

지레이저 스트림 센서를 사용한 실내 네비게이션 시스템

이기동*, 임준홍**
한양대학교*, 한양대학교**

Indoor navigation system using glaser stream sensor

Ki-dong Lee*, Joonhong Lim**
Hanyang University*, hanyang University**

Abstract - Recently, many researchers have developed various service robots, in which the position estimation and path following of mobile objects have been raised an important problem. We should know where a mobile robot so that there are many introduced localization and path following schemes.

In this paper, we propose an efficient localization algorithm for the precise localization of a mobile robot with the glaser stream sensor. We use the glaser stream sensor for following a given path in indoor environments.

Since the glaser stream sensor utilizes precise optical motion estimation technology, we can achieve high speed motion detection and high resolution. The experimental results show that the glaser stream sensor may be a good sensor for many indoor service robots.

1. 서 론

오늘날 지능형 이동 모바일 로봇의 필요성이 크게 대두되고 있다. 이런 로봇이 이동하기 위해서는 먼저 현재 위치의 정확한 인식이 필요하고, 다음으로 목적지의 파악이 이루어져야한다. 그리고 현재위치에서 목적지까지 경로를 정하여 이동하게 되는데 우리는 여기서 이동로봇의 정확한 이동량을 측정 할 수 있는 방법에 초점을 맞추어 연구를 하였다.

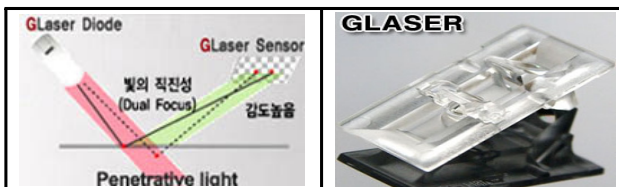
기존의 위치 추정방법으로서 RFID방식을 이용하여 이동로봇의 위치를 파악하는 방법[1], 실내의 전장에 이동로봇이 알아볼 수 있는 특별한 기호를 사용하여 로봇의 위치를 인식하는 방법, 바닥면에 이동로봇이 알아볼 수 있는 특수한 잉크를 사용하는 방법, 카메라를 이용하여 이동로봇의 위치를 인식하는 방법[3] 등 다양한 방법들이 사용되고 있다.

그러나 우리가 연구한 센서(Glaser stream sensor)는 이동로봇의 자율 주행을 향상시킬 수 있는 센서이다. 이 센서(Glaser stream sensor)는 빠른 속도에서의 이동로봇의 이동량 획득이 가능하며 움직임에 대한 분해도가 높다. 우리는 센서에서 수집한 데이터를 사용하여 이동로봇의 현재위치(X_{t+1} , Y_{t+1})와 방향(θ_{t+1})을 추론 하는 것이 가능하였으며 이러한 데이터를 가지고 실내 네비게이션 시스템에 적용하였다.

2. 지레이저 스트림센서 (Glaser stream sensor)

2.1 센서(Glaser stream sensor) 특징

그림 1과 같이 GLASER 센서의 특징은 일반 마우스 센서와 달리 센서 앞 렌즈 부분에 붙어있는 또 하나의 포커스라고 할 수 있는데 이를 통해 반사된 빛은 렌즈를 통과하면서 감도가 떨어지지 않고 센서에 정확히 전달될 수 있게 해준다. 또한 레이저 센서는 빛이 직진성이 있어서 사방으로 퍼지지 않으며 유리와 같은 제품위에서 사용하기에 좋다.



〈그림 1〉 지레이저 센서

2.2 PAN3101DB 지레이저 센서의 특징

PAN3101DB 센서는 DSP integration chip으로 컴퓨터 마우스에 사용되는 센서이다. 이 센서는 완벽한 2-D motion sensor로 이동로봇에 대한 이동량을 X축과 Y축으로 표현이 된다. 또한 표1 에서와 같이 센서의

스피드가 21inches/sec로 실내용 이동로봇에 적용하기 적합하다. 그리고 움직임에 대해 높은 분해도(800cpi)를 가지며 빠른 속도(3000 frames/sec)에서 모션 탐지가 가능하다.

