

■ 論 文 ■

# 자기검지기 알고리즘 개발 및 평가

A Development & Evaluation of Magnetometer Detector Algorithm

이 철 기

(아주대학교 교통연구소 교통운영실장)

오 영 태

(아주대학교 교통공학과 교수)

## 목 차

I. 서론

- 1. 연구배경 및 목적
- 2. 연구범위 및 방법

II. 자기검지기 특성 및 검지원리

- 1. 특성
- 2. 검지원리

III. 검지체계 개발

- 1. 개요
- 2. 검지 알고리즘

IV. 현장 조사 및 분석

- 1. 분석방법
- 2. 자료요약

V. 분석결과 및 종합평가

- 1. 분석결과
- 2. 종합평가

VI. 결론 및 향후 연구과제

- 참고문헌
- 부록

## 요 약

현재 고속도로 교통관리시스템(FTMS)에 사용되고 있는 차량검지기는 주로 루프식 검지기가 이용되고 있으나, 유지관리에 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 갖고있는 루프검지기를 대체하기 위한 대체 검지기를 개발하는데 그 목적이 있다.

자기검지기 신뢰도 평가는 현장실험으로 이루어지며 비디오 촬영 및 루프검지기, test car를 이용하여 교통량·속도·점유율의 기준자료를 마련하고 자기검지기 자료와 비교·분석 및 통계적 검정을 실시하였다.

1차 실험과 2차 실험의 결과, 교통량과 속도는 실측자료와 유사했으나 점유율은 실측치와 다소 차이가 발생함을 보였다. 향후 점유율에 대한 보정이 이루어진다면 현재 사용중인 루프검지기를 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

## I. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

최근 교통분야의 중요기술 중 하나로 각광받고 있는 교통검지기기술은 첨단 H/W 및 S/W의 급격한 기술발전에 힘입어 전세계적으로 다양하고 실용성 있는 검지기들의 개발에 박차를 가하고 있으므로 수요의 요구에 따라 그 발전속도를 더해가고 있다.

현재 고속도로 교통관리시스템(FTMS)에 사용되고 있는 차량검지기장은 주로 루프식 검지기가 이용되고 있으며, 일부구간 영상검지기가 활용되고 있다. FTMS에서 요구하는 검지기는 도로상에서 수시로 변하는 교통정보를 제공하기 위한 것으로, 교통량, 속도, 점유율, 유고검지 등의 정보를 산출할 수 있는 기능을 가져야 한다. 그러나 루프검지기는 유지관리 및 경제적인 측면에서 많은 어려움이 있어 이를 대체할 수 있는 검지기의 검토가 여러 측면에서 있어 왔다. 따라서 본 연구에서는 자기검지기를 대상으로 이에 대한 대체가능성을 알고리즘 개발 및 현장 실험을 통하여 검증하고자 한다.

### 2. 연구범위 및 방법

#### 1) 연구범위

본 연구에서는 자기검지기의 신뢰도 평가가 현장 실험을 토대로 이루어지며, 비디오촬영을 통해 수집되는 교통량과 루프검지기를 통해 수집되어지는 속도, test car를 이용하여 수집되는 점유율 자료를 자기검지기에서 수집되는 자료와 비교·분석 및 통계적 검정을 통하여 고속도로 교통관리시스템용 검지기로서의 적용에 대한 신뢰성을 검토한다.

- 자기검지기 알고리즘 개발
- 현장실험을 통한 정확도 검증

#### 2) 연구방법

본 연구는 교통량·속도·점유율에 대한 검지 알고리즘을 산출하기 위하여, 구리-판교 간 고속도로 1 km 지점에 설치한 자기검지기로부터 수집된 교통량, 속도, 점유율을 다음과 같은 방법으로 상호 비교·분

석하여 검지 알고리즘을 보완·수정하였다. 교통량에 대한 분석은 현장에서 비디오 촬영을 통해 수집된 자료와 자기검지기에서 수집된 자료를 실내에서 비교·분석하였으며, 속도에 대한 분석은 루프에서 수집된 자료와 자기검지기에서 수집된 자료를 비교·분석하였으며, 점유율 분석은 현장에서 test car를 이용하여 오실로스코프에서 수집된 자료와 자기검지기에서 수집된 자료를 비교·분석하였다.

## II. 자기검지기 특성 및 검지원리

### 1. 특성

자기검지기(Magnetometer detector)는 도체로 설계된 차량이 검지기 위를 통과할 때 지구 자장의 변화를 측정함으로써 차량의 존재를 검지하기 위해 설계된 검지기이다. 이 검지기는 교통량 산출에는 매우 효과적이며, 루프검지기와는 달리 철근이 포함된 교량에서도 작용한다. 지구는 극에서 극으로 연결된 자속선을 가진 거대한 막대 자석으로 볼 수 있으며, 수직축의 한쪽 극에서 다른 쪽 극으로 자속이 이동하며, 측정위치에 따라서 자속의 각도가 달라지며 우리나라 중부 지방에서의 각도는 약 55도 방향이다. 그러므로 자장의 선이 평평한 적도 근처에서는 수직축 자석이 사용될 수 없다. 또한 우리나라에서 지구 자장의 강도는 0.45GAUSS 정도이며, 차량의 이동시 0.01~0.2GAUSS 정도의 변화가 발생한다.

