

城市智慧港口安全预警监测系统设计

牛 帅¹, 吴有龙¹, 许 彬¹, 朱子轩¹, 庞启明¹, 方咏绮²

(1. 金陵科技学院 电子信息工程学院, 江苏 南京 211169;

2. 金陵科技学院 智能科学与控制工程学院, 江苏 南京 211169)

摘 要: 城市港口的环境、交通、水文等是影响港口作业的重要因素, 港口船舶交通的需求日益增大, 环境日趋复杂, 导致事故频发。因此结合硬件检测和前端管理平台, 设计了一款能够监测港口地区环境、交通、水文信息的城市智慧港口安全预警监测系统。系统融合了北斗定位、多传感器信息融合、MQTT 协议等技术, 硬件控制以 STM32 物联网开发板为核心, 搭载温湿度、雷电、水浊度、pH 值等传感器, 能够有效实现对港口数据的全面感知; 软件设计能够实时查看港口的各项安全数据, 并配有数据大屏。在发生异常情况时系统能及时反馈并提醒管理人员采取措施, 有效实现了港口的协调管理和安全监测预警, 推进智慧港口建设。

关键词: 物联网技术; 智慧港口; STM32; 北斗定位; 水文监测; 环境监测; 云平台

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 2095-1302 (2023) 11-0021-03

0 引 言

港口是全球综合运输网络的节点, 在我国国民经济发展中处于枢纽地位, 因此港口的安全至关重要。但由于港口的特殊性, 气象灾害如大风、大雾等天气对海上船只的运营以及港口的建设都会产生巨大的影响, 特别是海洋气象灾害容易对航运、沿海基础设施等造成巨大的经济损失。而智慧城市的提出能够为港口的安全监测提供新的思路。

许多学者开始研究如何让现代港口加入到智慧城市的发展浪潮中, 进一步发展智慧港口系统。王景敏^[1]在物联网技术的基础上提出了一种集成化港口供应链协同管理模式, 提高了港口的供应链集成度; 袁飏等人^[2]结合污染原因, 设计了一套粉尘在线监测系统; 文献 [3-4] 提出了港口空气质量监测和警报领域部署架构的解决方案; Tchao 等^[5]研究的 MIMO 技术在 4G 通信中的应用为本文的通信模块设计提供了思路; 王健华等人^[6]研究了不同能见度下的港口交通风险, 为不同能见度的航行风险预测提供理论依据; 文献 [7-9] 研究了港口区域的空气质量情况以及污染来源, 为港口环境治理提供参考。但综合分析, 这些设计依旧存在着成本过高、测量不够准确和不全面等局限性。

为了解决以上问题, 本文设计了一款基于北斗的城市智慧港口安全预警监测系统。系统硬件部分以 STM32 单片机为核心, 大大降低了研发成本; 同时加入多种传感器, 全方

位检测港口信息, 保障了港口的安全, 减少经济损失。

1 系统设计

城市智慧港口安全预警监测系统采用硬件、软件相结合的方式设计, 硬件部分由 STM32 物联网开发板、风速风向传感器、雷电传感器、水滴传感器、pH 值传感器、浊度传感器和激光测距模块组成; 利用多传感器信息融合技术, 实现智慧港口安全信息的全面感知和可靠传输。系统流程如图 1 所示。软件部分为智慧港口安全管理平台。港口管理员可通过平台网页实时查看港口周边信息, 并及时做出异常报警, 最大程度上降低港口的经济损失。

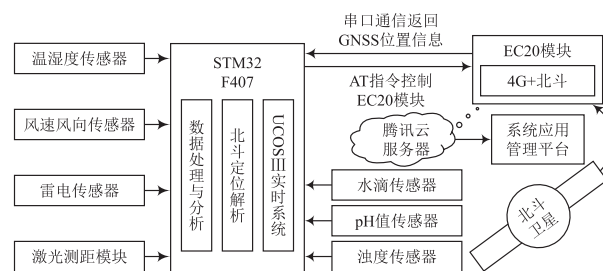


图1 城市智慧港口安全预警监测系统

城市智慧港口安全预警监测系统主要对港口内部的环境、路面以及水文进行实时监测, 并将数据上传至管理平台。若有异常情况发生, 则会及时通告相关管理人员开展应对措施, 进而满足智慧城市系统对城市港口整体状况的统一管控和安全监测的需求。

2 功能子系统设计

监测系统由控制与通信、数据感知、数据处理和应用平

收稿日期: 2023-02-10 修回日期: 2023-03-07

基金项目: 江苏省大学生创业训练项目 (202213573124T); 金陵科技学院科教融合项目 (2022KJRH15)

