

□ 論 文 □

단일 루프 검지기를 이용한 차종 분류 알고리즘 개발

Development of a Vehicle Classification Algorithm
Using an Inductive Loop Detector on a Freeway

이 승 환 조 한 선 최 기 주

(아주대학교 교통공학과 교수) (아주대학교 교통연구소 연구원) (아주대학교 교통공학과 교수)

目 次

- | | |
|--------------------|-------------------|
| I. 서론 | IV. 분석 절차 및 실험 결과 |
| II. 이론적 고찰 | V. 결론 |
| III. 차종분류 알고리즘의 개발 | |
-

ABSTRACT

This paper presents a heuristic algorithm for classifying vehicles using a single loop detector. The data used for the development of the algorithm are the frequency variation of a vehicle sensed from the circle-shaped loop detectors which are normally buried beneath the expressway.

The pre-processing of data is required for the development of the algorithm that actually consists of two parts. One is both normalization of occupancy time and that with frequency variation, the other is finding of an adaptable number of sample size for each vehicle category and calculation of average value of normalized frequencies along with occupancy time that will be stored for comparison. Then, detected values are compared with those stored data to locate the most fitted pattern.

After the normalization process, we developed some frameworks for comparison schemes. The fitted scales used were 10 and 15 frames in occupancy time (X-axis) and 10 and 15 frames in frequency variation (Y-axis). A combination of X-Y 10-15 frame turned out to be the most efficient scale of normalization producing 96 percent correct classification rate for six types of vehicle.

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

도로상에서 야기되는 각종 교통상태를 판단하고 이에 따른 적합한 교통제어를 수행하기 위해서는 목적인 교통정보를 수집할 수 있는 다양한 검지센서들이 도로위에 매설되거나 도로변에 설치되어야 한다. 이러한 검지 목적의 센서들은 유도식 루프 검지기 뿐만 아니라 마이크로 웨이브, 초음파 센서등 다양한 센서들이 이용되고 있지만 국내는 물론 국외에서도 아직 유도식 루프 검지기가 주를 이루는 실정이다. 유도식 루프 검지기는 차량이 도로에 매설된 루프 코일의 위를 지나갈때 변화하는 자장의 세기를 계측하여 통과 교통량과 점유 및 비점유 시간등을 수집하여 교통정보로 활용하고 있다. 이런 정보들 이외에 교통제어의 여러 가지 목적을 달성하기 위해서 필요한 차종 및 제어 측면에서 직접적 혹은 간접적으로 활용될 수 있는 정보들은 피에조 센서등 다른 센서와 조합해서 수집하는 것이 보통 관례화 되어 있다.

차종구분의 필요성은 우선 교통공학이나 교통계획에서 화물과 사람의 이동등 교통패턴을 파악할 필요가 있으며 이를 위하여 화물차량과 소형차량의 구분이 선행되어야 하고, 또한 도로의 포장설계와 같은 구조적측면에서도 차종파악은 필수적이며, 교통관련자료 구축 이라는 관점에서 볼 때에도 매우 중요하다.

루프 검지기를 이용하여 통행 차종을 파악하기 위한 노력은 과거에서부터 오늘날에 이르기 까지 국내 및 국외에서 많은 관심이 되어 왔으며, 최근 몇 년전 독일 AVE 사에서 개발한 MAVE-S 시스템[4]이 루프 검지기를 이용하여 통행 차량들에 대한 차종을 기본적으로 2종에서 최대 6종까지 구분할 수 있는 상용제품을 개

발한 바 있으나 그 차종구분에 대한 실험적 신뢰도가 아직 밝혀지지 않은 실정이다. 그 외에 루프 센서와 피에조 센서를 복합구성하여 차종을 14종에서 최대 33종까지 구분할 수 있도록 되어있는 시스템[4]도 개발되었으나 그 신뢰도는 88% 정도의 수준에 이르고 있다. 한편으로 국내의 경우 본 연구과제와 관련한 연구가 극히 미진한 상태에 있으며, 현재 국내에서 운영중에 있는 각종 검지기 체계들은 외국에서 개발한 체계로서 루프 검지기와 피에조 센서등 다양한 센서들을 복합구성하여 차종을 구분하는 고가의 장비들이다.

그러므로 기존의 단일 루프검지기를 그대로 활용하여 기존의 수집 정보 뿐만아니라 차종까지 분류를 할 수 있다면 상당히 경제적이고 효과적이라 할 수 있겠다. 이에 본 연구에서는 기 설치된 단일 루프검지기를 이용한 차종분류 알고리즘을 개발 하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 범위

분석에 이용되는 자료는 개별 차량에 대한 주파수 변화값이며, 고속도로에 설치되어 있는 루프검지기를 이용하여 수집한다. 본 연구에 이용된 검지기는 지름 1.8m의 쌍으로 된 원형 루프검지기이며, 고속도로를 통행하는 각각의 차량(승용차,봉고,대형 버스,2.5톤 트럭,11톤 트럭, 트레일러등)에 대하여 인덕턴스의 변화를 매 20ms마다 A/D변환 장치에 의하여 주파수 값으로 변환된 수치를 토대로 한다. 그 수치를 토대로 각 차량의 점유시간을 파악하여, 각 차량의 점유시간 동안 파형의 특징을 추출하고, 추출된 각 특징들을 기초로 각 차량이 나타내는 고유의 파형을 식별하는 패턴 인식방법으로 접근한다.

본 연구에서는 검지기 매설장소의 유한성 및

연구대상 도로의 특성으로 인하여, 다양한 차종의 자료 수집이 용이하지 못하여, 시험 가능한 자료 수가 많은 차종을 대상으로 분석하였다. 그리하여 본 연구는 기존의 차종분류 시스템에서와 같이 모든 차종을 고려할 수 있는 보편적인 접근방법과는 다소 차이가 있는 것 또한 사실이다.

검지 특성상의 문제로 파형의 구분이 가장 확실한 4개 차종(승용차, 대형 버스, 11톤 트럭, 트레일러)에 대한 차종분류 알고리즘을 구현하고, 이 알고리즘을 바탕으로 25톤 트럭을 추가시킨 5종에 대한 것과 봉고와 1톤 트럭을 같은 차종으로 간주하여 이를 추가시킨 5종, 25톤 트럭과 봉고(1톤 트럭 포함)를 추가시킨 6종에 대한 알고리즘을 차례대로 구현하였다.

정규화 과정에서 X_Y 규격을 10_10으로 하여 알고리즘을 구현하였고, 그 알고리즘에 정규화 규격을 각각 10_15, 15_10, 15_15 으로 하여 같은 데이터를 적용해 봄으로써 정규화 규격(frame)에 대한 알고리즘의 민감도를 실험하였다(정규화 과정 및 규격에 대한 내용은 3장 2절을 참조 바람).

또한 본 연구에서 이용한 각 차량의 파형은 고속도로 기본구간에서 수집한 자료이므로, 검지영역을 지날 때의 차량은 고속이고, 등속도로 통행했다는 가정을 할 수 있다. 점유시간동안 비 등속 통행에 의한 부분적 지체가 발생할 경우 각 차종 고유의 파형 특성이 상쇄될 것이므로 이러한 비 등속도의 영향을 감안한 알고리즘을 함께 개발하여야 하나, 대상 도로의 특성상 그러한 자료들을 얻지 못하여 비 등속도 통행에 대해서는 고려하지 못하였음을 미리 밝혀두는 바이다.¹⁾

1) 향후 본 연구에서 제시한 알고리즘을 톨 게이트나 교차로의 정지선에 적용하기 위해서는 비 등속도에 대한 영향을 감안하여, 알고리즘을 보완 하여야 할 것이다.

II. 이론적 고찰

1. 기존의 차종분류 방식 고찰

일반적으로 도로교통량을 조사할 때는 교통량 뿐만아니라 차종에 대한 자료도 중요한 파라미터로써 수집한다. 차종의 구분은 교통공학이나 교통계획에서 필수적이며 증차량 및 승용차의 기능 및 역할이 다르기 때문에 생기는 문제를 해결하기 위한 필수 고려 요소로써 각 나라마다 실정에 맞는 차종구분을 하고 있다. 이에 대부분의 국내 외 교통량 조사장비들은 차종에 대한 정보를 제공하도록 설계되어 있고, 이를 위해 각종 센서들을 조합하여 사용하고 있다. 이 절에서는 각 국가별로 차종분류 현황을 알아보고, 차종분류가 가능한 장비들에 대해 센서(sensor)를 중심으로 소개하고, 또한 최근에 연구대상이 되고있는 WIM(Weigh-In-Motion) 장비에 대해서도 약간 언급하기로 하겠다.

