

基于PLC的工业云平台控制系统设计

孙洁¹,王兴楠¹,孙晔²,崔婷婷¹,高亮亮³

(1.华北理工大学 电气工程学院,河北 唐山 063210;

2.北京电信规划设计院有限公司,北京 100048;

3.北京首钢股份有限公司,河北 迁安 064400)

摘要:针对工业自动生产线中本地服务器存在的数据传输及更新速率慢、传输不稳定、远程操作困难等问题,设计了自动生产线工业云平台。应用工业物联网技术完成不同数据源间兼容通讯和数据融合,采用Node-red语言环境以及MQTT技术与阿里云端服务器搭建基于PLC的工业云平台。详细阐述了生产线工位组成结构、PLC数据采集原理、数据传输形式,实现了云端服务器对远程工业产线监控。为利用云端服务器云计算能力处理生产过程数据以及现场设备的远程监控提供保证。经过实验调试,验证了云平台数据传输稳定、通讯延时短、数据分析效率高。

关键词:物联网;智能网关;工业物联网;消息队列遥测传输;可编程控制器

中图分类号:TP2

文献标识码:A

DOI:10.19457/j.1001-2095.dqcd19622

Design of Industrial Cloud Platform Control System Based on PLC

SUN Jie¹, WANG Xingnan¹, SUN Ye², CUI Tingting¹, GAO Liangliang³

(1. School of Electrical Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, Hebei,

China; 2. Beijing Telecom Planning and Design Institute Co., Ltd., Beijing 100048,

China; 3. Beijing Shougang Co., Ltd., Qianan 064400, Hebei, China)

Abstract: An automatic production line industrial cloud platform was designed for the problems of slow data transmission, unstable transmission, and remote operational difficulties of local servers in industrial automatic production lines. Industrial internet of things(IOT) technology was used to complete compatible communication and data fusion between different data sources. The Node-red language environment and MQTT technology were used to build a PLC-based industrial cloud platform with Alibaba Cloud Server. The production line structure, PLC data acquisition principle and data transmission form were elaborated in detail, and the cloud server was used to monitor the remote industrial production line, to ensure the remote monitoring of production process data and field devices using cloud computing capabilities of cloud server. The experimental debugging proves that the cloud platform has stable data transmission, short communication delay and high data analysis efficiency.

Key words: internet of things(IOT); intelligent gateway; industrial internet of things; message queuing telemetry transport(MQTT); programmable logic controller(PLC)

随着工业设备的日趋智能化、复杂化,生产过程中需要采集的数据越来越多,越来越复杂,同时由于设备众多,对于设备的监控也造成了很大的困难,其操作及维护需要大量的人力资源。这样工业生产中的远程监控、远程诊断以及数据处理就变得尤为重要^[1]。然而,如何将生产现场

设备采集的数据以及设备运行状态稳定地传输到远程控制端,并及时对生产设备进行控制是极具挑战性的。

当前存在的工业远程监控以及数据处理,是将不同的设备不同的通讯协议进行整合,这样就要编写大量的数据通讯协议,耗时耗力,同时传

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(F2013209326)

作者简介:孙洁(1963—),男,博士,教授, Email:13931590668@139.com

送到本地服务器,也经常由于可编程逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)本身数据传输能力有限以及本地服务器承载能力限制,效果非常不稳定。而提高本地服务器硬件性能,以及服务器的运维,这些花费是一些小型企业所不能承受的。面对当前的种种问题,如何制定一种针对于工业生产环境中的稳定高效且实用的工业云平台^[2],变得迫在眉睫。

针对现状及以上问题,采用西门子 IOT2040 智能网关,其适用于生产过程中数据的采集、处理和传输,是面向工业的可靠性、开放性智能网关,在工业云与生产系统之间搭建起高兼容的交互凭条,可实现双向实时通讯,在工业云平台分析后的数据可通过该网关传送到生产系统中并控制设备。与此同时,利用内嵌 Node-red 可视化编程语言来实现不同数据之间的通讯协调。实际应用中可采用多协议传输,利用消息队列遥测传输(message queuing telemetry transport, MQTT)协议将数据传送到 IBM 云端^[3],通过云端服务器的运行能力进行数据处理以及远程监控^[4],可实现云平台在自动生产线上的应用。

