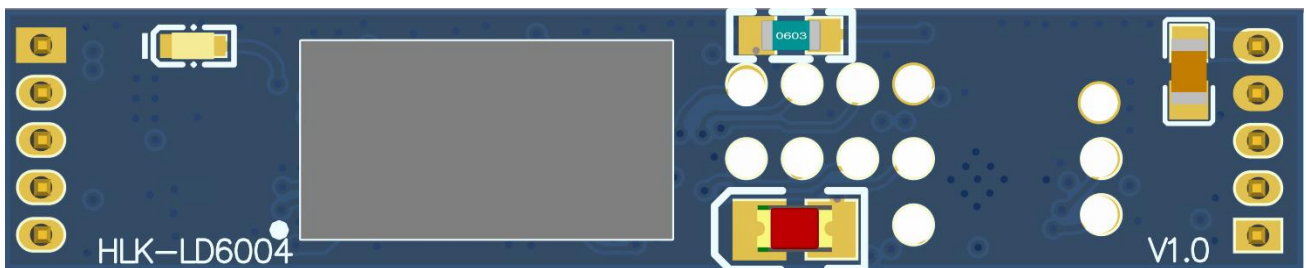


深圳市海凌科电子有限公司

HLK-LD6004

3D 存在雷达模组通信协议



深圳市海凌科电子有限公司

2025 年 9 月

目录

1. 目的	1
2. 范围	1
3. 数据通信链路约定	1
3.1. 通信链路介绍.....	1
3.2. 通信信息示例.....	1
消息类型: 查询固件状态 (TYPE:0xFFFF)	1
消息类型: 返回固件状态 (TYPE:0xFFFF)	2
消息类型: 上传目标信息 (TYPE:0x0A08)	2
4. 协议约定说明	3
4.1. 协议结构框图.....	3
4.2. 协议结构简介.....	3
4.3. TF 帧解析流程.....	4
4.4. TF 示例帧解析详解.....	5
5. 通用消息类型	9
5.1. 消息类型: 查询固件状态 (TYPE:0xFFFF)	9
5.2. 消息类型: 返回固件状态 (TYPE:0xFFFF)	9
5.3. 消息类型: 进入 OTA 升级 (TYPE:0x3000)	10
5.4. 消息类型: OTA 升级 (TYPE:0x3000)	10
6. 存在感知 2D/3D 项目	10
6.1. 消息类型: 设置控制指令 0x0201	11
6.2. 消息类型: 设置干扰区域、检测区域和停留区域的坐标位置 0x0202	12
6.3. 消息类型: 设置保持延时时间 0x0203	13
6.4. 消息类型: 设置 Z 轴范围 0x0204	14
6.5. 消息类型: 设置无人时低功耗模式睡眠时间 0x0205	14
6.6. 消息类型: 设置停留区目标生命周期 0x0206	15
6.7. 消息类型: 设置串口输出间隔 0x0207	15
6.8. 消息类型: 上报人员位置 0x0A04 / 0x0A08	16
6.9. 消息类型: 上报区域中是否有人 0x0A0A	17
6.10. 消息类型: 上报干扰区域、检测区域和停留区域的位置 0x0A0B / 0x0A0C/0x0A16	18
6.11. 消息类型: 上报保持延时时间 0x0A0D	19

6.12. 消息类型: 上报检测灵敏度状态 0x0A0E	19
6.13. 消息类型: 上报触发速度状态 0x0A0F	20
6.14. 消息类型: 上报 Z 轴范围 0x0A10	20
6.15. 消息类型: 上报安装方式 0x0A11	21
6.16. 消息类型: 上报工作模式 0x0A12	21
6.17. 消息类型: 上报无人时低功耗模式睡眠时间 0x0A13	22
6.18. 消息类型: 上报无人低功耗模式工作状态 0x0A14	22
6.19. 消息类型: 上报 GPIO 状态切换 0x0A15	23
6.20. 消息类型: 上报停留区目标生命周期 0x0A17	23
6.21. 消息类型: 上报串口输出间隔 0x0A18	24
6.22. 消息类型: 设置蓝牙串口波特率 0x0F0F	24
7. 编程接口	25
7.1. 编码 TF 消息	25
7.2. 解码 TF 消息	25
7.3. 示例代码	26

1. 目的

本文档定义雷达模组通信协议。

2. 范围

本文档适用于项目开发人员、维护人员、测试人员和客户。

3. 数据通信链路约定

3.1. 通信链路介绍

服务端是指模组端，客户端是指上位机端

服务端的通信方式：主动上传和被动上传

客户端的通信方式：主动下发

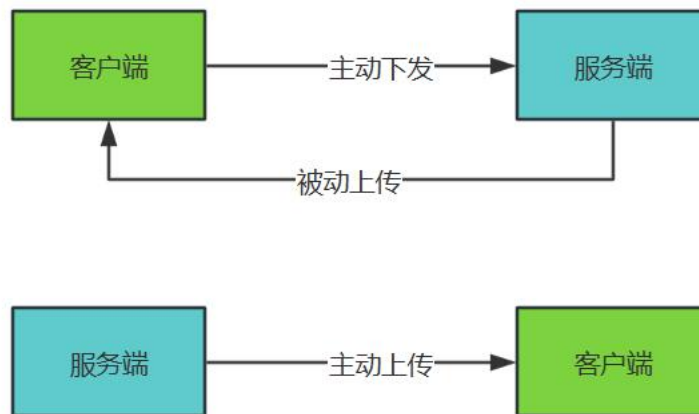


图 1: 通讯方式

3.2. 通信信息示例

消息类型：查询固件状态 (TYPE:0xFFFF)

通信方式:	主动下发		
格式	字节数	基本类型	帧结构
SOF	1 byte	uint8	起始帧
ID	2 byte	uint16	帧 ID
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度
TYPE	2 byte	uint16	帧类型
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和

示例 TF 帧: 01 00 01 00 00 FF FF FF

消息类型：返回固件状态 (TYPE:0xFFFF)

