

新型变电物资综合信息管理平台的构建研究

谭洋洋, 刘君, 杨红权, 姜波, 钟鹏, 郭松宁, 王钢, 舒文靖
(国网成都供电公司, 四川成都 610041)

摘要: 变电物资具有数量庞大和型号多样化等特点, 无论是信息采集手段, 还是物资管理手段, 对于电网公司设备管理部门均面临着巨大的挑战。基于此, 提出了新型变电物资综合信息管理平台的解决方案, 设计了平台系统的软件架构和硬件结构, 包括 APP 程序、Windows 程序、网络通讯和智能仓库等。所设计的智能仓库采用射频识别技术和人脸识别技术作为物资入库和出库信息的交互, 采用 Q-learning 的 RFID 防冲突技术, 避免了多个 RFID 标签同时扫描造成数据丢失的问题; 采用基于人脸几何特征和局部描述子的三维人脸识别算法来解决人脸面部表情对识别精度的影响; 并采用线性规划模型和信息安全主动防御技术解决智能仓库的物资优化分配问题和网络安全问题。通过运用所提解决方案, 将实现变电物资的智能化、科学化和标准化管理。

关键词: 物资管理; 智能仓库; 射频识别; 人脸识别; Q-learning

中图分类号: TM595 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2020)05-0079-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2020.05.017

Research on Construction of New Integrated Information Management Platform for Substation Materials

Tan Yangyang, Liu Jun, Yang Hongquan, Jiang Bo, Zhong Peng, Guo Songning, Wang Gang, Shu Wenjing
(State Grid Chengdu Electric Power Supply Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Substation materials have a large number and diversified models. Whether it is information collection methods or material management methods, the equipment management department is facing huge challenges. On this basis, a new solution for the integrated information management platform of substation materials is proposed, and the software architecture and hardware structure of the platform system are designed, including APP programs, Windows programs, network communications and smart warehouses etc. The designed smart warehouse uses radio frequency identification (RFID) technology and face recognition technology as the interaction of material storage information, and Q-learning RFID anti-collision technology is used to avoid the problem of data loss caused by multiple RFID tags scanning at the same time. A three-dimensional face recognition algorithm based on facial geometric features and local descriptors is used to solve the impact of facial expressions on recognition accuracy, and the linear programming model and information security active defense technology are used to solve the problem of the optimal allocation of materials in smart warehouse and network security. Through adopting the proposed solutions, the intelligent, scientific and standardized management of the substation materials will be realized.

Key words: material management; smart warehouse; radio frequency identification; face recognition; Q-learning

0 引言

变电站是现代电力系统的中枢, 其安全稳定运行直接关系到整个电网的安全, 也关系着用户的用电安全^[1-2]。随着智能变电站技术的发展, 变电设备的高度集成化和智能化导致设备内部集成了大量的零部件, 某个小部件损坏即可造成变电设备异常

运行甚至损坏, 严重影响电网运行。电网公司变电运检部门会定期对变电设备进行巡视, 变电物资储备是保证变电设备故障后进行检修的前提。现有变电物资管理手段缺乏, 均为人工管理, 致使备品备件历史信息丢失, 物资管理资料零散, 严重制约着变电设备的检修工作。因此, 合理、科学和规划地管理变电物资具有重要的实际意义。

在电力物资管理系统方面, 文献[3]将数据库

技术和 workflow 技术相结合,建立了电力物资管理信息系统。文献 [4] 采用 QR Code 二维条形码技术搭建了电厂物资管理系统,有效地解决了电厂物资信息的录入问题。文献 [5] 在现有电网公司 ERP 系统上基于掌上电脑技术构建了电力物资到货管理信息系统,实时高效完成物资到货验收。在电力物资管理硬件设计方面,文献 [6] 利用 RFID 技术建立了电力物资仓储管理系统,管理系统通过网络协议与仓库内自动化设备集成,提高了电力物资仓储管理水平。上述研究成果具有一定的指导意义,但多数研究是从管理系统出发,更多考虑数据信息管理。大多数研究均缺乏硬件支撑,与实际情况不符,也并未考虑物资采购流程化、出入库智能化和管理标准化。

