

Top-view 공간을 활용한 차선 이탈 경고 시스템

박한동, 오정수

부경대학교 융합디스플레이공학과

Lane Departure Warning System Using Top-view Space

Han-dong Park, Jeong-su Oh

Department of Display Engineering, Pukyong National University

esterlla@pukyong.ac.kr, ojs@pknu.ac.kr

요 약

전방 충돌 경고 시스템(FCWS) 및 차선 이탈 경고 시스템(LDWS)은 운전자 보조 시스템(ADAS)의 중요한 요소이다. 차량 전방 카메라를 이용한 차선 이탈 경고 시스템은 일반적으로 취득한 영상에서 직선 형태의 차선이나 RANSAC 등을 이용한 곡선을 추적하여 차량의 중심과 비교하게 된다. 이러한 알고리즘은 넓은 범위의 차선이 요구되고 곡선에 취약한 약점이 있다. 본 논문에서는 Top-view 공간에서 현재 차량을 기준으로 차선 이탈 여부를 검사하는 알고리즘을 제시한다. 이 알고리즘은 좁은 범위의 차선으로도 차량 이탈 여부를 검사할 수 있으며 잡음에 영향을 거의 받지 않는 결과를 보여준다.

ABSTRACT

Forward collision warning systems(FCWS) and lane departure warning systems(LDWS) need regions of interest for detecting lanes and objects as road regions. In general, the lane departure warning system using a vehicle front camera is tracking a lane curve using RANSAC or the like in the form of a straight line obtained image are compared with the center of the vehicle. This algorithm has weaknesses that requires a wide range of the lane being vulnerable to the curve. This paper presents an algorithm that checks whether the current lane departure by car from the Top-view space. The algorithm also can check whether the vehicle in the lane departure of the narrow range, and shows the result that is almost not affected by noise.

키워드

ADAS, LDWS, Lane detection, Top-view, Bird-view

1. 서 론

최근 차량의 센서와 카메라 등을 이용한 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS : Advanced Driver Assistance System)의 시장이 커지고 있고 자율주행 및 반자율 주행차에 대한 기술이 나날이 좋아지고 있다. 운전자 보조 시스템을 위해 차량의 전방카메라로 취득한 영상내의 정보들을 이용하여 전방 충돌 경고 시스템(FCWS : Forward Collision Warning System)과 차선 변경 보조 시스템(LDWS : Lane Departure Warning System) 등은 상대적으로 저비용의 시스템으로 운전자를 편의를 제공할 수 있다. 차선 변경 보조 시스템을 위해서는 현재의 차선을 인식해야 하고 인식된 차선으로부터 이탈여부를 검사하는 알고리즘이 필요하다. 일반적으로 차선 인식을 위해서는

취득된 영상에서 허프변환을 이용하여 직선을 검출하거나 RANSAC 등의 수학적 접근에 의한 차선 추적을 하게 된다[1-3]. 이렇게 추적된 차선의 중심과 영상의 중심을 비교하여 차선 이탈 여부를 검사하게 되는데 이 방법은 곡선 차선에서 검출이 취약하고 검출을 위한 차선의 범위가 넓은 편이다. 그 이유로 영상내의 잡음이나 차선 외의 도로 환경에 취약하다. 또한 자연계 영상에서는 차선 이탈 여부를 검사하는 범위의 설정이 명확하지 않다. 본 논문에서는 Top-view 변환을 통해 3차원 공간 영상을 위에서 바라보는 2차원 공간 영상을 생성한다[4]. 생성된 공간에서 차량 근처의 차선과 실제 차량 길이를 기준으로 차선 이탈여부를 검사하는 알고리즘을 제안한다.

II. 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제안하는 차선 이탈 경보 시스템은 그림 1과 같은 과정으로 이루어진다. 사전 정보를 이용해 취득한 영상에 Top-view 변환을 하고 지정된 관심영역 내에서 차선을 검출하여 차량이 차선을 이탈하는지를 검사한다. 만약 차선이 검출되는 조건을 만족하지 않았을 때는 이전 프레임의 차선 정보를 통해 현재 차선을 예측하여 검사하게 된다.

