

차선과 도로영역 정보를 이용한 전방 차량 영역의 추출 기법

A Scheme of Extracting Forward Vehicle Area Using the Acquired Lane and Road Area Information

유재형 · 한영준 · 한헌수*

Jaehyung Yu, Youngjoon Han and Hernsoo Hahn*

승실대학교 전자공학과

요 약

본 논문은 복잡한 도로 영상에서 차량 검출의 효율성을 높이기 위해 체인코드를 이용한 차선의 검출로부터 도로 영역을 찾아 차량이 존재하는 차량 영역의 추출 기법을 제안한다. 먼저, 복잡한 도로 영상에서 정확한 차선을 검출하기 위해 체인코드를 이용하여 에지 화소들간의 연결성을 고려한다. 주행 차량의 방향과 일치하는 차선을 검출한 후, 중앙의 차선으로부터 차도의 폭과 차선의 소실점을 찾아 인접하는 차도를 찾는다. 마지막으로 주행 차선과 인접 차선을 포함하는 도로 영역 내에 차량의 에지 정보를 이용하여 차량이 존재하는 차량 영역을 추출한다. 따라서, 제안하는 차량 영역의 추출 기법은 복잡한 배경을 갖는 도로 영상에서 차량의 검출율을 높이고 추출된 차량 영역에 한정할 수 있기 때문에 차량을 검출하는데 매우 효율적이다. 본 논문은 제안하는 차량 영역의 추출 기법의 우수성을 복잡한 도로 영상에서 차량 검출율의 실험을 통해 검증하였다.

키워드 : 차선검출, 직선검출, 체인코드, 차량검출, 차량 검출기

Abstract

This paper proposes a new algorithm of extracting forward vehicle areas using the acquired lanes and road area information on road images with complex background to improve the efficiency of the vehicle detection. In the first stage, lanes are detected by taking into account the connectivity among the edges which are determined from a method of chain code. Once the lanes proceeding to the same direction with the running vehicle are detected, neighborhood roadways are found from the width and vanishing point of the acquired roadway of the running vehicle. And finally, vehicle areas, where forward vehicles are located on the road area including the center and neighborhood roadways, are extracted. Therefore, the proposed scheme of extracting forward vehicle area improves the rate of vehicle detection on the road images with complex background, and is highly efficient because of detecting vehicles within the confines of the acquired vehicle area. The superiority of the proposed algorithm is verified from experiments of the vehicle detection on road images with complex background.

Key Words : Lane Detection, Line Detection, Chain-Code, Vehicle Detection, Intelligence vehicle

1. 서 론

지능형 자동차를 위한 연구는 무인자동차 뿐 아니라 안전운전을 보장하기 위한 목적으로 국내외적으로 매우 활발하게 진행되고 있다. 최근 자동차 안전과 사고예방의 개선을 위한 연구들이 자동차 제조업자들을 비롯해 정부 및 대학 연구소에서 활발하게 연구되고 있다. 기존 연구들은 운전 중에 다른 자동차와 충돌하거나 주행 차선에서 차량이 이탈하려고 예상될 때 현 상황을 운전자에게 인지해주는 교통사고의 예방에 중점을 두었다. 또한 도로상에 존재하는 차량과 사람을 포함하는 장애물을 구분하고 해당 목표물까지 거리정보도 제공하는 연구를 수행하였다.

최근 연구에서는 시내도로와 같은 복잡한 환경에서 얻어진 도로 영상에서 차선, 차량, 장애물을 분리하는 영상처리

기법들이 많이 제안되고 있다. 즉, 영상처리 기법으로부터 자동차 인식 및 추적, 충돌 회피에 관련된 기법들도 제안되고 있다[1]. 레이저, 레이더, 초음파, 적외선 등과 같은 센서들을 복합적으로 사용하여 주변의 지형정보와 장애물을 검출하고 있다[2]. 또한 CCD 카메라를 이용하여 획득된 도로 영상에서 차량과 장애물을 구분하는 방법들이 연구되고 있다[3]. 영상을 이용한 기법들은 낮과 밤의 시간과 조명환경, 잡음에 큰 영향을 받기 때문에 장애물 검출에 어려움이 있어 외부 조명환경에 강인한 장애물 검출 기법이 필요하다.

다양한 영상과 센서기반 무인 자동차의 개발이 활발하게 연구되면서 무인 자동차 대회인 DARPA Grand Challenge 대회가 성황리에 개최되고 있다. 2004년도에 처음 시작된 이 대회의 목표는 사막의 상황에서 지정된 코스를 자동차 스스로가 판단하여 주행하는 것이다. 2007 년도에는 모형의 도시환경을 구성하여 (DARPA Urban Challenge) 각 상황에 맞는 주행을 하도록 하였으며, 53개 팀이 참가하였다. 대회에 참가한 무인 자동차의 대부분은 레이더, 레이저, GPS, CCD 카메라 등과 같이 여러 분야의 센서를 복합적으로 사용하여 주변 환경을 인식한다. 여기서 CCD 카메라는 전방

접수일자 : 2008년 9월 23일

완료일자 : 2008년 12월 10일

* 책임저자(Corresponding Author)

본 연구는 승실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

에 존재하는 차량을 검출하고 추적 및 회피하는 분야에 사용되고 있다[4].

차량 검출은 차량 주행 보조 시스템에서 안전한 주행을 위한 필수 정보이다. 이와 관련된 연구가 많은 관심을 받고 있으며 다양한 검출 알고리즘이 제안되고 있다[5]. 차량에서 검출할 수 있는 가장 두드러지는 특징은 에지 영상에서 수직, 수평성분이다. Sun[6]은 이러한 수직, 수평 성분에 대한 특징 검출을 위해 가버필터를 이용하는 기법을 제안하였으며 SVM과 같은 분류기를 사용하여 도로 영역에 실제 자동차가 존재하는지를 검증하였다. 복잡한 도로 영상에서 차량의 검출기의 효율성을 높이기 위해 도로 영역 내에 차량들이 존재하는 차량 영역이 추출되어야 한다[7][8].

도로 형태를 일반적인 직선과 곡선의 조합으로 가정하는 모델기반 차량 영역의 추출 기법은 잡음과 차선 정보의 손실에 강인하다. 하지만 특정한 형태의 도로에 초점을 맞추고 있기 때문에 임의의 도로형태에서 차량 영역 검출에는 적합하지 않다. 위 문제를 해결하기 위해 직선, 곡선의 도로에 모두 적용이 가능한 B-Snake 기법을 이용한 차선의 검출로부터 차량 영역을 추출하는 기법이 제안되었다[9].

또한 Kang[10]은 도로와 차선이 가지는 색상과 넓이 정보, 구별할 수 있는 특징 정보를 이용하여 차선을 검출하는 기법을 제안하였다. 템플릿 매칭을 통해 차선후보를 선정하고 그 후보들 중에 가장 높은 값을 가지는 것에 대한 차선 모델을 통해 차선을 선정하였다.

많은 연구들이 영상 내에서 직선성분을 검출하는 기법인 허프변환(Hough Transform)을 이용한 차선의 검출로부터 차량 영역을 추출하는 기법을 제안하고 있다[11]. 허프 변환은 영상 내에서 직선으로 나열된 화소들을 검출하는데 효율적인 방법으로 알려져 있다. 이런 특징을 응용한 다양한 변형된 허프변환 방법들이 차량 영역을 찾는 연구에 사용되고 있다[12]. Hua-jun[13]은 허프 공간상에서의 변환을 이용한 소실점 추정에 관한 연구를 통해 차선을 검출한다. 일반적인 허프변환을 이용한 차량 영역의 추출은 도로 영상에서 배경 정보가 단순한 경우에 잘 적용된다. 시내도로와 같이 복잡하고 다양한 배경을 가지는 도로 영상에는 에지의 정보가 복잡하기 때문에 정확한 차선 검출이 힘들어 차량 영역을 추출하는데 어렵다.

