

자기 저항 센서와 자기장의 신경회로망 모델을 이용한 자율 주행 차량 측 방향 안내 시스템

The Lateral Guidance System of an Autonomous Vehicle Using a Neural Network Model of Magneto- Resistive Sensor and Magnetic Fields

손석준 · 류영재 · 김의선* · 임영철 · 김태곤 · 이주상

Seok-Jun Son · Young-Jae Ryoo · Eui-Sun Kim*

Young-Cheol Lim · Tae-Gon Kim · Ju-Sang Lee

전남대학교 전기공학과

*서남대학교 전기전자 멀티미디어공학부

요 약

본 논문에서는 자석이 일정간격으로 설치된 도로의 자기장을 자기저항센서를 이용하여 검출하여 자율 주행하는 것에 대하여 연구한다. 모델식으로 계산된 자기장의 분포와 실제로 자기장을 측정하여 얻은 자기장 분포를 비교하여 모델식이 시뮬레이션에 사용될 수 있음을 검증하고, 앞바퀴의 조향각 제어기는 3축 방향의 자기장값을 입력받아 조향각을 출력하는 구조를 가지며, 신경회로망을 이용하여 설계한다. 제어기의 학습을 위한 학습패턴은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 얻는다. 학습패턴의 획득과 학습 그리고 설계된 제어기의 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이터를 개발하고, 자율주행 시뮬레이션을 통하여 설계된 제어기가 우수한 성능을 보임을 입증한다.

ABSTRACT

This paper describes a lateral guidance system of an autonomous vehicle, using a neural network model of magneto-resistive sensor and magnetic fields. The model equation was compared with experimental sensing data. We found that the experimental result has a negligible difference from the modeling equation result. We verified that the modeling equation can be used in simulations. As the neural network controller acquires magnetic field values(B_x , B_y , B_z) from the three-axis, the controller outputs a steering angle. The controller uses the back-propagation algorithms of neural network. The learning pattern acquisition was obtained using computer simulation, which is more exact than human driving. The simulation program was developed in order to verify the acquisition of the learning pattern, learning itself, and the adequacy of the design controller. Also, the performance of the controller can be verified through simulation.

1. 서론

차량의 자율주행에 관한 연구는 ITS의 일환으로 1970년대부터 전 세계적으로 활발히 진행되고 있는데[1], 지금까지는 카메라로 얻은 도로 영상의 정보를 이용하여 주행하는 연구가 주를 이루고 있었다[2-3]. 그러나 이 방법은 날씨가 흐리거나 눈 또는 비가 오는 경우, 현란한 불빛이 반짝이는 밤중의 시내 등에서는 카메라 영상으로부터 도로의 정보를 얻기가 사실상 불가능하다. 또한 값비싼 시각 센서와 실시간으로

영상 데이터를 처리할 수 있는 고성능의 프로세서등을 장착하면 차량의 가격이 비싸진다는 단점이 있다.

요즈음은 도로면에 내장된 영구자석을 따라 주행하는 방법을 사용하는 연구가 많이 행해지고 있다. 이 방법을 이용하면 어떠한 기상 조건에서나 또는 도로에 비추는 빛의 양에 관계없이 주행이 가능해질 뿐만 아니라 간단한 센서와 저가의 범용 프로세서만을 사용함으로써 차량에 드는 비용도 훨씬 절감이 된다. 차량에 부

가장치의 장착을 최소화 하여 저가로 하며, 자율주행에 필요한 장치 및 정보를 얻기 위한 시설은 도로에 설치한다는 것이 세계적인 추세이다.

본 논문에서는 자기저항센서를 차량에 장착하고 영구 자석이 일정 간격으로 설치된 도로를 자율 주행하는 방법에 대하여 연구한다 [4-8]. 도로에 형성된 자기장을 3차원(B_x , B_y , B_z)으로 측정하여, 측정된 3변수의 입력에 따라 적절한 조향각이 산출되는 제어기를 설계하여야 한다. 그러나 자기장과 조향각의 관계는 수학적으로 모델링하기가 매우 어렵다.

따라서 제어기는 비 선형 제어에 우수한 성능을 보이는 신경회로망의 역 전파 알고리즘을 이용하여 설계하며, 신경회로망의 학습을 위한 학습패턴은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 얻는다. 시뮬레이션에서 도로를 생성하면 도로의 구조를 알고 있기 때문에 차량이 주행하면서도 현재 차량과 도로의 측 방향으로 떨어진 거리, 그리고 도로 방향과 차량 방향의 차이를 알 수 있다. 그래서 두 가지 변수, 측 방향 오차와 진행 방향 오차를 이용하여 제어하면 우수한 주행 성능을 얻을 수 있다. 이와 같이 주행을 하면서 3축 방향의 자기장 값과 그 때의 조향각을 얻어서 학습패턴으로 이용한다.

