

# 基于 NB-IoT 的近海渔网示位标系统

关立, 徐轶群

(集美大学轮机工程学院, 福建 厦门 361021)

**[摘要]** 为解决通航水域密集分布的渔网 AIS 示位标堵占 AIS 信道, 干扰 AIS 系统等问题, 设计一种基于 NB-IoT (Narrow Band-internet of things) 的渔网示位标。采用 NB-IoT 技术替代传统的 AIS 技术, 示位标的定位等信息通过窄带网络上传到云服务平台供用户查看, 且目标用户可远程控制设备, 对现有 AIS 系统不会造成干扰。实验结果表明, 基于 NB-IoT 的渔网示位标 (以下简称“渔网 NB 示位标”) 能够在内河及沿沿海域满足渔民寻网需求, 且在设备体积、抗干扰和功耗方面较传统渔网 AIS 示位标更有优势。

**[关键词]** 渔网示位标; NB-IoT; 北斗/GPS 双模定位; 云服务平台

**[中图分类号]** U 644

## Offshore Fishnet Position Beacon System Based on NB-IoT

GUAN Li, XU Yiqun

(School of Marine Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of densely distributed AIS-based fishnet beacons block the AIS channel and interfere with the AIS system in navigable waters, a fishnet beacon based on NB-IoT is designed. This fishnet beacon uses NB-IoT technology to replace the traditional AIS technology, and uploads the positioning and other information of the beacon to the cloud service platform through the narrowband network for users to view. Moreover, the target user can remotely control the equipment without interference to the existing AIS system. The experimental results show that the fishnet beacon based on NB-IoT (hereinafter referred to as “fishnet NB beacon”) can meet the needs of fishermen in inland rivers and coastal waters, and has more advantages than the AIS-based fishnet beacon in terms of equipment volume, anti-interference and power consumption.

**Keywords:** fishnet beacon; NB-IoT; BDS/GPS dual mode positioning; cloud service platform

## 0 引言

渔网示位标安装于渔网、定制网具或养殖网箱上, 利用 AIS 技术向渔民指示网具的位置, 为渔业捕捞和养殖提供一定的便利<sup>[1]</sup>。然而, 目前市面上的基于 AIS 技术的渔网示位标缺乏统一标准, 渔民或厂商随意配置其水上移动业务标识 (MMSI) 及其他参数<sup>[2]</sup>, 导致在电子海图中难以区分渔网和船舶, 影响船舶交通安全。研究解决渔网 AIS 示位标问题不仅可以保障船舶交通安全, 而且可提高海上搜救、海事监管工作的效率。郑峰<sup>[3]</sup>设计了基于 AIS 技术的渔具定位避碰装置; 刘铁君等<sup>[4]</sup>提出渔网 AIS 示位标采用主从模式, 单张渔网只挂载一个主设备接入 AIS 系统, 从设备使用 AIS 技术与主机

[收稿日期] 2021-08-13

[基金项目] 福建省自然科学基金项目 (2019J01703)

[作者简介] 关立 (1985—), 男, 助理实验师, 硕士, 从事物联网技术研究。E-mail: liguan@jmu.edu.cn

通信方面来减少船台显示，而这种方式虽然降低了发送设备数量，但发送数据总量并无显著减少，无法解决 AIS 信道时隙占用的问题；黄伦文等<sup>[5]</sup>采用 406 MHz 卫星通信的方式设计了一种基于北斗应急无线电示位标，但该方案成本较高且数据更新效率较低；王连胜等<sup>[6]</sup>设计了一种基于 GPRS 通信方式的一键式紧急无线电示位标，可应用在渔网定位领域，该方案采用的是自有协议及自建数据平台。

NB-IoT（Narrow Band-internet of things）作为新兴物联网技术，可以提供广覆盖、低功耗、低成本、多连接的网络服务，相比 LTE 和 GPRS 基站有 20 dB 的增益提升<sup>[7]</sup>，在内河流域及近海都有不错的网络覆盖。通过 PSM（power saving mode）模式与 eDRX（extend discontinuous reception）技术的搭配，设备得以在低功耗状态下长期工作。

目前数据服务器和云平台的搭建主要有两种形式：1）独立搭建数据服务器，构造私有云平台，该形式在数据协议上灵活可控，数据保密性更高，但开发周期长，难度大，针对设备数量庞大的系统并发处理复杂，不利于应用的快速上线；2）采用运营商服务器及标准的物联网开发平台，如阿里云、百度云、OneNET 等，该形式系统部署快速，用户不必考虑复杂接入过程，对不同平台兼容性更强，但用户数据传输必须通过物联网平台，存在商业风险，且数据接入商业用途后运营商可能收取使用费。

