

A Vehicle Speed Detector Using AMR Sensors

강 문 호[†] · 박 윤 창^{*}
(Moon-Ho Kang · Yoon-Chang Park)

Abstract - This paper proposes a vehicle speed detector with anisotropic magnetoresistive (AMR) sensors and addresses experimental results to show the performance of the detector. The detector consists of two AMR sensors and mechanical and electronic apparatuses. The AMR sensor senses disturbance of the earth magnetic field caused by a vehicle moving over the sensor and then produces an output indicative of the moving vehicle. In this paper, vehicle speeds are calculated by using two AMR sensors built on a board. The speed of a vehicle is calculated by dividing the known distance between the two sensors with the time difference between two output signals from each sensor, captured sequentially while the vehicle is driving over the sensors. Some field tests have been carried to show the performance of the proposed detector and its usefulness.

Key Words : Vehicle speed detector, AMR sensors, Earth magnetic field

1. 서 론

차량 검지기는 도로상에서 주행하는 차량에 대한 교통량, 점유율, 속도 등의 정보를 제공하는 ITS(Intelligent Transportation System) 분야의 가장 핵심적인 요소로서, 기존에 사용되는 차량 검지기들은 루프검지기, 영상검지기, 초음파검지기, 초단파검지기, 레이더검지기, 적외선검지기 등이 있는데, 이들 중에서 루프검지기가 상대적으로 가격이 저렴하고 성능이 우수하여 대부분의 도로상에서 사용되고 있다.[1-3] 하지만 루프검지기는 매설식으로서 설치시 도로 훼손 면적이 넓고 장시간 도로교통을 차단하여야 하며, 도로의 열팽창 및 물리적인 변화에 민감하여 검지 정확도가 떨어지고 쉽게 파손이 되어 설치 및 유지, 보수에 많은 비용과 인력이 소요된다.[4] 따라서 다양한 환경 변화에 대해 신뢰성 있는 차량 주행정보를 제공하며 동시에 설치 및 유지, 보수 비용이 저렴한 검지기가 요구되어 왔는데, 그들 중에서도 지자기 센서를 이용한 차량검지기가 루프 검지기를 대체할 검지기로서 연구되어 최근에 실용화 되고 있다.[5,6]

최근의 지자기 차량검지기는 초형 반도체 소자형태의 AMR(Anisotropic Magneto-Resistive) 자기센서[7-10]를 장착한 것으로 도로상에 매설되어 센서 위를 지나가는 차량에 의해 왜곡되는 지구 자기장의 변화를 검지하여 간접적으로 차량이 이동하는 상태를 파악하는 검지기로서, 소형이고 무

선모듈과 저전력회로를 구성하고 전원으로 건전지를 사용함으로써 도로상의 설치면적을 최소화하고 설치시간을 획기적으로 줄일 수 있다. 지자기식 차량검지기에 대한 연구는 기존의 루프식 검지기의 대체를 주된 목적으로 하여 최근 10여년 동안 꾸준히 진행되어 최근에 여러 형태의 검지기가 소개되고 있는데, 주차면이나 도로상에 한 개의 검지기를 매설하여 설치 지점에서의 차량의 유무 및 통과 대수를 알아내는 주차검지기 또는 교통량 검지기가 있고[5,11,12], 일정 거리를 두어 두 개의 교통량 검지기를 설치하고 두 검지기 사이의 거리와 검지기 사이를 통과하는 차량의 통과 시간을 측정하여 차량의 주행 속도를 알아내는 속도 검지기가 있다. 이 때 두 교통량 검지기는 일반적으로 무선으로 서로 떨어져 있기 때문에 검지기 자체에서 직접 속도를 계산할 수 없어 각 검지기로부터 차량 검지 데이터를 전송받아 이들을 이용하여 속도를 계산하는 별도의 무선 프로토콜과 장치가 필요하다.[6]

본 연구는 하나의 검지기 안에 2개의 지자기 센서를 인접하여 장착하고, 차량이 이 검지기 위를 지나갈 때 두 센서의 반응시간차이와 센서간 거리를 이용하여 차량 속도를 계산하는 지자기식 속도 검지기에 관한 것으로, 2개의 검지기를 사용하는 기존의 속도 검지방식보다 설치 시간과 비용이 줄어들고, 두 개의 센서가 단일 보드상의 정확한 위치에 놓이게 되므로 센서간 거리가 항상 일정하며, 별도의 장치 없이 검지기내에서 차량이 두 센서를 통과하는 시간을 정확히 구할 수 있다. 검지기에서 사용된 지자기 센서는 Philips사의 KMZ51이고[10], 센서 출력신호를 증폭, 변환하는 회로, 센서회로 출력으로부터 차량의 속도를 계산하기 위한 마이크로프로세서, 검지기에서 생성되는 데이터를 무선 전송하기 위한 RF 모듈, 전원용 건전지 등으로 구성된 검지기를 제작하고 자석을 통한 센서특성실험과 실제 차량을 이용한 현장

[†] 교신저자, 정희원 : 선문대 공대 정보통신공학부 부교수 공학박사

E-mail : mhkang@sunmoon.ac.kr

^{*} 정희원 : 선문대 공대 정보통신공학부 부교수 공학박사
접수일자 : 2009년 2월 9일
최종완료 : 2009년 5월 19일

실험을 행하여 검지기에 대한 성능과 유용성을 확인하였다.

