

# 특징점 추적을 이용한 끼어들기 위반차량 검지 시스템

## Lane Violation Detection System Using Feature Tracking

이 희 신\*                      이 준 환\*\*  
(Hee-Sin Lee)                (Joon-Whoan Lee)

### 요 약

본 논문에서는 특징점 추적을 이용하여 끼어들기 위반차량을 검지할 수 있는 끼어들기 위반차량 검지 시스템을 제안한다. 제안된 끼어들기 위반차량 검지 시스템의 전체적인 알고리즘은 특징 추출, 추적대상 차량의 특징점 등록 및 추적, 끼어들기 위반차량 검지 등의 세 단계로 구성된다. 특징 추출 단계에서는 실시간 처리가 가능한 특징점 추출 알고리즘을 이용하여 입력 영상에서 특징점을 추출한다. 추출된 특징점들은 다시 추적대상 특징점을 선정하고 등록된 특징점을 정규화된 교차 상관관계(normalized cross correlation:NCC)를 이용하여 추적 한다. 마지막으로 추적된 특징점들의 정보를 이용하여 끼어들기 위반여부를 최종 검지한다. 제안한 시스템을 끼어들기 금지구간에서 취득한 영상을 사용하여 실험한 결과 정인식률 99.09%와 오류율 0.9%의 뛰어난 성능을 보였고 실시간처리가 가능한 초당 34.48프레임의 빠른 처리속도를 얻을 수 있었다.

### Abstract

In this paper, we suggest a system of detecting a vehicle with lane violation, which can detect the vehicle with lane violation, by using the feature point tracking. The whole algorithm in the suggested system of detecting a vehicle with lane violation is composed of three stages such as feature extraction, register and tracking in feature for the tracking-targeted vehicle, and detecting a vehicle with lane violation. In the stage of feature extraction, the feature is extracted from the inputted image by using the feature-extraction algorithm available for the real-time processing. The extracted features are again selected the tracking-targeted feature. The registered feature is tracked by using NCC(normalized cross correlation). Finally, whether or not lane violation is finally detected by using information on the tracked features. As a result of experimenting the suggested system by using the acquired image in the section with a ban on intervention, the excellent performance was shown with 99.09% for positive recognition ratio and 0.9% for error ratio. The fast processing speed could be obtained in 34.48 frames per second available for real-time processing.

**Key words:** Feture tracking, corner detection, NCC, vehicle, lane violation

## I. 서 론

증가하고 있다. 이로 인해 많은 교통사고가 발생하고 있으며 교통사고의 예방을 위해 많은 교통법규가 산업이 발전함에 따라 교통수단인 차량이 꾸준히 시행되고 있다. 그 중 도로의 차선을 불법으로 변경

\* 주저자 : 전북대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
\*\* 공저자 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수  
† 논문접수일 : 2009년 1월 9일  
† 논문심사일 : 2009년 2월 6일(1차), 2009년 4월 20일(2차)  
† 게재확정일 : 2009년 4월 14일

하여 끼어들다가 발생하는 사고를 예방하기 위해 차선 변경 금지선을 지정하여 복잡한 도로의 진입로 등에서 끼어들기 위반차량을 단속하는 방법이 있다. 이는 교통의 원활한 흐름을 유도하며 접촉사고 등을 예방한다.

위와 같이 차선변경 금지구역에서 차선을 변경하여 끼어들기를 하는 차량을 단속하기 위해서 다양한 단속 방법이 시행되고 있다. 가장 보편적인 방법으로 위반차량 단속영역 현장에서 교통경찰이 직접 상존하면서 시각적으로 끼어들기 차량을 적발하고, 범칙금 발부 조치하는 방법이 있다. 그런데 이와 같이 교통경찰이 직접 단속하는 경우에는 위반차량 적발시, 위반차량을 증명할 수 있는 증거확보가 쉽지 않다. 이로 인해 위반차량 운전자와의 시비가 자주 벌어지게 되며 또한 위반차량의 단속을 위해서는 많은 인원이 동원되어야 하는 문제점이 있다. 따라서 교통경찰이 없는 곳에서는 교통법규를 무시하고 주행하는 위반차량이 많아지게 되어 사고유발은 물론 교통흐름에 방해가 되는 문제점이 있다. 그밖에 위반차량 검지영역을 촬영하도록 카메라를 설치하여, 해당 검지 영역을 실시간으로 촬영하고, 촬영된 영상을 확인하여 위반차량을 적발하는 방법이 사용되고 있다. 그러나 이 방법 역시 촬영된 영상을 모두 사람이 확인해야 하므로, 많은 인력과 시간이 필요하게 되는 문제점이 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서 최근에는 영상 처리기술을 이용한 영상검지방법을 도입하려는 시도가 있어 왔다. 지금까지 영상 검지를 위한 차량 추적에 대한 연구는 크게 영역기반 추적방식, 윤곽선기반 추적방식, 특징기반 추적방식 등 3가지로 구분할 수 있다.