화면상에 직선과 곡선이 혼합된 도로를 생성하고 도로의 중앙에 일정간격으로 자석을 설치한 다음, 차량의 초기위치 및 방향을 설정하고 출발하면 학습된 제어기는 적절한 조향각을 출력하여 자율 주행을 확인하였다.

2. 자기장의 모델식

영구자석을 자기 쌍극자로 가정하면 자기장 분포는 식(1)과 같이 수학적으로 모델링할 수 있다[2].

$$B = \frac{M}{4\pi r^3} (3xz a_x + 3yz a_y + (2z^2 - x^2 - y^2) a_z) \quad (1)$$

여기서, M : 자기 쌍극자 모멘트

$$r : \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)} \text{이다.}$$

모델 식을 이용하여 얻은 자기장 값과 실제 실험을 통하여 측정한 값을 그림1에서 보여준다. 그림에서 보는 것처럼 식에 의한 값과 실제

측정한 값 사이의 오차는 무시할 정도로 작은 것임을 알 수 있다. 모델 식은 자석을 일정 간격으로 배치한 자석열의 경우에도 적용될 수 있다. 따라서 이 모델 식은 시뮬레이터에서 자기장의 검출에 사용할 수 있다.

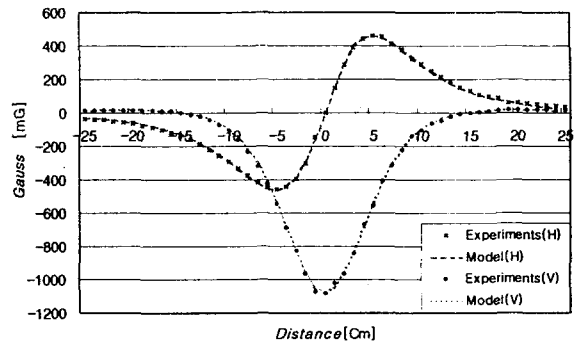


그림 1. 실측값과 모델식에 의한 결과 비교

3. 조향각 제어기의 설계

3.1. 제어기의 구조

차량이 자석열에 의해 형성된 자기장을 벗어나지 않고 자석열을 따라서 주행하려면 측정된 3축 방향의 자기장 세기(B_x , B_y , B_z)에 따라서 조향각 제어기는 적절한 출력을 내보내야 한다. 그러나 자기장의 세기와 조향각의 관계는 비 선형적이므로 일반적인 선형제어기로는 조향각 제어가 매우 곤란하다. 따라서 본 논문에서는 비 선형 제어에 우수한 성능을 보이는 신경회로망의 역 전파 알고리즘을 이용하여 조향각 제어기를 설계하였다. 설계된 제어기의 구조는 그림 2와 같다. 제어기의 입력은 3축방향의 자기장값이고 그에 따른 출력은 조향각이다. 또한 은닉층의 소자 수는 10개로 하였다.

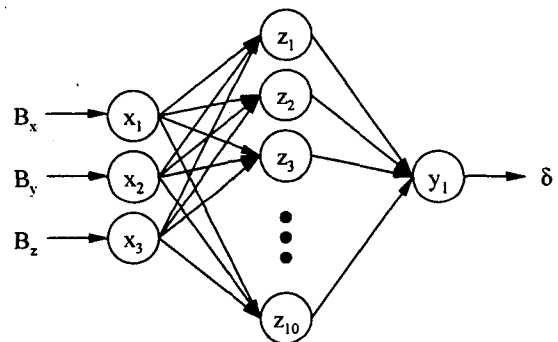


그림 2. 조향각 제어기의 구조

3.2. 학습패턴의 획득 및 학습

신경회로망의 학습을 위한 학습 패턴은 사

람이 도로를 따라서 운전하면서 3축 방향의 자기장 값과 그 때의 조향각을 얻어서 이용하면 좋다. 그러나 아무리 숙련된 운전자라 할지라도 조향각에 오버슈트가 있기 마련이고, 필요가 없는 흔들림이 많이 존재한다.

그에 대한 대안으로 인간이 운전하기보다는 시뮬레이션을 통하여 학습패턴을 얻는다. 시뮬레이션에서 도로를 생성하면 도로의 구조를 알고 있기 때문에 차량이 주행하면서도 현재 차량과 도로의 축 방향으로 떨어진 거리, 그리고 도로 방향과 차량방향의 차이를 알 수 있다. 그래서 두 가지 변수, 축 방향 오차와 진행 방향 오차를 이용하여 제어하면 우수한 주행 성능을 얻을 수 있다. 이와 같이 주행을 하면서 3축 방향의 자기장 값과 그 때의 조향각을 얻어서 학습패턴으로 이용하는데, 이 과정의 블록다이어그램을 그림 3에서 보여준다.

