

基于物联网的电梯智能运维系统的设计与实现

叶轩宇¹, 胡泽良², 王雪英³, 张显飞¹

¹杭州电子科技大学电子信息学院, 浙江 杭州

²绍兴精工绿筑集成建筑系统工业有限公司, 浙江 绍兴

³浙江梅轮电梯股份有限公司, 浙江 绍兴

收稿日期: 2022年2月18日; 录用日期: 2022年3月14日; 发布日期: 2022年3月21日

摘要

针对电梯规模迅速扩大带来的电梯安全管理问题, 本文设计了一种基于物联网的电梯智能运维系统。该系统集成了数据大屏展示、电梯信息监控和电梯故障维保等功能, 满足了电梯运维的相关需求, 提高了电梯的维保效率和安全性, 实现了电梯的智能化维护。该系统主要由智能网关和电梯智能云平台两部分构成。智能网关针对不同的数据传输协议进行解析和转换, 采集并传输电梯运行数据; 电梯智能云平台集成多个智能网关, 实现对电梯的全天候数据监测以及无纸化维保。经过部署测试, 基于物联网的电梯智能运维系统运行表现良好, 具有较高的研究价值和实用意义。

关键词

电梯, 物联网, 运维平台, 智能网关, 数据驱动, 无纸化维保, 小程序

Design and Implementation of Elevator Intelligent Operation and Maintenance System Based on Internet of Things

Xuanyu Ye¹, Zeliang Hu², Xueming Wang³, Xianfei Zhang¹

¹School of Electronics and Information Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou Zhejiang

²Shaoxing Jingong Lvzhu Integrated Building System Industry Co., Ltd., Shaoxing Zhejiang

³Zhejiang Meilun Elevator Co., Ltd., Shaoxing Zhejiang

Received: Feb. 18th, 2022; accepted: Mar. 14th, 2022; published: Mar. 21st, 2022

Abstract

Aiming at the problem of elevator safety management caused by the rapid expansion of elevator scale, this paper designs an elevator intelligent operation and maintenance system based on the Internet of Things. The system integrates functions such as large-screen data display, elevator information monitoring, and elevator fault maintenance, which meets the relevant needs of elevator operation and maintenance, improves elevator maintenance efficiency and safety, and realizes elevator intelligent maintenance. The system is mainly composed of two parts: intelligent gateway and elevator intelligent cloud platform. The intelligent gateway analyzes and converts different data transmission protocols, collects and transmits elevator operation data; the elevator intelligent cloud platform integrates multiple intelligent gateways to realize all-weather data monitoring and paperless maintenance of elevators. After deployment and testing, the IoT-based elevator intelligent operation and maintenance system performs well and has high research value and practical significance.

Keywords

Elevator, Internet of Things, Operation and Maintenance Platform, Intelligent Gateway, Data-Driven, Paperless Maintenance, Applet

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,随着中国经济的迅猛发展及城镇化建设的高速推进[1],中国的高层建筑数量和对于电梯的需求与日俱增,使得中国的电梯产业也得到了长足的发展。截至2020年底,中国电梯的年产量达到106万台[2],中国的电梯保有量达到786.55万台[3],占全球电梯总量的三成以上,中国已经成为全世界最大的电梯市场[4]。在经济稳步增长的大背景下,伴随着存量和增量的双重驱动,中国未来的电梯数量还会不断攀升。

电梯给人们带来便利的同时,也不可避免地存在安全风险。我国电梯普遍存在大客流、大负载的使用现象,这导致电梯故障率逐渐增加,故障间隔时间明显缩短,一旦电梯发生故障,就会带来巨大的损失。据《市场监管总局关于2020年全国特种设备安全状况的通告》,2020年全国共发生特种设备事故和相关事故107起,死亡106人,其中电梯事故数和死亡人数占比较大,事故起数和死亡人数分别占23.4%和17.9%。电梯安全问题直接关系到人民群众的生命和财产安全,不容小觑。因此,及时发现电梯使用过程中的安全隐患已经成为电梯运维研究中的一个重点问题。

传统的电梯运维模式主要依靠人工巡查,存在以下弊端:1) 电梯维保标准难统一:电梯维保单位素质参差不齐,部分维保人员保养电梯时只是简单地打扫机房,没有对电梯进行全面维保[5]。2) 电梯维保人员构成复杂:传统的电梯维保人员体系混乱,未充分明确各维保系统人员的职责和权限,导致维保系统整体效率低下[6]。3) 电梯维保信息传递延迟:电梯维护人员存在检修工作不及时、不到位的情况,无法在第一时间对电梯进行检修[7]。

为了解决传统电梯运维模式存在的问题，国内外科研组织和公司借助物联网等技术，开发了一系列电梯运维系统。Otis 公司研发的电梯远程监控系统 REM5.0 [8]，能做到全年 365 天全时段监控电梯。它能在保障电梯安全的同时，及时发现潜在的问题，从而有效减小电梯故障造成的影响。KONE 公司研发的电梯监控系统 E-Link 能够生成一整套全面的图形报告[9]，准确地显示当前电梯的交通状况、需求以及性能，这些信息能够确保电梯时刻保持健康状态。三菱电机公司开发了一种适用于个别楼宇的电梯监控系统 Mel Eye [10]，它能密切监控处理客流不断变化下的电梯运行状态，这使楼宇管理人员能够对不断变化的客流做出快速的响应，从而优化电梯的性能。华为提出了一套基于深度开放的边缘计算能力的电梯物联网解决方案，通过边缘计算网关实现故障实时预判，从而降低运维成本以及电梯故障率，保障乘客安全[11]。佳格科技开发的电梯远程监测平台能够查看电梯的总体运行情况、服务开通情况、电梯基础信息以及电梯故障信息。平台可对电梯实时运行情况、发生事件、服务开通情况进行实时更新。