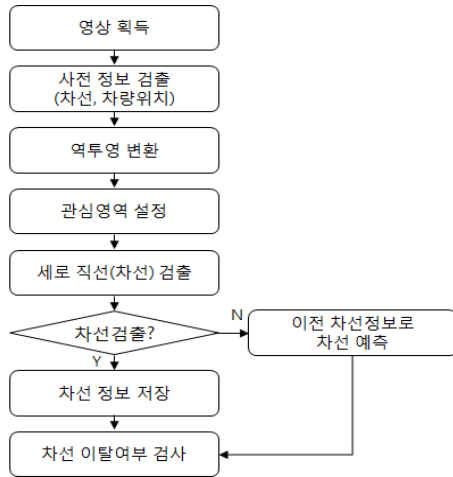


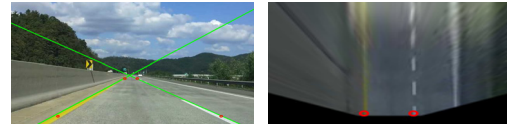
그림 1. Overview of LDWS Algorithm

2-1. Top-view 변환

3차원 공간에서 영상의 원근을 제거시키기 위해서 원근 투영 변환(perspective projective transformation)을 이용한다. 원근 투영 변환은 2차원에서의 물체를 다른 카메라로 투영 되었을 때의 관계를 표현한다. 4쌍의 대응점 (x', y', x, y) 들을 통해 식 (1)과 같은 투영 변환 행렬식에서 행렬 요소 $h_{11} \sim h_{33}$ 을 구한다[5].

$$w \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

그림 2(a)처럼 차량 전방카메라를 통해 이상적인 직선 차선의 점을 네 개 구하면 원근법에 의해 사다리꼴의 형태가 나오게 된다. 사다리꼴의 네 점과 임의의 직사각형의 네 점과 대응 관계를 이용하여 식 (1)의 행렬식을 완성하여 그림 2(b)처럼 2차원 Top-view영상을 얻을 수 있다.



(a) 원 영상 (b) Top-view

그림 2. Top-view 변환

변환 행렬은 카메라의 위치와 자세(pose)에 의존하므로 카메라가 유지되는 동안 변환 행렬을 다시 구할 필요가 없다. 그림 3(a), (b)는 앞에서 구한 행렬식을 통해 곡선 영상의 Top-view영상을 구하는 모습이다.



(a) 3차원 영상 (b) Top-view

그림 3. 곡선에서의 Top-view 변환

차량이 차선을 이탈하는 것을 감지하기 위해서는 차량에 대한 정보가 필요하다. 이를 위해서 정지된 차량의 전면에서 차폭을 그림 4(a)처럼 직선으로 측정하여 그림 4(b)와 같이 Top-view 영상에서의 길이와 위치를 표시한다.

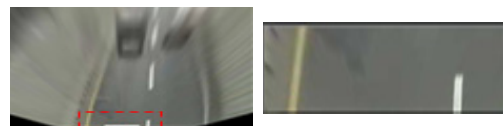


(a) 차폭 측정 (b) 보정된 위치

그림 4. 차량 위치 정보

2-2. 차선 검출

2-1의 과정을 통해 원 영상을 Top-view영상으로 변환하였고 변환된 공간에서의 차량 위치를 표시하였다. 그림 5(a)의 Top-view공간에서 차량 주위를 그림 5(b)처럼 관심영역(ROI)으로 설정하면 그 영역 내에서 정방향 주행 중인 차량 주변의 차선은 일부 특별한 상황을 제외하고는 세로 방향의 직선으로 표시된다.



(a) Top-view (b) 관심영역

그림 5. 관심영역 설정

그림 6(a)와 같이 관심 영역내의 이진화 된 영상을 Hough transform을 통해 세로 방향의 직선을 구하고 직선으로 인식이 되지 않는 부분들을 제거하면 그림 6(b)와 같이 현재 차선에 대한 정보만 남게 된다. 하지만 그림 7처럼 차선의 도포 상태와 점선 형태의 차선에 의하여 차선이 제대로 검출되지 않는 경우가 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 차선이 제대로 검출되지 않을 때 직전 2개의 프레임의 차선 정보를 이용하여 현재 차선을 예측하여 설정하게 된다.