영역기반 추적방식에서는 배경과의 차분방법을 이용하여 차량을 검지·추적한다 [1]. 이 방식은 고속도로와 같은 연속류 도로에서는 잘 동작한다. 하지만 끼어들기 위반차량 검지등과 같이 교통체증이 심해서 공간적으로 분리되지 않고 다른 차량과 겹치는 상황이 발생하는 도로에서는 개별적인 차량을 효과적으로 분할 또는 추적하기 어렵다는 단점이 있다.

윤곽선기반 추적방식에서는 윤곽선 모델에 기반

을 두어 차량을 검지·추적 한다 [2]. 이 방법은 영역기반 방식에 비해 상대적으로 계산량을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 이 방식 역시 영역기반 추적 방식과 마찬가지로 부분적으로 겹치는 차량을 분리하기가 어렵다는 단점이 있다.

특징기반 추적방식에서는 개별적인 차량을 추적하는 대신 차량에 존재하는 점과 선 같은 특징을 이용하여 추적한다 [3]. 이 방식은 하나의 차량에 수많은 특징들이 존재하므로 부분적으로 겹치는 차량에 대해서도 안정적인 추적이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 많은 수의 특징들을 추적하고 이들을 차량별로 분류(grouping)해야 하기 때문에 계산량이 많아서 실시간 처리에 부적합 하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 실시간 처리가 가능하도록 속도를 개선한 특징기반 추적 방식을 이용하여 끼어들기 위반차량을 빠르고 안정적으로 검지하는 시스템을 제안한다.

제안된 시스템에서는 특징기반 추적방식의 문제점인 속도를 개선하기 위해 다음과 같은 방법을 적용한다. 먼저 고속 코너 검지(fast corner detection) 알고리즘을 적용하여 특징점 추출 시간을 단축한다. 그리고 탐색창(search window) 내에 존재하는 특징점들만을 대상으로 검색하여 추적하는 새로운 추적 방법을 적용함으로써 추적 시간을 단축한다. 또한 교통체증이 심한 경우에도 최종 검지 영역에서는 개별 차량이 서로 분리되어 차량을 분류하는 단계가 필요 없기 때문에 기존 방식에서 계산량을 많이 차지했던 차량별 분류 단계를 생략 하였다. 그 대신 위반차선 점유율( $P_R$ )을 산출하여 끼어들기 위반차량을 최종 검지하는 간단한 방법을 사용하여 처리시간을 단축한다.

## II. 끼어들기 위반차량 검지 시스템

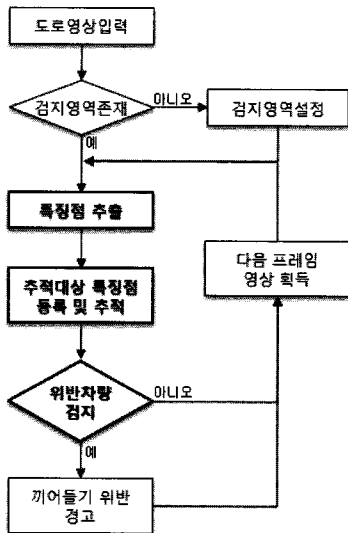
제안한 전체적인 끼어들기 위반차량 검지 시스템은 <그림 1>과 같이 크게 특징점 추출, 추적대상 특징점 등록 및 추적, 위반차량 검지 등의 세 부분으로 구성된다.

### 1. 특징점 추출

특징기반 추적 알고리즘은 사용되는 특징의 종류에 따라 중점(centroid), 경계(perimeter), 지역(area), 색상(color)등을 포함하는 전역특징 기반 알고리즘(global feature-based algorithm)[4], 선분(line segment), 곡선(curve), 코너(corner)등을 포함하는 지역특징 기반 알고리즘(local feature-based algorithm)[3], 그리고 특징들의 거리, 기하학적 관계(geometric relations) 등을 포함하는 종속그래프 기반 알고리즘(dependence-graph-based algorithm)[5]등 3가지로 분류된다.

위 3가지 알고리즘 중 도로영상의 차량추적에 가장 적합한 알고리즘은 지역특징 알고리즘으로 주로 차량 모양의 기준점을 잘 나타낼 수 있는 코너점이 특징으로 사용된다 [3]. 따라서 본 논문에서도 차량의 코너점을 이용한 지역특징 기반 알고리즘을 적용하여 차량을 추적한다.

코너 검지(corner detection) 분야에서 현재까지는 Harris[6], Susan[7] 등이 대표적이며 본 논문에서는 이 두 알고리즘과 비교했을 때 안정성과 정확도는 비슷한 반면 속도는 상대적으로 빠른 M. Trajkovic, M. Hedley가 제안한 MIC 알고리즘[8]을 사용하여 코너점을 검출 한다.