본 논문은 위 허프변환이 갖는 문제점을 해결하고 복잡한 도로 영상에서 차량 검출의 효율성을 높이기 위해 체인코드를 이용한 차선의 검출로부터 도로 영역을 찾아 차량이 존재하는 차량 영역을 추출하는 기법을 제안한다. 복잡한 도로 영상에서 정확한 차선을 검출하기 위해 에지 체인코드를 이용하여 화소들간의 연결성을 고려한다. 주행 차량의 방향과 일치하는 차선을 검출한 후, 중앙의 차선으로부터 차도의 폭과 차선의 소실점을 찾아 인접하는 차도를 찾는다. 마지막으로 주행 차선과 인접 차선을 포함하는 도로 영역 내에 차량의 에지 정보를 이용하여 차량이 존재하는 차량 영역을 추출한다. 따라서 제안하는 차선과 도로 영역 정보를 이용한 차량 영역의 추출 기법은 복잡한 배경을 갖는 도로 영상에 차량의 검출율을 높이고 추출된 차량 영역에 한정할 수 있기 때문에 차량을 검출하는데 매우 효율적이다.

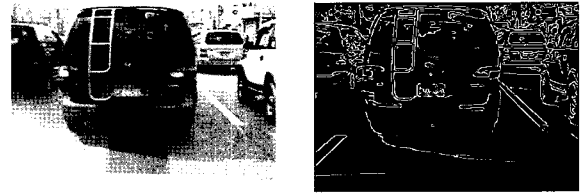
본 논문에서는 2장에서 차량의 영역을 찾기 위해 체인코드 직선검출 기법을 이용한 차선 검출기법을 설명한다. 검출된 차선정보를 통해 도로 넓이와 차선의 정보를 추정하여 주행도로에서 차량이 존재하는 차량의 후보 영역을 검출한다. 이러한 후보 영역에서 얻어지는 서브 이미지 각각을 Bayesian Rule에 적용하여 차량의 실제 위치를 검출하였다.

2. 체인코드를 이용한 차선 검출

영상 이미지내에 존재하는 직선 성분을 검출하는 방법들이 많이 제시되어 오고 있다. 대표적인 방법이 허프변환을 이용한 라인검출인데, 허프변환과 같은 경우는 에지 영상이 복잡한 경우 영상내의 부분적인 직선성분을 추출하기 힘들다. 이를 위해 체인코드를 이용하여 부분적인 직선성분을 추출하기 위한 방법이 제시되었으며 항공영상과 같은 영상 복원 부분에서 많이 활용되어지고 있다[14].

그림 1(a)은 시내도로에서 주행하면서 획득된 복잡한 배경을 갖는 도로영상을 보여준다. 그림 1.(b)는 도로영상에 관한 캐니 에지(Canny edge) 연산자를 적용한 결과를 보여준다. 그림 1(b)에서 보는 것처럼 복잡한 에지성분으로부터 도로 차선을 검출하기가 쉽지 않다.

본 논문에서는 시내 및 고속도로에서 다수의 차량을 포함하는 복잡한 도로영상으로부터 도로 차선정보를 얻기 위해 그림 1(b)에서 에지 방향성을 고려하는 체인코드(chain code) 기법을 이용한다. 주행 차량의 방향과 일치하는 소실점으로 향하는 연결된 화소들의 집합을 차선정보로 판단한다.



(a) 도로 주행 영상 (b) 에지영상
(a) On-Road input image (b) Canny-Edge

그림 1. 복잡한 배경의 도로영상
Fig. 1 Complex road image

그림 2는 제안한 에지 도로 영상으로부터 체인코드를 적용한 연결 화소들의 방향성을 고려한 차선 검출기법에 관한 흐름도를 보여준다.

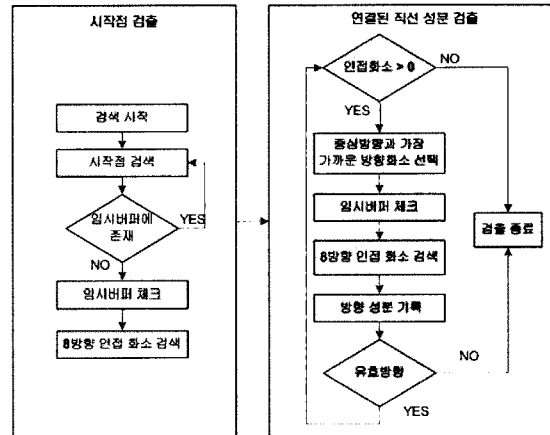


그림 2. 체인코드를 이용한 차선검출 기법의 흐름도
Fig. 2 Flow chart of detecting the road lane using chain-code

2.1 연결 화소들의 방향성을 고려한 체인코드

체인코드는 물체의 외곽선 성분의 연결성을 이용하여 물체의 형태를 알아내는데 유용한 방법이다. 이러한 체인코드

는 연결된 화소들의 방향에 대한 정보를 담고 있기 때문에 직선 형태와 같이 일정한 방향으로 연결되어 있는 특징들에 대한 검출이 용이하다. 또한 시작점을 기준으로 하여 주축 진행방향과 다른 성분에 대한 제거가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 따라서 영상 내에서 존재하는 복잡한 에지 성분에서 특정 방향에 따른 직선 성분들의 분리가 가능하다. 그림 3 은 본 논문에서 사용하는 8방향 체인코드를 보여준다.

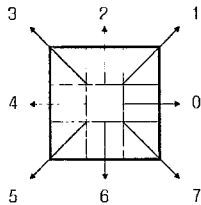


그림 3. 오른쪽 방향 (3시 방향) 으로부터 반-시계방향으로 증가하는 형태의 8방향 체인코드.

Fig. 3 8 direction chain-code that increasing in the anti clockwise direction from the right side.

2.2 연결 화소들의 방향성을 고려한 직선검출

영상 내에서 직선을 일정한 방향으로 연속적으로 이어져 있는 화소들의 집합을 고려해 볼 때, 도로영상에서 차선은 그림 4 와 같이 소실점을 향하는 방향으로 이어져 있는 직선들의 집합으로 볼 수 있다. 도로차선의 검출을 위해서 소실점으로 향하는 방향을 갖는 직선 성분들을 에지 도로 영상으로부터 분리한다.



(a) Canny 에지를 적용한 영상 (b) 소실점을 향하는 에지 차선 성분
(a) Canny edge image (b) Road lanes toward the vanishing point

그림 4. 소실점 방향의 직선성분
Fig. 4 Straight Line for vanishing point

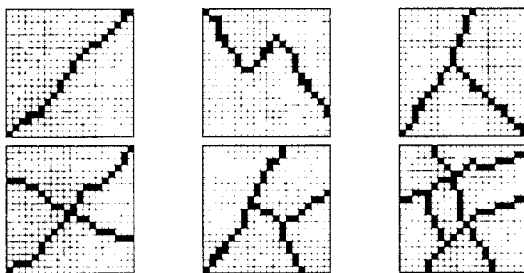


그림 5. 에지영상에서 다양한 연결된 픽셀의 형태
Fig. 5 Types of the connected pixels in edge image.

그림 5는 한 화소 넓이의 에지 영상에서 나타날 수 있는 대표적인 연결 형태들을 보여준다. 각각 단일 직선의 형태

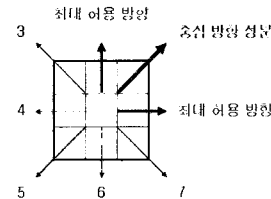
로부터 두 개 이상의 직선의 조합으로 이루어지는 형태들을 보여준다.

본 논문에서는 8방향 체인코드를 이용하여 각 화소의 8 방향에 대한 연결성을 확인하고 하나로 연결되어 있는 집합을 대상으로 식(1)처럼 각 방향에 대한 누적 화소의 확률값을 계산한다.

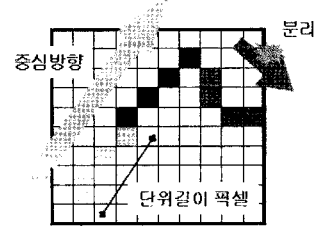
$$p(d) = n(d)/N \tag{1}$$

여기서 n(d)는 d 방향의 화소들의 총 수를 나타내며, N 는 모든 방향의 집합을 구성하는 모든 화소들의 수를 나타낸다. 따라서 p(d)는 d 방향에 대한 화소의 확률값이다.

