

공간에 고정된 단일 카메라를 활용한 자율 주차 시스템

Automatic Parking System using a Spatially Fixed Single Camera

오하성¹⁾, 조강현^{2*)}

¹⁾ 울산대학교 전기공학부 (TEL: 052-259-1664, E-mail: sobo3607@naver.com)

²⁾ 울산대학교 전기공학부 (TEL: 052-259-2208, E-mail: acejo2208@gmail.com)

Abstract Automation systems are convenient but they have the disadvantage of incurring initial costs because they require multiple sensors for implementation. This paper proposes a low-cost automation system using only one camera that can be used in situations which require simple tasks.

Keywords Image Processing, Path planning, Automatic driving

1. 서론

최근 고도로 향상된 컴퓨팅 성능을 바탕으로 센서를 통해 수집된 정보를 실시간으로 처리하는 것이 가능해졌다. 이를 활용한 자율주행 자동차, 제조공장 등 다양한 곳에서 자동화 시스템들이 사용되고 있다. 이러한 자동화 시스템들은 기존의 시스템에 비해 저렴한 비용, 생산효율 극대화, 정밀작업 등의 측면에서 이점을 가진다. 하지만 시스템을 구축하기 위해 다양한 센서가 사용되어야 하므로 초기비용이 발생하는 단점이 있다.

이에 본 논문은 상단에서 아래를 바라보는(top-view) 단일 카메라를 활용한 자동화 시스템을 제시한다. 카메라로 촬영된 영상에서 차량과 주차 가능한 주차공간을 식별한 후, 차량으로부터 주차공간까지의 경로를 생성해 자동으로 차량을 주차한다. 이 시스템은 하나의 카메라만으로 구현된다는 점에서 기기마다 센서를 부착해야 하는 기존 방식과의 차별점을 가지며, 정교한 작업을 필요로 하지 않는 상황에 저비용으로 자동화 시스템을 구현할 수 있는 장점이 있다.

2. 본론

2.1 Realtime Vehicle Location Tracking

차량의 자율주행을 위해서는 차량의 실시간 위치 추정이 선행되어야 한다. 이를 위해 카메라로 촬영된 영상에서 차량을 검출해내는 과정이 필수적이다.

본 논문에서는 차량의 앞, 뒤에 특정 색상(초록, 보라)의 사각형을 배치하여 영상에서 이를 추출하고, 좌표를 찾아내는 방식을 사용한다. HSV 색공간 이

* 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No.2020R1A2C200897212)

미지에서 보라색, 초록색 영역만을 추출한 후 OpenCV library의 findContours 함수를 활용해 추출한 영역의 중심점 좌표를 획득한다.

2.2 Determination of parking availability

촬영된 영상에서 주차공간 영역을 지정하고, 이후 영상처리를 통해 주차공간 영역 내에 물체가 존재하는지 실시간으로 판별한다.

먼저 RGB영상을 흑백 영상으로 바꾼 후 Gaussian Blur 처리해 노이즈를 줄인다. 그 이미지를 여러 블록으로 분할하고 블록 내 가중 평균값에 의한 이진화 처리한다. 즉, 픽셀값이 임계값을 넘는 경우 픽셀값을 255, 아닌 경우 0으로 치환한다. 처리된 이미지를 median blur와 dilate 함수로 다시 한번 처리해 원활화(smoothing) 작업을 수행한다.

결과적으로 바닥의 픽셀값은 0이 되고, 주차공간 영역 내에 존재하는 물체의 경계면 픽셀값은 255가 된다. 이를 활용해 주차공간 영역 내의 픽셀들 중 0이 아닌 픽셀값을 가지는 픽셀의 수를 구하고, 그 수가 임계값(900)보다 큰 경우 주차공간이 이미 사용 중이라고 판단하고, 900보다 낮은 경우 그 주차공간은 사용 가능하다고 판단한다.

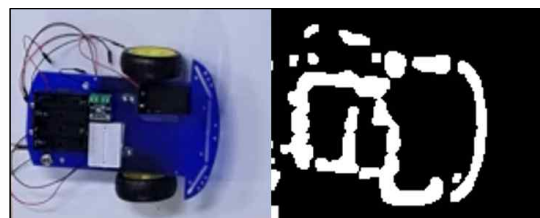


그림 1. 원본 이미지(좌), 처리된 결과 이미지(우)

2.3 Path Planning

차량의 현재 위치를 추정하고, 그 위치로부터 목적지까지의 주행 경로를 Path Planning 알고리즘을 통해 생성한다. RRT 알고리즘[1]을 사용하였으며, 그 과정은 아래와 같다.

