

订单管理与生产控制一体化管控系统设计

王伟平¹, 徐世许¹, 姜自燃¹, 赵 林¹, 张贝贝²

(1. 青岛大学 自动化学院, 山东 青岛 266071;

2. 青岛东升旺达自动化设备有限公司, 山东 青岛 266300)

摘要: 工厂车间传统生产模式用户订单人工下发, 存在响应速度慢、生产信息传递及汇总不及时等问题, 且客户无法查询生产进度。针对上述状况, 基于 Protobuf 通信协议和 PLC 设计了一套订单管理与生产一体化管控系统, 极大改善了传统生产模式。该系统主要由远程服务器、本地上位机、本地主从 PLC 等构成。客户可远程登录到远程服务器端进行订单的填写, 经工作人员核实确认后, 订单信息自动入库并进行排产。本地上位机通过 IP 地址与远程服务器建立连接, 并将获取到的订单下发到本地 PLC 进行生产, 同时本地上位机也会将车间传来的生产信息和设备实时的运行状况反馈到服务器端, 以便客户能实时了解生产进度和生产情况。该系统运行稳定可靠, 简化了订单的接收和下发流程, 订单管理与生产控制一体化管控, 提高了订单的完成效率, 实现了面向客户的订单生产透明化, 同时也便于生产数据的查询与追溯。

关键词: Protobuf; 订单管理; 生产控制; 一体化管控; 主从 PLC

中图分类号: TP273.5; TP278

文章编号: 1000-0682(2024)05-0044-04

文献标识码: A

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.05.009

Design of integrated control system for order management and production control

WANG Weiping¹, XU Shixu¹, JIANG Ziran¹, ZHAO Lin¹, ZHANG Beibei²

(1. School of Automation of Qingdao University, Shandong Qingdao 266071, China;

2. Qingdao Dongsheng Wanda Automation Equipment Co., Ltd., Shandong Qingdao 266300, China)

Abstract: The traditional production workshop receives customer orders for production, which has problems such as complex and lengthy process, weak data traceability, low production efficiency, and untimely transmission of production information. In order to improve the above-mentioned condition, an order management and production control integrated control system was designed based on the Protobuf communication protocol and PLC. The system is mainly composed of remote server, local host computer, local master and slave PLC, etc. Customers can remotely log in to the server to fill in the order, and after verification and confirmation by the staff, the order information will be automatically stored and scheduled. The local host computer establishes a connection with the remote server through the IP address, and sends the obtained orders to the local PLC for production, and the local host computer will also feedback the production information and real-time operation status of the equipment from the workshop to the server, so that customers can understand the production progress and production situation in real time. After actual operation, the system runs stably and reliably, which greatly simplifies the production process of orders, improves the efficiency of order completion, realizes the transparency of order production, and also facilitates data traceability.

Keywords: Protobuf; order management; production control; integrated management and control; master-slave PLC

收稿日期: 2024-03-17

第一作者: 王伟平(2000—), 男, 汉族, 硕士研究生, 研究方向为计算机控制。E-mail: 1493912786@qq.com

通信作者: 徐世许(1965—), 男, 汉族, 教授, 硕士生导师, 研究方向为计算机控制。

0 引言

传统的客户订货方式过程复杂冗长、效率低, 客户采用传真、E-mail 等方式向公司总部提供订单, 总

部向生产车间下达订单,车间需要通过多个环节对订单进行处理,周期长易出错,人力成本高。此外,客户不能及时掌握订单完成情况,缺乏决策辅助信息。随着计算机和网络技术的发展与完善,许多企业利用计算机网络系统实现对远程工业生产的管理和控制^[1]。

该文设计订单管理与生产一体化管控系统,实现了总公司对车间多条生产线的集中管理和远程监控。客户远程登录总公司服务器进行订单的填写,填写的订单经工作人员审核确定后,自动排产到生产车间进行生产。实现了订单生产的透明化^[2],客户能实时监视订单的完成数量,了解生产进度。该系统也能形成完整的数据记录,以便日后订单数据的查询与校对^[3]。

1 系统总体方案设计

该订单管理与生产控制一体化管控系统使用 C/S 结构模型,即 Client/Server(客户端/服务器)结构^[4]。系统主要由远程服务器、客户端(本地上位机)、交换机、主从 PLC 构成^[5-6]。远程服务器位于公司总部,客户端搭建在本地生产车间。

服务器与客户端通过以太网建立 TCP 连接,采用 Protobuf 的数据格式进行远程通信。客户端与主 PLC 采用 Modbus TCP 协议方式进行通信,主从 PLC 之间通过 UDP 方式进行通信。本地上位机、主从 PLC 均接到同一台工业交换机进行实时以太网数据传输。本地上位机通过以太网远程接收来自服务器端的订单,解析后写入主 PLC 指定的数据寄存区,主 PLC 再下发到各从 PLC 进行订单的生产。从 PLC 将各自负责的生产线的订单生产情况和设备状态反馈给主 PLC,本地上位机发送 Modbus TCP 指令对主 PLC 进行读操作,将读取到的数据信息转化成 Protobuf 协议格式后发送给服务器,服务器端将收到的数据处理后进行显示和存储。系统总体方案设计如图 1 所示。

