

基于物联网下的汽车实训室设备管理系统

李大勇¹, 袁江¹, 吉方松¹, 姜小川¹, 冯宝祥²

(1.重庆海联职业技术学院,重庆渝北401120;

2.重庆粤嵌科技有限公司,重庆南岸401336)

摘要:针对传统汽车实训室设备管理系统系统错误率高、定位误差过大等问题,设计基于物联网的汽车实训室设备管理系统。首先,设计汽车实训室设备管理系统总体框架;其次,通过物联网前端感知设备——射频识别(radio frequency identification, RFID)装置和电流传感器分别采集设备信息和电流信息;最后,通过物联网并发网络将信息传递到物联网终端服务器当中,利用服务器中的功能模块实现实训室资产在线管理、设备追踪定位以及设备状态监测。实验结果表明,系统应用下定位误差均在10 cm范围内,内存资源保持在5%以下,资源消耗缩小。当并发量在300次查询每秒(queries per second, QPS)下,系统错误率仅5.27%,系统运行状况极佳,系统性能有效提升。

关键词:物联网;汽车实训室;RFID;设备管理系统

中图分类号:TP319 文献标识码:A 文章编号:1003-7241(2025)08-0135-05

Equipment Management System for Automobile Training Room Based on the Internet of Things

LI Dayong¹, YUAN Jiang¹, JI Fangsong¹, JIANG Xiaochuan¹, FENG Baoxiang²

(1. Chongqing Hailian Vocational Technical College, Chongqing 401120, China;

2. Chongqing Yueqian Technology Co., Ltd., Chongqing 401336, China)

Abstract: In response to the problems of high error rates and large positioning errors in traditional equipment management systems for automotive training rooms, the paper designs an equipment management system for automotive training rooms based on the Internet of Things. Firstly, it designs the overall framework of the equipment management system for the automotive training room. Secondly, device information and current information are collected separately through the front-end sensing devices of the internet of things—radio frequency identification (RFID) devices and current sensors. Finally, through the concurrent network of the internet of things, information is transmitted to the IoT terminal server, and the functional modules in the server are used to achieve online asset management, device tracking and positioning, and device status monitoring in the training room. The experimental results show that the positioning error under system application is within the range of 10 cm, the memory resources are kept below 5%, and the resource consumption is reduced. When the concurrency is at 300QPS, the system error rate is only 5.27%, and the system is running very well, effectively improving system performance.

Keywords: internet of things; automobile training room; radio frequency identification; equipment management system

0 引言

当下汽车实训室的设备管理工作仍以传统的方法开展,也就是通过人工记录的方式,这种记录方式存在很多的弊端,例如购入一批新的实训设备时,管理员将设备基本信息记录在设备表格中,当有人员需要使用该设备时,登记后直接就可以取走,这种简单的方法常常无法很好地协调资源^[1-2]。另外人工管理设备,很容易出现的遗漏、混乱信息,经常出现设备“失踪”“丢失”的现象。在这

种情况下,很容易影响实训教学的顺利开展^[3]。面对上述情况,进行汽车实训设备的科学、规范、有序的管理势在必行。

祁苗苗等人提出铁路车辆运行安全监测设备综合监控管理系统关键技术研究^[3],通过现代化手段采集铁路车辆运行安全监测设备数据,选择合适的监测设备,通过监测设备对车辆运行状态进行实时数据采集,并对采集到的数据进行处理与分析,提取关键指标,建立有效的数据模型。将采集到的数据通过通信网络传输至监控中心,实现数据的实时共享与远程监控。白文华等提出基于物联网技术的可移动医疗设备监控管理^[4],通过物联网技术,将医疗设备与移动设备终端实现连接,利用物联网技

*基金项目:重庆市教育委员会科学技术研究计划青年项目资助项目(KJQN202105101)