本文设计的渔网 NB 示位标选择 NB-IoT 技术作为通信手段，选择中移物联的 OneNET 云平台作为云服务平台开发端。设备通过窄带网络将渔网示位标的坐标及电量等相关信息上传到 OneNET 云平台，供相关用户查看，目标用户可以通过 OneNET 云平台对设备数据上报周期，工作状态等相关参数进行远程配置。由于示位标工作频段不在 AIS 信道上，对现有 AIS 系统不会造成干扰，对船舶交通、海上搜救、海事监管等方面有着积极作用。此外，本设备使用的功耗控制策略与动态休眠算法，比传统的固定数据上报周期模式在续航上有更大优势。

# 1 系统架构

基于 NB-IoT 与云服务平台的渔网示位标系统主要包括：北斗/GPS 导航卫星、渔网 NB 示位标、NB 基站、OneNET 云平台及应用服务器、终端用户 5 个部分组成，如图 1 所示。

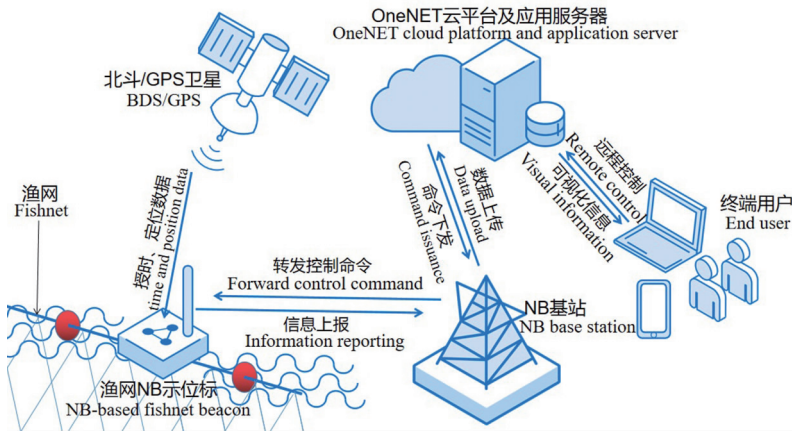


图 1 渔网 NB 示位标系统工作示意图

Fig.1 Working diagram of a NB-based fishnet beacon system

其中，渔网 NB 示位标通过北斗/GPS 双模天线接收北斗/GPS 卫星信号，解析获得 NMEA0183 协议 GPRMC 报文，提取并保存其中的时间、经纬度等所需数据。通过 12 位 ADC 获取电池平均电压，基于电池电量曲线表得出设备当前电量。在设备入网后，以物联网专用的 LWM2M 协议格式注册到 OneNET 云平台。OneNET 云平台响应各个渔网 NB 示位标的注册，并下发现资源命令及转发应用服务器请求订阅命令。渔网 NB 示位标注册在网后，通过 OneNET 云平台将相关数据信息上报给应用服务器。应用服务器以 OneNET 云平台作为桥梁，获取渔网 NB 示位标上报信息，并下发控制命令，形

成面向用户的渔网公共服务管理系统，实现数据可视化与指令控制。用户通过 web 页面登录应用服务器，即可查看设备的地理位置等信息，拥有权限的目标用户可以向指定的渔网 NB 示位标下发控制指令，如调整上报时隙，改变工作状态等，实现远程控制。

2 渔网 NB 示位标设计

2.1 渔网 NB 示位标硬件设计

渔网 NB 示位标硬件主要由单片机与串口电路、北斗/GPS 双模定位与 NB 通信模组电路、充放电及电源管理电路三个部分构成。

2.1.1 单片机与串口电路

单片机及外围控制口、串口电路原理图如图 2 所示。选用 ST 公司 STM32L031 系列单片机作为主控制器，该单片机在待机模式下功耗仅为 0.25 uA，并具备低功耗串口通信功能<sup>[8]</sup> (LPUART)，负责控制 NB 模组数据收发以及定位数据接收。串口 2 连接 CH340 芯片，实现串口转 USB 调试、数据打印等功能。通过内部 12 位 ADC 管脚 BAT\_ADC 以及电路导通控制管脚 BAT\_CHECK 实现对供电电压的实时监测。BC20\_PWR、BC20\_RST、BC20\_EINT、BC20\_GNSS\_POWER 管脚分别用于控制 NB 通信模组的供电、重启、唤醒功能以及为 GNSS (global navigation satellite system) 有源天线供电。

