

# 이동 로봇의 위치추정과 지도작성

## Localization and mapmaking of a mobile robot

윤동우\*, 오성남\*\*, 김갑일#, 손영익##

Dong-woo Yun, Sung-nam Oh, Kab-Il Kim, Young-Ik Son

**Abstract** - This paper presents a method to estimate the position of a mobile robot by using a gyro sensor and accelerometer sensors on it. Together with contact sensors we propose a mapmaking algorithm for an indoor environment where the robot moves. The direction of robot can be estimated through a gyro sensor and the distance is founded out by accelerometers. Then one can presume the position of robot. Using the direction and distance values vector-based mapmaking job can be performed. Tactile sensors help the robot recognize the boundary limit value of indoor environment and decide outer wall line of the map.

**Key Words** : mobile robot, mapmaking, localization, gyro

### 1. 서론

오늘날 다양한 형태의 이동로봇들이 다양한 산업현장 및 서비스 분야에서까지 적용되어 이용되고 있다. 현재 산업 현장에서 실용화되어 사용되고 있는 대부분의 이동로봇은 작업장 바닥에 설치된 연속적인 고정궤도를 추적하여 이동하는 방식을 택하고 있다. 이러한 경로 운행방식은 고정궤도를 감지하면서 주행하므로 위치제어특성이 우수하나, 시스템의 유연성이 저하되며 장애물 등 돌발사고에 대한 대응능력이 현저하게 낮다는 단점을 갖고 있다.[1] 이러한 단점을 보완하기 위해 자율이동로봇에 대한 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있으며 최근에 여러 업체들에서 개발하고 시판중인 청소로봇과 같은 이동로봇에서는 접촉센서, 적외선센서, 초음파센서 등을 이용하여 다양한 청소 알고리즘을 통해 청소에 적용하고 있다.

자신의 위치를 인식하거나 지도 구축을 하는 방법으로는 크게 GPS신호를 입력받아 사용하는 방법과 관성항법장치를 이용하는 방법이 있다. GPS는 미국 국방성에 의해 개발되었으며 군사용 대역폭을 사용하는 경우에는 5m의 위치오차를 가지며, 민수용 대역폭을 사용하는 경우에는 부가되어진 오차로 인해 100m의 위치오차를 갖는다. GPS를 항법시스템으로 사용하는데 있어서 해상에서와 같이 장애물이 없는 경우, 그리고 100m의 위치오차가 그리 큰 문제가 되지 않는 광범위한 곳에서는 사용상이나 위성신호를 수신하는 것에 대해서는 문제점이 없으나 도심에서와 같은 환경에서는 항법장치로서 GPS를 사용하는 경우에는 위치오차의 크기와 건물에 가려져 4개 이상의 위성신호를 수신하지 못하는 shadowing, 위성신호가 건물에 반사되는 것에 의해 발생하는 multipath error등의 문제가 발생한다.

#### 저자 소개

- \* 윤동우 : 明知大學校 電氣工學科 碩士課程
- \*\* 오성남 : 明知大學校 電氣工學科 博士課程
- # 김갑일 : 明知大學校 電氣工學科 教授
- ## 손영익 : 明知大學校 電氣工學科 副教授

### 다.[2]

관성항법장치는 김블형 관성항법장치(Gimbaled INS)와 스트랩다운 관성항법장치(StrapDown INS)두가지 형태로 나뉘어 진다. 최근에는 동조 자이로(Dynamically Tuned Gyro)나 링레이저 자이로(Ring Laser Gyro)와 같은 스트랩다운 자이로의 개발과 더불어 구조적으로 간단하고 전선소모가 적다는 여러 장점들 때문에 스트랩다운 자이로가 점차 확대되고 있다.[3]

본 논문에서는 건물 내부나 방과 같은 한정된 공간을 그 대상으로 하였으므로 GPS와 같이 위치오차가 큰 위성항법장치는 적용하기 힘들기 때문에 스트랩다운 자이로의 이론을 일부 적용하여 한 개의 1축 자이로 센서와, 2축 가속도 센서 한 개를 한정된 공간을 주행하는 이동로봇의 x, y축에 장착하여 로봇의 위치를 추정하고 공간에 대한 지도 구축을 하였다.