这些运维系统虽然避免了部分传统运维模式的弊端，但也有不少隐患和缺点：1) 各家公司开发的运维系统局限性较强，大多只适用于自家开发的电梯，若电梯品牌更换则系统无法继续工作。2) 各家公司开发的运维系统不对外提供具体的交互接口，很难针对实际情况进行相应地调整，系统的通用性和可扩展性不强。3) 这些系统的功能局限于本地电梯监控，缺乏数据共享且能够管理的电梯数量有限。

针对上述传统电梯运维模式下存在的弊端，现有电梯运维系统的缺点以及电梯发展的新需求(实时数据记录、核心数据展示、无纸化维保等)，本文设计了一套基于物联网的电梯智能运维系统。该系统实现电梯数据实时监测、数字化管理的目的，集中解决了当前环境下电梯运行信息不全面、维保流程不清晰、缺乏故障分析、人力成本高等问题，从而有效提高管理效率，增强了新型电梯运维方案的便捷性和交互性。

2. 系统结构

基于物联网的电梯智能运维系统是融合物联网[12] [13] [14]、数据驱动[15]、移动通信[16]等技术开发的新型电梯运维系统。它主要瞄准电梯运维模式的各种弊端，集中解决了当前环境下电梯运行信息不全面、维保流程不清晰、缺乏故障分析、人力成本高等问题，为电梯的运维与管理提供了新方案。基于物联网的电梯智能运维系统整体架构如图 1 所示，系统按照功能结构划分可分为四部分：感知层、网关层、平台层、应用层。其中网关层和平台层为整个系统的核心部分。

感知层的功能为感知电梯数据，结构包括电梯控制柜。电梯控制柜安装在电梯机房的曳引机旁，内部包含各种电子器件和电器元件，是电梯的电气装置和信号控制中心。电梯控制柜的主要作用是操作控制和驱动控制，并通过电梯控制柜的协议转换板获取到电梯运行的实时信息。

网关层的功能为采集与传输电梯数据，结构主要包括智能网关[17]。智能网关以一对一的形式安装在电梯控制柜中，具有数据过滤功能，断电提醒功能以及协议整合功能。智能网关通过 RS485 与 Modbus 通信协议采集电梯运行数据，并通过 4G 模块利用 MQTT 协议传输给平台层。

平台层负责搭建一个稳定、流畅的运维平台，运维平台包括 OneNET 平台[18]和云平台[19]。OneNET 平台是由中国移动推出的物联网平台，提供丰富的 API 和数据分发能力。云平台能够直接从 OneNET 平台获取电梯信息，避免与智能网关直接通信，从而降低了云平台的运载压力。云平台融合了前端、后端以及数据库技术，能够有效支持大规模的数据处理以及系统的正常运行。

应用层主要面向用户，用户通过应用层能够使用系统的各项功能，如：数据监控、数字大屏、维保记录、故障报警等。由于在云平台中针对不同类型的用户赋予了相应的权限，因此用户在访问云平台时能够获取对应的数据，保证了不同用户间信息隔离，确保了系统整体的安全性。

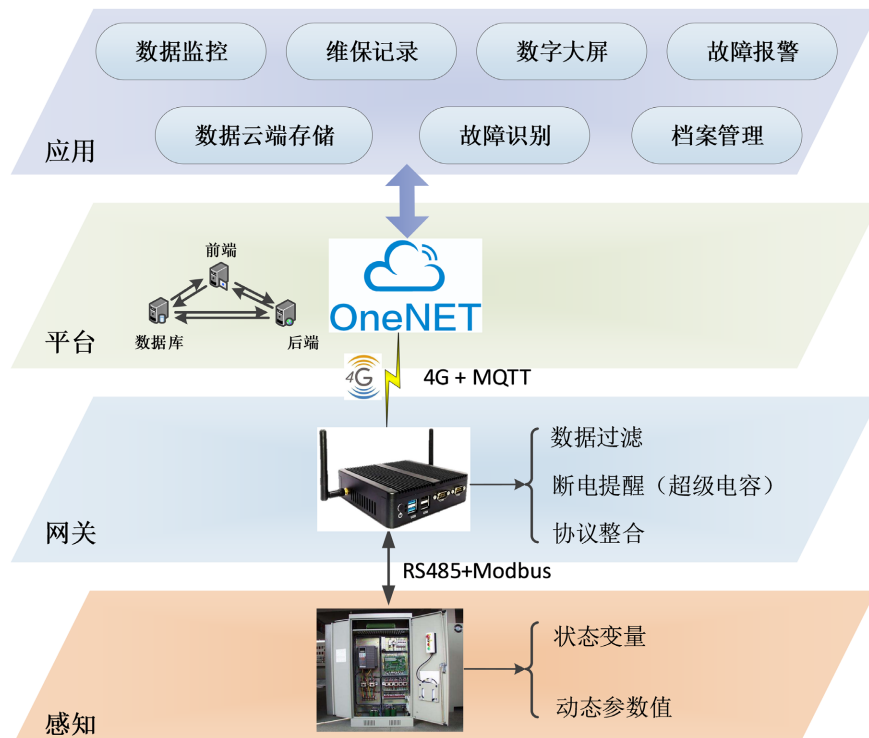


Figure 1. Overall architecture of elevator intelligent operation and maintenance system
图 1. 电梯智能运维系统整体架构

