

전자 나침반과 적외선 광원 추적을 이용한 이동로봇용 위치 인식 시스템

Localization System for Mobile Robot Using Electric Compass and Tracking IR Light Source

손창우, 이승희, 이민철*
(Chang Woo Son, Seung Heui Lee, and Min Cheol Lee)

Abstract : This paper presents a localization system based on the use of electric compass and tracking IR light source. Digital RGB(Red, Green, Blue)signal of digital CMOS Camera is sent to CPLD which converts the color image to binary image at 30 frames per second. CMOS camera has IR filter and UV filter in front of CMOS cell. The filters cut off above 720nm light source. Binary output data of CPLD is sent to DSP that rapidly tracks the IR light source by moving Camera tilt DC motor. At a robot toward north, electric compass signals and IR light source angles which are used for calculating the data of the location system. Because geomagnetic field is linear in local position, this location system is possible. Finally, it is shown that position error is within $\pm 1.3\text{cm}$ in this system.

Keywords : electric compass sensor, IR LED, localization system, digital CMOS camera

I. 서론

미래는 로봇 사용이 보편화 되는 시대로 발전하면서 로봇과 인간이 공존하는 사회가 될 것이다. 이러한 로봇은 다양한 작업을 수행하거나 단일 임무를 수행하는 특수화된 로봇이 될 것이다. 하지만 로봇이 주어진 임무를 수행하기 위해서는 반드시 로봇 자신의 위치를 알 수 있는 위치 인식 시스템이 필요하며, 이를 위한 자기위치 추정 및 경로생성을 위한 매핑기술 등 많은 연구가 이루어져 왔다[1-4].

현재 활용되고 있는 로봇의 위치 인식 시스템은 절대 좌표를 이용한 GPS 시스템이거나 로봇 자신의 위치를 알 수 있는 LandMark가 필요한 시스템이었다. 그러나 GPS를 이용한 로봇 위치 인식 시스템은 이동 오차 범위가 넓으며 가정이나 현장의 실내에서는 GPS가 작동하지 않는 단점을 가지고 있다. LandMark가 필요한 기존 시스템의 경우에는 넓은 지역을 인식하기 위해서 많은 LandMark가 필요하다 [5]. 또한 고가이며 주변광의 영향이 큰 경우가 많다. 이런 방식들은 일반 현장의 실내와 가정에서 적용하기가 쉽지 않다는 단점을 가지고 있다[6].

본 논문에서는 적은 수의 LandMark로 넓은 범위의 위치를 인식할 수 있는 위치 인식 시스템을 제안한다. 저가격의 IR LED와 낮은 해상도의 digital CMOS camera, 전자 나침반을 이용하여 독도법으로 로봇의 위치를 인식하는 시스템을 개발하였다.

II. 시스템 설계

로봇은 크게 IR LED를 찾는 적외선(IR) 필터, 자외선

(UV) 필터가 달려 있는 digital CMOS camera 제어 시스템, 독도법을 모티브로 한 위치 인식 알고리즘을 처리하여 이동하는 시스템으로 나누어진다.

1. 로봇 전체 H/W 구조

그림 1에서 보여 주고 있는 시스템의 구성처럼 사용된 메인 프로세서는 디지털 신호처리 프로세서인 TMS320F240을 이용해 설계하였다. Digital CMOS camera에서 나오는 신호를 2진 영상처리를 위해서 GATE 로직을 사용하는 대신 CPLD(Complex Programmable Logic Device)를 사용하여 크기를 최소화 하였다.

TMS320F240은 X축 회전 포텐서미터의 AD 변환 값과 Z축 회전 포텐서미터의 AD 변환 값, 전자 나침반에서 오는 방위 값을 처리하여 이동할 거리와 회전을 DC 모터로 구동한다. CPLD는 digital CMOS camera에서 나오는 RGB(Red Blue Green)값을 2진화 하였다. 이렇게 함으로써 DSP에서 처리해야 할 데이터의 양이 적어져서 처리 속도를 향

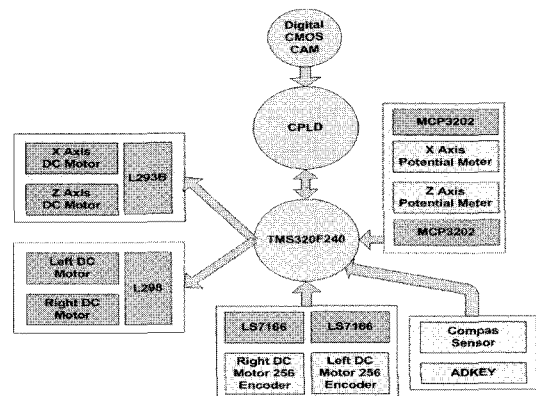


그림 1. 전체 H/W 구성도.

