机器人路径规划

作业五 - 小车轨迹 MPC

张 文泰

学号：21009101463

一、程序分析

```
VectorX compensateDelay(const VectorX& x0) {
   VectorX x0_delay = x0;
   if (delay_ == 0)
   {
     return x0_delay;
   }
   Eigen::MatrixXd BB, AA, gg, x0_pred;
   int tau = std::ceil(delay_ / dt_);
   BB.setZero(n * tau, m * tau);
   AA.setZero(n * tau, n);
   gg.setZero(n * tau, 1);
   x0_pred.setZero(n * tau, 1);
   double s0 = s_.findS(x0.head(2));
   double phi, v, delta;
   double last_phi = x0(2);
   for (int i = 0; i < tau; ++i) {
     calLinPoint(s0, phi, v, delta);
     if (phi - last_phi > M_PI) {
       phi -= 2 * M_PI;
     } else if (phi - last_phi < -M_PI) {
       phi += 2 * M_PI;
     }
     last_phi = phi;
     linearization(phi, v, delta);
     if (i == 0) {
         BB.block(0, 0, n, m) = Bd_;
         AA.block(0, 0, n, n) = Ad_;
         gg.block(0, 0, n, 1) = gd_;
       } else {
         BB.block(i * n, i * m, n, m) = Bd_;
         for (int j = i - 1; j >= 0; --j){
           BB.block(i * n, j * m, n, m) = Ad_ * BB.block((i - 1) * n, j * m, n, m);
         }
         AA.block(i * n, 0, n, n) = Ad_ * AA.block((i - 1) * n, 0, n, n);
         gg.block(i * n, 0, n, 1) = Ad_ * gg.block((i - 1) * n, 0, n, 1) + gd_;
       }
     }
   Eigen::VectorXd uu(m * tau, 1);
   for (double t = delay_; t > 0; t -= dt_) {
     int i = std::ceil(t / dt_);
     uu.coeffRef((tau - i) * m + 0, 0) = historyInput_[i - 1][0];
     uu.coeffRef((tau - i) * m + 1, 0) = historyInput_[i - 1][1];
   }
   x0_pred = BB * uu + AA * x0 + gg;
   x0_delay = x0_pred.block((tau - 1) * n, 0, n, 1);
   return x0_delay;
 }
```

compensateDelay 函数

该函数实现了一个延时补偿功能，用于根据系统延迟来估计当前状态的补偿状态。函数的主要思路框架如下：

1. **函数参数：**x0 为当前状态的向量。如果延迟 delay_ 为 0，则直接返回当前状态 x0。
2. **初始化矩阵和变量：**初始化矩阵 BB、AA、gg 和 x0_pred，它们用于存储状态空间模型的线性化信息和延迟预测。计算延迟对应的时间步数 tau，并根据时间步数初始化相关的矩阵。
3. **计算线性化信息：**循环 tau 次，计算每个时间步对应的线性化点，并

使用 linearization 函数计算对应的线性化矩阵，将这些矩阵填充到 BB、AA 和 gg 中，以便后续使用。

4. **历史输入重构：**从历史输入 historyInput_ 中重构输入向量 uu，其中 historyInput_ 是记录了历史输入的容器，然后根据时间步长 dt_ 和延迟 delay_，将历史输入插入到 uu 中。
5. **状态预测：**使用补偿前的状态 x0、历史输入 uu，以及线性化信息 BB、AA 和 gg，通过状态空间模型预测延迟期间的状态变化，将预测得到的状态更新到 x0_delay 中，并返回。