收稿日期:2023-10-23

术获取的大量设备数据,可以进行数据分析和挖掘,提高设备的效率和可靠性。

以上方法均能提升监测设备效率,但系统定位误差较大。为此,研究一种基于物联网下的汽车实训室设备管理系统。通过该系统以期改善现有管理系统存在的缺陷,进一步提高汽车实训室设备管理能力。

1 物联网下系统层级结构设计

物联网是指通过各种信息传感器、射频识别技术、激光扫描器等各种技术,实时采集待监测目标的相关信息,然后通过各类可能的网络接入而形成的一个巨大信息联通网络,以实现智能化感知、识别和管理^[4]。本系统就以物联网为基础,进行开发和设计。首先系统的总体框架,根据物联网基本应用流程,将本汽车实训室设备管理系统总体框架设计为层级结构,包括三个层级,即感知层、网络层以及应用管理层。

(1) 物联网前端感知层:由物联网各种前端感知设备组成,包括各种传感器、二维码标签、RFID 装置以及全球定位系统(global positioning system, GPS)设备等,用于采集待监测目标信息并识别目标,是整个系统各功能运行所需数据的主要来源。

(2) 物联网中端网络层:由各类可能的网络接入组成,如互联网、电信网、无线网、电网等,用于向上传递感知层采集到监测信息。

(3) 物联网终端应用层:由系统各种功能模块组成,负责对监测信息进行记录、删除、整理和分析等。此外,还负责实现与管理交互。

2 物联网下的管理系统硬件单元设计

2.1 物联网前端感知设备

感知设备是物联网构成中不可或缺的硬件。物联网前端感知硬件设备有很多种,在本系统中选择 RFID 装置来感知信息,该装置采用了超高频无源 RFID 标签及相应的读写器组成,如图 1 所示^[5]。



图1 RFID 装置

其中,本系统中的读写器拥有四路 TNC 通道,因此具有多标签识别能力强、灵敏度高、读卡距离远、抗干扰力强的优点,更为重要的是其低功耗设计,30 dBm 输出

功率时,峰值电流只有 1 A,因此在运作时能够极大节省系统能耗。本系统当中的电子标签遵循 EPC Gen 2 (ISO 18000-6C) 协议标准,拥有 True 3D 天线技术,有效识别距离较远,读取速度快。对于每一个实训室设备,将其信息写入到电子标签当中,包括类别、属性、型号、规格、材质、颜色、用途等,然后将电子标签粘贴到设备上。当需要查询或者跟踪设备时,读写器会通过天线发射射频信号,当电子标签接收到射频信号后对其进行应答,将标签中存储的设备信息反馈给读写器,读写器读取信息并传输^[6]。与此同时,通过射频信号强度来实现设备追踪和定位。

RFID 虽然能够实现设备位置跟踪,但是无法通过 RFID 信息确定设备处于开机、运行、关机何种状态。针对这一点,还需要另一种前端感知设备,即电流传感器,采集设备开机、正常运行、异常运行和关机时产生电流信息,它安装在每个设备上的,当设备开机、运行和关机时相应的电流数据就被实时采集^[7]。

2.2 物联网通信并行传输设计

物联网是依据互联网、电信网、无线网、以太网等网络的基础上实现数据传输的网络。在以往系统中,本系统中利用 ZigBee 组建局域无线网络,然后先发给网关,再由网关转发到后台每个具体的边缘服务器上,经过具体服务器处理后,再通过以太网将局域网络连接起来,形成适用于汽车实训室设备管理的物联网通信网络,这样能够极大地分担中央服务器的运行压力,提升系统的并发能力^[8]。硬件组成如图 2 所示。

