

자기거리계를 이용한 자율주행시스템의 개발

Development of autonomous system using magnetic position meter

김근모 · 유영재

Geun-Mo Kim and Young-Jae Ryoo

목포대학교 제어시스템 공학과

요 약

전 세계적으로 차량의 급속한 증가로 인해 지능형교통시스템에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 그중 차량의 자율주행에 관한 연구가 한 분야를 차지한다. 그리고 차량의 자율주행은 경로인식이 기본적인 요소이다. 기존의 자계기반 자율주행 시스템은 3축 자계 센서로 자석마커의 3차원의 데이터를 분석하여 경로를 인식하였다. 그러나 본 논문에서는 Magnetic Wire와 자기거리계를 이용하여 측면 이탈거리를 계측하여 주행하는 시스템을 제안한다. 그리고 기존 자율주행 차량의 시스템과 비교하고 제안하는 시스템이 저사양의 하드웨어와 간단한 알고리즘으로 자율주행이 가능함을 실험을 통해 검증하고자 한다.

키워드 : 자율주행 차량, 조향, 자기거리계

Abstract

Development of autonomous vehicle system that use magnetic position meter research of intelligence transportation system is progressed worldwide active by fast increase of vehicles. Among them, research about autonomous of vehicles occupies field. And autonomous of vehicles is element that path recognition is basic. Existent magnetic base autonomous system analyzes three-dimensional data of magnet marker to 3 axes magnetic sensor and recognized route. But because using Magnetic Wire and Magnetic Position Meter in treatise that see, measure side lateral error and propose system that driving. And system that compare with system of autonomous vehicles and propose wishes to verify by hardware of that specification and simple algorithm through an experiment that autonomous is available.

Key Words : Autonomous Vehicle, Steering, Magnetic Position Meter

1. 서 론

1980년 이후 차량이 급격히 증가하여 교통체증과 에너지의 낭비, 환경오염, 기업의 물류비증가, 교통사고로 인한 인적 피해, 교통사고 처리비용이 사회적 이슈가 되고 있다. 이러한 문제들에 대한 대책으로 지능형교통시스템(ITS)을 위한 연구가 전 세계적으로 계속 되고 있으며 차량의 자율주행에 관한 연구가 그중 한 분야를 차지하고 있다.

자율주행을 하기 위해서는 현재 위치인식이 가장 기본적으로 요구된다. 위치인식방법으로는 GPS, 전력선, Vision 그리고 자계를 이용하는 방법이 대표적이다. GPS를 이용한 위치인식방법은 10m 정도의 오차를 가지고 있고 전력선 방식은 고액의 설치 비용과 유지보수가 필요한 문제점이 있다. 그리고 Vision 방법은 도로상의 차선을 카메라로 감지하여 주행하는데 차선이 잘 보이지 않을 때 문제가 된다. 그리고 자계를 이용한 위치인식방법은 GPS, 전력선 Vision을 이용하는 방법의 단점을 보완하기 위해 고안된 방법으로 반영구적인 수명의 자석을 사용하기 때문에 저렴한 유지 보수비용과 외

란에 강한 장점이 있어서 실용화에 가장 적절한 방법이다. 그런데 자계는 강도와 방향성을 갖는 3차원 현상으로 직관적으로 판단하기 힘들다. 따라서 자계센서가 필요하다. 지금까지 사용했던 자계인식 방법은 주행방향, 측방향, 높이방향의 3차원 데이터를 분석하여 주행하는 방식으로 미국, 네델란드, 한국에서 연구되고 적용되고 있다. 미국 캘리포니아 PATH에서 오래전부터 연구해왔고 시험주행을 하고 있다. 그중 대표적인 예로 제설 차량이 있는데, 눈이 많이 내리면 차선이 보이지 않아 위험한 작업이다. 그러나 자석마커가 설치된 도로에서는 자석마커의 자계를 인식하고 자율주행 하기 때문에 간편하고 신속하게 작업을 할 수 있다. 그리고 네델란드 APT사에서는 Phileas라는 차량을 개발하여 대중교통으로 시험운행중에 있다. 한편 한국에서는 서울에 APTS사의 차량이 2008년 시범운행 될 예정이다.

그러나 기존 자계기반 자율주행 차량은 도로에 자석마커를 일정 간격으로 설치하고 3축 자계센서로 3차원의 데이터를 분석하여 주행하는 방식으로 고사양의 하드웨어와 고난이도의 프로그래밍 기술을 필요로 한다.

