

# 测试对象的连通性

## SteamVR™ Tracking

### 简介

虽然 SteamVR™ 可定位对象的最终测试是在虚拟实境中完成，但经常会出现早期原型硬件由于 SteamVR™ 无法诊断的硬件问题或软件配置问题而无法定位的情况。在这些情况中，调试过程中重要的第一步便是确定对象已成功连接到主机，并向 SteamVR™ 发送数据。这样有助于首先排除电气问题，然后再将精力放到 JSON 文件和定位品质上。

### 物理层连接

所有 SteamVR™ 对象均通过硬连线 USB 连接或以无线方式通过 USB 接收器连接到主机。此接收器可以是分离式，或可以整合到其他硬件中，如头戴式显示器 (HMD)。

#### USB 连接

要通过 USB 连接，只需将设备的 USB 电缆插入主机上的 USB 端口中或已连接到主机的集线器中。如果您的设备依靠 USB 供电（即设备不含电池），请确保使用可以提供适当供电水平的 USB 集线器。

如果连接成功，Windows 应当可以识别该设备。您可以按照“软件层连接”部分中的步骤验证 SteamVR™ 连接。

#### 无线连接

如果您的无线设备已与无线接收器配对，请像连接 USB 设备一样连接接收器。请注意：在多种 USB3 主板上，USB 端口附近的无线电干扰可能会导致连接问题。如果您在连接时遇到问题，请将接收器移至外部 USB 集线器。

如果您的设备尚未配对，您将需要使用 lighthouse console 和以下步骤进行配对。

1. 除了您希望与对象配对的接收器这外，请将其他所有 SteamVR™ 设备从主机上移除。
2. 启动位于 C:\Program Files (x86)\Steam\steamapps\common\SteamVR Tracking HDK\tools\bin\win32 的 lighthouse\_console.exe。如果该程序无法启动，请检查接收器与主机之间的连接。
  - a. 如果您无法移除所有其他 SteamVR™ 设备（例如，如果您的接收器集成到头戴式耳机中），则遵循“软件层连接”部分中的说明，使用 serial 命令连接接收器。
3. 按住系统按钮半秒，将对象启动。请注意：如果设备是通过 USB 连接的，则该设备将无法配对。
4. 按住菜单和系统按钮 2 秒，直至状态 LED 呈稳定蓝色，以将设备置于配对模式。
5. 在 lighthouse console 中，键入 pair，然后单击 Enter。如果成功，您会看到设备 LED 变为稳定绿色。

```
lh> pair
```

6. 如果配对不成功，请验证您的设备是否处于配对模式，以及天线是否连接。

## 软件层连接

SteamVR™ 设备连接到主机时，启动位于 C:\Program Files (x86)\Steam\steamapps\common\SteamVR Tracking HDK\tools\bin\win32 下的 lighthouse\_console.exe，然后按照以下步骤连接设备。

1. 键入 serial 命令，然后按 Enter。Lighthouse console 会显示 Attached lighthouse receiver devices，后面显示有所有当前已连接设备的序列号列表。然后，控制台将连接至具有最低序列号的设备。请注意：通过 USB 设备连接的对象均具有前缀为“LHR-”的序列号。

```
lh> serial
Attached lighthouse receiver devices:
    LHR-684A4E27
    LHR-71D20826
    69F2CECEEE
```

2. 如果 lighthouse\_console 尚未连接至您的设备，则在设备序列号的前几个字符后键入 serial，然后按 Enter。您无需输入完整序列号。Lighthouse console 只需足够字符，便可从其他已连接的设备中识别出您的设备。
3. 如果成功，您应看到“Attempting HID Open IMU: <serial number>”，后面是部分 USB 枚举详情，最后是“Lighthouse IMU HID opened.”对象现已连接。

```
lh> serial 69F2
Attempting HID Open IMU: 69F2CECEEE
hid_open_nths
    vid=0x28de, pid=0x2101, sn=69F2CECEEE
HID opened: VID 28de PID 2101 serial 69F2CECEEE seq 1 | if -1
Lighthouse IMU HID opened
```