헤드(센서)에 신호를 발송하는 방식에는 유선과 무선 전자파로 통신하는 두 가지 방식이 있다. 유선은 헤드를 자동차가 다니는 고속도로 경계선 중앙에 매설하고 연결선을 도로 옆 PCB판까지 홈을 파고 매설한다. 무선 전자파 통신 방식은 헤드와 PCB판, 충전 배터리, 배터리에 충전하는 충전 장치 등을 비자성 재료인 황동 혹은 구리로 만든 케이스 속에 고정하여 도로 경계선 중앙에 매설한다. 무선 전자파 통신 방식을 실현하려면 다음 세 가지 사항을 만족해야 한다. 첫째, 저 파워 회로를 작성한다. 전원은 7.5V를 사용하며, 전자파 발사 범위는 약 50m로 하면 충분하다. 둘째, 일정한 주파수로 전자파를 발사

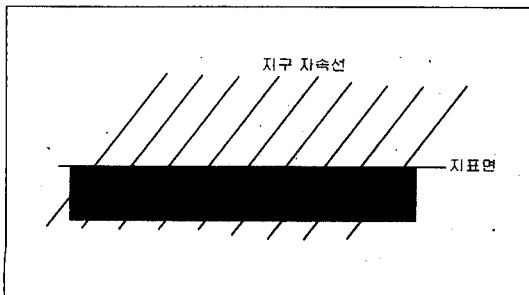
하는 회로가 설치되어야 한다. 황동 혹은 구리로 만든 케이스는 전자파를 방사하는 안테나 역할도 겸비한다. 셋째, 배터리의 전류소비를 보상하는 충전장치가 있어야 한다.

## 2. 감지원리

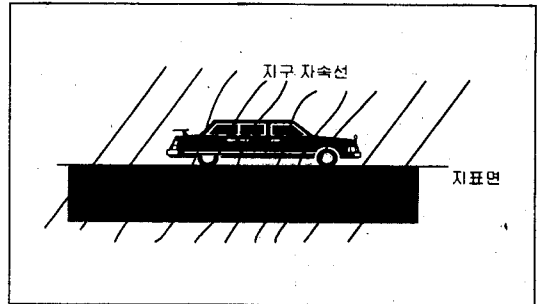
비정질 연 자성 WIRE Core의 Magneto-Impedance (MID)의 원리를 이용한 자기검지기는 비정질 WIRE에 1차 코일과 2차 코일을 감고 1차 코일에 oscillator로부터 12-16kHz의 교류 전류를 가하면 1차 코일에서 pulse가 생긴다. 2차 코일에는 지구의 자장을 저소보상하는 전류를 가한다. 헤드를 노면에 자동차가 진행하는 방향과 평행이 되게 고정하였을 때 코일 속에 자장이 0이 되도록 보상전류를 조절하여 넣는다. 만약 WIRE의 축 방향으로 자장이 작용하였을 때 비정질 WIRE의 자화 회전과 그의 면적이 저하되어 WIRE의 교류 Impedance가 적어지고 출력 pulse의 peak값이 급격히 하락한다.

자기검지기가 차량을 검지하는 원리를 그림을 통하여 설명하면 다음과 같다.

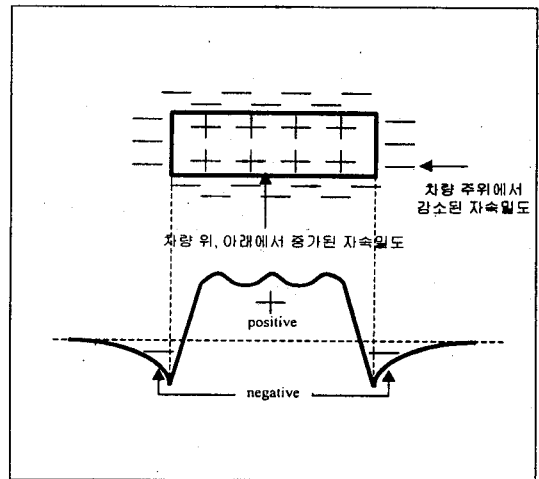
- 차량이 없을 때 지구 자장의 분포는 일정 값의 동일한 크기로 된다.
- 차량이 센서에 근접하면 자속의 밀도가 차량 쪽으로 이동해서 -값을 갖게 되며, 차량의 중심부에서는 자속의 밀도가 높아져 자속의 크기가 +값을 갖게 된다.
- 이러한 변화량을 검지하여 회로에서 차량의 길이에 해당하는 펄스신호를 출력하게 된다.



