

전방 장애물 검출을 위한 효율적인 차선 인식 알고리즘

권화중, 이준호

성균관대학교 전기·전자 및 컴퓨터공학부

An Efficient Lane Detection Algorithm For Object Detection

Hwa-Jung Kwon, June-Ho Yi

School of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University
hjkweon@ece.skku.ac.kr, jhyi@yurim.skku.ac.kr

요 약

무인 자율 주행 시스템의 개발에는 전방의 장애물 검출 및 거리 계산이 필수적이다. 전방 장애물 검출시 입력 영상에는 검출하고자 하는 도로면 상의 물체뿐만 아니라 가로수, 표지판 등 관심 외적인 요소들이 함께 존재한다. 이러한 관심 외적인 요소들을 제거하기 위해 탐색 영역을 차선의 안쪽으로 제한시켜 계산 시간을 단축하고 관심의 대상이 되는 물체만 검출하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 관심의 대상이 되는 전방 장애물 검출을 위한, 탐색영역을 제한하는 간단하고 효율적인 차선 검출 알고리즘을 제시한다. Hough transform을 이용하여 직선의 도로와 완만한 커브에서 효율적으로 차선을 인식하여 전방의 장애물 검출을 효과적으로 수행한다.

1. 서론

주행중인 자동차의 근접거리에 존재하는 차량의 유무 및 존재하는 차량까지의 거리 계산은 무인 자율 자동차 관련 핵심 기술로서, 안전 운전에 필수적이다. 특히, 진행 방향에 위치한 일단의 장애물들은 차량의 운행과 안전에 직접적인 영향을 미치므로 이를 미리 검출하고 운전자에게 충분한 주의를 주는 것이 중요하다. 이러한 전방 장애물 검출 시에, 관심의 대상이 되는 도로상에 있는 전방의 물체뿐만 아니라, 관심의 대상이 되지 않는 가로수, 표지판, 측면 차량 등도 함께 입력 영상으로 들어오게 된다. 관심의 대상이 되지 않는 요소들은 전방 장애물 검출을 어렵게 만들기 때문에 관심 영역을 제한하여 전방의 물체를 효율적으로 검출하기 위한 방법으로 차선을 인식하는 것이 필요하다.

기존의 차선 인식 연구에 대한 요약이 표 1에 나타나 있다. 기존의 방법으로는 likelihood function과 chi-square를 사용해 적절한 template를 매칭 하는 방법[1] [3], DCT를 수행한 후에 deformable template를 이용하는 방법[2], 기하적인 변환과 신속한 morphology방법[4] 등이다. 이러한 방법들은 다양한 기상 변화와 빛의 명암에 강인하고 다양한 도로 환경에 적용이 가능할지라도 구현하기에 복잡하며 처리량이 많아 실시간으로 구현하기에는 고가의 많은 하드웨어가 필요하다는 단점이 있다.

본 논문은 고속도로와 같은 차선이 직선 또는 완만한 커브 형태를 지나는 도로에서 Hough transform을 이용하여 쉽고 간결하게 차선을 인식할 수 있으며 전방의 장애물 검출을 효과적으로 수행할 수

있는 실시간 시스템에 적합한 차선 인식 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 입력 영상으로부터 탐색영역을 제한한 영역에서 Sobel 연산자를 이용하여 edge normal 각을 구한 후 Hough transform으로 차선을 검출한다. 기존 방법 중의 하나인 DCT를 사용한 방법의 장점이 되는 다양한 도로 환경에 대한 강인성을 가지면서도 간단하고 구현하기 쉬워 실시간 시스템으로 구현 가능하며 전방 장애물 검출하기 위한 ROI(Region of Interest)를 결정하기에 유리하다는 장점을 지닌다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 연구 배경 및 제안한 알고리즘에 대해서 소개하며, 3절에서는 제안한 구체적인 알고리즘에 대하여 설명하고 4절에서는 알고리즘을 실제 영상에 적용한 실험 결과를 기술하였다. 마지막으로 5절에서는 결론 및 향후 과제에 대하여 기술한다.

