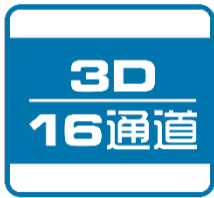


感知真实!



激光雷达传感器 LR-16F 用户手册



请使用产品前阅读本手册，以获得最佳的产品性能。
务必妥善保管本手册，以方便日后查阅。

OMCN-16F-202012

目录

1. 文档说明.....	1
2. 安全提示.....	1
3. 工作原理.....	2
4. 安装使用.....	2
4.1. 机械接口.....	2
4.2. 电气接口.....	3
4.2.1. 航空插件定义.....	3
4.2.2. GPS 定义.....	3
4.3. 通信接口.....	4
5. 串口和 PPS.....	6
6. 垂直角定义.....	6
7. 数据包格式.....	7
7.1. 通信协议-数据包.....	7
7.1.1. 概述.....	7
7.1.2. 头文件.....	8
7.1.3. 时间戳.....	9
7.1.4. 工厂标记.....	9
7.2. 通信协议-信息包.....	10
7.2.1. 概述.....	10
7.2.2. header 定义.....	10
7.2.3. Lidar Info 定义.....	11
7.3. 设置协议.....	11
8. 数值计算.....	12
8.1. 坐标换算.....	12
8.2. 方位角.....	13
8.3. 方位角插值.....	14
8.4. 距离.....	14
8.5. 时间戳.....	14
8.6. 发射时间.....	14
9. 上位机软件参数配置.....	15
9.1. 显示软件.....	15
9.2. 配置软件.....	16
9.3. ROS 驱动包.....	17
10. 问题排查.....	17
附录 A: 数据包.....	18
附录 B: 机械尺寸.....	21
附录 C: 时间表.....	23
附录 D: GPS 代码解析.....	24
附录 E: 3D 激光雷达坐标代码解析.....	24
附录 F: 插值法代码解析.....	25
附录 G: ROS.....	26
G.1 安装软件.....	26
G.2 构建.....	26
G.3 运行.....	26
G.4 实时显示.....	26
附录 H: 光学避让区间.....	27

1. 文档说明

为确保产品正常使用，请勿打开传感器，避免造成设备损坏。

- 阅读说明：请在使用本产品前，认真阅读所有的安全和操作说明；
- 保留说明：请保留好所有安全和操作说明，以便将来参考；
- 注意警告：请注意产品和使用手册中的所有警告事项；
- 遵循说明：请遵循所有操作和使用说明；
- 维修说明：除操作手册中的故障排查说明之外，请不要尝试自行维修产品，及时联系欧镭激光技术人员协助解决。

凡违反上述安全条例造成的设备损坏，均不在保修范围内。

2. 安全提示



注意激光安全

- 本产品中包含不可见的激光，其激光安全等级为 1 级；
- 切勿擅自打开设备罩壳，罩壳开启不会致使激光关闭；
- 罩壳开启后，无法保证设备仍然处于 1 级激光安全状态。



注意电气安全

- 电气线缆连接或拆除时，需要断开供电电源；
- 设备连接的供电电源必须符合操作说明要求；
- 设备使用时，正确连接参考电位端，避免等电位电流造成的人员伤害。

3. 工作原理

LR-16F 是 OLEI 针对位置感知需要而开发的 3D 安全激光雷达传感器。产品具有精确的目标探测和快速的数据处理的特点，具备点云数据输出（Ethernet 端口）功能。

LR-16F 通过 16 个激光发射组件快速旋转的同时发射高频率激光束对外界环境进行持续性的扫描，经过测距算法提供三维空间点云数据及物体反射率，可以让机器看到周围的世界，为定位、导航、避障等提供有力的保障。

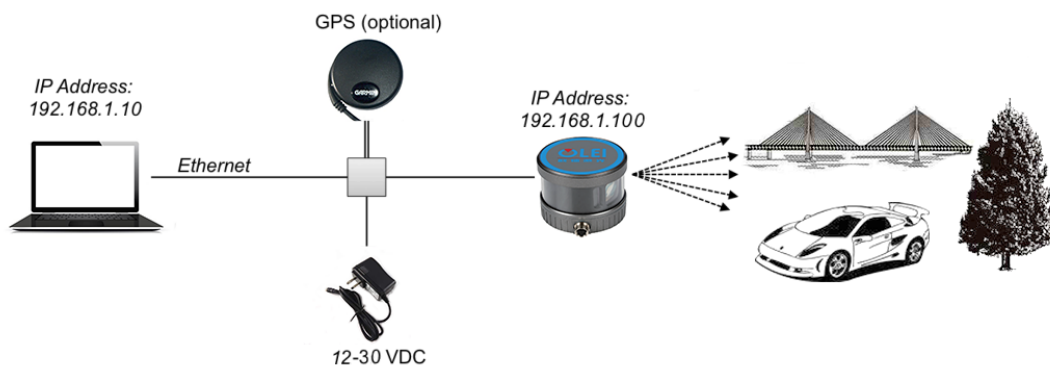


图 1 LR-16F 激光雷达工作示意图

基于 TOF（Time of Flight）原理，根据激光束的飞行速度和时间，获得物体与激光雷达之间的距离信息，计算方法如下所示：

$$D = \frac{CT}{2}$$

D —探测距离

T —飞行时间

C —光度

4. 安装使用

4.1. 机械接口

LR-16F 激光雷达可采用底部安装的安装方式。

主机底部拥有 1 个用于固定安装的 M8 螺钉孔（孔深 5mm）。

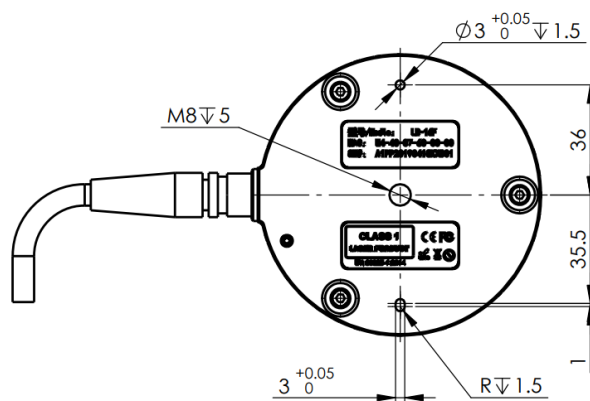


图 2 LR-16F 安装接口

4.2. 电气接口

LR-16F 组件包括 1 个激光雷达主机、1 个接线盒、1 个电源适配器和 1 根网线。

LR-16F 工作电压范围 12~30VDC。电源适配器输入端连接 220VAC，通过电源适配器转换得到的 12VDC 供电输出端，与接线盒相连。

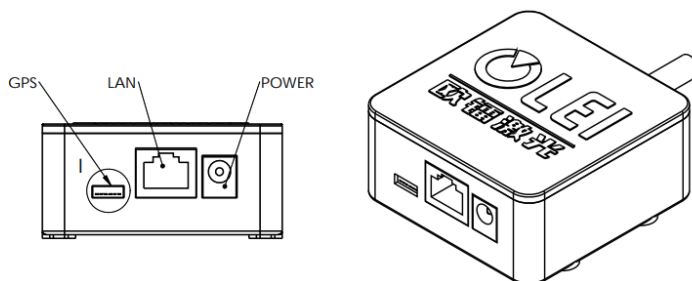


图 3 LR-16F 电气接口示意

4.2.1. 航空插件定义

通过从接线盒直接引出的一根含航空插件的线缆，直接与激光雷达主机相连，航空插件公头和母头上的红点对齐时，才能成功连接。

航空头总计 12 个 PIN 脚，其中 PIN9、PIN10 脚有两根地线并联，PIN11、PIN12 脚有 2 根电源线并联，实际从接线盒输出 12 根线缆。各 PIN 脚详细定义如下图表所示。

航空插件的 PIN 脚定义如下表所示：

线序	颜色	功能
1	橙	TXD-（网口发送-）
2	橙白	TXD+（网口发送+）
3	绿	RXD-（网口接收-）
4	绿白	RXD+（网口接收+）
5	灰	GPS-PPS（GPS 同步脉冲）
6	蓝	GPS-RXD（GPS 串口接收）
7	粉红	预留
8	黄	预留
9	棕	GND（地）
10	黑	GND（地）
11	红	Vin（12~30V DC）
12	紫	Vin（12~30V DC）

