

논문 2006-43TC-9-14

차량 속도 측정의 실무적용을 위한 테이프스위치 센서 방식과 영상 프레임 분석방법의 비교연구

(A Comparison Between the Tape Switch Sensor and the Video
Images Frame Analysis Method on the Speed Measurement of Vehicle)

김만배*, 현철승*, 유성준*, 홍유식**

(Man Bae Kim, Cheol Seung Hyun, Sung Jun Yoo, and You Sik Hong)

요약

현재 국내 도로에 설치되어 있는 무인교통단속장비는 속도 측정을 위해 루프 검지기를 이용하고 있으며 동 검지기의 신뢰도 평가는 주로 비디오카메라 촬영을 통한 영상프레임분석 방법을 이용하여 왔다. 그러나 영상프레임분석 방법은 국가 공인검사방법으로 인정받고 있지만 무인교통단속장비의 검정 분석 대상이 증가하면 증가할수록 자료 분석에 소요되는 경제적 비용과 소요 시간이 큰 폭으로 늘어나 실무적 어려움을 갖게 되었다. 따라서 차량 속도 측정의 실무적용의 용이성을 확보하기 위해 기존의 영상 프레임 분석 방법을 대체 내지는 보완하여 속도를 실시간으로 분석할 수 있는 새로운 속도 측정 방법의 도입이 요구되고 있다.

본 연구에서는 영상 프레임 분석 방법을 대체하고 속도정확도를 실시간으로 분석할 수 있는 방안으로써 테이프 스위치 센서를 이용한 속도 측정 시스템을 통하여 동 시스템의 신뢰도 및 현장 적용 여부를 검토하였다. 본 연구에서 구성한 테이프 스위치 센서를 이용한 속도 측정 방식과 프레임분석에 의한 기존 방식과의 비교·분석한 결과, 대체 사용하여도 무방한 것으로 평가되었다. 따라서 테이프스위치 센서를 이용한 속도측정 장치는 교통단속시스템의 실무적 검수·검정을 단시간 내에 수행할 수 있는 장점이 있어 향후 속도측정용 시험 장비로써 현장 적용 가능성이 매우 높은 것으로 판단된다.

Abstract

In Korea, the vehicle enforcement system(VES) detects speeding vehicle using two inductive loop detectors. And the speed reliability of theirs are evaluated through the analysis of image frame which is captured from video camera. This method is validated to evaluate VES on Korea Laboratory Accreditation Scheme(KOLAS) but it needs much time and expense for the analysis of image frame. Because the number of VES are increasing rapidly, the requirement of new evaluation method is necessary.

On this paper, the tape switch sensor as a substitution of existing method was introduced and its application on the site are discussed. On the site test, we compared the tape switch sensor on the speed measurement of vehicle with the video image frame. As a result, we have founded that the tape switch sensor is evaluated to be feasible system on site in respect to measure the overspeed vehicle.

Keywords : 무인교통단속장비, 루프검지기, 영상프레임, 테이프 스위치 센서, 속도측정정확도, 속도검정장치

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

* 정회원, 도로교통안전관리공단
(Road Traffic Safety Authority)

** 평생회원, 상지대학교 컴퓨터공학부
(School of Computer, Information and
Communication Engineering, Sangji University)

접수일자: 2006년8월14일, 수정완료일: 2006년9월11일

지능형교통체계(ITS)의 서브시스템인 교통관리 최적화 시스템의 하나로 교통사고 방지를 위해 설치 운영되고 있는 무인교통단속장비는 속도 측정을 위해 루프 검지기 및 피에조 검지기를 이용하고 있다. 무인교통단속장비는 2006년 1월 현재 3,326대가 설치 운영되고 있으며 향후 5,000여대로 확대될 예정이다^[1].

무인과속단속장비의 핵심은 주행차량의 지점속도를 측정하는 루프검지기의 속도정확도라 할 수 있고 동 정

보에 대한 신뢰도 평가는 영상 프레임 분석방법을 이용하고 있다^[2]. 영상프레임 분석방법은 비디오카메라로 촬영된 영상 자료를 수작업으로 초당 30프레임까지 분석할 수 있으며 현재까지 가장 신뢰도가 높은 실무적용 분석방법으로 알려져 있다.

