

用于电机生产线的低成本远程调试系统的 开发与应用^{*}

聂 佳, 琚长江, 陈淑芳
(上海电器科学研究院, 上海 200063)

摘 要: 智能制造的发展使得我国制造业对自动化和信息化产生了迫切的需求。为工业现场建立使用便捷、初始投入及维护成本低廉的远程调试系统是制造商对生产设备智能化维护的现实需求。开发了一套低成本远程调试系统, 在设备出现故障后可快速搭建一条从工业现场到运维中心的专用通路进行远程调试。该系统可广泛应用在电机生产线的远程维护中。对系统的基础构架进行了介绍, 详细描述了系统核心设备的开发要点, 并举例说明了系统的实际应用方案。

关键词: 智能制造; 电机生产线; 消息队列遥测传输 (MQTT) 协议; 远程调试系统

中图分类号: TM 305 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2019)03-0090-05

Development and Application of Low-Cost Remote Debugging System for Motor Production Line^{*}

NIE Jia, JU Changjiang, CHEN Shufang
(Shanghai Electrical Apparatus Research Institute, Shanghai 200063, China)

Abstract: With the development of intelligent manufacturing, China's manufacturing industry has generated an urgent demand for automation and information technology. It is a practical requirement for manufacturers to establish a remote debugging system with convenient operation, low initial input and low maintenance cost for factory equipment. We developed a low-cost remote debugging system, which could quickly build a dedicated channel from the factory to the maintenance center for remote debugging. The system could be widely applied to remote maintenance of motor production line. The system architecture was introduced, and the development key points of the core devices were described in detail. Finally, the practical applications of the system were demonstrated.

Key words: intelligent manufacturing; motor production line; message queuing telemetry transport (MQTT) protocol; remote debugging system

0 引 言

传统的设备运维系统通常为电话报修。该维护方式的缺点有:(1)故障响应慢,电话报修到达现场耗时较长;(2)解决问题成本高,需要频繁出差;(3)维修周期长,给客户造成损失的概率加大。在实际应用中,许多产线设备无需进行长期、

连续的监控、智能诊断和维护,仅需要在出现故障时进行远程调试。同时,由于电机种类繁多、生产工艺复杂,现有的产线远程维护系统一般需要根据不同的产线属性进行定制开发。

针对电机生产线的远程调试需求,本文开发了一套构建简单、通用性强的低成本远程调试系统。该系统可建立起一条从电机生产线工业现场

^{*} 基金项目:上海市智能电网需求响应重点实验室项目;上海市普陀区智能制造项目(2017-A41-04)

作者简介:聂 佳(1981—),女,硕士,高级工程师,研究方向为建筑电气、智能制造。

琚长江(1976—),男,硕士,高级工程师,研究方向为工业自动化、智能制造。

陈淑芳(1984—),女,硕士,工程师,研究方向为智能制造及其自动化。

到运维中心的专用通路,通过适配安装在 PC 端的设备配套软件或组态软件等上位机软件,对工业现场的 PLC/HMI 等设备进行远程调试。在现场设备出现故障后,可以快速搭建系统,进行远程调试,解除故障;而在现场设备正常运行时,无需接入和维护,极大地降低了维护成本。

1 低成本远程调试系统的基础架构

本文所开发的低成本远程调试系统由 3 个

核心部件构成:远程调试网关、代理服务器(即云平台)和远程适配软件。其中,远程调试网关位于工业现场,代理服务器位于云端,远程适配软件位于运维中心^[1]。系统网络架构如图 1 所示。

