

■ 論 文 ■

원더링 센서를 이용한 차종분류기법 개발

New Vehicle Classification Algorithm with Wandering Sensor

권순민

(한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원)

서영찬

(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 내용
 - II. 차종분류 현황조사
 - 1. 차종분류 변천사
 - 2. 차종분류의 목적
 - III. 차종 자동분류기법 개발
 - 1. 루프 검지기
 - 2. 원더링 기법 개발
 - IV. 원더링 센서를 이용한 차종분류기법 성능 실험 및 분석
 - 1. 원더링 센서 성능 평가
 - 2. 차종분류기법 성능 실험
 - 3. 차종분류기법을 이용한 차종분석 시험
 - V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 차종분류, 원더링, 12종, 피에조센서, 축중계
Vehicle classification, Wandering, 12 Type, Piezo sensor, Weigh-in-motion

요 약

본 연구는 차종분류기법을 개발 하여, 가장 일반적인 교통정보 수집장치인 루프검지기에 피에조타입의 축검지센서를 추가 설치하여 2006년 하반기 국토해양부에서 제시하고 있는 “통합 12종 교통량조사 차종분류가이드”에 따라 차종을 12종으로 자동분류하고, 분류시 오분류를 최소화하는 방안을 목적으로 한다. 차종의 세분류를 위해 차종분류인자를 차량의 길이, 축간거리, 축형식, 각 축별 윤거, 윤형식으로 두고, 각 분류인자의 판독을 위해 루프센서와 축검지센서를 조합한 차종분류시스템을 구성하였다. 본 차종분류시스템에서는 원더링 기법을 적용하였다. 원더링 기법은 차량의 좌우 각 차륜의 횡방향 주행 패턴을 분석하는 것으로서 주행차량의 윤거, 윤형식 등이 판독가능하다. 본 시스템을 이용하여 약 한달간 실증분석을 실시하였으며, 총 교통량 762,420대를 자동분류한 결과 12종 분류로 분류되지 못한 차량이 47대로 전체의 0.006%로 나타났으며, 이는 분류결과를 통계적으로 활용함에 있어서 무시할 수 있는 정도의 높은 수준의 분류율을 나타내는 것이다. 본 시스템을 이용하여 실제 공용도로에서 확보한 신뢰성 높은 차종분류 데이터는 도로의 계획 및 설계, 도로 운영 등에 폭넓게 이용할 수 있으며, 도로 교통계획과 관리계획 수립을 위한 기초적 정보를 제공할 수 있다. 또한 도로 및 교통분야의 다양한 연구에 활용할 수 있는 중요한 자료가 될 것이다.

The objective of this study is to develop the new vehicle classification algorithm and minimize classification errors. The existing vehicle classification algorithm collects data from loop and piezo sensors according to the specification(“Vehicle classification guide for traffic volume survey” 2006) given by the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. The new vehicle classification system collects the vehicle length, distance between axles, axle type, wheel-base and tire type to minimize classification error. The main difference of new system is the “Wandering” sensor which is capable of measuring the wheel-base and tire type(single or dual). The wandering sensor obtains the wheel-base and tire type by detecting both left and right tire imprint. Verification tests were completed with the total traffic volume of 762,420 vehicles in a month for the new vehicle classification algorithm. Among them, 47 vehicles(0.006%) were not classified within 12 vehicle types. This results proves very high level of classification accuracy for the new system. Using the new vehicle classification algorithm will improve the accuracy and it can be broadly applicable to the road planning, design, and management. It can also upgrade the level of traffic research for the road and transportation infrastructure.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

고속국도, 일반국도 및 지방도의 차종별 교통량 자료는 도로의 계획과 건설, 유지관리, 교통류 분석 및 도로 행정에 필요한 기본자료이며 각종 연구에 필요한 기초자료로 활용되어지는 필수적인 요소이다. 현재 도로법(제7조의2, 제9조 제3항 제2호 및 동법시행령 제9조의2 제1항)에 의한 교통량 조사는 고속국도 및 지방도의 경우 해당 도로 관리청에서 매년 10월 셋째 주 목요일 07시부터 익일 07시 까지 24시간 1회 수시조사를 실시하고 있고, 일반국도의 경우 365일 상시조사 및 연 3회 수시조사를 실시하고 있으며, 조사지점은 전국 1757여 개소에 달한다(2008년 기준, 국토해양부, “교통량조사 차종분류가이드”). 이러한 차종별 교통량 조사를 위해서는 차종을 쉽게 식별할 수 있는 분류 체계가 이루어져야 하며 조사 시 오분류를 최소화하는 기법이 필요하다.

