

차량 형상자료를 이용한 2축 차량의 차종분류 방안

Vehicle Classification Scheme of Two-Axle Unit Vehicle Based on the Laser Measurement of Height Profiles

오 주 삼* 장 경 찬** 김 민 성***
(Ju-Sam Oh) (Kyung-Chan Jang) (Min-Sung Kim)

요 약

본 연구는 차량 제원이 유사한 2축 차량의 차종분류에 있어서 정확도를 높이고자 차량 외형의 높이 프로파일을 이용한 차종분류 방안을 제시했다. 차종별 교통량 자료 생성은 도로를 주행하는 차량을 대상으로 AVC장비에서 측정되는 차량 제원들인 축수, 축간거리, 차량길이, 오버행 등을 활용하여 12종 분류 체계에 의해서 분류되고 있다. 그러나 차량 축이 2개인 2축 차량(1~4종 차량)의 경우 승용차(1종)의 다양화, 대형화로 인하여 화물수송용 차량(3종, 4종)의 제원과 유사해짐에 따라 기존 차량분류인자(축수, 축간거리, 차량길이 등)에 의한 차종분류 시 분류 오류가 발생할 수 있다. 이에 본 연구는 이러한 분류 상의 한계를 극복하고자 차량 외관의 높이 프로파일 값을 통하여 주행차량의 형태를 파악하고 이를 이용한 차종분류 방법을 제시하였다. 그리고 현장실험을 통하여 제안된 방법의 정확도를 검증하였다.

Abstract

Vehicle classification data are considerably used in the almost all fields of transportation planning and engineering. Highway agencies use a large number of vehicle classification schemes. Vehicles on the national highway are classified by 12-Category classification system, using number of axles, distances between axles, vehicle length, overhang, and other factors. In the case of using existing axle-sensor-based classification counters (that is, 12-category classification system), two-axle vehicles(Class 1 to 4) can be erroneously classified because a passenger vehicle becomes larger and similar with class 3 and 4. In this reason, this study proposes the vehicle classification scheme based on using vehicle height profiles obtained by a laser sensors. Also, the accuracy of the proposed method are tested through a field study.

Key words : vehicle classification, vehicle height profile, vehicle area, distance measurement sensor

I. 서 론

차종별 교통량 자료는 도로의 계획, 운영상태 평가, 도로의 유지관리 등에 폭넓게 사용된다. 이

에 국토해양부에서는 차종별 교통량을 수록하는 도로교통량통계연보에 적용하는 차종분류를 차량의 용도와 형식에 따라 고속국도, 일반국도 및 지방도에 대하여 12차종으로 통일하여 분류하고 있

* 주저자 및 교신저자 : 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 수석연구원
** 공저자 : 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 연구원
*** 공저자 : 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 연구원
† 논문접수일 : 2011년 8월 16일
‡ 논문심사일 : 2011년 9월 9일
† 게재확정일 : 2011년 10월 7일