그러나 본 논문에서 제안하는 시스템은 자기거리계를 사용한 시스템으로 저사양의 하드웨어와 간단한 알고리즘으로 자율주행 시스템을 구성 할 수 있다.

본 논문에서는 실제 차량의 1/4크기의 차량을 사용하여

접수일자 : 2007년 4월 1일

완료일자 : 2007년 5월 29일

기존 자율주행 차량의 주행 시스템과 자기거리계를 이용한 자율주행 시스템을 비교하고 제안하는 방법이 저사양의 하드웨어와 간단한 알고리즘으로 자율주행이 가능함을 검증하고자 한다.

2. 시스템 구성

2.1 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 자율주행시스템은 센싱시스템, 조향시스템, 구동시스템으로 이루어져 있다.

센싱시스템에서는 Magnetic Wire에서 발생하는 자계를 계측하여 측면이탈범위를 메인컨트롤러에 디지털로 전송한다. 이 데이터를 메인컨트롤러에서 받아서 현재 조향각과 비례하게 제어하여 조향시스템을 동작시킨다.

그리고 구동시스템은 바퀴에 자석을 부착하여 홀센서로 속도를 계측하고 일정한 속도로 주행하도록 속도제어를 한다.

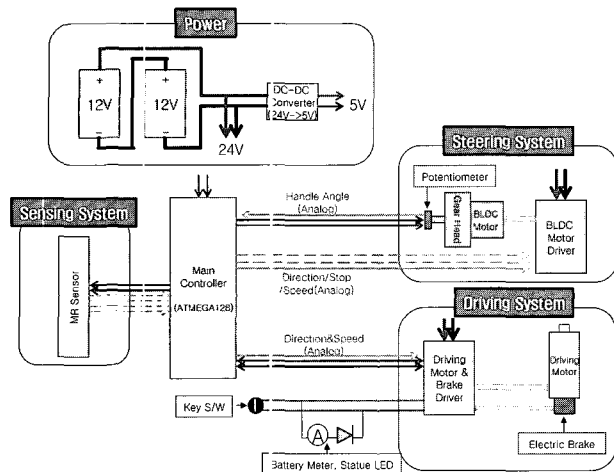


그림 1. 시스템 블록도.
Fig 1. System Block diagram.

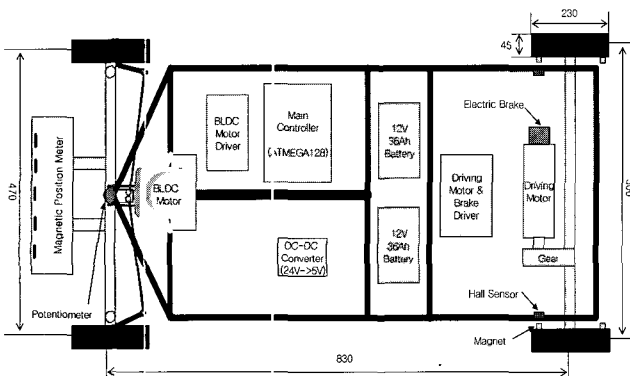


그림 2. 시스템의 구조.
Fig 2. System Structure.

2.2 Magnetic Wire

기존 자율주행 시스템은 도로에 자석마크를 설치하고 센싱 하였으나 본 논문에서는 흔히 고무자석이라고 하는 Magnetic Wire 사용하였다. Magnetic Wire는 9 * 2.5T사

이즈의 고무자석이다. 고무자석은 산화철을 주원료로 제조한 영구자석으로 구부러짐이 용이하고, 가벼우며 Bending 부위 등에 밀착성이 있고, 형상을 자유로이 성형할 수 있으며, 규격 및 길이는 다양하고 가격이 저렴한 장점이 있다. 따라서 자율주행 시스템에 적합하다.



그림 3. 자석 와이어.
Fig 3. Magnetic Wire.

2.3 센싱 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템은 자기거리계(MFS5A40)를 사용한다. 이 센서는 (주)로보센스에서 개발한 제품으로 5개의 1축 자계센서가 40[mm] 간격으로 배치되어 있다. 5개의 센서중 Magnetic Wire의 바로 위에 있는 센서가 표 1과 같이 디지털값으로 출력된다.

