

바이너리 영상과 DWA 퓨전을 통한 자율주행 시스템

황요섭, 이재오, 안중우, 이동혁

(주)씨랩

{mmx001, jaeoh, jwan, donghyuk}@cilab.kr

Autonomous driving system Using Binary image and DWA fusion

Hwng Yo-Seop, Lee Jae-Oh, An Jong-woo, Dong-Hyuk Lee

CILAB Pte.

요 약

최근, 센서 기술의 발전에 따라 라이다, GPS, 카메라 등 다중센서융합 연구가 활발히 진행되고 있다. 이처럼 센서 융합 기술의 발전은 자율주행차량의 상용화를 가속화하는 주요 요인으로 볼 수 있다. 하지만, 이와 같은 다중센서융합은 많은 데이터 연산이 필요하기 때문에 임베디드 시스템에서는 성능적 제한이 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 자율주행 개발업체들은 임베디드 시스템에 최적화 하기위한 연구를 진행하고 있다. 본 논문은 이러한 추세에 맞추어 자율주행차량에서 카메라의 영상정보만을 이용하여, 임베디드 시스템에서 주행이 가능한 알고리즘을 제안한다. 영상 정보를 바이너리로 변환하여 Dynamic Window Approach(DWA) 알고리즘에 적용, 주행 차선에 장애물이 없을 때는, 차선 중앙을 유지하는 기능과, 차선에 장애물이 있을 경우, 장애물과 차선 사이로 경로를 만들어 주행하게 하였다. 기존 경로 계획보다 연산량이 적고, 임베디드 시스템과 같이 제한된 상황에서 최적의 성능을 낼 수 있다.

키워드: Camera, DWA(Dynamic Window Approach), Autonomous Vehicles, Estimate, Obstacle

I. 서 론

최근 자율주행이 가능한 로봇에 대한 관심이 증가하면서 다양한 로봇 제품들이 개발되고 있으며, 자율주행은 4차 산업 혁명의 핵심 키워드로써 자율주행 자동차, 배달 로봇, 무인 경비 로봇 등 적용분야가 광범위한 핵심 기술이다[1]. 특히 자율주행 자동차 산업의 발전으로 인하여, 첨단자동차가 궁극적으로 자율주행자동차로 발전하기 위해서는 레이더, 카메라, 라이다, 초음파와 같은 외부 환경을 탐지하는 센서들과 외부와 무선 통신하는 기능 등이 필수적으로 요구된다[2-3]. 경로 계획 및 모션 제어를 성공적으로 달성하려면 자율주행 로봇이 피해야 할 장애물을 감지하여 안전하게 목표에 도달할 수 있어야 한다. 자율주행차량에서는 일반적으로 센티미터 단위의 정확도를 가지는 정밀 지도를 기반으로 차선 정보 및 차량 주변 정보를 이용하여 경로를 생성하는데 이와 같은 경로 생성에는 전역 경로 계획과 지역 경로 계획이 필요하다[4]. 이에 자율주행자동차의 특성을 고려하여 전역 경로 계획을 추종하기 위한, 지역 경로를 생성하는 알고리즘도 연구되고 있다[5].

본 논문에서는, 소형으로 제작한 자율주행플랫폼에서, 카메라 영상만을 이용하여, 차선을 유지 및 장애물을 회피하기 위한 연구를 진행 하였으며, 본론에서 바이너리 기반의 DWA 알고리즘 적용한 실험 및 성능을 검증하였다. 마지막으로 결론에서 추후 활용 방안을 작성하였다.

II. 본론

DWA는 로봇의 기구학 및 동역학 제약조건을 고려하고 있으며, 주변 환경의 장애물과의 충돌을 피하기 위해 예측 기능을 가지고 있다. 또한 자율주행 자동차에서 카메라를 통해서 받은 영상을 격자로 구성하여 주변 장애물을 회피하고, 자율주행 자동차의 주행 경로를 생성하기 때문에 실시간 연산에 유리한 알고리즘이다.

