

고속도로 루프검지기를 이용한 차종분류 기법 평가

Evaluation of Technical Feasibility for Vehicle Classification using Inductive Loop Detectors on Freeways

박 준 형

오 철

남 궁 성

(한양대학교 교통공학과, 석사과정) (한양대학교 교통공학과, 교수) (한국도로공사 도로교통기술원, 수석연구원)

Key Words : 루프검지기, 차종구분, 차량자기신호

목 차

I. 서론

1. 연구배경 및 목적
2. 연구범위 및 방법

II. 이론적 고찰

1. 국외 연구사례
2. 국내 연구사례

III. 자료수집 및 분석

1. 자료수집 및 입력자료 구축
2. 차량길이 산출
2. 분석방법 및 결과

IV. 결론

참고문헌

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

루프검지기는 도로의 노면에 설치되어 차량이 검지기 상부를 통과할 때 발생하는 자기장의 변화를 감지하여 차량의 통과량, 통과속도, 통과시간 자료를 생성한다. 자기장의 변화를 세밀하게 읽어낼 수 있는 MR-5010A장비를 이용하여 개별차량이 검지기자료를 통과할 때 발생한 자기장의 변화 파형자료를 <그림 1>과 같이 수집하였다. 수집된 파형자료는 통과차량의 외관, 통과속도 등의 영향을 받으며, 이를 본 연구에서는 차량이 검지기를 통과하는 동안의 자기장의 변화 그래프를 차량자기신호곡선(IVS: Inductive Vehicle Signature)이라 정의하였다.

루프검지기는 국내에서 가장 많이 설치된 검지기이며, 타 검지기에 비해 설치비용, 검지성에서 우수한 장점이 있다.

그리고 영상처리기술 기반의 검지기에 비해 날씨, 사생활 침해 등의 문제에서 자유롭다.

본 연구에서는 루프검지기에서 수집한 차량자기신호자료를 이용하여 차량길이를 산출하고 이를 이용하여 차종을 구분하는 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘의 차종 구분 결과는 해당 고속도로를 통행하는 교통류의 구성을 파악하는데 사용되어 교통운영 및 전략 수립에 활용될 것으로 기대된다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구는 영동고속도로(인천방향)의 1개 검지기에서 추출한 IVS data를 이용하여 차량길이를 산출하고 전체 차량을 소형, 중형, 대형, 특대형 등의 Case로 분류하는 알고리즘을 개발하였다.

II. 이론적 고찰

1. 국외 연구사례

Lu et al (1992)은 적외선 검지기로 k-nearest neighbor 기법을 적용하여 4개 차종을 분류하는 연구를 수행하였으며, Yuan et al (1994)은 6개의 차종을 계층별분류가 가능한 알고리즘을 제시하였다. Wei et al (1996)은 촬영한 동영상 자료의 차량을 인공신경망을 이용하여 3개 차종으로 분류하는 알고리즘을 제시하였다. Nooralahiyan et al (1997)은 음파와 인공신경망을 이용하여 4개 차종으로 분류하는 기법을 제시하였다. Sun and Ritchie (2000)은 루프



<그림 1> MR-5010A를 이용한 IVS data 수집

<표 1> 전체 차종별 대수

차종	대수
pcar	1330
suv	502
van	626
1tontruck	484
truck	822
bus	118
trailer	96
합계	3978

검지기에서 수집되는 차량자기신호를 이용하여 차종을 구분하는 경험적 판별 알고리즘을 제시하였다. 또한 Ritchie et al (2001)은 교통자료 수집 및 교통상황 감시에 차량자기신호를 이용하는 방법을 제시하였다. Zhu and Sheng (2002)은 차량의 차종분류를 위해 인공신경망을 이용한 동영상 처리 알고리즘을 제시하였다. Cheung et al (2005)은 Magnetic sensor를 이용한 6개 차종분류가 가능한 차종분류 알고리즘을 제시하였다.