下面结合国网成都供电公司变电检修中心实际情况和变电物资特有属性,提出了一套变电站物资综合信息管理系统设计方案。该方案实现了从变电物资信息采集到出入库,再到采购订单自动生成和审核等一系列流程的智能化和标准化,最大程度地提高变电检修中心的物资管理水平。

1 RFID 原理与技术

无线射频识别 (radio frequency identification, RFID) 技术是 20 世纪 90 年代兴起的一种通过无线射频的非接触方式对目标加以识别并获取相关数据的自动识别技术^[7-8],广泛应用于工业、仓储、交通和商业等领域。一套完善的 RFID 系统主要由射频标签、射频读写器和计算机系统 3 部分组成,具体如图 1 所示。

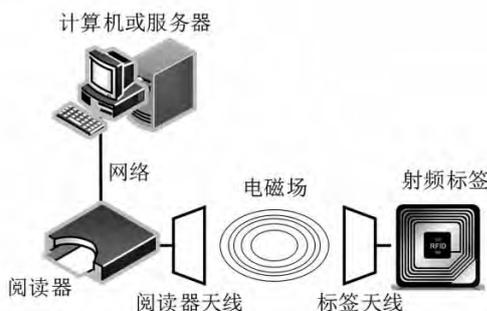


图 1 RFID 系统组成结构

射频读写器通过内部的天线装置向周围发送无线信号能量,在信号辐射范围内的射频标签通过电磁感应产生能量,利用这个能量将射频标签自身携带的编码信息发送出去;或者是有源射频标签利用

自身能量主动发送编码信息,射频读写器在规定范围内将接受到的射频标签编码信息进行解码,并将解码数据送至后台计算机或者服务器进行展示或者其他处理。

与传统的条形码或二维码相比,使用 RFID 技术不需要接触目标物体,只需保证目标物体的电子射频标签在射频阅读器感应或者接收范围内即可完成信息识别。RFID 系统的射频阅读器还可在短时间内对高速运动的目标物体和大批量的目标物体进行精确识别。

2 平台体系总体架构

新型变电物资综合信息管理平台包括软件系统和硬件系统。软件系统由 APP 程序和 Windows 程序组成。硬件系统由手持设备、RFID 设备、高清摄像头、服务器、显示器、通讯设备和智能仓库等组成。系统软件总体架构如图 2 所示。



图 2 综合信息管理平台总体架构

在软件系统中,APP 程序与手持移动设备搭配使用,Windows 程序与电脑、服务器搭配使用。APP 程序和 Windows 程序通过数据网络或者无线网络进行连接。

在硬件系统中,手持设备首选手机或者平板电脑 (PAD)。RFID 设备包括 RFID 标签、RFID 阅读器和 RFID 天线。高清摄像头选用 1080P 及以上摄像头。服务器包括数据服务器和 Web 服务器。显示器需具备触摸功能。通讯设备选用路由器、网关

和集线器。智能仓库是整个平台的硬件核心,具有货架、托盘和升降设备等基础设备,并囊括了前面所述硬件设备。智能仓库总体构成如图3所示。

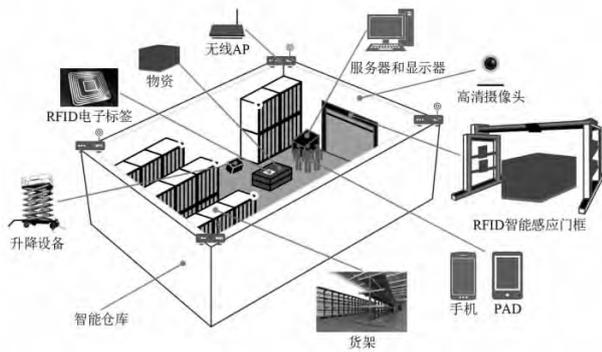


图3 智能仓库总体构造

3 平台功能设计

变电物资综合信息管理平台可实现电网公司基础信息归档、变电物资入库管理、出库管理、缺货提醒、采购订单智能生成与审核、信息智能查询与统计以及系统管理等功能。下面将重点对上述功能内容进行详细介绍。