그림 6 에서 볼 수 있듯이 시작점으로부터 임의의 단위 길이 내에 존재하는 화소들에 대해 확률값이 높은 방향으로 주축 방향을 설정한다. 그리고 중심 방향 성분으로부터 체인코드 방향의 +1, -1 되는 방향을 최대 허용 방향으로 설정한다. 직선 성분 검출 과정에서 최대 허용 방향에서 벗어나는 성분에 대해서 다른 방향의 성분으로 인식하고 제거하도록 한다. 즉, 그림 6(b) 에서 오른쪽 상단 직선성분은 다른 직선으로 분류한다.



(a) 주축 방향 성분과 최대 허용 방향
(a) Components of the main axis direction and maximum tolerance directions



(b) 주축방향에 대한 화소 연결도 (노란색과 검은색은 같은 직선으로 분류하나 회색 성분은 다른 직선으로 분류)
(b) Connectivity of pixels (the yellow and black components are classified as the same line, but the gray components is not)

그림 6. 직선의 방향성 검출
Fig. 6 Detection

에지 화소들은 다수의 하위 직선들로 구성되기 때문에 도로 영상 전체에 대한 직선들을 검출 할 때 중복으로 탐색 되어 검색 시간이 길어진다. 검색 속도를 높이기 위해 한번의 검색으로 임의의 방향성분으로 포함된 화소는 다음 검색 대상에서 제외한다. 본 논문에서 제안하는 특정 방향의 직선을 검출하는 단계를 요약하면 다음과 같다.

1. 에지 영상을 입력으로 받고 좌표 원점(0,0)으로부터 가로 방향으로 검색하며 특정 방향의 직선성분의 시작점을 찾는다.

- 시작점의 위치를 저장하고 해당 화소로부터 8방향으로 인접한 이웃 화소들을 검색한다.
- 이웃 화소들에 대해서 임의의 방향에 우선순위를 부여하고 사전에 정의된 단위 길이만큼의 연결된 화소들을 검색한다.
- 단위길이 내에서 존재하는 누적된 화소들의 확률로 중심 방향을 결정한다.
- 계속되는 검색에서 이웃 화소들의 연결 방향이 중심 방향을 기준으로 허용 방향 내에 있는지를 결정한다. 만약 허용 방향 내에 두 개 이상의 이웃 화소들이 있을 경우에는 사전에 정의된 우선순위의 방향의 화소를 선택한다.
- 허용 방향 내에 있을 경우에 위 4 단계를 반복 수행하며, 허용 방향을 벗어나는 경우나 이웃 화소들이 존재하지 않은 경우에 직선을 확정한다. 그리고 저장된 시작점으로 되돌아 가 다음 직선성분의 시작점으로부터 검색을 다시 수행한다. (이때, 수행된 직선 성분의 집합에 포함된 화소들은 다음 검색 대상에서 제외된다.)

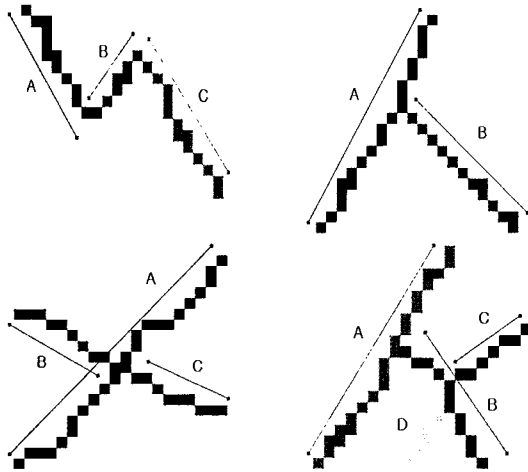


그림 7. 연결된 픽셀에서의 하위 직선 분리.
Fig. 7 Segmenting the sub-line from the connected pixels

그림 7은 에지 도로영상에서 연결 화소들로부터 직선 성분을 가지는 연결 화소들만을 분리한 결과를 보여준다. 각 특정 방향을 갖는 A, B, C, D 와 같은 하위 직선들이 존재함을 알 수 있다.

2.3 소실점 방향의 도로 차선 검출

도로의 영상에서 나타나는 차선의 성분은 일반적으로 소실점을 향하는 직선으로 표현된다. 자동차의 수평 중심에 장착된 카메라로부터 포착된 도로 영상의 소실점은 수평 중심에서 놓이고 도로 차선은 소실점을 향한다. 도로 영상에서 차선을 쉽게 찾기 위해 그림 8처럼 영상의 수평 중심을 기준으로 도로 영상을 좌우로 양분한다. 나뉜 각 영역에서 중심을 향하는 연결 화소들의 집합으로부터 획득된 직선들은 도로차선의 후보들이다.

그림 9는 실제의 도로 영상에 대한 도로의 차선 성분 및 각각의 중심 방향 성분을 이용하여 소실점을 구한 결과를 보여준다. 그림 9(c)는 에지 영상의 양쪽 영역에서 중심 방향 성분이 그림 6(a)에서 1 과 3의 체인 코드 값을 가지는 직선 성분에 대한 검출 결과를 보여준다. 그림 9(d)는 그림

9(c)에서 얻어진 차선 후보들 중에서 잡음 성분을 제거하고 남은 도로 차선들이 소실점을 향하는 것을 보여준다.

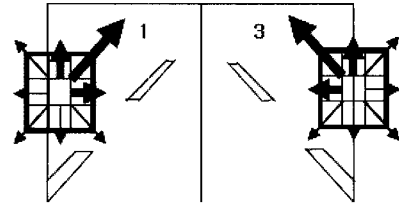
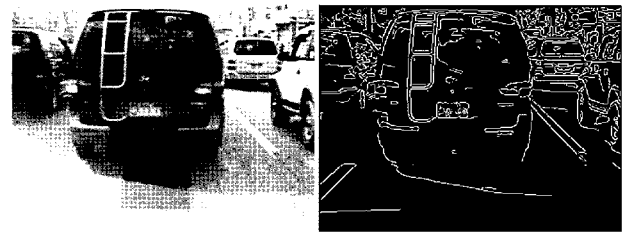
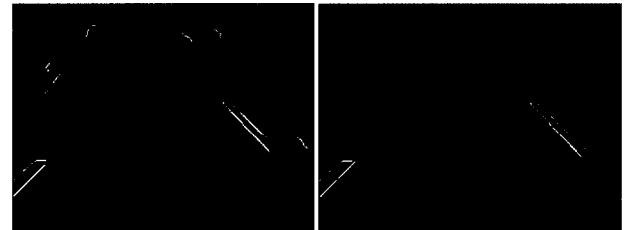


그림 8. 영상의 중심을 기준으로 양분하고 각 영역에서 중심을 향하는 주축 방향 성분을 획득.
Fig. 8 Dividing both sides of the road image and acquiring road-line segments in each side.



(a) 도로 입력 영상 (b) Canny 에지
(a) road input image (b) Canny-edge image



(c) 소실점 방향으로의 직선 성분 (d) 잡음을 제거한 후 도로 차선으로부터 소실점 획득
(c) line segments toward vanishing point (d) acquiring the vanishing point from road lines after eliminating noises.

그림 9. 도로 영상으로부터 도로 차선 및 소실점의 획득
Fig. 9 Acquiring the road lane and vanishing point from road image

만약 한쪽의 차선이 검색되지 않은 경우에는 이전 프레임에서 얻어진 소실점의 높이 정보와 찾아진 다른 한쪽 도로 차선, 도로의 폭 정보를 이용하여 예측한다. 또한 양쪽 차선이 모두 검색되지 않은 경우에는 이전 영상에서 기억된 차선 정보를 활용한다. 결정된 도로 차선들을 기준으로 각각의 중심축 방향을 계산하고 이들의 연장선들의 교점을 이용하여 차선의 소실점을 얻는다. 차선 중에서 중심으로부터 좌우에 가장 가까이 존재하는 직선 성분을 진행 차량의 차선으로 정한다.

