

자동차 주행 환경에서 모델링된 움직임 필드를 이용한 객체 영역검출

*이동희, **이강, *강동욱, *정경훈

*국민대학교, **한동대학교

*ldh@kookmin.ac.kr

Detection of Object Area by Modeling of Motion Field
in Automobile Driving Environment

*Dong Hee Lee, **Kang Yi, *Dong Wook Kang, *Kyeong Hoon Jung

*Koomin University, **Handong University

요약

지능형 자동차는 역사가 깊은 연구 분야이다. 과거에는 낮은 하드웨어 성능에 맞추기 위하여 복잡한 알고리즘을 경량화하면서 성능을 유지하고자 하는 제한적인 연구들이 주로 이루어졌으나, 최근 하드웨어 성능이 높아지면서는 다양한 알고리즘 적용이 가능해졌기 때문에 매우 활발하게 연구되는 분야가 되었다. 본 논문은 차량의 주행 특성을 반영한 움직임 벡터 필드 모델링을 수행하고, 이 모델 값과 실제 추정된 움직임 벡터와의 차이를 이용해서 차량의 후보 영역을 검출하는 객체 영역 검출 알고리즘을 제안한다. 제안하는 움직임 벡터 필드 모델링 기법은 기존의 움직임 벡터 추정 기법에 비해 계산량이 적고, 음영 영역이나 밝기가 포화된 영역에서도 움직임 필드를 모델링해낼 수 있는 장점이 있어서 상용화된 블랙박스 적용이 가능하다.

I. 서론

ICT 기업과 자동차 기업의 협업으로 자율주행 자동차에 대한 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 최근 국제전자제품박람회(CES, The International Consumer Electronics Show)에서 IT 기업과 자동차 기업이 협업하여 샌프란시스코에서 라스베이거스까지 약 880km를 자율주행을 시연하면서 자율주행 자동차의 상용화 가능성을 보였다. 현재는 미국자동차공학회(SAE, Society of Automotive Engineers)의 분류 기준으로 3단계 조건부 자율주행까지 상용화되었다[1].

조건부 자율주행은 운전자의 손이 조향장치에 있어야 한다. 현재 상용화된 기술은 운전자 중심의 자율주행 기술이다. 또한, 자율주행은 딥러닝이 가능한 플랫폼과 라이다 센서, 레이더 센서, 카메라, 적외선 센서 등이 필요하다. 이러한 플랫폼과 센서는 비용적 문제로 상용화가 어렵다. 자율주행에 관한 연구는 과거에는 운전자 보조 시스템(ADAS, Advanced Driver Assistance System)에 대한 요구가 증가하면서, 오랫동안 연구를 진행해 왔다. 현재는 운전자 보조 시스템 개발을 위한 하드웨어 플랫폼과 최적화된 API도 제공되고 있으며, 다양한 기능의 운전자 보조 시스템이 상용화되었다.

본 논문에서는 기존 블랙박스에서 적용 가능한 운전자 보조 시스템의 전처리 단계인 객체의 영역을 검출하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 다양한 어플리케이션 응용이 가능하다. 객체 영역을 검출하기 위해 차량의 주행 특성을 고려한 움직임 필드를 예측한다. 기존의 움직임 벡터 추정 기법과 비교하면 계산량이 적어 상용화된 블랙박스에 적용할 수 있고, 음영 영역이나 밝기가 포화된 영역에서도 움직임 필드를 구할 수 있다. 움직임 필드와 실제 객체의 움직임 벡터의 차이를 이용하여 객체의 후보영역을 검출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 움직임 필드 추정에 관해 설명한다. 3장에서는 객체 영역검출에 대해 기술 하였고 4장에서는 결론을 기술하였다.

