

ADAS 시뮬레이션 상 차량 곡선 궤적 생성을 위한 MATLAB 스크립트 구현

유정현¹, 박은병²

¹성균관대학교 기계공학부

²성균관대학교 전자전기공학부

jhforstudy@gmail.com, epark@skku.edu

Implementation of MATLAB Script for a Vehicle Curve Trajectory Generation in ADAS Simulation

Jeonghyun Ryu¹, Eunbyung Park²

¹Dept. of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University

²School of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

본 논문에서는 신규 차량 안전성 평가를 위한 ADAS 시뮬레이션 상에서 곡선 궤적을 효과적으로 생성할 수 있는 MATLAB 스크립트를 구현하였다. 본 연구를 통해 곡선 궤적 좌표를 생성하고 수작업으로 대입하는 과정을 간소화할 수 있으며, 또한 다른 시나리오에서 적용할 곡선 궤적을 편리하게 생성할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

NCAP(New Car Assessment Programme)이란, 신규 발매되는 차량이 다양한 상황, 환경에서 안전한 지 평가하는 규약이다. 해당 구역 내에는 교차로 회전, 교차로 직진, 양방향 도로 등 다양한 도로 상황(시나리오)을 수치와 함께 구체적으로 묘사하고 있으며, ADAS 기능 개발 후 해당 시나리오를 통해 테스트하는 과정을 거친다.

본 논문에서는, 자동 긴급제동 시스템(AEB, Autonomous Emergency Braking)의 유럽 지역 내 안전도 평가(Euro-NCAP) 시나리오 중 하나인 교차로 회전 시나리오(Car-to-Car Front Turing Across Path, 이하 CCFtap)를 시뮬레이션 상에 자동으로 구현하는 스크립트를 제작하여, 차량 궤적 생성을 효율적으로 진행하고자 한다.

2. 시뮬레이션 틀

Driving Scenario Designer는 자율주행 시스템을 테스트하기 위한 가상 시나리오를 설계할 수 있는 MATLAB Toolbox이다. 이를 활용하면 NCAP 문서에서 제시한 시나리오를 생성할 수 있을 뿐만 아니라, 센서를 부착하여 시스템이 제대로 작동하는지 테스트할 수 있다[1].

3. 좌회전 궤적 생성 구현

3.1 Clothoid 곡선과 Circle 곡선의 정의

3.1.1 Clothoid 곡선

Clothoid(완화곡선)은 곡률이 선형적으로 변화하는 곡선을 의미한다. 이는 고속도로의 인터체인지(IC) 등의 도로 설계에 활용되며, 곡률이 큰 도로를 Clothoid 곡선으로

설계하게 되면 운전자가 일정한 속도로 조향 휠을 회전시켜 부드럽게 주행할 수 있게 된다. Clothoid 곡선은 아래의 매개변수 식을 통해 나타낼 수 있다.

$$x = f(s) = a \int_0^s \cos u^2 du$$

$$y = g(s) = a \int_0^s \sin u^2 du$$

3.1.2 Circle 곡선

Circle은 곡률이 일정한 원호로 구성된 곡선을 의미한다. 해당 곡선은 아래의 매개변수 식을 통해 나타낼 수 있다.

$$x = f(\theta) = r \cos \theta$$

$$y = g(\theta) = r \sin \theta$$

또한, Circle 곡선을 그리는 방식에서 곡률을 일정하게 변화시켜 Clothoid 곡선의 좌표를 도출할 수 있다.

3.2 Clothoid 및 Circle 곡선 생성 함수

먼저, Clothoid 및 Circle 곡선의 궤적의 좌표를 생성하는 MATLAB 함수를 제작하였다. 곡선의 종류에 따라, 필요한 매개변수를 입력받은 다음 곡선 상에 존재하는 이산적인 좌표들을 도출하는 역할을 한다. Euro-NCAP 문서 내에서 곡선의 초기 반경 및 종단 반경을 명시한 것을 고려해, 해당 매개변수들을 입력받아 생성하도록 하였다.

3.2.1 Clothoid 곡선 생성 함수 알고리즘

```
function drawClothoidCurve(init_radius, term_radius, init_angle, term_angle, num_pts)
```

```
0과 1 사이에 num_pts 개수만큼의 간격 생성 (t)
```

```
초기값과 종단값의 사이 값들을 생성할 수 있도록 파라미터 생성
```

```

A = (종단반경 - 초기반경) / (2 * (초기각도 - 종단각도))
B = 초기반경 - A * 초기각도^2
t 값에 따른 반경, 각도 생성
radius = A * (t^2) + B
angle = 초기각도 + (종단각도 - 초기각도) * t
Cartesian 좌표계로 변환
x = radius*cos(angle)
y = radius*sin(angle)
return [x, y]
    
```

3.2.2 Circle 곡선 생성 함수 알고리즘

```

function drawCircleCurve(radius, init_angle, term_angle, num_pts)
init_angle, term_angle 사이에 num_pts만큼의 간격 생성 (angle)
t 값에 따른 반경, 각도 생성하고 Cartesian 좌표계로 변환
x = radius*cos(angle)
y = radius*sin(angle)
첫 번째 좌표를 (0, 0)으로 변경
x = x - x(1)
y = y - y(1)
return [x, y]
    
```

3.3 좌회전 궤적의 구성과 필요 입력 변수

CCFtap 시나리오에서 좌회전 궤적은 Clothoid와 Circle 곡선의 조합으로 구성되어 있다(그림 1). 또한 해당 궤적은 Clothoid-Curve-Clothoid 순으로 결합되어 있다.

