

통행료징수시스템을 위한 무접점 답판 방식의 차종분류 알고리즘 개발

서연곤* · 류창국* · 이배호**

Development of Vehicle Classification Algorithm using Non-Contact Treadle Sensor for Toll Collect System

Yeon-Gon Seo* · Chang-Guk Lew* · Bae-Ho Lee**

요 약

차량의 윤폭과 윤거 정보를 산출하는 답판 센서는 국내 유료 도로의 차종 분류 장치에서 일반적으로 사용 된다. 답판 센서는 차량 정보를 생성하기 위하여, 주행 중인 차량의 바퀴와 접촉이 필요하며 따라서 이때 발생하는 충격을 견디기 위해 높은 내구성이 요구된다. 최근 한국도로공사가 요금소에서 화물차 고속 차로의 운영을 시작함에 따라, 화물차가 고속 주행할 때 발생하는 설계 기준 이상의 충격으로 인한 답판의 파손과 이에 따른 유지보수 및 관리 비용의 증가가 염려되고 있다. 본 논문에서는 물리적 충격에 대한 내구성을 향상 시킨 무접점 답판 센서를 사용해서, 통과 차량의 차종을 분류하는 알고리즘을 제안하였다. 이는 한국도로공사 6종 분류 방식을 기준으로 하였고, 지방도 1020호선의 창원 요금소를 통과하는 1892대를 대상으로 한 실험에서 99.5%의 분류 정확도를 나타내었고, 무접점 답판을 사용한 차종 분류 장치가 국내 유료 도로에 효과적으로 적용이 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

Vehicle classification system in domestic tollgates is usually to use treadle sensor for calculating wheel width and tread of the vehicle. Due to the impact that occurs when the wheels of the vehicle contact, treadle sensor requires high durability. Recently, KHC(Korea Highway Corporation) began operating high-speed lane for cargo truck. High-speed cargo truck generate more impact the design criteria of previous treadle. Therefore, an increase in the maintenance and management costs of the treadle damage is concerned. In this paper, we propose an algorithm to classify vehicles using non-contact treadle sensors for improving durability from physical impacts. This was based on the KHC's classification criteria and showed a classification accuracy of 99.5 % in one experiment with 1892 vehicles through Changwon tollgate in 1020 local road. Therefore, it shows that vehicle classification system using non-contact treadle sensor could be applied to domestic toll tollgates, effectively.

키워드

Vehicle Classification, Treadle, Wheel Width & Tread, ITS
차종 분류, 답판, 윤폭, 윤거, 지능 교통

* 전남대학교 전자컴퓨터공학과(hamsun@gmail.com, ds1gor@naver.com) • Received : Oct. 20, 2016, Revised : Dec. 13, 2016, Accepted : Dec. 24, 2016

** 교신저자 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부

• 접수일 : 2016. 10. 20

• 수정완료일 : 2016. 12. 13

• 게재확정일 : 2016. 12. 24

• Corresponding Author : Bae-Ho Lee

Dept. of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National University

Email : bhlee@chonnam.ac.kr

1. 서론

국내 고속도로나 외곽순환도로와 같은 유료 도로 상의 통행료징수시스템, 즉 TCS(Toll Collect System)와 ETCS(Electronic TCS)에서는 통행 차량의 차종을 자동으로 분류하는 차종 분류 장치를 사용하고 있다. 이러한 차종 정보는 요금 부스 혹은 통합차로제어기에 전달되어 요금 정산 시의 차량 정제 시간을 감소시키는 효과를 주며, 이후 관제 센터에서 이러한 정보를 제공받아 현재 유료 도로 내에 존재하는 차량 대수 정보를 파악하게 된다.

차종 분류 장치의 종류는 레이저를 이용하여 차고의 높이를 측정하는 방식[1], 루프와 피에조 센서를 이용하여 축수와 차장을 측정하는 방식[2-3], 카메라 영상과 차량 모델링 데이터를 이용하여 측정하는 방식[4-5], 마지막으로 답판(Treadle)를 이용하여 윤거, 윤폭, 축수를 측정하는 방식으로 분류 할 수 있다. 그러나 답판 방식을 제외한 측정 방식은 눈이나 비와 같은 환경 조건에서 신뢰성이 낮고, 또한 그 차종 분류 정확도 오차가 답판에 비교하여 상대적으로 커서, 국내에서는 일반 도로 상의 차량의 통계에만 적용되며 실제 요금 장비에서는 적용되지 않는다.