과거에 조사기관 및 대상 도로의 등급에 따라 8종, 11종 등 다양하게 분류되어오던 차종분류체계가 지난 2006년 하반기 국토해양부(당시 건설교통부)의 “통합 12종 교통량조사 차종분류가이드”에 의해 통합분류체계 가이드라인이 제시되었다. 차종별 교통량조사 방법으로는 인력에 의한 육안조사보다는 자동분류장치를 설치, 운영하여 데이터베이스화하는 것이 비용, 효율, 자료의 대표성 측면에서 효과적인 방식이다. 그러나, 이러한 자동분류 장치는 오분류의 위험성을 항상 내포하고 있음을 유의하여야 한다. 검지센서를 이용한 교통정보 수집 장치로는 가장 일반적으로 루프검지기가 있으며, 그 외에도 초음파, 마이크로 웨이브, 자석 검지기, 레이더, 영상 검지기 등이 활용되고 있다.

본 연구에서는 루프검지기에 피에조타입의 축검지센서 2개를 사선으로 추가 설치하여 차종분류를 “통합 12종 교통량조사 차종분류가이드”에서 제시하고 있는 분류 기준에 따라 자동으로 세분화하고 자동분류 시 오분류를 최소화하는 방안을 도출하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구의 내용

본 연구에서는 차종을 최대한 세분화하고 각 차종 간의 분류 알고리즘 상에서 적어도 하나 이상의 분류인자에서 상호간에 중복되는 범위가 없도록 하여 차종간 오

분류를 최소화하는 것을 주요 목적으로 한다. 따라서 본 연구에서는 차종 분류기법에 필요한 분류인자를 다음과 같이 선정하였다.

- ① 차량의 길이(오버행; 1축에서 차두까지의 길이 / 언더행; 마지막 축에서 차미까지의 길이)
- ② 축간거리(축수)
- ③ 축구조(단일축, 조합축)
- ④ 각 축별 윤간거리
- ⑤ 각 축별 윤형식(단륜, 복륜)

본 연구에서는 이러한 목적을 위해 다음과 같은 내용을 수행한다.

- ① 차종분류 현황 조사
- ② 축검지센서를 활용한 기존 루프검지기의 개선
- ③ 새로운 차종분류시스템의 알고리즘 개발
- ④ 현장 적용을 통한 시험운용 및 실증분석
- ⑤ 새로운 차종 자동분류기법 제시

II. 차종분류 현황조사

1. 차종분류 변천사

차종분류는 당대의 차종특성과 도로등급에 따라 다양하게 적용되어 오다가 2006년에 들어 모든 도로등급에 동일하게 12종으로 통합 분류되었다.(국토해양부, 2008)

- 1973년까지 7종 분류(짚차 세분류)
- 1974년부터 8종 분류(보통트럭 세분류)
- 1977년부터 7종 분류(짚차를 승용차군에 포함)
- 1988년부터 8종 분류
- 1995년부터 11종 분류(일반국도)
- 2006년부터 12종 분류(고속국도, 일반국도, 지방도)

2. 차종분류의 목적

도로를 주행하는 각종 통행 차량의 통과대수를 종류별, 방향별 및 시간별 등에 대하여 계수적으로 관측하기 위하여 교통량 조사를 실시한다.

도로 교통량이란 ‘도로의 한 지점, 또는 단면을 단위 시간 동안 통과하는 차량의 수’를 의미한다. 이를 조사하기 위하여 차종 분류가 필요한 것이다. 차종분류의 목적은 도로포

장설계를 위한 축하중 관련 계수의 결정, 고속도로 통행요금징수를 위한 목적, 도로사용자 부담조사 연구를 위한 목적 등으로 분류할 수 있다(손영태, 2001). 도로를 통과하는 단위 시간당의 교통량은 도로 시설물의 효용 척도로서 사용되며, 다른 지점과의 상대적 비교를 통하여 각 도로 구간의 역할을 추정 평가할 수 있는 지표로도 사용된다. 조사된 도로 교통량 자료는 도로의 계획 및 설계, 도로 운영 등에 폭넓게 이용되며, 도로 교통 계획과 관리 계획 수립을 위한 기초적 정보를 제공한다. 그리고 도로 및 교통과 관련된 다양한 분야의 연구에 있어 활용 빈도가 높은 중요한 자료이다.

