

지자기 센서를 이용한 차량감지에 관한 연구

강 문호, 정 대연
 선문대학교 공과대학 기계 및 제어공학부

A Research on the Vehicle Detecting Using Earth Magnetic Field Sensor

Kang, Moon-Ho, Jeong, Dae-Yeon
 Div. of Mechanical and Automatic Control Eng., Sun Moon Univ.

Abstract - This research addresses a new vehicle detecting scheme which uses MR(Magneto Resistive) sensor. A vehicle detector which includes two MR sensors for detecting car presence and speed, sensor voltage amplifiers, signal processor, microprocessor, RF data transceiver, and a simple car moving simulator is constructed. From experimental results with the vehicle detector the proposed vehicle detecting scheme was verified.

지하고 모의 차량의 기준속도와 비교하여 제한된 감지 방식의 신뢰성을 고찰하였다.

표 1. 기존 차량감지기별 특징 비교

구분	수집정보	장점	단점
영상	교통량, 속도, 점유율, 대기행렬길이, 밀도, 차종	도로파손 없이 설치 다차선감지 가능 차종분류 가능 장비이동 가능	도로 및 기상변화에 성능저하 차량그림자에 영향 받은 신호처리장치 설치비 고가 주기적 유지보수 필요
초단파	교통량, 속도, 점유율, 대기행렬길이	도로파손 없이 설치 속도 감지성능 우수	장비 및 설치비 고가 설치 및 유지보수에 전문인력 필요 다양한 정보 취득 어렵다
초음파	교통량, 속도, 점유율, 대기행렬길이, 존재시간	도로파손 없이 설치 장비 이동 가능 유지보수 간편	감지영역이 원추형이고 다양한 차량구조와 높이에 부 정확 방향성이 없음 주변환경 조건에 민감 고속차량감지 한계
루프	교통량, 속도, 점유율, 대기행렬길이, 존재시간	감지영역조절이 설치 시 가능 검지성능 신뢰성 우수 장비 및 설치비 저가	설치시 장시간 교통통제 파손 빈도 높음 유지보수시 어려움 비용이 고가 저속측정 불가 타감지기와 연계사용
레이더	교통량, 속도, 점유율, 대기행렬길이	다차선 감지 가능 장비이동 가능 저속 감지 가능	신호처리장치 고가 주기적 유지보수 필요 정확한 정보를 얻기 위해서 고 가 장비 필요 국내 기반기술 취약

1. 서 론

세계 각국마다 차량 급증은 도로혼잡, 배기가스에 의한 대기오염, 에너지자원의 고갈등 심각한 사회적 문제를 발생시키며, 도로상의 물류 운송비용을 증가시켜 국가경쟁력을 떨어뜨리는 경제적인 문제도 야기하고 있다. 미국, 일본, 유럽 등 선진각국은 이미 1980년대부터 이러한 문제를 해결하여 효율적인 도로관리 체계를 구축하기 위하여 새로운 도로관리체계인 ITS(Intelligent Transportation System)사업을 시행하고 있고, 국내에서도 심각한 도로교통문제를 인식하여 2015년까지 완료로 목표로 1990년대 후반부터 정부주도의 ITS구축사업을 위한 연구, 개발을 진행하고 있으며, 현재는 초기 실행단계에 있다. [1], [2]

ITS사업은 첨단교통정보시스템, 첨단대중교통시스템, 첨단화물운송시스템, 첨단차량도로시스템을 구축하는 대규모 프로젝트로서, 기술적 측면에서는 정확한 차량의 도로 주행정보를 제공하는 차량감지장치가 중요한 요소기술로, 선진각국은 이미 1980년대부터 차량감지기술을 연구하기 시작하여 현재 루프감지기, 영상감지기, 초음파감지기, 초단파감지기, 레이더감지기, 적외선감지기, 압력감지기 등 다양한 차량감지장치를 개발하여 세계시장을 주도하고 있다. 한편, 국내에서도 ITS의 일환으로 매년 많은 양의 차량감지기술이 요구되고 있으나, 대부분 수입 의존률이 높아 구매비용은 물론 유지, 보수비용이 고가이어서 국내 도로환경에 부합하고 국내 자체 기술에 의한 차량감지장치 개발이 절실히 요구된다. 표1은 기존 차량감지장치들에 대한 종류별 특징을 보인다. [2]~[5]

