

자율주행 인력 양성을 위한 1/10 교육플랫폼 개발

구자민*, 윤경배*, 류현석**, 고국원***, 박준성****

*한라대학교 IT소프트웨어학과

**한라대학교 기계공학과

***한라대학교 미래모빌리티공학과

****한라대학교 AI융합보안학과

e-mail : ozaki5741@gmail.com, xdassy@naver.com, wjdfud9@gmail.com,
js.park@hu.halla.ac.kr, kukwon.ko@halla.ac.kr

Development of 1/10 education platform for autonomous driving workforce training

Ja-Min Koo*, Kyung-Bae Yoon*, Hyeon-Seok Ryu**,
Kuk-Won Ko***, Jun-Sung Park****,

*Dept. of IT Software, Halla University

**Dept. of Mechanical Engineering, Halla University

***Dept. of Future Mobility Engineering, Halla University

****Dept. of AI Convergence Security, Halla University

요약

자율주행 분야에서 인력 양성을 위한 1인 1모빌리티 교육플랫폼을 개발하였다. 자율주행 기술은 빠르게 발전하고 있지만, 전문 인력의 양성을 위하여 많은 H/W의 비용으로 인하여 실제 자율주행 기술을 실험할 수 있는 1인용 교육플랫폼의 개발이 필요하다. 이를 위하여 제안한 교육플랫폼은 자율주행에서 사용되는 센서의 액츄에이터와 자율주행 알고리즘을 학습할 수 있도록 1/10 scale 크기의 H/W를 구성하였으며 프로그래밍을 가능하도록 온라인 강의와 실습 과정으로 구성되었다. 교육 과정은 모듈별로 구성되어 이론과 실습 과정은 ROS(로봇 운영체제)를 사용하여 C언어로 구현하였다. 개발된 교육플랫폼은 시간과 공간의 제약 없이 학생들이 수강할 수 있도록 온라인 강의와 실습 과정이 통합되어 있어 학생들이 이론과 실습을 통하여 자율주행 분야에 대한 인력 양성을 촉진할 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 자율주행 자동차 시장 규모가 증가하는 추세이기 때문에 이를 구현하고 유지보수할 자율주행 인력에 대한 수요가 증가하고 있다. 본 연구에서는 자율주행 인력 양성을 위해 1/10 Autonomous Platform을 이용한 교육프로그램을 구성하였다. 자율주행 기술의 핵심 요소인 센서, 제어 모듈, 통신 모듈 등을 통합적으로 제공하는 자율주행 시스템 개발 플랫폼이며, 자율주행에 필요한 다양한 알고리즘 및 모듈을 쉽게 구현하고 검증할 수 있어 자율주행 인력 양성에 적합한 플랫폼으로 평가된다. 따라서 본 연구에서는 자율주행 인력 양성을 위한 교육프로그램을 구성하였다. 이를 통해 학습자는 실제 자율주행 시스템을 제작하고 테스트하여 경험을 쌓을 수 있으며, 자율주행 기술의 이론적인 이해와 함께 실무 능력을 함양할 수 있다. 이러한 교육프로그램의 개발과 활성화는 자율주행 산업의 성장에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

2. 자율주행 H/W플랫폼 구성

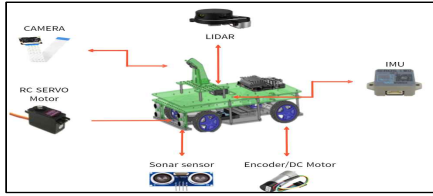
2.1 전체 차량 구성

교육용 자율주행 자동차 플랫폼은 실제 자율주행 자동차에 사용하는 센서와 액츄에이터의 기능을 묘사하기 위해서 [표 1]에서와 같이 정하였다. 실제 자율주행에서 사용하고 있는 중요 센서들을 가능한 포함시켰다.

