

# 자기저항센서를 이용한 자계기반 자율주행 시스템의 특성분석

## Analysis of Autonomous Vehicle System of Magnetic Marker Based Using Magnetic Sensor

임대영, 유영재, 이진  
목포대학교 제어시스템 공학과

Dae-Young Lim, Young-Jae Ryoo, Jin Lee  
Department of Control System Engineering, Mokpo National University  
E-mail : dylim@mokpo.ac.kr, yjryoo@mokpo.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 자기저항 센서를 이용한 자계기반 자율주행 시스템의 자계특성을 분석한다. 자율주행 시스템에서 가장 중요한 핵심기술은 자기원으로 구성된 도로를 주행하는 차량의 현재위치 파악이다. 따라서 자계 도로위의 차량의 현재위치를 검출하기 위한 시스템의 선행조건으로 센서와 자기원 사이에 존재하는 자계의 특성을 분석하기 위한 실험 장치를 설계하고 구성하였다. 그리고 자기원의 설치간격 및 기울기에 따른 자계의 3축성분과 데이터를 획득한다. 획득한 데이터를 이용하여 3축성분에 따른 거리정보와 방향에 따른 자계의 변화를 분석한다.

#### 1. 서론

우리나라는 심각한 교통문제를 해결하기 위해 도로, 철도, 공항 등 교통시설 확충에 해마다 20 조원의 예산을 투자하고도 근본적인 문제에 대한 해결은 하지 못하고 있다. 이러한 교통문제를 해결하기 위해서는 신속하고 안전한 교통시스템의 구축이 절실히 필요하다. 이에 국가교통핵심 기술로 차세대 대중교통 기술 및 미래형 첨단차량 시스템을 개발하게 되었다[1,2].

선진국인 미국의 경우 자국의 교통문제를 해결하기 위하여 ITS(Intelligent Transport System) 일환으로 1990년대부터 자율주행에 대한 연구가 이루어져 왔다. 그 결과 University California에서 주도하는 PATH(Partners for Advanced Transit and Highway) 프로그램에서 자계기반 자율주행시스템이 개발되었다[3].

자계기반의 자율주행 시스템은 도로에 일정한 간격으로 자기원을 매설하고, 자기원에서 발생하는 자계를 계측하여 주행하는 방법이다. 이는 저가의 마이크로프로세서를 이용하여 시스템을 구축할 수 있기 때문에 시스템 구축비용이 적고, 기상변화에 대한 영향을 받지 않아 시스템의 안전성이 높은 것으로 평가 되었다.

국내의 경우는 Ryoo and Kim의 연구에 의해 자계기반 자율주행이 성공적으로 이루어 졌다 [4,5].

자계기반 자율주행 시스템에서 가장 중요한 핵심 기술은 자기원으로 구성된 자계도로상의 차량의 현재위치를 검출하고 주행하는 것이다.

따라서 본 논문에서는 자계도로상의 현재위치를 검출하고, 분석하기 위하여 자기저항센서를 이용한 실험장치를 설계·구성하였다. 그리고 자기원의 설치간격 및 기울기와 자계변화에 따른 특성

을 분석하였다.

### 2. 단일자기원의 자기장

그림 2.1은 원통형 단일 자기원을 자기 쌍극자 모델로 가정한 것이다. 단일자기원의 중심에서 P점만큼 떨어진 위치의 자계 B의 3축 성분 ( $B_x, B_y, B_z$ )의 세기를 유도할 수 있다. 자계의 세기는 다음과 같다.

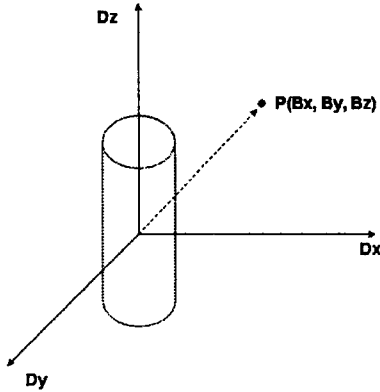


그림 2.1 단일자기원의 자계.

$$U = \frac{M \cos \theta}{4\pi \mu_0 r^2}$$

$$= \frac{Mz}{4\pi \mu_0 (x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}}$$

단,  $U$  : 자기쌍극자자위,  $r$  :  $\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$   
 $M$  : 자기쌍극자모멘트,  $\mu_0$  : 진공중의 투자율.

따라서 P점의 자계 B의 3축성분 세기는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_x = \frac{3Kxz}{r^5} [G]$$

$$B_y = \frac{3Kyz}{r^5} [G]$$

$$B_z = \frac{K(2z^2 - x^2 - y^2)}{r^5} [G]$$

단,  $K$  :  $\frac{M\alpha}{4\pi}$      $\alpha$  : 단위환산계수.

