

# 볼록 거울 및 단일 카메라를 이용한 실내에서의 전 방향 위치 검출 방법

## The Indoor Position Detection Method using a Single Camera and a Parabolic Mirror

김지홍\*, 김희선, 이창구\*  
(Jeehong Kim, Heesun Kim, and Changgoo Lee)

**Abstract :** This article describes the methods of a decision of the location which user points to move by an optical device like a laser pointer and a moving to that location. Using a conic mirror and CCD camera sensor, a robot observes a spot of user wanted point among an initiative, computes the location and azimuth and moves to that position. This system offers the brief data to a processor with simple devices. In these reason, we can reduce the time of a calculation to process of images and find the target by user point for carrying a robot. User points a laser spot on a point to be moved so that this sensor system in the robot, detecting the laser spot point with a conic mirror, laid on the robot, showing a camera. The camera is attached on the robot upper body and fixed parallel to the ground and the conic mirror.

**Keywords :** omni-directional, image, sensor, camera, mobile robot, localization

### I. 서론

일반적으로 정해진 구획 내에서 위치를 이동하는 장치는 많이 개발되었다. 일 예로 물건을 이동하는 장치라든가 혹은 자동차 조립에서 사용하는 로봇 등은 레일을 따라 움직이며 정해진 위치에 물건을 운반하는 것으로 그 활동범위가 한정되어 있다.

정규화되지 않은 장소에서 이동하며 물체에 근접하거나 닿았을 경우에 회전하거나 멈추는 장치로 자율주행로봇이 대표적이다. 하지만 자율주행로봇은 그 외주 면에 적외선 센서, 근거리 센서, 원거리 센서 등을 부착하여 거리를 계산하고 정해진 각도로 회전하여 이동하는 것으로 구성이 복잡해지는 문제점이 발생한다. 무엇보다 로봇이 자율 주행을 하기 위해서는 방향성과 목표 추종성 등의 복잡한 일들을 수행하기 위한 다양한 센서를 필요로 한다. 특히 최근에는 이러한 기능을 위해 시각 센서를 사용하는 사례가 늘고 있다. 그러나 시각센서는 그 프레임 데이터의 용량이 매우 크고 많은 단계를 거쳐야 하는 처리 과정 때문에 구성하는 시스템이 매우 무겁고 구조가 복잡하다. 또한, 이런 일들을 수행하기 위해 이용되는 여타의 센서들은 정밀도를 요구하기 때문에 고가의 센서들을 필요로 한다. 이런 이유로 가정용의 범용 로봇에 자율 주행 기능을 첨부하는데 많은 어려움이 있다.

사용자의 조작에 의해 위치를 이동하는 방법 및 장치로, 즉 지시장치로 무선으로 조종되는 자동차 혹은 비행기 등이 있으나, 이는 사용자가 무선 조종 수단(조종기, 리모컨 등)을 이용하여 무선신호를 송출하고, 무선신호를 각 장치에서 입력 받아 이동하도록 구성된 것으로, 무선 조종 수단을 구비해야 하는 문제점과 무선 신호 송/수신에 따른 장치가 송/수

신부에 모두 구비하여야 하는 번거로움이 발생한다.

이러한 장치의 다른 특징으로, 이동 로봇의 작업을 버튼 조작이나 조이스틱과 같은 도구를 이용하는 것은 사용자에게 많은 편의를 주고 로봇과 협업을 하는 좋은 인터페이스로 사용되어져 왔으나 공간감각과 역방향성 등의 문제로 인하여 사용자에게 제약을 주는 것이 사실이며 최소사용자의 경우 조작을 위한 반복 교육을 필요로 하는 불편함을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 사용자의 간단한 조작에 의해 이동하고자 하는 장소에 빛을 조사하고 빛을 볼록거울을 통하여 카메라에서 인식하고 임의의 장소로 이동하는 단순한 전방향 감지 시각 센서 시스템의 구조와 그 방법을 제시하고자 한다. 그러나 곡률, 카메라와 거울의 위치에 따른 계산 등을 통한 실거리를 측정하는 것이 아니다. 즉, 본 논문은 이 곡률, 카메라와 거울의 위치에 따른 실거리 측정관계를 규명하고자 하는 것은 아닌 볼록 거울과 단일 카메라를 이용한 실내용 혹은 근거리용 로봇의 이동 방향과 지시된 위치의 판별을 위한 센서 시스템을 구성하였다.

### II. 시스템의 구성

본 시스템은 카메라에 입력되는 영상을 분석하여 한 점의 좌표값을 계산하고 좌표값을 검출하는 방법 및 검출된 위치로 이동하는 장치에 관한 것으로, 사용자가 명령하여 로봇을 이동시키고자 하는 이동 위치에 빛을 조사하고 이동로봇에 설치된 시각 센서 시스템으로 조사된 빛을 볼록거울을 통하여 단일 카메라로 영상을 촬영한다.

구조에 대해 간단하게 설명하면 촬영된 영상을 변형하여 빛이 조사된 지점의 방향과 거리를 검출하고, 검출된 위치로 이동하는 장치에 관한 것이다.

본 장치 시스템의 구성을 살펴보면 그림 1과 같이, 주위의 영상을 관찰하는 볼록거울, 볼록거울의 영상을 촬영하는 카메라, 촬영된 카메라의 영상을 변환하는 영상 변환 모듈, 변

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 12. 26., 채택확정 : 2008. 1. 5.