그림 6. 차선 검출 과정

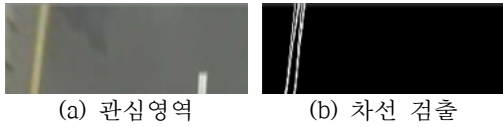


그림 7. 잘못된 차선 검출 결과

그림 8(a), (b)는 각각 그림 7의 2 프레임과 1 프레임 이전 차선 검출 영상이다. 영상 내에서 좌우 차선과 영상의 중심과의 거리를 식 2와 같이 구하여 저장을 한다.

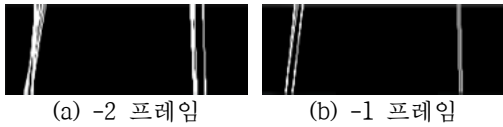


그림 8. 직전 2개의 프레임

$$\begin{aligned} Diff_L &= |x_{LaneL} - x_{Center}| \\ Diff_R &= |x_{LaneR} - x_{Center}| \end{aligned} \quad (2)$$

그림 8(a)의 경우 좌우 각각 85, 72의 값(단위:pixel)이, 그림 8(b)는 각각 82, 75의 값이 저장된다. 차선이 검출되지 않는 경우는 좌우 차선 중 하나만 검출되지 않는 경우와 양쪽 차선 모두 검출되지 않는 경우로 나눌 수 있다. 그림 7처럼 차선 하나만 검출 되는 경우에는 검출된 차선에서 식 2의 값을 계산하여 식 3처럼 직전 프레임의 값과의 차이를 검출되지 않는 차선에 적용시켜 차선을 예측하게 한다.

$$New Lane_R = Lane_{R-1} + (Diff_{L-1} - Diff_L) \quad (3)$$

그림 9는 그림 7의에서 오른쪽 차선을 예측

으로 그려진 영상이다. 그림 7의 $Diff_L$ 의 값은 81이며 직전 프레임과의 차이인 1만큼 그림 8(b)의 오른쪽 차선에서 이동되어 그려진다.



그림 9. 예측 차선

만약 양쪽 차선이 모두 검출되지 않을 때에는 식 (4)와 같이 직전 2개의 프레임에서 구한 차이 값을 직전 프레임의 차선에서 이동시켜 표시한다.

$$New Lane = Lane_{-1} + (Diff_{-2} - Diff_{-1})$$

만약 그림 8의 두 프레임 다음에 오는 영상에서 양쪽 차선이 모두 검출 되지 않을 때 예측된 차선은 각각 중앙으로부터 79, 78 픽셀만큼 떨어지게 될 것이다.

2-3. 차선 이탈여부 검사

2-2의 과정으로 검출된 차선 혹은 예측된 차선을 차량이 이탈하는지를 검사하는 과정을 검출하게 된다. 이 과정은 앞서 검출한 Top-view 공간에서의 차량 위치 및 길이를 나타낸 직선을 통해서 이루어진다. 그림 10처럼 가로 직선으로 표현된 차량이 차선과 겹치지 않으면 차량은 차선을 이탈하지 않는 것으로 판단하게 되고 그림 11처럼 가로 직선에 차선이 겹치게 되면 차량이 차선을 이탈하는 것으로 판단한다.

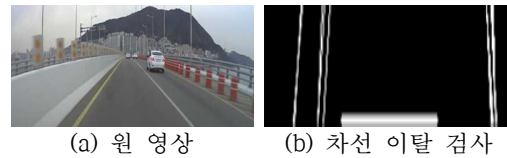


그림 10. 차선을 이탈하지 않는 예

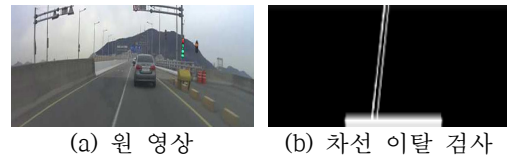


그림 11. 차선을 이탈하는 예

그림 12, 13는 실제로 차량이 차선을 이탈하는 순간을 제대로 감지할 수 있는지를 확인하기 위해 차량 측면에서 도로면을 촬영한 영상과 차량 전방 영상의 시간을 동기화하여 비교한 영상

이다. 그림 12는 차선을 이탈하기 직전의 영상으로써 검출 결과 이탈하지 않은 것으로 나타났다. 그림 13은 차선을 이탈하는 순간으로 검출 결과 또한 이탈하는 것을 나타내고 있다.