답판을 이용한 차종 분류 방식은 차량을 진입과 진출을 검출하는 차량 분리기와 같이 사용되며, 차량분리기의 정보와 답판에서 출력되는 일련의 신호와 같이 차량의 윤거와 윤폭, 그리고 축수를 생성 한 후, 각 차종에 따른 기준과 비교하여 차종을 결정한다. 이러한 답판은 국내의 점접 스위치를 이용한 방식[6]과 국외의 저항 소자를 이용한 방식[7]으로 크게 구분할 수 있다.

답판은 차량 통과 시, 차량 무게와 속도에 비례하는 충격에도 파손되지 않도록 견고한 구조로 설계되어 있고, 일반 차로에 비해 충격량이 큰 ETCS 차로와 화물차 전용차로에서의 최대 충격량이 그 기준으로 반영되어 있다.

그러나 최근 한국도로공사가 운영을 시작한 화물차 ETCS 혼용 차로에서는 화물차가 정차 없이 고속으로 답판을 통과하게 되므로, 설계 기준치 보다 높은 충격량이 답판에 가해지게 되어 결국 기존 기준으로 설계된 답판은 파손 빈도가 점차 증가될 것으로 예상된다.

점접 스위치와 저항 소자를 이용한 답판 방식은 그 감지 소자가 차량의 물리적인 충격에 그대로 노출되며,

따라서 설계 기준 치 이상의 충격이 가해졌을 때, 감지 소자의 수명이 급격히 단축 된다. 이에 비교하여, H사에서 신규로 개발된 무접점 답판 센서는 적외선 광 소자 배열을 적용한 방식으로 차량의 물리적 충격이 감지 소자에 전달되지 않도록 설계되어 내구성과 수명을 향상 시킨 장비이다[8].

이러한 무접점 답판 센서는 그 방식의 차이로 기존 답판 제어기와는 호환이 불가능하여, 새로운 윤거/윤폭 획득 알고리즘의 연구가 수행되었으나[9], 통행료징수시스템에 실제 적용하기 위해선 이를 기반 한 차종 분류 알고리즘 또한 추가 개발이 필요 된다.

본 논문에서는 무접점 답판 센서의 특징을 분석하고, 이를 적용한 차종분류장치의 구성 및 단계별 알고리즘을 제안하였으며, 현장 실험을 통해 무접점 답판 센서를 적용한 차종 분류 장치가 유효함을 증명하였다.

II. 무접점 답판 센서

이 장에서는 제안된 알고리즘을 이해하기 위해 필요한 무접점 답판 센서의 기본적인 특징에 대해 설명한다.

2.1 센서 특징

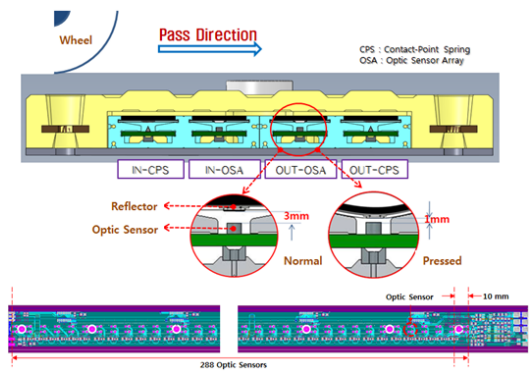


그림 1. 무접점 답판 센서 단면 및 광센서 배치
Fig. 1 Non-contact treadle sensor's cross section

그림 1에서는 무접점 답판 센서의 설계 정보를 보았다. 이는 차량 바퀴의 진입/진출 시점을 알기 위한 스프링 부(IN/OUT CPS)와 차량의 윤폭과 윤거 정보를

획득하기 위한 광센서 부(IN/OUT OSA)로 구성되어 있다. 여기서 광센서 부는 10 mm 간격으로 횡 방향으로 배열된 288개 센서로 구성되어 있으며, 진입/진출 방향으로 그 배열을 이중화하여, 불량 혹은 파손에 대비하였다. 이는 차량이 무접점 답판을 통과 할 때, 반사판이 붙어있는 SUS(Steel Use Stainless) 판이 가역 범위 내의 휨이 발생하고, 이 때 광센서부에서 발광 정보가 반사판에 반사되어 수신되는 원리를 이용한 것이다. 이러한 방식을 통해 물리적 충격이 광센서에 직접적으로 발생하지 않아 내구성을 향상 시킬 수 있다.

