

LakiBeam

激光雷达用户手册

September 2022

Contents

版权信息.....	4
版本说明.....	5
Version 0.1	5
Version 1.0	5
Version 1.1	5
Version 1.2	5
Version 1.3	6
Version 1.4	6
Version 1.5	6
Version 1.6	6
Version 1.8.1	6
1 安全提示	7
2 产品简介	9
3 工作原理	10
4 电气接口	11
4.1 主机接口	11
5 系统配置	12
5.1 建立连接	12
5.2 仪表盘	13
5.3 雷达设置	14
5.4 数据处理	15
5.5 固件更新	17
6 数据接口	18
6.1 主数据流输出协议	18
6.2 数据块区间	20
6.3 时间戳和工厂信息	22
6.4 RESTful API	23
7 安装指南	24
7.1 坐标转换	25

7.2	光学特性.....	26
7.3	光斑尺寸.....	27
7.4	机械接口.....	28
A	故障诊断.....	29
B	清洁指南.....	30
C	RESTful接口说明.....	31
	System/Firmware.....	31
	System/Monitor.....	32
	System/Network.....	33
	System/Reset.....	37
	Sensor/Overview.....	38
	Sensor/Scanfreq.....	40
	Sensor/Motor_rpm.....	42
	Sensor/Laser_enable.....	43
	Sensor/Resolution.....	45
	Sensor/Scan_range.....	46
	Sensor/Filter.....	51
	Sensor/Host.....	53
D	产品规格.....	58

版权信息

本用户手册上刊载的所有内容，包括但不限于文字、图片、图表、标志、标识、商标、域名、软件、程序以及为用户提供的任何信息，均受《中华人民共和国著作权法》、《中华人民共和国商标法》、《中华人民共和国专利法》及其适用的国际公约中有关著作权、商标权、专利权及 / 或其它财产所有权法律的保护，为锐驰智光（北京）科技有限公司，和 / 或相关权利人专属所有或持有。

域名、商标或标识的商标权、著作权及相关权利均属锐驰智光（北京）科技有限公司 所有，任何人不得擅自使用，亦不得以类似或近似域名、商标、标识、名称等任何形式做混淆使用。

未经书面许可，任何人（包括但不限于媒体、网站、公司、其他组织、个人）不得以任何形式在国际互联网、局域网上变更、发行、重制、改动由本手册内容以及由本手册内容形成的图像。否则将以侵权论，依法追究法律责任。

版本说明

本手册结合所有用户的使用经历，不断对本手册进行更新，更新不再另行通知。请用户务必在使用产品前通过官方公开网络获取本手册的最新版本。对本手册有疑问之处请与我们联系。

Version 0.1

发布日期: 2021-03-18

版本日志: 初次发行。

Version 1.0

发布日期: 2021-10-11

版本日志: 更新雷达参数。

Version 1.1

发布日期: 2021-11-09

版本日志: 增加Data Block解析说明及示例。

Version 1.2

发布日期: 2021-11-15

版本日志: 增加雷达坐标系说明。

Version 1.3

发布日期: 2021-12-14

版本日志: 修改雷达电气接口说明以及结构图纸。

Version 1.4

发布日期: 2022-01-07

版本日志: 增加TESTful API说明以及雷达清洁说明。

Version 1.5

发布日期: 2022-04-06

版本日志: 增加雷达滤波算法说明及设置。

Version 1.6

发布日期: 2022-04-24


版本日志: 增加雷达光斑特性说明, 更新雷达光学外罩尺寸图纸标注。

Version 1.8.1

发布日期: 2022-09-15

版本日志: 更新class 1激光安全说明以及雷达平行安装说明。

1 安全提示

-  请在使用本产品之前认真阅读所有安全提示及操作说明，用户因未严格按最新产品手册要求保存、使用我公司产品或接受第三方指导、参考第三方资料，致使产品工作异常或损坏，造成任何直接或间接损失的，我公司不承担责任。

- **保留手册**

请妥善保管用户手册，并在转交本产品时将本说明书一并移交。

- **遵循说明**

请在使用前仔细核对并遵循本产品的工作额定值，超出额定范围的操作将会对本产品造成永久性损坏。

- **易燃易爆**

请勿在有易燃液体、气体或粉尘的潜在爆炸性环境中使用测量仪。本产品内可能产生火花并点燃粉尘和气体。

- **请勿拆解**

为了保证用户安全及避免设备损坏，请勿在未经许可的情况下对本产品进行改装、拆解。

- **请勿直视**

设备运行时有持续红外激光发射，为了确保安全，请勿长时间直视出光窗口。

特别提示

国际电子技术委员会（IEC）和美国食品药品监督管理局（FDA）分别根据激光输出值的大小，对激光器进行了分类：

IEC标准将激光设备分为四个等级，分别称为Class1, Class2, Class3, Class4。其中又可细分为如下等级：例如，Class1级激光设备，在“可预见的工作条件下”是一种安全设备；而Class4级的激光设备，则是可能生成有害的漫反射的设备，会引起皮肤的灼伤乃至火灾，使用中应特别小心。

FDA标准则将激光设备分为五个等级，即第I类至第V类。

第I类激光产品没有生物性危害。任何可能观看的光束都是被屏蔽的，且在激光暴露时激光系统是互锁的。

第II类激光产品输出功率1毫瓦。不会灼伤皮肤，不会引起火灾。由于眼睛反射可以防止一些眼部损害，所以这类激光器不被视为危险的光学设备。

第IIIa类激光产品输出功率1毫瓦到5毫瓦。不会灼伤皮肤。在某种条件下，这类激光可以对眼睛造成致盲以及其他损伤。

第IIIb类激光产品输出功率5毫瓦到500毫瓦。在功率比较高时，这类激光产品能够烧焦皮肤。这类激光产品明确定义为对眼睛有危害，尤其是在功率比较高时，将造成眼睛损伤。

第V类激光产品输出功率大于500毫瓦。这类激光产品一定能够造成眼睛损伤。就像灼烧皮肤和点燃衣物一样，也能够引燃其他材料。

本产品属于Class 1类激光设备。没有生物性危害。



激光安全

2 产品简介

LakiBeam系列产品(LakiBeam1、LakiBeam1L)是基于脉冲飞行时间(pToF, pulsed Time of Flight)原理设计的小型化高性能激光雷达。本产品主要面向机器人环境感知、地图测绘、工业过程监测、安防等领域。

本产品使用半导体激光器配合一面连续旋转的高速扫描镜可实现同一水平面270度范围内环境轮廓的扫描测量。激光器采用人眼不可见的940nm波段并满足IEC60825-1标准规定的Class 1等级, 保证产品工作时人眼安全。高品质的电机及轻量化的扫描镜设计可确保产品能够长时间稳定工作, 为用户创造最大价值。

本产品提供10Base-T/100Base-TX的以太网连接功能, DC供电支持9-28V的超宽电压范围, 同时提供一个USB2.0的Type-C型接口(支持USB Type-A至USB Type-C以及USB Type-C至USB Type-C的电缆连接), 并可直接通过USB Type-C接口为本产品提供电源及建立数据连接。本产品的USB数据接口严格遵循操作系统标准支持RNDIS (Windows / Linux), CDC-ECM (Mac OSX), 可做到免驱动即插即用。

通过产品内建的web server提供用户友好的仪表板(dashboard)功能, 用户可以使用手机或计算机通过web浏览器轻松访问到设备的仪表板, 通过仪表板可以检测设备运行状态, 设定工作参数, 配置网络信息等功能, 并且可以轻松的更新设备固件以获得更多功能。