(이 절의 대부분의 내용은 참고 도서[4], 도로교통량조사 및 관리제도 개선연구 최종보고서를 참조 하였다.)

1) 교통량 조사 장비

(1) 영국

차종은 자전거, 이륜차, 승용차 및 택시, 대형 버스 및 코치, 경트럭 및 측수 및 측거에 의하여 구분되는 6종의 화물차등을 포함하여 도합 11개 유형으로 분류하고 있고, 각 장비들의 특징은 다음과 같다.

- MARKSMAN 600 : 입력 센서는 튜브, 루프, 피에조, 중량 센서의 조합으로 운영됨.
- MARKSMAN 660 : 차종 분류와 다차선 중량측정(WIM)이 가능하다.
- MARKSMAN MK3 Series : 피에조 차량분류기(Piezo Vehicle Type Classifier : VTC)

를 루프검지기와 연결하여 운영함.

(2) 미국

차종 분류 기준은 각 주에 따라 조금씩 다르지만 최종적으로는 FHWA기준인 총 6개차종으로 분류하고 있고, 각 장비들의 특징은 다음과 같다.

- GK 5000 Series : 입력 센서로서 2 airswitch, 2 contract 또는 2 piezo cable 을 이용함.
- GK 6000 Series : 입력 센서로서 2 airswitch, 8 loop detector, 8 N/O contact, 8 piezo 를 조합하여 운영함.
- TraficOMP III 241 : 입력 센서로서는 Road tubes, 루프, 피에조 케이블이 있으며, 축분류에 의하여 차종을 분류함.

(3) 일본

- 3P5HE-02 : 루프와 초음파 센서를 조합하여 사용하며 차종은 승용차, 소형화물, 대형버스, 버스로 분류 한다. 센서 설치 방법은 루프코일과 초음파 헤드를 각 차선상에 배치하여, 각각의 검출 신호가 중첩되는지 여부에 따라 차체의 길이를 2종류로 구분한다.

(4) 프랑스

전국 도로망에 걸친 이동화물량을 파악할 목적으로 S.A.T.L.시스템(화물차량 자동검지체계)을 이용하는데, 일반적으로 과적 행위가 자주 발생하는 곳에 설치하며, 차종에 따라 5개의 대분류 및 12개의 소분류를 한다.

- HESTIA-B : 센서의 구성은 2개의 루프와 1개의 피에조(Loop Piezo Loop)이며, 14종 분류 가능
- HESTIA-A : 센서의 구성은 1개의 루프와 2개의 피에조(Piezo Loop Piezo)이며, 33종 분류 가능

(5) 독일

AVE사의 MT시리즈는 패턴인식 기법에 의

하여 차종을 구분하며, 센서로는 루프검지기가 사용된다.

2) WIM(Weigh-In-Motion) 장비

WIM(Weigh-In-Motion)은 차량이 이동중일 때 총차량무게, 그리고 개별 및 그룹화된 차축무게, 축간간격에 대한 자료를 얻고자 할 때 사용되며, 이때 얻어지는 축수 및 각 차량의 축간거리가 차종을 분류하는데 있어 결정적 역할을 한다.

현재 외국에서 사용되고 있는 WIM장비들의 센서는 크게 3가지로 구분된다.

(1) MAT(Capacitance Mat)

차량이 센서를 통과할때 강철판에 압력이 가해지게 되고, 그에 의해 내장되어 있는 축전기(Capacitor) 값이 변동하게 되고 발전기의 주파수가 변화하며 이러한 변화는 측정기준에 따라 중량 측정치로 바뀌게 된다.

(2) 피에조 센서(Piezo-electric sensor)

프랑스에서 개발된 센서로서, 현재 가장 널리 사용되고 있는 중량측정용 센서이다.

중량측정용 센서들중 가장 우수하며, 한개의 루프와 2개의 피에조 센서 조합을 통해 교통량, 속도, 차종에 대한 자료를 얻을 수 있다.

(3) Wim Strip 센서

원리는 피에조 센서와 거의 유사하고, 튜브, 루프, 피에조 및 Wim Strip의 센서조합을 통해 교통량, 속도, 차종에 대한 자료를 얻을 수 있다.

2. 루프 검지기의 이론적 고찰

루프 검지기는 도로위에 매설된 루프에 의하여 형성된 검지영역을 차량이 통과하거나, 정지

해 있는 경우 차량으로 인한 루프의 인덕턴스의 변화를 감지하여 통과 또는 존재의 결과를 감지하여 교통제어에 필요한 교통변수(volume, speed, occupamcy 등)를 얻을 수 있는 차량검지기의 하나이다.

(이 절의 대부분의 내용은 참고 도서[2], 서울특별시 교통신호제어시스템 연구용역시행 2차년도 결과보고서를 참조 하였다.)

1) 루프 검지기의 구성 및 특성

루프 검지기는 도로위에 매설된 2~4회의 회전수를 가진 루프로 형성되는 검지영역과 검지장치, 그리고 도입케이블 등으로 구성되어 있다.

검지장치에서 공급하는 10~200KHz의 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 감지하여 차량의 존재 유무를 판별하여 출력한다. 위의 구성에서 살펴본 바와 같이, 루프 검지기는 루프와 도입케이블로 검지부를 형성하고 있으며 이 검지부를 이루고 있는 소재들의 전기적특성(저항, 인덕턴스, 커패시턴스)의 상호작용으로 차량을 검지할 수 있는 전자기적 회로부를 형성한다.

2) 검지원리

도선에 전류가 흐르면 이 도선주위에는 “오른손의 법칙”에 따라 자장이 형성되며 이때 발생하는 자속은 도선(코일)의 인덕턴스에 비례하여 나타난다. 전기장에서의 기전력(Electromotive force, E.M.F)에 대응하여 자기장에서 자속을 발생할 수 있는 힘을 기자력(Magnetomotive force, M.M.F)이라고 하면, 기자력(F)은 코일의 회전수와 흐르는 전류의 합수

로 표시할 수 있다.

루프 시스템에서는 도로위에 매설된 루프코일과 인입선까지의 루프 케이블에 전류가 흘러서 차량이 없는 경우 일정한 인덕턴스에 비례하는 자속이 발생 한다. 루프에 형성된 자장(Magnetic Field)위로 차량이 통과하는 경우, 차량과 루프 사이에는 자속(Magnetic Flux)의 변화가 발생한다. 차량이 존재하지 않는 경우 자로(FLUX PATH)를 형성하는 공기의 상대투자율(Relative Permeability)을 1이라고 하였을 때 도체의 성분을 많이 포함하고 있는 차량의 상대투자율은 상당히 큰 값(예 철:4000, Mumetal(니켈, 철, 구리등을 함유한 합금) :20,000)을 가지므로 차량의 자기저항(Reluctance)은 공기에 비하여 상당히 적은 값을 가지며, 이로인하여 더 많은 자속의 흐름이 발생한다. 차량이 루프면위에 존재하는 경우 연속적인 도체판은 루프 자장에 의해 반대방향으로의 유도자장이 발생하고 유도자장으로 인한 내부의 유도전류는 상쇄되어 결과적으로 루프의 자장에 반대되는 유도자장이 발생한다. 이 루프의 자장과 유도자장은 상호작용하여서 자속의 변화를 가져온다. 이러한 자속의 변화로 차량(도체)에는 자속의 변화의 반대방향의 자장이 형성되고 이자장은 기존의 루프의 자장과 결합하여 인덕턴스의 변화를 가져온다. 루프 검지기는 이러한 인덕턴스의 변화를 주파수의 함수로 변환을 하여서 차량의 존재유무를 검지해 낸다.