远程调试网关负责工业现场设备与代理服务器的通信;远程适配软件负责电脑端编程软件等上位机软件(如电脑端 PLC 编程软件或组态软件等)与代理服务器的通信。

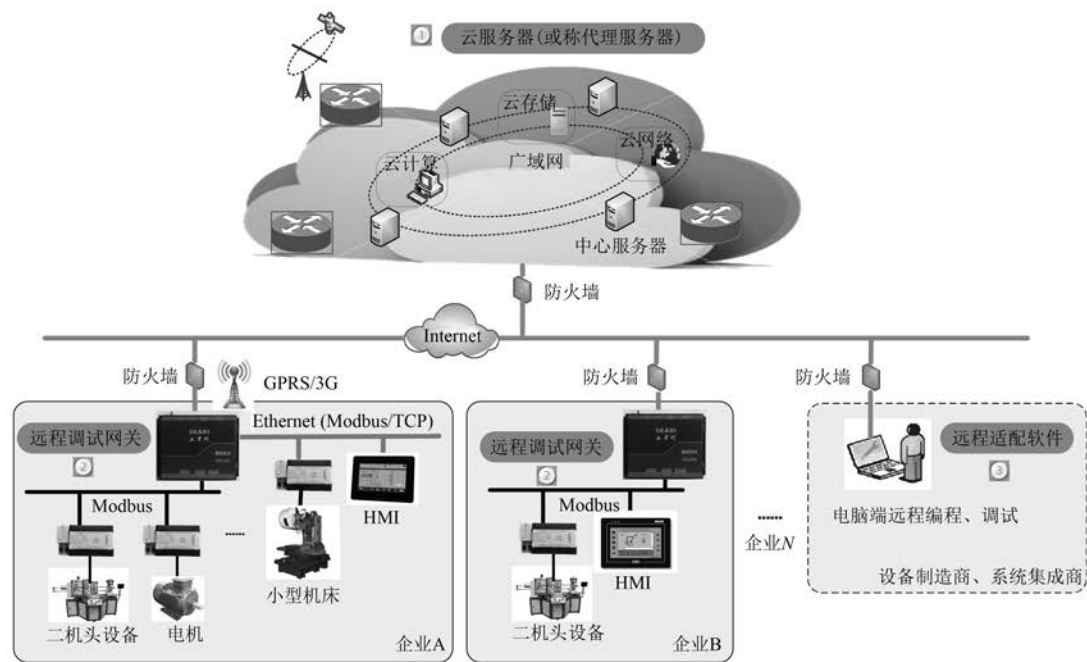


图 1 低成本远程调试系统网络架构

该远程调试系统通过消息队列遥测传输 (MQTT) 协议^[2] 通信方式构建整体基础网络框架。MQTT 是一种基于轻量级代理的发布/订阅模式的消息传输协议。该协议运行在 TCP 协议栈之上,为其提供有序、可靠、双向连接的网络连接保证,适用于低带宽、不可靠网络数据远传的物联网 (IoT) 场景。

远程调试网关和远程适配软件作为 MQTT Client,代理服务器作为 MQTT Server,其通信关系如图 2 所示。

(1) PLC 等工业现场设备与远程调试网关通过 RS232 或 RS485 建立连接。

(2) 远程调试网关通过 RJ45 网口或 GPRS/4G 无线通信方式,经由运营商网络,与远程代理

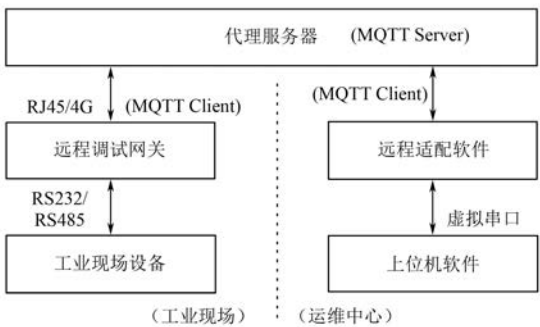


图 2 低成本远程调试系统通信关系示意图

服务器连接。代理服务器可以与多台远程调试网关建立连接,通过 MQTT 方式通信。

(3) 远程适配软件通过虚拟串口与 PLC 编程软件、组态软件等上位机软件建立连接。远程

适配软件可以与多个上位机软件建立连接,远程适配软件再与代理服务器建立连接,通过 MQTT 方式通信。

2 低成本远程调试系统的开发设计

2.1 远程调试网关的开发

远程调试网关是远程调试系统的核心设备,安装于工业现场。该设备通过 RS232/RS485 串口连接工业 PLC 及 HMI 等产品;通过以太网或 4G 通信方式,采用 MQTT 通信协议连接代理服务器,提供远程调试、下载程序及远程数据采集功能。