3

工作原理

LakiBeam系列产品是一款典型的基于脉冲飞行时间（pToF, pulsed Time of Flight）原理设计的激光雷达，产品内部由激光器，光电探测器，光学系统，计时器等组成。其测距的核心原理是通过激光器发射出一束脉冲激光并启动计时器，当激光照射到目标表面时会发生漫反射并返回到光电探测器，光电探测器接收到信号后将计时器停止，此时我们得到了激光接收到发射时刻的时间差，该时间就是光的飞行时间。用光速乘以光的飞行时间得到的就是光的飞行距离，从而计算出设备到测量目标的距离，如图1所示。

$$\text{光的飞行距离为:} \quad d = c \times \Delta t \quad (3.1)$$

$$\text{设备到测量目标的距离为:} \quad d = \frac{c \times \Delta t}{2} \quad (3.2)$$

上述方法只实现了点对点的距离测量，为了实现由点到面的二维环境扫描，LakiBeam系列产品内置了一面旋转的反射镜，通过电机带动反射镜旋转来实现对不同角度的距离测量。反射镜旋转一周得到的测量结果按顺序组合后得到的数据为一个平面内所有测量结果的集合。

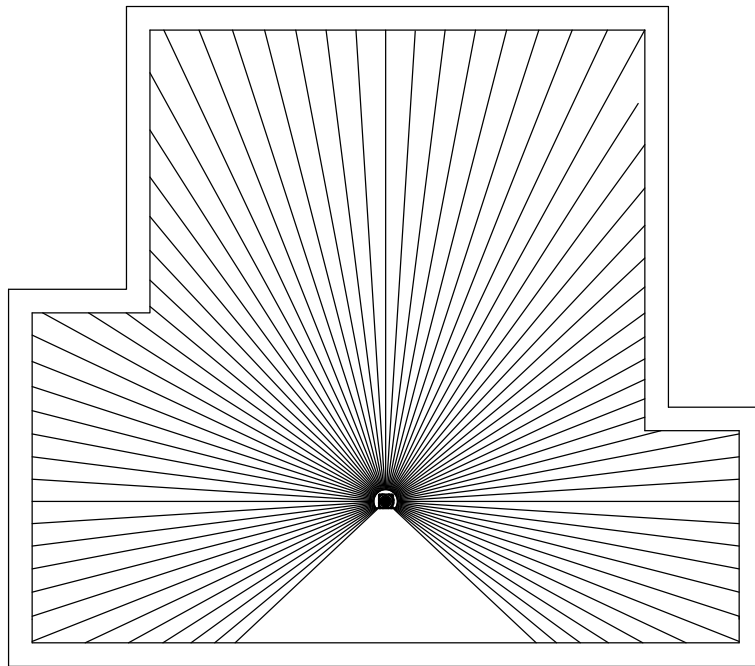


Figure 3.1: 二维扫描示意图

LakiBeam系列产品每次测量可以得到反射镜角度，第一回波距离，第一回波信号强度（RSSI），第二回波距离。

4 电气接口

LakiBeam系列产品内置一个Type-C型的USB接口，支持单独通过USB接口为设备供电（仅支持5V）并传输数据。

- ⓘ 请在使用前仔细核对并遵循本产品的工作额定值，超出额定范围的操作将会对本产品造成永久性损坏。

4.1 主机接口

LakiBeam系列产品电缆接口的具体连接定义如下：

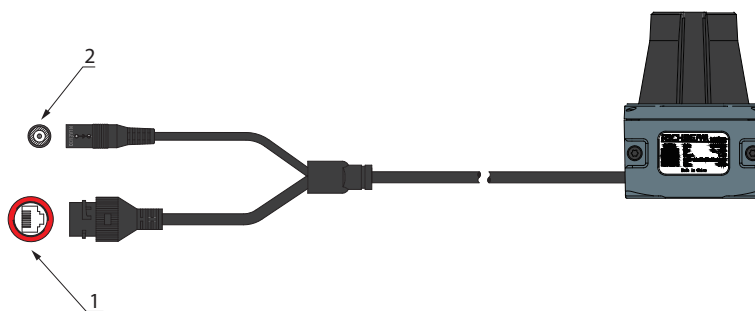


Figure 4.1: 雷达线缆示意图

序号	接口	功能
1	RJ45座	以太网通信接口
2	DC5.5-2.1座	电源输入接口

Table 4.1: 雷达线缆接口功能定义

5 系统配置

LakiBeam系列产品除了可以通过USB连接外还提供了一条带有RJ45插座和DC 5.5-2.1插座的电缆，用户可通过此电缆与设备建立电源及数据连接。将设备线缆的RJ45插座通过网线接入网络。为了保证连接稳定性，请选择cat.5e及以上规格的网线。将电源连接到DC 5.5-2.1插座内。

5.1 建立连接

LakiBeam系列产品内建了一个web server，初次使用本产品时可通过网线和电源与计算机建立连接，产品默认的网络配置为静态模式，设备端的IP地址为出厂设定值192.168.198.2（Device端），需要先将连接雷达与计算机以太网端口的IP地址手动更改为192.168.198.1（Host端），此时通过计算机的web浏览器访问 <http://192.168.198.2> 即可访问设备内建的web服务，如图5.1所示。

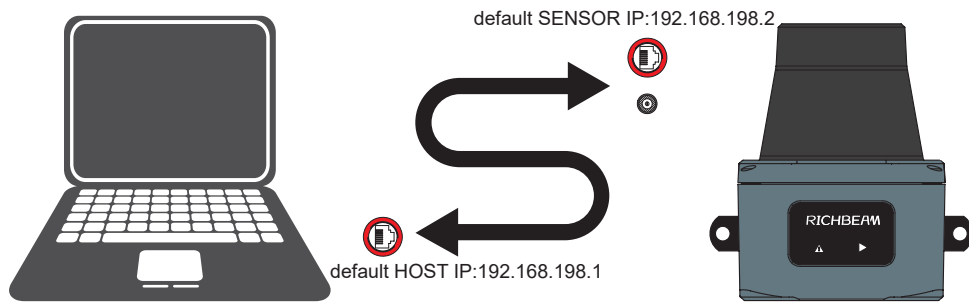


Figure 5.1: 雷达与PC连接示意图

本产品还可通过USB Type-C型数据线与计算机连接。妥善建立连接后设备需要大约30秒完成启动及自检，自检完成后计算机将识别到一个USB大容量存储设备以及一个RNDIS网络设备（Windows / Linux）。如果您使用的是macOS操作系统则需要额外在识别到的USB大容量存储设备的根目录内建立一个名为osx.apple的文件，安全弹出设备并断电重启后macOS操作系统将会识别到一个CDC-ECM设备。

无论是RNDIS设备还是CDC-ECM设备，最终都是通过USB在用户端实现了一个虚拟网卡，设备内部给这个虚拟网卡通过内建的DHCP服务器固定分配一个192.168.8.1的IP地址（Host端），而设备端的IP地址则为固定的192.168.8.2（Device端）。此时通过计算机的web浏览器访问 <http://192.168.8.2> 即可访问设备内建的web服务。

内建的web服务提供了仪表盘、雷达设置、固件更新等功能。

5.2

仪表板

仪表板（Dashboard）页面提供了系统状态监测（包含CPU使用率，系统负载，内存使用率，以太网数据速率，系统运行时间），雷达状态监测（包含输入电压，输入电流，系统电压，核心温度，APD偏置电压，电机转速，激光测距状态），网卡信息，设备信息。