자율주행 자동차	1/10 Platform
Lidar	Lidar
전방 RADAR	Sonar sensor
Speed Control	Encoder, IMU
Steering Control	Potentiometer + Servo
Camera	Camera


[표 1] 실제/교육용 차량 센서 및 액츄에이터 비교

실제 자율주행 시스템은 고가라 교육용으로 운영하기 어려우므로, 1인 1모빌리티 교육의 목적을 달성할 수 있게 1/10 scale의 크기로 자율주행 기능을 구현하도록 센서와 액츄에이터를 선정하였다.



[그림 1] 1/10 scale 차량 H/W 구성도


2.2 센서 시스템-라이다

M1C1_Mini		
	Operating Voltage	5V
	Weight	98g
	Field of view	360°horizontal
	Rotating speed	10Hz
	Measurement accuracy	3860 points/s
	Detection distance	0.10~8m

[표 2] YD LIDAR X4 PRO 성능 표

M1C1_Mini는 UART 통신을 지원하며, 라이다의 회전 속도는 초당 10회전이며, 최대 8m의 측정 거리를 갖고 있다. 측정 오차는 2% 이하의 정밀도로 1/10 scale 차량으로 자율주행 구현에 충분한 정밀도를 제공하여 선정하였다.


2.3 센서 시스템-카메라

IMX219-120 Camera		
	Light-sensitive chips	Sony IMX219
	Mpx	8 Mpx
	Focusing field angle	120°
	CMOS Size	1/4 Inch
	Power Supply	3.3V
	Lens Size	6.5mm x 6.5mm
	Module Size	25mm x 24mm

[표 3] YD LIDAR X4 PRO 성능 표

카메라 선정 시 고려해야 할 부분은 해상도와 픽셀 크기이다. 사용된 카메라는 최대 8Mpx(3280 x 2464)을 지원하며 1.1 2μm 픽셀 크기로 고해상도 이미지를 촬영하며, 120°의 시야각을 통하여 자율주행에 필요한 레인 인식과 신호등 및 객체 인식이 가능한 IMX219-120 Camera 모델을 선정하였다.

2.4 센서 시스템-IMU


HFI-A9 IMU		
	Communication Method	USB Serial Port
	Baud rate	921600
	Return rate	300Hz
	Gyroscope Range	± 2000 °/s
	Power Supply	4.7 ~ 5.5V
	Angle accuracy	static 0.1° dynamic 0.5°
	Module Size	34mm x 34mm

[표 4] HFI-A9 성능 표

사용된 IMU는 UART 통신을 지원하며, 초당 300Hz 속도로 약 0.3°의 정밀도로 회전 각도의 취득이 가능하며 Kalman filter가 내장되어 있어, 노이즈에 강건하여 1/10 scale 차량에 적합한 정밀도를 제공할 수 있으므로 HFI-A9 IMU 모델을

선정하였다.


2.5 센서 시스템-encoder

GM25-13CPR		
	Operating Voltage	6 ~ 12V
	Output format	2-channel (A, B)
	Counts Per Revolution	13 CPR
	Ratio	1:34
	Current	250mA

[표 5] GM25-13CPR 성능 표

자동차가 이동한 거리를 측정하기 위해 사용된 GM25-13CPR 엔코더는 회전당 13개의 엔코더 신호를 발생시키며 13:1의 감속기를 사용하고, 지름이 60mm인 바퀴를 사용했을 때 1펄스당 4.6154mm의 위치 정밀도를 가진다.


2.6 센서 시스템-초음파 센서

HC-SR04		
	Power Supply	5V
	Idle Current	< 2mA
	Measurement angle	< 15°
	Measurement distance	2cm - 500cm
	Measurement resolution	3 mm

[표 6] HC-SR04 성능 표

사용된 초음파 센서의 유효 각도는 15°이며 높이가 45mm이므로 삼각 함수 공식에 45mm / tan 15°를 이용하여 약 168mm의 유효 거리를 감지한다. 초음파 센서는 실습에 적용하기 용이하고 자율주행에 필요한 물체 인식과 ADAS를 구현 가능한 HC-SR04 모델을 선정하였다

2.7 액츄에이터-RC Servo

MG 966R		
	Operating Voltage	4.8 ~ 7.2 V
	Stall Torque	9.4 kgf·cm
	Maximum Stall Torque	11 kgf·cm
	Operating Speed	0.17s / 60°
	Maximum Operating Speed	0.14s / 60°
	Rotating	0 ~ 180°

[표 7] MG 966R 성능 표


RC 서보는 1/10 scale의 차량에서 조향 각도를 +30, -30으로 제어할 수 있도록 기구 부를 구성하였으며, 표3과 같이 아래의 표와 같이 서보 모터의 각도에 따라 조향각이 설정되도록 기구 부를 구성하였으며, 조향에 필요한 최대토크 11 kgf·cm를 만족시킬 수 있도록 선정하였다.

