

镭神智能 CH128 系列

128 线混合固态激光雷达使用说明书 v2.0



www.leishen-lidar.com

目录

1 雷达介绍	4
1.1 说明	4
1.2 工作原理.....	4
1.3 产品描述.....	4
2 产品规格.....	5
2.1 规格参数.....	5
2.2 外形尺寸.....	5
3 电气接口.....	6
3.1 电源	6
3.2 电气接口.....	6
4 快速指南.....	10
4.1 WINDOWS 软件显示点云和配置雷达	10
4.2 解析点云数据.....	12
5 通讯协议.....	12
5.1 数据包协议.....	13
5.1.1 数据包格式.....	13
5.1.2 以太网包头	14
5.1.3 子帧	14
5.1.4 方位角	15
5.2 设备包协议.....	16
5.3 配置包协议.....	18
5.4 配置参数和状态描述.....	19
5.4.1 电机转速	19
5.4.2 以太网配置	19
5.4.3 时间.....	20
5.4.4 雷达扫描和静止.....	20
5.4.5 设备包发包间隔.....	21
5.4.6 高温暂停标志	21
5.4.7 经纬度	21
5.4.8 配置包打包示例.....	22
6 时间同步.....	23
6.1 GPS 同步	23
6.1.1 GPS 设备使用	23

6.2 外同步.....	24
6.3 雷达内部计时.....	24
7 点云数据的角度和坐标计算.....	24
7.1 垂直角度.....	24
7.2 水平角度.....	27
7.3 距离值.....	27
7.4 笛卡尔坐标表示.....	27
8 点云数据的精确时间计算.....	27
8.1 数据包结束时间计算.....	27
8.2 通道数据的精确时间计算.....	28
8.2.1 数据点结束时间.....	28
9 附录 A.点云显示软件.....	28
9.1 适用范围.....	28
9.2 软件安装.....	28
9.3 相关的功能介绍和使用.....	30
9.4 注意事项.....	35
10 附录 B.ROS 系统软件.....	42
10.1. 硬件连接及测试.....	42
10.2. 软件操作实例.....	43

1 雷达介绍

1.1 说明

- 1) 本手册的所有图示仅供参考, 请以最新产品为准。
- 2) 为了避免违反保修条款, 请勿私自拆卸雷达, 相关操作请咨询镭神智能售后人员。

1.2 工作原理

多线混合固态激光雷达采用飞行时间测量法 (Time of Flight)。激光雷达发出激光脉冲开始计时(t_1), 当激光遇到目标物体光返回, 接收端停止计时(t_2),

$$\text{距离} = \text{光速} \times (t_2 - t_1) / 2$$

1.3 产品描述

CH128 激光雷达通过镜面旋转, 实现对水平 120 度区域扫描, 通过特殊的光学设计, 实现垂直方向上更加密集的光线分布。如图 1.1, 为 CH128 激光雷达外观图。



图 1.1 CH128 激光雷达外观图

2 产品规格

2.1 规格参数

表 2.1 CH128 激光雷达

型号	CH128	
测距方式	脉冲式	
激光波段	905nm	
激光等级	1 级（人眼安全）	
激光通道	128 路	
测量范围	100 米 ~200 米	
测距精度	±3cm	
单回波数据速率 (双回波)	41.5 万点/秒 (83 万点/秒)	
视场角	垂直	-17° ~ 14.8°
	水平	150°
角度分 辨率	垂直	非均匀分布 0.25°（具体垂直角度分布可见 7.1 节）
	水平	5Hz: 0.18°
		10Hz: 0.36°
		20Hz: 0.72°
扫描速度	5Hz、10Hz、20Hz	
通信接口	以太网，PPS	
供电范围	9V~36VDC	
操作温度	-40℃~+85℃	
储存温度	-40℃~+105℃	
冲击	500 m/sec ² , 持续 11 ms	
振动	5Hz~2000Hz, 3G rms	
防护等级	IP67	
尺寸	207mm*142mm*125mm	
重量	2.5kg	

2.2 外形尺寸

CH128 线激光雷达背面有 4 个安装孔，由客户自行配 4 个 M6*12 的机械螺丝锁紧固定，配弹垫平垫。如图 2.1，为 CH128 激光雷达后面出线的外形尺寸图，

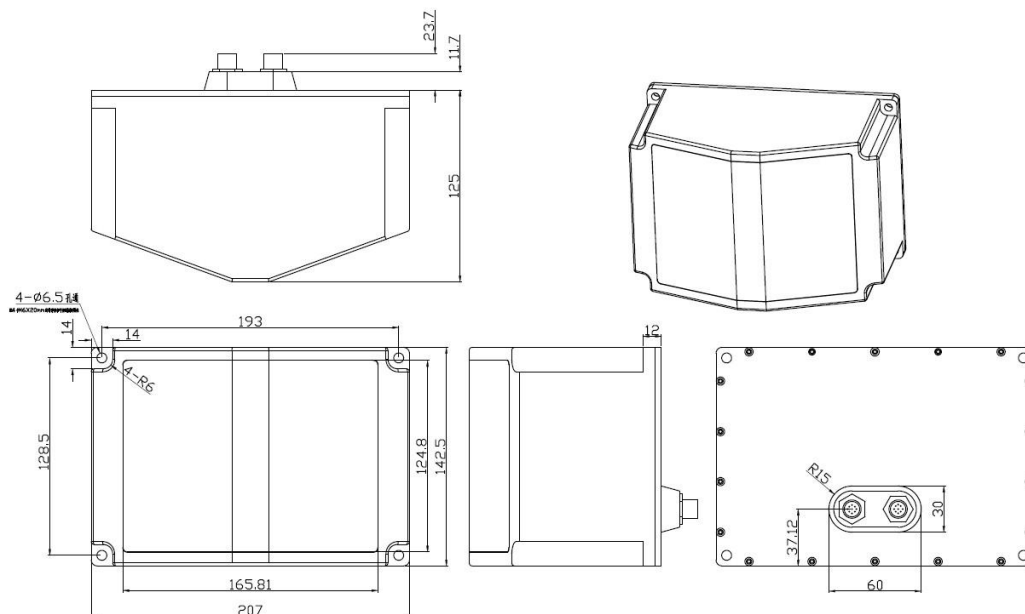


图 2.1 CH128 激光雷达后面出线的外形尺寸图

3 电气接口

3.1 电源

电源输入范围：9V~36VDC。如果使用其它直流电源供电，推荐电源输出电压：12VDC、输出最大电流： $\geq 2A$ （雷达启动时要求瞬时启动电流大，启动电流小可能导致不能正常启动）、输出纹波噪声： $<120mVp-p$ ；输出电压精度： $<5\%$ 。

3.2 电气接口

CH128 系列多线激光雷达机体下端侧面引出缆线，缆线为 12 芯和 8 芯屏蔽线，序号如下图所示。

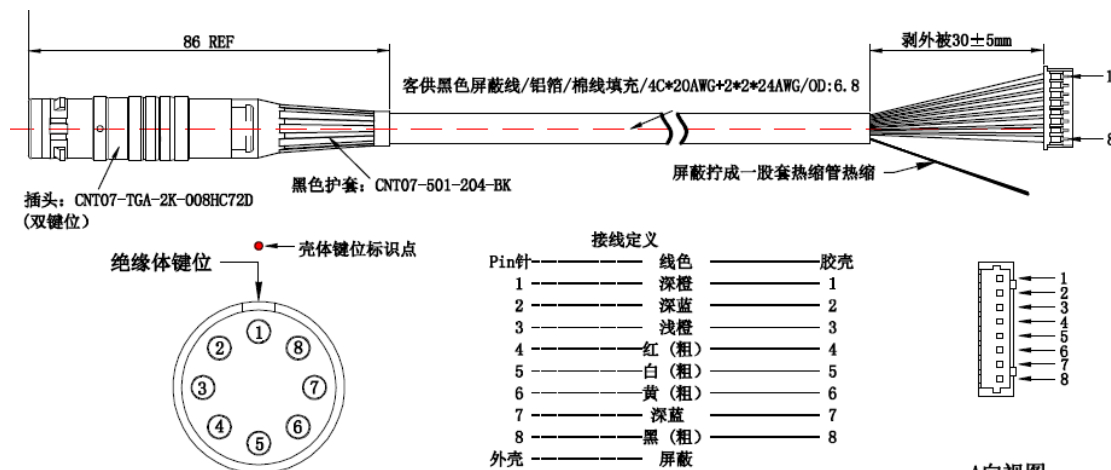


图3.1 雷达对外8芯线缆示意图

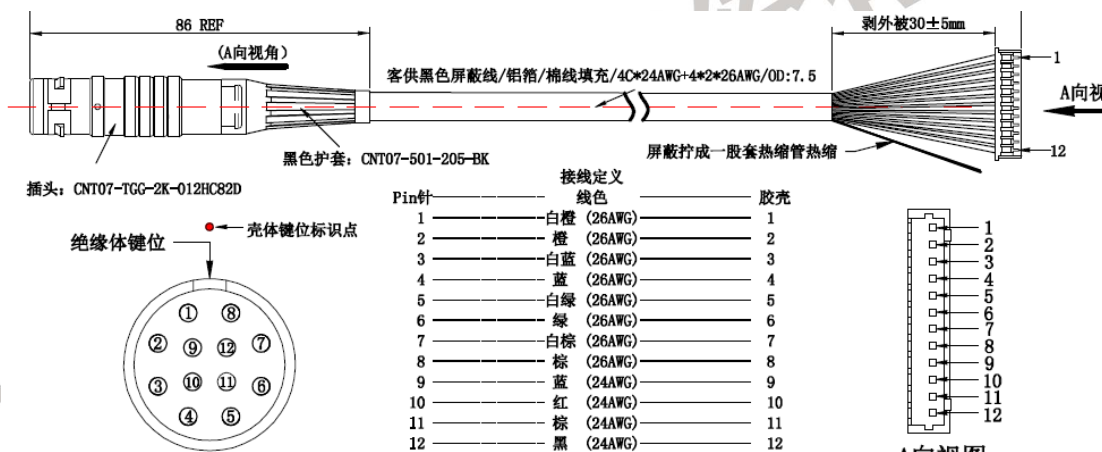


图3.2 雷达对外12芯线缆示意图

8 芯线缆定义如下:

序号	线缆的颜色和规格	定义	说明
1	深橙	VCC	电源正极
2	深蓝	VCC	电源正极
3	浅橙	GPS_TX	GPS 发射
4	红	GPS_PPS	GPS 秒同步信号 (RS232)

5	白	SGND	信号负极
6	黄	EGND	外壳地 (Earth GND)
7	浅蓝	PGND	电源负极 (Power GND)
8	黑	PGND	电源负极 (Power GND)

12 芯线缆定义如下:

序号	线缆的颜色和规格	定义
1	白橙 (26AWG)	NC
2	橙 (26AWG)	MX4_
3	白蓝 (26AWG)	MX2_
4	蓝 (26AWG)	MX3_
5	白绿 (26AWG)	MX4+
6	绿 (26AWG)	MX2+
7	白棕 (26AWG)	MX3+
8	棕 (26AWG)	MX1_
9	蓝 (24AWG)	LED_ACT
10	红 (24AWG)	MX1+
11	棕 (24AWG)	SGND
12	黑 (24AWG)	LED_LINK