3.1 基础信息归档

基础信息归档模块的主要功能是对变电管理部门管辖变电站的所有主设备、辅助设备、各类备品备件(即组成电气设备的零部件)和电网公司员工脸部等基本信息进行采集和归档,并定期对上述信息进行核对和更新。其中,设备的基本信息包括但不限于编码、名称、型号、物料编码、生产日期与厂家、投运日期、缺陷、检修记录等。

电网公司检修人员通过手持设备对变电站内所有主设备、辅助设备和各类备品备件进行采集,形式包括视频、图片及文字等;回到单位后,通过局域无线网(该网络隶属于电网公司内网)将采集的信息录入到变电物资综合信息管理平台,后台系统运用智能编码算法对设备,尤其是备品备件进行唯一编码,建立仓储档案信息。智能仓库管理员使用人脸识别器对单位员工脸部信息进行扫描,并将所有图像文件生成面纹编码录入到平台。

3.2 变电物资入库管理

电网公司变电物资到货后,智能仓库管理员先从变电物资综合信息管理平台调取物资信息,核对

信息正确后,并使用RFID阅读器制作变电物资的电子标签,然后将物资放置智能仓库对应位置,这样就完成了变电物资入库管理。

3.3 变电物资出库管理

智能仓库入口处有高清摄像头,主要用于采集入库人员的面部信息,与平台中已存储的面纹编码进行对比,进行人脸识别校验。因此,当检修人员需要变电物资时,检修人员直接进入智能仓库找到对应的物资拿走即可,仓库门口的RFID智能感应门框能自动完成变电物资所有的出库手续,同时在系统后台形成一条完整的出库信息,并智能归档。

员工也可采用预约模式,通过手持设备进入APP,在变电物资出库预约界面上填写基本信息,智能仓库管理人员收到预约单后,会提前将员工所需物资放到出库区域,检修人员可直接将变电物资拿走。同理,物资经过智能感应门框后会形成一条完整的出库信息并智能归档。

预约模式可省去检修人员在智能仓库中查找物资的繁琐流程,节约了变电物资出库的时间,提高了工作效率。

3.4 变电物资缺货提醒

综合信息管理平台中录入了变电物资入库和出库信息,并且系统后台检测到库存数量低于设置的阈值就会自动提醒,并以通知的形式发给单位分管领导、物资管理专责和班组负责人等,提醒应提前准备物资采购手续。

3.5 采购订单智能生成与审核

目前,国网成都供电公司物资采购形式主要有电商采购、批次采购和紧急采购,3种采购形式对应的采购模板是有区别的,要求将采购订单模板导入系统后台。当然,物资采购订单模板可以按照各个单位实际需求进行个性化定制。

根据前面描述的变电物资缺货后,系统后台会将缺货物资信息发送至“等待采购物资”列表,物资管理专责或班组负责人进入综合信息管理平台找到“等待采购物资”列表,选中待采购物资、填写信息、选择物资采购形式并提交订单。提交采购订单后,系统会将采购订单发给单位分管领导审核,领导审核通过后,系统将采购订单发给单位物资管理专责,管理专责对采购订单信息进行核对无误后,系统将采购订单发回采购人员账户。此时,物资采购订单

可打印签字,即可购买物资。

当员工有其他变电物资采购需求时,在综合信息管理平台中找到物资采购界面,通过查询找到需要采购的物资,同理按照上述步骤即可完成变电物资的采购。

采购订单智能生成与审核功能解决了班组负责人对变电物资储备情况不了解的现象,避免了审核人员不在,采购人员来回跑的麻烦。

3.6 信息智能查询与统计

信息智能查询与统计功能主要是对综合信息管理系统中录入的各类基本信息进行查询,可实现对变电物资入库、出库、库存数量进行统计,查询和统计结果可导出为 Excel 文件。一方面,领导可以随时掌握单位物资情况;另一方面,班组成员可随时查阅管辖范围内变电站设备及其备品备件信息,做到心中有数,再也不用重复到库房或者现场核实,提高了班组物资管理水平。

3.7 系统管理

系统管理功能主要是对综合信息管理系统软件部分进行维护管理,包括 APP 程序、Windows 程序的漏洞修复、角色权限分配、密码修改、系统日志记录、软件功能调试以及其他操作设置等,确保软件与硬件设施互联互通,并安全稳定运行。