通信方式：		被动上传	
格式	字节数	基本类型	帧结构
SOF	1 byte	uint8	起始帧
ID	2 byte	uint16	帧 ID
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度
TYPE	2 byte	uint16	帧类型
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和
DATA (见下文)			
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和

以下是 DATA 位对应的含义：

DATA			
字节数	基本类型	帧结构	帧含义
1 byte	uint8	[project_name]	表示雷达所运行的项目 0: 表示存在感知项目 1: 表示呼吸检测项目。 2: 表示手势检测项目。 3: 表示测距项目。 4: 表示人员计数项目。 5: 表示 3D 点云检测项目。
1 byte	uint8	[major_version]	表示雷达主版本号
1 byte	uint8	[sub_version]	表示雷达子版本号
1 byte	uint8	[modified_version]	表示雷达修订版本号

示例 TF 帧：01 04 AF 00 04 FF FF 51 06 03 0A 00 F0

消息类型：上传目标信息 (TYPE:0x0A08)

通信方式：		主动上传	
格式	字节数	基本类型	帧结构
SOF	1 byte	uint8	起始帧
ID	2 byte	uint16	帧 ID
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度
TYPE	2 byte	uint16	帧类型
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和
DATA (见下文)			
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和

以下是 DATA 位对应的含义：

DATA			
字节数	基本类型	帧结构	帧含义
4 byte	int32	[target_num]	目标个数
4 byte	float	[x]	x 坐标, 数据类型 float, 单位: 米(m)
4 byte	float	[y]	y 坐标, 数据类型 float, 单位: 米(m)
4 byte	float	[z]	z 坐标, 数据类型 float, 单位: 米(m)
4 byte	int32	[dop_idx]	数据类型 int32, 速度 dop_idx
4 byte	int32	[cluster_id]	数据类型 int32, 聚类目标 ID
...	

注: 当目标存在 N 个的时候, x、y、z、dop_idx、cluster_id 也存在 N 个。

示例 TF 帧: 01 00 06 00 04 0A 08 FE 00 00 00 00 FF

4. 协议约定说明

4.1. 协议结构框图

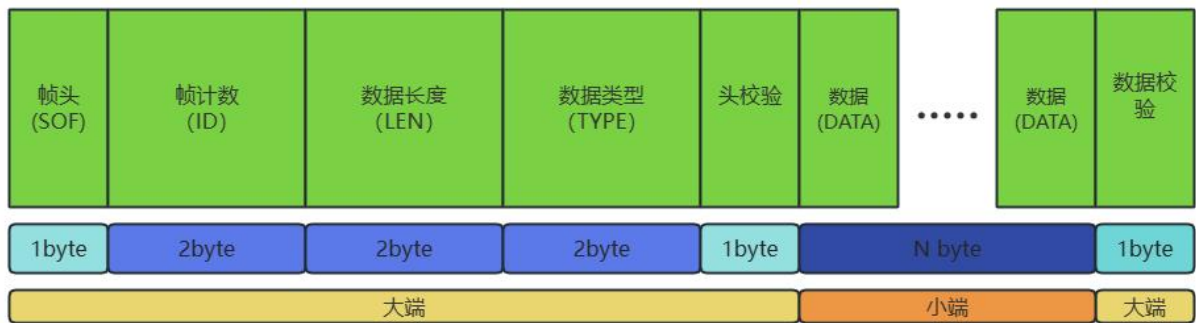


图 2: 协议结构

4.2. 协议结构简介

格式	字节数	存储方式	格式含义
SOF	1	大端序	代表一帧 TF 数据的起始位, 通常固定为 0x01。
ID	2	大端序	代表发送的包序, 可用于检测客户端和服务端数据帧是否连续。
LEN	2	大端序	程序中默认设置总数据帧长度不超过 1024 个字节。
TYPE	2	大端序	代表整个数据帧的消息类型, 不同的消息类型所代表的功能不同。
HEAD_CKSUM	1	大端序	代表头帧校验和, 从 SOF 位到 TYPE 位先全

			部进行异或运算，再取反。
DATA	N	小端序	代表数据的有效载荷，DATA 位数据长度与 LEN 位相关。例如 LEN 位值为 2，则 DATA 位由两个字节数据组成。
DATA_CKSUM	1	大端序	代表尾帧校验和，所有 DATA 位先全部进行异或运算，再取反。

注：SOF 位 ~ HEAD_CKSUM 位与 DATA_CKSUM 采用大端排序原因，方便查看指令的 TYPE 类型以及数据长度，DATA 位采用小端的排序，符合计算器存储顺序，方便解析 DATA 数据（可以强行转换数据类型）。

