

차선 변경을 위한 차량 탐색 알고리즘

A Vehicle Detection Algorithm for a Lane Change

지 의 경*, 한 민 홍*

Eui-Kyung Ji*, Min-Hong Han*

요약

본 논문은 주행 차량의 차선 변경 시, 위험 여부를 판단하는 방법을 제안하고 시스템을 구현한다. 차선 변경의 위험 여부를 판단하기 위해서 첫째, 변경하고자 하는 차선에 관심 영역(ROI)을 설정해야 하고 둘째, 변경할 차선으로 자차가 이동할 때 자차에 위험이 될 차량을 정확하게 추출해야 하며 셋째, 추출된 차량의 방향과 상대 속도, 상대 거리를 계산하여 운전자에게 위험 경보를 울릴지에 대한 여부를 판단해야 한다. ROI를 설정하기 위해서 영역의 한 축이 되는 차선을 잡고 이를 기준으로 영역을 확장시켰는데 좌표 변환 기법을 이용하여 정확성을 높였다. 변경 차선의 정확한 차량 추출을 위하여 적응 배경화면 갱신 모델 기법과 주행 도로의 특징을 이용한 영상의 영상 분할 방법을 이용하였다. 위험 차량으로 추출된 물체는 자차(自車)와의 상대거리, 상대 속도를 계산하고 픽셀 좌표 이동을 일정시간 평균을 내어 방향을 알아내어 위험으로 판단 시 경보를 울리도록 하였다. 제안한 알고리즘은 영역을 최소화 하고 도로와 차량의 특징을 이용함으로써 정확도를 높이고 계산량을 줄여 빠른 연산을 요구하는 주행 차량의 영상에서 안정적인 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose the method and system which determines the condition for safe and unsafe lane changing. To determine the condition, first, the system sets up the Region of Interest(ROI) on the neighboring lane. Second, a dangerous vehicle is extracted during the lane changing. Third, the condition is determined to warn or not by calculating the moving direction, relative distance and relative velocity. To set up the ROI, the only one side lane is detected and the interested region is expanded. Using the coordinate transformation method, the accuracy of the ROI raised. To correctly extract the vehicle on the neighboring lane, the Adaptive Background Update method and Image Segmentation method which uses the feature of the travelling road are used. The object which is extracted by the dangerous vehicle is calculated the relative distance, the relative velocity and the moving average. And then in order to ring, the direction of the vehicle and the condition for safe and unsafe is determined. As minimizes the interested region and uses the feature of the travelling road, the computational quantity is reduced and the accuracy is raised and a stable result on a travelling road images which demands a high speed calculation is showed.

Keywords : lane change, vehicle, vision, image processing

I. 서론

차선 변경은 운전 기법 중 가장 어려운 부분으로 초보 운전자는 물론 오랜 기간 숙련된 운전자들에게도 많은 주의를 요한다. 차선 변경은 운전자가 차선 변경을 의도한 순간부터 변경하고자 하는 차선에 정착하기까지 짧은 순간 동안 운전자에게 요구되는 지각적 행동이 많기 때문에 어렵다. 사이드 미러를 통하여 변경을 하고자 하는 차선에서 자신의 주행방향과 일치하는 방향으로 돌진해 오는 차량의 유무를 차의 모양이나 색 등을 통하여 파악

하고, 차량이 있다고 판단되면 돌진 차량과 자차(自車)의 상대거리와 상대속도를 짐작하여 어느 시점에서 차선을 변경하여야 자차와 돌진 차량의 추돌을 피할 수 있을지 예상 하여야 한다. 그 밖에도 돌진 차량의 수 등도 차선 변경 시 운전자가 고려해야 할 사항이다.

운전자가 보통 차선을 변경하기 전 사이드 미러로 차량을 확인하는 시간은 약 0.5~1초가 걸리는데 이 시간동안 위에서 언급된 지각적 행동들을 수행하고 차선 변경을 위한 조향으로 자연스럽게 연결시키려면 상당한 훈련과 시간이 요구되므로 운전에 익숙하지 않은 초보 운전자를 위주로 차선 변경에 관련된 사고가 빈번히 일어나고 있다. 차선 변경과 관련된 사고로 인하여 발생되는 직접적인 문제인 인명 재해와 시간적, 경제적 손실을 줄이기 위해서는 차선 변경이 수월해지도록 운전자를 도울 수 있는 장치가 필요하다.

*고려대학교 산업시스템정보공학과

논문 번호 : 2007-1-10 접수 일자 : 2007. 3. 30

심사 완료 : 2007. 4. 17

본 논문에서는 이와 관련하여 영상을 이용하여 차선 변경 전 운전자의 지각적 행동을 대신할 수 있는 방법에 관하여 연구하였다. 차선을 변경할 때 요구되는 지각적인 행동을 구현하기 위해서는 첫째, 변경하고자 하는 차선 안에 관심 영역(ROI: Region of Interest)의 설정을 해야 한다. 둘째, ROI 안의 이동 차량 중 자차의 차선 변경 시 위험이 될 만한 차량을 추출해야 한다. 셋째, 앞에서 추출된 차량의 상대 거리와 속도, 진행 방향을 추적하여 자차와 같은 방향을 향해 돌진해 오는 관심 차량과 다른 방향으로 진행되는 비관심 차량으로 분류하고 관심 차량에 대해서 운전자에게 정보를 올려 위험을 알려줘야 한다.