用户使用 CH128 系列多线激光雷达可将 8 芯和 12 芯端子线移出接线盒单独使用, 接线盒提供三种接口: 供电电源、以太网 RJ45 接口和 GPS 设备接口, 只需将接线盒外壳打开, 断开 8 芯和 12 芯连接线的焊接位置, 从接线盒中取出 8 芯和 12 芯端子线接头即可。接线盒的作用是为了方便用户直接使用雷达附带的电源适配器、以太网线, 以及 4 针 GPS 接头。

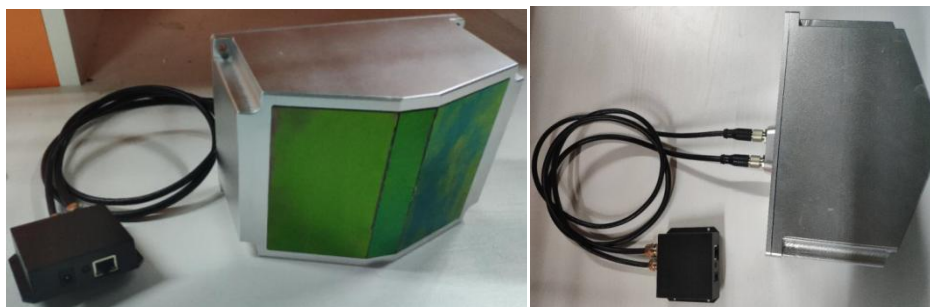


图 3.3 接线盒与雷达连接示意图

CH128 线激光雷达适配盒, 对外接口包括: 孔径 2.1MM 的 DC 插座、指示灯、千兆网 RJ45 网口、GPS 授时接口。

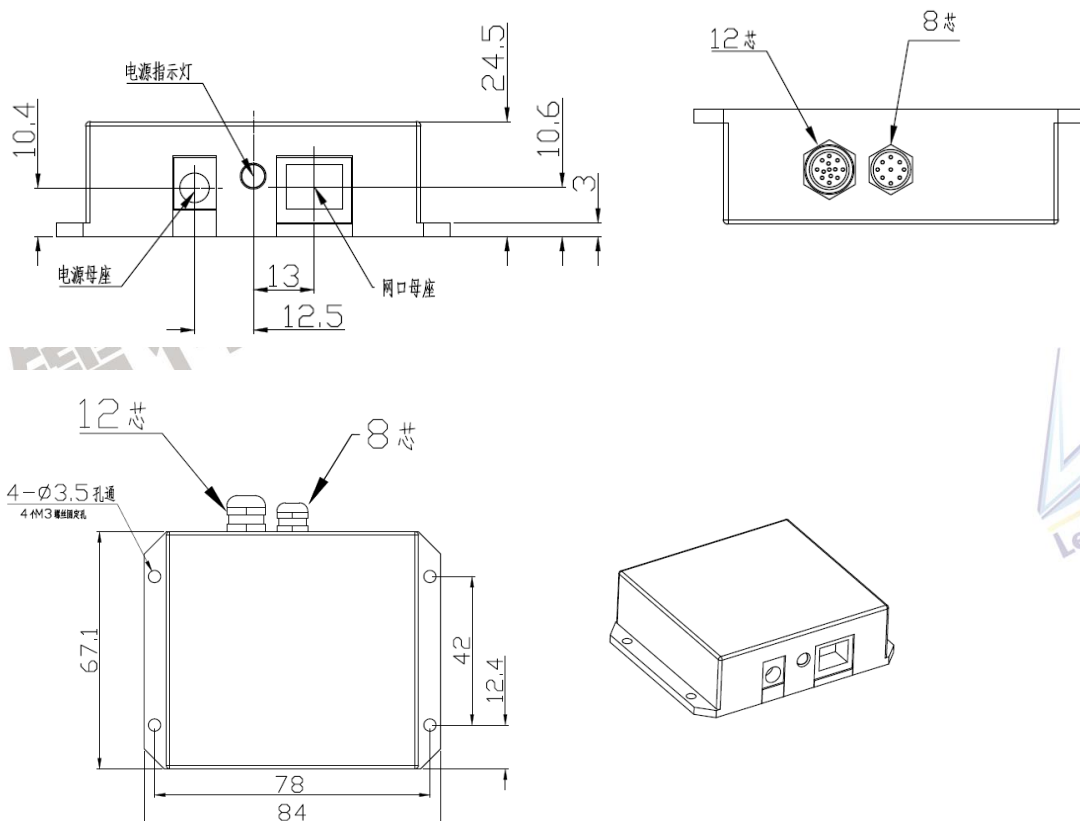


图 3.4 CH128 线激光雷达适配盒示意图

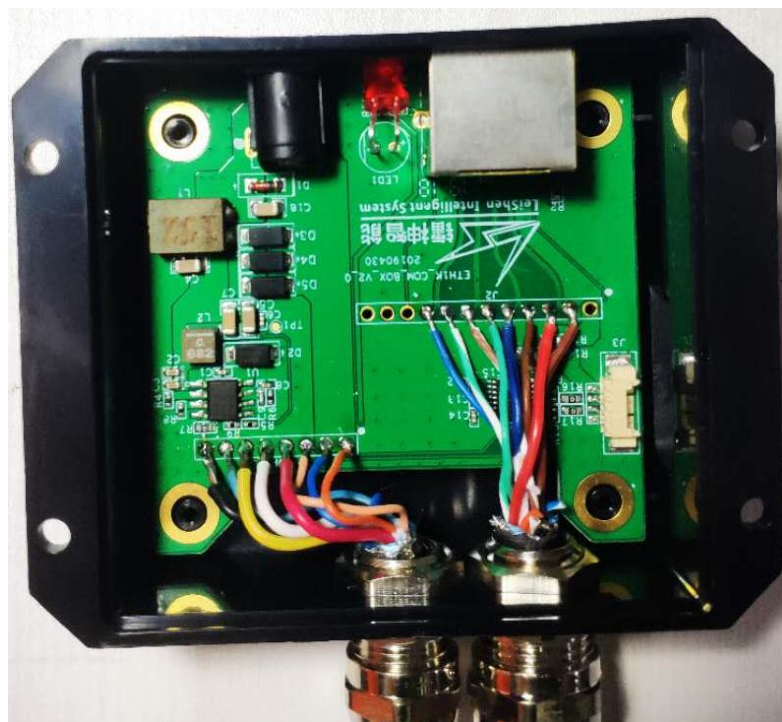


图 3.5 CH128 线激光雷达适配盒实物图

表 3.1 GPS 接口端子定义 (从上至下)

接口序号	说明
1	+5V 输入
2	GPS_TX
3	GPS_PPS(TTL 5V)
4	GND

4 快速指南

4.1 Windows 软件显示点云和配置雷达

随雷达附送的点云显示软件解析数据包和设备包信息, 显示 3D 点云数据, 通过可视化界面, 用户可以重置雷达参数。具体操作流程见附录点云显示软件章

节。

雷达网络参数缺省的 IP 和端口号如下表:

表 4.1 雷达默认网络配置

	IP 地址	UDP 设备包端口号	UDP 数据包端口号
雷达	192.168.1.200	2368（固定不可配）	2369（固定不可配）
电脑	192.168.1.102	2369	2368

注意：1.设置雷达 IP 时，本地 IP 与目的 IP 不能设置为同一 IP，否则雷达将不能正常工作。

2.雷达组播模式时，两个目的端口禁止设置为同一个端口号。

连接雷达时，电脑与雷达的 IP 在不同网段时，需要设置网关；相同网段时，设置不同 IP 即可，例如：192.168.1.x，子网掩码为 255.255.255.0。若需查找雷达的以太网配置信息，连接雷达后电脑可以使用 Wireshark 软件抓取设备 ARP 包进行分析，有关 ARP 包的特征识别，见下图。

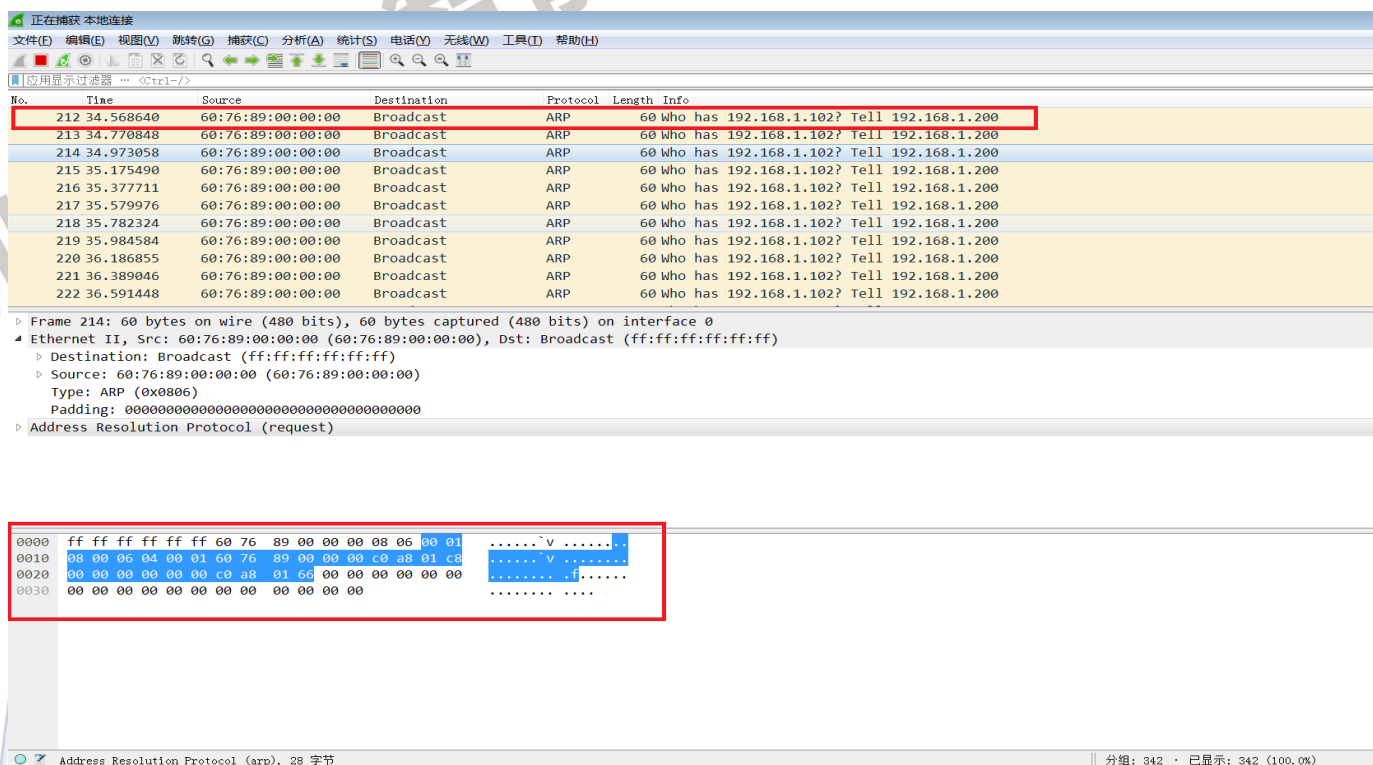


图 4.1 Wireshark 抓取 ARP 包

注意：Wireshark 软件为第三方软件，客户使用过程中造成的版权和商业纠纷等问题，均与镭神智能无关。

4.2 解析点云数据

用户如需自行解析雷达数据，依照如下步骤：

- 1) 解析数据包，获得每一线的相对水平角度、测距信息、强度数据和微秒时间戳信息；
- 2) 读取设备包，获取水平修正角度值、UTC 时间(GPS 或 NTP 授时)和设备当前状态配置等信息；
- 3) 依据雷达光束分布得到每一线的垂直角度；
- 4) 根据点云数据的测距值、垂直角度以及计算后的水平角度，得到 XYZ 坐标值；
- 5) 如果需要，通过 UTC 时间、微秒时间戳、雷达每一线发光时刻和单双回波模式，计算点云数据的精确时间；
- 6) 根据需要重新配置以太网、PPS 同步水平角度、转速等信息，打包配置包协议。