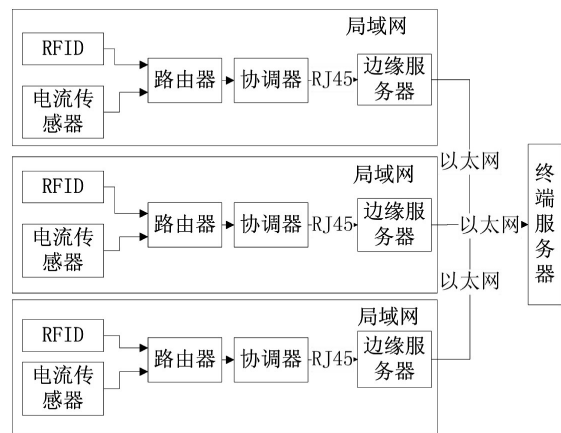


图2 物联网通信并行传输框架

在传输网络中,路由器的作用是扩大网络覆盖面积,让无法与协调器直接通信的感知节点通过路由器转发实现数据传输;协调器的作用是创建区域网络,在应用终端服务器与感知设备之间的建立安全的通信通道。物联网通信网络组建成功后,集中器将收集所有感知端的数据,然后通过 RJ45 传输到边缘服务器,边缘服务器再通过以太网模块传输到外网,到达系统应用层终端服务器。终

端服务器上装载了各种功能模块,由于服务器具有普适性,在本研究中不进行具体分析^[9]。

3 物联网下功能模块设计

3.1 物联网下实训室资产在线管理模块

为防止实训室内设备丢失,实现设备的全生命周期追踪,利用物联网的联网互通功能,实现在线资产管理是十分必要的。该模块主要由三个程序组成:

(1) 设备入库管理:对于实训室新购入的设备,需要在电子标签中写入相关设备信息并贴到该设备上,然后填写入库单;对于用户借用归还的设备,则在线直接填写入库单^[10]。入库单填写信息见表1。

(2) 设备出库管理:在借用之前,用户需要提交预约申请,当线上申请通过后,用户可以到管理员处填写出库单,然后领取设备^[11]。出库单填写信息见表1。

(3) 报修管理:对于使用过程中,出现损坏的设备,根据需要线上填写报修单并送回管理员处,进行进一步的处理^[12]。报修单填写信息见表1。

表1 实训室资产管理单

入库单	出库单	报修单
设备编号	设备编号	故障设备编号
设备名称	设备名称	故障设备名称
设备类型	设备类型	故障设备类型
设备型号	设备型号	故障设备型号
入库时间	借用人姓名	报修人
储位位置	借用人编号	报修时间
逾期说明(非必填项)	借用时间	报修说明
/	预期归还时间	/
/	续借时间	/

3.2 物联网下设备定位追踪模块设计

当设备被借出后,管理员需要对设备的物理位置进行实时追踪,以防止设备丢失,尤其是对于逾期没有归还设备。但由于在追踪过程中需要进行大量的运算,因此普遍产生了较高的系统能耗,占用了大量的系统资源。针对这一点,在该模块当中以物联网前端设备—RFID读写器收集电子标签信号强度(received signal strength indicator, RSSI)为基础,辅以参考标签位置,利用物联网服务器上的LAMDMARC算法估算设备位置^[13]。具体流程如下:

步骤1:假设在一个区域中,设置了 n 个阅读器; m 个参考标签,参考标签位置固定且已知;待定位标签有 k 个。

步骤2:建立待定位标签和参考标签的RSSI矩阵,即

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nk} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中, A 代表待定位标签RSSI矩阵; B 代表参考标签的RSSI矩阵; a_{ik} 代表第 i 个读写器读到的第 k 个待定位电子标签的RSSI值(信号强度值); b_{ij} 代表第 i 个读写器读到的第 j 个参考电子标签的RSSI值(信号强度值)。

步骤3:计算在RSSI上的相关度,即

$$r_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_{ij} - a_{ik})^2} \quad (3)$$

式中, r_{jk} 代表第 j 个参考电子标签与 k 个待定位电子标签之间的RSSI相关度。

步骤4:根据组成 r_{jk} 相关度矩阵,即

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mk} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中, R 代表相关度矩阵。