1 系统搭建

1.1 硬件介绍

1.1.1 西门子 S7-1200

SIMATIC S7-1200 是西门子公司设计的一款介于 S7-200 与 S7-300 之间的紧凑型、模块化的 PLC,它可完成简单/高级逻辑控制、人机界面(human machine interface, HMI)和网络通信等任务。由于它在工业环境下的稳定性,在小型非标工业生产线中非常适用。对于自动化系统中网络通信功能及单屏或多屏 HMI 交互的自动化系统,易于设计和实施^[5-6],可实现过程控制系统、小型运动控制系统的高级应用功能。

1.1.2 西门子 IOT2040

智能网关采用西门子公司生产的 IOT2040,该产品侧重于工业物联网环境^[7],与西门子生产的 PLC 有良好的交互能力,是西门子产品在低功耗领域内的完美补充,其详细参数为:中央处理器采用 Intel Quark X1020;存储介质为 1x microSD 卡插槽(可安装 8~32 G 内存卡);存储器类型为 DDR3-SDRAM;存储器大小为 1 GB;可用插槽为 1x Arduino 板, 1x mPCIe; USB 接口采用 1x USB 2.0, 1x USB-Client; 串行接口为 2x COM 接

口(RS232 RS485);工业以太网接口为 2x100 Mbit/s Ethernet(RJ45)。

1.2 软件介绍

1.2.1 Node-red

Node-red 可视化“流”编辑器是一种基于“流”的编程工具,它有一个可视化编辑器,允许将节点连接在一起创建流^[8]。Node-red 擅长于快速应用程序开发,并充当连接事件到动作或传感器到执行器的粘合剂。

1.2.2 MQTT

MQTT 是一种消息队列遥测传输协议,该协议可实现机器与机器的交互^[9],而 IOT(internet of things)要求在没有服务器进程的情况下实现不同机器设备之间的交互,这就使该协议成为工业物联网重要组成部分的一个要素。该协议的多平台性和多兼容性将大多数设备通过 IOT2040 与外部连接起来,完成了云传输的底层数据收集。在 MQTT 协议的基础上,通过搭建 Linux 服务器,当前已经扩展出的服务器端程序包括但不限于 C, C#, JAVA, PHP, Python 等汇编语言编写的程序^[10-11]。这些程序均可通过 MQTT 来收发信息。

1.3 数据连接

首先确认好 PLC 与网关的接线是否正确,然后在本地或云平台配置网关的采集参数,在本地 MQTT 网关的配置中,进入 Node-red 的 MQTT 网关的 WEB 界面,根据网关表建立 MQTT 网关信息,然后配置采集 PLC 数据变量模板表(同一种类型的 PLC 设备具备相同的变量表),添加设备信息(定义关联的 MQTT 网关,定义关联的采集 PLC 数据变量模板,定义通信参数和采集周期等),部署设备和变量信息到 MQTT 网关,然后 MQTT 网关就开始采集 PLC 数据并发送数据到物联网云平台(即上报模式);云平台处理收到的数据,并插入到数据库中。物联网云平台也可以下发指令到 MQTT 网关,通过 MQTT 网关把数据传给 PLC,从而达到双向通信的功能。数据连接原理图如图 1 所示。

1.4 数据应用

通过生产线相应的传感器检测模块,检测并计算生产线中需要旋转调整的工件数量和所出料的工件数量。通过从 PLC 采集的变量信息,实时传输到 MQTT 网关中,并向其物联网云平台提供数据。云平台接受并处理数据,根据数据的实

