

文章编号: 2095-2163(2022)07-0191-05

中图分类号: TP273

文献标志码: A

# 基于 ZigBee 与 STM32 的叉车管理系统研究

周 禄, 李捍东, 覃 涛, 徐 杰

(贵州大学 电气工程学院, 贵阳 550025)

**摘要:** 叉车是工厂常用的搬运车辆,目前大部分叉车作业的安全性主要依靠人员来保障,且叉车故障管理难、故障种类复杂,没有统一管理平台。针对这些情况,本文设计了一种基于 ZigBee 和 STM32 的智能叉车物联网系统,利用超声波测距、RFID 等技术监测叉车运行状态等信息,上传叉车运行数据,保障叉车的安全行驶;同时实现了 Web 管理页面,通过 Web 发布实时显示当前叉车数据,方便管理人员对叉车统一管理和调度。系统主要功能为叉车故障上传、叉车状态监控等。实验结果表明该系统具有可靠、稳定的特点,能够为叉车的安全高效运行和管理提供保障。

**关键词:** ZigBee; STM32; 叉车; RFID

## Research on forklift management system based on ZigBee and STM32

ZHOU Lu, LI Handong, QIN Tao, XU JIE

(School of Electrical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**[Abstract]** Forklifts are frequently used pallet trucks. At present, the safety of most forklift operations is guaranteed by professionals. However, forklift fault management is difficult and complex, and there is no unified platform management. To solve these problems, the paper designs an intelligent forklift IoT system based on ZigBee and STM32, which uses bicycle ranging, RFID and other technologies to monitor forklift operating status and other information. At the same time, online management is achieved by uploading forklift operating data to ensure forklift safety. The main function of the current forklift data system includes uploading of forklift faults, forklift monitoring and so on. Experimental results ensure that the system has the characteristics of reliability and stability, and provides a guarantee for the safe and effective operation and management of the forklift.

**[Key words]** ZigBee; STM32; forklift; RFID

## 0 引言

随着物联网技术的蓬勃发展,物联网技术渗透到各行各业<sup>[1]</sup>。虽然物联网技术渗透进了社会生活的各个方面,比如智能家居、智慧农业等领域,但仍有巨大的发挥潜能。由于各国企业来华投资,中国已成为“世界工厂”,如何打造以工业互联网和智能制造为基础的新竞争优势,成为新时代的建设重点<sup>[2]</sup>。智能工厂是指工厂的办公、管理及生产自动化,与此同时生产安全和效率得到提升<sup>[3]</sup>。目前在发达国家工厂管理人员可以通过叉车的实时工作状态制定对整个厂区的叉车工作的合理调度安排,但是中国大部分工厂还未实现上述功能,所以造成巨大的人力、物力、财力资源浪费。物联网的发展对车辆的智能化管理和控制提供了有力的技术支撑<sup>[4]</sup>。

康昭等<sup>[5]</sup>提出了射频识别(RFID)和超宽带

(UWB)技术在智能仓储管理系统中的联合应用,但没有考虑仓储周围环境,对叉车的情况缺失管理,缺少危险报警等安全措施;Sergiu 等<sup>[6]</sup>提出了一种基于物联网设备的管理系统,系统由定位服务器、仓库管理服务器和安装在叉车上设备组成,并根据位置信息以及定位服务器从仓库管理服务器获得的信息,告知叉车操作员将要依照执行的各种动作,从而减少叉车行驶的距离以及搬运和装载时间,实现了叉车的动作指导和定位服务,但是这种预测和指导会有延迟,如果能将叉车出入车间的情况通过 RFID 模块上传至数据库,就能针对数据进行实时处理并作出决策,可以方便管理员的工作;Fabian Kirsch 等<sup>[7]</sup>利用本地雷达技术对物联网环境的叉车等运输车辆进行定位,使用了 RFID 模块实现实时位置监测,并且利用超宽带定位系统融合算法进行三维高精度对叉车定位,但是由于使用的是雷达系统,存

**作者简介:** 周 禄(1998-),男,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统和物联网;李捍东(1966-),男,硕士,教授,主要研究方向:嵌入式系统;覃 涛(1980-),男,硕士,讲师,主要研究方向:嵌入式系统、智能控制技术;徐 杰(1995-),男,硕士研究生,主要研究方向:图像处理。