3. 차량 영역의 추출

도로 영상에서 차선정보의 획득은 진행 차량이 주행 방

향을 결정할 수 있는 정보뿐만 아니라 차량이 주행 중에 차량들을 빠르게 검출함으로써 충돌을 회피하는 경고신호를 제공한다. 도로 영상의 진체를 검색하지 않고 주행 차도에 인접하는 차량들을 검출하는 시간을 단축하기 위해 중심 차도 및 인접 차도를 포함하는 도로영역을 분리하고, 도로 영역에서 전방 차량들을 포함하는 차량 영역을 찾는다. 그림 10은 전방 차량의 검출을 위한 차량 영역을 찾는 기법의 흐름도를 보여준다.

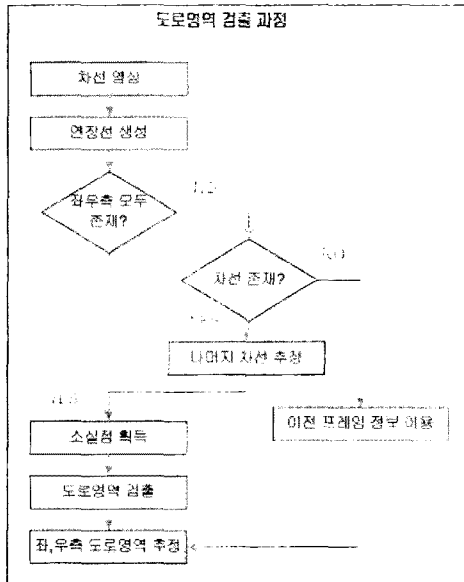


그림 10. 전방 차량 검출을 위한 차량 영역의 추출 기법.
Fig. 10 The method of vehicle area detection for detecting vehicle in front of.

3.1 차선 정보를 이용한 도로 정보 추출

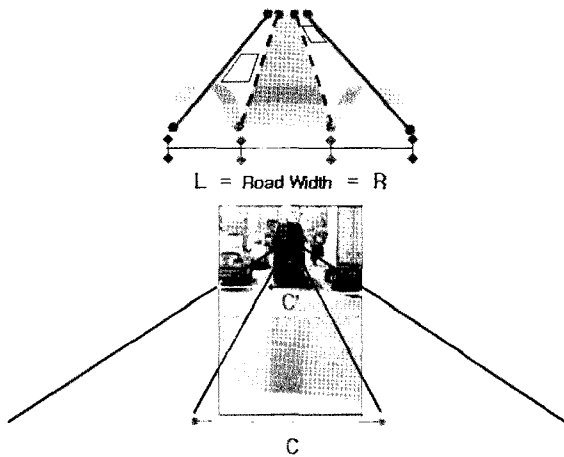


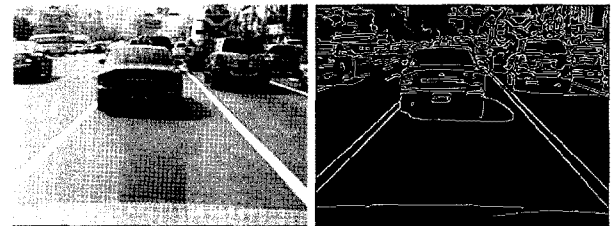
그림 11. 도로 영상에서 도로영역
Fig. 11 Extracting road area in road image

본 논문은 도로가 여러 차선을 갖는 도로 영상에서 도로영역을 진행 차량의 중심 차도를 비롯하여 좌우 인접 차도를 포함하는 영역으로 정의한다. 주행 차량의 중심 차도는 앞장에서 얻어진 소실점과 도로 영상의 수평 중심에 인접한 차선을 연결하는 영역이다. 좌우 차도는 중심 차도의 넓

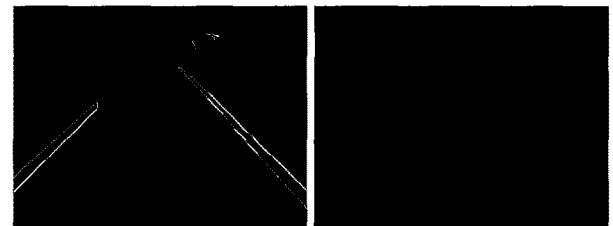
이를 보정하여 그림 11(a)처럼 좌우로 연장함으로써 구해진다. 본 논문에서 정의하는 도로영역은 그림 11(b)에서 보여 주듯이 중심차도(C)와 중심차도의 넓이로부터 계산된 좌우 인접 차도(L,R)를 포함한다.

앞장에서 검출한 차선들의 정보와 소실점의 정보는 주행 차량의 도로영역을 찾을 수 있는 많은 실마리를 제공한다. 도로 차선들을 연장하여 얻어진 소실점의 위치와 영상의 수평 중심에 인접한 양쪽의 차선 정보는 주행 차량의 중심 차도를 결정한다.

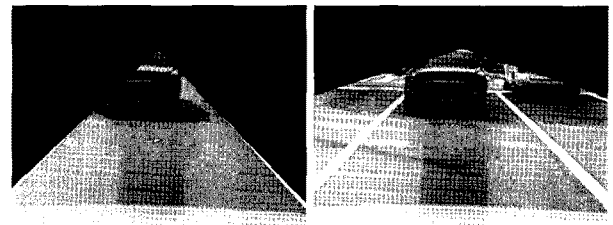
그림 12는 주행 영상으로부터 도로영역을 구하는 과정을 보여준다. 그림 12(a)는 주행 차량으로부터 획득된 입력영상이며 그림 12(b)는 입력 도로 영상에 대한 캐니 에지 연산자를 수행한 결과이다. 그림 12(c)는 그림 12(b)에 체인코드 기법을 이용하여 도로 영상의 수평 중심선을 향하는 차선을 검출한 결과를 보여준다. 그림 12(d)는 차선들을 연장한 소실점과 도로 영상의 수평 중심에 인접한 차선들을 보여준다. 그림 12(e)는 주행 차량의 중심 차도를 보여주고 그림 12(f)는 주행 차량의 도로영상에 대한 중심 차도와 좌우 차도를 포함한 도로영역을 보여준다.



(a) 원본 이미지 (a) Input Image
(b) Canny 에지 (b) Canny Edge



(c) 차선성분 (c) Lane Image
(d) 소실점 (d) Vanishing Point



(e) 도로영역 분리 (e) Roadway area
(f) 다중 도로 영역 (f) Multi roadway area

그림 12. 차선 정보를 이용한 도로 영역 추출.

Fig. 12 Extracting the road area using the road lane information.

3.2 전방차량을 포함하는 차량 영역의 추출

차량이 중심 차도에서 주행하는 상황에서 전방 차량과 충돌을 회피하기 위해서 도로 영역에서 실시간으로 전방 차량이 검출되어야 한다. 차량 검출기의 탐색 범위를 도로 영

역 상에 차량이 존재할 것으로 예측되는 차량 영역으로 제한함으로써 실시간 전방 차량의 검출이 가능하다. 본 논문에서는 차량 영역을 도로 영역의 차도 내에 주행 차량에 가장 근접한 전방 차량이 차지하는 영역으로 정의한다. 차량 영역의 폭은 차선 정보로부터 계산된 차도의 폭으로, 높이는 차량의 종류나 주행 차량과 거리에 따라 달라지기 때문에 차량 영역의 폭에 비례하는 크기로 설정하였다.

$$X_{hh}(j) = \sum_{i=1}^n I(i, j) \quad (1 < j < m) \quad (2)$$

$$X_{hv}(i) = \sum_{j=1}^m I(i, j) \quad (1 < i < n)$$

제안하는 차량 영역을 찾기 위해 도로 영역을 구성하는 각 차도의 영역에 대해서 수평 에지 투영을 적용한다. 차량에서 가장 두드러지게 나타나는 수직, 수평성분을 이용하여 각 영역에서 나타나는 에지 성분 중에서 프로젝션 변화 성분의 누적이 강한 부분을 차량이 놓인 차량영역으로 결정한다. 식(2)는 수평과 수직 방향에 대한 에지 성분의 프로젝션 관계식을 나타낸다.

