

수평 및 수직 에지 성분의 대칭성 기반 차량 검출 기법

한성지*, 정환익**, 한현수*
 송실대학교*, 경북대학교**

Vehicle Detection Scheme Based on the Symmetry of Horizontal and Vertical Edge Features

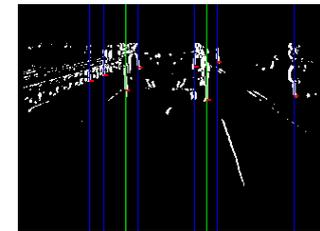
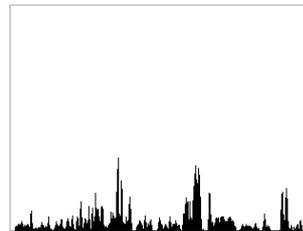
Sungji Han*, Hwanik Chung**, Hernsoo Hahn*
 Soongsil University*, Kyungbuk University**

Abstract - 본 논문은 차량 영역에 나타나는 수평, 수직 에지 특성만을 이용하여 빠르고 효율적으로 차량을 검출하는 방법을 제안한다. 차량을 포함하는 입력영상의 긴 수직 에지 성분을 찾아 차량의 후보 영역을 결정한다. 영상의 에지 성분의 누적 대신 연속적으로 나타나는 긴 수직 에지성분을 찾음으로써 차량의 후보 영역의 검출과 동시에 중요한 정보를 담고 있는 도로와 접하는 차량의 하단부를 함께 검출한다. 후보 영역 내에서 차량과 비 차량을 구분하는 검증 단계에서는 차량의 후면의 대칭성(Symmetry)을 이용하여 후보 영역 내에서 차량이 있을 가능성이 있는 바닥 점 위에서 좌측과 우측의 유사도(Matching rate)를 이용하여 차량과 비 차량을 판별한다. 기존의 템플릿 기반 방법이나 외관 기반 방법이 아닌 에지 성분만을 이용하여 후보 영역을 결정하고 검증하기 때문에 다른 검출 기법들에 비해 비교적 검출 시간이 짧고 실시간 차량 검출에 적합하다.

이진화 에지 영상에서 수직 방향으로 Pixel 값들을 누적(Projection)시키는 방법을 많이 이용한다. 본 논문에서는 기존의 수직 성분을 누적하여 차량의 후보 영역을 정하지 않고 세로 방향의 각각의 수직 성분에서 연속적으로 길게 나타나는 성분을 찾아 후보 영역을 결정한다. 이러한 Longest Vertical Line Detection 기법을 이용함으로써 차량의 좌, 우측에 대한 후보 영역과 차량의 바닥 점에 대한 후보 영역을 함께 얻을 수 있었다.

1. 서 론

최근 차량의 자동주차시스템이나 운정보조시스템과 같은 지능형 자동차에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1]. 하지만, 많은 외부 환경 변수들로 인해 지능형 자동 운전 차량(Auto Driving Vehicle)을 개발하는데 많은 어려움이 겪고 있다. 따라서, 차량 운전의 안정성을 높이고 사고를 예방하기 위한 운전자 보조 시스템(Driver Assistance System)에 대한 연구가 선행되고 있다. 본 논문은 사전에 전방 차량과 충돌을 방지하기 위해, 차량에 고정되어있는 단일 카메라를 이용하여 실시간으로 전방 차량의 위치를 검출하는 기법을 제안한다.



<그림 1> 후보 영역 검출 단계 영상

보통 차량을 검출하기 위해서는 가설의 형성 단계인 HG(Hypothesis Generation) 단계와 가설의 검증 단계인 HV(Hypothesis Verification) 단계를 거친다. HG(Hypothesis Generation) 단계는 보통 지식 기반(Knowledge-based)방법, 스테레오 기반(Stereo-based)방법, 모션 기반(Motion-based) 방법 등이 있다. HV(Hypothesis Verification) 단계인 가설의 검증 단계에서는 템플릿 기반(Template-based) 방법과 외관 기반(Appearance-based) 방법 등이 있다[2]. 본 논문에서는 HG(Hypothesis Generation) 단계에서 지식 기반(Motion-based) 방법의 하나인 에지 검출(Edge Detection) 기법 중 수직 에지 검출 기법을 사용하였다. 차량과 배경 사이에서는 색상이나 조명 등이 큰 변화를 가지기 때문에 에지 정보가 두드러지게 나타난다[3]. 특히 차량과 배경의 경계인 차량의 좌, 우측에서는 수직 에지 성분이 특히 잘 나타나기 때문에 차량에 대한 후보 영역으로 결정하기에 적합하다. 또한 차량의 수직 에지는 보통 차량이 바닥과 맞닿는 점에서 끊어지기 때문에 차량의 바닥의 후보 점으로 적합하다. HV(Hypothesis Verification) 단계에서는 템플릿 기반(Template-based) 방법이나 외관 기반(Appearance-based) 방법 아닌 HG 단계에서 결정한 후보 영역 내에서의 좌, 우측에 대한 유사도(Matching rate)를 검출하여 차량과 비 차량을 구분하였다. 차량은 가운데를 중심으로 매우 유사한 패턴을 가지기 때문에 차량에서의 유사도(Matching rate)는 차량이 아닌 것에 비해 차량 영역에서 높게 나타나기 때문에 차량과 비 차량을 구분하여 나타낼 수 있었다.