2. 연구 배경 및 전방 장애물 검출 알고리즘의 개요

본 연구는 자율 주행 차량의 구현을 위한 스테레오 기반 거리 계산 시스템 개발의 일부로서 전체 시스템의 효율성을 증대하기 위한 ROI 검출에 대한 연구이다. 본 연구 결과가 이용되어지는 전체 시스템의 개요는 다음과 같다(그림 1. 참조). 전체 시스템은 크게 Helmholtz shear를 이용한 residual disparity map을 구하는 부분, 전방의 장애물을 검출하는 부분, 그리고 검출된 장애물까지의 거리를 구하고 표시하는 세 모듈로 나누어진다. 첫 번째 모듈에서는 두 대의 카메라를 통하여 획득한 스테레오 영상 중 왼쪽 영상에 관하여 Helmholtz shear를 취함으로써 오른쪽 시각의 영상으로 변환한다. 이

본 논문은 현대자동차(주)의 연구비에 의하여 수행 되었음.

저자 및 제목	발표 연도	특징	장점	단점
A. Kaske et al. [1]	'97	energy, homogeneity, contrast 등과 같은 통계적인 표준 사용과 chi-square fitting 사용	비도르변의 경계 검출이 가능	통계적인 표준을 사용하기 때문에 처리량 증가
C. Kreucher et al. [2]	'97	주파수 영역을 이용하고 deformable template 를 이용	다양한 도로 상황에 적용이 가능	DCT 사용에 의한 처리량 증가
A. Kaske et al. [3]	'95	likelihood function과 적절한 template를 선택하기 위한 chi-square fitting 사용	도로에 대한 사전 지식이 불필요하며 다양한 기상과 도로 상태에 강인	
A. Broggi. [4]	'95	기하학적인 변환과 신속한 morphological한 방법을 사용	그림자가 매우 진한 도로 면에서도 lane 검출 가능	스테레오 이미지 사용에 의한 처리량 증가와 도로의 사전 지식이 필요
D. Pomerleau. [5]	'95	가설과 검정 방법을 사용	도로의 급격한 변화에 대한 신속한 적응성과 다양한 기상 상태에도 적용 가능	변색거리는 짙은 도로 면에서의 오차 증가

표 1. 기존의 차선 인식 연구 요약
 왼쪽 변환된 영상 L'과 오른쪽 원 영상 R은 도로면이 아닌 부분에서

만 차이를 보이게 된다. L'과 R 각각에 Sobel 연산자를 적용하여 edge 정보를 추출하고, 문턱치(Threshold)를 이용하여 의미 있는 점(Point of Interest, POI)들을 구성한 후 이들에 대하여 residual disparity map을 구한다. 이렇게 구해진 residual disparity에서 장애물에 해당되는 영역은 non-zero disparity(residual disparity)를 가지게 된다. 두 번째 모듈에서는 셋째 모듈에서 얻어진 residual disparity map로 부터 전방 장애물을 검출한다. 세 번째 모듈에서는 검출된 장애물까지의 거리를 계산하고 운전자에게 계산된 거리를 차량 내부의 모니터에 표시해 준다. 본 연구의 내용은 블록 다이어그램의 진한 부분인 ROI 검출에 대한 연구이다. 자세한 내용은 참고 문헌[6]을 참조.

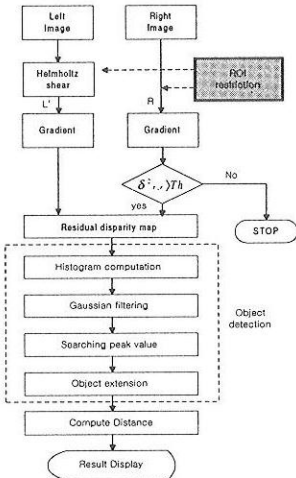


그림 1. 전체 시스템

3. 제안된 알고리즘

앞에서 기술한 바와 같이 본 연구의 내용인 차선인식 알고리즘은 그림 1의 전체 블록 다이어그램의 진한 부분에 해당 되고, 이 부분

자세한 블록 다이어그램은 그림 2에 나타나 있다.