2.2 센서 출력 정보

그림 2에서는 무접점 답판의 센서 배열에서 얻은 필터링 된 288 개의 광센서 정보를 센서 4개 당, 하나의 16 진수로 표현하여, 이를 시간 순으로 정렬하여 보였다. 각 16 진수의 크기는 감지된 센서의 개수로 “003f ffef”는 총 17개의 센서가 감지된 것을 의미한다. 예로 보인 그림에선 주행 중인 1종 차량의 앞바퀴에 대한 정보로 좌측과 우측 바퀴로 인해 각 영역에 일정 개수의 센서가 감지되어 있는 것을 확인 할 수 있다.

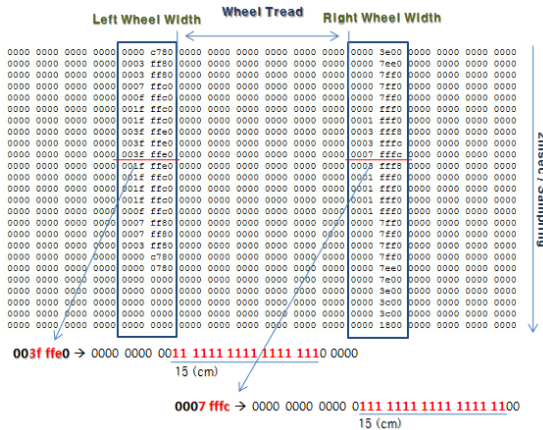


그림 2. 무접점 답판 센서 출력 샘플링 정보
Fig. 2 Non-contact treadle's output sampling

이와 같은 각 센서 정보는 보정 후, 식(1)과 식(2)를 통해 샘플링 시점의 바퀴 윤폭과 윤거를 구할 수 있다.

$$WW_L = \sum_{i=IDX_L}^{144} BS(i), WW_R = \sum_{i=IDX_R}^{288} BS(i) \quad (1)$$

$$WT = (IDX_R - IDX_L) + \frac{WW_R - WW_L}{2} \quad (2)$$

- * BS : Bit Stream
- * $IDX_{L/R}$: (Left / Right) Wheel Start Index
- * $WW_{L/R}$: (Left / Right) Wheel Width
- * WT : Wheel Tread

또한 이렇게 산출된 윤폭과 윤거 정보는 차종 분류 제어기에 제공되며, 이는 구성 장비의 다양한 정보와 함께 차종 정보를 생성하게 된다.

III. 제안된 차종 분류 알고리즘

이 장에서는 무접점 답판 센서를 적용한 차종 분류 장치의 구성과 차종 정보를 생성하기 위해 알고리즘을 제안하였으며, 답판 노후화 등의 이유로 알고리즘을 벗어난 비정상 상황에 대한 예외처리를 설명한다.

3.1 차종 분류 장치 구성

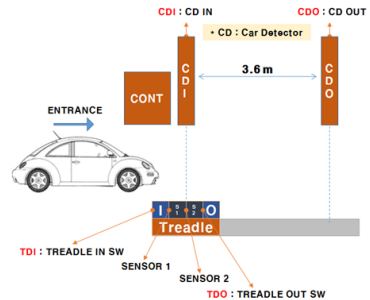


그림 3. 차종 분류 장치 구성

Fig. 3 Car classification system block diagram

차종 분류 장치는 차량 진입 정보를 제공하는 진입 CD 장치(CDI), 차량 판단 정보를 제공하는 진출 CD 장치(CDO), 차량 축에 대한 윤폭/윤거 정보를 제공하는 답판(Treadle), 마지막으로 각 장치의 정보를 받아 차종을 분류하는 제어기(CONT)로 구성되어 있으며, 이에 대한 개념도를 그림 3에 보였다.