무인교통단속장비의 경우 현장에 설치된 모든 장비는 1년에 1회 이상 속도 등 차량 검지기의 신뢰도를 검증·평가 받아야 하는 바, 동 장비의 설치대수가 급증하고 있다. 검증 업무폭증으로 인해, 예산부족과 인력부족 등의 실무적 어려움을 갖게 된 현실속에서 기존의 영상 프레임 분석 방법을 대체하여 속도를 실시간으로 분석할 수 있는 새로운 속도 측정 방법의 도입이 요구되고 있다.

이와 같은 배경에서 본 연구의 목적은 비디오카메라 촬영을 통한 영상 프레임 분석방법과 테이프 스위치 센서를 활용한 방법의 비교를 통해 실무적용의 대안을 모색하는데 있다. 이를 위해 본 연구에서는 테이프 스위치 센서를 활용한 속도 측정장치를 구성하고 동 장치가 속도검증 시험장치로서 실무 적용 가능성이 있는지를 현장 실험을 통해 평가한다.

2. 연구 범위 및 방법

본 연구의 범위는 무인교통단속장비에 활용되고 있는 루프검지기의 과속판정에 대한 신뢰도 평가 방법인 영상프레임 분석방법과 그 한계를 분석하고 테이프 스위치 센서 주파수 파형을 활용한 과속 판정 신뢰도 평가방법의 유용성을 검토한다.

연구 방법은 현장실험과 실험실 내에서 현장 실험 자료를 분석하고, 실험분석 자료에 대한 통계적 검증 방법으로 수행된다. 현장실험은 무인교통단속장비가 설치된 지점에 비디오카메라를 설치하여 프레임 분석 방법으로 속도 측정이 가능하도록 영상자료를 수집하며 또한 루프 검지기와 동일한 위치에 테이프 스위치 속도 측정장치를 설치하여 파형에 의한 속도 측정이 가능하도록 한다. 다음으로 실험실에서 비디오카메라를 이용하여 수집한 자료를 영상 프레임 분석기를 이용하여 분석한 속도 값을 테이프 스위치 주파수 파형에 의해 산출한 값과 비교한다. 여기서 영상 프레임 분석 방법의 경우 3명의 숙련된 분석자가 산출한 속도의 평균값을 취하여 비교 평가한다. 이렇게 두 가지 방법으로 도출된 속도 값은 통계적 검증을 통해 과속 판정의 신뢰도 평가의 유용성을 검토한다.

II. 영상프레임 분석방법에 의한 루프검지기 과속 판정의 검증 한계 및 개선대안

1. 속도측정 정확도의 한계

가. 루프검지기를 활용한 속도측정

무인과속단속장비는 자동차의 제한속도 위반여부를 판단하기 위해 속도를 측정한다. 자동차 속도는 지점속도(Spot Speed)로써 단위시간(시, 분, 초)동안 차량이 이동한 거리를 나타내는 것이다. 현재 무인과속단속시스템은 2개의 루프검지기를 <그림 1>과 같이 일정 간격으로 설치하고 차량이 두 루프검지기를 통과한 시간을 측정하여 속도를 계산한다^[3]. 국내 무인과속단속시스템 설치 업체는 대체로 차량 속도측정용으로 팔각 혹은 직각형 모양으로 루프코일을 매설하고 있다^[4].

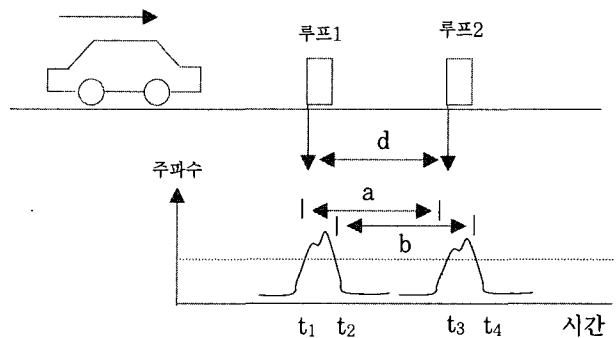


그림 1. 2개의 루프검지기를 이용한 차량속도 측정방법
Fig. 1. Speed measurement using 2 loop detector.

나. 영상프레임 속도측정방법의 한계

무인과속단속장비의 성능검증방법은 장비의 단속 속도를 설정 동작시키고, <그림 2>와 같이 일정시간 동안 교통현장을 비디오로 영상 촬영한다. 동 영상 자료를 영상프레임 분석기에서 일정한 기준점을 설정하고 영상의 일정 구간을 차량이 통과한 시간으로 나누어 속도를 측정하는데 이것을 영상프레임분석방법이라고 할 수 있다. 여기서 영상프레임분석기에 표시되는 프레임 수를 시간(1 프레임 = 1/30초)으로 바꾸어 계산한다. 촬영된 비디오를 프레임 분석하여 측정된 속도 값은 기준 값이 되고, 이 기준값을 무인교통단속장비에서 과속 판정과 비교하여 시스템 오류를 점검한다.