2. AMR 센서 특성 및 차량 검지 원리

본 연구에서 사용된 지자기센서는 필립스사의 KMZ51로서 그림 1(a)에 보이는 것과 같이 니켈-철 합금으로 구성된 브리지형태의 4개의 자기저항 소자와 두 개의 보상코일들로 구성되어, 자기저항(MR) 효과에 의해 자기저항소자의 저항값이 변동하면 브리지 양단의 전압(+V_o -V_o)이 변동하도록 되어져 있다. 그림 1(b)는 자기저항 소자에서 MR 효과가 발생하는 원리를 보이는 것으로, 외부에 자기장이 없는 경우 전원전압 V_{cc}에 의해 흐르는 전류로 인해 자기저항 소자에서 발생하는 초기 자기장을 H_{in}이라고 하면, 외부로부터 H_{ext}의 자기장이 인가되는 경우에는 H_{in}와 H_{ext}가 서로 합성되어 전체 자기장은 초기 위치로부터 α만큼 회전하여 H_{tot}가 된다. 이로 인해 소자의 자기저항은 초기값으로부터 변동하게 된다. 식(1)은 자기장의 회전각에 따른 자기저항의 변화관계를 나타낸다. 여기서 R₀와 ΔR₀는 지자기센서 재료에 따라 정해지는 값으로서[10], 본 연구에서는 센서의 브리지저항(R₀)을 측정하여 간접적으로 파악하였다.

$$R = R_0 + \Delta R_0 \cos^2 \alpha \tag{1}$$

R₀:자기저항 초기값, ΔR₀:자기저항 변동값, α:자기장 위치

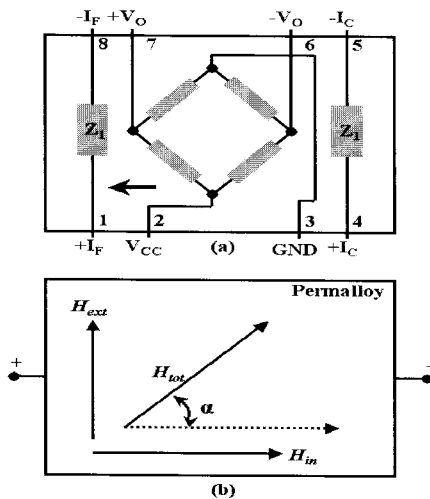


그림 1 (a) KMZ51 등가회로(화살표는 센서 민감축을 나타냄) (b) 자기저항(MR) 효과 (H_{in}: 초기 내부 자기장, H_{ext}: 외부 인가 자기장, H_{tot}: 합성 자기장)

Fig. 1 (a) Equivalent circuit of a KMZ51 (The arrow indicates the direction of the sensitive axis.) (b) MR effect (H_{in}: initial magnetic field, H_{ext}: external magnetic field, H_{tot}: resultant magnetic field).

그림 2는 두 개의 센서(KMZ51) 위에서 자석을 움직이면서 발생하는 센서 출력전압을 증폭하여 스크로프상에서 나타낸 것이다. 그림 2(b)에서와 같이 두 센서중 하나는 자석이