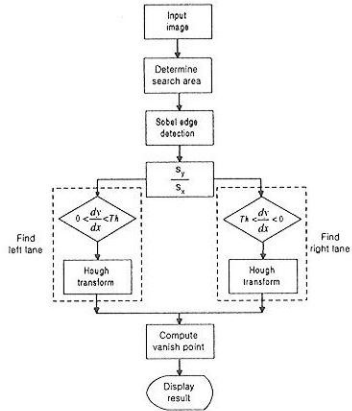


그림 2. 차선 검출 알고리즘

제안한 알고리즘의 구체적인 내용은 다음과 같다. 차선의 위치는 보통 차량 앞면의 좌측과 우측에 존재하므로 입력 영상의 전체가 아닌 일부에서 차선의 위치를 탐색하면 차선을 검출하기 위한 시간을 줄일 수가 있다. 입력 영상에는 지평선에 해당되는 vanish line이 존재하고 차선의 위치는 vanish line의 아래 부분에 존재하기 때문에 차선을 검색하기 위한 탐색 영역은 vanish point와 입력 영상의 좌측과 우측의 끝점인, 그림 3의 진한 부분이 되며 이 탐색 영역 안에서 Sobel 연산자를 이용하여 edge normal 각을 구하여 Hough transform으로 차선을 검출하게 된다.

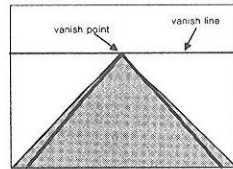


그림 3. 탐색 영역

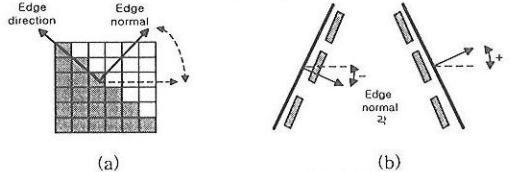
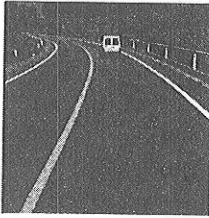


그림 4. edge normal 각 정의

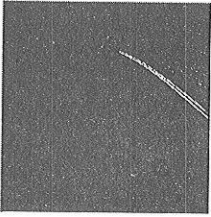
일단 정해진 탐색 영역에서 Sobel 연산자를 이용하여 영상을 x와 y 방향 각각에 대하여 미분한 값인 s_x 와 s_y 를 구하게 되어, s_y 를 s_x 로 나눈 $\frac{s_y}{s_x}$ 를 이용하면 그림 4의 (a)에서 보여진 영상의 수평 성분과 edge normal 사이의 각인 edge normal 각의 값을 알 수 있으므로 그림 4의 (b)와 같이 edge normal 각이 +인 값을 가지는 오른쪽 차선을 구하기 위한 영상과 edge normal 각이 -인 값을 가지는 왼쪽 차선을 구하기 위한 영상으로 분리 할 수가 있다. 그림 5에는 입력 영상(그림 5(a))에서 edge normal 각이 -인 edge 영상(그림 5(b))과 edge normal 각이 +인 edge 영상(그림 5(c))으로 분리 되어진 결과가 나타나 있다.

이렇게 edge normal 각의 값으로 분리되어진 두 영상들은 필요 없는 데이터도 존재하게 되므로 문턱치를 이용하여 제거하는 것이 필요하다. 일반적인 차선은 흑색의 아스팔트 보다 grey level이 높으므로 grey level에 대하여 문턱치를 취하게 되고 또한 edge normal 각

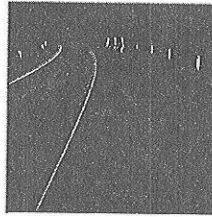
의 값이 일정 영역의 범위를 가져야 하므로 edge normal 각에 대해서도 문턱치를 취하게 된다.



(a) 입력 영상



(b) 오른쪽 차선의 edge

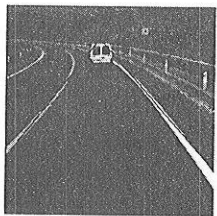


(a) 왼쪽 차선의 edge

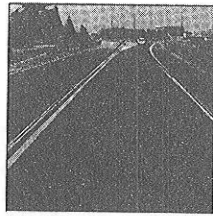
그림 5. edge normal 각에 의한 좌측 차선 edge 영상과 우측 차선 edge 영상의 생성

문턱치를 위한 edge들에 대하여 edge normal 각의 값이 +값을 갖는 edge와 -값을 갖는 edge에 대하여 hough transform을 취하여 왼쪽과 오른쪽에 대한 차선을 찾게 된다. 마지막으로, 정확한 vanish point를 얻기 위해 영상 좌표계 상에서 왼쪽과 오른쪽 차선의 연장선의 교점을 구하게 된다. 차선 검출을 위해 탐색 영역을 그림 3의 진한 부분으로 제한시킴으로써 전방의 장애물을 검출하는 시간이 줄어들어 좀 더 효율적으로 차선을 검출할 수가 있다.

