

좁고 곡률이 큰 도로에서의 자율주행을 위한 AVM 시스템 기반의 알고리즘

한경엽*, 이민호*, 이선웅*, 류석훈* 이영섭*

*인천대학교 임베디드시스템공학과

e-mail : YSL@inu.ac.kr

An algorithm for autonomous driving on narrow and high-curvature roads based on AVM system.

Kyung Yeop Han*, Minho Lee*, SunWung Lee *, Seokhoon Ryu * and Young-Sup Lee*

*Dept. of Embedded Systems Engineering, Incheon National University

요 약

본 논문에서는 좁고 곡률이 큰 도로에서의 자율 주행을 위한 AVM 시스템 기반의 알고리즘을 제안한다. 기존의 전방을 주시하는 모노/스테레오 카메라를 이용한 차선 인식 방법을 이용한 자율주행 알고리즘은 모노/스테레오 카메라의 제한된 FOV (Field of View)로 인해 좁고 곡률이 큰 도로에서의 자율 주행에 한계가 있다. 제안하는 알고리즘은 AVM 시스템을 기반으로 하여 이 한계를 극복하고자 한다. AVM 시스템에서 얻은 영상을 차선의 색상 정보를 이용해 차선의 영역을 이진화 한다. 이진화 영상으로부터, 차량의 뒷바퀴 주변의 관심영역을 시작으로 재귀적 탐색법을 이용하여 좌, 우 차선을 검출한다. 검출된 좌, 우 차선의 중앙선을 차량의 경로로 삼고 조향각을 산출해 낸다. 제안하는 알고리즘을 실제 차량에 적용시킨 실험을 수행하였고, 운전면허 시험장의 코스를 차선의 이탈 없이 주행 가능함을 실험적으로 확인하였다.

1. 서론

최근 실제 도로에서 자율주행이 가능한 차량이 시중에 출시 될 만큼, 자율주행 기술은 급격히 발전되어 왔다. 자율주행 자동차에 이용되는 센서는 레이더, 라이다, GPS receivers, 카메라 등 여러 가지가 있다. 특히 그 중 카메라는 영상처리 알고리즘으로 자율주행을 하기 위한 대표적인 장치이다.

기존의 차선 인식 방법에 대한 연구는 차량 앞 유리에 부착된 front 카메라를 이용해왔다. Front camera를 통해 얻어진 영상에서 허프변환 (hough transform) 이 차선을 인식하기 위해 적용되어왔다 [1-2]. 혹은, IPM (inverse perspective mapping) 기법으로 top-view 시점으로 변환한 영상에서 몇몇의 차선 인식 방법들이 제시되어왔다 [3-5]. 하지만 이와 같은 front camera를 이용한 차선 인식 방법은 제한된 FOV (field of view)로 인해 차로부터 멀리 떨어진 차선만 검출 할 수 있다. 따라서 곡률이 높고 좁은 도로에서 적용하기 어렵다 [6-7].

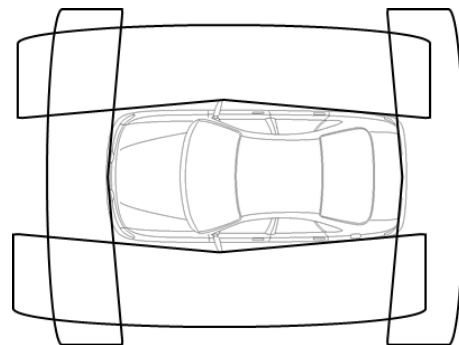
본 연구에서는 좁고 곡률이 높은 도로에서 효과적인 자율주행을 위해 AVM(Around View Monitoring) 시스템을 기반으로 한 새로운 알고리즘을 제시한다. AVM 시스템은 차량의 전후 좌우로 설치된 wide angle 카메라를 이용하여 차량 주변을 top-view 영상으로 출력할 수 있다. 재귀적 탐색 기법을 이용하여 AVM 영상을 기반으로 좌, 우 차선을 인식하거나 생성해 낸다. 자

율주행 자동차는 두 차선의 중앙을 계산하여 제시된 경로를 추종하여 제어 될 수 있다

2. AVM 이미지 와 차선 검출

2.1 AVM 이미지

차량 위에 존재하는 근거리의 차선 정보를 얻는 AVM 시스템을 구성하기 위하여 FOV 가 190 도 인 wide angle 카메라 4 대가 그림 1 과 같이 차량에 장착 된다.



(그림 1) 차량의 부착된 각 카메라의 위치와 FOV

Wide-angle camera 는 렌즈로 인한 방사 왜곡이 발생되므로 방사 왜곡을 보정하기 위하여 equidistance projection 을 이용한다 [8]. 각각의 카메라로부터 방사

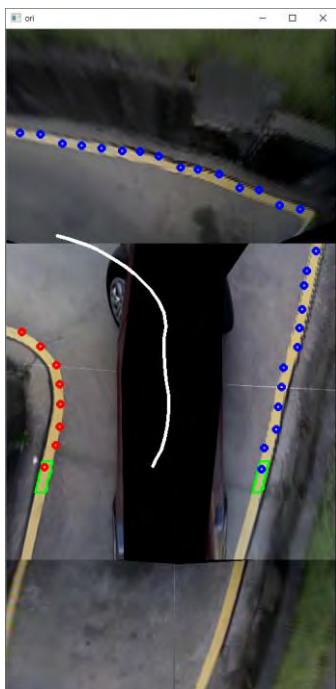
왜곡을 보정하여 얻은 영상을 차량의 전방, 후방, 좌, 우측의 도로를 top-view 시점으로 변환하기 위해 IPM (Inverse Perspective Mapping) 기법을 적용한다. AVM 이미지는 Top-view 시점으로 변환된 4 개의 이미지를 차량을 중심으로 정합하여 구성된다.

