영상검지기법을 활용한 끼어들기 위반차량 검지 방법에 관한 연구

김완기† · 류부형*
동국대학교 대학원 안전공학과 · *동국대학교 안전환경시스템공학과
(2008. 6. 26. 접수 / 2008. 11. 18. 채택)

A Study on the Detecting Method of Intercept Violation Vehicles Using an Image Detection Techniques

Wan-Ki Kim† · Boo-Hyung Ryu*
Graduate School of Safety Engineering, Dongguk University
*Department of Safety Environmental System Engineering, Dongguk University
(Received June 26, 2008 / Accepted November 18, 2008)

Abstract : This research was verified detection way of intercept vehicles and performance evaluation after system installation using image detector as detection way of ground installation. By image recognition algorithm was on the trace of moving orbit of violation vehicles for detection way of intercept vehicles. When moving orbit is located special site, utilized geometric image calibration and DC-notch filter. These are cognitive system of license plate by making signal. Then, Bright Evidence Detection and Dark Evidence Detection were applied to after mixing. It is applied to way of Backward tracking for detection way of intercept vehicles. After the field evaluation of developed system, it should be analyzed the more high than recognition rate of minimum standards 80%. It should rise in the estimation of the site applicability is highly from now.
Key Words : image detector, intercept violation vehicle, visual information processing, DC-notch filter, tracking system, bright evidence detection, dark evidence detection

1. 서 론

오늘날 경제발전과 더불어 도심 집중화 현상이 빠르게 진행되면서 서울과 같은 대도시권의 중심업무지구를 중심으로 위성도시들이 발달되어 출퇴근 첨두시간 정체현상이 뚜렷이 나타나고 있다. 특히, 도심과 도심을 연결하는 도시간선도로와 시가지도로로 연결되는 주요 램프구간의 정체현상이 대표적이다.

이러한 정체현상이 발생되는 지점에서 흔히 볼 수 있는 것이 바로 끼어들기와 같은 교통기본질서 위반행위이다.

끼어들기 위반차량은 사고발생 위험을 초래하고 혼잡지체를 가중시켜 결국 선량한 운전자에게 피해를 주며, 전체적으로 정체현상을 가중시키는 주된 원인으로 작용한다.

도로교통법 제23조에서는 "모든 차의 운전자는 위험방지를 위해 정지 또는 서행하고 있는 다른 차량 앞에 끼어들지 못한다."라고 명시되어 있다. 즉, 끼어들기 차량은 교통사고 발생의 잠재적 원인으로 작용하기 때문에 법으로 엄격히 금지하고 있는 것이다. 그러함에도 불구하고 간선도로나 주요 도시고속도로의 램프구간에서 교통질서 위반행위가 만연하게 이루어지고 있는 것이 현실이다.

따라서, 본 논문에서는 선진교통문화 정착의 일환으로 인력단속이 어렵고 끼어들기 위반행위가 많은 도시간선도로 등의 진출입 램프구간에서 끼어들기 위반차량 단속을 위한 방안으로 끼어들기 차량을 단속할 수 있는 무인단속장비 도입을 위한 시스템의 구축 개요와 위반차량 검지방법을 제시하고 개발된 시스템의 성능과 효과를 평가하여 제시하고자 한다.

2. 끼어들기 위반차량 검지 방법

2.1. 국내외 연구현황 및 연구의 차별성

† To whom correspondence should be addressed.
kwk10@hanmail.net

본 논문에서 제시하고 있는 영상검지에 대한 연구는 국내 보다 국외에서 활발한 연구와 적용이 이루어졌다.

E. E. Hirbert 등(1980)은 SCATS(Sensor for Control of Arterials and Networks)를 연구개발 하였다. 이 연구는 루프 센서(Loop Sensor)와 이미지 센서(Image Sensor)간의 차이를 연계하기 위한 것으로 적용범위가 약 150m 영역내의 범위를 분석할 수 있도록 고려되었다.