<그림 1> 끼어들기 위반차량 검지 시스템  
<Fig. 1> Lane violation detection system

### 1) MIC 알고리즘

MIC 알고리즘은 코너 판별을 위한 코너 응답 함수(corner response function : CRF)를 정의하고, 멀티그리드(multigrid) 알고리즘에 의하여 코너를 판별한다.

#### (1) 코너 응답 함수(CRF)

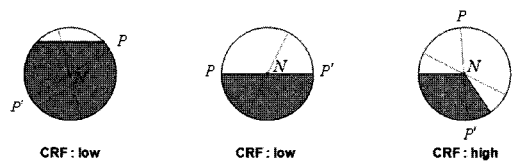
코너 여부를 판별하기 위해 코너 정도를 측정하는 CRF는 원형 윈도우에서 중심점과 지름 양 끝점사이의 밝기값의 차이를 구하여 이 값들중 최소값을 나타내고, 식 (1)과 같이 정의 된다.

$$R_N = \min((f_P - f_N)^2 + (f_{P'} - f_N)^2) \quad (1)$$

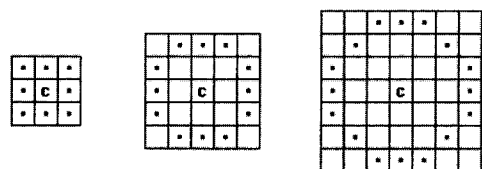
이때 P와P'은 원형 윈도우의 중심을 지나는 직선 l과 원형 윈도우의 경계선과의 교점이고, N은 윈도우의 중심점, f<sub>P</sub>는 점 P에서 영상의 밝기값을 나타낸다.

<그림 2>는 여러 가지 조건에 따른 CRF의 값을 나타낸다. <그림 2>와 같이 CRF값이 클 경우 코너일 확률이 높다.

디지털 영상에서의 원형 윈도우는 완벽한 원을 이루지 못하기 때문에 디지털 영상에 CRF를 적용하기 위해서는 <그림 3>과 같은 형태로 윈도우를 설정하고 이 윈도우를 이용해 식 (2)와 같이 디지털 영상에



<그림 2> 각각의 영상에 따른 CRF 값  
<Fig. 2> Value of CRF according to each images



<그림 3> 직경이 3,5,7인 디지털 영상의 원형 윈도우  
<Fig. 3> Digital circles of diameter 3,5 and 7

서의 CRF를 다시 정의 한다.

$$R_N = \min_{P, P' \in S_n} ((f_P - f_N)^2 + (f_{P'} - f_N)^2) \quad (2)$$

(2) 화소간 근사화(interpixel approximation)

디지털 영상에서의 CRF 값은 값의 변형, 정확도 감소등의 문제점이 발생하게 되는데 이 문제를 해결하기 위해 화소간 근사화를 사용한다.

먼저 수평( $r_A$ )과 수직( $r_B$ )의 밝기 변화를 <수식 3>과 같이 정의하고,

$$\begin{aligned} r_A &= (f_A - f_C)^2 + (f_{A'} - f_C)^2 \\ r_B &= (f_B - f_C)^2 + (f_{B'} - f_C)^2 \end{aligned} \quad (3)$$

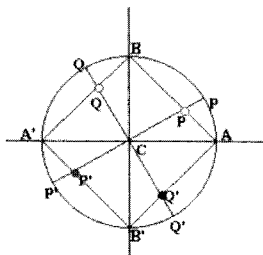
단순 CRF를 식 (4)와 같이 정의 한다.

$$R = \min(r_A, r_B) \quad (4)$$

여기서  $R$ 이 주어진 임계값1( $T_1$ )보다 작으면 중심점은 코너가 아니기 때문에 더 이상 계산을 진행할 필요가 없고,  $R$ 이 주어진 임계값1( $T_1$ )보다 크다면 대각선 방향에 대한 CRF를 계산하기 위해 화소간 근사화를 수행한다. 본 논문에서는 선형 화소간 근사화를 사용한다.

(3) 멀티그리드 알고리즘

MIC 알고리즘은 연산량을 줄이고 찾아진 코너의 질을 높이기 위해 멀티그리드 알고리즘을 사용하며 이는 다음 3단계로 구성된다.



<그림 4> 선형 화소간 근사화  
<Fig. 4> Linear interpixel approximation

Step 1. 낮은 해상도의 이미지에서 모든 픽셀의 단순 CRF(식 (4))를 계산하여 주어진 임계값1( $T_1$ )보다 큰 픽셀들을 잠재적 코너(potential corners)로 분류한다.