时变化,分别绘制相应的需要旋转调整的工件数量和所出料的工件数量的趋势变化图。从折线趋势图中,可直观看出2种变量的运行状态的变化对比。

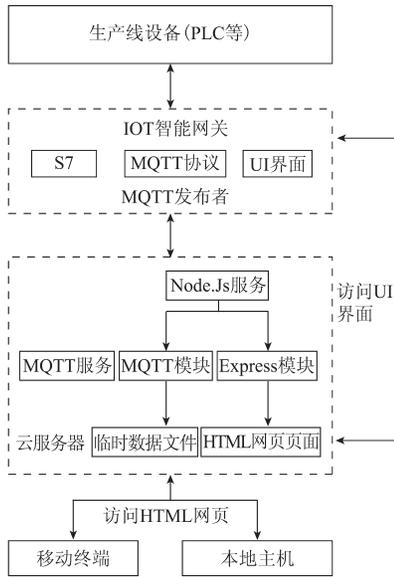


图1 数据连接原理图
Fig.1 Data connection schematic

2 控制系统设计

2.1 功能设计

方向调整站。工位效果图如图2所示。主料件由同步带输送组件移动到检测工位,由金属传感器检测其当前位置是否正确,如果不正确,则在方向调整工位对其进行180°旋转;如果位置正确则不做任何处理。最后所有主料件由气缸推出至产品组装站。

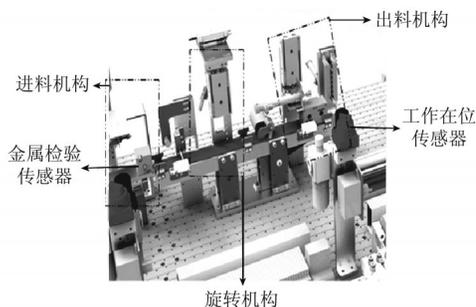


图2 方向调整站
Fig.2 Rotating workstation

2.2 PLC程序设计

按照生产线功能要求编写程序,使用TIA PortalV14进行程序编写,并在PLC的编程软件建立采集的数据块,记录数据块的地址,如图3所示。

名称	数据类型	偏移量
Static		
上料工件数	Int	0.0
出料工件数	Int	2.0
调整工件数	Int	4.0

图3 数据采集块

Fig.3 Data acquisition block

2.3 硬件设计

方向调整站的硬件组成部分包括: PLC控制系统、金属检测组件、方向调整组件、推料组件、HMI。由于该站有18个输入端口,8个输出端口,采用西门子PLC S7-1214C DC/DC作为主控单元,配置PC为HMI交互界面进行上位操作和监控,配置直流减速电机为同步带驱动电机,为了便于操作,该工位设置单步操作、自动连续操作和回零操作。控制系统的PLC的I/O分配表如表1所示。

表1 PLC控制系统输入输出I/O分配表

Tab.1 I/O allocation table of PLC control system

输入点	地址	输出点	地址
自动/单步	I0.0	自动运行指示	Q0.1
自动运行	I0.1	驱动电机	Q0.1
单步运行	I0.2	1号气缸	Q0.2
急停	I0.3	2号气缸	Q0.4
上料点有料	I0.4	推料气缸	Q0.5
金属检测	I0.5	气爪松开线圈	Q0.6
方向旋转点有料	I0.6	气爪抓紧线圈	Q0.7
出料点有料	I0.7	旋转气缸	Q0.3
1号升降气缸抬起	I1.0		
1号升降气缸落下	I1.1		
旋转气缸原位	I1.2		
旋转气缸旋转	I1.3		
气爪夹紧	I1.4		
气爪松开	I1.5		
推料向下一站气缸缩回	I2.0		
推料向下一站气缸伸出	I2.1		
2号升降气缸抬起	I2.2		
2号升降气缸落下	I2.3		

2.4 程序设计

系统初始化,初始化完成后设备处于初始状态。当上料点物料传感器B₁检测有物料时,电感式接近开关B₂检测物料上是否有金属部件,并记录结果。然后同步带驱动电机M₁开始转动,同步带带动物料向出料点移动,当方向旋转点物料

检测传感器 B₈检测到物料时,电机 M₁停止转动,并根据金属检测结果执行不同操作,分2种情况:

1)如果 B₂没有检测到金属,不对物料实行方向调整操作,电机 M₁继续运行;