Fig. 1. Schematic diagram of hardware of robot.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 5. 15., 채택확정 : 2008. 6. 30.

손창우 : 부산대학교 기계공학부 석사과정(n8318n@gmail.com)

이승희 : 부산대 기계기술연구원 전임연구원(youneye@pusan.ac.kr)

이민철 : 부산대학교 기계공학부 교수(mclee@pusan.ac.kr)

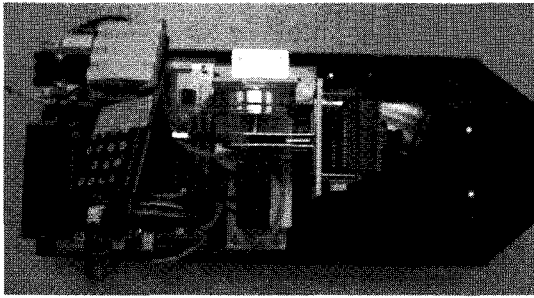


그림 2. 위치 인식 시스템이 이식된 로봇.
Fig. 2. The developed robot embedding a localization system.

상할 수 있었다. CPLD에서 2진화에 필요한 임계값 (Threshold)은 경험치이다.

그림 1에서 설계된 시스템과 같이 위치인식 시스템의 하드웨어를 구성하여 그림 2에서와 같이 위치 인식 시스템이 장착된 로봇을 제작하였다. 이 로봇은 가로 약 40cm, 세로 약 20cm, 높이 약 15cm의 크기를 가지고 있다.

2. IR LED 추적 시스템

사용한 Digital CMOS Camera는 OmniVision 사에서 만든 OV6620 모델로 그림 3에서 보듯이 RGB 영역보다 적외선 영역에서 감도가 더 좋다. 이 점을 이용하여 가시광 영역을 최대한 억제하며 적외선은 그대로 통과할 수 있는 적외선 필터를 그림 4와 같이 구성하여 사용하였다.

그림 3에서 빛 파장에 대한 응답 특성으로 IR 필터, UV 필터는 카메라 렌즈 앞에 설치하였다. IR 필터는 720nm 이상 빛 파장을 통과시키는 효율이 90% 이상이고, 주변 실내 가시광을 95% 감소시키는 제품이다.

적외선에 대한 OV6620 모델의 빛의 파장에 대한 감도 특성은 그림 4에서 보듯이 적외선이 가시광 영역보다 감도가 높음을 보여 주고 있다. 컬러 영상에서는 IR LED의 색이 흰색으로 보인다. 그림 5는 흰색 배경에 형광색 포스트잇과 IR LED를 배열하여 얻은 영상인데, IR LED는 흰색 배경 때문에 구분하기 어려웠다. 이러한 상황에서 적외선 필터와 UV 필터를 적용하면 그림 6과 같이 적외선 광원만 보이고 나머지는 보이지 않게 된다.

이와 같이 가시광 영역을 차단하는 IR 필터와 카메라의 특성을 이용함으로써 적외선 추적 시스템의 구성을 위한 초기 작업을 완성하였다.

이제 IR LED를 추적하기 위해 DC 모터로 구동되는 카메라 틸트 장치를 구성하고 실제적으로 들어오는 IR LED의 영상을 확인하면 그림 6에서와 같이 주변은 모두 검게 보이며 적외선만 흰색으로 나타나게 된다. 영상에서 흰색의 점을 찾기 위해서 가장 많이 사용하는 방법은 2진화이다. 2진화를 하기 위해서 CPLD로 들어오는 디지털 RGB 신호를 임계값을 이용하여 차단하고 각 픽셀의 값을 0 또는 1로 변환하여 DSP로 보내게 된다.

2진화된 영상에서 그림 6에서와 같이 흰색의 점으로 보이는 IR LED가 가운데로 항상 올 수 있도록 카메라 틸트 장치의 모터를 DSP에서 제어하게 된다. 본 논문에서 사용한 영상은 320×240의 영상으로서 영상이 센터로 올 경우에

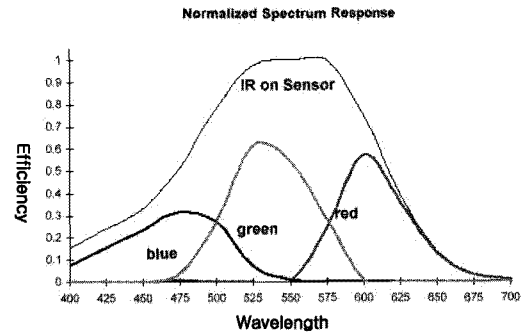


그림 3. OV6620 CMOS camera의 빛 파장에 대한 응답 특성.
Fig. 3. Response according to wavelength of OV6620 CMOS camera.

