

基于工业互联网的发电机组云控系统关键技术研究 与实现

张浩淼 张永

重庆电子科技职业大学 人工智能与大数据学院, 中国·重庆 401331

摘要: 针对军工基站、矿山等场景柴油发电机组部署分散、人工运维成本高、运行状态监管滞后的问题, 本文基于工业互联网搭建发电机组远程云控系统。硬件以 STM32F103 单片机为核心采集机组运行参数, 借助 4G DTU 与加密 MQTT 协议接入阿里云 IoT 平台; 采用阿里云时序数据库、Redis、MySQL 多库协同存储方案处理海量运行数据, 实现机组工况监测、远程启停、故障告警与固件远程升级功能。系统依托设备鉴权、链路加密保障数据传输安全, 可完成机组无人值守智能化运维, 保障重点场景供电稳定, 具备工程实用价值。

关键词: 工业互联网; 柴油发电机组; 远程云控; 阿里云 IoT; 多数据库存储

Research and Implementation of Key Technologies for Cloud-Controlled Power Generation Unit System Based on Industrial Internet

Zhang Haomiao, Zhang Yong

School of Artificial Intelligence and Big Data, Chongqing University of Electronic Technology, China Chongqing 401331

Abstract: To address the issues of dispersed deployment, high manual operation and maintenance costs, and delayed operational status monitoring in diesel generator sets used in military communication base stations, mining sites, and similar scenarios, this paper proposes a remote cloud-controlled system for generator sets based on industrial internet. The hardware core is an STM32F103 microcontroller that collects operational parameters, which are transmitted via 4G DTU and encrypted MQTT protocol to Alibaba Cloud IoT platform. A multi-database collaborative storage solution combining Alibaba Cloud's time-series database, Redis, and MySQL is adopted to handle massive operational data, enabling functions such as real-time condition monitoring, remote start/stop control, fault alerts, and remote firmware upgrades. The system ensures secure data transmission through device authentication and link encryption, enabling unmanned intelligent operation and maintenance, ensuring stable power supply in critical applications, and demonstrating practical engineering value.

Keywords: Industrial internet; Diesel generator set; Remote cloud control; Alibaba cloud IoT; Multi-database storage

0 引言

目前, 以数字化、网络化、智能化为本质特征的第四次工业革命正在兴起。柴油发电机作为应急发电设备, 以其稳定性高、供电质量可靠、安装简单、便于运输的特点成为军营、雷达、基站等重要工作站不间断运行的重要保障。但基于传统发电机的控制系统下, 柴油发电机在操作过程中, 还存在发电机组地理位置分散、人工维护成本高、运行状态监管困难等诸多困难问题急需解决。高风险、高成本、低效率等缺点已成为制约传统发电机持续发展的瓶颈。

综上传统发电机控制系统的发展背景, 本项目针对性攻克远程数据采集、安全传输、海量并发数据处理关键技术, 搭建云控平台构建工业互联网的发电机组云控系统, 实现发电机组控制方式智能化转型, 不仅对保障设备稳定用电安全问题、解决临时断电问题具有重要意义, 还延伸出对智慧供电行业重要的社会意义。

1 系统架构

本文设计的发电机组云控系统以工业互联网技术为核心支持, 整体架构从下往上分为硬件层、通讯层和云服务层三层架构, 包含了发电机监控与控制、网络安全传输、

云端智能处理的业务流程。具体设计如下图 1 所示:

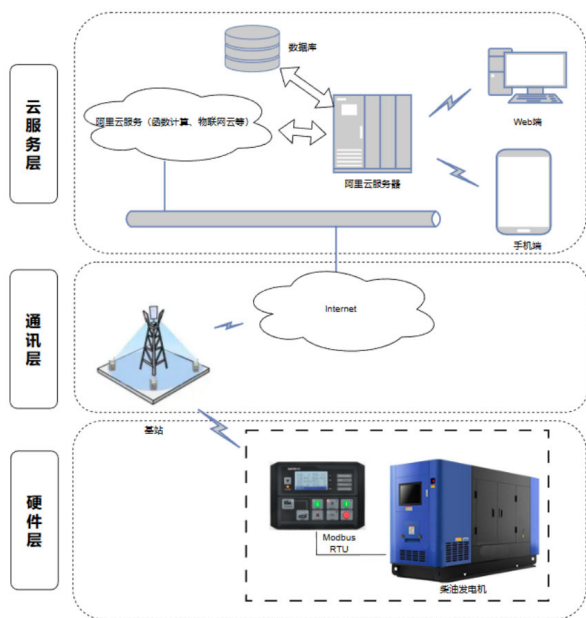


图1 系统架构

(1) 硬件层: 包含通信模块、控制器以及柴油发电机三部分组成, 柴油发电机通过 Modbus 通讯协议与 DTU 通讯。DTU 工作模式包含四种工作状态: 待机、运行、故障和离线。DTU 将采集到的数据发送到云端, 其中待机状态 1 分钟上传一次数据, 运行状态 15 秒上传一次数据。

(2) 通讯层: 主要用于硬件层和云服务器器的数据通信, 采用 4G 通讯模式, 传输通讯加密等。

(3) 云服务器层: 云服务器层依托物联网 IOT 平台、函数计算实现海量终端上传数据并发解析、异步处理与业务逻辑调度。

2 硬件总体方案设计

主要包含了通信模块以及控制器两大模块系统, 其功能分别为以下功能:

2.1 机组主控硬件电路设计

发电机组控制模块主要采用 stm32f103 作为核心主控芯片, 主要包含五大主要核心模块: 信号通讯模块、电源信号采集模块、传感器模块、控制模块以及上层通讯模块。实现发电机组状态检测、逻辑判断与运行控制, 具体如下图 2 所示。

(1) 总线通讯接口单元: 常用控制器与发电机通讯主要由两种通讯接口, 分别为 RS485 通讯接口与 CAN 总线通讯接口。

(2) 电气参数采集单元: 完成发电机三相输出电压、三相电流、市电电压信号采样, 配合电流互感器采集三相定子电流, 同时采集励磁电流 ICOM 信号, 完成有功功

率、无功功率、频率、功率因数等电气参数计算, 实现过压、欠压、过流、过载等电气故障监测。

(3) 传感器信号采集单元: 外接发动机温度传感器、机油压力传感器、油位传感器、磁电式转速传感器, 采集发动机各类模拟量与开关量报警信号, 实时监测动力系统运行工况, 当出现高温、低压等异常时触发保护逻辑。

(4) 机组驱动控制模块: 根据预设逻辑与采集数据输出开关量驱动信号, 控制燃油阀、启动马达、声光报警、辅助继电器输出, 实现机组自动启停、故障停机、报警输出等控制功能。

(5) 云端上层通信模块: 主要依靠 DTU 数据传输模块, 通过 4G/5G 移动通讯网络与云服务器端进行远程数据通讯, 实现控制器本地运行数据的上传以及云端下发控制指令的响应。

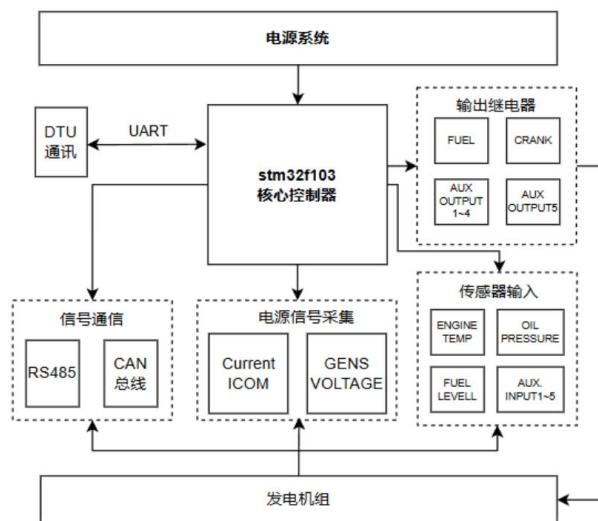


图2 控制器框图

2.2 远程通信模块配置

通信模块主要整个发电机组远程控制监控的核心通讯单元模块, 主要采用阿里云 IOT 物联网云端通信的数据交互任务, 实现发电机组运行数据的远程上传与云端控制指令的下发执行。模块采用 4G 移动通信网络。实现串口数据与网络协议的数据转换功能。