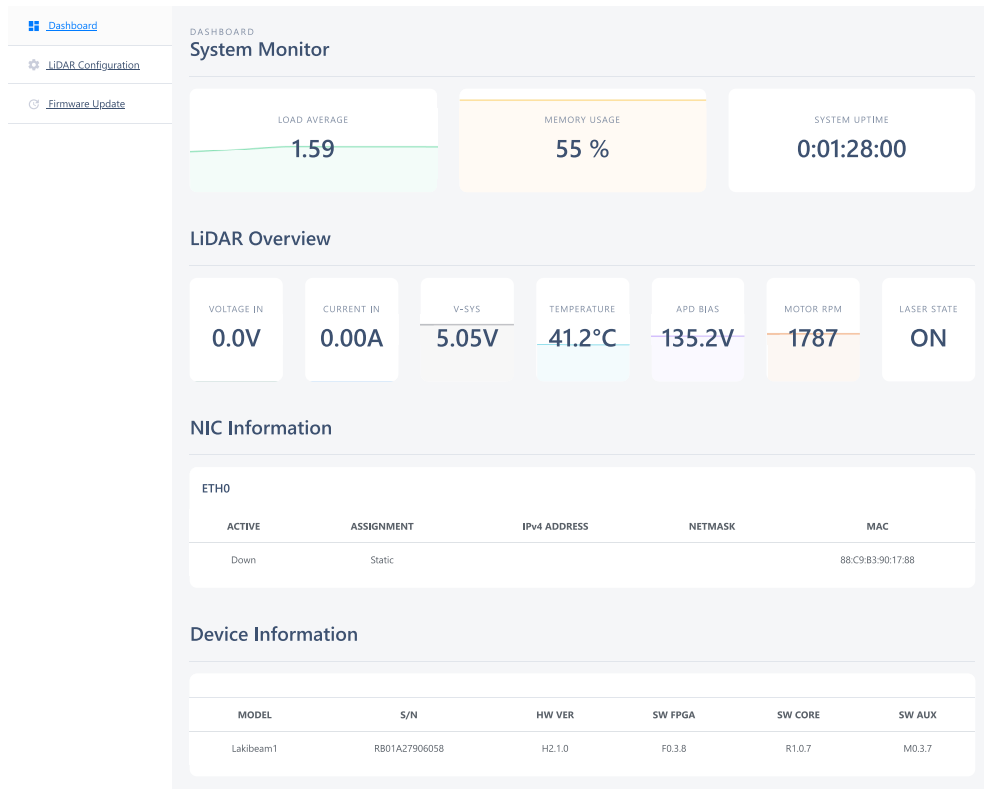


Figure 5.2: 仪表板页面

5.3 雷达设置

雷达设置（LiDAR Configuration）页面提供了雷达扫描相关配置（包含扫描频率设置，测距的启动和停止）；数据处理配置（包含数据输出范围设置和数据滤波设置）；数据发送目标配置（包含目标主机的IP地址及数据端口）；网络配置（包含DHCP和静态IP的模式切换，静态IP的设置）。需要注意的是更改网络配置后必须对设备进行重启操作，新的网络配置信息将在下一次启动时自动应用。

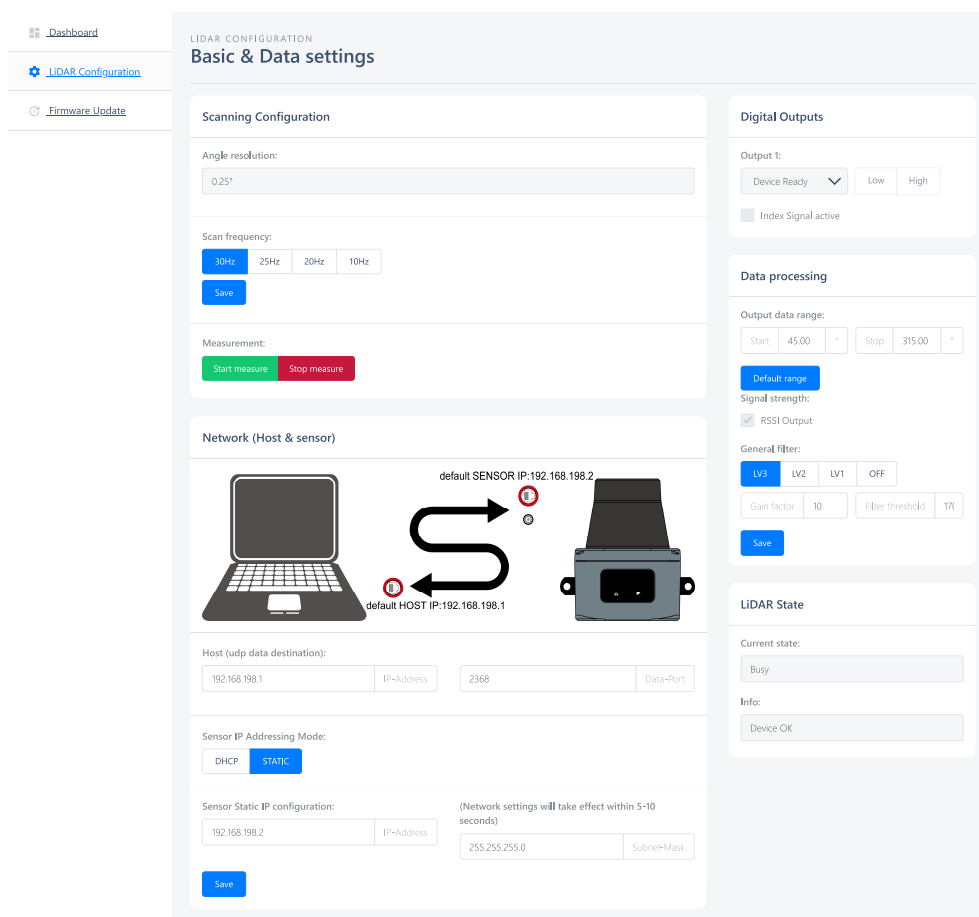


Figure 5.3: 雷达设置页面

5.4 数据处理

理想的激光脉冲打在目标上是一个点，但是实际上激光出射都存在一定的发散角，打在物体上时光斑是一个面。因此，当存在前后两个物体，且激光正好打在前面一个物体的边缘时，就有可能出现一部分激光能量打在了后面的物体上，这时的反射回来的光就是两个光斑反射光的叠加。这时雷达会判断测量目标在这两个面之间，造成拖尾现象，因此拖尾现象是激光雷达普遍存在的现象，如图5.4所示。

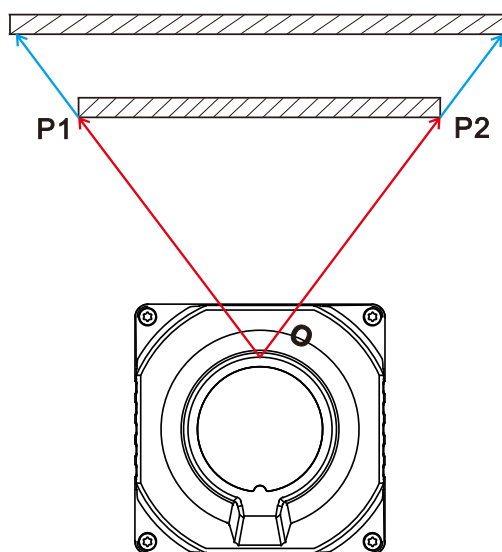


Figure 5.4: 激光雷达拖尾原理

LakiBeam1(L)不仅针对点云的噪点和抖动进行了滤波，同时针对拖尾现象进行了滤波，用户可通过雷达web server的设置页面进行开启、关闭以及对滤波类型和强度进行调整，如图5.5所示。其中off为关闭滤波，LV1为仅开启平滑滤波，LV2为仅开启拖尾滤波，LV3为同时开启拖尾和平滑滤波。

General filter:

LV3	LV2	LV1	OFF
Gain factor	10	Filter threshold	170

Figure 5.5: 激光雷达滤波设置

LakiBeam1(L)拖尾滤波算法的参数说明如下：

Gain factor: 增益系数，表示控制滤除拖尾点云的最大距离

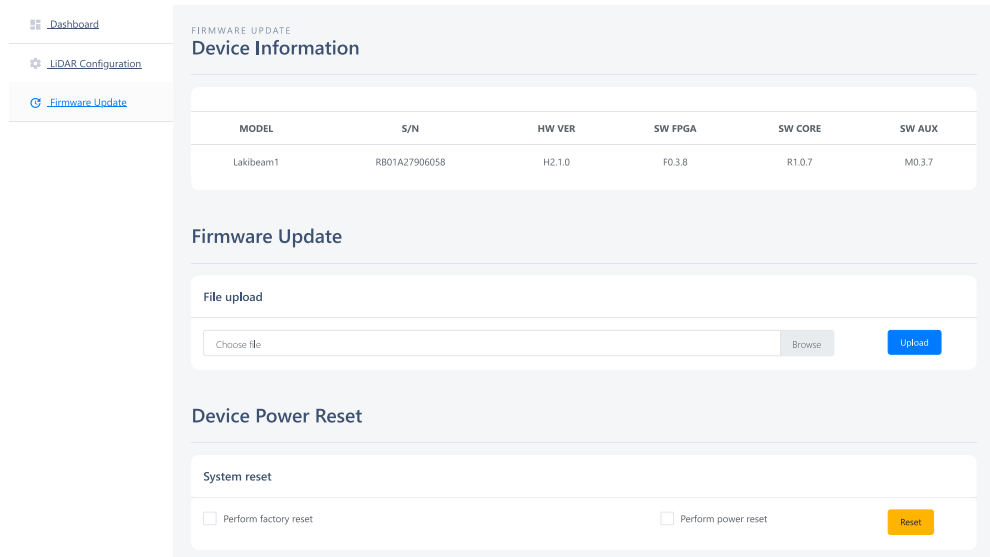
Filter threshold: 滤波阈值

参数设置(供参考): Gain factor: 10

Filter threshold: 170

5.5 固件更新

固件更新（Firmware Update）页面提供了雷达设备信息（产品型号，序列号，硬件版本，固件版本）的显示、固件上传、设备复位功能。



The screenshot displays the 'FIRMWARE UPDATE' section of a web interface. It features a sidebar with navigation links for 'Dashboard', 'LIDAR Configuration', and 'Firmware Update'. The main content area is divided into three sections: 'Device Information', 'Firmware Update', and 'Device Power Reset'. The 'Device Information' section contains a table with the following data:

MODEL	S/N	HW VER	SW FPGA	SW CORE	SW AUX
Lakibeam1	RB01A27906058	H2.1.0	F0.3.8	R1.0.7	M0.3.7

The 'Firmware Update' section includes a 'File upload' area with a 'Choose file' input, a 'Browse' button, and an 'Upload' button. The 'Device Power Reset' section has a 'System reset' area with two checkboxes: 'Perform factory reset' and 'Perform power reset', along with a 'Reset' button.

Figure 5.6: 固件更新页面

6 数据接口

LakiBeam系列产品将在启动测距状态下持续向Host端发送测距数据。通信采用以太网为传输介质，数据包基于UDP通信协议。LakiBeam系列产品还支持基于HTTP协议的RESTful（Representational State Transfer）接口，能够帮助用户通过此接口主动请求雷达数据以及更改雷达当前状态。

6.1 主数据流输出协议

主数据流输出协议：Main data Stream Output Protocol，简称：MSOP。

I/O 类型：设备输出，电脑解析。

默认端口号为 2368。

MSOP 包完成雷达测量相关数据输出，包括激光测距值、回波的反射率值、水平旋转角度值和时间戳。MSOP 包的有效载荷长度为 1248 字节，其中 42bytes 的UDP Header，1200bytes 的数据块区间（共 12 个 100bytes 的 Data Block），以及 4bytes 的时间戳和 2bytes 的工厂信息位。

数据包的基本结构如图6.1所示：

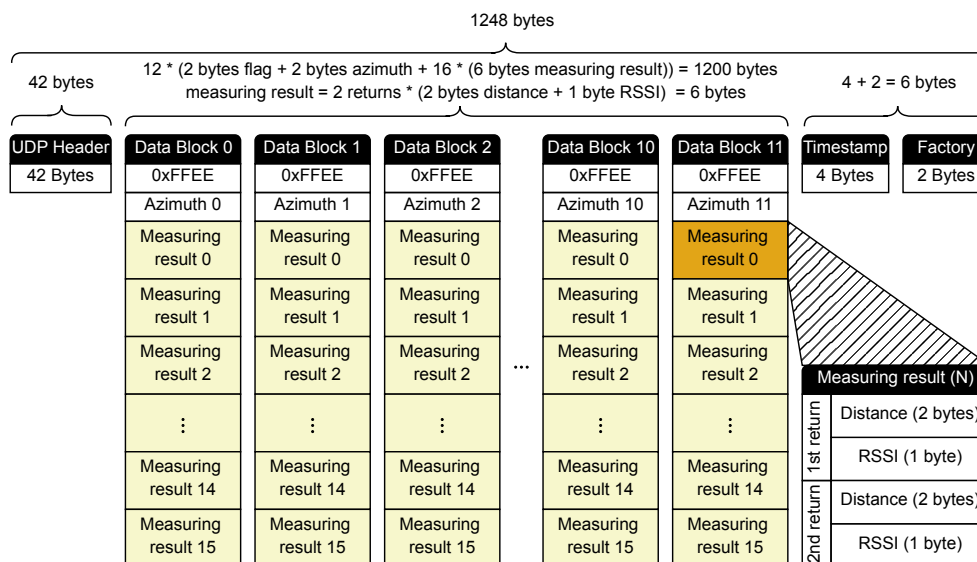


Figure 6.1: MSOP数据包结构

其中需要注意的是，在雷达每一圈输出的 MSOP 数据包中，最末尾的 MSOP 数据包与其他 MSOP 数据包内容并不完全相同。以20、25以及30Hz为例，当一圈数据（20，25以及30Hz下为1440组数据）输出完毕时，此时在末尾 MSOP 数据包中还剩下 96 组数据未能填充，即最末尾的6个 Data Block 中的数据，因此自 Data Block 6开始到Data Block 11中的所有数据均为无效数据，标志位及Azimuth均为0xFFFF，所有的无效测距数据 Invalid result也均为0xFFFF，如图6.2所示：

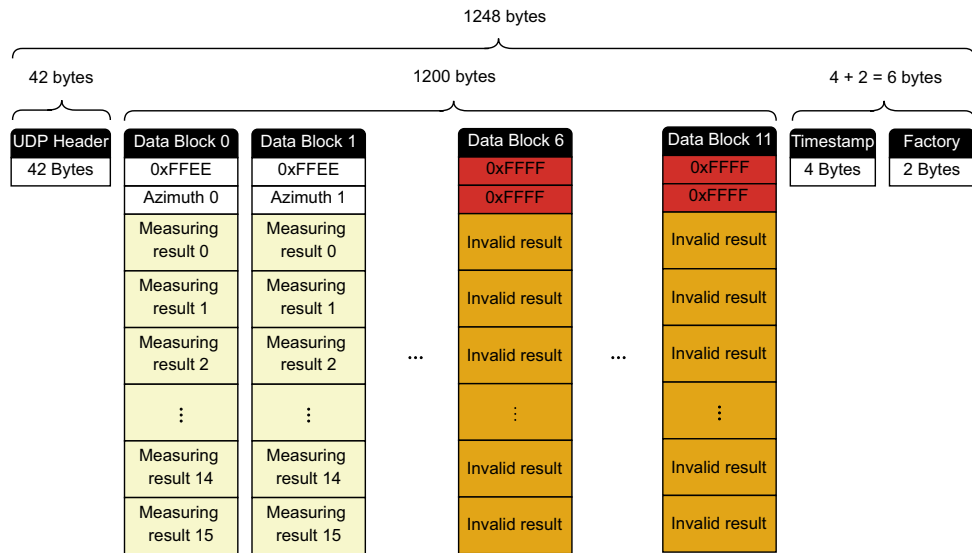


Figure 6.2: MSOP末尾数据包结构

6.2 数据块区间

数据块区间是 MSOP 包中雷达的测量值部分，共1200bytes。它由 12 个 Data Block 组成，每个 Data Block 长度为 100bytes，代表一组完整的测距数据。Data block 中 100bytes 的空间包括：2bytes 的标志位，使用 0xFFEE 表示；2bytes 的 Azimuth，表示水平旋转角度信息，每个角度信息对应着 16 个测距数据。在每个 Block 中，每一个测距数据输出的水平角度值的计算方法为：首先算出两个相邻 Block 的角度值之差 α_1 ，则每个数据块中相邻两个测距数据的角度递增值为 $\frac{\alpha_1}{16}$ ，那么当前Block第N个 ($0 \leq N \leq 15$) 测距数据的角度值Azimuth_N就可以相应计算出来。

