深蓝学院
shenlanxueyuan.com

激光slam第五次作业讲解

主讲人 钟灼

第一题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

地图和得分插值

$$u = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \qquad v = \frac{y - y_0}{y_1 - y_0}$$

设平面中有四个点:

$$Z_1 = f(x_0, y_0), Z_2 = f(x_1, y_0)$$
$$Z_3 = f(x_1, y_1), Z_4 = f(x_0, y_1)$$

```
Eigen::Vector3d InterpMapValueWithDerivatives(map_t* map,Eigen::Vector2d& coords)//coords为激光点世界坐标
{
    Eigen::Vector3d ans;   ans: Eigen::Vector3d
    //TODO
    float cell_x,cell_y;   cell_x: 5029.75977    cell_y: 5017.76172
    cell_x= (coords( index: 0) - map->origin_x) / map->resolution + map->size_x / 2; //世界坐标转到地图坐标.
    cell_y= (coords( index: 1) - map->origin_y) / map->resolution + map->size_y / 2;   coords: Eigen::Vec

    int int_x0=floor(cell_x);  //向下取整,取出x0   int_x0: 5029
    int int_y0=floor(cell_y);   int_y0: 5017

    double u=cell_x-int_x0;//因为x1-x0=1,所以u分母为1,v同理   u: 0.759765625    cell_x: 5029.75977
    double v=cell_y-int_y0;   v: 0.76171875    cell_y: 5017.76172

    double z1=map->cells[MAP_INDEX(map,int_x0,int_y0)].score; //取出分数   z1: 0.98019867330675525
    double z2=map->cells[MAP_INDEX(map, i: int_x0+1,int_y0)].score;   z2: 1
    double z3=map->cells[MAP_INDEX(map, i: int_x0+1, j: int_y0+1)].score;   z3: 1
    double z4=map->cells[MAP_INDEX(map,int_x0, j: int_y0+1)].score;   z4: 1    int_x0: 5029    int_y0: 50
```

第一题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

地图和得分插值

构造基函数:

$$l_1(u,v) = (1-u)(1-v)$$

$$l_2(u,v) = u(1-v)$$

$$l_3(u,v) = uv$$

$$l_4(u,v) = (1-u)v$$

```
double u=cell_x-int_x0;//因为x1-x0=1,所以u分母为1,v同理   u: 0.759765625    cell_x: 5029.75977
double v=cell_y-int_y0;   v: 0.76171875    cell_y: 5017.76172

double z1=map->cells[MAP_INDEX(map,int_x0,int_y0)].score; //取出分数   z1: 0.98019867330675525
double z2=map->cells[MAP_INDEX(map, i: int_x0+1,int_y0)].score;   z2: 1
double z3=map->cells[MAP_INDEX(map, i: int_x0+1, j: int_y0+1)].score;   z3: 1
double z4=map->cells[MAP_INDEX(map,int_x0, j: int_y0+1)].score;   z4: 1    int_x0: 5029    int_y0: 5017

ans[0]=z1*(1-u)*(1-v)+z2*u*(1-v)+z3*u*v+z4*(1-u)*v;  //得分插值
```

插值函数为:

$$L_4(u,v) = Z_1 l_1(u,v) + Z_2 l_2(u,v) + Z_3 l_3(u,v) + Z_4 l_4(u,v)$$

第一题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

地图对X和Y的导数

$y_1-y=y_0+1-y=1-(y-y_0)=1-v$

x的偏导数:

$$\frac{\partial L(x,y)}{\partial x}=\frac{y-y_0}{y_1-y_0}\left(\frac{Z_3-Z_4}{x_1-x_0}\right)+\frac{y_1-y}{y_1-y_0}\left(\frac{Z_2-Z_1}{x_1-x_0}\right)$$

y的偏导数:

$$\frac{\partial L(x,y)}{\partial y}=\frac{1}{y_1-y_0}\left(\frac{x-x_0}{x_1-x_0}Z_3+\frac{x_1-x}{x_1-x_0}Z_4\right)-\frac{1}{y_1-y_0}\left(\frac{x-x_0}{x_1-x_0}Z_2+\frac{x_1-x}{x_1-x_0}Z_1\right)$$

```
double u=cell_x-int_x0;//因为x1-x0=1,所以u分母为1,v同理   u: 0.759765625    cell_x: 5029.75977
double v=cell_y-int_y0;   v: 0.76171875    cell_y: 5017.76172
```

```
ans[1]=(v*(z3-z4)+(1-v)*(z2-z1))/(map->resolution); //对x的偏导数是实际的世界坐标,这里的u和v是地图坐标,所以需要除以分辨率
ans[2]=(u*z3+(1-u)*z4-u*z2-(1-u)*z1)/(map->resolution);   z4: 1    z2: 1    u: 0.759765625    z3: 1    map: 0x28
```