위의 <그림1>은 (a)입력 영상에서부터 (b)이진화 된 Vertical Sobel Edge 영상, (c)검출된 Longest Line 그래프와 최종적으로 (d)후보영역을 검출한 영상이다.

<그림1>의 (c)는 Vertical Sobel Edge 영상에서 각각의 수직 라인의 길이는 연속적으로 길게 늘어난 수직성분의 크기 값을 의미한다. 연속적으로 나타나는 일정 이상의 직선을 찾기 때문에 에지 누적(Projection)을 이용하는 차량의 후보영역을 찾는 방법에 비해 영상 잡음에 매우 강인하다. 그림1>의 (c)는 실제 검출된 각각의 연속된 수직 성분의 크기보다 크게 나타나 있다. 이는 연속적인 성분을 찾을 때 주변 값에 따라 가중치를 주어 이웃하는 값들과의 차이를 두었다. <그림1>의 (c)에서 기울기가 양수에서 음수로 변화하는 곳에서의 크기가 가장 큰 곳에서 8개의 후보 영역을 결정한 것이 <그림1>의 (d)이다. <그림1>의 (d)에서 보면 녹색으로 표시된 두 개의 세로 선을 볼 수 있는데 이 두선은 크기가 가장 큰 곳을 표시한 직선이다.

2. 수직 에지 성분 기반 차량 검출

2.1 후보 영역 검출 단계(Hypothesis generation)

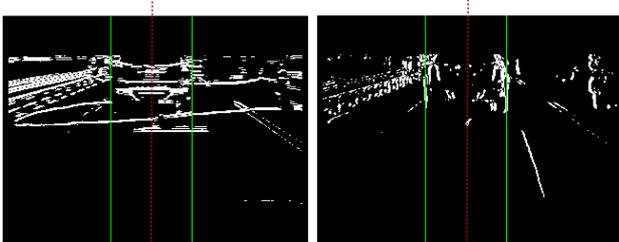
본 논문의 차량의 후보 영역 검출 단계에서는 가장 보편적으로 이용되고 있는 Sobel Edge 검출 기법을 이용하였다. Sobel Edge 검출 기법을 이용하여 차량의 후보 영역을 결정하는 HG(Hypothesis Generation) 단계에서 수직 에지(Vertical edge) 성분을 검출한다. 수직 에지 성분은 차량과 배경의 경계인 차량의 좌, 우에서 가장 두드러지게 나타나기 때문에 후보 영역으로 결정하기에 적합하다. 수직 에지 영상을 이진화하여 수직 성분에 대한 길이를 참조하여 자동차의 좌, 우측에 대한 후보 영역을 검출한다. 보통 수직 에지를 검출하여 후보 영역을 결정할 시에

보통 차량의 전방에 위치한 차량의 좌, 우에서 수직 에지가 가장 잘 나타나기 때문에 <그림1>의 (d)에서와 같이 전방 차량의 좌, 우측에서 연속적인 수직 성분이 가장 길게 나타남을 볼 수 있다. 또한 <그림1>의 (d)영상에서 후보 성분으로 정한 각 8개의 세로 선에 빨간 색으로 표시된 부분이 있는데 이것은 각 8개의 후보 성분 중에서 연속적으로 가장 긴 직선에서의 가장 하단 부를 표시한 것이다. 이것이 차량의 하단 부분에 대한 bottom point가 되는 점이다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 차량의 외각에서의 수직 성분은 차량의 바퀴가 도로와 닿아있는 부분에서 끊어짐을 알 수 있다. 그렇기 때문에 이 점은 차량 가장 신뢰성 있는 정보를 제공한다.

2.2 차량 검출 단계(Hypothesis Verification)

대부분의 차량은 차의 중심에서 좌, 우가 동일한 대칭성(Symmetry)을 갖고 있기 때문에 차량에서의 에지 성분 또한 좌우로 매우 유사한 형태로 나타난다[4]. 이러한 차량의 대칭성(Symmetry)을 이용하여 후보 영역의 중심점에서부터 좌, 우에 대하여 에지 점 분포에 대해 유사도(Matching rate)를 계산하여 차량과 비 차량을 구분한다.