4.3. TF 帧解析流程

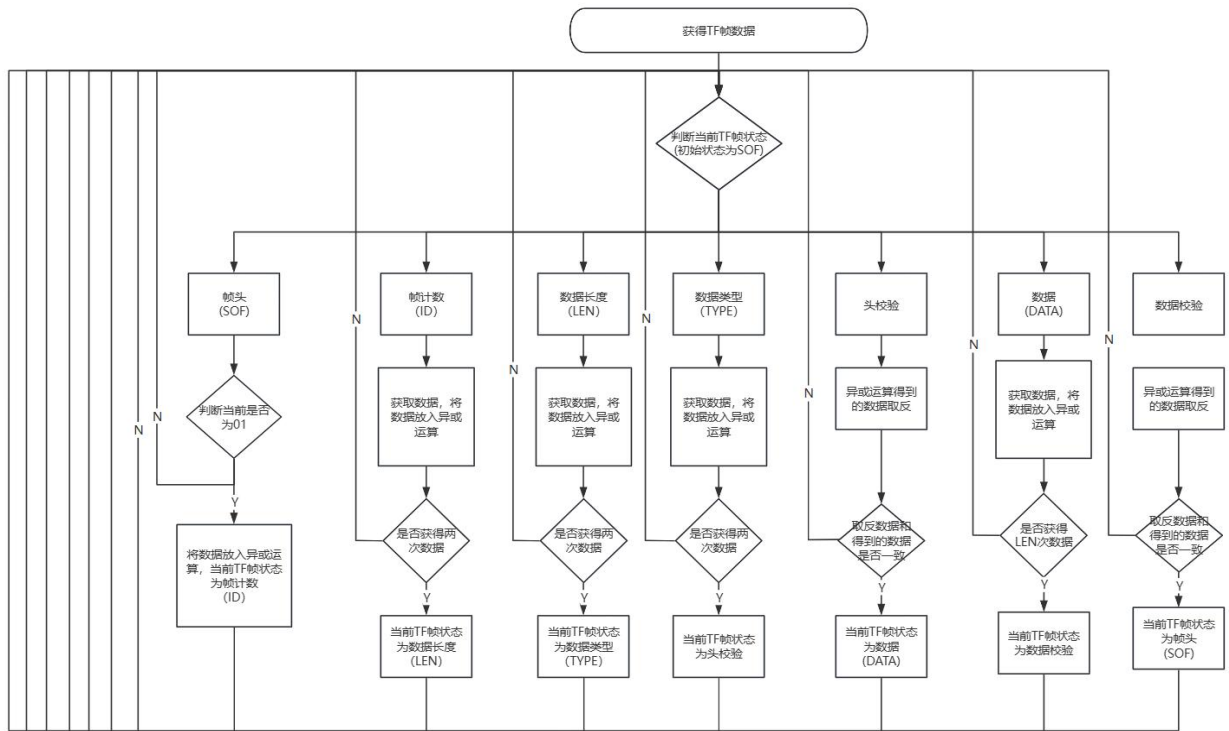
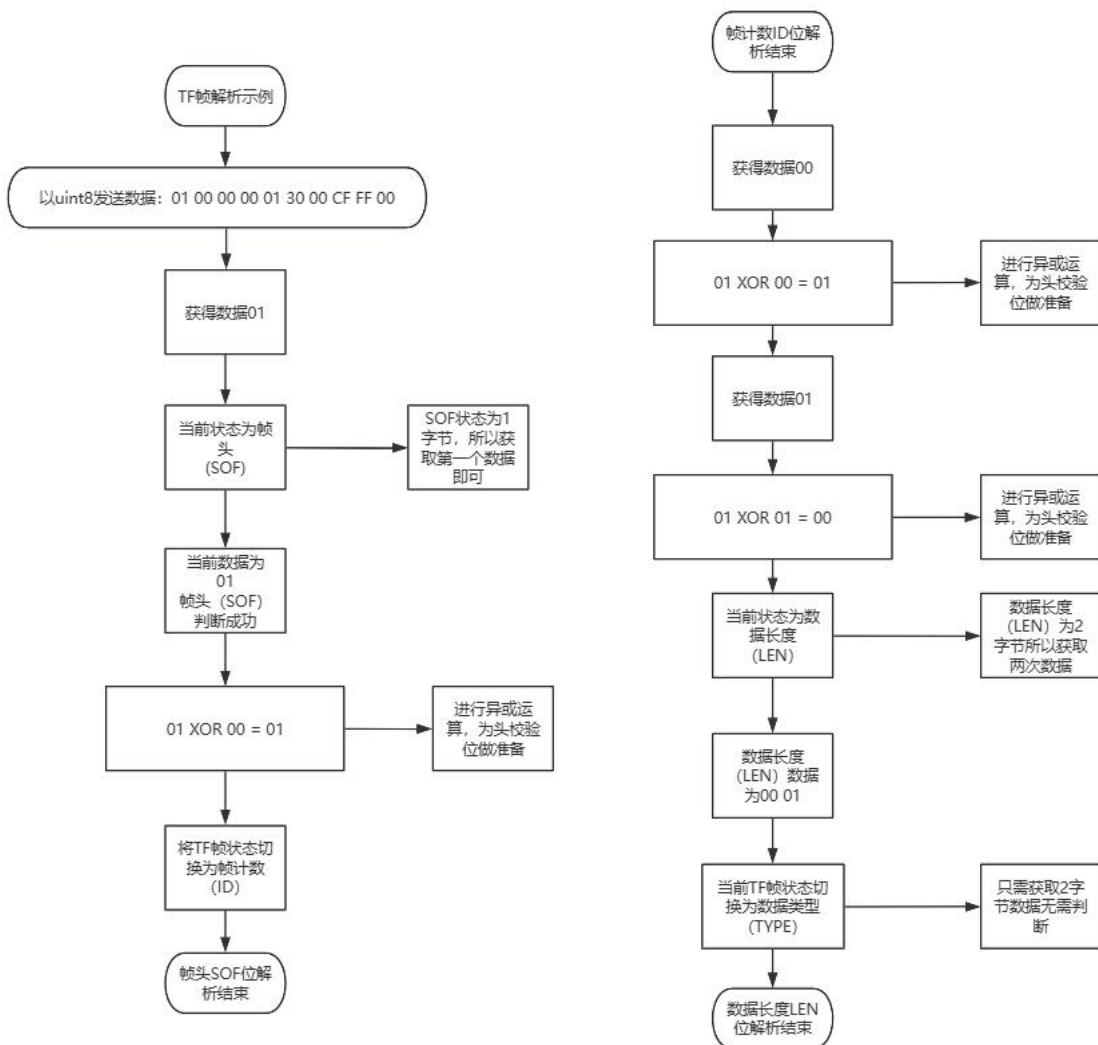