영상 프레임 분석방법의 인적, 기계적 오차를 포함한 종합 오차의 경우, 60 - 90km/h 속도 범위에서 누적 85% 차량속도에 발생할 수 있는 속도오차 영향범위는 ±2% 정도로 분석되고 있고 이 값은 무인교통단속장비

예제) A, B 간의 거리가 10m이고, 차량이 기준점 A로부터 B까지 통과하는데 걸리는 시간(영상 프레임 분석기의 Frame)이 7.5Frame일 때의 속도는 ?

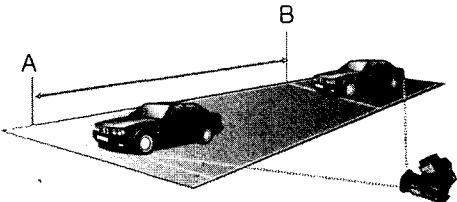
$$\text{속도} = 10\text{m}/7.5\text{Frame} \times 1\text{Frame}/(1/300)\text{sec} \times 3,600\text{km} \cdot \text{sec}/1,000\text{hr} \cdot \text{m} = 144\text{km/h}$$


그림 2. 영상프레임분석에 의한 속도측정방법
Fig. 2. Speed measurement using image frame.

규격서에서 정한 ± 5%보다 적으므로 속도 검증에서 허용차로 실무 적용되고 있다.^[5]

그런데 영상프레임 분석방법의 가장 큰 한계는 정기적으로 검수·검증을 요구하는 장비가 급속히 증가될 경우 검증자료 분석시간이 너무 길게 소요된다는 점이다. 영상프레임 속도측정방법의 한계를 극복하기 위한 속도검증용 대안은 속도측정노면표시검지자, 레이저검지기, 고속촬영장비를 이용한 속도측정, 루프검지기주파수 파형분석, 테이프스위치 센서 파형 분석 방법 등이 제안되고 있다. 특히 본 연구에서는 이동성이 양호하고 도로에 임시설치와 회수가 용이하며 현장에서 루프검지기 등의 속도 비교검정을 즉시 평가할 수 있는 장점이 있기 때문에 테이프 스위치 센서 파형분석방법^[6]을 영상프레임 분석방법의 한계를 극복할 수 있는 대안으로 검토한다.

2. 개선대안 : 테이프스위치 센서를 활용한 속도측정
가. 테이프스위치 센서의 활용 연구사례

테이프스위치센서(Tape switch sensor)는 압력식 센서로 PVC 피복안에 스위치장치로 구성된 구리도관을 넣어 차량의 압력에 의해 접점이 형성된다. 이것을 전자장치와 연결하여 차량이 테이프스위치를 통과할 때 차량의 하중이 가해짐에 따라 전압의 접점이 발생되는 것을 감지하여 차량의 속도 등을 측정하는 방식이다. 테이프스위치센서의 동작원리는 <그림 3>과 같이 압력이 센서에 가해지면 접점이 형성되는 스위치 구조로, 센서에 압력이 가해짐과 동시에 반응하여 수 μs 이내로 반응시간이 빠르다는 특징이 있다^[7].

또한 테이프스위치 센서는 첫째, 대형이나 소형차에

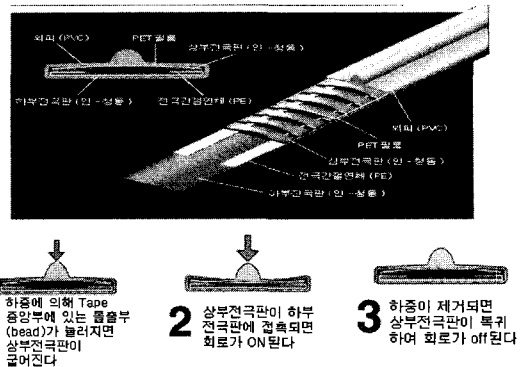


그림 3. 테이프스위치 구조 및 동작원리
Fig. 3. Operation Principal of Tape Switch Sensor.