Step 2. 원본 해상도에서 각각의 잠재적 코너로 분류된 점들을 대상으로,

2a) 단순 CRF(수식 4)를 계산하여 주어진 임계값2( $T_2$ )보다 작을 경우 코너가 아니므로 멈추고, 더 큰 경우에는 2b로 진행한다.

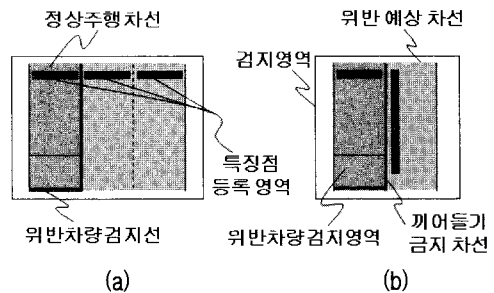
2b) 화소간 근사화를 이용하여 새로운 CRF를 계산하고 이 값이 주어진 임계값2( $T_2$ )보다 작은 경우 코너가 아니다.

Step 3. 국부적으로 최대의 CRF를 가지는 점을 찾고 그 점을 코너로 선택한다.

2. 추적 대상 특징점 등록 및 추적

제안한 시스템은 고정카메라의 영상을 이용하여 끼어들기 위반 차량을 검지해야 하기 때문에 검지영역 설정이 필수적이다. 본 논문에서는 검지영역을 <그림 5>와 같이 설정 한다.

검지영역을 설정할 때 특징점 등록영역은 정상 주행 차선의 경우 차선의 진입 부분에 설정하고 위반 예상 차선의 경우 <그림 5(a)>와 같이 검지영역이 위반 예상 차선 모두를 포함 할 수 있을 경우에는 차



<그림 5> 검지영역 설정  
(a)검지영역이 모든 차선을 포함 할 경우  
(b)검지영역이 일부 차선만 포함 할 경우  
<Fig. 5> Assignment the detection region  
(a) case of the detection region contains all lanes  
(b) case of the detection region contains some lanes

선의 진입 부분에 차선별로 한 개씩 지정 한다.

<그림 5(b)>는 검지영역이 위반 예상 차선의 일부만을 포함할 경우의 검지 영역 설정을 나타내는 것으로, 특징점 등록영역을 끼어들기 금지차선에서 정상 주행 차선으로 진입하는 부분에 설정하여 검지영역 밖에 존재하는 차선에서 진입한 끼어들기 위반 차량도 검지할 수 있도록 한다.

또한 위반차량 검지선은 정상 주행 차선의 진출부에 설정하고 이 위반차량 검지선을 기준으로 일반 승용차 한 대를 포함할 수 있는 크기로 위반차량 검지영역을 <그림 5>와 같이 정상 주행 차선 위에 설정한다.

### 1. 추적 대상 특징점 추출 및 등록

먼저 추적 대상 특징점 추출 단계에서는 특징점 등록영역에서 MIC 알고리즘을 이용하여 특징점을 추출한다. 추적 대상 특징점의 개수가 많을 경우 한 대의 차량에 필요 이상의 많은 특징점들이 등록되어 추적 속도가 느려지기 때문에 추적 대상 특징점을 추출할때는 MIC 알고리즘의 임계값( $T_1, T_2$ )을 크게 설정하여 코너 성분이 강한 점만 추출함으로써 추적 속도를 향상시킬 수 있다.

등록 단계에서는 앞에서 추출된 특징점을 특징점이 추출된 위치의 차선정보와 함께 추적 대상으로 등록한다. 특징점이 추출된 위치의 차선정보는 위반차량 검지 단계에서 위반차량 여부를 최종 판단하는데 사용한다.

### 2. 추적대상 특징점 추적

특징점 추적은 특징점의 이동 위치를 찾기 위해 이전영상의 특징점을 중심으로 한  $n \times n$ 영상과 현재 영상에서 특징점 주변 탐색창 내에 모든 픽셀들을 중심으로 하는  $n \times n$ 영상들 간의 상관관계 비교를 통해서 가장 유사한 지점을 검색하여 특징점의 위치를 갱신하는 방법을 사용하는 것이 일반적이다 [3]. 이 방법은 특징점 주변 탐색창 내에 존재하는 모든 픽셀들과의 상관관계를 구해야 하기 때문에 속도가 느

리다는 단점이 있다.