2. 국내 연구사례

이승환 외(1996)은 고속도로에 설치된 단일 루프검지기를 이용하여 heuristic한 차종분류 알고리즘을 개발하였다. 조형기, 오영태 (1996)는 루프검지기에서 수집한 자료에 Hybrid General Learning Vector Quantization Unsupervised 신경망을 적용하여 차종을 구분하는 기법을 제시하였다. 김수희 외(1999)는 단일 자석검지기를 이용한 차종구분 알고리즘을 제시하였는데 개별차량에 대한 자속밀도의 변화에 따른 수치를 개별차량의 특성으로 반영하여 Template matching 기법과 인공신경망 기법을 복합적으로 적용한 차종분류 기법을 제시하였다.

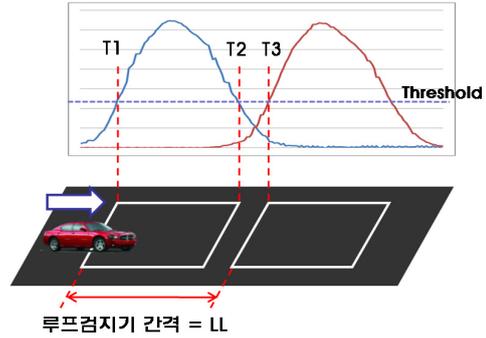
III. 자료수집 및 분석

1. 자료수집 및 입력자료 구축

차종구분 알고리즘에 사용된 입력자료는 영동고속도로의 인천방향으로 39.9km지점 루프검지기에서 1시간동안 IVS

<표 2> 차종별 차량길이 통계량

차종	평균	표준편차	MIN	MAX	MEDIAN	85 Percentile
pcar	4.206	0.358	3.408	8.807	4.200	4.447
suv	4.284	0.386	3.584	8.813	4.245	4.491
van	4.492	0.480	3.463	8.590	4.484	4.878
1tontruck	5.005	0.551	3.580	9.067	4.924	5.254
truck	8.087	2.300	4.017	13.734	8.012	11.181
bus	10.440	1.050	6.756	16.139	10.496	10.676
trailer	14.778	2.585	9.896	32.564	15.229	15.841



차량속도 산출

- (T3-T1) : 차량이 Front Loop에 진입 후 Back Loop에 진입할 때까지 걸린 시간
- LL : Front Loop와 Back Loop의 설치간격
- SPEED : LL / (T2-T1)

차량길이 산출

- (T2-T1) : 차량이 Front Loop에 진입하고 완전히 Front Loop에서 나가는 시간
- SPEED : 차량이 Loop 검지기를 통과하는 속도
- 차량길이(L) : SPEED × (T2-T1)

