

AMR 센서를 이용한 교통량 계측장치 개발

강문호

서문대학교 기계및제어공학부

Development of a Traffic Volume Measuring Device Using AMR Sensor

Moon-Ho Kang

Mechanical & Automatic Control Engineering Div Sunmoon University

**Abstract** - 종래 도로상의 차량검지기들은 기후변화 및 도로환경의 변화, 물리적인 변화에 영향을 받아 감지의 정확도가 떨어져 신뢰도 높은 교통정보를 생성하기가 어렵고, 제품의 가격이 고가이며, 설치 및 유지, 보수에 많은 비용과 인력이 요구된다. 본 연구에서는 종래의 차량 검지기가 지나는 문제점들을 해결하여 어떠한 환경하에서도 신뢰성 있는 차량 주행정보를 제공하며 동시에 유지, 보수 비용이 저렴한 검지기로 AMR(Anisotropic Magneto-Resistive) 센서를 이용하여 도로상의 차량 이동에 따른 지구자기장(Earth Magnetic Field) 변화를 감지하고 차량의 이동상태를 파악하는 교통량 계측장치를 제시한다.

2. 지자기 센서를 이용한 차량 감지원리<sup>(7)</sup>

그림 1은 자기센서 전방에서 차량이 이동하는 경우 지자기의 분포모양과 이에 따른 자기센서의 근사적인 출력전압파형을 보인다. 차량이 자기센서의 좌측으로부터 진입하게 되면 차체와 차량내부에 분포한 자성물질들에 의해 지자기의 차량쪽으로 끌리게 되어 자속밀도는 센서의 민감축에 대해서 반대방향으로 증가되고, 센서출력 전압은 음의 값을 가진다. 차량이 센서로 접근함에 따라 음전압값은 점점 증가되다가 최저점에 도달하고, 차량이 센서 정면부근으로 진입하게 됨에 따라 음전압 값은 점점 감소되어 차량이 센서 정면부근에 위치하게 되면 센서출력은 다시 영전압으로 환원된다.

차량이 계속 진행하여 센서 우측방향으로 멀어지게 되면 위와 마찬가지로 지자기의 차량쪽으로 왜곡되고 센서 민감축 방향으로 높은 자속밀도가 형성되어 이번에는 센서출력전압이 양전압으로 증가된다. 차량이 센서에서 멀어질수록 양전압값은 점점 증가되다가 최고점에 도달하고, 이후 차량이 센서로부터 더욱 벗어나게 될수록 양전압값은 감소되다가 감지영역으로부터 완전히 벗어나게 되면 센서출력은 영전압으로 환원된다.

두 번째 그림은 차량이 센서의 우측에서 좌측으로 후진하는 경우 지자기 분포와 센서출력 전압을 보이는 것으로, 상술한 바와 반대의 과정이 진행되어 센서출력전압 모양이 역전됨을 알 수 있다. 따라서, 차량이동에 따른 지자기 분포변화와 자기 센서의 출력특성 상호관계를 파악하여 적절히 이용하게 되면 차량의 이동대수, 이동방향, 이동속도등 차량주행등과 관련된 정보를 추출할 수 있게 된다.

1. 서 론

미국, 일본, 유럽 등 선진각국은 1980년대부터 도로상의 차량급증에 따른 문제점들을 해결하여 효율적인 도로관리체계를 구축하기 위하여 새로운 도로관리체계인 지능형 교통 시스템(ITS : Intelligent Transportation System) 구축 사업을 시행하고 있고, 국내에서도 심각한 도로교통문제를 인식하여 2015년까지 완료를 목표로 1990년대 후반부터 정부주도의 ITS구축사업을 위한 연구, 개발을 진행하고 있으며, 현재는 초기 실행단계에 있다.<sup>(1,2)</sup>