<그림 1> 차량이 없을 때의 자속



<그림 2> 차량이 센서 위를 통과했을 때의 자속의 변화

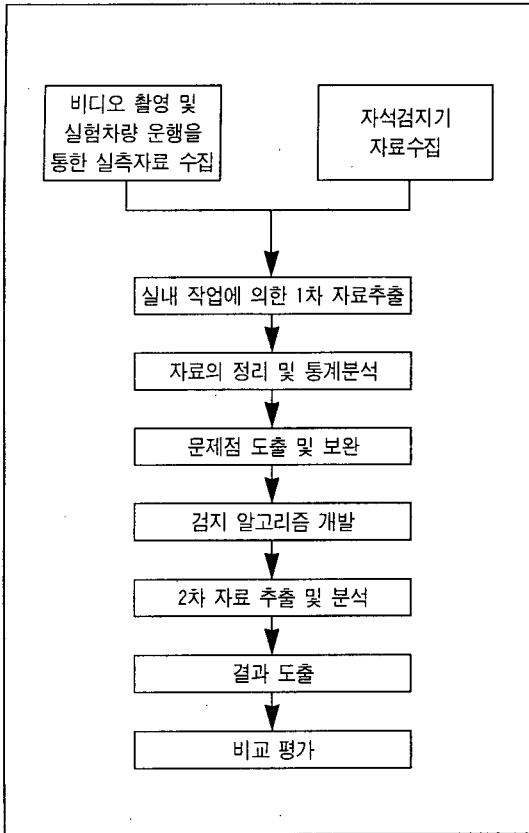


<그림 3> 시간에 따른 자속 변화

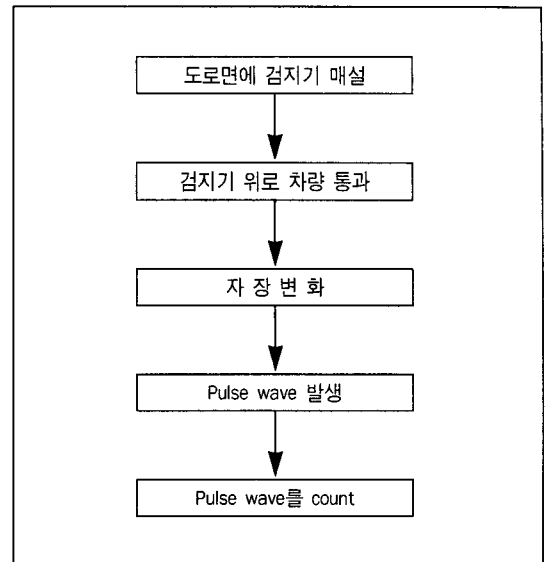
## III. 검지체계 개발

### 1. 개요

본 연구는 검지체계의 알고리즘을 개발하기 위해서 다음과 같은 개발과정으로 이루어졌다. 먼저 기준자료와 대상자료는 현장에서 수집하였으며, 현장에서 수집한 자료를 실내에서 1차 정리 및 통계적 분석을 실시한 후 문제점 파악 및 보완을 통하여 2차 자료정리 및 분석을 실시하였다. 2차 자료정리 및 분석 후에는 분석 결과를 얻었으며, 최종적으로 기준자료와 대상자료간의 비교평가를 실시하였다. 이러한 연구흐름 과정이 <그림 4>에 나타나 있다.



〈그림 4〉 연구수행 흐름도



〈그림 5〉 교통량 검지 흐름도

## 2. 검지 알고리즘 개발

본 연구에서는 교통량, 속도, 점유율에 대한 검지 알고리즘을 개발하는데 근본 목적이 있다. 1차 실험을 통해 각각의 교통변수 산출에 대한 문제점을 파악하였으며, 2차 실험에서는 이러한 문제점을 보완하여 재평가를 실시하였다.

### 1) 교통량

#### (1) 개요

교통량은 도로면에 묻은 검지기 위를 차량이 통과할 때 자장의 변화로 발생하는 pulse wave를 count함으로써 수집할 수 있다. 교통량 수집의 기본 단위는 30초이다.

#### (2) 개발방법

차량이 센서 위를 통과할 때 자속밀도의 변화는 〈그림 3〉에 나타나있다. 차량이 센서에 근접하면 자속밀도는 감소하다가 증가하며, 센서 위를 통과한 후에는 또 다시 감소하다가 zero가 된다.

1차 실험에서는 자속의 변화량이 없는 zero선을 기준으로 하여 일정 높이의 Pulse wave가 발생(+ pulse wave와 - pulse wave 동시 고려)하면 차량으로 인식하도록 하였다. 그 결과 수집된 교통량 자료는 〈그림 10〉과 〈그림 11〉의 그래프상에 나타나 있으며, 통계적 분석 결과 1차로에서 등가계수는 0.956이며, 2차로에서 등가계수는 0.960의 결과를 얻었다. 이와 같이 1차 실험에서 통계적 분석 결과가 낮게 얻어진 이유는 인접 차로에 대형 차량이 통과할 경우에 자기차로의 차량으로 검지하는 error가 발생하였기 때문이다. 이는 프로그램상의 문제로서 자속밀도가 감소하여 (-) pulse wave가 발생할 때도 차량으로 인식하도록 설계되었기 때문이다.

2차 실험에서는 이와 같이 자속밀도의 변화값이 (-) 값을 취할 경우에는 검지기가 (-)값을 차량으로 인식하는 결점을 보완하였으며, 그 결과 수집된 교통량 자료는 〈그림 12〉와 〈그림 13〉에 그래프로 나타나 있다. 2차 실험에서 수집된 자료를 통계적 분석을 실시한

한 결과 1차로와 2차로에서 등가계수는 0.981로 동일하게 나타났다.

교통량 수집을 위해 수정·보완된 알고리즘은 다음과 같다.

- 1차 실험 : (+)Pulse wave와 (-)Pulse wave를 동시에 고려하여 교통량을 산출함
- 1차 실험 문제점 : (-)Pulse wave는 미세하기 때문에 인접 차로에 대형 차량이 통과할 경우 자기 차량으로 인식하는 오류 발생
- 1차 실험 보완 : (-)Pulse wave를 고려하지 않고 (+)Pulse wave만을 고려하여 교통량을 산출함

2) 속도

(1) 개요

속도는 2개의 검지기를 도로면에 묻고 검지기 위로 통과할 때 자장의 변화로 발생하는 각각의 pulse wave의 시간차를 이용하여 수집한다. 속도는 검지기 간 거리를 pulse wave의 시간차로 나누면 쉽게 구해진다. 속도 수집의 기본단위는 30초이다. 속도 산출 공식은 다음과 같다.