III. 차종 자동분류기법 개발

1. 루프 검지기

1) 구성 및 특성

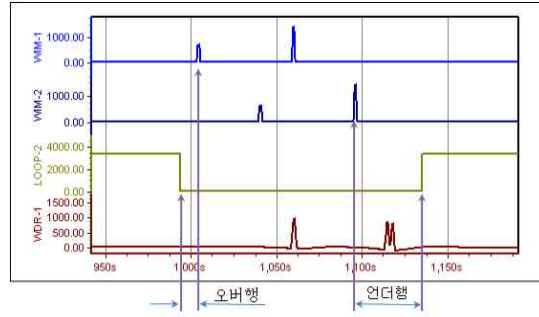
루프 검지기는 도로 위에 매설된 2~4회의 회전수를 가진 루프로 형성되는 검지영역과 검지 장치, 그리고 도입케이블 등으로 구성되어 있다. 검지장치에서 공급하는 10~200 kHz의 주파수를 갖는 에너지로 인하여 도로위에 매설된 루프에는 균일한 인덕턴스를 가진 교번자장(Alternative Magnetic Field)이 형성되어 차량을 검지할 수 있는 검지영역이 형성되며 그 위를 차량이 통과하는 경우, 변화되는 인덕턴스를 검지하여 차량의 존재 유무를 판별하여 출력한다. 위의 구성에서 살펴본 바와 같이, 루프 검지기는 루프와 도입케이블로 검지부를 형성하고 있으며 이 검지부를 이루고 있는 소재들의 전기적 특성(저항, 인덕턴스, 커패시턴스)의 상호작용으로 차량을 검지할 수 있는 전자기적 회로부를 형성한다(이승환, 1996).

2) 루프 검지기의 적용

본 연구에 적용된 루프 검지기는 2.0×2.0m 를 적용

<표 1> 2중, 4중 차량 제원

종별	축수(축)	분류 기준			대표적 차체 및 차축 배열
		바퀴수(륜)	단위(개)	축거(mm)	
2중 중·대형버스	2	6	1	3500~6500	
4중 2.5~8.5톤 트럭	2	6	1	3000~6000	



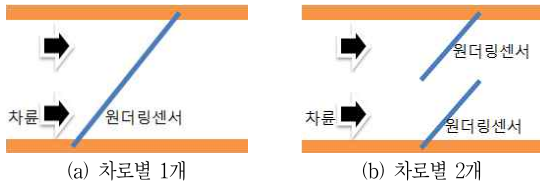
WIM : 축검지센서, LOOP : 루프센서, WDR : 원더링센서
<그림 1> 루프센서에서 검지한 오버행, 언더행

하였다. 루프 검지기는 차량의 오버행과 언더행을 구분하기 위하여 사용하였다. <표 1>에서 알 수 있듯 축거가 중첩이 되어서 축거만으로 명확한 차종분류가 불가능한 2중 및 4중의 경우 <그림 1>과 같이 축검지센서와 루프센서를 사용해서 오버행과 언더행을 측정하여 구분한다.

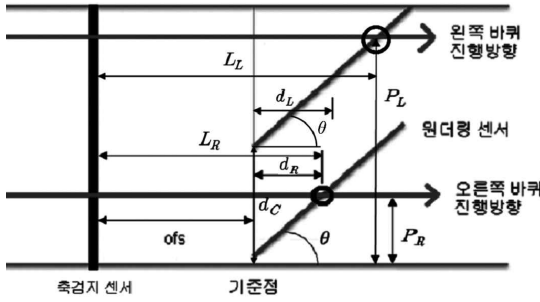
2. 원더링 기법 개발

본 연구에서는 차종의 세분류를 위하여 선정한 차종분류인자인 차량의 길이, 축간거리, 축구조, 각 축별 윤간거리, 각 축별 운행식을 판독하기 위한 방법으로 피에조센서를 축검지기 진출부에 사선으로 설치하는 원더링 기법을 적용하였다. 원더링 기법은 도로를 주행하는 차량의 차륜이 도로 진행의 수직방향 즉, 횡방향의 어느 위치로 주행하는지를 감지하기 위한 것으로 좌우 각 차륜의 횡방향 접지위치를 판독함으로써 각 축의 좌우 윤거를 정확히 판독할 수 있다. 이러한 판독을 통해 기존에 오분류되기 쉬웠던 4중 이하차량을 명확히 분류할 수 있도록 하였다.

기존의 원더링 기법은 <그림 2>의 (a)와 같이 차로별 1개의 원더링 센서를 사각으로 설치하여 주행차량의 차륜접지 위치를 판독하고 윤거를 측정하는 방식이었다. 이러한 기법은 1번 축과 2번 축의 축간거리가 짧은 차량이 주행할 경우 신호의 중첩이 발생하여 설치 각을 크게 할 수 없고, 설치 각을 작게 할 경우 바퀴 개수판독이 어려운 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 방식의 문제점을 보완하고자 <그림 2>의 (b)와 같이 차로별 2개의 원더링 센서를 설치하여 좌·우측 차륜의 접지위치를 분리하여 측정하도록 하였다. 이러한 센서구성을 통하여 주행차량의 모든 차륜의 접지위치와 윤거, 바퀴수를 판독할 수 있다. 본 연구에서는 원더링 센서로 Piezo-electric 센서를 이용하였다.