다[1]. 차종별 교통량 자료의 수집은 차종분류에 관한 교육을 받은 사람이 육안으로 분류하는 방법과 차량검지기과 같이 기계식 장비에 의한 분류방법으로 대별된다. 현재 지방도의 경우 인력식으로 조사하여 수록하고 있고, 고속국도와 일반국도의 경우는 기계식 차종분류 장비인 AVC(Automatic Vehicle Classification)를 활용하고 있다. 차종조사에 활용되는 AVC 장비로 차종을 분류하는 방법은 도로에 루프 센서와 피에조 센서를 매설하고 이들에게서 취득되는 신호의 조합을 통해 축수, 축간거리, 차량길이, 오버행 등을 계측한 후 이들을 활용하여 차종을 구분하게 된다. 그러나 AVC장비를 이용한 기계식 조사에서는 주행차량에서 계측된 차량제원에만 기초하기 때문에 차종분류에 사용되는 제원들이 유사하게 계측될 경우 차종 분류 시 오류가 발생될 수 있다. 1종에 속하는 승용차량의 경우 같은 차종내에서 다양화, 대형화됨에 따라 차량 축이 두 개인 2축 차량에 속하는 화물수송용 3종 차량과 차종 분류 시 문제가 발생할 수 있다. 기계식 장비에 의한 차종 분류 시 활용 가능한 차량 구분 인자는 축수, 축간거리, 차량길이 등이고 이들 값의 유사성으로 인하여 서로 다른 차종에 속해야 할 차량임에 불구하고 동일한 차종으로 분류될 수 있다. 한편 인력식으로 차종을 분류하는 경우에는 이러한 차종분류 오류는 매우 적다. 왜냐하면 인력식으로 분류 시 차량들의 외형 형태는 승용차량과 화물차량으로 비교적 뚜렷한 차이를 보이기에 때문이다. 이러한 특징을 기계식으로 검출하기 위해 외형의 차이에 따른 차량높이 값들을 계측하고 이들 값에 따른 차량형태의 특성을 파악하여 차량을 분류할 수 있다면 주행차량의 제원이 유사한 차량들의 좀 더 정확한 분류가 가능할 수 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 축수, 차량길이에 기반한 기계식 분류상의 한계를 극복하고자 주행차량의 일련의 높이 값들인 높이 프로파일을 이용한 차량형상 추정하고 이를 통해 차종분류 방법을 개발하고자 했다. 현장 실험자료의 수집 위해 도로를 가로질러 설치된 문형식 구조물에 거리측정 센서를 설치하여 지나가는 차량의 길이와 높이 값들을 계측

하였다. 차종분류의 정확도 평가를 위한 기준값은 동일 시간대에 촬영된 영상을 통해 확인하였다.

II. 기존연구사례

국내의 차종분류 관련 연구는 루프 센서, 피에조 센서 등과 같은 매설용 센서를 이용하여 차종을 분류한 연구가 대부분이다. 오주삼(2010)은 차량길이와 높이를 계측하여 차종 분류하였다[2]. 차량길이와 축거 등 차종분류용 차량제원이 중첩되는 차종에 대해서 판별계수를 활용하여 추정하였으며, 차량의 높이가 차종분류에 기여할 수 있는 변수임을 확인하였다. 김형수(2009)는 차량길이와 축거를 중심으로 추세선을 이용하여 차종을 분류하는 알고리즘을 개발하였다[3]. 추세선을 이용하여 센서의 정확도 변화의 영향을 감소시켰으며, 장비 오차와 차량제원에 민감하지 않은 분류방법을 제시하였다. 또한 오주삼(2001)은 차량검지기에 의한 기계식 차종분류 시 분류기준상의 문제점에 대한 분석을 바탕으로 2축 차량에 대한 분류기준과 알고리즘의 필요성을 제기하였으며, 분류를 위한 기준값을 제시하였다[4]. 이를 통해 차량 검지기 개발 시 탑재할 수 있는 차종분류 알고리즘으로의 활용 가능성을 확인하였다. 차량의 프로파일을 이용하여 차종을 구분하는 해외 연구사례를 살펴보면 다음과 같다. Ildar Urazghildiiev(2007)는 마이크로파인 레이더 센서를 이용하여 차량 길이와 높이에 근거한 차종분류를 시도하였으며, 많은 양의 차량높이 프로파일 패턴과 불필요한 연산을 피할 수 있는 알고리즘을 제시하였다[5]. 이를 현장실험을 통해 실제 교통상황에서 높은 분류 정확도를 확인하였다. 또한 Yiguang Xuan(2005)는 마이크로파 레이더를 이용하여 교통흐름을 측정하는 시스템을 고안하였다[6]. 차량의 최고높이를 바탕으로 차량을 4개의 범주로 구분하고, 연속하는 주행차량 이미지를 통해 차량을 탐지하는 동시에 8개의 차종으로 차량을 분류하는 알고리즘을 제시하였다. 이러한 해외 연구사례에서는 레이저 및 레이더 센서를 통해 차량프로파일을 이용하여 차종을 분류한

연구사례가 있지만, 국내에서는 이와 관련된 연구가 미비한 실정이므로 본 연구를 통해 국내차량 특성을 기반으로 차량의 형태를 나타내는 프로파일을 이용하여 차종을 분류하는 방안을 제시하고자 한다.