Ⅲ. 차종 분류 알고리즘의 개발

1. 자료 수집 절차 및 구조

서론에서 언급했듯이 분석에 이용되는 자료는 개별 차량에 대한 주파수 변화값이며, 고속도로

에 설치되어 있는 원형 루프검지기를 이용하여 수집하였다. 여기서 주파수 값이란 질 계수와 임피던스의 관계에서 유도하면 다음과 같다.

$$Q = \frac{2\pi L f}{R}$$

위 식에서 주파수를 좌변에 놓고 식을 정리하면 다음과 같다.

$$f = \frac{Q R}{2\pi L}$$

여기서, 질 계수와 저항성분을 일정 값으로 지정해 두면, 주파수 값은 인덕턴스의 함수가 된다. 위 식에서 인덕턴스는 다음과 같이 시간과 전류의 변화와 기전력의 함수로 정의 되는

데, 결국 주파수 값은 전류소(di)의 변화에 영향을 받게된다.

$$L = \frac{dt}{di} \epsilon \quad \epsilon: \text{기전력}$$

위 식에서 알 수 있듯이, 전류소(di)의 값과 인덕턴스(L) 값은 반비례이고, 주파수와는 비례 관계가 있음을 알 수 있다. 또한 전류소 값은 루프와 도체와의 거리에 비례한다. 그러므로, 주파수 값의 크기는 차체의 밑바닥 면과 노면의 거리에 따라 변하게되고, 주파수 값의 변화는 차체 밑 바닥면의 형태에 따라 다양하게 변할 수 있는 것이다.

본 연구에 이용된 검지기는 지름 1.8 m로서 쌍으로 된 원형 루프검지기이며, 1개의 주파수

< 표 1 > 각 차종별 구성 및 특성

차 종	구성 차종 및 특성
승 용 차	그랜저, 소나타, 엘란트라, 프라이드, 티코 등 jeep을 제외한 국내에서 생산되는 모든 승용차 포함
봉 고	봉고, 그레이스, 타우너 등 각종 승합차와 1톤 트럭
대 형 버 스	고속버스, 직행버스 등 대형 버스
2.5 톤 트럭	2.5 톤 카고트럭
11 톤 트럭	11 톤 카고트럭(덤프를 제외한 3축 트럭)
트 레 일 러	5축

< 표 2 > 자료 수집 현황

장 소	중부 고속도로 (판교 - 구리)		중부 고속도로 (판교 - 구리)		차종별 소계	
	11월 13일		11월 19일			
수집 자료 수	차 종	자료 수	차 종	자료 수		
	승용차	67	승용차	183	250	
	봉 고	122	봉 고	225	347	
	대형 버스	20	대형 버스	26	46	
	11 톤 트럭	3	11 톤 트럭	32	35	
	트레일러	9	트레일러	9	18	
	2.5 톤 트럭	20	2.5 톤 트럭	183	203	
	소 계	241	소 계	658	총 계	899

단위 검지당 시간간격(scanning time)은 20ms 이다. 자료 수집 절차로서는 노트북 컴퓨터를 검지기에 연결하여 각 차량에 대한 점유시간동안의 주파수 값을 20ms간격으로 읽어들이 각 파일에 저장하고, 그 파일에 해당되는 차종은 직접 육안으로 파악했다.

연구 대상 도로의 특성으로 인하여, 다양한 차종의 자료 수집이 용이하지 못하여, 자료 수가 많은 차종 위주로 연구 대상 차종으로 선택하였다. 각 차종에 관한 내용은 <표 1>, 차종별 자료 수집 현황은 <표 2>와 같다.

2. 알고리즘 소개

1) 파형의 정규화

각 차량의 점유시간 동안의 주파수 값의 변화를 보기 쉽게 하기위해, 점유시간을 파악하여 그 동안의 주파수 변화를 Y축으로, 스캐닝 횟수를 X축으로 하여 플로팅하였다. 각 차종별로 대표적인 파형 특성은 <그림 1> 과 같다.

그림에서 보듯이 X축의 크기는 점유시간의 함수이고, Y축의 크기는 주파수의 함수이다. 검지된 각 차량의 점유시간의 크기는 속도와 차량의 길이에 따라 다양하며, 주파수 변화량도 차종에 따라 변화를 보인다. 같은 차종이라도 속도에 따라 파형의 형태는 비슷하지만, 점유시간이 달라지고, X축의 크기가 달라진다. 그러므로, 각각의 파형을 속도의 영향을 배제하고 비교하기 위해서는 점유시간의 크기를 일정한 크기로 환산하는 정규화 과정이 필요하다. 이것은 결국 점유시간만을 정규화한 것이므로 주파수 변화의 크기는 가공없이 그 속성을 그대로 유지하게 되어 각 차종별로 주파수 변화폭의 차이를 볼 수 있다.(이하 X축 정규화 라 칭함)

이와 같은 방법은 파형 형태에 의한 차이보다는 파형의 높이에 의한 차이를 보기 위함이다.

다. 단순히 파형 형태만의 차이를 보기 위해서는 X축과 마찬가지로 Y축도 일정한 크기로 환산하는 정규화 과정이 필요하다.(이하 X-Y 정규화 라 칭함)

X축 정규화와 X-Y 정규화 과정은 다음과 같다.

(1) X축 정규화

$$X_{max} : X_i = X_{stan} : X_{ni}$$

$$X_{ni} = \frac{X_{stan} * X_i}{X_{max}}$$

X_{max} = 점유 시간 동안의 스캐닝 횟수

X_i = 점유 시간 동안의 스캐닝 순서

X_{stan} = X축의 정규화 규격

X_{ni} = 정규화된 계속 순서(정수 값)

그 결과 X_{ni} 는 X_{stan} 범위 내의 정수값을 가지며, X_{ni} 의 갯수는 변함이 없다.

위의 식을 이용하여 구한 X_{ni} 값중 동일한 X_{ni} 값을 갖는 Y_i 들의 평균값을 구한다.

이값을 X축만 정규화된 값으로 한다.

즉, 이 과정은 단순히 검지 차량의 점유 시간을 X_{STAN} 개의 구간으로 나눈뒤, 각 구간별로 주파수의 평균값을 구하여 대상 파형을 대변하는 것이다. 이같은 처리를 통해 스캐닝 횟수와 동일한 갯수의 주파수 값을 가지던 1개 차량 검지 데이터는 X_{STAN} 개의 순차적 평균 주파수로 표현될 수 있는 것이다.

(2) X-Y 정규화

$$X_{max} : X_i = X_{stan} : X_{ni}, (Y_{max} - Y_{min}) : Y_i = Y_{stan} : Y_{ni}$$

$$X_{ni} = \frac{X_{stan} * X_i}{X_{max}} \quad Y_{ni} = \frac{Y_{stan} * Y_i}{(Y_{max} - Y_{min})}$$

X_{max} = 점유 시간 동안의 스캐닝 횟수

X_i = 점유 시간 동안의 스캐닝 순서

Y_{max} = 점유 시간 동안 주파수 최고치

Y_{min} = 기본 주파수

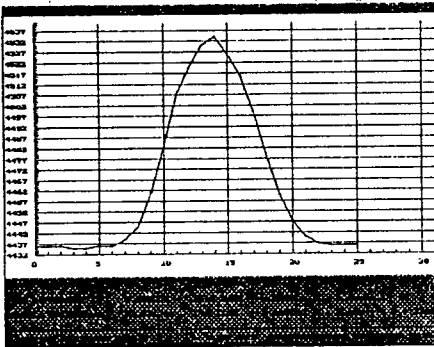
Y_i = 점유 시간 동안 X_i 에 해당하는 주파수 값 - Y_{min}

X_{stan} = X축의 정규화 규격

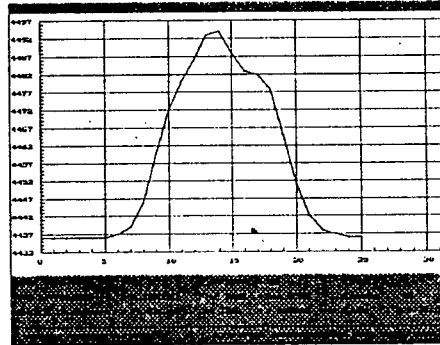
Y_{stan} = Y축의 정규화 규격

X_{ni} = 정규화된 계측 순서(정수 값)

