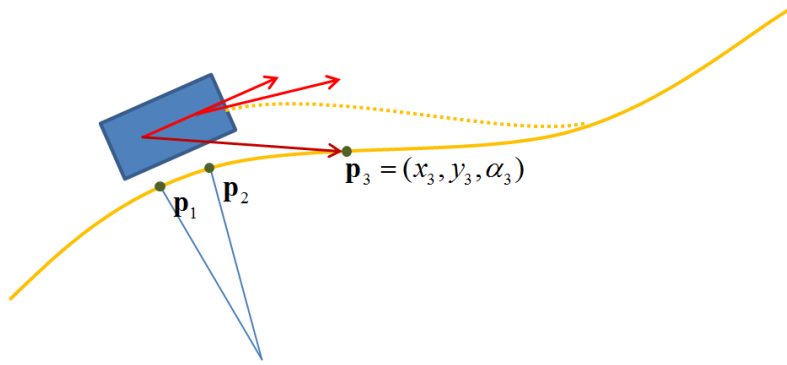


차량의 경로추종

KITECH 양광웅 작성

경로 추종

경로 추종이란 궤적 상에 있거나 있지 않는 차량의 위치와 방위 (x_R, y_R, θ_R) 로부터, 차량이 원하는 Cartesian 궤적 (x_i, y_i, α_i) 을 점근적으로 따라가도록 제어하는 방법이다.



궤적에서 α_i 는 $i+1$ 번째 점과 i 번째 점을 연결한 벡터의 방향이다.

$$\alpha_i = \text{atan} \left(\frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \right)$$

상기 그림에서 $\mathbf{p}_1$ 은 차량의 뒷바퀴 중심과 경로상의 가장 가까운 점의 위치이다. 그리고 $\mathbf{p}_2$ 는 $\mathbf{p}_1$ 에서 차량의 앞 바퀴와 뒷 바퀴간 거리 d 만큼 앞의 경로상 위치이다. 그리고 $\mathbf{p}_3$ 는 $\mathbf{p}_1$ 에서 $3d$ 만큼 앞의 경로상 위치이다.

$$d = |\mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1|$$

$$3d = |\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_1|$$

이때, 차량의 속도와 조향각 (v_d, s_d) 는 다음과 같이 계산한다.

$$v_d = v_{max}$$

$$s_d = (\alpha_2 - \alpha_1) + K_p \left(\text{atan} \left(\frac{y_3 - y_R}{x_3 - x_R} \right) - \theta_R \right)$$

여기서 v_{max} 는 차량이 낼 수 있는 최대 전진 속도이고 K_p 는 비례제어 이득이다. K_p 는 차량이 경로에서 벗어난 경우 차량을 경로상으로 끌어들이기 위한 이득으로 0.1정도의 작은 수로 설정한다.

차량의 주행속도 제한

차량의 기구적인 특성이나 동역학을 고려하여 차량이 주어진 경로를 따라 안전하게 주행할 수 있도록 차량의 주행속도를 제한한다.

구심가속도 고려

구심가속도를 고려하는 이유는 차량이 곡률반경이 작은 곳에서 급격한 회전으로 전복되거나 탑승객에게 큰 원심력의 발생으로 불편함을 방지하기 위한 목적이다.

차량이 주행하는 경로의 곡률반경 r 과 차량의 속도 v 가 주어진다면 다음과 같이 구심가속도 a_c 를 계산할 수 있다.

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad (1)$$

상기 식에서 차량이 안전하게 주행하기 위한 최대 구심 가속도 a_{r_max} 를 알고 있다면 차량의 한계 속도는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$v_{limit} = \sqrt{ra_{r_max}}$$

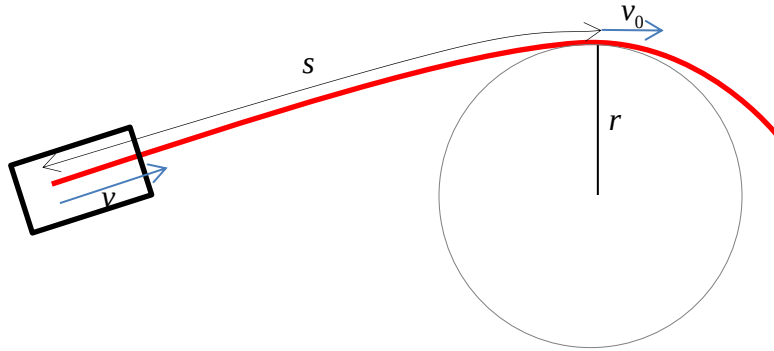
차량의 속도는 다음과 같이 제한한다.

$$v \leftarrow \min(v, v_{limit})$$

남은 거리에 따른 속도 제한

남은 거리에 따른 속도를 제한하는 이유는 차량의 전방에 곡률이 큰 경로가 있을 때 미리 차량을 주어진 가속도로 감속하여 커브에서 안전하게(구심가속도가 설정한 값을 벗어나지 않도록) 주행하

기 위함이다.



차량이 s 만큼 이동할 때까지 가속도 a 로 감속하여 속도가 v_0 가 되었다면 현재 속도 v 는 다음과 같은 관계식으로부터 유도할 수 있다.

$$v = v_0 + at,$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

상기 식에서 시간 t 를 소거하고 v 에 대해서 정리하면 다음과 같이 남은 거리에 따른 차량의 현재 한계 속도를 계산할 수 있다.

$$v_{limit} = \sqrt{v_0^2 + 2as}$$

차량의 속도는 다음과 같이 제한한다.

$$v \leftarrow \min(v, v_{limit})$$

조향각에 의한 차량의 속도제한

만일 어떠한 이유로 차량이 경로를 벗어나 다시 경로에 진입하기 위해 예상치 못한 조향각이 설정될 수 있다. 이때에도 전진속도를 제한하여 차량의 구심가속도를 일정한 범위 내로 조절한다.

차량의 현재 조향각 θ_R 로부터 곡률반경 r 을 계산하고 식(1)로부터 속도제한 v_{limit} 을 계산한다.

$$r = \frac{d}{\tan \theta_R}$$

$$v_{limit} = \sqrt{ra_{r_max}}$$

차량의 속도는 다음과 같이 제한한다.

$$v \leftarrow \min(v, v_{limit})$$