5 通讯协议

雷达数据输出和配置使用百兆以太网 UDP/IP 通讯协议，共有三种 UDP 包协议，包长均为 1248bytes（42bytes 以太网包头和 1206bytes 有效载荷）。

雷达的通信协议有：

- 1) 主数据流输出协议 **MSOP**(Main data Stream Output Protocol)，雷达测量的距离、角度、强度等信息输出；
- 2) 设备信息输出协议 **DIFOP**(Device Information Output Protocol)，雷达和附属设备的当前状态和各种配置信息输出；
- 3) 用户配置写入协议 **UCWP**(User Configuration Write Protocol)，设置雷达的配置参数。

表 5.1 UDP 包协议

UDP 包名称	简称	功能	长度 (Byte)	发送间隔
---------	----	----	--------------	------

MSOP	数据包	输出测量数据、时间戳等	1248	0.28ms
DIFOP	设备包	输出参数配置和状态信息		1s(发1包)
UCWP	配置包	输入配置参数		不固定

5.1 数据包协议

数据包输出点云的角度值、距离值、强度值、时间戳等测量数据。数据包的数据采用小端模式（Little-Endian）。

数据包包括 42 字节以太网包头和 1206 字节的有效载荷，长度 1248 字节。有效载荷由 1197 字节的点云数据和 9 字节的附加信息（前 3 个字节预留,后 4 字节为 Timestamp,最后 2 字节为 Factory）组成。

5.1.1 数据包格式

雷达支持单回波，单回波测量最近回波值。

每个 MSOP 数据包包含 1206 个字节数据。每包数据包含 171 个点，即 $171 \times 7 = 1197$ 个 byte，帧尾长度 9byte（3byte 预留 ,4byte Timestamp，2byte 的 Factory 字节）。参见下图：

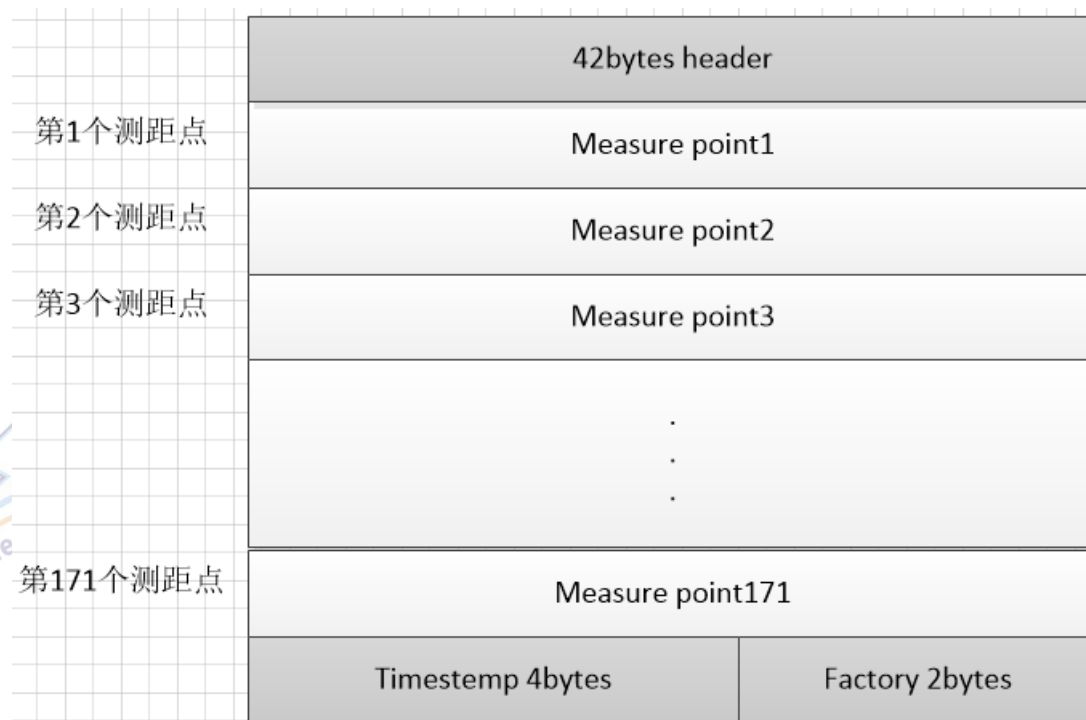


图 1.3 数据包数据结构形式

注: 雷达显示点云图像按帧显示, 当 MSOP 数据包其中第一个点的数据为 FF AA BB 00 CC DD EE XX 表示点云帧起始标志 (雷达此时扫描到最右边), 点云帧起始标志可能在一包数据里面的任意位置, 不一定是包头, 该点不作为点云数据显示, 仅为一帧图像开始的同步判断标志。

5.1.2 以太网包头

以太网包头 Header 共 42 字节, 举例如下表。

以太网包头: 42Bytes				
名称	序号	信息	Offset	长度 (Byte)
Ethernet II MAC	0	Destination	0	6
	1	Source	6	6
Ethernet 数 据包类型	2	Type	12	2
Internet Protocol	3	Version, Header Length, Differentiated Services,Field,TotalLength,Identification,Flags ,FragmentOffset,Time to Live, Protocol, Header, Checksum, Source IP Address, Destination IP Address	14	20
UDP 协议 端口号	4	源端口(0x0941, 代表 2369)	34	2
	5	目的端口(0x0940, 代表 2368)	36	2
UDP 协议的长度和 求和校验	6	长度(0x04BE, 代表 1214 bytes)	38	2
	7	求和检验	40	2

5.1.3 子帧

子帧是数据包的有效数据区域, 共 1197byte, 包含 171 个点, 即 $171 \times 7 = 1197$

个 byte。以第一个测距点为例:

Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Line_num	Horizontal angle[15:8]	Horizontal angle[7:0]	Distance[23:16]	Distance[15:8]	Distance[7:0]	strength

● 第一 byte 表示线号, 取值范围是 0 至 127 共 128 线, 分别对应着整个垂直视场中最下的一根光线至最上的一根光线, 例如线号 0 代表垂直角度为-17, 线号 1 代表垂直角度为-16.75, 相邻线号之间角度相差 0.25 度, 即垂直角度 = -17 + 0.25 * 线号。

● 第二 byte、第三 byte 表示水平方向角度, 高位在前低位在后, 单位为 0.01 度, 如 0x11AD=4525 即 45.25°。

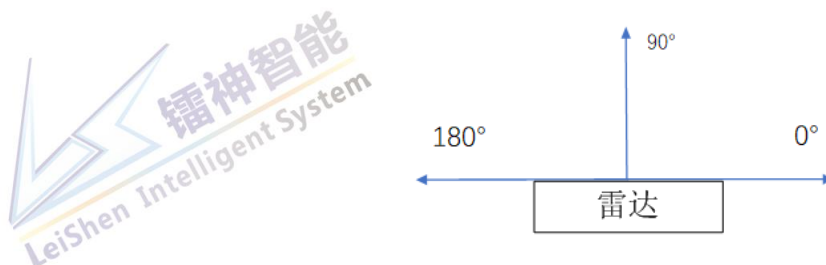
● 第四 byte、第五 byte、第六 byte 表示距离值, 高位在前, 低位在后, 高两个字节为整数部分, 单位厘米, 最后一个字节为小数部分, 单位为 1/256cm。

距离值解析方式, 例如: 获取的数据包里的距离值得十六进制数 0x02, 0x18, 0x32, 将前两个字节组成 16bit 无符号数据。表示为: 0x0218 转换为十进制距离值: 536cm。最后一个字节为小数部分, 0x32 转换为十进制为 50, 即 $50 * 1/256 \text{cm} = 0.1953125 \text{cm}$, 两部分加起来为 536.1953125cm。

● 第七 byte 表示回波强度信息, 取值范围为 0-255。(回波强度信息可以反映实测环境下系统对被测物的能量反射特性, 通过回波强度信息可以完成对不同反射特性的物体区分。)

5.1.4 方位角

水平角度值的分辨率根据电机转速(5Hz、10Hz、20Hz)确定(0.18°、0.36°、0.72°)。水平方向角度定义雷达水平方向右边为 0°, 左边为 180°, 垂直方向为 90°, 如下图所示, 雷达水平方向的取值范围为 15°至 165°。



附加信息

附加信息长度 6 字节, 包括 4 字节微秒时间戳 Timestamp 和 2 字节的 Factory。

表 1.4 附加信息

2020-03-11

深圳市镭神智能系统有限公司
Leishen Intelligent System Co.,LTD.

15 / 45 页

附加信息: 6Bytes			
名称		长度 (Byte)	功能
Timestamp		4	时间戳, 单位微秒 (us)
Factory	回波信息	1	0x1 代表单回波雷达, 0x2 代表双回波雷达
	厂商信息	1	0x20 代表 CH128 雷达

1) 有 GPS 输入 PPS 时, 依据 PPS 时间为周期计时产生时间戳, 时间戳的范围 0-999999 (us); 2) 有外同步输入 PPS 时, 依据外同步 PPS 时间为周期计时产生时间戳, 时间戳的范围 0-999999 (us);

3) 无同步输入 PPS 时, 雷达内部以 1 小时为周期计时产生时间戳, 时间戳的范围 0-3599_999_999 (us)。

5.2 设备包协议

设备包输出版本号、以太网配置、电机转速和运行状态、故障诊断等只读参数和状态信息。设备包的数据采用大端模式 (Big-Endian)。

设备包包括 42 字节以太网包头和 1206 字节的有效载荷, 长度 1248 字节。有效载荷由 8 字节的帧头 Header、1197 字节的数据 Data 和 2 字节的帧尾 Tail 组成。

表 1.5 设备包的数据格式

以太网包头: 42Bytes				
名称	序号	信息	Offset	长度 (Byte)
Ethernet II MAC	0	Destination	0	6
	1	Source	6	6
Ethernet 数据包类型	2	Type	12	2

Internet Protocol	3	Version,HeaderLength,DifferentiatedServices,Field,Total Length,Identification,Flags,Fragment Offset,Time to Live,Protocol,Header,Checksum,Source IP Address,Destination IP Address	14	20
UDP 协议端口号	4	源端口(0x0940, 代表 2368)	34	2
	5	目的端口(0x0941, 代表 2369)	36	2
UDP 协议的长度和求和校验	6	长度(0x04BE, 代表 1214 bytes)	38	2
	7	求和检验	40	2
有效载荷: 1206Bytes				
名称	序号	信息	Offset	长度(Byte)
Header	0	设备包识别头	0	8
Data	1	电机转速	8	2
	2	以太网配置	10	22
	3	GPS 时间	36	6
	4	雷达旋转/静止	46	2
	5	高温暂停标志	48	1
	6	设备流发包间隔	50	2
	7	经纬度	212	22
Tail	8	帧尾	1204	2

Header 是设备包识别头, 固定为 0xA5,0xFF,0x00,0x5A,0x11,0x11,0x55,0x55, 其中前 4 个字节可作为包的检查序列。帧尾 Tail 固定为 0x0F,0xF0。