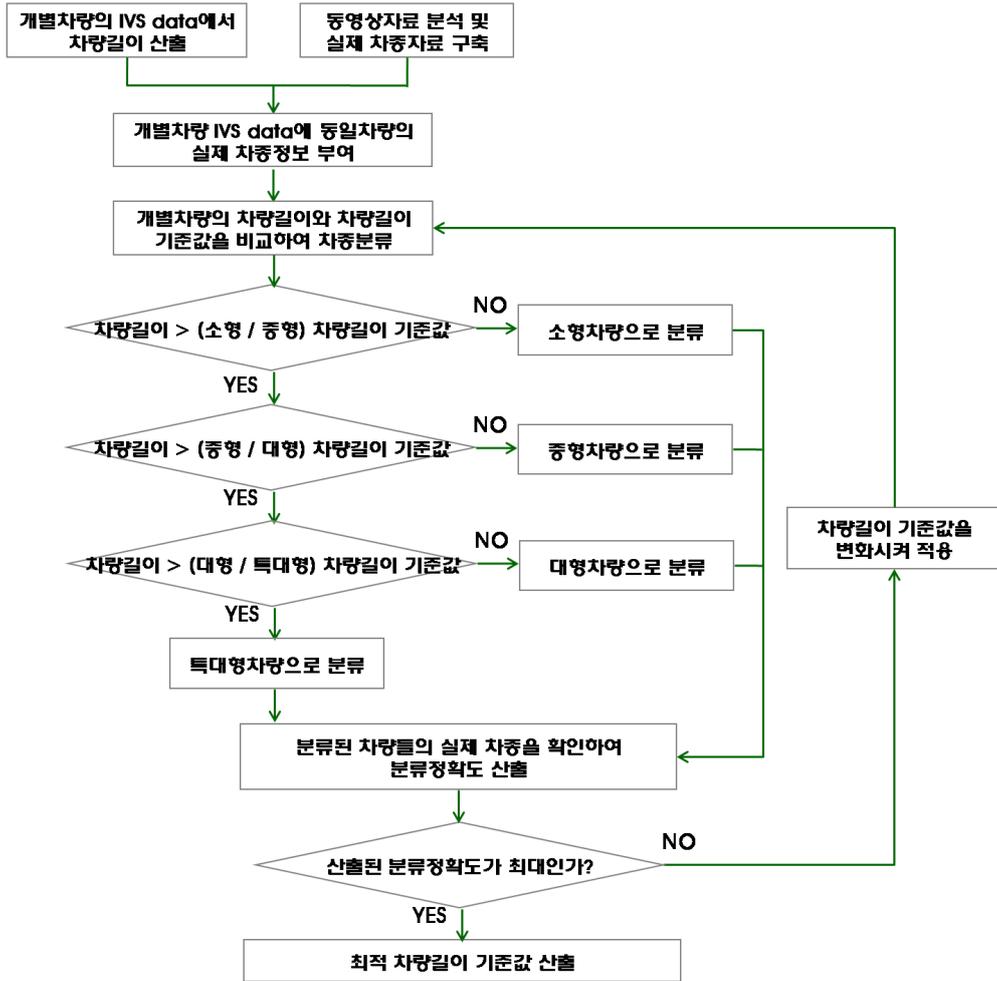
<그림 2> IVS data를 이용한 차량길이 산출 방법

data를 수집하였다. 그리고 통과한 차량의 실제 차종자료를 구축하기 위해 동일지점, 동일시간대에서 동영상을 촬영하였다.

루프검지기에서 추출한 개별차량의 IVS data와 동영상자료의 검지기 통과차량을 검지기 통과시간, IVS의 파형, 차량길이 등으로 매칭을 시켜 각 IVS data에 실제차종정보를 기록하였다. 차종은 승용차, SUV, VAN, 1톤 트럭, 트럭, 버스, 트레일러 등의 7개 차종으로 구분하였으며, 본 알고리즘에 사용된 전체 차량은 3978대이며, 차종별 차량 대수는 <표 1>과 같다.

2. 차량길이의 산출

루프검지기를 통과하는 차량의 차종을 구분하기 위해 IVS data를 이용하여 <그림 2>와 같은 방법으로 차량길이를 산출하였다. 차량길이를 산출하기 위해 먼저 검지기 설치간격과 검지기 진입시간차를 이용하여 차량의 검지기 통과속도를 산출하고 통과속도와 검지기 진입·진출시간차를 이용하여 차량길이를 산출하였다. 산출된 차량길이의 통계량을 <표 2>에 제시하였다.



<그림 3> IVS data를 이용한 차종분류 알고리즘

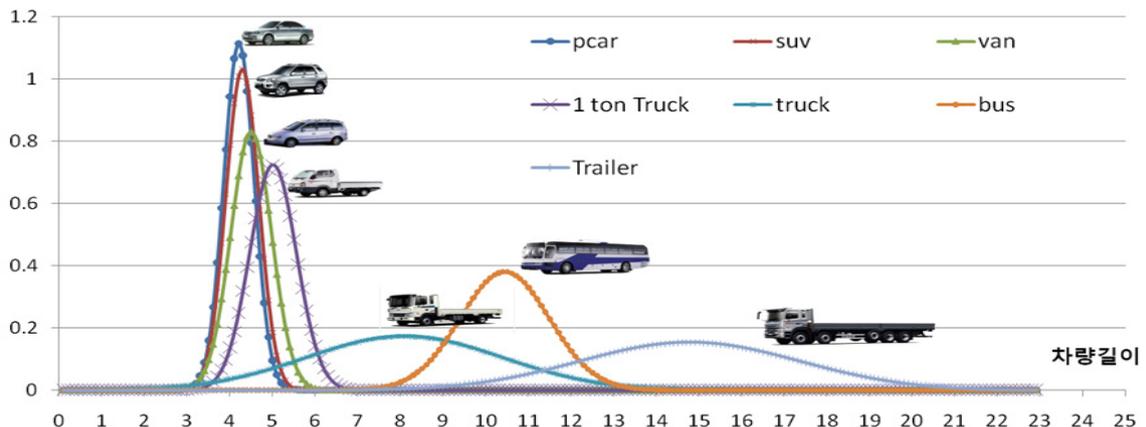
3. 분석 방법 및 결과

본 연구에서는 7개 차종으로 구분된 개별차량을 소형, 중형, 대형, 특대형 등의 Class로 분류하는 알고리즘을 <그림3>과 같이 제시하였다. 그리고 차량을 구분하는 Class의 개수에 따른 차량길이 기준값을 산출하기 위해 세 가지 Case를 적용하여 차종을 분류하였다.

