



深蓝学院
shenlanxueyuan.com

激光SLAM第四期第三章作业讲评



主讲人 刘敦浩



➤ 第一题 完善代码

主要存在如下问题：

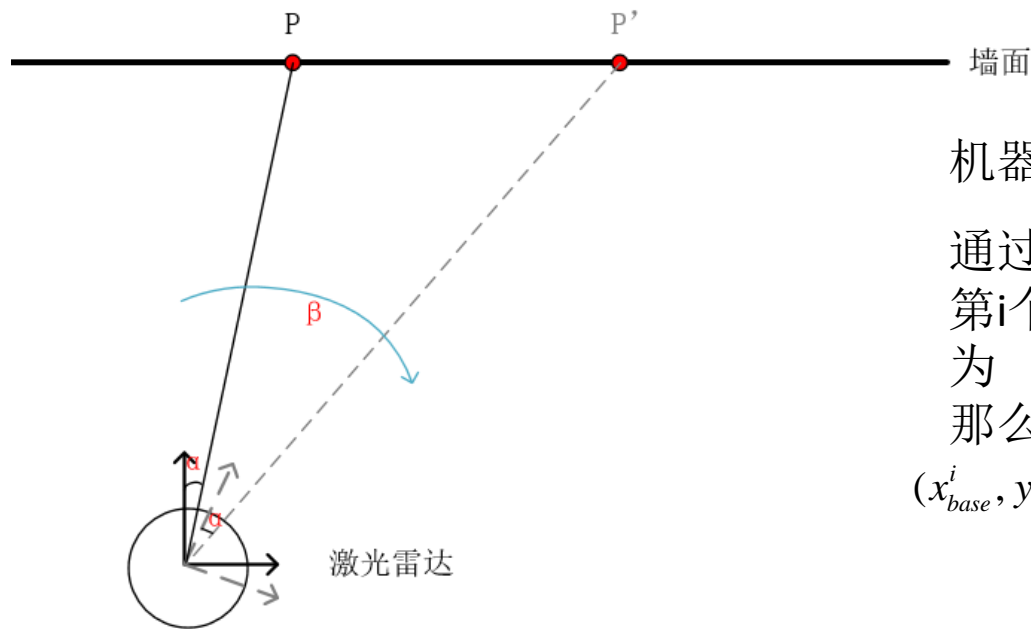
1. 插值起点不能从第startIdx开始，要从startIdx+1开始 (**最为严重**，只有个别同学注意到)
2. 部分同学不习惯用矩阵乘法完成计算
3. 有个别同学还对矫正方式过程不熟，公式用不对

➤ 第二题 推到ICP（基本都推出来了）

➤ 第三题 简答题

➤ 第四题 开放性题

第一题（基本原理）



机器人基准位姿 T_{base}

通过插值求出第 i 个激光点位姿 T_i

第 i 个点位于激光雷达坐标系坐标为 $(r[i] * \cos(a[i]), r[i] * \sin(a[i]))$

那么第 i 个点位于基准位姿坐标为：

$$(x_{base}^i, y_{base}^i, 1) = T_{base}^{-1} * T_i * (r[i] * \cos(a[i]), r[i] * \sin(a[i]), 1)^T$$

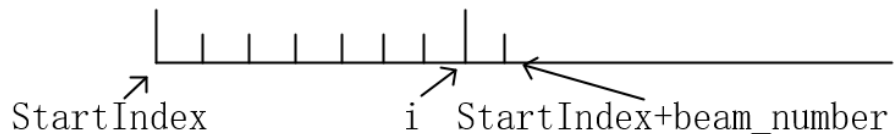
第一题（线性插值）

```
/**@brief Return the linear interpolation between this and another vector
 * @param v The other vector
 * @param t The ration of this to v (t = 0 => return this, t=1 => return other) */
TFSIMD_FORCE_INLINE Vector3 lerp(const Vector3& v, const tfScalar& t) const
{
    return Vector3(m_floats[0] + (v.m_floats[0] - m_floats[0]) * t,
        m_floats[1] + (v.m_floats[1] - m_floats[1]) * t,
        m_floats[2] + (v.m_floats[2] - m_floats[2]) * t);
}
```