<그림 2> 원더링 센서 구성방법



<그림 3> 원더링 센서에 의한 횡방향 위치 판독방법

$$P_R = d_R \times \tan(\theta) \tag{1}$$

$$P_L = d_C + \{d_L \times \tan(\theta)\} \tag{2}$$

$$d_R = (L_R - ofs) \tag{3}$$

$$d_L = (L_L - ofs) \tag{4}$$

$$wd_i = P_L - P_{R_i} \tag{5}$$

- P_R : 오른쪽 바퀴 접지 위치
- P_L : 왼쪽 바퀴 접지 위치
- d_R : 기준점에서부터 오른쪽 바퀴의 진행거리
- d_L : 기준점에서부터 왼쪽 바퀴의 진행거리
- ofs : 측검지센서와 원더링센서 간의 이격거리
- L_R : 측검지센서를 기준으로한 오른쪽 바퀴의 이동거리
- L_L : 측검지센서를 기준으로한 왼쪽 바퀴의 이동거리
- d_C : 오른쪽 원더링센서 기준점에서 왼쪽 원더링센서 기준점까지의 거리
- wd_i : 모든 축의 윤거
- i : 축번호

본 연구에 적용한 원더링 센서의 구성에 따른 횡방향 위치 판독방법은 식(1)~(5)를 사용한다. <그림 3>와 같이 주행차량의 양측차륜 접지위치를 2개의 원더링 센서 응답신호로부터 판독한다. 차로에 사선센서를 하나만 적용한 기존연구에서는 원더링 설치 각도를 20°25로

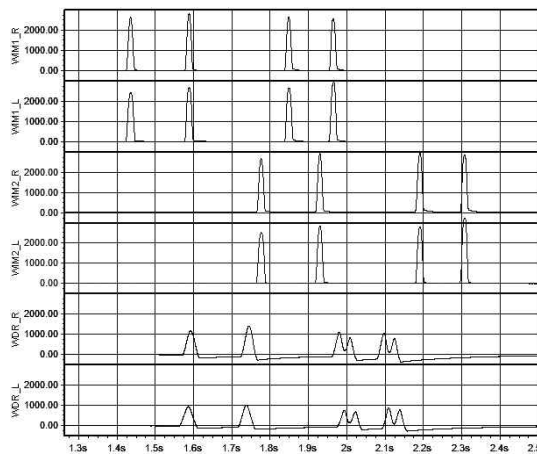
제안(오주삼, 2008)하였으나, 본 연구에서는 $P_R = d_R$ 이 되도록 하기 위하여 원더링 센서 2개의 설치각도 θ 를 45°로 설치하여 차량접지위치 계산을 단순화하였다. 본 연구에 사용된 시스템의 상세 치수는 <그림 6>에 표시하였다. 원더링 센서의 길이는 차로의 폭에 따라 틀려진다.

차종분류에서 축간거리가 짧은 1종 차량과 3종 차량의 구분은 윤거와 축거가 서로 중첩되어 기존의 분류방식인 축거만으로는 2개의 차종구분이 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 사각으로 설치된 원더링 센서 응답파형으로부터 각 축의 차륜에 대한 바퀴수를 구하여 이를 차종 구분에 사용한다. 2종 소형화물차의 경우 대부분 마지막 차륜이 복륜구조이므로 바퀴수를 판독하면 이들 차종의 구분이 가능하다. <표 2>는 단륜과 복륜구조 차량에 대한 원더링 센서 응답파형으로 바퀴수 판독은 피크 검출기법을 사용하여 피크를 판독하고, 피크간격이 일정범위 내일 때 계수하여 바퀴수를 판독한다.

<그림 4>는 4축 덤프 차량 주행 시 측검지센서와 원더링 센서의 응답파형으로 WDR_R은 운전석 기준 우측

<표 2> 단륜과 복륜 구조 차량의 원더링 센서 파형

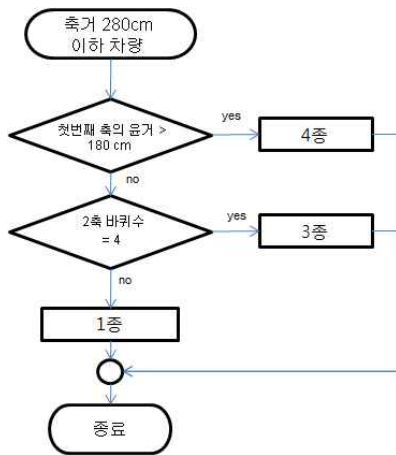
차륜형태	원더링 센서 파형



<그림 4> 측검지센서와 원더링 센서 응답파형

원더링 센서 응답이고, WDR_L은 좌측 원더링 센서의 응답신호이다. 3번째 축부터 바퀴수가 2개인 복륵구조임을 알 수 있다.