김지홍, 김희선 : 전북대학교 제어계측공학과

(jeehong@chonbuk.ac.kr/friendtd@empal.com)

이창구 : 전북대학교 전자정보 공학부(changgoo@chonbuk.ac.kr)

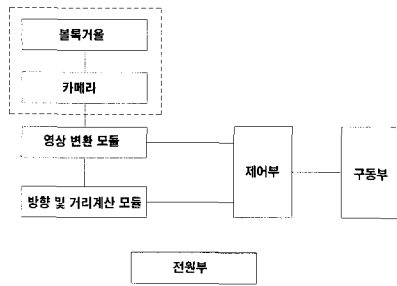


그림 1. 볼록거울과 단일 카메라를 이용한 시스템의 구조.  
Fig. 1. Schematic of a single cam and a parabolic sensor system.

환된 영상에서 위치를 검출하여 방향 및 거리를 계산하는 방향/거리 계산 모듈, 영상변환모듈과 방향 거리 계산 모듈을 제어하는 제어부, 제어부의 신호에 의해 모터를 구동하는 구동부, 카메라와 제어부 및 구동부에 전원을 공급하는 전원부로 구성된다. 지면과 수평하게 놓인 볼록거울과 카메라는 일정간격으로 이격되어 서로 마주보도록 설치되고, 카메라는 볼록거울을 촬영하되, 볼록거울은 카메라를 포함한 주변의 영상을 반사한다.

반사된 영상을 카메라에서 촬영한 영상은 영상변환과정을 통해 이미지를 변환하여 변환된 영상 이미지에서 주위보다 밝은 한 지점을 검출한다. 촬영된 영상 이미지에서 기준점을 정하여 검출된 지점의 방향 및 거리를 방향/거리 계산 모듈에서 계산한다. 방향 및 거리가 계산되면 제어부의 제어 신호에 의해 구동부의 모터가 작동되어 사용자가 지시한 좌표로 이동하게 한다.

이것을 정리하면 다음과 같은 순서로 본 시스템을 활용 할 수 있다.

1. 시각적 목표 위치 지시 장치를 이용하여 사용자의 목표 위치 지정
2. 시각센서를 이용한 위치 탐색으로 로봇에게 위치를 인지 시킴
3. 광 위치 표시의 scan 및 구분 목표 위치의 방위 계산 후 목표 위치로 이동
4. 센서에 의한 실시간 거리 측정으로 목표 위치와 로봇 위치의 상대거리와 위치 추종
5. 상대거리의 영상 데이터 중심점으로 확인

따라서 사용자가 사용하는 목표 위치 지시 장치 및 로봇의 visual-sensor와 sensing방법을 구현하는 부분을 설계하고 실험을 통해 최적화된 광학적 센서의 제작과 sensing을 위한 시스템을 제시하였다.

그림 2는 볼록거울을 이용한 본 시스템의 원리를 도시한 것이다. 볼록거울은 볼록하게 생겨서 평행하게 들어온 빛은 거울면에서 반사된 후 무조건 퍼져나가게 된다. 퍼져나가는 빛을 반대로 연장하여 선을 나타내면 거울 내부에 빛이 모이게 되는데 이것이 볼록거울의 초점(f)이 된다.

볼록거울의 바로 아래방향에 일정간격(D)으로 이격된 위치에 카메라를 볼록거울과 마주보도록 설치한다.

볼록거울에 반사되어 들어온 영상은 지면과 수평을 이루고 지면으로부터 그 높이가 고정되어 있는 볼록거울에 의해 반사된 것이며 거울에 반사된 영상은 거울과 수평으로 마주

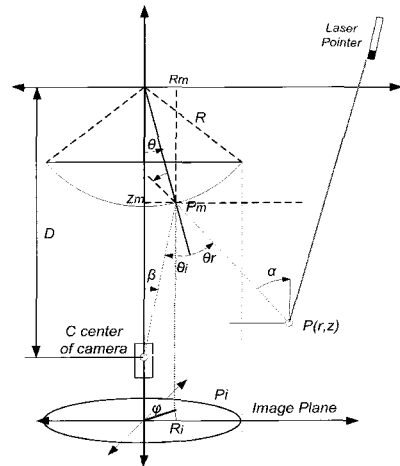


그림 2. 볼록 거울과 카메라의 기하학적 모델.  
Fig. 2. Set up of a parabolic mirror and a camera.

보고 있는 지면을 투영하기 때문에 거울에 의해 비춰지는 영역의 크기는 고정되어 있고, 저가의 줌(zoom) 기능이 없거나 고정된 배율을 사용하는 카메라에서 촬영된 영상은 항상 같은 크기의 지면 영역만을 찍을 수 있다.

즉, 고정배율 카메라의 중심점으로부터 반경(r)에 있는 모든 물체는 카메라에 촬영이 된다. 따라서  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  로 카메라의 중심으로부터 볼록거울의 맨 가장자리의 영상까지의 거리는 항상 동일하다. 영상의 반경(r)을 결정하는 요소는 카메라와 볼록거울의 거리(D)와 볼록거울의 곡률(曲律)로, 카메라와 볼록거울의 거리(D)가 멀수록 반경(R)은 증가하고, 곡률이 클수록 역시 반경(R)은 증가한다. 이와 같이 이루어진 구조에서 카메라에 촬영되는 영상을 나타낸 것으로, 레이저 포인트로 바닥을 비추면 포인트(P)는 카메라의 영상 포인트“Pi” 점으로 촬영된다.

