

子任务编号：42227901-02

国家重大科研仪器研制项目

智能敏捷海洋立体观测仪

跨域异构组网通信部件

协议接口说明

设备/子任务名称：水声组网模块和水声通信模块

承担单位（盖章）：浙江大学 云洲智能

负责人（签字）：陈惠芳 陈文亮

文件创建日期：2024 年 9 月 13 日

浙大组网定位模块与云洲海面无人艇间

“组网与定位部件”通信协议

1. 协议格式

采用单帧头、单帧尾、带校验位的不定长协议，校验位为帧长度字节（第 4 个字节）至内容最后一个字节（第 Len-2 个字节）的循环冗余校验(CRC8)。

位序	定义	类型	参数说明
1~2	帧头	unsigned short	0x A55A 帧头
3	帧类型	unsigned char	数据帧： 0x0F:无人艇→组网定位模块，位置信息帧 0x01: 组网定位模块→无人艇，状态信息帧 0x02: 组网定位模块→无人艇，心跳信息帧 0x03: 组网定位模块→无人艇，上行数据帧 0x04: 无人艇→组网定位模块，下行数据帧 控制帧： 0xF1: 无人艇→组网定位模块，状态查询帧 0xF2: 组网定位模块→无人艇，状态反馈帧 0xF3: 无人艇→设备，功能配置帧 0xF4: 组网定位模块→水下潜器，配置反馈帧
4	帧长	unsigned char	帧长度，包括帧头
5 ~ Len-2	内容	—	数据区
Len-1	校验	unsigned char	校验位，校验多项式 $x^8 + x^2 + x + 1$
Len	帧尾	unsigned char	0x 7E 帧尾

2. 协议内容

水声通信模块和组网与定位模块的时间同步依靠控制帧中的时间戳和 PPS 信号，控制帧中均包含 4 个字节表示的时间戳，位分配由高至低方案如下：

- 月：1-12，用 4 位 表示（12 个取值，范围 1-12）。
- 日：1-31，用 5 位 表示（31 个取值，范围 1-31）。
- 时：0-23，用 5 位 表示（24 个取值，范围 0-23）。
- 分：0-59，用 6 位 表示（60 个取值，范围 0-59）。
- 秒：0-59，用 6 位 表示（60 个取值，范围 0-59）。
- 毫秒：0-999，增加精度，用 6 位 表示（64 个取值，范围 0-999，精度为 15.625 毫秒的间隔）。

数据帧包含以下 2 条：

a. 位置信息帧（海面无人艇惯导 → 浙大组网定位模块）

海面无人艇航推模块发送给浙大组网与定位模块位置相关信息，该信息打包于定位报文，用于水下潜器的声学辅助定位；

序号	参数	长度（字节）	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x 0F
3	帧长度	1	0x 1D (帧总长度)
4	数据载荷	23	内容参照附表1
5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

b. 状态信息帧（浙大组网定位模块 → 海面无人艇主控）

浙大组网与定位模块接收到水下潜器的状态报文后，转发给海面无人艇主控；

序号	参数	长度（字节）	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x 01
3	帧长度	1	0x 1F (帧总长度)
4	数据载荷	25	内容参照附表2
5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

c. 心跳信息帧（浙大组网定位模块 → 海面无人艇主控）

浙大组网定位模块接收到水下潜器的心跳报文后，转发给海面无人艇主控；

序号	参数	长度（字节）	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x 02
3	帧长度	1	0x 14(帧总长度)
4	数据载荷	14	内容参照附表3
5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

d. 上行数据帧（浙大组网定位模块 → 海面无人艇主控）

浙大组网定位模块接收到水下潜器的上行数据报文后，转发给海面无人艇主控；水下潜器面临紧急情况时，发送上行报文，等待下一步指示，预留 32 字节；

序号	参数	长度(字节)	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x 03
3	帧长度	1	0x 26(帧总长度)
4	数据载荷	32	(内容待与潜器方确认)
5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

e. 下行数据帧 (浙大组网定位模块 → 海面无人艇主控主控)

海面无人艇主控发送给浙大组网与定位模块下行数据信息, 对正在面临紧急情况的水下潜器下达指令, 预留 32 字节。

序号	参数	长度(字节)	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x 04
3	帧长度	1	0x 26(帧总长度)
4	数据载荷	32	(内容待与潜器方确认)
5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