II. 움직임 필드 추정

움직임 벡터 추정은 인접한 프레임의 사각형 윈도우 영역 혹은 임의의 모양의 패치에서 대응되는 지점의 일정 영역 안에 유사한 영역을 찾는 프로세스이다. 기존의 움직임 벡터를 추정하는 알고리즘은 대표적으로 블록매칭[2]과 유틸리티 플로우[3-5] 방법이 있다. 움직임 벡터는 탐색 영역이 넓어지거나 비교하는 영역이 커질수록 계산량이 많아진다.

2.1 움직임 벡터 모델링

움직임 벡터를 모델링하기 위해 자동차 주행 특성을 이용한다. 본 논문에서는 직선 도로 상황의 자동차의 주행 특성을 모델링 하였다. 직선 도로에서 움직임 벡터의 특성은 다음과 같다.

- i) 움직임 벡터의 방향은 소실점을 향하거나(전방 카메라 영상) 반대 방향(후방 카메라 영상)을 향한다.
- ii) 움직임 벡터의 크기는 소실점에서 멀어질수록 커지고, 가까워질수록 작아진다.

그림 1와 그림 2는 일정한 패턴의 움직임 벡터 필드를 보여준다.

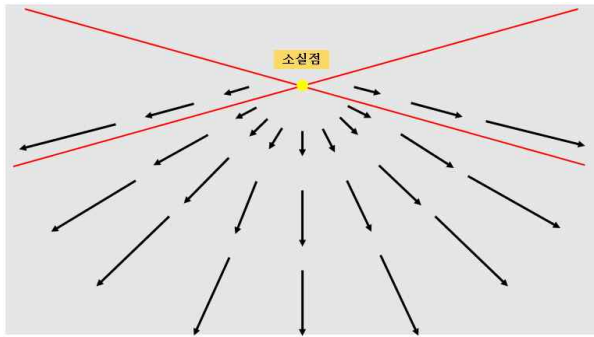


그림 1. 전방 카메라 영상 움직임 벡터 특성

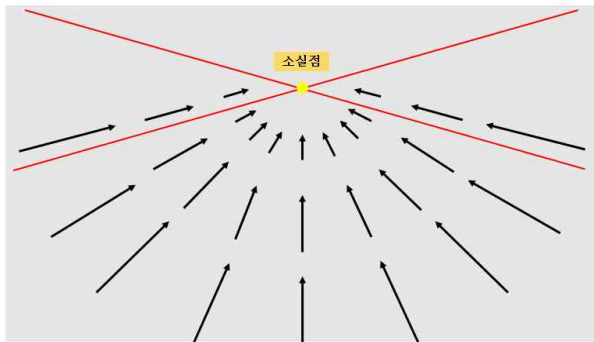


그림 2. 후방 카메라 영상 움직임 벡터 특성

i), ii) 특성을 이용하여 움직임 벡터의 크기와 방향을 모델링 한다. 화면상의 한 점 $C(x,y)$ 에서의 움직임 벡터의 크기와 방향은 다음의 과정을 통해 구할 수 있다. 먼저 소실점의 좌표 $V(x',y')$ 를 추정하여 이 점과 $C(x,y)$ 를 이은 직선이 y' -축과 이루는 각도를 θ 라 하면 이로부터 점 $C(x,y)$ 에서의 움직임 벡터는 다음 식으로 표현된다. (그림 3 참조)

$$\vec{v}(x,y) = (\alpha,\beta) = (r \sin \theta, r \cos \theta) \quad (1)$$

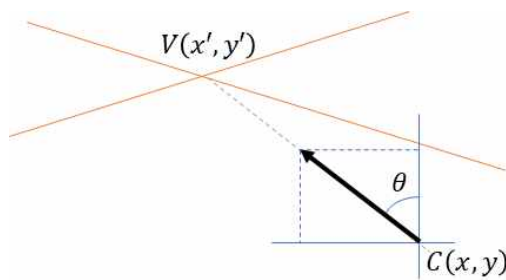


그림 3. 좌표 $C(x,y)$ 에서의 움직임 벡터 모델.