## 传感器测试

以物理方式连接对象后，您便可验证所有传感器是否均已正确配置且正常运行。当对象无法定位时，通常更换有故障的传感器或对配置作出细微更改，就能够让对象开始定位。

### IMU

IMU 负责测量设备的转速和加速度。Lighthouse console 可以提供 IMU 的原始数据以及有助于评估其功能的统计信息。

#### 原始数据

1. 连接到对象后，键入 dump，然后按 Enter。对象上的多个传感器系统能够输出传感器数据。dump 命令是启用/禁用数据输出的通用命令。启用转储后，必须单独启用不同的传感器系统。

```
lh> dump
```

2. 键入 imu，然后按 Enter，以便启用 IMU 数据转储。

```
lh> imu
```

3. 您应看到持续快速的 IMU 数据流，其中包括转速和加速度数据。陀螺仪数据以度/秒提供，而 IMU 数据以米/秒提供。示例行如下所示。请注意：您无法看到您针对后续命令输入的内容，因为您的按键输入将与 IMU 数据交织在一起。即使您无法看到键入的内容，lighthouse\_console 仍接受输入。

```
0.698666 316531          gyro -0.03 +0.01 +0.02 accel -1.05 +0.43 +9.76
```

4. 再次键入 imu 命令，以禁用转储。

5. IMU 转储是验证设备连接的好方法。晃动设备时，您应注意 IMU 数据流输出波动。
6. 陀螺仪输出幅度应接近  $0^\circ/\text{s}$ ，而加速向量幅度应接近  $9.81 \text{ m/s}^2$ 。

## 统计数据

1. 连接到您的设备后，输入 `imustats` 命令，以获取有关您设备中 IMU 的统计数据。

```
lh> imustats
```

2. 这些统计数据包括主机 PC 接收 IMU 数据包的频率、重力向量幅度评估和其他统计信息。示例如下所示。

```
imu 183947 rate 995.7Hz interval 1.0ms sigma 0.138ms grav 9.78m/s/s sigma 0.037
```

## 光学传感器

除验证所有光学传感器是否物理地接通并能接收数据外，以下 `lighthouse_console` 命令有助于识别哪个物理传感器与哪个软件输入相关。这对于查找 JSON 文件中所存在的可能妨碍对象跟踪的问题而言至关重要。

### 光学传感器统计数据

1. 测试传感器之前，确保定位器开启并在设备视野范围之内。
2. 输入 `dis` 命令以启用消歧工具。消歧工具负责将传入的传感器数据与适当的定位器关联。

```
lh> dis
Enabled tdm disambiguator.
```