4 系统关键技术

4.1 RFID 标签防冲突技术

智能仓库中不同类型的变电物资都具有唯一的 RFID 标签,当检修人员同时拿着多种类型的物资出库时,RFID 智能感应门框存在无法同时检测多个

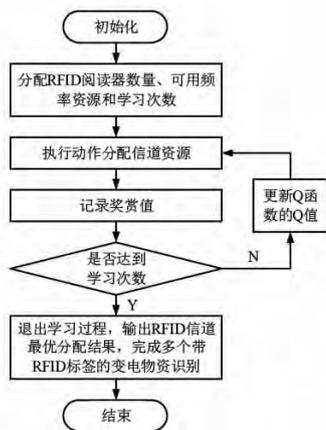


图4 RFID防冲突算法流程

RFID 标签的问题^[9-10]。为解决上述问题,所设计的系统采用基于 Q-learning 的 RFID 标签防冲突技术^[11-12],该技术模拟马尔科夫决策过程,通过 agent 与周围环境进行不间断的交互与学习,进而生成 Q 值函数,最终得到信道的最优分配方案,算法具体流程如图 4 所示。

4.2 人脸识别技术

人脸识别技术^[13-14]是平台的关键环节,如果精度未达到要求,变电物资管理信息就大量丢失,所谓的智能化管理也不存在了。为了避免面部表情变化给人脸识别精度带来的困扰,采用人脸几何特征和局部描述子构造的三维(three dimensional, 3D)人脸识别技术^[15-16]。该技术使用多尺度形状变化指数检测到分布稳定和易区分的关键点,分别在关键点上提取 3D 法向量分布直方图描述子和协方差矩阵描述子,并将人脸测试数据与数据库在一定的约束条件下进行匹配,进而得到最优匹配结果。人脸识别算法流程如图 5 所示。

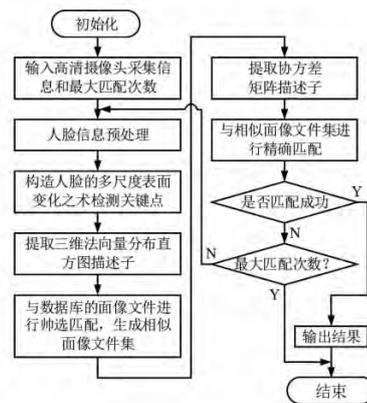


图5 人脸识别算法流程

4.3 信息安全防御技术

网络技术的高速发展也伴随着网络攻击手段多样化,网络安全对于本系统至关重要。采用主动防御技术^[17]保证管理系统的安全稳定运行,其结构如图 6 所示。

4.4 货物优化分配技术

不同类型的变电物资的体积差异巨大,托盘是智能仓库的最小储货单元,托盘的优化使用对于智能仓库管理员具有重要意义。本系统采用线性规划模型建立了托盘与变电物资的优化分配模型,以托盘能装下变电物资数量为目标函数,考虑托盘尺寸和物资体积约束条件,具体数学模型为:

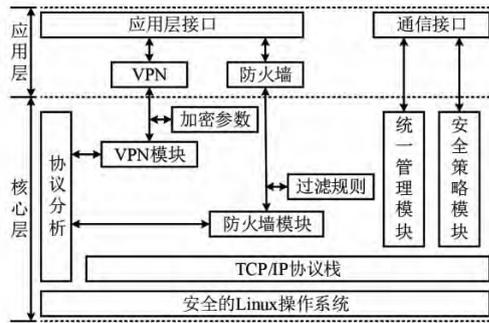


图 6 主动防御技术结构

$$\max \sum_{n=1}^N f_n \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{n=1}^N f_n L_{n, \text{goods}} \leq L_{m, \text{trays}} \\ \sum_{n=1}^N f_n W_{n, \text{goods}} \leq W_{m, \text{trays}} \\ \sum_{n=1}^N f_n H_{n, \text{goods}} \leq H_{m, \text{trays}} \end{cases} \quad m = 1, 2, \dots, M \quad (2)$$