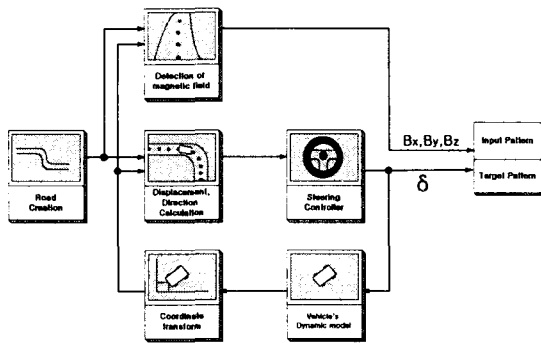


그림 3. 학습패턴 획득의 블록 다이어그램

본 논문에서 얻은 학습패턴은 855개이고, 학습율은 0.025, 3000회 반복 학습하였다. 학습 종료 후, 신경회로망 내의 연결 가중치들은 제어기의 성능을 나타내며, 학습에 포함되지 않았던 도로 조건이 제어기에 입력되더라도 제어기는 적절한 조향각을 출력한다.

4. 시뮬레이터

자율주행 시뮬레이션의 블록 다이어그램을 그림 4에 나타냈다. 먼저, 차량의 각종 요소들을 모델링하고, 동적 모델을 구한 다음, 도로와 차량의 관계를 해석하여 좌표변환 모델을 얻는다. 이를 바탕으로 윈도우즈98 환경에서 비주얼 베이직을 이용하여 시뮬레이터를 완성하였다.

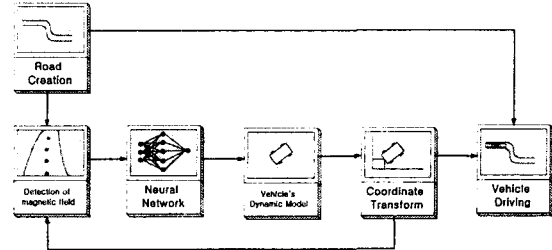


그림 4. 시뮬레이터의 블록 다이어그램

직선 부분과 곡선 부분이 있는 도로를 생성하고, 도로의 중앙에 자석을 일정한격으로 배치한다. 차량의 초기 위치와 방향을 설정하고 주행을 시작하면, 자석열에 의한 3축 방향의 자기장 값은 모델식을 이용하여 얻는다. 얻어진 자기장 값 B_x , B_y , B_z 가 조향각 제어기인 신경회로망에 입력되면, 제어기는 적절한 조향각을 출력한다. 조향각과 차량의 동적 모델에 의하여 차량의 다음 위치가 결정되면, 화면상의 그 위치에 차량을 그린다. 이상의 과정을 반복하여 차량은 자율 주행하게 된다.

5. 실험 결과 및 고찰

차량의 속도는 2[m/s]이고, 샘플링 시간은 50[ms]로 하였다. 도로의 폭은 1.20[m]로 하고 자석은 0.10[m]의 간격으로 설치하였다. 차량폭은 0.62[m], 길이는 1[m]로 하였으면 센서는 차량의 맨 앞에 지상으로부터 0.15[m]위치에 장착하였다.

그림 5는 도로중심에서 왼쪽으로 0.20[m]벗어난 상태에서 출발하여 직선도로를 주행한 주행궤적을 보여준다.

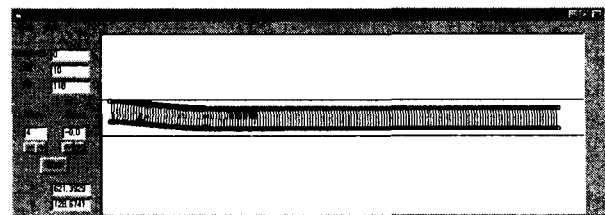


그림 5. 직선도로에서의 주행

그림 6은 주행시 도로 중앙과의 축 방향 오차를 나타낸 것으로 학습패턴을 얻을 때의 오차와 비교하였는데, 그 오차를 "Ideal Driving"으로 표시하였다. Ideal은 이상적인 주행인 반면, 실제의 주행도 약 2[sec]가 지나면서 도로의 중

양으로 접어들어 잘 주행하는 것을 볼 수 있다. 그림 7은 왼쪽과 오른쪽으로 휘어진 곡선도로가 포함되어 있는 경우의 주행 화면인데, 곡선도로에서도 탈선하지 않고 잘 주행하는 것을 보여준다. 그림 8은 주행 시의 측 방향 오차를 표시한 것이다.