본 연구에서는 기존의 차량감지장치가 지나는 특성들을 분석한 후, 기후변화와 도로환경의 변화에 따른 특성저하, 설치 및 유지보수의 어려움 등의 문제점들을 지나는 기존 차량감지장치를 대체할 수 있는 새로운 방식의 차량감지장치에 대한 연구를 행하였다.

자성체에 의한 지구자기장 변화를 감지하는 지자기 센서(Magneto-Resistive) [6], [7]를 차량의 진입부와 진출부에 각각 설치하고, 각 센서출력전압을 증폭하는 전압증폭기 및 신호처리회로, 마이크로프로세서, 무선 데이터 송·수신장치를 갖춘 감지장치와 실제 차량주행을 모사하기 위한 모의 차량주행장치를 제작한 후, 감지기에 의해 모의 차량의 이동대수, 속도등을 감

2. 지자기 센서를 이용한 차량 감지장치

2.1 지자기센서 구조 및 특성 [6]

본 논문에서 사용된 지자기 센서는 그림1에 보이는 바과 같이 4개의 저항이 브리지(Bridge)형태로 연결된 구조이고, 센서주변의 자기장이 변함에 따라 저항값이 변하는 MR(Magneto-Resistive)특성을 지녀 바이어스 전압을 인가해 두면 자기장 변화에 따른 전압이 출력단에서 발생한다. 또한, 주변환경변화에 따른 드리프트나 센서 특성변동을 보상할 수 있도록 하기 위해 브리지 저항과 함께 OFFSET 저항(strap)과 Set/Reset 저항(strap) 등 별도로 두개의 보상저항을 두고 있다.

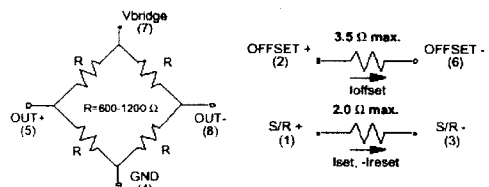


그림 1. MR 지자기 센서 구조

본 센서는 내부 구조에 의해 자기장 변화에 민감하게 반응하는 방향이 있기 때문에 자기장 변화가 이 축방향으로 발생하는 경우 최대의 출력전압이 발생한다. 그림2는 자기장 주변에서 강자성체가 센서의 민감축방향으로 이동하는 경우의 출력전압 파형을 나타낸다. 한편 자성체가 그림의 반대방향으로 이동하는 경우 형태는 동일하고 극성이 반대인 전압이 센서 출력단에 발생하여, 이 특성을 이용하면 자기센서 주변의 자성체의 이동이나, 존재 유무뿐만이 아니라 이동방향등을 알아내 수 있다.

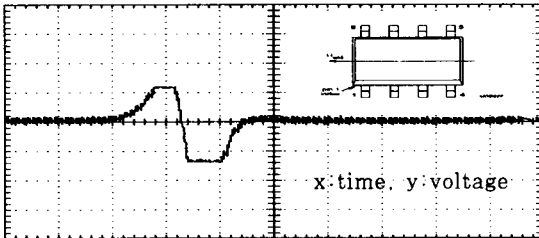


그림 2.a 지자기 센서 출력특성(자성체 축방향 이동)

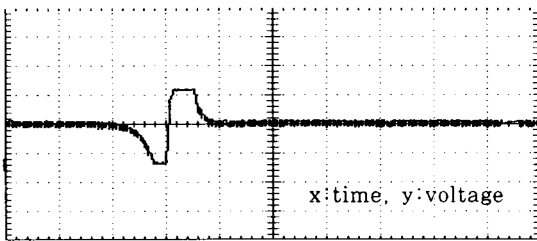


그림 2.b 지자기 센서 출력특성(자성체 축반대방향 이동)

본 연구에서는 상기한 지자기 센서의 특성을 이용하여 센서 주변의 강자성체, 즉, 차량의 이동상태를 파악함과 함께 최종적으로는 차량의 주행속도를 알아내는 것을 목표로 한다.