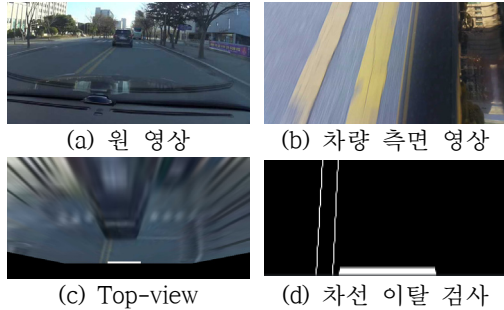


그림 12. 차선을 이탈하지 않는 예

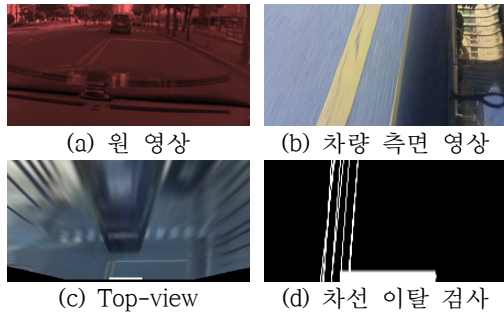


그림 13. 차선을 이탈하는 예

III. 실험 결과

차량의 측면에서 도로면을 촬영한 영상과 시간 동기화를 시켜 알고리즘의 유효성을 확인하였으며 영상 5개를 이용한 실험 결과는 표 1과 같았다. 각 조건별로 100개의 프레임에서 정확도를 측정하였으며 조건 1, 2는 각각 도로면에 아무 표시가 없는 환경에서 차선을 이탈할 때와 이탈하지 않을 때를 검사 하였으며 조건 3은 횡단보도, 정지선, 노면 표시 등의 노면 상에 도포 부분이 존재할 때의 검사결과이다.

표 1. 차선 이탈 여부 검사 결과 (단위 :%)

영상	1	2	3	4	5
조건 1	97	98	100	97	99
조건 2	99	96	98	96	95
조건 3	12	8	5	2	10

조건 3의 경우에 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 앞서 언급한 노면 상의 도포 부분들이 차선과 같이 인식이 되면서 차선 이탈 여

부를 검사함에 있어서 정확도에 영향을 주었기 때문이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 차량 전방 카메라를 통해 차선 이탈 경고 시스템을 구현하는 알고리즘을 제시하였다. 3차원 공간에서는 차선의 형태와 주위 환경에 따라 차선검출 방법이 복잡해지고 정확도가 떨어지게 된다. 또한 영상 내에서 차량의 위치와 크기를 결정하기가 어려운 점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 취득 영상을 Top-view 공간으로 변환을 하였다. 변환된 공간 내에 좁은 관심영역을 설정하여 세로 방향에 직선으로 나타나는 차선을 검출하였다. 차선 검출이 되지 않을 때는 직전 2개 프레임의 차선 정보를 이용한 예측 차선을 생성하였다.

실험을 통해 도로면에 표시가 없는 이상적인 환경에서는 차선을 검출하고 이탈 여부를 비교적 정확하게 검사하는 결과를 보였다. 하지만 노면상의 도포 부분이 존재할 때는 정확도가 낮았는데 이 점을 개선하기 위한 추후 연구 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] G. Liu, "Combining Statistical Hough Transform and Particle Filter for Robust Lane Detection and Tracking," in Proceeding of the Intelligent Vehicles Symposium, California, pp. 993-997, 2010.
- [2] H. Kwon, J. Yi, "An Efficient Lane Detection Algorithm Based on Hough Transform and Quadratic Curve Fitting," The KIPS transactions, Vol 12, No. 6, 1999.
- [3] J. Bae, S. Kim, H. Lee and H. Lee, "Lane Departure Warning Algorithm Through Single Lane Extraction and Center Point Analysis," The KIPS transactions, Vol 16B, No.1, 2009
- [4] J. Yeo, K. Koo and E. cha, "A Lane Tracking Algorithm Using IPM and Kalman Filter," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 17, No 11, 2013.
- [5] E. Dubrofsky, "Homography estimation," Diss. UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, Vancouver, 2009.