DTU 通信模块设置心跳检测、断线重连、数据透传等功能, 保障数据集传输的稳定性和连续性。同时该模块采用了 MQTT 协议接入方法与阿里云的 Iot 物联网平台进行通信。设备需通过 ProductKey 产品密钥、DeviceName 设备名称、DeviceSecret 设备密钥, 保障设备接入的唯一性和安全性。同时系统设置基础 Topic 通讯和物模型通讯 Topic 完成数据之间的交互, 主要设置如下表 1、表 2 所示:

表1 系统基础Topic配置表

功能	Topic类	操作权限	描述
OTA 升级	/ota/inform/\${deviceName}	发布	设备上报固件升级信息
	/ota/upgrade/\${deviceName}	订阅	固件升级信息下行
	/ota/progress/\${deviceName}	发布	设备上报固件升级进度
	/sys/\${deviceName}/firmware/get	发布	设备主动拉取固件升级信息
设备标签	/sys/\${deviceName}/update	发布	设备上报标签数据
	/sys/\${deviceName}/update_reply	订阅	云端响应标签上报
	/sys/\${deviceName}/delete	订阅	设备删除标签信息
	/sys/\${deviceName}	发布	云端响应标签删除
时钟同步	/ext/ntp/\${deviceName}/request	发布	NTP 时钟同步请求
	/ext/ntp/\${deviceName}/response	订阅	NTP 时钟同步响应
配置更新	/sys/\${deviceName}/config/push	订阅	云端主动下推配置信息
	/sys/\${deviceName}/config/get	发布	设备端查询配置信息
	/sys/\${deviceName}/config/get_reply	订阅	云端响应配置信息

表2 物模型通信Topic配置表

功能	Topic类	权限操作	描述
透传上行	/sys/\${deviceName}/model/up_raw	发布	用于设备发布属性、事件和扩展信息的数据
	/sys/\${deviceName}/model/up_raw_reply	订阅	云端响应 up_raw
透传下行	/sys/\${deviceName}/model/down_raw	订阅	用于设备订阅获取云端设置的属性和云端调用服务的指令
	/sys/\${deviceName}/model/down_raw_reply	发布	设备端响应 down_raw

3 系统软件平台设计

发电机组云控系统软件平台实现了设备数据解析、状态检测、智能管控、远程运维等模块功能。其中海量发电机组数据存储在互联网的 IoT 物联网平台。本地构建整体数据系统功能。

3.1 软件分层架构设计

实现平台与设备之间的通讯软件系统架构分为三层架构分别是云服务器层、阿里云 Iot 平台层、终端设备层。设计主要包含了数据的上行和下行通路，具体如下图 3 所示。

从上行通路来看，阿里云的 Iot 平台一直监听终端设备上传来的数据，设备上行数据采用 Alink 标准 JSON 报文格式进行传输。终端单片机采集发电机组电压、电流、

转速、温度、运行状态等工况数据，拼接为符合阿里云物模型规范的JSON 载荷，通过 WiFi/4G 通信模组发布至物联网平台属性上报 Topic。阿里云 IoT 收到报文后原生解析参数，经由消息解析、规则引擎流转至函数计算，然后通知到云服务器端，分别完成 Redis 数据的同步更新，缓存设备的实时状态，另外调用 HTTPS 接口服务完成相对应的业务处理。

从下行通路来看，有控制端 APP 或 Web 进行指令操作后，调用云服务器后端的 HTTPS 服务，将控制命令下发至 Iot 平台，找到 MQTT 的 Topic 主题进行数据下行分发出去，最终传至终端设备层，从而完成对应的操作指令。