개별 차량의 속도(km/h)

$$= \frac{\text{2개의 검지기간격(km)}}{\text{2개 검지기에 차량이 검지되는 시간차(hour)}}$$

30초단위 차량 평균속도(km/h)

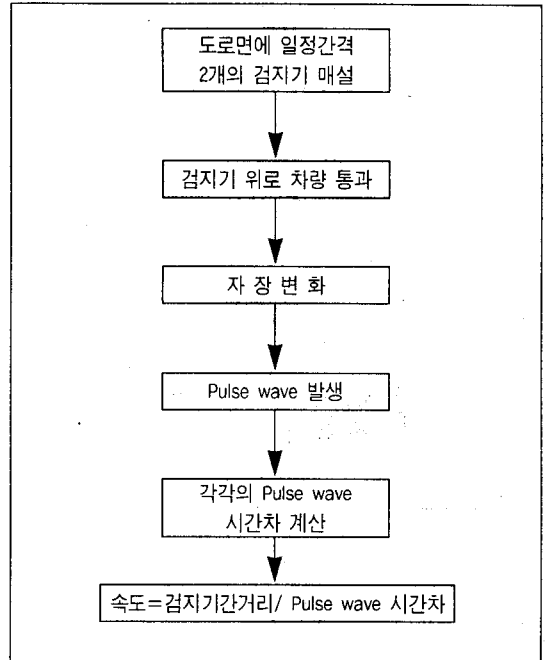
$$= \frac{\text{30초간 각 차량의 평균속도의 합}}{\text{30초 동안의 차량대수}}$$

(2) 개발방법

자기검지기는 속도를 검지하기 위해서는 반드시 2개의 센서를 이용해야한다. 자기검지기는 루프검지기와는 달리 센서의 면적이 아주 작기 때문에 길이에 대한 고려를 할 수 없다.

1차 실험에서 속도를 수집하는 과정을 살펴보면 다음과 같다.

- (-)Pulse wave와 (+)Pulse wave의 차량인식 전압을 설정한다.
- (-)Pulse wave 전압이 (-)4V에서 차량으로 인식



<그림 6> 속도 검지 흐름도

하도록 설계되었다면(<그림 7>의 1번 센서 참고), (-)4V 이상의 Pulse wave에서는 차량으로 인식하지 못하고 (+)Pulse wave에서 차량으로 인식하게 된다(<그림 7>의 2번 센서 참고).

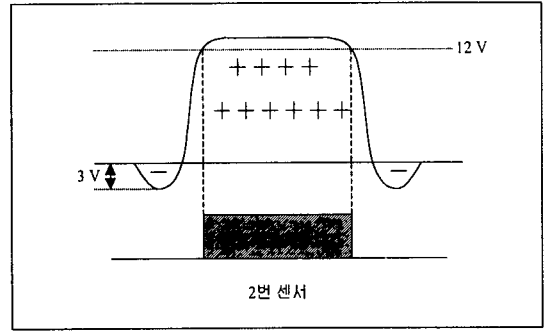
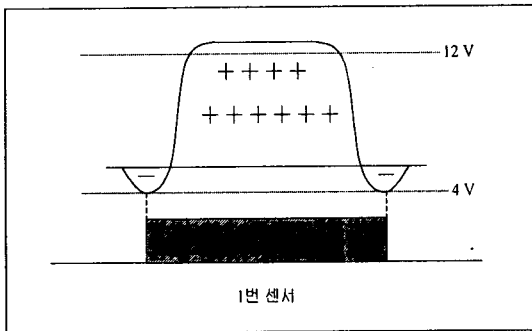
- 속도를 산출하는 알고리즘은 1번 센서의 Pulse wave 시작점에서부터 2번 센서의 Pulse wave 시작점까지의 시간차를 이용한다.

위와 같은 1차 실험을 통하여 수집된 속도에 대한 자료는 <그림 14>와 같이 그래프상에 나타나있으며 통계적 분석 결과인 등가계수가 0.955로 나타났다. 이처럼 통계적 분석결과가 실측치와 다소 차이가 발생한 이유는 1번 센서와 2번 센서의 (-)Pulse wave의 전압이 아주 미세하기 때문에 2개의 센서 중 어느 하나의 센서는 가끔 설정전압에 도달하지 못하는 경우가 발생하게 된다. (-)Pulse wave에서 차량을 인식하지 못할 경우에는 (+)Pulse wave의 전압에서 차량으로 인식하게 됨으로 속도 산출에 있어서 차이를 보이게 된다.

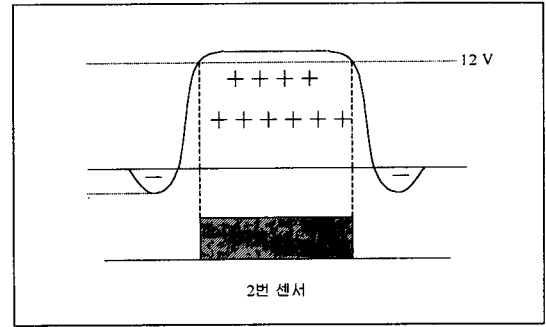
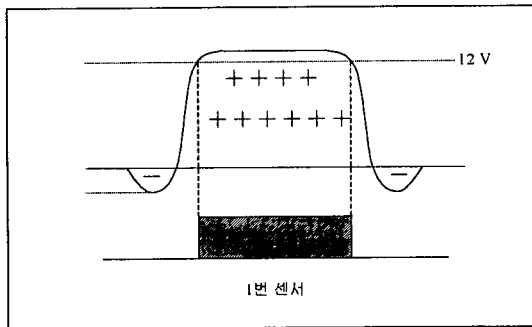
이러한 문제점을 보완하기 위하여 2차 실험에서는 (-)Pulse wave에 대한 고려를 하지 않고 (+)Pulse

wave에 대해서만 고려했다(〈그림 8〉 참고). (+)Pulse wave는 (-)Pulse wave 보다 전압이 훨씬 크기 때문에 1차 실험과 같은 error를 제거할 수 있었다. 이와

같은 보안을 한 후 2차 실험에서는 비교적 정확한 속도가 산출되었으며, 통계적 분석을 실시한 결과 등가 계수 0.986을 얻었다.



〈그림 7〉 1차 실험 속도 산출을 위한 Pulse wave



〈그림 8〉 2차 실험 속도 산출을 위한 Pulse wave

속도 수집을 위해 수정·보완된 알고리즘은 다음과 같다.