5.3 配置包协议

配置包协议对雷达的以太网、电机等参数进行配置，配置包的数据采用大端模式（Big-Endian）。

配置包包括 42 字节以太网包头和 1206 字节的有效载荷，长度 1248 字节。有效载荷由 8 字节的 Header、1197 字节的 Data，以及 2 字节的 Tail 组成。

注意：推荐用户通过 Win 点云软件配置雷达，禁止客户自行打包配置雷达参数。

表 1.6 配置包数据格式

以太网包头: 42Bytes				
名称	序号	信息	Offset	长度 (Byte)
Ethernet II MAC	0	Destination	0	6
	1	Source	6	6
Ethernet 数 据包类型	2	Type	12	2
Internet Protocol	3	Version, Header Length, Differentiated Services, Field, Total Length, Identification, Flags, Fragment Offset, Time to Live, Protocol, Header, Checksum, Source IP Address Destination IP Address	14	20
UDP 协议端 口号	4	源端口(0x0941, 代表 2369)	34	2
	5	目的端口(0x0940, 代表 2368)	36	2
UDP 协议的 长度和求和 校验	6	长度(0x04BE, 代表 1214 bytes)	38	2
	7	求和检验	40	2
有效载荷: 1206Bytes				
名称	序号	信息	Offset	长 度

				(byte)
Header	0	配置包识别头	0	8
Data	1	电机转速	8	2
	2	以太网配置	10	22
	3	雷达旋转/静止	46	2
	4	设备流发包间隔	50	2
Tail	5	帧尾	1204	2

Header 是配置包识别头, 固定为 0xAA,0x00,0xFF,0x11,0x22,0x22,0xAA,0xAA, 其中前 4 个字节作为包的检查序列。帧尾 Tail 固定为 0x0F,0xF0。

5.4 配置参数和状态描述

5.4.1 电机转速

电机转速 (2Bytes)		
序号	Byte1	Byte2
功能	转速 5Hz/10Hz/20Hz	

配置电机转速, 电机顺时针旋转, 可以设置三种转速: 当设置为 0x04B0 时, 转速 1200rpm;

设置为 0x04B0 时 0x0258 时, 转速 600rpm; 设置为 0x012C 时, 转速 300rpm。不支持其他设置数据。

5.4.2 以太网配置

表 1.7 以太网配置

以太网配置 (22Bytes)								
序号	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8

功能	IP_SRC				IP_DEST			
序号	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16
功能	只读 MAC_ADDR						数据端口 port1	
序号	Byte17	Byte18	Byte19	Byte20	Byte21	Byte22		
功能	设备端口 Port2		预留					

源 IP 地址 IP_SRC, 长度 4Bytes; 目的 IP 地址 IP_DEST, 长度 4Bytes; 每台雷达有固定的 MAC 地址 MAC_ADDR, 用户不可配置; port1 为 UDP 数据端口号, port2 为 UDP 设备端口号。

5.4.3 时间

雷达接收 GPS 信号, 解析\$GPRMC 信息, UTC 时间同步 GPS; 当无 GPS 授时时, UTC 时间为全 0。雷达支持 GPS 波特率为 9600, 无校验位, 8 个数据位, 1 个停止位。

UTC 时间 (6Bytes 只读)						
序号	Byte1	Byte 2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6
功能	Year	Mont+ h	day	hour	min	sec
	0~255 对应 2000~2255 年	1~12 month	1~3 1 day	0~23 hour	0~5 9 min	0~5 9 sec

5.4.4 雷达扫描和静止

雷达旋转/静止 (2Bytes)		
序号	Byte1	Byte2
功能	0: 旋转; 1: 静止	

0x0000 雷达旋转, 0x0001 雷达静止, 雷达缺省值为旋转扫描。

5.4.5 设备包发包间隔

设备包发包间隔 (2Bytes)		
序号	Byte0	Byte1
功能	0: 每发送 4 个数据包时发送一个设备包; 其它值: 每秒发 1 包;	

配置 0x0000 表示每发送 4 个数据包时发送一个设备包, 其它值时每秒发 1 包, 默认值为 1 (1 秒连续发 1 包)。

5.4.6 高温暂停标志

高温暂停标志 (1Bytes)	
功能	<p>高温暂停标志仅包含在设备包中, 0x01 代表高温, 0x00 代表正常工作:</p> <p>设备正常工作时, 暂停标志保持为 0x00</p> <p>如果设备检测到高温状态, 系统会暂停工作, 系统会将高温暂停标志设置为 0x01, 并在 60 秒后进入暂停状态, 高温暂停</p> <p>标志位在这 60 秒或暂停过程中都保持 0x01</p> <p>高温暂停后, 激光雷达的温度会降低, 当系统检测到设备脱离高温状态后, 会将标志重置为 0x00, 并让系统重新正常工作</p>

5.4.7 经纬度

经纬度字节 (22Bytes 只读)								
序号	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8

功能	保留	纬度 (Latitude)						
序号	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16
功能			经度 (Longitude)					
序号	Byte17	Byte18	Byte19	Byte20	Byte21	Byte22		
功能					纬度南 北 N/S	经度 东西 W/E		

经纬度, ASCII 码形式输出。

5.4.8 配置包打包示例

如用户想重新设置本地 IP 为 192.168.1.105, 目的 IP 为 192.168.1.225, 数据端口为 6688, 设备信息端口 8899, 转速为 1200rpm 时, 根据 UCWP Packet 和每个寄存器的定义, 可以按照如下表格进行重新配置。

表 1.12 配置示例

信息	更改内容	配置内容	长度(byte)
Header		0xAA,0x00,0xFF,0x11, 0x22,0x22,0xAA,0xAA	8
转速	1200rpm	0x040xB0	2
本地 IP (IP_SRC)	192.168.1.105	0xC00xA80x010x69	4
目的 IP (IP_DEST)	192.168.1.225	0xC00xA80x010xE1	4
数据端口 (port1)	6688	0x1A20	2
设备端口 (port2)	8899	0x22C3	2
雷达旋转/ 静止	旋转	0x0000	2
预留	预留	0x00	5CH128

Tail		0x0F,0xF0	2
------	--	-----------	---

使用本协议配置设备时,不可进行字节级或区段级寻址、写入,必须完整写入整个列表;列表写入后,对应功能即刻更新生效

6 时间同步

激光雷达与外部设备的同步有三种方式:GPS 同步、外 PPS 同步。如果没有外同步输入,雷达内部产生计时信息。点云数据的绝对精确时间由数据包 4 字节的时间戳(精确到微秒)与设备包 6 字节的 UTC 时间(精确到秒)相加获得。

6.1GPS 同步

GPS 同步时,雷达在接收到 PPS 秒脉冲后以微秒 us 为单位计时,计时值作为数据包的时间戳输出。雷达从 GPS 的\$GPRMC 信息提取 UTC 信息作为设备包的 UTC 时间输出,精确到秒。

6.1.1GPS 设备使用

GPS 设备授时同步,用以标记和计算每个激光的精确发射测量数据时间。激光雷达精准的点云数据时间可以与 GPS/惯性测量系统的俯仰、滚动、偏航、纬度、经度和高度进行匹配。

雷达默认接收 GPS 数据输出的串行配置波特率为 9600,8N1。PPS 高脉冲宽度要求大于 40ns。

GPRMC 信息其标准格式如下:

\$GPRMC,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,<10>,<11>,<12>*hh,其中,

序号	名称	说明/格式
1	UTC 时间	hhmmss (时分秒)
2	定位状态	A=有效定位,V=无效定位
3	纬度	ddmm.mmmm (度分)
4	纬度半球	N (北半球) 或 S (南半球)
5	经度	dddmm.mmmm (度分)
6	经度半球	E (东经) 或 W (西经)

7	地面速率	000.0~999.9 节
8	地面航向	000.0~359.9 度, 以真北为参考基准
9	UTC 日期	ddmmyy (日月年)
10	磁偏角	000.0~180.0 度
11	磁偏角方向	E (东) 或 W (西)
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

6.2 外同步

外同步时, 雷达接收到外部其它设备输入的 PPS 信号后以微秒 us 为单位计时, 计时值作为数据包的时间戳输出。此时无 UTC 时间基准, 如需 UTC 时间, 必须通过配置包写入, 否则设备包的 UTC 时间输出信息无效。

外同步信号 PPS 电平为 3.3~5V, 雷达接收上升沿触发, PPS 高脉冲宽度要求大于 40ns。

6.3 雷达内部计时

无 GPS 和其它设备同步时, 雷达以 1 小时 (360×10^6 us) 为周期, 以微秒 us 为单位计时, 计时值作为数据包的时间戳输出。此时无 UTC 时间基准, 如需 UTC 时间, 必须通过配置包写入, 否则设备包的 UTC 时间输出信息无效。

7 点云数据的角度和坐标计算

7.1 垂直角度

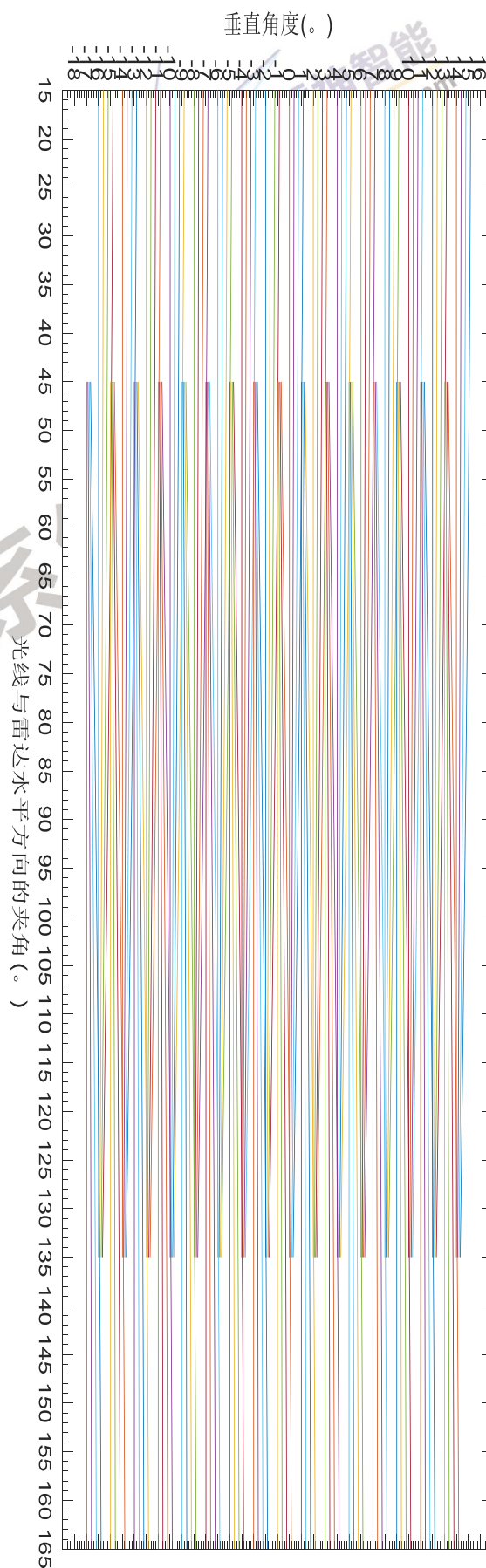
垂直角度通过数据包获取, 数据包的有效数据区域共 1197byte, 包含 171 个点, 即 $171 \times 7 = 1197$ 个 byte。以第一个测距点为例:

Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Line_num	Horizontal angle[15:8]	Horizontal angle[7:0]	Distance[23:16]	Distance[15:8]	Distance[7:0]	strength

