

그림자 및 에지 특징을 이용한 차량 후보 영역 검출

*이승현 *김태동 **이강 *정경훈

*국민대학교 전자공학과 **한동대학교 전산전자공학과

* {eacham, mtd2012, khjung}@kookmin.ac.kr ** yk@handong.edu

Hypothesis Generation for Vehicle Detection by Combining Shadow and Edge

*Lee, Seung-Hyun *Kim, Tae-Dong **Yi, Kang *Jung, Kyeong-Hoon

* Department of Electronics Engineering, Kookmin University

** School of Computer Science and Electrical Engineering, Handong Global University

요약

차량 인식 기술은 지능형 자율주행 차량 및 첨단 운전자 보조 시스템 (ADAS: Advanced Driver Assistance System)의 개발에 있어서 핵심 요소 기술이다. 영상 기반의 차량 검출 알고리즘은 일반적으로 가설 생성 (HG: Hypothesis Generation) 단계와 가설 검증 (HV: Hypothesis Verification) 단계로 구성된다. 가설 검증 단계는 관심 영역 (ROI: Region of Interest) 내에 차량이 존재할 가능성이 있는 후보 영역을 만드는 단계로서 전체 알고리즘의 복잡도와 성능에 영향을 미친다. 본 논문에서는 관심 영역 내에 존재하는 그림자와 차량으로 인한 에지를 검출하고 두 특징 정보를 결합한 가설 생성 방법을 제안하고 차량 후방 영상을 이용하여 사각지대를 감시하는 시스템에 제안 방법을 적용하는 실험을 수행하였다. 실험 결과로 제안 방법이 차량 후보 영역의 존재 여부와 위치 정보를 판단하기에 적합하며 이를 통해 차량 검출 알고리즘의 계산 복잡도를 개선하면서도 다음 단계인 가설 검증 시 검출 성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

최근 자동차 개발 분야에서 지능형 자율주행 차량 개발이 화두가 되면서 이와 함께 차량의 운행 안전 및 운전자의 편의성 증진을 위한 첨단 운전자 보조 시스템 (ADAS: Advanced Driver Assistance System) 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 카메라를 이용한 영상 기반의 주행 환경 인식 시스템들로는 차선 인식[1], 전방 차량 인식[2], 후방 사각지대 감지, 보행자 인식 시스템[3] 등이 있다. 영상에서 차량을 인식하고 그 정보를 이용하여 운전자 또는 지능형 차량에게 위험을 미리 경고하고 돌발 상황에 대처할 수 있도록 하여 교통사고를 예방하는데 도움을 주는 것이 그 목적이다. 그 중에서 전방 차량 인식과 후방 사각지대 감지 시스템은 영상에서의 차량 인식 기술을 기반으로 한다.

영상에서 차량을 인식하기 위해서는 전체 영역에서 차량이 있을 것으로 예상되는 부분을 추출해 내는 가설 생성 (HG: Hypothesis Generation) 단계와 후보 영역에 대해 차량인지 아닌지 판단하는 가설 검증 (HV: Hypothesis Verification) 단계를 거친다. 본 논문에서는 위의 두 단계 중 영상의 전체 영역에서 차량이 있을 것으로 예상되는 후보 영역을 추출해 내는 HG 단계의 알고리즘을 제안한다. 차량 검출을 위한 대부분의 기존 방법에서는 관심 영역(ROI: Region of Interest)을 설정하고 그 내부를 대상으로 검색을 수행한다. 관심 영역을 설정하면 영상에서 전체 대신 제한된 영역만을 살펴보면 되므로 계산 복잡도 측면에서 이득이 있지만, 영상 내 존재하는 차량을 놓칠 가능성이 있기

때문에 성능을 보장하기 위해서 주변 상황을 충분히 고려해야 한다. 차량 후보군을 판단하는 보편적인 방법은 관심영역 내에서 차량의 특징, 즉 색상, 모양, 움직임 등을 사용하는 것이다[4, 5]. 하지만 이러한 방법은 특정 특징을 추출하기 위한 별도의 기법들이 필요하며 영상의 밝기, 날씨, 센서의 색감 등 다양한 주변 환경에 따라 상당한 영향을 받는다는 점에서 알고리즘의 안정성 측면에서 바람직하지 못하다.