움직이는 방향과 센서의 민감축이 평행이 되도록 배치하고, 다른 센서는 민감축이 자석의 이동방향과 수직이 되도록 배치한 후, 두 센서로부터 일정한 거리를 유지하면서 자석을 이동시키며 센서의 출력을 얻었다. 그림 2(a)의 두 파형중에서 아래의 파형은 센서 민감축이 자석 방향과 평행인 경우로, 자석이 센서로 진입함에 따라 센서출력이 초기값 이상으로 상승하다가 자석이 센서 바로 위까지 진입하면 센서 출력이 다시 원래 초기위치로 회복되고, 이후에 자석이 계속 진행하여 센서로부터 점점 멀어지면 센서출력은 초기값 이하로 떨어진 후 자석이 센서의 검지 영역을 완전히 벗어나게 되면 센서 출력이 다시 초기출력 상태로 복구되는 모습을 보인다. 그림 2(a)에서 위의 파형은 센서 민감축이 자석 방향과 수직인 경우로, 자석이 센서로 진입함에 따라 센서출력이 초기값 이상으로 상승하여 자석이 센서 바로 위까지 진입하면 센서 출력이 최대가 되고, 자석이 계속 진행하여 센서로부터 점점 멀어지면 센서출력은 점차 감소하여 자석이 센서의 검지 영역을 완전히 벗어나게 되면 센서 출력이 다시 초기출력 상태로 복구되는 모습을 보인다. 이로부터 자석의 이동 방향과 센서의 민감축의 상대적인 위치에 따라 센서의 출력이 매우 상이한 형태를 가짐을 알 수 있다. 또한, 자석의 이동속도를 빠르게 하거나 자석을 센서에 더욱 가깝게 하여 움직이면 과도 시에 더욱 가파르고 진폭이 큰 파형이 얻어지게 된다.

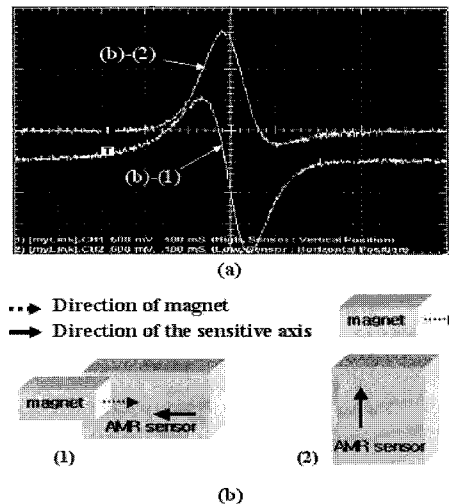


그림 2 (a) 증폭된 센서 출력파형(x:100 ms/div, y:500 mV/div) (b) 자석과 센서의 배치

Fig. 2 (a) Amplified sensor outputs (x:100 ms/div, y:500 mV/div) (b) Magnets and AMR sensors.

AMR 센서로 강한 외부 자기장이 인가되면 이후 없어져도 센서 내부의 자기소자에 남아 있는 잔류자기에 의해 센서 출력이 초기값으로 정확히 회복되지 못하여 출력 오프셋이 발생할 수 있다. 그림 3(a)는 이러한 출력 오프셋을 보이는 것으로 지자기 센서에 있어서 성능 저하의 가장 중요한 인자이다. 이를 해결하기 위해 센서 동작중의 필요한 시점마다 센서내부의 플리핑 코일(+IF -IF, 그림 1(a))로 1[A]

정도의 강한 전류 펄스를 단기간 인가하여 강한 자기장을 발생시킴으로서 센서의 자기상태가 초기 값으로 회복되도록 한다.[10] 그림 3(b)는 주기적인 플리핑 전류에 의해 센서 출력 오프셋이 제거되는 모습을 보인다. 한편, 1[A] 정도의 상당히 큰 전류가 흐르지만 전체 센서구동시간에 비해 플리핑 시간이 약 $3\mu s$ 로 상대적으로 매우 짧기 때문에 플리핑 전류에 의한 전력소모는 매우 작게 된다.



그림 3 KMZ51 출력파형 (a) 플리핑 전류 인가하지 않은 경우 (b) 플리핑 전류 인가한 경우 (x:1 s/div, y:500 mV/div)
 Fig. 3 Amplified outputs of a KMZ51 (a) without flip current (b) with flip currents (x:1 s/div, y:500 mV/div)

그림 4는 지자기 센서에 의해 차량이 검지되는 원리를 보인다. 차량이 도로상에 설치된 지자기센서를 향해서 좌측으로부터 진입하게 되면 차체와 차량내부에 분포한 자성물질들에 의해 지자기가 차량 쪽으로 끌리게 되어 자속밀도는 센서의 민감축과 동일한 방향으로 증가되고, 센서출력 전압은 양의 값을 가진다. 차량이 센서로 접근함에 따라 전압은 점점 증가되다가 최대점에 도달한 이후 차량이 센서 정면부근으로 진입하게 됨에 따라 점점 감소되어 차량이 센서 정면에 위치하게 되면 센서출력은 다시 초기값으로 환원된다. 차량이 계속 진행하여 센서 우측방향으로 멀어지게 되면 지자기가 다시 차량 쪽으로 왜곡되고 센서 민감축과 반대 방향으로 높은 자속밀도가 형성되어 이번에는 센서출력전압이 음전압으로 저하된다. 차량이 센서에서 멀어질수록 음으로 점점 감소되다가 최저점에 도달하고, 이후 차량이 센서로부터 더욱 벗어나게 될수록 초기 값을 향해서 증가되다가 검지영역으로부터 완전히 벗어나게 되면 센서출력은 초기값으로 환원된다. 이와 같은 원리에 의해 하나의 지자기 센서를 통해 센서 주변 차량의 유무를 손쉽게 파악할 수 있고, 두 개의 센서를 이용하게 되면 각 센서의 반응시간의 차이를 이용하여 차량의 이동 속도도 알아낼 수 있게 된다.

