

基于5G“边云融合”控制技术的轨道交通屏蔽门加热系统研究

李 毅

天津津铁电子科技有限公司，天津

收稿日期：2023年4月26日；录用日期：2023年7月6日；发布日期：2023年7月17日

摘 要

针对低温雨雪天气轨道交通屏蔽门易冻结、无法打开的问题，本文采用5G工业互联网与“边云融合”控制方式结合实现对屏蔽门导轨加热，从而避免影响轨道交通正常运行。系统包含加热片、供电电路、温度传感器、带有5G通讯功能的边缘控制器PLC、部署在云主机上的IOT数据中台和基于Node-red低代码开发的云端控制系统。采用“边云融合”控制方式，既保证了断网时设备端正常安全运行，又可在网络连通时实现远程控制。而云端的强大算力为系统的数字化、智能化运行提供了更多可能和扩展性，为形成高集成度智慧轨道交通管理系统提供了重要参考。

关键词

5G，边云融合控制，屏蔽门，加热系统

Research on the Heating System of Rail Platform Screen Doors Based on 5G “Edge-Cloud” Control Technology

Yi Li

Tianjin Metro Electronic Technology Co., Ltd., Tianjin

Received: Apr. 26th, 2023; accepted: Jul. 6th, 2023; published: Jul. 17th, 2023

Abstract

To solve the problem that the metro platform screen door is easy to freeze and cannot be opened in rain and snow weather when the temperature is low, this paper uses 5G Industrial Internet and

“edge-cloud” control method to realize the heating of the platform screen door’s guide rail, for ensuring the normal operation of rail transit. The system includes a heating element, power supply circuit, temperature sensor, edge controller PLC with 5G communication function, IOT data center deployed on cloud hosts, and cloud control system developed with Node-red. Adopting the “edge-cloud” control method, it ensures the normal and safe operation of the devices when the network is disconnected, and can also achieve remote control when the network is connected. The powerful computing capability of the cloud provides more possibilities and scalability for the digital and intelligent operation of the system, providing important references for the formation of a highly integrated intelligent rail transit management system.

Keywords

5G, Edge-Cloud Control, Platform Screen Doors, Heating System

Copyright © 2023 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

现有轨道交通屏蔽门多采用盖板遮挡来防止雨雪进入导轨等关键部位，能够解决雨雪量小的情况下冻结的问题，但是当雨雪量增加，积雪增多，气温很低的情况，难以避免出现冻结导轨，导致无法正常开门。此时需要站内投入大量人力进行人工加热、除雪，属于情况出现后的应急处置，处理效率较低，效果较差。如果能够在问题出现前，根据环境信息、天气预报情况等，提前对屏蔽门进行加热，避免积雪、冰冻，保证屏蔽门导轨、电机传动部分正常运行，即可避免应急处置，减少人员投入。

第五代移动通信技术(5th Generation Mobile Communication Technology, 简称 5G)是具有高速率、低时延和大连接特点的新一代宽带移动通信技术，是实现人机物互联的网络基础设施。国际电信联盟(ITU)定义了 5G 的三大类应用场景，即增强移动宽带(eMBB)、超高可靠低时延通信(uRLLC)和海量机器类通信(mMTC)。而正是 5G 通讯技术的这些特点，为人类计划了多年的“万物互联”提供了成为现实的可能[1]。有研究者已经开始在轨道交通领域开展 5G 技术的应用研究[2]。

在轨道交通控制系统中发挥 5G 技术优势，边云融合的控制方式是最为适合的，即在边缘侧(设备端)能够进行现场控制的同时，也能够通过云端进行远程控制。边云融合控制方法依赖于具有通讯功能的边缘控制器(Edge Control Unit, ECU)，近年来已有部分研究人员意识到，采用性能可靠并广泛用于工业场景的可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)作为 ECU 是实现工业 4.0 以及工业物联网的重要方法[3][4][5][6]，但受限于工业互联网技术发展不完善，当前多数 PLC 通讯协议还未从传统工业现场总线发展到支持工业互联网通讯协议，因而 PLC 无法直接采用 5G 与云端通讯，往往需要进行协议转换，从而导致边云之间的延迟较为严重。边云融合控制方法的最大优势，在于保留传统本地控制系统不依赖通讯质量、从而保证设备运行安全的同时，能够有效发挥云端算力强大的特点，为复杂控制算法提供了应用的空间[7]。为充分利用边云融合控制的特点，需要以 5G 技术与 PLC 结合，设计新型的边云融合控制系统架构，将工业互联网技术用于轨道交通应用场景中。