차종 분류 장치는 차량에 진입 시 CDI 신호가 활성화되며, 이 신호가 유지되는 동안 답판(TDL)에서 발생하는 각 축 정보(윤폭/윤거)는 하나의 차량의 정

보로 취급되며, 진입/진출 방향에 따라 축 개수가 N 축까지 합산된다. 또한 차량이 진출 할 때, 즉 CDI와 CDO 신호가 모두 비 활성화될 때, 수집된 각 축의 정보를 이용하여 CONT는 차종 분류를 하고, 상위 요금 장비에 전달한다. 이에 대한 각 신호의 흐름을 그림 4에 표현하였다.

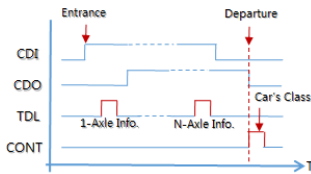


그림 4. 차종 분류 장치 신호
Fig. 4 The signal of car classification system

3.2 축 진행 방향 판별

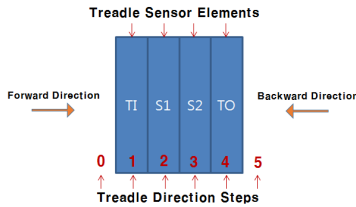


그림 5. 축 진행 방향 결정
Fig. 5 Conclusion direction of axle

차량의 진행 방향 판단 및 축 개수를 판단하기 위해서는 답판의 센싱 요소들이 다양한 이유로 파손 혹은 오동작을 하는 경우에도 각 축의 진행방향을 정확히 판단해야 한다.

그림 5에서는 축 진행 방향을 판단하는 알고리즘을 설명하기 위한 답판 모델 정보를 보였다. 답판의 센싱 요소(TI/S1/S2/TO)에는 차량이 전진 시, 감지되는 순서에 따라 1~4까지의 정수를 매핑 하였고, 현재 감지된 단계 값은 SN_n, 이전 값은 SN_{n-1}을 의미하게 된다. 단, 차량이 답판에 처음 감지가 되었을 경우, SN_{n-1} 값은 현재 상태가 TI일 경우는 '0', TO일 경우는 '5'로 초기화 한다.

$$TD_n = SN_n - SN_{n-1} \quad (3)$$

$$TD_{n-1} = SN_{n-1} - SN_{n-2} \quad * (TD > 0) TD = TF, (TD < 0) TD = TB \quad (4)$$

* TF = 1, TB = -1

$$FD = TD_n + TD_{n-1} \quad * (FD > 0) = F, (FD < 0) = B, (FD = 0) = I \quad (5)$$

- * TD : Temp. Direction
- * SN : Step Number
- * FD : Fix Direction
- * TF : Temp. Forward
- * TB : Temp. Backward

식(3)과 식(4)에서는 현재 감지된 센싱 요소의 스텝 값과 이전 스텝 값을 서로 감산하여, 그 값이 양수이면 임시 전진(TF), 그렇지 않으면 임시 후진 상태(TB) 값을 임시 방향(TD)에 넣고, 현재 임시 방향과 이전 임시 방향 값과 합산하여, 전진(F), 후진(B), 무효(I)를 결정한다. 또한 식(6)와 같이 최종 차량의 축수는 차량 진출 시의 전진 축수와 후진 축수를 감산한 값이 되며, 양수는 차량의 전진 진출, 음수는 후진 진출 그리고 '0'은 무효 차량을 의미한다.

$$CWC = FWC - BWC \quad (6)$$

* (WC > 0) = FC, (WC < 0) = BC, (WC = 0) = Ignore

- * CWC : Car Wheel Count
- * FWC : Forward Wheel Count
- * BWC : Backward Wheel Count

이러한 순차 결정 방식은 답판 센싱 요소에서 2개 까지 파손 혹은 오동작이 발생하여도 정확한 방향을 판단할 수 있다.