지금까지 연구된 관련 연구들을 살펴보면, 차선을 탐지하는 방법으로는 Hough Transform를 통한 직선 근사법[1], 통계적 특성을 이용한 방법[2], 농도투영법을 이용한 방법[3] 등이 있었다. ROI를 설정하는 방법으로는 가만 필터를 이용하여 차선 모델의 파라미터를 얻어 영역을 선정하는 방법[4] 등이 연구되었다. ROI를 설정하고 그 안에 들어오는 차량을 탐지하기 위해서는 주로 레이더 센서나 카메라를 이용하고 있는데 레이더 센서를 이용한 방법은 빔을 발사하여 ROI 내에 물체가 존재하면 원근 거리를 감지하여 경보를 발생시키는 방법[5] 등이 제시되고 있다. 레이더 센서를 이용할 경우는 차량의 정확한 탐지보다는 ROI 내에 객체의 등장 유무에 의존한 방법이라 하겠다. 카메라를 이용하여 물체를 탐지할 경우 선행되어야 할 사항으로는 배경과 목표 객체(차량)의 정확한 분리인데 이와 관련된 연구에는 배경 영상과의 차를 이용한 방법[6] 등이 대표적이며, 이 외에도 Optical-flow를 이용한 방법[7], 차량 밀면 그림자를 이용한 방법[8] 등으로 연구되어 왔다.

본 논문에서는 차량의 차선 변경 시 변경 차선 영역의 ROI 설정을 위하여 변경 차선의 인식 방법과 좌표 변환을 이용한 영역 설정 방법을 제안한다. ROI 내의 이동 물체, 즉 차량을 인식하기 위하여 Adaptive Background Update와 Image Segmentation을 이용하여 접근 차량을 탐색하는 방법을 제안한다. 그리고 나서 탐색된 차량의 운동 방향을 판단하기 위하여 픽셀의 이동 거리를 이용하여 관심차량과 비관심 차량으로 분류하였다. 그 후 측후방 차량 영상을 이용하여 제안한 두 방법으로 차량 인식률을 테스트 하였다. 그림 1은 위에서 설명된 알고리즘을 나타내는 블록도이다.

II. 관심 영역(ROI) 설정

측후방 방향에서 자차에 접근하는 차량을 탐지하기 위해서는 차량을 탐색할 영역인 관심 영역을 설정해야 한다. 관심 영역을 설정함으로써 픽셀 계산 시간을 줄이는 것은 물론 불필요한 배경에 대한 탐색을 사전에 배제함으로써 잘못된 탐색을 방지하고, 탐색 정확도를 높일 수 있다. 관심 영역을 설정하기 위해서는 우선 영역 설정 시 기준점이 될 차선의 검출이 이루어져야 한다. 검출된 차선을 기준으로 옆 차선이 시작되는 지점까지를 탐색 영역으로 지정한다.

1. 차선 인식 알고리즘

차선을 검출하기 위해 차선과 도로와의 명도차를 이용하여 차선 후보 지점들을 선정한다. 차선 후보 지점들은 대략

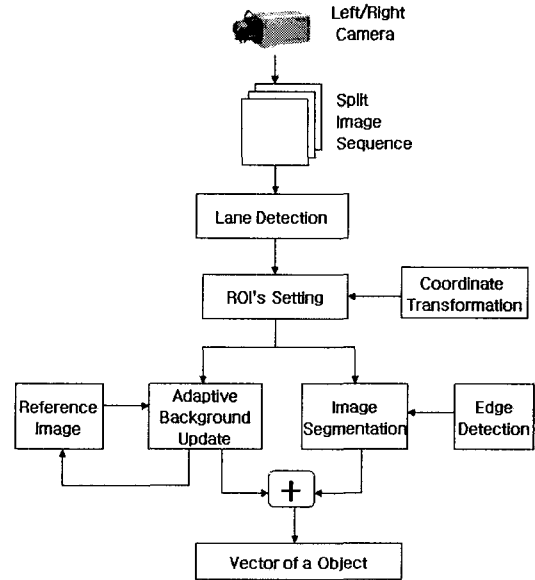


그림 1. 알고리즘의 흐름을 나타내는 블록도
Fig.1. Block Diagram of an algorithm

그림 2과 같이 차선 위에 분포하고 있다. 차선 후보 지점들을 선정한 후 식 (1)과 같은 선형 회귀 방정식에 의해 불규칙하게 분포되어 있는 후보 지점들을 대표할 수 있는 회귀 직선을 얻는다. 그림 3은 식 (1), (2) 및 (3)의 과정에 의하여 얻어진 직선으로 근사된 차선을 나타내고 있다.



그림 2. 명도차에 의한 차선 후보 지점
Fig. 2. Lane Candidate Spot by brightness differences

$$\beta = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (1)$$

$$\alpha = y - \beta x \quad (2)$$

$$y = \alpha + \beta x \quad (3)$$

x_i, y_i : 차선 후보 지점들 ($i=1 \sim n$)

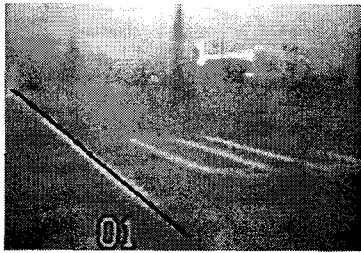


그림.3. 차선 영상
Fig.3. Lane Picture

2. 관심 영역 설정

앞 절에서 얻어진 차선을 기준으로 관심 영역(ROI)을 설정한다. 영상 내의 차선은 원근효과가 적용된 영상이기 때문에 차량과 차선까지의 정확한 거리 계산을 위해서 이를 평면 형태로 변환, 원근 효과를 제거해주어야 한다. 본 논문에서는 이를 위하여 차선의 영상 좌표를 월드 좌표로 변환하여 평면 지도(plane map)를 생성하고 ROI를 계산하였다.

