

DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)01-0114-04

一种基于低功耗策略的智慧路锥

李艳丽¹, 杨燕鏊²

(1. 重庆城市职业学院, 信息与智能制造学院, 重庆 402160; 2. 重庆两江卫星移动通信有限公司, 重庆 401336)

摘要: 研究了一种基于低功耗策略的智慧路锥, 通过对传统路锥进行物联网化改造, 并结合了千寻高精度差分定位和卫星定位的技术优势, 同时接入了中移动的 OneNET 数据平台和千寻的高精度定位平台。该方案的最大优势在于上电后可实现秒级内高精度定位, 完成定位后自动将信息上报物联网平台, 实现了智慧定位事故位置的功能。第三方应用平台使用云平台提供的 API 接口获取智慧路锥的位置信息, 可有效解决道路交通安全预警等问题; 同时为了有效降低智慧路锥的运行功耗, 针对智慧路锥的通信和功耗特点, 通过改进现有操作系统的低功耗软件架构, 设计并实现了一种动态休眠的低功耗策略, 测试当处理器的利用率为 30% 的时候, 功耗比降为 15%, 结果表明智慧路锥的整体功耗有了明显的降低, 特别是处理器的利用率越低, 低功耗的性能越明显。

关键词: 智慧路锥; 低功耗; 物联网; 高精度定位; 千寻定位

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-7241(2026)01-0114-04

A smart roadcone based on low power strategy

LI Yanli¹, YANG Yanliu²

(1. Information and Intelligent Manufacturing School, Chongqing City Vocational College, Chongqing 402160, China;

2. Chongqing Liangjiang Satellite Mobile Communication Co., Ltd., 401336, China)

Abstract: This article researches a smart road cone based on a low-power strategy, through IoT transformation of traditional road cones, it adopts satellite dual-mode (GPS/Beidou) positioning and high-precision differential positioning technology of Qianxun, simultaneously connected to China Mobile's OneNET data platform and Qianxun's high-precision positioning platform, under hot start, the precise location of the accident can be located in seconds (in meters), and report high-precision positioning information to the Internet of Things platform, the third-party application platform uses the API interface provided by the cloud platform to obtain the location information of smart road cones, which can effectively solve problems such as road traffic safety warning. In order to effectively reduce the operating power consumption of the smart cone, this article focuses on the communication and power consumption characteristics of the smart cone. By improving the low-power software architecture of the existing operating system, a dynamic sleep low-power strategy is designed and implemented. When the utilization rate of the processor is 30%, the power consumption ratio is reduced to 15%. The test results show that the overall power consumption of the smart cone bucket is significantly reduced, especially the lower the utilization rate of the processor, the more obvious the low-power performance.

Keywords: smart road cone; low power consumption; IoT; high precision positioning; Qianxun positioning

目前传统的路政事件比如事故、施工、管制等由于信息渠道问题, 采集发布经常不及时, 会存在消息滞后的问题, 该现象会导致出行人无法及时合理规划出行路线, 从而带来了二次交通拥堵甚至事故的发生, 降低了司乘出行的效率和安全性^[1], 针对上述难题并针对传统路锥的部署场景, 本文研究将传统路锥进行智能化升级, 通过引入高精度定位技术结合目前流行的物联网应用技术使其具备云设联动的功能, 通过联网功能接入云平台, 并将高精度定位信息自动上报, 实现了数据的自动存储和分发。

目前流行的物联网应用技术, 使其具备高精度定位和联网的功能, 并通过云平台实现了设备接入、数据存储的

自动化管理。

同时考虑到智慧路锥的应用场景对低功耗的需求, 为了更好地降低智慧路锥的运行能耗, 本文针对智慧路锥的通信和功耗特点, 设计了一种新型的低功耗软件框架用于低功耗任务调度和设备管理, 并基于该框架实现了一种动态休眠的低功耗策略, 有效地降低了系统能耗, 使得系统的整体功耗得到了优化^[2]。

1 工作原理

“智慧路锥”系统架构图如下图 1 所示。使用 OneNET 物联网平台实现“智慧路锥”的设备接入和数据上传、存

收稿日期: 2024-06-12; 录用日期: 2024-08-08

基金项目: 2022 年度重庆市教委科学技术研究计划项目 (KJQN202203913)

作者简介: 李艳丽 (1987—), 女, 高级实验师, 硕士研究生, 研究方向: 智能控制、物联网。

引用本文: 李艳丽, 杨燕鏊. 一种基于低功耗策略的智慧路锥[J]. 自动化技术与应用, 2026, 45(1): 114-117. (LI Yanli, YANG Yanliu. A smart roadcone based on low power strategy[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026, 45(1): 114-117.)