2.2 차선 검출

AVM 이미지 상의 차선은 도로로부터 HSV 색상 모델을 이용하여 구별할 수 있다[9]. 검출할 차선의 색깔은 노란색 혹은 흰색이기 때문에, AVM 이미지는 차선과 도로의 Hue, Saturation, 그리고 Value 값의 유클리디언 거리를 이용하여 이진화 될 수 있다.

재귀적 탐색 기법의 첫번째 단계는 이진화 영상으로부터 차량의 뒷바퀴 주변의 첫번째 기준 관심영역에서 차선을 검출하는 것이다. 재귀적 탐색 기법은 이진화 영상의 관심영역에서 차선의 contour feature의 평균을 차선의 좌표로 차선을 검출한다. 차선이 현재 기준 관심영역에서 검출되는지 여부에 따라 다음 관심영역이 결정된다. 결과적으로, 재귀적 탐색 기법의 출력은 그림 2 에 표시된 빨간 점들과 파란 점들과 같은 좌, 우측 차선의 중심점들의 두 집합이다.

자율주행 차량의 경로는 재귀적 탐색 기법으로 계산된 좌측 차선과 우측 차선의 중심점들의 집합의 중심선을 이용하여 계산된다. 중앙선은 이동 평균 필터를 통해 그림 2 의 흰 선과 같이 노이즈를 제거한다.



(그림 2) AVM 시스템에서 차선 검출 결과

3. 차량의 조향각 산출

차량의 조향각 산출을 위해 The Stanley method 를

이용한다. 조향각을 구하는 공식은 다음과 같다 [10].

$$\delta(t) = \psi(t) + \arctan \frac{kx(t)}{u(t)}. \quad (1)$$

차량 중심과 경로 간의 거리인 cross-track error, $x(t)$, 와 차량의 방향과 경로의 각도 차이인 Yaw error, $\psi(t)$, 차량의 속도, $u(t)$ 가 필요하다.

Cross-track error 와 yaw error 는 앞서 AVM system 기반으로 검출한 차선의 중앙선을 이용하여 계산한다. 차량의 속도는 차량의 각 바퀴의 속도를 CAN 신호를 통해 받아와 계산해 낸다.

4. 실험 결과

실험은 인천 신진 자동차 전문 학원의 S 자 코스와 굴절 코스에서 수행되었다. 각각의 코스는 90 도의 커브와 60 도의 커브로 구성되어 있으며 차선의 색깔은 노란색이다. 차량의 속도는 3 kmh 로 고정하였다.

그림 3 의 빨간색 선은 자율주행 차량이 시험 도로를 주행 할 때 GPS 수신기로 측정한 차량의 궤도를 나타낸다. Fig. 5 는 자율주행 차량이 차선을 벗어나지 않고 차선의 중앙을 따라 주행하였다는 것을 보여준다.



(a) 굴절 코스 (b) S 자 코스

(그림 3) 자율주행시의 차량의 궤도

5. 결론

본 논문에서는 AVM 영상 기반으로 재귀적 탐색법을 통해 차선을 검출하여 차량의 조향각을 산출하는 알고리즘을 실제 차량의 주행에 적용시켜 높은 곡률의 협로에서 차선을 이탈하지 않음을 실험적으로 확인하였다.

참고문헌

- [1] B. Yu and A. K. Jain, "Lane boundary detection using a multiresolution Hough transform," Proceedings of International Conference on Image Processing, Santa Barbara, CA, vol.2, pp. 748-751, 1997.
- [2] Wang, Yue, Eam Khwang Teoh, and Dinggang Shen. "Lane detection and tracking using B-Snake." Image and Vision computing 22.4, pp. 269-280, 2004.
- [3] M. Bertozzi and A. Broggi, "GOLD: a parallel real-

- time stereo vision system for generic obstacle and lane detection,*" in IEEE Transactions on Image Processing, vol. 7, no. 1, pp. 62-81, Jan 1998.
- [4] M. Aly, "Real time detection of lane markers in urban streets," 2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Eindhoven, pp. 7-12, 2008.
- [5] Wang, Jun, et al. "An approach of lane detection based on Inverse Perspective Mapping." Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014 IEEE 17th International Conference on. IEEE, 2014.
- [6] A. Takahashi, Y. Ninomiya, M. Ohta, M. Nishida and M. Takayama, "*Rear view lane detection by wide angle camera,*" Intelligent Vehicle Symposium, vol.1, pp. 148-153, 2002.
- [7] S. Li, H. Oshima, I. Nakanishi and K. Fujimura, "*Lane departure estimation by side fisheye camera,*" 2011 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Beijing, pp. 1004-1009, 2011.
- [8] Kannala, Juho, and Sami S. Brandt. "*A generic camera model and calibration method for conventional, wide-angle, and fish-eye lenses.*" IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 28.8, pp. 1335-1340, 2006.
- [9] Kuo-Yu Chiu and Sheng-Fuu Lin, "*Lane detection using color-based segmentation,*" IEEE Proceedings. Intelligent Vehicles Symposium, pp. 706-711, 2005.
- [10] Thrun, Sebastian, et al. "*Stanley: The robot that won the DARPA Grand Challenge.*" Journal of field Robotics 23.9, pp. 661-692, 2006.