Houghton(1987)는 개별차량을 추적하여 각 차량별 이동시간 및 이동속도 등을 계측할 수 있는 vehicle Tracking 알고리즘을 개발하였으며, 성공적으로 수행되었음을 제시한 바 있다. 이 연구에서는 일반적으로 실시간에 취약한 Tracking 알고리즘에 대해 실시간 수행도를 확보하기 위하여 영상처리 기법의 병렬처리를 고려하였으며, 이를 수용할 수 있는 전용 병렬처리 하드웨어를 개발하였다.

Hoose & Bell(1989)은 Loop Emulation 기능을 하는 영상처리 관련 연구를 기반으로 영상검지기와 관련된 다양한 연구결과를 보고한 바 있다. 이 연구는 초기 영상처리 기법으로 Point-Based Method가 적용하여 그 동안 교통 분야에서 인위적으로 교통정보를 조사해왔던 작업들을 영상처리를 기반으로 자동처리 할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하여 개발하였다.

국내의 연구는 외국 연구역사에 비하여 상대적으로 매우 짧은 연구개발 역사를 가지고 있다. 영상검지기와 관련한 연구는 1991년 한국교통연구원에서 국내 최초로 Prototype을 개발하였으며, 1992년에는 이전 연구에서의 문제점을 부분적으로 극복하기 위하여 배경의 특성을 임계치(Threshold)로 하여, 이를 환경 적응형으로 운영될 수 있도록 개선하였다. 이러한 개선은 검지 영역을 설정한 후, 설정된 검지영역에 대하여 단위시간의 기준을 매 프레임(Frame) 혹은 1~5분 단위동안 1회씩 배경으로 설정된 영역의 일부를 무작위로 추출하여 이를 배경으로 가중평균치에 의하여 갱신시키는 방법을 취하였다. 그러나 이 연구결과에서는 배경 자동 갱신 방법에 의한 계측정확도에 대한 사항은 제시된 바가 없다.

또한 이승환(1996)은 도시 내 교차로를 대상으로 차량의 대기길이를 계측하는 영상처리 알고리즘을 개발하였는데, 이 연구는 영상검지기의 기법과 Tripwire기법에 기반을 두고 수행되었다.

이와 같이 영상검지방법을 활용하고 응용하여 교통분야에 많이 적용되어 왔다. 하지만 현재까지 영상검지기법을 활용한 사례를 보면 교통정보를 추출하기 위한 방법의 일환으로 적용해왔으며, 본 논문에서 제시하고 있는 단속시스템에 적용한 사례는 전무한 실정이다. 따라서 본 논문은 기존의 영상검지 기법을 응용하여 단속시스템을 개발할 수 있도록 한 연구로 단속 신뢰성 확보와 가능성을 보여준 논문으로 기존의 논문과는 차별성이 있다.

특히, 본 논문에서는 영상검지방법이 가지고 있던 검지 신뢰성 문제와 환경적 오류발생 원인을 제거하기 위해 기하학적 영상보정, DC-notch 필터 적용, Right Evidence Detection, Dark Evidence Detection을 적용하여 위반차량을 비교적 정확히 식별하여 신뢰성을 향상시키기 위한 방법을 적용한 점이 본 연구의 장점이며, 기존의 단속시스템에 사용되고 있는 루프검지체계에서 비매설검지기인 영상검지방법을 적용하여 향후 다양한 교통단속시스템 개발 가능성에 단초를 제공한 연구로 판단된다.

2.1. 영상검지방법의 활용

교통의 각종 정보를 수집하는 데에는 다양한 검지방법이 사용된다. 교통 검지기에는 영상 검지기, 루프 검지기, 자기 검지기, 레이저 검지기, 적외선 검지기, 초음파 검지기 등 다양한 방법[1]이 사용되고 있는데 끼어들기 위반차량을 단속하기 위해서는 단속구간 내에 정체현상을 검지해야 하고 속도나 긴 구간에서의 위반차량을 단속해야 하기 때문에 영상검지기술이 가장 적합한 것으로 판단된다.

영상처리 시스템(VIP: Visual Information Processing)은 1950년대부터 시작되어 1970년대 본격적인 연구개발이 시작되었으며, 1980년대에는 영상처리시스템을 활용한 장치들이 상용화되기에 이르렀다[2].