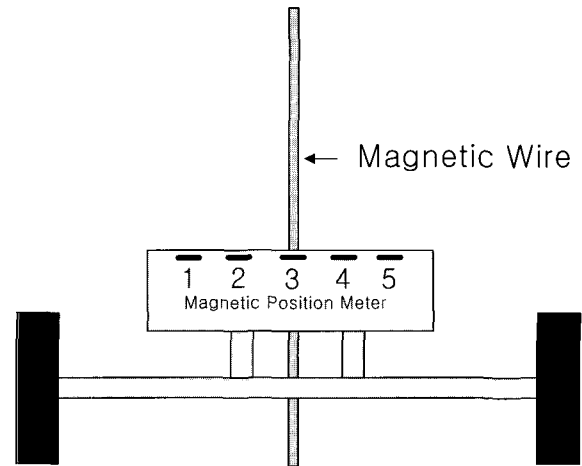


그림 4. 센싱 시스템.
Fig 4. Sensing System.

표 1. 센서 출력.
Table 1. Sensor Output.

Sensor No.	Output
1	0x01
2	0x02
3	0x03
4	0x04
5	0x05

2.4 조향 시스템

조향 시스템을 설계하기 위해서 모터선택이 선행 되어야 한다. 모터의 종류는 수 없이 많으나 제작한 차량의 크기와 토크등을 고려하여 리니어형 모터와 BLDC모터를 비교해 보았다.

리니어형 모터는 DC모터이고 내부에 볼스크류가 있어 회전운동을 직선운동으로 바꿔주는 구조로 되어있다.

표 2. 모터 비교.
Table 2. Motor Comparison.

	리니어형 모터	BLDC 모터
장점	소형 이어서 장착시 필요 공간 적음. 장착이 쉬움. Backlash가 거의 없음.	비교적 저가. 모터와 기어의 종류가 다양하여 선택의 폭이 넓음. BLDC모터의 특성상 유지보수가 거의 필요 없음. 토크 특성이 우수함.
단점	국산 제품이 없어 구입이 어렵고 고가임.	비교적 큼. 기어에서 Backlash가 있음.

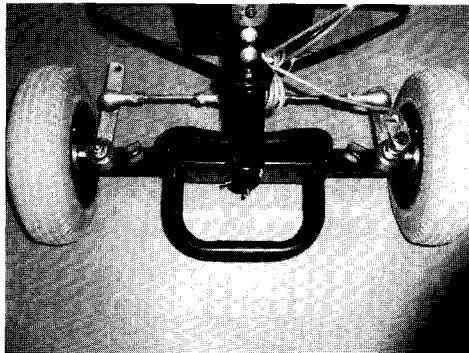
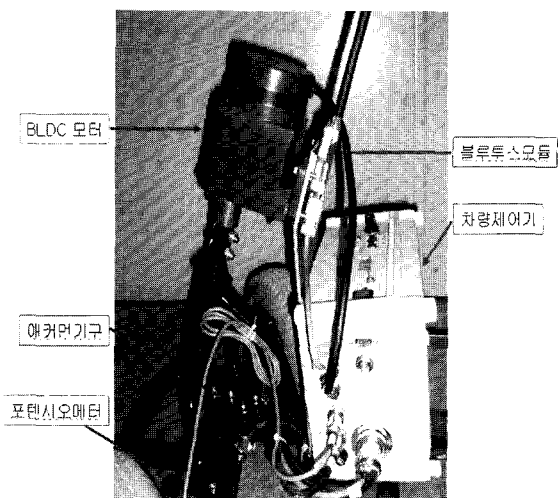


그림 5. 조향시스템 구조.
Fig 5. Steering System Structure.

표 2와 같이 BLDC모터가 많은 장점이 있으므로 BLDC모터를 사용하여 그림 5와 같이 조향 시스템을 구성하였다. 실제 차량에서 쓰이는 액커면 장토식 기구를 사용하여 타이어의 마모를 줄이고 부드러운 곡선주행이 가능했다. BLDC모터는 조향축에 바로 연결하였다.

그리고 조향각을 측정하기 위하여 1turn 타입의 포텐시오메터를 장착하였다.

2.5 구동 시스템

구동 시스템은 제작의 편의를 위해 차동 기어와 모터, 전자브레이크가 조립되어있는 4륜 스쿠터용 모터와 드라이버

를 사용하였다. 모터는 24V 320W DC 모터이고 전자브레이크는 드라이버에서 자동으로 제어 한다.

그리고 그림 6과 같이 바퀴 측면에 자석을 부착하고 홀센서로 차량의 속도를 계측하고 제어하였다.

