

자율주행을 위한 불완전한 차선 영상의 차선 복원 방법에 관한 연구

박성현*, 송진현, 김영균
*충북대학교 소프트웨어학과
e-mail:psh19940403@gmail.com

A Study of a Lane Line Restoration Method of Uncertainty Lane Image for Auto-Driving

Seong-Hyeon Park*, Jin-Hyun Song, Young-Gyun Kim
*Dept of Computer Science, Chungbuk National University

요 약

자율주행기술은 오래전부터 연구되어왔으며 최근에 상용화를 위한 많은 연구개발이 빠르게 진행되고 있다. 본 논문에서는 자율주행의 핵심 기술 중 영상처리기술을 사용하여 차선을 검출하고 차선이 가려지거나 지워진 불완전한 영상으로부터 차선을 복원하는 연구를 수행하였다. 불완전한 차선 이미지로부터 차선을 검출하고 차선 복원 알고리즘을 제안하고 구현하였다. 제안한 차선을 복원하는 방법은 자율주행기술을 좀 더 신뢰할 수 있게 하며 자율주행 자동차의 상용화를 앞당기는데 기여할 것이다.

1. 서론

자율주행은 매우 오래전부터 연구가 진행되어 왔다. 예를 들어, 항공 기술에서 자동 운항(Auto-Pilot)이란 자동 조종 시스템은 관성 유도 장치와 전파 발신기를 통해 목적지와 기체사이의 거리를 계산하고 오차를 보정하는 시스템으로 자동운항 기술은 로렌스 스페리에 의해 1910년대에 최초로 개발되었다[1]. 이처럼 운행의 자동화는 오랜 역사를 가지고 있으며, 이미 선박이나 대부분의 자동차 기업들은 2030년까지 5단계의 자율주행 기술이 구현 될 것이라고 전망하고 있다. 자동 운항 기술이 적용된 자동차의 주행기술을 자율주행이라고 한다. 테슬라의 자율주행 기술의 명칭 또한 “Auto-Pilot”이다. 현재 많은 자동차에서 이용되고 있는 기능은 차선 유지 및 보조 시스템인 LKAS와 자동 주행속도 보조 장치인 크루즈 컨트롤이다.



(그림 1) Tesla Model S's Inside and Auto-Pilot[2]

이와 같은 기능을 구현하는 것에 비디오카메라를 통한 영상처리 기능은 매우 중요하며, 영상처리 알고리즘들의 성능이 개선됨에 따라 자율주행의 안전성 향상에 큰 기여를 하고 있다. 차선을 검출하는 알고리즘은 보통 영상 속의 직선 성분을 검출하는데, 만약 차선이 지워지거나, 혹은 눈, 흙 등에 가려져 보이지 않게 되면 문제가 발생할 수 있다. 이러한 예외상황인 불완전한 차선을 복원하여 인식하는 개념이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 영상처리를 통해 차선을 검출하고, 단절되거나 지워진 불완전한 차선에 대해 복원하는 알고리즘을 연구하였다.

2. 차선 복원의 개념

일반적으로, 복원의 개념은 원래대로 되돌리는 것을 의미한다. 따라서 차선 복원의 의미를, 적설이나 적토로 인해 가려진 차선을 보이게 하거나, 오래된 차선이 지워진 부분을 원래의 상태대로 되돌리는 것으로 생각할 수 있다. 하지만, 본 논문에서 정의하는 차선 복원은 차선 검출로 검출해낸 차선에 대한 데이터 중, 중간에 지워지거나 가려진 차선에 대한 부분에 의해 손실되어 있는 데이터들을 복원하여 검출하는 것을 말한다. 즉, 영상처리의 결과물이 기존 영상에서 차선이 복원되어 있는 영상이 아닌 가려지거나 지워져 검출되지 않았던 차선 데이터를 복원하여 검출이 되도록 하는 것이다. 이를 위해서 필요한 전처리 과정은 먼저, Hough Transform을 통해 영상 내의 직선을 검출해야 한다. 기존의 차선 검출 연구에서 이용하던 Probabilistic Hough Transform 함수로는 Canny Edge 함수

로 검출한 Edge들을 모두 직선으로 검출해낼 수 있다.