3. 关键技术

3.1. 智能网关设计

电梯运行数据的实时采集是系统运行的基础。本文从电梯远程智能运维系统的实际需求出发，设计开发的具有数据采集以及数据传输功能的电梯智能网关，实现了数据端对端的高效实时传输，保障了电梯远程智能运维系统的正常运行。

智能网关安装在电梯控制柜中，与电梯终端直接实现通信，进行数据的采集与传输，其整体框架图如图 2 所示。

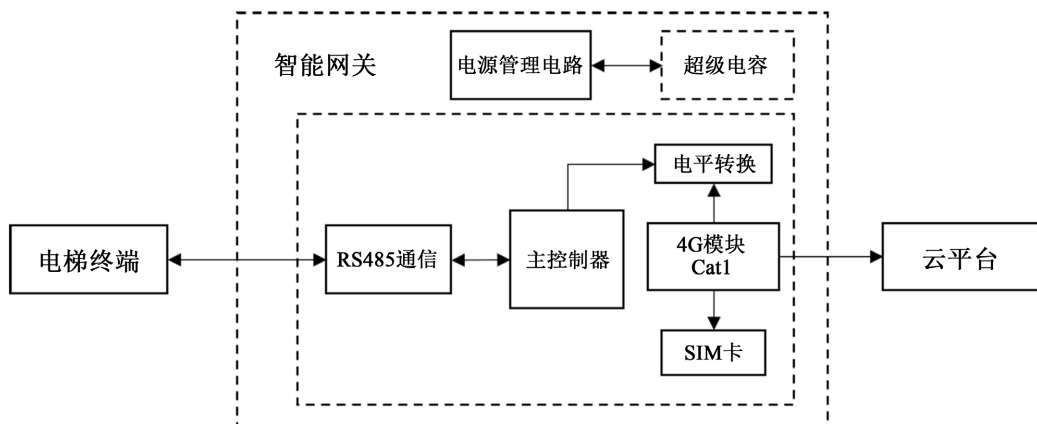


Figure 2. Smart gateway structure block diagram
图 2. 智能网关结构框图

智能网关由以下模块组成：RS485 通信电路、电源管理电路、4G 模块电路、电平转换电路和 SIM 卡检测电路。电梯主控板通过 485 的通信方式与主控器 STM32 连接，通信协议采用 MODBUS。智能网关能够不间断地采集电梯运行数据，实现对电梯运行数据的实时监测与分析。主控制器 STM32 将各路电梯信息整合汇总后，通过 4G 模块将数据传输到云平台。

如图 3 所示，为智能网关的电路原理图。智能网关内部分为 485 通信电路、电源管理电路、4G 模块电路、电平转换电路以及 SIM 卡检测电路。RS485 通信电路采用了 ADI 公司的隔离型 ADM2483 芯片，该芯片内部集成磁耦隔离技术，相当于集成了三个通道的光耦和一个 RS485 收发器。其中 VIN5V 和 PGND 为引入的外部供电的电源和地，V3.3 和 GND 则为系统数字部分的电源和地，通过该芯片隔离开，使电梯端的干扰不会影响本系统。电源管理电路将系统内部模块供电与外部接入电源隔离，并对电压进行 5V 到 3.3 V 转换，以适用系统内部各个模块供电需求，起到电能管理的职责。外部电源首先并联瞬态抑制二极管 SMBJ5.0CA，抑制信号发生瞬间高能量变化，保护后续电路免受浪涌脉冲的损坏，然后串联自恢复保险丝 F11，保险丝限流 1.1 A，5 V 电压隔离模块则采用了金升阳的 B0505S。4G 模块采用了移远通信公司的 EC600S 模块，在电子设备系统中担负数据传输的功能。它能够实时收集数据，并迅速将大量实时数据传输至 OneNET 平台，保证 24 小时不间断的实时稳定传输。电平转换电路担负电平转换的功能，避免各电路模块间出现电压域不一致的情况，保证 4G 模块和主控制器之间的正常通信。SIM 卡检测电路保证 4G 模块能正常读取到 SIM 卡。SIM 卡检测电路加了 TVS 管，提供良好的 ESD 保护，使 4G 模块能够持续向云端监控平台进行数据的传输。