台四部分子系统组成,其硬件实物如图2所示。



图2 硬件实物连接图

2.1 控制与通信子系统

2.1.1 北斗定位模块

为了实现港口安全预警监测设备的统一管控,加入了北斗定位功能。板载EC20模块支持北斗/GPS卫星定位,内置的GNSS接收器能快速准确地获取定位信息,将模块连接有源北斗天线,通过串口发送“AT+QGPS=1”AT指令即可接收卫星定位数据并通过NEMA端口输出。

2.1.2 STM32F407控制核心

硬件核心控制模块采用基于ARM Cortex-M4内核的STM32F407芯片,其最高主频可达168 MHz,带有一个浮点运算单元(FPU),同时支持CAN、FSMC、I²C、AD/DA等丰富外设接口,可以用来外接各种模块和开发板进行通信。

物联网开发板除主控外,接口丰富,还集成了SWD下载、USART、电源等电路,易于开发和验证,硬件图如图3所示。

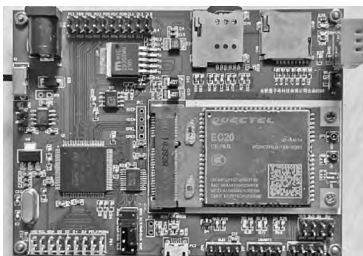


图3 STM32物联网开发板

2.1.3 4G通信模块

为了实现实时记录港口内的各项数据,使用4G网络进行数据的上报。4G通信技术具有较强的抗干扰性和信号覆盖能力,可以实现快速传输音频、视频等。EC20模块在获取定位信息的同时支持最大上行50 Mb/s和下行100 Mb/s的4G通信,通信质量较好,符合本设计的要求。EC20模块通信如图4所示。

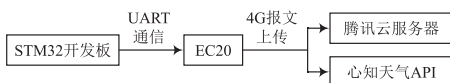


图4 EC20通信模块

2.2 数据感知子系统

智慧港口安全预警监测系统的数据感知子系统由环境数据采集、路面情况预测、水文数据感知三大模块组成,涵盖了风速风向传感器、温湿度传感器、红外传感器、pH值检测器、雷电传感器和降水预警装置等多传感器数据融合,为整体平台提供了环境的安全以及路面、水文状况等多方面的数据。

2.2.1 环境数据采集

(1) 风速风向监测

三杯式风速仪和风向传感器用于采集港口风速风向信息,通过STM32的ADC接口获取传感器信号端的电压值,计算可得风速风向信息。

(2) 温湿度监测

通过使用DHT11温湿度传感器,可采集港口周边的温湿度情况。传感器参数见表1所列。

表1 DHT11传感器参数

参 数	测量精度	测量范围	分辨率
温度/℃	±2	-20 ~ 60	0.1
湿度/%RH	±5	5 ~ 95	1

(3) 能见度监测

能见度受限的港口交通平均事故率是能见度不良与良好情况下的2.5~3倍,使用EC20 4G模块连接心知天气服务器,调用天气实况API即可获得当地能见度信息。

(4) 雷电监测

雷电监测采用AS3935雷电传感器。AS3935能够准确监测闪电的出现时间和位置,估算风暴距离,量程为1~40 km。

(5) 降水监测

监测港口区域的降水情况使用雨水感应模块,模块表面使用镍涂成线形,在空气中不易被氧化生锈。当雨滴滴落聚集在电路板上时,输出电压发生变化,当电压处在不同范围时,可判定雨量大小。

2.2.2 路面状况监测

港口地区由于装运货需求量大,车辆行人众多,出现道路结冰时,车轮与路面之间的摩擦力大幅减弱,容易打滑,造成交通事故。因此路面状况监测对于防止港口交通事故造成经济损失和人身危害有十分重要的意义。

根据中国气象局发布的《道路结冰预警信号》标准^[10],道路结冰预警级别受地表温度、降水情况以及时间的影响,其关系见表2所列。

经测试,采用温度传感器结合降雨检测模块实现道路结

冰预警监测,符合系统设计要求。

表2 道路结冰预警等级

预警级别	地表温度 /℃	降水	时间 /h
黄色预警	<0	是	<12
橙色预警	<0	是	<6
红色预警	<0	是	<2

2.2.3 水文状况监测

(1) 水质检测

水的浑浊度是指水中含有的泥沙、黏土、有机物、浮游生物等物质造成的浑浊程度。根据光学原理,采用 TSW-30 浊度传感器,通过溶液中的透光率和散射率来综合判断浊度情况。TSW-30 模块具有模拟量和数字量输出接口,测量精度高,性能稳定。