일반적으로 영상 좌표에서 월드 좌표까지의 거리인 깊이(depth)를 산출하기 위해 스테레오 영상 기법을 이용하나 영상의 대응(correspondence) 문제로 상당량의 연산 시간을 소모하는 단점이 있다. 본 논문에서는 하나의 카메라를 이용하여 실제 좌표까지의 깊이를 계산하여 스테레오 카메라를 사용하는 경우보다 계산량을 충분히 줄일 수 있도록 하였다.

그림 3은 공간좌표계를 보여준다. 카메라의 기울어진 각도를 나타내는 $\angle O'OC = \Phi$, H는 카메라의 높이, 카메라의 초점거리를 나타내는 $\overline{Oc} = f$ 이고 $\overline{Oa} = f'$, $\angle AOC = \theta$ 이다.

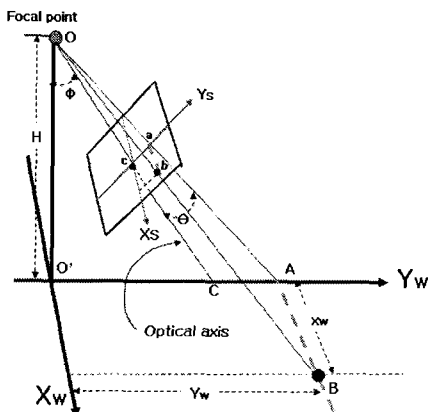


그림 4. 영상 좌표계와 월드 좌표계
Fig.4. Coordination of screen and world

그림 4에서는 점 b는 앞 절에서 구한 차선의 영상 좌표 (X_s, Y_s)를 나타낸다. 점 b와 대응되는 실제 좌표 점 B는 (X_w, Y_w)

로 나타낼 수 있다. \overline{OA} 의 길이는 점 B의 y좌표 길이인 Y_w 와 같고 $\angle O'OA$ 는 $\Phi + \theta$ 이므로 식 (4)와 같이

$$Y_w = H \times \tan(\Phi + \theta) \tag{4}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{Y_s}{f}$$

로 표현된다.

또, 삼각형의 닮은꼴 비를 나타내는 식 (5)를 이용하여 식 (6)과 같이 \overline{AB} 의 길이 X_w 를 구할 수 있다.

$$\overline{ab} : \overline{AB} = f' : \overline{OA} \tag{5}$$

$$\overline{OA} = \frac{H}{\cos(\Phi + \theta)}$$

$$f' = \frac{f}{\cos \theta}$$

$$X_w = \frac{X_s \times \frac{H}{\cos(\Phi + \theta)}}{\frac{f}{\cos \theta}} \tag{6}$$

위의 과정으로 얻어진 (X_w, Y_w)를 이용하여 평면 지도를 생성, 차선의 원근감을 없앤 후, 관심 영역을 계산할 수 있다. 그림 5는 탐색된 차선을 기준으로 구현된 월드 좌표와 관심 영역을 나타낸 것이다.

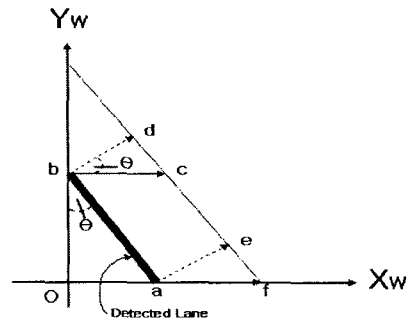


그림 5. 공간 좌표계와 ROI
Fig. 5. Coordinate of world and ROI

그림 5에서 \overline{ab} 는 앞 절에 제시된 방법으로 구한 월드 좌표로 변환시킨 차선을 나타낸다. 좌우 차선은 서로 평행하기 때문에 차선을 나타내는 \overline{ab} 에 수선인 \overline{bd} 와 \overline{ae} 를 내려 점 d와 점 e를 이음으로써 차선을 설정할 수 있다.

구하고자 하는 관심 영역은 사각형 $abcf$ 로 \overline{bc} 와 \overline{af} 를 구하기 위해서 \overline{bd} , \overline{ae} , \overline{Oa} 그리고 \overline{Ob} 를 이용한다. \overline{bd} 와 \overline{ae} 의 길이는 일반적인 차선폭인 3.5m로 지정할 수 있다. 월드 좌표로 변환된 점 b에서 \overline{bd} 길이만큼 수직으로 선을 내린다. \overline{ae} 도 \overline{bd} 와 마찬가지로 점 a에서 수직으로 선을 긋는다.

$\angle Obc$ 와 $\angle abd$ 는 직각이고, $\angle abc$ 는 끼인각이므로 식 (7)

과 같이 표현된다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\overline{oa}}{\overline{ob}}$$

$$\angle Oba = 90^\circ - \angle abc = \angle dbc = \theta \quad (7)$$

그러므로 \overline{bc} 와 \overline{af} 의 길이는

$$\overline{bc} = \overline{af} = \overline{bd} \times \frac{1}{\cos \theta} \quad (8)$$

로 표현된다. 점 a와 점 b에서 \overline{bc} 와 \overline{af} 의 길이만큼을 그어 점 d와 점 f를 구한 후, 네 점을 이어 사각형 \overline{abcf} 를 관심 영역으로 설정한다.

그림 6은 설정된 영역을 영상으로 확인하기 위하여 그림 5의 점 a, b, c, f를 다시 영상 좌표로 변환시켜 영상 위에 영역을 표시한 것이다

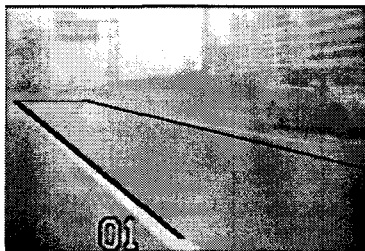


그림 6. 관심 영역 설정
Fig. 6. Set of the ROI

III. 차량 탐색

본 논문에서는 ROI 내의 차량 탐색을 위한 기법으로써 참고 배경 영상과 현재 영상과의 차이를 이용한 방법을 개선시킨 적응 배경화면 갱신 모델과 영상의 영역 분할을 이용한 차량 분할 알고리즘을 제안한다. 또한, 탐색된 차량의 방향을 검출하여 경보를 울리는 방법을 제안한다.