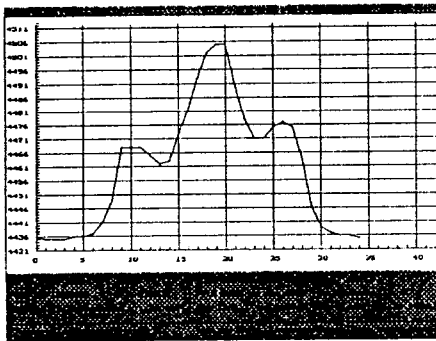
Y_{ni} = 정규화된 주파수 값



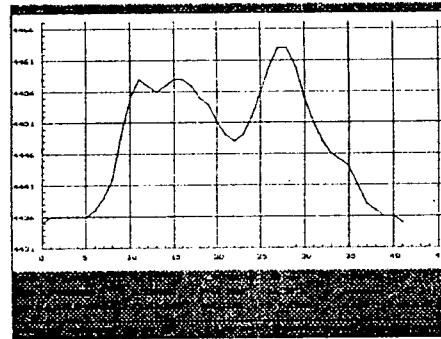
< 승용 차 >



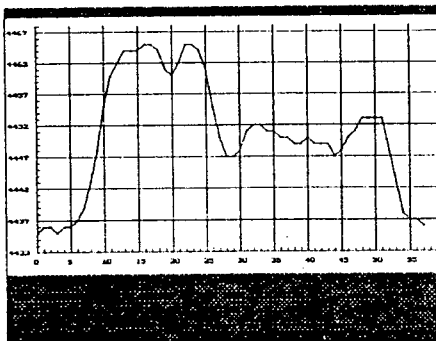
< 봉 고 >



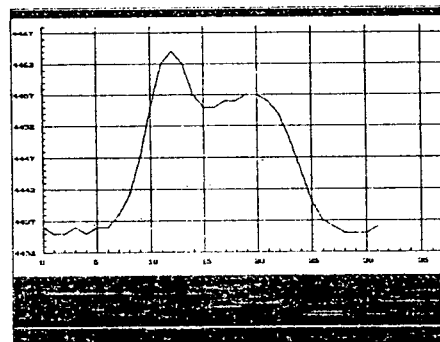
< 대 형 버 스 >



< 11톤 트럭 >



< 트 레 일 러 >



< 25톤 트럭 >

< 그림 1 > 차종별 기본 파형

그 결과 X_{ni} 와 Y_{ni} 는 X_{stan} 과 Y_{stan} 범위 내의 값을 갖는다.

이 값들을 다시 동일한 X_{ni} 값을 가지는 Y_{ni} 값들의 평균을 구한다.

이 값을 X-Y 정규화된 값으로 한다.

즉, $(0, X_{max})$ 구간내의 X값과 (Y_{min}, Y_{max}) 구간내의 Y값을 갖는 실제 파형을, $(0, X_{stan})$ 구간내의 X값과 $(0, Y_{stanN})$ 구간내의 Y값을 갖는 일정규격의 파형으로 변환 하는 것이다. 이같은 처리를 통해 스캐닝 횟수와 동일한 갯수의 주파수 값을 가지던 1개 차량 검지 데이터는 X_{stan} 개의 순차적 평균 주파수로 표현될 수 있는 것이다.

2) 기준치 산정

각 차종별로 X축 및 X-Y 정규화된 값들을 평균하여 기준치를 구한다.

X_{stan} 과 Y_{stan} 은 10,10으로 하여 알고리즘을 구현하였고, 정규화 규격에 따른 알고리즘의 민감도를 분석하기 위하여 10_15, 15_10, 15_15으로 각각 정규화 규격을 달리하여 정규화를 하였다.

각 규격별 각 차종별로 기준치는 샘플 갯수를 10개씩 늘려 가면서 평균치를 구하다가 더이상 샘플을 늘려도 평균치들 각각의 값이 변하지 않고 어느 일정한 값으로 수렴하게 되는데, 이 때의 값을 그 차종,그 규격의 기준치로 하였다. 봉고의 경우는 1톤이 무작위로 포함된 경우이므로 봉고와 1톤의 갯수에 따라 각 값들이 다른 차종처럼 어느 한 값으로 수렴하지않고 계속 일정범위내에서 변하므로 그 중간값 정도를 기준치를 잡았다.

연구 대상도로의 특성상의 문제로 본 연구에서 목적인 차종 분류 대상 차량중 대형 버스, 11톤 트럭, 트레일러에 대한 데이터는 충분히 수집하지 못했으므로 각각 46, 35, 18개를 전부 기준치를 구하는데 사용하였다.

그 결과 각 차종별(승용차, 봉고, 25톤 트럭) 구

격별로 기준치들 각각의 값들이 일정한 값으로 수렴이 시작되는 샘플 갯수는 < 표 3 >과 같다.

< 표 3 > 차종별 규격별 기준치를 구하기 위한 샘플 갯수

	10_10	10_15	X축 10	15_10	15_15	X축 15
승용차	110	50	150	150	110	180
봉 고	240	50	190	200	90	250
25톤 트럭	90	60	90	120	170	120

각 차종별 10_10 규격으로 정규화된 기준치 값과 플로팅한 결과는 다음과 같다.

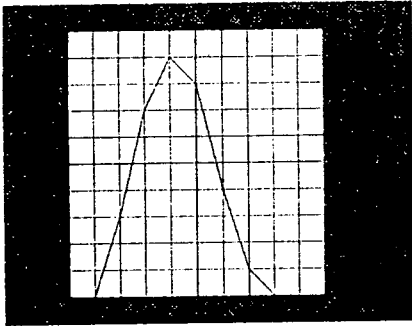
< 표 4 > 10_10 규격으로 정규화된 기준치

차 종	기 준 치
승 용 차	0, 0, 3, 7, 9, 8, 4, 1, 0, 0
봉 고	0, 1, 5, 8, 9, 7, 5, 2, 0, 0
대형 버스	0, 3, 4, 6, 8, 7, 5, 5, 2, 0
11톤 트럭	0, 6, 7, 6, 5, 6, 8, 5, 2, 0
트레일러	1, 7, 7, 8, 3, 3, 3, 4, 5, 0
25톤 트럭	0, 3, 8, 8, 7, 6, 6, 4, 0, 0

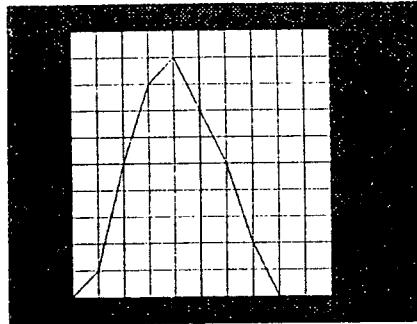
3) 정규화된 기준치를 이용한 차종 분류 알고리즘

본 연구에서 구현한 알고리즘은 이러한 정규화 과정중 차종별 파형의 형태면에서 차이가 나는 것들은 X-Y 정규화를 하여 상호 비교하였고, 파형의 형태가 비슷한 차종들에 대해서는 X축만 정규화 하여 상호 비교하는 하는 방법으로 접근하였다.

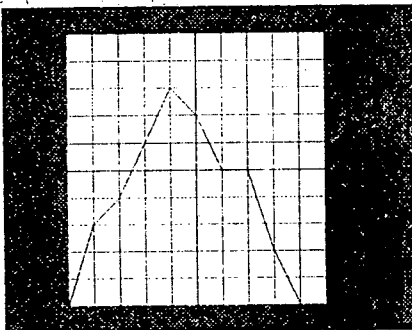
먼저 차종분류 알고리즘에 각 차종의 X 정규화 기준치와 X-Y 정규화 기준치를 입력해 놓아야 한다. 검지된 차량의 점유시간 동안의 파형을 기준치 규격에 따라 우선 X축 정규화와 X-Y 정규화를 한다. 각각 차종의 X축 정규화 기준치와 X-Y 정규화 기준치와 각각 1 대 1 대



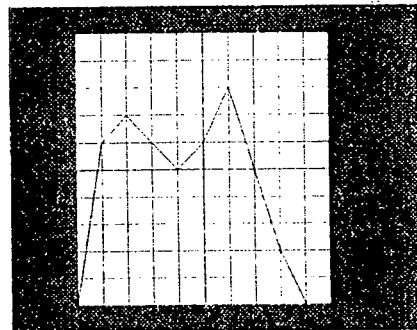
< 승용차 >



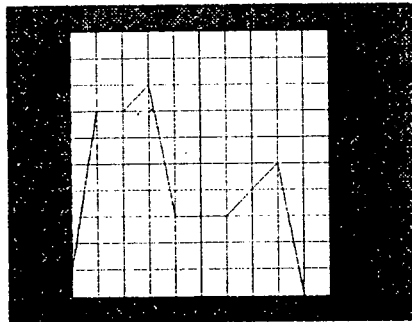
< 붕고 >



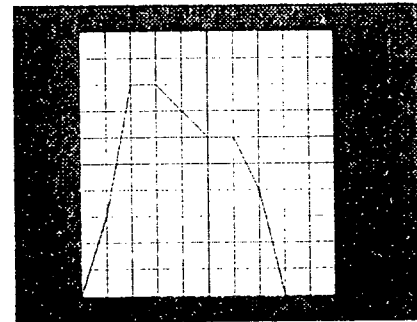
< 대형 버스 >



< 11톤 트럭 >



< 트레일러 >



< 25톤 트럭 >

< 그림 2 > 10_10 규격으로 정규화된 기준치

응 시켜 각각 값의 차의 절대값을 합한다. 그 다음은 각 알고리즘별로 약간의 차이가 있으나 그 기본을 이루는 절차는 다음과 같다.