(2) pH 酸碱度检测

pH 值是重要的水文特征。使用 pH 传感器采集港口水域的酸碱度情况,扩展有 DS18B20 温度传感器接口,易于进行软件温度补偿,减小温度变化的影响。在 25 ℃ 的环境下,模块测量精度高达 ± 0.01 。

(3) 水位测量

港口水域标准水位为 2~10 m,水位异常则会导致船舶搁浅等事故。采用 WT53R 激光测距模块测量港口水位,具备防水功能,工作稳定。使用时根据危险水位设置报警阈值,当测量距离异常时触发报警。与 MCU 进行串口通信,易于开发。

2.3 数据处理子系统

作为衔接感知层和网络应用平台的物理环节,数据处理子系统需要实现对采集到的数据进行整合、多组数据分析识别、事件流程协调管理、独立设备数据存储、完备数据实时通信等功能,决定了系统的实时性和有效性,是“城市智慧港口安全检测系统”的核心部分。例如依据海水水质标准的 pH 值规定^[1],项目采用的 pH 传感器 ADC 采样值与 pH 值之间的关系如下:

5 V ADC 采集系统:

$$y = -5.7541x + 16.654$$

3.3 V ADC 采集系统:

$$y = -5.8887x + 21.677$$

式中: x 表示电压值; y 表示港口水域的 pH 值。

2.4 应用平台子系统

应用平台子系统使用 Java、Spring、SpringMVC、MyBatis 等多个技术栈搭建了后台管理系统,实现了对于终端所传回数据的基本处理逻辑;结合前端框架 Vue,通过管理页面展示处理后的信息。应用平台如图 5 所示。



图5 应用平台首页

2.4.1 安全监测数据显示

图 6 显示了后台管理页面中的环境监测数据,将由温湿度传感器、惯性传感器、风速风向传感器等多个终端设备测得并传回的参数数据在管理页面端进行相应的显示;根据系统内部逻辑判断是否异常并进行不同颜色的标记,方便工作人员更快地排查隐患,提高效率。

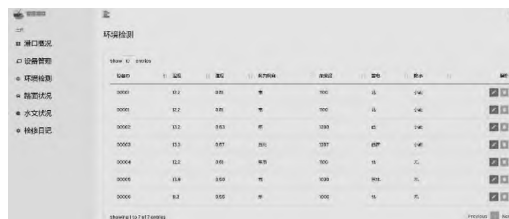


图6 环境检测数据

2.4.2 数据大屏显示

数据大屏如图 7 所示,可以将终端设备传回的水质 pH 值、水位高度、位置信息、预警等级等在大屏上进行动态化展示,工作人员可以通过该大屏实时监测到港口各个方面的情况变化并对异常情况及时进行处理,有效提高了港口管理的智慧化水平。

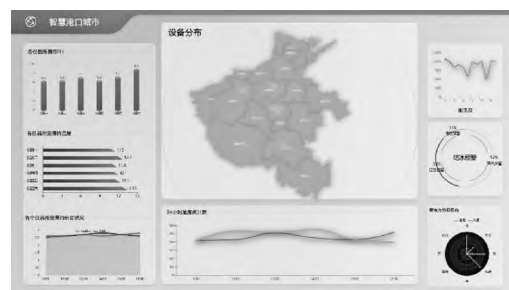


图7 数据大屏显示

3 结 语

针对港口的复杂情况,设计了一款基于北斗的智慧港口安全预警检测系统,涵盖了城市港口周边的环境信息、道路结冰和水文检测功能,检测数据全面,并配备异常数据报警反馈机制,能够及时排查安全隐患,预防和减少事故发生,有效实现港口的自动化、信息化和智能化。

注:本文通讯作者为吴有龙。

(下转第 27 页)

针对不同用户的需求,该云平台可实现基本的数据可视化显示和报警;本系统还可进行应用拓展,将湿度传感器、烟雾传感器、火焰检测传感器接入本系统,可应用于智能环境监测等领域,具有广泛的应用前景。

5 结 语

本文基于光纤荧光测温技术,优化设计测温传感器,利用其耐腐蚀、强绝缘、免维护、抗电磁干扰、稳定性较好等特点,提高测温传感器的精度和准确性,并解决其恶劣环境应用受限问题;结合 STM32 设计出实时温度采集系统,并基于“一套系统+N个场景”的智慧系统设计框架,结合物联网和云平台,设计出一种使用范围广、高集成化的温度监测云平台系统,拓展其在智慧消防、管网监测、电气火灾防范等智慧校园场景下的应用。

注:本文通讯作者为甘英浩。

参 考 文 献

- [1] 郭义勇.基于石墨烯光纤的分布式光纤快速测温系统研究[D].成都:电子科技大学,2022.
- [2] 杜海龙,张靖宇,王启鑫,等.基于 SHT75 的温湿度检测系统的设计[J].物联网技术,2021,11(1):10-13.