### 2. 시스템

#### 2.1 전체 시스템

전체 시스템은 제어회로와 이동로봇으로 구성되어 있다. 제어회로는 자이로와, 가속도센서, 접촉센서로 이루어진 센서부가 있으면 이를 처리하는 제어부, 센서에서 처리된 값을 이용해 실질적인 움직임을 처리하는 모터드라이버로 이루어져 있다.

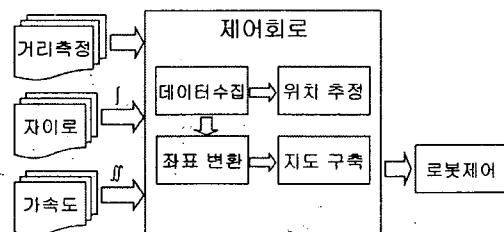


그림 1. 전체 시스템도

영상, 레이저 센서들로부터 입력되는 데이터에 의존하여 바로 앞에 존재하는 장애물의 크기와 위치등을 구별하여 경로를 계획하는 것이다.

본 논문에서는 먼저 전체 공간의 경계면(벽)까지 도달한 후 경계면을 따라 전체적으로 이동을 한 후에 그를 통해 입력된 지도를 통해 장애물의 회피와 목적을 수행하는 전역 경로 계획을 수행하도록 하였다. 경계면 인식을 위해 로봇의 앞면과 양옆에 거리측정센서를 달아서 경계를 인식할 수 있도록 하였다. 아래 그림 6에서 로봇의 전체 경계면 인식을 위한 초기 이동경로를 표시하였다.



그림 8. 이동로봇의 초기 이동경로

### 3.3 위치 추정과 지도 작성

아래 그림 7에서처럼 로봇이 이동할 때마다 나오는 방향값(각도)과 거리값을 스택으로 저장하고 이 방향값과 거리값을 x축과 y축에 대한 거리로 바꿔 비트맵 형식으로 2차원 배열을 이용하여 지도를 작성한다.

방향값  $\theta$ 는 측정시간마다 구해지는 각도  $\theta_i$ 을 계속 더함으로써 처음 기준방향에 대한 절대값으로 구한다.

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \dots + \theta_n \\ x + yi &= \delta(\cos\theta + i\sin\theta) \\ x &= \delta\cos\theta, \quad y = \delta\sin\theta \end{aligned}$$

경계면은 1, 이동중 발생하는 장애물에 대해서는 2, 주행 가능한 공간에 대해서 0의 값을 배치했다.

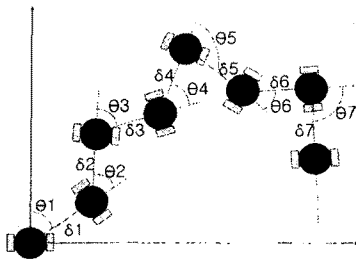


그림 9. 로봇의 위치추정

### 3.4 누적오차의 보정

가속도 센서와 자이로 센서 등의 정보를 2차 적분하여 초기 위치로부터 변화된 자신의 위치를 알아내는 방법은 단순하고 손쉽게 구현이 가능함에도 불구하고 결정적으로 오차를 누적시키기 때문에 장시간 주행 시 누적오차가 발생되어 위치 추정에 심각한 오류를 유발하게 된다.[6]

오차를 보정하기 위해서는 데드 레커닝(Dead-reckoning) 방법[7]과 칼만필터(Kalman Filter)를 이용한 방법[8] 등이 있다.

본 논문에서는 경계면을 결정하는 거리측정센서의 값을

이용해 경계면에 부딪힐 때의 위치값과 지도에 인식된 값의 차이를 이용해서 x축과 y축에 대한 위치오차를 보정하는 방법을 사용하였다.