기술적 측면에서 ITS 사업은 매우 많은 요소 기술들이 상호 연계되는 복합 시스템 특성을 가지는데, 이들 중에서도 정확한 차량의 도로 주행정보를 제공하는 차량검지기가 가장 중요한 기초기술이 된다. 기존에 차량검지기로 루프검지기, 영상검지기, 초음파검지기, 초단파검지기, 레이더검지기, 적외선검지기, 압력검지기 등<sup>(2)-(6)</sup> 다양한 검지방식의 제품들이 사용되고 있으나, 현재까지 개발된 차량검지기들은 기후변화 및 도로환경의 변화, 물리적인 변화에 영향을 받아 감지의 정확도가 떨어져 신뢰도 높은 교통정보를 생성하기가 어렵고, 제품의 가격이 고가이며, 설치 및 유지, 보수에 많은 비용과 인력이 요구된다. 따라서 어떠한 환경하에서도 신뢰성 있는 차량 주행정보를 제공하며 동시에 유지, 보수 비용이 저렴한 검지기가 요구되는데, 본 논문에서는 도로상의 차량 이동에 따른 지구자기장(Earth Magnetic Field) 변화를 감지하여 차량의 이동상태를 파악하는 차량 검지방식에 대하여 연구하였다.

지자기 변화를 감지하기 위하여 소형 칩형태의 자기저항소자(AMR Sensor : Anisotropic Magneto-Resistive Sensor)<sup>(7)</sup>를 사용하였고, 마이크로프로세서를 통해 센서출력으로부터 차량 주행정보를 획득할 수 있도록 센서 출력신호를 증폭, 변환하는 회로를 설계하였다. 마이크로프로세서는 센서 회로로부터의 출력신호를 분석하여 주행차량의 정보를 추출하기 위한 프로그램을 수행하는 부분으로서 검지기의 핵심이 된다.

이와 함께, 차량검지기에서 생성되는 데이터를 실시간 저장, 분석하기 위해 Matlab<sup>(8)</sup>의 RS232 통신을 지원하는 API 함수들을 이용하여 PC상에서 GUI 형태로 시리얼통신 파라미터들의 설정(통신채널, 데이터레이트, 타임아웃 등) 및 전송되는 차량정보를 확인하고 시간 순으로 저장하여, 필요한 경우 그래프상에서 분석할 수 있도록 하는 차량 데이터 수신장치를 개발하였다.

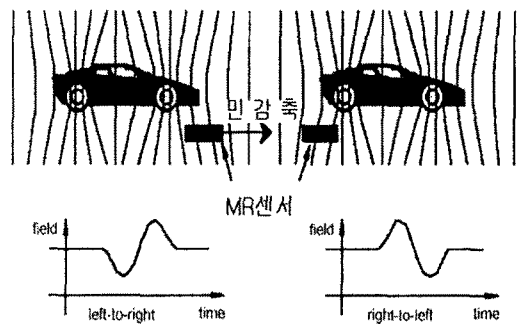


그림 1. 이동차량에 의한 지자기 왜곡과 지자기센서 출력관계.

3. 지자기 센서를 이용한 차량 검지장치 설계

본 연구에서 개발된 하드웨어 구성을 보이면 그림2와 같다. 하드웨어는 차량이동에 따른 지구자기장의 변화를 감지하여 전압을 출력시키는 지자기센서, 지자기센서 출력이 주변의 환경요인에 기인하여 드리프트를 갖는 경우 이를 보상하여 정확

한 지구자기장 값을 알아내도록 지자기센서를 SET또는 RESET하는 SET/RESET부, 지자기센서 출력전압을 증폭시키는 전압증폭기1,2, 센서가 위치하는 지역에 따른 전압증폭기의 출력전압 포화를 방지하기 위한 감도 조정기, 전압증폭기의 출력전압에 의해 차량 이동이 감지 된 후 차량이 지자기센서의 검지영역을 벗어나 지자기센서의 출력전압이 초기상태로 회복하는 지를 확인하기 위한 ADC부, 전압증폭기의 출력전압이 소정의 검지레벨을 넘어서는 경우 디지털신호를 발생시키기 위한 신호파형조정기, 차량 이동이 감지되었다는 것을 나타내는 인터럽트 신호와 ADC로부터의 디지털신호를 입력받아 차량의 이동대수, 차량의 속도들을 연산하는 마이크로프로세서부, 마이크로프로세서내부의 연산된 정보를 데이터 수신장치로 송신하기 위한 직렬 통신부 등으로 구성된다.