第一 byte 表示线号, 取值范围是 0 至 127 共 128 线, 分别对应着整个垂直视场中最下的一根光线至最上的一根光线, 例如线号 0 代表垂直角度为-17, 线号 1 代表垂直角度为-16.75, 相邻线号之间角度相差 0.25 度, 即垂直角度

$= -17 + 0.25 \times \text{线号}$;

由于 CH128 特殊的光学设计, 其垂直方向的角度非均匀分布, 其具体值可通过计算得出。如下图所示为实际出射光线的垂直角度分布。128 线雷达是由左右两对发射接收光路组成, 采用特殊的光学结构, 在 150° 的水平视场内, 中间 90° 的水平视场内实现 128 线, 在左右各 30° 的水平视场内各为 64 线, 如下图所示。右边垂直角度从 -16° 到 14.8° , 左边垂直角度从 -17° 到 13.8° 。左右各 30° 的水平视场内, 最小垂直分辨率为 0.38° , 最大垂直分辨率为 0.84° , 中间 90° 垂直视场内, 垂直分辨率为 0° 到 0.68° 非线性分布, 雷达正前方 (90°) 的垂直分辨率最小为 0.23° , 最大为 0.26° 。



7.2 水平角度

数据包测距点的第二 byte、第三 byte 表示水平方向角度, 高位在前低位在后, 单位为 0.01 度, 如 0x11AD=4525 即 45.25°。

7.3 距离值

第四 byte、第五 byte、第六 byte 表示距离值, 高位在前, 低位在后, 高两个字节为整数部分, 单位厘米, 最后一个字节为小数部分, 单位为 1/256cm。

距离值解析方式, 例如: 获取的数据包里的距离值得十六进制数 0x02, 0x18, 0x32, 将前两个字节组成 16bit 无符号数据。表示为: 0x0218 转换为十进制距离值: 536cm。最后一个字节为小数部分, 0x32 转换为十进制为 50, 即 $50 \times 1/256\text{cm} = 0.1953125\text{cm}$, 两部分加起来为 536.1953125cm。

7.4 笛卡尔坐标表示

获取雷达的垂直角度、水平角度和距离参数。

8 点云数据的精确时间计算

要精确计算点云数据的时间, 需要获取雷达输出的数据包时间戳和设备包 UTC 时间, 时间戳和 UTC 时间来自同一同步源, 如 GPS。

32 线激光雷达每个通道的激光发射间隔时间 1.65us, 相邻的点的测量时间间隔为 1.65us。

一个数据包共有 171 个测距数据, 数据包打包时长约需 $1.65\text{us} \times 171 \approx 0.28\text{ms}$, 数据速率为 $1\text{s} / 0.28\text{ms} = 3571$ 个数据包/秒。

8.1 数据包结束时间计算

数据包中的时间戳是微秒级的相对时间, 定义为数据包中最后一通道激光测量数据的打包时刻 (数据包结束时间), 小于 1 秒, 因此计算数据包结束的绝对

时间, 需要先获取数据包中 4 字节的微秒时间戳, 再从设备包中获取 UTC 时间(大于 1 秒), 两者相加即为数据包结束的准确时间。

8.2 通道数据的精确时间计算

取得数据包结束的准确时间, 按照 171 个数据的发光时间间隔, 就可以计算每个数据的精确测量时刻。

8.2.1 数据点结束时间

CH128 线雷达每个数据包块包含 171 个测量数据, 因此, 每个数据包 (单回波模式) 结束时间间隔为 280us。假设数据包结束的绝对时间为 $T_{\text{Packet_end}}$, 计算数据块结束时间 $T_{\text{Block_end}}(N)$ 步骤如下:

数据包中包含 171 个数据点。在单回波模式下, 计算每个数据块的结束时间如下:

$$T_{\text{Block_end}}(N) = (T_{\text{Packet_end}} - 1.65\mu\text{s} * (171 - N))。 (N = 1, 2, \dots, 171)$$

其中 $T_{\text{Block_end}}(N)$ 表示第 N 个数据点的结束时间。

9 附录 A. 点云显示软件

本章节介绍镭神智能 32 线激光雷达在 Windows 操作系统下的点云显示和软件使用。

9.1 适用范围

镭神智能 CH128 激光雷达点云显示软件用于 CH128 激光雷达的点云显示、参数配置、简单的雷达测试和故障检测。

9.2 软件安装

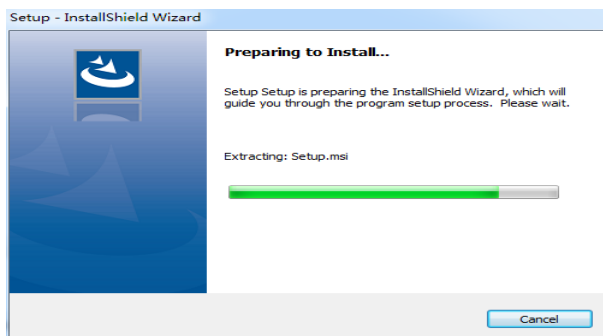
1、安装环境

本软件目前只能运行在 Windows x64 系统操作平台下。对安装软件的计算机

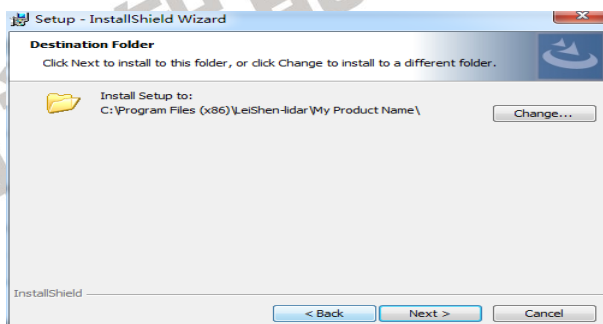


配置要求为: CPU: Intel(R) Core(TM) i5 以上, 显卡: NVIDIA GeForce GTX750 以上效果最好, 否则可能影响软件的显示效果。且需要在安装完成镭神多线软件后, 补充安装随软件安装文件携带的 WinPcap 第三方库。

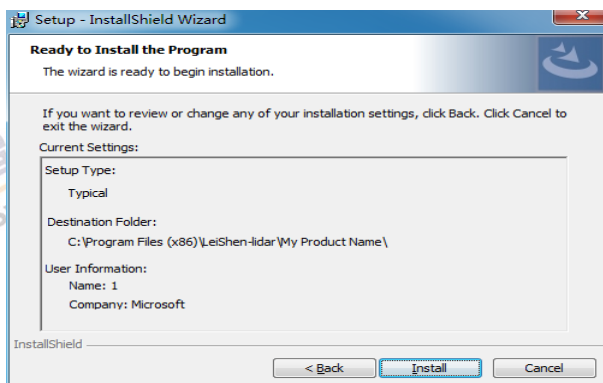
2、将雷达附赠软件安装光盘插入光驱, 打开光盘内容, 双击安装文件, 弹出安装界面窗体。

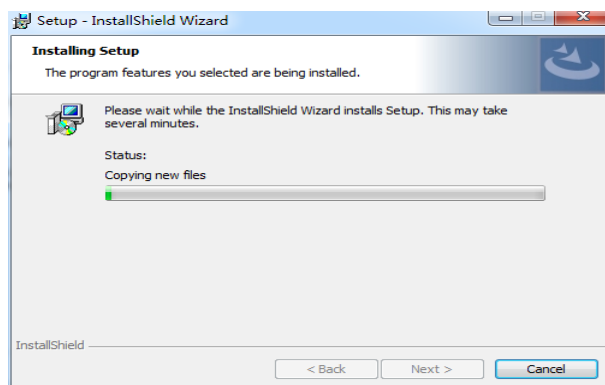


3、点击 next 进入安装路径选择界面。



4、完成自定义安装路径后 (请不要使用中文路径), 点击 next 进入安装界面, 点击 install 按钮, 等待完成安装。

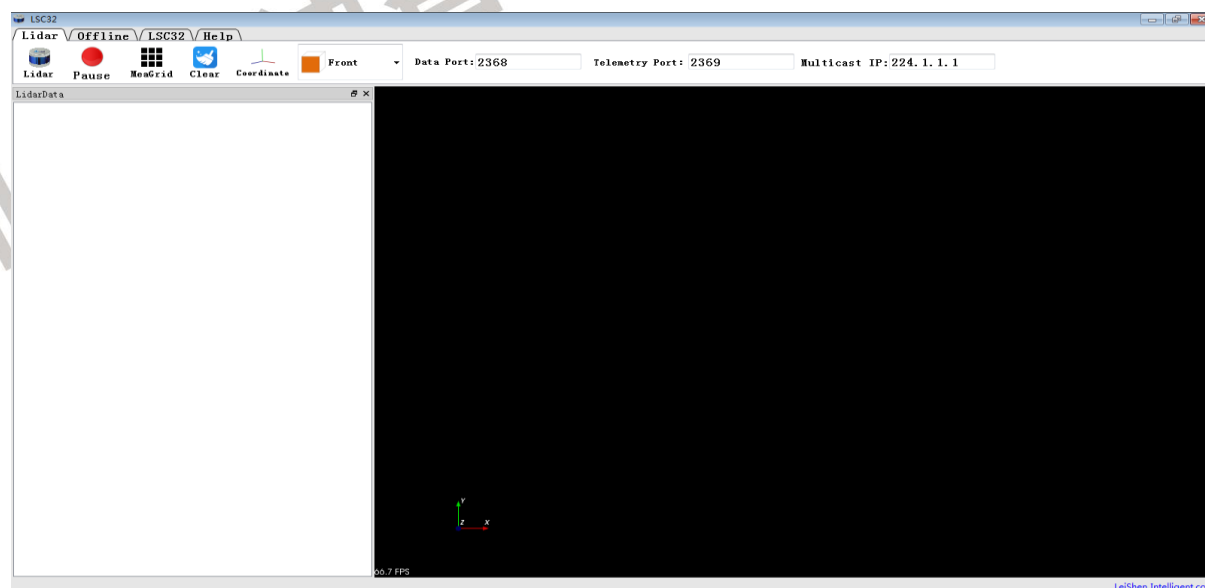




9.3 相关的功能介绍和使用

- 镭神智能多线激光雷达显示系统的运行

双击桌面上的快捷图标:  初始界面如下图所示:



1) 工具栏按钮功能介绍

实时雷达数据接收按钮介绍

设置端口号 (默认 2368)

Data Port:

数据包端口

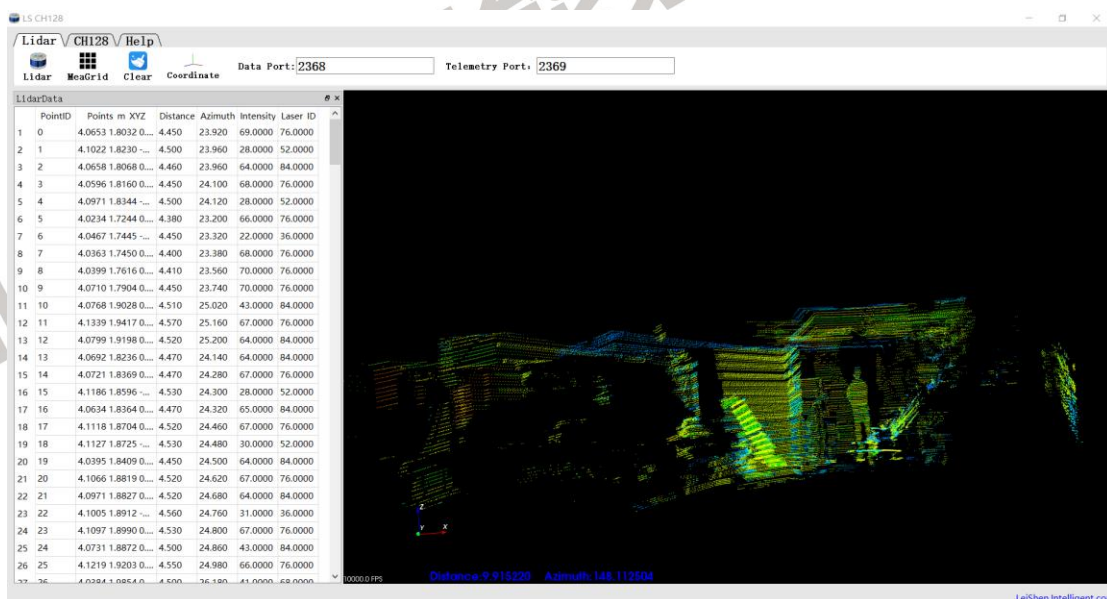
Telemetry Port: 2369

设备包端口

当雷达的电源和网线连接后, 点击  按钮, 实现实时接收雷达数据。在弹出的雷达使用向导界面中点击确定按钮, 则软件自动探测数据是否接收到, 进行实时数据处理与显示, 点击取消按钮, 则不会接收雷达数据显示。

• 软件界面相关介绍:

软件界面包含菜单区、工具栏区、3D 视窗区域、数据表区域、公司网站链接等。各部分的标示如下图所示:



• 数据表的显示

数据表包含(PointID、Points_m_XYZ、adjustedtime、Azimuth、Distance、Intensity、Laser_id、timestamp)。其中的 PointID 为点号, Points_m_XYZ 为空间 x、y、z 的坐标。Azimuth 为方位角、Distance 为距离、Intensity 为反射强度、Laser_id 为雷达通道、adjustedtime 为调节时间、timestamp 为时间戳。

• 点云显示介绍

20 个圆和 40*40 的网格, 每两个相邻的圆半径相差 10m, 每两个网格(横向

2020-03-11

深圳市镭神智能系统有限公司
Leishen Intelligent System Co.,LTD.

31 / 45 页

或者纵向)间相差 10m, 最外层圆圈半径为 200m。网格和辅助圆便于用户查看点云的位置。

3D显示界面坐标轴的方向与点云参考系x-y-z轴上的X-Y轴方向一致。

点云显示界面支持操作:

1.鼠标滚轮进行放大/缩小显示界面; 按住鼠标右键向上 /向下拖动, 也可进行放大/缩小操作。

2.按住鼠标左键拖动, 可以调整显示界面的视角;

3.按住鼠标滚轮拖动, 可进行平移显示界面; 或者按住键盘上的 shift 键与鼠标左键也可以进行界面的平移。

2) 菜单栏按钮功能介绍

• Lidar 菜单



点击雷达一次回波或二次回波 Lidar 选择开始按钮开始接收显示数据



点击清理按钮, 清除屏幕显示内容。



点击坐标轴按钮, 控制是否显示原点位置坐标轴。



点击三视图下拉选项, 选择视图按钮, 设置观察角度。

从顶部, 正面, 左面看点云图像。



点击 Pause 按钮, 暂停界面点云图像和数据。



选择 按钮, 控制是/否显示测量网格。

• LS32 菜单



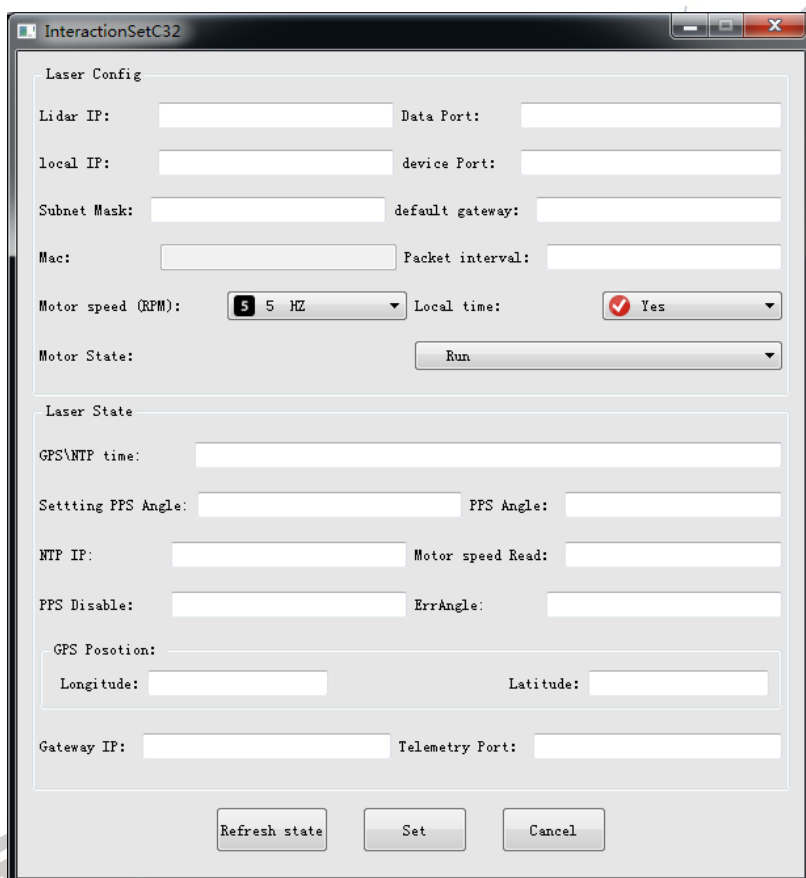
点击 LS32 图标弹出雷达参数设置窗体, 如下图所示, 可以实现对雷达

2020-03-11

深圳市镭神智能系统有限公司
Leishen Intelligent System Co.,LTD.

32 / 45 页

进行相关的设置。



窗体上部为雷达参数设置部分，可以设置的参数包括雷达本地 IP，雷达目的 IP，子网掩码，网关，雷达本地端口，雷达目的端口，**雷达转速设置**(在 combobox 下可选择 **5hz/10hz/20hz** 三种转速模式)，是否获取本地时间，Mac 地址信息，设备包发间隔。


下面部分为雷达实时状态信息栏，根据雷达定时发出的 DIFOP 状态包，显示雷达当前的状态信息，包括 GPS 位置信息，卫星时间信息，电机转速、雷达当前 IP、雷达当前端口号。

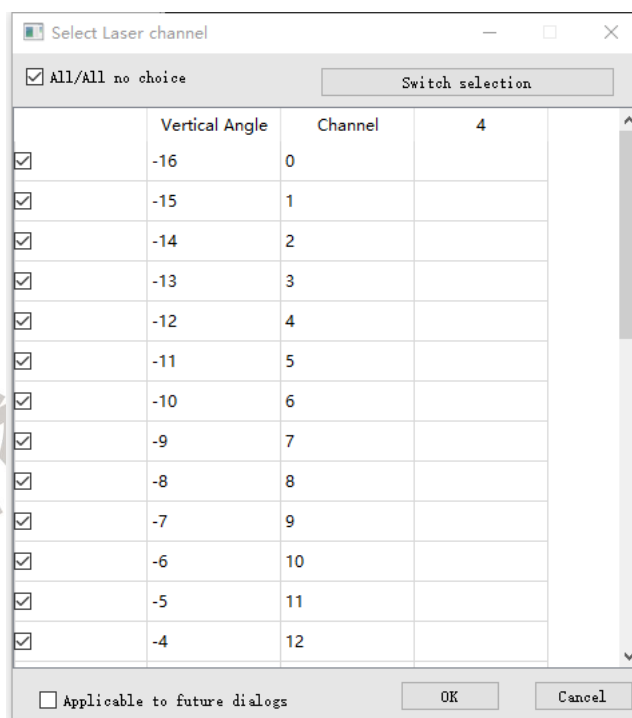
点击状态信息刷新，可获取雷达的之前的配置信息（设备信息流内容），填写设置信息之后，**点击设置按钮**，按照此步骤使用软件配置最佳。UCWP 数据包发送给雷达，雷达接收到 UCWP 包后，需断电之后，使设置生效。如果

Mac: 为空或者点击刷新后提示设备包端口错误，请检查网络是否连接好或端口号是否正确，确保雷达与 PC 端连接正常，并把正

Telemetry Port: 后点  Lidar 选择开

始解析数据显示图像。

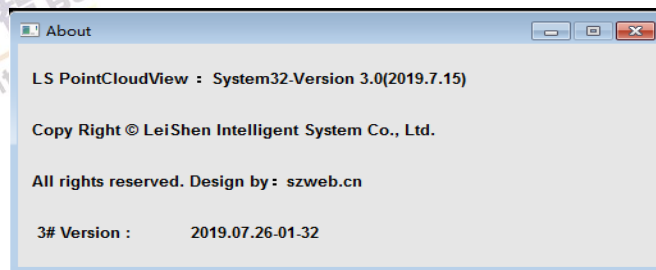
选择  按钮，控制雷达相关通道号是/否显示。点击左侧的复选框可以相应的关闭(打开)某一通道数据，点击左上角的选择全部/全部不选可以一次性的打开（关闭）所有通道数据。点击左下角的适用于以后对话框，可以记录当前雷达线束选择状态，便于下次应用。窗体表格中的 Vertical Angle 表示对应通道数据在垂直方向的角度、channel 表示通道对应的数据排列序号，Laser ID 表示雷达的通道号。




• Help 菜单



点击 **About** 查看上位机软件和配套软件信息



 点击 **UserGuide** 获取用户使用手册

 点击 **Develop** 获取开发文档

9.4 注意事项

1、雷达设置使用问题：

(1)在同一台电脑中不能同时使用镭神 CH128 激光雷达显示软件两次进程(同时打开两次)接收数据，由于 PC 机的端口占用一般具有排他性，一个进程绑定指定端口号后，其他相同进程或者使用同一端口号的软件均不能正常工作，例如 Veloview 软件使用相同端口号，则不能在同一 PC 上使用这两种软件同步接收雷达数据，会导致其中一方软件崩溃。同时由于软件开发底层使用了 Qt，对中文路径不能识别，所以在文件命名及路径文件夹命名时请不要使用中文路径。

镭神 CH128 激光雷达显示软件检测到端口被占用后，会提示通信网口配置失败，并且自动关闭软件，用户需关闭占用端口的软件进程，并且重新打开镭神 CH128 激光雷达显示软件，方能正常使用。

(2) 由于镭神 CH128 激光雷达能够通过用户配置修改端口号，雷达通过预设好的目的 IP 和端口向上位机发送数据，所以本地的笔记本或者台式机及其他设备在接收数据时，需将 IP 设置为雷达的目的 IP，本地的上位机程序绑定的端口需为设置好的目的端口号，如下图所示，通过 Wireshark 抓取分析的数据包参数：