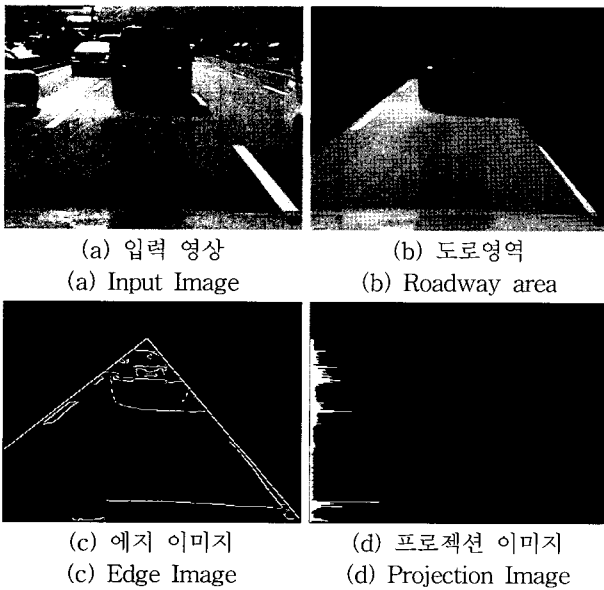


그림 13. 차량 후보 위치에 대한 추정
Fig. 13 Estimation of vehicle candidate location

그림 13에서는 후보 위치를 추정하기 위한 에지 프로젝션을 보여준다. 그림 13 (c)는 도로 영역 이미지 (b)에 대한 캐니 에지 이미지이며 (d)는 (c)에 대한 수평 프로젝션 영상이다. 그림 13 (d)에서 차량 본네트를 제외한 가장 하단에 존재하는 피크 점을 후보영역의 가장 하단부분으로 지정하도록 한다.

차량이 도로에 접촉한 상태에서 주행하며, 전방 차량의 종류와 거리에 따라 차량 영역의 폭과 높이의 비가 결정되기 때문에 차량의 높이를 결정하기 쉽지 않다. 본 논문에서는 전방 차량의 검출을 놓치지 않기 위해 차량 영역의 높이를 차량 영역의 폭의 2/3크기로 정하였다. 그림 14(a)(b)(c)는 도로 영역의 각각의 차도를 보여주며, 그림 14(d)는 그림 14(a)(b)(c)의 차도에서 찾아진 3개의 차량 영역을 보여준다.

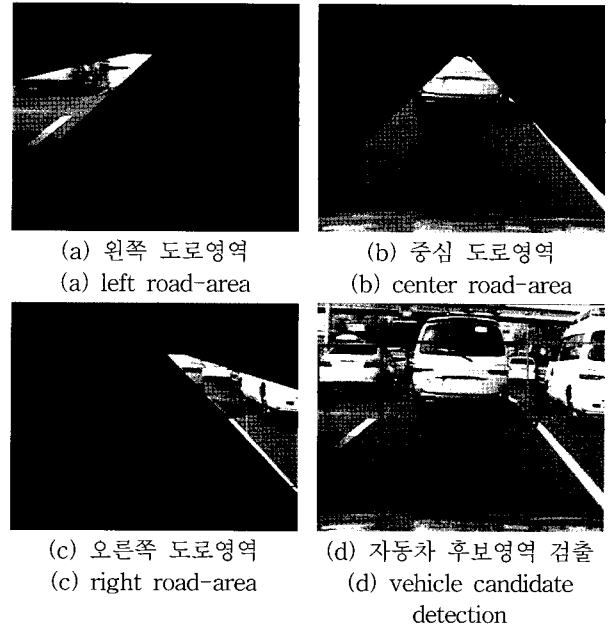


그림 14. 도로영역에서 전방차량의 차량영역 검출결과
Fig. 14 Vehicle detection in the each roadway.

3.3 차량 영역내에서 전방차량의 검출

앞 절에서 결정된 차량 영역은 차도에 놓인 전방 차량을 포함하는 대략적인 영역을 표현한다. 본 논문은 차도에 놓인 전방 차량의 검출을 위해 추출한 차량 영역의 효용성을 검증하기 위해 BDF(Bayesian Discriminating Features)을 이용한 차량 검출기를 사용하였다.

BDF 기법을 이용한 차량 검출기는 학습과정과 시험과정으로 구성된다. 학습과정에서 우선적으로 차량과 비차량 혼련 집합의 모든 입력영상($\in \mathbb{R}^{mn}$) 들에 대해서 사전 정의된 특징들을 추출하여 특징행렬을 구성한다. 본 논문의 BDF를 이용한 차량 검출기는 특징벡터의 구성을 위해 정규화한 그레이 스케일 영상($\in \mathbb{R}^{mn}$), 1차원 Harr Wavelet 표현($\in \mathbb{R}^{(m-1)n}, \mathbb{R}^{m(n-1)}$), 수평/수직 프로젝션($\in \mathbb{R}^m, \mathbb{R}^n$)의 특징들을 사용하였다. 수식(3)은 각각의 특징들을 정규화하여 구성된 특징벡터의 표현을 보여준다.

$$\tilde{Y} = (\hat{X}^t \hat{X}_h^t \hat{X}_v^t \hat{X}_r^t \hat{X}_c^t)^t \quad (3)$$

여기서 t는 전치 연산자이며 $\hat{X}^t, \hat{X}_h^t, \hat{X}_v^t, \hat{X}_r^t, \hat{X}_c^t$ 는 각각 특징들을 정규화한 그레이 영상, 수평/수직 1-D Harr Wavelet 표현, 수평/수직 프로젝션 특징이다. 입력 영상에 대한 특징벡터 \tilde{Y} 는 $3mn$ 의 차원을 갖는다.

특징벡터들로부터 공분산 행렬을 구성하여 주성분 분석(PCA)을 수행한다. 각 입력 영상들을 고유공간으로 투영하여 가중치 벡터가 얻고, 최종적으로 차량과 비차량 클래스의 각각을 정규분포로 모델링한다. 식(4)는 Bayesian 이론에 의한 차량 클래스와 비차량 클래스의 후행 확률 분포이다.

$$P(w_v|Y) = \frac{P(w_v)p(Y|w_v)}{P(Y)} \quad (4)$$

$$P(w_n|Y) = \frac{P(w_n)p(Y|w_n)}{P(Y)}$$

Bayesian Decision Rule에 따라 입력 특징벡터 Y 가 차량 클래스에 속할 후행확률 $P(W_c|Y)$ 이 비차량 클래스에 속할 후행확률 $P(W_n|Y)$ 보다 큰 경우에 차량으로 이와 반대로 경우 비차량으로 판단한다(식(5)).

$$Y \in \begin{cases} w_c, & \text{if } P(w_c|Y) > P(w_n|Y) \\ w_n, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

시험과정에서는 테스트 영상이 입력되면 훈련과정과 동일하게 특징 추출 단계를 거치게 된다. 추출된 특징벡터는 훈련과정에서 주성분 분석을 통해서 구해진 변환 행렬을 통해서 고유공간으로 투영되어 가중치 벡터가 얻어진다. 마지막으로 각 클래스에 대한 확률적 통계 값을 계산하고 Bayesian Decision Rule을 이용하여 입력 영상이 자동차인지 비자동차인지를 결정하게 된다.

4. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서는 자동차의 앞면 상단 중앙에 단일 CCD 카메라를 장착하여 서울의 시내 도로 및 외곽의 고속도로를 주행하면서 주간과 야간의 도로 동영상을 촬영하였다. 도로 동영상으로부터 연속적인 1000개의 도로 영상을 획득하여 본 논문의 차량 영역의 검출기법에 적용하였다. 실험에 사용된 영상은 시내도로 및 고속도로 주행에서 포착된 다수 차선을 갖는 주간 및 야간 도로 영상이다. 도로 영상은 320 X 240 크기의 그레이 영상이 사용되었으며, Pentium 4 PC에서 Visual C++ 6.0을 기반으로 프로그램을 제작 및 수행하였다.