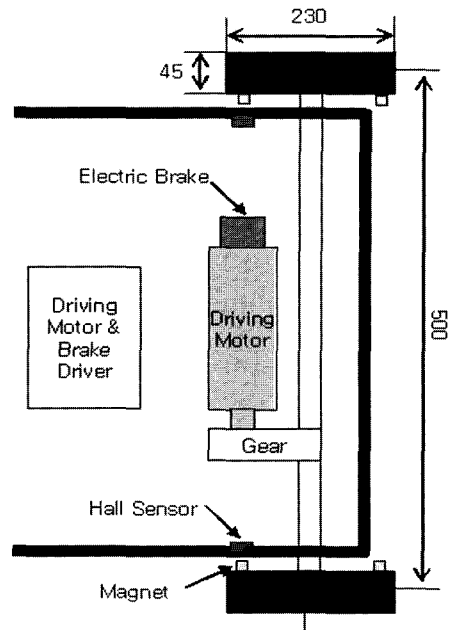


그림 6. 구동시스템 구조.
Fig 6. Driving System Structure.

2.6 알고리즘

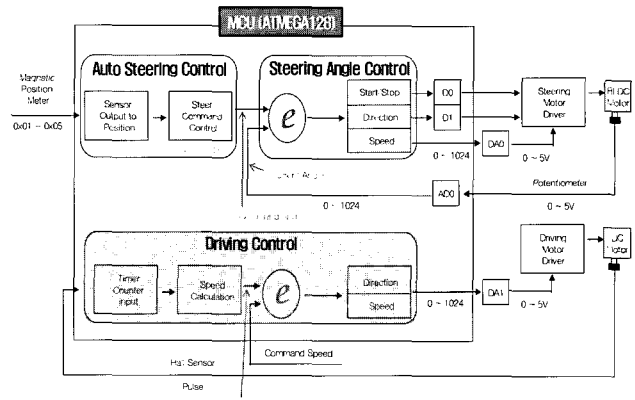


그림 7. 알고리즘 구조.
Fig 7. Algorithm Structure.

그림 7과 같이 시스템의 알고리즘은 자기거리계의 측면 이탈범위값을 입력받아서 지령 조향각 결정(Command Angle)을 결정하고 지령 조향각과 현재 조향각(포텐시오메터 값, Current Angle)의 차(Lateral error)를 계산하여 조향모터를 구동시키는 알고리즘으로 조향 시스템이 작동한다.

그와 동시에 구동시스템도 구동되는데 차량이 움직이면 홀센서의 출력을 받아 타이머에서 속도를 계산하고 지령속도에 맞는 속도로 구동된다.

3. 실험 및 결과 고찰

3.1 기존 자율주행시스템과 비교

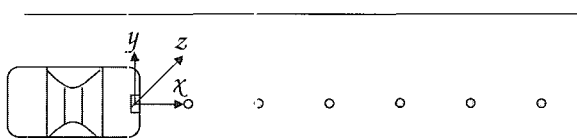
기존 시스템은 3축센서를 사용하여 주행방향, 측 방향, 높이방향의 3차원데이터를 분석하여 주행하는 방식이다. 대표적인 3축 자계센서는 Honeywell사의 HMR 2300으로 RS-232로 3차원의 데이터를 출력해준다. RS-232는 특성상 송·수신 할 때 많은 시간을 필요로 하고 3차원의 데이터를 빠른 시간에 분석하기 위해서는 PC나 고사양의 MCU(DSP, ARM)를 필요로 하며 고 난이도의 프로그래밍 기술이 필요하다.

그러나 본 시스템에서 사용되는 자기거리계는 중요하지 않는 2축의 데이터는 무시하고 측방향의 데이터만 분석하여 디지털로 출력해줌으로서 저사양의 MCU (ATMEGA128)로도 신속하고 정확하게 구현 할 수 있으며 간단한 조건문으로 프로그램이 가능하다.

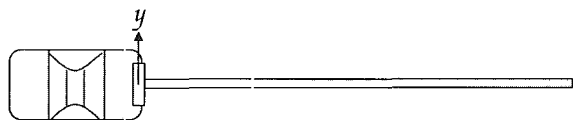
이는 실용화단계에서 가장 중요한 문제로 원가절감과 개발기간을 단축 할 수 있다.

표 3. HMR 2300의 출력
Table 3. HMR 2300 Output.