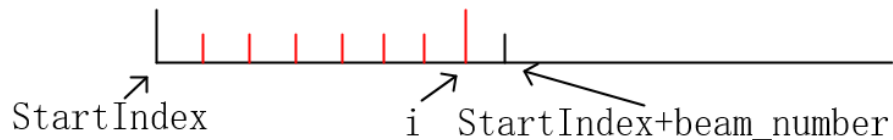
线性插值：

$$iVal = startVal + scale * (endVal - startVal)$$

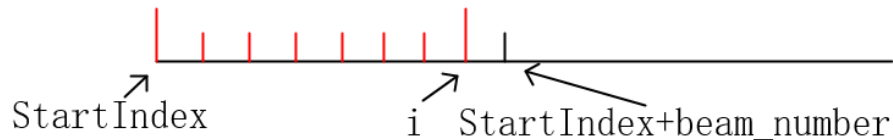
第一题 (插值区间问题)



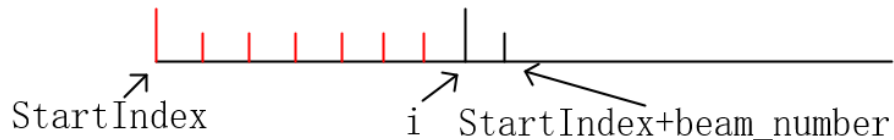
注意: 在对 $(\text{StartIndex}, i]$ 插值完后, i 为下一个插值区间起点



GOOD



BAD



BAD

第一题（完整代码）

```
//分别求插值起点和终点位置和姿态
tf::Vector3 start_ = frame_start_pose.getOrigin();
tf::Vector3 end_   = frame_end_pose.getOrigin();
tf::Quaternion start_q = frame_start_pose.getRotation();
tf::Quaternion end_q   = frame_end_pose.getRotation();

for(int i = startIndex + 1; i < startIndex + beam_number; i++)
{
    //分别对位置和姿态进行插值，得到第i个点机器人位姿
    tf::Vector3 c_laser_p = start_.lerp(end_, (i - startIndex) / (beam_number - 1));
    tf::Quaternion c_laser_q = start_q.slerp(end_q, (i - startIndex) / (beam_number - 1));
    tf::Pose c_laser_odom(c_laser_q, c_laser_p);

    //求出激光雷达数据位于激光雷达坐标系中坐标
    tf::Vector3 laser_point(ranges[i] * cos(angles[i]), ranges[i] * sin(angles[i]), 1.0);

    //求出该激光点在基准位姿下的坐标
    tf::Vector3 ud_p_laser = frame_base_pose.inverse() * c_laser_odom * laser_point;

    //生成去畸变后的激光点
    ranges[i] = hypot(ud_p_laser[0],ud_p_laser[1]);
    angles[i] = atan2(ud_p_laser[1],ud_p_laser[0]);
}
```

第二题（公式推导）

详见第四章ppt: pp6~10, pp32

第三题 (3.1)

from 杨波同学:

有两种方法用于测量雷达到目标到的距离。一种方法是测量一个短时激光脉冲的发射和接收时间差 Δt , 该方法称为飞行时间测量方法(TOF, time of flight)。

被测目标的距离 r 可以用下列公式计算得到:

$$r = \frac{\Delta t \cdot c}{n \cdot 2}$$

式子中 c 是光速, 为常量; n 是折射率。

另一种方法是相位差测量方法。一个连续的激光调幅光束被发射到探测目标, 发射信号的相位差和接收信号被测量。已知调制频率为 f_m , 相位差为 $\Delta\varphi$, 从而计算出时间差为 Δt 。

$$\Delta t = \frac{\Delta\varphi \cdot f_m}{2\pi} \quad (1.12)$$

如果测量结果大于半个波长, 那么测试得到的时间差就不会唯一。多重频率调制技术被用于克服这个问题。一开始先用最长的波长, 相位差被用于计算出一个大致的范围, 随后逐步降低波长, 直到得到获得一个精确和唯一的结果。多重反射问题也是相位差测量激光测量装置的常见问题。

第三题 (3.2)

详见第三章ppt: pp9~10

第四题

第一题：主要由于消费级IMU加速度精度太差，二次积分噪声过大，无法正常使用

第二题以下提供一种解决思路：

使用IMU进行旋转矫正（用于角度插值），使用匀速运动假设进行平移运动矫正（用于位置插值），从而去除运动畸变。然后使用ICP方法进行匹配，匹配结果作为真值，重新进行激光位置矫正，再一次进行ICP迭代，直到收敛。



深蓝学院
shenlanxueyuan.com

感谢各位聆听 !
Thanks for Listening