//下面两个命令需要协商

控制帧包含以下 2 条:

f. 设备状态查询帧 (海面无人艇主控 → 浙大组网定位模块)

海面无人艇向组网定位模块与浙大声学通信模块请求设备状态信息。

序号	参数	长度(字节)	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x F1
3	帧长度	1	0x 0B(帧总长度)
4	数据载荷	5	内容参照附表 4
5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

g. 设备自检信息帧 (浙大组网定位模块 → 海面无人艇主控)

浙大组网定位模块和声学通信模块上电后或被平台查询, 返回设备状态。

序号	参数	长度(字节)	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x F2
3	帧长度	1	0x 0B(帧总长度)
4	数据载荷	5	内容参照附表 5

5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

h. 设备配置帧(水下潜器主控 → 组网与定位模块)

水下潜器发送给组网与定位模块，设备配置信息，组网与定位模块接收后返回应答信息；

序号	参数	长度（字节）	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x F3
3	帧长度	1	0x 0C (帧总长度)
4	内容	6	见附表 6
5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

i. 配置反馈帧(组网与定位模块→ 水下潜器主控)

组网与定位模块发送给水下潜器，配置应答信息；

序号	参数	长度（字节）	说明
1	帧头	2	0x A55A
2	帧类型	1	0x F4
3	帧长度	1	0x 0C(帧总长度)
4	内容	6	见附表 7
5	校验	1	校验和
6	帧尾	1	0x 7E

附表

附表 1 海面无人艇位置信息帧数据部分

序号	帧名称	数据名称	数据类型	字节数	单位	测量精度	数据范围	描述	刷新率
1	海面无人艇位置信息 (USV_STATUS) 负载长度: 23 字节	时间戳 (usv_time)	uint32_t	4	s	1s	[0,∞)	获取当前航行状态的系统时间, 具体定义格式见协议内容	1Hz
2		标识号 (usv_id)	uchar8_t	1	无	1	[0, 255]	海面无人艇ID描述	1Hz
3		纬度 (lat)	int32_t	4	degE7	1e-7°	[0,90*1e7] (北半球)	数值为纬度(角度制)乘以1e7, 目的为保证数据精度	1Hz
4		经度 (lon)	int32_t	4	degE7	1e-7°	[0,180*1e7] (东半球)	数值为经度(角度制)乘以1e7, 目的为保证数据精度	1Hz
5		深度 (depth)	uint16_t	2	m	0.1m	[0,65535]	数值为深度乘以10, 航行器距海平面深度	1Hz
6		速度 (vel)	float	4	m/s	0.1m/s	[0,∞)	海面无人艇航行速度	1Hz
7		航向 (hdg)	float	4	deg	0.1°	[0,3600)	航向角, 北向为0°, 东向为90°; 如果不可测, 发送UINT16_MAX	1Hz

附表 2 水下潜器状态信息帧数据部分

序号	帧名称	数据名称	数据类型	字节数	单位	测量精度	数据范围	描述
1	航行器状态信息 (AUV_STATUS) 负载长度：25 字节	时间戳 (auv_time)	uint32_t	4	ms	15.625 ms	[0,∞)	系统当前时间
2		标识号 (auv_id)	uchar8_t	1	-	-	-	航行器ID描述
3		状态机 (auv_status)	uchar8_t	1	-	-	-	航行器运行状态描述
4		故障码 (auv_e_code)	uint32_t	4	-	-	-	航行器故障信息描述
5		纬度 (lat)	int32_t	4	degE7 (约 100 mm)	1e-6° (约 100 mm)	[0,90*1e7] (北半球)	数值为纬度（角度制）乘以 1e7， 目的为保证数据精度
6		经度 (lon)	int32_t	4	degE7 (约 100 mm)	1e-6° (约 100 mm)	[0,180*1e7] (东半球)	数值为经度（角度制）乘以 1e7， 目的为保证 数据精度
7		深度 (depth)	uint16_t	2	m	0.1m	[0,65535]	数值为深度乘以 10， 航行器距海平面深度
8		高度 (altitude)	uint16_t	2	m	0.1m	[0,65535]	数值为高度乘以 10， 航行器距海底高度
9		航向 (hdg)	uint16_t	2	cdeg	0.1°	[0,3600)	航向角，北向为0°，东向为90°； 数值为速度乘以 10，如果不可测，发送UINT16_MAX