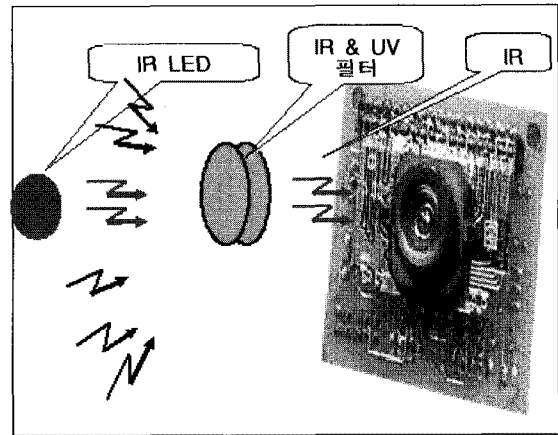


그림 4. IR LED 인식 camera 모듈 구성도.
Fig. 4. Layout of camera module to recognize IR LED.

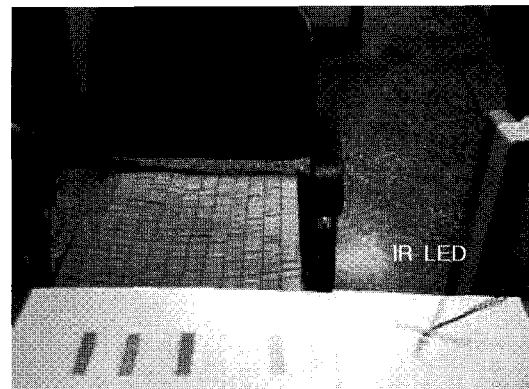


그림 5. 필터를 거치기 전의 IR LED와 주변 영상.
Fig. 5. A IR LED and its surrounding image before passing through IR filter.

CMOS 픽셀의 좌표 값이 x축 160, y축 120의 위치로 온다. 그림 5에서 카메라의 중심으로부터 63cm 거리에 20mA를 출력하는 3mm의 지름을 가진 한 개의 IR LED와 형광색의 포스트잇이 위치하고 있다. 사람의 눈으로는 컬러 영상에서의 IR LED 존재를 식별하기 어려웠다. 비록 Digital CMOS Camera 가까이 IR LED를 가까이 가져가면 흰색



그림 6. 필터를 거친 후의 IR LED와 주변 영상.
Fig. 6. A IR LED and its surrounding image after passing through IR filter.

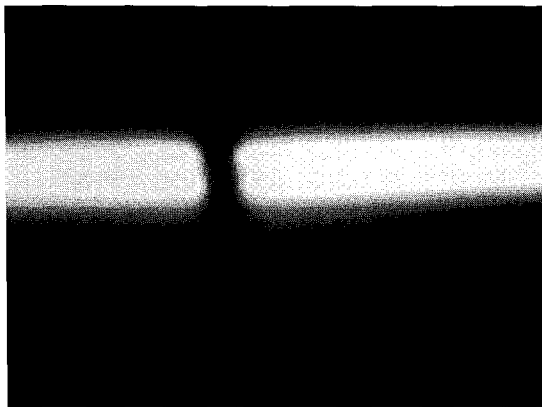


그림 7. 필터를 거친 후의 형광등과 주변 영상.
Fig. 7. Four fluorescent lamp and its surrounding image after passing through IR filter.

으로 보이게 될지라도 주변의 흰색 배경에 의해서 구분 할 수 있는 방법은 색의 농도 밖에 없었다.

그림 6은 그림 5의 상황에 IR 필터와 UV 필터를 거친 digital CMOS camera의 출력 영상이다. 그림 6에서 오른쪽 아래에 작은 흰점으로 IR LED가 보이고 있으며, 주변은 모두 검은색으로 보인다. 그리고 형광색 포스트잇이 위치해 있음직한 영역에서도 검게 나오고 있음을 알 수 있다. 따라서 digital CMOS camera를 사용하여 충분히 IR LED의 영상 픽셀 위치를 인식할 수 있었다.

필터를 통해 들어오는 형광등의 영상을 촬영하였을 때는 그림 7과 같이 적외선 영역을 발광하고 있는 영역을 얻을 수 있었다. 이것은 ETRI에서 만든 시스템 StarLite와 같이 LandMark를 천정에 설치하고 적외선을 로봇에서 발광할 때 LandMark를 찾는 어려움을 갖게 된다[5].

본 시스템에서는 LandMark라고 할 수 있는 IR LED가 천정이 아닌 임의의 높이 L_1 에 존재하기 때문에 카메라가 형광등을 직접 보지 않아도 되며, 형광등에 의해 digital CMOS camera가 IR LED를 인식하는데 영향을 받지 않는 장점을 가지고 있다.