〈표 1〉 Key Specification (PAN3101DB)

Optical Lens	1:1
Speed	21 inches/sec
Resolution	400/800cpi
Frame Rate	3000 Frames/sec

2.3 센서의 자세추론을 위한 모델링

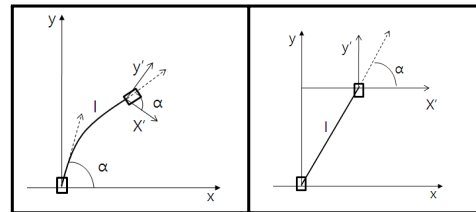
센서(Glaser stream sensor)를 사용한 네비게이션을 만들기 위해서는 센서의 자세추론을 위한 모델링이 필요하다. 센서는 X축과 Y축의 값으로만 주어지기 때문에 센서의 회전이나, 곡선 주행을 인식하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점 때문에 센서의 자세추론 알고리즘이 필요하다. 그림 2와 같이 센서(Glaser stream sensor) 1개에 대한 자세추론 모델링은 아래 식 (1)-(3)들을 사용하여 센서의 회전을 구할 수 있으며 센서의 회전 성분을 통하여 센서의 동작을 파악 할 수 있다.

$$\bar{x} = l \cos(\alpha) \tag{1}$$

$$\bar{y} = l \sin(\alpha) \tag{2}$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) \tag{3}$$

$$l = \begin{cases} |\bar{x}|, & \alpha = 0, \pi \\ \frac{\bar{y}}{\sin\alpha}, & \text{otherwise} \end{cases}$$



〈그림 2〉 2개의 다른 그림 그러나 이동 l 크기는 같다

그림 3과 같이 센서(Glaser stream sensor) 2개를 사용하였을 경우 자세 측정 모델링은(1)-(3)식을 사용하여 각각의 α_t , α_r , l_t , l_r 해를 구한 다음 밑의 식을 사용하여 이동로봇의 자세를 추론 할 수 있다.

$$r_t = \frac{l_t}{|\Delta\theta|} \tag{4}$$

$$r_r = \frac{l_r}{|\Delta\theta|} \tag{5}$$

$$\Delta\theta = \frac{(l_t^2 + l_r^2 - 2\cos(\gamma)l_t l_r)^{\frac{1}{2}}}{D} \times \text{sign}(y_r - y_t) \tag{6}$$

$$\dot{x}_r = r_r (\sin(\alpha_r + \Delta\theta) - \sin(\alpha_r)) \text{sign}(\Delta\theta) + \frac{D}{2} \tag{7}$$

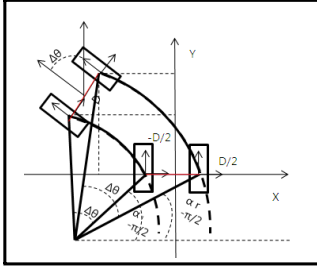
$$\dot{y}_r = r_r (\cos(\alpha_r) - \cos(\alpha_r + \Delta\theta)) \text{sign}(\Delta\theta) \tag{8}$$

$$\dot{x}_t = r_t (\sin(\alpha_t + \Delta\theta) - \sin(\alpha_t)) \text{sign}(\Delta\theta) - \frac{D}{2} \tag{9}$$

$$\dot{y}_t = r_t (\cos(\alpha_t) - \cos(\alpha_t + \Delta\theta)) \text{sign}(\Delta\theta) \tag{10}$$

$$\Delta x = \frac{x'_r + x'_l}{2} \quad (11)$$

$$\Delta y = \frac{y'_r + y'_l}{2} \quad (12)$$



〈그림 3〉 센서(Glaser stream sensor) 2개의 자세추론 모델링

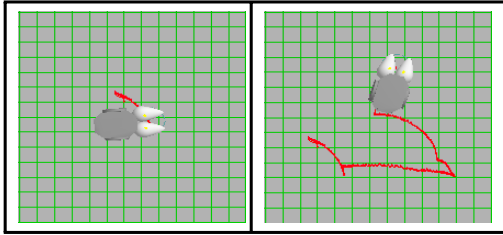
또한 센서의 위치와 회전 성분인 X_{t+1} , Y_{t+1} , θ_{t+1} 는

$$X_{t+1} = X_t + (\Delta x^2 + \Delta y^2)^{\frac{1}{2}} \cos(\theta_t + \arctan(\frac{\Delta y}{\Delta x})) \quad (13)$$

$$Y_{t+1} = Y_t + (\Delta x^2 + \Delta y^2)^{\frac{1}{2}} \sin(\theta_t + \arctan(\frac{\Delta y}{\Delta x})) \quad (14)$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t + \Delta \theta. \quad (15)$$

로 주어지며 이러한 성분들을 이용하여 센서(Glaser stream sensor)를 이용한 네비게이션 시뮬레이션의 결과는 그림 4와 같다.



〈그림 4〉 네비게이션 시뮬레이션

3. 이동로봇

3.1 2개의 바퀴를 사용한 이동로봇

센서(Glaser stream sensor)를 테스트하기 위하여 사용되어진 로봇은 그림 5과 같이 Type(2,0) 이동로봇이며 DH parameters는 표 2과 같은 특성을 갖는다. 우리는 다음 표를 사용하여 수학적 모델링을 할 수 있다.