경로의 출발지점은 차량의 앞부분(보라색 사각형)의 좌표로 설정되고, 목표지점은 주차 가능한 주차공간의 가운데 지점의 좌표로 설정된다. 출발지점이 첫 번째 마디, 도착지점이 마지막 마디가 되며, 경로는 마디(node)들의 집합으로 설정된다.

- 첫 번째 알고리즘
 - 영상에서 랜덤 변수로 이루어진 좌표(x, y)에 마디를 추가
 - 해당 마디가 장애물과 충돌하는지 판단
 - ▶ 충돌할 경우 해당 마디를 삭제
 - 해당 마디와 과거에 생성된 마디들 중 가장 가까운 마디를 연결하고 두 마디 사이의 거리를 일정하게 조정
 - ▶ 이때 연결경로상에 장애물이 존재하면 해당 마디 삭제
- 다음 알고리즘 실행

- 두 번째 알고리즘
 - 도착지점 좌표에 마디를 추가
 - 해당 마디와 과거에 생성된 마디들 중 가장 가까운 마디를 연결하고, 두 마디 사이의 거리를 일정하게 조정
 - ▶ 이때 연결경로상에 장애물이 존재하면 해당 마디 삭제
- 다음 알고리즘 실행

첫 번째 알고리즘이 6번 실행되면 두 번째 알고리즘이 1번 실행되게 하여 출발지점으로부터 도착지점까지의 경로를 생성한다.

두 알고리즘의 실행 과정에서 새로 생성된 마디가 도착지점에 근접했다면, 도착지점에 마디를 생성한다. 그 후 출발지점부터 도착지점까지의 경로상의 마디 좌표들을 최종경로로 배열에 저장한다.

3. 실험

3.1 실험환경

검은색 주차선을 이용해 4칸의 평면 주차공간을 만들었다. 주차공간의 왼쪽 위 좌표와 크기, 주차선의 왼쪽 위 좌표와 크기를 미리 입력시켜 주차공간과 주차선을 정의했다. 영상은 상단에서 아래쪽을 촬영하는 웹캠을 설치해 실시간으로 입력받았고, 실험에 사용될 차량은 아두이노와 블루투스 모듈(HC-06), 모터 등을 이용해 제작했다.

차량의 이동 방향은 차량의 현재 각도($\theta_{vehicle}$)와 다음 경로 방향으로의 각도(θ_{node})로 결정했다. 다음

마디로의 각도가 현재 차량의 각도보다 15도 이상 크면 차량을 왼쪽으로, 현재 차량의 각도가 다음 마디로의 각도보다 15도 이상 크면 오른쪽으로, 그 외의 경우 직진하는 방식으로 차량을 주행했다.

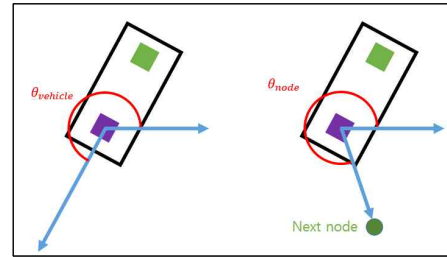


그림 2. 차량의 현재 각도(좌)와 다음 마디로의 각도(우)

3.2 실험결과

사용 가능한 주차공간 판별, 차량의 현재 위치 추정, Path Planning 모두 원활하게 수행되어 자동 주차가 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 그림 2에 보이듯이 Path Planning을 통해 생성된 경로가 매끄럽지 못하고 다소 울퉁불퉁한 모습을 보였다.

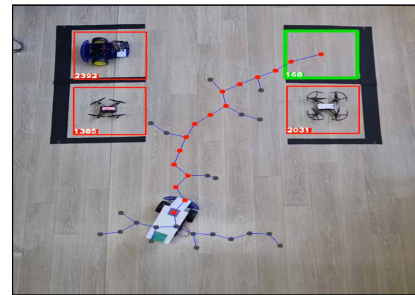


그림 3. Path Planning

4. 결론

단일 카메라를 활용한 자율 주차 시스템을 구현하고 실험한 결과 색공간 추적을 이용한 차량 위치 추정, 지정된 주차공간의 주차 가능 여부 판단, 주차 가능한 주차공간으로의 주행 경로 작성이 원활하게 이루어져 구현한 시스템이 정상적으로 작동함을 확인했다.

향후 연구에서 좀 더 정확한 차량 인식을 위해 색공간 추적 방식 대신 심층학습법의 하나인 YOLO 모델을 사용할 것이며, 매끄러운 주행 경로 생성을 위해 Path Planning 알고리즘을 최적화할 것이다.

참고문헌

[1] LaValle, Steven M. (October 1998). "Rapidly-exploring random trees: A new tool for path planning". Technical Report. Computer Science Department, Iowa State University