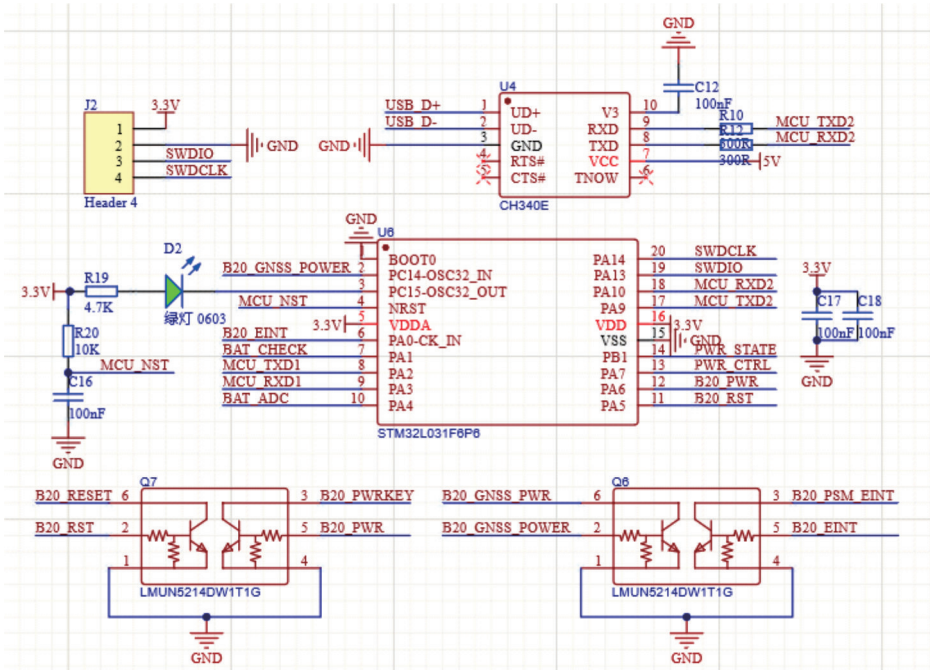


图 2 单片机及外围控制口、串口电路原理图

Fig.2 Schematic diagram of MCU and its peripheral control port and serial port

2.1.2 北斗/GPS 双模定位与 NB 通信模组电路

北斗/GPS 双模定位与 NB 通信模组电路原理图如图 3 所示。NB 通信模组选用上海移远公司开发的 BC20 模组，该模组接收机集成了北斗、GPS 定位功能，可以实现多系统联合定位<sup>[9]</sup>，其卫星信号捕获状态下耗流为 54.7 mA，跟踪状态下耗流 30.2 mA，而当设备进入 PSM 工作模式时，耗流仅为 3.7 uA。在与基站通信时，BC20 模组在 B5 及 B8 频段上发射功率可达 23 dBm，接收灵敏度为 -129 dBm。模组在发射时段瞬时电流可达 260 mA，设计时在其供电管脚 VBAT 附近并联了大容量去耦钽电容。BC20 模组串口采用 1.8 V 电平，经过电平转换电路后与主控制器串口连接。在模组处于 PSM 模式下，其 1.8 V 供电输出管脚 VCC\_BC20\_EXT 无输出，串口无法正常通信，使用时通过引脚 BC20\_PSM\_EINT 唤醒后再进行串口通信，重新配置其工作状态。SIM 卡选用贴片式 5 mm × 6 mm esim







2.2 渔网 NB 示位标软件实现

渔网 NB 示位标软件主要基于 STM32L031 低功耗单片机与集成 GNSS 定位功能和 NB 窄带物联网通信功能的 BC20 模组，采用 C 语言开发，编译环境为 Keil V5.26，软件主流程图如图 5 所示。

