

차량의 경로계획

KITECH 양광웅 작성

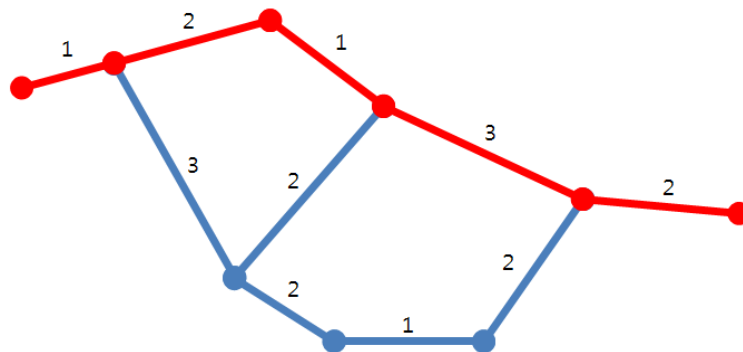
경로계획 시나리오

1. 경로 파일을 읽어 경로 DB 생성
2. 경로 DB에서 A* 알고리즘으로 목적지까지 경로 검색
3. 최소 곡률반경을 고려한 경로 생성
4. 경로 보간

경로 검색

맵 상에서 차량이 지나가는 경로들은 경유점(vertex)과 두 경유점을 연결하는 선분(edge)로 이루어진다. 차량이 현재 위치로부터 목적지에 도달하기 위해서 시간이나 길이, 사용한 에너지 등으로 비용함수를 만들고 비용이 최소가 되는 이동경로를 선택해야 한다. 주로 경로의 길이를 비용으로 고려하기 때문에, 최단 거리를 이동하기 위한 경로를 선택한다.

여기서는 Vertex와 Edge 정보로부터 A* 경로 검색방법을 사용하여 차량이 이동해야 할 최단경로를 구하게 된다.



A* 알고리즘은 위키피디아 참조:

http://en.wikipedia.org/wiki/A*_search_algorithm

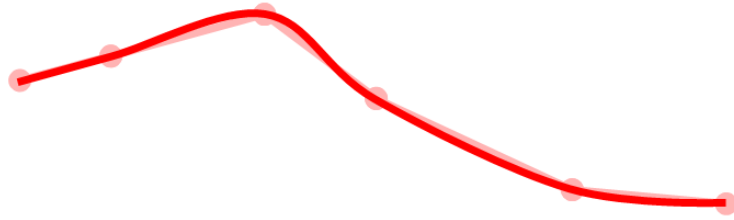
경로 보간

차량이 지나가야 할 몇 개의 불연속 경유점(vertex)이 주어졌을 때, 차량은 연속적으로 점과 점 사이를 움직여야 한다. 이 때 주어진 불연속 점들에 대하여 보간법으로 중간점들을 구하고, 차량은 이 점들을 연속하여 지나감으로 부드럽게 이동할 수 있다.

보간법에는 다양한 방법이 있으나, 여기서는 차량의 출발점과 도착점의 위치, 속도, 가속도를 고려하여야 하기 때문에 Cubic Spline Interpolation 방법을 사용하도록 한다.

Cubic spline interpolation

Cubic spline 보간은 각 점을 지나는 곡선에서 위치와 속도, 가속도의 연속성을 보장하므로 차량의 동작을 부드럽게 제어할 수 있다.



Natural cubic spline에서 다항식 $S_i(x)$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$S_i(x) = \frac{z_{i+1}(x-x_i)^3 + z_i(x_{i+1}-x)^3}{6h_i} + \left(\frac{y_{i+1}}{h_i} - \frac{h_i}{6}z_{i+1}\right)(x-x_i) + \left(\frac{y_i}{h_i} - \frac{h_i}{6}z_i\right)(x_{i+1}-x)$$

$$h_i = x_{i+1} - x_i$$

그리고 계수 z_i 는 다음 방정식을 풀어서 구할 수 있다.

$$z_0 = 0,$$

$$h_{i-1}z_{i-1} + 2(h_{i-1} + h_i)z_i + h_iz_{i+1} = 6\left(\frac{y_{i+1}-y_i}{h_i} - \frac{y_i-y_{i-1}}{h_{i-1}}\right), \quad i = 1, \dots, n-1$$

$$z_n = 0.$$

메트릭스 형태로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} 2(h_1+h_2) & h_2 & & \\ h_2 & 2(h_2+h_3) & \ddots & \\ & \ddots & \ddots & h_{n-2} \\ & & h_{n-2} & 2(h_{n-2}+h_{n-1}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_2 \\ z_i \\ \vdots \\ z_{n-1} \end{bmatrix} = 6 \begin{bmatrix} \frac{y_3-y_2}{h_2} - \frac{y_2-y_1}{h_1} \\ \vdots \\ \frac{y_n-y_{n-1}}{h_{n-1}} - \frac{y_{n-1}-y_{n-2}}{h_{n-2}} \end{bmatrix}$$

위의 행렬 식을 $\mathbf{Hz} = \mathbf{y}$ 로 간결하게 표현하였을 때, $\mathbf{z}$ 는

$$\mathbf{z} = \mathbf{H}^{-1}\mathbf{y}$$

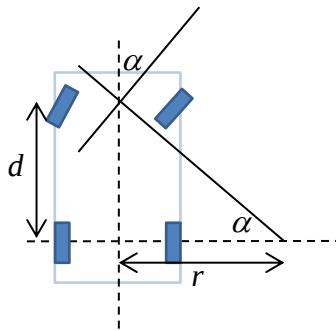
로 계산한다. 그리고 각 z_i 를 $S_i(x)$ 의 다항식에 대입하면 된다.

상세한 내용은 다음 위키 페이지를 참고한다.

http://en.wikipedia.org/wiki/Spline_interpolation#Cubic_spline_interpolation

최소 곡률반경 고려

차량의 앞바퀴 조향각은 기구적인 메커니즘으로 인해 제한되는데, 이 제약에 따른 차량의 최소 곡률반경을 계산한다.



$$\tan \alpha = \frac{d}{r} \Rightarrow r = \frac{d}{\tan \alpha} \quad (1)$$

차량의 앞바퀴 최대 조향각이 α_{max} 일 때, 최소 곡률반경 r_{min} 은 다음과 같다. (d 는 차량의 앞바퀴와 뒷바퀴 간 거리)

$$r_{min} = \frac{d}{\tan \alpha_{max}}$$

* 상기 제약 조건과 같이 경로상의 곡률반경이 차량의 최소 곡률반경 r_{min} 보다 크도록 보간된 경로를 생성하여야 한다.