본 논문에서는 차량 후보를 판단하는 가설 생성을 위해 도로면의 그림자 특징과 에지 특징을 함께 사용하는 방법을 제안한다. 제안 방법에서는 그림자를 추출하는 기존의 기법[6]을 기반으로 하면서 환경 변화에 강인하도록 대응하였으며, 기존 기법의 문제점을 개선하기 위해 에지 성분을 함께 고려한다. 제안 방법을 사용하면 관심 영역 내에서 차량 후보의 존재 여부를 판단 할 뿐만 아니라 차량 후보의 위치를 보다 정확하게 선정할 수 있기 때문에 다음 단계인 차량 판단 과정(HV)에 있어 높은 정확성을 기대할 수 있다.

본 논문의 2절에서는 제안 알고리즘에 대해 설명한다. 제안 알고리즘의 전체적인 구성과 함께 알고리즘 구현의 핵심 부분인 그림자 특징 추출 방법과 에지 특징 추출 방법에 대해 서술한다. 이와 더불어 이를 이용한 차량 후보의 위치 추출 방법을 제안한다. 3절에서는 제안 알고리즘의 실제 영상에의 적용 결과를 제시하며, 4절에서는 이에 대한 결론을 서술한다.

2. 제안 알고리즘

1) 알고리즘 구성

차량이 존재할 가능성이 높은 후보 영역을 생성하기 위해 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 전체적인 순서는 그림 1과 같다. 매 프레임마다 영상이 입력되면 설정된 관심 영역을 대상으로 그림자의 정도를 별로 입력된 영상에 대해 아래의 그림 2와 같이 정해진 관심 영역 내에 그림자 특징을 추출하는 과정과 에지 강도를 계산하는 과정이 독립적으로 수행된다. 그리고 두 특징을 함께 고려하여 차량의 존재 여부를 판단한다. 최종적으로 그림자의 무게 중심을 계산하여 차량 후보 영역의 위치를 결정한다.

한편 본 논문에서는 제안 알고리즘의 적용 대상으로서 차량의 후방 영상에서 사각지대에 통과하는 차량 검출 시스템을 선택하였다. 따라서 이 경우 관심 영역은 차량의 후방 좌우 차선이 되며 소실점을 중심으로 좌우 차선의 위치에 따라 왼쪽과 오른쪽에 독립적으로 설정된다. 실험을 위해서 차량의 후방 3m 지점을 기준으로 설정하였으며 가드 레일이나 도로 구조물, 먼 차로 차량의 간섭을 배제하기 위해 관심 영역에서 좌우 상단의 모서리를 계산에 포함하지 않았다. 그림 2에서 사각지대를 통과하는 차량의 감시를 위해 설정된 관심영역을 나타내었다.