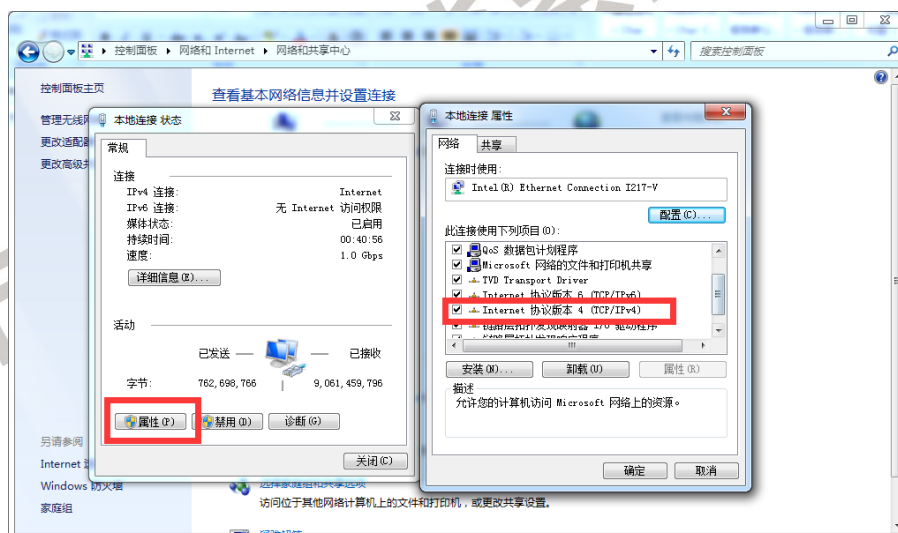
Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1 0.000000	192.168.3.208	192.168.3.144	UDP	1248	2368 → 2368 Len=1206
2 0.000704	192.168.3.208	192.168.3.144	UDP	1248	2368 → 2368 Len=1206
3 0.001318	192.168.3.208	192.168.3.144	UDP	1248	2368 → 2368 Len=1206

红框中标示出的分别为雷达的目的 IP 和端口。

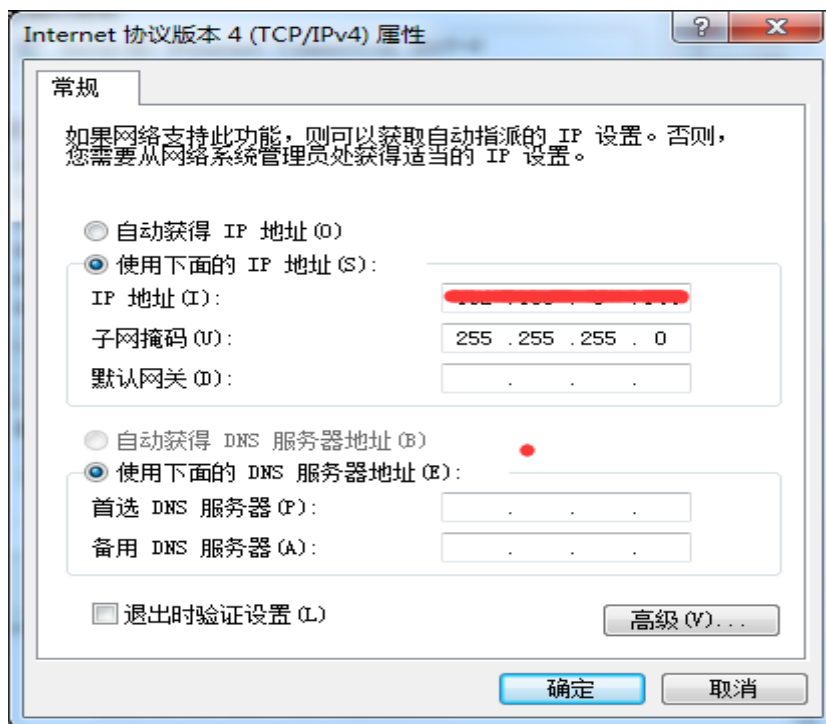
在控制面板->网络和 Internet->网络共享中心，点击本地连接按钮。



在弹出的状态框中点击属性，在弹出的属性框中点击 TCP/IP4 协议版本，如下图所示。

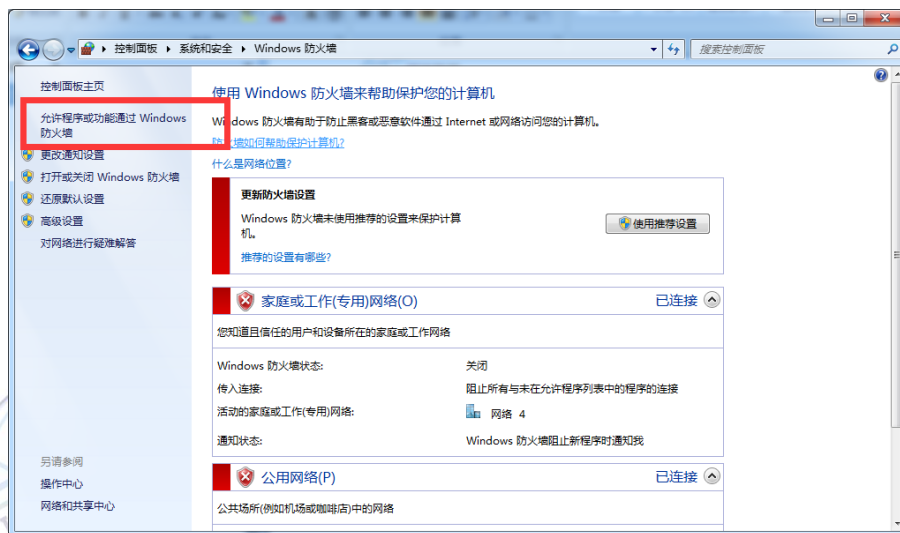


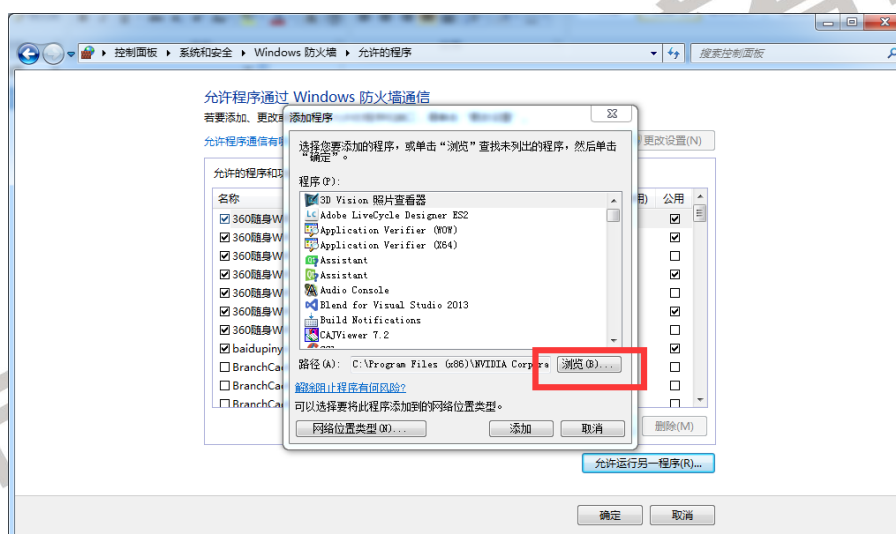
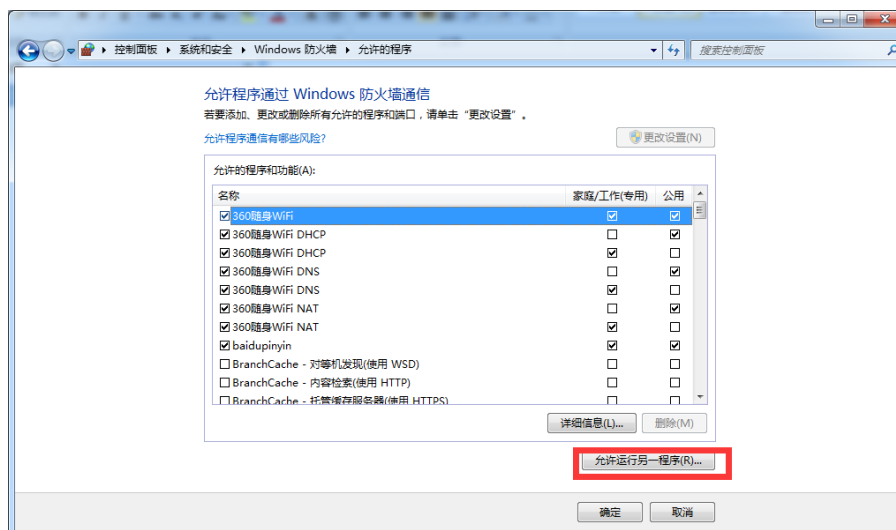
在 TCP/IP4 属性设置中将 ip 地址设置为雷达的目的 IP (在雷达通讯协议中有雷达默认出厂 IP 和端口)，子网掩码设置为 255.255.255.0。



(3) 由于镭神多线雷达显示系统程序需通过网络在短时间内获取大量的数据包，所以可能会被网络防火墙认为是恶意程序而禁止。可能会出现用 wireshark 软件抓包可以看到数据包已经发送到电脑，但是上位机不能显示的情况。

在控制面板->系统和安全->Windows 防火墙设置中，点击允许程序成功能通过 Windows 防火墙，如下图所示。





通过浏览,找到软件安装路径选中之后点击确定,将程序的网路将设置应用。
如下图所示:

若要添加、更改或删除所有允许的程序和端口, 请单击“更改设置”。

允许程序通信有哪些风险?



根据用户的网络性质将红框中标出的部分勾选, 点击确定后, 即可看到数据。

2、在具有双显卡的台式机或者笔记本上安装镭神智能多线激光雷达显示软件时, 由于电脑操作系统默认的全局设置为使用全局设置(自动选择: 集成式显卡), 影响软件的显示效率。为保证软件的使用与显示效率, 需手动设置电脑显卡设置。

双显卡的情况可在电脑配置中查看, 如下图所示, 在我的电脑->右键->属性->设备管理器中可以看到电脑的显示适配器情况:



所以需要手动调整设置, 将软件的适用显卡手动切换选定为高性能独立显卡。
设置步骤如下所示:

2020-03-11

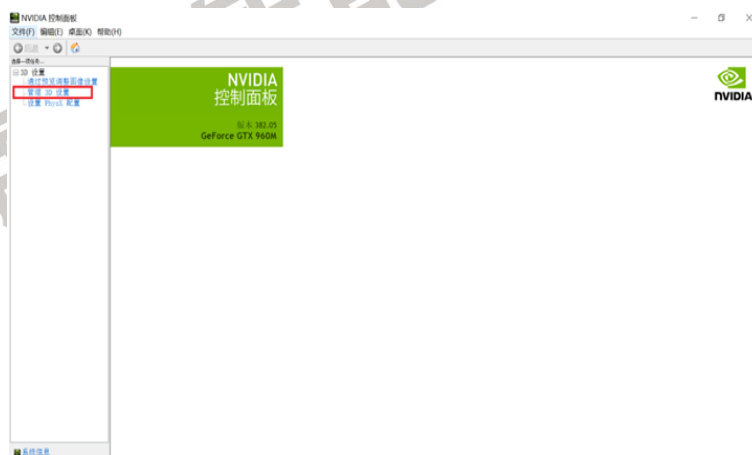
深圳市镭神智能系统有限公司
Leishen Intelligent System Co.,LTD.