3.3 차량 진행 방향 판별

차량이 차종 분류 장치에 진입하여 CDI가 활성화 되면, 축 진행 방향에 따라 전진 축 개수와 후진 축 개수를 각각 따로 저장한다. 그리고 CDI가 비활성화 될 때, 전진 축 개수와 후진 축 개수를 감산하고, 그 값이 양수 일 경우, 차량이 유료 도로로 진입했다고 판단하여 차종 정보를 생성하며, 음수 일 경우는 역주행 정보를 생성하게 된다. 예외 상황으로 만약 그 값이 '0' 일 경우는 진입 방향과 진출 방향이 같다고 판단하여 정보 생성을 무효화 한다.

3.4 경차 판별

국내에 출시되는 경차(= 6종 차량)는 매년 크기가 커지는 흐름을 보이며, 윤폭과 윤거 정보가 1종 차량과 오차 범위까지 근접하는 경우가 있어 차종 분류 애러율을 높이는 요인이 된다.

국내에서 경차의 전장은 3.6 m 미만으로 규정되어 있고, 경차 판별의 정확도를 개선하기 위하여 축 정보 외에 차량의 전장 정보를 이용할 수 있다. 그림 3에서 보였듯이 제안된 시스템은 CDI와 CDO 장치의 설치 간격을 3.6 m 하였고, 따라서 그림 4에서 보인 일반 차량 신호 패턴과 달리, 경차의 경우 CDI와 CDO 신호가 중첩되는 패턴이 이론적으로는 없게 된다. 단, 차량이 고속으로 통과할 경우, 신호 전달 지연으로 인한 오류가 발생할 수 있기 때문에 이러한 신호 패턴의 특징뿐만 아니라 윤폭/윤거 정보를 경차 판별에 같이 이용하였다.

3.5 예외 처리

무접점 답판을 차종 분류 장치에 적용하기 위해서 하드웨어적 특징 및 타이어 공기압, 주행 패턴 등의 다양한 원인에 의하여 발생 될 수 있는 예외 사항에 대한 고려가 필요하다. 제안된 알고리즘에서는 이러한 이유로 발생할 수 있는 오차를 줄일 수 있도록 했으며, 대표적인 경우에 대한 처리를 아래에 설명하였다.

3.5.1 윤거 생성 실패 처리

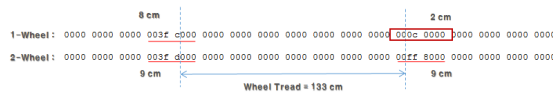


그림 6. 윤거 생성 실패 예

Fig. 6 Example of wheel tread calc. fail

그림 6에서 1-축에 대해 좌 윤폭은 8 cm, 우 윤폭은 2 cm를 확인 할 수 있다. 이때 우 윤폭은 최소 윤폭 이하의 값으로 무시하게 되며, 결국 윤거가 생성될 수 없게 된다. 이런 경우는 보통 경차 혹은 화물을 적재하지 않은 1종 화물차와 같이 가벼운 차량에서 발생할 수 있다. 이에 대한 처리는 만약 그림 6의 2-축과 같이 나머지 축에 생성된 윤거 정보가 있으면 실패된 축의 윤거를 치환 시키며, 모든 축에서 윤거가 발생되지 않음

만 최대/최소 윤폭만을 가지고 차종 분류를 수행할 수 있도록 하였다.

3.5.2 좌우 윤폭 비대칭 처리

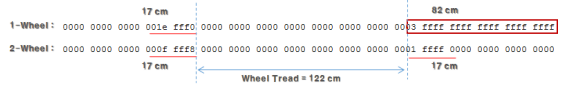


그림 7. 윤폭 비대칭 예

Fig. 7 Example of wheel width's asymmetric

답판의 노후 혹은 충격으로 인한 센서 모듈의 순간적인 오동작을 이유로 윤폭이 그림 7과 같이 비정상적으로 크게 나오는 경우가 발생할 수 있다. 실험을 통해 좌/우 윤폭의 차는 통계적으로 1.5 배 이상 벌어지지 않는 것을 확인 하였고, 따라서 각 축에서 서로의 윤폭이 2배 이상 차이가 난다면, 비정상적으로 판단하고 큰 윤폭 값을 작은 값으로 치환 한다. 또한 이후 축 정보에서 정상 윤폭 방향(좌 혹은 우)의 값이 서로 유사하다면, 그 축의 반대 방향 윤폭 값을 문제시된 윤폭으로 다시 대입한다. 결과적으로 이 방법을 통해 축 단위의 윤폭 오차는 최소화 할 수 있게 된다.