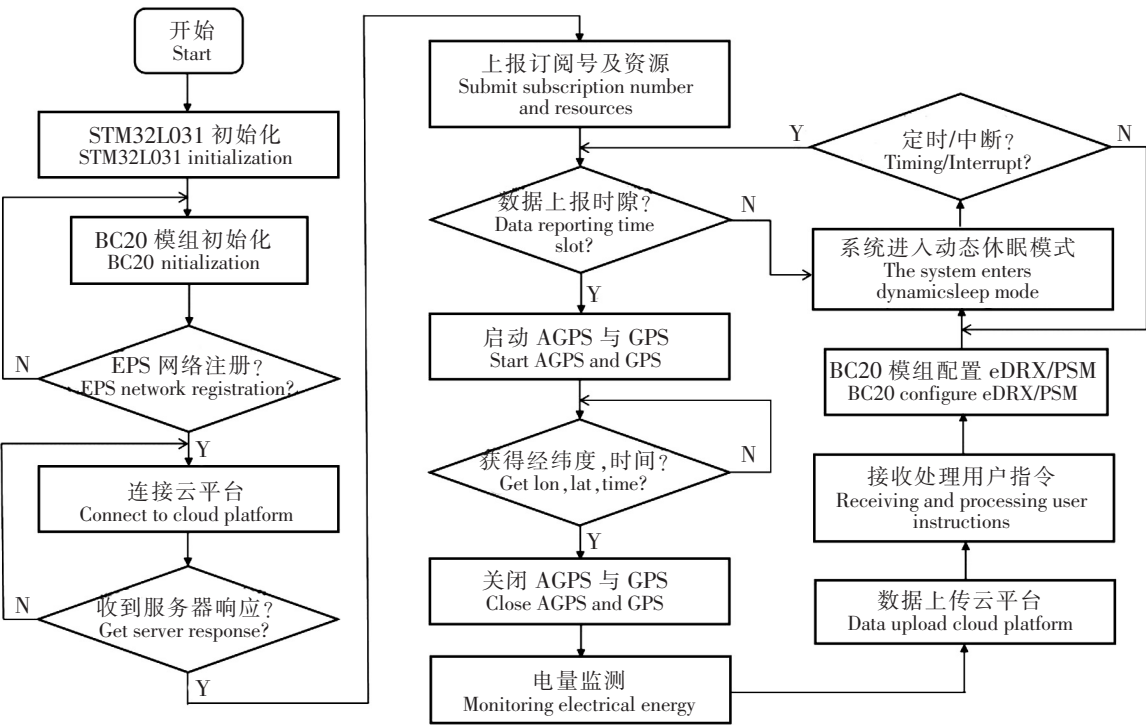


图 5 渔网 NB 示位标终端软件流程图  
Fig.5 Software flowchart of a NB-based fishnet beacon

2.2.1 工作流程实现

通过开机按钮为设备上电后，主控制器进行初始化操作，并控制 IO 口保持供电电源，在接收到用户关机命令时，可通过控制此 IO 口实现远程关机。初始化 BC20 模组时，设备获取 NB 信号 RSSI 与 EPS 网络状态，注册到云平台，并根据云平台服务器的响应上报订阅号与资源类型。设备根据配置的数据上报周期启动 AGPS 和 GNSS，获取经纬度及时间信息，并对电池电压进行采样，通过内部存储的电量电压匹配数组获取百分比形式的电量，再将相关数据逐一上传至云平台。同时，设备如果收到下行指令，则根据指令运行对应线程，如调整数据上报周期，改变工作状态，或者强制关机。未收到下行指令，设备将在上报数据成功后，进入动态休眠模式，并开启外部与定时器中断，等待下次中断或上报时隙。程序中循环判断语句均添加了重试次数及错误处理函数，并添加了看门狗，提高设备运行稳定性。

2.2.2 功耗控制策略

设备不同工作状态下功耗状态如图 6 所示。分为 5 种运行状态：PSM 为休眠态；receive 为接收态；location 为定位捕获态；transmit 为通信态；IDLE 为不连续接收态。由图 6 可知，设备能耗主要集中在获取定位、数据上传、数据接收过程中。为使设备在满足响应服

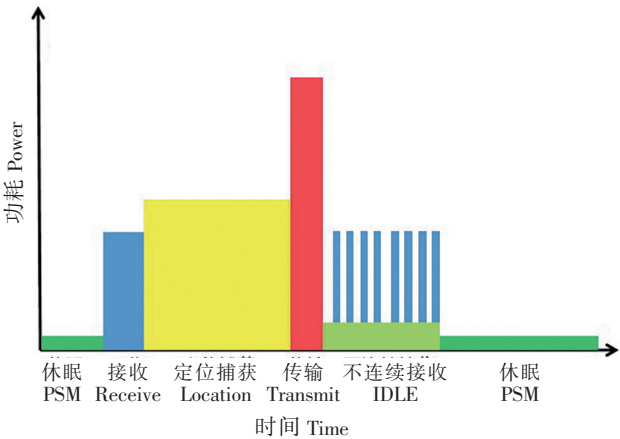


图 6 设备不同工作状态下功耗  
Fig.6 Power consumption of equipment under different working states