또한 DWA에서의 로봇의 위치를 기준으로, 목표지점에 대한 이동 방향, 주행 속도 및 충돌 관련된 함수들로 구성이 되어 있으며, 관련 수식은 다

음과 같다.

$$O = \gamma_{head}\omega_{head} + \gamma_{speed}\omega_{speed} + \gamma_{obstacle}\omega_{obstacle} \quad (1)$$

위 수식은 DWA의 목적함수를 구하기 위함이며, ω_{head} 는 로봇의 위치를 기준으로 목표지점에 대한 이동방향을 수치화한 함수를 의미하고, ω_{speed} 는 목표지점에 대한 로봇 주행 속도를 나타내는 함수를 의미하고, $\omega_{obstacle}$ 는 로봇의 주행 방향이다.

현재 주행 속도와 로봇이 낼 수 있는 최고 주행 속도에서, 정지 시간까지의 소요 시간을 고려하여 장애물과의 충돌에 걸리는 시간을 예측 가능함을 나타내는 함수이다. γ_{head} , γ_{speed} , $\gamma_{obstacle}$ 는 각 함수의 속도변화에 따른 가중치를 의미한다.



Fig.1 자율주행플랫폼(CiLab X1)

Fig.1은, 본 논문의 실험을 위해 사용된 자율주행플랫폼 CiLab X1이다. 소형 카메라와 라이다로 구성이 되어 있으며, 본 논문에서는 카메라 모듈을 통해서 받은 영상만을 이용하였다. 카메라 영상을 통해 받은 영상 정보를 기반으로, 바이너리 DWA알고리즘을 통해 장애물 회피 주행 실험을 진행하였다. 장애물에 대한 정보는 자율주행플랫폼 CiLab X1의 전방에 부착된 카메라를 통해서 이미지 영상을 획득하였다.



Fig.2. 실험 환경

주행 실험은 위의 그림과 같이 회전 굴곡이 있는 환경으로 구성하였으며, 크기는 길이 3 m이며, 폭은 1.8 m 크기 범위로 제한하였다. 양쪽의 흰색 차선을 두어 차선 유도가 가능한 구성으로 하였다.

자율주행플랫폼인, CiLab X1에 부착되어 있는 카메라를 통해서 받은 이미지 정보에서 주행 경로에 보이는 좌/우 흰색 차선에 대한 데이터를 식 (1)에 있는 $\omega_{obstacle}$ 에 적용 하였으며, 이 함수의 값의 변화에 따라서 경로를 유지하면서 주행이 가능하게 된다. 또한, 좌우에 있는 흰색 차선 값을 장애물로 설정하여, DWA알고리즘에 적용 하였으며, 자율주행플랫폼이 주행할 때, 경로를 유지하면서 주행하게 하였다.

Fig.3은 자율주행플랫폼인, CiLab X1이 실험 환경을 주행하던 중에 경로 이탈 방지를 위해서 적용한 바이너리DWA 알고리즘을 적용하는 과정에 대해서 나타내었다.

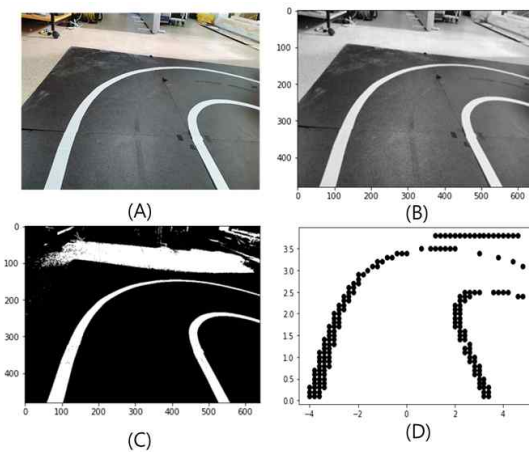


Fig.3. 차선(장애물) 검출

먼저, Fig.3(A)는 자율주행 차량에서 카메라를 통해서 받은 영상 데이터이다. Fig.3(B)는 Fig.3(A)에서 받은 영상을, Gray scale로 변환하였다. 이는, 양쪽 차선을 인식하기 위해서, 다른 컬러 정보를 없애고, 차선의 특징점을 검출하기 위함이다. Fig.3(c)에서는, Gray scale 이미지에서 양쪽의 흰색 차선의 특징 점 및 Pixel 정보를 제거하였다.

```

[[0 0 0 ... 0 0 0]
 [0 0 0 ... 0 0 0]
 [0 0 0 ... 0 0 0]
 ...
 [0 0 0 ... 0 0 0]
 [0 0 0 ... 0 0 0]
 [0 0 0 ... 0 0 0]]
array([[ 1.2,  3.8],
       [ 1.4,  3.8],
       [ 1.6,  3.8],
       [ 1.8,  3.8],
       [ 2. ,  3.8],
       [ 2.2,  3.8],
       [ 2.4,  3.8],