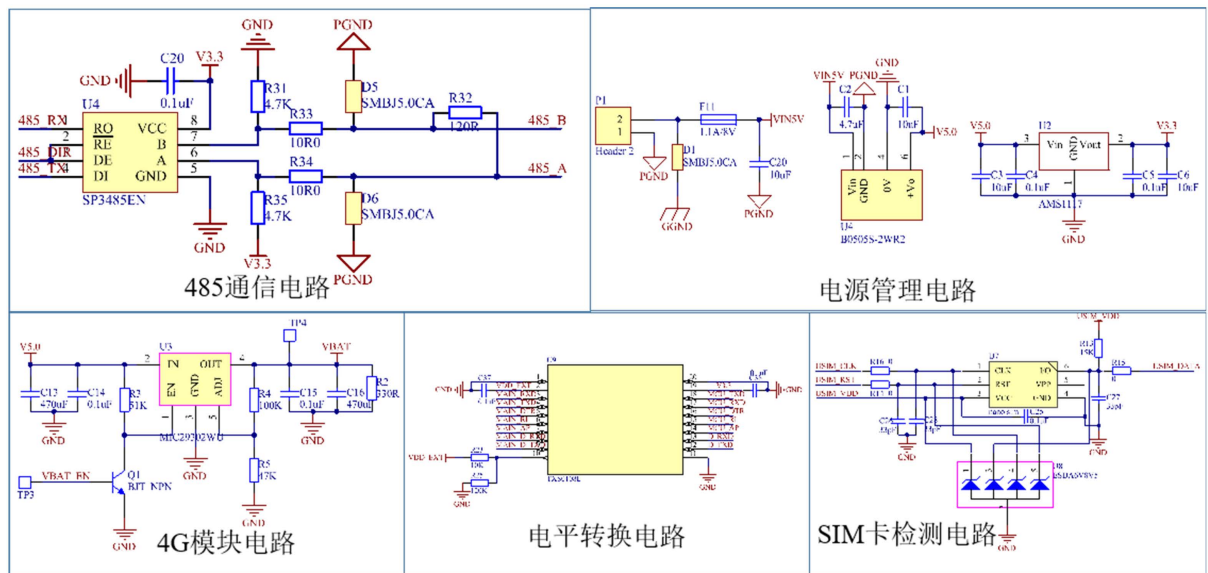


Figure 3. Smart gateway schematic
图 3. 智能网关原理图

图 4 为将电路板安装进网关盒后的智能网关实物图。从图 4 中可以看出，智能网关通过外接天线扩大了信号发送强度，且智能网关在侧面设置了相关指示灯以及一系列接口，方便智能网关与电梯控制柜连接时观察运行状态。

3.2. 云平台方案设计

电梯智能运维系统集成多个智能网关，电梯运行数据采集完成之后，通过 OneNET 平台上传至云平台。云平台是一个开放式平台，允许多家电梯企业接入，企业能够根据自身需要将电梯委托给云平台管

理。云平台提供了内容丰富的数据报表，完整地记录了每一台电梯整个生命周期的运行数据，方便企业进行追溯分析。通过访问云平台的 Web 端与小程序端，能够获取电梯运行状态、维保信息、故障分析等内容。



Figure 4. Physical map of intelligent gateway
图 4. 智能网关实物图

如图 5 所示，为云平台的运行架构图。OneNET 平台获取由智能网关采集的电梯数据之后，将数据进行处理并分发至云平台。云平台整体可分为数据库、后端和前端三部分，功能结构上实现了系统概况、数据监控、故障维保、综合管理四类功能。数据库采用了关系型数据库 MySQL [20]，后端采用 Spring Boot 框架进行构建[21]，前端采用 Vue 框架进行构建[22]。云平台在获取数据之后，后端会按照规则对数据进行处理、转换，并存储到数据库中。用户访问前端的 Web 端或小程序端时，会发送 Http 请求从数据库中读取相关数据，对电梯的整体运行情况进行展示。

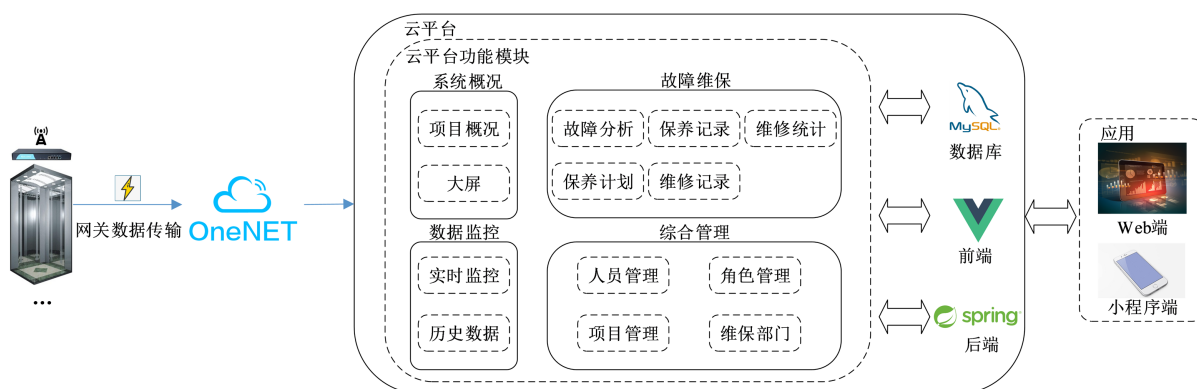


Figure 5. Cloud platform operation architecture
图 5. 云平台运行架构

云平台根据模块化思想构建，可分为多个独立的功能模块。不同的功能模块具备不同的属性，能够反映其内部特性。由于各个模块负责的功能不同、业务逻辑不同、耦合度低且不存在依赖关系，因此能够显著提升开发、测试效率，有益于云平台的快速构建以及后期维护工作。云平台的功能模块包括概况模块、数据监控模块、故障维保模块以及综合管理模块。