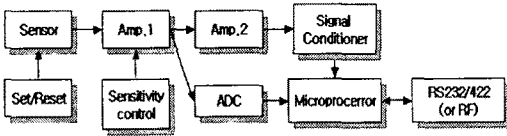


그림 2. 하드웨어 구성 블록다이어그램

### 3.1 지자기센서 출력 증폭기 설계

본 연구에서 사용된 지자기센서는 칩형태의 AMR(Anisotropic Magneto-Resistive) 센서로,  $16 (mV/V)/(kA/m)$ 의 감도를 가지며, 통상 브리지 전압 ( $V_B$ )으로 5V를 인가하도록 되어 있다. 센서 주변에 지표상 평균 자기장인 약 0.5G의 세기를 갖는 자기장이 분포한다고 가정하면 약 3mV의 저전압을 발생시키기 때문에 증폭단이 요구된다. 다음은 본 연구에서 사용된 MR센서의 데이터 시트상의 주요 특성 파라미터값들을 이용하여 증폭단의 이득을 선정하는 과정을 보인다.

지자기 센서에 인가되는 브리지 전압을  $V_B[V]$ , 센서 출력 전압을  $V_o[mV]$ , 센서 민감도를  $S_1[(mV/V)/(kA/m)]$ ,  $S_2[(mV/V)/G]$ , 지구자기장의 세기를  $G_E[G]$ 로 정의하면 두 민감도 사이의 관계는 식(1)로 표현되고, 센서 출력전압은 식(1)을 이용하여 식(2)와 같이 표현된다. 따라서, 지구 평균 자기장 세기를 0.5G로 가정하고 식(2)에 표1의 파라미터 값들을 대입하면 센서의 출력전압은 3.1832 [mV]가 됨을 알 수 있다. 이 경우 매우 작은 전압이 센서로부터 출력되므로 센서출력부에 1, 2차 두 개의 증폭기를 직렬 연결하여 출력전압을 증폭시킨다. 센서출력으로부터 마이크로프로세서에서 처리하기 위한 레벨의 신호를 생성하기 위해서는 1000배 이상의 큰 증폭이 요구되므로 증폭기를 2단으로 설계하여 필요한 증폭이득을 얻을 수 있도록 하였다.

$$S_2 = S_1 \times 0.07958 \left[ \frac{mV/V}{G} \right] \quad (1)$$

( 1 Gauss [G] = 79.58 [A/m] )

$$V_o = S_1 \times 0.07958 \times V_B \times G_E [mV]$$

$$= 16 \times 0.07958 \times 5 \times 0.5 [mV] \quad (2)$$

$$= 3.1832 [mV]$$

표 1. MR센서 주요 특성파라미터

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_B$	Bridge supply voltage	-	5	8	V
S	Sensitivity	12	16	-	$\frac{mV/V}{kA/m}$

그림 3은 제작된 교통량 계측기의 PCB 기판을 보인다.

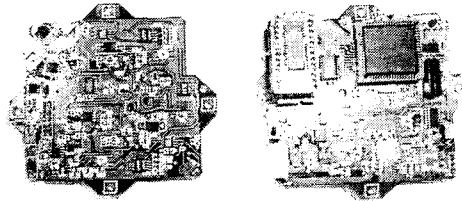


그림 3. 교통량 계측기 PCB 기판.

### 3.2 차량 이동대수 및 속도검지 알고리즘

본 연구에서는 차량의 이동대수와 이동속도를 알아내기 위하여 일정한 거리를 떨어뜨려 동일한 두 개의 지자기 센서와 주변회로를 보드상에 장착하고 센서 상호간의 거리와 각 센서에서의 검지시간 차이를 이용하여 차량의 이동속도를 알아낸다.