그림 2의 기하학적 표현을 참고하여 거울표면과 카메라 그리고 실 위치의 좌표를 이용한 각과 거리에 의한 수식으로 표현하면, 실점 P가 거울에 반사되어(Pm) 카메라의 영상(Pi)으로 촬영되는 기하학적 관계를 유도할 수 있다. 구면경은 반지름(R)과 구의 중심을 초점으로 하는 거울이며 거울의 특성상 입사각과 반사각은 동일하다 초점으로 들어간 빛은 초점을 따라 반사되기 때문에 초점과 동일한 궤적으로 입사된 빛은 논의하지 않는다. 촬영하게 되는 영상은 원형의 균일한 두께와 굴절을 갖는 렌즈를 통과하게 되므로 원형 평면의 투영면을 갖는 것으로 가정할 수 있다. 따라서 좌표계를 원통좌표계를 통하여 표현이 가능하다.

실제 목표점 P는  $(\phi, r, z)$ 로 표현할 때, 거울에 반영된 영상상의 점의 위치는 Pm은  $(\phi_m, R_m, Z_m)$ 으로 표현하며 여기서  $\phi_m = \phi$  이 된다.  $r_m, z_m$ 에 대한 기하학적 관계를 규명하면, 구면경의 중심에 위치한 구의 중심으로부터 이미지센서(camera)까지의 거리를 D라고 하였을 때 거울에 맺힌 영상의 위치를 계산할 수 있는데, 거울면에 입사된 영상은 거울의  $(\phi, R_m, Z_m)$  점에서 접선에 수직으로 구의 중심을 향하여 “ $\theta$ ”의 각을 이루는 수직선을 중심으로 입사한 각과 동일한 각을 가지고 출사하여 카메라에 맺히게 된다. 이 때, 입사각을  $\theta_r$ 라고 하고 반사각을  $\theta_i$ 라고 하면 이 두각은 대칭으로 같다.

실 좌표  $P(\varphi, r, z)$ 점에서 수직인 선에 대한 각을  $\alpha$ 라고 하면  $\alpha$ 에서  $\theta_r$ 을 빼면  $\theta$ 를 구할 수 있고 이로부터  $\theta$ 와  $\alpha$  그리고  $\beta$ 의 관계식 (1)을 구할 수 있다. 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} R_m &= (D + Z_m) \tan \beta \\ R^2 &= Z_m^2 + R_m^2 \end{aligned} \quad (1)$$

그림 2에서  $P(\varphi, r, z)$  점의 거울과 카메라를 잇는 수직선에 평행한 수직선과 거울을 향해 입사된 빛의 연장선을 통하여 기하학적인 관계식을 이용해 각  $\alpha$ 가 점 Pm에서 이루는 각이  $\theta + \theta_r$ 임을 알 수 있고  $\theta_r$ 과  $\theta_i$ 는 광학적 특성에 따라 입사각과 반사각으로 동일한 각을 이룬다.

또한 삼각형의 내합이 일정한 값  $\pi$ 를 이룬다는 사실로부터 각  $\beta$ 와  $\theta + \theta_r$ 의 관계를 유도할 수 있다. 이러한 식을 이용해 구면경의 초점에서부터 카메라의 중심까지의 거리(D)의 값과 구면경의 반지름(R)의 값을 정하면 입사된 각( $\theta_r$ )과 반사된 각( $\theta_i$ )을 거울의 투영된 영상좌표 Pm을 통해 구할 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} \theta_r &= \theta_i \Leftrightarrow \theta + \theta_r = \alpha, \\ \Rightarrow \pi - (\theta + \beta) &= \pi - \theta_r, (\text{삼각형의 내합}) \\ \Rightarrow 2\theta + \beta &= \alpha \\ \Rightarrow -2\arctan\left(\frac{R_m}{Z_m}\right) &= \alpha - \beta \end{aligned} \quad (2)$$

좌표  $(r, z)$ 로 표현된 P점의 위치를 직각좌표계로 환산하여 실제좌표로 변환하는 것은 다음과 같다.

$$P = [\varphi, r, z]^T = [\arctan(y/x), \sqrt{x^2 + y^2}, z]^T \quad (3)$$

이고 좌표 P점에서 수직인 선에 대한 각은

$$\alpha = \arctan\left(\frac{z - Z_m}{r - R_m}\right) + \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

가 된다.

거울면에 투영된 Pm의 점의 좌표  $(R_m, Z_m)$ 으로부터  $\alpha, \beta$ 를 구할 수 있다. 또한 이 값을 이용해 이미지평면(image plane)에 투영된 점(Pi)의 위치  $(u, v)$ 를 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} fu & 0 & u_0 \\ 0 & fv & v_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tan \beta \cos \varphi \\ \tan \beta \sin \varphi \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서,  $f_u, f_v$ 는 초점거리 (1)-(5)에서 유도된 것처럼 촬영된 영상의 이미지를 변환하여 비춰진 지점의 좌표를 계산하고 계산된 결과에 따라 방향 및 거리를 측정하게 되고 그 거리는, 즉 카메라의 중심점으로부터 레이저 포인터로 지시한 포인트(P)의 실 거리는 카메라와 볼록거울의 이격 거리(D)와 볼록거울의 곡률에 따라 그리고 이렇게 구성된 시스템의 높이에 따라 다르다. 무엇보다, 위 식에서 유도된 것처럼 카메라를 통해 투영된 영상에서 좌표와 실 좌표와의 관계식을 이용하여 거리와 방향을 찾아내는 연산은 매우 복잡하여 연산 속도 및 계산량의 압박을 초래하게 된다. 또한 볼록거울의 곡률이 클수록, 즉 깊은 포물선의 거울은 실 거리는 현저히

떨어지는 것으로, 곡률이 큰 볼록거울을 사용할 경우 촬영되는 이미지에 왜곡이 발생 할 수 있고, 곡률이 일정하지 않은 볼록거울은 이러한 수식을 적용하는 것이 매우 혼란스럽다. 무엇보다 거울의 표면이 곡률에 일치하여 매우 매끄러워야 한다는 조건 등은 이상적인 가정을 필요로 한다. 즉 여러 까다로운 조건과 복잡하게 유도된 식 등이 오차를 내포하고 있다. 또한 카메라가 갖는 왜곡현상과 빛의 파장에 따른 특정 위치 혹은 난반사 등의 문제로 위의 수식들의 효용성은 매우 떨어진다.