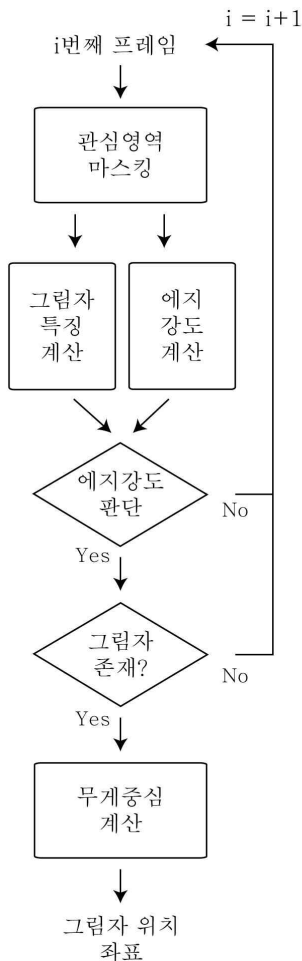


그림 1. 차량 후보 영역 추출 알고리즘 순서도



그림 2. 사각지대 차량 감시를 위한 관심영역 설정

2) 그림자 특징 추출

그림자 존재 여부 판단을 위해서 아래 식 (1)을 이용하였다. 식 (1)을 이용하여 구한 임계값(T)을 기준으로 영역 내의 그림자 여부를 판단한다. 이 식에서 m 은 관심 영역의 화소 밝기 값들의 평균값이며, σ 는 관심 영역 화소 밝기 값들의 표준 편차이다. α 는 임계값을 정하기 위한 표준 편차의 가중치이다.

$$T = m - \alpha \times \sigma \quad \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

위의 식 (1)을 이용한 이진화는 도로면 사이의 거친 질감을 가진 부분에서 발생할 수 있는 오류 또는 도로면 상에서의 밝기 차, 반사광 등에 의해 그림자로 오인될 수 있는 부분을 걸러준다[6]. 그림 3에서 제안 방법을 통해 그림자 영역을 추출한 과정을 나타내었다. 본 논문에서는 실험을 통해 $\alpha = 0.8$ 을 사용하였다. 그림자는 차량이 없더라도 영상 끝부분의 명암차이나 도로 구조물의 그림자 등에서도 검출될 수 있다.

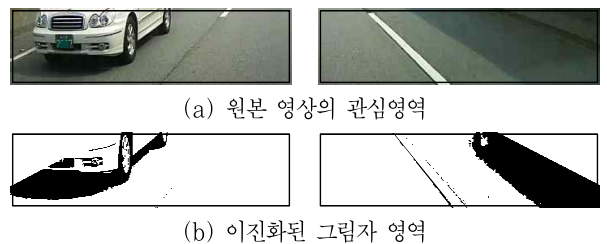


그림 3. 그림자 특징의 추출

이상의 방법으로 화소 밝기 값의 통계적 특성을 통해 영상에서의 단순히 어두운 부분과 그림자에 의해 어두운 부분을 구분할 수 있다. 하지만 관심 영역 내의 영상이 지나치게 평탄하여 표준 편차가 작으면 그림자 영역의 추출 결과가 부정확하게 나타나는 문제점이 있다. 그림 4에서 이 현상을 나타내었다.

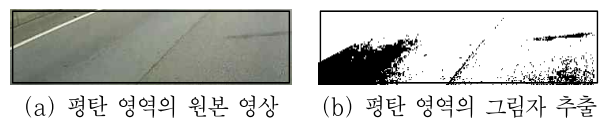


그림 4. 평탄 영역에서의 그림자 추출 문제점

3) 에지 특징의 추출

본 논문에서는 그림 4와 같은 문제 상황에 대응하기 위해 그림자 특징 계산과 함께 에지 특징을 함께 고려한다. 관심 영역의 영상이 전반적으로 별다른 변화 없이 평탄하다면 에지 성분이 없지만 그 내부에 차량 등 임의의 물체가 존재하면 다량의 에지가 나타난다. 제안 방법에서는 에지의 강도를 구하기 위해 소벨(Sobel) 연산자를 사용한다. 소벨 연산자를 이용하여 에지 강도를 구할 때는 그림 5와 같은 마스크를 영상에 적용하며, 식 (2)와 같이 계산한다. 이어지는 그림 6은 영상의 관심 영역 내에서 에지의 강도를 계산하기 위해서 소벨 필터를 적용한 결과이다.