차종분류가 가장 어려운 차량은 2축 차량으로 1종 소형승용 및 승합차, 2종 중형이상 버스, 3종 소형트럭, 4종 중형트럭이다. 5종 이상의 차량은 축수가 3개 이상으로 트레일러 차량과 세미 트레일러 차량을 추출하면 모든 차종이 분류된다. 2축 차량의 경우 먼저 소형승용 및 승합차의 최대축거를 기준으로 280cm미만 차량과 이상 차량을 분리하여 차종분류를 수행 한다.



<그림 5> 축거 280cm 이하 2축 차량 분류과정 흐름도

축거 280cm이하 차량은 1종 차량과 3종 차량, 4종 차량이 축거가 중첩되어 기존의 AVC시스템(자동차종분류시스템)으로는 차종이 명확히 분류되지 않는다. 따라서 본 연구에 따른 원더링 센서 기반 AVC 시스템에서 획득한 윤거 및 바퀴수를 참조하여 이들 차종에 대한 명확한 구분을 할 수 있다.

280cm이하 차량은 <그림 5>와 같은 과정으로 차종분류를 수행한다. 축거가 280cm 이하인 차량이 감지되면 첫 번째 축의 윤거 길이와 두 번째 바퀴의 수를 인자로 판단하여 1, 3, 4 종을 구분한다. 첫 번째 윤거의 길이는 <그림 3>의 식(1)~(5)의 계산법에 의하여 판독하며 두 번째 바퀴수는 <표 2>와 <그림 4>의 설명한 과정에 의하여 바퀴의 복륵여부를 확인하여 바퀴의 수를 판단한다.

<표 3> 축거 280cm 미만 1,3,4종 차량 형태

차종별	분류 기준				대표적 차체 및 차축 배열	
	축수 (축)	바퀴수 (륵)	단위 (개)	축거 (cm)		
1	16인승 이하 승용차, 승합차	2	4	1	≤280	
3	1~2.5톤 미만의 화물차	2	6 (4)	1	≤350	
4	트랙터 (가변축)					

<표 4> 차종 분류 인자 및 기준

차종		분류인자 및 기준						
분류	종류	단위	축수	축거 (cm)	윤거 (cm)	바퀴수	오버행	축구조
1	소형승용·승합	1	2	≤280	<180	4	-	SS
2	중·대형버스	1	2	<350	-	-	≥180	SS
3	소형트럭	1	2	≤350	<180	6	-	SS
4	트랙터 중형트럭	1	2	≤350	≥180	-	-	SS
		1	2	>350	-	-	<180	
5	3축화물차	1	3	-	-	-	-	ST SSS
6	4축화물차	1	4	-	-	-	-	SST SR
7	5축화물차	1	5	-	-	-	-	SSR
8	4축 세미트레일러	2	4	-	-	-	-	SSSS
9	4축 풀트레일러	2	4	-	-	-	-	SSSS
				-	-	-	-	STS
10	5축 세미트레일러	2	5	-	-	-	-	SSTSS
11	5축 풀트레일러	2	5	-	-	-	-	STT
				-	-	-	-	SSR
12	6축 풀트레일러	2	6	-	-	-	-	STR

(축구조 S:Single, T:Tandem, R:Tridem)

<표 5> 차종 형식별 구분 코드

트랙터+트레일러			화물차 계열			덤프/믹서 계열		
형식	코드	차종	형식	코드	차종	형식	코드	차종
	T2R1	9		C2	4(3)		D3	5
	T2R2	9		C2R1	8		D13	6
	T2R3	11		C2R2	8		D22	6
	T3R1	9		C12	5		B2	2
	T3R2	11		C3R1	8		B3	2
	T3R3	12		C3R2	10			
T:트랙터 D:덤프 V:승용차 P:포터(소형화물차)	C:카코 B:버스 F:소형승합차 P:포터(소형화물차)			C13	6		V2	1
				C21	5		V2R1	(9)
				C22	6		V2R2	(9)
				C23	7		F2	1
							P2	3(1)

280cm이상 350cm이하 차량에서도 같은 방법으로 3종과 4종 차량을 구분한다. 350cm이상 차량의 경우 2종 중·대형이상 버스와 4종 8.5톤 미만 화물차량으로 오버행이 180cm 이상인 경우 2종 차량으로 분류하고, 180cm 미만인 경우 4종 차량으로 분류한다. <표 3>은 이들 차량에 대한 대표적인 형태로 4종 트랙터의 경우 가변 축을 들고 주행할 경우 축거가 짧아져 이들 차량과 축거가 중첩된다.

오버행과 언더행은 축금지센서와 루프센서의 응답신호의 시간차로 계산되나 루프센서의 응답특성이 차량형태에 따라 편차가 심하여 소형차량 구분에는 사용하지 않고, 본 연구에서는 오버행이 큰 대형버스 구분에 사용하였다.