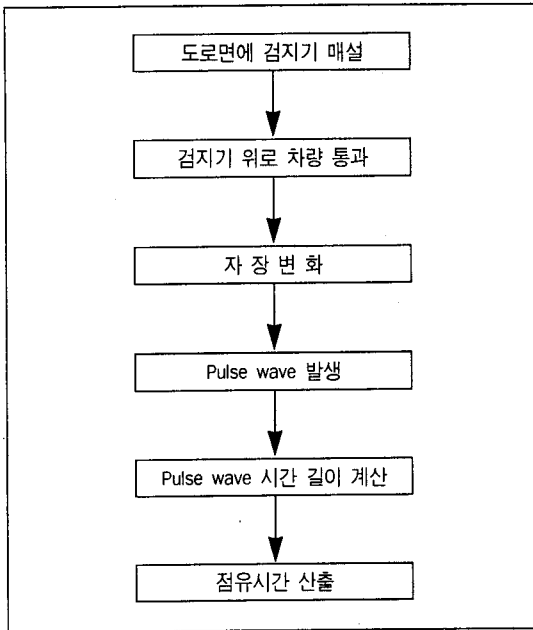
- 1차 실험 : 2개의 센서에서 수집되는 Pulse wave 시작점을 (-)Pulse wave가 되는 시점에서 계산됨
- 1차 실험 문제점 : (-)Pulse wave는 미세하기 때문에 시작점을 정확히 검출하지 못하고 (+)Pulse wave에서 시작점을 검출할 경우 발생함
- 1차 실험 보완 : 속도는 2개 센서의 시작점만을 정확히 검출하면 되므로, 시작점이 정확한 (+)Pulse wave에서 시작점으로 검출함

### 3) 점유율

#### (1) 개요

점유율은 단위시간당 차량이 존재하는 시간에 대한 비율이다. 이는 검지기로부터 수집되는 pulse wave의 지속시간으로 결정된다. 각 차로에는 2개씩의 센서(sensor)가 있지만 2개의 센서에서 수집되는 점유 시간에 대한 평균을 구하는 것이 아니라, 각각의 센서 성능이 같기 때문에 둘 중 하나에서 수집되는 pulse wave의 지속시간을 산출하게 된다. 점유율에 대한 공식은 다음과 같다.

$$\text{점유율(\%)} = \frac{30\text{초동안 on-pulse 신호 지속시간의 합}}{30\text{초 동안의 통과차량대수}} \cdot 100$$



〈그림 9〉 점유시간 검지 흐름도

(2) 개발방법

차량이 센서 위를 통과하는 것을 인식하는 방법은 센서에서의 자장의 변화를 제여기가 1/1000(sec)마다 검사하는 것이다. 예를 들어, 속도가 동일하고 길이가 서로 다른 차량이 센서를 통과한다면 길이가 긴 차량의 점유시간이 더 길어지는 것은 당연하다.

속도 실험에서 발견된 error와 마찬가지로 점유율에 대한 1차 실험도 같은 error를 발생시켰다. 2차 실험에서는 속도 산출에서 보완한 사항이 적용되어서 1차 실험보다는 신뢰도가 조금 좋아졌다. 하지만 1차 실험과 2차 실험에서 신뢰도는 여전히 낮게 산출되었으며, 그 이유는 2회의 실험 모두 자기검지기의 특성으로 나타나는 잔류자화에 대한 고려를 하지 못했기 때문인 것으로 나타났다. 자기검지기의 소재는 자성체이므로 차량의 길이를 검지한 센서는 차량이 지나간 후에도 자화가 남아있게 되며 일정 시간이 지나면 없어지게 되는데, 이 시간이 오실로스코프의 출력에는 PLUS되므로 실제 차량길이를 얻고자 할 때는 잔류자화 시간을 MINUS시켜야 한다.

점유율 자료 수집을 위해 수정·보완된 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1차 실험 : 1차 속도 실험과 동일한 방법임
- 1차 실험 문제점 : 1차 속도 실험 문제점과 동일하게 (-)Pulse wave의 차량 검출 시작점과 끝점이 정확하지 않았음
- 1차 실험 보완 : Pulse wave의 시작점과 끝점을 (+)Pulse wave로 설계함

3. 분석방법 및 결과

1) 분석방법

(1) 등가계수

자기검지기의 신뢰도 평가를 위하여 사용된 분석방법은 '등가계수'라는 통계적 분석방법을 사용하였으며 그 내용은 다음과 같다.

등가계수란 기준값에 대하여 측정값이 얼마나 접근하고 있는지 판별하기 위한 계수로서, 만일 기준값과 측정값이 일치할 경우에는 등가계수의 값은 1이 되며, 이 값의 범위는 0부터 1사이의 값을 가진다. 즉 1에 가까울수록 기준값과 측정값이 일치하고 있는 것이며, 0에 가까울수록 그 반대의 경우가 되는 것이다. 이 등가계수를 구하는 식은 다음과 같다.

$$\text{등가계수} = 1 - \frac{\sqrt{\sum_i (f_i - f_d)^2}}{\sqrt{\sum_i f_i^2} + \sqrt{\sum_i f_d^2}}$$

where,  $i$  :  $i$ 번째 단위시간

$I$  : 얻어진 자료의 총 개수

$f_i$  :  $i$ 번째 단위시간에서의 기준자료의 값

$f_d$  :  $i$ 번째 단위시간에서의 대상자료의 값

(2) 대응비교검정법(Paired Differencd t 검정법)

대응비교검정법은 실험자료를 동질적인 실험단위끼리 묶어서 쌍으로 관측값을 얻어 그 효과를 비교하고자 할 경우에 많이 적용하는 검정법이다.  $I$ 개의 주기에 대한 자료를  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_I, y_I)$ , 그 차이를  $D_1 = x_1 - y_1, \dots, D_I = x_I - y_I$ 라고 할 때의 검정 통계

량은 다음과 같다.

$$T = \frac{\bar{D}}{\sqrt{V_D/I}}$$

- where, T : 검정 통계량
- I : 얻어진 자료의 총주기의 개수
- $V_D$  : 불편분산
- $\bar{D}$  :  $D_i$ 의 평균

이 검정 통계량은 자유도(I-1)인 t-분포를 따른다. 검정을 위한 가설은 다음과 같다.