本文针对轨道交通屏蔽门加热这一应用场景，设计了以 IOT 数据中台为核心的边云融合控制系统；研究了以支持 TenNet 工业互联网协议的 PLC 作为 ECU，通过 IOT 数据中台实现边云融合的控制方法；验证了边云融合控制系统在轨道交通应用场景下的可行性。

2. 系统设计

系统设计的关键在于边缘控制器的 5G 通讯，核心是处理数据读取的 IOT 数据中台。通过云端控制系统能够对边缘侧边缘控制器中参数进行修改，达到调整边缘控制器控制系统的目的，并且边缘侧的手动调整能够反映到云端，实现边云融合控制。本系统通过基于 MQTT 通讯方式的 TenNet 工业互联网协议进行边云间数据与指令的传输，能够通过 5G 技术实现边缘控制器数据上云和云端指令下发。系统主要包括加热片、供电电路、温度传感器、带有 5G 通讯功能的边缘控制器 PLC、部署在云主机上的 IOT 数据中台、云端控制系统。系统如图 1 所示。

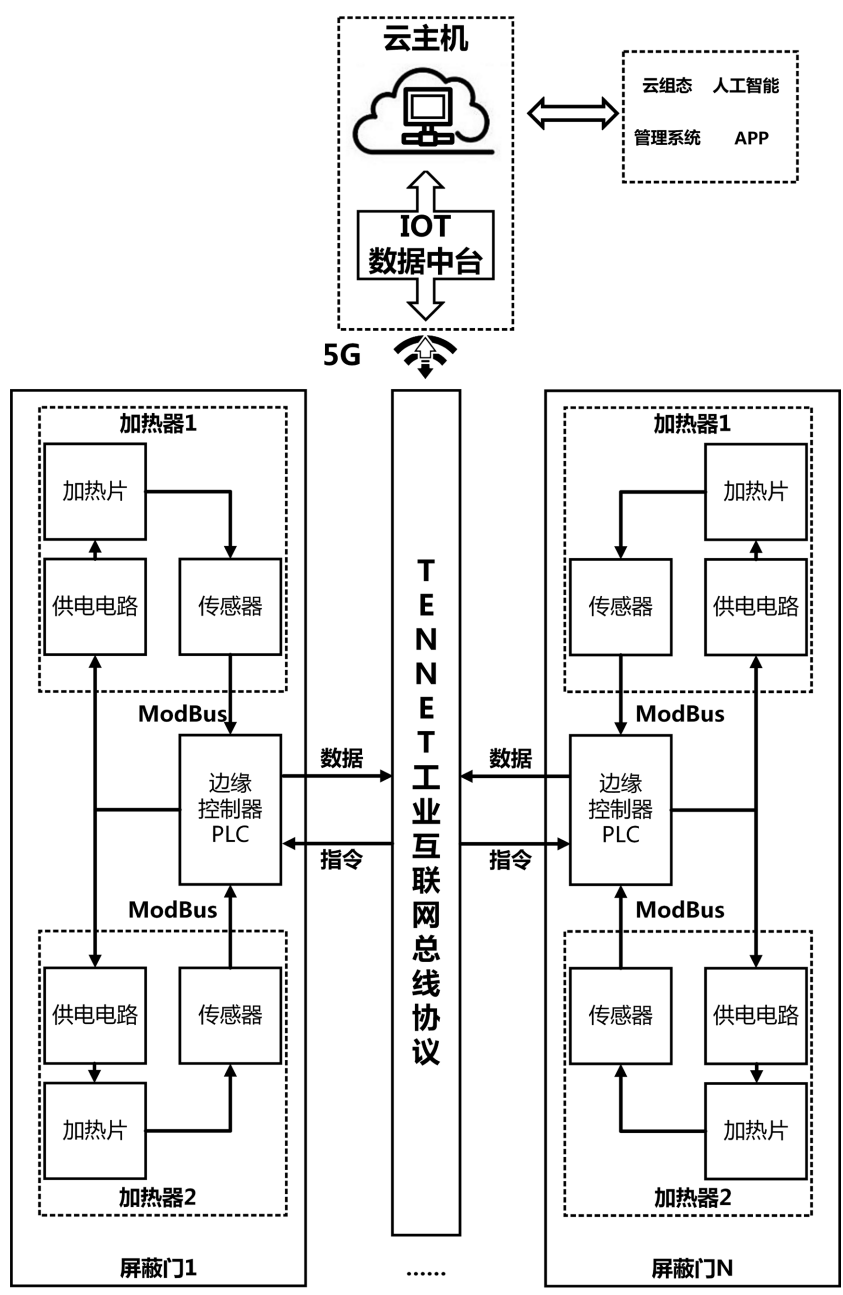


Figure 1. Diagram of the heating control system
图 1. 加热控制系统结构图

边缘端控制器采用工业应用广泛的可编程逻辑控制器 PLC, 性能稳定, 安全可靠。通过配置 PLC 的 5G 连接, 能够将传感器数据上传至云端, 并接收云端下发的指令, 实现边缘端基本控制功能; 云组态系统主要实现数据、状态的显示、处理, 根据控制策略进行指令的下发; IOT 数据中台是云组态系统与边缘端的通讯的桥梁, 提供基本的数据服务, 将边缘端数据上传至云组态系统, 接收控制信号发送给边缘端, 为复杂云计算、模式识别、人工智能算法提供数据接口。

对于突发事件, 往往需要专业人员立即前往事发地点进行处理, 涉及非值班人员临时调度问题, 容易出现人员到位不及时, 处理过程缓慢的问题。通过边云融合控制方法, 可以由专业人员远程对事发现场进行操作, 控制事态发展, 能够有效减轻突发事件影响, 为后续进一步处理提供缓冲时间。云端控制系统远程控制处理应急情况, 边缘控制器则能够保证日常运行及基本安全, 当通讯受限时, 边缘控制器依然能够根据预设指令完成基本操作, 不会出现控制系统紊乱等情况。

边云融合控制技术要求网络通讯的稳定, 传统通讯采用有线连接, 对于已建好站点, 二次布线难度较高, 采用无线通讯是更好的选择, 在建站规划综合布线时, 无线通讯难度也更低, 成本容易控制。5G 通讯技术带宽高、稳定性好, 我国 5G 基础设施建设已经比较完善, 非常有利于边云融合控制系统的构建。