**通讯作者:** 李捍东 Email: Xdli1@gzu.edu.cn

收稿日期: 2022-01-04

在视野盲区而且容易被天气或其它事物干扰,测量结果会失去准确度。

在工业 4.0 的背景下,物流贸易空前发展,中国急需建立智能化仓储管理系统,叉车是物流行业不可缺少的工具,目前叉车智能化的程度还不够,而且一般厂内需要专职人员对叉车定期进行检查,造成成本浪费;其次故障排查人员不一定能及时有效精确定位到故障点,导致叉车本身可能会长期存在隐患点。

为解决上述叉车管理的问题,本文研究了基于 ZigBee 和 STM32 的叉车管理系统,能实时监测叉车,遇到叉车故障能手动上传故障码,管理人员收到后安排维修师傅针对具体问题现场修理,免去故障排查,有效提高工厂叉车管理水平,适应智能工厂的转变。

### 1 系统总体设计

整个无线网络采用 ZigBee 自组网、多点中继,实现了树形网络拓扑结构。树形拓扑结构是一种较为简单的通信方案,图 1 给出了一个典型的树形结构,该拓扑结构的最大特点就是任意两个节点的通信可以依赖路由器的辅助转发完成通信,即便是两个节点比较远,也能借助路由器转发消息。采用了树形结构主要是考虑到这种结构的组网方式相对网状结构,简单且易于调试,传输距离比星形结构远。

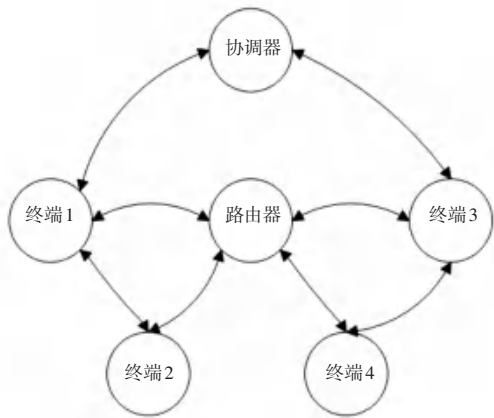


图 1 ZigBee 树形组网结构

Fig. 1 ZigBee tree networking structure

基于此结构进行软硬件的开发和设计,同时对整个系统开展了多次组网测试,最终完成了调试。

叉车控制系统设计架构如图 2 所示。由于在厂区有多个存储厂房,所以需要多个这种叉车控制器,稍后介绍多个叉车控制器的总体架构布局。单个叉车控制系统架构包括多个模块,包含液晶显示、超声

波报警、RFID、供电以及供电检测、叉车故障检测上报几大模块,几大模块与主控集成在一个控制箱内,放置在叉车空闲位置。显示模块方便操作人员查看,比如 RFID 模块检测到当前叉车进入哪一个厂房等;叉车电池故障状态包含过压、欠压、充电过流、放电过流、SOC 过低报警;超声波报警模块主要是考虑到安全问题,设置一个安全范围,通过限制叉车与物体间的间距在安全范围内可以避免危险发生;叉车故障监测上报模块上传故障信息,通过将多种故障编码来内置多种故障情况,当发生故障时驾驶员可以通过输入相应故障代码发送给后台,管理人员可以及时派故障修理人员到场处理;射频识别技术 (RFID) 是一项利用射频信号实现无接触信息传递,达到识别目标的技术。RFID 模块主要是用来确定叉车当前位置的;供电模块为叉车控制器提供能源,不需要外界供能,供能模块采用的是锂电池供能。

