

LpmsControl

详细使用说明



广州阿路比电子科技有限公司

<http://www.alubi.cn>

目录

- 一、 上位机功能介绍 - 1 -
 - 1. 核心功能简介 - 1 -
 - 2. 用户界面介绍 - 1 -
 - 3. 菜单栏介绍 - 2 -
 - 4. 传感器列表及其参数 - 5 -
 - 5. 实时曲线图或 3D 图..... - 6 -
- 二、 传感器坐标定义 - 9 -
- 三、 传感器方向对齐 - 11 -
 - 1. 航向复位(HEADING RESET) - 11 -
 - 2. 对象重置(OBJECT RESET) - 11 -
 - 3. 对齐复位(ALIGNMENT RESET)..... - 12 -
 - 4. 坐标系复位(OBJECT RESET OFFSET)..... - 12 -
- 四、 传感器数据详解 - 13 -
 - 1. 原始数据(RAW SENSOR DATA)..... - 13 -
 - 2. 姿态数据(ORIENTATION DATA)..... - 13 -
- 五、 滤波器设置..... - 13 -
 - 1. 滤波器模式(FILTER MODES) - 13 -
 - 2. 磁力计修正设置(MAGNETOMETER CORRECTION SETTING) - 14 -
 - 3. 加速度补偿设置(ACCELERATION COMPENSATION SETTING) - 15 -
 - 4. 陀螺仪阈值设置(GYROSCOPE THRESHOLD)..... - 15 -
 - 5. 陀螺仪自动校准(GYROSCOPE AUTO-CALIBRATION FUNCTION)..... - 16 -
 - 6. 低通滤波设置(LOW PASS FILTER SETTING)..... - 16 -
- 六、 标定方法 - 16 -
 - 1. 陀螺仪偏静止标定(GYROSCOPE BIAS CALIBRATION AND THRESHOLD) - 16 -
 - 2. 磁力计标定(MAGNETOMETER CALIBRATION) - 17 -
- 七、 权衡和局限性 - 19 -



一、上位机功能介绍

1. 核心功能简介

LpmsControl 应用程序允许用户对 LPMS 设备多个方面的控制。

特别是该应用程序具有以下核心功能:

- 列出连接过系统的所有 LPMS 设备。
- 可以调整传感器的参数(传感器范围等)。
- 可以设置方向偏移。
- 启动加速度计、陀螺仪和磁力计校准,可选择部分数据的输出。
- 将获取的数据实时显示为曲线图或 3D 图像。
- 将从传感器获取的数据保存到 CSV 数据文件。
- 可以导入 CSV 数据文件中的数据,并回放数据。
- 具有将新固件和应用程序编程(IAP)升级到传感器。

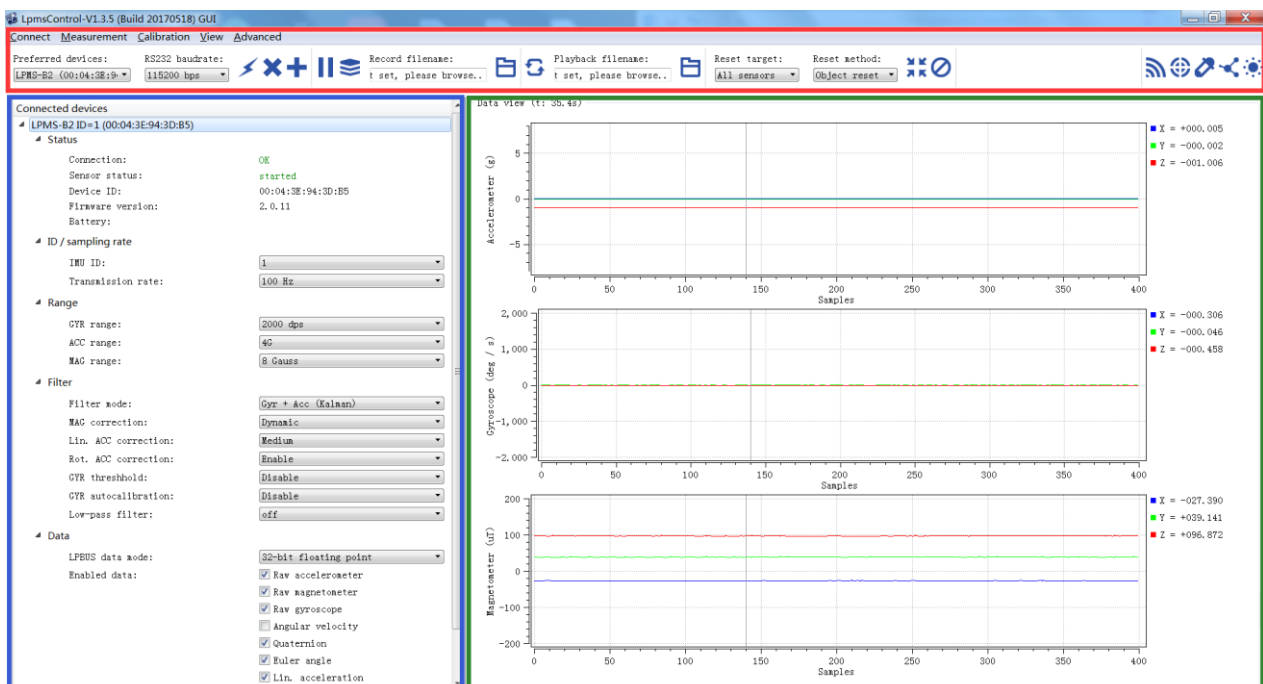
2. 用户界面介绍

用户界面主要有三大板块,如下图所示:

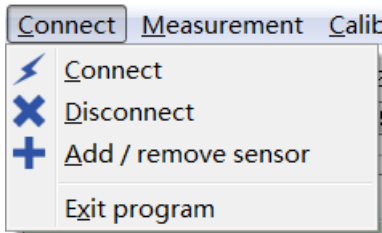
红色区域为用户菜单栏与工具栏。

蓝色区域为已连接传感器列表及其参数。

绿色区域为传感器实时曲线图或 3D 图。



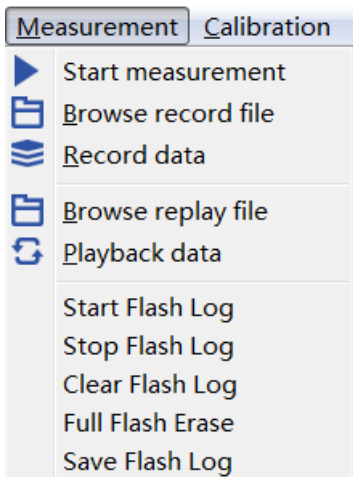
3. 菜单栏介绍



点击菜单栏—Connect，依次有：

- ➔ 连接
- ➔ 断开连接
- ➔ 添加/移除传感器

-
- ➔ 退出程序

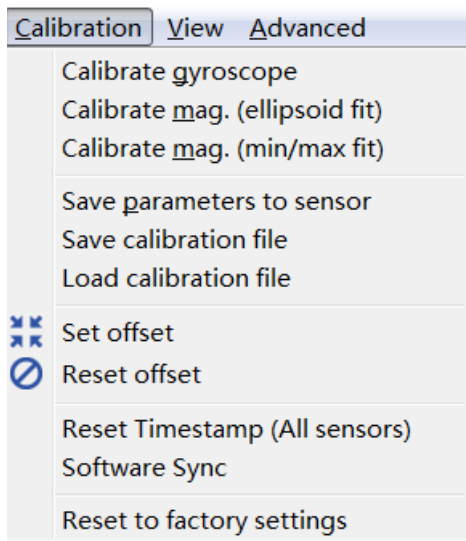


点击菜单栏—Measurement，依次有：

- ➔ 开始或暂停测量数据的显示
- ➔ 选择保存传感器数据的路径与文件命名（请务必使用英文路径）
- ➔ 开始保存数据
- ➔ 选择要回放的传感器数据文件
- ➔ 开始回放

-----（注：以下选项只对内部含有 flash 的传感器有作用如 LPMS-B2）

- ➔ 启动闪存的记录
- ➔ 停止闪存的记录
- ➔ 清空闪存的记录
- ➔ 擦除整个闪存芯片
- ➔ 将闪存里的记录数据读出并保存



点击菜单栏—Calibration，依次有：

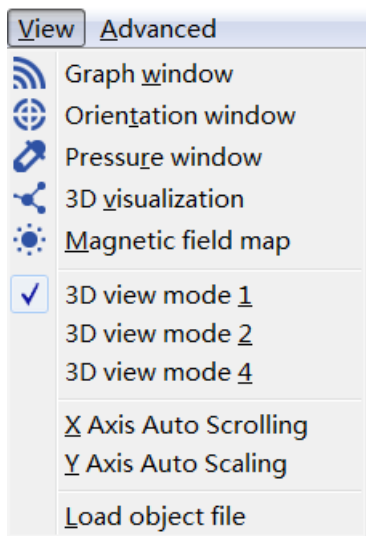
- ➔ 陀螺仪静置标定
- ➔ 校正磁力计（椭球拟合）
- ➔ 校正磁力计（最小/最大拟合）

-
- ➔ 保存参数到传感器（在修改了传感器参数的操作后都应进行此操作，避免断电无效）
 - ➔ 保存校准数据文件
 - ➔ 加载校准数据文件

-
- ➔ 设置偏移
 - ➔ 重置偏移

-
- ➔ 重置时间戳（所有传感器）
 - ➔ 软件同步

-
- ➔ 恢复到出厂设置



点击菜单栏—View，依次有：

- ➔ 原始数据曲线图窗口
- ➔ 姿态数据曲线图窗口
- ➔ 压力/温度等曲线图窗口
- ➔ 3D 模块呈现视图
- ➔ 磁力计标定效果视图

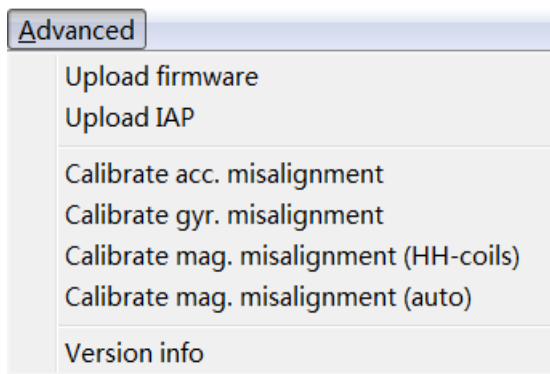
- ➔ 3D 同时显示 1 个
- ➔ 3D 同时显示 2 个
- ➔ 3D 同时显示 4 个

- ➔ X 轴的数据自动滚动
- ➔ Y 轴的数据自动缩放

- ➔ 加载 3D 模型文件（.obj）

点击菜单栏—Advanced，依次有：

(以下功能不建议在没有技术人员的指导下操作！)



- ➔ 更新固件
- ➔ 更新 IAP 程序
- ➔ 校准 ACC 的错位
- ➔ 校准 GYR 的错位
- ➔ 校准 MAG 的错位
- ➔ 校准 MAG 的错位（自动）
- ➔ 软件版本信息