(그림 2) Hough Transform 변환 적용 차선검출 순서도



(그림 3) Hough Transform 변환을 적용한 이미지[3]

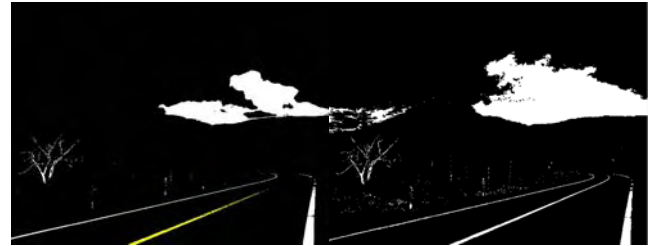
위의 사진은 실제 도로 사진에서 확률적 허프 변환으로 처리한 결과다. 차선도 매우 검출이 잘 되며, 곡선형태의 차선도 처리가 가능하지만, 단점은 모든 Edge를 검출하기 때문에 필요한 차선 영역 이외에도 배경이 검출되는 것을 볼 수 있다. 이를 해결하기 위해 영상처리 기법 중, 필요한 영역만을 처리하는 관심영역을 설정한다. 관심영역은 영역외의 영상은 처리하지 않는다. 따라서 관심영역을 이용하여 처리에 대한 시간을 줄일 수 있고, 더 정확한 데이터를 얻을 수 있다. 또한 본 논문에서는 HSV 색상 모델을 이용하여 복원 알고리즘을 구현했다. 통상 이용되는 색상 모델은 RGB 색상 모델이지만, RGB 색상 모델은 Thresholding을 통해 경계값을 넓게 잡아도, Edge 검출에 한계가 존재한다. 영상에서는 같은 색일지라도, 채도와 명도에 따라 다른 값의 픽셀이 존재한다.



(그림 4) RGB 색상모델을 적용한 Hough Transform변환

위 그림은 RGB를 통해서 흰색과 노란색을 추출한 영상이다. 인간의 관점에서 흰색으로 보이는 부분도 추출한 결과에서는 추출되지 않았다. 또한 햇빛의 세기, 그림자에 가려짐 유무에 따라 색이 변하기 때문에 이런 부분은 예지

로 검출되지 않는다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해서 이용하는 HSV 색상모델을 이용하였다. 여기서 H는 Hue(색상), S는 Saturation(채도), V는 B(Brightness)로도 불리고, Volume(명도)로 불린다. HSV의 색상모델은 같은 색일지라도 채도와 명도에 따라서 다른 값을 부여하기 때문에 RGB의 단점을 극복할 수 있어서 영상처리 개발자가 많이 사용하는 색상모델로 알려져 있다. 본 논문에서는 전처리 단계로 RGB영상을 HSV영상으로 변환하고 Hough 변환을 통해 차선을 검출한 영상[4]을 대상으로 차선 복원을 수행하였다.