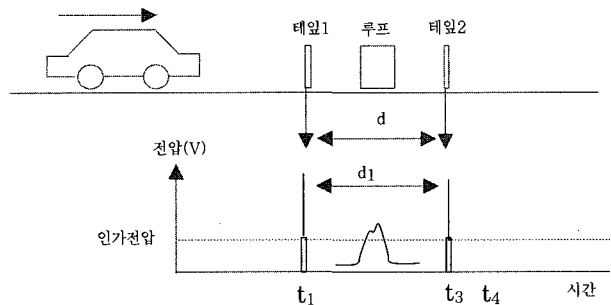


그림 4. 테이프스위치 센서를 이용한 속도측정 방법
Fig. 4. Speed measurement using Tape Switch Sensor.

서 모두 순간적인 접점 형성, 인접차선 및 진입차량 등의 진동에 의한 영향 없으며, 둘째, 재질의 유연성으로 이동성과 설치가 용이하고, 셋째, 임시설치 시에 접착테이프 등으로 노면에 고정시킬 수 있는 등의 특성이 있다.

이러한 이유로 한국건설기술연구원에서는 테이프스위치센서를 활용해 루프나 영상검지기 등의 측정 속도 검사장치로써의 개발 가능성을 분석하였다. 즉, <그림 3>과 같이 2개의 테이프스위치센서를 설치하고 중간에 차량준용 루프검지기를 설치해 속도를 측정하는 것으로 신뢰도가 높은 것으로 보고되었다^[8]. 외국의 연구결과에 의하면 테이프 스위치 센서와 유사한 피에조검지기는 1% 정도의 속도측정 오차를 갖는 것으로 보고된 바 있다^[9].

나. 실무용 속도검정장치 구성 및 평가연구 필요

테이프스위치 주파수 파형분석 방법을 실무적용하기 위해서는 실제 속도검증용 보조장치로써 어떻게 구성해야 하며, 구성된 보조장치가 실제 적용할 만한 신뢰성이 있는지 등 구체적인 속도검증용으로 평가하기 위한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 테이프스위치센서를 활용한 이동용 루프검지기 과속판정 보조장

치를 구성하고, 보조장치의 속도측정의 신뢰성 등을 검토한다.

III. 테이프스위치센서를 활용한 루프검지기 과속판정 신뢰도 검정장치의 구성

1. 검정장치의 속도측정 원리

테이프스위치 센서의 차량 진입시 파형의 변화 형태는 <그림 5>와 같다. 즉 차량이 진입하면서 차량의 압력이 센서에 가해지고 접점이 형성되는 동안 주파수를 발생시켜 해당 주파수 데이터를 저장하는 방식이다. 2개의 센서에서 발생하는 파형 형태는 크기가 동일하며 차량 전륜과 후륜에서 파형을 만드는 특성을 보인다. 두 센서에서 발생된 주파수 파형을 이동(shift)시켜, 겹쳐질 때까지의 이동시간차로 차량의 통과속도를 측정한다.

속도측정 원리는 0.417ms 간격으로 센서의 주파수 변화를 샘플링하여 1차 센서와 2차 센서에서 발생된 주파수 파형을 차량의 전륜과 후륜이 통과할 때 각각 얻는다. 주파수 파형 값은 <그림 5>와 같이 0.417ms 시간 간격을 갖는 그래프로 표현할 수 있다. 또한 <그림 6>은 1, 2차 센서를 통과하는 차량의 전륜과 후륜 각각의 주파수 파형을 시간에 따라 나타낸 것으로 파형이 반복되어 나타나는 시간 차이를 차량의 이동 시간으로 간주하고 센서 간의 거리를 이동시간으로 나누면 센서를 지날 때의 차량의 이동 속도를 구할 수 있다.

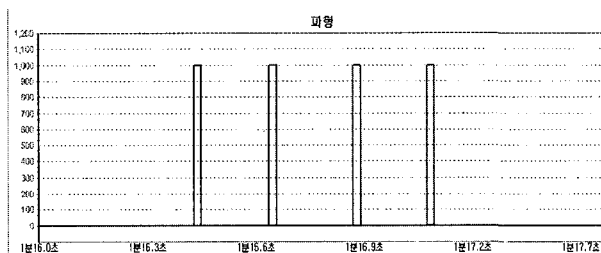


그림 5. 테이프스위치 센서에 차량 진입시 주파수 파형
Fig. 5. Frequency Shape as vehicle entered Tape Switch Sensor(before shift).