본 논문에서는 수직 에지와 수평 에지에 대한 유사도를 비교하여 각각의 이미지에서의 유사도가 특정한 문턱치 이상의 값을 가질 경우에 차량으로 인식한다. 유사도를 구하는 식은 2개의 후보 라인의 중심에서 왼쪽과 오른쪽으로 나누어 왼쪽과 오른쪽 모두에서 에지 점이 나타난 수를 왼쪽과 오른쪽 한 곳에서도 에지 점이 나타난 수로 나누어준 값에 100을 곱하여서 나타내었다. 후면이 보이는 전방 차량의 경우에는 대략 30%에서 50% 정도로 유사도를 얻을 수 있었다. 이에 비하여 배경에 대한 유사도는 대부분 매우 낮게 검출되기 때문에 30% 정도 이상의 유사도를 갖는 경우에 차량으로 인식하였다.



(a)수평에지영상

(b)수직에지영상

<그림 2> 수평, 수직 에지 영상

위의 영상에서 녹색 선은 가장 큰 값을 가진 두 개의 수직 후보 선이다. 두 개의 후보선의 중심에서 보았을 때 차량의 범위 내에서 에지 성분은 좌측과 우측이 매우 유사함을 확인할 수 있다. 이렇게 차량의 대칭적인 특징(Symmetric feature)은 차량 검출에 있어서 좋은 특징 중의 하나이다.

2.3 실험 및 고찰(Experimental result & Consideration)



<그림 3> 결과 영상

위의 사진에서 사각형으로 표시된 부분이 검출된 차량이다. 위의 검출 사진에서 보면 알 수 있듯이 차량이 너무 어둡거나 거리가 멀어져 수직 에지 성분이 잘 나타나지 않은 차량은 검출하기 어렵다. 하지만 검출된 차량에서의 바닥 점과 차량의 폭에 대해서는 매우 정확하게 검출되는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 일반 시내 도로와 고속도로에서 얻은 영상에 대하여 실험이 이루어졌다. 차량 검출에서 가장 중요한 자 차량 바로 앞의 차량에 대해서는 90% 가량의 검출율을 얻을 수 있었다. 또한 Intel Core2 Duo CPU 3.00GHz, 2GB RAM 컴퓨터에서 수행시간이 약 0.03초 정도로 초당 33frame 가량의 영상을 처리할 수 있었다.

	전방 차량	측방 차량
일반 도로	87.9%	74.7%
고속 도로	91.4%	78.4%

<표 1> 검출 결과

아래의 두 사진은 대표적인 오 검출 영상이다. 본 논문에서는 도로 표시에 대해서는 고려하지 않았기 때문에 위의 그림 (b)와 같이 횡단보도로 인해 수직 에지가 많이 생기는 경우에는 차량을 검출하는데 실패하였다. 또한 30%에서 50%정도의 낮은 좌, 우 유사도로 인하여 차량이 아닌 배경에서 좌우가 유사하게 나타날 경우 차량으로 잘못 검출되는 그림 (a)와 같은 결과가 나타났다.



(a)배경을 차량으로 인식한 경우

(b)도로 표시 때문에 차량이 검출되지 않은 경우

<그림 4> 잘못된 검출 결과

3. 결 론

본 논문은 차량에 고정되어 있는 단일 카메라를 이용하여 자 차량의 전방에 위치한 차량을 검출하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 자 차량의 전방에 위치한 차량을 정확하게 검출하면 차량과의 거리를 알 수 있다. 또한 이 정보를 이용해 운전자에게 차량 거리를 알려줄 수 있으며 이에 따른 위험 상황을 제공하여 편리성 및 안전성을 향상 시킬 수 있다. 본 논문에서 사용한 알고리즘은 차량의 검출속도가 빨라 실시간 시스템에 이용하기 적합하다. 차량 검출 단계인 HV(Hypothesis Verification) 단계에서 보통 사용하는 템플릿 기반(Template-based) 방법이나 외관 기반(Appearance-based) 방법 등을 사용하지 않고 가설의 형성 단계인 HG(Hypothesis Generation) 단계의 에지 영상에서의 유사도를 이용하였기 때문에 320x240 해상도 영상을 초당 30frame 이상으로 처리할 수 있다. 향후에 정합방법을 개선하고 차량과 비 차량의 특징을 더하여 검출한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 또한 도로 표시와 같은 인공물을 제거한 후 차량을 검출한다면 복잡한 시내 도로와 같은 상황에서도 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 차량과 비 차량 간의 특징과 그림자와 같은 특징들을 이용하여 더 정확히 차량을 검출할 수 있는 방법에 대해 연구할 예정이다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업과 2단계 BK21 사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2009-(C1090-0902-0007))

[참 고 문 헌]

- [1] 유환신, “충돌회피 및 차선추적을 위한 무인 자동차의 제어 및 모델링”, 한국항공학회, 제11권, 제4호, 359~370, 2007년
- [2] Zehang, “On-Road Vehicle Detection : A Review”, IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL 28, NO.5, 694~711, MAY 2006
- [3] 송광열, “에지 분석과 에이다부스트 알고리즘을 이용한 차량검출”, 한국자동차공학회, 27~34, 2007년
- [4] J.M.Collado, “Model Based Vehicle Detection for Intelligent Vehicles”, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 572~577, June 2004