Ⅲ. 모형(분류방안)추정 및 평가

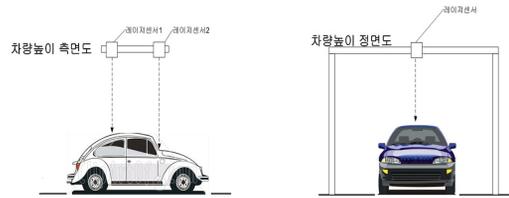
1. Data의 수집

차량 높이 프로파일은 거리측정센서(laser)를 이용하여 측정하였다. 센서의 설치는 도로를 가로지르는 문형식 구조물에 지면과 수직으로 설치하고, 도로를 주행하는 차량이 설치된 센서 아래를 통과할 때 도로 면과 센서간의 거리 변화 값을 임의 설정된 측정주기(Sampling Rate)로 계측하였다.

센서가 설치된 문형식 구조물과 지면까지의 거리를 초기값으로 설정하면 차량 통과 시 거리값이 변화하게 된다. 차량이 진입하여 통과할 때까지의 시간동안 각 개별차량의 일련의 높이 값을 추출하였으며 총 100개의 데이터를 출력하여 차량모양의 프로파일을 추정하였다. 차량 프로파일 데이터는 센서를 지나는 통과속도에 따라 데이터의 개수가 변화할 수 있으므로 차량 통과 후 차량의 속도와 상관없이 차량길이에 대해 균등간격의 100개 데이터로 출력하였으며, 차량길이의 경우 프로파일 외에 별도로 연산하였다. 실제 현장의 데이터 수집을 위해 문형식 구조물이 위치한 국도3호선(곤지암 IC 인근) 상행방향 1차로에 센서를 설치하였고 자

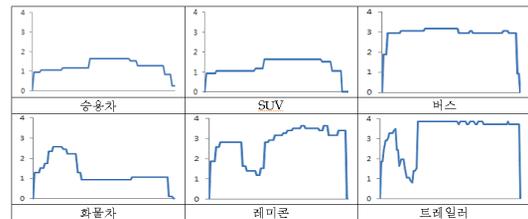
료수집을 실하여 총 2,142대의 차량정보가 수집되었다. 실험에 사용한 실험대상차량의 현황은 <표 1>과 같다.

차량속도의 경우 <그림 1>에서와 같이 센서간 거리와 센서간 검지시각차를 통해 산출되며, 차량 프로파일 데이터를 통해 얻을 수 있는 값들은 검지시각, 교통량, 점유시간, 차량길이, 프로파일데이터이다.



<그림 1> 거리측정센서 설치
<Fig. 1> Distance measurement sensor establishment

차량의 프로파일을 통한 차량형태는 <그림 2>와 같고, 레이저 센서 특성상 차량의 전면부의 유리부분에 대한 형태를 그대로 계측하지 못해 차량 전면 유리부분의 프로파일 모양은 격자형으로 나타남을 확인하였다.



<그림 2> 차량형태 프로파일 예시
<Fig. 2> Example of Vehicle height profiles

<표 1> 실험 대상차량 현황
<Table 1> Experimental objective vehicle status

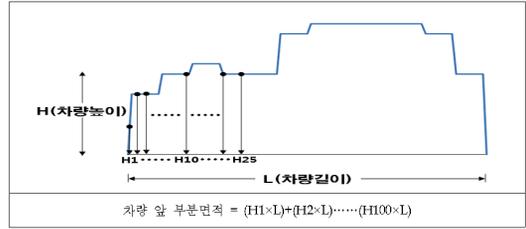
구 분	승용차	버스	소형화물					
차 종	1종	2종	3종	4종				
수집차량(대)	1,286	97	406	212				
비율(%)	60.04	4.53	18.95	9.90				
구 분	중형화물				대형화물			
차 종	5종	6종	7종	8종	9종	10종	11종	12종
수집차량(대)	106	9	22	-	-	4	-	-
비율(%)	4.95	0.42	1.03	-	-	0.19	-	-