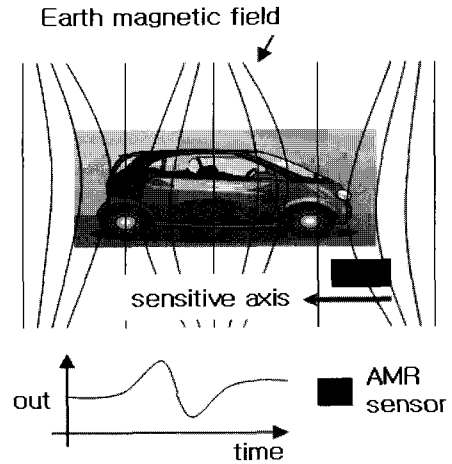


그림 4 이동차량에 의한 지자기 왜곡과 지자기센서 출력.
 Fig. 4 Distortion of Earth magnetic field by a driving vehicle and the output of an AMR sensor.

3. 차량 검지장치 설계

3.1 하드웨어

본 연구에서 개발된 하드웨어 구성을 보이면 그림 5와 같다. 하드웨어는 회로전원으로 사용하는 건전지와 지자기센서, 지자기센서 출력의 오프셋을 제거하기 위한 플리핑 전류 발생부, 지자기센서 출력전압을 증폭시키는 2단 전압증폭기, 센서 출력전압의 포화를 방지하기 위해 DAC를 이용한 기준 전압 조정기, 차량이 지자기센서의 검지영역을 벗어나 지자기센서의 출력전압이 초기상태로 회복하는 지를 확인하기 위해 전압증폭기의 출력전압을 샘플링 하기 위한 ADC부, 전압증폭기의 출력전압이 소정의 검지레벨을 넘어서는 경우 디지털신호를 발생시키기 위한 비교기, 비교기로 부터의 인터럽트 신호와 ADC 출력으로부터 차량의 이동 상태를 파악하고 차량의 속도들을 연산하는 마이크로프로세서부, 마이크로프로세서내부의 연산된 정보를 원격지 제어기로 무선 송신하거나 원격지 제어기로부터 차량검지기 파라미터 변경 데이터를 수신하기 위한 무선 RF 송수신 모듈 등으로 구성된다. 그림 6은 본 연구에서 제작된 차량검지기 PCB 기판을 보인다. 본 연구에서 사용된 지자기센서인 KMZ51은 $16 (mV/V)(kA/m)^{-1}$ 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. 지자기 센서에 인가되는 브리지 전압을 $V_B[V]$, 센서 출력전압을 $V_o[mV]$, 센서의 감도를 $S[(mV/V)(kA/m)^{-1}]$, 지구자기장의 세기를 $G_b[G]$ 로 정의하면, 센서 출력전압은 식 (2)와 같이 계산된다. 따라서 지구 평균자기장 세기를 0.5G로 가정하고 식(2)에 표 1의 센서 파라미터 값들을 대입하면 센서의 출력전압은 3.1832[mV]가 됨을 알 수 있다. 이 경우 매우 작은 전압이 센서로부터 출력되므로 센서 증폭기를 2단으로 설계하여 1000배 이상 증폭이 되도록 하였다.

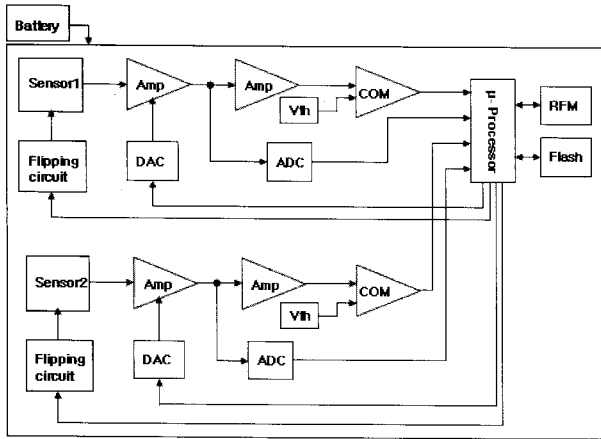


그림 5 속도 검지기 하드웨어 구성
 Fig. 5 Hardware configuration of a speed detector

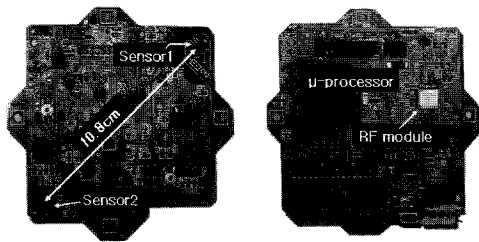


그림 6 속도 검지기 PCB 기판.
 Fig. 6 PCB board of a speed detector

$$V_o = 0.07958 S V_B G_E \quad [mV] \quad (2)$$

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

표 1 KMZ51 주요 특성파라미터[10]
 Table 1 Core parameters of a KMZ51[10]