적용된 세 가지 Case는 소형-대형, 소형-중형-대형, 소형-중형-대형-특대형으로 각 Class를 분류하는 기준이 되는

차량길이 기준값을 산출하였다. 차종분류 정확도가 가장 높은 차량길이 기준값을 산출하기 위해 차량길이 기준값을 변화시키면서 알고리즘을 수행하였다.

본 연구에서 제시한 세 가지 Case별로 각 차종 Class에 해당하는 차종을 설정하기 위해 각 차종별 차량길이의 분포함수는 정규분포를 가진다고 가정하고 <그림 4>과 같이 분포함수를 도식하여 각 Class에 해당하는 차종을 배정하였다. <그림 4>에서 승용차, SUV, VAN, 1톤 트럭의 차량



<그림 4> 차종별 차량길이 정규분포함수

<표 3> 각 차종을 차량분류 Case에 따라 Coding한 결과

차종	차량대수	소형-대형	소형-중형-대형	소형-중형-대형-특대형
Car	1330	1	1	1
SUV	502	1	1	1
VAN	626	1	1	1
1 ton Truck	484	1	1	1
Truck	822	2	2	2
BUS	118	2	2	3
Trailer	96	2	3	4
합계	3978	2개 차종으로 분류	3개 차종으로 분류	4개 차종으로 분류

길이가 3m 이상 7m이하의 범위로 하나의 Class로 분류될 수 있다. 이에 반해 트럭과 버스, 트레일러 차종은 각기 다른 차량길이 범위의 분포함수를 보이는 것을 알 수 있다.

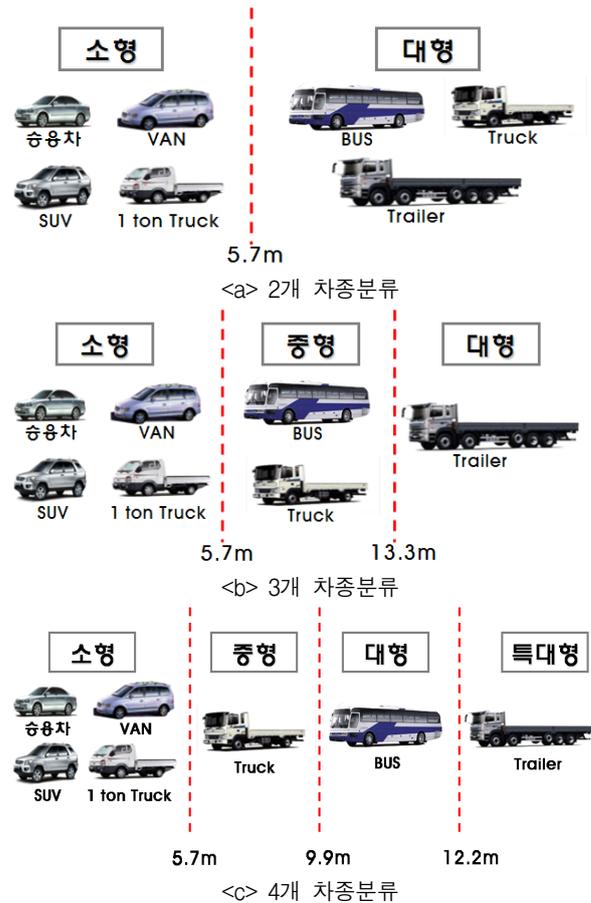
차종별로 차량의 분포함수에 따라 Class를 구분하여 <표 3>과 같이 Coding하였다. 첫 번째 Case인 전체 차종을 2개 차종으로 분류할 때에는 소형차량을 승용차, SUV, VAN, 1톤 트럭으로 정의하고 대형차량을 트럭, 버스, 트레일러로 정의하였다. 두 번째 Case로 전체 차종을 3개 차종으로 분류할 때는 소형차량을 승용차, SUV, VAN, 1톤 트럭으로 정의하고 중형차량은 트럭과 버스, 대형차량은 트레일러로 정의하였다. 세 번째 Case로 전체 차종을 4개 차종으로 분류할 때는 소형차량을 승용차, SUV, VAN, 1톤 트럭으로 정의하고 중형차량은 트럭, 대형차량은 버스, 특대형 차량은 트레일러로 정의하였다.