Servo PWM	LEFT Angle	Servo PWM	RIGHT Angle
90	0	90	0
87	2	93	-2
84	4	96	-4
81	7	99	-6
:	:	:	:
45	26	135	-27
42	28	138	-28
39	29	141	-29

36	30	144	-30
----	----	-----	-----

[표 8] MG 966R 계측 실험 결과표

2.8 액츄에이터-motor

GM25-13CPR		
	Voltage range	4.8 ~ 7.2 V
	No-load speed	15000 RPM (12V)
	No-load Voltage	0.09 A (12V)
	Brush	130,000 RPM
	Stall Torque	5.6-8kgf·cm
	Shaft Diameter	4mm

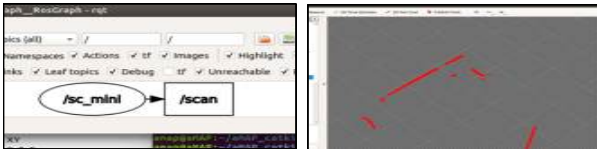
[표 9] GM25-13CPR 성능 표

차량의 총무게는 3kg이며 차량 바퀴의 반지름은 0.03m이다. 차량이 정지 상태에서 움직일 때 필요한 토크는 힘 * 거리 이므로 $(3kg * 9.81m/s^2) / 4 * 0.03m = 0.22Nm$ 식에 따라, 차량이 필요한 토크는 대략 2.2kg.cm이다. DC 모터의 Stall Torque가 5.6~8kgf.cm이므로, 1/10 scale 차량에 적합한 동력 전달을 제공할 수 있어 GM25-13CPR 모델로 선정하였다.

3. 자율주행 S/W 구성

3.1 센서 알고리즘-라이다

2D 라이다 센서 알고리즘은 라이다 센서로 거리와 위치 정보를 수집하여 지도를 만들거나 물체를 감지하는 알고리즘이다. 1/10 scale 자율주행 차량에서는 라이다 스캔을 이용한 주변 물체 감지를 실습한다.

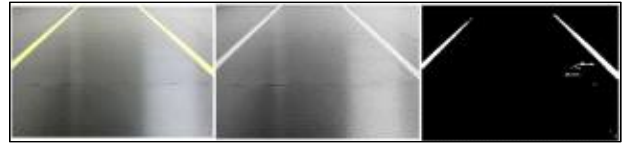


[그림 2] 2D 라이다 실습 사진

[그림 2]와 같이 주변 물체를 감지하는 것을 Rviz 화면을 통해 확인할 수 있다. 라이다 센서를 통해 얻은 데이터는 hector SLAM을 구현하고 위치 제어 기반 알고리즘에 지도 생성에 사용한다.

3.2 센서 알고리즘-카메라

카메라를 사용한 차선 인식 알고리즘은 이미지 프로세싱 기술을 활용하여 도로상의 차선을 인식하고 추적하는 기술이다. 1/10 scale 자율주행 차량에서는 차선 인식을 위해 입력된 도로 영상을 전처리하고, 차선의 특징을 추출하기 위해 관심 영역(ROI)을 설정하고 그레이스케일 변환과 Canny Edge Detection을 사용한다. 추출된 특징은 허프 변환을 이용하여 영상 내의 직선 성분을 검출하고, 검출된 직선 성분 중에서 통계적으로 최댓값을 가지는 것을 차선으로 인식한다. 이를 통해 차선의 위치와 모양을 파악할 수 있으며, 이러한 실습으로 실시간 차선 인식 검출 알고리즘을 수행했다. [1]