P_1	P_2	P_3
P_4	P_5	P_6
P_7	P_8	P_9

그림 5. 소벨 윈도우

$$|G(P_5)| = |(P_1 + 2P_2 + P_3) - (P_7 + 2P_8 + P_9)| + \dots \text{식 (2)}$$

$$|(P_3 + 2P_6 + P_9) - (P_1 + 2P_4 + P_7)|$$



그림 6. 관심 영역 에지 검출 결과

그림 6을 통해 관심 영역 내에 차량이 존재하면 다수의 에지가 검출됨을 알 수 있다. 하지만 에지 성분은 차선이나 도로면의 노면표식이 존재하는 경우에도 강하게 발생하고, 평탄해 보이는 도로면에서도 작은 크기로서 발생한다. 따라서 본 논문에서는 관심 영역 내 의미 있는 에지 특징을 판단하기 위해 식 (3)과 같이 에지 강도의 상한과 하한을 설정하고, 최종적으로 식 (4), (5)를 이용하여 관심 영역 내에서 해당 범위를 만족하는 강도를 가지는 에지 위치의 개수를 계산하여 차량 후보 여부를 판단한다. 식 (3)은 식 (2)를 이용하여 계산한 에지 강도에 대해 상한과 하한을 설정하여 이진화된 행렬 $N(x,y)$ 를 만드는 식이다. 식 (4)를 이용하여 설정 범위 내에 있는 에지의 개수를 셀 수 있고, 식 (5)를 이용하여 관심 영역 내의 의미 있는 에지 특징을 판별하여 물체의 존재 유무를 판단한다.

$$N(x,y) = \begin{cases} 1 & (Th_l < G(x,y) < Th_h) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \dots \text{식 (3)}$$

$$D = \sum_{x=0}^X \sum_{y=0}^Y N(x,y) \dots \text{식 (4)}$$

$$Flag = \begin{cases} 1 & (D > Th) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \dots \text{식 (5)}$$

4) 차량 후보의 위치 추출

이상의 과정을 통해 얻은 그림자 특징과 에지 특징을 결합하면 보다 신뢰성 높은 차량 후보 영역을 검출하는 것이 가능하다. 다음 단계는 차량 후보의 수평 위치를 추정하는 작업이다. HG 과정에서 가능한 한 정확한 후보 영역 위치를 결정하여야 이후 HV 과정에서 우수한 성능을 기대할 수 있다.

앞에서 서술한 제안 방법에서는 차량 후보 영역이라고 판단된 경우, 이진화된 그림자 영역에서의 존재하는 잡음을 제거하고 그림자 영역의 빈 곳을 채우기 위해 모폴로지를 적용한다. 이 결과를 그림 7(a)에 나타내었다. 그 다음 그림 7(b)에 보인 바와 같이 그림자 영역으로 검출된 부분을 수평축에 투영하여 그 분포를 살핀다. 차량에 의해 나타난 그림자는 주로 수평방향으로 넓게 분포하는 경향을 보이는데, 투영 결과의 무게중심의 수평 좌표를 구하여 이 좌표를 중심으로 차량 판단(HV) 과정으로 전달할 차량 후보 영역 윈도우를 구성한다.

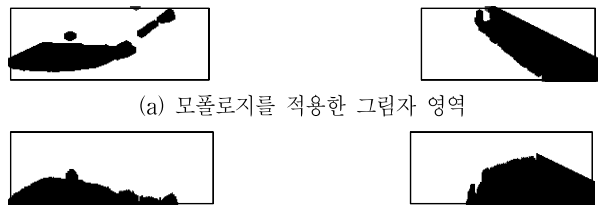


그림 7. 차량 후보 위치 추출

3. 실험 결과

알고리즘 구현은 Windows 8.1 64bits 운영체제 기반의 OpenCV 2.4.10. 버전을 이용하였으며, 성능 평가는 Intel Core i5 CPU 3.40GHz, DDR3 8GB 메모리 환경 상에서 진행하였다. 성능 평가를 위한 영상으로는 직접 차량에 설치된 블랙박스 후방 카메라로 촬영한 주행 영상을 사용하였다. 모든 실험 영상은 1920×1080 (Full HD) 해상도로 촬영되었으며, 본 논문의 알고리즘에서는 720×480 (VGA급) 해상도로 줄여서 이용하였다.