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

3.2 속도검지 알고리즘

본 연구에서는 이동속도를 알아내기 위하여 일정한 거리를 떨어뜨려 동일한 두 개의 지자기 센서를 하나의 보드상에 장착하고 센서 상호간의 거리와 각 센서에서의 검지시간 차이를 이용하여 차량의 이동속도를 알아낸다. 검지기로 전원이 인가되면 먼저 마이크로프로세서에 의해 검지기의 초기화 과정이 수행되고 이후 두 센서로부터 차량 진입 신호가 인가되어 인터럽트가 발생할 때까지 절전 상태를 유지한다. 초기화 과정 도중에 마이크로프로세서는 차량이 없는 상태의 센서 주변 자기장 값을 ADC를 통해 읽고 저장해 둔다.(그림 5) 차량이 진입하여 첫 번째 센서와 증폭기 출력이 변동하여 비교기에 설정된 기준 레벨을 넘어가면 비교기 출력으로부터 마이크로프로세서로 차량진입 인터럽트 신호가 인가되어 마이크로프로세서는 절전모드에서 감지모드로 진

입하고, 이때 차량 이동시간 계산을 위한 타이머를 0으로 초기화 한다. 이후 차량이 계속 진출하여 두 번째 센서로 진입할 때까지 기다리다가 두 번째 센서로부터도 차량진입 신호가 검지되면 타이머로부터 이때의 시간(Δt)을 가져오고, 두 센서사이의 거리(d)를 이용하여 차량의 주행속도(v)를 계산한다. 속도 계산이 끝나면 마이크로프로세서는 센서 출력으로부터 차량이 센서의 검지영역을 완전히 빠져나갔음을 확인한 후 다음번 차량을 검지하기 위한 대기 모드로 진입해야 한다. 이를 위해 마이크로프로세서는 차량이 이동하는 도중에 발생하는 전압증폭기의 출력전압을 ADC를 이용하여 샘플링주기마다 읽고, 이 값을 검지기 초기화 과정에서 취득한 자기장 초기 값과 계속 비교하여 초기 값과 전압증폭기 출력전압과의 차이가 일정한 범위 이내에 일정시간 이상 계속 유지되면 차량이 지자기센서 검지 영역을 완전히 통과한 것으로 간주한다. 그림 7은 본 연구에서 수행된 차량감지 알고리즘의 수행과정을 보이는 순서도이다.