2.2 감지장치 하드웨어 구성

본 연구에서 차량의 주행속도를 알아내기 위한 하드웨어 구성을 보이면 그림3과 같다. 하드웨어는 회로전원으로 사용하는 축전지와 이를 충전하는 태양전지, 차량이동에 따른 지구자기장의 변화를 감지하여 전압을 출력시키는 지자기센서, 지자기센서 출력이 주변의 환경요인에 기인하여 드리프트를 갖는 경우 이를 보상하여 정확한 지구자기장 값을 알아내도록 지자기센서를 SET또는 RESET하는 SET/RESET부, 지자기센서 출력전압을 증폭시키는 전압증폭기1,2, 센서가 위치하는 지역에 따른 전압증폭기의 출력전압 포화를 방지하기 위한 기준전압 조정기, 전압증폭기의 출력전압에 의해 차량 이동이 검지된 후 차량이 지자기센서의 검지영역을 벗어나 지자기센서의 출력전압이 초기상태로 회복하는 지를 확인하기 위한 ADC부, 전압증폭기의 출력전압이 소정의 검지레벨을 넘어서는 경우 디지털신호를 발생시키기 위한 비교기, 차량 이동이 감지되었다는 것을 나타내는 인터럽트 신호와 ADC로부터의 디지털신호를 입력받아 차량의 이동대수, 차량의 속도들을 연산하는 마이크로프로세서부, 마이크로프로세서내부의 연산된 정보를 원격지 제어기로 무선 송신하거나 원격지 제어기로부터 차량감지기 파라미터 변경 데이터를 수신하기 위한 무선 RF 송수신 모듈, 무선 RF 송수신 모듈의 노이즈 영향을 제거하여 수신데이터가 발생하는 경우에만 마이크로프로세서 인터럽트 개시신호를 발생시키는 프리앰블(Preamble) 검지부 등으로 구성된다.

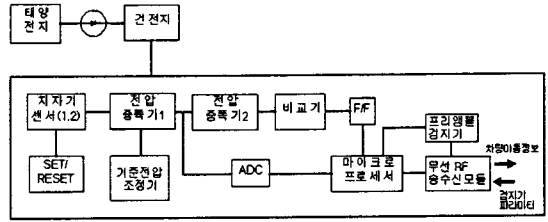


그림 3. 하드웨어 구성 블록 다이어그램

2.3 감지장치 소프트웨어 구성

그림4는 본 연구에서 수행된 차량감지 과정을 보이는 순서도이다. 감지를 수행하기 전에 초기화과정에서는 차량이 센서 주변에 없는 동안 지자기센서를 1회 Set/Reset시킨 후 자기센서 주변 자기장을 측정하여 초기값으로 설정한다. 이때, 자기포화가 감지되면 전압조정기를 조절하여 전압증폭기 출력 기준값을 낮추어 준 후 재차 주변자기장을 측정하여 초기값으로 설정한다. 이와 함께 초기화 과정에서는 알고리즘에서 사용되는 각 변수들을 초기화시킨다. 초기화 과정이 끝나면 차량진입 시까지 감지상태를 유지하다가 첫 번째 센서로부터 차량 진입이 감지되면 센서출력전압 증폭회로와 신호처리회로로부터 마이크로프로세서로 차량진입 인터럽트 신호가 인가되고, 이때의 시간(t1)을 저장해 둔다. 이후 차량이 계속 진출하여 두 번째 센서로 진입하게 되면 진입시와 마찬가지로 마이크로프로세서로 차량진출 인터럽트 신호가 인가되고 이때의 시간(t2)을 저장한 후, 진입시간과 두 센서사이의 거리(d)를 이용하여 차량의 주행속도(v)를 계산하고 차량통과 대수값을 하나 증가시킨다. 이후 두 번째 센서의 출력전압을 계속 측정하다가 차량이 센서 주변을 완전히 벗어났음이 판별되면 차량데이터를 수신단말기로 무선전송한 후 다시 새로운 차량의 진입을 감지하기 위한 감지상태로 복귀한다.