步骤5:依据最近邻算法,升序排列 R 中的关联度数值,选取排序前 S 个近邻参考标签作为近邻,即

$$U = \max \{r_{jk} | j = 1, 2, \dots, S\} \quad (5)$$

式中, U 代表近邻集合,每个近邻坐标标记为 (x_j, y_j, z_j) , $j = 1, 2, \dots, S$ 。

步骤6:对 S 个近邻参考标签之间的距离进行加权平均,得到待定位标签的位置,即

$$(x, y, z) = \sum_{j=1}^S w_j (x_j, y_j, z_j) \quad (6)$$

式中, (x, y, z) 代表待定位标签的位置坐标,也就是要追踪的设备位置; (x_j, y_j, z_j) 代表第 j 个近邻参考标签的位置坐标^[14]。

3.3 物联网下设备运行状态监测模块设计

在该模块当中以物联网前端设备——电流传感器收集电流数据为基础,运行物联网应用端服务器上神经网络算法,对设备运行的四种状态(开机、正常运行、异常运行和关机)进行监测,监测流程如图3所示^[15]。

4 系统实现与测试

以某校汽车工程专业的实训室为例,其中实训室设备共有168件,利用本系统将这些设备进行登记并贴上电子标签,组成设备库。以此为基础,用于系统测试。

4.1 设备位置设置

模拟了10台设备的借出,用户将其放置在实训室内

指定的不同位置点(真实位置坐标已知)上,如图4所示。

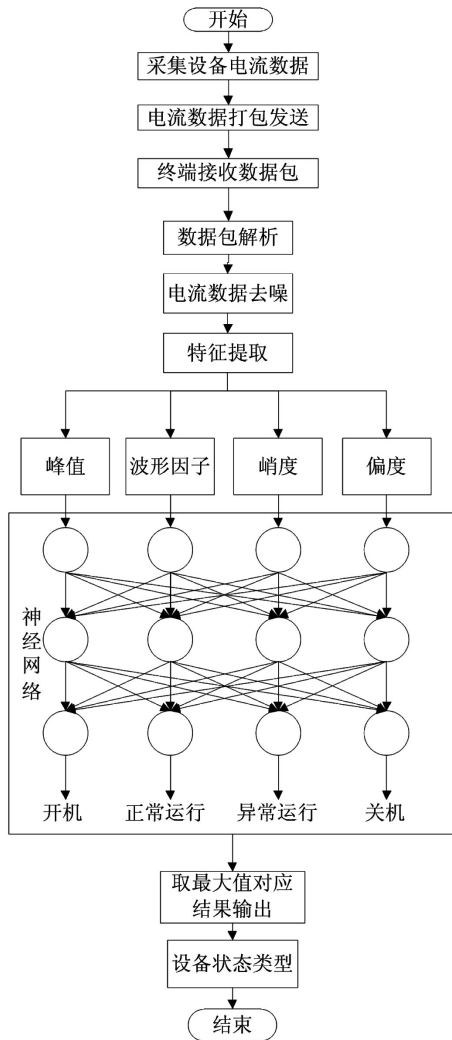


图3 物联网下设备运行状态监测模块运行流程

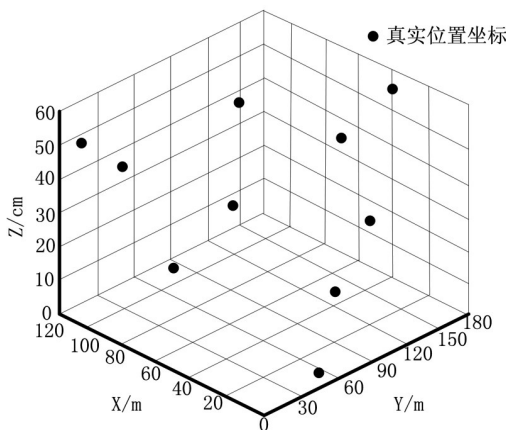


图4 设备位置分布

4.2 系统定位功能测试

利用章节3.2定位追踪模块对其进行定位追踪,定位结果如图5所示。

从图5中可以看出,系统定位出来的实训设备位置与设备的真实位置坐标存在一定的误差,但是并不大。

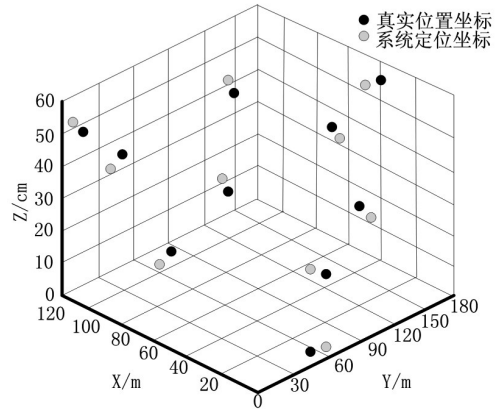


图5 实训设备定位结果

为进一步测试系统的定位准确性,根据图5中定位结果计算与该设备真实位置坐标之间的定位估计误差,计算公式如下:

$$\Delta G = \sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2 + (z - \hat{z})^2} \quad (7)$$