3. 위치 인식 시스템

적도의식 천체 망원경이나 혼천의는 북극성을 중심으로 다른 별자리의 위치를 파악하는 시스템을 가지고 있다. 그리고 옛날의 뱃사람들이 바다를 건널 때 자신의 위치를 파악하는 방법으로도 북극성이나 별자리를 이용하였다. 많은 위치인식 시스템이 북극성을 모티브로 하여 만들어 졌으며, North Star[®]와 같은 고가의 제품이 시중에 판매되고 있다[6].

독도법에서는 낮에도 자신의 위치를 파악하기 위해서 지도에 보이는 산의 명칭과 높이, 나침반을 가지고 자신의 위치를 파악하고 있다. 이것을 모티브로 하여 만든 시스템은 아직 시중에 나오지 않았다.

본 논문에서는 전자 나침반과 IR LED를 이용하여 로봇의 위치를 인식할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

그림 8에서 IR LED를 로봇이 움직일 수 있는 장애물이 없는 평면상에 L_1 만큼의 높이에 있는 P위치에 설치한다. 로봇은 평면에서 전자 나침반을 이용하여 북쪽을 먼저 찾은 다음 P위치에 있는 IR LED를 찾기 위해 카메라 틸트 장치를 DSP에서 구동 한다. 이렇게 카메라 틸트 장치를 구동하여 현재 로봇 위치에서 P위치에 있는 IR LED를 찾았을 때 X축으로 회전한 회전각 θ , Z축으로 회전한 회전각 α 를 구할 수 있다. 이렇게 북쪽 방향에서 X축으로 회전한 각도 값 θ 는 직각삼각형공식에 의해서 L_2 의 거리를 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$L_2 = \frac{L_1}{\tan \theta} \tag{1}$$

구해진 L_2 의 값과 Z축으로 회전한 각 α 는 직각삼각형의 공식에 의해 (2)와 (3)을 이용하여 L_3, L_4 를 구할 수 있게 된다. 이 거리값을 이용하여 IR LED를 중심으로 하여 +X 축 좌표 값 $L_4(X1)$ 와 -Y축 좌표 값 $L_3(Y1)$ 을 얻을 수 있다. 이것은 제 4사분면에서의 위치 좌표 값을 나타내는 것이다.

$$L_3 = |L_2 \cdot \cos \alpha| \tag{2}$$

$$L_4 = |L_2 \cdot \sin \alpha| \tag{3}$$

(1)과 (2), 그리고 (3)을 통해서 (4)와 (5)를 유도해 낼 수 있다.

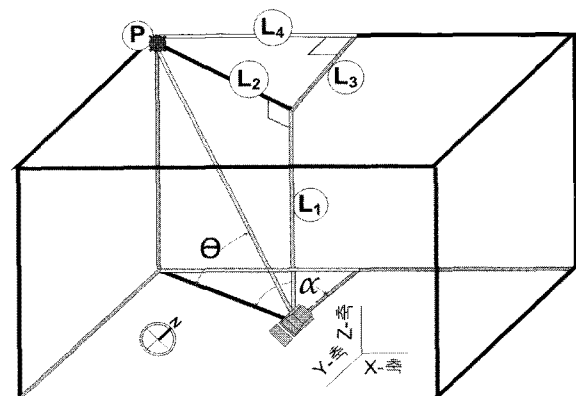


그림 8. P위치에 있는 IR LED를 찾았을 때의 α, θ .
Fig. 8. α, θ when a robot found IR LED.

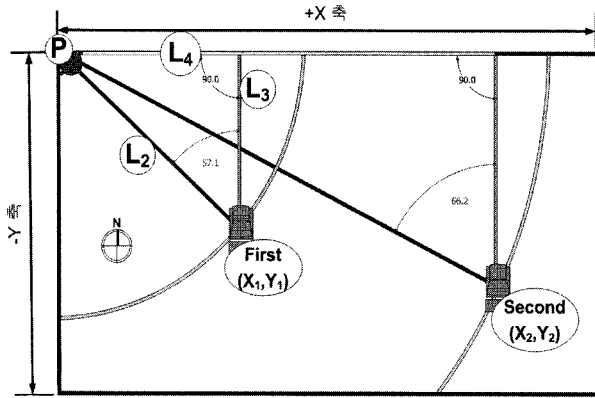


그림 9. 제 4사분면에서 위치에 따른 서로 다른 좌표.
Fig. 9. Localization at Forth quadrant.