1) 概况模块

概况模块负责展示当前用户管理的电梯整体运行情况，主要分为两部分：项目概况子模块和大屏子

模块。项目概况子模块负责展示项目总数、电梯总数、离线率、故障率、以及电梯的近期故障排行统计。大屏子模块通过数据大屏的形式，展示电梯的关键统计量，如：电梯实时运行状态、应急处置记录、电梯分布情况、保养准时率和保养超期率、应急处置时效分析、故障处置到场时间、电梯运行环境、电梯在线率和故障原因。

2) 数据监控模块

数据监控模块负责展示电梯的实时运行数据以及历史运行数据，主要分为两部分：实时监控子模块和历史数据子模块。实时监控子模块能够查看当前用户管理的所有电梯的实时运行数据以及详细运行参数等信息。历史数据子模块根据项目、时间、监控点对电梯的历史运行数据进行分类，并通过图表的形式对数据进行描述。

3) 故障维保模块

故障维保模块负责管理电梯的维修维保流程，主要分为五部分：故障分析子模块、保养计划子模块、保养记录子模块、维修记录子模块和维修统计子模块。故障分析子模块能够查看电梯已经出现的故障情况，包括故障描述、上报时间、解除状态等。保养计划子模块展示各台电梯的保养计划以及下一次的预计保养时间。保养记录子模块显示电梯保养后的状态记录，保养状态由用户与维保人员通过小程序进行反馈。维修记录子模块显示报修后的维修记录，可查看单个记录详情，包括分数、签名等信息。维修的状态更新与保养记录类似，由用户以及维修人员通过小程序进行反馈得到。维修统计子模块负责统计各维保组维修人员的维修平均分，能够直观地体现客户满意度。

4) 综合管理模块

综合管理模块负责管理人员对于项目和系统的使用权限，主要分为四部分：人员管理子模块、角色管理子模块、项目管理子模块和维保部门子模块。综合管理模块通过外部台账导入以及人员权限分配设置实现对于人员、账号角色、项目、维保部门的科学化管理。

4. 系统运行情况

4.1. 智能网关的安装与测试

在 3.1 节已经介绍了智能网关的设计以及涉及到的相关组件。本节将把智能网关安装在实际运行的电梯控制柜中，并进行现场测试，证明智能网关能够实现对于电梯实时运行数据的稳定采集以及传输。

首先为智能网关安装。本系统设计的智能网关的安装非常便捷，得益于网关的侧面安装了凹槽，在智能网关与主控板连接完成之后，直接扣在电梯控制柜的卡槽中即可，如图 6 所示。



Figure 6. Smart gateway site installation diagram

图 6. 智能网关现场安装图

智能网关安装完毕后,登录 OneNET 控制台,可以看到接入电梯的相关信息。如图 7 所示,是 OneNET 控制台的产品概况页面。以电梯编号 18ML-0426 为例,查看对应的数据流展示可以看到,OneNET 平台能够显示电梯监控点的实时数据,由此证明了智能网关能够实现对于电梯数据的实时采集以及端对端的数据高效实时传输。