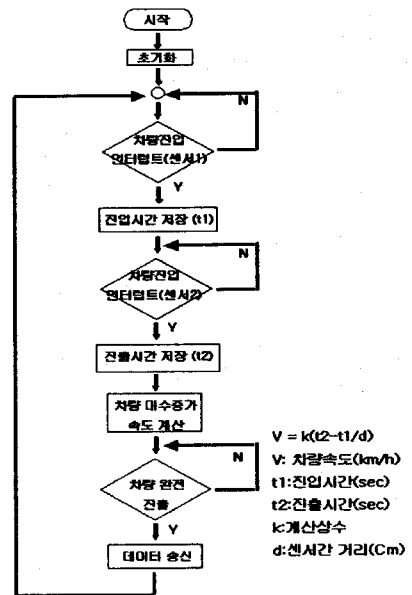


그림 4. 모의차량 주행속도 측정 순서도.

3. 실험 결과

본 연구의 타당성을 검증하기 위하여 그림5와 같은 차량주행 모의실험장치를 구성하여 실험을 행하였다. 실험장치는 차량감지 센서보드와 데이터 무선수신 단말기, 회전속도 측정기, 전원부등으로 구성된다. 일정한 속도로 주행하는 차량을 모사하기 위하여 엔코더가 부착된 직류전동기에 의해 회전하는 벨트상에 자석을 부착하여 자석이 센서보드상을 통과할 때 보드상의 자기저항 센서가 자석을 감지하여 작동하도록 하였다. 전동기에 인가되는 전원을 가변하여 자석의 이동속도를 조절하고, 전동기에 부착된 엔코더를 통하여 속도를 측정된 후 이를 기준속도로 하였고, 그림4의 순서도에 표현된 방식으로 자석의 속도를 측정하여 양자를 비교하였다. 센서보드에서 측정되는 속도 데이터를 무선 수신 단말기로 전송하여 실시간으로 측정데이터를 확인할 수 있도록 하였다.

표2는 모의차량(자석)의 이동속도를 가변하여 실험을 행한 결과 데이터를 보인다. 모의 실험장치의 구조적인 제한요인 때문에 속도를 약 30km/h까지 증가시키며 실험을 행한 결과 16km/h 부근을 제외하면 모의 차량속도와 감지속도 사이에 약 ±5% 정도의 속도오차를 보임을 알 수 있다. 이때, 속도오차는 특정속도에서 모의 차량속도와 감지속도를 각각 3회 측정된 후 이들을 평균하여 얻은 값으로부터 계산하였다. 그림6은 표2에서의 데이터를 도시화한 결과이다.

실험 데이터에서의 오차발생원인은 일차적으로 센서보드상의 두 차량감지센서(진입센서, 진출센서)의 특성차이, 각 센서의 출력전압을 증폭하기 위한 증폭기 구성소자 사이의 특성차이 등, 센서와 증폭소자 사이의 특성차이에 상당량 기인할 것으로 예상되며 향후에는 정밀한 소자의 선정이 요구된다. 또한, 속도측정을 위한 타이머의 시간 분해능, 마이크로프로세서의 인터럽트 처리 지연시간등도 일부 영향을 미칠 것으로 예상된다. 한편, 모의 실험장치에서의 벨트진동 및 자석의 이동 방향 역전에 기인하는 문제등 실험장치에 따른 영향도 있을 것으로 파악된다.