储和分发,第三方平台可以使用相应的 API 接口获取相应设备的状态信息^[1]。

“智慧路锥”支持卫星定位+差分校正的高精度定位技术并实现了数据联网的功能,上电后自动接入云平台,实现了设备的自动接入和应用数据传输。具体工作过程如下。

1) 首先通过卫星定位获取自身的位置信息,但由于位置误差较大(10 m 级别),实际应用价值不大,需要使用千寻高精度定位技术对初始位置的误差进行校正,获取高精度定位位置信息。

2) 将位置信息上传至 OneNET 物联网平台,第三方软件如用户 APP 可以通过平台提供的 API 接口获取设备的位置信息,然后使用商用地图软件提供的第三方接口对位置信息进行处理和呈现。

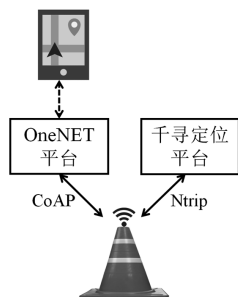


图1 “智慧路锥”系统架构图

Fig. 1 “Smart road cone” system architecture diagram

考虑到应用场景对低功耗的要求较高,硬件采用了低功耗微控制器单元(microcontroller unit, MCU)作为控制模块,该模组同时支持普通的卫星定位和 2G 联网功能;而千寻魔方差分定位模块通过差分算法实现了高精度定位的功能^[3]。

作为主控器,MCU 通过串口实现和通信模组以及定位模组的信息交互,因此,在软件上规划了以下四个功能。

1) 通过 GPIO 控制通信模组的开关,通过 AT 指令的方式实现通信模组的初始化、数据传输,为了防止网络掉线导致通信阻塞,还需要监控网络情况,如果掉线则需要实现自动重联。

2) 利用 HTTP 协议实现和 OneNET 平台的互联互通,通过 JSON 数据格式并将设备的状态信息,包括经度、纬度、定位类型和当前电量等信息上传至云平台。

3) 通过 GPIO 口控制千寻定位模块的开关,通过 AT 指令的方式实现定位模块的初始化,高精度定位信息的生成。

4) 植入控制千寻定位模组的 SDK,该 SDK 主要用于连接千寻定位平台,MCU 需要将卫星定位的数据通过 Ntrip 协议上报至该平台,千寻平台会将卫星的粗略定位信息进行差分校正,并将修正的 RTCM 报文回传给设备,MCU 获取到 RTCM 报文后利用串口协议将该消息传输到千寻定位模组中,该模块会通过高精度差分算法对 RTCM 报文进行补偿,并将计算的高精度定位信息回传至 MCU 进行处理和上报。

5) 实现低功耗控制策略。根据智慧锥桶应用场景的需求,需要自顶向下从应用层软件、操作系统调度以及硬

件驱动程序三个层次分别对低功耗的软件框架进行设计,其中应用程序可以根据具体的应用场景控制设备进入低功耗模式^[4],这个过程通过调用操作系统提供的低功耗中间件内置的算法,通过动态预估程序的休眠时间,避免了休眠时间设置过长导致实时性差的问题^[2],同时直接通过低功耗驱动层控制硬件比如 CPU 及其外设进入低功耗模式,从而达到节省电力的目的^[5]。

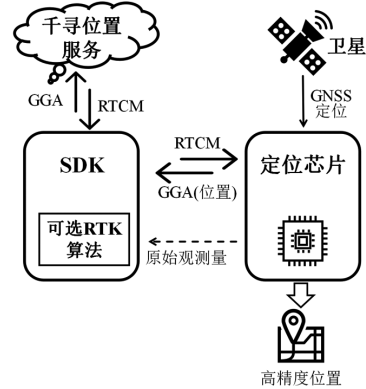


图2 千寻高精度定位原理图

Fig. 2 Diagram of Qianxun’s high-precision positioning

2 方案实现

硬件原理图如下图3所示,MCU 利用 GPIO 口(通用外设输入输出 universal input/output interface)控制通信模块和定位模块的上下电,利用串口实现和外设模组的互联互通。

