

A cluster of four squares in the top-left corner: two dark blue and two light blue, arranged in a 2x2 grid.

智能汽车路径规划与轨迹跟踪 系列算法精讲及Matlab程序实现

第11讲 前轮反馈控制(Stanley) 法

创作者：Ally

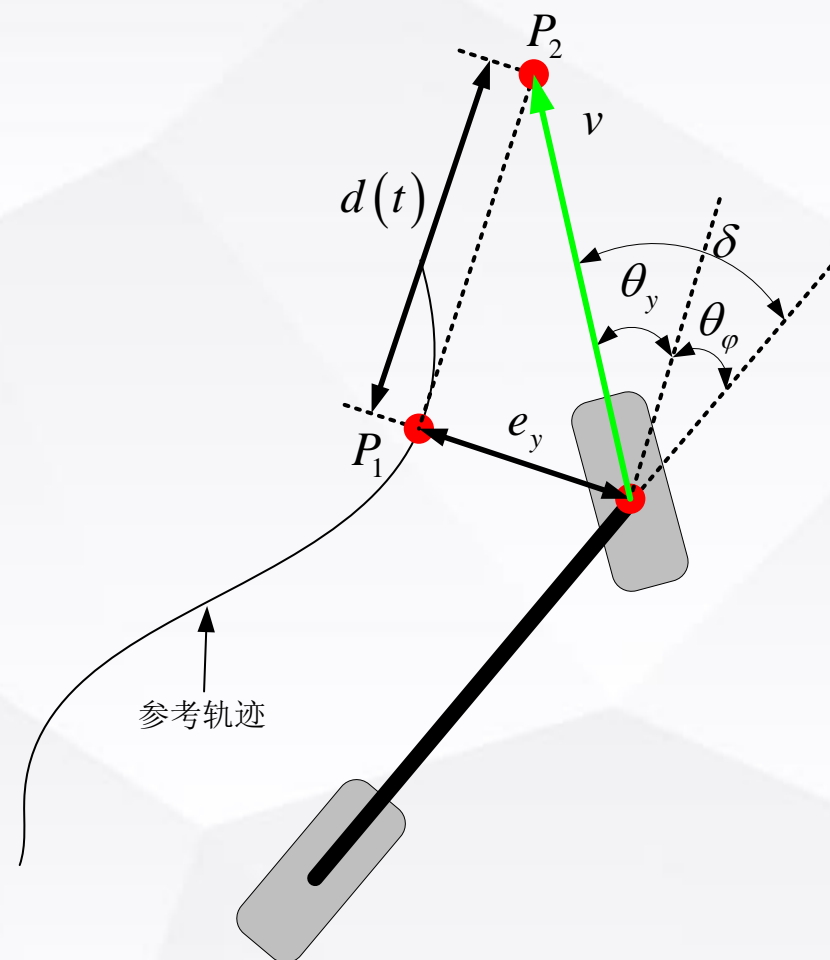
时间：2021/3/15

A cluster of four squares in the bottom-right corner: two dark blue and two light blue, arranged in a 2x2 grid.



算法核心思想

- 前轮反馈控制 (Front wheel feedback) 又称 Stanley 控制，其核心思想是基于前轮中心的路径跟踪偏差量对方向盘转向控制量进行计算。
- Stanley方法是一种基于横向跟踪误差为前轴中心到最近路径点的距离的非线性反馈函数，并且能实现**横向跟踪误差指数收敛于0**。根据车辆位姿与给定路径的相对几何关系可以直观的获得控制车辆方向盘转角的控制变量。
- 前轮转角控制变量由两部分构成：一部分是**航向误差**引起的转角，即当前车身方向与参考轨迹最近点的切线方向的夹角；另一部分是**横向误差**引起的转角，即前轮中心到参考轨迹最近点的横向距离。



算法精讲

- 在不考虑横向跟踪误差的情况下，前轮偏角应当与给定路径参考点的切线方向一致。其中， θ_ϕ 表示车辆航向与最近路径点切线方向之间的夹角，在没有任何横向误差的情况下，前轮方向与所在路径点的方向相同。