- $H_0$ (귀무가설): 각 검지기에서 얻어진 자료값이 기준값과 같다고 볼 수 있다.
- $H_1$ (대립가설): 각 검지기에서 얻어진 자료값이 기준값과 같다고 볼 수 없다.

검정에 있어서의 유의수준( $\alpha$ )은 0.05와 0.01의 두가지를 사용했다.

## 2) 자료요약

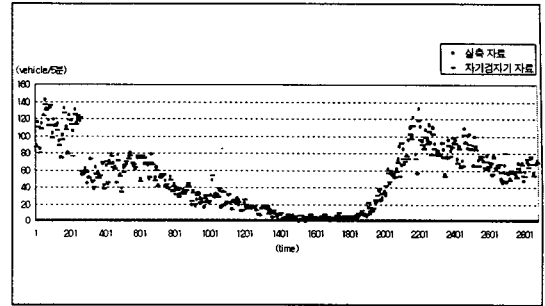
### (1) 교통량

1차 실험과 2차 실험 교통량은 자기검지기에서 수집된 대상자료와 비디오 촬영을 통해 수집된 기준자료를 실내에서 비교·분석하였다. 자료수집 시간은 24시간이며, 분석 단위시간은 5분으로 하였다. 이상자료의 제거<sup>1)</sup>를 위해 기준자료의 99.74% 신뢰도 범위(평균으로부터  $3\sigma$  이내 범위) 이내에 존재하는 자료만을 분석대상으로 사용하였다.

자기검지기에서 수집된 교통량 자료와 비디오 촬영을 통해 수집된 교통량 자료가 <그림 10>, <그림 11>, <그림 12>, <그림 13>에서 그래프로 나타나 있다.

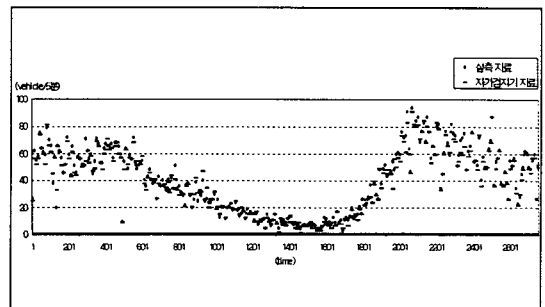
#### ▶ 1차 실험

1차로 교통량자료의 수집 시간은 1998년 2월 17일 14:00~18일 14:00까지 24시간이다.



<그림 10> 1차 실험 1차로 교통량 자료

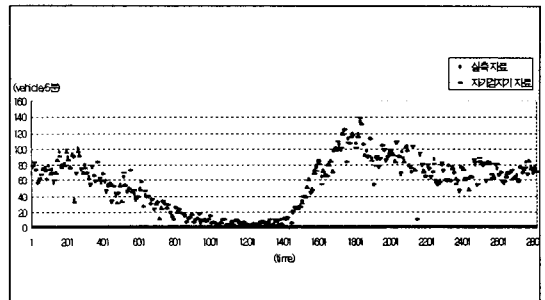
2차로 교통량자료의 수집 시간은 1998년 2월 17일 12:33~13:34까지 1시간과 17일 16:07~18일 14:00까지 22시간이다.



<그림 11> 1차 실험 2차로 교통량 자료

#### ▶ 2차 실험

1차로 교통량자료의 수집 시간은 1998년 5월 21일 17:00~22일 17:00까지 24시간이다.

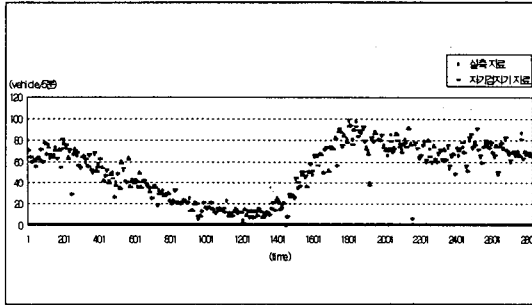


<그림 12> 2차 실험 1차로 교통량 자료

1) 정상적인 data가 비정상적인 data(이상원인)로 인하여 검지자료의 신뢰성을 현격히 저하시키는 우려를 방지하기 위해 이상치를 제거한 후 통계분석을 실시한다.



2차로 교통량자료의 수집 시간은 1998년 5월 21일 17:00~22일 17:00까지 24시간이다.



<그림 13> 2차 실험 2차로 교통량 자료

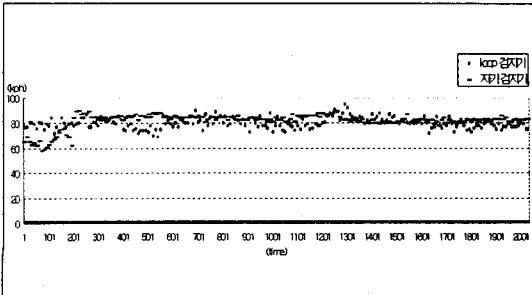
(2) 속도

1차 실험과 2차 실험에서 속도자료는 자기검지기에서 수집되는 대상자료와 루프검지기에서 수집되는 기준자료를 비교·분석하였다. 자료수집 시간은 24시간이며, 분석 단위시간은 5분으로 하였다. 이상자료의 제거를 위해 기준자료의 99.74% 신뢰도 범위(평균으로부터 3σ 이내 범위) 이내에 존재하는 자료만을 분석대상으로 사용하였다.