2)如果 B₂检测有金属,1号升降气缸 Y₁ Q0.2下降,下降到位 I1.1后,气爪夹紧线圈 Q0.7得电,夹紧到位 I1.4后,1号升降气缸 Y₁上升,上升到位 I1.0后,旋转气缸 Q0.3得电旋转, I1.3 旋转到位后,1号升降气缸 Y₁下降,下降到位 I1.1后,气爪松开线圈 Q0.6得电,气爪松开到位 I1.5后,1号升降气缸 Y₁上升,上升到位 I1.0后,旋转气缸 Q0.3失电, I1.2 旋转气缸原位,电机 M₁继续运行,传送带带动物料向出料点 B₄ IO.7 移动,当出料点 B₄感应到物料时,电机 M₁停止转动;当5号工作站有空闲信号后,2号升降气缸 Q0.4得电,2号升降气缸落下 I2.3,推料向下一站气缸 Q0.5得电,推料向下一站气缸伸出到位 I2.1,延时,然后推料向下一站气缸 Q0.5失电,推料向下一站气缸缩回到位 I2.0,延时,2号升降气缸 Q0.4失电,2号升降气缸抬起 I2.2.流程图如图4所示。

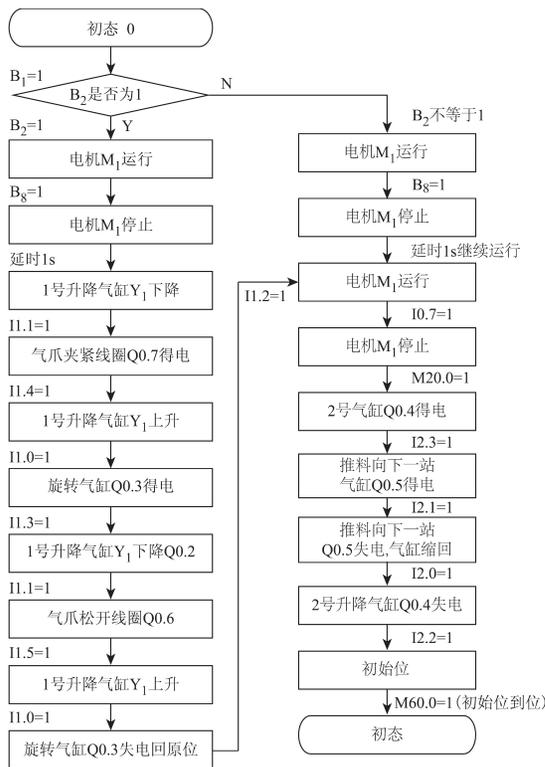


图4 控制逻辑流程图

Fig.4 Flowchart of control logic

3 生产数据传输

3.1 数据传输实验

在浏览器界面输入 IOT2040 的 IP, 打开 Node-red 编程界面, 并进行数据连接, 可将 PLC 的过程数据进行编辑, 分类, 分别传送给云平台以及本地服务器, 如图5所示。

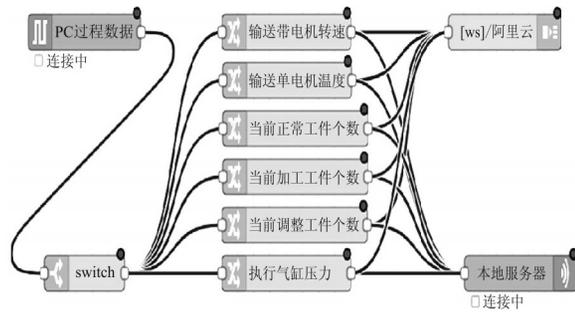


图5 Node-red数据连接

Fig.5 Node-red data connection

数据传输通讯正常后即可将数据传送到服务器及云端。图6所示为现场生产曲线,可清晰地查看到工位中的数据情况。无论在什么地方,均可输入 IOT2040 的 IP 进行数据查看及设备监控。