1. 적응 배경화면 갱신 모델

도로 상의 이동 차량을 탐색하기 위해서는 도로와 차량의 분리가 선행 되어야 한다. 배경과 물체를 분리시킬 수 있는 가장 일반적인 방법은 현재 영상과 전 영상의 차 영상을 구하는 것이다. 이 방법을 적용하면 매 프레임마다 이동 물체의 위치가 변하기 때문에 쉽게 이동 물체를 탐색해낼 수 있다. 그러나 카메라가 고정되어 있지 않은 경우, 즉 차량에 카메라를 장착하고 달리는 경우는 배경과 차이가 나는 도로 상의 정지된 물체가 화면에 나타났을 경우 이동하는 물체가 아님에도 불구하고 자차로부터 역으로 운동하는 물체로써 탐색됨으로 배경이 계속 변하는 차량이 주행 중인 경우에 적용시키기 적합하지 않다. 이 문제점을

개선시키기 위하여 주행 중인 차량에 카메라를 장착하여 영상을 획득하였을 경우 현재의 영상 변화를 빠르게 적용시킬 수 있도록 가중치를 적용시킨 적응 배경화면 갱신 모델(Adaptive Background Update Model)을 적용시켜 배경 영상을 구하고, 배경 영상과 현재 영상의 차를 이용하여 이동 물체를 분리시켰다.

우선 배경 영상을 획득하기 위하여 정지된 도로 영상에서 앞서 구한 관심 영역 부분의 정보를 일정 시간 얻어 참고 배경 영상을 만든다. 보통 주행 차량의 측면에 부착된 카메라로 자차의 측후방 20~30m 정도 거리의 영상을 얻을 수 있다. 상당히 먼 곳까지의 영상 값을 계산하게 되는데 가까운 곳과 먼 곳은 밝기 차이가 클 수 있고 두 값 모두 전체 배경 영상의 평균에 더해져 부정확한 결과를 얻을 수 있다. 이를 개선하기 위하여 더욱 정확한 값을 얻기 위하여 그림 7과 같이 관심 영역을 세 부분으로 나누어 따로 참고 배경 영상을 획득하였으며 계산량을 줄이기 위하여 세로로 2pixel 간격을 두어 탐색 하였다.

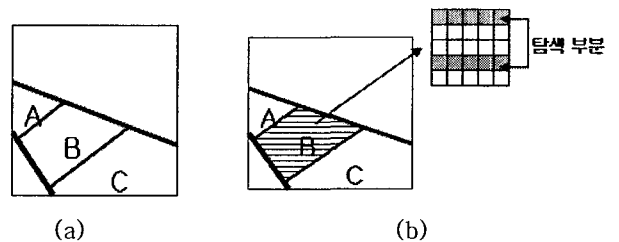


그림 7. (a) 세 부분으로 나눈 ROI 영역, (b) 영역 내 픽셀 탐색 부분을 나타낸 예

Fig.7. (a) Divide the ROI into three parts, (b) Example of the Detection Region

이후, 차량이 주행하면서 각 영역의 참고 배경 영상과 현재 영상을 평균 하여 배경 영상을 갱신한다. 이 때 배경이 아닌 것, 즉 차량이나 글자 등의 영향을 받지 않기 위하여 제약을 두어 계산을 실행한다.

$$\text{if } (\max_pixel - \min_pixel < \text{Threshold})$$

$$S_t = (1 - \omega)Z_t + \omega S_{t-1} \quad (9)$$

- max_pixel : 가장 밝기가 큰 픽셀
- min_pixel : 가장 밝기가 작은 픽셀

식 (9)는 배경 영상의 평균을 갱신시킬 때 현재 영상에 가중치를 주는 지수평균법을 나타낸다. max_pixel과 min_pixel의 차이가 임계치(Threshold) 이하라면 식 (9)와 같이 배경 영상을 갱신하고, 차이가 임계치 이상이라면 도로 영상에 새로운 물체가 탐색된 것으로 판단하여 배경 영상을 갱신하지 않는다. S_{t-1} 는 t-1시간까지 지수 평균화된 값, Z_t 는 현재 영상에서 관측된 값이며, ω 는 지수평균법을 적용하기 위하여 필요한 가중치로 지수 평균 계수라 부르며 보통 0과 1 사이의 값을 갖는다. 가중치 ω 값에 따

라 현재 영상의 변화에 따른 민감도를 책정할 수 있는데 ω 값을 어느 정도 작게($\omega = 0.1$) 정하면 참조 영상을 갱신할 때, 배경의 급격한 변화를 빠르게 반영시킬 수 있으며 이와 동시에 경미한 변화에는 반응을 거의 하지 않는 특징을 갖게 된다[9].

배경 영상이 구해지면 차 영상 기법을 적용한다. 지수 평균법으로 계산된 ROI 부분의 배경 영상과 현재 영상의 ROI 부분의 밝기 차이를 이용한다. 앞서 설명하였듯이 물체가 침입하였을 경우, 배경과 밝기 차이가 있기 때문에 쉽게 물체를 탐색할 수 있다.

2. 영상의 영역 분할

앞서 제시한 배경 영상을 이용한 물체 탐색은 도로와 이동 물체의 분리라는 관점에서 보았을 경우 상당히 효과적인 방법이지만, 탐색된 물체 중 자차와 가장 가까운 거리에 놓인 차량을 인지할 수 없다는 큰 단점이 있다. 이 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 영상 분할 방법을 이용하여 차량 탐색 방법을 제안한다.