4. 传感器列表及其参数

Connected devices

LPMS-B2 ID=1 (00:04:3E:94:3D:B5) 传感器对应信息

Status 传感器连接状态

Connection: OK

Sensor status: started

Device ID: 设备 ID 号 00:04:3E:94:3D:B5

Firmware version: 固件版本号 2.0.11

Battery:

ID / sampling rate

IMU ID: 设置传感器 ID 号 1

Transmission rate: 传输速率 100 Hz

Range

GYR range: 陀螺仪范围 2000 dps

ACC range: 加速度计范围 4G

MAG range: 磁力计范围 8 Gauss

Filter

Filter mode: Gyr + Acc (Kalman)

MAG correction: Dynamic

Lin. ACC correction: Medium

Rot. ACC correction: Enable

GYR threshold: Disable

GYR autocalibration: Disable

Low-pass filter: off

滤波器设置(后续有详细说明)

Data

LPEBUS data mode: 数据传输格式 32-bit floating point

Enabled data: 传输的数据

☒ Raw accelerometer

☒ Raw magnetometer

☒ Raw gyroscope

☐ Angular velocity

☒ Quaternion

☒ Euler angle

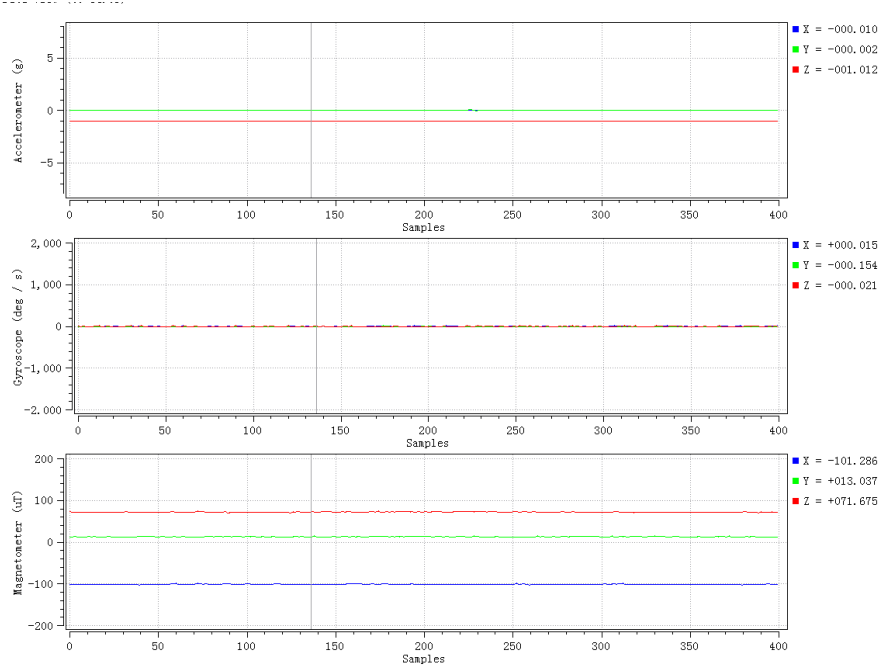
☒ Lin. acceleration

5. 实时曲线图或 3D 图

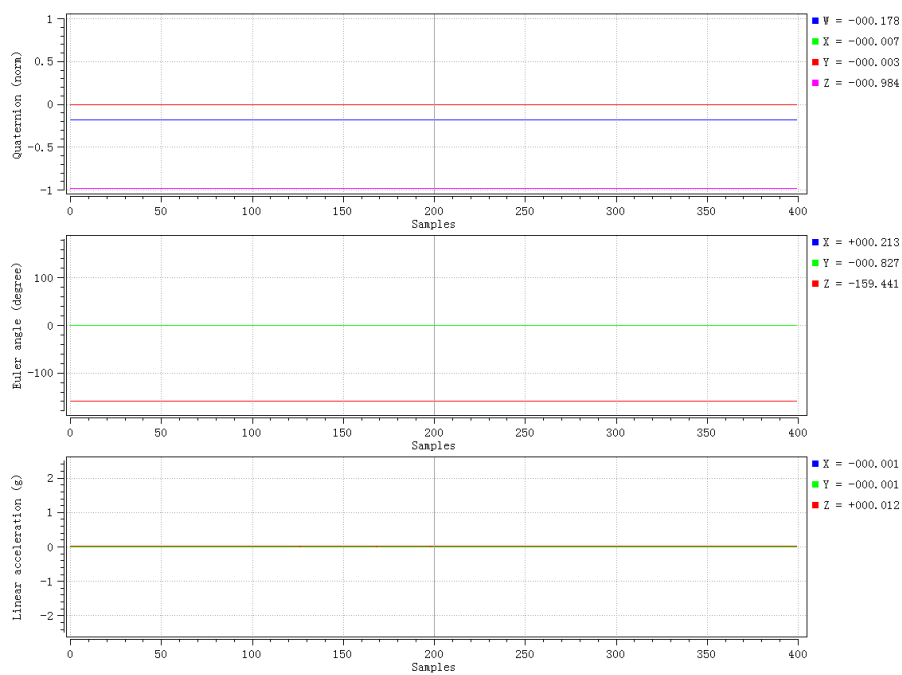


工具栏最左边是视图切换，从左到右的顺序依次为：

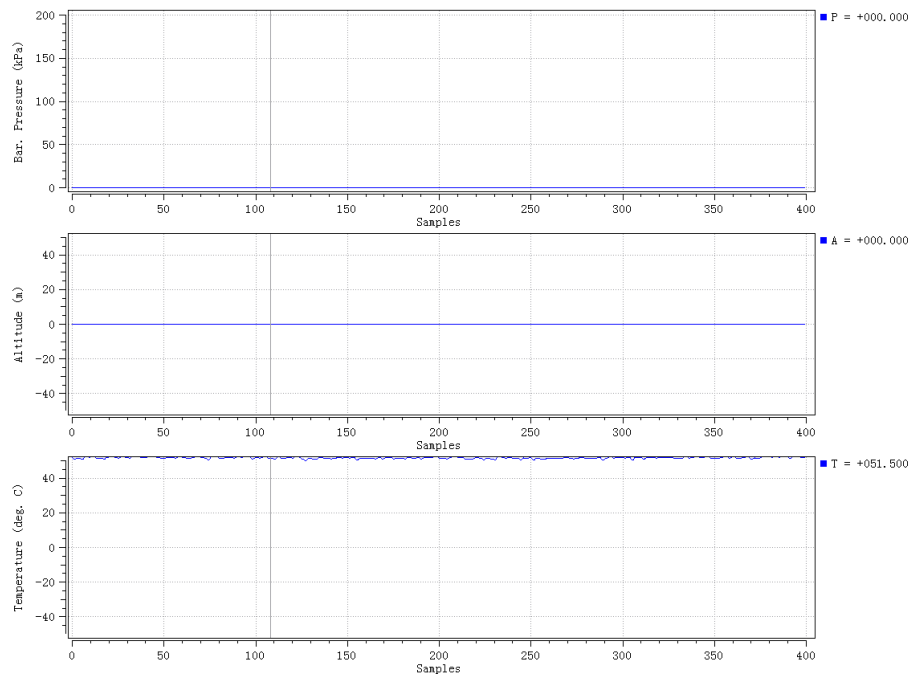
➔ 原始数据曲线图窗口



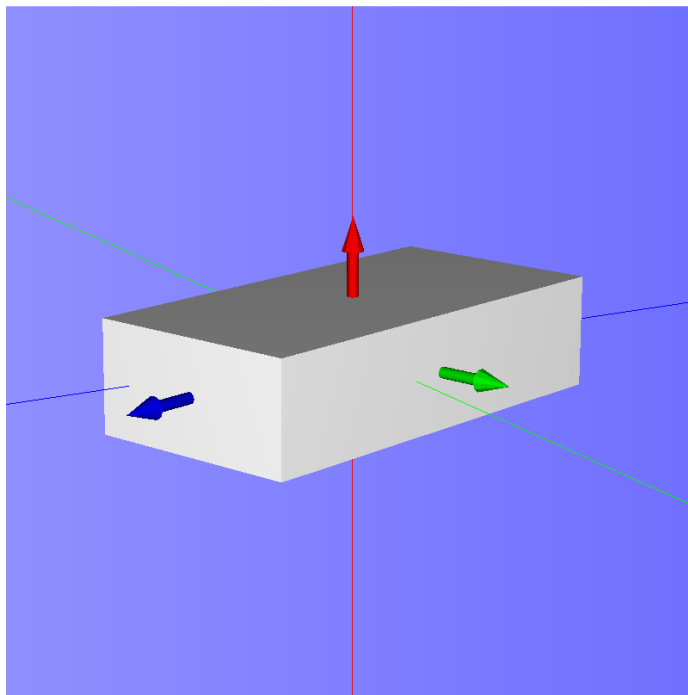
➔ 姿态数据曲线图窗口



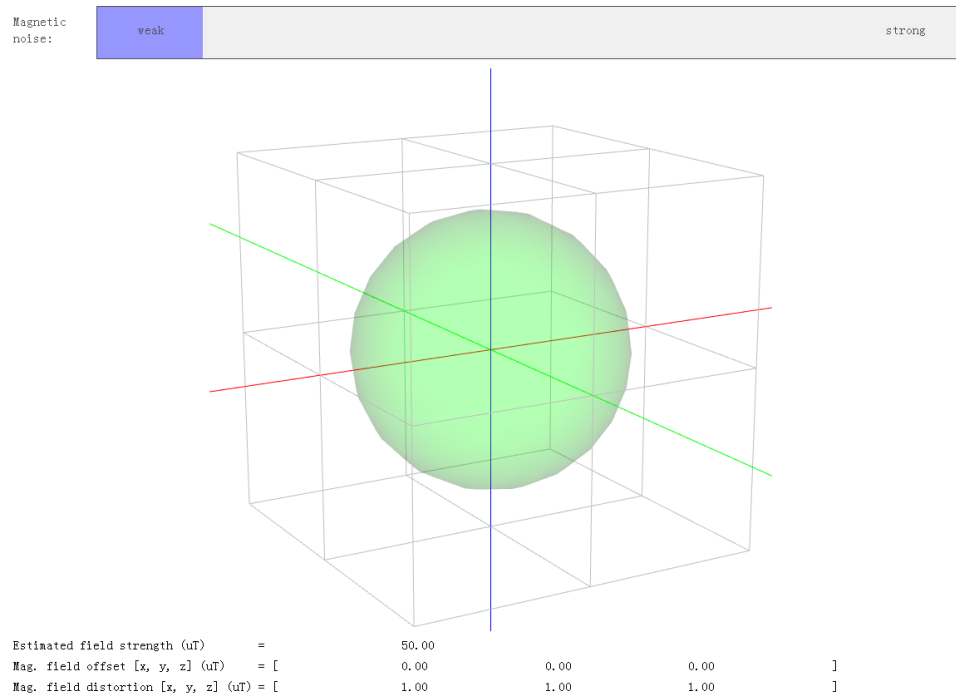
→ 压力/温度等曲线图窗口



→ 3D 模块呈现视图



➔ 磁力计标定效果视图



二、 传感器坐标定义

LPMS 传感器计算一个固定传感器坐标系统和一个全球参考坐标系统之间的方位差。所使用的局部和全局参考坐标系统被定义为右手的笛卡尔坐标系统:

- 当指向地理东方的时候 X 是正的
- 当指向地理北方（磁场南极）的时候 Y 是正的
- 当向上的时候 Z 是正的（重力是垂直向下的-1g）

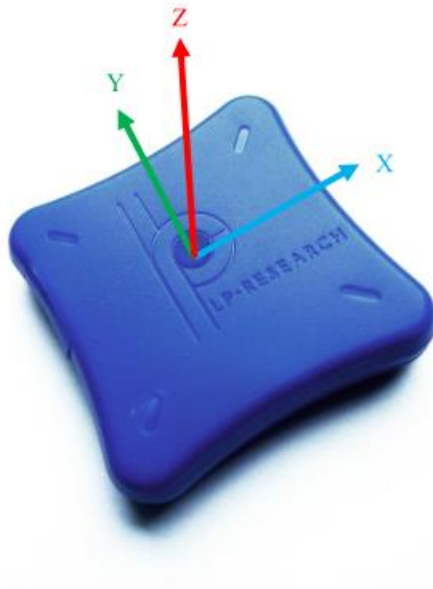


图 1 - LPMS-B2 三轴方向。

传感器的 x、y、z 轴(滚动、俯仰、偏航)的方向显示。(其他型号传感器如其标签所示，
请查看[硬件与性能说明](#))

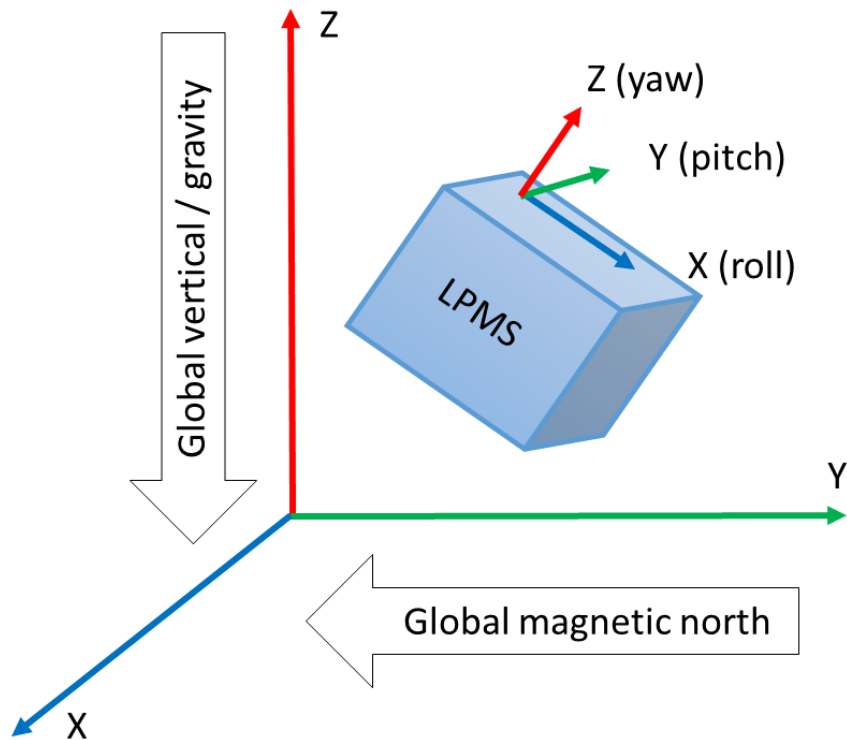


图 2 -传感器局部坐标系统与全局坐标之间的关系。

图 1 和图 2 显示了本地传感器和地球全球坐标系统的方向和关系。

将三维定向输出定义为以全局坐标系统为参照对象，将其定位为在体固定坐标系和全局坐标系之间的方向。

正旋转总是右手性的，也就是说，根据右手定则(螺旋规则)来定义。这意味着一个正的旋转被定义为顺时针方向旋转的方向（沿着轴正方向看）。

该文件中欧拉角的定义与滚动、俯仰、偏航/标题相同。欧拉角是 ZYX 的全局类型(随后在全球 Z 轴、Y 轴和 X 轴上旋转，也被称为航空顺序)。

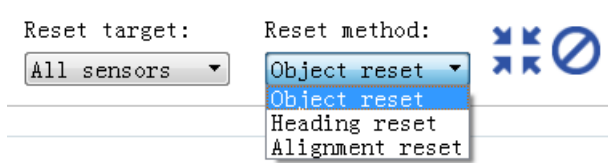
ϕ = 绕着全局坐标系 X 轴，区间为 $-180^\circ \dots 180^\circ$

θ = 绕着坐标系 Y 轴，区间为 $-90^\circ \dots 90^\circ$

ψ = 绕着坐标系 Z 轴，区间为 $-180^\circ \dots 180^\circ$

注:由于欧拉角的定义，当传感器固定的 X 轴在全球参考坐标系中(即音高接近 $\pm 90^\circ$)时，有一个数学奇点。这个奇异点在四元的输出中并不存在。

三、 传感器方向对齐



1. 航向复位(Heading reset)

通常，全局 Z 轴保持垂直(由局部重力向量定义)是很重要的，但是全局 X 轴必须在一个特定的方向上。在这种情况下，可以使用航向复位。

当执行一个航向复位时，选择新的全局参考框架，这样全局 X 轴指向传感器的方向，同时保持全局 Z 轴垂直(沿着重力方向向上)。换句话说，全局 Z 轴沿着重力方向向上，与 X 轴和 Y 轴相互垂直的平面垂直。

注:在一个航向复位后，偏航可能并不完全是零，特别是当 X 轴靠近垂直的时候。这是由在使用欧拉角时的偏航定义造成的，当俯仰角接近 ± 90 度时，它就变得不稳定。

2. 对象重置(Object reset)