본 논문에서는 이 문제점을 보완하여 시스템의 속도를 향상시키기 위해 탐색창 내의 모든 픽셀들과의 상관관계를 비교하는 대신 현재 영상의 탐색창 내에서 추출된 특징점들만을 대상으로 상관관계를 구하여 특징점을 추적한다. 이전영상에서 존재했던 특징점은 현재영상에서도 존재하기 때문에 이 방법을 이용함으로써 추적 속도를 향상시키고 안정성은 그대로 유지시킬 수 있다. 특히 탐색창 내에서 특징점을 추출할 때 MIC 알고리즘의 임계값( $T_1, T_2$ )을 작게 설정하면 이전 영상에서 추출된 특징점이 현재영상에서도 추출될 확률이 더 높아지기 때문에 추적의 안정성을 향상시킬 수 있다. 제한한 시스템에서 추적 대상 특징점 추적에 사용한 상관계수는 정규화된 교차 상관관계(normalized cross correlation : NCC) 이며 크기가  $2n \times 2n$ 인 두 개의 영상  $F_1$ 과  $F_2$ 의 NCC 계수는 <수식 5>와 같이 정의 된다.

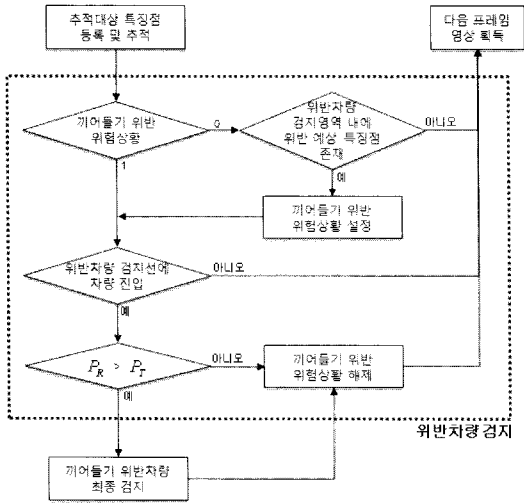
$$c(f, g) = \frac{\sum_{x=-n}^n \sum_{y=-n}^n (f(x, y) - \bar{f})(g(x, y) - \bar{g})}{\sqrt{\sum_{x=-n}^n \sum_{y=-n}^n (f(x, y) - \bar{f})^2} \sqrt{\sum_{x=-n}^n \sum_{y=-n}^n (g(x, y) - \bar{g})^2}} \quad (5)$$

식 (5)에서  $f(x, y)$ 와  $g(x, y)$ 는 비교 영상  $F_1$ 과  $F_2$ 의  $x, y$ 좌표에서 밝기값을 나타내고  $\bar{f}$ 와  $\bar{g}$ 는 각 영상의 밝기값 평균을 나타낸다. NCC 계수는 -1에서 1 사이의 값을 가지며  $C=1$ 일 때 동일한 영상임을 의미한다.

### 3. 끼어들기 위반차량 최종검지

끼어들기 위반차량 최종 검지 방법은 <그림 6>과 같이 끼어들기 위반 위험상황 판단, 위반차량 검지선에 차량 진입 여부 판단, 끼어들기 위반차선 점유율 산출 및 최종 검지 등의 세 단계로 구성된다.

먼저 위반차량 검지영역 내에 위반 예상 특징점이 존재할 경우 끼어들기 위반 위험상황을 설정하고 위반차량 검지선에 차량이 진입했는지 여부를 판단한다. 이때 위반 예상 특징점은 '2절 가. 추적 대상 특징점 추출 및 등록' 단계에서 추출된 특징점을 등록



<그림 6> 위반차량 검지 세부 흐름

<Fig. 6> Flow of the lane violation detection

할 때 함께 저장했던 차선정보가 위반 예상 차선인 경우를 말한다.

위반차량 검지선에 차량이 진입했을 경우 위반차선 점유율( $P_R$ )을 산출하여 끼어들기 위반 여부를 최종 판단하고 차량이 진입하지 않았을 경우 다음 프레임으로 진행한다.

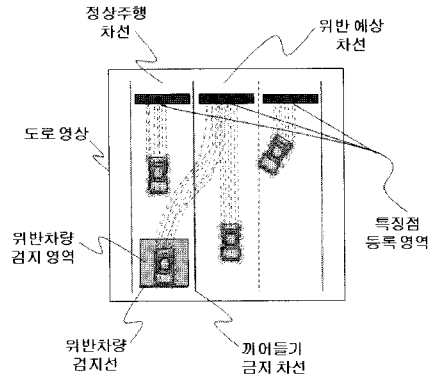
위반차선 점유율( $P_R$ )은 위반차량 검지영역 내에 존재하는 추적된 특징점들 중에서 위반 예상 차선에서 등록된 특징점의 비율을 의미하며 식 (6)과 같이 정의 한다. 이때  $N_T$ 는 위반 예상 차선에서 등록된 특징점의 개수이고,  $N_F$ 는 정상 주행 차선에서 등록된 특징점의 개수를 나타낸다.