表 1 电源、I/O 接口定义

4.2.2. GPS 定义

- GPS 定义如表 2 所示：

序号	定义
1	PPS
2	5V
3	GND
4	RXD
5	GND
6	TXD

表 2 GPS 接口定义

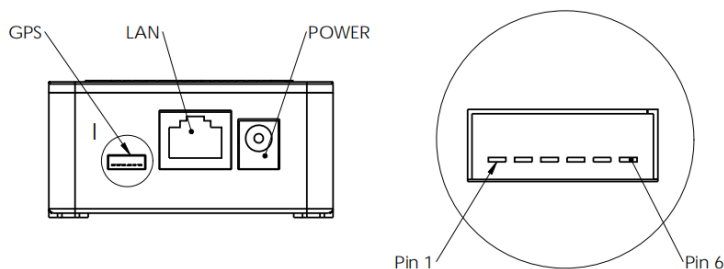


图 4 GPS 定义

5V 是输出电压，用于 GPS 供电；PPS 用 3.3V TTL 电平；RXD、TXD 用 232 电平。

● GPS 解析：

\$GPRMC,061124,A,3148.5621,N,12342.2488,W,163.4,132.8,191018,120.2,W,A*70

<1> <2> <3> <4> <5> <6><7> <8> <9> <10> <11><12>

序号	值	定义
1	061124	<1> UTC 时间，hhmmss(时分秒)格式
2	A	<2> 定位状态，A=有效定位，V=无效定位
3	3148.5621	<3> 纬度 ddmm. mmmm(度分)格式(前面的 0 也将被传输)
4	N	<4> 纬度半球 N(北半球)或 S(南半球)
5	12342.2488	<5> 经度 dddmm. mmmm(度分)格式(前面的 0 也将被传输)
6	W	<6> 经度半球 E(东经)或 W(西经)
7	163.4	<7> 地面速率(000.0~999.9 节，前面的 0 也将被传输)
8	132.8	<8> 地面航向(000.0~359.9 度，以正北为参考基准，前面的 0 也将被传输)
9	191018	<9> UTC 日期，ddmmyy(日月年)格式
10	120.2	<10> 磁偏角(000.0~180.0 度，前面的 0 也将被传输)
11	W	<11> 磁偏角方向，E(东)或 W(西)
12	A*70	<12> 模式指示(仅 NMEA0183 3.00 版本输出，A=自主定位，D=差分，E=估算，N=数据无效)

表 3 GPS 解析说明

程序解析参见附录 D：GPS 代码解析。

4.3. 通信接口

LR-16F 与电脑之间采用标准以太网 RJ-45 接口连接，通信前需要对电脑 IP 地址进行设置，激光雷达和电脑 IP 必须设置在同一个子网内，且不能冲突。输出包主要分为数据包和信息包，数据

包端口号为 2368，信息包端口号为 9866。

电脑端的 IP 地址设置如下所示：

- 电脑 IP：192.168.1.10
- 电脑子网掩码：255.255.255.0

激光雷达默认出厂设置如下所示：

- 激光雷达 IP：192.168.1.100
- 激光雷达子网掩码：255.255.255.0

电脑端具体设置流程如下所示：



图 5 电脑 IP 设置步骤一

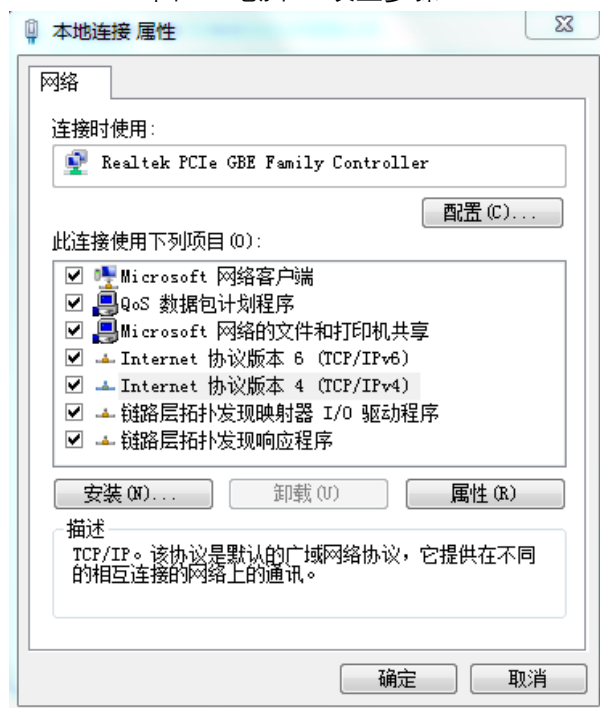


图 6 电脑 IP 设置步骤二

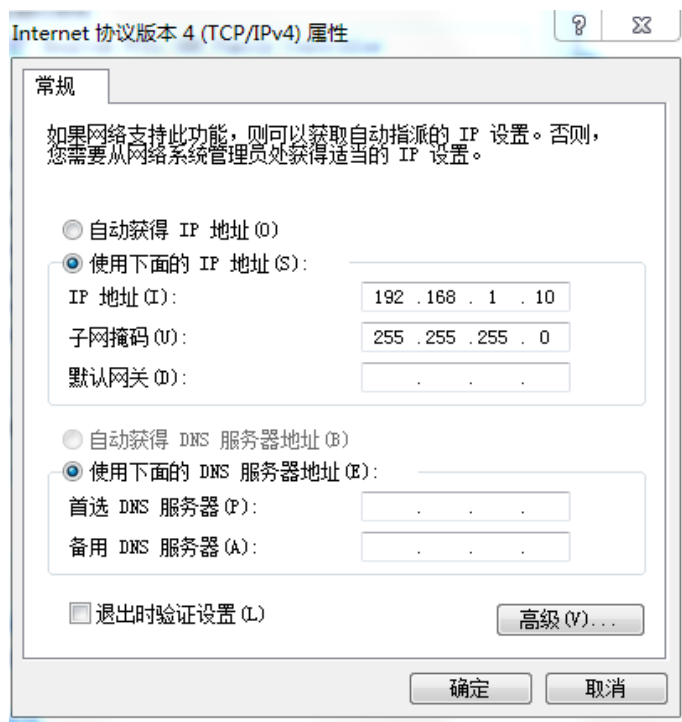


图 7 电脑 IP 设置步骤三

5. 串口和 PPS

串口和 PPS 主要为外接 GNSS 设备时使用。为使激光雷达时钟与 GNSS 同步，需要 LR-16F 输入 GNSS 接收机提供的标准时间信号，包括 PPS 信号和串口 GPRMC 数据。

PPS 信号要求为 TTL 电平信号，信号脉冲长度为 20ms~200ms，且 GPRMC 数据必须在同步脉冲上升沿 500ms 内完成。

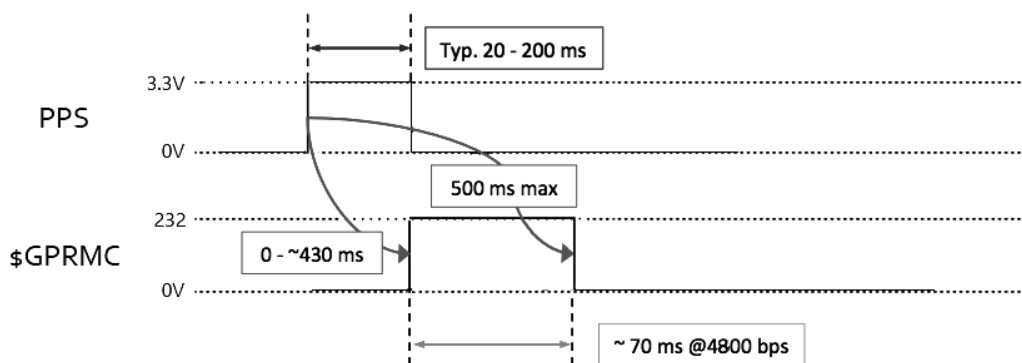


图 2 PPS 同步时序

串口的波特率 4800、9600、115200bps 可选，8bit 数据位，无校验位，停止位 1。

6. 垂直角定义

垂直角定义如下：

Laser ID	Vertical Angle
0	-15°
1	1°
2	-13°
3	3°
4	-11°
5	5°
6	-9°
7	7°
8	-7°
9	9°
10	-5°
11	11°
12	-3°
13	13°
14	-1°
15	15°