## 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 스트랩다운 관성항법장치의 이론을 적용하여 자이로센서와 가속도센서를 이용해서 로봇의 위치를 추정하고 지도 구축을 하였다. 이를 통해 GPS나 비전 혹은 초음파 센서등을 이용하지 않고도 위치 추정 및 지도구축이 가능하였다.

스트랩다운 관성항법장치의 초기정렬 알고리즘과 초기정렬 칼만필터의 구성이 배제되어 있어 초기정렬오차를 보완하지 못하고 저가의 자이로와 가속도센서가 가지는 오차와 그로 인해 발생하는 누적오차가 매우 크다는 문제점을 안고 있다. 거리측정센서로 오차를 보정하는 방식은 로봇이 경계면에 도달해야 한다는 문제점을 안고 있으며 x축과 y축에 대한 두 가지 오차를 보정하기 위해서는 최소한 두면에 접촉해야 하고 로봇이 구동되는 장소가 직사각형이 아닌 다양한 각도를 가진 환경일 때 문제점이 발생할 수 있다. 이에 따라 향후 연구과제로는 데드 레커닝 혹은 칼만필터의 적용을 통해 오차를 보정하고, 비전센서 혹은 초음파 센서의 사용을 통해 다중 오차보정 시스템을 적용하여 외란이나 누적오차에 강한 시스템의 구현이 있다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 / 한국과학재단  
우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음  
(차세대전력기술연구센터)

### 참고 문헌

- [1] 임호, 박정일, "관성항법장치를 이용한 이동형 로봇의 위치 추정" *대한전자공학회 하계세미나 논문집*, pp. 74-75, 1996
- [2] 임호, 박정일, 박종국, "자율주행체의 항법장치 설계에 대한 연구" *한국정보기술학회 하계종합학술발표논문집*, pp. 141-149, 2003. 8
- [3] 박찬국, 이장규, 박홍원, "관성항법장치 기술" *제어 자동화 시스템공학회지*, 제3권 제3호, pp. 51-57, 1997. 3
- [4] 박시나, 홍현주, 최원태, "자이로 센서를 이용한 이동로봇 Odometry 오차 보정에 관한 연구" *대한전기학회논문지:시스템및제어부문*, 제55권, 제2호, pp.65-67, 2006
- [5] 김승용, 김기덕, 김태형, "저비용 로봇 구조를 위한 벡터 기반 정소 로봇 알고리즘" *한국정보과학회 가을 학술발표논문집 Vol. 33, No. 2(B)*, pp.122-125, 2006
- [6] 진태석, 이장명, "단일 초음파 센서모듈을 이용한 이동로봇의 위치추정 및 주행" *전자공학회 논문지 제42권 SC 제2호*, pp. 47-56, 2005. 3
- [7] 배성혁, 최동엽, "이동로봇의 장애물 회피를 위한 경로계획", *대한전자공학회 학술회의 논문집*, 제1권, pp. 766-771, 1994. 1
- [8] F.Lu, E.Milios, "Globally consistent range scan alignment for environment mapping", *Autonomous Robots*, Vol.43, pp. 333-349, 1997

시스템을 제어하기 위한 마이크로프로세서는 ATmel사의 ATmega128을 사용하였다.

## 2.2 기계적 구조

실험을 위해 아래 그림 2와 같은 이동로봇을 제작하였다. 메인프레임은 5T의 폴리카보네이트로 제작되어 있으며 모터는 엔코더가 달린 소형DC모터를 이용하였다.