远程调试网关硬件设计采用 Cortex-M4 内核主芯片,外围电路包括电源转换、RS485 通信模块、RS232 通信模块、按键模块、指示灯模块、以太网通信模块及无线通信模块^[3]。远程调试网关硬

件框架如图 3 所示。

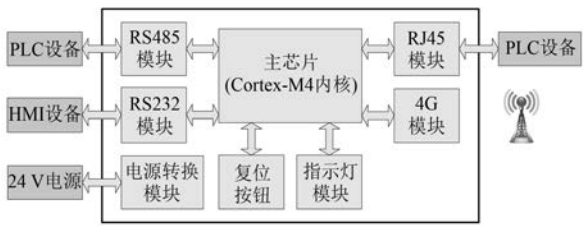


图 3 远程调试网关硬件框架

远程调试网关嵌入式软件采用分层模块化设计方式。应用层处理业务逻辑相关流程;中间层具有通用的应用程序接口,供上层调用;协议层采用开源的 LWIP 协议栈处理网络通信相关事务;驱动层采用官方驱动库为上层应用提供驱动接口。远程调试网关嵌入式软件结构如图 4 所示。

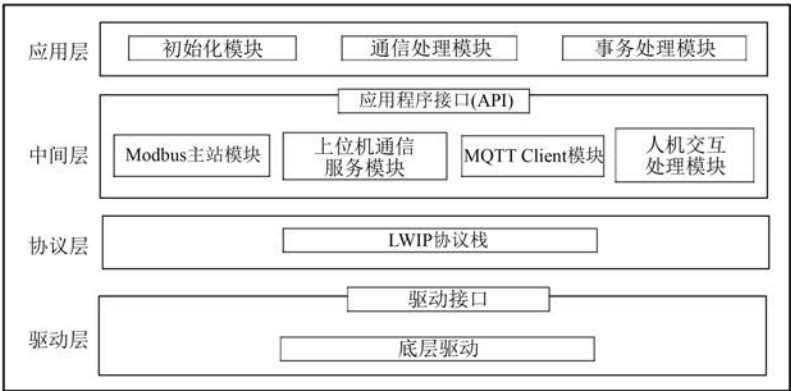


图 4 远程调试网关嵌入式软件结构图

2.2 远程适配软件的开发

远程适配软件运行在安装有 PLC 配套软件的 PC 机上,通过虚拟串口方式,在远程 PLC 设备与 PC 端 PLC 配套软件间建立通路。

远程适配软件的功能模块分为 4 层:展现层、业务层、服务层和数据层。展现层主要是与用户交互,业务层处理具体的配置和通信业务,服务层包含各种公共服务库,数据层包含各类实体文件。展现层对应的是实体界面,与业务层是一对多的关系,一个实体页面至少对应一个业务层文件。此外,业务层中有日志单元,对各类系统信息和异常代码进行统一管理、解析,并完成显示到页面或写入日志等操作。远程适配软件采用 .NET 4.0 框架及第三方虚拟串口服务。

2.3 代理服务器的部署

代理服务器可以看作远程适配软件和远程调试网关之间的沟通“桥梁”,在处于不同局域网的网络节点上的远程调试网关和远程适配软件间建立起全双工通信隧道,实现远程调试的目的。