차량길이 기준값을 변화시키면서 각 Class에 해당하는 차종을 가장 정확하게 분류하는 차량길이 기준값을 산출한 결과를 <그림 5>에 제시하였다.

첫 번째 Case로 전체 차종을 2개의 차종(소형 및 대형)으로 분류할 경우 차량을 가장 정확하게 소형 및 대형으로 분류하는 차량길이 기준값은 5.7m, 분류정확도는 95.45%로 산출되었다. <표 4>의 2개 차종분류 결과에서와 같이 정확히 소형으로 분류된 차량이 전체 소형차량의 98.57%, 정확히 대형으로 분류된 차량이 전체 대형차량의 86.58%로 높은 분류정확도를 보였다.

두 번째 Case로 전체 차종을 3개의 차종(소형, 중형, 대형)으로 분류할 경우 차량을 가장 정확하게 소형-중형-대형으로 분류하는 차량길이 기준값은 소형-(5.7m)-중형-(13.3m)-대형으로, 분류정확도는 94.90%로 산출되었다. <표 4>의 3개 차종분류 결과에서 정확히 소형으로 분류된 차량이 전체 소형차량의 98.57%, 정확히 중형으로 분류된 차량이 전체 중형차량의 84.68%, 대형차량의 경우는 82.29%의 결과가 산출되었다.

세 번째 Case로 전체 차종을 4개의 차종(소형, 중형, 대형, 특대형)으로 분류할 경우 차량을 가장 정확하게 소형-중형-대형-특대형으로 분류하는 차량길이 기준값은 소형-(5.7m)-중형-(9.9m)-대형-(12.2m)-특대형으로 분류정확도는 89.39%로 산출되었다. <표 4>의 4개 차종분류에서 정확히 소형으로 분류된 차량이 전체 소형차량의 98.57%, 정확히 중형으로 분류된 차량이 전체 중형차량의 56.81%, 대



<그림 5> 차종분류 Case별 최적 차량길이 기준값

형차량의 경우는 90.68%, 특대형의 경우는 85.42%의 결과가 산출되었다. 이는 본 연구에서 제시한 알고리즘이 대부분의 차량을 정확하게 분류할 수 있다는 결과를 얻을 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 차량이 루프검지기를 통과할 때 발생하는 자기장의 변화를 세밀하게 기록한 차량자기신호자료를 수집하여 개별차량의 차량길이를 산출하였다. 산출된 차량길이를 이용하여 소형, 중형, 대형, 특대형의 차종을 구분하는 알고리즘을 개발하였다. 그리고 전체 차종을 분류하는 차량길이 기준값을 변화시키면서 알고리즘을 수행한 결과 가장 높은 분류정확도를 보이는 차량길이 기준값을 산출하

<표 4> 차종분류 정확도

2개 차종분류	추정된 차종				
	차종	소형 (대 / %)	대형 (대 / %)	계	
	실제 차종	소형	2900대 (98.57%)	42대 (1.43%)	2942대
		대형	139대 (13.42%)	897대 (86.58%)	1036대
		계	3039대	939대	3978대 (95.45%)

3개 차종분류	추정된 차종					
	차종	소형 (대 / %)	중형 (대 / %)	대형 (대 / %)	계	
	실제 차종	소형	2900대 (98.57%)	42대 (1.43%)	0대 (0%)	2942대
		중형	139대 (13.42%)	796대 (84.68%)	5대 (0.53%)	940대
		대형	0대 (0%)	17대 (17.71%)	79대 (82.29%)	96대
계		3039대	855대	84대	3978대 (94.90%)	