일반적으로 도로 상에서 탐색되는 물체로는 차량 외에 그림자나 글자, 미끄럼방지 블록(antiskid mark)이 있고 CCD 카메라 사용 시, 직사광선의 영향으로 영상에 생기는 스미어(smear) 현상을 들 수 있다. 차량과 이들을 구별할 수 있는 가장 큰 특징은 물체의 윤곽선을 검출 하였을 때 실험 수행 결과 표 1과 같은 특징을 알아낼 수 있었다.

표 1. 도로 영상에서 검출되는 물체의 윤곽선 특징
Table 1. Features of road image's edges

Object	Features
Shadow	Horizontal
White letter	Horizontal
Antiskid mark	Horizontal
Smear	Vertical
Vehicle	Horizontal & Vertical

실험 결과에 따르면 그림자나 글자, 미끄럼방지 블록 등은 수평 성분만을 주로 갖고 있고, 스미어의 경우에는 수직 성분만을 갖고 있는 반면 차량은 일정 크기 이상의 수평 성분과 수직 성분을 동시에 가지고 있는 유일한 물체이다. 이와 같은 특징에 착안하여 도로 위에서 차량만을 검출해 내기 위하여 구배(gradient) 마스크 중 Sobel 마스크를 이용하여 윤곽선의 수평 성분과 수직 성분을 분리하여 탐색하였다.

물체의 윤곽선을 잡아낸 다음 탐색된 물체를 구분하기 위하여 라벨링(labeling)으로 윤곽선들을 분리하였다. 예상대로 전체 영상 중 차량 부분에 수평 성분과 수직 성분이 동시에 분포하고 있었는데 수평 성분은 주로 차량의 앞쪽에서 발견되었고, 수직 성분은 차량의 바퀴 부분에서 발견되었다. 탐색된 차량들 중 관심사인 자차와 가장 가까운 곳에 위치한 차량을 분리해 내기 위하여 가까운 거리에 위치한 라벨의 크기(라벨이 포함하고 있는 픽

셀의 개수)가 크다는 점을 이용하여 우선 수평성분과 수직 성분 라벨 중 가장 큰 라벨을 각각 골라내었다. 실험 영상에서 분리된 라벨들은 일반적으로 그 크기가 상당히 작았는데 가장 큰 라벨 역시 그 크기가 비교적 작다는 것을 알 수 있었다.

단순히 가장 가까운 차량을 탐색하는 작업의 경우라면, 가장 큰 라벨의 크기가 어느 정도 작아도 문제 되진 않지만, 주요 관심 대상을 자차에 가장 가까운 차량 중 자차의 진행 방향과 같은 방향으로 주행하는 차량으로 한정 시켰을 경우에는 라벨의 크기가 너무 작으면 정확한 결과를 얻기 어렵다. 정지 상태에서 차량을 위에서 내려다보거나, 주행 중 앞 차량을 보는 것과 같은 경우처럼 차량의 모양이 일정하지 않고 방향이나 위치, 각도에 따라 차량의 모양이 변하며 가장 강하게 투사되는 태양 광선의 위치가 계속 달라짐에 따라 가장 큰 라벨의 위치가 매 프레임 변하기 때문에 차량의 방향을 정확하게 알아내기가 어렵다. 실험 영상을 관찰한 결과, 자차에서 가장 가까운 차량에는 수평 라벨과 수직 라벨이 여러 개 분포한다는 사실을 알 수 있었다. 생성된 라벨들의 크기 분포를 알아보기 위하여 라벨들을 내림차순 순으로 정렬(sorting) 하였다. 정렬 기법으로는 퀵 정렬(quick sort)을 이용하였다.

실험 결과, 일반적으로 라벨의 크기가 큰 것들은 자차와 가장 거리가 가까운 차량에 집중적으로 분포한다는 사실을 알 수 있었다. 특히 차량이 자차에 가까워질수록 이러한 현상은 더욱 두드러졌다. 이 점에 착안하여 빛이나 각도, 방향 등에 의하여 가장 큰 라벨의 위치가 변하여도 이 위치들을 모두 포괄할 수 있는 하나의 큰 군집(clustering)을 만들기 위하여 그림 8과 같은 병합(merging) 방법을 수직, 수평 성분 각각에 적용시켰다.

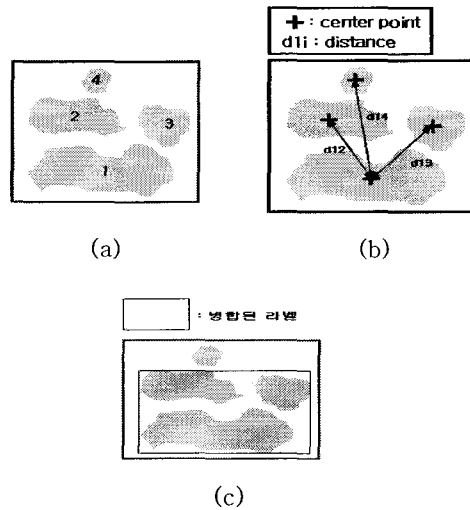


그림 8. 라벨의 병합 과정 : (a) 정렬된 라벨, (b) 최대 크기 라벨의 중심점부터 각 라벨 중심점까지의 거리, (c) 라벨의 병합

Fig. 8. Merging process of labels : (a) Sorted labels, (b) Distance: from the Max Size Label to Each Label's Center Point (c) Label Merging