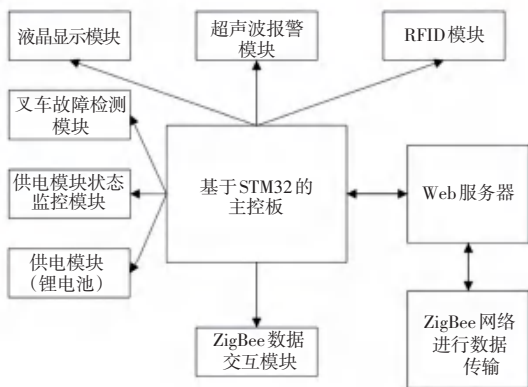


图 2 叉车控制系统设计架构图

Fig. 2 Design architecture of forklift control system

由于在厂区有多个存储厂房,所以需要多个叉车控制器,需要多个控制器来进行协调,多台控制器的系统的架构图如图 3 所示。

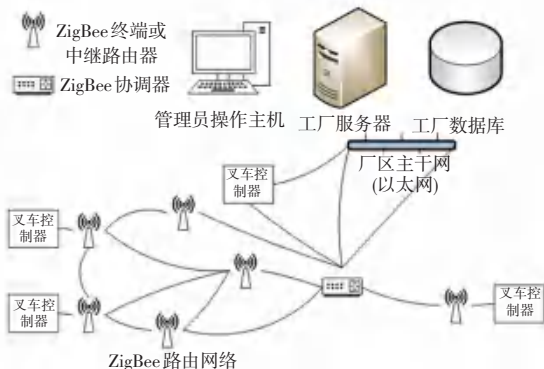


图 3 多台叉车控制器的情况时系统架构图

在系统中需要传输的数据包括 RFID 标签数

据、故障信息,服务器接收到信息就会显示具体位置及何种故障,管理人员能及时派遣人员处理故障。由于在局域网内使用自定义的报文,一定程度上规避了别人解析数据包的风险,提高了整个系统的安全性。

叉车控制器的主控芯片采用的是基于 Cortex-M3 内核的 STM32F103 单片机,其是叉车控制器的核心,为硬件系统提供处理能力,可实现硬件调度、数据回传与接受、执行各种控制功能,基于

STM32F103 的集成电路板设计框图如图 4 所示。其中,叉车定位模块使用的是 RFID (射频识别技术),其原理是利用标签与阅读器之间非接触式通信,达到识别目标的目的。由于在工厂内,叉车和阅读器之间的距离近,所以使用无源标签,驾驶员进入某一个厂房时,使用电子标签接近阅读器,阅读器读取数据后将其解码并将数据发送至服务器,将实时位置信息显示在 Web 网站上,达到数据实时展示的效果。

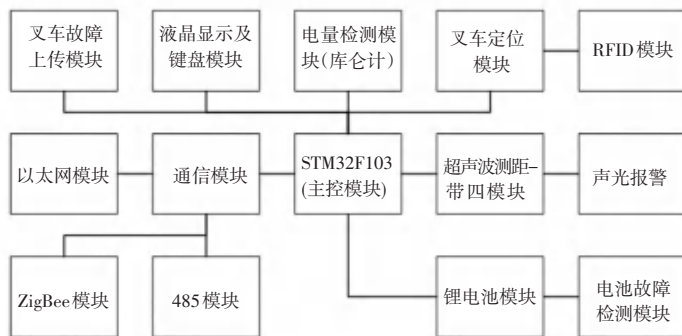


图 4 基于 STM32F103 的集成电路板设计框图

Fig. 4 Block diagram of integrated circuit board design based on STM32F103

厂房区域内的通信使用的是 ZigBee 组网。ZigBee 组网有 3 个特点<sup>[8-9]</sup>:一是延迟短,ZigBee 的响应速度快,从睡眠状态切换到工作状态仅需要 15 ms,节点连接网络仅需要 30 ms;二是方便,ZigBee 的通信控制要求非常低,可以节约通信成本,并且 ZigBee 免收专利费,其工作的频段可免许可证,非常方便;三是 ZigBee 安全性高,使用加密算法提供数据完整性检查和身份验证功能。除了上述特点之外,ZigBee 通信功耗极低,从而消除了充电或频繁更换电池的麻烦。虽然 ZigBee 传输距离不长,一般来说点对点的传输范围介于 10~100 m 之间,考虑到厂房内空间不大,故可以接受,ZigBee 组网通信方式基本符合系统的设计要求。后台与 ZigBee 协调器之间的信息传输通过局域网通信的方式,设置 ZigBee 协调器的 IP 地址都处于同一个局域网内,数据传输采用的是套接字通信和以太网传输方式。每个厂房之间数据的路由和转发是通过 ZigBee 路由器级联组网来实现传输的,最后数据会汇总到一片区域的 ZigBee 协调器,从而实现数据的长距离传输,最后通过套接字和以太网传送给后台服务器。