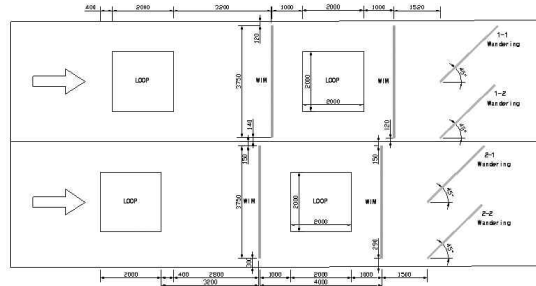
<표 4>는 본 연구에 의한 차종분류 주요인자로 1종에서 4종 차량은 윈더링 기법에 의해 추출된 자료를 참조하여 차종분류에 사용하고, 5종 이상차량은 기존의 분류 방식인 축간거리를 사용하여 축구조와 1단위 차량인지 2단위 차량인지를 판독하여 차종을 분류한다.

<표 5>는 본 연구에 의해 개발된 차종형식별 구분으로 문자형태의 내부 분류코드와 12종 차종분류를 함께 제공한다.

IV. 윈더링 센서를 이용한 차종분류기법 성능 실험 및 분석

1. 윈더링 센서 성능 평가

본 실험에 적용된 윈더링 센서에 대한 성능을 평가하였다. <그림 6>은 실험을 수행한 한국도로공사 도로교통 연구원의 시험도로에 설치된 고속축중계(High Speed Weigh-in-motion) 시스템의 구성도로 윈더링 센서 4개를 추가 설치하고 제어기의 펌웨어에 윈더링 센서 신호처리 기능을 내장하여 윈더링 성능 평가 및 본 차종분



<그림 6> 시험 대상 시스템 구성도

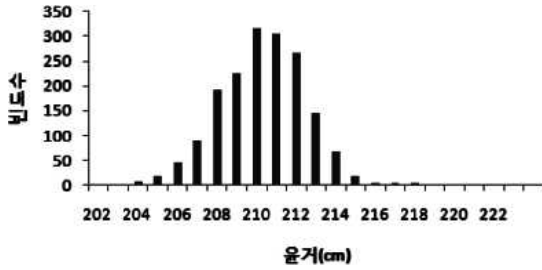
류 실험을 실시하였다.

윈더링 센서의 성능에 대한 평가는 중부내륙선 하행에 주행하는 임의의 24시간 교통량 중에서 운거(운간 거리)가 일정한 <표 5>의 C23형태 7종 차량의 1번 축 운거를 시스템에서 측정된 결과를 분석하여 평가하였다. C23형태의 화물차량 운거는 210±1cm로 바퀴 공기압에 따라 측정오차가 발생할 수 있으나 이는 차종분류에 영향을 끼칠 수 있을 만한 크기가 아니므로 분석을 함에 있어서는 문제가 없을 것으로 판단된다. <그림 7>은 본 연구에서 개발된 프로그램으로 C23형 7종 차량의 검색 조건과 검색결과이다. 총 1744건의 차량이 검색되었으며 이 중 차선을 이탈하여 주행한 27대를 제외한 1717대의 차량에 대해 1cm 단위로 히스토그램 분석을 하였다. <그림 8>은 운거 히스토그램으로 대부분의 차량이 ±2cm 범위에 있음을 알 수 있다. C23형 7종 차량에 대한 분석결과 1번 축의 운거는 평균 210.4cm, 표준편차 2.28cm으로 공용 중 임의차량에 대해서도 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

본 차종분류기법에서 운거에 의한 차종분류는 1, 3, 4종에 한하여 수행되므로, 1종과 3종의 경우 거의 모든

차량선택		검색결과(1744건)									
12종 분류	차량 형태별	비행(Cent. 차량길이)(cm)	속수	타이어폭(Cent. 타이어폭)(cm)	타이어수	공기압(Cent. 공기압)(cm)	축중(Cent. 축중)(cm)	축간(Cent. 축간)(cm)	23cm		
0종	미분류 및 분류없음	1038	1222	5	41	23	11122	210	788	154	370
1종	15인승이하 승합차	1115	1146	5	37	23	11122	215	781	187	328
2종	중대형버스	96	1145	5	32	23	11122	211	765	148	366
3종	1~2.5톤 미만 화물차	112	1173	5	39	23	11122	215	780	154	325
4종	2.5~8.5톤의 화물차	80	1201	5	34	23	11122	215	628	179	386
5종	9.5~17톤의 화물차	64	1177	5	33	23	11122	212	628	178	388
6종	18~24톤의 화물차	78	1127	5	35	23	11122	210	766	148	368
7종	25~25톤의 화물차	112	1166	5	40	23	11122	211	787	171	358
8종	4축 화물수송용	101	1162	5	37	23	11122	208	765	172	357
9종	5축 화물수송용	78	1125	5	36	23	11122	213	767	151	382
10종	4축 화물수송용	88	1163	5	37	23	11122	212	771	151	382
11종	5축 화물수송용	105	1210	5	37	23	11122	215	780	156	322
12종	5축 화물수송용	126	1195	5	37	23	11122	213	776	187	328
		136	1261	5	40	23	11122	214	780	187	328
		130	1183	5	36	23	11122	207	781	188	328
		128	1167	5	39	23	11122	213	779	188	328
		71	1176	5	37	23	11122	212	851	178	358
		112	1153	5	38	23	11122	214	778	187	330
		115	1176	5	37	23	11122	213	780	188	355
		120	1188	5	36	23	11122	212	782	195	323
		78	1165	5	36	23	11122	214	822	178	382
		94	1138	5	35	23	11122	208	783	179	355

