

# 지자기센서를 이용한 이동로봇의 Heading 오차 보정과 주행제어

\*정지봉 · \*\*신위재 · \*\*\*이상식

## Heading Error Compensation and Navigation Control of Mobile Robot using a Magnetic Sensor

Ji-bong Jung, Wee-jae Shin, Sang-sik Lee

\*Dept. of Mechatronics Kyungnam University

email : bongza@chollian.net

\*\*Division of Electrical Engineering and Electronic Engineering

Kyungnam University

email : cwee@Kyungnam.ac.kr

\*\*\*Dept. of Electronics R.O.K Naval Academy

email : leess4@hanmail.net

### 요 약

본 논문은 이동로봇이 주행 중 발생하는 heading 오차를 지자기센서를 이용하여 보정하고 주행을 정확히 제어하는 것에 관한 것이다.

일반적으로 이동로봇의 주행제어는 여러 원인에 의한 부정확성을 내포하고 있다. 예를 들어 바퀴의 부정확한 기계적 정렬, 기어의 헐거워짐, 센서 신호의 잡음과 오차, 바퀴의 미끄러짐, 평탄하지 않는 표면에 의한 궤도변동 등이다.

따라서, 이동명령어 수행 시 이동로봇의 heading이 의도된 대로 유지되는지를 측정하는 오차 검출이 필요하며 이를 위한 센서 본 논문에서는 지자기센서를 이용하여 오차를 보정하였다.

실험은 무선 원격 제어되는 이동로봇에 지자기 센서를 부착하여 자계의 영향이 비교적 적은 평탄한 옥외에서 수행하였고, 실험 결과를 통해 지자기 센서를 이용한 이동로봇의 heading 오차 보정과 주행제어효과를 보여주었다.

### 1. 서 론

Heading 오차는 이동로봇의 주행에서 매우 민감한 문제이고 가장 중요한 요소이다. 그것은 이 heading 오차가 빨리 정정되지 않으면 주행 중 위

치 오차가 확산되어 이동로봇은 목적지에 도달하지 못하게 되고 의도된 궤도를 벗어날 수 있기 때문이다. 따라서 heading 오차를 검출 시 곧바로, 또는 다음 수행명령어가 수행되기 전 좌·우 바퀴에 필요한 만큼 구동시켜 오차를 보정을 해야한다.

Heading 오차를 검출하는 일반적인 센서로는 자이로 스코프, 지자기 센서 등이 있다.

자이로스코프는 정확한 heading 오차를 측정할 수 있으나 가격이 비싸고 부피가 크며 무거워서 이동로봇에 응용될 때 기동속도, 토크 및 주행속도, 부하 등 여러 문제가 따른다.

지자기센서는 자침의 원리를 이용하는 방법으로 절대방위를 검출할 수 있지만 주변 자계의 영향에 매우 민감하다. 그러나 자이로스코프에 비해 가격이 저렴하고 부피가 작고, 가벼우며 기동시간이 필요치 않으므로 어느정도 오차가 허용되는 범주 내에서는 이동로봇 heading 오차 보정에 유용하게 응용될 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 지자기센서를 이용하여 주행 중 heading 오차를 검출하여 그 오차를 보정하는 알고리즘을 연구하였다.

## II. 본 론

### 1. 실험에 사용된 원격 제어 이동로봇

<그림 1>은 실험에 이용된 원격제어 이동로봇의 실물 사진[1]으로서 전체 하드웨어를 기능별-전원, 통신, 스텝핑 모터구동, 중앙 제어, 거리측정-모듈로 분할 제작하여 300mm Rack에 장착하였다. 랙의 전면 상부에 CCD 카메라와 카메라의 회전을 위한 RC(Radio Control)서보 모터, 전면 좌측에 무선 영상 송신을 위한 570MHz UHF 송신기, 그리고 후면 우측에 호스트 컴퓨터와의 통신을 위한 433 MHz UHF 칩 안테나,상단 중앙에 지자기센서(V2X)등을 설치하였다. 로봇의 상단에 설치된 구조물은 초음파 센서를 360° 회전시켜 주기 위한 것이고, 초음파 센서와 스텝핑모터 그리고 로봇전방(0°)을 검출할 수 있는 포토 인터럽터로 구성되어있다.