$$P_R = \frac{N_T}{N_T + N_F} \quad (6)$$

또한 위반차선 점유율은 위반차량 검지선에 진입한 차량의 특징점이 등록된 시점에서 해당 차량이 위반차선을 점유하고 있었던 비율을 나타낸다. 위반차선 점유율이 주어진 점유율 임계값( $P_T$ )을 초과할 경우 위반차량으로 판단하고 위반차선 점유율이 주어진 점유율 임계값 이하일 경우 정상차량으로 판단한다. 임계값은 임의로 설정하여 끼어들기 위반차량의 최종 검지 조건을 설정할 수 있다. <표 1>은 임계값

<표 1>  $P_T$  에 따른 위반차량의 최종 검지 예  
<Table 1> Examples that final detect the vehicle with lane violation by  $P_T$

$P_T \backslash P_R$	끼어들기 금지 차선		특징점 등록 영역
	30%   70%	50%   50%	70%   30%
75%	정상	정상	정상
65%	위반	정상	정상
50%	위반	정상	정상
35%	위반	위반	정상
25%	위반	위반	위반



<그림 7> 위반차량 검지 예

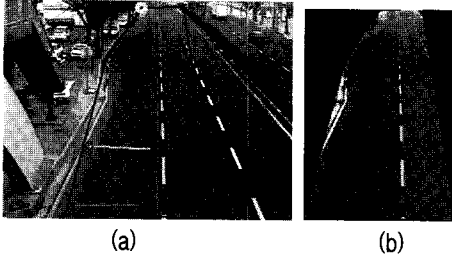
<Fig. 7> Examples of lane violation detection

에 따른 위반차량의 최종 검지 예를 나타낸 것이다.

위반 차량이 발생하면 위반차량 검지선에 진입한 끼어들기 위반차량을 최종검지하고 끼어들기 위반 위험상황을 해제한 후 다음 프레임으로 진행한다. 반대로 정상 차량이면 끼어들기 위반 위험상황을 해제한 후 다음 프레임으로 진행한다. 여기서 끼어들기 위반 위험상황 해제 시 위반차량 검지영역 위에 존재하는 추적된 특징점들을 삭제하는 것도 포함된다.

### III. 실험 및 검토

본 논문에서 제안한 끼어들기 위반차량 검지 시스템을 끼어들기 위반차량이 많이 발생하는 오후 5시



<그림 8> 실험 도로 영상

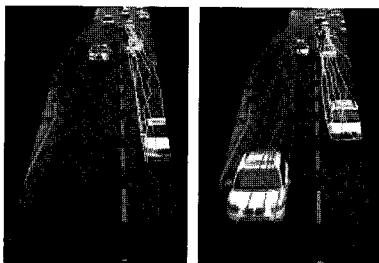
(a) 검지영역 설정 (b) 검지영역 영상

<Fig. 8> Experiment image (a) Assignment the detection region (b) detection region image

부터 오후 6시까지 한 시간 동안 일반도로의 끼어들기 금지 구간에서 취득한 동영상을 사용하여 실험하였다. 그리고 위반차선 점유율의 임계값( $P_p$ )을 50%로 설정하여 끼어들기 위반예상 차선을 50% 이상 점유한 상태로 끼어들기 위반을 한 차량만 최종 검지하였다.

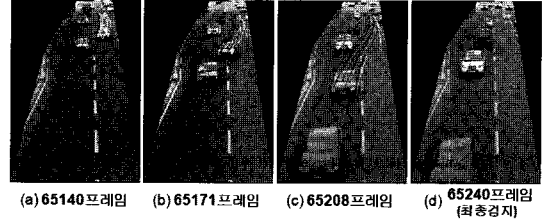
<그림 8(a)>는 실험에 사용할 영상에 검지영역을 설정한 것을 나타내며 검지영역이 모든 차선을 포함하지 않고 일부 차선만을 포함하기 때문에 <그림 5(b)>와 같이 검지영역을 설정하였고 입력 영상의 크기는  $320 \times 240$ 이다. 시스템의 속도 향상을 위해 입력 영상에서 검지영역 부분만을 이용하여 위반차량을 검지한다. <그림 8(b)>는 검지영역 영상을 나타내며 검지영역 영상의 크기는  $166 \times 232$ 이다.