이러한 이유로 본 논문에서 제안 하는 방법은 이 곡률과 거리의 관계를 이용하고자 하는 것이 아니고 카메라에 의해 투영된 영상을 분할하여 분할된 영역의 특징을 이용하여 방향과 거리를 판별하여 mobile robot을 위한 센서 시스템과 사용자와 robot사이의 명령 시스템으로 이용하고자 한다. 거울과 카메라의 이격 거리(D)와 볼록거울의 곡률의 적절한 높이와 곡률값을 찾는 것이 필요하지만 이격 거리가 고정된 시스템에서의 특성 변화는 없으므로 입사각과 반사각을 구할 필요가 없게 된다.

### III. 이미지에서 지시 점(laser spot) 검출 방법

본 시스템 구성은 두 가지의 방법으로 이용된다. 첫째, 실시간으로 촬영되는 영상으로 통하여 이미지 변환을 하고, 이미지 변환을 통하여 검출되는 포인트가 지속적으로 검출될 경우에만 계속하여 방향을 추적하고 영상의 중심으로 포인트를 위치시키는 방법으로 위치를 이동하는 방법 및 장치로 이용 될 수 있으며, 둘째, 실시간으로 촬영되는 영상으로 통하여 이미지 변환을 하고, 이미지 변환을 통하여 검출되는 포인트가 발생하였을 경우에 포인트의 좌표 및 거리를 측정하여 이동하는 방법 및 장치로 이용 될 수 있다.

따라서 본 시스템은 포인트(P)가 검출되는 동안 포인트의 방향으로 계속 이동하는 방법 및 장치의 제공을 우선으로 하여 기술하고 포인트(P)가 검출되지 아니하면 장치의 구동을 멈추거나 소정의 거리만 이동하여 멈추는 방법 및 장치에 대해서 기술하고자 한다.

본 시스템에서는 레이저 포인터를 이용하여 위치를 지정하는 수단으로 기술하였으나 레이저 포인터는 일 지점의 표시가 비교적 간단하고 포인트를 지정하였을 경우에 이미지를 변환 때 포인트의 검출이 용이하다.

볼록거울의 바로 아래에 일정간격(D)으로 떨어진 위치에 카메라를 볼록거울과 마주보도록 설치되어 볼록 거울을 통하여 카메라로 영상을 촬영하는 단계, 영상 중에서 일정한 경과 시간마다 하나의 이미지를 검출하여 영상을 포맷하는 단계, 포맷된 이미지를 변환하여 포인트를 검출하는 단계, 검출되는 포인트를 확인하는 단계, 검출되는 포인트가 없으면 상태를 유지하거나 멈추는 단계, 검출되는 포인트가 있으면 포인트의 좌표를 계산하는 단계, 계산된 좌표로 방향을 회전하고 이동하는 단계로 이루어진다.

촬영되는 영상의 모든 프레임(프레임과 프레임이 모여서 동적인 영상을 생성)에 대해서 포인트를 검출하기에는 장치에 많은 노드(node)가 발생한다. 따라서 일정 시간에 하나의 프레임(image frame)에서 이미지를 변환하고 포인트를 검출하는 장치 및 방법이 바람직하다. 그러나 프레임 데이터를 매

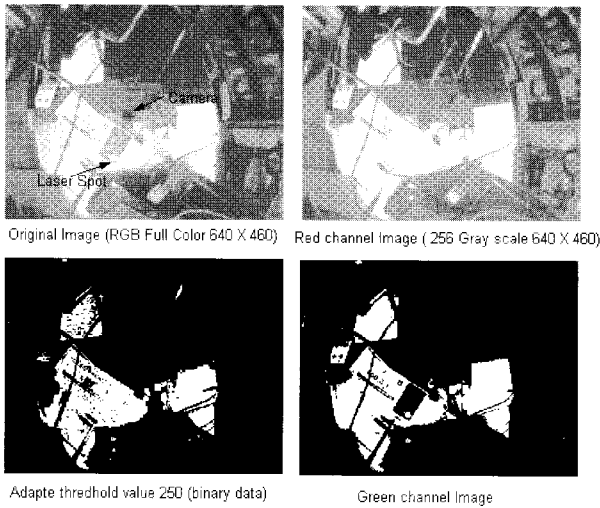


그림 3. 필터 없이 촬영된 이미지의 영상처리.  
Fig. 3. Image processing 4 images without filter.

우 작고 효율적인 형태로 사용한다면 처리시간을 단축하게 될 것이다.

영상포맷 단계는 이미지 변환을 용이하게 하기 위함으로 일정한 크기로 변환하는 단계이다. 영상포맷 단계는 촬영되는 영상의 이미지를 변환하여 촬영된 영상을 마이크로프로세서에서 처리할 수 있는 데이터로 변환하는 단계로 카메라의 기능 내부에 첨부 되어 있는 경우가 많다.