본 논문에서 제안하는 체인코드 기법을 이용한 도로 차선의 검출 기법을 허프변환과 B-Snake 기법에 의한 도로 차선의 검출기법과 비교 실험하였다. 그리고 차량 영역의 결정 기법의 성능을 실험하기 위해, 제안하는 기법을 허프변환과 B-Snake를 이용한 차량 영역의 결정기법과 BDF 기법의 차량 검출율을 통해 비교 실험하였다. 여기서 BDF 기법의 학습에 사용된 입력 영상의 크기는 24 x 24 pixel²이며 차량과 비차량 영상을 각각 500개씩으로 사용하였다.

4.1 체인코드를 이용한 도로 차선의 검출 실험

제안하는 체인코드 기법을 이용한 도로 차선의 검출기법의 실험을 위해 허프 변환을 기반으로 하는 알고리즘과 B-Snake 알고리즘 기반의 방식과 함께 비교하였다. 각각 시내도로 및 고속도로에서 주/야간의 1000개의 영상을 대상으로 하였다. 표 1은 각각의 기법에 대한 차선 검출율을 보여준다.

표 1에서 보여주는 것처럼 일반 복잡한 시내도로 영상에서보다는 단순한 고속도로 영상에서 모든 차선의 검출기법들이 주간에서 1.4%와 야간에서 0.6% 높은 검출율을 보였다. 그리고 외부 조명의 영향으로 주간 도로 영상보다는 외부 조명이 상대적으로 안정적인 야간 도로 영상에서 모든 기법들이 높은 검출율을 보였다.

제안하는 기법은 시내도로에서 허프변환 기법보다 주간에서 2.2%와 야간에서 1.6% 높게 차량을 검출했으며, 고속도로에서는 주간에서 1.7와 야간에서 1.4% 높은 검출율을 보였다. 그리고 B-Snake 기법보다도 제안하는 기법이 시내도로에서 주간에서 1.3%와 야간에서 1.3% 높게 차량을 검출하였으며 고속도로에서는 주간에서 1.5%와 야간에서

0.9% 높은 차량의 검출율을 보였다.

표 1 차선 검출 기법의 비교 실험(단위: %)

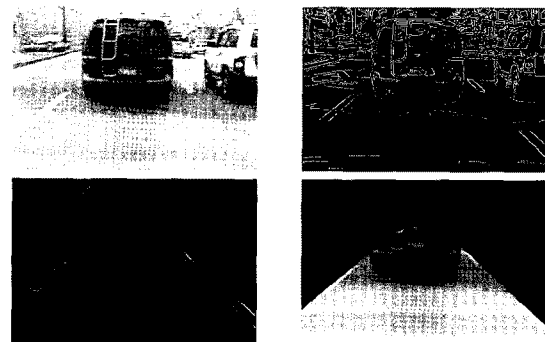
Table 1 Comparative experiment of lane detection schemes

검출기법	시내도로		고속도로	
	주간	야간	주간	야간
허프변환	93.3	95.1	95.1	95.7
B-Snake	94.2	95.4	95.3	96.2
제안기법	95.5	96.7	96.8	97.1

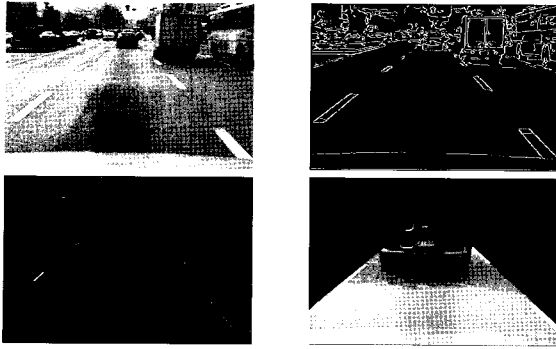
4.2 도로정보의 획득을 통한 도로영역의 분리 실험

앞 절에서 제안하는 기법의 도로 차선의 검출율이 높다는 실험의 결과를 제시하였다. 도로 차선의 검출은 소실점의 위치와 중앙 차도의 폭을 제공함으로써 중앙 차도에 인접하는 좌우 인접 차도의 획득도 가능하도록 한다. 제안하는 도로 차선의 검출 기법은 도로 차선의 검출율을 높여 도로 영역을 분리하는데 용이하게 한다. 도로 영역의 분리는 도로 차선의 검출기법에 크게 의존하기 때문에 기존의 방법들과 비교 실험하지 않더라도 제안하는 기법에 대한 성능 평가는 단일 실험만으로도 충분하다.

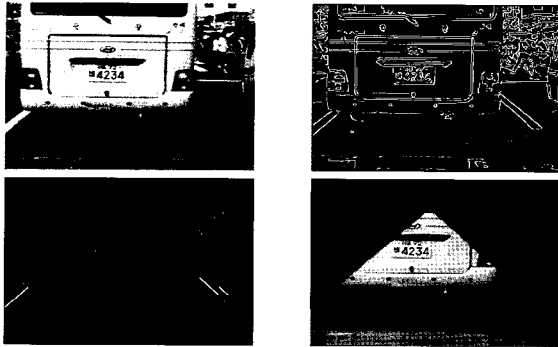
그림 15는 도로 영상에서 검출된 차선 정보를 이용한 도로 영역을 분리한 결과를 보여준다. 차량이 멀리 떨어져 있는 경우와 바로 앞에 가까이 있는 경우, 일반적인 경우에 대해서 각각의 도로 영상을 실험하였으며 주/야간에 대한 결과를 보여준다. 그림 15(a)는 시내 도로에서의 가장 일반적으로 많이 발생할 수 있는 도로 영상에 관한 실험 결과이다. 예지 정보가 복잡한 형태를 가지고 있지만 양쪽의 차선을 모두 확인할 수 있다. 그림 15(b)는 도로 영상이 비교적 단순한 형태를 가지고 있는 것을 보여준다. 이러한 영상에서는 예지성분이 복잡하지 않기 때문에 차선 정보 추출이 용이함을 알 수 있다. 그림 15(c)는 대형 자동차가 가깝게 있기 때문에 주변의 차선에 대한 정보를 획득하기가 용이하지 않은 경우이다. 그림 15(d)-(f)는 야간 주행에서 얻은 영상을 통해 차선을 검출한 결과를 보여주고 있다. 야간의 경우는 주간보다 배경에 대한 복잡한 예지 성분이 적어 도로 영역의 분리가 용이한 장점을 가지는 반면 그림 15(f)처럼 헤드라이트와 같은 빛의 영향이 심해지는 특징을 볼 수 있다.