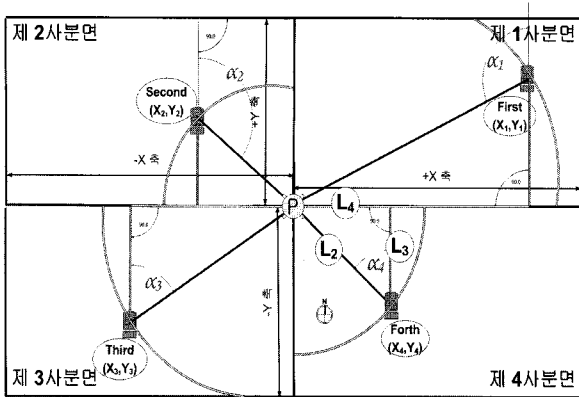


그림 10. 모든 사분면에서 좌표설정을 위한 α 관계.
Fig. 10. α for localization at all quadrant.

$$L_3 = \left| \frac{L_1}{\tan\theta} \cdot \cos\alpha \right| \quad (4)$$

$$L_4 = \left| \frac{L_1}{\tan\theta} \cdot \sin\alpha \right| \quad (5)$$

(4)와 (5)에 의해서 제 4사분면에서의 로봇 좌표값 First (X₁, Y₁)를 얻을 수 있게 된다. 이렇게 함으로써 IR LED를 중심으로 한 제 4사분면에 있는 모든 점들에 대한 좌표계를 지면으로 사상(mapping)하여 얻을 수 있게 되는데, 이때의 조건은 로봇이 IR LED의 광원을 북서쪽에서 찾았을 경우이다. 결론적으로 그림 9에서 보듯이 제 4사분면의 Second (X₂, Y₂)와 First (X₁, Y₁)는 다른 좌표 값을 가지게 된다.

위와 같은 방법으로 각각의 사분면에 대한 좌표를 각각 나타내면 그림 10과 같다. 제 1사분면에서는 IR LED가 로봇 위치에 비해서 남서쪽에 위치해 있으며, 제 2사분면에서는 IR LED가 로봇 위치에 비해서 남동쪽에 위치, 제 3사분면에서는 IR LED는 북동쪽, 제 4사분면에서는 IR LED가 북서쪽에 위치해 있다.

그림 10에서 보듯이 (4)와 (5)에 의해서 모든 좌표의 거리는 사상 되며, 로봇은 반드시 어떤 사분면에 위치해 있는가를 알아야 한다. 로봇이 어떤 사분면에 위치해 있는지는

IR LED가 있는 방위(로봇에서 IR LED를 봤을 때 남서=제 1사분면, 남동=제 2사분면, 북동=제 3사분면, 북서=제 4사분면)를 통해서 알 수 있다. 이러한 정보를 통해서 로봇의 모든 좌표(±X, ±Y)를 알 수 있게 된다.

그림 10에서 각각의 사분면과 로봇과의 관계를 나타내었다. 실제적으로 로봇이 이동해야하는 공간이 그림 10과 같지 않다. 하지만 로봇은 그림 10과 같은 가상의 공간을 만들게 됨으로써 실제 공간을 모두 움직일 수 있게 된다.

4. 위치 이동 시스템

로봇이 Second에서 First 위치로 이동할 때에는 가장 짧은 거리로 이동 할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

IR LED는 로봇보다 북서쪽에 위치에 있으며 그림 11에서 보듯이 로봇은 IR LED 위치에 비해서 -Y축, +X축 방향(제 4사분면)에만 있을 때를 가정한다. Second 위치에서 First 위치로 이동하기에 필요한 파라미터는 Second 위치에서 First 위치로 바라보는 전자 나침반의 방향각과 이동 거리이다. 그림 11에서 보듯이 이동거리 X를 구하기 위해서 First 위치에서 얻은 거리 L₂=A와 방향각 α, Second 위치에서 구한 L₂=B와 방향각 β 이다. 이것을 이용하여 일반 삼각형의 정리를 적용하면 거리 X와 ε, δ를 (6)과 (7)로부터 구할 수 있다.

$$X^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cdot \cos(\alpha - \beta) \quad (6)$$

$$\frac{A}{\sin(\delta)} = \frac{B}{\sin(\epsilon)} = \frac{X}{\sin(\alpha - \beta)} \quad (7)$$

이렇게 구해진 이동 거리 X와 ε, δ는 Second 위치에서 First 위치로 이동할 때 사용된다. 그때 로봇이 회전하여 나와야 할 전자 나침반의 방향각은 |β+δ| 이다. First 위치에서 Second 위치로 이동 할 때의 로봇이 인식해야 할 전자 나침반의 방향각은 -|ε-α|만큼의 각을 이루게 된다.(북쪽을 기준으로 전자 나침반을 시계방향으로 회전할 때에는 전자 나침반의 방향각은 음의 방향으로 증가한다. 즉 로봇이 α만큼 반시계 방향으로 회전하면, 나침반에서 나타내는 각은 α이다.)