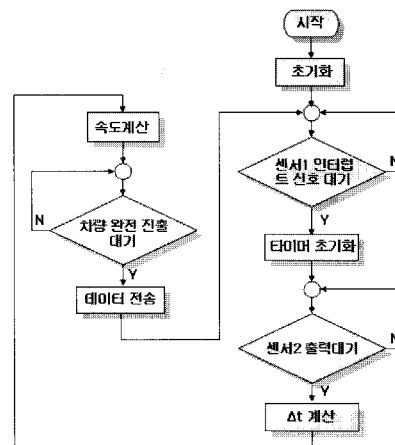


그림 7 차량 속도계산 순서도
 Fig. 7 Flow chart for the speed calculation of a vehicle

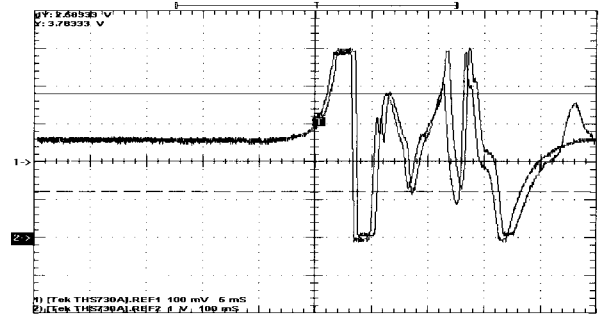
4. 실험결과

실험시 도로상에 차량검지기를 설치하고 차량이 통과하도록 하여 발생하는 차량의 속도데이터를 무선으로 원격 단말기에 전송하고, 차량 이동시 검지기로부터 발생하는 검지 파형을 분석하기 위해 검지기를 오실로스코프와 연결하여 파형을 수집하였다. 실험결과의 신뢰성을 검증하기 위해서는 차량의 실제 주행속도를 알아내고 실험 데이터와 비교하여 차이를 확인하여야 한다. 이를 위하여 일차적으로 검지기와 별도로 카메라를 설치하여 차량이 특정거리를 이동하는 동안의 시간을 알아내어 차량의 평균속도를 구하고자 하였는데, 카메라의 속도의 제한으로 차량이 주행하는 정밀한 촬영이 어려워 실험결과상에 상당한 오차들이 수반되어 실제 차량속도 값으로 사용할 수가 없었다. 두 번째로는 차량이 주행하는 동안 차량 계기판에 표시되는 차량의 속도를 실제속도로 판단하는 것을 고려하였는데, 이 경우도 차량 계기판에 대한 신뢰도를 검증할 수 없어 실제 차량속도에 정확히 일치하는 값으로 정할 수 없었지만 일정한 오차율을 갖는다고 가정하여 실제 속도에 대한 근사 기준 값으로 활용하였다.

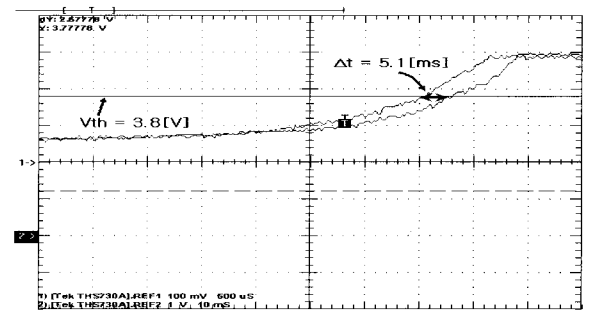
그림 8은 차량 이동시 계기판 속도를 50[km/h]로 유지한 채 검지기를 통과한 경우, 검지기 출력 파형을 오실로스코프로 측정한 그림이다. 차종은 가장 일반적인 차종으로서 H사의 중형 승용차로 선정하였다. 그림 8(b)와 8(c)는 8(a)의 전체 파형을 최초 증가하는 부분과 감소하는 부분에서 확대한 그림이다. 그림 상에 두 개의 동일한 파형이 약간의 시간 차이를 두고 겹쳐져 있음을 알 수 있는데, 앞의 파형은 진입 센서부에서 발생하는 파형이고 뒤의 것은 진출 센서로부터의 파형이다. 그림 상에 보이는 직선 실선은 차량 검지에 설정된 비교기 기준레벨을 나타낸다. 그림 8의 센서출력 파형들을 관찰하면 차량이 센서로 진입함에 따라 정지상태에서 증가하기 시작하여 최대값으로 포화되고 이후에는 차체의 형태 및 차체를 구성하는 자성체 분포에 따라 차량마다 파형의 모양이 매우 불규칙적으로 변한다. 따라서 차량이 진입하는 도중인 초기 출력부분의 진폭을 고려하여 실험적으로 차량인식 레벨전압을 약 3.8V로 선정하였다. 실직선과 두 개의 센서로부터 발생된 파형들이 교차하는 두 지점 사이의 시간을 측정하면 오실로스코프상에서도 차량의 속도를 계산할 수 있다. 파형의 형상을 관찰하면 최초에 파형이 증가하는 동안(8(b))에는 시간에 따라 파형레벨이 상당히 변화함을 알 수 있는데 이 영역에서는 비교레벨을 어디로 설정하는가에 따라 두 교차점 사이의 시간 계산에 큰 오차를 발생시킬 수 있다. 그러나 파형이 감소하는 동안(8(c))에는 두 파형이 거의 일정한 형태로 감소함을 알 수 있다. 따라서 두 파형의 하강기간을 이용하여 파형간의 시간차이를 구하는 것이 오차를 줄일 수 있음을 알 수 있다. 그림 8(c)에서 파형간의 시간차이가 7.8[ms] 이고 검지기 보드상의 센서간 거리가 10.8[cm] 이므로, 오실로스코프상에서 차량속도를 계산하면 49.2[km/h]가 되므로 검지기로부터 계산된 검지속도 49[km/h]와 일치함을 알 수 있다. 그림 9는 차량 이동시 계기판 속도를 30[km/h]로 유지한 채 검지기를 통과한 경우, 검지기 출력 파형을 오실로스코프로 측정한 그림이다. 그림 9(c)에서 파형간의 시간차이가 14[ms] 이고 검지기 보드상의 센서간 거리가 10.8[cm] 이므로, 차량속도는 27.8[km/h]로 계산되고 마찬가지로 검지기 계산속도인 28[km/h]와 일치함을 알 수 있다.