10		电量 (bat)	uchar8_t	1	/	/	[0,100)	航行器剩余电量百分比
----	--	-------------	----------	---	---	---	---------	------------

附表 3 水下潜器心跳信息数据部分

序号	帧名称	数据名称	数据类型	字节数	单位	测量精度	数据范围	描述
1	水下潜器心跳信息 (AUV_HEARTBEAT) 负载长度: 14 字节	时间戳 (auv_time)	uint32_t	4	s	1 s	[0,∞)	系统当前时间
2		纬度 (lat)	int32_t	4	degE7 (约 100 mm)	1e-6°	[0,90*1e7] (北半球)	数值为纬度(角度制)乘以 1e7, 目的为保证数据精度
3		经度 (lon)	int32_t	4	degE7 (约 100 mm)	1e-6°	[0,180*1e7] (东半球)	数值为经度(角度制)乘以 1e7, 目的为保证数据精度
4		深度 (depth)	uint16_t	2	m	0.1m	[0,65535]	数值为深度乘以 10, 航行器距海平面深度

附表 4 设备状态查询帧数据部分

序号	帧名称	数据名称	数据类型	字节数	单位	测量精度	数据范围	描述
1	浙大组网与定位模块配置 (DEVICE_CHECK)	时间戳 (usv_time)	uint32_t	4	ms	15.625 ms	[0,∞)	系统当前时间

2	负载长度：5字节	查询内容 (check)	uchar	1	/	/	/	0x01:指示查询
---	----------	-----------------	-------	---	---	---	---	-----------

附表 5 设备自检信息帧数据内容

序号	帧名称	数据名称	数据类型	字节数	单位	测量精度	数据范围	描述
1	浙大组网与定位模块 自检反馈 (DEVICE_CHECK_RESP) 负载长度：5字节	时间戳 (usv_time)	uint32_t	4	ms	15.625 ms	[0,∞)	系统当前时间
2		自检状态 (status)	uchar	1	/	/	/	0x01:自检正常 0x02:自检异常

附表 6 设备功能配置信息

序号	帧名称	数据名称	数据类型	字节数	单位	测量精度	数据范围	描述
1	组网与定位模块配置 (DEVICE_CONFIG) 负载长度：6字节	时间戳 (time_t)	uint32_t	4	ms	15.625 ms	[0,∞)	系统当前时间
2		设备配置 (dev config)	uchar	1	/	/	/	Bit 0-1:设备复位 ● 01:不动作 ● 10:请求复位 Bit 2-3:休眠使能 ● 01:不动作 ● 10:请求设备休眠

								<ul style="list-style-type: none"> ● 11: 请求设备唤醒 <p>Bit 4-5: 设备供电状态</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 01:不动作 ● 10:请求设备断电
3		通信配置 (acom config)	uchar	1	/	/	/	<p>Bit 0-1: 发送使能</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 01:不动作 ● 10: 请求设备停止发送 ● 11: 请求设备主动发送 <p>Bit 2-3: 通信模式配置</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 01:不动作 ● 10: 点对点通信 ● 11: 组网通信

注：当海面无人艇请求断电时，若组网与定位模块仍在执行通信用任务，会返回“不可断电”。在此情况下，建议无人艇每 30 秒进行一次设备功能配置请求，直至组网与定位模块返回允许断电。

附表 7 设备配置反馈信息

序号	帧名称	数据名称	数据类型	字节数	单位	测量精度	数据范围	描述
1		时间戳 (time_t)	uint32_t	4	ms	15.625 ms	[0,∞)	系统当前时间
2	组网与定位模块应答 (DEVICE_STATUS) 负载长度：6 字节	设备配置反馈 (dev config feedback)	uchar	1	/	/	/	<p>Bit 0-1:复位标志位</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 01:设备不动作 ● 10:设备已复位 <p>Bit 2-3:休眠标志位</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 01:不动作 ● 10:设备已休眠 ● 11:设备正常工作 <p>Bit 4-5: 设备供电标志位</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 01:设备可断电

								● 10:设备不可断电
3		通信配置反馈 (acom config feedback)	uchar	1	/	/	/	Bit 0-1: 发送使能状态 ● 10: 设备停止主动发送 ● 11: 设备保持主动发送 Bit 2-3: 通信模式状态 ● 10: 处于点对点通信状态 ● 11: 处于组网通信状态