2.1. 系统构成

1) 加热片

加热片可选用具有防水效果的硅胶加热片, 放置于屏蔽门导轨及驱动电机附近的底座上, 采用导热硅胶粘贴, 热量可通过底座传导至导轨, 也可通过热辐射加热导轨附近区域。加热片自带温控开关, 当温度超过预设值时自动断开, 以保证安全。加热片形状可根据底座形状进行设计。

2) 供电电路

供电电路由变压器、处理器、通讯芯片、继电器等组成, 变压器将站台供电电压(110V、220V 或 380V 等)调整至 36V 以下(可选用 24V)安全电压, 为加热片供电, 供电开关由继电器控制, 控制信号由边缘控制器 PLC 提供, 通过 ModBus 协议下发到供电电路的处理器。当需要进行加热时, 边缘控制器 PLC 发送控制信号至处理器, 处理器控制继电器控制节点, 继电器吸合, 加热片供电电路导通, 加热片开始工作。从而实现控制电路与供电电路的隔离。供电电路应放置在具有防水功能的外壳中。

3) 温度传感器

温度传感器采用 ModBus 协议通讯, 敏感元件可采用如热电偶等原理, 多个传感器同时使用, 需要对各个传感器进行地址设定, 从而区分不同位置传感器, 保证信号顺利读取。传感器需要进行防水处理。

4) 边缘控制器 PLC

边缘控制器选用满足 TenNet 通讯协议的 PLC, 通过 5G 路由器上云。PLC 输出端口数量可根据具体控制的加热片数量进行扩展, 每个屏蔽门需要 2 路控制信号控制 2 片加热片, 也可采用 1 路信号控制 2 片加热片同时加热。PLC 需要具有 ModBus 总线通讯功能, 以读取传感器数据。边缘控制系统的显示界面如图 2 所示。

5) IOT 数据中台

IOT 数据中台需要满足 TenNet 通讯协议。数据中台主要负责数据的接收与分发, 读取边缘控制器采集的传感器数据以及加热片工作状态, 传递给云端控制系统, 并将云端控制系统的控制信号或者修改的控制参数传递给边缘控制器。

6) 云端控制系统

云端控制系统主要实现加热系统运行状态、当前温度显示, 可以手动远程控制加热片工作以及修改设定的温度等组态功能。同时可根据需要和其他管理系统连接实现数据共享, 也可加入人工智能算法实现智能控制, 或开发手机 APP 实现移动端的实时监测和控制。