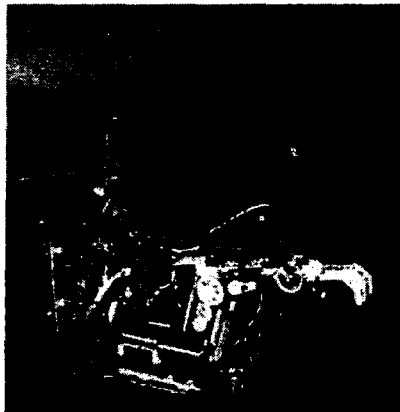


그림 1. 이동로봇 실물 사진

<그림 2>는 이동로봇의 전체 시스템 구성도를 나타낸 것이다. 주 제어기에 지자기센서 모듈을 장착하여 heading 측정 및 오차 보정을 한다. 주 제어기와 거리측정용 제어기는 비동기 직렬 통신으로 데이터를 주고 받는다. 주 제어기로 호스트 컴퓨터와 통신을 하고 호스트 컴퓨터와 로봇에 사용되는 무선 데이터 통신 모듈은 반이중 방식을 지원하는 모델을 사용하여 설계 및 제작하였다.

지향각 측정에 사용된 지자기센서는 Precision Navigation의 V2X[2]이며 평면의 자기장을 측정하는 2축 magnetometer이다. 실험에 사용된 지자기 센서 type(V2x)은 gimbal이 없기 때문에 지자기 센서가 면이 굴곡인 곳에서는 에러가 발생하기 때문에 평면에서 측정해야한다. 그리고 주 제어기(PB-2S)에서 지향각 측정과 오차를 보정하도록

되어있다.

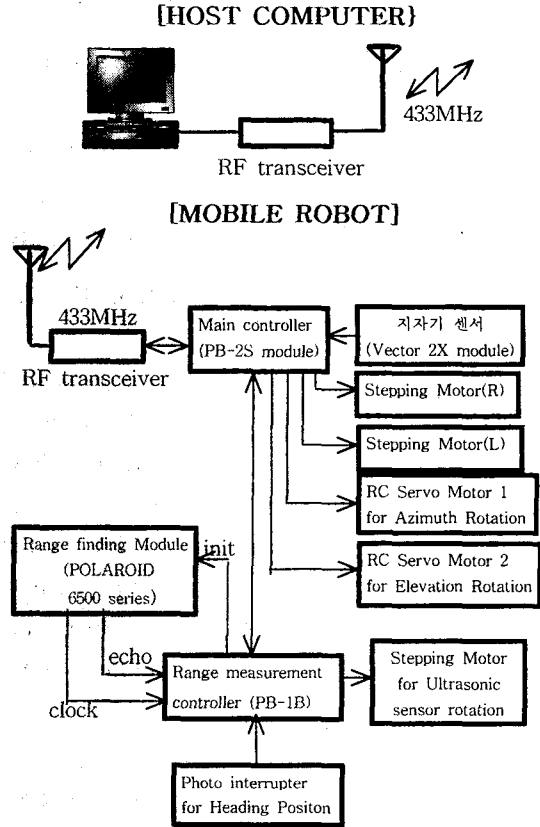


그림 2. Heading 오차 보정기능을 갖는 이동로봇 전체시스템 구성도

### 2. 주행에 따른 로봇의 지향각(Heading)과 위치변화

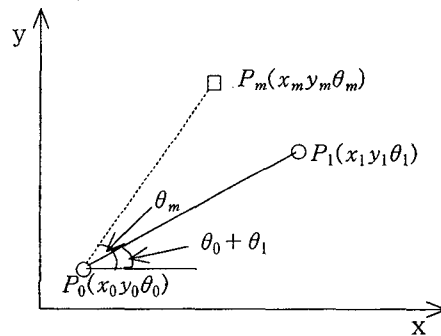


그림 3. 로봇의 Heading 위치변환

이동로봇의 정확한 주행제어를 위해서는 로봇의 이동에 따른 heading 및 위치변환 추적을 해야 한다. 제작된 이동 로봇의 좌표 및 지향각 변동에 영향을 미치는 주행 명령어는 전진, 후진, 좌회전, 우회전의 네가지가 있으며, 이전 위치

$P_{n-1}(x_{n-1} y_{n-1} \theta_{n-1})$ 와 주행거리  $d_n$ 을 이용하여 현 위치  $P_n(x_n y_n \theta_n)$ 를 다음과 같은 수식들로 표현할 수 있다. <그림3>의 현 위치  $P_0$ 에서  $P_1$ 으로 가고자 할 때 heading 오차  $\theta_e$ 가 발생 시 위치  $P_m$ 으로 가게된다.