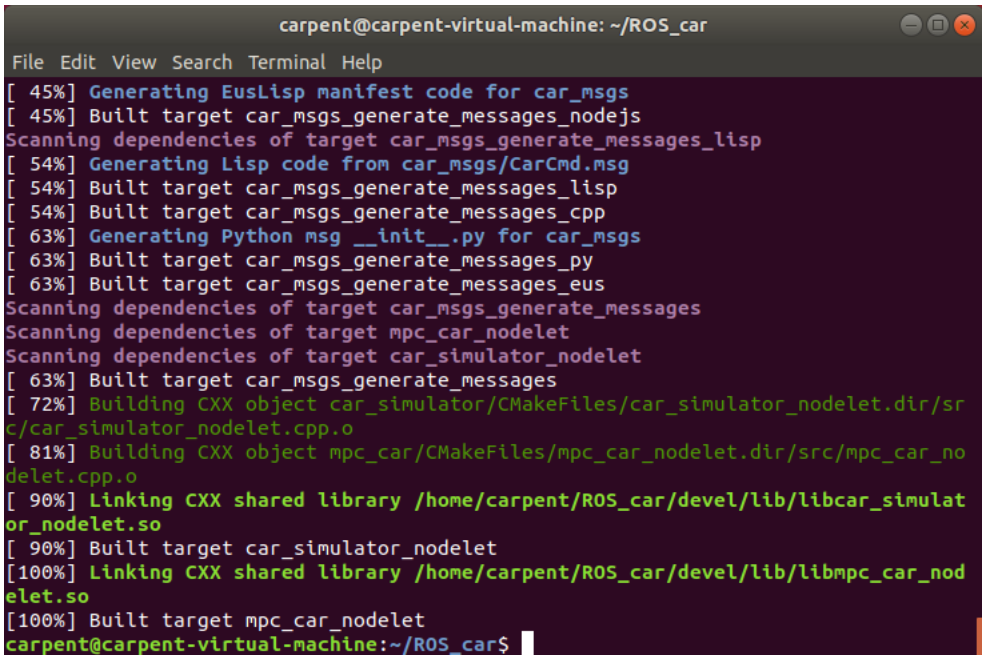
```
void linearization(const double &phi, const double &v, const double &delta) {
    Ad_ <<  0, 0, -v*sin(phi), cos(phi),
            0, 0,  v*cos(phi), sin(phi),
            0, 0, 0, tan(delta) / ll_,
            0, 0, 0, 0;
    Bd_ <<  0, 0,
            0, 0,
            0, v/(ll_*pow(cos(delta),2)),
            1, 0;
    gd_ <<  v*phi*sin(phi), -v*phi*cos(phi), -v*delta/(ll_*pow(cos(delta),2)), 0;

    Ad_ = MatrixA::Identity() + dt_ * Ad_;
    Bd_ = dt_ * Bd_;
    gd_ = dt_ * gd_;
    return;
  }
```

Linearization 函数

这段函数用于状态空间系统线性化。它通过接收车辆的航向角(phi)、速度(v)和转向角(delta)计算状态空间模型的离散化矩阵、输入矩阵和扰动项。

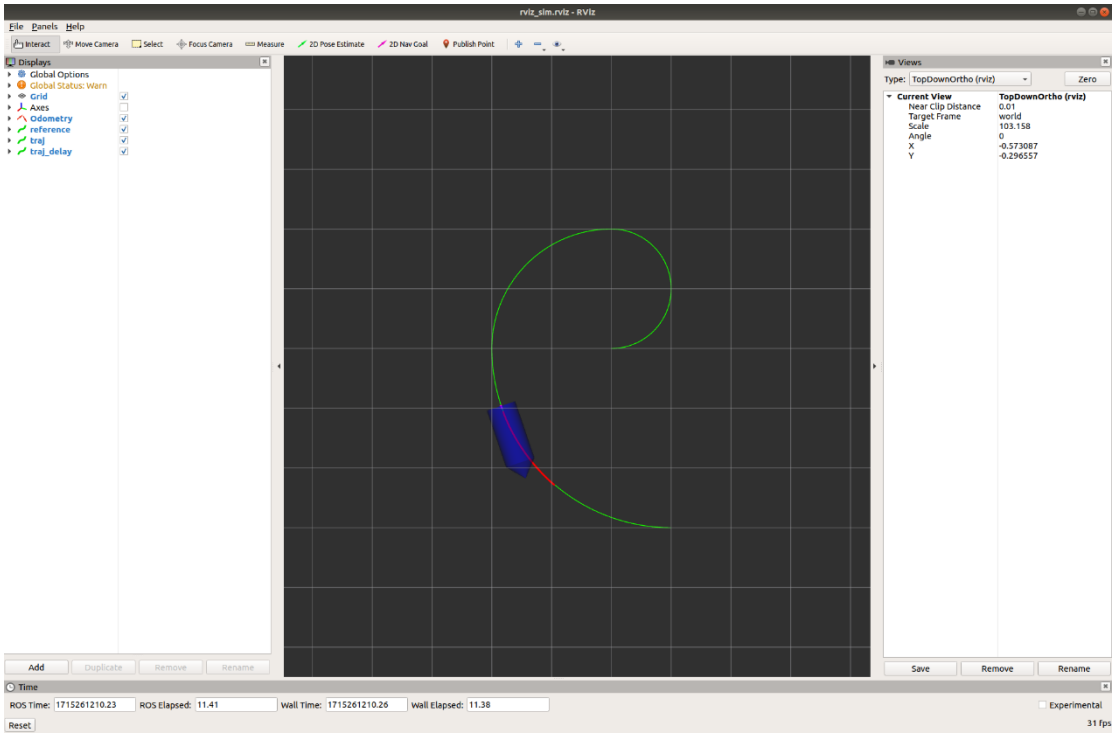
在函数内部，首先初始化了三个矩阵 Ad、Bd 和 gd，根据输入的参数，计算并填充了这些矩阵的值。然后对离散化的矩阵 Ad、Bd 和 gd 进行了时间步长的更新，因为在实际控制中，系统模型需要离散化来进行数字控制。

二、实验过程



环境配置成功

三、实验结果



程序运行结果

程序成功运行，地图显示在 rviz 中并开始自动规划路径。