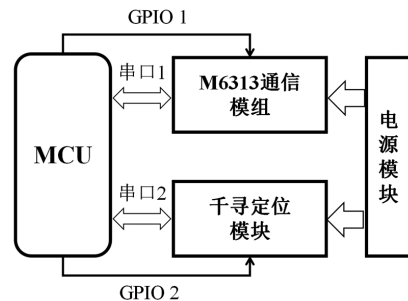


图3 硬件系统框图

Fig. 3 Block diagram of the hardware system

图4所示为实现了低功耗中间件的系统架构,该软件架构为分层结构,自底向上分别是低功耗硬件层和低功耗驱动层,操作系统层包括了传统的 RTOS 内核和低功耗中间件,其中低功耗中间件提供了低功耗的线程调度和能耗监控的操作接口^[6],应用程序通过相应的接口可以实现任务的动态休眠和驱动底层硬件进入低功耗状态。

系统软件工作流程如图5所示。

由于休眠周期难以确定,如果休眠时间过长容易导致数据处理不及时,整个系统的实时性变差;如果休眠时间太短,系统在运行态和休眠态频繁切换,反而会导致功耗增加,因此“智慧锥桶”基于操作系统的休眠调度机制动态优化系统的休眠时间和唤醒时刻,具体是在系统内设置一个守护进程,该进程的优先级最低,当系统没有业务进程被调度的时候,守护进程就会被运行^[7],具体调度算法

步骤如下。

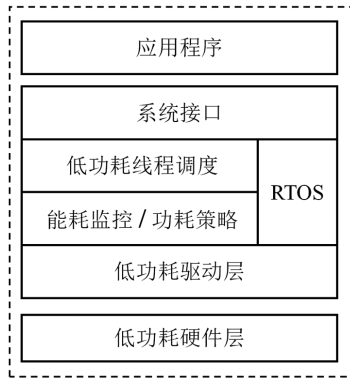


图4 低功耗系统框架图

Fig. 4 Framework diagram of the low-power system

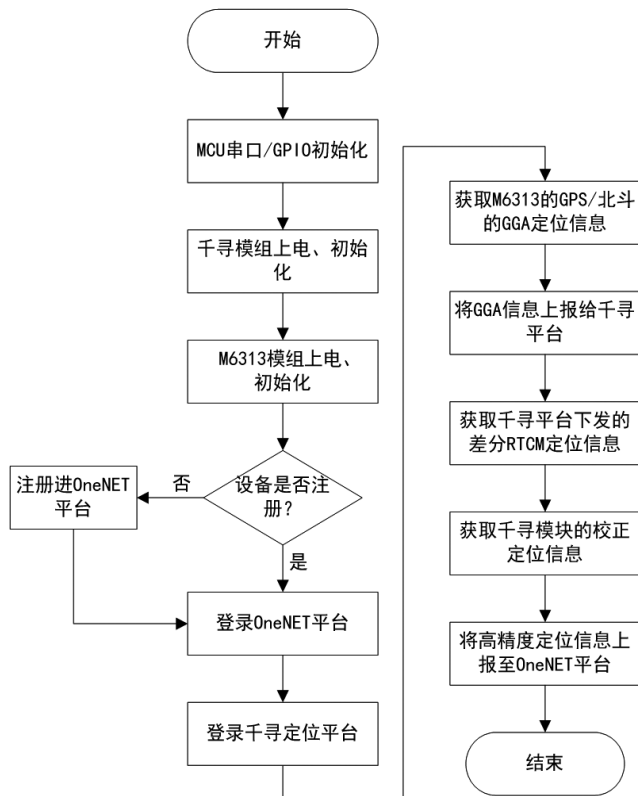


图5 系统软件流程图

Fig. 5 System software flowchart

1) 计算休眠时间。守护进程运行后,先通过操作系统的调度表获取下一个将被调度的高优先级任务的系统时刻,并计算距离当前时间的差值,这个差值就是系统可以休眠的时间,而且这个差值不是固定的,而是动态可变的。