3. 启用消歧工具后，输入 `period` 命令。示例输出如下所示。如果一个传感器不接收脉冲或其接收到的脉冲远远少于其他传感器（即使该传感器具有清晰的定位器视图），那么此传感器可能出现故障。此类输出示例和相关值的说明如下所示。

```
lh> period
base:C4054792 axis:0 min_sensor_ppm: 3.33
id 3: hits 1 angle 1.88791 sigma 0 var 0 ppm 0.00
id 4: hits 2136 angle 1.96758 sigma 3.19073e-005 var 1.01807e-009 ppm 5.08
id 5: hits 4894 angle 1.97183 sigma 2.21614e-005 var 4.91127e-010 ppm 3.53
id 7: hits 4899 angle 1.97466 sigma 2.27956e-005 var 5.19638e-010 ppm 3.63
id 9: hits 9800 angle 1.97387 sigma 0.00233606 var 5.45717e-006 ppm 371.80
id 11: hits 4897 angle 1.98340 sigma 2.21272e-005 var 4.89613e-010 ppm 3.52
id 13: hits 4898 angle 1.98947 sigma 2.56557e-005 var 6.58217e-010 ppm 4.08
id 15: hits 4898 angle 1.98512 sigma 2.38761e-005 var 5.7007e-010 ppm 3.80
id 17: hits 4893 angle 1.99622 sigma 2.09381e-005 var 4.38405e-010 ppm 3.33
id 19: hits 9552 angle 1.99275 sigma 0.00208552 var 4.34938e-006 ppm 331.92
id 21: hits 4898 angle 1.99760 sigma 2.3218e-005 var 5.39074e-010 ppm 3.70
base:C4054792 axis:1 min_sensor_ppm: 4.05
id 4: hits 617 angle 2.04503 sigma 3.16112e-005 var 9.99266e-010 ppm 5.03
id 5: hits 4896 angle 2.03978 sigma 2.693e-005 var 7.25222e-010 ppm 4.29
id 7: hits 4899 angle 2.03563 sigma 2.75024e-005 var 7.56381e-010 ppm 4.38
id 9: hits 9802 angle 2.02408 sigma 0.00707877 var 5.01089e-005 ppm 1126.62
id 11: hits 4899 angle 2.03676 sigma 2.81081e-005 var 7.90063e-010 ppm 4.47
id 13: hits 4900 angle 2.03435 sigma 2.57367e-005 var 6.62376e-010 ppm 4.10
id 15: hits 4899 angle 2.03219 sigma 2.73512e-005 var 7.4809e-010 ppm 4.35
id 17: hits 4900 angle 2.03668 sigma 2.54739e-005 var 6.48917e-010 ppm 4.05
id 19: hits 9784 angle 2.02350 sigma 0.00528445 var 2.79254e-005 ppm 841.05
id 21: hits 4903 angle 2.03051 sigma 0.000183894 var 3.38168e-008 ppm 29.27
```

- **Base** - 定位器标志符
  - **Axis** - 哪个激光扫描命中出现故障的传感器
  - **Id** - 传感器编号
  - **Hits** - 自上个清除命令后的命中次数。
4. 再次键入 `period` 命令会提供相同信息的更新版本。
  5. 键入 `clear` 将会清除统计信息。随后的 `period` 命令将仅显示自上次输入 `clear` 后的数据。

```
lh> clear
```

## 原始数据

1. 连接到您的设备后，输入 `dump` 命令，然后按 Enter。设备上的多个传感器系统能够“转储”原始数据。`dump` 命令是启用/禁用所有系统的通用命令。启用转储后，必须单个地启用传感器系统。

```
lh> dump
```

2. 键入 `sample`，然后按 Enter，以便启用传感器转储。

```
lh> sample
```

3. 您应看到持续快速的光学数据流。每一行均代表一个同步脉冲或命中特定传感器的激光扫描。传感器的编号会随同步脉冲/激光扫描的宽度一起列出。示例如下所示。

```
30.012599 l=28404 r=28544          sample 05 width  140
```

在此示例中，传感器编号为 5，脉冲宽度为 140 次时钟滴答数。请注意：您无法看到您针对后续命令输入的内容，因为您的按键输入将与光学传感器数据交织在一起。即使您无法看到键入的内容，lighthouse console 仍接受输入。

4. 此输出为检查您的传感器映射提供了一个好机会。只留出一个传感器并通过物理方式阻隔其他所有传感器，您便可将数据流限制为仅显示单个传感器的数据，并验证 lighthouse console 报告的传感器编号是否与 JSON 文件和 3D CAD 预期的传感器编号一致。
5. 您还可以验证传感器数据是否有效。如果对象保持静止，观察持续的信息应会发现大宽度（同步脉冲）和小宽度（激光扫描）的恒定波段。如果数据不稳定，则可能指示传感器或传感器连接故障。
6. 再次键入 `sample` 命令，以便禁用转储。

```
lh> sample
```

## 无线覆盖范围测试

IMU 或光学传感器转储中显示的信息代表了传送至 SteamVR™ 的原始数据。因此，这种方法能够很好地验证对象是否与主机连通。这对无线设备而言尤其重要。

测试无线设备覆盖范围的最简单方式是启用 IMU 或光学传感器数据转储，然后增加设备与连接至主机的无线接收器之间的距离。当您开始离开此连接的无线覆盖范围时，您应看到传感器数据流开始减缓或完全停止。