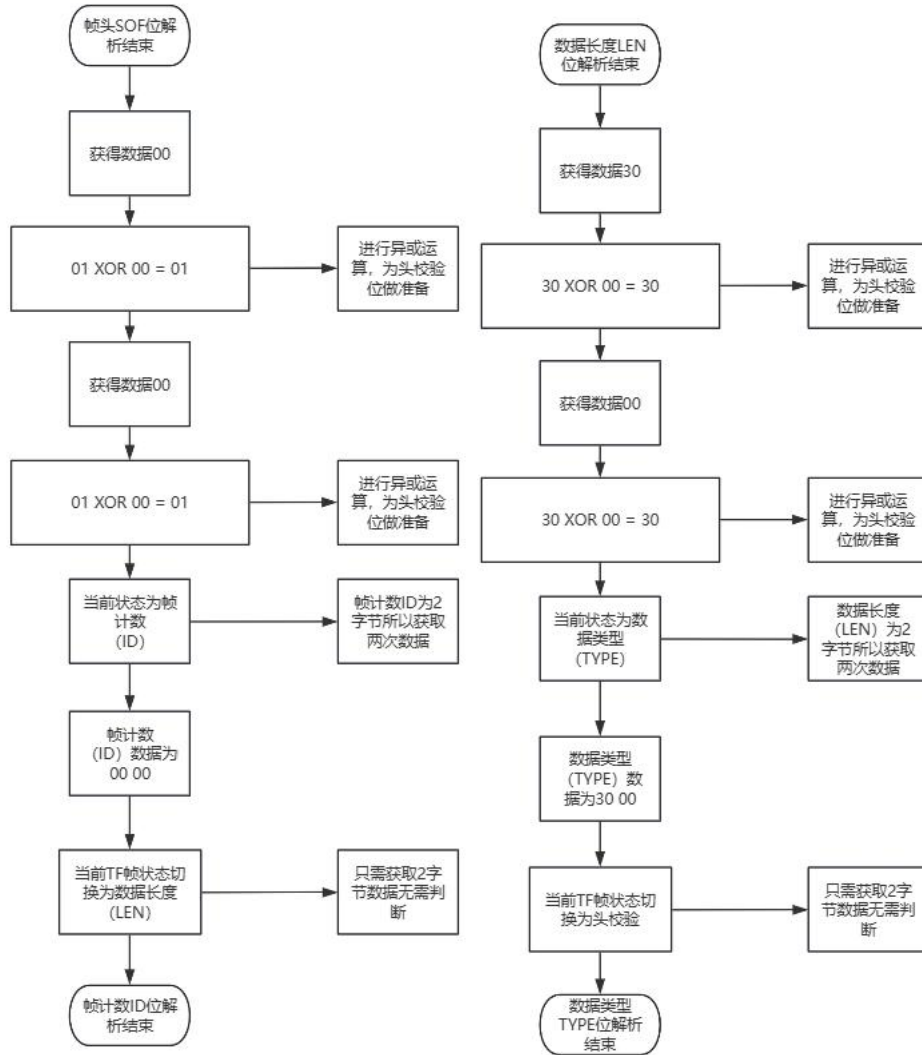
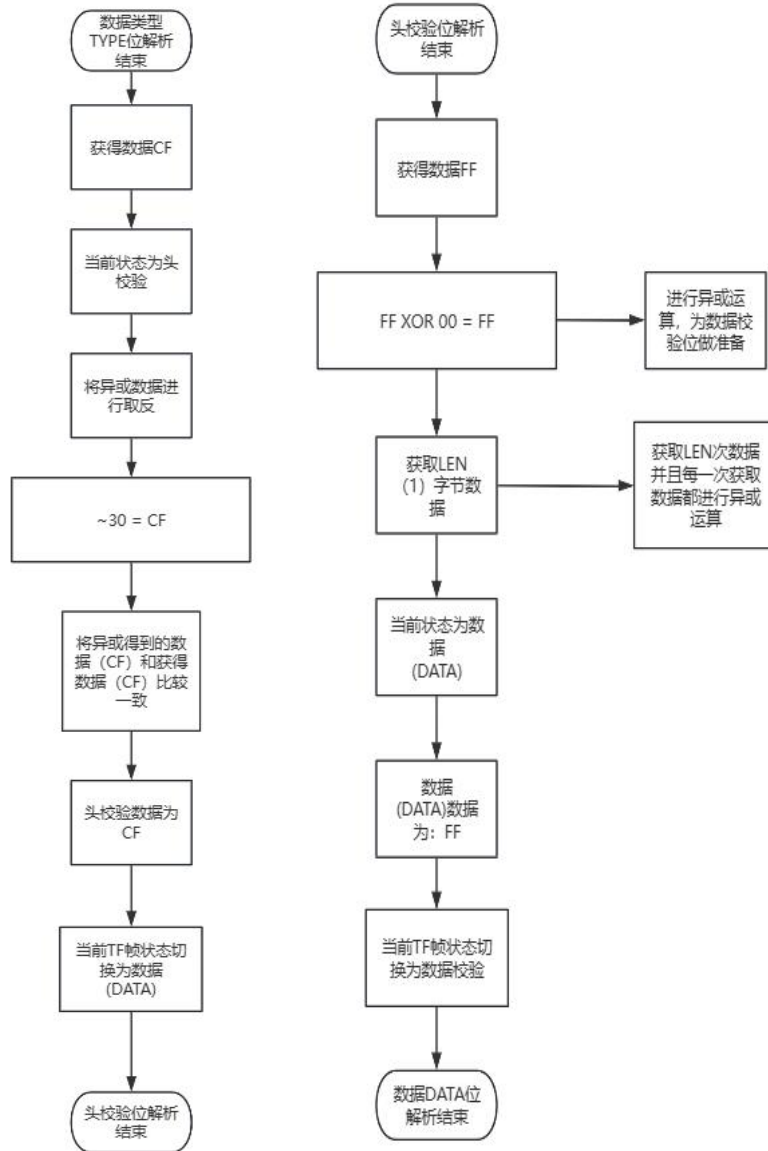