[그림 3] 그레이스케일 변환과 Canny Edge Detection 실습



[그림 4] 허프 변환 및 ROI 관심 영역 내의 차선 검출 실습

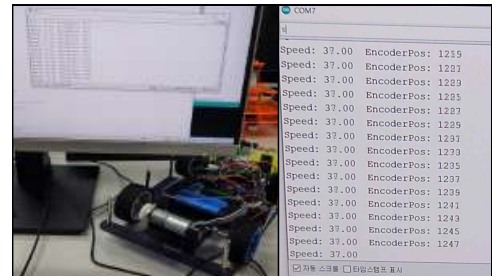
[그림 3], [그림 4]는 차선을 검출하는 과정이다.

3.3 센서 시스템-IMU

IMU는 가속도계, 자이로스코프, 자기계를 포함하는 장치로, 차량의 움직임을 측정하는 데 사용한다. 이를 통해 차량의 자세를 추정하고, 이동 거리와 속도를 측정한다. 측정된 값으로 차량의 위치를 추정하고, 자율주행 시스템에서는 위치 제어 및 경로 계획에 활용된다.

3.4 센서 시스템-encoder

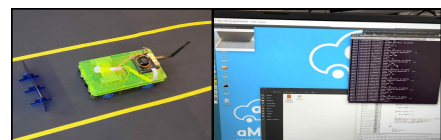
encoder가 회전할 때마다 발생하는 펄스 신호를 측정하고 측정된 값을 이용하여 이동 거리와 방향 정보를 추출한다. 추출된 정보를 이용하여 1/10 scale 자율주행 차량의 속도와 위치값을 계산한다. [그림 5]는 DC모터의 회전에 따라 encoder의 값이 증가하는 것을 확인한 실습 사진이다.



[그림 5] encoder 실습 사진

3.5 센서 시스템-초음파 센서

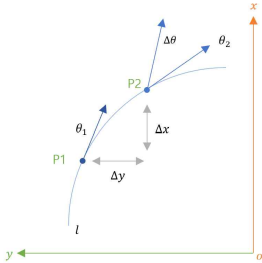
초음파 센서를 이용한 전방 장애물 감지하는 알고리즘은, 센서에서 초음파를 전송하고 이를 반사하는 시간을 측정하여 거리를 계산하고 계산된 거리가 임계값보다 작으면, 전방에 장애물이 있다고 판단하여, 자동으로 브레이크를 작동시켜 충돌을 예방하거나 충돌 피해를 최소화하는 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems) 기술의 AEB(Automatic Emergency Braking)를 구현한다.



[그림 6] AEB 실습 사진

3.6 Odometry 구현

Odometry는 자율주행 차량의 위치를 추정하기 위해 이동 거리나 방향을 추정하며 IMU와 encoder를 사용하여 차량의 위치를 추적한다. encoder를 통해 얻은 거리로부터의 좌표 변환은 [그림 7]과 같다.



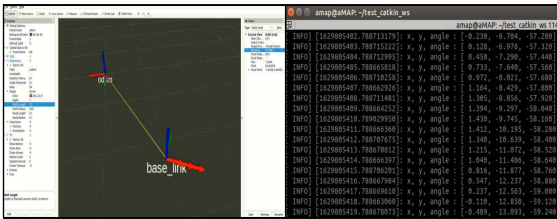
[그림 7] 위치 인식을 위한 좌표계와 수식

$$l = r \Delta \theta \quad (1)$$

$$\Delta x = r \sin(\Delta \theta) \quad (2)$$

$$\Delta y = r(1 - \cos(\Delta \theta))$$

차량이 회전하는 경우, IMU는 해당 움직임의 크기와 방향을 감지하며, 이 정보를 사용하여 차량의 위치와 방향을 추정한다. encoder로 바퀴의 회전수를 측정하여 바퀴의 이동 거리를 추정한다. encoder에서 호의 l 거리를 구하고 IMU에서 자동차의 각도 변화를 알게 되면 호 길이 공식 (1)로부터 회전 반경을 구할 수 있으며, 회전 반경과 각도로부터 이동 거리는 식(2)와 같이 구한다.[2]