<그림 7> 7종 차량 검색



<그림 8> C23형태 7축 1축 운거 히스토그램

차량의 운거가 170cm 이하이고, 4종의 경우 거의 모든 차량의 운거가 200cm 이상임을 감안할 때 본 윈더링 센서의 오차수준에서 운거에 의해 4종 이하차량이 오분류될 가능성은 거의 없다고 사료된다.

2. 차종분류기법 성능 실험

차종분류 성능 실험은 2009년 8월 13일 오전 10시에서 12시까지 2시간에 걸쳐 <그림 9>와 같이 현장에 설치된 Web카메라로 2차로에 주행하는 차량에 대해서 영상을 녹화하여 육안으로 판독한 자료와 시스템에서 분류한 자료를 각 차종별로 비교하여 성능을 평가하였다 (<표 6> 참조).

3종 차종의 경우 2번 축의 바퀴수가 단륜인 차량이 1종으로 분류되는 경우가 있지만 그 수는 1대로 매우 작았으며, 2종 차량의 경우 2대의 차량이 4종으로 분류되었는데 이는 구분하기 어려운 중형버스 차량이었다. 2종 차량은 축거와 루프검지기로 측정되는 오버행으로 차종을 판독하는데 중형버스의 경우 오버행이 짧아 4종 차량과 구분하기가 어렵다. 그리고 6종 차량 2대가 7종으로 검지되었고 9종 차량 1대가 11종 차량으로 검지되었다.



<그림 9> 현장설치 WEB 카메라

<표 6> 차종분류 성능 평가 결과

차종	시스템	영상	오차(%)	비고
0	0	0	-	미분류
1	673	672	0.15	3종 차량 1대 검지
2	63	65	-3.18	차량 2대 4종으로 검지
3	58	59	-1.69	차량 1대 1종으로 검지
4	203	201	1.00	2종 차량 2대 검지
5	60	60	0	
6	48	50	-4.00	차량 2대 7종으로 검지
7	28	26	7.69	6종 차량 2대 검지
8	0	0	-	
9	51	52	-1.92	차량 1대 11종으로 검지
10	2	2	0	
11	24	23	4.35	9종 차량 1대 검지
12	2	2	0	
합계	1212	1212	0.23	

5종 이상 차량의 경우 축수와 차량 단위수로 판독하게 되는데 가변 축을 들고 주행하는 차량이 많아 영상으로는 완벽히 판독하기가 어렵다. 따라서 5종 이상의 차종 분류는 영상 자료보다 본 시스템에서 검지한 자료가 더욱 정확할 것으로 사료된다. 이러한 사유로 인해 영상 자료와 시스템의 분류 자료와 약간의 오차가 발생하였다. 8종 5축 세미 트레일러 차량의 경우 매우 빈도수가 작은 차량으로 2시간동안 검지되지 않았다.

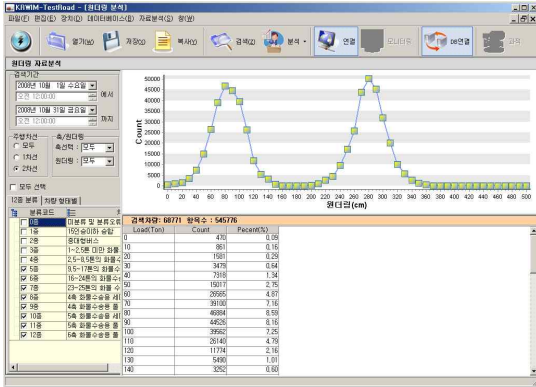
시스템과 영상간의 비교분석 결과 <표 6>에서 볼 수 있듯 2시간동안 시험할 때 주행한 모든 차량(1212대)을 검지, 분류하였다. 다만, 중형버스의 오버행의 경우 여전히 판차가 심하여 루프검지기에 의한 오버행 측정의 개선이 필요하다.