对象重置功能是为了使 LPMS 坐标系（标记为 S 坐标系）与传感器所连接的对象坐标系对齐（标记为 O 坐标系）。当对象重置后，S 坐标系被改变为 S'坐标系，如下：

- S'坐标系的 Z 轴是在重置时竖直向上的。
- S'坐标系的 X 轴等于 S 坐标系的 X 轴，但是新的水平面上的投影。
- S'坐标系的 Y 轴根据右手定则决定。

注：一旦坐标复位完成，所校准的数据和方向数据都将在新的坐标系（S'坐标系）为基准而输出。

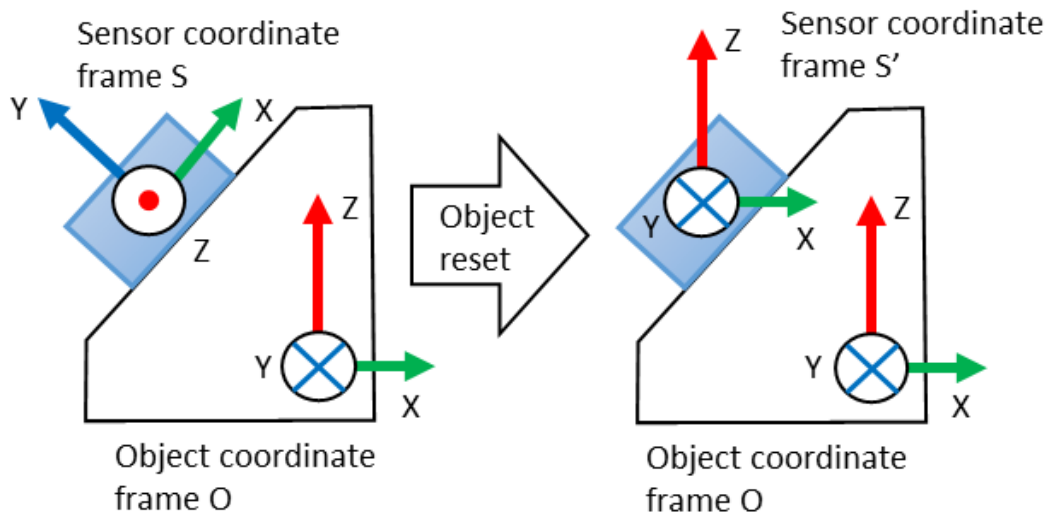


图 3-坐标系复位是传感器坐标系与对象的坐标系保持一致。

对象重置是将 LPMS 坐标系(S)对齐所连接的目标坐标系 (O) (参见图 3)。该传感器的 X 轴对准物体坐标系的 XZ 平面,即 LPMS 可以用来识别物体的 X 轴。为了保持全局垂直,对象必须是面向对象的,对象 Z 轴是竖直的。对象重置会使新的 S' 坐标系和对象坐标系对齐。

注意:由于传感器 X 轴是用来描述物体 X 轴方向的,所以如果传感器 X 轴沿着物体 Z 轴方向对齐,那么复位就不会起作用。

3. 对齐复位(Alignment reset)

对齐复位简单地结合了对对象重置和航向复位在一个瞬间。这有一个优点,所有的坐标系都可以与单个动作对齐。请记住,新的全局引用 X 轴(航向)是由目标的 X 轴定义的(对于您已经对齐 LPMS 的 XZ 平面)。

注:一旦进行了对齐复位调整,校准的数据和方向都将与新 S' 的坐标系相匹配。

4. 坐标系复位(Object reset offset)

坐标系复位是对以上 3 种的复位方法的复位,即去除所有偏置量,并根据传感器做初始状态下的坐标系。



四、 传感器数据详解

1. 原始数据(Raw Sensor Data)

LPMS 设备包含三个 MEMS 传感器:一个陀螺仪, 一个加速度计和一个磁力计。来自这三个 MEMS 传感器的原始数据可以由基于 LPBUS 协议的主机系统访问。原始传感器数据可用于检测传感器的当前采集范围是否足够, 以及不同传感器是否能得到正确的输出。用户还可以使用原始传感器数据来实现他们自己的传感器融合算法。传感器范围和数据采样速度可以通过向固件发送命令来设置。

LPMS 设备是出厂前已经进行过标定的, 但是如果测量环境发生变化(不同的环境电磁场, 强烈的温度变化), 可能需要重新校准传感器。请参阅以下部分, 详细介绍传感器校准方法。

1. **陀螺仪原始数据:**来自传感器被校准的数据(偏差、缩放和不匹配)
2. **加速度计原始数据:**来自传感器被校准的数据(偏差、缩放和不匹配)
3. **磁力计原始数据:**来自传感器被缩放的数据, 但没有硬/软铁校准(缩放和不匹配)

2. 姿态数据(Orientation Data)

LPMS 有两个方向输出格式:四元组和欧拉角。由于欧拉角的方位表示服从于万向节死锁, 因此我们强烈建议用户使用四元组表示来进行方位计算。

还有输出线性加速度数据, 线性加速度区别于加速度计原始数据, 是经过算法得到去除重力影响的线性加速度。

五、 滤波器设置

来自三个 MEMS 传感器的数据使用了一个扩展的互补 Kalman 滤波器(LP 滤波器)来计算方向数据, 比如四元数和欧拉角。为了使滤波器正确运行, 需要以适当的方式设置参数。

1. 滤波器模式(Filter Modes)

选择合适的滤波器模式对于良好的定位计算是非常必要的。下面的滤波模式是可用的:

Filter mode	Description
Gyroscope only	This mode uses only gyroscope data to calculate sensor orientation.



