

클로소이드 기반 Reachable Set을 이용한 자동주차시스템

오 인 혁¹⁾ · 서 주 원¹⁾ · 정 정 주^{*2)}

한양대학교 전기공학과¹⁾ · 한양대학교 전기 · 생체공학부^{*2)}

Automated Parking Control System using Reachable Set with Clothoid Path Planning

In hyuk Oh¹⁾ · Ju won Seo¹⁾ · Chung Choo Chung^{*2)}

Hanyang University¹⁾, Hanyang University^{*2)}

Key words : Automated Parking System(자동주차시스템), Path Planning(경로계획), Vehicle Control(차량제어)

* 교신저자, E-mail: cchung@hanyang.ac.kr

자동주차시스템은 운전자 없이 차량 스스로 주차 공간까지 이동한 후 차량 제어를 통해 주차를 진행하는 운전자 보조 시스템이다. 자동주차시스템은 크게 주변환경 인지, 차량의 localization, 주차 경로 생성 및 차량 제어로 이루어져 있다. 주차 경로 생성 및 차량 제어 분야는 많은 연구들이 이루어져 있지만, 다양한 상황에서 안전한 자동주차가 가능하도록 하는 연구는 계속해서 필요하다.

본 논문에서는 최종주차지점에 대한 자차량의 Pose (longitudinal position, lateral position, heading angle)와 주변환경을 인지할 수 있다는 가정하에 주차경로생성 및 제어시스템을 제안한다. 주차 경로 생성은 연속적인 제어입력을 인가할 수 있는 Clothoid-based path planning을 이용한다. 하지만 Clothoid 기반의 방법은 Clothoid 도로 상수를 구할 때 Singularity 문제가 발생하며, Arc length를 구할 때 높은 수준의 연산 처리 성능이 필요한 단점이 있다. 따라서 Singularity 문제를 보완하기 위해 주차상황에서 주차지점과 차량의 종방향 거리가 Threshold보다 작아지면 Towing distance를 활용하는 Virtual towing method를 도입하고, 연산시간을 줄이기 위해 Arc length를 주차지점과 자차량 사이의 종방향 거리로 Approximation 하여 사용한다.

자동주차시스템 구현 과정에서 자차량의 Pose가 변함에 따라 주차지점으로부터 생성되는 경로가 달라지기 때문에 자차량의 Initial Pose를 정하는 것은 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 주차지점까지의 Clothoid 기반 경로를 형성할 수 있도록 자차량이 취할 수 있는 Pose를 모은 Reachable set을 제안한다. Reachable set은 차량의 Initial Pose를 포함한 3차원 집합이다. 종 · 횡방향 거리, heading angle을 특정 크기의 Grid로 분할한 뒤, 주차지점까지 Clothoid 기반 경로를 형성할 수 있는 Grid를 찾아 Off-line으로 저장하여 Reachable set을 형성할 수 있다. Reachable set은 주차장 Corridor 넓이, 장애물의 위치와 같은 주변환경에 따른 충돌을 고려하여 형성하기 때문에 상황에 따라 각기 다른 형태를 띠게 된다. 결국 Reachable set 내에 존재하는 Grid 중 하나의 Grid에 자차량의 Pose를 위치시키게 되면, Clothoid 기반 경로를 이용하여 충돌 없는 안전한 자동주차 가능해진다.

제안하는 알고리즘은 MATLAB의 DrivingScenario Toolbox를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 다양한 주차장 환경을 고려하여 넓은 공간과 협소한 공간에서 Reachable set이 변화하는 형상을 파악했고, 각각의 주차공간에서 정적 장애물의 유무도 포함시켜 Reachable set을 형성하였다. 이후, Reachable Set이 저장하고 있는 경로를 Reference로 하여 Kinematic decentralized model에 Feedforward 및 Feedback controller를 사용하였고 Reachable Set을 이용한 자동주차시스템을 완성하였다.