이상에서 보인 실험 결과를 고찰하면 차량 계기판에 게시된 값과 감지 파형 사이에 약간의 차이가 발생됨을 알 수 있는데, 이는 일차적으로 검지기상의 두 센서(진입센서, 진출센서)사이의 특성 차이로 인해 두 센서로부터 생성된 파형이 정확히 일치하지 않기 때문으로 파악된다. 특히, 센서출력을 1000배이상 증폭하여 사용하므로 센서 특성이 상이할 경우 센서 파형사이에 상당히 큰 차이가 생길 수 있고, 이 경우 비교기 레벨 전압을 얼마로 설정하는가에 따라 시간계산 값이 달라져 결과적으로 속도계산 값에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 여러 단계의 비교기 레벨을 설정하여 각 단계마다 시간을 계산하고 이들에 대한 평균을 취하면 검지 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 검지기 센서가 차량을 감지하는 동안에 이동하는 차량의 실제 속도가 차량의 계기판 속도와 다른 경우에도 오차가 유발되므로 향후에는 실제 주행 속도를 정확하게 계측할 수 있는 기준 속도측정 장비가 요구된다. 한편, 센서출력의 오프셋에 의해 속도계산에 영향을 주게 되는데 본 논문에서와 같은

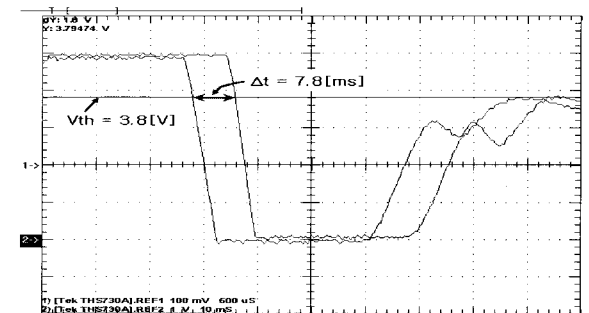
비교기를 통한 검지방식에 의하면 특히 센서출력 전압의 진폭이 작을수록 영향이 증가할 것으로 예상된다. 오프셋 영향을 줄이기 위해 센서 전압 증폭기에서 최대한 오프셋을 줄일 수 있도록 회로를 설계하였으나, 향후 오프셋과 속도 추정오차사이의 관계를 분석하여 연구에 반영하면 더욱 정밀한 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.



(a)



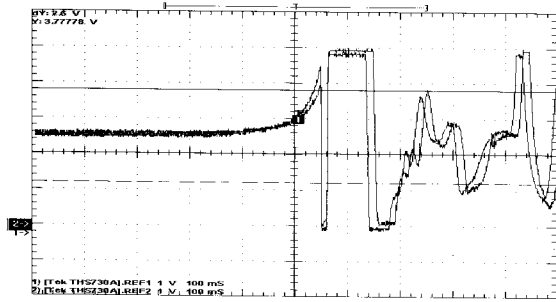
(b)



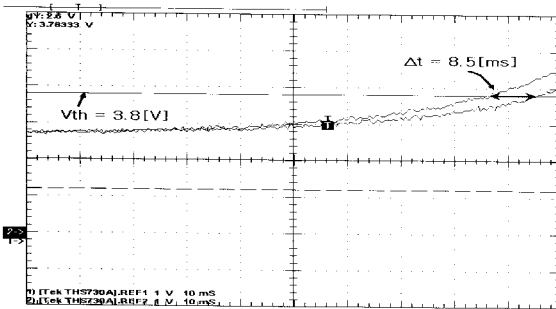
(c)

그림 8 검지기 출력 파형 (a) 전체 (b) 최초 상승 부분 (계기판 속도 : 50[km/h], 오실로스코프 속도 : 75.2[km/h]) (c) 최초 하강 부분(계기판 속도 : 50[km/h], 검지기 속도 : 49[km/h], 오실로스코프 속도 : 49.2[km/h])

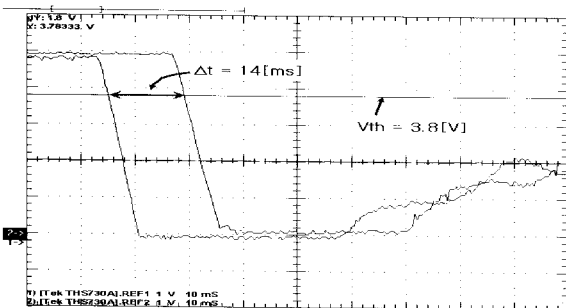
Fig. 8 Output waveforms of a detector (a) entire (b) first rising part (meter speed : 50[km/h], oscilloscope speed : 75.2[km/h]) (c) first falling part (meter speed : 50 [km/h], detector speed : 49[km/h], oscilloscope speed : 49.2[km/h])



(a)



(b)