39 / 45 页

1、以安装了 Intel(R)HD Graphics 530 集成显卡和 NVIDIA GeForce GTX 960 独立显卡的笔记本电脑为例，在桌面空白处点击鼠标右键弹出右键菜单，选择 NVIDIA 控制面板。



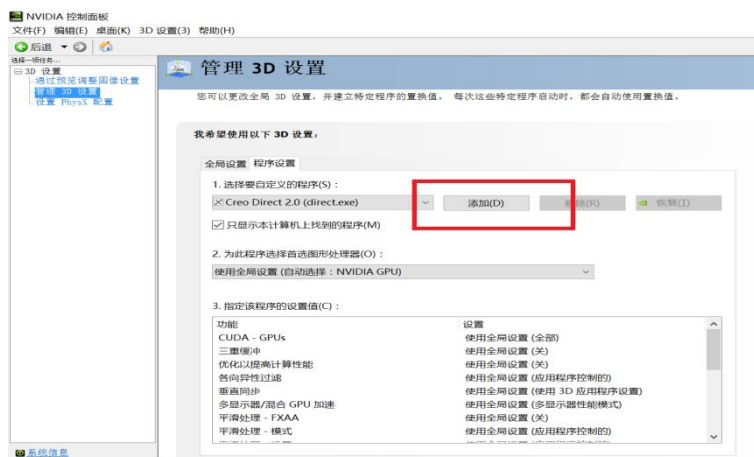
2、在弹出的 NVIDIA 控制面板程序界面中选择管理 3D 设置按钮，如下图所示。



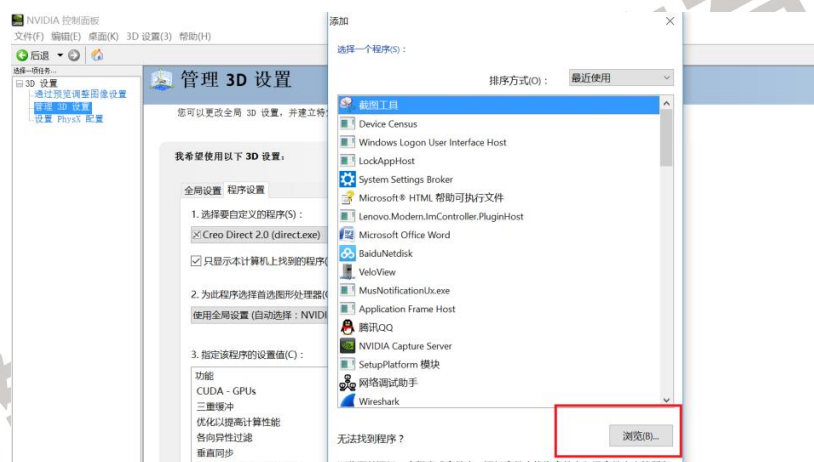
3、在管理 3D 设置界面选择程序设置按钮，如下图所示。



4、在管理 3D 设置界面点击添加按钮，如下图所示。



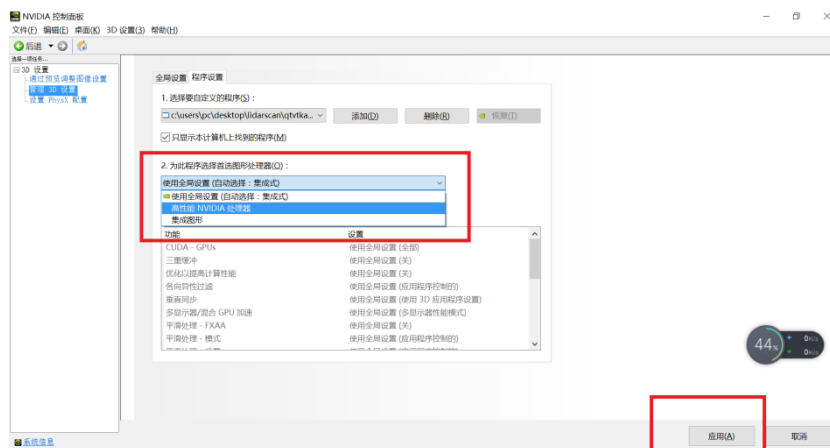
5、在弹出的添加界面中点击浏览按钮，如下图所示。



6、在弹出的浏览界面中根据软件的安装路径找到软件的应用程序文件(.exe文件)：

名称	修改日期	类型	大小
bin	2017/8/26 17:37	文件夹	
doc	2017/9/13 11:01	文件夹	
iconengines	2017/9/9 15:45	文件夹	
image	2017/9/13 11:48	文件夹	
imageformats	2017/9/9 15:45	文件夹	
include	2017/9/9 15:45	文件夹	
lib	2017/9/9 15:45	文件夹	
platforms	2017/9/13 10:58	文件夹	
system32	2017/9/9 17:05	文件夹	
SysWOW64	2017/9/9 17:05	文件夹	
icudt53.dll	2014/9/3 16:42	应用程序扩展	21,025 KB
icuin53.dll	2014/9/3 16:42	应用程序扩展	2,412 KB
icuc53.dll	2014/9/3 16:42	应用程序扩展	1,675 KB
LSLidar.exe	2017/9/29 10:37	应用程序	817 KB

7、点击确定自动返回 NVIDIA 控制面板，在选项—2.为此程序选择首选图形处理器下拉框中选择高性能 NVIDIA 处理器，并点击右下角应用，带电脑应用设置完毕之后，关闭 NVIDIA 控制面板，完成设置，如下图所示。



10 附录 B. ROS 系统软件

10.1.硬件连接及测试

1. 连接雷达网络接口和电源线
2. 根据雷达设置的目标 IP 设置电脑有线连接 IP, (可用 ifconfig 命令查看有线 ip 是否设置成功,如图目标 ip 为 192.168.1.102)

```
leishen@robot:~$ ifconfig
eth0      Link encap:以太网  硬件地址 c4:54:44:89:ee:52
          inet 地址:192.168.1.102  广播:192.168.1.255  掩码:255.255.255.0
          inet6 地址: fe80::c654:44ff:fe89:ee52/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  跃点数:1
          接收数据包:68364  错误:0  丢弃:0  过载:0  帧数:0
          发送数据包:121  错误:0  丢弃:0  过载:0  载波:0
          碰撞:0  发送队列长度:1000
          接收字节:85304016 (85.3 MB)  发送字节:37473 (37.4 KB)
```

备注: 雷达出厂默认目的 ip: 192.168.1.102, 要根据雷达实际配置修改的目的 IP 对电脑进行配置。

- 1) 雷达上电启动后, 观察电脑有线连接图标是否连接正常
- 2) 打开终端:ping 雷达 IP, 测试硬件是否连接正常, 若 ping 通则正常, 否则检查硬件连接
- 3) 可进一步用:sudotcpdump -n-i eth0, (此处 eth0 为有线网络设备名, 详见 ifconfig 有线连接显示设备名)查看雷达发送数据包情况(如图显示雷达发送到目的端数据包 1206 个字节, 则表示雷达数据发送正常)


```
leishen@robot:~$ sudo tcpdump -n -i eth0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on eth0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
19:49:08.973111 IP 192.168.1.200.2368 > 192.168.1.102.2368: UDP, length 1206
19:49:08.973717 IP 192.168.1.200.2368 > 192.168.1.102.2368: UDP, length 1206
19:49:08.974308 IP 192.168.1.200.2368 > 192.168.1.102.2368: UDP, length 1206
19:49:08.974913 IP 192.168.1.200.2368 > 192.168.1.102.2368: UDP, length 1206
19:49:08.975517 IP 192.168.1.200.2368 > 192.168.1.102.2368: UDP, length 1206
19:49:08.976107 IP 192.168.1.200.2368 > 192.168.1.102.2368: UDP, length 1206
19:49:08.976714 IP 192.168.1.200.2368 > 192.168.1.102.2368: UDP, length 1206
```

备注：第一次设置 IP 后，请重启雷达电源。

10.2. 软件操作实例

1. 建立工作空间，构建编译环境

```
mkdir -p ~/leishen_ws/src
```

```
cd ~/leishen_ws
```

备注：

工作空间可以任意命名，例如 leishen_ws 可以改成任意命名。

2. 下载雷达驱动和依赖包

备注：

驱动和依赖包也可以直接从我司网站或客服处获取，将获取到的 `lslidar_c32_V2.01.tar` 拷贝到新建立的工作空间 `turtlerot_ws/src` 下，使用 `tar -xvf lslidar_c32_V2.01.tar` 命令解压缩即可

3. 编译打包

```
cd ~/leishen_ws
```

```
catkin_make
```

4. 运行程序

```
source ~/leishen_ws/devel/setup.bash
```

```
roslaunch lslidar_c32_decoder lslidar_c32.launch --screen
```

备注：若修改了雷达目的端口及 IP，请打开 `lslidar_c32.launch` 进行相应的修改配置，默认数据包端口为 2368，设备包端口为 2369，IP 地址为 192.168.1.200。


```
setting /run_id to 480e4bb8-294a-11ea-bcd0-107b447f7db2
process[rosout-1]: started with pid [15684]
started core service [/rosout]
process[lslidar_c32_driver_node-2]: started with pid [15687]
process[lslidar_c32_decoder_node-3]: started with pid [15688]
[ INFO] [1577520960.834013850]: start angle and end angle select feature activated.
[ INFO] [1577520960.839708503]: distance threshlod, max: 200, min: 0.2
[ INFO] [1577520960.913739610]: publishing 84 packets per scan
[ INFO] [1577520960.923351316]: Only accepting packets from IP address: 192.168.1.200
[ INFO] [1577520960.923407877]: Opening UDP socket: port 2368
[ INFO] [1577520960.924932953]: Only accepting packets from IP address: 192.168.1.200
[ INFO] [1577520960.924972990]: Opening UDP socket: port 2369
```

备注: 若出现 timeout 则表示驱动无数据接受, 请检测硬件连接。

再重新打开一个终端, 执行以下命令:

roslaunch rvizrviz

备注:

如果 1, 2, 3 步已完成, 下次再重新打开 Displays 窗口时, 只需要从第 4 步开始执行即可

5、显示雷达检测到的数据

在弹出的 Displays 窗口中, 将“Fixed Frame”的值修改成 laser_link 即可, 同时点击 add 按钮, 在 By topic 下点击 PointCloud2 添加多线点云节点。

镭神, 让机器更智能, 让驾驶更安全, 让世界更美好!

深圳市镭神智能系统有限公司

LeiShen Intelligent System Co., LTD.

总部地址: 深圳市宝安区沙井街道蚝乡路运华时代大厦 4 楼

电话 (TEL): +86-0755-23242821

传真 (FAX): +86-0755-23244316

镭神工厂地址: 深圳市光明新区公明街道办田寮社区同观路泰嘉乐工业园办公楼 601

电话 (TEL): +86-0755-27190511

传真 (FAX): +86-0755-23244803

浙江工厂地址: 浙江省嘉善县罗星街道归谷五路 18 号 1 栋 3 层

联系电话: +86-0573-88482301

天津办事处: 天津市南开区红旗南路 582 号豪景国际 C 栋 1601

联系电话: 李先生 (18018784592)

成都办事处: 成都市天府新区华阳华府大道一段一号蓝润 ISC 2 栋 1202 号 (覆盖范围: 西南地区, 西北地区和湖北省)

联系电话: 林先生 (18026965489)

销售邮箱: sales@lslidar.com

售后邮箱: support@lslidar.com

官网: www.leishen-lidar.com

*未经镭神智能事先书面许可, 本手册内容不得以任何方式进行翻版、传播、或储存在可检索系统内。

*本公司已竭尽全力来确保手册迄印刷之止内载信息的准确性和完善性。若您发现任何错误或遗漏, 请您与我们联系, 对此, 我们深表感谢。

*镭神智能保留可随时更改手册内产品信息的权利而无需事先通知。©2019 深圳市镭神智能系统有限公司版权所有, 并保留所有权利。