$$\theta_e = \theta_m - (\theta_0 + \theta_1)$$

i) 전진 :

$$\theta_n = \theta_{n-1}$$

$$x_n = x_{n-1} + d_n \cdot \cos(\theta_n \pm \theta_e)$$

$$y_n = y_{n-1} + d_n \cdot \sin(\theta_n \pm \theta_e)$$

ii) 후진

$$\theta_n = \theta_{n-1}$$

$$x_n = x_{n-1} - d_n \cdot \cos(\theta_n \pm \theta_e)$$

$$y_n = y_{n-1} - d_n \cdot \sin(\theta_n \pm \theta_e)$$

iii) 좌회전

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \Delta(\theta_n \pm \theta_e)$$

$$x_n = x_{n-1}, y_n = y_{n-1}$$

iv) 우회전

$$\theta_n = \theta_{n-1} - \Delta(\theta_n \pm \theta_e)$$

$$x_n = x_{n-1}, y_n = y_{n-1}$$

실험에 사용된 로봇은 회전을 제자리에서 하기 때문에 좌·우 회전시 x와 y 좌표는 변하지 않는다. 그리고 후진을 할 때, 전방을 향한 채로 이동하므로 전진과 후진의 지향각은 같다.  $\theta_e$ 이  $\theta_n$ 보다 크고 작음에 따라 heading 보정 시 부호를 고려해야 한다.

### 3. 로봇 주행명령에 따른 지향각 획득과 오차 보정 알고리즘

제작된 원격제어용 이동로봇의 주행명령은 전진, 후진, 좌회전, 우회전의 4가지로 이루어져 있다. Heading 오차 발생시 오차보정을 위한 알고리즘 개발을 위해서는 모터종류, 드라이브 구동방식, 드라이브 바퀴 크기 및 바퀴 간격등 로봇의 기계적 구조 특성을 함께 고려해야 한다. 따라서, 본 오차 보정 알고리즘은 실험에 사용된 로봇의 구조적 특성과 주행명령의 특성을 고려하여 연구되었으므로 하드웨어적인 특성이 다를 경우는 관련된 파라미터만 변경해 주면 된다.

### 3.1 로봇의 구조적 특성

이용된 이동로봇의 구조적 특성은 다음과 같다.

i) 드라이브 모터 종류 : 스텝모터(1.8° /1step)

ii) 드라이브 구동방식 :

두 개의 분리된 바퀴를 따로 구동

iii) 드라이브 바퀴 지름 : 10cm

iv) 드라이브 바퀴간 거리 : 19.5cm

v) Distance wheel traveled per step for rotation : 0.314cm

vi) Angle turned per step =  $\tan^{-1}(0.314/\text{드라이브바퀴거리의 반}) = 1.84^\circ$

vii) 이동로봇의 무게 중심을 위한 castor(소형바퀴)가 회전 명령시 약간의 오차 발생 상존

### 3.2 주행명령 특성

알고리즘개발에 이용된 이동로봇의 주행명령은 앞서 언급한 바와 같이 4가지로 이루어져 있고 한 가지 명령이 완료되면 로봇이 멈추었다가 다음 명령이 접수되면 수행되는 single path 방식[3]을 이용하였으므로 로봇의 이동이 멈춤 없이 주행명령이 수행되는 Continuous path 방식[3]이 적용되지 않는다. Single path 방식은 로봇의 이동이 각 명령어 종료 시 끊어지나 Continuous path 방식에 비해 이동속도 개선, 알고리즘 개발 용이성등 장점이 일반적으로 많아 이 방식을 이용하였다. 따라서 heading 오차 발생 시 4가지 주행명령의 경우 모두 한 명령이 종료된 후 다음 명령이 수행되기 전에 heading 오차 보상을 한 후 다음 명령이 수행되므로, 전 단계에서의 heading 오차가 다음 주행제어 시 오차가 확산되는 것을 최소화시키는 방식을 채택하였다.

### 3.3 지자기 센서(Electronic Compass) 특성

연구에 이용된 지자기 센서(Vector 2X)[2]의 주요특성은 다음과 같다.

i) Accuracy=2° RMS, resolution=1°

ii) Weight = 0.3 oz

iii) Size = 1.5"×1.3"×0.39"

### 3.4 주행명령어에 따른 오차 보정 알고리즘

전·후진, 좌·우회전의 4가지 주행명령 수행 후 heading 오차 발생 시 다음 명령이 수행되기 전 heading 오차 보정을 위한 알고리즘은 <그림4>와 같다