(c)

그림 9 검지기 출력 파형 (a) 전체 (b) 최초 상승 부분 (계기 판 속도 : 30[km/h], 오실로스코프 속도 : 45.8[km/h]) (c) 최초 하강 부분 (계기판 속도 : 30[km/h], 검지기 속도 : 28[km/h], 오실로스코프 속도 : 27.8[km/h])

Fig. 9 Output waveforms of a detector (a) entire (b) first rising part (meter speed : 30[km/h], oscilloscope speed : 45.8[km/h]) (c) first falling part (meter speed : 30[km/h], detector speed : 28[km/h], oscilloscope speed : 27.8[km/h])

5. 결 론

본 연구에서는 지자기 센서를 이용하여 차량 속도 검지장치를 제작하고 실험을 행하였다. 사용된 지자기 센서는 소형 반도체 소자 형태의 AMR 센서로서, 두 개의 센서를 하나의 보드 상에 장착하고 센서 상호간의 거리와 각 센서에서의 차량 검지시간 차이를 이용하여 차량의 이동속도를 계산한다. 차량을 모의한 자석을 이용하여 센서와 주변회로에

대한 기본적인 특성을 확인한 후, 실제 주행하는 차량에 대한 실험을 통해 검지기에 대한 유효성을 확인하였다. 검지기에서 출력된 파형을 획득하여 실제 차량의 속도와 검지속도 사이의 차이에 대해 분석한 결과, 검지기에서 사용된 두 센서 사이의 특성 차이가 오차를 발생시킬 수 있는 일차적으로 원인으로 생각되어, 두 센서 사이의 차량 검지시간 차이를 계산할 때 여러 단계의 비교기 레벨을 설정하여 각 레벨마다 시간 차이를 계산하고 이들에 대해 평균을 취하면 검지 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 향후, 속도계산 알고리즘을 개선과 함께 더욱 다양한 차종과 속도에 대한 실험을 행하여 검지기의 성능을 더욱 면밀히 분석하고 신뢰성을 향상시킬 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] A. P. Gribbon, "Field test of nonintrusive traffic detection technologies," *Mathl. Comput. Modelling*, vol. 27, no. 9-11, pp. 349-352, 1998
- [2] 문학룡 외, "레이저를 이용한 교통데이터 수집장치 개발에 관한 연구" 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 680-682, 1999.
- [3] 양승훈, 한경호, "루프검지기와 피에조 센서를 이용한 교통정보 수집시스템 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 2956-2958, 2000.
- [4] Herry R. Sampey, "Method and apparatus for analyzing traffic and a sensor therefore," United State Patent, Patent Number 5,877,705 Mar. 2, 1999.
- [5] M. H. Kang, et al, "Experimental study of a vehicle detector with an AMR sensor," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 118, issues 2, 28 February, pp. 278-284, 2005.
- [6] Sing-Yiu Cheung, Pravin Varaiya, *Traffic Surveillance by Wireless Sensor Networks: Final Report*, UCB-ITS-PRR-2007-4, California PATH Research Report, 2007.
- [7] P. Ripka, et al, "AC-driven AMR and GMR magnetoresistors," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol.76, issues 1-3, 30 Aug, pp.225-230, 1999.
- [8] M. Vopalensky, P. Ripka, A. Platil, "Precise magnetic sensors," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 106, issues 1-3, 15 September, pp. 38-42, 2003.
- [9] Honeywell, 1- and 2-Axis Magnetic Sensors, HMC 1001/1002 and HMC1021/1022, Datasheet 900248.
- [10] Philips Semiconductors, *General Magnetic Field Sensors*, Datasheet, Jun 12, 1998.
- [11] V. W.S. Tang, et al, "An Intelligent Car Park Management System based on Wireless Sensor Networks", 1st International Symposium on Pervasive Computing and Applications, pp. 65-70, 2006.
- [12] Joerg Wolff, et al, "Parking monitor system based on magnetic field sensors", *Proceedings of the IEEE ITSC2006*, Toronto, Canada, September 17-20, pp. 1275-1279, 2006.

저 자 소 개



강 문 호 (康 文 浩)

1964년 7월 13일생. 1988년 고려대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 대학원 졸업(공학). 1997년~현재 선문대 정보통신공학과 부교수

Tel : 041-530-2339

Fax : 041-530-2981

E-mail : mhkang@sunmoon.ac.kr



박 윤 창

1960년 8월 7일생. 1983년 부산대 기계공학과 졸업. 1996년 KAIST 정밀공학과 대학원 졸업(공학). 1997년~현재 선문대 정보통신공학과 부교수

Tel : 041-530-2392

Fax : 041-530-2981

E-mail : ycpark@sunmoon.ac.kr