- [3] 于为雄,戴景民,王勇.基于比色测温原理的动态辐射扫描测温仪研制[J].红外与激光工程,2014,43(5):1390-1395.
- [4] 施德恒,黄国庆,刘玉芳.一种新型荧光光纤测温探头及其一致性研究[J].自动化与仪表,2022,37(11):73-76.
- [5] 李海,蔡光师.基于物联网平台的温度和照度远程测量系统[J].物联网技术,2020,10(12):13-15.
- [6] 黄建伟,刘婷.光纤荧光温度传感探针的研究进展[J].激光与光电子学进展,2022,59(15):223-237.
- [7] WANG F, ZHENG L, ZHAO C. Research on reliable high-speed train axle temperature monitoring system based on fluorescence optical fiber sensor [C]// Proceedings of 2019 CAA Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes (SAFEPROCESS). Xiamen, China: IEEE, 2019: 856-859.
- [8] GU Z, NI X. A fluorescence fiber temperature detection system based on the lifting-wavelet [C]// Proceedings of Photonics Global Conference. Singapore: IEEE, 2013: 1-3.
- [9] WU J L, HAN D K, LIU H Y. Study of a miniature probe fluorescence temperature sensor [C]// Proceedings of 2012 Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. Zhangjiajie, China: IEEE, 2012: 626-628.
- [10] 刘艳君,韩萍,马君霞.基于 Householder 变换的贪婪正交最小二乘辨识算法[J].控制与决策,2022,37(9):2281-2286.

作者简介:陈圆媛(1981—),女,硕士,高级工程师,研究方向为新能源、智慧交通。

甘英浩(1989—),男,硕士,工程师,研究方向为BIM技术、建筑电气、智慧建筑。

张剑锋(1980—),男,硕士,教授,研究方向为建筑节能、建筑智能化。

袁世博(2000—),男,本科,研究方向为智能控制、电气控制技术。

(上接第23页)

参 考 文 献

- [1] 王景敏.基于物联网的集成化港口供应链协同管理探析[J].物联网技术,2014,4(11):53-55.
- [2] 袁飏,张旭仁,刘履震,等.散货港口粉尘在线监测与污染防治技术探析[J].中国资源综合利用,2022,40(7):163-165.
- [3] GUADALUPE O, JUAN B P, JAVIER C, et al. A microservice architecture for real-time IoT data processing: a reusable web of things approach for smart ports [J]. Computer standards & interfaces, 2022, 81, 103604.
- [4] 王国锋,李媛,姚琳,等. AERMOD 在内河港口规划环评中的应用研究:以南昌港为例[J].江西科学,2022,40(1):22-27.
- [5] TCHAO E T, GADZE J D, AGYAPONG J O. Performance evaluation of a deployed 4G LTE network [J]. International journal of advanced computer science and applications (IJACSA), 2018, 9(3): 165-178.

- [6] 王健华,胡基平,张锦朋,等.基于 MC 的不同能见度下港口交通系统风险分析[J].上海船舶运输科学研究所学报,2013,36(4):57-61.
- [7] 张子伟,刘保双,孟赫,等.青岛市港口区域 PM_{2.5} 污染特征及来源解析研究[J].环境科学学报,2022,42(11):293-307.
- [8] 孙虎,张春意,刘筱萌.辽宁港口集团散货码头堆场抑尘专项研究[J].水运管理,2022,44(3):17-20.
- [9] 王志力,张春意.港口污染源空气质量布点监测[J].低碳世界,2021,11(9):31-32.
- [10] 佚名.冰雪气象灾害预警信号[J].中国应急管理,2008,2(1):60-61.
- [11] 吴亚楠,李昱蓉,卢霞,等.基于浮标监测的连云港近海紫菜养殖区水环境特征[J].海洋开发与管理,2020,37(4):42-48.

作者简介:牛 帅(2002—),男,本科在读,研究方向为嵌入式系统、物联网相关技术等。

吴有龙(1987—),男,博士,副教授,研究方向为GNSS+定位导航系统的质量控制和完好性监测。