

단일 카메라를 이용한 차량 검출 및 거리추정

이창화, 이재원, 김가현, 이현아, 정수지, 진우철, 김상기, *한동석
경북대학교

zswedx01@gmail.com, dshan@knu.ac.kr

Vehicle Detection and Distance Estimation based on Single Camera

Lee Chang Hwa, Lee Jae Won, Kim Ga Hyun, Lee Hyun A, Jeong Su Ji, Jin Woo Cher,
Kim Sanggi, Dong Seok Han
Kyungpook National Univ.

요 약

본 논문은 안전거리 미확보로 인한 후방 추돌 사고를 방지하기 위해 차량 인식 및 거리 추정 알고리즘에 대해 기술한다. 차량인식은 Haar 특징과 색공간을 활용한 후미등 검출을 통해 차량 후보군을 검출 하였고, 이를 HOG(Histogram of Oriented Gradient) 특징을 사용하여 차량 임을 검증하였다. 지속적인 차량 검출과 속도 향상을 위해 Optical Flow 를 활용한 추적을 적용하였다. 거리 예측은 검출된 차량의 너비와 실제 차량의 폭 사이의 비례관계를 통해 예측하였다.

I. 서 론

최근 늘어가는 교통사고 횟수 중 안전거리 미확보로 인한 후방 추돌 사고는 적지 않은 비율을 차지하고 있다. 이러한 사고를 예방하기 위해 다양한 연구가 되어왔고 상용화가 되고 있지만 아직까지 비용적 부담으로 보급이 잘 되지 않았다. 만일 대부분 차량에 달린 블랙박스 카메라나 스마트폰의 카메라를 사용한 기술을 개발한다면 쉽게 보급이 될 것이며, 안전거리 미확보로 인한 추돌사고를 예방하는데 큰 도움이 될 것이다.

본 논문에서는 블랙박스 카메라나 스마트폰 카메라를 활용한 운전자 보조 시스템을 제작하는 선행 연구로서, 단일 카메라 영상으로부터 전방 차량을 인식하고 거리를 예측하는 기본적인 알고리즘을 제안한다.

II. 본론

본 논문에서 제안된 알고리즘은 그림 2.1 과 같이 차량 검출, 거리 추정 단계로 진행 된다. 차량 검출은 빠른 실행 속도를 위해 차량 후보군을 선정 후, 해당 후보군이 실제 차량인지를 확인 하는 후보군 검증단계, 다양한 환경에서 강인한 성질을 지닐 수 추적 알고리즘을 적용한다. 거리 예측은 검출된 차량의 폭과 실제 차량의 평균 폭의 비례관계를 활용하였다.



그림 2.1 시스템 구성

2.1 후보군 선정

차량 인식 과정에서 정확도와 처리 속도는 트레이드 오프(trade off)관계에 있다. 후보군 검증 과정에 사용될 HOG 특징은 정확도는 비교적 우수하나, 실행 속도가 느리다. 후보군 선정 단계는 이러한 문제를 해결하기 위해 유동적인 ROI(Region of Interest)를 잡는 과정이다.

후보군 선정과정은 Haar-like 특징을 활용하여 학습시킨 cascade 방식의 Adaboost 를 사용하였고, Haar-like 특징의 취약한 점을 보완하기 위해 색공간을 이용한 후미등 검출 과정을 병행 하였다.

2.1.1 Haar-like 분류기

Haar-like 특징은 이미지에 두개 이상의 인접한 사각형 영역으로 구성되며, 그 영역 간의 임계치를 넘는 픽셀값 차이로 정의되며 연산이 비교적 간단하여 빠른 속도로 실행 될 수 있는 장점이 있다..

제안된 알고리즘에서는 Haar 특징을 활용하여 cascade 방식의 Adaboost 분류기를 positive 이미지로 차량 후면 사진을 약 5000 장, negative 이미지를 약 10000 장 준비하여 1:3 의 비율로 분류기를 학습시켰다.

그림 2.4 는 Haar 특징을 활용한 분류기를 사용한 결과이다. 빠르고 높은 검출율을 보이나 오검출(False Positive)와 차량임에도 잡지 못하는(False Negative)가 있었다.

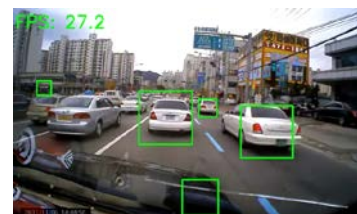


그림 2.4 Haar+Adaboost 분류기

2.1.3 후미등 검출

충분한 거리의 차량은 후측 모습이 유사하여 Haar-like 특징으로 검출이 가능하나, 비교적 가까운 거리의 옆차선 차량은 후측 모습이 왜곡되어 Haar-like 특징으로 검출이 어렵다. 또한 Haar-like 특징은 밝기 차를 이용한 특징으로 광량이 부족한 저녁 시간대에 검출률이 떨어진다. 이를 도로상에서 우세(Dominant)한 특징이 되는 붉은 후미등을 검출하여 보완한다 [1]. CIE $L^*a^*b^*$ 색공간의 a^* 영상으로 특정 임계값으로 이진화 후 후미등 쌍을 찾는 페어링(pairing) 과정으로 검출을 하였다. 그림 2.5 는 후미등 검출 과정의 영상이다. 좌측은 이진화를 시켜 폐곡선을 찾는 과정, 우측은 후미등 쌍을 찾아 페어링하는 과정을 진행한 모습이다. Haar 를 사용한 분류기에서는 검출하지 못한 좌측 차량이 잡히는 것을 확인할 수 있었다.