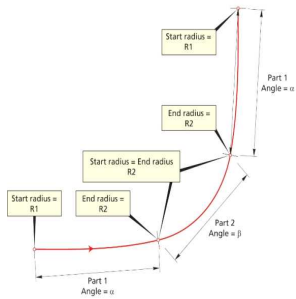


그림 1. 좌회전 궤적의 구성

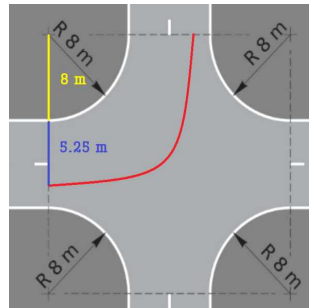


그림 2. 좌회전 궤적 scale

해당 궤적의 매개변수는 각도(α)와 반경(R_1 , R_2)이며, 이 값들에 따라 궤적의 모양이 변화한다. 또한, 3.2.1에서 구현한 drawClothoidCurve 함수로 Clothoid 곡선을 생성하면 실제 궤적의 크기와 맞지 않는 Unit Clothoid가 생성되기 때문에, 좌회전 궤적의 전체 반경(R_s , scale radius)을 입력받아 scale을 변화시킨다(그림 2).

3.4 사용자 입력 구현

3.3에서 제시한 필요 입력 변수들을 받아 좌회전 궤적을 생성할 수 있도록 사용자 입력 MATLAB 스크립트를 구현하였다. 모든 입력 변수는 아래와 같다.

1. 각도(α)
2. scale radius(R_s)
3. Clothoid 곡선의 초기 반경(R_1)
4. Clothoid 곡선의 종단 반경(R_2)
5. 좌표 전체 개수

Euro-NCAP 문서의 CCFtap 시나리오에 제시된 궤적의 제원은 표 1과 같으며, 이를 활용해 궤적을 생성하고

NCAP 문서의 궤적과 비교하였다(그림 3, 4).

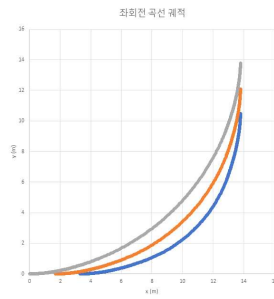


그림 3. 생성한 좌회전 궤적

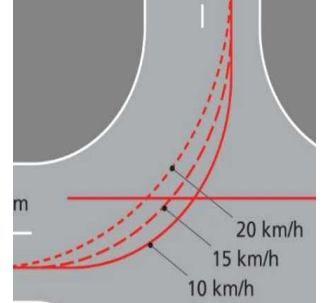


그림 4. 실제 좌회전 궤적

3.5 시뮬레이션 상 궤적 생성

마지막으로, 생성한 궤적을 MATLAB 함수의 driving ScenarioDesigner 함수를 활용해 waypoints로 대입하고, 환경에 맞게 차량과 도로를 생성하도록 하였다. 최종적인 시나리오는 아래와 같다(그림 5).

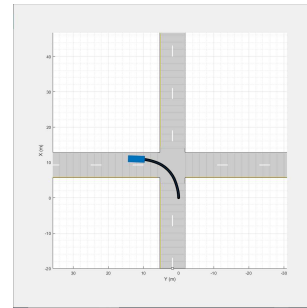


그림 5. 시나리오 결과

4. 결론

본 논문에서는 Euro-NCAP 문서에서 제시한 CCFtap 시나리오의 좌회전 곡선 궤적을 자동으로 생성하는 MATLAB 스크립트를 제시하였다. 이를 활용하면, Clothoid 곡선 좌표를 수작업으로 대입해야 하는 기존 Euro NCAP 문서의 방식[2]을 자동화하여 NCAP 시나리오에서 활용되는 곡선 궤적을 편리하게 생성할 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022098, 2023년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업)

참고문헌

[1] MathWorks, "Driving Scenario Designer manual." <https://kr.mathworks.com/help/driving/ref/drivingscenarioDesigner-app.html>. Accessed 11 Aug. 2023.
 [2] Euro NCAP (2023). EUROPEAN NEW CAR ASSESSMENT PROGRAMME (Euro NCAP): TEST PROTOCOL-AEB Car-to-Car systems. Retrieved from <https://cdn.euroncap.com/media/67887/euro-ncap-aeb-c2c-test-protocol-v40.pdf>