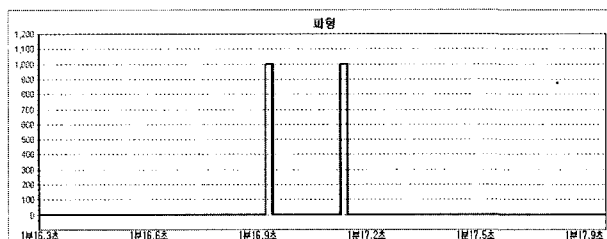


그림 6. 테이프스위치 센서 파형 이동
Fig. 6. Shifted frequency shape of sensor as vehicle entered.

이와 같은 속도측정 원리는 전체의 주파수 변화 값이 기준(Threshold)이 된다. 따라서 여러 단계의 기준값(Threshold frequency)을 설정하여 두 검지기간 차량의 진입과 진출 속도를 여러 차례 계산하여, 평균값을 산출하는 결과를 가져와 오차를 최소화할 수 있다. 속도 계산의 예는 주파수 샘플링 간격을 0.417ms로 하고 두 검지기간에 발생된 주파수 파형을 이동한 시간 간격이 1,123ticks일 경우 속도는 (1시간 * 센서거리) / (Sampling주기 * 이동량)으로 30.75km/h로 계산된다. 여기서 이동량= 1123ticks, Sampling 주기= 0.417ms, 테이프스위치센서간 거리 = 4m이다.

2. 과속판정 신뢰도 검정장치의 구성

가. 개요

테이프스위치센서의 파형분석 방식을 이용하여 무인교통단속장비 검지기의 과속판정 신뢰도 검정 시스템의 구성은 <그림 7>과 같다. 우선 테이프스위치센서는 무인교통단속장비의 루프검지기와 동일한 위치에 설치하고, 검지장치를 통하여 속도를 측정한다. 그리고 제어 컴퓨터에서는 검지장치로부터 전송되는 속도자료를 실시간으로 관리·저장하고, 차량 존재로부터 발생하는 트리거 신호에 의하여 통과차량의 영상을 촬영·녹화장치로부터 전송되는 영상자료를 정지영상으로 저장 관리한다.

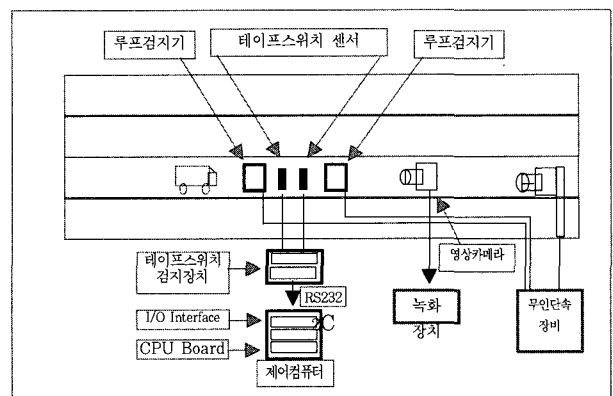


그림 7. 테이프스위치 센서에 의한 속도측정장치 개념도
Fig. 7. Scope of speed measurement device using tape switch sensor.

나. 검정장치의 구성요소

- (1) 테이프 스위치 센서 및 검지장치
- 속도측정 장치로 제작된 주파수 파형분석의 테이프

스위치 각 장치별 특성은 다음과 같다. 차량 검지용(속도 측정용) 테이프스위치센서는 PVC로 봉합 처리된 1.8m 길이의 센서와 30m 길이의 리드인(lead-in)선으로 구성되는 일체형으로 제작하였다.

검지장치는 0.417ms간격으로 테이프스위치 전압의 변화를 확인하고, 차량의 바퀴압력에 의하여 스위치테이프 접점이 형성이 되는 순간 시간을 획득한다. 두 개의 테이프스위치가 동작한 시간차와 테이프스위치 센서간 거리에 의해 차량의 속도를 산출할 수 있도록 하였다.

(2) 영상녹화장치

영상캡처장치(Frame Grabber)는 현장 시험기간 동안 통과하는 차량의 증거자료를 영상으로 확보하기 위한 장치이다. 영상캡처보드는 노트북컴퓨터에서 수용가능하고, 현행 인수성능시험이나 검·교정 시험업무에서 사용하고 있는 비디오카메라(8mm, 16mm)의 아날로그 영상신호를 수용할 수 있는 사양의 장치를 선택하였다.

영상캡처장치는 PCMCIA 2.1/JEIDA 4.1 호환기능의 카드로 제어컴퓨터의 CPU를 거치지 않고 영상캡처보드로부터 영상데이터가 비디오 메모리로 바로 전송하는 기능(DMA 지원)을 가져, 제어컴퓨터에서 주파수데이터를 수신할 때 영상처리에 의한 지연과 손실 등의 영향을 최소화하도록 하였다.