a. RGB 색상 모델에서 검출 b. HSV 색상 모델에서 검출
(그림 5) HSV모델과 RGB모델의 차이

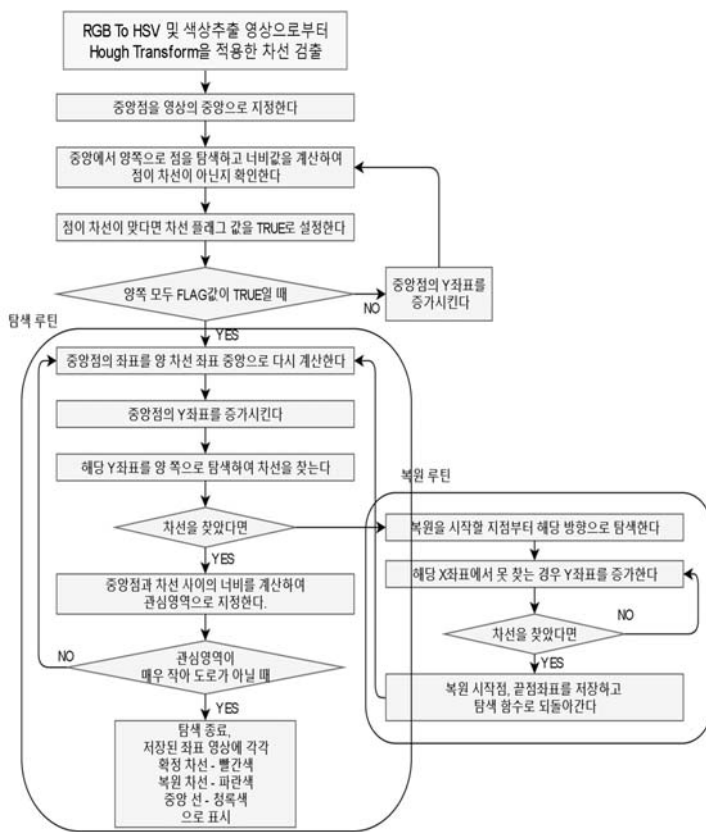
기준에 수행된 HSV색상 모델을 사용한 차선복원에 관한 연구는 수행되지 못한 문제점이 있다[5][6][7]. 따라서 본 논문에서는 차선을 검출한 영상에서 불완전한 차선들을 복원하는 연구를 수행 하였다. 먼저, 그림3,4,5에서 처리 단계에서 얻어낸 영상에서 검출해낸 데이터는 이미지에 표시할 때 빨간색 혹은 흰색으로 특정 색을 이용해 표시했으나, 두 점(x1,y1), (x2, y2)의 좌표로 표시되는 벡터 배열이 존재한다. 이 데이터를 이용해 영상의 중심부의 최하단부터 처리를 시작한다. 이 때 가장 가까운 벡터를 찾아낸다. 벡터의 주변정보를 조사하여 벡터가 차선과 일치율이 높을 때, 차선으로 인식한다. 차선인지 검사하는 정보들은 픽셀의 색상과 색상이 지속되는 넓이, 색상의 변화율, 벡터의 길이, 벡터의 기울기, 주변의 벡터와의 거리 차 정도를 변수로 고려한다. 이러한 정보를 이용해 차선으로 인식하면, 벡터의 끝점을 파악하여 따라가며 추적한다. 이때 벡터의 끝점이란, 상단으로 향하는 성분을 말한다. 끝점에 도달할 경우, 다시 주변의 가장 가까운 벡터들을 찾아서 검사를 시작하고 차선일 확률을 조사한다. 그리고 다시 차선일 확률이 높은 경우 그 벡터의 끝점까지 따라간다. 이 때, 따라가면서 검출되는 직선을 영상에 표시하고, 이 부분이 확률적으로 가장 높은 확률의 차선이다. 따라서 결과적으로는 손실된 차선 정보를 복구하여 영상에 표시가 가능하다. 이 부분에서 점선 차선과 손실차선의 구분도 필요하다. 이를 구분할 수 있는 요소는 패턴의 지속률로 손실된 차선의 경우 패턴이 불규칙적이지만, 점선 차선의 경우는 패턴이 규칙적으로 나타나기 때문이다.

3. 제안한 차선 복원 알고리즘

본 논문에서 연구하는 복원 개념에 대해 알고리즘을 설계하기 위해서는 많은 변수와 예외 상황이 고려되어야 한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘 설계를 위한 제약조건은 다음과 같다.

- 1) 알고리즘 적용 대상은 일반 이미지 영상이다.
- 2) 본 논문에서는 직선과 곡선 차선 모두 검출이 가능하다.
- 3) 차선은 점선이 아닌 실선 차선을 대상으로 한다.
- 4) 차선은 영상의 중앙에서부터 양쪽으로 탐색한다.
- 5) 차선의 후보 점을 찾을 경우 차선이 맞는지 확인하기 위해 5픽셀 정도 크기의 윈도우를 설정하여 확인한다.
- 6) 차선은 가장 밑에서부터 확인한다.
- 7) HSV 색상모델에서 명확하게 구분할 수 있어야 한다.

그림 5는 이러한 제약조건이 적용되는 알고리즘을 흐름도 표현한 것이다.