X-Y 정규화 기준치만을 이용한다면 그 차의 합중 최소값을 찾은 다음 그 최소값이 어느 차종의 기준치와의 비교인가를 확인하여 검지 차량의 차종으로 판단하는 것이다.

IV. 분석절차 및 실험결과

1. 알고리즘 개발 절차

본 논문에서는 알고리즘 개발절차에 따른 각 처리과정의 이름을 개발 순서에 따라 car_010 부터 car_100 까지로 하였고, 인식율이란 어느

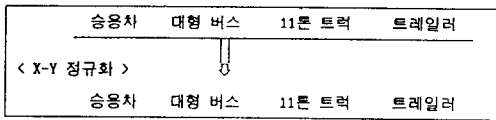
일정 차종을 그 차종으로 인식할 확률로써 표현하였다.

1) 4개 차종(승용차, 대형 버스, 11톤 트럭, 트레일러) 분류

X-Y 정규화 기준치중 파형의 형태가 육안으로 확연히 구분되는 4개 차종만을 대상으로 한다.

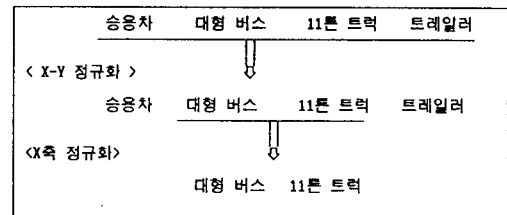
(1) car_010

승용차, 대형 버스, 11톤 트럭, 트레일러를 X-Y 정규화한 기준치만으로 분류 하였다.



트럭의 주파수 변화 크기가 분명히 차이가 있는것을 이용한다. 이를 위해서는 X축만 정규화한 값을 기준으로 대형 버스와 11톤 트럭을 분류한다.

승용차, 대형 버스, 11톤 트럭, 트레일러를 X-Y 정규화된 기준치로 4종을 분류한 후 대형 버스와 11톤 트럭으로 인식한 것은 일괄적으로 X만 정규화한 기준치로 재 분류한다.



<표 5> 규격 10_10을 이용한 알고리즘 <car_010>의 인식 실험 결과

	승용차	대형 버스	11톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	46	35	18
오인식 데이터 수	0	5	0	1
오인식 내용		11톤=> 4대 승용차=>1대		11톤=>1대
인식율	100%	89.1%	100%	94.4%

승용차, 11톤 트럭은 100%의 인식율을 보이지만, 대형 버스를 11톤 트럭으로 인식하는 경우와 트레일러를 11톤 트럭으로 인식하는 경우가 발생하였다. 전체 인식율은 98.3%(6/349)로 만족스럽지만, 대형 버스만의 인식율은 89.1%로 다른 차종의 인식율에 비해 상대적으로 매우 낮다.

(2) car_020

1)에서의 대형 버스를 11톤 트럭으로 인식하는 경우를 해결하기 위하여 대형 버스와 11톤

<표 6> 규격 10_10을 이용한 알고리즘 <car_020>의 인식 실험 결과

	승용차	대형 버스	11톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	46	35	18
오인식 데이터 수	0	5	0	1
오인식 내용		11톤=> 4대 승용차=>1대		11톤=>1대
인식율	100%	95.7%	100%	94.4%

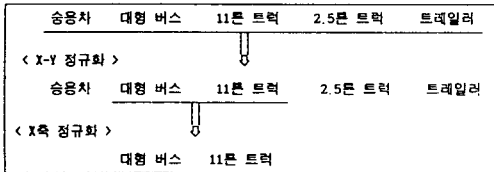
이와같은 방법으로 1)에서는 4대의 대형 버스가 11톤 트럭으로 인식된 것이 1대만을 11톤 트럭으로 인식하고 있다. 승용차와 트레일러에 대해서는 1)와 똑같이 처리했으므로 바뀐것이 없다. 각 차종별로 인식율이 다소 차이는 나지만, 전체 인식율 99.1%(3/349)로 높은 인식율을 보인다. 알고리즘의 특성상 오인된 차량들에 대해서는 더 이상의 처리는 불가능하여, 이것을 4종 분류 알고리즘으로 제시한다.

2) 5개 차종 분류(2.5톤 트럭 추가)

위의 car_02 에 2.5톤 트럭 트럭을 추가하였다.

(1) car_030

5종을 X-Y 정규화된 기준치로 분류한 뒤 1의 2)와 같이 대형 버스나 11톤 트럭으로 인식된것은 다시 X만 정규화된 기준치로 재 분류한다.

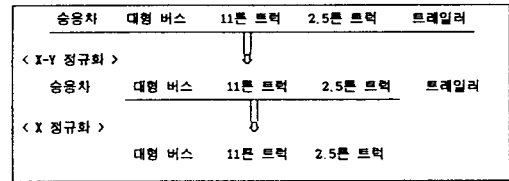


전체 인식율 96.9%(17/552)로 4종 분류 때 보다는 낮아졌다. 이것은 알고리즘의 특성상 차종이 증가 될 수록 인식율이 낮아지는 것이므로, 이 정도로도 만족할 만 하지만, 다음 2),3)와 같은 시도를 해 보았다.

(2) car_040

1)에서 대형 버스가 2.5톤 트럭으로 판단되는 경우가 발생하고,대형 버스와 11톤 트럭,2.5톤 트럭과는 X만 정규화된 파형이 확실히 차이가

있으므로, X만을 정규화 시킨 기준치를 이용하여 대형 버스,11톤 트럭,2.5톤 트럭을 분류하여 보았다. 물론 11톤 트럭과 2.5톤 트럭은 주파수 변화 크기가 크지 않음으로 이 두종에 대한 인식율은 다소 낮아지리라 예측된다. 그 결과는 다음과 같다.



예측 대로 2.5톤 트럭과 11톤 트럭이 상호오인 하는 경우가 많이 발생하나,이런 처리를 함으로써 대형 버스를 2.5톤 트럭이나 11톤 트럭으로 오인하는 경우를 줄일 수 있다.

이런 결과를 이용해 다음과 같은 처리를 해 보았다.

(3) car_050

위의 결과에서 보듯이, 대형 버스의 인식율이

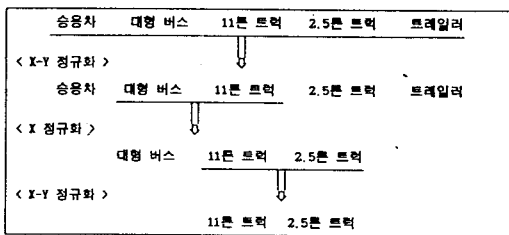
<표 7> 규격 10_10 을 이용한 알고리즘(car_030)의 인식 실험 결과

	승용차	대형 버스	11톤 트럭	2.5톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	46	35	203	18
오인식 데이터 수	1	4	1	10	1
오인식 내용	2 톤 => 1대	2톤 => 2대 승용차=> 1대 11톤 => 1대	2 톤 => 1대	11톤 => 4대 2톤,11톤 => 6대	11톤 => 1
인식율	99.6%	91.3%	97.1%	95.1%	94.4%

<표 8> 규격 10_10 을 이용한 알고리즘(car_040)의 인식 실험 결과

	승용차	대형 버스	11톤 트럭	2.5톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	46	35	203	18
오인식 데이터 수	1	2	4	16	1
오인식 내용	2 톤 => 1대	승용차=> 1대 2톤 => 1대	2 톤 => 4대	11톤 => 16대	2톤 => 1
인식율	99.6%	95.7%	88.6%	92.1%	94.4%

다소 높아 졌으나 11톤 트럭과 2.5톤 트럭이 상호오인 하는 경우가 상대적으로 많이 발생한다. 그러므로 2)의 과정에서는 대형 버스만을 인식하고, 11톤 트럭과 2.5톤 트럭으로 인식된 것은 다시 X-Y 정규화된 기준치로 재 판단한다. 이때, 2.5톤 트럭을 2.5톤 트럭과 11톤 트럭으로 동시에 인식하는 경우를 해결하기 위하여, 이런 경우에는 2.5톤 트럭으로 인식되도록 알고리즘을 조정하였다. 그 결과는 다음과 같다.