图 3: TF 帧解析流程

4.4. TF 示例帧解析详解







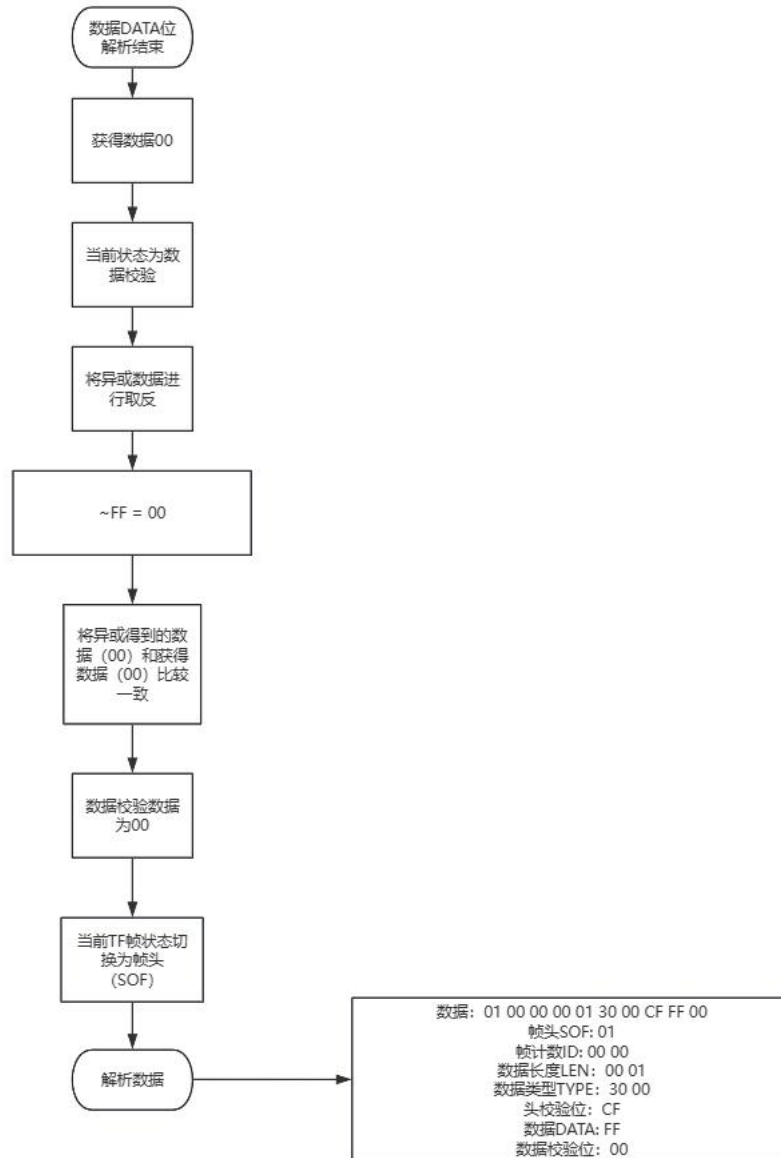


图 4: TF 示例帧解析详解

5. 通用消息类型

5.1. 消息类型：查询固件状态 (TYPE:0xFFFF)

通信方式:	主动下发		
格式	字节数	基本类型	帧结构
SOF	1 byte	uint8	起始帧
ID	2 byte	uint16	帧 ID
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度
TYPE	2 byte	uint16	帧类型
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和

示例 TF 帧: 01 00 01 00 00 FF FF FF

5.2. 消息类型：返回固件状态 (TYPE:0xFFFF)

通信方式:	被动上传		
格式	字节数	基本类型	帧结构
SOF	1 byte	uint8	起始帧
ID	2 byte	uint16	帧 ID
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度
TYPE	2 byte	uint16	帧类型
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和
DATA (见下文)			
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和

以下是 DATA 位对应的含义:

DATA			
字节数	基本类型	帧结构	帧含义
1 byte	uint8	[project_name]	表示雷达所运行的项目 0: 表示存在感知项目 1: 表示呼吸检测项目。 2: 表示手势检测项目。 3: 表示测距项目。 4: 表示人员计数项目。 5: 表示 3D 点云检测项目。
1 byte	uint8	[major_version]	表示雷达主版本号
1 byte	uint8	[sub_version]	表示雷达子版本号
1 byte	uint8	[modified_version]	表示雷达修订版本号

示例 TF 帧: 01 04 AF 00 04 FF FF 51 06 03 0A 00 F0

5.3. 消息类型：进入 OTA 升级 (TYPE:0x3000)

通信方式:	主动下发		
格式	字节数	基本类型	帧结构
SOF	1 byte	uint8	起始帧
ID	2 byte	uint16	帧 ID
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度
TYPE	2 byte	uint16	帧类型
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和

示例 TF 帧: 01 00 01 00 00 30 00 CF

5.4. 消息类型：OTA 升级 (TYPE:0x3000)

通信方式:	被动上传		
格式	字节数	基本类型	帧结构
SOF	1 byte	uint8	起始帧
ID	2 byte	uint16	帧 ID
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度
TYPE	2 byte	uint16	帧类型
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和
DATA (见下文)			
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和

以下是 DATA 位对应的含义:

DATA			
字节数	基本类型	帧结构	帧含义
1 byte	uint8	[tmpCodeInfo]	FF:待升级

示例 TF 帧: 01 00 03 00 01 30 00 CC FF 00

6. 存在感知 2D/3D 项目
特别说明:

1.在本项目中下发给下位机的所有 TF 帧, 下位机接收到消息后, 首先会回复一条相同 TPYE 类型无 DATA 位的数据, 告诉上位机接收到了数据。若无回复, 请重新下发配置消息。

2.打开无人时低功耗模式, 下位机会进入睡眠模式, 下发配置消息前, 需要将 UART0 的 RX0 引脚拉低, 进行唤醒。或者通过下发配置消息, 唤醒下位机, 回读来确认消息是否配置成功, 若无回复, 重新发送配置消息。

3.上位机下发数据后, 或者下位机被唤醒, 下位机将在正常模式下工作, 10s 内不会进去无人低功耗模式, 若 10s 后无人, 则会再次进入无人低功耗模式。

6.1. 消息类型：设置控制指令 0x0201

消息类型为 0x0201，仅支持单向数据传输模式。

上位机发送数据给雷达：MSG_CFG_HUMAN_DETECTION_3D					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	用于设置雷达的部分状态。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 04	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	02 01	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	F3	
DATA	4 byte	int32	[command]	01 00 00 00	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FE	