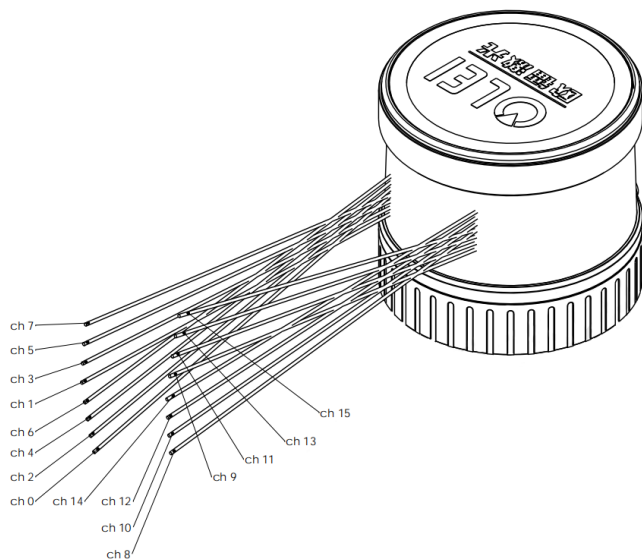


图 9 垂直角定义示意图

7. 数据包格式

LR-16F 能够实现激光点云数据传输。激光雷达点云数据的解析请参考以下内容。

LR-16F 与电脑之间的信息传输遵循 UDP 标准网络协议，数据包采用 Little-endian 格式，低字节在前，高字节在后。

7.1. 通信协议-数据包

7.1.1. 概述

数据包中存储的具体信息是激光返回的距离值、校准反射率、方位角、时间戳和工厂标记，其中工厂标记又包含传感器型号和返回模式信息。

数据包的总长为 1248 字节，其中头文件 42 字节，激光返回数据 1200 字节，时间戳 4 字节，工厂标记 2 字节，基本结构如下图所示。

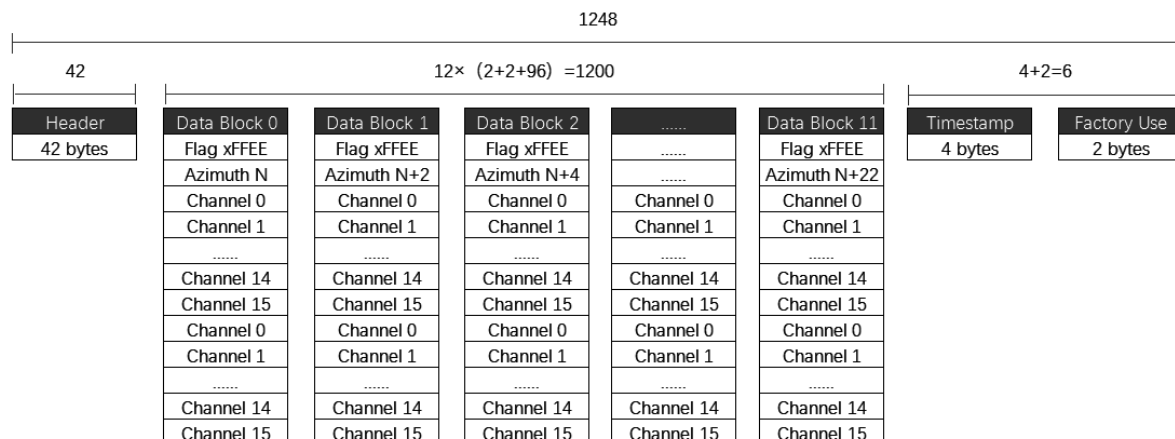


图 10 点云信息数据包格式

数据帧总长度 1248 字节，其中：

- 帧头：42 字节。
- 数据块：12×(2+2+96)=1200 字节。
- 时间戳：4 字节。
- 工厂标记：2 字节。

7.1.2. 头文件

偏移量	长度	说明
0	14	Ethernet II 包括 Destination MAC: (6 Byte) Source MAC: (6 Byte) Type: (2 Byte)
14	20	Internet Protocol 包括 Version & Header Length :(1 Byte) Differentiated Services Field: (1 Byte) Total Length:(2 Byte) Identification: (2 Byte) Flags: (1 Byte) Fragment Offse: (1 Byte) Time to Live: (1 Byte) Protocol: (1 Byte) Header Checksum: (2 Byte) Destination IP: (4 Byte) Source IP: (4 Byte)
34	8	User Datagram Protocol 包括 Source Port: (2 Byte) Destination Port: (2 Byte) Data Length:(2 Byte) Checksum: (2 Byte)

表 4 头文件

激光返回数据部分由 12 个数据块组成，每个数据块都由一个 2 字节的标志符 0xFFEE 开始，随后依次是一个 2 字节的方位角和总计 32 个数据点，每个通道的激光返回值包含一个 2 字节的距离值和一个 1 字节的校准反射率值。

偏移量	长度	说明
0	2	标识符，固定为 0xFFEE
2	2	角度数据
4	2	Ch0 距离数据
6	1	Ch0 反射率数据
7	2	Ch1 距离数据
9	1	Ch1 反射率数据
10	2	Ch2 距离数据
12	1	Ch2 反射率数据
...
49	2	Ch15 距离数据
51	1	Ch15 反射率数据
52	2	Ch0 距离数据
54	1	Ch0 反射率数据
55	2	Ch1 距离数据
57	1	Ch1 反射率数据
58	2	Ch2 距离数据
60	1	Ch2 反射率数据
...
97	2	Ch15 距离数据
99	1	Ch15 反射率数据

表 5 数据块结构

7.1.3. 时间戳

偏移量	长度	说明
0	4	时间戳[31:0]: [31:20]秒计数 [19:0]微秒计数

7.1.4. 工厂标记

偏移量	长度	说明
0	2	Factory:(2 Byte)0x00,0x10

7.2. 通信协议-信息包

7.2.1. 概述

Header	Lidar Info	GPS Info
42 Bytes	768 Bytes	74 Bytes

数据包长度 884 Bytes

注：信息包端口号不可更改，本地和目标端口均为 9866

7.2.2. header 定义

偏移量	长度	说明
0	14	Ethernet II 包括 Destination MAC: (6 Byte) Source MAC: (6 Byte) Type: (2 Byte)
14	20	Internet Protocol 包括 Version & Header Length :(1 Byte) Differentiated Services Field: (1 Byte) Total Length:(2 Byte) Identification: (2 Byte) Flags: (1 Byte) Fragment Offse: (1 Byte) Time to Live: (1 Byte) Protocol: (1 Byte) Header Checksum: (2 Byte) Destination IP: (4 Byte) Source IP: (4 Byte)
34	8	User Datagram Protocol 包括 Source Port: (2 Byte) Destination Port: (2 Byte) Data Length:(2 Byte) Checksum: (2 Byte)

表 6 header 定义

7.2.3. Lidar Info 定义

偏移量	长度	说明
0	6	工厂代码
6	12	机器型号
18	12	序列号
30	4	Source IP
34	2	Source data Port
36	4	Destination IP
40	2	Destination data Port
42	6	Source MAC
48	2	电机转速
50	1	[7]GPS 连接标志, 0: 已连接, 1: 未连接 [6]上层电路错误标志 0: 正常, 1: 错误 [5:0]预留
51	1	GPS 使能&波特率, 0x00:GPS 电源关闭 0x01:GPS 电源开启, 波特率 4800 0x02:GPS 电源开启, 波特率 9600 0x03:GPS 电源开启, 波特率 115200
52	1	预留
53	1	预留
54	2	上层电路板温度, 数据需乘 0.0625°C
56	2	下层电路板温度, 数据需乘 0.0625°C
58	2	预留
60	32	CH0-CH15 通道静态偏移量
92	4	预留
96	672	预留
768	74	GPS 信息

表 7 LiDAR Info 定义

7.3. 设置协议

遵循 UDP 协议, 用户设置协议, 上位机发送 8 字节

名称	地址	数据
字节数	2 字节	6 字节

地址	名称	字节含义[31:0]
F000	本地 IP	[47:16]=local_ip, [15:0] =local_port
F001	远端 IP	[31:0]=remote_ip, [15:0]= remote_port
F002	转速,GPS 使能, 波特率	[47:32] =rom_speed_ctrl [31:24]=GPS_en 0x00 = 关闭 0x01 = 开启且波特率 4800 0x02= 开启且波特率 9600 0x03 = 开启且波特率 115200 [23:0]预留

示例:

本地 ip 和端口 F0 00 C0 A8 01 64 09 40 192.168.1.100 2368
 目标 ip 和端口 F0 01 C0 A8 01 0A 09 40 192.168.1.10 2368
 转速 F0 02 02 58 00 00 00 00 转速 600

每次修改完成, 重启 3D 雷达。

转速 300、600 可选。波特率 4800/9600/115200 可选。

8. 数值计算

8.1. 坐标换算

LR-16F 数据包中的信息是建立在极坐标系下的方位角值和距离值, 将极坐标值转换为笛卡尔坐标系中的数据, 能够更方便的通过点云数据构建三维场景。

每个通道对应上述的值如下表所示:

通道号	垂直角 ω	水平角 α	水平偏移 A	垂直偏移 B
CH0	-15°	α	21mm	5.06mm
CH1	1°	$\alpha+1*0.00108*H$	21mm	-9.15mm
CH2	-13°	$\alpha+2*0.00108*H$	21mm	5.06mm
CH3	3°	$\alpha+3*0.00108*H$	21mm	-9.15mm
CH4	-11°	$\alpha+4*0.00108*H$	21mm	5.06mm
CH5	5°	$\alpha+5*0.00108*H$	21mm	-9.15mm
CH6	-9°	$\alpha+6*0.00108*H$	21mm	5.06mm
CH7	7°	$\alpha+7*0.00108*H$	21mm	-9.15mm
CH8	-7°	$\alpha+8*0.00108*H$	-21mm	9.15mm
CH9	9°	$\alpha+9*0.00108*H$	-21mm	-5.06mm
CH10	-5°	$\alpha+10*0.00108*H$	-21mm	9.15mm
CH11	11°	$\alpha+11*0.00108*H$	-21mm	-5.06mm
CH12	-3°	$\alpha+12*0.00108*H$	-21mm	9.15mm
CH13	13°	$\alpha+13*0.00108*H$	-21mm	-5.06mm
CH14	-1°	$\alpha+14*0.00108*H$	-21mm	9.15mm
CH15	15°	$\alpha+15*0.00108*H$	-21mm	-5.06mm

表 8 坐标换算

注：在一般精度下水平角 α 只需要不需要增加上面表格的参数
空间坐标计算公式为：

$$X = R * \cos(\omega) * \sin(\alpha) + A * \cos(\alpha)$$

$$Y = R * \cos(\omega) * \cos(\alpha) - A * \sin(\alpha)$$

$$Z = R * \sin(\omega) + B$$

名词解释：

- 雷达各个通道输出的测量距离，设为 R（注意雷达输入的单位为 2mm，请先换算为 1mm）
- 雷达转速，设为 H（一般为 10Hz）
- 雷达各个通道的垂直角，设为 ω
- 雷达输出的水平角度，设为 α
- 雷达各个通道的水平偏移量 设为 A
- 雷达各个通道的垂直偏移量 设为 B
- 雷达各个通道的空间坐标系 设为 X, Y, Z

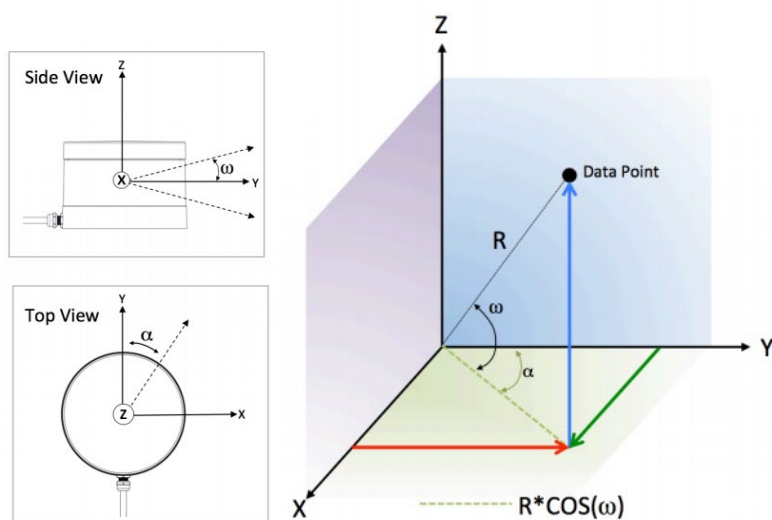


图 11 坐标转换定义

程序解析参见附录 E：3D 激光雷达坐标代码解析。

8.2. 方位角

每个数据包中记录 12 个方位角值，该值位于各个数据块的 0xFFEE 标记位之后，每个数据块的后 16 线激光束的方位角通过插值计算获得，具体方法见下一节。

方位角的具体计算方法和步骤如下例所示：

- 1) 获得方位角值：0x21 & 0x63
- 2) 字节高低位互换：0x63 & 0x21
- 3) 组合成无符号十六进制数：0x6321
- 4) 转换成十进制数：25377
- 5) 乘以最小分辨率：0.01°
- 6) 结果：253.77°

方位角的 0°与激光雷达主机接线座同轴，且方向相反。

8.3. 方位角插值

LR-16F 可以通过数据包直接获得每个数据块中第一个 16 线激光脉冲序列的方位角，再通过插值计算得到第二个 16 线激光脉冲序列的方位角值。

假设 12 个数据块的 24 个激光序列中，相邻的 3 个序列编号分别是 N、N+1 和 N+2，N 和 N+2 的值已知，则最简单和最直接的方法是通过 N 和 N+2 插值计算 N+1 的方位角值（默认整个过程中转速为匀速），插值程序参见附录 F：插值法代码解析。

8.4. 距离

LR-16F 距离的计算方法与方位角相似，具体如下例所示：

- 1) 获得距离值：0x11 & 0x21
- 2) 字节高低位互换：0x21 & 0x11
- 3) 组合成无符号十六进制数：0x2111
- 4) 转换成十进制数：8465
- 5) 乘以最小分辨率：2mm
- 6) 结果：16930mm

8.5. 时间戳

LR-16F 时间戳的计算方法，如下例所示：

- 1) 获得时间戳数据：0x43 & 0x32&0x21&0x10
- 2) 字节高低位互换：0x10&0x21&0x32&0x43
- 3) 组合

0X10				0X21				0X32				0X43											
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Second(uint16)								Microsecond(uint32)															

秒的计算：

0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Second(uint16)																

二进制转换为十进制：258 单位 s

微秒的计算：

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Microsecond(uint32)																											

二进制转换为十进制：78403 单位 us

- 4) 求秒数：258+78403/1000000=258.078403

8.6. 发射时间

LR-16F 每一个通道的激光发射时间为 3us，16 线激光全部发射完成后会有 3us 的等待时间，每 16 通道激光发射完一轮的总时间为 51us。因此，第一个通道之后的激光束都有相应的时间偏移。

若要计算数据包中任意一个数据块中任意通道激光束的发射时间，需要把 24 个激光序列按数

据块的顺序编号为 M (M 为 0~23)，每个激光序列的 16 个激光通道编号为 N (N 为 0~15)，则每个通道的激光发射时间 T_{shift} 为：(参见附录 C)