IV. 현장 실험 결과 및 논의

1. 실험 및 분석방법

가. 실험방법

실험장치 구성은 <그림 8>과 같이 테이프스위치센서, 검지장치, 비디오 영상촬영장치 및 제어 컴퓨터 등으로 구성되어 설치지점의 모든 통과차량에 대한 차량 영상, 속도 등의 자료를 수집하였다.



그림 8. 테이프스위치 센서 장치 및 현장실험 장소
Fig. 8. Site and device for speed measurement.

테이프스위치센서의 오차분석의 기준 속도를 산출하기 위한 영상 프레임분석 목적으로 1차와 2차 루프검지기 전·후 10m 거리에 흰색 마킹(Marking)을 하였고 차량 정면과 측면 방향에 비디오카메라를 설치하여 통과차량의 영상을 모두 녹화하였다. 현장실험 장소는 무인교통단속장비가 설치된 분당 도시고속화도로였으며, 실험 시간은 1차와 2차 각각 1시간 30분정도 주간에만 실시되었으며, 분석 차량 대수는 1차 176대, 2차 207대였다.

나. 실험자료 분석방법

영상프레임 분석기를 이용해 측정된 속도[3]와 테이프스위치센서를 통해 검지한 속도를 비교하여 오차를 측정하고 통계적 검증을 통해 신뢰도를 평가한다. 그런데 1/300초까지 분석 가능한 비디오 영상프레임 분석기의 분석방법은 초당 30프레임 영상을 300프레임으로 확장 분석하는 방식으로 분석자의 숙련도에 따라 오차가 발생할 수 있기 때문에 오차를 최소화하기 위하여 숙련자 3명에게 1회씩 분석하여 3명의 분석 자료를 평균하고, 그 값을 적용하였다. 또한 분석기 자체의 기계적 오차가 존재할 수 있기 때문에 이를 최소화하기 위하여 한국표준과학연구원에 교정된 프레임분석기(30.036프레임/초)를 이용하여 분석하였다.

2. 실험 결과 및 논의

가. 실험결과 및 통계적 검증

테이프스위치 센서의 주파수 파형분석에 의한 측정된 속도 값과 비디오 영상프레임 분석에 의한 속도 값을 비교한 결과는 <그림 9>와 같다. 즉, 1, 2차 실험 결과, 프레임 분석 값과 비교하여 테이프스위치 센서에

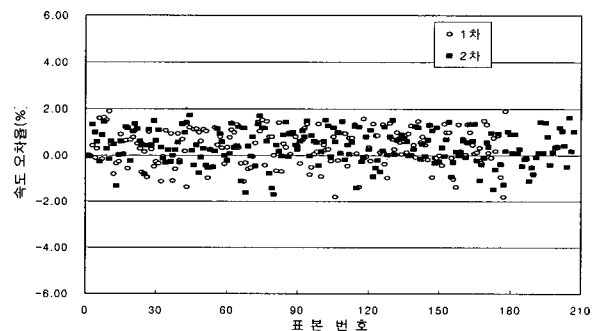


그림 9. 테이프스위치센서의 1, 2차 속도 오차율 분포
Fig. 9. Error rate of 1st and 2nd speed measurement using tape switch sensor.

의한 속도의 평균오차가 1% 미만, 즉 프레임 분석에 대한 상대 오차가 1%인 것으로 나타났다.

본 연구에서 프레임 분석 값으로 비교한 것은 현실적으로 도로현장에서 사용할 수 있는 절대오차가 1%이내의 속도 측정 장비를 찾는 것이 불가능하였기 때문이다. 또한 무인과속단속시스템 규격에 속도 정확도를 5% 미만으로 규정하고 있기 때문에 시스템의 과속판정 검증하는 방법에 있어서 프레임 분석도 가능하다고 판단하였기 때문이다.

나. 통계적 검증

현장 실험자료 분석 방법론은 주파수 파형에 의해 계산된 속도 값과 비디오 프레임분석에 의해 계산된 속도 값을 비교하여 두 속도측정장 간의 분산이 동일한지의 가정으로부터 시작하는 연역법으로 한다. 즉, 두 속도측정방법 간에 의미 있는 차이가 존재하는지를 판단하기 위해서는 두 속도측정방법 간의 차이를 비교할 필요가 있다. 이에 적합한 통계적 검증방법으로 다음과 같은 가설을 설정하여 유의확률을 산출하여 적용하였다.