### 3. 자계계측 및 분석 시스템

자계를 계측하고, 분석하기 위한 시스템을 그림 3.1과 같이 설계·제작하였다. 단일 자기원을 고정하고 이를 자기저항센서를 이용하여 자계를 계

측한다. 계측된 자계는 마이크로프로세서와 컴퓨터 사이에 직렬통신을 통해 컴퓨터에 전송된다. 전송된 데이터는 개발된 소프트웨어에 의해 그래프로 표시된다.

본 논문에서 사용된 자기원은 페라이트와 네오디뮴으로 페라이트는 직경 2.5[cm]×10[cm], 네오디뮴은 직경 2.5[cm]×8[cm] 크기를 갖는다.

자기저항센서는 미국 Honeywell사의 HMR2300 사용하였으며, 내부적으로 HMC 1001과 1002로 구성되어있다. 이는 ±2[Gauss]내에서 자계를 측정할 수 있고, 70[μGauss]의 정밀도를 가지고 있다. 초당 10~154개의 샘플링을 설정할 수 있고, 명령어의 입력에 따라 동작 한다.

센서의 이동거리가 정확하도록 가로, 세로 100[cm]크기의 모눈종이를 바닥에 설치하였다. 센서높이를 고정하기 위해 아크릴 케이스를 제작하였다. 센서는 케이스의 20[cm]위에 고정하였다. 센서의 이동방향은 자기원을 중심으로 전후방향( $D_x$ )와 측방향( $D_y$ )으로 5[cm] 간격으로 -50[cm]에서 50[cm]까지 이동하며 계측하였다.

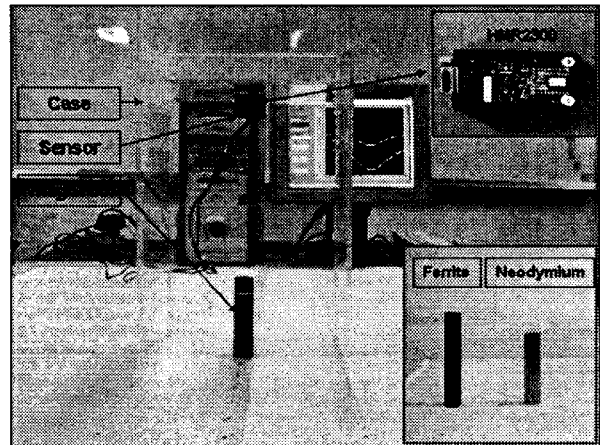


그림 3.1 실험장치.

### 3.1 단일자기원의 자계분포

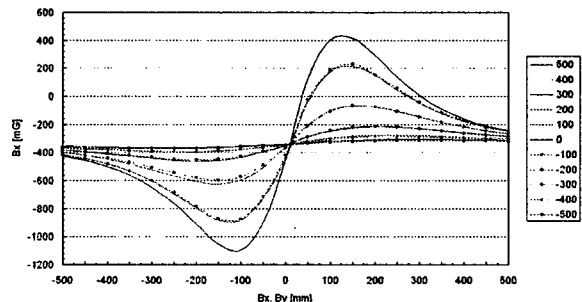


그림 3.2 전후방향( $B_z$ ) 자계분포.

그림 3.2는 페라이트 단일 자기원의 전후방향에

대한 자계분포를 나타낸다. 상수로 지지계 값을 포함하고 있다. 전후방향으로 이동하는 동안 자기원이 위치한 0[cm]를 기준으로 후방에 위치할 때 음에 값을 전방에 위치할 때는 양에 값을 갖고 좌측과 우측에 동일한 분포가 나타는 것을 볼 수 있다.

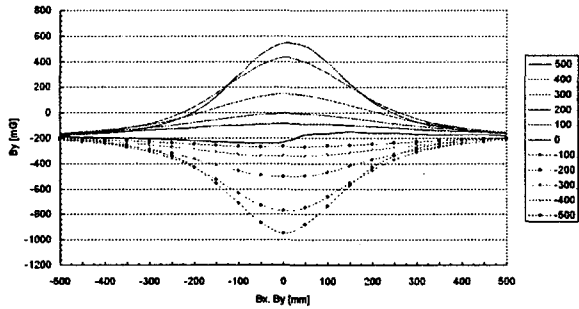


그림 3.3 측방향( $B_y$ ) 자계분포.

그림 3.3은 측방향으로 이동할 때 자계의 분포를 볼 수 있다. 자기원이 위치한 0[cm]에서 자계의 분포가 가장 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. 좌측에 위치할 때 음에 값을 우측에 위치할 때 양에 값이 나타나고, 상하에 동일한 분포가 나타나는 것을 볼 수 있다.