2) 设置唤醒时间。使用一个硬件实时定时器用来唤醒系统,超时时间为动态预估的休眠时间,定时器超时后触发硬件中断,系统将被唤醒^[2]。

3) 进行系统时钟补偿。系统处于睡眠状态时,系统的tick时钟处于停滞阶段,因此在系统被唤醒后必须将休眠时间累加回系统时间中,防止系统唤醒后调度表里面的时间和系统时间不一致,从而导致系统调度功能崩溃的现象。

4) 最后该进程负责关闭操作系统的tick时钟,调用底层驱动关闭外设供电,并触发MCU进行低功耗状态。

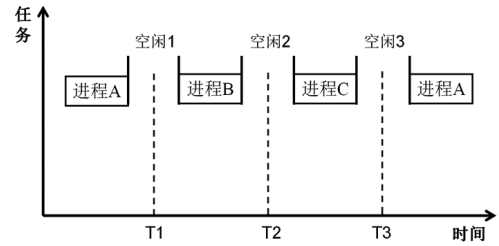


图6 低功耗线程调度时序图

Fig. 6 Sequence diagram of low-power thread scheduling

图6显示了低功耗任务调度算法的原理和时序,其中横轴为时间轴,进程A和进程B为应用程序,进程C为中断程序,A和B不会一直占用系统时间,表现为交替运行,C为外部中断随机触发的程序,应用程序之间的空闲间隙会被用来运行系统的守护进程,守护进程的工作过程如下。

1) 在空闲间隙1中首先计算进程B的运行时间距当前系统时间的差值,然后将该差值设置为唤醒定时器的超时时间,启动定时器并关闭系统时钟后进入低功耗状态。

2) 在空闲间隙2中首先计算进程A的运行时间距当前系统时间的差值,然后将该差值设置为唤醒定时器的超时时间,启动定时器并关闭系统时钟后进入低功耗状态^[8],当被外部中断打断了休眠后,唤醒系统并执行进程C^[2]。

3) 最后在空闲间隙3中计算守护进程的休眠时长,然后将时间设置为唤醒定时器的超时时间,启动定时器并关闭系统时钟后重新进入低功耗状态。

3 测试

如图7所示,为了不影响卫星定位信息的接收,需要将智慧锥桶部署在无遮挡的环境中。



图7 路测实拍图

Fig. 7 Real road test photo

打开电源开关,智慧路锥会首先完成常规的卫星粗定位,此时的误差为10米范围内,然后通过千寻高精度定位技术将误差修正到1米范围内,整个过程持续2分钟左右,获取到高精度定位信息后会自动连接OneNET平台并将定位信息连同设备信息上报至云平台^[9]。

在云平台上通过二次开发调用地图软件如百度、高德提供的API接口处理定位信息,就可以以地图的形式查看智慧锥桶的位置信息,用户可分别通过平台网址或者手机APP的进行查看。

智慧锥桶上报至OneNET云平台上的数据信息如图9所示,主要包括经纬度信息lat和经度信息lon、定位精度

类型 type(1 表示高精度定位,2 表示普通定位,3 表示基站定位),vol 表示设备的当前电量状态,满为 1 000,低于 200 将会触发平台报警并推送至用户 APP 上。



图 8 手机 APP 定位地图

Fig. 8 Mobile APP positioning map



图 9 OneNET 平台定位信息

Fig. 9 Location information on the OneNET platform

低功耗测试所用的仪器是 Fluke8845A 高精度数字多用表,该仪表可以通过 PC 端软件将数据进行图形化显示,首先通过应用程序创建 5 个任务,每个任务对应一个线程,分别运行低功耗线程调度策略和非低功耗线程调度策略^[10],并通过设置任务的执行时间来控制 MCU 的使用率,此时利用内置的低功耗监控程序来分别统计 MCU 和各个任务的运行时间,并确定 MCU 使用率和低功耗/非低功耗两种模式的功耗比之间的关系。