	Pro: Very responsive, Low noise Con: Accumulating offset due to integration of gyroscope bias error
Gyroscope + accelerometer (default mode)	Gyroscope-based orientation values are stabilized by accelerometer measurements in the pitch and roll axis. Pro: No drift on the pitch and roll axis Con: Drift on yaw axis, slightly longer stabilization times than pure gyroscope calculation
Gyroscope + accelerometer + magnetometer	Gyroscope-based orientation values are stabilized by accelerometer measurements in the pitch and roll axis and by magnetometer measurements in the yaw axis. Pro: No drift on all axes, especially in noise-free environment Con: Prone to magnetic noise, slightly longer stabilization times than pure gyroscope calculation, calibration necessary
Accelerometer + magnetometer (Euler only)	Orientation is calculated by Euler-angle based triangulation. Pro: No drift (especially in noise-free environment), fast, no misalignment offset Con: Singularities due to Euler-angle-based calculation, prone to magnetic noise, prone to linear acceleration noise, calibration necessary
Gyroscope + accelerometer (Euler only)	Gyroscope-based orientation values are stabilized by accelerometer measurements in the pitch and roll axis. Pro: No drift on the pitch and roll axis Con: Singularities due to Euler-angle-based calculation, drift on yaw axis, slightly longer stabilization times than pure gyroscope calculation

2. 磁力计修正设置(Magnetometer Correction Setting)

磁力计修正传感器的方向输出的量由磁场校正设置控制。以下选项可通过 LpmsControl 或直接通过直接通过通信命令进行修改。

Parameter presets	Description
Dynamic (default)	Magnetic correction is performed dynamically. The stronger the detected magnetic noise the less the sensor will rely on magnetometer data.
Weak	Low reliance on magnetometer correction
Medium	Medium reliance on magnetometer correction



Strong	Strong reliance on magnetometer correction
---------------	--

3. 加速度补偿设置(Acceleration Compensation Setting)

加速度计修正了传感器的方向输出量，通过对线性加速度和向心加速度的修正参数来控制。以下选项可通过 LpmsControl 软件修改或直接通过通信命令进行修改。

Linear Acceleration Correction Settings

Parameter presets	Description
Off	No linear acceleration correction
Weak	Weak linear acceleration correction
Medium (default)	Medium reliance on magnetometer correction
Strong	Strong reliance on magnetometer correction
Ultra	Very strong reliance on magnetometer correction

Rotational Acceleration Correction Settings

Parameter presets	Description
Disable	No centripetal acceleration correction
Enable (default)	Centripetal acceleration correction is on

4. 陀螺仪阈值设置(Gyroscope Threshold)

设置一个阈值可以应用于陀螺仪数据，这样传感器定位数据只有在传感器移动时才会更新。

Parameter preset	Description
Enable	Switches gyroscope threshold on
Disable (default)	Switches gyroscope threshold off

陀螺仪阈值将设置一个角速度限制，在此之下，LPMS 将不会处理任何运动数据。这种设置可以用来抑制可能影响传感器测量的噪声或振动。但是，当启用该功能时，用户应该小心，因为在阈值以下的移动信息会丢失，这可能会显著降低总体定位测量的准确性。



5. 陀螺仪自动校准(Gyroscope Auto-calibration Function)

下列参数值的选择允许用户启用或禁用陀螺仪自动校准功能。

在**自动校准模式**下, 传感器融合过滤器自动检测传感器是否处于稳定状态或无运动状态。如果传感器停留在 7.5 秒, 那么当前采样的陀螺仪数据将被用来重新计算陀螺仪的偏移量。利用该函数可以提高陀螺数据的精度, 特别是在温度变化的环境中。

Parameter preset	Description
Enable (default)	Switch gyroscope auto-calibration on
Disable	Switch gyroscope auto-calibration off

6. 低通滤波设置(Low Pass Filter Setting)

以下参数值的选择能让用户进一步实现一个简单的低通滤波器, 用于在传感器融合算法之后平滑输出数据。low-pass 过滤器基于以下公式: $X_i = (1-a)*X_{i-1} + a*U_i$, 其中 a 是下表中列出的系数, U 是输入。

Parameter preset	Description
Off (default)	No filter implemented
0.1	$a = 0.1$
0.05	$a = 0.05$
0.01	$a = 0.01$
0.005	$a = 0.005$
0.001	$a = 0.001$

六、 标定方法

1. 陀螺仪偏静止标定(Gyroscope Bias Calibration and Threshold)

当传感器在静止时, 陀螺仪的输出数据应该接近于 0。陀螺仪传感器的原始数据有一个恒定的偏置值。这与陀螺 MEMS 的机械结构有关, 它可以根据环境温度的不同, 稍微改变它的特性。

有两种方法来校准陀螺仪偏差值:

1.自动标定 (**Automatic calibration**): 如果传感器停留在 7.5 秒, 那么当前采样的陀螺仪数据将被用来重新计算陀螺仪的偏移量。

2. 手动标定 (**Manual calibration**): 要手动确定偏差值, 需要应用下列校准程序。另外, 也可以通过与传感器的直接通信来进行校准, 也可以通过 LpmsControl 应用程序进行校准。

Step	Description
1	Put the sensor in a resting (non-moving) position
2	Trigger the gyroscope calibration procedure either through a firmware command or using the “Calibrate gyroscope” function in LpmsControl software
3	The gyroscope calibration will take around 30s. After that the gyroscope is calibrated, normal operation can be resumed

2. 磁力计标定(Magnetometer Calibration)

在磁力计校准过程中, 有几个关于接近传感器的磁性环境的参数是确定的: 磁力计的偏差/增益在 X、Y 和 Z 轴上, 以及局部地磁场矢量的长度/方向。在大多数环境中, 地球磁场受电磁噪声的影响, 如电力线、金属等, 因此磁场就会变得偏离中心和畸形。