3.5.3 AB 합체 반응 지연 처리

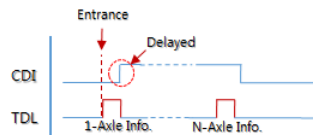


그림 8. CDI 신호 지연

Fig. 8 Delay of CDI signal

진입 CD 장치의 검지 스캔 주기는 2 msec 이며, 답판의 스캔 주기는 0.15 msec 로 차량이 고속으로 진입하게 되면, CDI 신호가 답판의 신호보다 지연되는 경우가 발생할 수 있다. 한국도로공사는 160 km/h 이하로 통과하는 차량에 대한 차종 분류를 요구하고 있으며, 이 경우 2 msec 동안 이동거리는 약 0.2 m 정도가 된다. 따라서 CDI의 최대 지연에도 차량의 첫 축은 답판 위에 있게 되며, 결국 CDI 신호가 축 정보가 생성되기 전에 발생하게 되면 이 후 발생하는 축과 같은 차량의

축으로 취급할 수 있다.

3.5.4 진행 방향 오류 처리

차량의 고속 주행 시 2개 이상의 답판 센싱 요소의 물리적 파손 혹은 오동작으로 인하여, 실제 전진 진출하는 경우에도 후진 축이 계산 될 수 있고, 이는 결국 차종 분류 오류의 원인이 된다. 이 경우 CDI와 CDO 신호의 시간차와 거리로 차량 진입/진출 속도를 계산하고 20 km/h 이상이면, 후진 가능성이 없다고 판단하여 후진 처리된 축을 전진으로 취급하여 최종 축수를 보정할 수 있다.

3.6 차종 분류

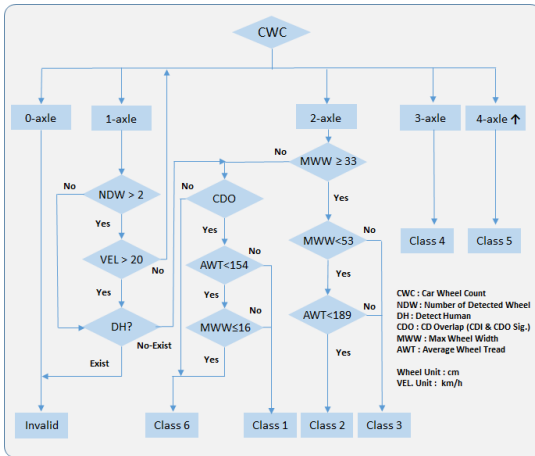


그림 9. 차종 분류 순서도

Fig. 9 Proposed flow chart of car classification

무접점 답판을 통한 축 수, 윤거/윤폭, 차량 진행 방향 등을 획득한 후, 예외처리 단계까지 완료되면, 차종 분류를 위한 모든 정보가 모이게 된다. 그림 9에서는 이러한 정보를 통해, 한국도로공사 6종 분류 기준을 만족시키기 위해 제안된 차종 분류 순서도를 보였다.

4종과 5종은 각각 3축과 4축 이상인 차량이 단순 분류되며, 경차인 6종은 CDI와 CDO 신호의 활성화된 구간이 중첩되지 않거나 AWT(: Average Wheel Tread)가 154 cm, MWW(: Max Wheel Width)가 16 cm 미만인 차량이 분류된다. 이와 비슷하게 1종은 CDI와 CDO 신호의 활성화된 구간이 반드시 중첩되고, MWW

가 33 cm 미만, 16 cm 이상이고, AWT가 154 cm 초과인 경우 분류된다. 마지막으로 2종은 MWW가 33 cm 이상, 53 cm 미만이며, AWT가 189 cm 미만인 경우 분류되며, 3종은 2축 차량 중에 MWW가 53 cm를 초과하거나, AWT가 189 cm를 초과할 경우 분류된다.