○ 귀무가설 H_0 : 두 속도측정방식의 분산은 동일하다.

테이프스위치 검지기 파형분석에 의한 속도 값과 비디오 프레임분석에 의해 계산된 속도 값을 비교하여 두 속도 오차 값 사이의 분산이 동일한지 여부를 통계적으로 검증하였다. 즉, 두 개의 모집단간의 차이가 존재하는지를 판단하기 위해서 t검정을 적용한 결과 <표 1>

표 1. 2차 실험 속도오차 분석 결과
Table 1. Speed measurement results.

| 구 분 | 1 차 | | 2 차 | | 통 합 | |
|------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | 프레임 분석 | 테이프 스위치 | 프레임 분석 | 테이프 스위치 | 프레임 분석 | 테이프 스위치 |
| 속도평균 | 55.7 | 55.5 | 56.0 | 55.7 | 55.8 | 55.6 |
| 속도오차 평균 | 0.36 | | 0.36 | | 0.36 | |
| 속도오차 표준편차 | 0.83 | | 0.73 | | 0.77 | |
| 속도오차 분산 | 0.68 | | 0.53 | | 0.60 | |
| 유의수준(α) | 0.010 | | 0.010 | | 0.010 | |
| t검정통계량 | 0.20 | | 0.18 | | 0.19 | |
| t기각치 | 2.59 | | 2.59 | | 2.59 | |
| 표본수 | 176 | | 207 | | 383 | |
| 귀무가설 채택여부 | 채택 | | 채택 | | 채택 | |

주 : 오차율(%) = (측정속도-기준속도)/기준속도×100

과 같이 1, 2차 모두 유의수준(α) 0.010에서 t분포의 검정통계량이 임계값보다 작아 귀무가설을 99% 유의수준에서 채택하여 두 속도측정방식의 측정치의 속도 오차 값은 동일하다고 할 수 있다.

이상의 결과로부터 테이프스위치 검지기 파형분석에 의한 속도검정 방식은 기존 검정방법과 비교하여 실무 적용성에 별 무리가 없는 속도측정 장치라고 할 수 있다.

다. 실험 결과 논의

현장 실험에서 알 수 있듯이 테이프 스위치 센서는 현장에서 바로 속도측정 결과를 산출할 수도 있고, 또 정밀한 분석을 위해서는 검지장치에 저장된 주파수 값을 분석용 컴퓨터에 이동시켜 수동으로 재분석할 수도 있다. 특히 컴퓨터에서 주파수 이동에 의한 분석이 영상 프레임 분석방법에 비하여 적은 시간이 소요되고 분석이 용이하다는 장점도 있다.

따라서 테이프스위치 검지기를 이용한 속도측정장치는 교통단속이나 교통정보 수집 목적의 여타 검지기의 속도를 비교·검정할 수 있으며, 단시간 내에 시험결과 분석이 가능한 특징을 갖고 있어 시험장비로 현장 실무에 많은 도움을 줄 것으로 판단된다. 다만 테이프스위치를 도로면에 별도로 설치해야 하므로 설치시 사고의 위험이 존재하며 또 우천 등으로 인하여 노면이 습한 경우 센서의 설치가 어려운 점 등의 문제는 앞으로 극복해야할 과제라고 본다.

V. 결 론

본 연구에서는 무인단속카메라 시스템의 과속판정 검증용으로 사용되고 있는 현행 비디오카메라 촬영을 통한 프레임 분석방법의 대안으로써, 파형분석방식의 테이프스위치센서를 이용한 속도 검정장치를 구성하고 동 장치에 대한 실험을 통하여 검정장치로서 문제점을 점검하고 실무 적용 가능성을 검토하였다.

테이프스위치 센서를 이용한 속도 측정 방식과 프레임분석에 의한 측정방식을 비교한 결과, 기존의 영상 프레임분석방법을 대체 내지는 보완할 수 있을 것으로 분석되었다. 또한 테이프스위치센서를 활용한 과속판정 검정은 현장 적용성 측면에서 볼 때 기존 방법에 비하여 분석시간이 단축되고 분석도 용이하다는 장점도 있다. 즉 영상프레임분석기의 경우 속도오차 검증작업은 2인 1조로 할 경우 숙련자의 경우 1개조에서 1일 2대를 분석할 수 있다. 이에 비하여 본 연구에서 분석한 테이

표 2. 본 연구결과 개선효과
Table 2. Improvement of Research results.

| 구 분 | 기존 영상프레임분석 방법 | 본 연구의 테이프스위치센서 활용방법 |
|-------|---------------|---------------------|
| 분석 속도 | 2대/1초·일 | 4대-8대/일 |

프 스위치 센서를 이용한 속도검정장치의 경우 <표 2>와 같이 현장에서 즉시 속도정확도를 판정하므로 최소 1일 4대를 분석할 수 있어 현재의 영상프레임분석방법보다 2배-4배 이상 신속하게 검증할 수 있을 것으로 추측된다.