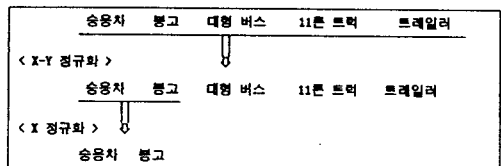
위와 같이 11톤 트럭은 1)의 경우와 같고, 2.5톤 트럭은 1)에서 11톤 트럭만으로 인식한 차량은 재처리를 하지 않고, 2.5톤 트럭과 11톤 트럭으로 동시에 인식한 6대 차량을 2.5톤 트럭으로 인식하게 함으로써 인식율이 98%로 높아 졌다. 전체 인식율은 98.4%(9/552)로 만족할 만 하고,

알고리즘의 특성상 오인된 차량들에 대해서는 더이상의 처리는 불가능하여, 이것을 2.5톤 트럭을 추가시킨 5종 분류 알고리즘으로 제시한다.

3) 5개 차종 분류 (봉고 -1톤 짜리 포함- 추가)

(1) car_060

4종 분류의 최종결과 처리과정에 봉고를 추가 시켜, 대형 버스, 11톤 트럭, 트레일러는 4종 분류 때와 동일하게 처리하고, 승용차와 봉고는 X-Y 정규화 파형은 비슷하나, X만 정규화한 파형은 주파수 변화 크기에 차이가 많으므로 이를 이용하여 승용차 와 봉고를 분류 하였다. 그러므로 승용차나 봉고로 인식된 차량은 일괄적으로 X만 정규화된 기준치로 재 분류한다. 그 결과는 다음과 같다.



<표 9> 규격 10_10을 이용한 알고리즘(car_050)의 인식 실험 결과

	승용차	대형 버스	11톤 트럭	2.5톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	46	35	203	18
오인식 데이터 수	1	2	1	4	1
오인식 내용	2톤 => 1대	2톤=> 1 승용차 => 1대	2톤 => 1대	11톤 => 4대	11톤 => 1대
인식율	99.6%	95.7%	97.1%	98%	94.4%

<표 10> 규격 10_10을 이용한 알고리즘(car_060)의 인식 실험 결과

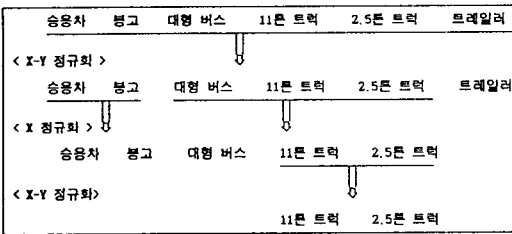
	승용차	대형 버스	11톤 트럭	2.5톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	347	46	35	18
오인식 데이터 수	12	8	3	0	1
오인식 내용	봉고 => 12대	승용차=> 5 11톤 => 3	승용차 => 1대 봉고 => 1대 11톤 => 1대		11톤 => 1
인식율	95.2%	97.7%	93.5%	100%	94.4%

승용차와 봉고가 상호오인 하는 경우가 많이 발생하나, 승용차와 봉고의 파형 특성이 원래 유사한 것을 고려할때 더 이상의 높은 인식율은 어렵다고 보고, 전체 인식율 또한 96.6% (24/696)로 만족 할 만 함으로 이것을 봉고로 포함한 5종 분류알고리즘으로 제시한다.

4) 6개 차종 분류

(1) car_070

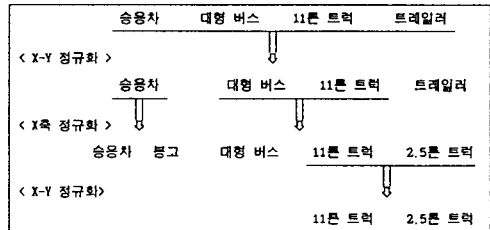
우선 생각할 수 있는 방법으로 2)의3) 2.5톤 트럭 추가 5종 분류 과정과 3)의봉고 추가 5종 분류 처리과정을 혼합하여 6종을 처리하였다. 그 결과는 다음과 같다.



승용차와 봉고, 봉고와 2.5톤 트럭이 상호 오인하는 경우가 많이 발생한다. 특히 봉고를 2.5톤 트럭으로 오인 하는 경우가 상당히 많다. 승용차와 봉고가 상호 오인 되는 것은 3)의 경우와 똑 같으므로,이런 상황은 이 알고리즘의 한계로 간주하고, 봉고와 2.5톤 트럭의 경우만을 해결하기 위하여 2),3),4)의 과정을 시도해 보았다.

(2) car_080

1)위의 결과에서 보듯이, 봉고의 오판 내용중 32개의 데이터가 2.5톤 트럭으로 오인되었고, 2.5톤 트럭의 오판 내용중 4개의 데이터가 봉고로 오인되었다.이는 봉고와 2.5톤 트럭의 X-Y정규화된 파형이 비슷한데서 볼 수 있듯이 충분히 가능한 경우이다. 이것은 봉고와 2.5톤 트럭을 같은 위상에 놓고 판단한 결과로 보이므로, 이번에는 봉고의 파형이 다른 차종 보다는 승용차의 파형과 비슷하고, 2.5톤 트럭의 파형이 승용차의 파형이나 트레일러의 파형보다는 대형 버스나 11톤 트럭의 파형과 비슷하다는 성질을 이용하여, 최상위 비교 기준치에는 1)의 경우 처럼 승용차, 대형 버스, 11톤 트럭, 트레일러만 놓는다. 그러면 봉고는 승용차로 인식될것이고, 2.5톤 트럭은 대형 버스나 11톤 트럭으로 인식될 것이다. 그 다음 승용차로 인식된 파형은 다시 3)의 경우 처럼 X만의 정규화 기준치로 재 판단하고, 대형 버스나 11톤 트럭으로 인식된 파형은 2)의3) 경우처럼 X만의 정규화된 기준치로 대형 버스만을 판단한 뒤 11톤 트럭이나 2.5톤 트럭으로 인식된 것은 다시 X-Y정규화 기준치로 판단하여 인식한다. 그 결과는 다음과 같다.



<표 11> 규격 10_10을 이용한 알고리즘(car_070)의 인식 실험 결과

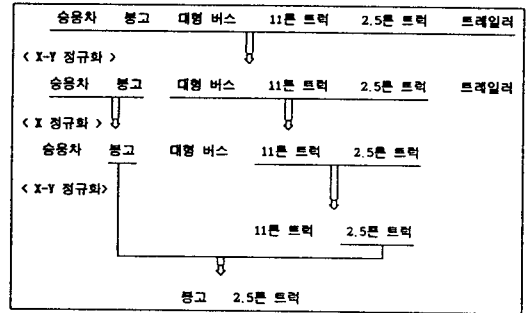
	승용차	봉 고	대형 버스	11톤 트럭	2.5톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	347	46	35	203	18
오인식 데이터 수	12	41	3	1	9	1
오인식 내용	봉고 => 12대	승용차 => 5대 버스 => 4대 2톤 => 32대	승용차 => 1대 봉고 => 1대 2톤 => 1대	2톤 => 1대	봉고 => 5대 11톤 => 4대	11톤 => 1
인 식 율	95.2%	88.2%	93.5%	97.1%	95.6%	94.4%

1)의 결과 보다 오히려 더 인식율이 낮아졌다. 파형의 특성을 눈으로 보기에 위와같은 가정이 가능할 것 같지만, 실제로 실험해본 결과는 그렇지 않았다. 그러므로 이와 같은 방법은 배제하고, 1)의 알고리즘에서 봉고와 2.5톤 트럭만을 재 처리하는 방법을 시도하였다.

(3) car_090

봉고와 2.5톤 트럭의 X만 정규화된 파형이 약간의 차이가 있으므로 이런 성질만으로 봉고와 2.5톤 트럭을 분류하는 처리과정을 생각해 보았다. 1)의 처리 과정에서 봉고나 2.5톤 트럭으로 인식한 파형을 따로 X만 정규화된 기준치로 재 처리해 보았으나, 다음과 같이 결과로 오히려 나빠졌다.