<그림 9>는 정상 주행 중인 차량들의 추적 경로를 나타낸 것이다. 여기서 노란색 선은 위반 예상 차선에서 등록된 특징점의 추적 경로를 나타내고 녹색 선은 정상 주행 차선에서 등록된 특징점의 추적 경



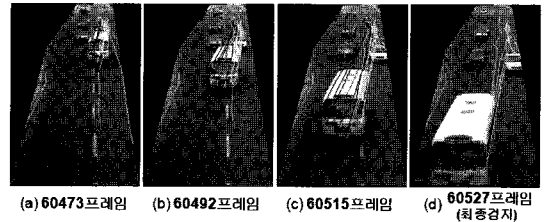
<그림 9> 차량 추적 경로

<Fig. 9> Path of the vehicle tracking



<그림 10> 끼어들기 위반차량 검지

<Fig. 10> Detecting a vehicle with lane violation



<그림 11> 대형차의 끼어들기 위반 검지

<Fig. 11> Detecting a large vehicle with lane violation

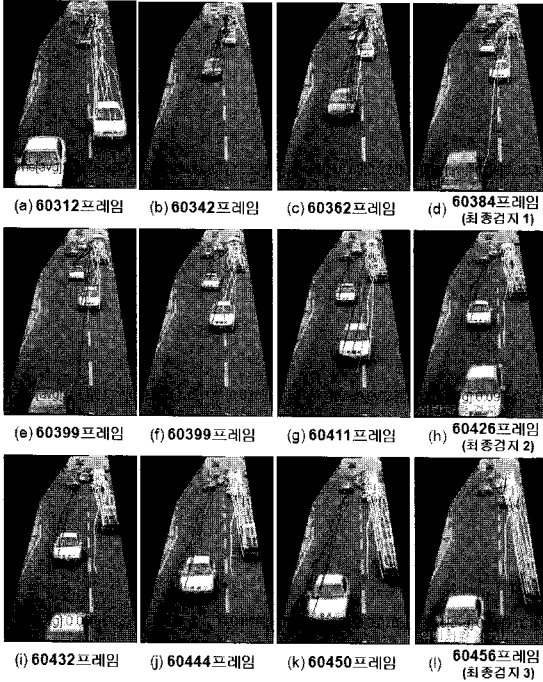
로를 나타낸다.

<그림 10>은 끼어들기 위반차량을 정상적으로 검지한 결과를 프레임 별로 나타낸 것이다. 여기서 빨간색 선은 위반 예상 차선에서 등록되어 정상 주행 차선으로 이동한 특징점으로 위반 예상 특징점을 나타낸다.

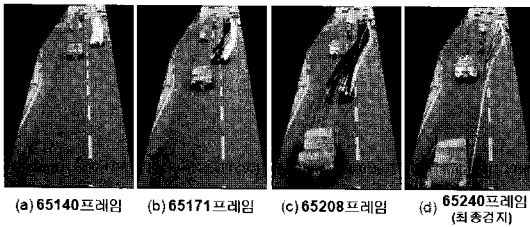
<그림 11>은 대형차의 끼어들기 위반을 정상적으로 검지한 결과를 프레임 별로 나타낸 것이다.

<그림 12>는 끼어들기 위반차량이 세 대 연속으로 발생하였을 때 정상적으로 검지한 결과를 프레임 별로 나타낸 것이다. <그림 12(d)>에서 최초 끼어들기 위반차량인 검정색 승용차를 최종 검지하였고, 검지된 차량의 뒤에 있는 두 대의 흰색 끼어들기 위반 차량을 각각 <그림 12(h)>와 <그림 12(l)>에서 최종 검지하였음을 볼 수 있다.

<그림 13>은 본 논문에서 제안한 탐색창 내에 존재하는 특징점들만을 대상으로 검색·추적하는 방법을 이용하지 않고 탐색창 내의 모든 픽셀들과의 상관관계를 비교하여 추적하는 기존의 특징기반 추적 방법을 이용한 위반차량 검지 결과를 프레임별로 나타낸 것이다. <그림 13>과 <그림 10>은 동일한 차량



<그림 12> 세 대 연속 위반차량 검지  
 <Fig. 12> Detecting three consecutive vehicles with lane violation



<그림 13> 기존 추적 방법의 검지 결과  
 <Fig. 13> The results of existing tracking methods

을 대상으로 검지한 결과이다. 이 두 결과에서 보는 바와 같이 기존의 방법과 제안한 방법의 추적 결과에는 크게 차이가 없었다. 하지만 기존 추적 방법은 프레임당 처리시간이 평균 1.34초 소요되어 실시간 처리가 불가능한 초당 0.75프레임의 속도를 보였다.

<표 2>는 끼어들기 금지 구간에서 취득한 한 시간 분량의 동영상상을 이용하여 실험한 결과를 혼동 행렬로 나타낸 것이다. 실험에 사용한 영상에서는 총 881대의 차량이 통과하였고 이 중 실제 끼어들기 위

<표 2> 끼어들기 위반차량 검지 결과 혼동 행렬  
 <Table 2> The confusion matrix of detection results

검지 결과 \ 차량정보	차량정보	
	위반 차량 (143)	정상 차량 (738)
위반 차량 (143)	136	1
정상 차량 (738)	7	737

반차량은 총 143대였으며 정상 주행 차량은 738대였다. 본 논문에서 제안한 시스템은 위반차량 143대중 136대를 정상검지 하였고 정상 주행 차량 738대중 1대를 위반차량으로 오검지하였다.