某个Block（Block角度值为Azimuth）中第N个测距数据的水平角度值为：

$$Azimuth_N = Azimuth + \frac{\alpha_1}{16} \times N \quad (6.1)$$

在每个 Data Block 包含的16个测距数据中，每个测距数据都由 6bytes 组成。其中前三字节为最强回波（Strongest Return），后三字节为最后回波（Last Return），每个回波都包含 2bytes 的距离信息和 1byte 的反射率信息（RSSI），距离信息单位为mm。

在进行Block角度值、距离信息以及时间戳数据的解算时，MSOP包中数据的均是高位在后，低位在前。

例如，在图6.3中，获取数据包中第一个Block水平角度值的十六进制数：0x80, 0x25。

将数据组成16bit，为16bit无符号整型数据：0x2580。

转换为10进制数据为：9600。

除以100后得到结果为：96.00度。

因此第一个Block的水平角度值为96.00度。

同理可以得到第二个Block的水平角度值的十六进制数为：0x10, 0x27，解算后得到水平角度值为100.00度。因此Block中角度的增值为： $(100 - 96) \div 16 = 0.25^\circ$

再获取数据包中第一个Block的第2个测距数据的十六进制数：0xFC, 0x08, 0x31, 0x00, 0x00, 0xFF。

其中后三个字节为最后回波数据，最后回波数据的距离信息为0，代表无回波，因此这里只进行最强回波的解析。

首先0x31代表最强回波的RSSI，转换为10进制数据为：49，因此最强回波的反射强度为49。

然后对最强回波的距离进行解析，将数据组成16bit，为16bit无符号整型数据：0x08FC。

转换为10进制数据为：2300。

将转换后的结果转化为米得到：2.3m。

水平角度值为： $96.00 + 0.25 \times 1 = 96.25$ 。因此第一个Block的第2个测距数据为：水平角度96.25°，距离2.3m，反射强度为49。

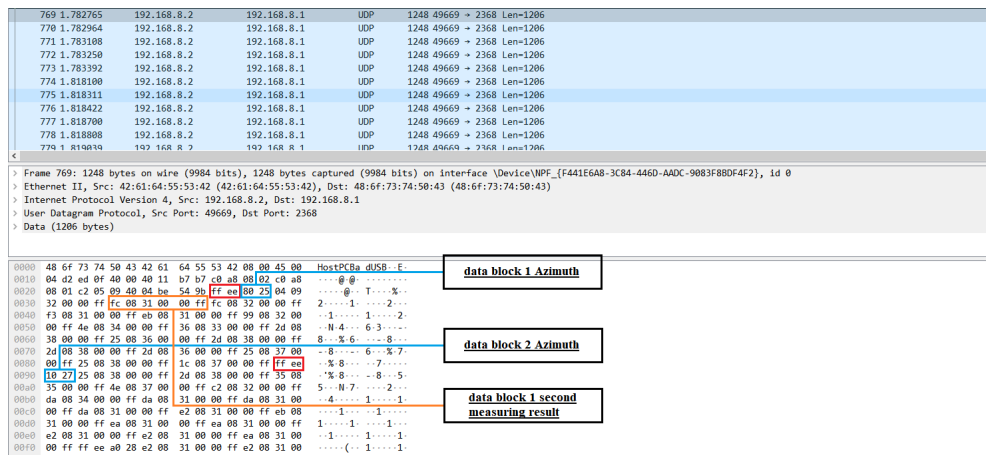


Figure 6.3: MSOP包示例1

6.3

时间戳和工厂信息

将数据组成32bit，为32bit无符号整型数据：0x0EA82087。在每个 MSOP 包的尾部，都包含 4bytes 的时间戳信息和 2bytes 的工厂信息。其中时间戳用来记录系统时间，分辨率为1us。

例如，在图6.4中，最末尾的 2bytes代表了 LakiBeam1/LakiBeam1L 的工厂信息：0x37, 0x40。

再获取 MSOP 包中时间戳的十六进制数：0x87, 0x20, 0xA8, 0x0E。

转换为10进制数据为：245899399。

因此此 MSOP 包的时间戳为：245899399us。

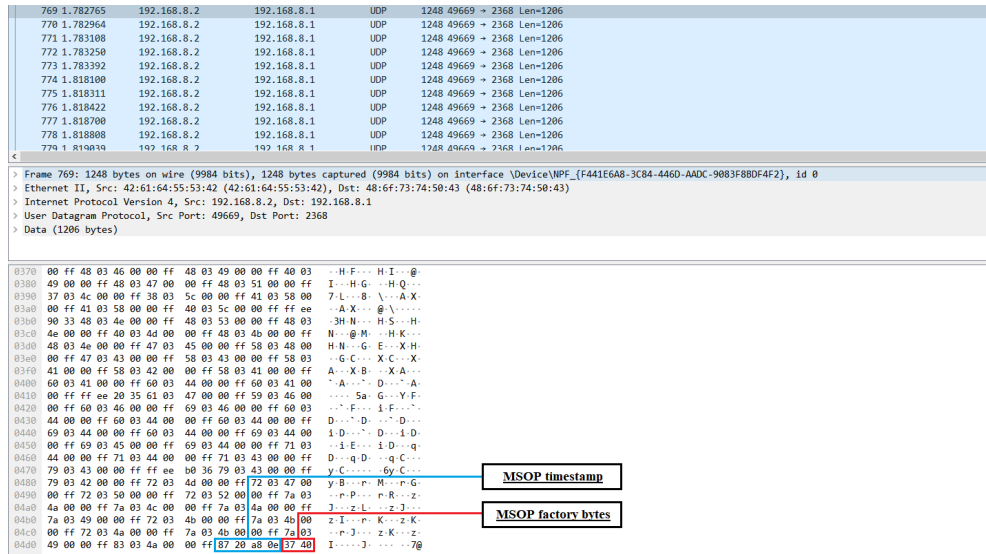


Figure 6.4: MSOP包示例2

6.4 RESTful API

LakiBeam系列产品支持基于HTTP协议的RESTful (Representational State Transfer) 接口，用户不仅可以通过web server来与雷达建立连接、查看信息或修改设置，还可以通过RESTful接口直接获取雷达当前信息或修改雷达当前设置。RESTful接口每一项指定资源的URL、对应的HTTP动词以及HTTP状态码参见用户手册附录 C: RESTful 接口说明。

7

安装指南

为了本产品长期使用的可靠性及稳定性，请在使用时严格遵循下列产品特性及接口要求。为了避免雷达之间相互干扰对测量精度产生任何影响，在布置多台雷达时，应该确保激光束不会被另一台雷达接收到。对于多台激光雷达安装在同一平面时，建议将设备向下倾斜或者在配置页面中设置扫描范围避免激光雷达光束相互干扰，如图7.1所示。对于多台激光雷达平行安装在不同平面时，建议将雷达出光位置错开一定距离避免激光雷达光束相互干扰，如图7.2所示。（图7.1和7.2中蓝色区域均代表激光雷达扩大的激光束）

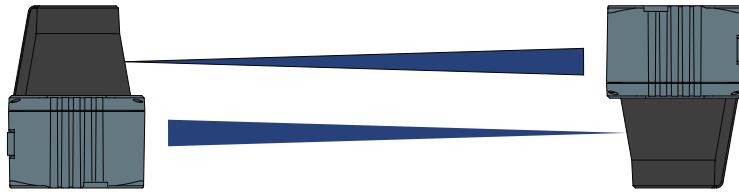


Figure 7.1: 平行偏移安装

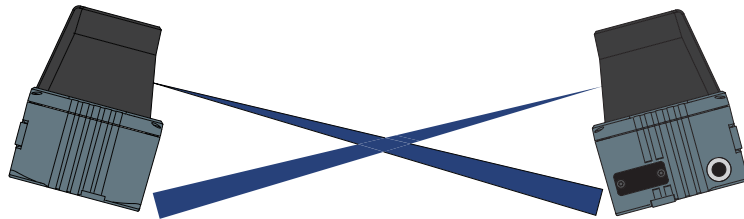


Figure 7.2: 平行安装

7.1 坐标转换

由于雷达的 MSOP 包中仅输出水平旋转角度信息和测距距离信息，因此当转化为二维点云时，需要将极坐标下的角度和测距距离信息转化为笛卡尔坐标系下的x, y坐标，如图7.3所示。