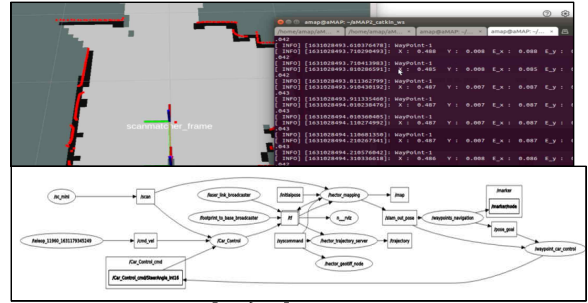


[그림 8] Odometry 실습 사진

3.7 차량 위치 제어 알고리즘

hector SLAM 기반으로 하며 3.6절에서 Odometry 구현과정에 IMU와 encoder를 통해 얻은 Odometry를 사용하는 위치 제어 알고리즘은 차량의 위치 추정과 경로 생성에 필요한 정보를 수집하여 자율주행을 가능하게 한다. 이러한 알고리즘에서는 IMU 센서에서 측정된 회전 반경 값으로 차량의 움직임을 추정한다. 이후, encoder 센서를 이용하여 바퀴 회전 정보를 수집하고, 이를 통해 차량의 이동 거리를 추정한다. IMU와 encoder를 결합하여 Odometry를 추정하고, 차량의 위치를 지속적으로 갱신하며, 정확한 위치 정보를 제공한다. Odometry에서 측정된 위치 정보와 hector SLAM 기반의 지도 정보에서 차량의 좌표값을 통해 더욱 정확한 위치 제어를 수행한다. 경로 생성 이후에는 위치 추정, 보정, 및 제어를 반복하여 차량이 목표 지점에 도달할 때까지 이를 반복한다. [그림 9]는 Rviz 화면과 출력값을 통한 차량 위치 제어이다.

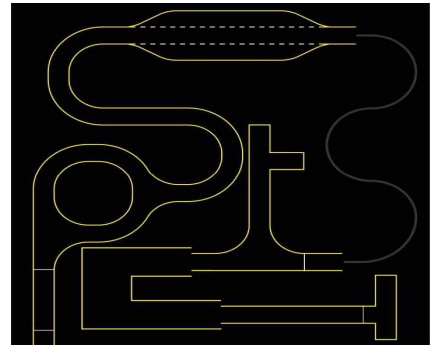
[그림 9] 위치 제어 실습 사진



[그림 10] rqt graph

4. 실습 경기장 구성

본 경기장은 8.5mx8.5m로 구성 되어있으며, 학생들이 교육 플랫폼을 이용하여 자율주행 시스템을 학습한 뒤 lane 검출, 교차로 주행, 장애물 감지, 라이더 주행 등을 통해 자율주행 기술을 테스트할 수 있는 환경을 제공한다.



[그림 11] 실습 경기장 사진

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 자율주행 인력 양성을 위한 1/10 Autonomous Platform을 개발하였다. 카메라로 획득한 영상의 정보를 통해 이미지 프로세싱을 이용하여 차선을 인식하며, 초음파 센서를 이용하여 차량 주행에 방해되는 물체를 감지했을 때 차량을 정지한다. 라이더를 사용해서 hector SLAM 기반의 지도를 생성하고 Encoder와 IMU를 사용하여 위치 인식 정보를 활용하여 차량 위치 제어 알고리즘을 구현하는 실습 플랫폼을 구성했다. 본 연구는 실내에서 진행되는 실습 플랫폼으로 라이더와 Encoder, IMU로 위치 제어 알고리즘을 구현했다.

참고문헌

[1] 강문설, 김유신. (2012). 카메라 영상의 실시간 분석에 의한 차선 및 차간 인식. 한국정보통신학회논문지, 16(12), 2665-2674.
 [2] 고국원, 이지연 “실외 청소 로봇을 위한 인공지능기반 자율 주행 시스템 개발에 관한 연구” ACK 2022 학술발표대회 논문집(29권 2호) pp. 526-528, 2022