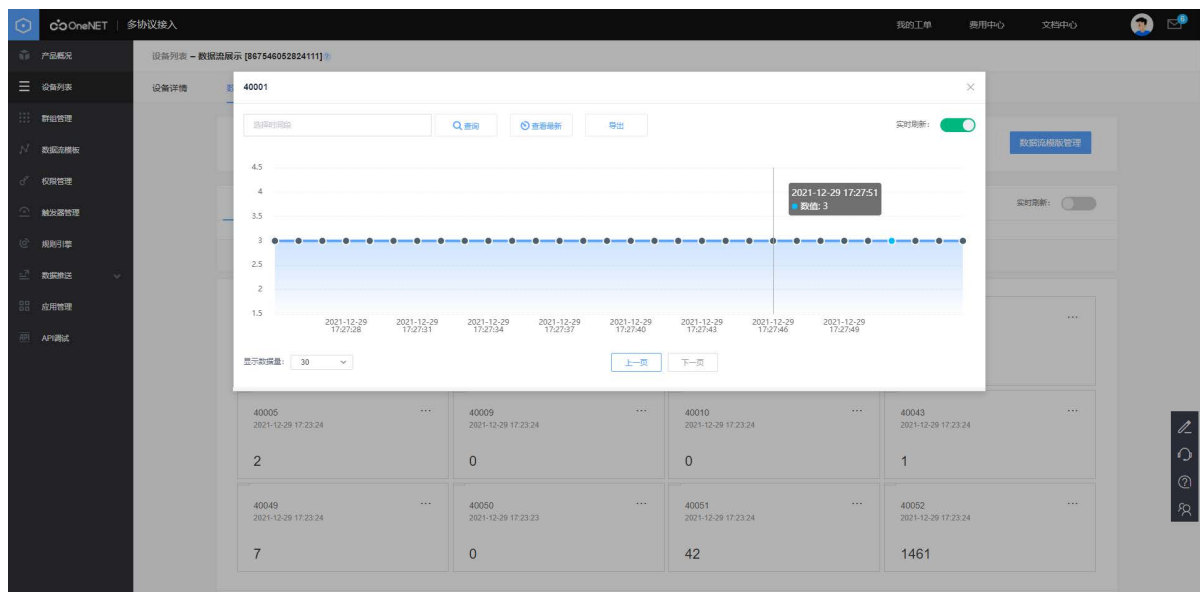


Figure 7. System status real-time data

图 7. 系统状态实时数据

4.2. 云平台功能测试

电梯智能云平台软件主要由后端、数据库、前端组成,前端又分为 Web 端和小程序端。后端由基于 Java 的框架 Spring Boot 构建,数据库通过关系型数据 MySQL 构建,前端由基于 JavaScript 的框架 Vue 构建。项目集成多个网关,全天候不间断对电梯运行状态参数进行监测,将电梯运行实时数据由智能网关上报至 OneNET 平台及本地服务器并存储,实现了电梯运行参数监测收集、电梯维保检验记录存储、各单位人员信息存储和维修保养数据存储等功能。Web 端能够随时查看电梯动态数据、故障分析、保养记录、维修记录等数据,同时还能对项目、客户、维修人员等进行管理。小程序端主要面向维修人员和客户,完成相应的无纸化维保任务。

由于前端的正常运行建立在后端与数据库能够正常运行的基础上,且前端页面能够体现系统全部的功能模块,因此本节将针对 Web 端和小程序端进行功能测试,验证云平台的正常运行。

4.2.1. Web 端功能测试

以概况为例,对 Web 端界面进行测试说明,概况可分为大屏界面和项目概况界面。

图 8 为概况的大屏界面,其通过图像、表格、地图、数字等方式形象展示当前系统下电梯运行的相关数据。大屏界面的左侧从上至下依次为电梯运行环境、电梯实时运行状态、电梯在线率和电梯分布情况。大屏界面的中部显示当前系统下的电梯总数、电梯在全国的分布情况、保养准时率与超期率和应急处置实效分析,点击地图上的对应省份能够显示该省份下的具体电梯分布情况。大屏界面的右侧从上至下依次为故障原因、故障处置到场时间和应急处置记录,其中应急处置记录中的待处置滚动播放近期故障待处置的电梯,已处置则滚动播放近期已修复故障的电梯。



Figure 8. Large screen interface
图 8. 大屏界面

如图 9 所示，是概况的项目概况界面。项目概况界面分为基本信息与故障前十统计。基本信息部分通过图形模块的方式展示当前系统中项目总数、电梯总数、离线率、故障率这些电梯的基本信息。故障前十统计部分通过绘制柱状图的方式反映当日、近 7 日、近 30 日这些时间间隔的故障统计排行，从图中可以得出最常见的四类故障分别为：加速过电流、换层停靠故障、强迫减速开关异常以及运行中门锁断开。

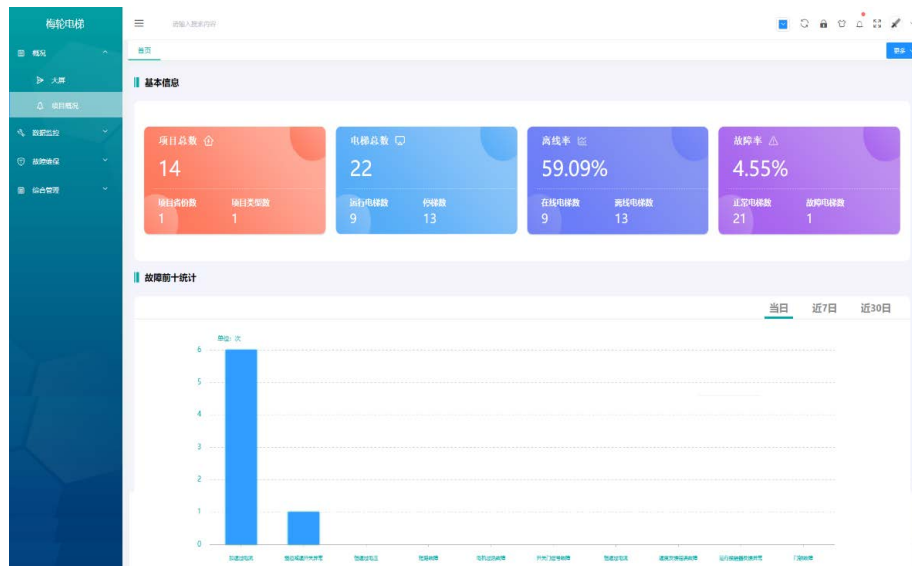


Figure 9. Project overview interface
图 9. 项目概况界面

4.2.2. 小程序端功能测试

在涉及到故障维保功能时，维保人员需要与客户通过小程序进行数据交互。相较于传统的 APP，小程序具有方便快捷、安全稳定、场景丰富、不占内存等优势。因此，针对故障维保功能开发了云平台的小程序端，实现电梯智能运维系统的无纸化维保功能。