그림 8의 (a)는 라벨의 크기 순서대로 정렬된 상태를 나타낸다. 라벨 위의 숫자가 작을수록 크기가 큰 라벨을 의미한다. 그림

8의 (b)에서 + 표시는 각 라벨의 중심점(center point)이다. 각 라벨들을 하나의 군집으로 만들기 위하여 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 거리 함수로 사용하여 최대 라벨의 중심점으로부터 다른 라벨까지의 거리 d_{1i} 를 구한다. 식 (10)에서 (x, y) 와 (s, t) 는 각각 (x_1, y_1) 과 (x_i, y_i) 의 중심점의 위치를 나타낸다.

$$d_{1i} = \{(x-s)^2 + (y-t)^2\}^{1/2} \quad (10)$$

$$M(i) = \begin{cases} 1 & : |d_{1i}| \leq T(\text{Threshold}) \\ 0 & : |d_{1i}| \geq T \end{cases} \quad (11)$$

여기서 병합 라벨의 개수를 나타내는 i 는 실험 결과 2~4로 지정 하는 것이 가장 적합하였다.

병합된 수직과 수평 성분 라벨을 이용하여 두 개의 라벨이 동시에 나타나는 동시에 일정 범위 이상 픽셀이 겹쳐진다면 차량으로 인식하도록 하였다. 셋으로 나눈 도로 구간에 따라 병합 라벨의 개수, 라벨 간의 거리 등을 다르게 조정해주니 더 확실한 결과를 얻을 수 있었다.

3. 결합된 차량 탐색 방법

3.1절에서 설명한 적응 배경화면 갱신 모델 방법과 3.2절에서 설명한 영상의 영역 분할 방법은 서로 장단점이 있다. 적응 배경화면 갱신 모델의 경우에는 참고 배경 영상과 비교하여 이동 물체, 즉 픽셀 값이 다른 물체를 찾아내므로 영상의 영역 분할 보다 물체의 이동을 감지하는데 민감하지만 특정 물체를 검출하기 어렵다. 반면 영상의 영역 분할은 앞서 설명하였듯이 관심 대상을 추출하기에는 수월하지만 적응 배경화면 갱신 모델보다 물체의 이동 감지 측면에서는 부정확하다. 두 기법의 취약점을 보완하기 위하여 동시에 두 기법을 이용하였다.

4. 차량의 진행 방향 검출

자차에 가장 가까운 큰 클러스터링을 검출하는 경우, 자차에 다가오는 차량을 관심차량이라고 하였을 때 자차에서 멀어지는, 즉 차량의 상대속도가 (-)이거나 정지한 물체일 경우는 배경으로 취급하여 관심 대상에서 제외시켜야 한다.

이를 위하여 3.3절에서 제시한 방법으로 검색된 차량 클러스터의 중심점을 구하여 x방향의 좌표와 이전 5프레임의 평균 x좌표 값을 비교, x방향의 증감을 결정하여 크기가 10인 원형 큐(circular queue)에 x방향의 증가하였을 경우 '1'을 삽입하고 감소하였을 경우에는 '-1'을 삽입하고 큐에 담긴 10개의 숫자를 더한다. 실험 결과, 총 합이 1이상이면 자차로 다가오는 차, 즉 관심 차량으로 판단하였고 1미만일 경우 배경으로 판단하였다.

그림 9는 운전자가 차선 변경을 시작하여 변경 차선까지 완전히 도착할 때까지 걸리는 시간을 나타낸다. 실험은 맑은 날, 내부순환도로에서 행하여졌다. 실험 결과, 차량이 시속 40~70km로 달릴 경우 대략 2.5초, 시속 80~100km로 달릴 경우는 3초

정도 걸리는 것을 알 수 있었다.

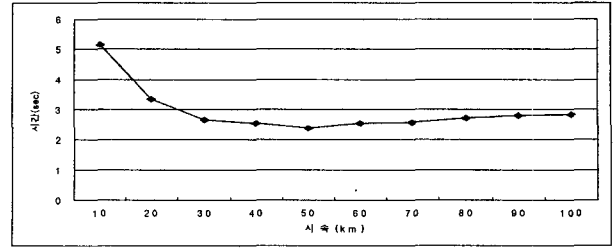


그림 9. 차선 변경까지 걸리는 시간
Fig. 9. Time of the Lane Change

$$D = T \times (V_1 - V_2) \quad (12)$$

D : 차선 변경 시, 충돌을 피할 수 있는 뒤차와의 거리

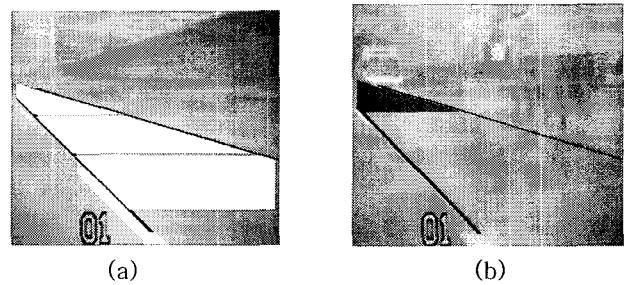
T : 차선 변경에 걸리는 시간

V_1 : 자차속도, V_2 : 뒤차의 속도

도로 상에서 뒤차와의 상대 속도를 약 10km로 생각하였을 때, 즉 $(V_1 - V_2)$ 이 10인 경우 D 는 식 (12)에 의해 자차의 속도가 40~70km인 경우 25m, 80~100km인 경우는 30m 정도로 계산된다. 이 결과를 바탕으로 자차의 속도가 시속 40~70km인 경우 ROI구역 내에서 자차로부터 25m 정도 떨어진 곳에서 차량이 탐지되었을 때 경보를 울렸으며, 시속 80~100km인 경우 자차로부터 30m 떨어진 곳에서 탐지된 차량에 대해 경보를 울렸다.