4개 차종분류	추정된 차종						
	차종	소형 (대 / %)	중형 (대 / %)	대형 (대 / %)	특대형 (대 / %)	계	
	실제 차종	소형	2900대 (98.57%)	42대 (1.43%)	0대 (0%)	0대 (0%)	2942대
		중형	139대 (16.91%)	467대 (56.81%)	206대 (25.06%)	10대 (1.22%)	822대
		대형	0대 (0%)	8대 (6.78%)	107대 (90.68%)	3대 (2.54%)	118대
		특대형	0대 (0%)	1대 (1.04%)	13대 (13.54%)	82대 (85.42%)	96대
계		3039대	518대	326대	95대	3978대 (94.90%)	

였다.

전체 3978대의 차량의 차종을 분류한 결과 전체 차량에서 95%이상의 차량을 정확하게 분류하는 결과를 산출하였으며, 전체차량을 분류하는 Class의 개수가 많아질 수록 전체 차량에 대한 분류정확도가 감소하는 경향을 보였다.

대형차량에 속하는 트럭, 버스, 트레일러 등의 차종은 전체 교통류에서 차지하는 비율이 적고 차량의 외양이나 차량길이 면에서 다른 차종과 비교해 차종특성이 명확히 나타나므로 차량길이정보와 개별차량에 대한 추가정보를 이용한다면 개별차량에 대한 구분도 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 루프검지기에서 교통량, 속도, 점유율 등의 자료만을 수집할 수 있는 한계점을 극복하고 루프검지기를 통과하는 차량들의 차종을 구분하는 기법을 제시하였다. 차종을 구분함으로써 세부적인 교통량 정보를 수집하고 도로를 통과하는 차량들의 차종구성을 파악하여 교통운영 및 전략수립 시에 활용자료로 이용 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국도로공사 도로교통연구원에서 수행하는 『고속도로 통행시간 정보개선 및 활용기법 연구』 과제의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 조형기, 오영태, “복합형 GLVQ 신경망을 이용한 차종분류 모형개발”, 대한교통학회지 제14권 제4호, 1996년
2. 이승환, 조한선, 최기주, “단일 루프 검지기를 이용한 차종 분류 알고리즘 개발”, 대한교통학회지 제14권 제1호, 1996년
3. 김수희, 오영태, 조형기, 이철기, “자석검지기를 이용한 차종인식 알고리즘 개발”, 대한교통학회지 제17권 제4호, 1999년
4. Cheung, S. Y., Coleri, S., Dunder, B., Ganesh, S., Tan,

- C., Varaiya, P., "Traffic measurement and vehicle classification with a single magnetic sensor", TRB Annual Meeting January, Washington D.C., 2005.
5. Lu, Y.J., Hsu, Y.H., Maldague, X., "Vehicle Classification using infrared image analysis.", *Transportation Engineering*, ASCE 118 (2), 223-240, 1992.
 6. Nooralahiyan, A.Y., Dougherty, M., Mckeown, D., Kirby, H.R., "A field trial of acoustic signature analysis for vehicle classification", *Transportation Research Part C* 5 (3), 165-177, 1997.
 7. Ritchie, S.G., Park, S., Oh, C., Sun, C., "Field investigation of advanced vehicle reidentification techniques and detector technologies", MOU 3008, Partners for Advanced Transit and highways: Institute of Transportation Studies, University of California, Irvine, 2001.
 8. Sun, C., Ritchie, S.G., "Heuristic vehicle classification using inductive signature on freeways", *Transportation Research Record* 1717, TRB, National Research Council, Washington, DC, 130-136, 2000.
 9. Yuan, X., Lu, Y.J., Sarraf, S., "Computer vision system for automatic vehicle classification", *Transportation Engineering*, ASCE 120 (6), 861-876, 1994.
 10. Wei, C.H., Chang, C.C., Wang, S.S., "Vehicle classification using advanced technologies", *Transportation Research Record* 1551, TRB, National Research Council, Washington, DC, 45-50, 1996.
 11. Zhu, Y.Q., Sheng, Q.Z., "Study on image processing for video-based traffic measurements and vehicle classification", *Road Transport research*, 11 (2), 42-49, 2002.