2. 모형추정방법

본 연구에서는 앞에서 언급한 바와 같이 차량 높이 프로파일을 이용하여 차종을 분류하고자 하였다. 국토해양부의 12종 분류체계에서 5종 이상의 차량의 경우, 매설식 검지기에서 계측되는 차량제원(축수, 축간거리, 차량길이)을 통해 비교적 명확히 구분된다. 그러나 차량바닥의 체원이 유사하게

관측되는 1~4종에 속하는 차량의 차종분류 시 분류오차가 발생할 것으로 판단되어 본 연구에서는 1~4종 차량을 대상으로 높이 프로파일을 측정하여 차종을 분류하였다. 이러한 사례는 미국의 FHWA의 13종 분류체계에서도 동일하게 나타나는 현상이다. 1~4종에 속하는 차종별 주요 차량으로는 1종은 일반승용차, SUV, 승합차 등 16인승 미만의 차량이며, 2종은 16인승 이상의 여객수송용 버스이다. 3종은 2.5톤 미만, 4종은 2.5톤 이상의 화물수송용 차량이다. <그림 3>은 1~4종 차량 및 프로파일 모식도이다. 차량의 제원(차량길이, 축간거리)이 유사하여 기존 분류체계에서 분류가 힘든 1·3종, 2·4종의 차량으로 구분하여 살펴보면, 1·3종 차량 모양의 가장 큰 특징은 차량 앞부분의 형태이다. 1·3종 차량의 형태를 비교해보면 1종의 경우 차량 앞부분이 비교적 낮고, 3종의 경우 차량 전면 유리부 이후 운전석부분이 1종보다 높은 것을 확인할 수 있다. 2·4종 차량의 경우 2종은 일반적으로 직사각형의 모양을 가지며, 4종 차량의 경우 중형 및 초장축 등 차량길이가 가변적이지만, 1·3종 차량과 마찬가지로 차량 앞부분에서의 형태 차이가 나타난다. 화물차량(3, 4종)의 경우 화물이 적재되거나, 탑차일 경우 등 화물적재함 부분의 형태가 가변적이다. 따라서 3·4종 차량형태의 고정적특징은 차량 앞부분이라 할 수 있으며, 이를 통해 2축 차량의 구분이 가능할 것으로 판단하였다.

개별차량의 길이와 높이를 이용한 차량면적은 각 개별차량의 프로파일 모양을 반영한다. 센서로부터 산출된 차량높이 프로파일 그림으로부터 2차



<그림 4> 차량면적 모식도
<Fig. 4> Vehicle area Image

원 평면상에서 차량길이와 차량의 구간높이를 이용하여 면적을 산출할 수 있으며, <그림 4>는 차량면적의 모식도이다. 차량높이 계측센서의 계측값은 차량의 진입 및 진출 시 각 100개의 차량높이값이 산출된다.

3. 추정모형의 평가

차량면적을 통해 각 차종의 분류가 가능한지 알아보기 위해 각 개별차량을 센서에서 산출된 100개의 높이값 중, 총 4개의 구간(H25, H50, H75, H100)으로 구분하고, 차량면적별로 판별분석을 하였다.

판별분석이란 연구대상이 어떠한 그룹에 속할지 추정변수를 이용하여 판단할 수 있게 만드는 통계적 기법을 말한다. 그룹을 가장 잘 구분할 수 있는 선형함수를 찾아서 분석을 실시하며, 다음과 같은 판별함수 일반식이 만들어진다.