영상 이미지 변환 단계에서, 본 시스템에서는 레이저 포인터를 통한 위치 지정을 기술하였다. 레이저 포인터로 지정된 위치를 카메라로 촬영하게 되면 붉은색 레이저 포인트의 중심점은 밝은 흰색을 나타내고 그 주위는 적색으로 나타난다. Laser Spot영상 특징은 CCD이미지센서를 이용한 카메라를 이용한 촬영에서 하얀색의 중심 색과 빨간색의 외각 색을 반사한다는 것이다. 즉 RGB로 표현된 영상 화소 값에 붉은 색인 R 값을 이용하여 threshold 값을 취하면 laser spot을 검출할 수 있게 된다. 본 논문에서 사용한 laser diode는 635-680nm파장을 가지며 3mW이하의 출력을 갖는다.

이미지 변환 과정을 그림 3 및 그림 5를 통하여 설명하면, 그림 3은 카메라에 촬영된 이미지를 나타낸 것으로 이미지 안에 화살표로 laser spot point와 카메라를 가리키고 있다. 이 영상은 볼록거울을 통해 반사된 주변 환경을 거울 하단부에 떨어져 위치한 카메라를 통해 확보한 영상이다. 원 영상에서는 픽셀(pixel)로 비교하여 레이저 포인트를 검출할 수 없다. 무엇보다 주변의 밝기가 laser spot point의 밝기와 비교하여 뚜렷한 부분이 없다. 더욱이 원 영상에서 보이는 것처럼 주변에 laser spot point의 색과 같은 빨간색의 물체들이 많아 명확히 laser spot point의 빨간색만 구별하기 힘들다. 또한 전체의 명도를 낮추거나 채도를 조절하는 기능이 없는 저가의 카메라의 특성으로 자체의 밝기조절은 없었다.

그림 3의 1번 원 영상은 프로그램을 이용하여 RGB영상 중 R계열의 영상을 256-level의 데이터로 만든 2번과 같은 이미지로 변환된다. 2번의 이미지를 250의 값을 문턱치로 취해 250 이상의 값을 갖는 픽셀과 미만의 값을 갖는 픽셀을 구분한 이진데이터형식(0과1)로 만들면 3번의 영상을 얻게 된다.

표 1. CDS 센서에 의해 측정된 데이터.

Table 1. The measured data with a CDS sensor.

without	290	360	580	970	1500
with	1230	1300	1860	2800	3340

보이는 것과 같이 뚜렷이 laser spot point를 찾을 수 없고 어떠한 규칙도 찾을 수 없었다. 결국 그림 4에서 픽셀(pixel)이 갖는 데이터를 이용하여 값을 비교하여 레이저 포인트를 검출하기에는 복잡하고 어려웠다. 그 이유로 주변의 밝은 빛의 성질과 함께 레이저의 단색성, 고휘도, 지향성, 가간섭성의 특성을 활용하기 위해서는 주변의 빛을 차단할 필요성이 있었다.

특히 밝기를 낮추고 laser diode에서 나오는 파장과 다른 파장의 빛들이 영상에 포함되지 않도록 하기 위해 본 논문에서는 검은색과 우리가 사용하는 적색의 보색이 되는 녹색이 혼합된 렌즈 필터를 사용한다 이를 위해 본 연구에서는 검은색과 녹색의 셀로판지를 겹쳐 만든 셀로판지 필터를 이용하였다. 제작된 필터에 의한 감쇄 정도를 알아보기 위해 CDS 센서를 이용하였다. CDS 센서에 의한 밝기 측정을 위해 5V DC 전원과 10KΩ의 가변 저항을 사용하여 CDS에 조사된 빛에 의한 전압의 변화를 pull-up하여 측정하였는데 pull-up의 정도에 따라 CDS센서가 측정할 수 있는 명암의 차이를 조정할 수 있으므로 센서에 조사된 빛의 세기를 구별 할 수 있고, 또 필터의 유무에 따라 측정된 데이터를 이용하여 효율을 측정하는 것이 가능하므로 pull-up의 정도와 광학적 filter의 유무를 기준으로 데이터를 구하였다.

가변 저항의 pull-up에 의한 CDS센서의 측정 선형구간을 찾게 된 후 필터 없을 때의 high-light 밝기를 기준으로 필터가 사용될 때의 high-light를 측정하는 방식으로 제작된 필터의 효율을 측정하였더니 5V 전압에서 셀로판 필터 없이 실험에 사용한 laser pointer의 빛에 의한 변화는 960mV(평균)의 전압을 나타내었다. 필터를 채용하여 같은 laser pointer의 빛을 조사하였더니 2700mV(평균)가 그리고 필터 없이 290mV 일 때 필터를 이용한 측정치는 1230mV로 Oscilloscope에 의해 측정되었다. CDS의 특성상 주변에 빛이 밝으면 전류를 적게 흐르게 하고 어두울 때 전류를 많이 흐르게 하는 성질에 의한 반응이다. 이와 같은 실험을 5회 반복하여 나온 결과를 표 1에 작성하였다.

위 데이터는 필터가 없을 때와 있을 때 CDS센서를 이용해 측정된 전압의 크기로 이를 이용해 X축을 필터 없을 때 값으로 Y축을 필터를 이용한 값으로 한 그래프를 그리면 그림 4와 같은 차트를 통해 보는 것과 같이 측정된 값을 통하여 대략의 선형성을 발견할 수 있으며, 그 기울기는 약 2.83이다.