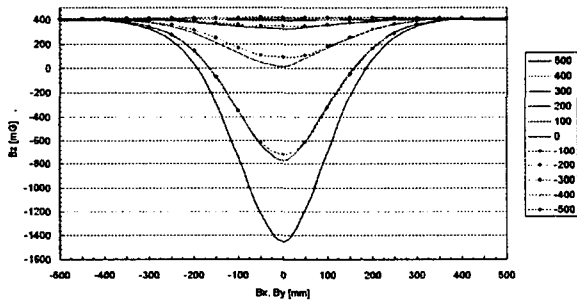


그림 3.4 높이성분( $B_z$ ) 자계분포.

그림 3.4는 수직방향에 대한 자계의 분포를 나타낸다. 자기원이 고정되어 있는 0[cm]에 가까워질수록 자계의 분포가 커지고, 자기원의 위에 위치할 때 자계의 분포가 가장 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.

따라서 본 실험을 통해 전후방에 대한 자기원의 위치와 정보는  $B_x$  축의 자계분포를 통해 알 수 있고, 측방향 이탈에 대한 정보는  $B_y$  축을 통해 알 수 있으며, 자기원으로 부터 센서의 높이정보는  $B_z$  축을 통해 알 수 있음을 증명하였다.

### 3.2 설치간격에 따른 자계분포

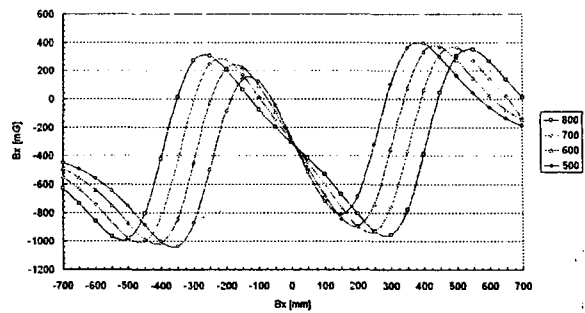


그림 3.5 전후방향( $B_x$ ) 자계분포.

그림 3.5는 페라이트 자기원의 설치간격에 따른 전후방향에 대한 자계의 분포를 보여준다. 두 자기원의 설치간격은 50[cm]~80[cm]까지이며, 자기원을 고정하고, 센서를 이동하며 자계의 분포를 측정하였다. 자기원의 간격이 좁아질수록 자계의 변화 폭과 세기는 작아지는 것을 볼 수 있다. 이는 자기원 주변의 자계가 중첩되기 때문인데 자기원의 거리가 가까울수록 중첩되는 부분이 작아지는 것을 볼 수 있다.

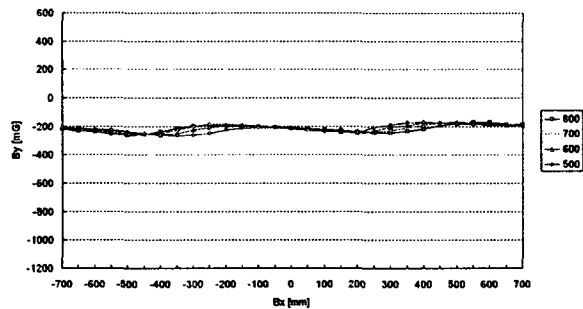


그림 3.6 측방향( $B_y$ ) 자계분포.

그림 3.6은 측방향에 대한 자계의 분포를 보여준다. 센서가 측면이탈성분이 발생하지 않았기 때문에 자계의 분포가 거의 일정하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

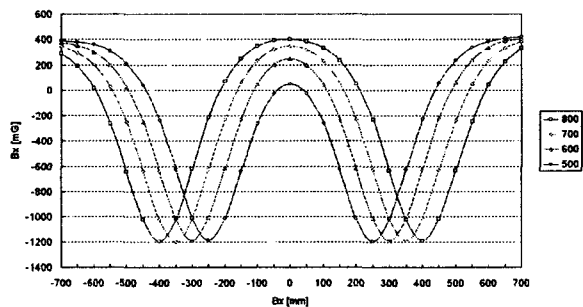


그림 3.7 높이성분( $B_z$ ) 자계분포.

그림 3.7은 수직방향에 대한 자계의 분포를 보여준다. 0[cm]를 기준으로 자기원에 형성된 자계

가 서로 중첩되는 것을 확인할 수 있다. 자기원의 거리가 짧을수록 자계의 변화가 작아지는 것을 볼 수 있다. 80[cm]의 경우 중첩되는 부분(-5~5cm)이 지지계 값을 계측하였다. 따라서 본 실험을 통해 자기원의 설치간격이 짧으면 설치비용이 증가하기 때문에 자기원의 설치 간격은 80[cm]이상 이어야함을 알 수 있다.