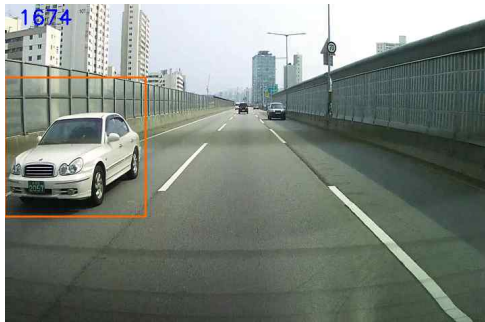
제안 알고리즘의 실제 적용 결과는 다음 그림 8과 같다. 제안 알고리즘을 이용하여 추출한 차량 후보 영역(HG)에 대해 사각형 틀로 표시 되어있다. 그림 8(a), (b), (c)와 같이 차량 후보 영역 윈도우가 차량이 이동함에 따라서 함께 이동하는 것을 볼 수 있다. 이는 차량이 움직임에 따라 그림자 영역도 함께 움직이기 때문에 제안 알고리즘에 의해 그 위치에 대한 추정 좌표가 변경되어 함께 움직인 결과이다. 이는 차량의 앞부분, 옆부분, 뒷부분에 관계없이 차량의 위치를 추적할 수 있음을 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 영상 내의 물체에 대해 차량인지 아닌지에 대해 판정하는 가설 검증(HV)에 앞서 물체 또는 차량의 예상 위치를 추정하는 가설 설정(HG)을 위한 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘에서는 먼저 관심 영역 내에서 그림자 특징과 에지 특징을 결합하여 차량 후보의 존재를 판단한다. 그림자를 추출하기 위해 관심 영역 내 화소



(a)



(b)



(c)

그림 8. 실험 결과

값의 통계적 특성을 이용하였으며, 차량으로 인한 유의미한 에지를 추출하기 위해 소벨 필터링의 결과로 얻은 에지 강도를 이중 임계값을 통해 제한하여 사용하였다. 다음 단계로서 관심 영역 내에 차량이 존재한다고 판단되면 그림자의 무게중심을 계산하여 차량 후보의 위치를 추정한다.

제안 알고리즘을 후방 카메라를 이용한 사각지대 감시 시스템에 적용하여 성능을 살펴보았다. 그림자 및 에지 특징을 결합함으로써 영상 내에서 차량의 존재 여부를 판단할 수 있고 차량의 위치도 비교적 정확하게 추정할 수 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 HG 알고리즘을 통해 차량 후보에 대한 신뢰성 높은 정보가 이후의 HV 과정에서 사용된다면 차량 검출 기법의 속도가 개선되고 성능이 향상될 것으로 기대된다.

이 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 (재)스마트 IT 융합 시스템 연구단(글로벌프린티어사업)의 지원을 받아 수행된 연구임. ((재)스마트 IT 융합시스템 연구단 - 2011-0031863)

참고 문헌

- [1] M. Haloi and D. B. Jayagopi, "A robust lane detection and departure warning system," 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.126-131, 2015.
- [2] C. Wang, H. Zhao, C. Guo, S. Mita and H. Zha, "Visual-based on-road vehicle detection: A transnational experiment and comparison," 2015 IEEE Intelligent Vehicles Symposium , pp. 455-462, 2015.
- [3] M. Enzweiler, D. M. Gavrila, "Monocular pedestrian detection: survey and experiments," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 31, no. 12, pp. 2179-2195, 2009.
- [4] A. Russell, J. J. Zou, "Vehicle detection based on color analysis," International Symposium on Communications and Information Technologies, pp. 620-625, 2012.
- [5] Luo-Wei Tsai, Jun-Wei Hsieh and Kao-Chin Fan "Vehicle detection using normalized color and edge map," IEEE International Conference on Image Processing, Vol. 2, pp. 598-601, 2005.
- [6] C. Tzomakas and W. von Seelen, "Vehicle detection in traffic scenes using shadows," Inst. Neuroinformatik, Ruhr-Univ., Bochum, Tech. Internal Report, 98-06, pp. 1-7, 1998.