$$T_{shift} = (51 * M) + (3 * N)$$

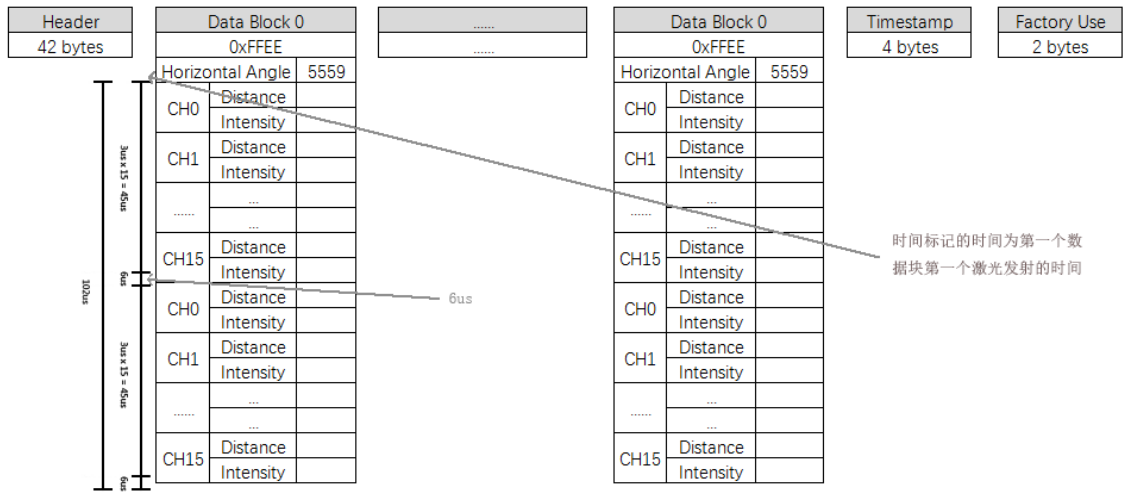


图 12 激光发射时间

实际上，最终的发射时间还需加上时间戳，时间戳记录每一个数据包中第一个数据块的第一个通道发射的时间，真实值 T_{real} 为：

$$T_{real} = \text{Timestamp} + T_{shift}$$

9. 上位机软件参数配置

上位机相关软件分为显示软件、配置软件及 ROS 驱动包。

9.1. 显示软件

上位机显示软件界面如下图所示，详细使用方法请参见 Olamview 2.0 软件说明书。

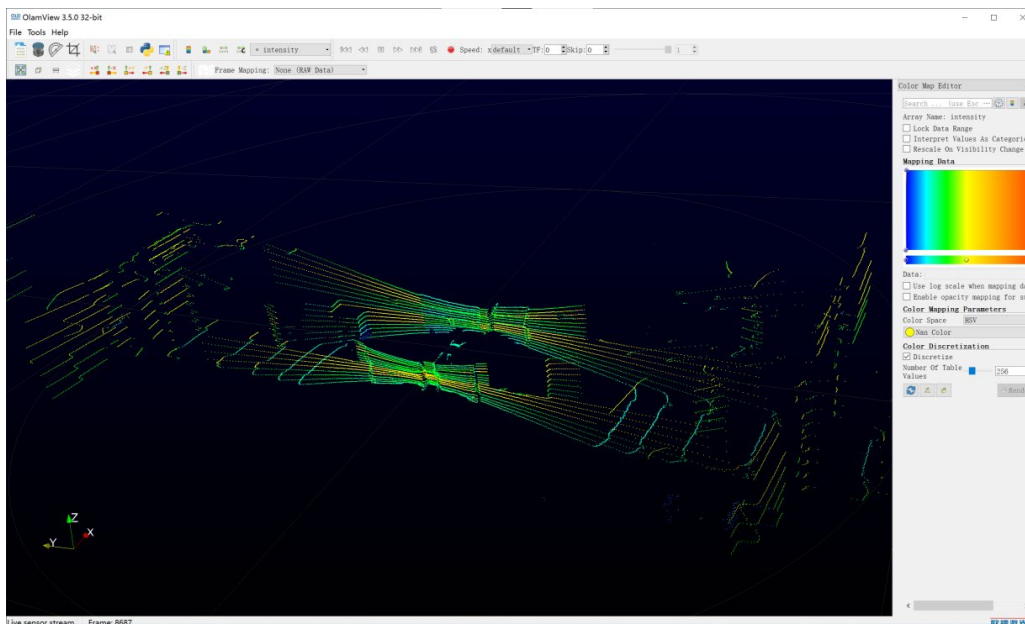


图 13 上位机软件界面示例

由于产品会持续更新，网页设置界面及上位机软件界面可能会有变化，以实际内容为准。

9.2. 配置网页

配置雷达可在网页端输入雷达的 IP 地址，默认为 192.168.1.10

LiDAR Config

Model: 3D-LIDAR
Version: H(0.5.0) S(0.1.0)
Mac: E4-4C-C7-62-00-3E

LiDAR Config	
Motor RPM:	<input type="text" value="600"/>
Angle offset:	<input type="text" value="0"/> °
NOTE: Range 0.00~360.00°	
GPS:	<input checked="" type="radio"/> ON <input type="radio"/> OFF
<input type="button" value="Set Configs"/>	

Temperature	
CPU core:	67.1 °C
Main board:	37.1 °C
Data board:	29.1 °C

Net Config	
Host IP:	<input type="text" value="192.168.1.10"/>
Host Port:	<input type="text" value="2368"/>
DHCP:	<input type="radio"/> ON <input checked="" type="radio"/> OFF
LiDAR IP:	<input type="text" value="192.168.1.100"/>
Net Mask:	<input type="text" value="255.255.255.0"/>
Gateway:	<input type="text" value="192.168.1.1"/>
<input type="button" value="Set Networks"/>	

Voltage	
Motor Driver:	9.66 V
Measurement:	5.50 V
Wireless Charge:	10.50 V

使用方法:

- 1.按正确方法连接借光雷达，使通讯正常；
- 2.网页端输入雷达的 IP 地址，默认为 192.168.1.10, 按需要修改相应的参数, 按 Set configs 或 Set Networks
- 3.重启激光雷达，参数生效。

9.3. ROS 驱动包

为了方便客户在 Linux 环境下 ROS 平台使用，本公司提供 ROS 驱动包 ole3d_x.x.x.tar，具体构建编译步骤见附录 G。如有需要，请联系欧镭技术人员。

注：如果在安装驱动过程中出现红色错误提示，应该是 Ubuntu 下权限不够，请运行指令“`chmod -R 777 src`”，赋予可执行权限。

10. 问题排查

问题	排查方法
激光雷达无法扫描	确认电源连接是否正常 确认电源电压是否满足 12~30VDC 电机是否正常转动
激光雷达扫描无数据	确认网络连接是否正常 尝试利用第三方数据抓取软件获取数据 确认数据接收端电脑的设置，如 IP 等 确认是否有安全软件干扰数据传导

表 9 问题排查

附录 A：数据包

312...	38.064195	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	1248 2368 → 2368 Len=1206
312...	38.065420	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	1248 2368 → 2368 Len=1206
312...	38.066742	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	1248 2368 → 2368 Len=1206
312...	38.067897	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	1248 2368 → 2368 Len=1206
312...	38.069116	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	1248 2368 → 2368 Len=1206
313...	38.070409	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	1248 2368 → 2368 Len=1206
313...	38.071630	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	1248 2368 → 2368 Len=1206
313...	38.072863	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	1248 2368 → 2368 Len=1206

▸ Frame 31302: 1248 bytes on wire (9984 bits), 1248 bytes captured (9984 bits) on interface 0
 ▲ Ethernet II, Src: Xilinx_01:fe:c0 (00:0a:35:01:fe:c0), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 ▲ Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
 Address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

0000	ff ff ff ff ff ff 00 0a	35 01 fe c0 08 00 45 00	..... 5.....E.
0010	04 d2 82 22 40 00 80 11	f0 39 c0 a8 01 64 c0 a8	..."@... .9...d..
0020	01 0a 09 40 09 40 04 be	00 00 ff ee c4 57 19 01	...@.@...W..
0030	30 e2 01 46 47 01 43 7b	02 43 34 01 38 66 02 44	0..FG.C{ .C4.8f.D
0040	95 01 0a 00 00 00 0b 01	39 ed 02 31 fd 00 23 e9	..... 9..1..#.
0050	02 3b 00 00 00 fa 02 33	28 02 0a b0 03 32 16 01	.;.....3 (....2..
0060	31 0f 02 44 46 01 42 7a	02 43 3e 01 33 62 02 44	1..DF.Bz .C>.3b.D
0070	73 01 0a 00 00 00 0d 01	39 f8 02 34 0d 01 22 f5	s..... 9..4..".
0080	02 3c 00 00 00 04 03 34	06 02 0a b1 03 2e ff ee	.<.....4
0090	ea 57 15 01 30 2e 02 43	45 01 42 79 02 44 44 01	.W..0..C E.By.DD.
00a0	32 61 02 44 78 01 0a 00	00 00 0e 01 35 fd 02 34	2a.Dx... ....5..4
00b0	17 01 16 fd 02 3b 00 00	00 0f 03 32 fd 01 0e 92	.....;.. ...2....
00c0	03 28 14 01 31 48 02 43	46 01 42 76 02 44 42 01	.(.1H.C F.Bv.DB.
00d0	2f 60 02 44 3b 01 0a 00	00 00 0f 01 33 05 03 34	/^ .D;... ....3..4
00e0	22 01 0b 05 03 38 00 00	00 13 03 2d f1 01 1d 81	"....8..
00f0	03 26 ff ee 0f 58 11 01	2f 5c 02 43 48 01 41 71	.&...X.. /\ .CH.Aq
0100	02 42 44 01 2e 59 02 42	72 01 0b 00 00 00 19 01	.BD..Y.B r.....
0110	30 0b 03 35 02 01 0a 09	03 37 d8 01 0a 1d 03 27	0..5.... .7....'
0120	cb 01 25 71 03 26 15 01	30 69 02 43 45 01 41 6f	..%q.&.. 0i.CE.Ao
0130	02 3f 45 01 31 55 02 3e	99 01 0a 65 02 0a 23 01	..?E.1U.> ...e..#.
0140	30 0d 03 36 09 01 0a 0e	03 34 35 02 0a 1a 03 18	0..6.... .45....
0150	b4 01 2d 7c 03 29 ff ee	33 58 19 01 30 73 02 43	..-|.).. 3X..0s.C
0160	46 01 41 71 02 35 40 01	34 4a 02 2c 81 01 0a 24	F.Aq.5@. 4J.,...\$
0170	02 1b 1e 01 25 0f 03 31	3e 01 0a 0f 03 31 01 02	...%..1 >....1..
0180	0a 28 03 0a 9f 01 32 c2	03 37 1a 01 30 79 02 41	.(...2. .7..0y.A
0190	46 01 41 6b 02 2a 3c 01	35 51 02 33 98 01 11 3e	F.Ak.*<. 5Q.3...>
01a0	02 23 23 01 2c 0e 03 30	1f 01 0a 0f 03 29 32 02	..##.,..0 .....)2.
01b0	0a 00 00 00 8c 01 34 b4	04 45 ff ee 59 58 1c 01	.....4. .E..YX..
01c0	2f 7e 02 3d 48 01 40 6d	02 38 36 01 39 53 02 3b	/~.=H.@m .86.9S.;
01d0	78 01 0a 79 02 2d 1c 01	1d 0a 03 30 1d 01 0a 0c	x..y.-.. ...0....
01e0	03 20 e6 01 0a 00 00 00	81 01 35 e5 06 36 1b 01	. .... .5..6..
01f0	2f 6f 02 30 48 01 40 6f	02 3d 2e 01 39 50 02 40	/o.0H.@o .=. .9P.@
0200	87 01 12 90 02 34 17 01	2d 0b 03 2f 21 01 10 03	.....4.. -../!...
0210	03 14 dc 01 0a 00 00 00	7d 01 36 f2 06 34 ff ee	..... }..6..4..
0220	7d 58 1d 01 2e 67 02 25	4b 01 3f 6d 02 40 2a 01	}X...g.% K.?m.@*.
0230	3a 52 02 3f 8b 01 1c 9c	02 32 1f 01 1d 0f 03 2a	:R.?.... .2.....*
0240	1d 01 0a 1b 03 0b c1 01	0a 00 00 00 82 01 37 fa	..... .7.