式中： N 为需要入库的变电物资类型数量； f_n 为第 n 种变电物资需入库数量； $L_{n, \text{goods}}$ 、 $W_{n, \text{goods}}$ 和 $H_{n, \text{goods}}$ 分别为第 n 种变电物资的长度、宽度和高度； $L_{m, \text{trays}}$ 、 $W_{m, \text{trays}}$ 和 $H_{m, \text{trays}}$ 分别为第 m 个托盘的长度、宽度和高度。

5 结 语

智能变电站因其高度智能化而必须配置大量的智能设备和智能检测装置，它们的存在使得变电物资管理复杂。为适应国网成都供电公司提出的提质增效目标，设计了一套新型变电物资综合信息管理平台，对系统整体设计、系统功能设计、硬件架构设计和关键技术设计进行了详细剖析。所设计的系统能精准契合国网成都供电公司变电设备管理部门对变电物资管理的实际需求，创新地实现变电物资的无纸化、智能化和标准化管理，缩减变电物资管理人员的工作量，最大程度提高变电物资管理工作水平，确保变电设备运维与检修工作有序且高效开展。

下一阶段，将利用国网成都供电公司变电检修中心现有变电物资管理资源，对所设计平台进行实现，并落地验证。

参考文献

[1] 李游. 智能变电站遥控故障的观察与处理分析[J]. 四川电力技术, 2017, 40(6): 68-75.

[2] 周思宇, 陈洛风, 杜洪波, 等. 变电站二次系统等电位接地网敷设方式研究综述[J]. 四川电力技术, 2017, 40(6): 24-27.

[3] 蔡戟, 王泽兵, 冯雁. 基于数据库的工作流技术在电力物资管理系统中的实现[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(3): 147-148.

[4] 王鹰, 王勇, 杨灵敏. QR 码在电厂物资管理系统中的应用[J]. 电网技术, 2008(51): 179-182.

[5] 井雅, 陈亨. 基于 PDA 的电力物资到货管理信息系统[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(4): 1113-1121.

[6] 班贺. 基于 RFID 技术的仓储管理系统研究与应用[D]. 南京: 南京理工大学, 2015.

[7] 张成吉, 景为平. 基于 ISO15693 协议的 RFID 智能货架管理系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2019, 432(1): 50-54.

[8] Xie L, Wang C, Bu Y, et al. Tagged AR: An RFID - Based Approach for Recognition of Multiple Tagged Objects in Augmented Reality Systems[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2019, 18(5): 1188-1202.

[9] 张明, 张建华, 徐国鑫, 等. 一种新颖的 RFID 防冲突算法[J]. 电子技术应用, 2006, 32(6): 127-1129.

[10] 李勇, 王琼. 多电子标签识别的 RFID 防碰撞方法[J]. 南京邮电大学学报(自然科学版), 2019, 39(4): 33-38.

[11] 赵辉, 赵玉峰. 一种改进的多智能体 Q 学习算法[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(4): 25-27.

[12] 袁源, 郑嘉利, 石静, 等. 基于 Q-learning 的 RFID 多阅读器防碰撞算法[J]. 计算机科学, 2019, 46(6): 124-127.

[13] 吴从中, 王浩宇, 詹曙. 融合曲面形状和纹理特征的三维人脸识别[J]. 电子测量与仪器学报, 2018, 32(9): 150-156.

[14] 尹方平. 曲波变换检测关键点的多模式三维人脸识别[J]. 控制工程, 2018, 25(9): 1733-1738.

[15] 郭梦丽, 达飞鹏, 邓星, 等. 基于关键点和局部特征的三维人脸识别[J]. 浙江大学学报(工学版), 2017, 51(3): 584-589.

[16] 郭蓓, 达飞鹏. 基于局部特征的表情不变 3 维人脸识别算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2019, 31(7): 1086-1094.

[17] 王国鑫, 朱尧花. 分布式信息安全防御系统的设计与实现[J]. 计算机工程, 2012, 38(6): 156-157.

作者简介:

谭洋洋(1991), 男, 工学硕士, 助理工程师, 研究方向为变电一次检修技术、变电设备状态评估技术与变电物资智能管理技术。

(收稿日期: 2020-06-18)