이것은 봉고와 2.5톤 트럭의 X만 정규화된 파형은 물론 육안으로는 차이가 나지만 승용차와의 비교에서처럼 크지 않음으로 알고리즘의 특성상 이런 결과는 충분히 있을 수 있다고 판단된다.



(4) car_100

1)에서 2.5톤 트럭을 봉고로 인식하는 경우 보다는 봉고를 2.5톤 트럭으로 인식하는 경우가 많으므로, 2.5톤 트럭으로 인식한 파형만을 X만 정규화된 기준치로 재 분류해 보았다. 봉고로 인식된 것은 그대로 처리하고, 2.5톤 트럭으로 인식된 파형만을 한번 더 재 처리 한다는 것이 형평성에 어긋나지만, 원래 검지되는 파형의 특성이 봉고나 1톤이(특히 1톤이) 2.5톤 트럭의 파형과 비슷하게 나올 수 있다고 볼 때 이와 같

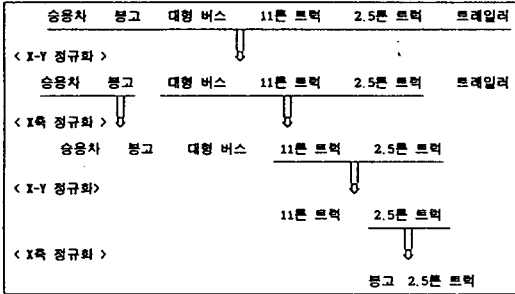
< 표 12 > 규격 10_10 을 이용한 알고리즘(car_080)의 인식 실험 결과

	승용차	봉 고	대형 버스	11톤 트럭	2.5톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	347	46	35	203	18
오인식 데이터 수	12	73	2	1	8	1
오인식 내용	봉고 => 12대	승용차 => 5대 버 스 => 15대 2톤 => 53대	승용차 => 1대 2톤 => 1대	2톤 => 1대	봉고 => 4대 11톤 => 4대	11톤 => 1
인 식 율	95.2%	78.9%	93.5%	97.1%	96.1%	97.4%

< 표 13 > 규격 10_10을 이용한 알고리즘(car_090)의 인식 실험 결과

	승용차	봉 고	대형 버스	11톤 트럭	2.5톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	347	46	35	203	18
오인식 데이터 수	12	47	3	1	8	1
오인식 내용	봉고 => 12대	승용차 => 5대 버 스 => 4대 2톤 => 38대	승용차 => 1대 봉 고 => 1대 2톤 => 1대	2톤 => 1대	봉고 => 4대 11톤 => 4대	11톤 => 1
인 식 율	95.2%	86.5%	93.5%	97.1%	96.1%	94.4%

은 처리를 추가 시킨 다는 것은 타당하다고 본다. 결과는 다음과 같다.



이 결과 2.5톤 트럭이 봉고로 오인 되는 경우는 상대적으로 늘어났으나, 봉고가 2.5톤 트럭으로 오인되는 경우는 상당히 줄어들었다. 전체 인식율 94.8%(47/899)로 5종 분류때 보다는 인식율이 떨어졌으나, 알고리즘의 특성상 더이상 인식율을 높이는 것은 어렵다고 보고 이것을 6종 분류 알고리즘으로 제시한다.

2. 정규화 규격에 따른 알고리즘의 민감도 실험

위에서 구현한 알고리즘을 정규화 규격을 달리하여 차량인식 테스트를 하였다.

실험에 이용한 정규화 규격은 10_15, 15_10, 15_15로 한정 지었다. 각 규격별로 인식 실험 결과는 <표 15>과 같다.

<표 15>에서 보듯이, 모든 경우에 10_15 규격으로 정규화한 알고리즘이 가장 높은 인식율을 보이고 있다. 이는 규격 10_15으로 정규화한 것이 실제의 파형의 속성을 가장 효과적으로 대변한다고 볼 수 있으므로 본 연구에서 제시한 알고리즘의 정규화 규격은 X_Y 10_15가 가장 적합하다는 것을 알 수 있다.

<표 14> 규격 10_10을 이용한 알고리즘(car_100)의 인식 실험 결과

	승용차	봉고	대형 버스	11톤 트럭	2.5톤 트럭	트레일러
데이터 수	250	347	46	35	203	18
오인식 데이터 수	12	17	3	1	13	1
오인식 내용	봉고 => 12대	승용차 => 5대 버스 => 4대 2톤 => 8대	승용차 => 1대 봉고 => 1대 11톤 => 1대	2톤 => 1대	봉고 => 4대 11톤 => 4대	11톤 => 1
인식율	95.2%	95.1%	93.5%	97.1%	93.6%	94.4%

< 표 15 > 규격별로 알고리즘의 인식 실험 결과

	10_10	10_15	15_10	15_15
car_010	p 0 bus 5 (11t=>4 p =>1) 11t 0 t 1 (11t) 6/349 (98.3%)	p 0 bus 2 (11t) 11t 0 t 1 (11t) 3/349 (99.1%)	p 0 bus 7 (11t) 11t 0 t 1 (11t) 8/349 (97.7%)	p 0 bus 6 (11t) 11t 0 t 1 (11t) 7/349 (98%)

	10 __ 10	10 __ 15	15 __ 10	15 __ 15
car__010	<p>p 0 bus 2 (11t=>1 p =>1) 11t 0 t 1 (11t)</p> <p>3/349 (99.1%)</p>	<p>p 0 bus 1 (11t) 11t 0 t 1 (11t)</p> <p>2/349 (99.4%)</p>	<p>p 0 bus 1 (11t) 11t 0 t 1 (11t)</p> <p>2/349 (99.4%)</p>	<p>p 0 bus 1 (11t) 11t 0 t 1 (11t)</p> <p>2/349 (99.4%)</p>
car__030	<p>p 1 (2t) bus 4 (2t=>2 p =>1 11t =>1) 11t 1 (2t) t 1 (11t) 2t 10 (11t)</p> <p>17/552 (96.9%)</p>	<p>p 0 bus 2 (2t=>1 11t =>1) 11t 3 (2t) t 1 (11t) 2t 4 (11t)</p> <p>10/552 (98.2%)</p>	<p>p 0 bus 2 (2t=>1 11t =>1) 11t 4 (2t) t 1 (11t) 2t 1 (11t)</p> <p>8/552 (98.6%)</p>	<p>p 0 bus 1 (11) 11t 0 t 1 (11t) 2t 6 (11t)</p> <p>8/552 (98.6%)</p>
car__040	<p>p 1 (2t) bus 2 (2t=>1 p =>1) 11t 4 (2t) t 1 (2t) 2t 16 (11t)</p> <p>24/552 (95.7%)</p>	<p>p 0 bus 1 (2t) 11t 4 (2t) t 1 (2t) 2t 16 (11t)</p> <p>22/552 (96%)</p>	<p>p 0 bus 1 (2t) 11t 4 (2t) t 1 (11t) 2t 14 (11t)</p> <p>20/552 (96.4%)</p>	<p>p 0 bus 1 (2t) 11t 4 (2t) t 1 (11t) 2t 14 (11t)</p> <p>20/552 (96.4%)</p>
car__050	<p>p 1 (2t) bus 2 (2t=>1 p =>1) 11t 1 (2t) t 1 (11t) 2t 4 (11t)</p> <p>9/552 (98.4%)</p>	<p>p 0 bus 1 (2t) 11t 3 (2t) t 1 (11t) 2t 0</p> <p>5/552 (99.1%)</p>	<p>p 0 bus 1 (2t) 11t 4 (2t) t 1 (11t) 2t 1 (11t)</p> <p>7/552 (98.7%)</p>	<p>p 0 bus 1 (2t) 11t 0 t 1 (11t) 2t 5 (11t)</p> <p>7/552 (98.7%)</p>