IR LED는 로봇 보다 북쪽에 위치해 있으며, 그림 12에서 보듯이 로봇은 IR LED 위치에 비해서 -Y축, +X축 방향

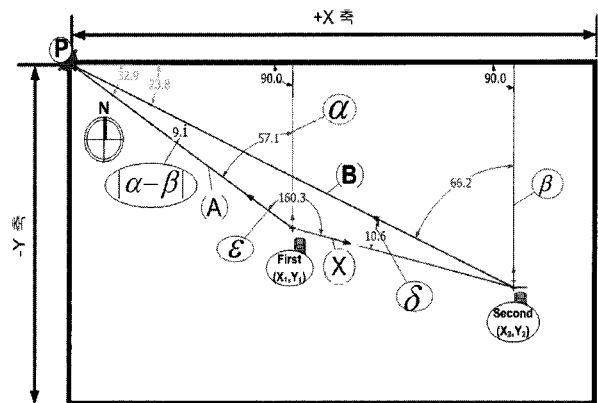


그림 11. 로봇이 -Y,+X축에 있을 경우(제 4사분면).

Fig. 11. The robot is at -Y,+X coordinates(Forth quadrant).

(제 4사분면)에 있을 때와 -Y축, -X축 방향(제 3사분면)에 있을 때를 가정한다. 이때도 +X축에만 로봇이 있을 때와 마찬가지로 이동거리 X를 구하기 위해서 First 위치(-X축)에서 얻은 거리 $L_2=A$ 와 방향각 α , Second 위치(+X축)에서 구한 $L_2'=B$ 와 방향각 β 를 구한다. 하지만 이동거리 및 방향에 대한 식은 조금 다르다. 거리 X는 (8)로 구하고 ϵ , δ 는 (9)에 의해서 구해진다.

$$X^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cdot \cos(|\alpha + \beta|) \quad (8)$$

$$\frac{A}{\sin(\delta)} = \frac{B}{\sin(\epsilon)} = \frac{X}{\sin(|\alpha + \beta|)} \quad (9)$$

이렇게 구해진 이동 거리 X와 ϵ , δ 는 Second 위치에서 First 위치로 이동할 때 사용된다. 그때 로봇이 회전하여 나와야 할 전자 나침반의 방향각은 $|\beta + \delta|$ 이다. First 위치에서 Second 위치로 이동 할 때의 로봇이 인식해야 할 전자 나침반의 방향각은 $-\epsilon + \alpha$ 만큼의 각을 이루게 된다.

IR LED는 로봇보다 북쪽에 위치해 있으며 그림 13에서 보듯이 로봇은 IR LED 위치에 비해서 -X축 방향에 있을 때를 가정한다. 이 경우에 +X축에만 로봇이 있을 때와 마찬가지로 이동거리 X를 구하기 위해서 First 위치에서 얻은

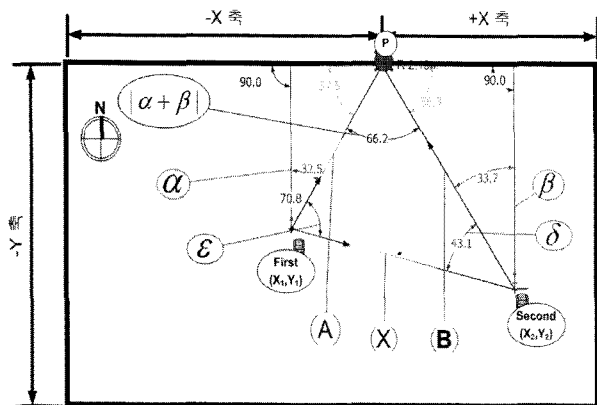


그림 12. 로봇이 -Y축, ±X축에 있을 경우(제 3, 4분면).
Fig. 12. The robot is at -Y, ±X coordinates(Third and Fourth quadrant).

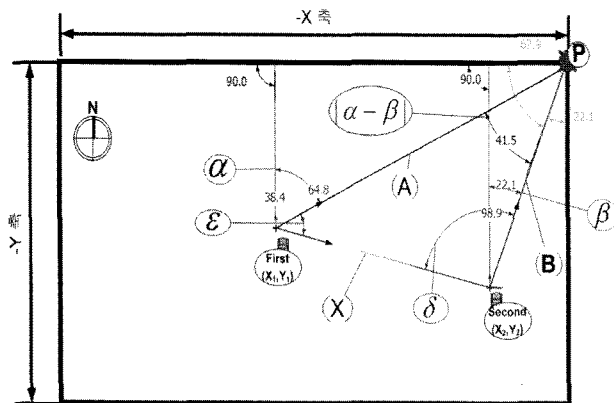


그림 13. 로봇이 -Y축, -X축에 있을 경우(제 3사분면).
Fig. 13. The robot is at -Y, -X coordinates(Third quadrant).