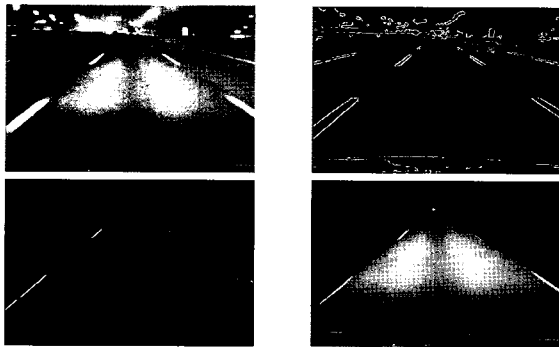
(a) 주간 도로영상
(a) road image in a daylight



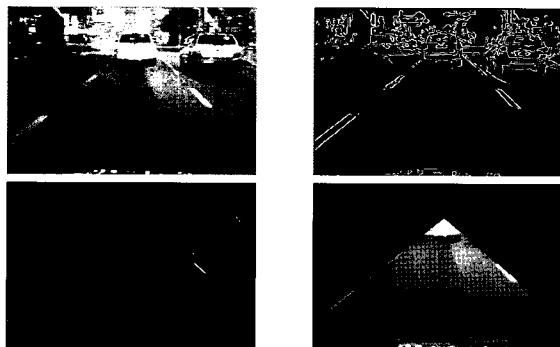
(b) 주간 도로영상
(b) road image in a daylight



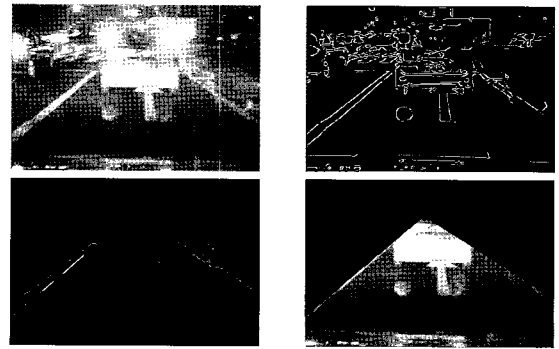
(c) 주간 도로영상
(c) road image in a daylight



(d) 야간 도로영상
(d) road image in the night



(e) 야간 도로영상
(e) road image in the night



(f) 야간 도로영상
(f) road image in the night

그림 15. 주/야간 도로의 차선 및 도로영역 검출 결과
Fig. 15 Results of acquiring road lane and area at the day and night time.

4.3. 도로 영역으로부터 차량 영역의 검출 실험

제안하는 차량영역의 검출 기법의 성능을 분석하기 위해 복잡한 시내 및 고속도로에서 도로 영역 내에 전방차량 검출율의 실험을 허프변환 및 B-Snake를 이용한 차량 영역의 검출 기법과 비교 실험하였다. 실험에서는 차량 영역의 폭은 차선 정보로부터 계산된 차도의 폭으로, 높이는 차량의 종류나 주행 차량과 거리에 따라 달라지기 때문에 차량 영역의 폭의 2/3의 크기로 설정하였다.

그림 16은 중심차도에 존재하는 단일 차량에 대한 검출 결과로 차량의 거리 변화에 따라 다양한 크기의 차량 영역을 검출한 영상들을 보여준다. 그림 16(a)은 차량 검출에 사용된 도로 영상이며 그림 16(b)은 찾아진 차량 영역이다. 찾아진 차량 영역이 차량의 그림자까지도 포함하고 있지만 차량을 놓치지 않고 포함하는 것을 볼 수 있다.

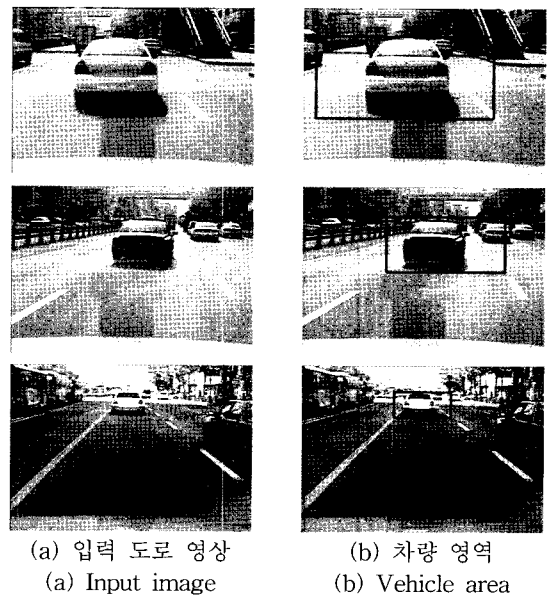


그림 16. 다양한 크기의 단일 차량에 대한 차량 영역 검출.
Fig. 16 Detecting a vehicle area.



그림 17. 다중 차도에서 차량 영역의 검출.
Fig. 17 Detecting vehicle areas on the multiple roadways

그림 17은 중심 차도를 비롯하여 양쪽의 차도에 대해서도 차량 영역들을 검출한 결과를 보여준다. 각각의 차도 영역 내에서 가장 가까운 위치에 존재하는 하나의 차량만을 검출한다. 주행 차량까지 거리 때문에 각 차도의 차량 영역이 중복되어 검출되며, 이후 차량 검출기의 탐색범위로 설정된다. 추가적으로 높이가 큰 차량은 일부만이 차량 영역에 포함되는 상황이 발생할 수 있기 때문에 차량 검출기의 탐색을 차량 영역의 위치에서 도로 영상의 최상단까지 확대한다.

제안하는 방법과 허프변환 및 B-Snake을 이용한 차량 영역의 검출 기법과 비교 실험을 수행하기 위해 차량 검출기로 BDF 기법을 사용하였다. 학습에 사용된 입력 영상의 크기는 24 x 24 pixel²이며 차량과 비차량 학습 영상을 각각 500개씩으로 사용하였다. 그림 18은 BDF 기법의 학습을 위한 차량 클래스와 비차량 클래스의 입력 영상을 보여준다.

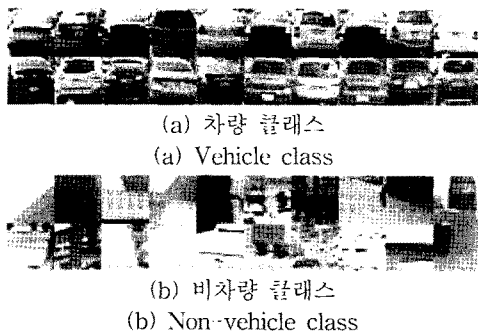


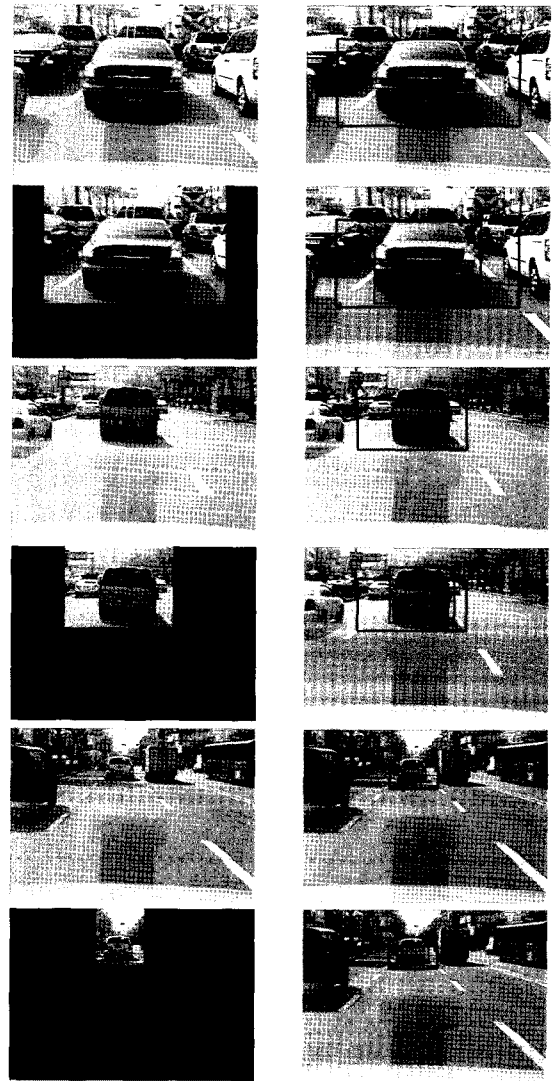
그림 18 BDF 기법의 학습을 위한 입력 영상
Fig. 18 Input image for training BDF scheme

표 2는 제안하는 방법과 허프변환 및 B-Snake을 이용한 차량 영역의 획득을 통한 차량 검출의 결과를 보여준다. 제안하는 기법은 시내도로에서 허프변환 기법보다 주간에서 6.1%와 야간에서 4.8% 높게 차량영역을 검출했으며, 고