务器下行命令时延情况下同时具备低功耗，软件采用 eDRX 技术，通过扩展的不连续接收模式来降低设备功耗，在 eDRX 周期内，向服务器申请较短的寻呼时间窗 PTW（paging time window），缩短无数据交互期。在设备定位数据获取与上报周期内，设计动态休眠算法，建立设备上报时隙控制传递函数。

设备上报时隙控制传递函数框图如图 7 所示。其工作原理为：设备在启动后首先采集设备初始经纬度数据，之后根据预设上报时隙在第  $n$  次规定时间采集经纬度数据后，根据初始经纬度数据计算得出目前位置与初始位置

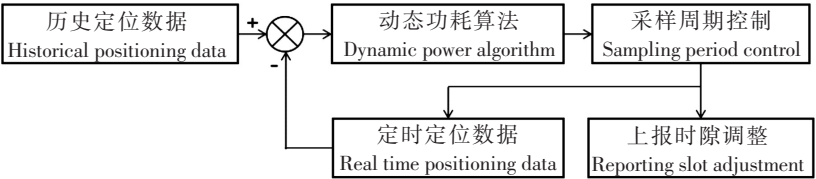


图 7 设备上报时隙控制传递函数框图

Fig.7 The block diagram of the transfer function for equipment reporting slot control

水平偏移量  $D_n$  和与上一位置水平偏移量  $D_{n-1}$  之差  $dD_n$ ，根据  $D_n$  与  $dD_n$  的值改变定位数据采样频率，并相应调整数据上报周期  $T_r$ （ $T_r$  初始值取 300 s）。当位置偏移量  $D_n$  不超过设备水平定位精度  $D_{cep}$  时，可认为设备地理位置不变，则延长数据上报周期  $T_r$ ，增加量  $T_a$  取值为设备的 eDRX 周期。当位置偏移量  $D_n$  超过限定阈值时，若  $dD_n < 0$ ，说明示位标运动轨迹在回归起始点；若  $dD_n = 0$ ，说明示位标在偏移初始坐标的某点处于静止状态；若  $dD_n > 0$ ，说明示位标在快速远离初始坐标点，此时应缩短数据上报周期  $T_r$ ，提高设备数据实时性。

建立的动态数据上报周期  $T_r$  模型如下：

$$(T_r)_{(n+1)} = \begin{cases} 300, & n = 0; \\ (T_r)_n + T_a, & D_n \leq D_{cep}, n > 0, (T_r)_n < 1800; \\ (T_r)_n - T_a \times [dD_n/D_{cep}], & D_n > D_{cep}, n > 0, (T_r)_n > 60; \\ (T_r)_n, & \text{else}。 \end{cases} \quad (1)$$

3 渔网 NB 示位标的制作与测试

3.1 定位精度测试及功耗测试

为测试渔网 NB 示位标基本功能的稳定性与可靠性，制作了设备样机，并在测试平台上对样机定位精度和功耗进行测试。将设备静置，对其定位数据进行统计，在 570 次定位中，水平定位误差基本在 10 m 以内，数据可以准确反映设备的真实地理位置，定位靶向图如图 8 所示，水平误差分布图如图 9 所示。