1차 실험과 2차 실험에서 수집된 속도 자료에 대한 그래프가 <그림 14>, <그림 15>에 나타나 있다.

▶ 1차 실험

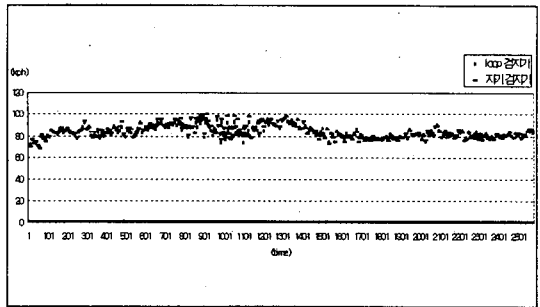
기준자료인 루프검지기의 평균 속도는 79.6kph이며 표준편차는 9.95kph로 수집되었다. 또한 대상자료인 자기검지기의 평균 속도는 81.9kph이며 표준편차는 7.25kph로 수집되었다. 또한 기준자료와 대상자료간의 신뢰성 평가를 위한 등가계수는 0.955이다. 세부 자료에 대한 그래프는 <그림 14>와 같다.



<그림 14> 1차 실험 속도 자료

▶ 2차 실험

기준자료와 대상자료의 평균속도는 모두 84kph로 동일하게 수집되었으며, 기준자료와 대상자료의 속도에 대한 표준편차는 각각 9.9kph와 11.4kph로 수집되었다. 또한 기준자료와 대상자료간의 신뢰성 평가를 위한 등가계수는 0.986이었다. 세부 자료에 대한 그래프는 <그림 15>와 같다.



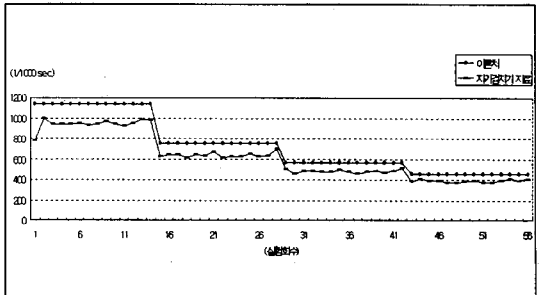
<그림 15> 2차 실험 속도 자료

(3) 점유율

1차 실험에서는 다양한 속도별(20, 30, 40, 50kph)로 적은 sample(test car 운행회수:14회)을 수집했으며, 2차 실험에서는 2가지 속도에 대해 많은 sample(test car 운행회수:32회)을 수집하였다. 2차 실험에서 많은 sample을 얻은 이유는 평가에 대한 통계적 신뢰도를 높이기 위해서이다. 1차 실험에서는 속도가 높아짐에 따라 이론치와 실측치의 차이가 작아지는데 반하여, 2차 실험에서는 그 반대의 결과를 얻었다.

▶ 1차 실험

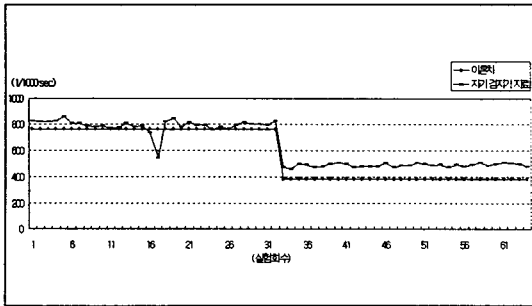
4가지 속도별로 각각 14회씩 총 56회를 실시한 점유율 자료의 그래프는 <그림 16>에 나타나 있다. 속도에 따라 이론치와 실측치의 차이가 발생하지만 안정된 모습을 보여주고 있다.



<그림 16> 1차 실험 점유율 자료

▶ 2차 실험

20kph와 40kph 두 가지 속도에 대해 각각 32회씩 총 64회를 실시한 점유율 자료의 그래프는 <그림 17>에 나타나 있다. 속도에 따라 점유시간의 차이가 다르게 발생되었으며, 1차 실험과는 반대로 속도가 높아짐에 따라 이론치와 실측치의 차이가 커지는 것으로 나타나 있다.



<그림 17> 2차 실험 점유율 자료

3) 분석결과

(1) 교통량

교통량에 대한 통계적 분석 결과는 <표 1>에 나타나 있다. 1차 실험에서 발생한 문제점을 보완한 2차 실험에서는 대체용 검지기로 사용 가능할 만한 통계적 분석결과가 도출되었다.

<표 1> 교통량 자료 분석 결과

	1차 실험		2차 실험	
	1차로	2차로	1차로	2차로
등가계수	0.956	0.960	0.981	0.981
대용비교	$\alpha=0.05$	reject	reject	accept
검정	$\alpha=0.01$	reject	reject	accept

(2) 속도

속도에 대한 통계적 분석 결과는 <표 2>에 나타나 있으며, 1차 실험은 기준치에 대한 실측치가 다소 차이가 있었으며 2차 실험에서는 매우 높은 통계적 분석 결과가 도출되었다.

(3) 점유율

점유율 자료에 대한 통계적 분석 결과가 <표 3>에 나타나 있다. 1차 실험과 2차 실험에서 점유율은 다른 교통변수에 비해 비교적 낮은 통계적 분석결과가

<표 2> 속도 자료 분석 결과

	1차 실험		2차 실험	
	기준자료	대상자료	기준자료	대상자료
평균속도	79.6kph	81.9kph	84.0kph	84.0kph
표준편차( $\sigma$ )	9.95kph	7.25kph	9.9kph	11.4kph
기준자료의 99.74% 신뢰도 범위내의 속도	50kph~110kph		54kph~114kph	
등가계수	0.955		0.986	
대용비교	$\alpha=0.05$	reject	accept	
검정	$\alpha=0.01$	reject	accept	

도출되었다. 1차 실험에서는 기준자료에 대해 대상자료의 점유시간이 낮게 수집되었으며, 2차 실험에서는 1차 실험과는 반대로 기준자료에 대해 대상자료의 점유시간이 높게 수집되었다.