필터의 유무에 의한 CDS센서와 필터에 의한 밝기의 선형성을 확인한 방법에 따라, 제작된 필터의 효율을 계산하면 laser pointer의 필터를 사용할 때를 기준으로 측정된 가장 밝은 빛에서의 CDS를 통해 흐르는 전류의 양을 기준으로 하여 필터를 사용하지 않으면 약 3배 정도 값이 크며 이것은 붉은색 계열의 laser pointer의 발광색을 주변의 밝기와 구분하여 선형적으로 구분할 수 있음을 보여주며 제작된 광학적 필터가 유용함을 보여준다.

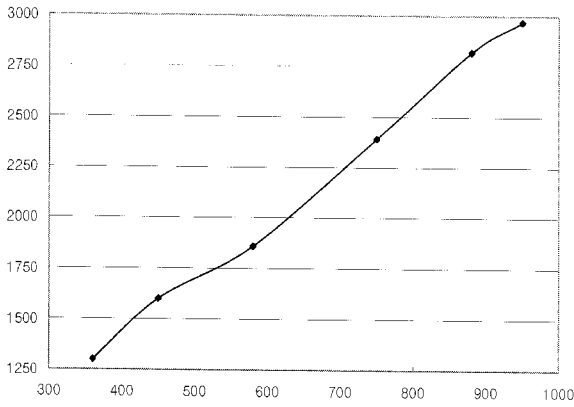


그림 4. CDS에 의해 측정된 레이저 광의 밝기.  
 Fig. 4. Measured data of Laser spot light with CDS (X-axis is with filter and Y-axis is without filter).

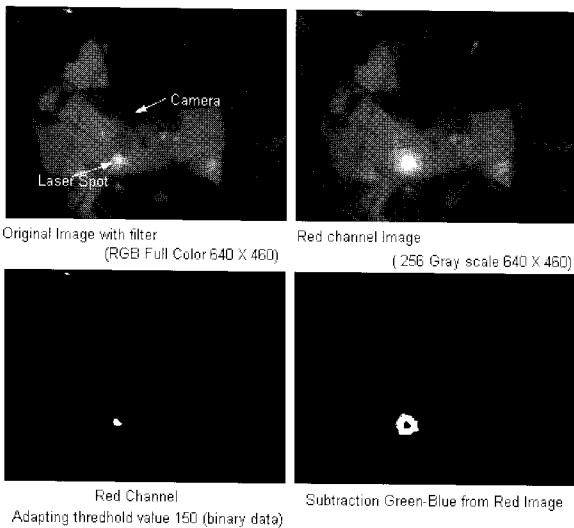


그림 5. 필터를 하고 촬영된 이미지의 영상처리.  
 Fig. 5. Image processing downside 4 images with a filter.

그림 5는 검녹색(black green) 계열의 필터를 이용하여 밝기를 감소시킨 이미지이고 그림 5의 오른쪽 상단의 1번, 원 영상은 프로그램을 이용하여 RGB영상 중 R계열의 영상을 256-level의 데이터로 만든 2번과 같은 이미지로 변환된다. 2번의 이미지를 250의 값을 문턱치로 취해 250 이상의 값을 갖는 픽셀과 미만의 값을 갖는 픽셀을 구분한 이진데이터형식(0과1)로 만들면 3번의 영상을 얻게 된다. 이 3번 영상의 이미지 데이터를 green과 blue의 영상 데이터 값에서 빼게 되면 4번과 같은 붉은색 레이저에 의한 영상만 추출되게 되는 것이다.

그림 5에서 알 수 있듯이 그림 5의 화살표가 지시하는 원안의 한 점이 레이저 포인트가 지정된 위치이다. 이미지에서 가로 픽셀과 세로 픽셀의 RGB 값을 검출하여 검은색에 가까운 픽셀은 버리고, 밝은 색에 가까운 색 또는 색이 모여 있는 군집이 있으면 그 위치의 픽셀이 laser spot point 위치가 된다.

영상의 이미지를 변환하는 단계는, 변환된 이미지를 로드(load)하는 단계, 이미지를 컬러대비 증가, 밝기를 감소시켜

변환하는 단계, 변환된 이미지를 흑백대비 증가, 밝기를 감소시켜 변환하는 단계를 더 포함한다. 그림 3의 필터가 없을 때의 결과와 다른 것을 확인할 수 있다. 주위의 밝음과 어둠을 감지하는 센서(CDS)를 부가하여 밝고 어둠에 따라 이미지 변환의 수치 즉 문턱치가 변경되도록 구성 할 수 있다.

10만 화소CMOS이미지 센서인 OV6630을 이용하여 serial interface를 이용한다면 38400bps의 baud-rate를 이용하여 3fps를 수신한다면 96X72X2 (20736)의 YUV데이터를 수신하여 수신하는 순서대로

$$\begin{aligned}
 R &= 1.40 * (U - 128) + Y \\
 G &= 1.02 * Y - 0.750 * (U - 128) - 0.336 * (V - 128) \\
 B &= 1.77 * (V - 128) + Y
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

의 수식을 이용해 RGB를 분리해 문턱치 (threshold)를 적용할 수 있다.

#### IV. 위치 검출 방법

포인트가 검출되면 포인트에 대한 좌표를 검출하여 방향 및 거리를 계산한다. 그러나 계산의 복잡성은 고가의 복잡한 처리장치를 필요로 하고 매우 긴 처리시간을 필요로 한다. 좌표를 계산하기 보다, 영상 내에서 추출된 표시점에 가깝게 접근하는 방법 즉 표시점과 중심과의 거리가 가까워지는 것을 목표로 하는 최소 에너지법을 적용하여 영상에 투여된 laser spot point를 영상의 중심으로 이동되도록 로봇을 움직이게 하는 방식을 취하게 하는 것이다. 이 때 사용자는 로봇에게 원거리의 목표점을 제시하거나 장애물을 가로지르는 복잡한 경로를 요구하지는 않는 조건을 제약으로 한다. 본 논문에서 하고자 하는 것은 영상시스템에 의한 로봇의 이동을 지시하는 방법에 관한 것이고 이를 이용하여 로봇에게 지시를 내리고자 하는 목적을 설명하고자 하는 것이다. 좌표에 대한 방향 및 거리를 계산하기 위한 방법은 두 가지로 구분하여 설명한다.