그런데도 본 연구의 한계는 프레임 분석 방식이나 테이프스위치센서를 이용한 방식이 루프검지기 자체의 정밀한 속도측정 신뢰도를 평가하는 데 있지 않다는 데 있다. 무인교통단속장비의 과속판정은 어느 정도 속도의 오차를 감안한 것이기에 정밀한 속도측정의 문제가 아니고 무인단속카메라시스템 전체 중 어느 한 부분에 서라도 오류가 있어 과속판정을 잘못했을 경우, 경찰에서 겪게 될 수많은 민원을 방지한다는 측면에서 실무적인 비교검정 차원에서 프레임 분석 방식을 사용해왔다. 그러므로 프레임 분석 방식을 대체하는 테이프스위치센서도 과속판정에 관한 무인교통단속 장비의 시스템 오류를 검정하는 수준이지, 루프검지기 자체의 속도정밀 신뢰도를 평가하는 장치는 아니라는 것이다. 다만, 실무 적용성이 우수한 테이프스위치센서에 속도 외에도 교통량, 차두시간과 점유율 등을 산출할 수 있는 알고리즘 개발 등에 대한 연구가 이루어져 다양한 비교·검정 장치로 발전되기를 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 도로교통안전관리공단, “무인교통단속장비 성과지표 개발에 관한 연구”, 2004. 4.
 [2] _____, “무인과속단속시스템의 효과분석 및 운영방안에 관한 연구”, 1999. 12.
 [3] 강정규, “2중 루프검지기 속도측정 정확도 개선 알고리즘 개발”, 대한교통학회지 제20권 제5호, 2002. 10.
 [4] 도로교통안전관리공단, “루프검지기 속도측정 신뢰도 제고 방안 연구”, 1999. 12.
 [5] _____, “교통단속용 무인장비 인수 성능시험 보고서”, 2001. 2.
 [6] _____, “무인교통단속시스템 검교정시험 개선방안연구”, 2002.
 [7] Microsys Co., “Laser Speed Gun LR90-235/9”, <http://www.microsys.co.kr>.

[8] 한국건설기술연구원, “ITS장비·시스템 성능평가 및 신기술 지정보호체계 구축 연구”, 2004.
 [9] Traffic Technology International, “Finger on the Pulse Piezos on the rise”, June/July '99.



김 만 배(정회원)
 1984년 건국대학교
 기계공학과(공학사)
 1986년 건국대학교 대학원
 (행정학 석사)
 1994년 건국대학교 대학원
 (행정학 박사)

1990년~1995년 교통개발연구원
 (현 한국교통연구원 연구원).
 2006년 현재 도로교통안전관리공단 교통과학
 연구원 수석연구원
 <주관심분야: 교통안전정책, 지능형교통체계, 교
 통단속시스템>



유 성 준(정회원)
 1992년 광운대학교
 전자계산과(학사)
 1999년 서강대학교
 정보통신학과(석사)
 2006년 서울시립대
 교통공학과 박사과정

현재 도로교통안전관리공단 교통과학연구원
 <주관심분야 : ITS, 교통안전 >



현 철 승(정회원)
 1992년 성균관대
 기계설계과(공학사)
 1994년 성균관대
 기계설계과(공학석사)
 2003년 성균관대
 기계설계과(공학박사)

현 도로교통안전관리공단 교통과학연구원
 <주관심분야 : ITS, 지능형 자동차, 교통안전 >



홍 유 식(평생회원)
 1984년 경희대학교
 전자공학과(학사)
 1989년 뉴욕공과대학교
 전산학과(석사)
 1997년 경희대학교
 전자공학과(박사)

1985년~1987년 대한항공(N.Y.지점 근무)
 1989년~1990년 삼성전자 종합기술원 연구원
 1991년~현재 상지대학교 컴퓨터공학부 교수
 <주관심분야: 퍼지 시스템, 전문가시스템, 신경망,
 교통제어>