또한 차량의 진입/진출이 서로 달라 0축이 발생하는 경우와 축 감지가 2축 미만이며, 사람이 답판을 밟았을 때를 고려(DH : Detect Human)하게 설정된 경우는 차종을 분류하지 않고 무효처리한다. 만약 생성된 축이 1축이나 축 감지가 2축 이상이고 그 속도가 20 km/h 이상이면, 축 방향 판별에 오류가 있다고 판단하여 후진 축을 전진 축 취급하여 다시 차종 분류를 시도하게 된다.

IV. 실험

제안된 차종 분류 알고리즘의 유효성을 검증하기 위하여 불모산 IC 인근, 지방도 1020호선에 위치한 창원 요금소에서 실제 현장 실험을 하였다.

표 1. 한국도로공사 6종 분류 기준
Table 1. Standard of KHC's car classification

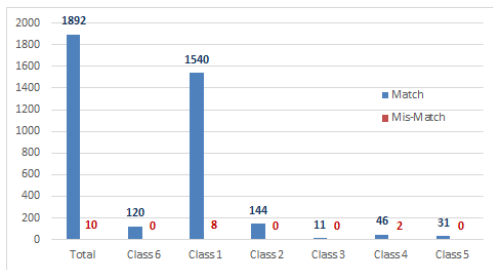
Class	Wheel Count	Wheel Width	Wheel Tread
1	2	279.4 mm ↓	don't care
2	2	279.4 mm ↑	1,800 mm ↓
3	2	279.4 mm ↑	1,800 mm ↑
4	3	don't care	
5	4 ↑		
6	2	175.0 mm ↓	1,315 mm ↓

표 1에서 현재 국내 유료 도로에 적용된 한국도로공사 6종 분류 기준을 보였다. 이 표에서 보인 각 차종의 수치는 그림 9의 차종 분류 순서도에서의 윤폭/윤거 계산 수치와는 차이가 있는데, 이는 무접점 답판의 물리적인 특징과 차량 주행 패턴에 의해 실제 차량의 수치와는 차이가 발생하기 때문이며, 각 수치는 가장 높은 차종 분류 정확도를 갖도록 실험을 통해 결정되었다.

실험은 상행 1개 차로를 통과하는 임의의 차량을 대상으로 하였으며, 총 1892대 차량에 대한 정보를 수집하여 그 결과를 분석하여 그림 10에 보였다.

실험을 통한 차종 분류 결과는 6중, 2중, 3중 5중은 모두 실제 차종과 일치하였으며, 1중은 1540건 중 8대, 4중은 46건 중 2대 만이 불일치하였다.

불일치 된 원인은 1중의 경우 윤폭/윤거가 6중 혹은 2중의 기준 값으로 측정된 것이 6건으로 가장 많았고, 나머지 2건은 CDO의 오동작으로 인한 것이었다. 또한 3축 화물차인 4중의 경우 발생된 2건 모두 3중으로 분류되었고, 이는 화물칸의 하중이 없는 경우에 발생되어 무접점 답판의 물리적 감도 조정에 대한 검토가 필요 되었다.



	Total	Class 6	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
Match	1892	120	1540	144	11	46	31
Mis-Match	10	0	8	0	0	2	0
Accuracy(%)	99.5	100.0	99.5	100.0	100.0	95.7	100.0

그림 10. 차종 분류 결과
Fig. 10 Result of car classification

마지막으로 제안된 차종 분류 알고리즘의 전체 정확도는 99.5 % 로 한국도로공사에서 요구하는 97 %를 만족함을 보였으며, 결국 이를 통해 무접점 답판을 사용한 차종 분류 장치가 실제 요금소에 적용 가능함을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 무접점 답판 센서를 차종 분류 장치에 적용 가능한 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방식은 윤거/윤폭 정보를 포함하여 축수, 진행 방향, 차량 길이 등에 대한 정보를 통해 한국도로공사 6중 차종 분류를 수행한다. 또한 다양한 상황에 대한 예외 처리를 통해 분류 정확도를 높였으며, 이를 포함한 각 단계의 처리를 최대한 단순화하여 고속 주행 차량에도 분류가 가능하도록 하였다.

