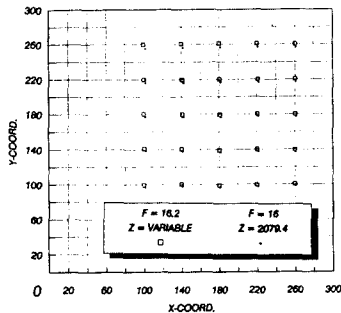


그림 6 영상 정보를 통해 얻은 포식의 위치

#### 참고문헌

- [1] Roger Y. Tsai, "A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-Shelf TV Cameras and Lenses", IEEE OF ROBOTICS AND AUTOMATION, VOL. RA-3, NO.4, pp.326-329, AUGUST, 1987.
- [2] M.A.ABIDI and T. Chandra, "POSE ESTIMATION FOR CAMERA CALIBRATION AND LANDMARK TRACKING", IEEE, pp.420-423, 1990.

[3] KEITH C. DRAKE, E. S. McVEY, AND R. M. INIGO, "SENSING ERROR FOR MOBILE ROBOT USING LINE NAVIGATION", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. PAMI-7, NO.4, JULY, pp. 486-488, 1985.

[4] MANSUR R. KABUKA AND ALVARO E. ARENAS "POSITION VERIFICATION OF A MOBILE ROBOT USING STANDARD PATTERN", IEEE JOURNAL OF ROBOTICS AND AUTOMATION, VOL. RA-3, NO. 6, DACEMBER, pp.511-515, 1987.

[5] D.H.BALLARD, C.M.BROWN, "COMPUTER VISION", Prentice Hall, 1982.

[6] O.D.Faugueras, G.Toscani, "THE CALIBRATION PROBLEM FOR STEREOSCOPIC VISION", NATO ASI Series. VOL.F52, pp.196-207, 1989.