그림 2.5 후미등 검출

2.2 후보군 검증(HOG)

본문의 2.1 절에서 선정된 후보군은 차량일 확률이 매우 높지만, 차량이 아닌 정보 역시 포함 되어 있다. 후보군 중 차량임을 확인 하기 위해 HOG(Histogram of Oriented Gradient) 특징을 통해 검증한다. HOG 는 대상 영역을 일정 크기 셀로 분할 후, 각 셀의 gradient magnitude 가 일정 이상인 픽셀의 방향에 대해 히스토그램을 구성하여 비교하는 특징이다. Haar, LBP 와 비교하여 비교적 정확하나 실행속도가 느리다는 단점이 있지만, 제시된 알고리즘에선 후보군 선정과정을 통해 유동적인 ROI 를 설정하여 연산량을 줄였다.

2.3 추적(Optical Flow Tracking)

한번 검출된 차량이 전방에 있다가 수 프레임 내에 갑자기 사라지는 경우와 새로운 차량이 수 프레임 내에 갑자기 등장하는 경우는 매우 드물다. 이러한 가정을 바탕으로 강인한 차량 검출을 위해 수 프레임 마다 차량을 검출 하고 검출된 차량을 토대로 피라미드 루카스-카나데 방법을 활용하여 추적을 수행하였다.

2.4 거리추정

검출한 차량을 이용하여 검출된 차량의 너비 픽셀, 카메라의 초점거리, 실제 차량의 평균 너비의 비례관계를 이용하여 거리추정을 할 수 있다.

그림 2.6 와 같이 영상평면의 차 폭을 w , 초점거리를 f , 평균 차량의 폭을 W , 카메라와 차량의 거리를 D 라 하고 D 가 충분히 크다고 가정 한다면 $W:D=w:f$ 의 식이 성립한다.

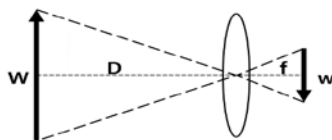


그림 2.6 거리 추정 방법

이와 같은 비례관계를 이용하여 거리를 추정하고, 운전자의 위험 인지를 위해 시속 50~60km/h 기준으로

적절한 제동거리인 30m 이상에서는 초록색으로 30m 이내에서는 분홍색으로 표시하였다

2.5 실험결과

제안된 알고리즘을 토대로 OpenCV 를 활용하여 코딩 후, Corei7 8GB RAM 의 환경에서 30fps HD(1280*720)의 주간 주행 영상을 테스트 하였다.

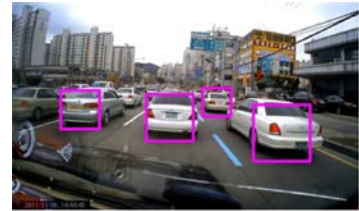


그림 2.7 제안된 시스템 수행

항목	TP	FP	FN	Precision	Recall
Haar	1984	162	501	0.9245	0.7984
제시된 알고리즘	2222	14	263	0.9937	0.8942

표 2.1 실험 결과(Haar 분류기, 제안된 알고리즘)

그 결과 제안된 알고리즘은 정확도(Precision)은 0.9937 재현율(Recall)은 0.894 로 일반적인 Haar 검출기와 비교하여 정확도와 재현율이 개선 되었음을 알 수 있었다. 실행 속도는 평균 24fps 로 Haar-like 검출기만을 사용한 경우보다 감소하였다.

III. 결론

본 논문에서는 단일 카메라를 통한 차량 인식과 거리 추정에 따른 안전 경보에 대한 알고리즘을 연구하였다. 안전 경보 시스템은 실시간성과 높은 정확도가 필수적이므로 Haar-like 와 후미등 검출을 통해 후보군을 선정한 후 HOG 특징으로 검증하는 방식으로 구성 하였으며, 다양한 환경에서 강인한 특성을 지니도록 루카스-카나데 방법을 이용한 추적을 수행하였다. 거리 추정은 간단한 비례관계를 이용하였으며, 이를 바탕으로 30m 를 기준으로 경고를 표시하였다.

해당 알고리즘을 구현 후 실험 결과 Haar 특징만을 사용한 알고리즘 보다 정확도와 재현율이 개선되었으며, 평균 24fps 로 실시간성을 확인하였다. 추후 GPS, 자이로센서와 결합하는 연구가 진행 될 시 좀 더 정확한 시스템을 구축 할 수 있을 것으로 보인다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의

대학 ICT 연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음"

(IITP-2016-H8601-16-1002)

참 고 문 헌

- [1] Mahdi, Mutsuhiro and Reinhard "Robust Vehicle Detection and Distance Estimation under challenging Lighting Conditions", IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, 2015