式中, ΔG 代表定位估计误差,误差精度要求为 $< 10 \text{ cm}$; (x, y, z) 代表设备真实位置坐标; $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ 代表系统追踪定位到的设备位置。

此外,以往很多传统管理系统在定位追踪过程中会占用大量的系统内存资源。在本系统中,0~20台设备同时定位追踪要求占用系统内存资源5%以下;20~50台设备同时定位追踪要求占用系统内存资源10%以下;50~100台设备同时定位追踪要求占用系统内存资源15%以下;大于100台设备同时定位追踪要求占用系统内存资源30%以下。针对本系统该功能实现过程中占用的内存资源进行统计,结合定位估计误差,对定位追踪功能进行综合测试,结果如表2所示。

表2 定位估计误差

实训设备	定位估计误差/cm	系统内存资源占比%	系统内存资源总占比%
1	2.63	0.36	4.69
2	5.42	0.54	
3	4.21	0.51	
4	6.96	0.58	
5	1.84	0.44	
6	4.55	0.63	
7	2.87	0.32	
8	2.32	0.72	
9	3.65	0.28	
10	2.87	0.31	

从表2中可以看出,对10台实训设备进行定位,定位误差均在10 cm范围内,占用的系统内存资源虽然在增长,但一直保持在5%以下,由此说明本系统的定位追踪功能以更少的资源消耗实现了更为准确设备定位追踪。

4.3 系统并发性能测试

由于每天都会借出很多实训设备,因此往往需要同时监测很多设备的运行状态,这因此要求系统需要很高的并发数,才能满足物联网下设备运行状态监测模块的运行要求。针对这一点,使用Siege压力测试评测软件对系统发起随机访问,分别用六台PC进行50~400 QPS的HTTP请求,测试结果如图6所示。

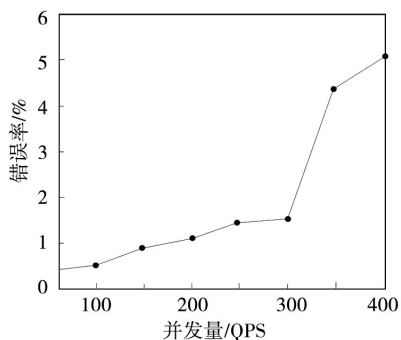


图6 并发性能测试结果

从图6中可以看出,低并发量情况下系统运行状况极佳。在系统的并发量突破350 QPS的时候,系统开始出现错误面积扩大,但在400 QPS下整体依然仅有5.12%的错误率,系统的并发性能可以接受,通过系统并发性能测试。