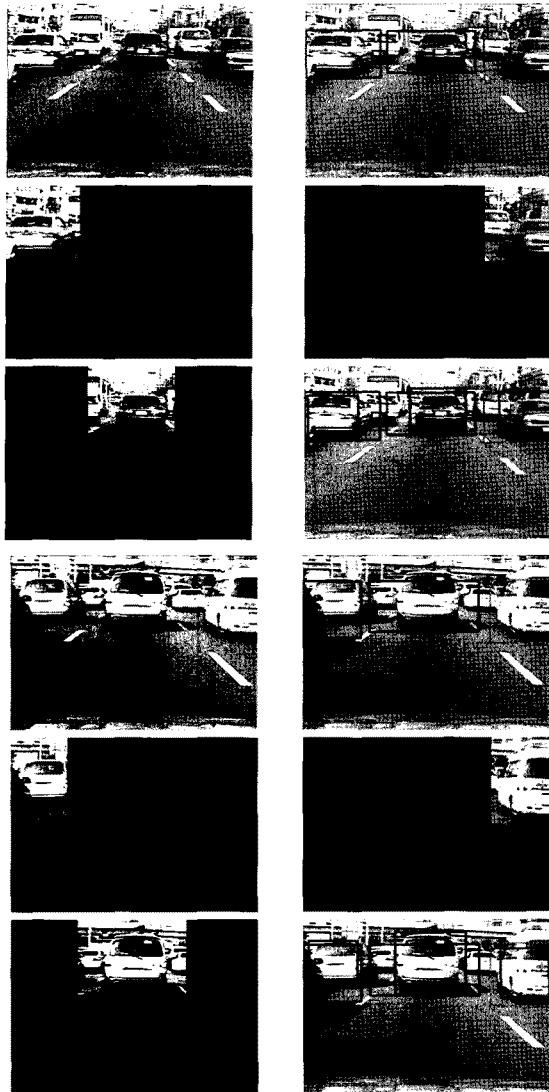
속도로에서는 주간에서 3.0%와 야간에서 2.8% 높은 영역 검출율을 보였다. 그리고 B-Snake 기법보다 시내도로에서 주간에서 1.6%와 야간에서 1.6% 높게 차량을 검출하였으며 고속도로에서는 주간에서 0.8%와 야간에서 1.1% 높은 차량의 검출율을 보였다. 실험에서 차량영역에 대한 검출기준은 검출영역에서 차량의 영역이 80% 이상을 포함하는 경우로 정의하였다.

표 2 차량 영역 검출을 위한 차량 검출 기법의 비교
Table 2 Comparative experiment of vehicle detection schemes for finding vehicle areas (단위: %)

검출기법	시내도로		고속도로	
	주간	야간	주간	야간
허프변환	89.1	90.7	94.2	94.5
B-Snake	93.6	93.9	96.4	96.2
제안기법	95.2	95.5	97.2	97.3



(a)



(b)

그림 19. 제안하는 차량 영역의 추출 기법의 성능 평가를 위한 BDF 기법을 이용한 차량 검출

Fig. 19 Vehicle detection using BDF method for evaluating the proposed scheme of extracting vehicle area.

그림 19는 차량 영역에서 검출된 차량의 위치를 보여준다. 그림 19(a)는 다양한 크기의 단일 차량에 대한 차량 검출을 수행한 결과를 보여준다. 차량 영역의 검출 단계에서 차량의 그림자 영역까지 포함했지만, 차량 검출기는 정확한 차량의 크기정보를 획득한 것을 볼 수 있다. 그림 19(b)는 다중 차도에서 다수 차량을 검출한 결과를 보여준다. 다수 전방 차량을 포함하는 복잡한 시내도로 영상에서도 차량 영역을 찾고 정확한 차량정보가 찾아지는 것을 볼 수 있다.

5. 결 론

본 논문은 전방 차량의 검출을 위한 차선정보의 획득을 통한 차량 영역의 추출기법을 제시하였다. 도로 영상에서

차선의 폭이나 소실점과 같은 차선정보를 획득하기 위해서 체인코드 기법을 이용한 차선 검출을 수행하였다. 주행 차량의 진행 방향의 에지성분들만을 고려함으로써 복잡한 도로 영상에서도 차선 검출이 용이 하였다. 제안하는 차선 검출 기법이 다른 기존의 방법들보다 외부의 조명 환경에 강인하며 수행시간이 짧다. 실제 시내 및 고속도로 영상을 사용한 실험에서 다른 기존의 방법들과 비교 실험을 함으로써 제안하는 체인코드를 이용한 차선 검출기법이 매우 효율적인 것을 확인할 수 있었다.

복잡한 도로영상에서도 외부 조명환경에 강인한 차선 검출 기법을 사용함으로써 정확한 차선의 폭이나 소실점의 추정 가능성이 있다. 차선의 폭이나 소실점의 획득으로부터 주행 차량의 중앙 차도와 인접한 차도를 포함하는 정확한 도로 영역의 분리가 가능했다. 본 논문의 궁극적인 목표인 차량 검출을 위한 차량 영역의 추출은 도로영역으로부터 각 차도에 위치하는 차량의 에지 성분을 고려함으로써 가능하다. 제안하는 차량 영역의 예측 기법의 우수성을 기존의 허프변환이나 B-Snake의 방법과 차량 검출율을 비교함으로써 입증하였다.

앞으로 차량 영역에서 정확한 차량의 위치를 추정하기 위한 차량 검출기의 개선이 필요하며, 검출된 차량의 연속적인 영상에서의 추적하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] H. Takahashi, "A Study on Predicting Hazard Factors for Safe Driving", IEEE Transactin on Industrial Electronics, Vol. 54, No. 2, pp.781-789, 2007.
- [2] H. Cheng, "Interactive Road Situation Analysis for Driver Assistance and Safety Warning Systems - Framework and Algorithms", IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol. 8, No. 1, pp.157-167, 2007.
- [3] R. Goecke. "Towards Detection and Tracking of On-Road Objects", Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.13-15, 2007.
- [4] S. Thrun, "Stanley: The Robot That Won The DARPA Grand Challenge", Stanford Articial Intelligence Laboratory, Stanford University Stanford, CA 94305, 2005.
- [5] C. C. R. Wang, "Automatic Vehicle Detection Using Local Features-A Statistical Approach", IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol. 9, No. 1, pp.83-96, 2008.
- [6] Z. Sun, "On-Road Vehicle Detection Using Evolutionary Gabor Filter Optimization", IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol. 6, No. 2, pp.125-137, 2005.
- [7] Q. Li, "Springrobot: A Prototype Autonomous Vehicle and Its Algorithms for Lane Detection", IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol. 5, No. 4, pp.300-308, 2004.
- [8] H. Y. Cheng, "Lane Detection With Moving Vehicles in the Traffic Scenes", IEEE Transactions on Intelligent Transportation

System, Vol. 7, No. 4, pp.571-582, 2006.

[9] Y. Wang, "Lane detection and tracking using B-Snake", Elsevier, Image and Vision Computing, 22 pp.269-280, 2004.

[10] J. G. Kang, "Real Time Multiple Vehicle Detection Using Neural Network with Local Orientation Coding and PCA", International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp. 636-639, 2003.

[11] H. Lin, "Lane departure identification on Highway with searching the region of interest on Hough space", International Conference on Control, Automation and Systems, pp.1088- 1091, 2007.

[12] M. Tian, "Vision Based Lane detection for Active Security in Intelligent Vehicle", IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, pp.507-511, 2006.

[13] H.J. LIU, "A Fast Method for Vanishing Point Estimation and Tracking and Its Application in Road Images", The 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings, pp.106-109, 2006.

[14] 이규원, "항공영상으로부터 에지 맵의 체인코드 추적에 의한 선소추출", 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 15, No. 6, pp.709-713. 2005.

저자 소개



유재형(Yu Jaehyoung)
 2007년 : 숭실대 정보통신전자공학부 졸업
 2007년~현재 : 숭실대 대학원 전자공학과 석사과정

관심분야 : 영상처리, 임베디드 시스템
 Phone : 02-821-2050
 E-mail : caution0@ssu.ac.kr



한영준(Han Youngjoon)
 제 14권 7호(2004년 12월호) 참조



한현수(Hahn Hernsoo)
 제 13권 4호(2003년 8월호) 참조