3.3 설치각도에 따른 자계분포

그림 3.8은 도로에 매설되어 있는 자기원이 외부의 힘에 의해 위치가 이동하고 설치각도가 틀어진 경우 전후방향에 대한 자계의 분포를 보여준다. 자기원은 후방으로 0°~ 30° 까지 5°간격의 기울기를 갖도록 하였다.

자기원이 위치한 0[cm]를 기준으로 기울기가 커질수록 자기원의 기울기를 갖는 방향으로 자계의 분포가 이동하여 형성되는 것을 볼 수 있다.

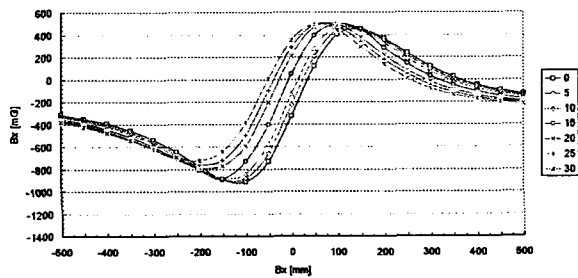


그림 3.8 전후방향( $B_x$ ) 자계분포.

그림 3.9은 측방향의 기울기를 갖는 자계의 분포를 보여준다. 측방향의 변화가 발생하지 않았기 때문에 자계의 변화가 일정하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

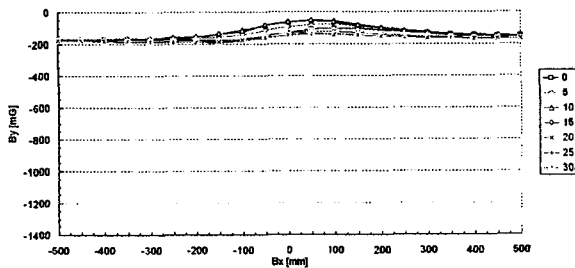


그림 3.9 측방향( $B_y$ ) 자계분포.

그림 3.10은 수직방향에 대한 기울기를 갖는 자계의 분포를 보여준다. 기울기가 커질수록 자계의 세기는 감소하고 기울기를 갖는 방향으로 자계의 변화가 이동하는 것을 볼 수 있다.

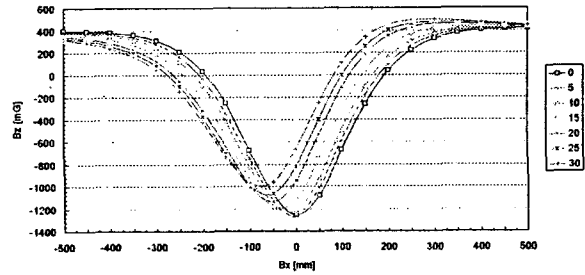


그림 3.10 높이성분( $B_z$ ) 자계분포.

4. 결론

본 논문에서는 자율주행하기 위한 선행조건으로 자기저항 센서를 이용한 자계기반 도로의 자계특성을 분석하였다. 자율주행 시스템에서 가장 중요한 핵심기술은 자기원으로 구성된 자계도로를 주행하는 차량의 현재위치 파악이다. 따라서 자계도로위에 차량의 현재위치를 검출하기 위한 시스템을 설계하고 구성하였다. 그리고 센서와 자기원 사이에 존재하는 자계의 특성을 분석하기 위한 실험을 행하였다. 자기원의 간격 및 자기원의 기울기에 따른 자계의 3축성분과 데이터를 획득하였다. 획득한 데이터를 이용하여 3축성분에 따른 거리정보와 방향을 분석하였다.

감사의글

본 논문은 한국철도기술연구원의 “국가교통핵심기술 개발사업”에 의해 지원받았습니다.

5. 참고문헌

- [1] 유영재, “자율주행용 자계도로의 3차원 해석 및 차량위치검출시스템”, 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 15, No. 1, pp. 75-80, 2005.
- [2] 목재균, 김용기, 유영재, “정밀정차를 위한 전자기 안내레도기술 개발”, 한국철도기술, 50호, 11월, 12월, 2004.
- [3] C. Y., Chan, and H. T., Tan, “Evaluation of Magnetic as a Position Reference System For Ground Vehicle Guidance and Control”, California PATH Research Report, UCB-ITS-PRR-2003-8, March, 2003.
- [4] Y. J., Ryoo, E. S., Kim, and Y. C., Lim “Intelligent Positioning System for Magnetic Sensor Based Autonomous Vehicle”, SCIS & ISIS, 2004.
- [5] Y. J., Ryoo, E. S., Kim, , and Y. C., Lim “Intelligent Positioning System for Magnetic Sensor Based Autonomous Vehicle”, SCIS & ISIS, 2004.