以下是 command 为不同值的作用：

- 0x1：自动生成干扰区。
- 0x2：获取干扰区域和检测区域。
- 0x3：清除干扰区域。
- 0x4：重置检测区域。
- 0x5：获取保持延时时间。
- 0x6：打开点云显示。
- 0x7：关闭点云显示。
- 0x8：打开目标显示。
- 0x9：关闭目标显示。
- 0xA：设置检测灵敏度：低。
- 0xB：设置检测灵敏度：中。
- 0xC：设置检测灵敏度：高。
- 0xD：获取检测灵敏度状态。
- 0xE：设置触发速度：慢。
- 0xF：设置触发速度：中。
- 0x10：设置触发速度：快。
- 0x11：获取触发速度状态。
- 0x12：获取 Z 轴范围。**注：这条协议仅适用于 3D。**
- 0x13：设置安装方式：顶装。**注：这条协议仅适用于 3D。**
- 0x14：设置安装方式：侧装。**注：这条协议仅适用于 3D。**
- 0x15：获取安装方式。
- 0x16：设置工作模式：无人时低功耗模式。
- 0x17：设置工作模式：正常检测模式。

- 0x18: 获取工作模式。
- 0x19: 获取无人时低功耗模式睡眠时间。
- 0x1A: 重置无人状态。
- 0x1B: 设置工作模式: 关闭雷达模式, P20 输出高电平。
- 0x1C: 设置工作模式: 关闭雷达模式, P20 输出低电平。
- 0x1D: 设置 P20 输出: 有人 P20 输出高电平, 无人 P20 输出低电平。
- 0x1E: 设置 P20 输出: 有人 P20 输出低电平, 无人 P20 输出高电平。
- 0x1F: 获取 P20 有无人时输出状态。
- 0x20: 设置 P20 输出: P20 无动作, 持续输出低电平。
- 0x21: 设置 P20 输出: P20 无动作, 持续输出高电平。
- 0x22: 设置 P20 输出: P20 点动, 有无人状态切换输出 500ms 低电平。
- 0x23: 设置 P20 输出: P20 点动, 有无人状态切换输出 500ms 高电平。
- 0x24: 设置工作模式: 强反射场景模式。
- 0x25: 清除停留区域。
- 0x26: 获取停留区目标生命周期。
- 0x27: 获取串口输出间隔。

6.2. 消息类型: 设置干扰区域、检测区域和停留区域的坐标位置 0x0202

消息类型为 0x0202, 仅支持单向数据传输模式。

上位机发送数据给雷达: MSG_CFG_HUMAN_DETECTION_3D_AREA					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	设置干扰区域、检测区域和停留区域。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 1C	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	02 02	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	int32	[area_id]	/	
DATA	4 byte	float	[x_min]	/	
DATA	4 byte	float	[x_max]	/	
DATA	4 byte	float	[y_min]	/	
DATA	4 byte	float	[y_max]	/	
DATA	4 byte	float	[z_min]	/	
DATA	4 byte	float	[z_max]	/	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	/	

以下是 DATA 数据为不同值的作用：

- [area_id]: 设置区域的 ID, 数据类型 int32, 0 到 3 为干扰区域, 4 到 7 为检测区域, 8 到 11 为停留区域。
- [x_min]: 设置区域 x 坐标的最小值, 数据类型 float, 单位: 米(m)。
- [x_max]: 设置区域 x 坐标的最大值, 数据类型 float, 单位: 米(m)。
- [y_min]: 设置区域 y 坐标的最小值, 数据类型 float, 单位: 米(m)。
- [y_max]: 设置区域 y 坐标的最大值, 数据类型 float, 单位: 米(m)。
- [z_min]: 设置区域 z 坐标的最小值, 数据类型 float, 单位: 米(m)。
- [z_max]: 设置区域 z 坐标的最大值, 数据类型 float, 单位: 米(m)。
- **注: 总共有 4 个干扰区域、4 个检测区域和 4 个停留区域, ID0 到 ID3 为干扰区域, ID4 到 ID7 为检测区域, ID8 到 ID11 为停留区域, 一次只能设置一个区域。**
- **注: 此条协议用于 2D 存在时请将 z_min 设置为-6m, z_max 设置为 6m。**

6.3. 消息类型：设置保持延时时间 0x0203

消息类型为 0x0203, 仅支持单向数据传输模式。

上位机发送数据给雷达: MSG_CFG_HUMAN_DETECTION_3D_PWM_DELAY					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	用于设置保持延时时间。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 04	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	02 03	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	uint32	[pwm_delay]	1E	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FE	

以下是 DATA 为不同值的作用：

- [pwm_delay]: 设置保持延时时间, 数据类型 uint32, 单位: 秒(s)。
- **注: 默认为 30s。**

6.4. 消息类型：设置 Z 轴范围 0x0204

消息类型为 0x0204，仅支持单向数据传输模式。

上位机发送数据给雷达：MSG_CFG_HUMAN_DETECTION_3D_Z					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	用于设置 Z 轴范围。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 08	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	02 04	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	float	[z_min]	/	
DATA	4 byte	float	[z_max]	/	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FE	

以下是 DATA 为不同值的作用：

- [z_min]：设置区域 z 坐标的最小值，数据类型 float，单位：米(m)。
- [z_max]：设置区域 z 坐标的最大值，数据类型 float，单位：米(m)。
- **注：这条协议仅适用于 3D。**

6.5. 消息类型：设置无人时低功耗模式睡眠时间 0x0205

消息类型为 0x0205，仅支持单向数据传输模式。

上位机发送数据给雷达：MSG_CFG_HUMAN_DETECTION_3D_LOW_POWER_MODE_TIME					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	用于设置保持延时时间。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 04	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	02 05	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	uint32	[waitingPeriod]	01 F4	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FE	

以下是 DATA 为不同值的作用：

- [waitingPeriod]：设置无人时低功耗模式睡眠时间，数据类型 uint32，单位：毫秒(ms)。
- **注：默认为 500ms。**

6.6. 消息类型：设置停留区目标生命周期 0x0206

消息类型为 0x0206，仅支持单向数据传输模式。

上位机发送数据给雷达：MSG_CFG_HUMAN_DETECTION_3D_STAY_LIFE					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	用于设置停留区目标生命周期。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 04	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	02 06	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	uint32	[stayLife]	20	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	/	