Field (Gauss)	BCD ASCII Value	Binary Value (Hex)	
		High Byte	Low Byte
+2	30,000	75	30
+1.5	22,500	57	E4
+1	15,000	3A	98
+0.5	7,500	1D	4C
00	00	00	00
-0.5	-7,500	E2	B4
-1	-15,000	C3	74
-1.5	-22,500	A8	1C
-2	-30,000	8A	D0



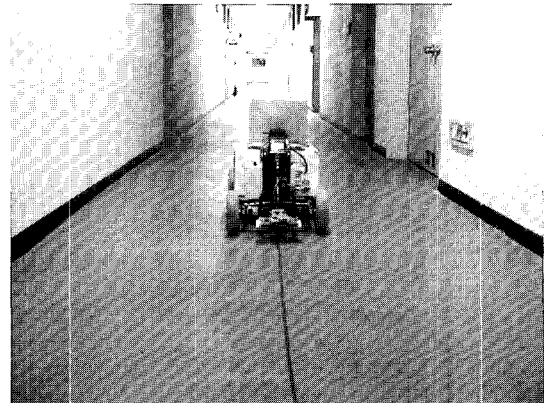
(a) 3축센서를 사용한 주행방식



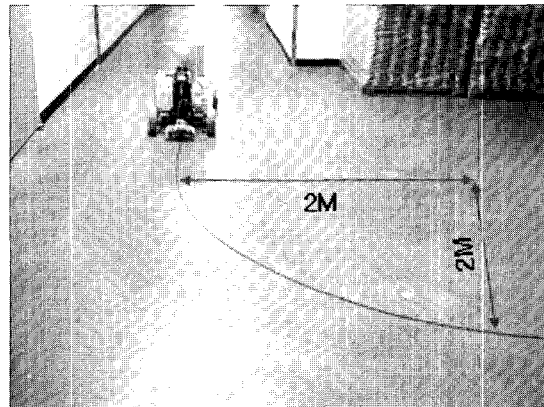
(b) 자기거리계를 사용한 주행방식

그림 8. 기존시스템과 비교.
Fig 8. Comparison with existing system.

3.2 실험 환경



(a) 직선도로로 실험



(b) 곡선도로로 실험

그림 9. 직선도로와 곡선도로로 실험.

Fig 9. An experiment in straight line and curve line

실험용 도로를 직선코스 5m, 곡선코스 5m로 만들어서 실험을 하였다.

실험은 다음과 같이 실시하였다.

- 1) 출발시 Magnetic Wire가 센서 중앙에 위치하게 놓고 출발한다.
- 2) 속도는 2m/s로 유지하게 한다.
- 3) Lateral Error를 시리얼 통신을 통해 PC로 전송한다.

3.3 실험 결과

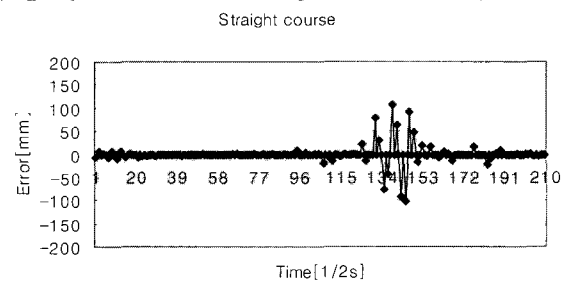


그림 8. 직선도로로 실험결과.

Fig 8. Experimentation Result of Straight Line.

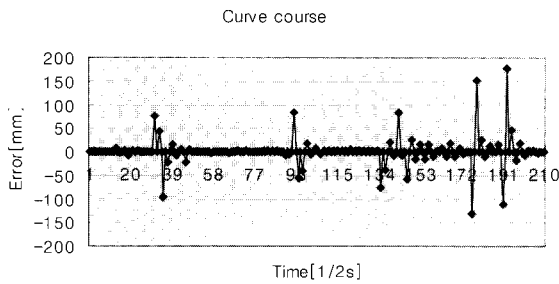


그림 9. 곡선도로 실험결과.

Fig 8. Experimentation Result of Curve Line.