第一题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

计算H和b

```
Eigen::Vector2d pt=laser_pts[i];
Eigen::Vector2d coords=GN_TransPoint(pt,Trans);//第i个激光点位姿变换变换T后的坐标

Eigen::Matrix<double,2,3> dSi;   //Si对T求导
dSi<<1,0,-sin( x: now_pose( index: 2))*pt( index: 0)-cos( x: now_pose( index: 2))*pt( index: 1),
      0,1,cos( x: now_pose( index: 2))*pt( index: 0)-sin( x: now_pose( index: 2))*pt( index: 1);

Eigen::Vector3d  ans=InterpMapValueWithDerivatives(map, &: coords); //地图插值和插值点分数
Eigen::Vector2d dM( x: ans[1], y: ans[2]); //似然场对坐标位置的导数

Eigen::MatrixXd temp( x: 1, y: 3);
temp=dM.transpose()*dSi;
H+=temp.transpose()*temp;
b+=temp.transpose()*(1-ans( index: 0));
```

$$\frac{\partial S_i(T)}{\partial T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\sin T_\theta * p_{ix} - \cos T_\theta * p_{iy} \\ 0 & 1 & \cos T_\theta * p_{ix} - \sin T_\theta * p_{iy} \end{bmatrix}$$

$$H = \sum \left[\nabla M(S_i(T)) \frac{\partial S_i(T)}{\partial T} \right]^T \left[\nabla M(S_i(T)) \frac{\partial S_i(T)}{\partial T} \right]$$

$$b = \sum \left[\nabla M(S_i(T)) \frac{\partial S_i(T)}{\partial T} \right]^T \left[1 - M(S_i(T)) \right]$$

第一题

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

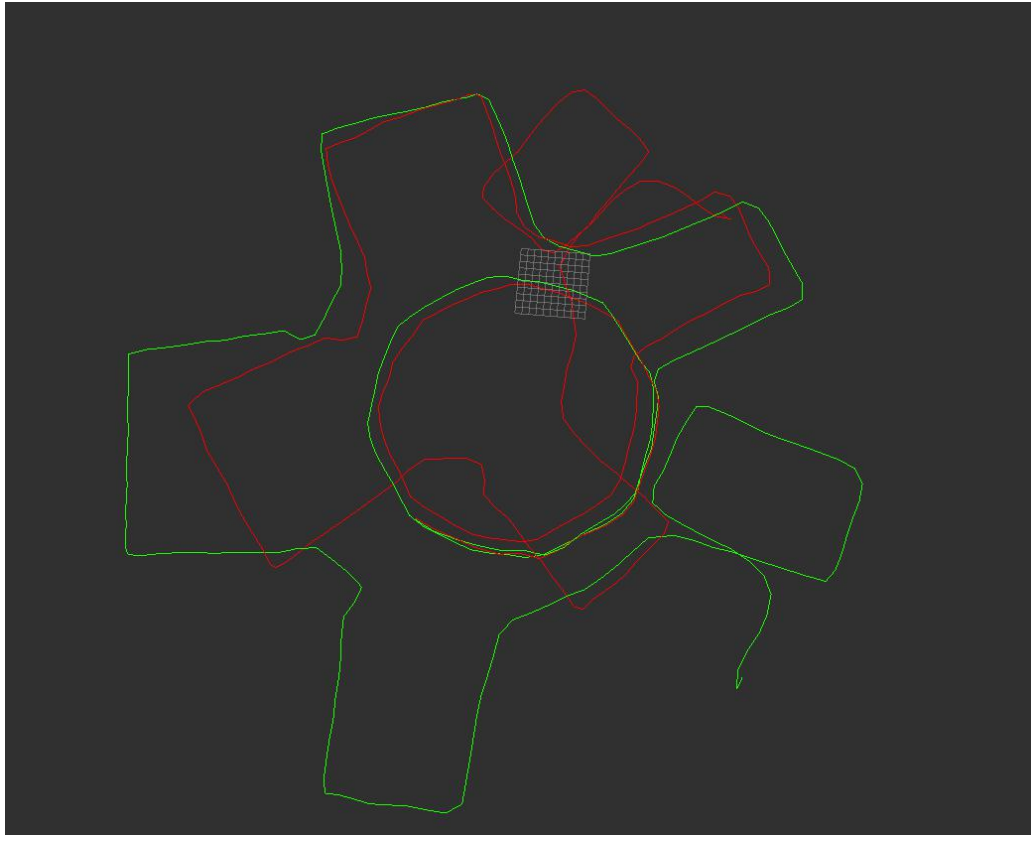
计算ΔT

$$\Delta T = H^{-1} \sum \left[\nabla M(S_i(T)) \frac{\partial S_i(T)}{\partial T} \right]^T \left[1 - M(S_i(T)) \right]$$

```
for(int i = 0; i < maxIteration;i++)
{
    //TODO
     ComputeHessianAndb( map, now_pose,laser_pts,H, b);
    Eigen::Vector3d delta=H.colPivHouseholderQr().solve(b);
    now_pose+=delta;
    //END OF TODO
}
init_pose = now_pose;
```

第一题

深蓝学院
shenlanxueyuan.com



第二题

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

提升第一题激光匹配轨迹精度的方法

（1）插值的部分由双线性插值改成三线性插值

（2）点云预处理，结合里程计数据去畸变。

第三题

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

（1） NDT的优化函数（score）是什么？

概率密度函数

$$score_i = \exp(-\frac{(X_i^{'} - q_i)^T \Sigma_i^{-1} (X_i^{'} - q_i)}{2})$$

第三题

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

（2） 简述NDT根据score函数进行优化求解的过程。

1.对第一帧划分cell，计算均值和方差

2.第二帧乘T，划分cell

3.计算每个点的score，牛顿法迭代获得ΔT

4.重复1到3，直到ΔT趋于0

第四题

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

用分枝定界方法获取最终细分辨率下机器人的最佳匹配位置，请简述匹配和剪枝流程

85	99 1
98 3	96

左图：机器人在粗分辨率地图下各个位置的匹配得分

41	43	58	24
76	83	87 2	73
86	95 4	89	68
70	65	37	15

右图：机器人在细分辨率地图下各个位置的匹配得分（细分辨率下的匹配最高分小于等于相应粗分辨率位置的最高分）

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

感谢各位聆听！

Thanks for Listening