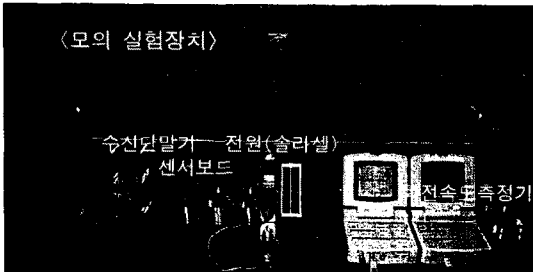


그림 5. 차량주행 모의 실험장치

4. 결 론

본 연구에서는 기후변화와 도로환경의 변화에 따른 특성저하, 설치 및 유지보수의 어려움 등 기존의 문제점들을 해결할 수 있는 새로운 방식의 차량감지장치에 대한 연구를 행하였다. 자성체에 의한 자기저항 센서(자성저항 센서)를 차량의 진입부와 진출부에 각각 설치하고, 각 센서출력전압을 증폭하는 전압증폭기 및 신호처리회로, 마이크로프로세서, 무선 데이터 송·수신장치를 갖춘 감지장치와 실제 차량주행을 모사하기 위한 모의 차량주행장치를 제작한 후, 감지기에 의해 모의 차량의 이동대수, 속도등을 감지하여 모의 차량의 기준속도와 비교하여 제안된 감지방식의 신뢰성을 고찰하였다. 향후에는 실험결과에서 예상되는 문제점들을 해결하여 더욱

표 2. 모의차량 속도감지 실험 데이터

모의차량속도 (km/h)	평균속도 (km/h)	감지속도 (km/h)	평균속도 (km/h)	오차(%)
5.61		5.83		
5.47		5.83		
5.45	5.51	5.83	5.83	-5.8
6.47		6.04		
6.35		6.04		
6.39	6.40	6.04	6.04	5.6
7.82		8.05		
7.87		8.46		
7.97	7.89	8.46	8.32	-5.4
10.76		11.28		
10.66		11.28		
10.80	10.74	11.28	11.28	-5.0
16.06		14.1		
15.99		14.1		
16.15	16.06	14.1	14.1	12
31.98		33.84		
31.98		33.84		
32.30	32.08	33.84	33.84	-5.4

$$\text{오차}(\%) = (\text{모의차량평균속도} - \text{감지평균속도}) / \text{모의차량평균속도} \times 100$$

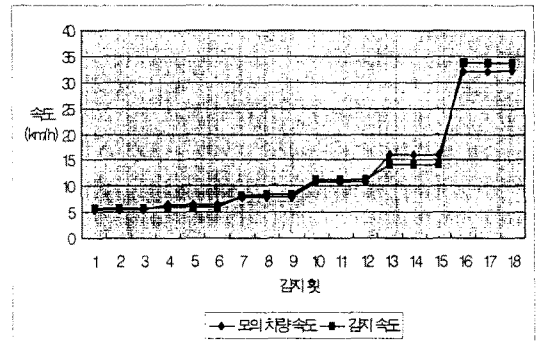


그림 6. 모의 차량속도와 감지속도

신뢰성 있도록 감지장치를 개선하고 최종적으로는 실제 주행차량을 이용한 필드에서의 성능 검증을 행할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] ITS 기술/시장 보고서, 전자통신연구원, 2000.
- [2] 고속도로 FTMS 구축관련 수립 최종보고서, 한국도로공사, 2000.
- [3] 문학룡의 4인, "레이저를 이용한 교통데이터 수집장치 개발에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.680-682, 1999.
- [4] 양승훈, 한경호, "루프검지기와 피에조 센서를 이용한 교통정보 수집시스템 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.2956-2958, 2000.
- [5] 이도엽의 4인, "ITS용 영상검지기를 위한 다수차량의 실시간 Labeling과 Tracking", KACC'98, pp.969-972, 1998.
- [6] 1-and 2-Axis Magnetic Sensors, HMC1001/1002, HMC1021/1022, 900248 Rev. B, Honeywell Data Sheet.
- [7] 메카트로·센서활용 핸드북, 세운, 1996.