3. 차종분류기법을 이용한 교통 특성분석

본 연구에서는 윈더링 센서를 사용한 차종분류기법을 통해 차종 분석을 실시하였다. <그림 10>은 시험도로에



<그림 10> HS-WIM 시스템 모니터링 프로그램



<그림 11> 시험도로의 원더링 센서에 의한 분석

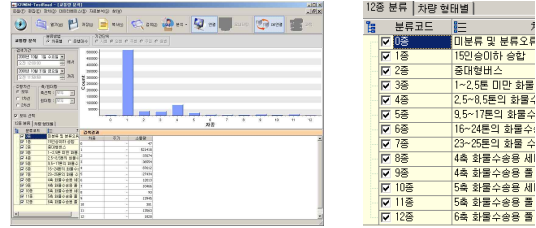
설치되어있는 고속측중계 시스템의 모니터링 프로그램이다. 고속측중계 모니터링 프로그램은 차량의 하중을 실시간 분석하여 과적여부를 판별하기 위한 프로그램으로서 기본적으로 12종의 차종 분류가 필요함에 따라 원더링 센서를 적용한 차종분류 프로그램을 포함하고 있다. 본 연구에서는 이러한 차종분류 프로그램을 이용하여 검지된 교통 특성에 대한 분석을 실시하였다.

현재 시험가동중인 고속측중계 시스템의 DB 자료 중 적절한 데이터(2008년 10월 데이터)를 선택하여 원더링 센서를 사용한 차종분류 자료를 확인 할 수 있었다. <그림 11>은 모니터링 프로그램 중 '원더링 분석' 메뉴의 화면으로 주행차량의 좌우측 바퀴의 접지위치를 히스토그램으로 도식화한 그림이다. 이를 통해 도로에 주행하는 차량의 횡방향 주행 특성을 파악할 수 있다.

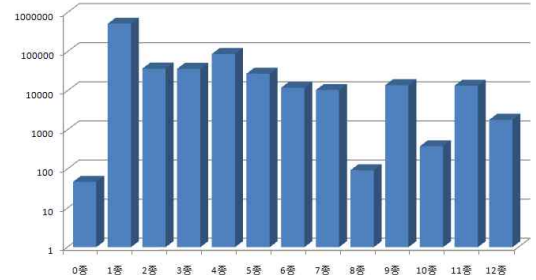
원더링 센서를 이용한 차종분류를 통하여 한 달간의 통행량을 계산하였다. 계산된 차종별 통행량을 <그림 12>와 같이 12종으로 분류하였다. 분류가 불분명한 차량 즉, 검지한 차량중 분류되지 못한 차량의 모집군은 0종으로 분류하였다. 한 달간 통행량은 총 762,420대이며 그중 분류가 되지 못한 0종 모집군의 대수는 47대 (0.006%)로 무시할 수 있는 수준이다. 따라서 원더링 센서를 이용한 차종분류기법은 매우 높은 수준의 분류율을 보여줄 수 있다.

분류된 차종들에 대한 일별, 주별 교통량을 분석해보았다. <그림 13>은 일별 교통량을 분석한 자료이며 <그림 14>는 요일별 교통량을 분석한 자료이다.

이러한 분석 자료들은 도로의 계획 및 설계, 도로 운영 등에 폭넓게 이용할 수 있으며, 도로 교통 계획과 관리 계획 수립을 위한 기초적 정보를 제공할 수 있다. 그리고 도로 및 교통과 관련된 다양한 분야의 연구에 있어

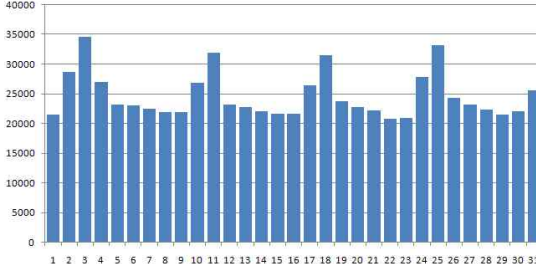


교통량 분석 (차종별)



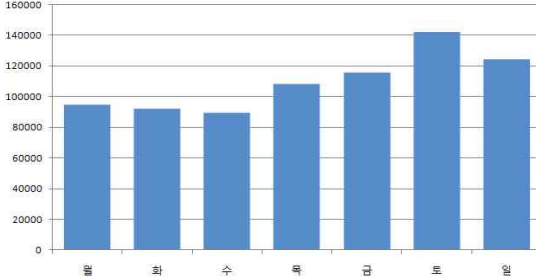
<그림 12> 시험도로의 12종 차종 분류 결과

교통량 분석(일별)



<그림 13> 시험도로의 일별 통행량 분석

교통량분석(주간-요일별)



<그림 14> 시험도로의 요일별 통행량 분석

활용할 수 있는 중요한 자료가 된다.

IV. 결론

본 연구에서는 루프검지기에 피에조타입의 축검지센서를 추가 설치하여 차종분류를 “통합 12종 교통량조사

☞ 1인 abstract 교정필