

도심 환경에 적합한 자율주행차량 시스템의 구현

한성준, 김성재, 장호혁, 문범석, 박성현, 이영섭*
 인천대학교 임베디드시스템공학과 Active Control Lab
 Email : {hansj1014,ksj6543,jnghhk,beoms94,psh960203,*YSL}@inu.ac.kr

Implementation of an Autonomous Vehicle System for Urban Environment

Sungjoon Han, Seongjae Kim, Ho Hyeok Jang, Beomseok Moon, Seonghyeon Park, Young-Sup Lee*
 Active Control Lab, Department of Embedded Systems Engineering
 Incheon National University

요약

본 논문은 도심 환경에서 운행 가능한 자율주행차량 시스템의 구현 방안에 대해 다루고 있다. 현대자동차가 주최한 2019 대학생 자율주행 경진대회는 도심 환경을 재현한 K-City에서 열렸고, 도심 환경에서 발생할 수 있는 돌발 장애물 인지, 공사 구간 우회, 교차로 신호등 인지, 사고 차량 회피, 응급 차량에게 차선 양보 및 톨게이트 통과 등의 6개의 미션을 자율주행차량이 무인운전으로 수행하는 것이었다. 이 대회를 위해 본 연구팀에서 개발한 자율주행 시스템은 리워드된 실제 차량에 탑재되어 대회장의 모든 주행 미션을 성공적으로 수행하였다.

1. 서론

본 논문은 2019년 7월 현대자동차가 주최한 2019 대학생 자율주행 경진대회를 위해 인천대학교 (INU)에서 제작한 자율주행 차량의 구현에 대해 다루고자 한다. 자율주행 차량의 개발 및 신뢰성 검증을 위해 서는 다양한 상황에서의 성능 평가가 필수적이다. 자율주행 차량을 실제 상황에 적용시키기 위해서 도심 환경에서의 테스트가 중요하다[1].

이번 대회는 자율주행 차량을 위한 시험장으로 설립된 K-City에서 열렸다[2]. 이 대회에서 제시된 6개의 도심 도로 환경 미션에 대해 참여하는 자율주행 차량들은 최단시간으로 주행하도록 요구되었다[1]. 각 미션은 그림 1과 같이 (a) 도로를 횡단하는 돌발 보행자 인지, (b) 공사 구간 우회, (c) 교차로 신호등 인지, (d) 사고 차량 회피, (e) 응급 차량에게 차선 양보 및 (f) 톨게이트 통과였다. 이 대회에서는 차량의 자율주행 기술뿐만 아니라 주변 인프라와 차량간의 V2X 기술의 적용도 요구되었다[2].

본 대회에서 모든 미션을 성공적으로 마친 INU 자율주행 차량의 시스템 구성에 대해 기술한다.

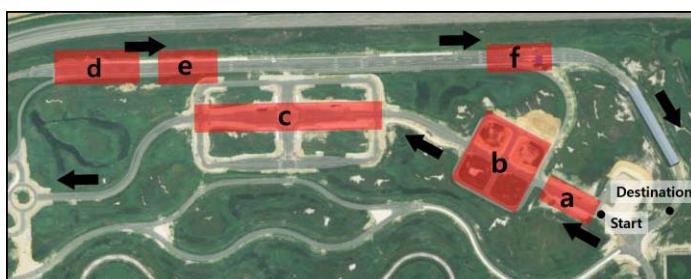


그림 1. K-City 와 6 개의 미션 구간

2. 자율주행 시스템 H/W 및 S/W 아키텍처

INU 자율주행 차량은 현대 i30를 기반으로 개발되었으며, 도심 환경에 적합한 자율주행 시스템을 구현하기 위해 리워드를 하였다. 그림 2는 본 시스템의 H/W와 S/W 아키텍처를 보여 준다. H/W는 주변 환경을 인지하기 위한 센서, 제어기, 엑추에이터 및 V2X 단말기로 구성하였다. 센서의 경우, Velodyne VLP16 라이더 2대, 전방 카메라, Ascen AKT-980R GPS, 어라운드뷰 카메라, Gateway 및 V2X 통신을 위한 OBU(On Board Unit)로 구성하였으며, 엑추에이터는 BLDC 모터를 사용하여 조향 제어와 긴급제동에 적용하였다. S/W는 크게 인지, 판단 및 제어를 위해 개발되었으며, 이를 위해 두 대의 PC가 설치되었다.