以下是 DATA 为不同值的作用：

- [stay_life]：设置停留区目标生命周期，数据类型 uint32，每秒(s)减 20。
- 注：默认为 300，每秒(s)减 20。

6.7. 消息类型：设置串口输出间隔 0x0207

消息类型为 0x0207，仅支持单向数据传输模式。

上位机发送数据给雷达：MSG_CFG_HUMAN_DETECTION_3D_OUTPUT_INTERVAL					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	用于设置串口输出间隔。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 04	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	02 07	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	uint32	[outputInterval]	1	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	/	

以下是 DATA 为不同值的作用：

- [outputInterval]：设置串口输出间隔，数据类型 uint32。
- 注：默认为 1，每帧都输出。例：设置为 10，10 帧输出一次。

6.8. 消息类型：上报人员位置 0x0A04 / 0x0A08

消息类型为 0x0A04，仅支持单向数据传输模式。0x0A04 为目标数据，0x0A08 为点云数据。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_TGT_RES					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	用于报告人员位置。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	/	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 04	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	int32	[target_num]	/	
DATA	4 byte	float	[x]	/	
DATA	4 byte	float	[y]	/	
DATA	4 byte	float	[z]	/	
DATA	4 byte	int32	[dop_idx]	/	
DATA	4 byte	int32	[cluster_id]	/	
...	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	/	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- [target_num]：目标个数。
- [x]：x 坐标，数据类型 float，单位：米(m)。
- [y]：y 坐标，数据类型 float，单位：米(m)。
- [z]：z 坐标，数据类型 float，单位：米(m)。
- [dop_idx]：数据类型 int32，速度 dop_idx。
- [cluster_id]：数据类型 int32，聚类目标 ID。

注：当目标存在 N 个的时候，x、y、z、dop_idx、cluster_id 也存在 N 个。

- **注：**2D 时此条协议 Z 轴输出为 0。

6.9. 消息类型：上报区域中是否有人 0x0A0A

消息类型为 0x0A0A，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_RES					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	上报区域中是否有人。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 10	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 0A	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	F3	
DATA	4 byte	uint32	[detection_state_area0]	01	
DATA	4 byte	uint32	[detection_state_area1]	01	
DATA	4 byte	uint32	[detection_state_area2]	00	
DATA	4 byte	uint32	[detection_state_area3]	01	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FE	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 上报 4 个检测区域是否有人，1 为有人，0 为无人。

6.10. 消息类型：上报干扰区域、检测区域和停留区域的位置 0x0A0B / 0x0A0C/0x0A16

消息类型为 0x0A0B 为干扰区域的消息，0x0A0C 为检测区域，0x0A16 为停留区域，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_ (NOISE) DETECTION_3D_NOISE_AREA_RES					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	当上位机发送数据类型为 0x0201，数据为 0x02 的命令。下位机会发送三条 TF 帧信息，0x0A0B、0x0A0C 和 0x0A16。 其中 0x0A0B 为干扰区域的消息，0x0A0C 为检测区域，0x0A16 为停留区域。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	/	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 0B/0A 0C	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	int32	[x_min]	/	
DATA	4 byte	float	[x_max]	/	
DATA	4 byte	float	[y_min]	/	
DATA	4 byte	float	[y_max]	/	
DATA	4 byte	float	[z_min]	/	
DATA	4 byte	float	[z_max]	/	
...	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FE	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- [x_min]：设置区域 x 坐标的最小值，数据类型 float，单位：米(m)。
- [x_max]：设置区域 x 坐标的最大值，数据类型 float，单位：米(m)。
- [y_min]：设置区域 y 坐标的最小值，数据类型 float，单位：米(m)。
- [y_max]：设置区域 y 坐标的最大值，数据类型 float，单位：米(m)。
- [z_min]：设置区域 z 坐标的最小值，数据类型 float，单位：米(m)。
- [z_max]：设置区域 z 坐标的最大值，数据类型 float，单位：米(m)。

注：此消息上报干扰区域、检测区域和停留区域的位置，总共有 4 个干扰区域、4 个检测区域和 4 个停留区域，0x0A0B 上报 4 个干扰区域的坐标，0x0A0C 上报 4 个检测区域的坐标，0x0A16 上报 4 个停留区域的坐标。

- **注：这条协议仅用于 2D 时，z_min 默认设置为-6m，z_max 默认设置为 6m。**

6.11. 消息类型：上报保持延时时间 0x0A0D

消息类型为 0x0A0D，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_PWM_DELAY					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取保持延时时间。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 01	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 04	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 0D	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	FC	
DATA	4 byte	uint32	[pwmDelayTimer]	05	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FA	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 保持延时时间。

6.12. 消息类型：上报检测灵敏度状态 0x0A0E

消息类型为 0x0A0E，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_DETECT_SENSITIVITY					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取检测灵敏度状态。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 01	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 01	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 0E	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	FF	
DATA	1 byte	uint8	[detectSensitivity]	01	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FE	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 上报检测灵敏度，0：低、1：中、2：高。

6.13. 消息类型：上报触发速度状态 0x0A0F

消息类型为 0x0A0F，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_DETECT_TRIGGER					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取触发速度状态。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 01	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 01	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 0F	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	FB	
DATA	1 byte	uint8	[detectTrigger]	02	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FD	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 上报触发速度，0：慢、1：中、2：快。

6.14. 消息类型：上报 Z 轴范围 0x0A10

消息类型为 0x0A10，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_DETECT_TRIGGER					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取 Z 轴设置范围。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 01	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 08	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 10	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	FB	
DATA	4 byte	float	[z_min]	/	
DATA	4 byte	float	[z_max]	/	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FD	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- [z_min]：设置区域 z 坐标的最小值，数据类型 float，单位：米(m)。
- [z_max]：设置区域 z 坐标的最大值，数据类型 float，单位：米(m)。
- **注：这条协议仅适用于 3D。**