0250	06 33 1e 01 2e 57 02 25	4e 01 3f 6d 02 3d 34 01	.3...W.% N.?m.=4.
0260	38 53 02 3c 7c 01 24 a4	02 30 1f 01 2b 0c 03 1f	8S.< .\$. .0..+...
0270	2f 01 0b 00 00 00 b0 01	0a 00 00 00 8b 01 36 fe	/.....6.
0280	06 32 ff ee a2 58 20 01	2d 72 02 31 52 01 3e 6e	.2...X . -r.1R.>n
0290	02 3c 37 01 38 52 02 3c	80 01 27 ad 02 32 21 01	.<7.8R.< ...'..2!.
02a0	2f 0a 03 0a 22 01 0a 00	00 00 b2 01 0a 00 00 00	/...".....
02b0	98 01 37 fe 06 33 21 01	2d 79 02 36 4e 01 3e 71	..7..3!. -y.6N.>q
02c0	02 3b 3b 01 3a 51 02 3d	7e 01 2d 9f 02 36 1d 01	.;;.:Q.= ~.-..6..
02d0	33 00 00 00 4d 01 0a 00	00 00 a4 01 0a 00 00 00	3...M...
02e0	ac 01 37 fc 06 33 ff ee	c8 58 1f 01 2c 85 02 3a	..7..3.. .X.,...:
02f0	4d 01 3d 6b 02 3d 3e 01	3b 50 02 40 77 01 2f 99	M.=k.=>. ;P.@w./.
0300	02 3a 18 01 35 00 00 00	11 01 0a 00 00 00 90 01	...5...
0310	0a 00 00 00 c1 01 36 fc	06 32 23 01 2d 84 02 3b	.....6. .2#.-..;
0320	4b 01 3c 63 02 40 3c 01	3a 4d 02 42 75 01 32 96	K.<c.@<. :M.Bu.2.
0330	02 3d 16 01 37 00 00 00	27 01 0a 00 00 00 aa 01	..=.7... '.....
0340	0a df 06 1d cc 01 36 f9	06 33 ff ee ed 58 24 01	.....6. .3...X\$.
0350	2c 87 02 3d 4b 01 3b 61	02 42 3c 01 3c 49 02 44	,...=K.;a .B<.<I.D
0360	72 01 35 95 02 3f 14 01	38 00 00 00 0d 01 0a 00	r.5.?... 8.....
0370	00 00 84 01 15 cc 06 31	e6 01 34 fc 06 34 25 01	.....1 ..4..4%.
0380	2c 81 02 3f 42 01 39 5f	02 43 3d 01 3d 48 02 44	,...?B.9_ .C=.=H.D
0390	6d 01 37 92 02 40 13 01	38 00 00 00 d7 00 0a 00	m.7..@.. 8.....
03a0	00 00 7f 01 1e c9 06 37	05 02 33 f7 06 33 ff ee	.....7 .3..3..
03b0	11 59 22 01 2c 7d 02 41	40 01 37 5c 02 44 3a 01	.Y".,).A @.7\..D:.
03c0	3e 47 02 45 68 01 39 92	02 40 14 01 37 00 00 00	>G.Eh.9. .@..7...
03d0	c8 00 0a 00 00 00 7b 01	23 c3 06 39 1a 02 33 f9	.....{. #..9..3.
03e0	06 33 24 01 2b 78 02 42	3f 01 34 5a 02 44 39 01	.3\$.+x.B ?.4Z.D9.
03f0	3d 46 02 45 64 01 39 8e	02 41 17 01 37 00 00 00	=F.Ed.9. .A..7...
0400	08 01 0a 00 00 00 66 01	29 bf 06 39 28 02 33 f5	.....f.).9(.3.
0410	06 32 ff ee 37 59 25 01	2d 76 02 43 45 01 34 58	.2..7Y%. -v.CE.4X
0420	02 44 38 01 3e 45 02 45	61 01 39 8b 02 41 1a 01	.D8.>E.E a.9..A..
0430	36 00 00 00 11 01 0a 00	00 00 60 01 2e bd 06 38	6..... ..`....8
0440	32 02 33 f8 06 32 24 01	2c 72 02 44 4d 01 33 52	2.3..2\$. ,r.DM.3R
0450	02 44 3b 01 3d 42 02 45	5f 01 3a 8a 02 41 1d 01	.D;.=B.E _.:...A..
0460	34 00 00 00 f0 00 0a 00	00 00 59 01 30 bd 06 37	4..... ..Y.0..7
0470	3a 02 34 f8 06 32 ff ee	5c 59 2b 01 2d 71 02 44	:.4..2.. \Y+.-q.D
0480	53 01 33 53 02 44 3c 01	3e 41 02 45 5f 01 3a 87	S.3S.D<. >A.E_..:
0490	02 42 24 01 33 00 00 00	12 01 0a 00 00 00 59 01	.B\$.3...
04a0	32 bd 06 37 3e 02 34 f0	06 31 2d 01 2b 6f 02 44	2..7>.4. .1-..+o.D
04b0	56 01 35 50 02 44 3f 01	3d 40 02 45 5e 01 3a 86	V.5P.D?. =@.E^..:
04c0	02 42 2c 01 30 00 00 00	3a 01 0a 00 00 00 5b 01	.B,.0... :.....[.
04d0	33 bc 06 37 45 02 34 f0	06 31 9a 8a 36 7e 00 10	3..7E.4. .1..6~..

263...	32.036315	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	884 9866 → 9866 Len=842
271...	33.036360	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	884 9866 → 9866 Len=842
280...	34.092633	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	884 9866 → 9866 Len=842
288...	35.092650	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	884 9866 → 9866 Len=842
296...	36.081610	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	884 9866 → 9866 Len=842
304...	37.074067	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	884 9866 → 9866 Len=842
313...	38.073042	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	884 9866 → 9866 Len=842
321...	39.085051	192.168.1.100	192.168.1.10	UDP	884 9866 → 9866 Len=842

Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

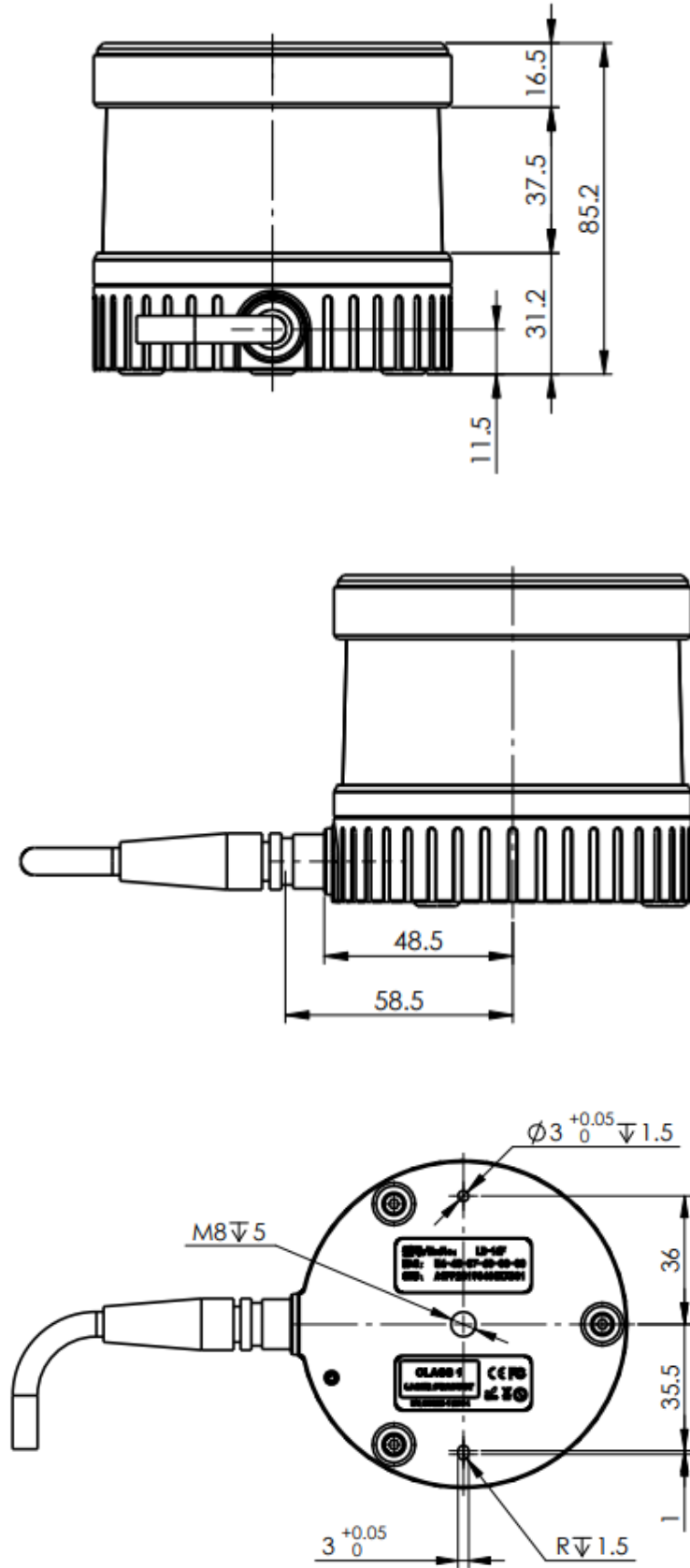
Address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

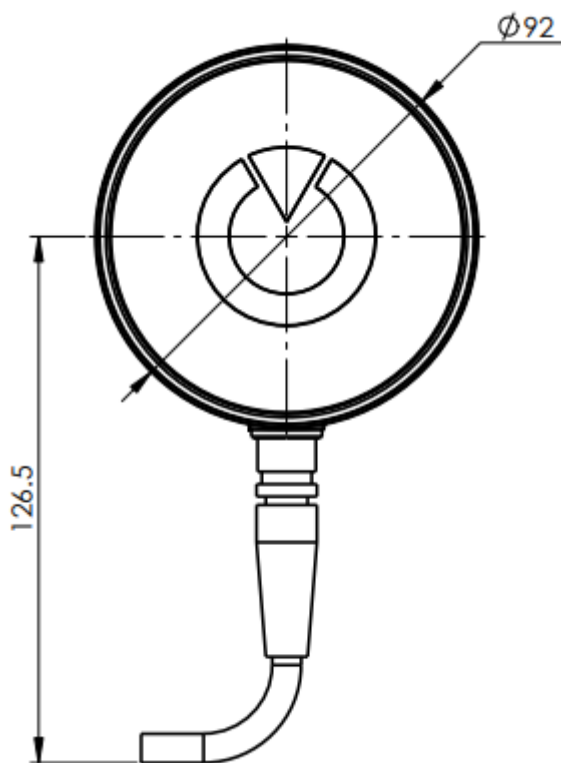
.... ..1. = LG bit: Locally administered address (this is NOT the factory default)

.... ..1. = IG bit: Group address (multicast/broadcast)

0000	ff ff ff ff ff ff 00 0a	35 01 fe c0 08 00 45 00	..... 5.....E.
0010	03 66 82 22 40 00 80 11	f1 a5 c0 a8 01 64 c0 a8	.f."@... ..d..
0020	01 0a 26 8a 26 8a 03 52	00 00 4f 4c 45 00 00 00	..&.&..R ..OLE...
0030	4c 52 2d 31 36 46 4d 33	4c 32 42 31 50 50 32 30	LR-16FM3 L2B1PP20
0040	31 39 30 37 32 39 30 31	c0 a8 01 64 09 40 c0 a8	19072901 ...d.@..
0050	01 0a 09 40 00 0a 35 01	fe c0 02 56 08 00 00 00	...@..5. ...V....
0060	01 77 01 68 ff ff 02 96	02 ad 02 a9 02 c6 02 c4	.w.h.... ..
0070	02 ca 02 af 02 b1 02 cd	02 c3 02 cc 02 c5 02 c9	.....
0080	02 c5 02 cc 02 a9 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0090	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00a0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00b0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00c0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00d0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00e0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
00f0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0100	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0110	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0120	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0130	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0140	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0150	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0160	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0170	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0180	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0190	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
01a0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
01b0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
01c0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
01d0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
01e0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
01f0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0200	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0210	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0220	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0230	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0240	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0250	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0260	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0270	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0280	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0290	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
02a0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
02b0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
02c0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
02d0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
02e0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
02f0	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0300	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0310	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00	.....
0320	00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 24 47 50 52 4d 43	..... \$GPRMC
0330	2c 30 30 33 33 34 30 2c	41 2c 33 31 34 38 2e 35	,003340, A,3148.5
0340	37 39 35 2c 4e 2c 31 31	39 35 32 2e 35 36 32 34	795,N,11 952.5624
0350	2c 45 2c 30 30 30 2e 30	2c 30 30 30 2e 30 2c 33	,E,000.0 ,000.0,3
0360	30 31 30 31 39 2c 30 30	35 2e 35 2c 57 2a 36 31	01019,00 5.5,W*61
0370	0d 0a 0d 0a		....

附录 B：机械尺寸





附录 C: 时间表

	ID	Data Block											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
First Firing	0	0	102	204	306	408	510	612	714	816	918	1020	1122
	1	3	105	207	309	411	513	615	717	819	921	1023	1125
	2	6	108	210	312	414	516	618	720	822	924	1026	1128
	3	9	111	213	315	417	519	621	723	825	927	1029	1131
	4	12	114	216	318	420	522	624	726	828	930	1032	1134
	5	15	117	219	321	423	525	627	729	831	933	1035	1137
	6	18	120	222	324	426	528	630	732	834	936	1038	1140
	7	21	123	225	327	429	531	633	735	837	939	1041	1143
	8	24	126	228	330	432	534	636	738	840	942	1044	1146
	9	27	129	231	333	435	537	639	741	843	945	1047	1149
	10	30	132	234	336	438	540	642	744	846	948	1050	1152
	11	33	135	237	339	441	543	645	747	849	951	1053	1155
	12	36	138	240	342	444	546	648	750	852	954	1056	1158
	13	39	141	243	345	447	549	651	753	855	957	1059	1161
	14	42	144	246	348	450	552	654	756	858	960	1062	1164
	15	45	147	249	351	453	555	657	759	861	963	1065	1167
Second Firing	0	51	153	255	357	459	561	663	765	867	969	1071	1173
	1	54	156	258	360	462	564	666	768	870	972	1074	1176
	2	57	159	261	363	465	567	669	771	873	975	1077	1179
	3	60	162	264	366	468	570	672	774	876	978	1080	1182
	4	63	165	267	369	471	573	675	777	879	981	1083	1185
	5	66	168	270	372	474	576	678	780	882	984	1086	1188
	6	69	171	273	375	477	579	681	783	885	987	1089	1191
	7	72	174	276	378	480	582	684	786	888	990	1092	1194
	8	75	177	279	381	483	585	687	789	891	993	1095	1197
	9	78	180	282	384	486	588	690	792	894	996	1098	1200
	10	81	183	285	387	489	591	693	795	897	999	1101	1203
	11	84	186	288	390	492	594	696	798	900	1002	1104	1206
	12	87	189	291	393	495	597	699	801	903	1005	1107	1209
	13	90	192	294	396	498	600	702	804	906	1008	1110	1212
	14	93	195	297	399	501	603	705	807	909	1011	1113	1215
	15	96	198	300	402	504	606	708	810	912	1014	1116	1218