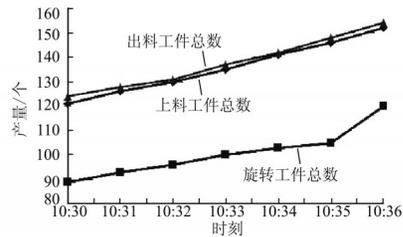


图6 生产曲线

Fig.6 Labor curves

3.2 实验结论验证

云平台与本地服务器的区别在于对变化的过程数据的响应速度。对该系统进行实验验证,利用 MQTT 传输协议进行传输,分别采集工件加工个数数据传输至云平台用时与传输至本地服务器用时,并进行对比分析,本地服务器与云平台之间的延迟相差 0.1 s 左右,这样的延迟在智能制造远程数据传输过程中是允许的,如图7所示,云平台的数据处理和数据存储能力是本地服务器所不具有的。同时对于利用阿里云的强大数据处理能力,是本地服务器所不能比拟的, MQTT 通讯自带脉冲刷新,保证数据更新速率。

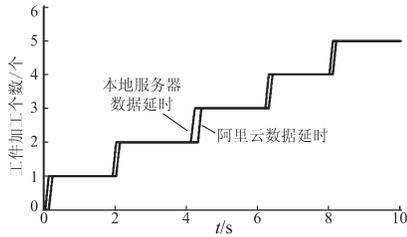


图7 延时对比

Fig.7 Delay comparison

4 结论

本设计通过小型的自动生产线,搭建简单的工业云平台,将生产数据传送到了云端。随着工业云平台、智能制造、数字化工厂的不断发展,数据采集、处理、反馈变得尤为重要,本设计实现了底层PLC的多协议通讯,并实现WEB端数据可视化,之后通过工业云平台传输至云端进行高级算法处理,并及时反馈工业现场。通过实验验证该设计将生产数据实时传输至云平台,传输过程数据融合及稳定性较本地服务器更强,准确率高,解决了数据传输及更新速度缓慢、系统不稳定的问题,实现了智能制造的远程监控。

对于云端数据库搭建、数据处理以及设备的诊断问题,还未有涉及。将来可以深入研究云端PLC过程数据处理。

参考文献

[1] 王弘扬,肖威,孙云辉,等. OPC UA与Node-red技术在

IOT2040 物联网网关的应用[J]. 制造业自动化,2018,40(7):58-60.
 [2] 陈芳. 工业互联网:一种渐进式变革[J]. 软件和集成电路, 2018,34(7):12-13.
 [3] 侯一鸣,徐泉,李亚杰,等. 基于物联网和工业云的选矿设备状态监控系统[J]. 计算机集成制造系统,2017,23(9):1972-1982.
 [4] 何清. 物联网与数据挖掘云服务[J]. 智能系统学报,2012,7(3):189-194.
 [5] 王大鹏,王涛,苏孝国. 基于TIA Portal环境的S7-1200的OPC通讯[J]. 可编程控制器与工厂自动化,2014,16(9):97-101.
 [6] 张佳. 基于PLC的实时数据采集系统[J]. 电气传动,2018,48(2):68-71.
 [7] 陈柳钦. 物联网:国内外发展动态及亟待解决的关键问题[J]. 决策咨询通讯,2010,20(5):15-25,32.
 [8] 王金龙,宋斌,丁锐. Node.js:一种新的Web应用构建技术[J]. 现代电子技术,2015,38(6):70-73.
 [9] 西门子全新网关可连通云、公司内部IT与生产[J]. 中国仪器仪表,2016,35(11):42.
 [10] Ooi Keng-Boon, Lee Voon-Hsien, Tan Garry wei-l, et al. Cloud Computing in Manufacturing: The Next Industry Revolution in Malaysia?[J]. Expert Systems with Applications, 2018,93(3):376-394.
 [11] Borja Fern'andez Adiego, Daniel Darvas, Enrique Blanco Vinuec, et al. Applying Model Checking to Industrial-sized PLC Programs[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2015,11(6):1400-1410.

收稿日期:2018-10-18

修改稿日期:2019-01-13