거리 $L_2=A$ 와 방향각 α , Second 위치에서 구한 $L_2'=B$ 와 방향각 β 를 구한다. 이동거리 및 방향에 대한 식은 로봇이 +X축 방향에 있을 때와 같다. 거리 X는 (10)으로 구하고 ϵ , δ 는 (11)에 의해서 구해진다.

$$X^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cdot \cos(|\alpha - \beta|) \quad (10)$$

$$\frac{A}{\sin(\delta)} = \frac{B}{\sin(\epsilon)} = \frac{X}{\sin(|\alpha - \beta|)} \quad (11)$$

이렇게 구해진 이동 거리 X와 ϵ , δ 는 Second 위치에서 First 위치로 이동할 때 사용된다. 그때 로봇이 회전하여 나와야 할 전자 나침반의 방향각은 $|\delta - \beta|$ 이다. First 위치에서 Second 위치로 이동할 때의 로봇이 인식해야 할 전자 나침반의 방향각은 $-\epsilon + \alpha$ 만큼의 각을 이루게 된다.

III. 실험

설계하고 제작된 이동로봇용 위치 인식 시스템을 실험하기 위해 앞 장에서 설명한 6개의 상황(그림 11~13)에서 First 위치에서 Second 위치로 이동하는 경우와 Second에서 First 위치로 이동하는 경우에 대해 주변 자기장의 영향을 받지 않는 공간을 선정하여 실험을 하였다. 전자 나침반의 경우에 소수점 첫째자리까지만 그 데이터를 획득 할 수 있었다.

IR LED는 digital CMOS camera 틸트로 부터 L_1 이 100 cm에 설치하였다. 그리고 실제 위치(X_0, Y_0)에 로봇을 놓고 First(X_1, Y_1) 위치의 좌표 값을 위치 인식 알고리즘을 사용하여 측정하였다. 이때에 α, θ 의 값을 포텐서미터로 부터 구하고 (4)와 (5)에 의해서 α, θ 의 값에서 좌표값(X_1, Y_1)이 계산된다. 아래의 표 1은 실제 좌표 값(X_0, Y_0)과 측정된 좌표 값(X_1, Y_1), α, θ 의 값을 나타내고 있다. α, θ 의 값은 10 회의 각도 값을 수집하여 얻은 평균값이다.

표 1. 그림 11의 상황에 대한 좌표값.

Table 1. Angles and coordinates values at Fig. 11.

위치	실제 위치		측정된 위치			
	X_0	Y_0	X_1	Y_1	α	θ
1	30	-50	29.6	-50.6	30.3	59.6
2	60	-100	59.7	-100.2	30.8	40.6
3	90	-150	89.7	-149.8	30.9	29.8
4	120	-120	120.2	-119.8	45.1	30.5
5	150	-200	149.4	-200.5	36.7	21.8

표 2. 그림 12의 상황에 대한 좌표값.

Table 2. Angles and Coordinates values at Fig. 12.

위치	실제 위치		측정된 위치			
	X_0	Y_0	X_1	Y_1	α	θ
1	-30	-50	-30.3	-49.9	31.2	59.7
2	-60	-100	-59.8	-100.6	30.7	40.5
3	-90	-150	-89.7	-150.6	30.8	29.7
4	-120	-120	-119.8	-120.2	44.9	30.5
5	-150	-200	-149.7	-200.2	36.8	21.8

표 3. 그림 13의 상황에 대한 좌표값.

Table 3. Angles and coordinates values at Fig. 13.

위치	실제 위치		측정된 위치			
	X ₀	Y ₀	X ₁	Y ₁	α	θ
1	-20	-30	-20.0	-30.2	33.5	70.1
2	-40	-60	-39.9	-60.6	33.4	54.0
3	-60	-90	-60.8	-90.6	33.9	42.5
4	-80	-120	-80.2	-120.7	33.6	34.6
5	-100	-150	-99.2	-149.8	33.5	29.1

표 4. 기억된 위치(X₁, Y₁)와 이동 후의 위치(X₂, Y₂) 오차.Table 4. Error between the robot remembered position(X₁, Y₁) and moved position(X₂, Y₂).