영상처리 시스템은 Tripwire System, Tracking System, Spatial Analysis로 크게 3가지 범주로 구분[3]될 수 있는데, Tripwire System은 영상 내에서 인위적으로 구획을 설정하고 설정된 구획 안에서의 다양한 이벤트를 검지하는 방법으로 교통에서 많이 사용되는 방법이며, 이 방법을 응용한 제품은 대표적으로 AUTOSCOPE와 CCATS가 있다.

AUTOSCOPE는 영상식 차량검지기의 한 종류로 MVP(Machine Vision Processor)기술을 이용하여 교통데이터를 추출하는데 영상취득용 카메라에서 제공되는 초당 30프레임의 아날로그 영상신호를 디지털화하여 각각의 프레임들은 수십만개의 조그만 단위(pixel)로 구성되어 있으며 이러한 pixel들에 color

와 grayscale에 따라 일정값을 부여하고 이들의 변화를 해석하여 교통데이터를 산출하는 방법이다[4].

Tracking System은 카메라의 영상 내에서 이동하는 개별차량을 검지하고 추적하는 것으로 차선변경이나 다양한 차량의 이상 현상 시 정보를 취득할 수 있는 시스템이다[5,6].

이와 같이 영상검지 시스템은 영상처리 기술을 이용하여 광범위한 도로영역에 대한 영상정보를 실시간으로 분석할 수 있는 장점이 있기 때문에 이번 논문에서 끼어들기 위반차량을 검지함에 가장 적합한 적용 기술로 판단된다.

본 논문에서는 끼어들기 위반차량의 검지를 위해 약 100m의 긴 구간에 대해 끼어들기 차량 여부를 실시간 검지해야 하고 끼어들기 시점을 기준으로 본선의 정체여부를 판단함과 동시에 위반차량을 계속적으로 추적하여 최종 위반차량으로 판정을 내려야하기 때문에 영상검지기에 사용되는 알고리즘 접근방법은 특정 검지영역을 계속적으로 감지하는 방법과 카메라의 시계(FOV : Field of View)를 통해 차량을 계속적으로 추적하는 방식을 응용하였다.

2.2. 끼어들기 위반차량 검지 알고리즘

끼어들기 위반차량 검지는 영상인식 알고리즘 을 통해 위반차량의 이동궤적을 추적(Tracking)하며 특정 위치에 도달하였을 경우 신호를 발생하여 번호판을 인식하는 시스템으로 다수의 동시위반 차량 단속능력과 동영상 연속촬영 기능을 갖추도록 구성하였다.

끼어들기 단속시스템은 차선변경이 가능한 구간 즉, 차선이 점선으로 되어 있더라도 정체가 되면 끼어들기를 금지하는 도로교통법 23조에 의거 단속을 하도록 하고 있으며, 정체가 되지 않으면 단속을 하지 않도록 구성하였다.

끼어들기 위반차량 검지를 위해 본 논문에서는 먼저 기하학적 영상보정[7]을 사용하였다. 이것은 원거리의 영상을 카메라에서 원근 변환하여 획득하는 데 원거리와 근거리의 동일한 크기의 물체를 동일한 크기로 보이게 하기 위해서 다시 역 원근 변환을 수행하여 보정하였으며, 기하학적 영상보정을 취한 영상은 Fig. 1과 같다.

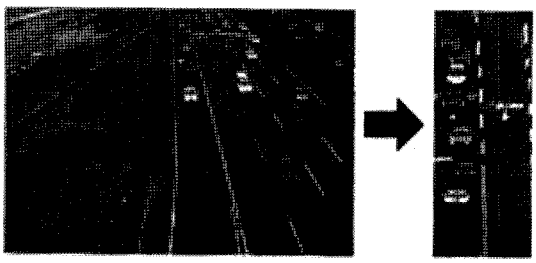

Fig. 1. Geometric image calibration.

카메라에서 획득된 영상은 대부분 국부적인 조명 차이를 보인다. 이러한 국부적인 조명 차이가 보상되지 않으면 전역 임계치로 물체를 검출하는 것은 어렵다. 따라서 이러한 국부적인 조명을 보상해야 하는데, 가장 간단한 방법은 국부 DC(평균)을 제거하는 방법으로 DC-notch 필터를 적용할 수 있다. DC-notch 필터는 국부 영역(이웃 화소)의 평균을 뺀 영상이다[4].