以故障维修流程为例，介绍云平台维保流程的具体实现。如图 10，是维修工单填报的整体流程。电

梯的故障维修需要客户与维修人员的参与，维修的整体流程如下：

1) 运维系统故障发出报警，系统通过公众号及短信方式将电梯故障消息告知维修人员，维修人员打开云平台小程序可看到报修状态为未完成的维修单。

2) 维修人员到达现场之后，对电梯进行故障现场识别并实施维修。维修完成之后，点击填报按钮填写相应的信息并提交维修单。

3) 对应的维修单状态切换成已完成状态，系统通过公众号及短信方式将消息告知客户。

4) 客户登录小程序可看到报修状态为已完成的对应维修单。

5) 客户点击对应报修单的评价按钮，可对维修人员对电梯的维修情况进行评价并签署电子签名。

6) 对应的维修单状态已经切换为已评价状态。

在维修人员和客户操作小程序时，维修单的状态更新也会同步更新在云平台 Web 端界面上，保证数据的实时性。

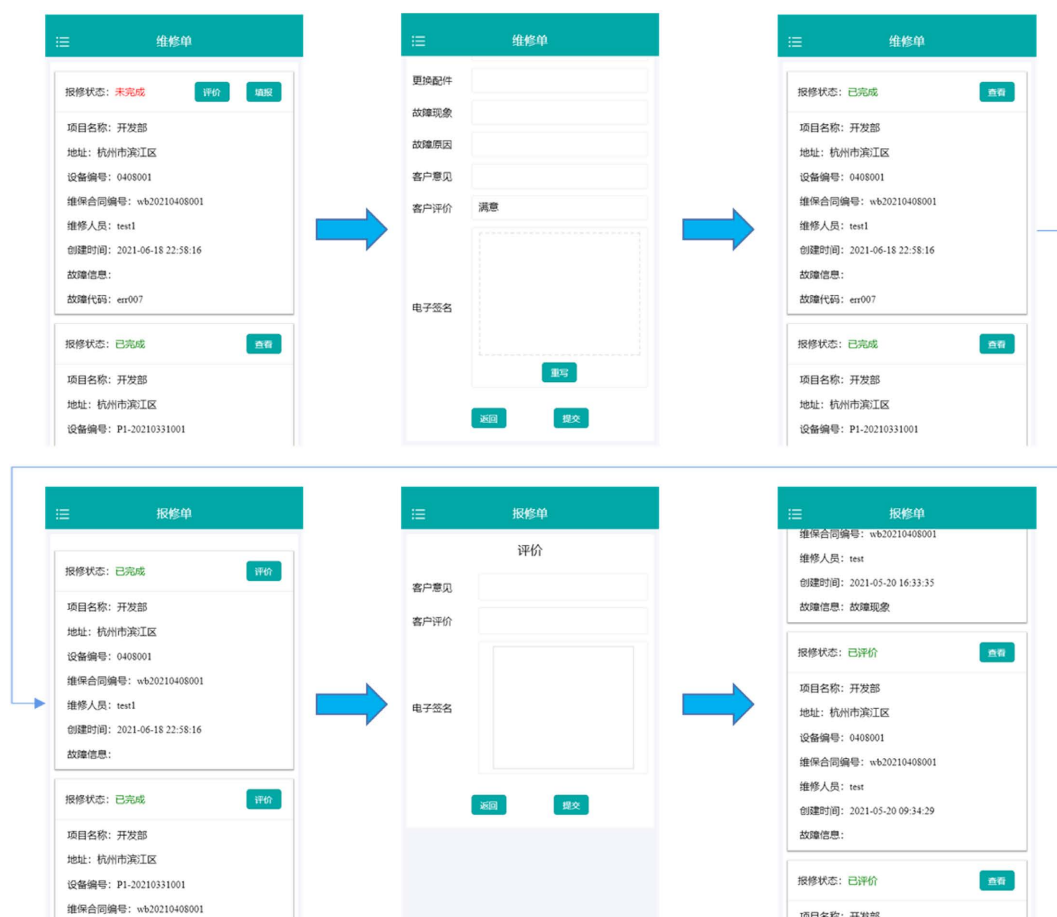


Figure 10. Troubleshooting process

图 10. 故障维修流程

5. 结语

本系统围绕电梯的运维服务的现状，研究多传感集成、运行状态信息获取与融合、在线实时监测等需求，并开发由物联网技术、互联网技术、移动通信技术相融合的基于物联网的电梯智能运维系统。其中，智能网关能够实时获取电梯运行数据并对海量数据进行初步过滤和筛选，数据处理后通过网络传输

模块实时传输至平台层,平台通过跟踪记录电梯的日常运行、故障处理和维保信息实现对电梯运行状态的实时监控。云平台实现电梯的信息管理、维保管理、故障报警和指挥调度等,从而保证高效及时的电梯管理、维护、救援等工作。在未来的开发中,我们将专注于实现电梯的故障预测。利用深度学习方法进行模型建立,运用已有数据寻找导致电梯故障的原因,完成故障特征的自主学习、捕捉表征。通过实现电梯故障的智能预警,摆脱预测过程中对人的依赖,完善了电梯运维的手段。