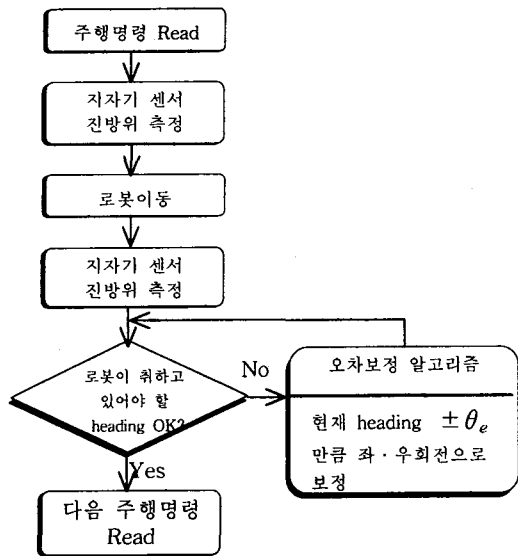


그림 4. 지향각 획득과 오차보정 순서도

지자기 센서는 진방위 북쪽을 0° 로 시작하여 35 9° 로 나타내며 로봇의 좌표시스템은 x축을 기준 으로 CW방향을 진방위 heading 증가 방향, CCW 방향을 진방위 heading 감소방향으로 이용하였으므로, 전·후진시 로봇이 취하고 있어야 할 heading의 진방위 값은 변화가 없고, 우회전은 주어진 회전각만큼 진방위 heading 값이 증가를, 그리고 좌회전시 주어진 회전각만큼 진방위 heading 값의 감소를 이용하여 알고리즘을 개발하였다.

### III. 실험

#### 1. 실험 환경 및 방법

##### 1.1 지자기 센서

PB-1S single Board Computer[4]를 이용해 Vector 2X 지자기 센서의 진방위 측정이 가능토 록 하였다. PB-1S는 정수계산만 하므로 진북을 0° 기준으로 하여 1° 간격으로 359° 까지 나타낸 다.

지자기센서는 자장에 매우 민감하여 전원케이블 이 바닥에 깔린 실험실 바닥에서는 오차가 매우 크므로 바닥과 주변에 자장 영향이 없는 옥외에서 마그네틱 콤파스와 비교하여 실험을 하였다.

##### 1.2 이동로봇

현재 제작된 이동로봇은 바퀴의 정렬이 정교하 지 못하고 로봇 무게 중심을 위한 Castor가 출발 시 약간씩 임의로 움직이므로 약간의 heading error 발생이 상존하고 있는 상태이다. 따라서, 이

상적인 구조와 작동을 전제로 알고리즘을 개발하 였으나 기계적 구조 결함이 개선될 시 주행제어 성능도 향상 될 것으로 판단된다.

#### 2. 실험 결과

지자기 센서는 예상대로 실내에는 자장에 미치 는 많은 영향으로 오차가 매우 크게 나타났으나 옥외에서는 제품 특성표에서 언급된 바와 같이 ±2° 부근의 resolution을 나타내었다. 현재 로봇 은 주행 명령 시작시 castor가 순간적으로 미세 하게나마 임의 동작하므로서 heading 오차를 항 시 보이고 있어 4가지 주행명령 종류에 따라 개 발된 알고리즘의 정밀성을 입증하기에는 어려움 이 있었다. 그러나 2° 이상의 큰 heading 오차가 발생시는 heading 오차 보정 기능을 효과적으로 보여주므로서 로봇 구조 개선시 2° 이내의 정밀 한 오차 보정은 무난하리라 판단된다.

### IV. 결 론

본 논문은 지자기 센서를 이용하여 이동로봇이 주행 중 발생하는 heading 오차를 보정하고 주행을 정확히 제어하는 것에 관한 것으로 실험을 통 해 그 실용가능성을 검증하였다.

현재 제작된 이동로봇은 기본 프로그램이 원격 제어용으로 설계되었고 다소의 구조적 결함 때문 에 사용할 때 일부 제약이 따른다. 로봇의 구조적 개선, Gimbal이 달린 지자기센서의 이용과 지능제 어이론등을 적용시키고 오차보정을 향상시킬 알 고리즘, 다수 목적지 설정에 따른 자동주행 알 고리즘등을 주행에 적용한다면 보다 넓은 범위에서 활용이 가능할 것으로 생각된다.

### V. 참고 문헌

- [1] 이상원, 이상식, "군사적 활용을 위한 원격제 어 이동로봇에 대한 연구", 한국군사과학기술 학회 추계학술대회 논문집 2권, pp.397~ 402, 1999
- [2] VECTOR™ ELECTRONIC MODULES DATA BOOK, pp1~4, 1998
- [3] John J. Craig, "Introduction to Robotics ", Addison Wesley
- [4] Single Board Computer, "PICBASIC Data Book", Comfile technology, 1999