마지막으로 실제 운영 중인 창원요금소에서 테스트를 진행하였고, 임의의 차량에 대해 전체 평균 99.5 %의 차종 분류 정확도를 보여, 제안된 알고리즘의 유효성을 증명하였다.

이 후, 차종 분류 정확도의 개선을 위해, 1중 차량에 대한 차종 분류 기준 및 CDO 대한 응답 속도 그리고 무접점 답판의 물리적 감도 개선에 대한 연구가 필요하며, 동시에 무접점 답판의 노후 사용 시, 오류 상황에 대한 변화를 관찰하는 것이 필요 된다.

References

- [1] J. Oh, K. Jang, and M. Kim, "Improvement of Vehicle Classification Method using Vehicle Height Measurement," *J. of the Korean Society of Road Engineers (KSRE)*, vol. 12, no. 4, Dec. 2010, pp. 47-51.
- [2] S. Kwon and Y. Seo, "New Vehicle Classification Algorithm with Wandering Sensor," *The J. of Korean Society of Transportation (JKST)*, vol. 27, no. 6, Dec. 2009, pp. 79-87.
- [3] S. Cho, D. Lee, and S. Ruy, "A Study on Efficient Vehicle Classification based on 3-Piezo Sensor AVC SYSTEM," *The J. of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, vol. 13, no. 3, June 2013, pp. 25-31.
- [4] S. Fazli, S. Mohammadi, and M. Rahmani, "Neural Network based Vehicle Classification for Intelligent Traffic Control," *Int. J. of Software Engineering & Applications (IJSEA)*, vol. 3, no. 3, May 2012, pp. 17-22.
- [5] S. Messelodi, C. Modena, and G. Cattoni, "Vision-based bicycle/motorcycle classification," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 28, no. 13, Oct. 2007, pp. 1719-1726.
- [6] T. Shin, "A vehicle classification system using a treadle for vehicle driving in multi-lane," *Korean Intellectual Property Office (KIPO)*, Patent Application no. 10-2013-0089994, 30 July 2013.
- [7] W. Zhang, Q. Wang, and C. Suo, "A Novel Vehicle Classification Using Embedded Strain Gauge Sensors," *Int. J. of Sensors*, vol. 8, no.

11, Nov. 2008, pp. 6952-6971.

- [8] S. Jang and Y. Kim, "Vehicles classification apparatus of non contacting type," *Korean Intellectual Property Office (KIPO)*, Patent Application no. 10-2012-0019455, 27 Feb. 2012.
- [9] Y. Seo, C. Lew, and B. Lee, "Development of wheel width and tread acquisition algorithm using non-contact treadle sensor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 6, 2016, pp. 627-634.
- [10] K. Jang and S. Kwak, "Fast Center Lane Detection Method for Vehicle Applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 6, 2014, pp. 649-656.
- [11] K. Park and H. Kim, " A Study for Video-based Vehicle Surveillance on Outdoor Road," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 11, 2013, pp. 1647-1653.
- [12] H. Kim, J. Park, K. Kim, and J. Do, "A Vehicle Detection and Tracking Algorithm Using Local Features of The Vehicle in Tunnel," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 8, 2013, pp. 1179-1186.



류창국(Chang-Guk Lew)

1991년 청주대학교 전자공학과 졸업(공학사)

2001년 한국항공대학교 항공산업대학원 정보통신공학과 졸업(공학석사)

2014년 ~ 현재 전남대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 박사과정

※ 관심분야 : 음성신호처리, 영상신호처리, ITS, CC TV, u-City 등



이배호(Bae-Ho Lee)

1978년 한양대학교 전자학과 졸업(공학사)

1980년 한국과학기술원 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)

1993년 University of Missouri, Columbia 졸업(공학박사)

1980년 ~ 1983년 국방과학연구소

1993년 ~ 현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 인공지능, 멀티미디어 등

저자 소개



서연곤(Yeon-Gon Seo)

2000년 서경대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

2003년 광운대학교 제어계측공학과 졸업(공학석사)

2015년 ~ 현재 전남대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 박사과정

※ 관심분야 : 차종분류장치, 교통 VDS, ITS, 인공지능, 신호처리 등