

[https://servicedesk.iflytek.com/#/order/order-edit/1?service\\_id=1399](https://servicedesk.iflytek.com/#/order/order-edit/1?service_id=1399) 提交反馈

2) 有关其他WIKI的需求烦请在<https://servicedesk.iflytek.com/> 进入【公共】下点击”  
提单“选择【E3研发效能平台】 --- 【03】项目管理工具 目录提交反馈

# Planning Lateral Path Optimizer-技术文档

由 齐伟创建, 最终由 胡新雨修改于 三月 01, 2024

## 方案

### 大致流程

- 1. 首先对泊车路径进行运动学建模
- 2. 采用ilqr优化算法，进行离线测试和实车测试
- 3. 分析实车测试数据，对模型进行优化
- 4. 由于模型涉及一些硬约束，ilqr无法满足实际需求，研究并适配部署cilqr算法
- 5. 进行离线和在线测试
- 6. 大规模泛化测试，利用大规模仿真系统进行数据统计和分析
- 7. 调整优化
- 8. 部署

## 具体方案

### 1 dynamic model

前进模型

$$\begin{matrix} x' &= & \cos\theta \\ y' &= & \sin\theta \\ \theta' &= & k \\ k' &= & u \end{matrix}$$

后退模型

$$\begin{matrix} x' &= & -\cos\theta \\ y' &= & -\sin\theta \\ \theta' &= & k \\ k' &= & u \end{matrix}$$

### 2 constraints

$$\begin{matrix} |k| < |k_{max}| \\ |u| < |u_{max}| \end{matrix}$$

$$\text{eq1: } k \leq k_{max}, k_{max} = \frac{1}{R_{min}}$$

$$k = \theta' = \frac{d\theta}{dt} \frac{dt}{ds} = K\delta$$

$$\text{eq2: } u = k' = \frac{Kd\delta}{ds} = \frac{K\dot{\delta}}{v} \leq u_{max}, u_{max} = \frac{K\dot{\delta}_{max}}{v}$$

$$\dot{\delta}_{max} = 400 / 57.3 / 15$$

$$\text{令 } v = 1.688m/s$$

### 3 cost function

因为泊车路径的最终状态直接影响下一段拼接轨迹，甚至影响到泊车最终效果。因此cost function除轨迹跟随、舒适度、能耗之外 需要重点考虑terminal state，因此添加轨迹最后5个点的cost(terminal cost)。

#### 3.1 reference cost

$$cost_{(ref,i)} = w_1(x - x_i)^2 + w_2(y - y_i)^2 + w_3(\theta - \theta_i)^2$$

#### 3.2 terminal cost

$$cost_{(terminal,i)} = w_4(x - x_i)^2 + w_5(y - y_i)^2 + w_6(\theta - \theta_i)^2$$

#### 3.3 energy&comfortableness cost

$$cost_{comfortableness} = w_7k^2 + w_8u^2$$

如果采用penalty method对约束项进行优化

##### 3.4.1 constraints cost

$$cost_{k_{constraint}} = w_9(k - k_{max})^2$$

$$cost_{u_{constraint}} = w_{10}(u - u_{max})^2$$

如果采用cilqr method 对约束项进行优化

##### 3.4.2 constraints cost

$$cost_{k_{constraint}} = \frac{1}{2}\rho_k(\max[k^2 - k_{max}^2 + \frac{\mu_k}{\rho_k}, 0])$$

$$cost_{u_{constraint}} = \frac{1}{2}\rho_u(\max[u^2 - u_{max}^2 + \frac{\mu_u}{\rho_u}, 0])$$

iLQR	c-iLQR
Unconstrained Optimization	Constrained Optimization

- How to convert constrained problem(nonconvex) to unconstrained problem(convex) ?

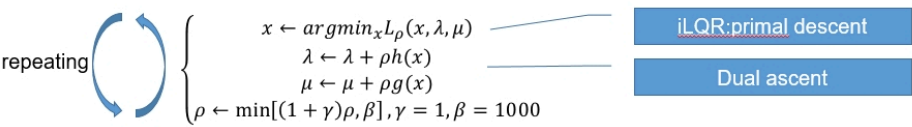
(nonconvex)

$$\begin{aligned} \min_x \quad & f(x) \\ \text{s.t.} \quad & g_i(x) \leq 0 \\ & h_i(x) = 0 \end{aligned}$$

PHR Augmented Lagrangian Method

$$L_\rho(x, \lambda, \mu) := f(x) + \frac{\rho}{2} \left\{ \left\| h(x) + \frac{\lambda}{\rho} \right\|^2 + \left\| \max[g(x) + \frac{u}{\rho}, 0] \right\|^2 \right\}$$

- c-iLQR : repeating the primal descent + dual ascent iterations



额外记录

曲率正负号	前进	后退
左转	-	
右转		