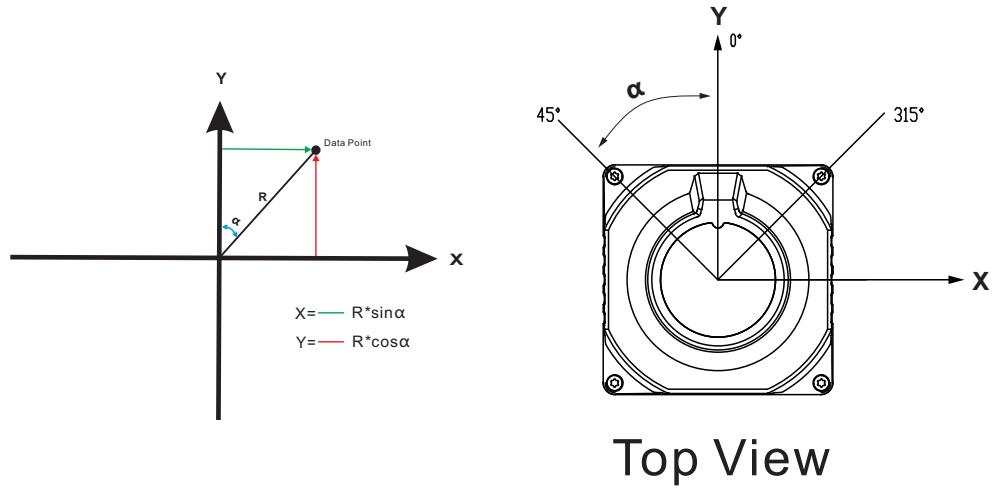


Figure 7.3: 雷达极坐标和 XY 坐标映射

7.2

光学特性

LakiBeam系列产品在出厂时激光的垂直发射角度会有微小偏差。以水平面为参考，每台产品的激光垂直发射角度偏差范围为 $\pm 1^\circ$ 。以产品底面为参考面，激光出射位置高度为54.32mm。

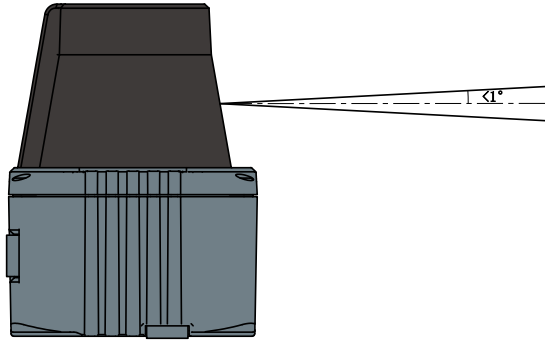


Figure 7.4: 激光垂直发射角度

本产品扫描范围为 45° 至 315° ，共 270° 。

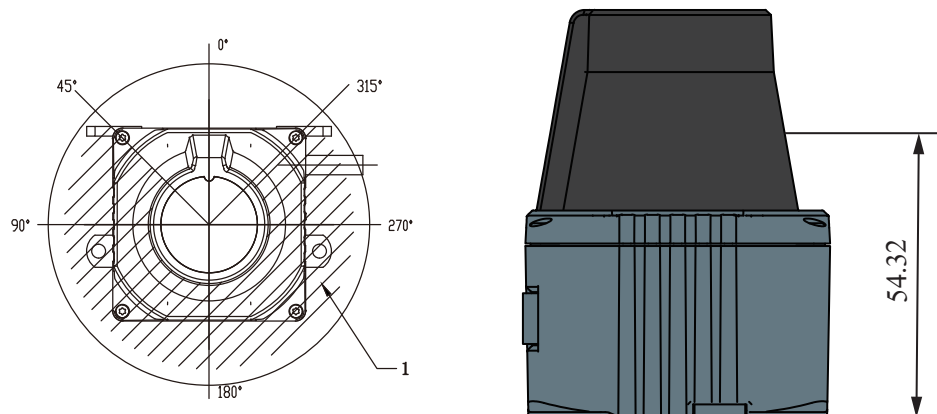


Figure 7.5: 激光水平扫描范围及垂直出光高度示意图

- 1. 水平扫描范围为 270° 。

7.3 光斑尺寸

随着雷达与被测量物体的距离增加，激光束会逐渐扩大，从而增加了物体表面上的光点直径，如图7.6所示，蓝色区域表示扩大的激光束。

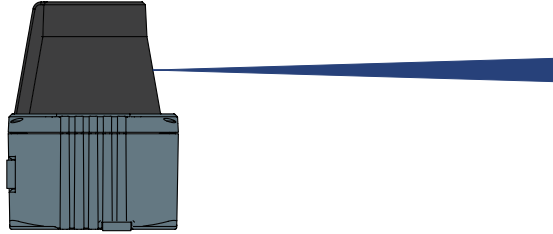


Figure 7.6: 光束扩大示意图

计算光斑尺寸和最小物体尺寸所需要的数值：

- 雷达黑色外罩上的光斑尺寸：6mm (四舍五入值)
- 光斑发散角：0.487 deg (8.5 mrad)

光斑尺寸计算公式：

光斑发散角 [mrad] × 距离 [mm] + 雷达黑色外罩上的光斑尺寸 [mm] = 光斑直径 [mm]

4 m 距离下的光斑直径计算示例：

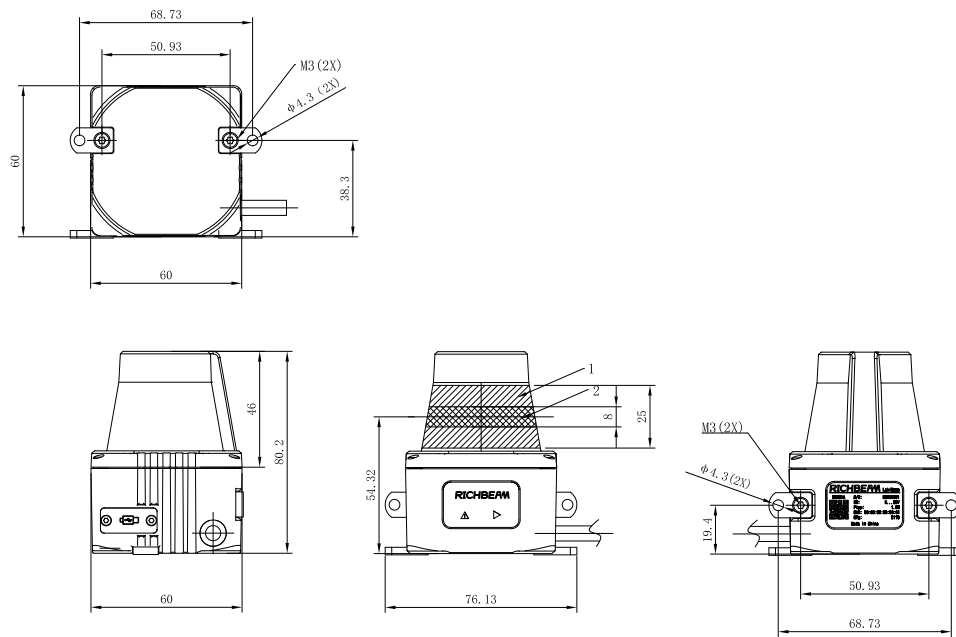
$$8.5\text{mrad} \times 4,000\text{mm} + 6\text{mm} = 40\text{mm}$$