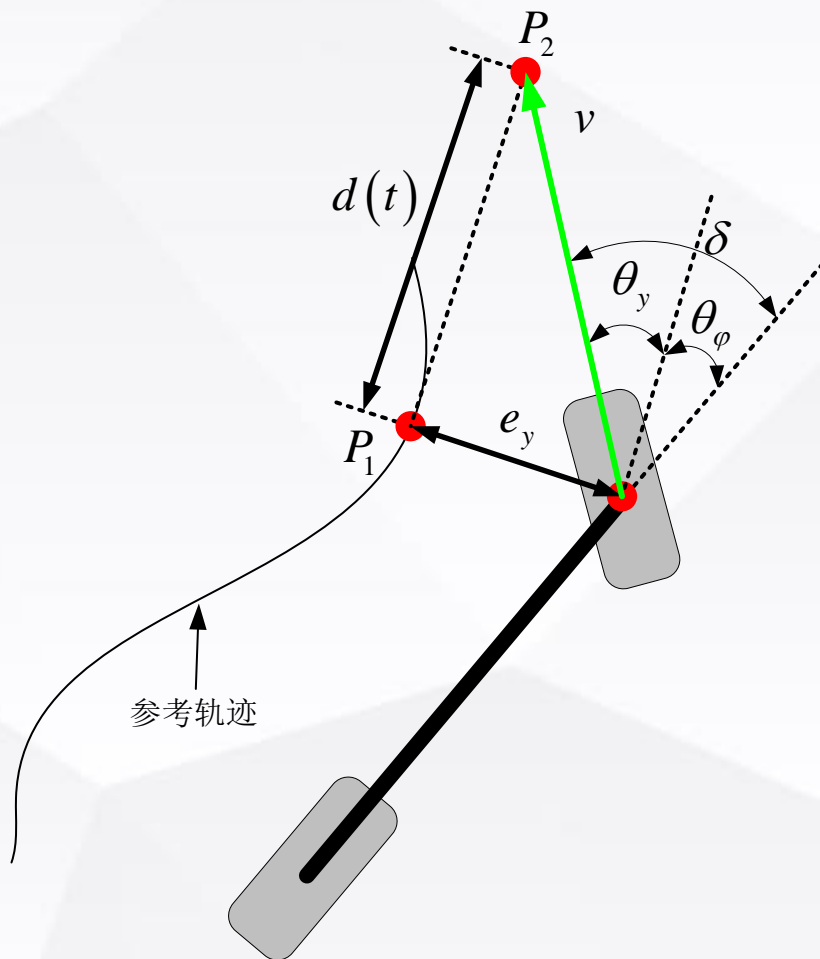
$$\delta_\phi = \theta_\phi$$

- 在不考虑航向跟踪偏差的情况下，横向跟踪误差越大，前轮转向角越大，假设车辆预期轨迹在距离前轮 $d(t)$ 处与给定路径上最近点切线相交，根据几何关系得出如下非线性比例函数：

$$\delta_y = \theta_y = \arctan \frac{e_y(t)}{d(t)} = \arctan \frac{ke_y(t)}{v(t)}$$

- 其中 $d(t)$ 与车速相关，用车速 $v(t)$ 、增益参数 k 表示。
- 所以，前轮转角为：

$$\delta = \delta_\phi + \delta_y$$



算法精讲

- 另外，横向误差的变化率：

$$\dot{e}_y = -v \sin \delta_y$$

- 其中 $\sin \delta_y$ 根据几何关系可知：

$$\sin \delta_y = \frac{e_y}{\sqrt{d(t)^2 + e_y^2}} = \frac{ke_y}{\sqrt{v^2 + (ke_y)^2}}$$

- 故有：

$$\dot{e}_y = \frac{-kve_y}{\sqrt{v^2 + (ke_y)^2}} = \frac{-ke_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{ke_y}{v}\right)^2}}$$

- 当横向跟踪误差 e_y 很小时，上式改写为：

$$\dot{e}_y \approx -ke_y$$

- 积分上式，得：

$$e_y(t) = e_y(0) \times e^{-kt}$$

- 因此横向误差指数收敛于 $e_y(0)$ ，参数 k 决定了收敛速度。