(그림 5) 제안하는 알고리즘의 흐름도

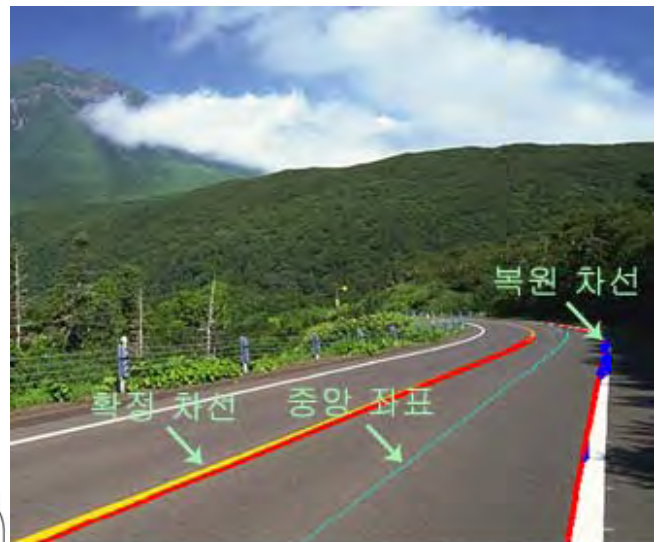
4. 구현

본 논문에서 제안하는 차선 복원 알고리즘은 객체지향 언어인 Java로 개발하여 후속 연구에서 재사용성을 높였다. 차선 복원 알고리즘의 구현 및 실행 환경은 표2와 같으며 OpenCV 라이브러리를 사용해서 구현했다.

그림 6에서 검출되어 차선이라고 확정된 차선은 영상에서 빨간색으로 표시했으며, 복원된 차선은 파란색으로 표시했다. 차선의 중앙 지점은 청록색으로 표시했으며, 차선의 중앙지점에서부터 확정 차선까지의 거리까지가 관심영역으로 동적으로 설정된다. 따라서 이 영역 밖의 데이터는 모두 폐기되어, 차원으로 검출되지 않는다.

<표 2> 알고리즘 구현 환경

언어	Java	
실행 환경	OS	windows 10
	Runtime	JRE 1.8.0
	CPU	Inter(R) i7-4870HQ
	RAM	16.0 GB
	Graphic	GeForce GT 750M
참조 환경	내부	JRE 1.8.0 SE
	외부	OpenCV 2.14.



(그림 6) 차선 복원 알고리즘이 적용된 영상

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서 제안한 차선 복원 알고리즘은 단절되거나 지워진 불안정한 차선 이미지로부터 차선을 복원하였으며, 자율주행 기술을 좀 더 신뢰하게 하여 자율주행 기술의 상용화를 앞당기는데 기여할 것이다. 향후 진행하는 연구의 목표는 제약 조건을 없애고, 알고리즘을 개선하여 성능을 더 빠르게 향상시키는 것이다. 본 논문에서 구현한 차선 검출 및 복원 알고리즘을 도로상의 많은 예외상황과 변수를 고려하도록 향후 연구에서 좀 더 지능적인 차선 복원 알고리즘으로 개선할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

“본 논문은 교육부가 지원하고 충북대학교가 수행하는 지역선도대학육성사업의 지원을 받아서 수행되었습니다.”

참고문헌

[1] HistoryNet, “Lawrence Sperry Genius on Auto Pilot”,
<http://www.historynet.com/lawrence-sperry-autopilot-inventor-and-aviation-innovator.htm>(2018.02.09)

[2] AutomotiveNews, “Consumer Reports urges Tesla to disable auto steering function”,
<http://www.autonews.com/article/20160714/OEM11/160719917/consumer-reports-urges-tesla-to-disable-auto-steering-function> (2018.02.09)

[3] Wallcoo.net, “The Beautiful Country Roads: Country Pathway Pictures- Country Road Scene Wallpapers”,
http://www.wallcoo.net/nature/road_wallpapers/html/wallpaper20.html (2018.03.06)

[4] 이상길 외, “HSV 색상 모델을 이용한 차선 이탈 방지 시스템에서의 차선 색상 인식 방법에 관한 연구”, 한국통신학회 학술대회논문집, pp 291-293, 2014.11

[5] 최나래 외, “효율적인 차선 인식을 위한 HSV 컬러 모델 기반의 전처리 기법”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp253-254, 2016

[6] 배찬수 외, “형태학과 색상 정보를 이용한 차선 인식 알고리즘”, 전자공학회논문지-SD 48(6), pp 15-24, 2011.6

[7] 송두현 외, “패턴매칭과 HSV 컬러모델을 병용한 차량 인식 알고리즘”, 한국멀티미디어학회 학술발표논문집, pp 73-76, 2004