한편 $\sin \theta$ 와 $\cos \theta$ 는 $C(x,y)$ 와 소실점의 좌표 $V(x',y')$ 를 이용하여 아래와 같이 계산할 수 있다. d 는 소실점과 현재 좌표의 거리이다.

$$\cos \theta = \frac{(x' - x)}{d} \quad (2)$$

$$\sin \theta = \frac{(y' - y)}{d}$$

$$d = \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2} \quad (3)$$

식 (1)에서 r 은 예측하려는 움직임 벡터의 크기이다. r 은 현재 위치와 소실점 사이의 거리 d 에 대한 단조증가함수이다. 본 논문에서는 r 을 다음과 같이 모델링하였다.

$$r = |\vec{v}|_{\max} \exp[\gamma(d - d_{\max})] \quad (4)$$

이때 상수 λ_0 는 소실점으로부터 가장 멀리 떨어진 점에서의 움직임 벡터와 소실점까지의 거리 $|\vec{v}|_{\max}$ 와 d_{\max} 를 초기 몇 프레임에 대해 추정하고, 그 값을 이용해서 다음과 같이 정한다.

2.2 움직임 필드

움직임 벡터 모델링을 통해 움직임 필드를 예측한다. 그림 4는 예측된 움직임 필드이다. 객체가 존재하지 않는 영역을 제외시키고, 멀리 떨어져 있는 객체를 검출하기 위해 소실점 부근에서 움직임 필드의 간격을 조밀하게 하였다. 그림 5는 최종 움직임 벡터 필드이다.



그림 4. 전체 영역에서 추정된 움직임 벡터



그림 5. 최종 움직임 벡터 필드

III. 객체의 영역검출

영상에서 객체가 존재한다면, 객체의 움직임 벡터는 움직임 필드와 다른 방향과 크기를 가지게 되고, 차이 값이 일정 임계값을 넘는 경우 객체 영역이라고 판단한다.

$$diff(x, y) = \frac{1}{K^2} \sum_{i,j} (f_n(x+i, y+j) - f_{n-1}(x+i+\alpha, y+j+\beta))^2 \quad (6)$$

$f_n(x, y)$ 는 현재 프레임의 밝기값을 나타내고, $f_{n-1}(x, y)$ 는 이전 프레임의 밝기값을 나타낸다. α 와 β 는 예측된 움직임 벡터의 x방향 및 y방향 성분이며, K 는 밝기 값을 비교하려는 윈도우 영역의 크기이다. $diff$ 값이 임계값 ϵ 보다 크다면 객체 영역이라고 판단한다.

$$decision(x, y) = \begin{cases} 1, & diff(x, y) > \epsilon \\ 0, & diff(x, y) \leq \epsilon \end{cases} \quad (7)$$

그림 6는 ϵ 이 0.1을 적용하였을 때 결과 화면이다. ϵ 는 실험을 통해 구한 값이다. 그림에서 붉은색으로 표시한 화살표가 차이를 보이는 영역이다.