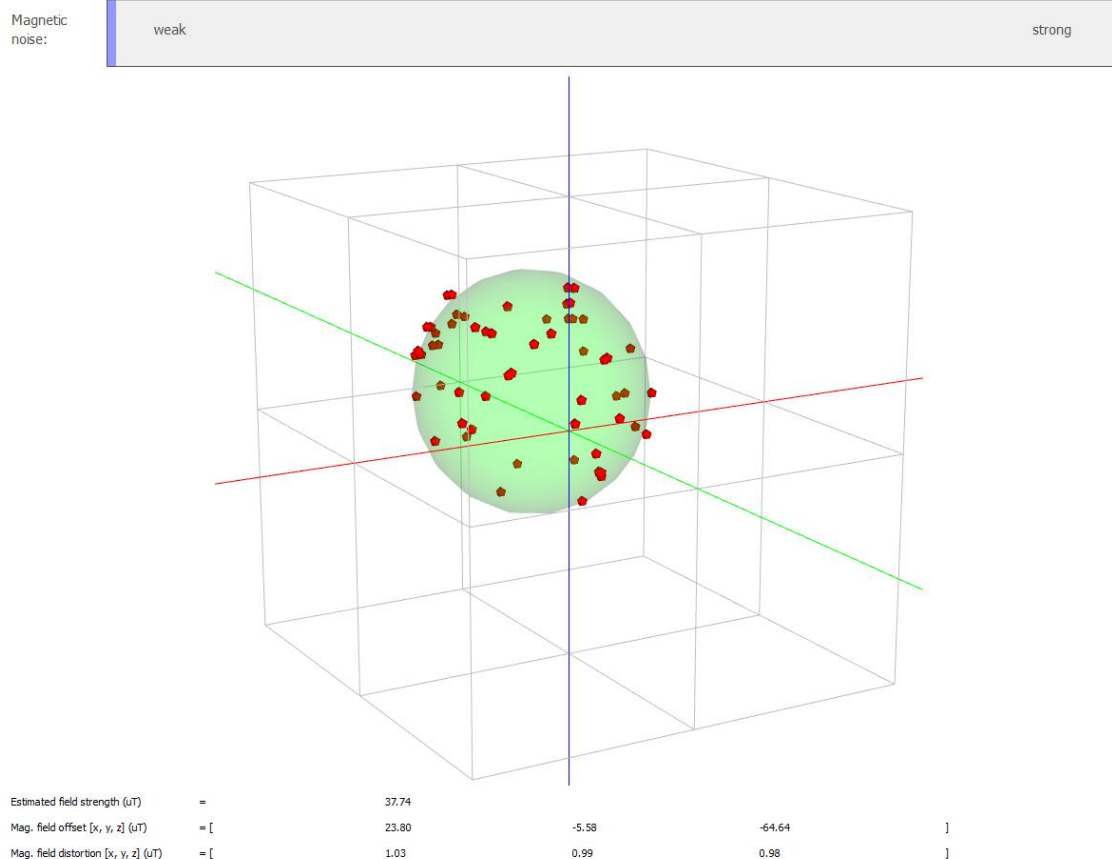


图 4 – 成功的磁力计标定如图所示，绿色椭球的大小应该与磁场图的红点相对较近。

在校准完成的地方，磁噪声指标应该非常低。

在磁力计校准过程中，计算了磁场矢量的变形量以及磁场矢量的平均长度。这通常也被称为硬铁和软铁校准。这些参数是在 LpmsControl 软件中的标定过程自动调优的：

Step	Description
1	Start the magnetometer calibration using the LpmsControl software (Calibration -> Calibrate mag.).
2	Follow the instructions of the calibration wizard. Rotate the sensor around its yaw axis for 2-3 rotations.
3	Rotate the sensor around its pitch axis for 2-3 rotations.
4	Rotate the sensor around its roll axis for 2-3 rotations.
5	Rotate the sensor randomly to acquire data as much as possible from different directions.
6	The collection of the field map data is finished after 40 seconds. This is followed by calculation of the geomagnetic field vector (local earth magnetic field inclination). Keep the sensor close to the calibration location and press the Next button in the calibration wizard.
7	After 10 seconds the calibration is complete.

有两种方法来校准硬铁补偿和软铁矩阵：

1. 椭球拟合（Ellipsoid fit）：参数是通过创建一个环境场的地图来计算的，然后通过点数据来拟合一个椭球。将传感器绕其轴旋转后的点云应该与图 4 相似。
2. 最小/最大拟合（Min / max fit）：在传感器旋转过程中，通过测量每个轴的最小和最大场值来计算参数。该方法可用于平面磁力计的标定。当磁力计固定在一个不能在所有轴上旋转的参考框架时，这一点很重要，例如在一辆汽车上。

注：目前在运行在主机上的 LPMS 传感器库中执行磁力计校准的计算。它们不能直接从传感器上的通信指令触发。



七、 权衡和局限性

尽管我们在 LPMS 的设计上投入了很多精力，但是在使用传感器时需要考虑一些限制。该传感器的精度受到 MEMS 传感器的电子噪声水平的限制。该系统的内部测量和处理频率为 400Hz。从陀螺仪、磁力仪和加速度计中融合数据的滤波器的参数需要进行很好的调整，以达到最精确的测量值。此外，如果传感器在变化的环境中使用，传感器偶尔可能需要重新校准。传感器的测量原理最大的缺点是它对一个有噪声的地球磁场的灵敏度(例如，在硬/软的铁，电机等)。在这种情况下，必须考虑过滤器模式和滤波器参数的使用。