附录 D: GPS 代码解析

```
//GPS Timestam Parse and lidar Timestam Parse
    var temp = new byte[4];
    Buffer.BlockCopy(DataBytes, 1200, temp, 0, temp.Length);
    // 1.Reverse
    var t = temp.Reverse().ToArray();
    var str1 = Convert.ToString(t[0], 2).PadLeft(8, '0');
    var str2 = Convert.ToString(t[1], 2).PadLeft(8, '0');
    var str3 = Convert.ToString(t[2], 2).PadLeft(8, '0');
    var str4 = Convert.ToString(t[3], 2).PadLeft(8, '0');
    //2.reassemble
    var tt1 = $"{str1}{str2.Substring(0, 4)}.PadLeft(16,'0');
    var tt2 = $"{str2.Substring(4, 4)}{str3}{str4}".PadLeft(24, '0');
    var      a      =      IrAdvanced.ConvertBase(tt1,      2,
16).PadLeft(4,'0').ToHexBytes().Reverse().ToArray();
    var      b      =      IrAdvanced.ConvertBase(tt2,      2,
16).PadLeft(8,'0').ToHexBytes().Reverse().ToArray();
    //Second(uint16)
    TimeS = BitConverter.ToUInt16(a, 0);
    //Microsecond(uint32)
    TimeM = (int)BitConverter.ToUInt32(b, 0);
    // $"Second:{TimeS} Microsecond:{TimeM}".ToDebug();
    return true;
```

附录 E: 3D 激光雷达坐标代码解析

```
public class Lpoint3DTemp:Lpoint3D
{
    /// <summary> 温度修正系数 </summary>
    public int Temperature { get; set; } = 0;
    public override void Init()
    {
        R = R - SubConst - Temperature;
        var ang = (Angle + Ch * 0.00108 * 10) * Math.PI / 180; //水平角线性差补
        var wTemp = W * Math.PI / 180; //角弧度转换
    }
}
```

名词解释:

雷达各个通道输出的测量距离, 设为 R 注意雷达输入的单位为 2mm, 请先换算为 1mm)

雷达转速, 设为 H (一般为 10Hz)

雷达各个通道的垂直角, 设为 ω

雷达输出的水平角度, 设为 α

雷达各个通道的水平偏移量 设为 A

雷达各个通道的垂直偏移量 设为 B
 雷达各个通道的空间坐标系 设为 X,Y,Z
 水平差补系数表 offsetH
 垂直差补系数表 offsetV

空间坐标计算公式为:

$$X = R * \cos(\omega) * \sin(\alpha) + A * \cos(\alpha)$$

$$Y = R * \cos(\omega) * \cos(\alpha) - A * \sin(\alpha)$$

$$Z = R * \sin(\omega) + B$$

*/

```
X = (int)(R * Math.Cos(wTemp) * Math.Sin(ang) + offsetH * Math.Sin(ang));
```

```
Y = (int)(R * Math.Cos(wTemp) * Math.Cos(ang) - offsetH * Math.Cos(ang));
```

```
Z = (float)(R * Math.Sin(wTemp) + offsetV);
```

```
Color = Color.FromArgb(100, (int)Reflection, 0);
```

```
}
```

```
}
```

附录 F: 插值法代码解析

```
//Differential complement
```

```
for (int i = 0; i < 16; i++)
```

```
{
```

```
var w = ChList[i];
```

```
ushort t2 = BitConverter.ToUInt16(block, 52 + i * 3);
```

```
byte f2 = block[54 + i * 3];
```

```
if (f2 > 0)
```

```
{
```

```
//3D point oper,Convert polar coordinates to spatial coordinates
```

```
and make coefficient compensation
```

```
var pB = new Lpoint3DTemp()
```

```
{
```

```
R = t2, //In this type of 3D radar, the return unit system
```

```
is 2mm
```

```
Ang = ang + (uint)18,
```

```
W = w,
```

```
Reflection = f2,
```

```
Ch = 16 + i,
```

```
SubConst = SubConstList[i],
```

```
};
```

```
if (Vlist?.Length > 16) pB.Temperature = Vlist[i + 1];
```

```
pB.Init();
```

```
Plist.Add(pB);
```

```
}
```

```
}
```

附录 G: ROS

本附录将说明如何使用 Ubuntu+ROS1 来获取和可视化 OLE-LiDAR 的数据。

G.1 安装软件

1. 下载并安装 Ubuntu 16.04 操作系统。ROS1.0 驱动可运行于 trusty, xenial, bionic 版本的 Ubuntu 操作系统。
2. 根据链接 (<http://wiki.ros.org/indigo/Installation/Ubuntu>) 安装并测试 ROS1 基本功能。
3. 下载并安装 [libpcap-dev](#)

注:

驱动运行环境为 ROS1.0 版本,如需 ROS2.0 版本请联系欧镭技术人员提供。

附录演示为 ROS1.0 版本下驱动构建及运行。

G.2 构建

1. 在安装了 ROS 环境的 ubuntu 系统中创建工作区
> mkdir -p ole3d_ws/src
2. 解压 'src' ROS 驱动文件夹到 ole2d_ws
> cp src ole2d_ws
3. 安装 depend
> rosdep install --from-paths src --ignore-src --rosdistro=\${ROS_DISTRO} -y
4. 编译
> chmod -R 777 src
> catkin_make

注: 编译前请 chmod 赋予 src 文件夹下可执行权限。

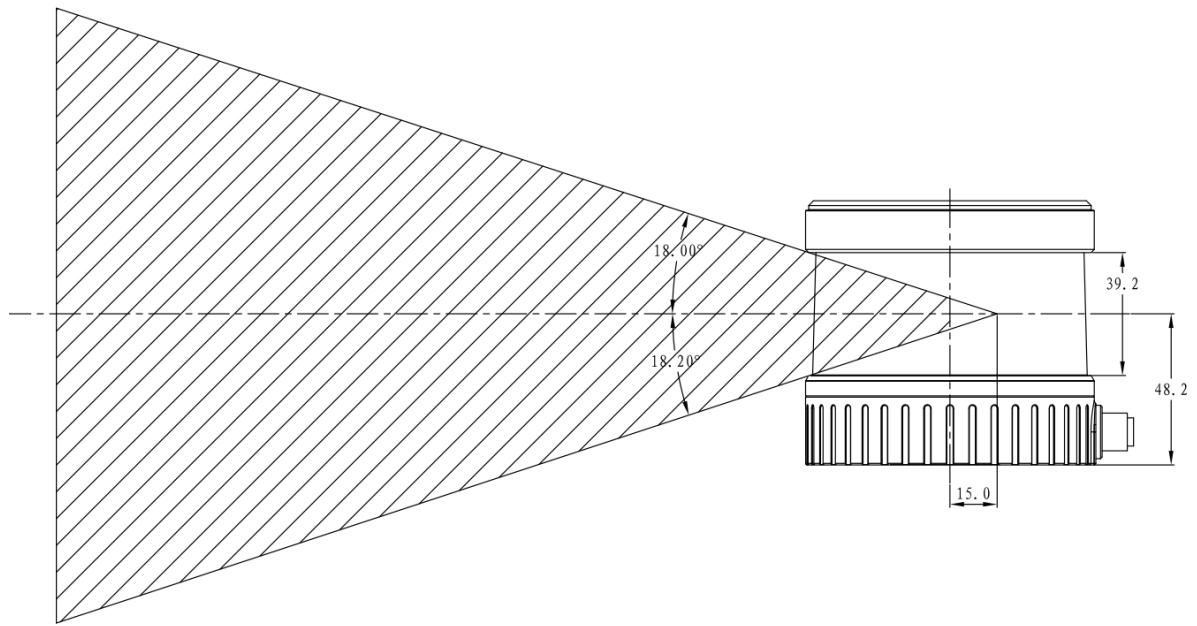
G.3 运行

1. 配置 source 源
> source devel/setup.bash
2. 打开一个新的终端, 运行 roscore
> roscore
3. 检查并连接激光雷达
雷达默认出厂 IP: 192.168.1.100 它将发送 UDP 数据包至 192.168.1.10:2368
因此, 需配置本地静态 IP: 192.168.1.10 子网掩码: 255.255.255.0
4. 在当前配置 source 源的终端中, 运行 launch 脚本
> roslaunch ole_pointcloud LR16F_points.launch

G.4 实时显示

1. 打开新的终端, 运行 rviz
> rosruncatkin rviz -f ole_lidar
2. 在 rviz 中 add 添加一个 topic 话题 PointCloud2
3. 如果有错误提示 no fixed frame, 使用命令:
> rosruncatkin tf static_transform_publisher 0 0 0 0 0 1 map ole_lidar 10

附录 H: 光学避让区间



有关规格等的变化,恕不另行通知!

森库莱萨（深圳）智能科技有限公司

发布: 2020-12