이미 입력된 데이터 테이블을 이용하는 경우, 그림 6은 데이터 테이블을 이용한 좌표 검출 방법으로 먼저 카메라에 들어온 영상 이미지를 각 구역(전(F), 후(B), 좌(L), 우(R))을 분리한다. 영상 센서 및 블록거울은 로봇에 고정 되어 로봇의 몸체의 일부로 취급가능하고 이렇게 고정된 시스템에 의한 영상은 로봇의 전진 방향 혹은 로봇의 구조적 방향과 일치하게 된다.

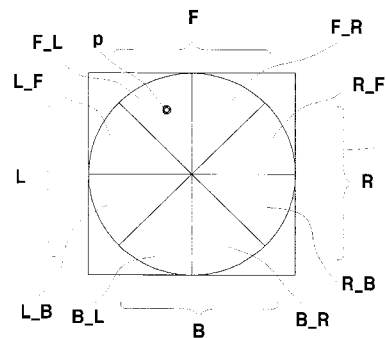
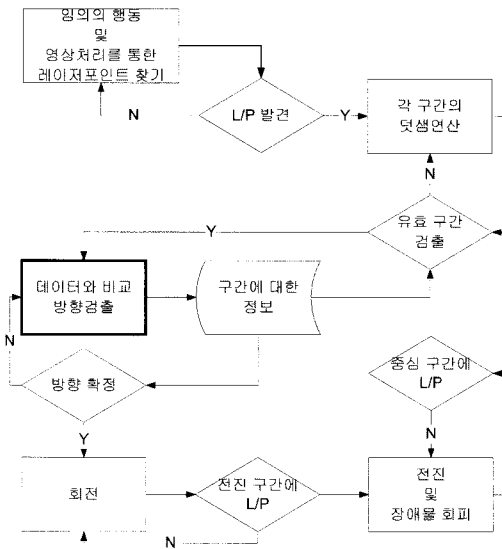


그림 6. 영상 데이터의 구획 나누기를 위한 기준선.  
 Fig. 6. Separate the image data by the reference lines.



```

For n=0 to K
  Sum of Sector #n is Vn
  if Vn is 0 than sum next sector
  else if Vn is not 0 than jump turn (direction)
  End if
End for
    
```

```

Turn : the robot turn to F_sector
if F_sector is 0 than keep turning
else if F_sector is not 0 than jump go
end if
    
```

```

Go : the robot go to forward
if C_sector is not 0 than keep going
else if C_sector is 0 than stop
end if
    
```

도면에 도시한 바와 같이 이미지를 좌 상방에서 우측 아래 방향으로 이루어진 사선과 우 상방에서 좌측 아래방향으로 이루어진 사선으로 분리하면 각각 전방, 후방, 좌측, 우측으로 분리되고 각 구역에 해당하는 픽셀을 동일한 구역으로 테이블을 작성한다.

카메라에 촬영되는 영상의 이미지 범위는 항상 동일하므로 검출된 포인트(p)의 픽셀과 데이터 테이블의 픽셀을 비교하여 어느 구역에 있는지 알 수 있다. 영상 크기에 따른 2차원 데이터 즉 데이터의 순서가 곧 방향을 의미하게 되는 것이다.

이와 같은 방법에 카메라 중심점을 지나는 가로선과 세로 선을 더 추가하여 구역을 더 세분화 할 수 있다. 이와 같이 이루어진 경우 시계방향으로 전방좌측(F\_L), 전방우측(F\_R), 우측상단(R\_F), 우측하단(R\_B), 후방우측(B\_R), 후방좌측(B\_L), 좌측하단(L\_B), 좌측상단(L\_F)으로 세분화 하여 데이터 테이블이 작성될 수 있다. 즉 구역에 따른 픽셀의 위치 데이터 테이블을 로딩하는 단계, 검출된 좌표의 픽셀과 데이터 테이블의 좌표를 비교하는 단계를 거쳐, 비교된 좌표의 방향을 계산하게 된다. 로봇의 방향을 로봇의 전진 방향과 일치시키면 로봇과 지시된 laser spot point와의 거리가 가까워지는 값으로 이동시키면 된다.

구획을 나누는 방법으로는 영상 이미지의 픽셀 수가 n\*n으로 이루어져 좌측 상단의 첫 번째 픽셀을 X0, Y0로 나타낼 수 있고, 우측 하단의 마지막 픽셀을 Xn, Yn으로 나타낼 수

있다. 이때 중심점은  $Xn/2, Yn/2$ 가 되므로 이러한 방법으로 세분화되게 8구간의 방위 혹은 방향으로 구분하여 구간을 정할 수 있다. 이러한 구간을 이용하여 검출되는 포인트(p)의 픽셀이  $Xx, Yy$ 이라고 할 때 검출되는 픽셀의 X축 좌표 픽셀과 Y축 좌표 픽셀을 비교하는 방법으로, x의 값이  $n/2$ 보다 작으면 중심점에서 좌측에 크면 우측에 있는 것이고, y의 값이  $n/2$ 보다 작으면 중심점에서 위쪽에 크면 아래쪽에 있는 것으로 보는 방법은 일반적인 방법이다.