2 系统硬件配置

采用深圳控道的 IoT0 系列工控机作为客户端本地上位机,信捷的 PLC 作为车间生产线控制器。一共有 6 条生产线,每条生产线使用 2 台 PLC,车间共使用 12 台 PLC。本地上位机、主 PLC、12 台从 PLC 通过网线接入同一台工业交换机。选用 XDH-60T4-E 系列 PLC 作为主 PLC, XD5E-48R-E 系列 PLC 作为从 PLC。选用普联公司 TL-SG1005D 系列的工业交换机。

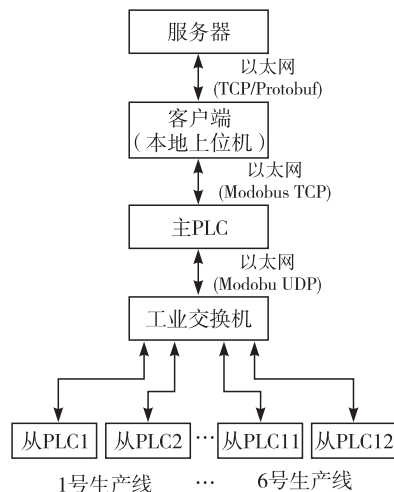


图 1 系统硬件结构图

3 系统通信协议

3.1 服务器与客户端通信协议

服务器与客户端通过 Socket 套接字建立 TCP 连接,采用 Protobuf 的数据传输格式进行数据传输。通信时所传递的信息是通过 Protobuf 定义的 message 数据结构进行打包,然后编译成二进制的码流再进行传输或者存储。使用 Protobuf 时,首先需要编写相应的 .proto 文件,使用 Protobuf 描述语言完成对数据格式的描述,然后使用 proto 编译命令,将编写好的 .proto 文件编译成相应的语言代码文件,最后在使用的代码里去调用 Protobuf 所生成的代码。 .proto 源文件所定义的报文数据格式如下所示:

```
message MessageBase {  
    MessageHeader messageHeader = 1;  
    MessageBody messageBody = 2; }
```

该结构参考了常见的 HTTP 协议的格式,将全部信息存储在消息头 MessageHeader 和消息体 MessageBody 中,其中消息头中包含了标识位、消息类型和消息长度等信息,消息体中存放的信息是 Protobuf 序列化后的二进制消息,具体信息如表 1 消息报文所示^[7]。

表 1 消息报文

消息结构	内容长度/字节	说明
消息头	8	标识位 例:01101101
	4	消息类型 例:0001,不足位左侧补 0
	4	消息长度 例:0156,不足位左侧补 0
	N	Protobuf 序列化后的二进制

消息头中定义的消息类型与消息体 proto 文件一一对应,部分消息类型对应消息体 proto 文件及相应的功能描述如表 2 所示。

表 2 消息类型

序号	功能描述	proto 文件
1	接收设备生产数量	ProductionCount. proto
2	接收设备状态	ProdDeviceState. proto
6	接收物料使用量	ProdMaterialUse. proto
7	包装数量上报	PackingProduct. proto
8	预警信息	EarlyWarning. proto
20	通道绑定	Bind. proto
52	下发生产计划	ProductionPlan. proto
53	受邀请求	RequestProductionPlan. proto
99	心跳检查	Heartbeat. proto

3.2 本地上位机与主 PLC 通信协议

本地上位机与主 PLC 之间通过以太网采取 Modbus TCP/IP 协议进行通信^[8]。对本地上位机和主 PLC 之间而言,本地上位机充当客户端,主 PLC 充当服务器。首先需要将本地上位机和 PLC 的 IP 地址设置在同一子网下,需要注意的是 PLC 的 IP 地址修改后,要先将其断电后再上电才生效。

本地上位机通过给主 PLC 发送一定格式的指令对主 PLC 进行一系列读写操作,Modbus TCP 指令的报文内容由头字节(header handle)和协议数据单元(PDU)组成,共 12 个字节,其中头字节和协议数据单元均为 6 个字节。

信捷 PLC 以太网机型支持 Modbus 通信功能码如表 3 所示。

表 3 功能码

功能码	功能	功能描述
01H	读线圈指令	读取 0X 类型地址最大数量 2000 个
02H	读输入线圈指令	读取 1X 类型地址最大数量 2000 个
03H	读保持寄存器内容	读取 4X 类型地址最大数量 120 个
04H	读输入寄存器指令	读取 3X 类型地址最大数量 120 个
05H	写单个线圈指令	写单个 0X 类型地址
06H	写单个寄存器指令	写单个 4X 类型地址
0FH	写多个线圈指令	写 0X 类型地址最大数量 2000 个
10H	写多个寄存器指令	写 4X 类型地址最大数量 120 个