위와 같이 DC-notch 필터를 적용하여 얻어진 영상은 또다시 Fig. 2와 같이 밝은 영역과 어두운 영역으로 구분된다. 밝은 영역의 검지는 Bright Evidence Detection으로 어두운 영역의 검지는 Dark Evidence Detection으로 검출되는데, 위 방법은 DC-notch 필터링 된 영상의 임계치 이진화(thresholding)로 검출될 수 있다[8]. 검출된 밝은 영역의 증거와 어두운 영역의 증거는 모두 독립된 차량으로 구분할 수 없다. 즉, 한 대의 밝은 차량은 여러 개의 밝은 영역 증거를 가질 수 있기 때문이다. 따라서 Fig. 2와 같이 밝은 영역과 어두운 영역의 증거를 조합하여 독립 차량을 검출한다.

또한 본 시스템 개발에서 중요한 부분은 끼어들기 위반차량을 검지하고 추적하는 것이다. 끼어들기 위반차량의 검지는 차선 변경 금지선(월선 감지선)을 침범할 경우 침범 위치에서 Backward tracking하여 불법 끼어들기 위치에서 진입된 차량임을

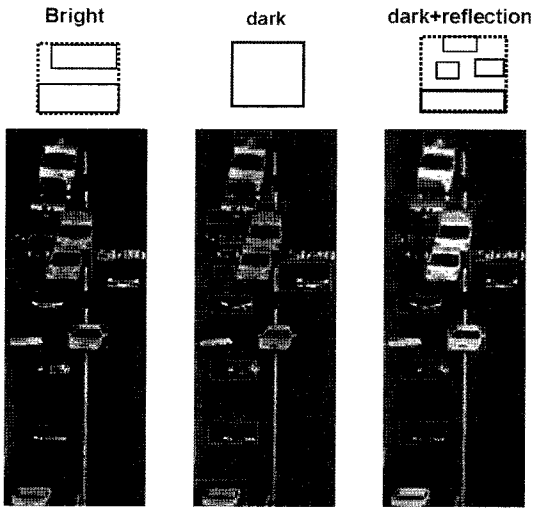

Fig. 2. Image processing for Vehicle detection.

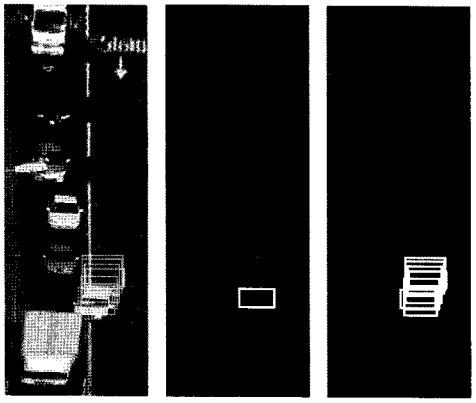

Fig. 3. Trace image of intercept violation vehicle.

판별한다. Backward tracking은 역방향 추적으로 현재의 검출된 차량으로부터 이전에 검출된 차량을 정합하여 추적하는 기법이다.

이렇게 검지된 위반차량은 끼어들기를 시작한 시점부터 완료된 시점까지 추적해야 하는데, 본 논문에서는 추적 방법 중 가장 많이 사용되는 영역 기반 추적을 사용하였다. 이것은 검출된 차량의 유사도(크기, 위치, 진행 방향 등)를 판별하여 추적하는 방법이다. 또한 정확한 위반차량 단속을 위해 영역기반 추적으로 추적이 어려운 대상(검출된 차량이 겹쳐서 나타나거나 분리되는 경우)에 대해서는 화소의 밝기 값으로 정합하여 추적하는 블록 정합 방법도 고려하였다.