Figure 2. UI of the edge control system
图 2. 边缘控制系统显示界面

2.2. 工作原理

边云融合控制方法是指，云端不仅仅只能读取系统数据进行显示，同时能够进行控制加热开关等指令、加热温度等参数的下发。边缘控制器 PLC 除了能够按照预设值进行工作、或通过 ModBus 总线连接的工控屏在本地进行加热开关、加热温度调整外，也可以通过 TenNet 协议以 5G 通讯接收云端指令和参数。控制系统工作原理如图 3 所示。

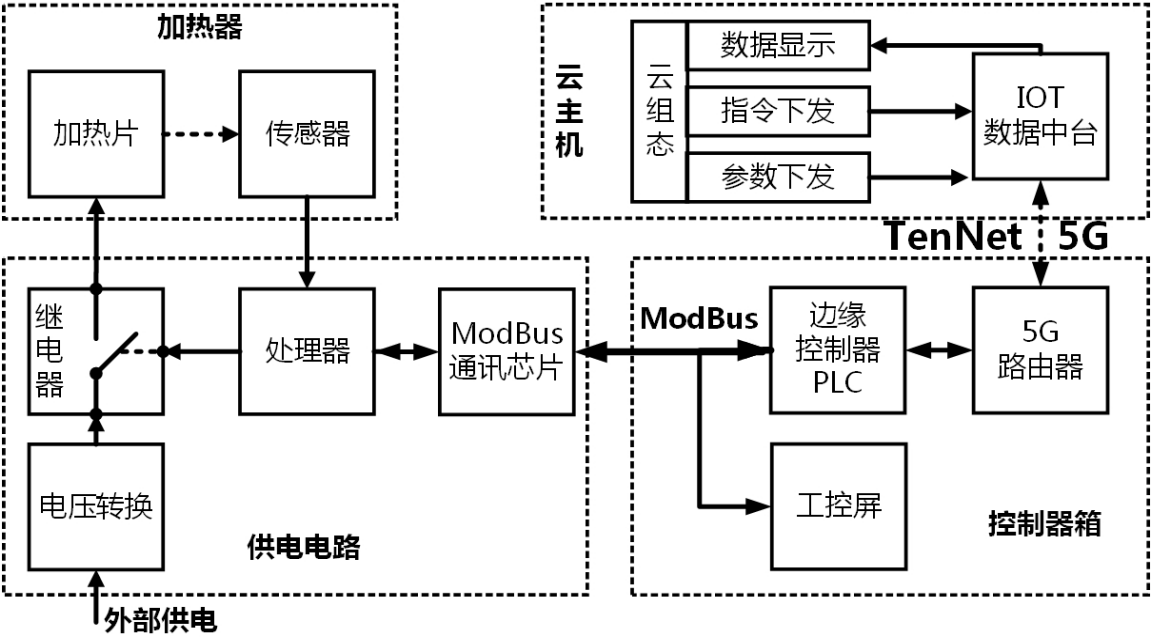


Figure 3. Schematic diagram of the control system
图 3. 控制系统原理图

边缘控制器 PLC 基本逻辑如图 4 所示,边缘控制器 PLC 初始化预设温度参数后,读取温度传感器数据,与预设温度对比后,如果未达到预设温度,则发送开始加热指令,供电电路继电器吸合开始加热,并更新云端和工控屏上加热状态为正在加热;如果达到预设温度,则发送停止加热指令,供电电路继电器断开停止加热,并更新云端和工控屏上加热状态为停止加热。

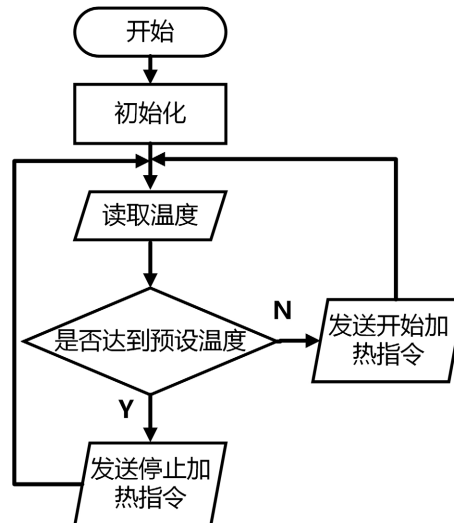


Figure 4. Logic diagram of the control system
图 4. 控制系统逻辑图

云端人机交互系统采用 Node-red 开发组态系统,基本功能为当前各个屏蔽门温度、加热状态显示,并设计加热开关实现远程开关控制、预设温度调整控件实现远程调节预设温度。云平台系统如图 5 所示。