本文开发的远程调试系统代理服务器支持 MQTT 协议,采用发布/订阅 (Publish/Subscribe) 通信模式^[2]。系统定义了三种角色:代理服务器、发布者客户端以及订阅者客户端。代理服务器负责将来自发布者的消息进行存储处理并将这些消息发送到正确的订阅者。MQTT 通过“主题”将消息从发布者客户端送达至接收者客户端。“主题”是附加在应用消息上的一个标签,发布者客户端将“主题”和“消息”发送至代理服务器,代理服务器将该消息转发至每一个订阅了该“主题”

的订阅者客户端。这种发布/订阅模式实现了发布者和订阅者的解耦。

代理服务器部署工作主要包括以下两个步骤。

(1) 新公司加入时, 为其创建对应的 Endpoint (Endpoint 为 IoT Hub 的服务实例), 并设置相关的身份、策略。

(2) 新设备接入时, 为其创建对应的设备

实例。

3 低成本远程调试系统应用实例

以连接工业现场上电科 PLC 设备为应用实例, 说明建立低成本远程调试系统的实际过程。假设公司 A 需要在现场安装远程调试网关对电机生产线的 PLC 进行远程调试操作, 系统结构如图 5 所示。

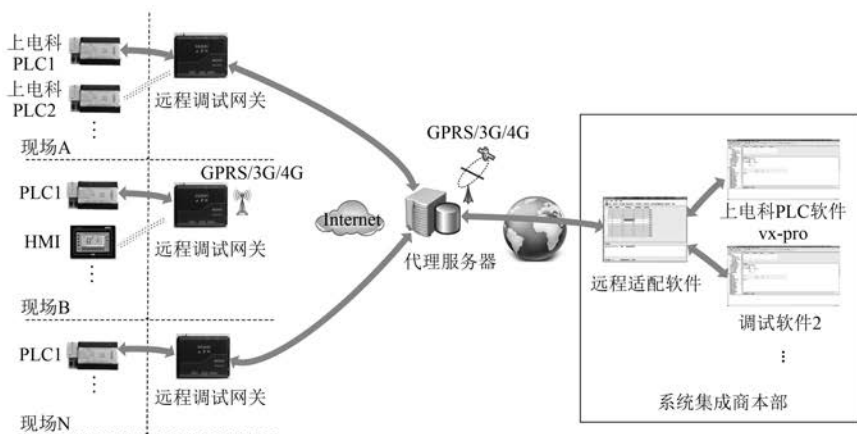


图 5 低成本远程调试系统应用实例系统结构

远程调试系统需要通过初始建立和软件配置这两个过程来实现现场应用。

3.1 初始建立

远程调试系统的初始建立过程一般由系统集成商完成, 包含以下四个步骤。

3.1.1 创建公司接入点

公司接入点为 MQTT Endpoint 服务实例, 可在 IoT Hub 控制台中进行创建。以“公司名称+Service”规则统一命名, 创建实例后得到唯一的 MQTT 服务器地址。

3.1.2 建立策略

策略即为权限管理。该例中, 根据业务需要设立管理员策略和网关策略。其中, 管理员策略适用于远程适配软件, 对“数据”具有订阅权限, 对“命令”具有发布权限; 网关策略适用于远程调试网关, 对“数据”具有发布权限, 对“命令”具有订阅权限。

3.1.3 创建身份

身份用于为 MQTT 客户端提供登录凭证, 一个身份包含两方面的信息: (1) 密钥, 即 MQTT Client 的登录密码; (2) 策略, 身份仅能绑定唯一

策略, 用该身份登录的 MQTT Client 将拥有该身份所绑定策略的操作权限。该例中, 为管理员及网关各创建一个身份。

3.1.4 接入设备

该例中, MQTT Client 包括适配软件及调试网关两种。

(1) 对于适配软件, 为其创建一个唯一的设备实例并绑定管理员身份。

(2) 对于调试网关, 每台都必须设立一个设备实例。设备实例包含设备名称和设备所绑定的身份。当设备实例创建完成后会生成连接 MQTT 服务器的必要信息: 登录名及登录密码。