i 可靠测量的关键在于重复对准物体。因此，激光雷达和物体应尽量保持固定。

7.4 机械接口

以下机械尺寸如未经特意说明均以毫米为单位。

■ 激光雷达



i 1.激光接收区域。 2.激光发射区域。

A 故障诊断

B 清洁指南

当雷达黑色外罩受到污染时（例如沾上灰尘、泥浆或油污等），可能会影响雷达扫描物体后所生成数据的质量，此时需要对雷达进行特定的清洁，清洁方法如下：

- ❗ 请勿使用尖锐或粗糙的物体擦拭外罩，以免擦伤外罩导致设备受损。
 - ❗ 请使用推荐的清洁工具和清洁剂来对雷达进行清洁。
 - ❗ 请勿重复使用清洁工具，在对雷达进行多次清洁或清洁工具受到污染时，请及时更换清洁工具以保证清洁有效性。
- 1) 若雷达外罩表面只有灰尘或粉尘污染，用户只需要戴上无粉PVC洁净手套，用无尘布或光学清洁纸/擦镜纸轻轻擦拭外罩表面直至灰尘擦除。
 - 2) 若雷达外罩表面有手印、油污等污染，用户需要戴上无粉PVC洁净手套，用无尘布或光学清洁纸/擦镜纸蘸取少量温度适中的异丙醇或无水乙醇溶剂轻轻擦拭外罩表面直至去除污染，并取新的无尘布或光学清洁纸/擦镜纸将溶剂去除直至表面完全无其他污染物。
 - 3) 若雷达外罩表面有泥浆等固体污染物附着，用户需要戴上无粉PVC洁净手套，用清水喷洒至固体异物处直至物体松动离开外罩表面，然后用无尘布或光学清洁纸/擦镜纸蘸取少量温度适中的异丙醇或无水乙醇溶剂轻轻擦拭外罩表面直至去除污染，并取新的无尘布或光学清洁纸/擦镜纸将溶剂去除直至表面完全无其他污染物。

C RESTful接口说明

此处内容为RESTful接口的详细说明和举例，方便用户了解LakiBeam系列产品，更好地对产品进行使用和开发。

System/Firmware

GET /api/v1/system/firmware

GET 192.168.8.2/api/v1/system/firmware

获取雷达固件信息，包含：雷达型号、产品序列号、硬件版本、FPGA软件版本、核心软件版本、AUX软件版本。

```
GET /api/v1/system/firmware HTTP/1.1
Host:192.168.8.2

HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
{
  "model": "Lakibeam1",
  "sn": "BM000000",
  "hw": "2.1.0",
  "fpga": "F0.3.7",
  "core": "R1.0.0",
  "aux": "M0.3.7"
}
```

Response JSON Object

model(string) - 雷达型号
sn(string) - 产品序列号
hw(string) - 硬件版本
fpga(string) - FPGA软件版本
core(string) - 核心软件版本
aux(string) - AUX软件版本

Status Code

200 OK - No Error

System/Monitor

GET /api/v1/system/monitor

GET 192.168.8.2/api/v1/system/monitor

获取系统监控数据，包含：系统平均负载、内存使用率和系统运行时间。

```
GET /api/v1/system/monitor HTTP/1.1
Host:192.168.8.2
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
{
  "load_average": 0.19,
  "mem_useage": 51.72,
  "uptime": 4260.36
}
```

Response JSON Object

load_average(float) - 系统平均负载

mem_useage(float) - 内存使用率

uptime(float) - 系统运行时间,指系统上电时间

Status Code

200 OK - No Error

System/Network

GET /api/v1/system/network

GET 192.168.8.2/api/v1/system/network

获取网络信息，包含：以太网链路状态、双工模式、MAC地址、主机名称、ipv4信息以及以太网传输速率。

```
GET /api/v1/system/network HTTP/1.1
Host: 192.168.8.2
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
{
  "carrier": true,
  "duplex": "full",
  "ethaddr": "88:c9:b3:90:00:00",
  "hostname": "richbeam",
  "ipv4": {
    "dhcp": false,
    "addr": "192.168.198.2/24",
    "override": "192.168.198.2/24"
  }
  "speed": 100
}
```

Response JSON Object

carrier(boolean) - 以太网链路状态，当物理层连接时为true
duplex(string) - 以太网链路的双工模式，分为半双工和全双工
ethaddr(string) - 以太网硬件（MAC）地址
hostname(string) - 主机名称
ipv4(object) - ipv4信息
 dhcp(boolean) - DHCP开启状态
 addr(string) - 静态IP地址
 override(string) - 静态IP重写地址
speed(integer) - 以太网传输速率

Status Code

200 OK - No Error

GET /api/v1/system/network/override

GET 192.168.8.2/api/v1/system/network/override

获取当前静态IP重写值。

```
GET /api/v1/system/network/override HTTP/1.1
Host: 192.168.8.2
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
{
  "override": "192.168.198.2/24"
}
```

Response JSON Object

override(string) - 静态IP重写地址，当DHCP模式打开时，返回的值为null

Status Code

200 OK - No Error

PUT /api/v1/system/network/override

PUT 192.168.8.2/api/v1/system/network/override

修改当前网络动态主机配置模式为静态IP配置并设置静态IP地址。

```
PUT /api/v1/system/network/override HTTP/1.1
```

```
Host: 192.168.8.2
```

```
"192.168.198.2/24"
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
"192.168.198.2/24"
```

Request JSON Object

string - 静态IP和子网掩码重写值

Response JSON Object

string - 在短暂延迟后，静态IP和子网掩码重写值生效

Status Code

200 OK - No Error

DELETE /api/v1/system/network/override

DELETE 192.168.8.2/api/v1/system/network/override

删除当前静态IP重写值并修改当前网络动态主机配置模式为DHCP模式。

DELETE /api/v1/system/network/override HTTP/1.1
Host: 192.168.8.2
HTTP/1.1 204 No Content
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8

Status Code

204 No Content - No Error, no content

System/Reset

PUT /api/v1/system/reset

PUT 192.168.8.2/api/v1/system/reset

系统复位。

```
PUT /api/v1/system/reset HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
"reset"
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
{
```

```
  "cmd":"okay"
```

```
}
```

Request JSON Object

string - 系统复位

Response JSON Object

string - 系统复位成功

Status Code

200 OK - No Error

Sensor/Overview

GET /api/v1/sensor/overview

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/overview

获取雷达整体测量信息，包含：雷达扫描频率、雷达实时转速、激光开关状态、分辨率、扫描角度范围、滤波等级和Host端IP地址及端口号

```
GET /api/v1/sensor/overview HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
{
  "scanfreq": 30,
  "motor_rpm": 1795,
  "laser_enable": true,
  "resolution": 0.25,
  "scan_range": {
    "start": 45,
    "stop": 315
  }
  "filter": 0
  "host": {
    "ip": "192.168.8.1",
    "port": 2368
  }
}
```

Response JSON Object

scanfreq(integer) - 雷达扫描频率，共分为4级，分别为10、20、25和30，单位为Hz

motor_rpm(integer) - 雷达实时转速，各扫描频率对应的理论转速分别为：10Hz/600RPM，20Hz/1200RPM，25Hz/1500RPM，30Hz/1800RPM，单位为RPM(Revolutions Per minute)

laser_enable(boolean) - 激光开关状态

resolution(float) - 当前雷达角分辨率（0.1°或0.25°）

scan_range(object) - 扫描角度范围

start(integer) - 雷达扫描起始角度，最小值为45°，最大值为315°

stop(integer) - 雷达扫描结束角度，最小值为45°，最大值为315°

filter(integer) - 当前雷达滤波等级，共分为3级，0表示关闭滤波，3表示最大滤波等级

host(object) - Host端信息

ip(string) - Host端IP地址

port(integer) - Host端端口号

Status Code

200 OK - No Error

Sensor/Scanfreq

GET /api/v1/sensor/scanfreq

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/scanfreq

获取雷达扫描频率，单位为Hz

```
GET /api/v1/sensor/scanfreq HTTP/1.1
Host:192.168.8.2
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
{
  "scanfreq": 30
}
```

Response JSON Object

scanfreq(integer) - 当前设置的雷达扫描频率。雷达扫描频率共4档，分别为：10Hz, 20Hz, 25Hz和30Hz

Status Code

200 OK - No Error

PUT /api/v1/sensor/scanfreq

PUT 192.168.8.2/api/v1/sensor/scanfreq

设置雷达扫描频率，单位为Hz

```
PUT /api/v1/sensor/scanfreq HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
30
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
30
```