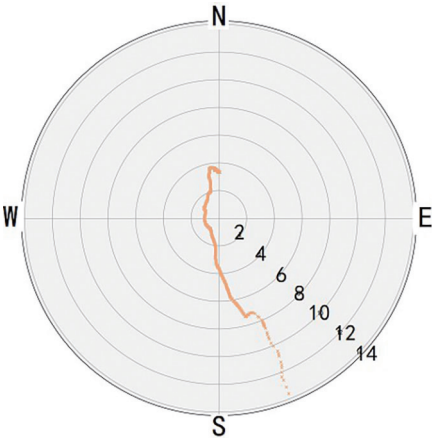


图 8 定位靶向图

Fig.8 Positioning and targeting diagram

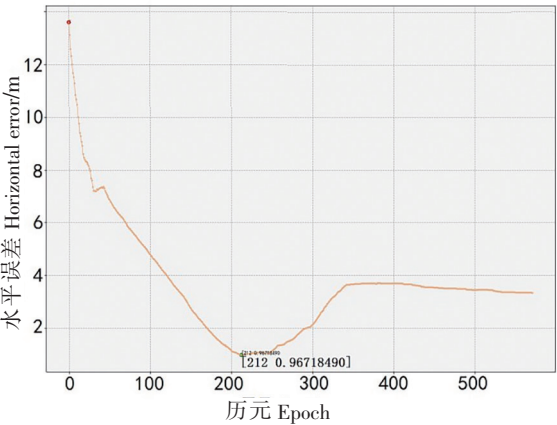


图 9 水平误差分布图

Fig.9 HAE distribution diagram

根据渔网 NB 示位标运行的软件设计，其数据上报周期  $T_r$  可分为定位通信区间  $T_a$  与休眠区间  $T_d$ ，即：

$$T_r = T_a + T_d \tag{2}$$

则单时隙耗电量  $E_r$  ( $\text{m} \cdot \text{Ah}$ ) 与时间  $T_r$  的关系可写为：

$$E_r = I_a \times T_a + I_d \times T_d = I_a \times T_a + I_d \times (T_r - T_a) \tag{3}$$

其中： $I_a$  为定位通信区间的平均电流； $I_d$  为设备休眠电流。

使用是德科技 N6705 电源分析仪配备 N6781 模块对渔网示位标工作下的耗电量进行测量，获得完整的定位通信区间电流消耗，如图 10 所示。设备在休眠区间下的电流消耗  $I_d$  仅为 0.09 mA；定位开启时电流为 80 mA，从开启定位到获得有效定位耗时平均约 16 s（开启 AGPS）；数据发送时全设备电流最高可达 270 mA，每个数据包发送耗时约 0.14 s；设备的定位通信区间  $T_a$  平均约为 54 s，区间平均电流  $I_a$  为 34.0 mA。以配备 3000  $\text{m} \cdot \text{Ah}$  的锂电池，上报时隙固定 300 s 为例，不使用功耗控制策略，设备可于海域内静置连续工作 484 h，约 20 d；在使用功耗控制策略与动态休眠算法时，当设备的 eDRX 周期取值为 81.92 s，且考虑设备位置偏移量基本小于设备水平定位精度的情况下，设备连续工作时间可长达 2 701 h，约 112 d。因此在设备长期处于静止状态下，采用动态数据上报周期模型续航最高可以提高约 4.6 倍。

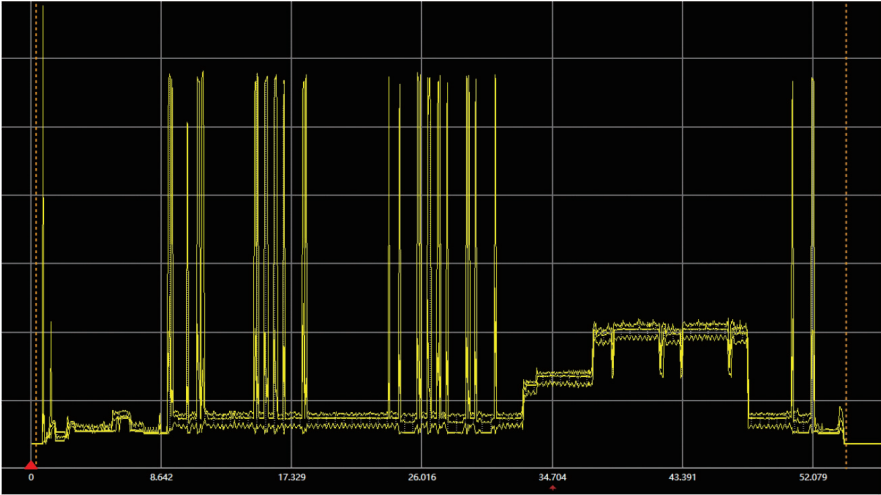


图 10 渔网 NB 示位标单个时隙下电流消耗曲线图

Fig.10 NB-based fishnet beacon current consumption curve under single time slot

3.2 水域安装测试

选择厦门集美园博苑内海水域对渔网 NB 示位标进行工作状态和功能测试，将设备与渔网固定，放置于水域中，设备实物图与测试现场照片如图 11 所示。测试人员通过手机端查看渔网所在位置，并对电量、经纬度数据进行监控，对快速寻标等控制功能也进行了测试。经测试，设备能够准确反映渔网的实时位置，并将数据及时上传回云端，对远程控制命令的响应也十分迅速，能够满足设计功能的要求。