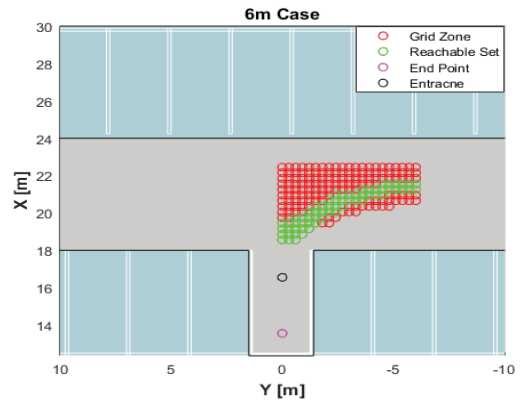
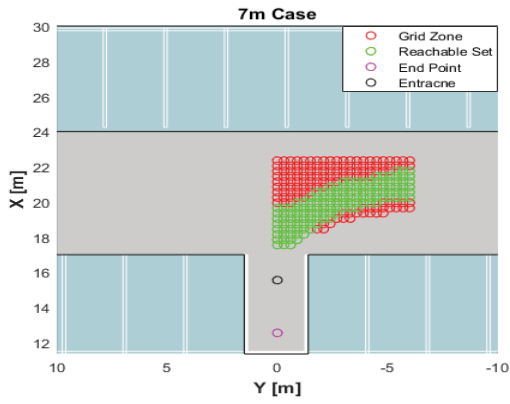


Photo. 1 Reachable Set(장애물이 없을 경우)

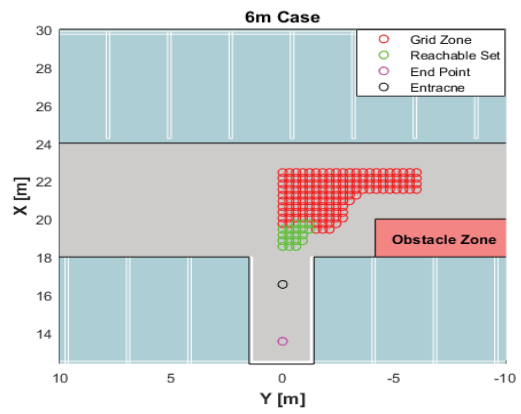
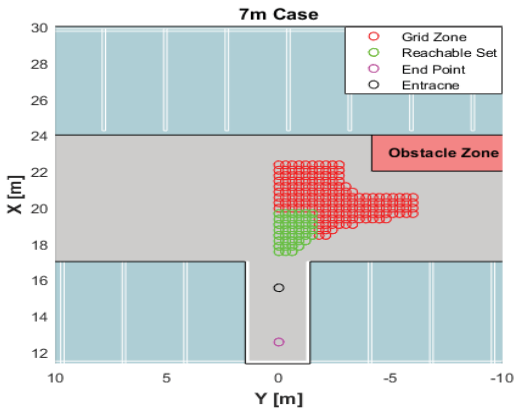


Photo. 2 Reachable Set(장애물이 있는 경우)

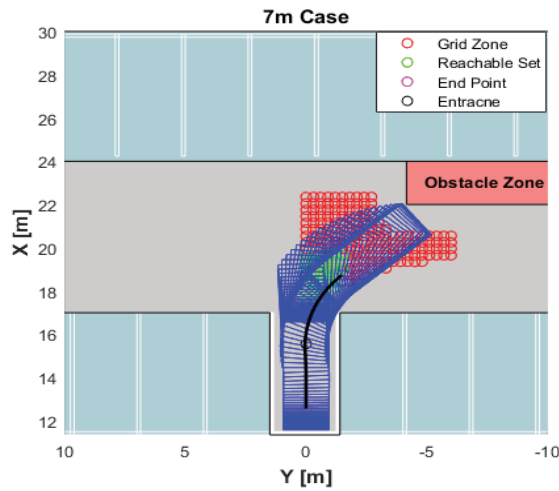


Photo. 3 Simulation