IV. 결과 및 분석

본 논문에서는 차량에 카메라가 측후방을 향하도록 설치하여 운전자가 차선 변경을 시도할 때, 자차에게 위험이 될 수 있는 차량을 검출하는데 목적을 두고 실험을 하였다. 실험 영상은 맑은 날, 내부 순환 도로에서 촬영된 320x240 크기의 256 그레이 스케일 영상이다. 설정된 관심 영역(ROI) 안에서 도로(배경)로부터 차량을 분리하기 위하여 적응 배경화면 갱신 모델을 이용하였다. 그림 10은 적응 배경화면 갱신 모델을 이용하여 차량이 탐색된 영상을 보여준다.



(a)

(b)

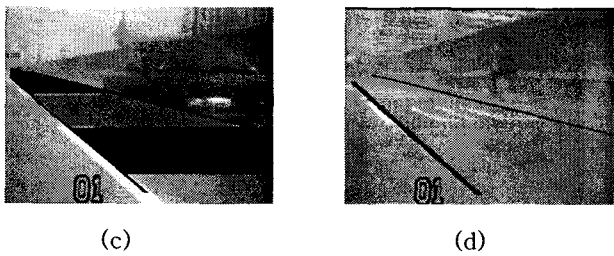


그림 10. 적응 배경화면 갱신 모델을 적용시킨 차량 탐색 : (a) 배경 영상, (b) 원거리에서 접근하는 차량 탐색, (c) 근거리 차량 탐색, (d) 차량 외의 물체가 탐색된 경우
 Fig.10. Adaptive Background Update Model: (a) Reference Image, (b) Vehicle Detection from Far Distance, (c) Vehicle Detection at Near Distance, (d) Other Cases of the Object Detection(except Vehicle)

그림 10의 (a)는 촬영 시작 직후 10초간의 도로 영상을 담아 배경 영상을 만드는 과정이다. 그림에서 칠해진 부분이 배경 영상이 되며 a, b, c 세 부분으로 나누어졌다. 그림 10의 (b)와 (c)는 차가 발견되었을 때를 나타내는 그림이다. 그러나 이 방법을 이용한 차량 탐지 방법은 배경 영상과 다른 물체와의 명도 값 차이에 민감하게 반응하기 때문에 그림 10의 (d)와 같이 노면의 글자나 미끄럼방지 블록에 반응하는 경우가 생겼다.(그림 10의 (d)는 편의 상 불투명하게 칠함) 차량이 아닌 다른 물체 탐색을 방지하기 위해 차량의 특징을 이용한 영상의 영역 분할 방법을 이용하여 도로에서 차량을 분리시켰다. 그 결과는 그림 11과 같다.

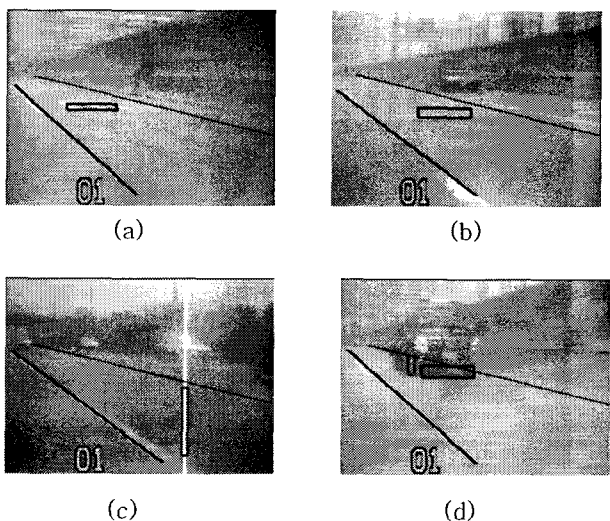


그림 11. 영상의 영역 분할 방법을 적용시킨 차량 탐색 : (a) 글자, (b) 미끄럼방지 블록, (c) 스미어, (d) 차량이 탐색된 모습
 Fig.11. Image Segmentation: (a) White Letter, (b) Antiskid Mark, (c) Smear, (d) Detected Vehicle

그림 11은 차량의 특징을 이용하여 차량을 탐색한 영상이다. 차량의 바퀴에서 수직, 차량 앞면의 아래 부분에서 수평 성분이 동시에 발견 된다는 점을 이용하여 차량을 탐색한 것이 그림 11의 (d)이다. 도로위에 나타나는 차량 이외의 다른 물체는 수평이나 혹은 수직 성분 하나씩만 나타나는 것을 그림 11의 (a), (b), (c)에서 보여준다. 영상의 영역 분할 방법으로 실험하였을 때, 차차로부터 멀리 떨어진 곳에서 차량이 다가오는 경우 미세한 이동을 감지하지 못하고 차량보다 앞에 위치한 글자 등을 탐색하는 경우가 발생하였다. 이를 보완하기 위하여 차량이면서 동시에 움직이는 것을 탐색하기 위해 적응 배경화면 갱신 모델과 영상의 영역 분할 방법을 동시에 사용하였다. 실험 결과, 두 방법을 각각 적용하였을 때 보다 차량 탐색률이 높아졌음을 알 수 있었다. 그림 12는 두 방법을 동시에 적용하였을 경우 차량이 탐색되는 영상을 보여준다.