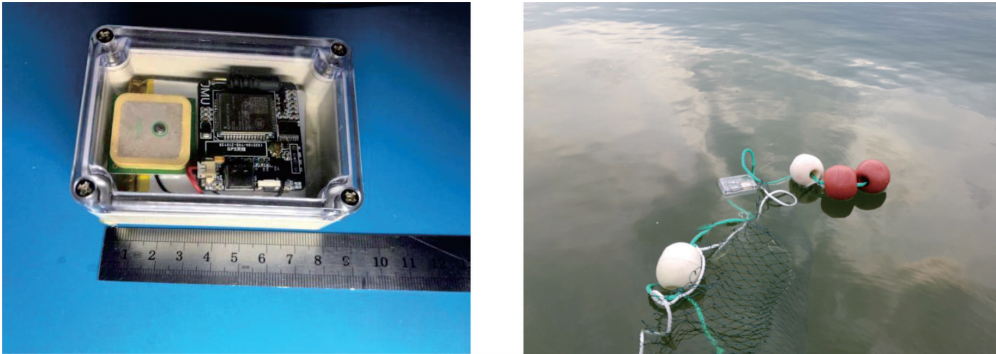


图 11 设备实物图与测试现场照片

Fig.11 Physical drawing of equipment and photos of test site



4 基于 OneNET 的渔网位置公共服务平台设计

OneNET 云平台是中移物联有限公司开发的一款免费的物联网开放平台<sup>[10]</sup>。该平台面向应用层，提供丰富的 API 和数据分发能力，开发者可根据平台提供的标准接入流程将设备接入平台<sup>[11]</sup>。OneNET 云平台在应用管理上提供了 BS 架构的 WEB 网页及手机端<sup>[12]</sup> 可视化界面开发套件，可以适应不同需求的应用开发。本文使用该平台提供的 NB-IoT 物联网套件，通过 LWM2M 协议接入，使用该套件自带的应用编辑器，实现基于 OneNET 的渔网位置公共服务平台设计。

4.1 手机端个性化应用

渔民作为渔网 NB 示位标的主要使用群体，根据其职业特点与用户习惯，在界面交互、功能设计、操作方式、显示效果上进行了专门优化，让用户能充分了解并利用渔网数据辅助决策，提升捕鱼和养殖效率。终端用户手机端操作界面分成三个页面，如图 12 所示。



图 12 终端用户手机端操作界面

Fig.12 Operation interface of end user mobile terminals

用户在登录平台后立即显示主界面，该界面包含可视化渔网定位地图、设备剩余电量百分比显示以及数据更新时间，用户可以直观查看渔网所在位置以及设备电量剩余，通过缩放地图可以获得更加精确的位置信息，通过数据更新时间估计设备地理位置的时效。

通过菜单栏可切换至数据曲线界面，通过电量变化曲线可以预估设备剩余使用时间，通过经纬度变化曲线可知渔网位移区间，判断是否被水浪或渔船带离原有位置，以便进行现场处理，及时止损，提高效率。

设备高级配置界面提供了快速寻标功能、调整上报时隙功能、临时休眠功能、强制关机功能、数据流切换（多个示位标数据切换）功能。其中快速寻标功能在渔民收网或寻网时使用，通过应用服务器下发命令，可以在有限时间内将定位数据更新速率提高到 3 s/次，使定位数据趋于实时。调整数据上报时隙功能可以手动调整渔网 NB 示位标上报数据的周期，范围为 3 ~ 100 min 可调，便于渔民将示位标应用于不同使用场景。临时休眠功能用于设备暂停上报定位数据时，以降低功耗。强制关机功能可以使设备直接断电，只能通过设备电源键重新开机。数据流切换功能可以实现多个可控示位标的控制切换，在用户拥有多个渔网 NB 示位标时可以通过切换数据流来监控不同 ID 设备。

4.2 渔网位置数据共享服务

通过渔网位置数据共享服务，用户可以查看全网渔网 NB 示位标的具体分布情况，如图 13 所示。通行船舶可通过平台查看航线内是否存在渔网，以便及时避让，监管部门可以通过平台查看通航区内是否存在违规布网，或有漂网在水流作用下进入航道内，方便及时采取措施，保障船舶交通安全。