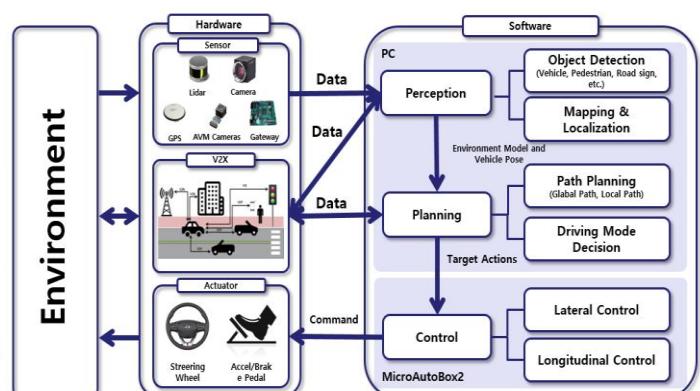


그림 2. H/W 및 S/W 아키텍처

3. 미션 별 수행 로직

미션 1 은 도로를 횡단하는 돌발 보행자를 인지하기 위하여 라이더를 사용한 클러스터링 알고리즘을 사용하였다. 클러스터링 알고리즘은 임의의 모양의 클러스터를 발견하도록 디자인된 밀도기반 클러스터에 기반한 알고리즘인 DBSCAN(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘은 잘 알려진 CLARANS(Clustering Large Applications based upon RANdomized Search) 알고리즘 보다 임의의 모양의 클러스터를 발견하는데 훨씬 더 효율적으로 알려져 있다[3]. 돌발 보행자를 검출하는데 적합하다고 판단하여 이 알고리즘을 사용하였다.

미션 2 는 공사 구간 우회에서는 V2X 통신으로부터 받은 TIM(Traveler Information Message) 메시지를 활용하였다. 공사 구간을 인지하고, 그래프를 이용한 최단 경로 탐색 알고리즘인 Dijkstra 알고리즘에 적용하여 [4], 공사 구간을 우회하는 최단 경로를 탐색하였다.

미션 3 은 교차로 신호등 인지에서는 신호등 신호의 정보가 V2X를 통해 전달된다. INU 자율주행 시스템은 전달된 현재 신호와 잔여 시간을 확인하고, 최고 속도로의 교차로 통과 가능 여부를 파악하여, 가능할 경우, 최고 속도로 신호등을 통과하였다.

미션 4 는 사고 차량 회피는 라이더를 통하여 인지하고 grid map 에 mapping 시켰다. 본 시스템은 생성된 grid map 안에 최단 경로 탐색 알고리즘인 A* 알고리즘을 사용하여 사고 차량을 회피하기 위한 경로를 탐색하였다[5].

미션 5 는 응급 차량에게 차선 양보는 보행자 검출과 마찬가지로 라이더를 사용한 DBSCAN 클러스터링 알고리즘을 사용하였다. 응급 차량의 접근을 인지 후 차선을 변경하고, 응급 차량이 INU 자율주행 차량을 추월하면 INU 자율주행 차량은 원래 차선에 복귀하였다.

미션 6 은 톨게이트 통과는 톨게이트 구조물로 인해 GPS 신호가 불안정해질 수 있다. 본 시스템은 이에 대비해서, pointcloud 간의 정합을 하는 알고리즘인 NDT(Normal Distributions Transform) 알고리즘[6]을 사용하여 차량의 위치를 추정하였다.