## 2 自定义通信协议

### 2.1 叉车故障状态码

叉车系统启动后,遇到叉车故障时驾驶人员能

够手动在叉车控制器的键盘上输入故障代码,服务器程序能够识别和解析故障含义。

叉车机械故障是指叉车在使用过程中出现的故障,分为 6 类,包含驱动故障、起升电机故障、加速踏板故障、电池故障、温度过高以及其他故障,其它故障的故障码为 3,主要包括 CAN 通讯故障、开路或档位问题等一些不常见的故障;驱动故障定义为 0 号故障,又可具体分为驱动逻辑故障一到驱动逻辑故障三,将故障状态码定为 01-03,此外还有驱动电机三相线故障、驱动逻辑故障等若干项驱动故障等,1 号故障确定为叉车起升故障,主要有起升逻辑故障一到起升逻辑故障三,此外还有起升电机故障等;加速错误定为 2 号故障,主要是加速踏板的问题,有加速踏板误触和加速踏板故障两种错误;电池错误是 4 号故障,包括电池电量不足和电压不足等故障;5 号故障主要是叉车在过度运行或者是冷却系统出问题时会产生异常高温的情况,主要分为启动电机模块温度过高、起升电机温度过高等情况。

### 2.2 RFID 协议码

EPC(Electronic Product Code)是用来标识目标的特定代码,可应用在生产、物流、跟踪等物联网场景中,易于使用和维护,成本较低。通过标签制作软件可以写入 RFID 标签的 EPC 号。定位规则:使用 4 个字节储存信息,其中首部字节标识进出状态,01

表示进入状态,00表示离开状态;第二个字节标识楼号,由01、02、03这3个标识代表3栋楼,04标识充电间,05和06标识两个雨棚;第三个字节标识层号,若第二个字节不是01、02、03表示没有层号,这时用00代替;最后一个字节表示具体仓库,每层楼一共3个仓库,若该段信息不表示楼层,则用00标识。例如:01010101表示进入1号楼1层1号仓库。标签的识别是使用UHF读卡器,将UHF读卡器的波特率设置为57 600 bps。设置好单张标签过滤时间为1 s(可设置其他值),开启蜂鸣器,UHF读卡器将读取到电子标签的信息。

### 3 叉车管理系统设计

#### 3.1 数据表设计

数据库是用来存储必要信息的。MySQL数据库体积小、开放源代码,有着广泛的应用。共设计3张表,分别是设备表、设备数据存储表、用户表,见表1~表3。

表1 设备表  
Tab. 1 Equipment table

字段名	类型	注释	键类型
device_id	int	设备 id	主键
device_type	varchar	设备型号	
device_describe	longtext	设备信息	
device_brand	varchar	设备商标	

表2 设备信息表

Tab. 2 Device information table

字段名	类型	注释	键类型
device_id	int	设备 id	主键 1
user_id	int	用户 id	主键 2
location	int	叉车位置	
work_time	datetime	工作时间	
state	int	工作状态	
power	int	电容量	

表3 用户表

Tab. 3 User table

字段名	类型	注释	键类型
user_id	int	用户 id	主键
user_passwd	varchar	登录密码	
user_rank	int	用户等级	

#### 3.2 网页设计

网站后台有以下功能:①实时显示功能;②历史数据查询功能;③数据分析功能。其中,实时显示功能需要实时显示充电间以及1、2、3号库房范围内连入ZigBee自组网不超过3台的叉车(根据交付的硬件数量)状态信息和位置信息;历史数据查询需要能够查询重要的历史数据以及报警记录,例如异常报警等信息;数据分析功能需要根据数据分析叉车使用率、工作效率车辆状态、定期提醒、保养与维护等。

人员分为操作人员和管理员,管理员可以增添操作人员信息,管理人员和操作人员可登陆查看叉车当前运行与叉车运行历史信息,后台运行信息界面如下图5所示。



图5 运行信息界面

Fig. 5 Operation information interface

### 4 结束语

本文介绍了基于STM32和ZigBee的工厂智能叉车管理系统的自拟协议和软硬件设计,所设计的系统可为当前国内大部分工厂服务,主要体现在以下几个方面:

- (1) 设计了一种智能且方便的控制方式,能够大幅度减小工厂叉车操作人员以及管理人员负担;
- (2) 研究了叉车常见故障,对叉车易出现机械故障情况进行了编码,方便操作人员将故障码上传,以及后台解析故障码;

(3) 系统实现在叉车的工作范围、停放区域以及厂区等其它地方对叉车的定位,定位精度到10 m内的范围,空间精度精确到当前所在楼层及区域,保障了叉车安全区域内活动,保障厂财产安全;

(4) 系统能够存储重要的实时数据以及报警记录,在系统的后台还能对这些信息进行大范围查询和维护。

#### 参考文献

- [1] 褚护生. 叉车工况远程监测系统的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2018.

(下转第201页)