차량 진입시까지 감지상태를 유지하다가 첫 번째 센서로부터 차량진입이 감지되면 센서출력전압 증폭회로와 신호처리회로로부터 마이크로프로세서로 차량진입 인터럽트 신호가 인가되어 마이크로프로세서는 절전모드에서 감지모드로 진입하고, 이때의 시간( $t_{in1}$ )을 저장해 둔다. 이후 차량이 계속 진행하여 두 번째 센서로 진입하게 되면 진입시와 마찬가지로 마이크로프로세서로 차량진입 인터럽트 신호가 인가되고 이때의 시간( $t_{in2}$ )을 저장한 후, 진입시간과 두 센서사이의 거리(d)를 이용하여 차량의 주행속도(v)를 계산하고 차량통과 대수 값을 하나 증가시킨다. 실제 도로상에 주행하는 차량은 차량별로 차체의 형태나 길이가 일정하지 않고, 차량 내부에 여러 종류의 금속성 자성체들을 가지고 있기 때문에 증폭기 출력 파형이 매우 불규칙적으로 나타난다. 따라서 증폭기 출력을 순시 측정하여 차량이 센서로부터 완전히 빠져나갔음을 확인하여 정확한 차량의 이동대수를 감지한다.

## 4. Matlab 기반 데이터 수신장치

차량검지기에서 생성되는 데이터를 실시간 저장, 분석하기 위해 Matlab의 RS232 통신을 지원하는 API 함수들을 이용하여 PC상에서 GUI 형태로 시리얼 통신 파라미터들의 설정(통신채널, 데이터레이트, 타임-아웃 등) 및 전송되는 차량정보를 확인하고 시간 순으로 저장하여, 필요한 경우 그래프상에서 분석할 수 있도록 하는 차량 데이터 수신장치를 개발하였다. 데이터 수신장치가 도로상의 검지기를 선택하여 검지기 ID를 선택된 검지기로 전송한 후, 검지기가 자신의 ID를 수신장치로 전송하면 상호간 메시지 전송이 이루어 지도록 하였다. 그림 4는 Matlab RS232 통신 함수와 GUI를 이용한 차량량행 데이터 수신장치 조작화면을 보인다.

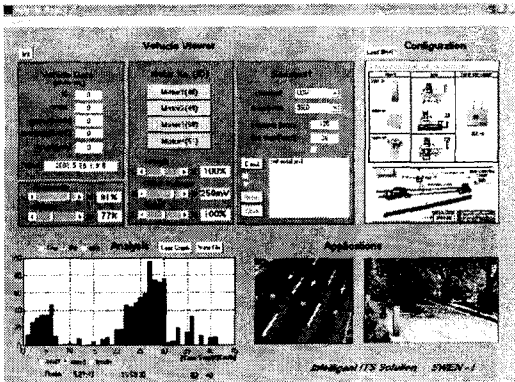


그림 4. 차량주행 데이터 수신장치

## 5. 실험 결과

그림 5, 6, 7은 차량 이동시 계기판 속도를 50(km/h)로 유지한 채 검지기를 통과한 경우, 검지기 출력 파형을 오실로스코프로 측정 한 그림이다. 차종은 엘란트라(현대)이다. 그림 6과 7은 그림 5의 파형을 파형이 최초 증가하는 부분과 감소하는 부분에서 확대한 그림이다. 그림상에 두 개의 동일한 파형이 약간의 시간 차이를 두고 겹쳐져 있음을 알 수 있는데, 앞의 파형은 진입 센서부에서 발생하는 파형이고 뒤의 것은 진출 센서부로부터의 파형이다.

차량의 속도를 구하기 위하여 비교기를 통해 두 파형을 기준전압 레벨과 비교하여 두 개의 구형파를 생성하고, 마이크로프로세서내 타이머를 이용하여 두 펄스간의 시간차를 구한다. 파형의 형상을 관찰하면 최초에 파형이 증가하는 동안(그림 6)에는 시간에 따라 파형레벨이 상당히 변화함을 알 수 있는데 이 영역에서는 비교레벨을 어디로 설정하는가에 따라 구형파 상호간 시간 계산에 큰 오차를 발생시킬 수 있다. 그러나 파형이 감소하는 동안(그림 7)에는 거의 일정한 형태를 가짐을 알 수 있다. 따라서 구형파의 하강시점을 기준으로 하여 파형간 시간차이를 구하였다. 그림 7에서 파형간의 시간차이가 7.8(ms)이고 검지기 보드상의 센서간 거리가 10.8(cm)이므로, 차량속도는 49.2(km/h)가 된다. 실험 결과를 고찰하면 차량 계기판에 표시된 값과 감지 파형 사이에 약간의 오차가 발생됨을 알 수 있었다. 오차발생원인은 일차적으로 센서의 감지 영역내에서 차량이 일정한 속도를 유지하고, 이 속도가 발생하는 시점과 검지기 센서가 차량을 감지하여 속도를 계산하는 시점이 정확히 일치되어야 하는데 이러한 상태를 유지하기가 불가능하다는 점과 차량내 속도 계기의 부정확, 센서간 특성이 상이한 점등에 기인할 것으로 생각되어 향후 이 문제를 해결하기 위한 연구를 진행할 것이다.