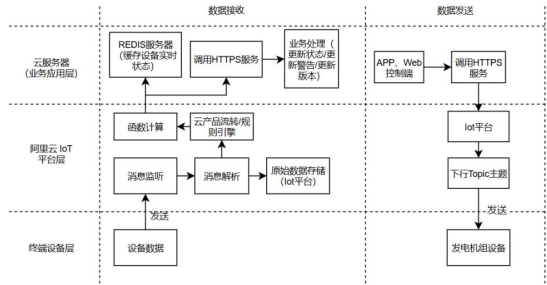


图3 软件架构框图

3.2 多类型数据库数据调度方案

系统构建阿里云物联网时序数据库、Redis 内存数据库和 MySQL 关系型数据多种数据库，阿里云物联网中台数据库主要存储发电机组的原始上报数据，Redis 主要缓存设备实时在线状态、瞬时运行参数，Mysql 主要持久化存储设备档案、告警日志等静态业务数据。

发电机组数据量巨大，首先发电机组数据会上传至阿里云时序数据库进行保存，在客户需要访问设备历史数据时调用阿里云的 API 接口进行访问。但设备的当前数据、当前状态需要大量调用时，API 调用的方法不可行了，热数据主要采用 Redis 进行实时更新，数据传人物联网平台后经规则引擎后传入函数计算，函数计算会处理异常数据，将符合得到数据以及设备实时状态通过远程连接 Redis 进行实时更新，如果是业务数据则调用接口存入数据库 MySQL。具体实现如下图 4 所示：

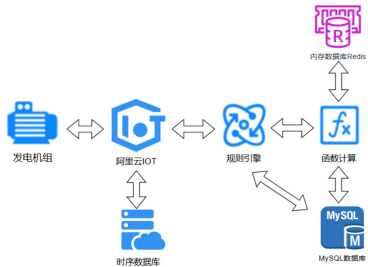


图4 多类型数据库数据调度方案

4 结语

本文面向分布式发电机组传统运维模式下人工值守成本高、远程管控不便、多机组统一监管难度大、故障处置滞后等现实问题,依托工业互联网技术架构,搭建了一套智能化一体管理的发电机组云控系统。依托阿里云 IoT 原生能力承接大量机组的并发接入,同时借助多数据库协同调度优化数据读写压力,有效解决大量设备同时上报带来的数据拥堵、查询卡顿等问题。实现了发电机组数据采集、阈值告警与远程控制功能。

参考文献:

- [1] 工信部信息化和软件服务业司. 工业互联网平台应用指南 (2023 版) [S]. 北京: 工业和信息化部, 2023.
- [2] 徐世翔, 曹原. 基于 MQTT 协议的阿里云 IoT 平台远程电压采集系统设计[J]. 物联网技术, 2023 (01):134-136.
- [3] 白鑫, 吕丽平, 赵雪梅. Modbus 协议在柴油发电机组监控系统中的应用研究[J]. 制造业自动化, 2012,34 (03):9-11.
- [4] 曾令荣, 汪嘉明, 郑建业等. 发电机智能监测诊断

系统数据接入方法[J]. 电力工程技术, 2024,43 (04):78-83.

- [5] 张鹏. 煤矿人员精确定位系统数据存储方案设计[J]. 煤矿安全, 2024,55 (07):176-181.

- [6] 邓圣, 张初江, 陈利芳等. 基于 4G 通信实现气象站柴油发电机组远程硬件控制系统[J]. 气象水文海洋仪器. 2022,39(4):116-118.

- [7] 倪威, 姜涛, 蒋中海. 基于 LoRa 的变电站物联网系统设计与应用[J]. 上海电力大学学报, 2022,38 (03):274-279.

- [8] 卓金宝, 施伟锋, 兰莹等. 基于物联网技术的电力推进船舶电能质量监视系统设计[J]. 中国舰船研究, 2019, 14 (02):118-125.

基金项目: 重庆市教委科学技术研究项目“基于工业互联网的发电机组云控系统关键技术研究与应用”项目编号: KJQN202203108。

作者简介: 张浩淼 (1988.09-), 男, 土家族, 湖南张家界人, 硕士, 重庆电子科技职业大学, 副教授, 研究方向: 人工智能。