<표 3> 점유율 자료 분석 결과

		1차 실험		2차 실험	
		이론치 평균	실측치 평균 (회수:14회)	이론치 평균	실측치 평균 (회수:32회)
속도별	20kph	1132.92(sec)	938.01(sec)	762.84(sec)	791.64(sec)
	30kph	755.28(sec)	637.71(sec)	-	-
	40kph	566.46(sec)	481.23(sec)	381.42(sec)	490.78(sec)
	50kph	453.17(sec)	388.03(sec)	-	-
	등가계수	0.909		0.990	
대용비교	$\alpha=0.05$	reject		reject	
검정	$\alpha=0.01$	reject		reject	

4) 종합평가

<표 4>는 1차 실험과 2차 실험에서 수집한 자료를 등가계수와 대용비교검정법을 이용하여 분석한 결과이다. 1차 실험과 2차 실험을 전체적으로 비교했을 때 2차 실험에서 등가계수가 높게 나타났으며, 특히 속도에 대한 자료가 가장 신뢰도가 높게 나타났다. 또한 교통량에 대한 자료도 비교적 높은 신뢰도를 보였다. 하지만 점유율에 대한 자료는 루프검지기를 대체할만한 신뢰도를 보이지 못했다. 그러나 점유율에서 얻어진 결과에 대한 문제점을 파악하여 이에 대한 보완이 이루어진다면 FTMS용 대체검지기로 사용 하기에 문안할 것으로 전망된다. 1차 실험과 2차 실험에서 점유율에 대한 신뢰도가 낮게 수집되었던 바, 부록에서는 루프검지기에서 수집된 점유율자료와 자기검지기에서 수집된 점유율자료의 경향성을 파악하기 위해 2차 실험에서 수집한 4시간 점유율자료를 사용하였다. [부록 1]은 가공되지 않은 자기검지기의

자료와 루프검지기 자료이며, [부록 2]는 자기검지기의 개별자료를 1.78로 나눈 후 실제 루프검지기 자료와 비교한 것이다. [부록 2]에서 분석된 결과에 따르면 루프검지기와 자기검지기의 점유율에 대한 경향성은 매우 유사한 것으로 나타났으며, 등가계수는 0.95로 산출되었다.

〈표 4〉 종합비교표

		1차 실험	2차 실험
교통량	1차로	0.956	0.981
	2차로	0.960	0.981
속도		0.955	0.966
점유율		0.909	0.930

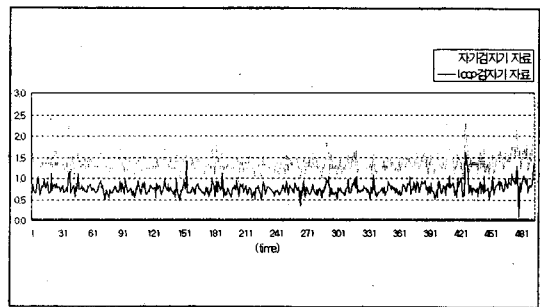
#### IV. 결론 및 향후 연구과제

본 연구를 통하여 자기검지기의 신뢰도 평가를 수행한 결과 비교적 양호한 검지기로 평가되었다. 현재 고속도로 교통관리시스템(FTMS)에서 사용하고 있는 루프검지기는 설치시 교통흐름을 장시간 차단해야 하는 문제점과 도로파손에 따른 보수, 유지관리 비용이 많이 소비되는 문제점이 있다. 이러한 루프검지기의 문제점을 보완하기 위해 자기검지기를 현재 연구 개발 중에 있으며, 현재 점유율자료에 대한 개선이 이루어진다면 향후 FTMS용 검지기 뿐만 아니라 신호제어를 위한 검지기로서의 역할도 가능할 것으로 사려된다.

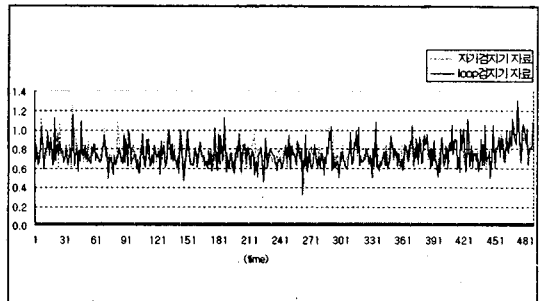
자기검지기는 순수 국내 기술을 바탕으로 개발한 제품이며, 유지 및 보수·관리 측면에서 다른 어떠한 검지기 보다도 우수성을 나타낼 것으로 전망된다. 그리고 현재 실험에서는 검지기와 제어기간에 우선 방식을 사용했지만, 향후 장기적 발전 측면으로 보아 우선 방식을 도입하는 것이 바람직 할 것으로 사려된다.

#### 참고문헌

1. 도로교통안전협회, 대체검지기를 활용한 신호제어 알고리즘 및 S/W 개발 용역 최종보고서, 1997, 9.
2. 서울특별시 지방경찰청, 서울특별시 교통신호 제어시스템개발 연구용역시행 3차년도 결과 보고서, 1993, 12.
3. 금성산전, 신 루프검지기 특성실험에 관한 연구, 1993, 9.
4. Traffic Control System Handbook, ITE.
5. Traffic Detector Handbook, FHWA.
6. Traffic Detector Field Manual, ITE.



[부록 1] loop검지기와 자기검지기 점유율 경향성



[부록 2] loop검지기와 자기검지기 점유율 경향성(보완)