위 그림은 시리얼통신을 통해 PC에 전송된 Lateral Error 값을 5번 전송받아 평균을 낸 그래프이다. 그림 8은 직선도로에서 실험해서 얻은 데이터이고 그림 9는 곡선도로에서 실험해서 얻은 데이터이다. 직선도로에서는 error가 크지 않은 것을 알 수 있고 곡선도로에서는 error가 큰 것을 볼 수 있다. 이 error들은 차량이 자석을 중심으로 얼마나 측면으로 벗어났는가를 나타내는 것으로 곡선도로에서는 좌우로 많이 흔들린다고 볼 수 있다. 하지만 경로에서 벗어나지 않고 주행하는 것을 알 수 있다. 그리고 좌우로 많이 흔들리는 문제는 추후 해결할 과제이다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 자기거리계를 이용하여 차량의 자율주행 시스템을 개발 하였다. 실험을 통해 제안한 방법이 기존의 자기기반 자율주행 차량보다 저사양의 하드웨어와 알고리즘으로 주행이 가능함을 보였다. 다소 실험 결과가 신뢰성을 얻을 수 있는 수치에 이르지 못했지만 추후 전망에 설치한 자기거리계를 후방에도 설치하고 조향 시스템과 구동시스템에 신경망이나 퍼지알고리즘을 적용시키고 다른 센서들을 조합하여 강인한 자율주행 차량을 개발 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 유영재, "자율주행용 자계도로의 3차원 해석 및 차량위치검출시스템", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 15, No. 1. pp. 75-80. 2005.
 [2] Y. J., Ryoo, E. S., Kim, and Y. C., Lim. "Intelligent Positioning System for Magnetic Sensor Based Autonomous Vehicle", SCIS & ISIS, 2004.
 [3] Ryoo, Young-Jae. (1998). Road Image Based Visual Control of Autonomous Electric Vehicle Using Relative Similarity Neural Networks. Unpublished doctoral Dissertation. Chonnam National University, Gwangju.
 [4] Applications of magnetic position sensor . Honeywell HMR 2300, http://www.honeywell.com/.
 [5] S. G., Jeong, I. S., Kim, K. S., Park, J. N., Lee. and M. H., Lee. "Development of Steering System

for Unmanned Vehicle by Using Robust Control.", CASE, Vol. 8, No. 9, September, 2002.
 [6] 정영운, 김근모, 유영재, "자율주행차량과 로봇의 안내를 위한 자계위치인식시스템", Proceedings of KFIS Autumn Conference 2006 Vol. 16, No. 2. pp. 123-126.
 [7] R.Prohaska, P.Devlin, "Combined Brake and Steering Actuator for Automatic Vehicle Control", California PATH Working Paper, UCB-ITS-PWP-98-15, 1998.
 [8] Haigui Xu, Ruqing Yang, Chunxiang Wang, "An Experimental Study of the Magnetic Sensing System for Autonomous Vehicles Guidance", Shanghai Tong University.
 [9] Dirk de Bruin, "Lateral Guidance of All-Wheel Steered Multiple-Articulated Vehicles," Unpublished doctoral dissertation, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 2001.
 [10] 임대영, 유영재, 이진, "자기저항센서를 이용한 자계기반 자율주행 시스템의 분석" 한국 퍼지 및 지능시스템학회 학술발표 논문집, 제 15권, 제 1호, pp.382-385, 2005
 [11] Michael J. Caruso, Tamara Bratland, C. H. Smith and Rober Schneider, "A New Perspective on Magnetic Field Sensing," Sensor Magazine, Vol. 15, No. 12, pp. 34-46, 1998.
 [12] Ching-Yao Chan, "A System Review of Magnetic Sensing System for Ground Vehicle Control and Guidance," California PATH Research Report, UCB-ITS-PRR-2002-20, 2002.
 [12] Han-hue Tan, Benedicte Bougler, "Experimental studies on high speed vehicle steering control with magnetic marker referencing system" California PATH Research Report UCB-ITS-PRR-2000-6.
 [13] Tan H-S., Guldner, J., Patwardhan, S., Chen, C., and Bougler,B., "Development of an Automated Steering vehicle Based an Roadway Magnets-A Case Study of Mechatronic System Design", IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 4, no. 3, Sept. 1999, pp.258-272.
 [14] Han-hue Tan, Ching-Yao Chan, "Evaluation of magnetic markers as a position reference system for ground vehicle guidance and control" California PATH Research Report UCB-ITS-PRR-2003-8.

저 자 소개



김근모(Geun-Mo Kim)

2006년 : 목포대학교 제어시스템
공학과 졸업.

2006년~현재 : 동 대학원 제어시스템
공학과 석사과정.

관심분야 : 자율주행 및 지능제어시스템, 임베디드 시스템.

Phone : 061-450-2759

Fax : 061-450-6471

E-mail : gmkim@mokpo.ac.kr



유영재(Young-Jae Ryoo)

제17권 제5호 (2007년 4월호) 참조.

Phone : 061-450-2754

Fax : 061-450-6471

E-mail : yjryoo@mokpo.ac.kr