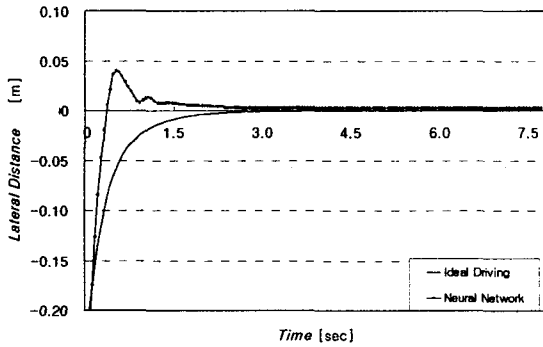


그림 6. 직선도로 주행시의 측 방향 오차

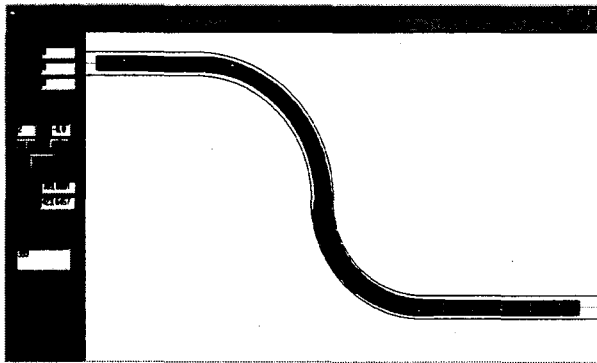


그림 7. 곡선도로에서의 주행

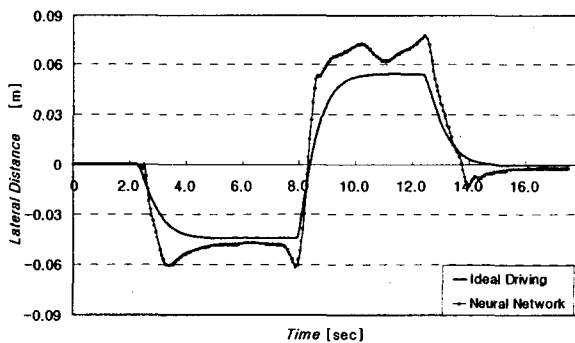


그림 8. 곡선도로 주행시의 측 방향 오차

6. 결론

본 논문에서는 자석이 일정 간격으로 설치된 도로의 자기장을 자기저항센서를 이용하여 검출하여 자율 주행하는 것에 대하여 연구하였다. 모델식으로 계산된 자기장의 분포와 실제로 자기장을 측정하여 얻은 자기장 분포를 비교하

여 모델식이 시뮬레이션에 사용될 수 있음을 검증하였다.

앞바퀴의 조향각 제어기는 3축방향의 자기장값을 입력받아 조향각을 출력하는 구조를 가지며, 신경회로망을 이용하여 설계하였다. 제어기의 학습을 위한 학습패턴은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 얻었다.

학습패턴의 획득과 학습 그리고 설계된 제어기의 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이터를 개발하였고, 자율주행 시뮬레이션을 통하여 설계된 제어기가 우수한 성능을 보임을 입증하였다. 향후 제어기의 성능 개선과 실제 차량에의 적용이 과제로 남는다.

본 연구는 한국과학재단 지정 '전남대 고품질 전기전자 부품 및 시스템 연구센터'의 연구비 지원으로 연구되었습니다.

참고문헌

- [1]James G. Bender, "An Overview of System Studies of Automated Highway Systems", *IEEE Transaction on vehicular Technology*, vol. 40. No.1, february 1991
- [2]Ronald K and Jurgen, "Smart cars and highway go global," *IEEE Spectrum*, pp. 26-36, 1991.
- [3]Young-jae Ryoo and Young-Cheol Lim, "Neuro-fuzzy control system for vision-based autonomous vehicle," *1999 IEEE Fuzzy Systems conference Proceedings*, pp.III-1643~1648, 1999.
- [4]Wei-bin Zhang and Robert E.Parsons, "An intelligent roadway reference system for vehicle lateral guidance/control," *PATH report*, pp. 96-100, 1992.
- [5]Gregory F. Jacobs, "A magnetic pavement marking and sensor system for lateral control/guidance of vehicle," *VERTIS*, pp. 1236-1241, 1995.
- [6]Angus P. andrews, "The accuracy of navigation using magnetic dipole beacons," *Science center*,
- [7]Han-Shue Tan, "Development of an Automated Steering Vehicle Based On Roadway Magnets-A Case Study of Mechatronics System Design," *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, VOL, 4, NO.3, september 1999
- [8]Jurgen Guldner, "Study of Design Direction for Lateral Vehicle Control", *Proceedings of the 36th Conference on Decision & Control*, December 1997