위반차량 검지의 정확도를 높이고 오단속을 최소화하기 위해 전체 영상 중 끼어들기 검지영역을 분리 후 영상 처리를 하고 각각의 프레임마다 끼어들기 위반차량 존재여부를 판단하였다. 끼어들기 위반차량이 존재 시 매 프레임마다 차량을 트래킹하며 해당 프레임에서 차량 트래킹이 실패할 경우 Error Count를 분석하여 최종 트리거 전송 후 정확도를 전송하도록 하였다. 정확도에 대한 산출방법은 "100-(Error Count÷위반차량 총 프레임 수)×100"로 산출하였다.

앞서 설명한 것을 종합하여 끼어들기 위반차량 단속시스템의 검지 알고리즘은 Fig. 4와 같다.

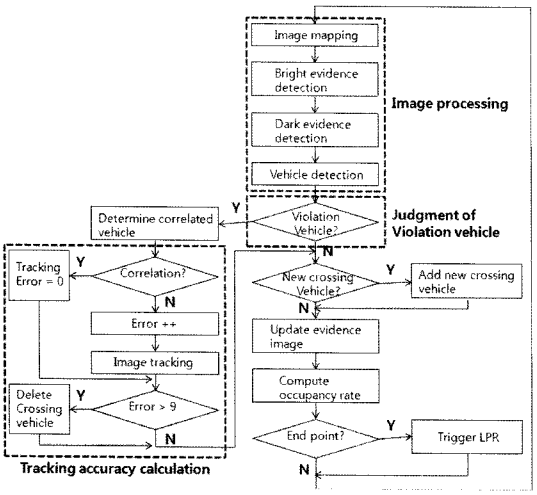

Fig. 4. Detection algorithm for intercept violation vehicle.

2.3. 시스템 구축

끼어들기 차량의 검지와 동시에 단속을 하기 위해 현장에는 검지용카메라와 단속용카메라를 설치하며, 검지용 카메라는 1차 월선감지선 검지영역과 2차 가상루프선 검지영역을 설정한 후 끼어들기 구간의 통행차량을 검지한다.

1차 월선감지선 검지 영역 내 불법 끼어들기 차량 진입 시 불법차량의 영상을 BOX를 채워 이동경로별로 촬영하고 정상적인 차량과 구분하며, 월선감지선 검지영역 내 불법 끼어들기 차량 진입 시 정상적인 차량영상을 BOX를 채워 검지영역의 면적 대비 검지영역내의 BOX로 채워진 차량의 면적으로 점유율을 계산한다.

점유율 산정은 「점유율=(∑(각 객체의 세로길이))÷(① 영역의 세로길이)×100」으로 산정하였다.

불법 끼어들기 차량이 2차 가상루프선 검지영역을 통과할 때, 시리얼 통신을 이용하여 디지털 단속용 카메라에게 트리거를 전송한다. 검지용 카메라로부터 트리거를 받은 디지털 단속카메라는 불법차량의 영상과 번호판을 촬영하여 로컬 제어기로 전송한다.

불법차량의 영상과 번호판 영상을 받은 로컬 제어기는 번호판 인식 알고리즘을 이용하여 정지영상을 분석한 후, 단속차량에 대한 정보를 TCP/IP통신을 통해 센터로 전송한다.

로컬제어기는 아날로그 그레버 보드를 이용하여 아날로그 보조영상을 처리한 후 센터 운영단말 PC로 전송하고 운영단말 PC는 전송된 단속정보를 DB로 저장한 후, 무인교통단속장비 표준서버로 전송하며, 표준서버는 전송된 정지영상과 보조영상의 번호판 정보를 이용하여 차적조회 기능을 수행하여 차적조회 후 위반차량에 대하여 Fig. 5와 같이 끼어들기 위반차량의 증거영상을 포함하여 고지서를 발급하도록 구성하였다.

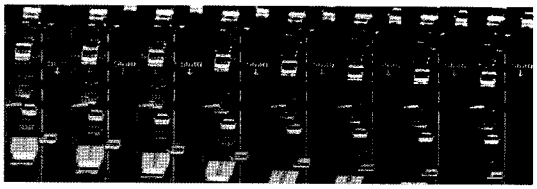

Fig. 5. Evidence image of intercept violation vehicle.