그런데 우리가 확보한 이미지의 데이터는 유효 데이터를 갖는 픽셀과 "0"의 값을 갖는 무효 픽셀로 구성되어 있고 구간 나누기에 의해 구간도 나뉘어 있는 상태다. 구간별로 각 구간 내의 데이터를 구하면 각 구간의 값은 유효 데이터가 있는 픽셀이 없다면 "0"이 구해질 것이고 유효한 데이터가 있는 구간은 "0"보다 큰 값이 나오게 된다. 이러한 단순한 연산을 통해 구간들을 확인하고 이 값을 이용하여 IF-THAN 형식의 규칙을 이용하여 로봇의 움직임을 판단할 수 있게 한다. 이러한 규칙들을 이용하여 사용자가 로봇에게 이동할 방향을 지시하고 목표점과 로봇의 이동방향과의 차이를 판별할 수 있으며 이것으로 방향성과 이동 속도를 구별하여 이동 작업을 수행 할 수 있는 근거가 될 수 있다.

시각센서로 확보된 데이터의 간편성에 의해 연산이 무척 간소하고 쉬운 규칙을 사용할 수 있게 된다. 방향만 판별하여 판별된 방향으로 진행되는 장치를 구현하고 진행되는 동안 중심 쪽에 픽셀 데이터가 "0"값을 가지는 경우 목표점에 도달하지 못한 것으로 판별하여 중심좌표의 픽셀 데이터가 유효한 값을 가질 때까지 전진하는 방식으로 이동하게 되면 실 거리를 계산하는 방법은 필요하지 않게 된다.

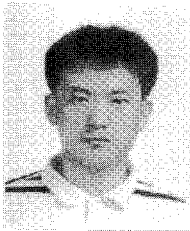
### V. 결론

본 시스템에 따르면 본 시스템의 이용범위는 상당히 넓다. 본 시스템은 사용자의 간단한 조작에 의해 이동하는 장치 및 그 방법을 제공하는 것으로, 사용자가 이동 하고자 하는 장소에 빛을 조사하고 빛을 볼록거울을 통하여 카메라에서 인식하고 임의의 장소로 이동하는 장치 및 방법의 제공할 수 있고, 이러한 간단한 하드웨어와 데이터 조작은 저가의 Microprocessor를 이용한 연산에 매우 유용하다. 또한 본론에 밝힌 구간 나눔의 방법으로 정해진 개수 만큼 덧셈연산(SUM)을 통해 유효 구역을 찾을 수 있다. 즉 16MHz 정도의 8bit MPU(ATmega128)를 이용하여 시각센서 데이터를 처리할 수 있음을 보여주는 것이다. 이러한 방법은 저가의 자동으로 이동하며 청소하는 자율주행로봇 무인 자동차 및 유희용 완구 등에 사용될 수 있다. 따라서 별도의 무선 통신 시스템 없이 이동하는 장치를 제공할 수 있음을 보였다.

### 참고문헌

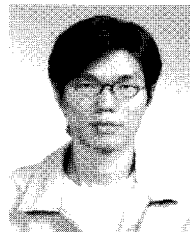
- [1] Yasushi Yagi, "Map-based navigation for a mobile robot with omnidirectional image sensor COPIS," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 11, no. 5, pp. 634-648, OCTOBER 1995.
- [2] Claude Pegard and El Mustapha Mouadib, "A mobile robot using a panoramic view," *IEEE International conference on robotics and automation*, pp. 89-94, April, 1996.

- [3] C.-H. Chao, C.-H. Ho, S.-H. Lin, "Omni-directional vision-based parallel-parking control design for car-like mobile robot," *IEEE International conference on Mechatronics*, pp. 562-567, July 2005.
- [4] J. S. Chahl and M. V. Srinivasan. "Reflective surfaces for panoramic imaging," *Applied Optics*, 36:8275-8285, Nov. 1997.
- [5] N. Ayache and O. Faugeras, "Maintaining representations of the environment of a mobile robot," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 5(5):804-819, Dec. 1989.
- [6] R. Cassinis, D. Grana, and A. Rizzi. "Self-localization using an omni-directional image sensor," In 4<sup>th</sup> Int. Symp. *On Intelligent Robotic Systems*, pp. 215, July 1996.
- [7] A. Bonarini, P. Aliverti, M. Lucioni. "An omnidirectional sensor for fast tracking for mobile robots," *IEEE International Transaction on Instrument and Measurement*, vol. 49, no. 3, pp. 509-512, 2000.
- [8] Y. Matsumoto, M. Inaba, and H. Inoue, "Visual navigation using view sequenced route representation," in Proc. *IEEE International conference on robotics and automation*, pp. 83-88, 1996.



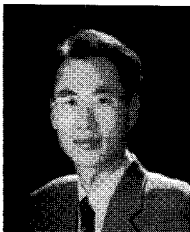
### 김지홍

2003년 전북대학교 대학원 석사졸업.  
2006년 박사수료 현재 전북대학교 공과대학  
연구생. 관심분야는 로봇틱스, 기  
구학, 제어공학.



### 김희선

공학박사. 2006년 전북대학교 제어계측  
공학과 박사. 관심분야는 지능형 시스  
템, 홈 네트워크, 내장형 시스템.



### 이창구

공학박사. 현재 전북대학교 공과대학  
전자정보공학부 정교수. 관심분야는 현  
대제어, 퍼지제어, 지능형 시스템.