Request JSON Object

integer - 设置的雷达扫描频率

Response JSON Object

integer - 雷达扫描频率设置成功后，雷达转速会缓慢变化直至设置值附近波动

Status Code

200 OK - No Error

Sensor/Motor_rpm

GET /api/v1/sensor/motor_rpm

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/motor_rpm

获取雷达实时转速，单位为RPM(Revolutions Per minute)

```
GET /api/v1/sensor/motor_rpm HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
{
```

```
  "motor_rpm": 1795
```

```
}
```

Response JSON Object

motor_rpm(integer) - 雷达实时转速，各扫描频率对应的理论转速分别为：
10Hz/600RPM, 20Hz/1200RPM, 25Hz/1500RPM, 30Hz/1800RPM

Status Code

200 OK - No Error

Sensor/Laser_enable

GET /api/v1/sensor/laser_enable

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/laser_enable

获取激光开关状态

```
GET /api/v1/sensor/laser_enable HTTP/1.1
Host:192.168.8.2
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
{
  "laser_enable": true
}
```

Response JSON Object

laser_enable(boolean) - 激光开关状态，激光开启时才会进行测距

Status Code

200 OK - No Error

PUT /api/v1/sensor/laser_enable

PUT 192.168.8.2/api/v1/sensor/laser_enable

切换雷达激光开关状态

PUT /api/v1/sensor/laser_enable HTTP/1.1 Host:192.168.8.2 true
HTTP/1.1 200 OK Server: nginx/1.18.0 Content-Type: application/json; charset=UTF-8 true

Request JSON Object

boolean - 切换雷达激光开关状态

Response JSON Object

boolean - 雷达激光开关状态切换成功后，雷达则会进行相应的测距状态切换

Status Code

200 OK - No Error

Sensor/Resolution

GET /api/v1/sensor/resolution

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/resolution

获取雷达当前水平角分辨率

GET /api/v1/sensor/resolution HTTP/1.1 Host:192.168.8.2
HTTP/1.1 200 OK Server: nginx/1.18.0 Content-Type: application/json; charset=UTF-8 { "resolution": 0.25 }

Response JSON Object

resolution(float) - 当前雷达水平角分辨率，各扫描频率对应的水平角分辨率分别为：10Hz/0.1°，20Hz/0.25°，25Hz/0.25°，30Hz/0.25°

Status Code

200 OK - No Error

Sensor/Scan_range

GET /api/v1/sensor/scan_range

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/scan_range

获取激光扫描角度范围

```
GET /api/v1/sensor/scan_range HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
{  
  "scan_range": {  
    "start": 45,  
    "stop": 315  
  }  
}
```

Response JSON Object

scan_range(object) - 扫描角度范围

start(integer) - 雷达扫描起始角度

stop(integer) - 雷达扫描结束角度

Status Code

200 OK - No Error

GET /api/v1/sensor/scan_range/start

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/scan_range/start

获取激光扫描起始角度

```
GET /api/v1/sensor/scan_range/start HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
{
```

```
  "start": 45,
```

```
}
```

Response JSON Object

start(integer) - 扫描起始角度值

Status Code

200 OK - No Error

GET /api/v1/sensor/scan_range/stop

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/scan_range/stop

获取激光扫描结束角度

```
GET /api/v1/sensor/scan_range/stop HTTP/1.1
Host:192.168.8.2
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
{
  "stop": 315,
}
```

Response JSON Object

stop(integer) - 扫描结束角度值

Status Code

200 OK - No Error

PUT /api/v1/sensor/scan_range/start

PUT 192.168.8.2/api/v1/sensor/scan_range/start

设置雷达扫描起始角度值

```
PUT /api/v1/sensor/scan_range/start HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
45
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
45
```

Request JSON Object

integer - 设置雷达扫描起始角度值

Response JSON Object

integer - 雷达扫描起始角度值，最小值为45°，最大值为315°

Status Code

200 OK - No Error

PUT /api/v1/sensor/scan_range/stop

PUT 192.168.8.2/api/v1/sensor/scan_range/stop

设置雷达扫描结束角度值

```
PUT /api/v1/sensor/scan_range/stop HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
315
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
315
```

Request JSON Object

integer - 设置雷达扫描结束角度值

Response JSON Object

integer - 雷达扫描结束角度值，最小值为45°，最大值为315°

Status Code

200 OK - No Error

Sensor/Filter

GET /api/v1/sensor/filter

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/filter

获取当前雷达数据滤波等级

```
GET /api/v1/sensor/filter HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
{
```

```
  "filter": 3
```

```
}
```

Response JSON Object

filter(integer) - 当前雷达数据滤波等级，共分为3级，0表示关闭滤波，3表示最大滤波等级

Status Code

200 OK - No Error

PUT /api/v1/sensor/filter

PUT 192.168.8.2/api/v1/sensor/filter

设置雷达数据滤波等级

```
PUT /api/v1/sensor/filter HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
3
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
3
```

Request JSON Object

integer - 设置雷达数据滤波等级值

Response JSON Object

integer - 雷达数据滤波等级值，共分为3级，0表示关闭滤波，3表示最大滤波等级

Status Code

200 OK - No Error

Sensor/Host

GET /api/v1/sensor/host

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/host

获取当前雷达Host端信息

```
GET /api/v1/sensor/host HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
{  
  "host": {  
    "ip": "192.168.8.1",  
    "port": 2368  
  }  
}
```

Response JSON Object

host(object) - Host端信息

ip(string) - Host端IP地址

port(integer) - Host端端口号

Status Code

200 OK - No Error

GET /api/v1/sensor/host/ip

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/host/ip

获取当前雷达Host端IP地址

```
GET /api/v1/sensor/host/ip HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
{  
  "ip": "192.168.8.1",  
}
```

Response JSON Object

ip(string) - Host端IP地址

Status Code

200 OK - No Error

GET /api/v1/sensor/host/port

GET 192.168.8.2/api/v1/sensor/host/port

获取当前雷达Host端端口号

```
GET /api/v1/sensor/host/port HTTP/1.1
Host:192.168.8.2
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
{
  "port": 2368,
}
```

Response JSON Object

port(integer) - Host端端口号

Status Code

200 OK - No Error

PUT /api/v1/sensor/host/ip

PUT 192.168.8.2/api/v1/sensor/host/ip

设置雷达Host端IP地址

PUT /api/v1/sensor/host/ip HTTP/1.1
Host:192.168.8.2
192.168.8.1
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx/1.18.0
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
192.168.8.1

Request JSON Object

string - 设置雷达Host端IP地址

Response JSON Object

string - 雷达Host端IP地址

Status Code

200 OK - No Error

PUT /api/v1/sensor/host/port

PUT 192.168.8.2/api/v1/sensor/host/port

设置雷达Host端端口号

```
PUT /api/v1/sensor/host/port HTTP/1.1
```

```
Host:192.168.8.2
```

```
2368
```

```
HTTP/1.1 200 OK
```

```
Server: nginx/1.18.0
```

```
Content-Type: application/json; charset=UTF-8
```

```
2368
```

Request JSON Object

integer - 设置雷达Host端端口号

Response JSON Object

integer - 雷达Host端端口号

Status Code

200 OK - No Error

D 产品规格

以下规格参数以用户收到的最终产品为准，如有更改恕不另行通知。

产品型号	LakiBeam1	LakiBeam1L
测距原理		pToF
激光波长		940nm
水平视场角		270°
探测距离	25m@70%反射率 ≥15m@10%反射率	40m@70%反射率 ≥20m@10%反射率
扫描频率		10Hz; 20Hz; 25Hz; 30Hz
数据采样率		36kHz; 28.8kHz; 36kHz; 43.2kHz (10 ... 30Hz)
水平分辨率		0.1°(10Hz); 0.25° (20 ... 30Hz)
重复精度		±2cm
传感器		
数据传输		10Base-T/100Base-TX
USB接口		支持供电及数据传输
数据输出		距离、角度、RSSI、时间戳
光电特性		
激光等级		Class1 人眼安全
激光波长		940nm
工作电压		5V(USB) / 9 ... 36V
典型功耗		≤ 2W
其他		
外形尺寸		长 60mm, 宽 60mm, 高 80mm
工作温度		-25° ~ 60°
存储温度		-40° ~ 75°
防护等级		IP65

Table D.1: 参数指标