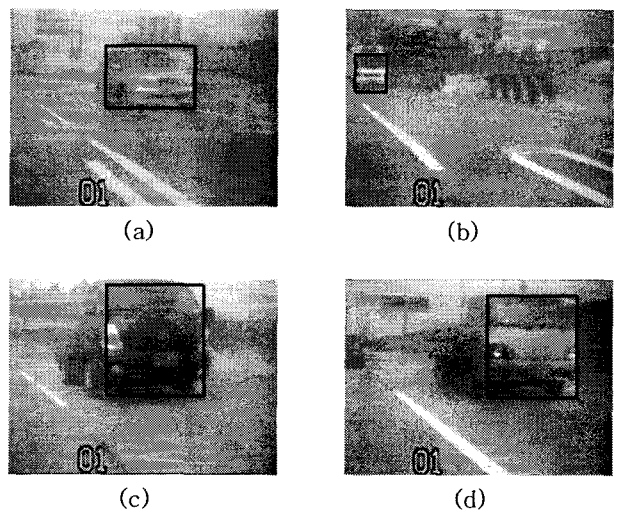


그림 12. Adaptive Background Update와 Image Segmentation을 동시에 적용시킨 차량 탐색
 Fig.12. Apply the Two Method : Adaptive Background Update and Image Segmentation

표 2. 차량 탐색 실험 결과 분석
 Table 2. Result Analysis of Vehicle Detection Experiments

구분	Adaptive Background Update (ABU)	Image Segmentation (IS)	ABU + IS
	탐색률	탐색률	탐색률
차량 탐색	89%	93%	97%

표 2는 차량 100개를 탐색하였을 경우에 대한 탐색률 측정 실험 결과를 나타낸다. 표에서 나타낸 바와 같이 제안한 두 방법을 각각 적용하였을 경우, 영상의 영역 분할 방법이 적응 배경화면 갱신 모델 방법 보다 더 차량 탐색률이 높았으며 두 방법을 동시

에 사용하였을 경우, 차량 영상 100개 중 97개의 차량을 탐색하는 결과를 보임으로써 앞에서 제시한 두 방법을 각각 사용하였을 때 보다 높은 탐색률을 보였다.

V. 결론

본 논문에서는 주행 중인 차량에 카메라를 설치하여 운전자가 차선 변경 시 위험이 될 차량을 탐색하기 위한 방법을 제시하였다. 차량을 탐색하기 위하여 관심 영역을 설정함으로써 픽셀 처리 시간을 단축하였으며, 이동 물체에 강한 반응을 보이는 적응 배경화면 갱신 모델과 도로와 차량의 특징을 이용한 에지 검출, 라벨링, 영상 병합, 클러스터링 결합을 이용으로써 주요 관심 대상인 이동 중인 차량만을 잡아내는데 효과가 있었다. 또한, 차량의 이동 방향을 탐색하기 위하여 픽셀의 이동 거리를 구함으로써 자차에 다가오는 차량만을 탐색해 경보를 알림으로써 정확도를 더하였다. 그러나 이는 차량이 빠르게 이동하는 고속도로 상에서 차량 간의 간격이 비교적 클 때는 정확한 반응을 보였으나 차량이 밀집된 곳에서는 현재의 관심 차량이 자차를 앞질러 관심 차량이 그 뒤의 차량으로 넘어갈 경우, 넘어간 후 픽셀의 이동 방향을 정확하게 검출하기까지 시간이 걸리는 문제점이 발견되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 차량의 이동 방향 예측을 위한 거리 함수에 대한 연구가 필요하다. 또한, 도로 위에서의 다양한 돌발 사항에 대한 특징 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

[1] Bin Yu and Anil K. Jain, "Lane Boundary Detection Using A Multiresolution Hough Transform," *IEEE Image Processing, 1997. Proceedings*, Vol. 2, pp. 748-751, 1997.

[2] Karl Kluge and Greg Johnson, "Statistical Characterization of the Visual Characteristics of Painted Lane Markings," *IEEE Intelligent Vehicles '95 Symposium. Proceedings*, pp. 488-493, 1995.

[3] Jong H. Jung, Seong T. Park and Soon Y. Yang, "Real-Time Image Processing And Lane Recognition Algorithm for Autonomous Driving," *KSAE*, Vol. 2, pp673-678, 1999.

[4] Kunsoo Huh, Jaehark Park, Daegun Hong, Dongil Dan Cho and Jahag Hyon Park, "Development of a vision-based lane detection system considering configuration aspects," *Optics and Lasers in Engineering*, Vol. 43, pp1193-1213, 2005.

[5] Araki H, Yamada K, Hiroshima Y and Ito T, "Development of rear-end collision avoidance system," *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp224-229, 1996.

[6] Yusuke Takahashi and Toshio Kamei, "Object

Tracking System with an Active Camera," *NEC Res. & Develop.*, Vol. 43, pp45-48, 2002.

[7] J.H Duncan and T.C. Chou, "On the detection of motion and the computation of optical flow," *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14. pp346-352, 1992.

[8] 노광현, "안전 주행을 위한 비전 기반 차량 탐지 방법," *고려대학교 박사학위논문*, 2001.

[9] Surendra Gupte, Osama Masoud, Robert F. K. Martin, and Nikolaos P. Papanikolopoulos, Member, IEEE, "Detection and Classification of Vehicles," *IEEE Transactions On Intelligent Transportation System*, Vol. 3, No. 1, pp37-47, 2002



지 의 경(Eui-Kyung Ji)

2005년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과(이학사)

2005년~ 고려대학교 산업시스템정보공학과 석사과정

※주관심분야 : 영상 처리, 영상 전송, ITS



한 민 홍(Min-Hong Han)

1964년 서울대학교 기계공학과(공학사)

1973년 University of Minnesota 산업공학과(공학석사)

1981년~1982년 숭실대학교 산업공학과 조교수

1985년 Georgia Institute of Technology 산업공학과(공학박사)

1985년~1988년 Texas A&M University 산업공학과 조교수.

1988년~1990년 포항공과대학교 산업공학과 부교수.

1991년~ 고려대학교 정보경영공학부 정교수.

※주관심분야 : 지능형 자동차, 지능 로봇, ITS