3. 성능평가 및 효과분석

끼어들기 위반차량 단속시스템의 신뢰성과 장비의 성능을 검증하기 위해 서울시 소재 강변북로 영동대교 북단 진출램프와 올림픽대로 한남대교 남단 진출램프에 시스템을 각각 설치하였으며, 단속시스템으로서의 신뢰성 확보여부를 판단하기 위해 위반차량 인식률 80% 이상(현재 무인교통단속장비의 인식률을 기준으로 함)을 기준으로 하여 단속과정부터 실제 단속차량의 번호인식을 통해 고지서가 발부되기까지의 모든 과정의 정확도와 인식률 및 단속오류 전반의 과정을 평가한 결과 Table 1과 같이 영동대교 북단에 설치된 시스템은 인식률 85%, 한남대교 남단에 설치된 시스템은 인식률 83.5%로 각각 평가되었다.

끼어들기 단속시스템의 설치효과를 분석하기 위해 장비설치 전후 설치지점의 교통패턴을 분석하여 그 효과를 분석하였으며, 특히 끼어들기로 인한 램프구간에서 교통정체가 가중되어 주행속도 저하, 램프 통과차량수의 저하로 이어지는 교통문제가 장비의 설치로 개선되어 장비 설치 효과가 있는지를 분석하였다.

끼어들기 단속시스템의 효과분석을 위해 Before-After Analysis로 장비설치 전후의 설치지점 주행속도, 램프구간의 차량통과 대수, 끼어들기 위반차량의 변화를 분석하였다.

효과분석을 위한 현장조사는 장비 설치 전 4일(평일2일, 주말2일)을 선택하여 오전첨두 07:00~09:00, 비첨두 13:00~15:00, 오후첨두 18:00~20:00의 시간대로 장비 설치 전 교통상황을 조사하였다. 장비 설치 전 조사가 끝나면 장비를 설치하고 1주일 후 동일한 요일을 선택하여 설치 전 조사항목과 같이 조사하고 장비 설치 전/후의 교통흐름패턴 및 위반현황을 분석하였다.

Table 1. Results of performance assessment

Installation Site	Total Intercept Violation	Written Notice Output	Mis-Regulation	Mis-Recognition number	Rate of Recognition
Youngdong Bridge	133	113	0	0	85%
Hannam Bridge	139	116	0	0	83.5%

Table 2. Change of intercept vehicles numbers

Classification	Before Installation	After Installation	The Rate of Sensitization
Youngdong Bridge the northern	1121	432	-61%
Hannam Bridge the southern	2456	591	-76%

Table 3. Change of passing vehicle

classification			Before	After	Rate of Change
Young-dong Bridge	mon	07~09	1491	1572	
		13~15	2137	2455	
		18~20	1944	2085	
		Total	5572	6112	9.69%
	Wed	07~09	900	1727	
		13~15	1726	2370	
		18~20	1612	2402	
		Total	4238	6499	53.35%
	Sat	07~09	1316	1527	
		13~15	2002	2064	
		18~20	1745	1319	
		Total	5063	4910	-3.02%
	Sun	07~09	896	885	
		13~15	1474	1611	
		18~20	1177	1175	
		Total	3547	3671	3.49%
	SUM		18,420	21,192	15.05%
Han-nam Bridge	mon	07~09	3253	3299	
		13~15	2773	3190	
		18~20	2319	2391	
		Total	8345	8880	6.41%
	Wed	07~09	2525	2674	
		13~15	3086	3207	
		18~20	2622	2176	
		Total	8233	8057	-2.14%
	Sat	07~09	2959	3395	
		13~15	3139	2975	
		18~20	1881	2364	
		Total	7979	8734	9.46%
	Sun	07~09	2398	2315	
		13~15	3493	3290	
		18~20	2147	2827	
		Total	8038	8432	4.90%
	SUM		32,595	34,103	4.63%

3.1. 끼어들기 차량수의 변화

끼어들기 단속장비의 설치에 따른 효과 평가 항목 중 끼어들기 차량 수의 변화는 영동대교의 경우 설치 전 1,121대의 끼어들기 차량에서 설치 후 432대의 끼어들기 차량 수가 줄어 61%가 감소되었다. 한남대교의 경우 설치 전 2,465대에서 설치 후 591대로 76%로 감소되어 전체적으로 끼어들기 단속장비의 설치에 따라 끼어들기 위반차량의 수가 급격히 감소된 것으로 분석되었다.