致 谢

感谢浙江梅轮电梯股份有限公司浙江省重点研发计划项目的支持。

基金项目

浙江梅轮电梯股份有限公司浙江省重点研发计划项目(编号:2019C01052)。

参考文献

- [1] Qin, Y.M. and Ma, G.Q. (2020) Chinese and Foreign Supply-Side Economics and the Current Chinese Economic Reform. *Finance and Market*, **5**, 213. <https://doi.org/10.18686/fm.v5i3.2594>
- [2] 李守林. 中国电梯协会八届七次理事会会议工作报告[J]. 中国电梯, 2021, 32(24): 8-13.
- [3] 市场监管总局关于2020年全国特种设备安全状况的通告[J]. 西部特种设备, 2021, 4(2): 5-8.
- [4] Zhang, Y.B., Feng, S.C., Li, Z.Y., et al. (2020) The Statistics and Analysis of Annual Fault Repair Report of an Elevator Company. 2020 2nd International Conference on Machine Learning, Big Data and Business Intelligence (MLBDBI), Taiyuan, 23-25 October 2020, 576-579. <https://doi.org/10.1109/MLBDBI51377.2020.00121>
- [5] 张洪峰. 电梯维修保养常见问题及优化方法探讨[J]. 新型工业化, 2020, 10(10): 34-35. <https://doi.org/10.19335/j.cnki.2095-6649.2020.10.015>
- [6] 马晓东. 浅谈电梯维保企业存在的问题与改进建议[J]. 中国电梯, 2019, 30(14): 28-30+35.
- [7] 智季锋, 卢德俊. 电梯维修保养中存在的问题及对策研究[J]. 中国设备工程, 2019(22): 34-36.
- [8] 周文瑜, 周泓. 基于三层结构模型的电梯远程监控软件设计[J]. 工程设计学报, 2003, 10(5): 283-286.
- [9] Siikonen, M.L. and Sorsa, J. (2018) People Flow Analysis in Lift Modernization. *8th Symposium on Lift & Escalator Technologies/CIBSE*, Hong Kong, 15-16 May 2018, 89-98.
- [10] 滨路博明黑田真一, 行武奇. 利用基于网络的技术“MelEye”开发的电梯/自动扶梯监控系统[J]. 中国电梯, 2014(22): 37-39.
- [11] 李林哲, 周佩雷, 程鹏, 等. 边缘计算的架构、挑战与应用[J]. 大数据, 2019, 5(2): 3-16.
- [12] Mondejar, M.E., Avtar, R., Diaz, H.L.B., et al. (2021) Digitalization to Achieve Sustainable Development Goals: Steps towards a Smart Green Planet. *Science of the Total Environment*, **794**, Article ID: 148539. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148539>
- [13] Thomasian, N.M. and Adashi, E.Y. (2021) Cybersecurity in the Internet of Medical Things. *Health Policy and Technology*, **10**, Article ID: 100549. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2021.100549>
- [14] Cheng, F. and Wang, Y.F. (2021) Research and Application of 3D Visualization and Internet of Things Technology in Urban Land Use Efficiency Management. *Displays*, **69**, Article ID: 102050. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2021.102050>
- [15] Xu, R.Z., Cao, J.S., Fang, F., Feng, Q., Yang, E. and Luo, J.Y. (2021) Integrated Data-Driven Strategy to Optimize the Processes Configuration for Full-Scale Wastewater Treatment Plant Predesign. *Science of the Total Environment*, **785**, Article ID: 147356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147356>
- [16] Gohar, A. and Nencioni, G. (2021) The Role of 5G Technologies in a Smart City: The Case for Intelligent Transportation System. *Sustainability*, **13**, Article No. 5188. <https://doi.org/10.3390/su13095188>
- [17] Mircea, R., Remus, D., Alexandru, A., Florin, S., Georgeta, B., Renato, R. and Dan Doru, M. (2021) Designing a Smart Gateway for Data Fusion Implementation in a Distributed Electronic System Used in Automotive Industry. *Energies*, **14**, Article No. 3300. <https://doi.org/10.3390/en14113300>
- [18] 丁飞, 吴飞, 艾成万, 张登银, 童恩, 张庆. 基于 OneNET 平台的环境监测系统设计与实现[J]. 南京邮电大学学

-
- 报(自然科学版), 2018, 38(4): 24-29. <https://doi.org/10.14132/j.cnki.1673-5439.2018.04.004>
- [19] 王茜, 张黎. 基于云平台的智慧图书馆系统的设计与实现[J]. 图书馆, 2019(2): 46-50.
- [20] 黄文娟. 基于 Java 和 MySQL 的图书馆信息化管理系统设计[J]. 电子设计工程, 2019, 27(2): 20-24. <https://doi.org/10.14022/j.cnki.dzsjgc.2019.02.005>
- [21] 葛萌, 王颖. 基于 SpringBoot+SSM 框架的进销存管理系统设计与实现[J]. 科学技术创新, 2020(24): 74-77.
- [22] Li, N. and Zhang, B. (2021) The Research on Single Page Application Front-End Development Based on Vue. *Journal of Physics: Conference Series*, **1883**, Article ID: 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1883/1/012030>