为了进一步研究设计系统在高并发下的运行效果,进行高并发性能测试结果见图7。

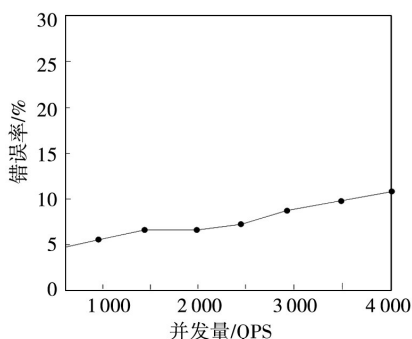


图7 高并发性能测试结果

分析图7可知,当并发量为10 000 QPS时,系统错误率仅为6.7%,当并发量增大到30 000 QPS时,系统错误率仅为8.9%,设计系统在高并发下也具有较低错误率,说明系统无论高、低并发下都具有较好的性能。

5 结束语

汽车实训室是为了锻炼学生动手实际操作能力而打造的专门场所。实际操作中必然需要用到各种实训设备,因此一个汽车实训室往往会有很多实训设备,这些设备每天都被学生或者教师借出、归还,因此经常出现丢失问题。面对这种情况,为实现实训室设备的科学管理,研究一种基于物联网下的汽车实训室设备管理系统。该研

究中通过并发网络的设计以及LAMDARC算法的使用,分别解决了以往管理系统并发性能差、系统资源消耗大的问题。最后通过系统测试,验证了系统达到预期的设计要求,至此系统已经随时可以投入使用。

参考文献:

- [1] 程思竹, 罗永康, 肖刚锋, 等. 模具电极加工生产线设备信息管理系统的设计与开发[J]. 精密成形工程, 2022, 14(10): 147-154.
- [2] 王贺彬, 白锐, 李友堂, 等. 拉丝机设备管理系统设计与开发[J]. 控制工程, 2022, 29(4): 717-722.
- [3] 祁苗苗, 蒋荟, 肖齐, 等. 铁路车辆运行安全监测设备综合监控管理系统关键技术研究[J]. 铁道机车车辆, 2022, 42(1): 32-38.
- [4] 白文华, 王成, 张乐. 物联网技术在可移动医疗设备管理中的探索及应用[J]. 中国医院管理, 2023, 43(2): 72-74.
- [5] 唐标, 刘戡, 沈映泉, 等. 基于RFID的设备定位管理技术研究[J]. 电子器件, 2022, 45(5): 1258-1263.
- [6] 严晓璐. 基于RFID物联网技术的医院电气设备数字化档案案管理研究[J]. 档案管理, 2022(2): 84-85.
- [7] 苏军, 贾刚, 井科, 等. 基于RFID技术的铁路闸瓦寿命跟踪系统[J]. 自动化技术与应用, 2023, 42(4): 105-109.
- [8] 宁信, 虞俊超, 王满意, 等. 高校特种设备全生命周期管理系统的建立及实践[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(10): 285-288.
- [9] 何永琴, 段静静, 陈倩, 等. “双一流”背景下本科实验教学仪器开放共享管理模式及管理系统的探索与实践[J]. 生物工程学报, 2021, 37(9): 3361-3367.
- [10] 张军, 李义斌, 白涛, 等. 基于云平台的公路养护设备信息管理系统[J]. 控制工程, 2021, 28(6): 1203-1209.
- [11] 邢绪超, 刘津, 车健. 二维码的测绘设备管理系统设计与实现[J]. 测绘科学, 2021, 46(7): 153-157.
- [12] 戴丽, 袁琴, 朱顶贵, 等. 基于CSS及边缘计算的移动医疗设备定位管理系统研究[J]. 电子器件, 2021, 44(1): 192-196.
- [13] 张瑞鹏, 敬海峰, 刘红艳, 等. 新时期高校测试仪器设备规范化管理探究[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(2): 302-305.
- [14] 靳冬, 张海燕, 孙晓辰, 等. 基于实验室能力的设备管理方法研究[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(1): 304-306, 315.
- [15] 孙毅超, 肖帅, 吴浩. 高校实验仪器设备管理系统的建设与开放共享[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(2): 270-273.

作者简介:李大勇(1991—),男,本科,讲师,研究方向:智能网联新能源汽车技术、电子信息通讯技术研究。