3.2. 통과차량대수의 변화

영동대교의 경우 단속장비 설치 전 18,420대에서 설치 후 21,192대로 15.05% 통과 차량대수가 증가하였고 한남대교의 경우는 설치 전 32,595대에서 설치 후 34,103대로 4.63% 통과 차량대수가 증가하였다.

끼어들기 단속장비 설치 전후 램프구간의 통과차량대수를 조사한 결과 장비 설치 지점 램프구간 모두 통과차량대수가 소폭이나마 증가한 것으로 장비 설치에 따른 효과로 평가된다.

Table 4. change of average driving speed

classification				n	average speed(km/h)	standard deviation
Young-dong Bridge	lamp	weekday	Before	240	46.057	1.660
			After	240	38.622	1.414
		weekend	Before	240	74.357	1.660
			After	240	78.760	1.414
	main line	weekday	Before	240	83.412	0.864
			After	240	77.396	0.525
		weekend	Before	240	86.665	0.864
			After	240	80.705	0.525
Han-nam Bridge	lamp	weekday	Before	240	62.261	1.895
			After	240	50.326	1.402
		weekend	Before	240	58.079	1.895
			After	240	54.638	1.402
	main line	weekday	Before	240	68.604	1.516
			After	240	72.645	1.602
		weekend	Before	240	68.891	1.516
			After	240	71.206	1.602

3.3. 평균주행속도의 변화

단속시스템을 설치한 지점에 대해 램프차로와 본선차로의 평균주행속도의 변화를 조사한 결과 Table 4와 같이 조사되었는데, 수치적으로 속도가 개선된 곳은 영동대교 램프차로에서 주말의 평균주행속도가 단속시스템 설치 전 74.4km/h에서 설치 후 78.8 km/h로 개선된 것으로 조사되었고 한남대교 본선차로에서 평균주행속도가 개선된 것으로 조사되었다.

실제 끼어들기 단속장비 설치 운영 전과 후에 대해 평균주행속도가 개선되었는지를 검증하기 위해 통계적 검증(T-test)을 실시한 결과 Table 5와 같이 영동대교 램프구간의 평균주행속도는 장비 설치 전후 차이가 없는 것으로 분석되었고, 영동대교 본선과 한남대교 램프구간, 한남대교 본선은 장비 설치 전후 차이가 있는 것으로 분석되었지만 설치 전보다 설치 후 속도가 조금 떨어지는 것으로 분석되었다. 한남대교 본선의 경우에만 장비 설치 전보다 설치 후에 평균주행속도가 개선된 것으로 분석되었다.

특히 영동대교의 경우 끼어들기 단속장비로 램프진입시점 전에 끼어드는 차량으로 인해 본선에 영향을 준 것으로 분석되며, 한남대교 본선의 경우

Table 5. Statistical result about change of average driving speed

classification	corresponding difference					t	degree of freedom	significant probability
	average	standard deviation	standard deviation of average	difference of 95 % confidence interval				
				minimum	maximum			
Youngdong lamp Before and rear installation	1.5158	24.5642	1.1212	-.6873	3.7188	1.352	479	.177
Youngdong the main line Before and rear installation	5.9877	13.9233	.6355	4.7390	7.2364	9.422	479	.000
Hannam lamp Before and rear installation	7.688014	25.768916	1.176185	5.376894	9.999133	6.536	479	.000
Hannam the main line Before and rear installation	-3.17775	19.27226	.87965	-4.90621	-1.44930	-3.613	479	.000

는 한남대교 램프구간이 본선에 영향을 미치지 않는 긴 램프길이로 설계되어 램프구간 끝지점에서 끼어드는 차량의 수가 줄면서 전체적으로 본선의 속도가 개선된 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 주요 도시고속도로 램프 진출입구간에서 끼어들기 위반차량에 의한 사고발생 위험과 혼잡지체가 가중되는 현상을 방지하고 선진교통문화 정착과 선량한 운전자의 피해를 방지하기 위해 개발된 끼어들기 단속시스템의 개발방법과 설치에 따른 성능평가와 효과분석을 실시하였다.