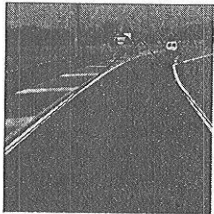
4. 실험 결과



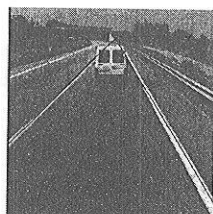
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 6. 결과 영상(1)

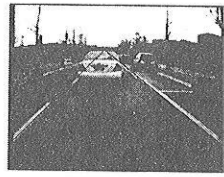
그림 6은 233MHz pentium II 컴퓨터로 인터넷에서 공개된, 256×

256 테스트 이미지[7]에 본 논문이 제안한 알고리즘을 적용한 결과를 보여주고 있다. 보여진 결과는 본 논문이 제안한 알고리즘이 직선의 도로(그림 6(b),(d)) 및 완만한 곡률(그림 6(a),(c))을 지닌 도로에서 차선 인식이 잘 된다는 것을 보여 주며, 또한 전방에 차량이 존재할 경우(그림 6(a),(d))에도 차선이 잘 인식된다는 것을 보여 주고 있다.

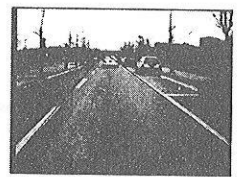
100개의 테스트 영상으로 차선 인식을 실험해 본 결과 98개의 영상에서 차선이 잘 인식되었으며, 결과에 대한 객관적인 정량적 판단 방법이 없기 때문에 시각을 통해 판별하였다. 표 2에는 본 알고리즘의 초당 처리 프레임 수와 차선 인식 성공률이 나타나 있다.

초당 프레임 수	차선 인식 성공률
2 frames/sec	98%

표 2. 차선 인식 계산 시간 및 차선 인식 성공률



(a)



(b)

그림 7. 결과 영상 (2)

그림 7은 실제로 실외의 도로영상을 획득하여 차선인식 알고리즘을 적용한 결과를 보여준다. 실험을 위해 획득한 실험 영상은 320×240 크기로 탐색영역과 관계된 파라미터를 제외하고는 그림 5에서 사용했던 임계값과 동일한 임계값을 사용하였다. 본 알고리즘을 사용해 ROI를 결정하여 전체 시스템의 처리 영역을 ROI만으로 제한하였을 때, ROI를 사용하지 않을 경우보다 계산량이 1/3가량 감소가 되며 관심 외적인 요소들도 또한 쉽게 제거가 되었다.

5.결론 및 향후 과제

본 논문에서는 차량 전방의 차선을 인식하기 위한 간단하고 효율적인 알고리즘을 제안하였다. 결과에서 보여 주듯이, 제안한 알고리즘은 Hough transform을 적용하여 직선의 도로와 완만한 곡률에서 효율적으로 차선을 인식했으며 도로 환경에 대한 강인성을 가졌다. 또한 전방 장애물 검출 시에 탐색 영역을 차선의 안쪽으로 제한시킴으로써 전방의 장애물을 검출하는 시간이 줄어들었음을 알 수가 있다.

6. 참고 문헌

- [1] Axel Kaske, Didier Wolf and René Husson, "Lane boundary detection using statistical criteria", International Conference on Quality Control by Artificial Vision, QCAV'97, 1997.
- [2] Chris Kreucher and Sridhar Lashkmanan, "LANA: A lane extraction algorithm that uses frequency domain features"
- [3] Axel Kaske, René Husson and Didier Wolf, "Chi-square fitting of deformable templates for lane boundary detection", IAR Annual Meeting' 95, November, 1995.
- [4] Alberto Broggi, "Robust real-time lane and road detection in critical shadow conditions", In Proceedings IEEE International Symposium on Computer Vision, November 19-21, 1995.
- [5] Dean Pomerleau, "RALPH: Rapidly adapting lateral position handler", 1995 IEEE Symposium on Intelligent Vehicles.
- [6] "스테레오 비전을 이용한 거리 및 물체 추적 기술 연구", 현대자동차(주), 1998년도 연구 보고서
- [7] <http://www.iem.it/ieng/vis/vislib.html>