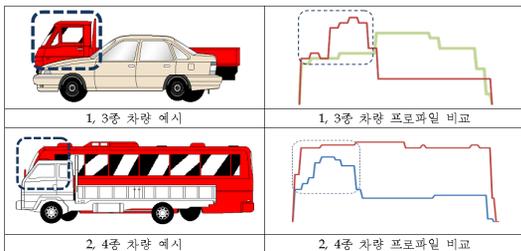
$$Z = w_1 X_1 + w_2 X_2 + \dots + w_n X_n \quad (1)$$

Z : 판별점수

w_i : 판별함수 계수

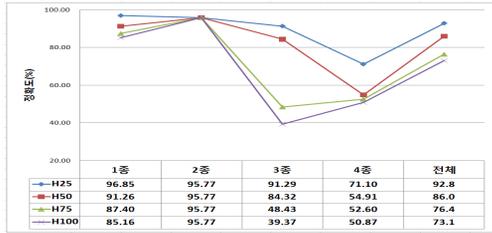
X_i : 차량면적

i : 임의주기로 측정된 차량길이별 차량높이 값



<그림 3> 차종별 차량 및 프로파일 모식도
<Fig. 3> Cars by vehicle classification and profile Image

각 차종을 구분할 수 있도록 판별분석 과정에서 판별함수 계수(w_i)가 추정되며, X_i (추정변수)가 기여하고 있는 정도와 어떠한 방향을 가지고 있는지를 파악할 수 있게 만들어준다. 판별분석 결과는 <그림 5>와 같다. 각 구간별 차량의 정확도는 각



〈그림 5〉 차량면적별 차종정확도
 〈Fig. 5〉 vehicle classification accuracy according to vehicle's profiles area

각 92.8, 86.0, 76.4, 73.1%로 나타났으며, H25구간의 차종정확도가 가장 높은 것으로 분석되었다. H25구간은 데이터 수집 시 차량길이에 대해 100개의 데이터를 수집하였기 때문에 차량의 전체길이를 100으로 볼 때 차량의 맨 앞 시작점부터 25/100까지의 거리로 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 차량면적을 통한 2축 차량의 구분을 위해 100개의 높이값 중 25번째까지의 높이값과 센서에서 산출된 개별차량의 길이를 이용하여 차량면적을 통해 차종을 구분하였다.

실험을 통해 수집된 총 2,142대의 차량 중 차량의 바닥제원으로 명확히 분류가 가능한 5종 이상의 차량을 제외한 2,001대의 1~4종 차량을 대상으로 차종을 분류하였다. 분류의 기준값으로 사용하기 위해 동영상 저장장치를 설치하여 실험시간동안 영상을 녹화하였고, 육안확인을 통해 주행차량의 실제차종을 취득하였다.

실험을 통해 관측된 1~4종 차량의 차종을 평가하기 위해 총 2,001대의 수집차량 중 60%(1,203대)의 차량을 이용하여 차종을 구분하는 모델을 구축하였고, 나머지 40%(798대)의 차량을 대상으로 구축된 모델을 이용하여 평가하였다.

판별분석에 이용된 Fisher의 분류함수 계수는 <표 2>와 같다. 1~4종별로 분류함수 계수를 독립 변수 값에 곱한 후 전부 합해서 분류점수 계산을 통해 각 해당 차종으로 분류 할 수 있다.

차량길이와 축간거리가 중복되는 범위가 넓어 분류가 힘들것이라 예상되는 1~4종 차량을 대상으로 차량 높이프로파일 분포를 이용하여 분류를 해

〈표 2〉 Fisher의 선형 판별함수(분류함수 계수)
 〈Table 2〉 Fisher's linear discriminant function

차 종	1	2	3	4
차량면적(H25)	.032	.201	.059	.120
상 수	-3.348	-76.881	-7.997	-28.446

보았다. <표 3>은 실험을 통한 차종분류 평가 결과이다. 분류정확도는 92.61%로 나타났으며, 이는 차량면적에 따른 분류차종과 실제 차종간의 오차이다. 4종차량의 경우 76.19%의 정확도로 다른 차종에 비해 비교적 낮은 정확도를 보였는데, 이는 차량면적(H25)이 비슷한 패턴을 보인 소형버스(2종)와 3종 차량의 오차에 따른 결과이다.