〈표 2〉 Characteristic constants fo Type(2,0) robot

Wheels	α	β	ι
1f	0	0	L
2f	π	0	L

$$J_1 = \begin{pmatrix} J_{1f} \\ J_{1c}(\beta_{c3}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & L \\ 0 & -1 & L \\ \cos \beta_{c3} & \sin \beta_{c3} & L \cos \beta_{c3} \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$J_2 = \begin{pmatrix} r & 0 & 0 \\ 0 & r & 0 \\ 0 & 0 & r \end{pmatrix} \quad (17)$$

$$C_1 = \begin{pmatrix} C_{1f} \\ C_{1c}(\beta_{c3}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ \sin \beta_{c3} & -\cos \beta_{c3} & L \sin \beta_{c3} \end{pmatrix} \quad (18)$$

$$C_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ d \end{pmatrix} \quad (19)$$

이동로봇의 Kinematic model은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$q = (x \ y \ \theta \ \beta_3 \ \psi_1 \ \psi_2 \ \psi_3)^T \quad (20)$$

$$S(q) = \begin{pmatrix} -\sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & 0 \\ \cos \beta & 1 \\ \frac{1}{d} \cos \beta_{c3} & -\frac{1}{d}(d + L \sin \beta_{c3}) \\ -\frac{1}{r} & -\frac{L}{r} \\ \frac{1}{r} & -\frac{L}{r} \\ -\frac{1}{r} \sin \beta_{c3} & -\frac{L}{r} \cos \beta_{c3} \end{pmatrix} \quad (21)$$

3.2 경로 주행 알고리즘

이동 로봇은 주어진 경로P를 그림 5과 같은 Path following 알고리즘 [5]을 사용하여 주행을 한다. 이동 로봇은 경로와 로봇의 거리 l 을 줄이고, 오차각도 $\tilde{\theta} = \theta - \theta_r$ 를 줄이도록 주행을 한다. 여기서

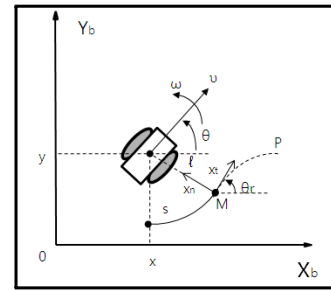
$$\dot{S} = v \cos \tilde{\theta} \frac{1}{1 - c(S)l} \quad (22)$$

$$\dot{l} = v \sin \tilde{\theta} \quad (23)$$

$$\dot{\tilde{\theta}} = \omega - v \cos \tilde{\theta} \frac{c(s)}{1 - c(s)l} \quad (24)$$

$$\omega = k(s, l, \tilde{\theta}, v(t)) \quad (25)$$

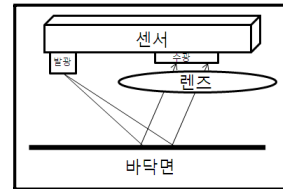
으로 주어진다.



〈그림 5〉 경로 주행 알고리즘

4. 결 론

본 논문에서는 지레이저센서(Glaser stream sensor)를 사용한 네비게이션에 관하여 연구하였다. 센서의 자세추론 모델링을 통하여 이동로봇의 위치와 자세를 추론 할 수 있었으며 시뮬레이션을 통하여 이동로봇의 주행을 관찰 할 수 있었다. 그러나 다양한 속도와 불규칙적인 노면, 경사로 등의 상태 환경에서는 연구가 이루어 지지 않았으며 에러추적에 대한 연구가 앞으로 필요하다. 또한 실제 네비게이션에 적용하기 위해서는 다양한 환경에서의 연구와 추적에러에 대한 해결방안을 모색해야 한다. 그리고 센서를 실제 이동로봇에 적용하기 위해서는 센서의 렌즈부분 수정이 불가피하다. 현재 사용하고 있는 센서는 그림 6과 같이 바닥과 센서의 간격이 2mm이상 떨어질 경우 사용할 수 없으므로 센서를 바닥면에 가깝게 설계하여 주행을 해야 하는 한계점이 있다. 따라서 실제로 이동 로봇에 적용하기 위해서는 바닥면에서 어느 정도 떨어져서도 주행을 할 수 있는 렌즈를 개발하기 위한 연구가 이루어 져야 한다.



〈그림 6〉 센서 구조

[참 고 문 헌]

- [1] 조성호, 한순신, 이익옥, 이장명, "Robust Localization System for a mobile Robot", page 330, 2007
- [2] 임형수, 최승욱, 진태석, 이장명 "An Efficient Localization Algorithm for mobile Robots", page 336, 2007
- [3] 손원중, 홍금식 "Moving Obstacle Avoidance Algorithm Based upon Limit-Circles", page 502, 2007
- [4] Andrea Bonarini, Matteo Matteucci and Marcello Restelli, "Automatic Error Detection and Reduction for an Odometric Sensor based on Two Optical Mice", page 1677, 2005
- [5] Carlos Canudas de Wit, Bruno Siciliano and Georges Bastin, "Theory of Robot Control", 2nd, page 34, 1997