



芯仑光电 IMU 标定验证操作手册

上海芯仑光电科技有限公司

目 录

1、IMU 标定验证目的和方法.....	3
1.1 陀螺仪.....	3
1.2 加速度计.....	3
1.3 磁力计.....	3
1.4 相机坐标系.....	3
2、验证操作流程.....	4
2.1 验证前配置.....	4
2.2 验证流程.....	4
附录一：版本说明.....	7

1、IMU 标定验证目的和方法

使用本工具验证 IMU 标定结果，可以确保标定参数基本正确，快速发现标定中不合理操作或数据误差带来的明显错误。

1.1 陀螺仪

陀螺仪偏置在补偿后应该为零。因此静止状态下陀螺仪输出应该均为零，静止状态下陀螺仪的偏置在 $0.002(\text{rad/s})$ 以下属于正常情况。

1.2 加速度计

加速度计在补偿角度偏差、尺度偏差和偏置后输出的数据在 3 维空间中应该落在一个球面，理想情况下半径为重力加速度真值 $G(=9.80665\text{m/s}^2)$ 。因此，需要通过加速度的模和 G 比较。不同角度误差在 0.05m/s^2 范围内属于正常。

1.3 磁力计

磁力计在使用标定参数校准后，三维数据在空间中应该落在一个球面上，球心应该为 $[0, 0, 0]$ 。标定需要不停旋转磁力计，尽可能让数据均匀覆盖球面。使得输出数据 X 、 Y 和 Z 轴 (分别)和零点对称，即最大和最小值的绝对值一样。由于地磁受环境影响强烈，最大和最小值的绝对值差别在 $\pm 4\text{uT}$ 范围内属于正常。

1.4 相机坐标系

参考《芯仑光电 IMU 标定操作手册》的 2.1 小节。

2、验证操作流程

2.1 验证前配置

i. 检查标定结果文件

检查 config 文件夹中，是否存在 IMU_Calibration 工具标定好的 IMUCalib.ini。

ii. CeleX5_Z 参数配置

对于 CeleX5_Z, 需要在 config/Zynq_config.ini 中, 设置 IP 和端口号。其他关于 CeleX5_Z 连接和使用的问题, 参考 <https://github.com/CelePixel/CeleX5-Zynq>。

2.2 验证流程

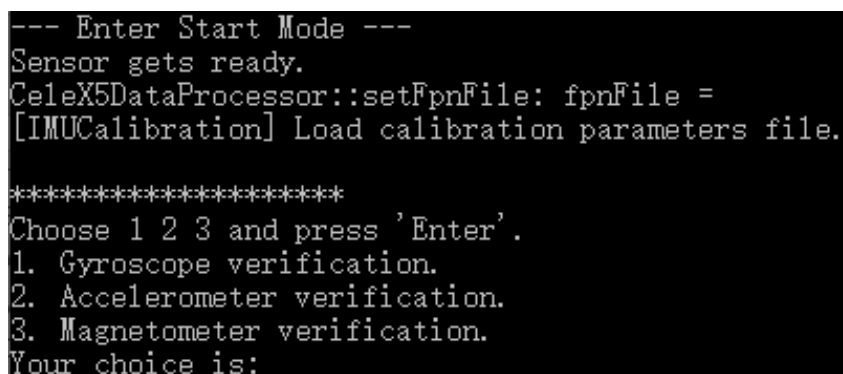
整个流程大约需要 5 分钟。详细操作如下:

i. 启动标定验证程序“IMU_Verification.exe”。

通过控制台状态判断 sensor 是否成功启动。

对于 CeleX5_MP:

Sensor 正常启动后控制台提示 “Sensor gets ready!”。控制台状态如下图所示, 则说明传感器工作正常。



```
--- Enter Start Mode ---
Sensor gets ready.
CeleX5DataProcessor::setFpnFile: fpnFile =
[IMUCalibration] Load calibration parameters file.

*****
Choose 1 2 3 and press 'Enter'.
1. Gyroscope verification.
2. Accelerometer verification.
3. Magnetometer verification.
Your choice is:
```

若显示“Sensor cannot open!”, 需要把 USB 数据线拔出来重新连接和重启 Sensor。如果显示 “INI file missing in configured path: config/IMUCalib.ini” 和“Load file error in setCalibParam()”则 IMUCalib.ini 文件未放入 config 文件夹中。

对于 CeleX5_Z:

正常启动控制台出现下图所示:

```
create socket successfully!
Sensor gets ready.
connect to ZYNQServer successfully!
CeleXTcpSocket::sendCmd: cmd = 10
CeleXTcpSocket::sendCmd: cmd = 10
CeleXTcpSocket::sendCmd: cmd = 1
[IMUCalibration] Load calibration parameters file.

*****
Choose 1 2 3 and press 'Enter'.
1. Gyroscope verification.
2. Accelerometer verification.
3. Magnetometer verification.
Your choice is:
```

否则 sensor 未正常启动。请检查连线、IP 设置和存储卡是否正常。

- ii. 输入数字 1-3 可选择要验证的传感器模块，以此为陀螺、加速度计和磁力计。CeleX5_MP 和 CeleX5_Z 功能和操作类似。
- iii. 若输入 1，则需要保持静止放置，控制台提示“Keep stationary.”等提示，等待时间在 1 分钟以内。如果出现“Warning, no imu data! Please restart.”代表没有 imu 数据，固件需要更新。之后程序自动给出陀螺三轴标定后的偏置值，和提示 “Finish the verification for Gyroscope.”，静止状态下陀螺仪输出偏置三轴都在 $0.002(\text{rad/s})$ 以下属于正常情况。
- iv. 数字 2 对应，加速度计验证。需要按照如下操作提示，摆好位置才能输入 2。每次输入 2，只能获取一个位置的加速度适量模，因此总共需要输入三次数 2。
 - a) 按照图 1(a)所示姿态调节传感器，并静止放置一段时间(约 5 秒)，再输入 2。此时控制台显示“Keep stationary.”等提示，继续静止等待。输出 $\|\text{Acc}\|$ 的数值和 $9.8(\text{m/s}^2)$ 比较，判断相差是否在 $0.05(\text{m/s}^2)$ 以内。
 - b) 继续按照图 1(b)的姿态，调整传感器并静止，再输入 2，观察 $\|\text{Acc}\|$ 和 $9.8(\text{m/s}^2)$ 的差别。
 - c) 按照图 1(c)的姿态，再次传感器并静止，再输入 2，观察 $\|\text{Acc}\|$ 和 $9.8(\text{m/s}^2)$ 的差别。
 - d) a)、b)和 c)对应三个姿态的 $\|\text{Acc}\|$ 和 9.8 差别都小于 $0.05(\text{m/s}^2)$ ，才说明标定成功，误差较小。

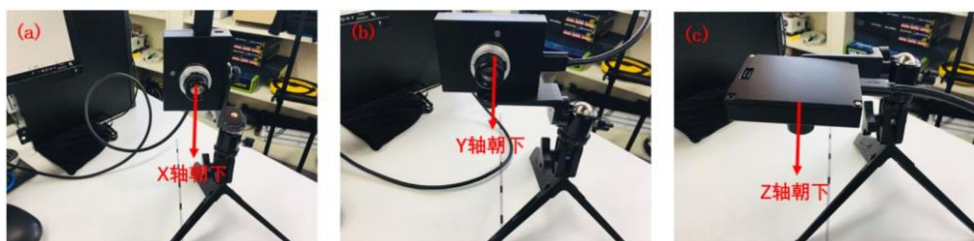


图 1

- v. 磁力计验证。输入 3 后，需要连续不停地转动传感器，保证传感器的 3 个轴的朝向遍历整个空间，X、Y 和 Z 轴的最大和最小值的绝对值差别都稳定在 ± 4 (uT)范围内标定成功。键盘按“q”可退出磁力计验证。

注：

- 若输出“Range of magnetic data: $-32 < X < 33 \mid -31 < Y < 33 \mid -35 < Z < 38$ ”，则说明标定成功。
- 如果出现“Range of magnetic data: $-32 < X < 33 \mid -31 < Y < 33 \mid -35 < Z < 42$ ”，则 Z 轴最大和最小值绝对值差别达到 7(uT)，因此该标定误差较大。
- 本操作需要尽量远离电子设备和金属，防止电磁干扰。

附录一：版本说明

版本号	版本说明(修改章节)	时间	作者	校验
v1.3	增加 CeleX5_Z 工具，文档做相应更改。合并 IMU_Calibration 和 IMU_Verification 文件夹。	2019.07.19	何启盛	张玉
v1.2	优化文档	2019.04.17	何启盛	
v1.1	修正文档错误		何启盛	
v1.0	介绍验证工具使用方法，工具初步实现陀螺仪、加速度计和磁力计的验证		何启盛	