6.15. 消息类型：上报安装方式 0x0A11

消息类型为 0x0A11，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_INSTALL_SITE					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取安装方式。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	02 2E	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 01	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 11	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	C8	
DATA	1 byte	uint8	[installSite]	/	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FD	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 上报安装方式，0：顶装、1：侧装。

6.16. 消息类型：上报工作模式 0x0A12

消息类型为 0x0A12，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_LOW_POWER_MODE					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取工作模式。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	02 2E	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 01	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 12	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	1 byte	uint32	[lowPowerMode]	/	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FD	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 0：正常检测模式。
- 1：无人时低功耗模式。
- 2：关闭雷达模式，P20 输出高电平。
- 3：关闭雷达模式，P20 输出低电平。
- 4：强反射场景模式。

6.17. 消息类型：上报无人时低功耗模式睡眠时间 0x0A13

消息类型为 0x0A12，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_LOW_POWER_TIME					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取无人时低功耗模式睡眠时间。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	02 2E	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 01	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 13	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	uint32	[waitingPeriod]	/	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FD	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 无人时低功耗模式睡眠时间。

6.18. 消息类型：上报无人低功耗模式工作状态 0x0A14

消息类型为 0x0A14，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_MODE					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	上报无人低功耗模式工作状态。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	02 2E	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 01	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 14	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	1 byte	uint8	[detectStateMessenger]	/	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FD	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 0：工作状态为无人低功耗状态。
- 1：工作状态为正常模式状态。

注：无人低功耗模式下，会在无人时进入低功耗模式，有人时切换成正常模式。该消息只有将模式设置为无人时低功耗模式时才会发送这条消息，无人低功耗模式和正常模式切换时会发送这条消息。

6.19. 消息类型：上报 GPIO 状态切换 0x0A15

消息类型为 0x0A15，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_GPIO_SWITCH					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	上报 GPIO 状态切换。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	02 2E	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 01	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 15	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	1 byte	uint8	[gpioOutputSwitch]	/	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	FD	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 0：有人 P20 输出高电平，无人 P20 输出低电平。
- 1：有人 P20 输出低电平，无人 P20 输出高电平。
- 2：P20 无动作，持续输出低电平。
- 3：P20 无动作，持续输出高电平。
- 4：P20 点动，有无人状态切换输出 500ms 低电平。
- 5：P20 点动，有无人状态切换输出 500ms 高电平。

6.20. 消息类型：上报停留区目标生命周期 0x0A17

消息类型为 0x0A17，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_STAY_LIFE					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取停留区目标生命周期。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 01	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 04	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 17	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	uint32	[stayLife]	1	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	/	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 停留区目标生命周期。

6.21. 消息类型：上报串口输出间隔 0x0A18

消息类型为 0x0A18，仅支持单向数据传输模式。

雷达发送数据给上位机：MSG_IND_HUMAN_DETECTION_3D_OUTPUT_INTERVAL					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	获取串口输出间隔。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 01	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 04	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0A 18	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	4 byte	uint32	[outputInterval]	1	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	/	

以下是每个 DATA 位对应的含义：

- 串口输出间隔。

6.22. 消息类型：设置蓝牙串口波特率 0x0F0F

消息类型为 0x0F0F，仅支持单向数据传输模式。

上位机发送数据给蓝牙：MSG_CFG_HUMAN_DETECTION_3D_BAUD					
格式	字节数	基本类型	帧结构	示例帧	帧含义
SOF	1 byte	uint8	起始帧	01	用于设置串口波特率。
ID	2 byte	uint16	帧 ID	00 00	
LEN	2 byte	uint16	数据帧长度	00 01	
TYPE	2 byte	uint16	帧类型	0F 0F	
HEAD_CKSUM	1 byte	uint8	头校验和	/	
DATA	1 byte	uint8	[baud index]	1	
DATA_CKSUM	1 byte	uint8	数据校验和	/	

以下是 DATA 为不同值的作用：

- [baud index]：设置串口波特率，数据类型 uint8。
- 注：默认为 1，115200。

baud index	baud
0	9600
1	115200
2	128300
3	256000
4	460800
5	921600

示例：01 00 00 00 01 0f 0f xx 00 00

7. 编程接口

7.1. 编码 TF 消息

```
void tinyFrameTx(TF_TYPE type, uint8 *data, TF_LEN len);
```

其中 type 为发送数据类型，uint16 类型，例如人员检测数据结果上报，数据类型为 0x0A10。见 4.2.1.6 详述。

uint8* data 是发送数据的地址。

len 为发送数据的长度，uint16 类型。

7.2. 解码 TF 消息

```
TinyFrameRx tinyFrameRx(void);
```

成功接收消息后，接收的数据返回到一个 TinyFrameRx 类型的变量。

A、以下是 DATA 位数据取出的方法：

如下：串口接收到十六进制的，int32 转换成 float：例如[x_point]位为 0x66、0x66、0xA2、0x41，先拼成 uint32 位整形，由于 TF 帧 Data 位小端序，所以值为 0x41A26666，然后进行 float 类型强转，最终结果为：20.3。

```
1. int main(void)
2. {
3.     unsigned int param = 0x41A26666;
4.     float res = *(float *)&param;
5.
6.     printf("data: %f\n", res);
7.     return 0;
8. }
```

B、以下是每个 CKSUM 的解析：

HEAD_CKSUM：TF 帧头校验和 【从第一个字节开始到 HEAD_CKSUM 位的上一个字节】

DATA_CKSUM：TF 数据校验和 【DATA 的第一个到 DATA_CKSUM 位的上一个字节】

其中计算 CKSUM 的方法 c 代码如下所示：

```
1. unsigned char getCksum(unsigned char *data, unsigned char len)
2. {
3.     unsigned char ret = 0;
4.
5.     for (int i = 0; i < len; i++)
```

```
6.     ret = ret ^ data[i];  
7.  
8.     ret = ~ret;  
9.  
10.    return ret;  
11. }  
12.
```

7.3. 示例代码

如果想要解析 TF 帧数据的 demo（包含 Linux 环境与 Keil μ Vision5 环境下的 C 语言 demo、Python 语言 demo），可以直接与销售沟通获得。