끼어들기 단속시스템은 주요 도시고속도로 진출입로 교통정체 및 주요 병목구간의 지속적인 혼잡문제 해결을 목적으로 영상인식 알고리즘 도입을 통해 위반차량의 이동궤적을 추적(Tracking)하며 특정 위치에 도달하였을 경우 신호를 발생하여 번호판을 인식하는 시스템으로 다수의 동시위반 차량 단속능력과 동영상 연속촬영 기능을 갖추도록 하였다.

단속시스템의 성능을 평가한 분석결과는 최초 단속시스템의 신뢰성 기준을 무인교통단속장비의 인식률 80% 이상을 기준으로 평가를 하였으며, 영동대교 북단에 설치된 시스템에서는 85%, 한남대교 남단에 설치된 시스템에서는 83.5%로 각각 분석되어 인식률 80% 이상 기준을 만족한 것으로 분석되었다.

더불어 끼어들기 단속시스템의 효과를 분석하기 위해 끼어들기 위반 차량 수의 변화, 램프차로의 통과교통량 변화, 램프차로 및 본선차로의 평균주행속도의 변화를 분석하였는데, 시스템 설치 후 끼어들기 위반차량 수가 현격히 줄어들었으며, 끼어들기 위반차량의 감소에 따라 통과교통량도 시스템 설치 전 보다 소폭이나마 증가한 것으로 분석되었다. 특히 통과교통량의 증가는 끼어들기 위반차량이 줄어들면서 동일 시간대에 더 많은 차량이 램프구간을 통과한 것으로 단속시스템의 효과가 있는 것으로 분석된다.

또한 끼어들기 단속시스템의 설치에 따라 본선과 램프차로의 평균주행속도를 분석한 결과에서는 한남대교 본선의 경우 시스템 설치 후 평균주행속도가 증가한 것으로 분석되었다.

이번 연구는 국내외에서 최초로 영상검지 기술을 응용하여 끼어들기 위반차량을 단속하는 시스템을 개발하여 현장에 직접 적용한 것에 큰 의미가 있으며, 향후에도 영상검지 기술을 응용한 다양한 단속장비의 개발이 가능함을 직간접적으로 보여준 점에 큰 의미가 있다고 할 수 있다. 하지만 끼어들기 위반차량을 단속할 수 있는 검지거리가 현재로는 단속카메라 설치지점으로부터 100m 거리로 한정되어 있는 점이 단점이다. 따라서 향후에는 검지거리를 더욱 늘릴 수 있는 다각적인 연구가 필요하며, 향후 지속적인 시범운영을 통한 장비 성능개선 및 신뢰성 제고가 필요하다. 또한 끼어들기 단속은 정체시에만 단속하는 것으로 정체 또는 비정체의 기준은 매우 민감한 문제로 향후 정체에 대한 기준과 시스템에서 정체를 정확히 판단하는 방법에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

1) 김희식, 김진만, "영상검지 카메라를 이용한 도로상의 차량흐름 계측방안 연구", 산업안전학회지, 제18권, 제4호, 2003.
2) Ioannis Pitas, "Digital Image Processing", 1993.
3) 유성준, "영상 및 음향 기반 교통사고 자동검지 알고리즘 개발", 서울시립대학교 학위논문, pp. 8~9, 2007.
4) 권준식 외 7인, "디지털 영상처리 이론 및 응용", 홍릉과학출판사, 2002.
5) 서창진, 김선숙, 차의영, "영상 검지기를 이용한 자동차 추적시스템에 대한 연구", 한국정보과학학회지, 제25권, 제2호, 1998.
6) Kayoko Kitai, "A Study of Automatically Tracking Psdestrian Flow", IAPR Workshop on Machine Vision Applications, 1996.
7) Loaiza, H. Triboulet, J. Lelandais, S. Barat, C., "Matching Segments in Stereoscopic Vision", IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, pp. 37~42, 2001.
8) Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", 1993.