3.2 系统配置

系统初始建立完成后, 需要通过远程适配软件对系统进行配置, 主要包括软件配置和网关配置两个步骤。

3.2.1 软件配置

软件配置用于配置远程适配软件与云服务器的连接参数, 包括配置“网址”、“用户名”和“密码”(系统初始建立时获得) 等参数, 如图 6 所示。



图6 软件配置界面



图7 网关参数配置

3.2.2 网关配置

远程适配软件无需手动添加网关。在连接到服务器 10 s 之后,已配置正确且运行正常的网关将会自动添加至软件中的网关列表。

网关配置包括虚拟串口配置和网关参数配置两部分。

虚拟串口配置用于在本地创建与远程调试网关通信的虚拟串口,此串口将用于与 PLC 等原有调试软件通信。本例中远程调试网关映射到本地端口 1。

网关参数配置用于远程设置网关的相关参数,包括网关基本信息、网络参数、串口参数、SIM 卡使能等,如图 7 所示。

网关配置完成后即可实现调试网关连接现场 PLC 设备,进行远程调试操作。

4 结 语

本文所开发的低成本远程调试系统构建简单,通用性强,可适用于电机生产线产品种类繁多、工艺复杂的应用需求,实现数据从运维中心到

工业现场设备的双向透传,可以使任意运维中心对任意工业现场的串口设备进行远程调试,并在代理服务器进行集中管理。其中,远程调试网关代替传统的嵌入式智能监控单元,代理服务器代替专用的云服务平台,远程适配软件代替定制的客户软件或 APP。同时,该远程调试系统可按需使用网络资源,仅在出现故障或需要调试时才建立连接,快速搭建系统。因此,初期投入和后期维护成本均较低,具有很强的经济性和实用性。该系统可广泛应用于传统的工业制造企业,提供一种低成本、简便易行的智能化升级方式。

【参 考 文 献】

- [1] 杨艳,邓月明,杨明杰,等.面向智慧茶厂的物联网网关设计[J].电脑与信息技术,2018(2): 62.
- [2] OASIS. MQTT Version 3.1.1 [EB/OL]. <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.doc>.
- [3] 吕腾超,李由,李阳.基于 S3C2440 的新型工业多协议转换器设计[J].仪表技术与传感器,2017(10): 38.

收稿日期: 2018-10-26

(上接第 82 页)

- [6] 黄清.电动车用开关磁阻电机控制系统的研究[D].赣州:江西理工大学,2015.
- [7] 高鹏.开关磁阻电机制动控制的研究与实现[D].西安:西安科技大学,2017.
- [8] 钟锐,徐宇拓,陆生礼.基于 STM32 的开关磁阻电机角度位置控制系统[J].计算机测量与控制,2012(11): 2916.
- [9] 贾星辰.开关磁阻电机调速控制系统研究与实现[D].西安:西安科技大学,2017.
- [10] 张超.开关磁阻电机调速控制系统的研究与设计[D].济南:齐鲁工业大学,2015.
- [11] 朱叶盛.基于 STM32 的开关磁阻电机驱动系统研

究与实现[D].南京:东南大学,2016.

- [12] 张明灏.开关磁阻电机控制器电流采样及保护设计[D].南京:东南大学,2015.
- [13] 朱曰莹,赵桂范,杨娜.电动汽车用开关磁阻电机驱动系统设计及优化[J].电工技术学报,2014,29(11): 88.
- [14] 钟锐,徐宇拓,鲁雪.基于 STM32 的开关磁阻电机保护算法设计与验证[J].电气传动,2013,43(7): 3.
- [15] 刘火良,杨森.STM32 库函数开发实战指南:基于 STM32F103[M].2 版.北京:机械工业出版社,2017.

收稿日期: 2018-10-11