위치	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Error
1	29.6	-50.6	29.1	-50.3	0.5
2	59.7	-100.2	59.4	-100.6	0.3
3	149.4	-200.5	149.9	-201.0	0.5
4	-30.3	-49.9	-30.7	-49.6	0.4
5	-119.8	-120.2	-120.3	-120.6	0.5
6	-149.7	-200.2	-149.4	-200.0	0.3
7	-20.0	-30.2	-20.4	-30.5	0.4
8	-39.9	-60.6	-40.4	-60.1	0.5
9	-60.8	-90.6	-60.5	-90.4	0.3
10	-80.2	-120.7	-80.7	-120.2	0.5
11	-99.2	-149.8	-98.8	-149.4	0.4

실제 위치와 위치 인식 알고리즘으로 측정된 오차는 표 1, 표 2, 표 3에서 보듯이 최대 $\pm 0.8\text{cm}$ 이내에 있음이 확인 되었다. 표 1, 표 2, 표 3의 데이터를 가지고 논문에서 제시된 임의의 위치에서 기억된 First(X₁, Y₁) 위치로 이동하여 $\pm 0.5\text{cm}$ 이내에 오게 하였다. 로봇이 이동 후 측정된 위치(X₂, Y₂) 및 오차는 표 4와 같다.

IV. 결론

현재 전자나침반과 CMOS camera는 소형화가 되었고 또한 가격대가 저렴하게 형성되어 있음을 고려한다면 청소 로봇과 같은 시스템에 저렴하게 구성이 가능하다.

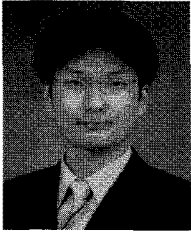
본 논문에서 제안한 위치 인식 알고리즘은 실제 위치(X₀, Y₀)로 이동하는데 $\pm 1.3\text{cm}$ 의 오차를 가지고 있었지만, 기

역된 장소로 이동하는 데는 $\pm 0.5\text{cm}$ 이내의 오차만 확인 되었다. 이로써 이 시스템은 실제 위치보다는 기억된 위치로 이동하는데 효율적인 시스템이라는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안한 위치 인식 시스템을 가지고 있는 로봇은 북쪽으로 회전하고, IR LED를 검색 하는데 많은 시간이 소모 되었다. 이 문제점은 실시간으로 IR LED를 추적하는 시스템과 북쪽방향으로 로봇이 회전하지 않고 현재 방위각에 대한 보상 알고리즘이 적용되면 빠른 위치 인식 시스템으로 개선될 것이다. 또한 고해상도의 카메라와 자기장의 영향이 큰 환경에서 정확한 방향각을 얻기 위해 자이로 등의 대체 센서를 사용하면 좀 더 정확한 위치 인식이 가능할 것이다.

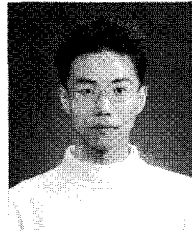
참고문헌

- [1] 정인수, 조형석, "2차원 거리 정보와 데드랙콘 정보에 의한 이동로봇의 자기 위치추정," 대한기계학회논문집, 제 23 권 제 8 호, pp. 1277-1288, 1999.
- [2] D. Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose, "Mapping and localization with RFID technology," *Proc. of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, vol. 1, pp. 1015-1020, 2004.
- [3] H. Choset and K. Nagatani, "Topological SLAM Toward exact localization without explicit localization," *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 17, no. 2, pp. 125-137, 2001.
- [4] J.J. Leonard and H.J.S. Feder, "A computationally efficient method for large-scale concurrent mapping and localization," *Proc. of the Ninth Int. Sym. on Robotics Research (ISRR)*, 1999.
- [5] J. Y. Lee, H. S. Chae, and W. P. Yu, "A Real-time Localization System Based on IR Landmark for Mobile Robot in Indoor Environment," *Journal of Control, Automation and Systems Engineering*, vol. 12, no. 9, pp. 868-875, 2006.
- [6] C. W. Son, S. H. Lee, S. J. Go, and M. C. Lee, "Fundamental techniques of mobile robot for inspection of CAS in oil tanker," *Proc. of the 9th IASTED Conf. Control and Applications*, pp. 33-38, Montreal, Canada, May 2007.
- [7] C. W. Son, "Polaris," *Intelligent Robot Contest*, 2003.



손 창 우

2005년 해양대 제어계측공학과 졸업.
2008년 부산대 대학원 지능기계공학과 석사학위 수여예정. 2008년~현재 삼성 전자 입사예정. 관심분야는 이동로봇, DSP.



이 승 희

1997년 창원대 제어계측공학과 졸업.
1999년 동 대학원 석사. 2004년 부산대 메카트로닉스협동과정 박사수료.
2007년~현재 부산대 기계기술연구원 전임연구원. 관심분야는 메카트로닉스.



이 민 철

1983년 부산대 기계공학과 졸업. 1988년 일본 쓰쿠바대 대학원 석사. 1991년 동 대학 물리공학연구과 박사. 2000~2001 미국 NCSU 방문연구. 2002년~현재 부산대학교 기계공학부 교수. 관심분야는 로봇 제어.