

I. OFF 기반 지역 경로 계획

A. OFF 생성

OFF(Obstacle Force Filed)은 LiDAR를 이용하여 얻은 거리데이터를 기반으로 만든 장애물장을 말한다. 우리는 LiDAR를 이용하여 탐지된 물체를 DBSCAN 알고리즘을 사용하여 물체 중심위치를 계산하고 차량을 원점으로 하는 좌표계(B-Frame) 상에서 표현한다.

장애물은 PE 드럼통이나 일반적인 러버콘으로 모두 원형인 형태를 띄고 있기에 장애물의 중심 위치를 계산한 이후 원형으로 근사하여 OFF를 새롭게 제작하고 장애물 회피 알고리즘을 작성하였다.

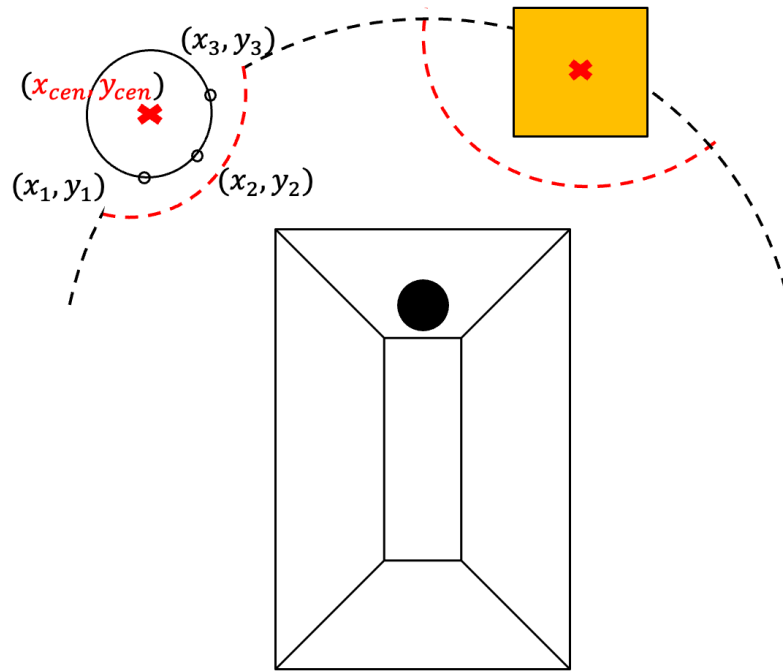


Figure 1. OFF 생성 방식

실제로 전역 경로 계획과 함께 트랙을 주행하면서 OFF를 생성했을 때 장애물이나 주변 지형지물이 표시되는 것을 확인할 수 있다.



Figure 2. DBSCAN 결과

Figure 2.의 왼쪽 이미지는 터널 구간에서의 라이다 raw data이고 노이즈가 많이 발생함을 알 수 있다. 외부에서 라이다를 가동하는 상황에선 전처리가 필수적이었고, 오른쪽 이미지를 보면 알 수 있다시피 DBSCAN은 매우 효

과적으로 노이즈를 제거함을 알 수 있었다. 정적 장애물인 러버콘과 PE 드럼통의 크기를 고려하였을 때에 평균적으로 7m 이내에서 맺히는 포인트의 개수가 최소 15개 이상이였기에 DBSCAN 포인트 개수를 15로 결정했고, 각 포인트별로 최소 거리를 10cm로 선정하였다.

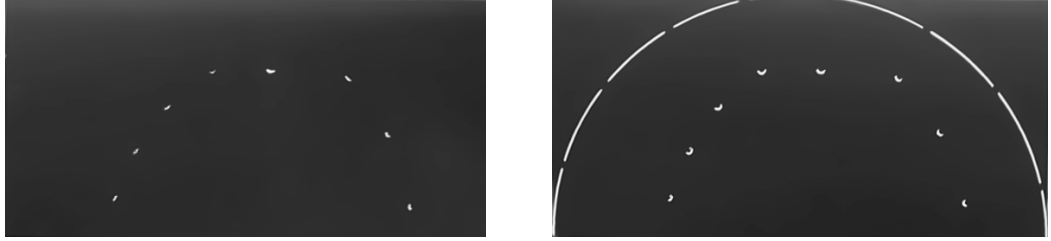


Figure 3. DBSCAN 기반 OFF생성

Figure 3.는 DBSCAN을 통해 야외에서 러버콘을 인식한 데이터를 시각화한 것이고, 오른쪽은 그 데이터를 기반으로 무게중심 기준으로 좌표 변환을 진행한 후에 OFF를 작성한 결과이다.

B. 지역 경로 계획

지역 경로 계획을 위해 가상 조향장(VFF, Virtual Force Field)을 응용하였다. OFF를 기반으로 조향장을 연산하였다.

DBSCAN으로 얻은 데이터를 기반으로 물체의 중심좌표를 기준으로 장애물이 원형으로 있다고 가정했다. 원으로 가정한 이유는 형상이 회전에 영향을 받지 않으며, 물체를 보는 각도가 다르더라도 같은 공식을 적용할 수 있기 때문이다. 이 경우 Figure 1. 와 같이 가정할 수 있으며, 아래와 같이 수식을 유도할 수 있다.

- 장애물의 원의 방정식

$$(x - x_{cen})^2 + (y - y_{cen})^2 = r^2$$

- 차량 중심을 지나는 직선의 방정식

$$y = ax$$

- 장애물 인식 지점

$$(x - x_{cen})^2 + (ax - y_{cen})^2 = r^2$$

$$x = \begin{cases} \frac{x_{cen} + ay_{cen} - \sqrt{(x_{cen} + ay_{cen})^2 - (a^2 + 1)(x_{cen}^2 + y_{cen}^2 - r^2)}}{a^2 + 1} & (x_{cen} \geq 0) \\ \frac{x_{cen} + ay_{cen} - \sqrt{(x_{cen} + ay_{cen})^2 - (a^2 + 1)(x_{cen}^2 + y_{cen}^2 - r^2)}}{a^2 + 1} & (x_{cen} < 0) \end{cases}$$

$$\text{단, } \tan^{-1} \delta_{Wmax} \geq a \geq \tan^{-1} \delta_{Wmin}$$

이때 r 은 차량 크기와 위치에 따라 지정해야 하는 값이며, 장애물 인식 범위에 있고 차량 조향 명령 구간에 포함되어 있는 모든 점의 공간에 대해서 반복 계산한다. 차량의 좌우 폭과 무게중심으로부터 모서리까지의 길이를 계산하여 물체 중심과 x 축과 이루는 각이 작을수록 더 큰 r 값을 가지게 된다.

현재 속도와 차량의 좌우폭의 길이인 104cm, 무게중심으로부터 전면부까지의 길이인 95cm를 고려하여, x 축과 이루는 각에 대한 일차함수를 작성하여 r 값을 결정하였고 장애물을 안정적으로 회피하는 모습을 관측했다.

B. 문제점

일반적으로 정적 장애물을 회피할 때 큰 문제가 발생하지 않았으나, 협로 주행 과정에서 다음과 같은 문제점이 발견되었다.

- 물체 회피 명령이 오른쪽으로 편향되는 경향성이 존재함

실제로 알고리즘적으로 장애물이 이루는 각도(θ)가 큰 부분에서 작은 부분으로 최대 거리 값을 계산하는 알고리즘을 작성하였기에 같은 거리 값이 동시에 존재했다면 각도가 큰 부분부터 확인하였기에 오른쪽으로 자동차가 우선적으로 주행하려는 경향이 생긴다.