〈표 3〉 실험을 통한 차종분류 평가
 〈Table 3〉 Vehicle classification evaluation

구 분	1종	2종	3종	4종
평가차량(대)	514	38	162	84
일치차량(대)	496	36	143	64
정확도(%)	96.50	94.74	88.27	76.19

IV. 결 론

현재 차종을 분류하는데 이용되는 주요 변수는 축수, 차량길이, 축간거리이다. 2축 차량의 경우, 주행차량 하부에서 추출된 차량제원에 의한 분류는 차량길이와 축간거리에 따라 분류되어 여객용 승용차량과 화물수송용 차량의 차종이 다름에도 같은 차종으로 분류할 수 있다. 이에 본 연구에서는 이러한 분류상의 한계를 극복하고자 차량 높이 프로파일계측을 통해 주행차량의 형태를 파악하여 차종분류에 활용하고자 하였다.

분류의 한계를 보일 것이라 판단되는 1~4종 차량의 형태는 차량 앞부분에 의해 구분이 된다. 소형화물차의 경우 화물이 적재되거나 냉동탑차일 경우 등 화물적재부분이 차량에 따라 가변적이다. 따라서 3·4종 차량형태의 특징은 차량앞부분이라 할 수 있으며, 본 연구에서는 차량 길이와 프로파일분포에 의한 차량앞부분의 면적을 통해 차종을

구분하였으며, 현장 실험을 통해 차종을 분류한 결과 92.61%의 분류정확도를 확인하였다.

본 연구에서는 거리측정센서를 설치하여 차량프로파일을 계측하고 프로파일 형태에 의해 차종분류의 정확도를 확인하여 현재 이용하고 있는 차종분류 변수와 더불어 차종분류에 이용하고자 하였다. 본 연구를 통해 차량길이나 축간거리의 분류변수 이외에 차량의 형태, 즉 평면적 분류방법에 대하여 입체적 특성을 파악하여 차종분류 변수로 사용할 경우 좀 더 정확한 차종분류가 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 국토해양부, “교통량조사 차종분류가이드” September 2010.
 [2] 오주삼, 장경찬, 김민성, “차량높이 계측을 통한 차종분류 향상 방안 연구,” 한국도로학회 논문

- 집, 제12권, 제4호, pp.47-51, December 2010.
 [3] 김형수, 김민성, 오주삼, “차량길이와 축거의 추세선을 이용한 차종분류 알고리즘 개발,” 대한교통학회 논문집, 제27권, 제4호, pp.55-61, August 2009.
 [4] 오주삼, 최도혁, “차량제원을 활용한 차종분류 알고리즘 개발에 관한 연구,” 대한토목학회 논문집, 21권, 6-D호, pp.799-811, November 2001.
 [5] I. Urazghildiiev, R. Ragnarsson, P. Ridderstrom and A. Rydberg, “Vehicle Classification Based on the Radar Measurement of Height Profiles,” *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, vol. 8, no. 2. June 2007.
 [6] Y. Xuan, H. Meng, X. Wang and H. Zhang, “A high-range-resolution microwave radar system for traffic flow rate measurement,” *Intelligent Transportation Systems, Proceedings. 2005 IEEE*, pp.880-885. March 2005.

저자소개



오 주 삼 (Oh, Ju-Sam)

1998년 : 중앙대학교 공학박사(교통공학전공)

1999년 11월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 첨단교통연구실 수석연구원



장 경 찬 (Jang, Kyung-Chan)

2000년 6월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 첨단교통연구실 연구원



김 민 성 (Kim, Min-Sung)

2006년 : 한양대학교 공학석사(도시공학전공)

2007년 2월 ~ 2011년 9월 : 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 첨단교통연구실 연구원