```

Fig.4. 차선(장애물) Binary 정보 추출

Fig.4 같이 Fig.3(C)에서 받은 영상 정보를 Pixel로 변환하고, Matrix 형태로 만들게 된다. 이렇게 만든 Matrix에 대해서, 바이너리로 변환하고, 이를 각각의 좌표 값을 설정하였다. 그렇게 되면, Fig.3.(D)와 같이 흰색 차선에 도트 정보만을 나타내게 된다. 이를 이용하여 임베디드 시스템에서 빠르게 연산이 가능하고, 연산한 정보를 DWA알고리즘을 통해서 경로 계획을 빠르게 추정이 가능하게 된다.

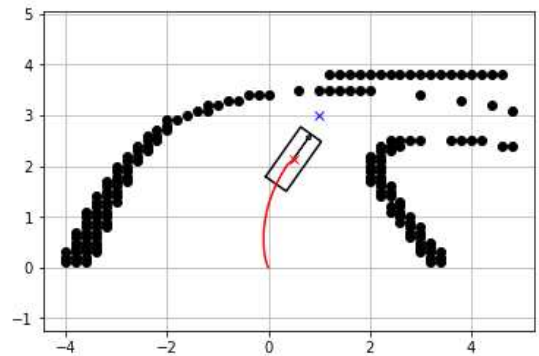


Fig.5. DAW 기법을 적용한 주행 실험 결과

위 그림은, 앞에서 설명한 Fig.3.을 통해 설정한 양쪽 흰색 차선을 장애물로 설정하고, 이를 통해서 목표 지점까지의 경로를 타겟을 설정한 모습을 시각화한 결과이다. 위 그림에서 검은색 점은 차선을 의미하며, 붉은색 선은 자율주행 플랫폼인 CiLab X1 주행 경로를 나타낸다.

위 실험 결과에서 알 수 있듯이 바이너리 DWA 기법을 적용하여 자율주행 플랫폼인 CiLab X1이 차선을 이탈하지 않고, 안정적으로 주행이 가능하게 하였다.

III. 결론

본 연구는 라이다, 레이더, 카메라와 같이 복합적인 정보를 사용하지 않고, 카메라 영상만을 이용하여, 차선 인식 및 경로 회피를 하였다. 또한 임베디드 시스템에 최적하였으며, 소형 자율주행 차량에 적용이 가능함을 검증 하였다. 또한 DWA의 폭넓은 활용 방안을 제시 하였으며, 차선 기반으로 주행 및 차선 중앙 유지 하며, 주행이 가능하게 하였다. 기존 경로 계획보다 연산량이 적으며, 라이다와 같이 다른 센서들의 결합 없이 주행이 가능함을 검증하였다. 추후 장애물 회피 및 빠른 속도로 주행을 하면서 제적을 추정하는 연구를 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 윤태진, et al. "SLAM 을 이용한 자율주행 순찰 로봇 개발." 한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집 27.2 (2019): 437-438.
- [2] 홍인기, 이훈석, 심영대, 2015, "C-ITS와 스마트카 기술 동향 및 전망", 정보통신기술진흥센터, 주간기술동향.
- [3] 국토해양부, 국토교통과학기술진흥원, 2018, "첨단자동차 안전성 평가 기술개발 최종보고서, R&D 16PTSI-C054118-08", pp. 27~5
- [4] Fox, Dieter, Wolfram Burgard, and Sebastian Thrun. "The dynamic window approach to collision avoidance." IEEE Robotics & Automation Magazine 4.1 (1997): 23-33.
- [5] Jung, Euigon, Wonho Song, and Hyun Myung. "동적 및 정적 물체 회피를 위한 정밀 도로지도 기반지역 경로 계획." Journal of Korea Robotics Society 16.2 (2021): 112-121.