Figure 5. UI of the cloud control system
图 5. 云端系统显示界面

3. 实验结果分析

为验证系统运行效果，本文进行了一系列测试，与传统控制器通过现场调整预设值不同，本系统能够通过云端下发预设温度，并对边缘控制器 PLC 中存储预设温度的寄存器进行修改，从而实现了云端对边缘侧设备控制参数的调整，达到了系统设计的目的，测试结果如表 1 所示。当系统处于未加热状态，且传感器测量温度高于加热温度时，系统不加热；当传感器测量温度低于加热温度时，系统开始加热，直至测量温度高于停止加热温度；当加热片实际温度高于自身热敏元件设定温度(本文加热片采用 75℃)时，自动进入过温保护，加热片供电电路断开，停止加热，并进行报警。通过边缘侧控制器箱工控屏修改预设温度可以达到同样的效果，并能够对云端预设温度的显示进行更新，系统能够实现边云融合控制。

Table 1. System experiment and test result
表 1. 系统实验与测试结果

测量温度/℃	预设温度/℃ [加热阈值，停止阈值]	动作	云端显示
20.3	[20, 60]	未加热	未加热
20.4	[30, 60]	加热	加热
40.2	[30, 60]	加热	加热
46.7	[30, 40]	停止加热	停止加热
29.7	[30, 40]	加热	加热
75.4	[30, 80]	过温保护	报警

4. 结论

本文以 5G 技术结合边云融合控制方法，实现了轨道交通屏蔽门加热控制系统的设计，并验证了该方法能够以边缘控制器保证离线工作安全、以边云融合实现远程调节。本系统充分发挥了 5G 技术减少布线成本的优势，能够在轨道交通窗口期内快速完成系统部署，以较低成本连通了云端与设备端；利用云端的算力，具有非常强大的扩展能力，可加入智能控制、智慧预测算法，根据天气情况计算需要加热的时间，进行预加热，在保证工作时间正常运行的同时，优化能源利用率，实现智慧化管理；利用数据中台技术，易与智能调度、站台 BAS 系统等进行对接，从而快速推进轨道交通数字化管理。总之，5G 结合边云融合控制方法能够为轨道交通数字化转型提供有力支持，具有较高可靠性的工业控制器和工业互联网通讯协议可为安全运行提供保障。

参考文献

- [1] 邓爱林, 冯钢, 刘梦婕. 5G+工业互联网的关键技术与发展趋势[J]. 重庆邮电大学学报: 自然科学版, 2022, 34(6): 967-975.
- [2] 艾渤, 马国玉, 钟章队. 轨道交通场景 5G 关键技术[J]. 都市快轨交通, 2019, 32(5): 38-43.
- [3] Syufrijal, S., Rif'an, M. and Media's, E. (2019) Construction Design System of Constant Pressure Control in Water Distribution System with PID Method Using PLC Based on IoT. *Journal of Physics: Conference Series*, **1402**, Article ID: 022060. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/2/022060>
- [4] Mellado, J. and Núñez, F. (2022) Design of an IoT-PLC: A Containerized Programmable Logical Controller for the Industry 4.0. *Journal of Industrial Information Integration*, **25**, Article ID: 100250. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100250>

-
- [5] Sarangapani, E., Narmadhai, N. and Santhosh, N. (2021) Industry 4.0 Technologies Incorporated with Delta PLC Based Smart Home Automation for Rural Development. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, **1084**, Article ID: 012112. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1084/1/012112>
 - [6] Ametov, F.R., Bekirov, E.A. and Asanov, M.M. (2021) Organization of Secure Communication between Programmable Logic Controllers Using the Open Platform Communications Protocol. *Journal of Physics: Conference Series*, **2096**, Article ID: 012125. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2096/1/012125>
 - [7] Huang, K., Tao, Z., Wang, C., *et al.* (2022) Cloud-Edge Collaborative Method for Industrial Process Monitoring Based on Error-Triggered Dictionary Learning. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, **18**, 8957-8966. <https://doi.org/10.1109/TII.2022.3161640>