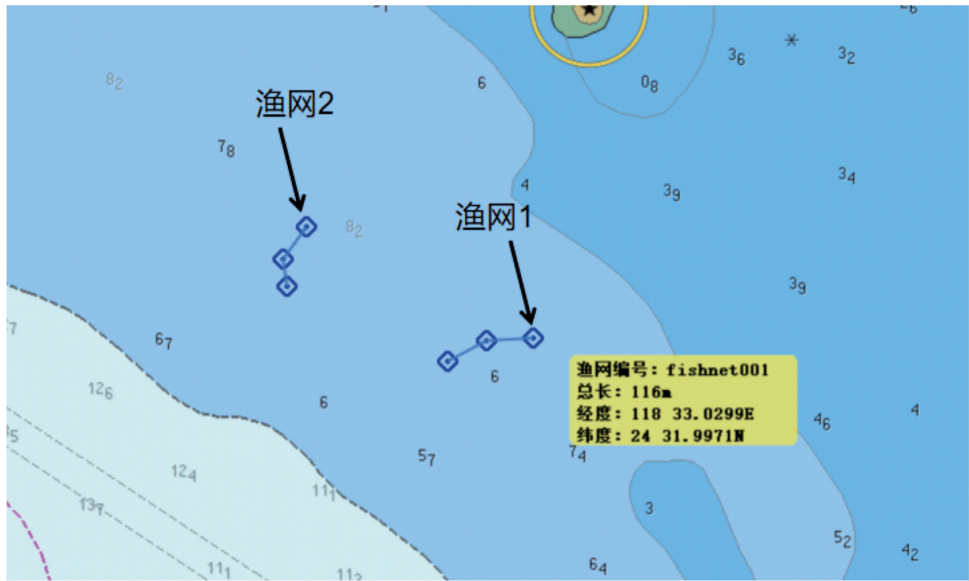


图 13 渔网位置数据共享

Fig.13 Fishnet location data sharing

5 结语

论文基于 NB-IoT 与 OneNET 云平台技术，设计开发了渔网 NB 示位标系统，并通过测试平台和沿岸海域安装测试实验，对系统的可靠性和有效性进行了验证。测试结果显示，设计的渔网 NB 示位标系统可以满足渔网定位监控功能，与传统 AIS 网位仪相比，具有体积小，功耗低，抗干扰能力强等优点，对渔民寻网、渔网监控及位置共享都有积极作用。

[ 参考文献 ]

[1] 刘法龙. 自主水上无线电设备应用、研究及展望 [J]. 数字通信世界, 2018(4): 30-31.

[2] 雷伟强, 常鹏. 论规范管理自主水上无线电设备对增强航行安全的意义 [J]. 中国海事, 2019(5): 46-50.

[3] 郑峰. 渔具避碰定位跟踪仪设计及强度分析 [D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2019.

[4] 刘铁君, 郭小飞. 海上自主无线电设备 (AMRD) 技术标准研究 [J]. 中国海事, 2020(5): 54-56.

[5] 黄伦文, 陈永方. 一种基于北斗应急无线电示位标的设计 [J]. 电子世界, 2020(10): 116-118.

[6] 王连胜, 夏冬艳, 汪源, 等. 一键式紧急无线电示位标设计 [J]. 电子技术与软件工程, 2018(17): 106-108.

[7] 彭雄根, 李新, 陈旭奇. NB-IoT 技术的发展及网络部署策略研究 [J]. 邮电设计技术, 2017(3): 58-61.

[8] XIANZHEN Z, WEIYU Y, ZHIJIAN Z H, et al. Design and implementation of high precision temperature measurement unit [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 128(1): 012127-1-012127-6.

[9] 陈继华, 吴晨曷. NB-IoT 云服务的集装箱房跟踪定位系统应用 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2020, 20(7): 65-68, 71.

[10] 陈宝远, 褚庆文, 孙忠祥, 等. 一种基于 OneNet 设备云的智能硬件组网方法 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2017, 22(5): 76-80.

[11] 丁飞, 吴飞, 艾成万, 等. 基于 OneNET 平台的环境监测系统设计与实现 [J]. 南京邮电大学学报 (自然科学版), 2018, 38(4): 24-29.

[12] 袁兴, 邓成中, 何紫杨, 等. 基于 NB-IoT 与物联云平台的消防炮控制系统 [J]. 西华大学学报 (自然科学版), 2021, 40(1): 87-92.

(责任编辑 陈 敏 英文审校 郑青榕)