测试步骤如下所示。

1) 设备的一次工作时间为 180 s,而一天(以 24 h 计算,工作 5 次)的工作时间为 0.25 h。

2) 设备休眠时的工作电流由 Fluke8845A 数字多用表计算出其平均电流约为 6 μ A,而一天的休眠时间为 23.75 h,所以休眠时间耗能为 0.142 5 mAh。

3) 运行非低功耗策略,通过改变 CPU 的运行负荷情况,并监测相应的工作电流,如满负荷时的工作电流由 Fluke8845A 数字多用表计算出其平均电流约为 100 mA,所以一天工作时间耗能为 25 mAh,因此每天耗电为 25.142 5 mAh,所以,一节 4 000 mAh 的电池,使用时长为 160 天。

4) 运行低功耗策略,通过改变 CPU 的运行负荷情况,并监测相应的工作电流,如 50% 使用率时的工作电流

由 Fluke8845A 数字多用表计算出其平均电流约为 25 mA,所以一天工作时间耗能为 6.25 mAh,因此每天耗电为 6.392 5 mAh,所以,一节 4 000 mAh 的电池,使用时长为 625 天。

测试结果如表 1 所示,当 MCU 的使用率为 30% 时,低功耗策略和非低功耗策略的功耗比为 15%;当 MCU 的使用率为 70% 时,低功耗策略和非低功耗策略的功耗比为 75%;当 MCU 的使用率为 100% 时,低功耗策略和非低功耗策略的功耗比为 100%。由此可见,在 MCU 使用率越低的时候,低功耗策略能节省的电力越多。

表 1 低功耗测试验证结果

Tab. 1 Low-power test results

MCU 使用率%	100	90	70	50	30
功耗比%	100	75	50	32	15

4 结论

本文设计了一种基于低功耗策略的智慧路锥,该设备结合了千寻高精度差分定位和卫星定位的技术优势,同时接入了中移动的 OneNET 数据平台和千寻的高精度定位平台,实现了上电启动后自动将高精度位置信息上报至物联网云平台,定位精度可达 1 米范围内;实现了低功耗软件框架的重构,通过分层结构设计了低功耗驱动层和低功耗中间件,应用程序通过相应的接口可以实现任务的动态休眠和驱动底层硬件进入低功耗状态;最后通过搭建软硬件环境对低功耗软件进行了功能和性能测试,测试结果表明了在 MCU 使用率越低的时候,低功耗策略节能效果越好,功能和性能指标均达到预期。

参考文献

- [1] 李艳丽, 杨代强. 采用卫星双模定位的物联网智慧路锥[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2023, 23(8): 43-45.
- [2] 刘源, 周家绪, 杨燕鉴, 等. NB-IoT 模组的低功耗控制软件的设计和实现[J]. 中国新通信, 2018, 20(14): 51-53.
- [3] 王艳, 王树磊, 孙浩洋, 等. SIM7600 和千寻位置差分数据的高精度定位研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2020(4): 2-5.
- [4] 林健, 姜黎. 基于时钟的低功耗动态管理方法研究[J]. 电子与封装, 2024, 24(5): 57-62.
- [5] 高凌哲. 从大数据“杀熟”谈信息产权[J]. 中国新通信, 2018, 20(14): 53-54.
- [6] 千寻位置. 千寻定位 SDK 移植和使用文档[EB/OL]. 2021. 9. 26. [https:// developer. qxwz. com/document/mu8ig3](https://developer.qxwz.com/document/mu8ig3).
- [7] 黄军胜, 龙华, 黄良珂. 千寻差分定位技术在水利工程中的应用[J]. 广西水利水电. 2019(1): 12-15.
- [8] 覃志华. 基于 NB-IoT 的公路路面状态感知系统设计[J]. 自动化应用, 2024, 65(6): 11-13.
- [9] 中移物联网 OneNET 平台. OneNET 平台开发文档[EB/OL]. 2019. 8. 15. [https:// open. iot. 10086. cn/doc/book/release/201908. html](https://open.iot.10086.cn/doc/book/release/201908.html).
- [10] 程显峰, 陈太平, 高兵, 等. 智能电表功耗问题分析[J]. 自动化应用, 2024, 65(5): 166-167.