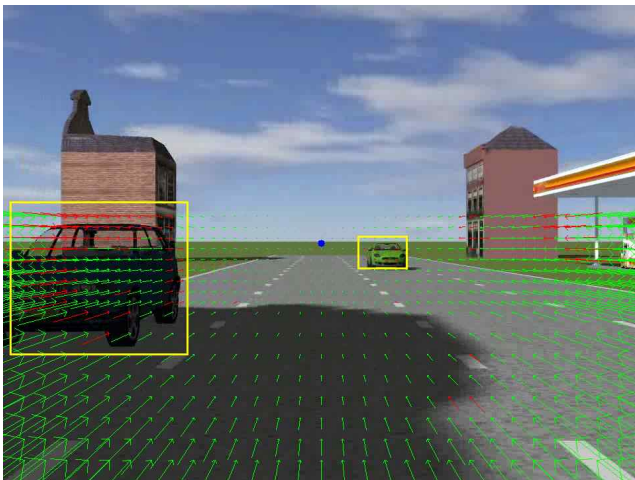


그림 6. 객체 후보 영역 검출

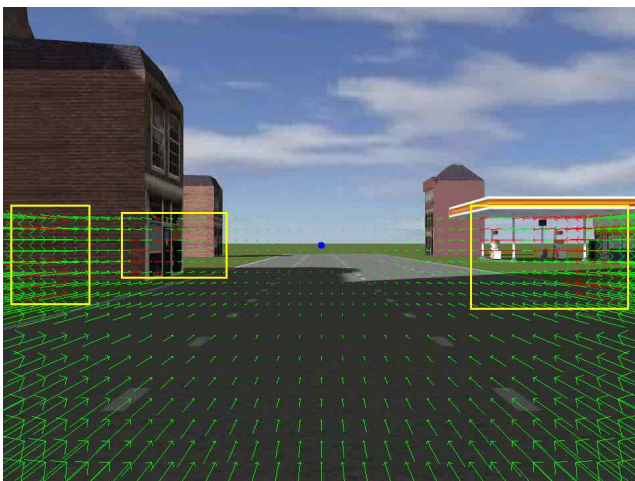


그림 7. 객체가 아닌 영역 검출

IV. 실험 결과

실험은 실제 주행 영상이 아닌 타스 인터내셔널의 자동차 시뮬레이션 프로그램 프리스캔(PreScan)으로 만든 영상으로 실험하였다. 프리스캔은 주행 시나리오와 교통 상황, 기타 파라미터에 대해 매우 사실적인 물리 기반의 시뮬레이션 데이터를 생성하여 알고리즘 검증 과정에서 많이 사용된다.

실험에서 사용한 파라미터 K 와 ϵ 는 영상에서 실험적으로 구한 값이며, 자동차의 속도, 빛의 환경에 따라 달라진다. 그림 6와 같이 객체의 영역을 검출하였다. 그러나 그림 7처럼 배경 영역에서 객체가 아님에도 불구하고 후보 벡터로 검출되는 영역을 배제하기 위한 후처리가 필요하다.

V. 결론

제안하는 방법은 자동차 주행 환경에서 주행 특성을 반영하여 움직임 벡터를 모델링하였고, 모델을 통해 움직임 필드를 예측하였다. 모델링 과정을 통한 움직임 벡터는 기존의 방법보다 계산량이 적으며, 음영 영역이나 밝기가 포화된 영역에서도 예측할 수 있다. 그리고 예측된 움직임 필드와 객체의 움직임 벡터를 비교하여 객체의 영역을 검출하였다.

추후 보완할 사항으로 실제 주행 영상을 기반으로 차량의 흔들림이나 도로의 상태, 차량의 속도 등을 반영하여 보완할 예정이다. 그리고 최종적으로 후처리 과정을 통해 객체 영역에서 객체를 분류한다.

이 논문(또는 저서)은 2018년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 (재)스마트 IT 융합 시스템 연구단(글로벌프런티어사업)의 지원을 받아 수행된 연구임 ((재)스마트 IT 융합시스템 연구단 2011-0031863)

참고 문헌

- [1] 이현숙, “ 자율주행자동차 기술개발의 특징 및 정책동향”, 융합연구정책센터
- [2] K. R. Rao and J. J Hwang, “Techniques and Standards for Image, Video and Audio Coding.” Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996.
- [3] S. S. Beauchemin; J. L. Barron (1995). “The computation of optical flow.” ACM New York, USA.
- [4] Zhang, G., Chanson, H. (2018). “Application of Local Optical Flow Methods to High-Velocity Free-surface Flows: Validation and Application to Stepped Chutes”. Experimental Thermal and Fluid Science. 90: 186 - 199.
- [5] Glyn W. Humphreys and Vicki Bruce (1989). Visual Cognition. Psychology Press. ISBN 0-86377-124-6.