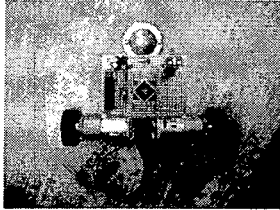


그림 2. 로봇 외형

## 2.3 센서

실험에 사용된 센서는 1개의 1축 자이로 센서, 1개의 2축 가속도 센서, 3개의 거리측정 센서이다. 자이로 센서의 출력형태는 아날로그신호이며, 이 아날로그 신호를 A/D 컨버터(이하 ADC)를 통해 디지털 신호로 변환하여 제어부에서 처리하게 된다. 제어부에서 검출된 각속도를 적분 연산을 하게 되면 각도를 산출할 수 있다.[4]

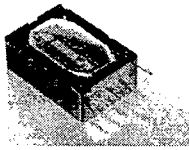


그림 3. 자이로 센서

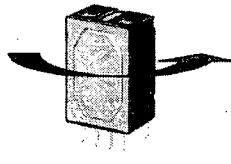


그림 4. 자이로 방향

논문에서 사용된 자이로 센서는 일본 무라타사의 저가형 센서로써 회전에 대한 속도를 Analog 신호로 출력한다. 센서의 제원은 표 1에서 보는 바와 같다.

표 1. 자이로 센서의 제원

Supply Voltage (Vdc)	Maximum Angular velocity (deg./sec)	Output (mv/deg./sec.)	Linearity (%FS)	Response (Hz)
5	+/-70	25	+/-0.5	10(max)

가속도 센서란 가속도, 진동, 충격 등의 동적 힘을 감지하는 센서로 가속이 되는 정도를 주파수 또는 전압으로 출력한다. 본 논문에서 사용한 가속도 센서는 아날로그 디바이스에서 나온 2축 가속도센서로 제원은 표 2에서 보는 바와 같다.

표 2. 가속도 센서의 제원

Supply Voltage (Vdc)	Measurement Range(g)	Sensitivity (mV/g)	Zero(V)	Response(Hz)
5	±2	140~195	1.2~1.8	10(max)

거리측정센서는 Sharp에서 나온 QT113-D를 사용하였다. 4~30cm의 거리를 측정할 수 있고 거리 4cm일 때 약 2.5V의 아날로그 출력을 발생시켰다. 하지만 반사되는 빛의 양이 물체의 색에 따라 틀려지므로 정확도가 많이 떨어지는 단점이 있다.

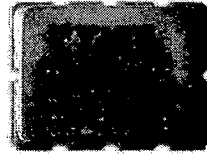


그림 5. 가속도센서



그림 6. 거리측정센서

표 3. 거리측정 센서의 제원

Supply Voltage (Vdc)	Measurement Range(cm)	Output Voltage(V)	Response (Hz)
5	4~30	2.5(at 4cm)	10(max)

## 3. 위치추정 및 지도구축 실험

### 3.1 측정이론

각 자이로 및 가속도계는 X, Y 2개의 감지축을 갖도록 배치해야 하며, 이 때 축의 기하적 방향은 수직 및 평행도를 잘 유지해야 한다. 본 논문에서는 측정시간을 0.2초로 하여 이동을 시작한 순간부터 매 0.2초마다 2축방향의 가속도를 2회 적분하여 이동거리를 얻고 각속도를 적분하여 이동방향을 측정하였다. 측정시간이 짧을 수록 오차가 적어지고 더 정확한 위치추정과 지도작성을 할 수 있다.

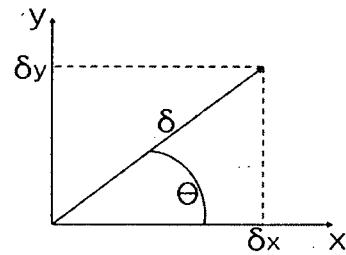


그림 7. 로봇의 이동 방향과 이동거리.

$$\delta_x = \delta \cos \theta, \quad \delta_y = \delta \sin \theta$$

$$\theta = \int \omega, \quad \delta = \iint a$$

a : 측정된 가속도,  $\omega$  : 측정된 각속도

### 3.2 경로계획(Path Planning)

경로계획이란 로봇이 목적지까지 최소한의 거리로 이동하게 하는 것이다. 이러한 경로계획의 방법은 전역 경로 계획(global path planning)와 국부 경로 계획(local path planning) 두 부분으로 나눌 수 있다.[5].

전역경로 계획이란 전반적인 환경 정보를 가지고 로봇의 이동 경로를 계획하는 것이고, 국부 경로 계획은 초음파나