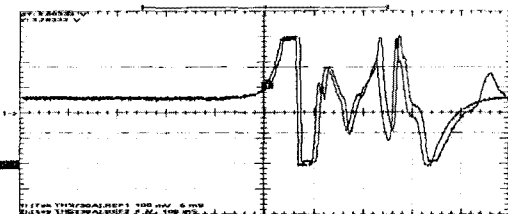


그림 5. 차량 감지기 출력 계속파형  
(엘란트라, 계기판 속도 : 50(km/h), 검지 속도 : 49(km/h))

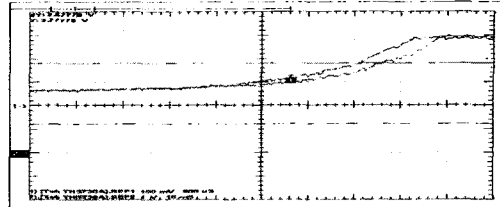


그림 6. 그림 5에서 최초 상승 부근을 확대한 파형,  
(엘란트라, 계기판 속도 : 50(km/h), 검지 속도 : 49(km/h))

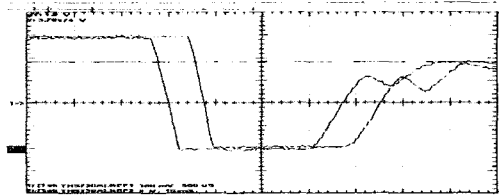


그림 7. 그림 5에서 최초 하강 부근을 확대한 파형  
(엘란트라, 계기판 속도 : 50(km/h), 검지 속도 : 49(km/h))

## 6. 결론

본 연구에서는 기후변화와 도로환경의 변화에 따른 특성 저하, 설치 및 유지보수의 어려움 등 기존의 문제점들을 해결할 수 있는 새로운 방식의 교통량 계측기에 대한 연구를 행하였다. 본 논문에서 제시한 교통량 계측기는 지자기 변화를 감지하기 위하여 소형 칩형태의 자기저항소자, 센서 출력신호를 증폭, 변환하는 증폭회로, 차량의 이동 유무를 판단하기 위한 AD변환기, 차량검지기에서 생성되는 데이터를 저장, 분석하기 위해 Matlab의 RS232 통신을 지원하는 API 함수들을 이용하여 PC상에서 GUI 형태로 설계된 데이터 저장장치 등으로 구성되어 차량 주행정보를 획득할 수 있도록 설계하였다. 제작된 검지기의 성능을 확인하기 위해 실험을 행하여 검지기 성능을 확인하였다. 실험 결과 제시된 감지방식에 의해 상당히 정확하게 차량속도가 측정되었음이 파악되었고, 서로 다른 차종에 대한 감지 파형을 고려할 때에도 대부분의 차량에 대해 본 방식이 효과적으로 적용될 수 있을 것이라고 예상된다.

## (참 고 문 헌)

- [1] ITS 기술/시장 보고서, 전자통신연구원, 2000.
- [2] 고속도로 FTMS 구축현황 수립 최종보고서, 한국도로공사, 2000.
- [3] 문학용의 4인, "레이저를 이용한 교통데이터 수집장치 개발에 관한 연구" 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.680-682, 1999.
- [4] 양승훈, 한경호, "루프검지기과 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] 이철기, 오영태, "자기검지기 알고리즘 개발 및 평가", 대한교통학회지, 16권, 3호, pp.101-111, 1990
- [7] J.E. Lenz, "Review of Magnetic Sensors", Proc. of the IEEE, vol. 78, no.6, pp.973-989, 1990.
- [8] Using Matlab Version5, Math Works, 1999. 2.