	10 __ 10	10 __ 15	15 __ 10	15 __ 15
car_060	<p>p 12 (bon) bon 8 (p=>5 11t=>3)</p> <p>bus 3 (p =>1 bon =>1 11t =>1)</p> <p>11t 0 t 1 (11t)</p> <p>24/696 (96.6%)</p>	<p>p 12 (bon) bon 5 (p=>5)</p> <p>bus 1(11t=>1)</p> <p>11t 0 t 1 (11t)</p> <p>19/696 (97.3%)</p>	<p>p 22 (bon) bon 8 (p=>5 11t=>2 bus=>1)</p> <p>bus 2(11t=>1 bon=>1)</p> <p>11t 0 t 1 (11t)</p> <p>33/696 (95.3%)</p>	<p>p 22 (bon) bon 7 (p=>5 11t=>2)</p> <p>bus 1 (11t)</p> <p>11t 0 t 1 (11t)</p> <p>31/696 (95.5%)</p>
car_070	<p>p 12 (bon) bon 41 (p=>5 bus=>4 2t=>32)</p> <p>bus 3 (p =>1 bon =>1 2t =>1)</p> <p>11t 1 (2t) t 1 (11t) 2t 9 (11t=>4 bon=>5)</p> <p>67/899 (92.5%)</p>	<p>p 12 (bon) bon 14 (p=>5 2t=>9)</p> <p>bus 1 (2t)</p> <p>11t 3 (2t) t 1 (11t) 2t 7 (bon)</p> <p>38/899 (95.8%)</p>	<p>p 22 (bon) bon 27 (p=>5 bus=>2 2t=>20)</p> <p>bus 1 (2t)</p> <p>11t 4 (2t) t 1 (11t) 2t 5 (11t=>1 bon=>4)</p> <p>60/899 (93.3%)</p>	<p>p 22 (bon) bon 34 (p=>5 bus=>1 2t=>28)</p> <p>bus 1 (2t)</p> <p>11t 0 t 1 (11t) 2t 8 (11t=>5 bon=>3)</p> <p>66/899 (92.7%)</p>
car_080	<p>p 12 (bon) bon 73 (p=>5 bus=>15 2t=>53)</p> <p>bus 2 (p =>1 2t =>1)</p> <p>11t 1 (2t) t 1 (11t) 2t 8 (11t=>4 bon=>4)</p> <p>97/899 (89.2%)</p>	<p>p 12 (bon) bon 45 (p=>5 bus=>10 2t=>30)</p> <p>bus 1 (2t)</p> <p>11t 3 (2t) t 1 (11t) 2t 9 (11t=>8 t=>1)</p> <p>71/899 (92.1%)</p>	<p>p 22 (bon) bon 81 (p=>5 bus=>12 2t=>64)</p> <p>bus 1 (2t)</p> <p>11t 3 (2t) t 1 (11t) 2t 3 (11t=>1 bon=>2)</p> <p>112/899(87.5%)</p>	<p>p 22 (bon) bon 56 (p=>5 bus=>6 2t=>45)</p> <p>bus 1 (2t)</p> <p>11t 0 t 1 (11t) 2t 10 (11t=>1 bon=>1)</p> <p>90/899 (87.5%)</p>

	10 __ 10	10 __ 15	15 __ 10	15 __ 15
car_090	p 12 (bon) bon 47 (p=>5 bus=>4 2t=>38) bus 3 (p =>1 bon =>1 11t =>1) 11t 1 (2t) t 1 (11t) 2t 8 (11t=>4 bon=>4) 72/899 (92%)	p 12 (bon) bon 43 (p=>5 2t=>38) bus 1 (bon) 11t 3 (2t) t 1 (11t) 2t 5 (bon) 65/899 (92.8%)	p 22 (bon) bon 53 (p=>5 bus=>2 2t=>46) bus 1 (bon) 11t 4 (2t) t 1 (11t) 2t 4 (11t=>1 bon=>3) 85/899 (90.5%)	p 22 (bon) bon 52 (p=>5 bus=>1 2t=>46) bus 1 (bon) 11t 0 t 1 (11t) 2t 8 (11t=>5 bon=>3) 84/899 (90.7%)
car_100	p 12 (bon) bon 17 (p=>5 bus=>4 2t=>8) bus 3 (p =>1 bon =>1 11t =>1) 11t 1 (2t) t 1 (11t) 2t 13(11t=>4 bon=>9) 47/899 (94.8%)	p 12 (bon) bon 8 (p=>5 2t=>3) bus 1 (bon) 11t 3 (2t) t 1 (11t) 2t 11(bon) 36/899 (96%)	p 22 (bon) bon 14 (p=>5 bus=>2 2t=>7) bus 1 (bon) 11t 4 (2t) t 1 (11t) 2t 8(11t=>1 bon=>7) 50/899 (94.4%)	p 22 (bon) bon 16 (p=>5 bus=>1 2t=>10) bus 1 (bon) 11t 0 t 1 (11t) 2t 11(11t=>5 bon=>6) 51/899 (94.3%)

*p : 승용차 (오인식 수) (오인식 내용)

bon : 봉고 + 1톤

bus : 대형버스

11t : 11톤 트럭

t : 트레일러

2t : 2.5톤 트럭

*오인식 차량 수 / 테스트 차량 수 (인식율)

이것을 정리하면 <표 16>과 같다.

<표 16> 분류 차종수별 알고리즘 및 정규화 규격

구분	알고리즘(규격)	인식률	구분	알고리즘(규격)	인식률
4종분류	car_010(10_15)	99.4%	5종분류(2.5톤)	car_050(10_15)	99.1%
5종분류(2.5톤)	car_060(10_15)	97.3%	6종분류	car_100(10_15)	96%

V. 결 론

본 논문은 고속도로상에 설치된 유도 감응식 루프(원형) 검지기에서 수집되는 교통정보중 단일 루프의 점유시간 동안의 주파수 변화를 이용하여 차종을 분류하는 알고리즘을 구현하고자 하였다.

점유시간 동안의 주파수 변화를 점유시간만을 일정 크기로 정규화하고, 점유시간과 주파수 변화를 동시에 일정 규격으로 정규화하여 각 차종별로 기준치를 구한뒤, 검지된 차량의 주파수 값을 입력 받아 점유시간을 파악한 다음 점유시간 동안의 주파수 값을 X축 및 X-Y 정규화를 하여 미리 계산된 각 차종별 기준치들과 비교하여 검지 차량의 차종을 인식하는 방법이 본 연구 핵심 과정이다.

분류 대상 차종인 6종(승용차,봉고,대형 버스,2.5톤 트럭,11톤 트럭,트레일러)중 정규화한 파형이 육안으로 확실히 구분되는 4종(승용차, 대형 버스,11톤 트럭,트레일러)을 대상으로 차종 분류 알고리즘을 구현한 다음 2.5톤 트럭과 봉고를 차례대로 추가 시키면서 알고리즘을 개선 및 확장 하였다.

또한 정규화 규격의 영향을 파악하기 위하여 점유시간(X축)과 주파수 변화량(Y축) 각각 10과 15로 변화 시키면서, 이것을 조합하여 4개의 경우(10_10, 10_15, 15_10, 15_15)로 규격을 다르게 하여 알고리즘을 테스트한 결과 4종에서는 10_15, 15_10, 15_15 에서 똑같이 인식을 99.4%로 10_10보다 높았고, 5종(2.5톤 트럭 또는 봉고 추가)에서는 10_15규격이 인식을 각각 99.1%,97.3%로 가장 높았다. 6종에서도

10_15규격의 car_100알고리즘이 96%의 인식을 보임으로써 최고의 결과를 산출했다.

본 연구에서는 대상 도로의 특성상의 문제로 다양한 차종에 대한 자료를 충분히 수집하지 못하여, 전(全) 차종에 대한 차종 분류가 이루어 지지는 못했다. 따라서 본 연구에서는 6개 차종에 대한 분류 알고리즘으로 결론을 짓되, 향후에는 모든 차종을 다 고려하여 분류 할 수 있는 알고리즘이 개발 되어야 할 것이다. 또한 톨 게이트나 교차로의 정지선에 이 알고리즘을 적용하기 위해서는 검지 영역의 비 등속도 통행을 처리 할 수 있도록 이에 대한 연구는 물론 쌍으로 루프 검지가 설치되어 있으므로 이 두개의 루프검지기에서 올라오는 정보를 모두 이용할 수 있는 알고리즘의 확장역시 연구 대상이라고 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] ITE, Traffic Detector Handbook, Second Edition, 1990.
- [2] 도로교통안전협회(1992), 서울특별시 교통 신호제어시스템 연구용역시행 2차년도 결과보고서,
- [3] 도로교통안전협회(1993), 서울특별시 교통 신호제어시스템 연구용역시행 3차년도 결과보고서, [4] 국토개발연구원(1993), 도로교통량조사 및 관리제도 개선연구 최종 보고서,
- [5] TRB, Highway Capacity Manual special report 209, 1985.