실험 결과 제안한 시스템은 <표 2>에서 보인바와 같이 정인식률 99.09%와 오류율 0.9%의 뛰어난 성능을 보였다.

또한 CPU 2.13GHz에서 프레임당 처리시간은 평균 0.029초가 소요되어 처리 가능 속도는 초당 34.48프레임으로 실시간 처리에 적용하기에 전혀 문제가 없음을 확인하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 특징점 추적을 이용하여 끼어들기 위반차량을 검지할 수 있는 끼어들기 위반차량 검지 시스템을 제안하였다. 특징점 추출을 위해 실시간 처리가 가능한 고속 코너 검지 알고리즘을 적용하였고, 특징점 추적을 위하여 NCC 계수를 이용하였으며, 추적 속도 향상을 위해 탐색창 전체를 대상으로 검색하는 대신 탐색창 내에 존재하는 특징점들만을 대상으로 검색·추적하였다. 또한 끼어들기 위반차량 검지의 정확도를 높이기 위해 정상 주행 차선과 위반 예상 차선에 각각 독립적으로 특징점 등록 영역을 설정하여 위반차선 점유율을 산출한 후 이를 이용하여 끼어들기 위반 여부를 최종 판단하였다.

끼어들기 금지구간에서 교통체증이 심한 시간대에 취득한 영상을 사용한 실험결과에서 제안된 시스템은 정인식률 99.09%와 오류율 0.9%의 뛰어난 성능을 보였고 실시간처리가 가능한 초당 34.48프레임의 빠른 처리속도를 얻을 수 있었다.

특히 제안한 시스템은 그림자(shadow), 기상 조건

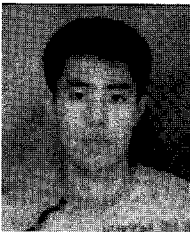


(weather conditions)등에 둔감한 차량의 코너점을 특징으로 사용하였기 때문에 현재까지의 영상 검지시스템의 문제점으로 지적되어온 그림자, 기상 조건 등에 강인한 특징을 가지고 있다. 또한 자동차의 운행 특성 및 카메라와 차량의 기하학적 위치에 의해 차량이 검지 카메라와 가까워지면 영상에서 반드시 차량 객체가 개별적으로 분리되는 특징을 이용하여 위반차량의 최종 검지시기를 결정하였기 때문에 영상검지시스템의 또 다른 문제점인 폐색(occlusion)에도 강인한 결과를 나타냈다.

### 참 고 문 헌

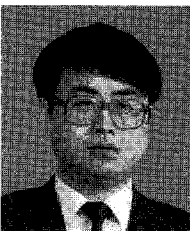
- [1] S. Gupte, O. Masoud, R. F. K. Martin, and N. P. Papanikolopoulos, "Detection and classification of vehicles," *IEEE Trans. Intelligent Transportation System*, vol. 3, no. 1, pp. 37-47, Mar. 2002.
- [2] D. Koller, K. Daniilidis, and H. Nagel, "Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes," *Int. J. Computer Vision*, vol. 10, no. 3, pp. 257-281, June 1993.
- [3] B. Coifman, D. Beymer, P. McLauchlan, and J. Malik, "A real-time computer vision system for vehicle tracking and traffic surveillance," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 6, no. 4, pp. 271-288, Aug. 1998.
- [4] R. Polana and R. Nelson, "Low level recognition of human motion," *Proc. IEEE Workshop Motion of Non-Rigid and Articulated Objects*, pp. 77-82, Nov. 1994.
- [5] T. J. Fan, G. Medioni, and R. Nevatia, "Recognizing 3-D objects using surface descriptions," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 11, no. 11, pp. 1140-1157, Nov. 1989.
- [6] C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," *Proc. 4th Alvey Vision Conf.*, pp. 147-151, 1988.
- [7] S. Smith and J. Brady, "SUSAN-A new approach to low level image processing," *Int. J. Computer Vision*, vol. 23, no. 1, pp. 45-78, May 1997.
- [8] M. Trajkovic and M. Hedley, "Fast corner detection," *Image and Vision Computing*, vol. 16, no. 2, pp. 75-87, Feb. 1998.

### 저자소개



이 희 신 (Lee, Hee-Sin)

2008년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 2007년 8월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)



이 준 환 (Lee, Joon-Whoan)

1990년 ~ 현재 : 전북대학교 전자정보공학부 교수  
 1990년 : 미주리대학 전산학과(공학박사)  
 1985년 ~ 1987년 : 전북대학교 전자공학과 전임강사  
 1982년 ~ 1985년 : 전북대학교 전자공학과 조교  
 1982년 : 한국과학기술원 전자공학과(공학석사)  
 1980년 : 한양대학교 전자공학과(공학사)