3. 대회 주행 결과

INU 자율 주행 차량은 돌발 보행자 미션에서 보행자를 인지하여 보행자와의 거리가 3 m 가 남은 지점에 정차한 후, 보행자가 횡단을 확인 후 재출발하였다. 공사 구간 우회 미션에서 본 차량은 직진 및 우측 진행 방향의 공사 구간 정보를 V2X 를 통하여 수신하였고 좌회전을 통해 해당 구간을 통과하였다.

신호등 통과 미션으로 V2X 통신을 통하여 첫번째 교차로에서는 V2X 통신의 잔여 시간을 확인 후, 최고 속도로 통과하지 못한다고 판단, 정지 후 두번째 교차로와 세번째 교차로에서 최고 속도로 통과하였다. 1,3,4 차로를 가로 막는 사고 차량을 인지하였고, 이를 회피하여 이차선으로 진입하여, 사고 차량을 회

피하였다. 사고 차량을 회피하여 2 차로 주행 시 후방에서 응급 차량이 접근하였으며, 라이더를 통하여 응급 차량을 인지, 응급 차량이 본 차량과 10 m 이내 접근 5 초 이내 차선을 변경 하였으며, 응급 차량이 본 차량을 회피 후, 2 차선으로 복귀 하였다. 하이패스 통과 시 V2X 로부터 수신 받은 30km/h 이하로 주행하며, 라이더 정합을 통하여 터널을 안정적으로 통과하여 도착지에 정차 하였다.

한편, INU 자율주행차량은 데이터 처리의 과부하를 방지하기 위해 2 대의 PC 를 사용하여 본 시스템을 구성하였다. 또한 카메라 이미지에서 ROI(Region of Interest)를 설정하고, 라이더 데이터의 전처리 과정을 거쳤음에도 불구하고 데이터의 실시간 처리에 어려움을 겪었다. 많은 데이터의 실시간 처리를 위해 효과적인 데이터 전처리 알고리즘의 적용이 필요한 것으로 판단되었다.

카메라의 경우 영상인식 알고리즘 실행 과정에서 때때로 광량의 영향을 받기도 하였다. 실 도로의 환경이 항상 일정하지 않다는 것을 보아, 다양한 환경에서도 강인한 알고리즘의 개발이 필요한 것으로 판단되었다.

4. 결론 및 향후 연구

INU 자율주행차량은 도심 환경 하에서 진행된 2019 현대자동차 자율주행 경진대회에서 제시된 6 개의 미션을 성공적으로 완수하였다. 각 미션을 위해 개발된 로직들의 성공적인 수행이 실제 도심의 도로 환경에서 확인되었으며 대회 미션 수행 도중 나타난 일부의 예상하지 못한 문제들에 대한 개선의 필요성도 있었다.

향후 해당 차량을 이용하여 협로 주행, 회전교차로, 주차 등 자율주행에 필요한 기술 들을 연구하고 개발 할 예정이다.

참고문헌

- [1] “한국자율주행차 테스트, 이제 ‘K-City’에서”. <http://www.bloter.net/archives/276517>
- [2] 2019 현대자동차 대학생 자율주행 자동차 경진대회 <http://www.2019avc.co.kr/>
- [3] ESTER, Martin, et al. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In: *Kdd*. 1996. p. 226-231.
- [4] Dijkstra, Edsger W. "A note on two problems in connexion with graphs." *Numerische mathematik* 1.1 (1959): 269-271.
- [5] DELLING, Daniel, et al. Engineering route planning algorithms. In: *Algorithmics of large and complex networks*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 117-139.
- [6] MAGNUSSON, Martin; LILIENTHAL, Achim; DUCKETT, Tom. Scan registration for autonomous mining vehicles using 3D-NDT. *Journal of Field Robotics*, 2007, 24.10: 803-827.