本地上位机将来自服务器的 Protobuf 格式的订

单内容进行解析后,通过以太网以 Modbus TCP 协议,下发至主 PLC 相应数据区;并将从主 PLC 对应地址读取到的产量数据和设备状态信息,转换为 Protobuf 协议格式,发送给服务器。

3.3 主从 PLC 通信协议

主从 PLC 之间采用基于以太网的自由通信中的 UDP 方式进行通信^[9-10]。首先通过 MO 一次上升沿调用创建一次 TCP 连接或开启一次 UDP 端口监听,以 S_OPEN 指令创建以太网通信任务。S1 表示套接字 ID,同时建立的数量不超过 64 个,范围为 K0 ~ K63。TCP 和 UDP 数量均不超过 32 个。S2 表示通信类型,范围为 K0 ~ K2;K0 表示 UDP,K1 表示 TCP,K2 表示 UDP 组播。S3 表示模式选择,范围为 K0 ~ K1;K0 表示服务器,K1 表示客户端。S4 表示参数块起始地址,共占用 S4 ~ S4 + 8 连续 9 个寄存器。S5 表示标志起始位置,共占用 S5 ~ S5 + 9 连续 10 个线圈。以太网通信指令如图 2 所示。

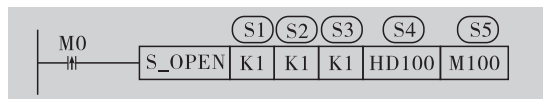


图 2 以太网通信指令

将主从 PLC 的通信类型(S2)都设为 K0,均为 UDP 协议,主 PLC 模式选择(S3)设为 K1 表示是服务器,从 PLC 模式选择(S3)设为 K0 表示是客户端,在主从 PLC 的 S_OPEN 指令参数配置栏中设置好本机端口、缓冲方式、目标设备 IP、目标端口等就可实现主从 PLC 之间的通信。

4 软件设计

系统软件设计分为服务器端、客户端(本地上位机)、主从 PLC 通信和触摸屏四部分。服务器端软件采用 Java 编写,客户端软件采用 Python 编写。

4.1 服务器端软件设计

服务器端软件负责订单管理、将排产订单向客户端传送、接收客户端回传的现场生产数据。客户可用手机 APP 方便完成申请订单、查看生产进度等操作。该部分由第三方完成,此处不做介绍。

4.2 客户端(本地上位机)软件设计

本地上位机通过交换机连接服务器和主 PLC。负责接收来自服务器端的订单信息,同时将主 PLC 中生产信息和设备状况反馈给服务器端。软件采用 Python 编程语言在 PyCharm 平台进行编写。通过 Socket 模块函数创建一个 Socket 对象,通过 socket(AF_INET, SOCK_STREAM)函数设置网络协议和

通信协议^[11-12],其中 AF_INET 表示 IPv4 协议,SOCK_STREAM 表示使用 TCP 协议传输数据;通过 socket.connect((HOST, PORT))函数设置需要连接设备的 IP 地址和端口号,例如服务器主机 IP 地址为 222.68.189.99,主机端口号为 82,令 HOST = 222.68.189.99,PORT = 82 即可与服务器进行连接。同理,输入主 PLC 的 IP 地址和端口号即可与主 PLC 进行连接。需要注意的是 PLC 在以太网通信中有一些端口号对应默认功能,如用于 MODBUS TCP 通信的是 502 端口。

socket.recv()函数用于接收 protobuf 消息协议的订单数据,该数据是二进制数据格式,需要通过 ParseFromString()函数进行反序列化,反序列化后的订单信息如图 3 所示。首先通过设备编号 deviceNo 判断订单需要下发的生产线,然后通过 socket.send()函数将产品配方 productName 和生产数量 schedulingQuantity 等信息下发到该生产线对应的主 PLC 的寄存区。socket.send()函数还负责读取主 PLC 用于存放实时产量和设备状态寄存区的数据,并将读取到的数据经过 SerializeToString()函数进行序列化后发送给服务器端。

```
2023-03-03 13:02:38.229567
deviceNo: "c8643d4d-72da-4164-9162-010f3a3a1ba6"
productName: "36"
schedulingQuantity: 1500
manufactureSn: "ZL2023030218"
orderSn: "BH2023030011"
```

图 3 反序列化后的订单信息

4.3 主 PLC 通信程序设计

PLC 数据地址存放区的分配是 PLC 程序设计的关键一步,地址划分需避开特殊功能区,同时要考虑数据长度,也要留有一定的备用地址区,方便后期改动。

对于主 PLC 而言,需要存放来自本地上位机的订单数据和来自从 PLC 的反馈数据。主 PLC 需要将来自本地上位机的设备编号、生产配方、生产数量、下发时间等订单信息存放到特定寄存区,再下发到相应从 PLC。主 PLC 也需要将从 PLC 反馈的实际产量、称重机数量、装箱机数量、设备状态等信息存放到特定寄存区。

从 PLC 要配合主 PLC 做好数据地址区的规划。

主从 PLC 之间通过 S_SEND 和 S_REV 指令发送和接收数据;需要注意的是 S_SEND 和 S_REV 指

令均需和 S_OPEN、S_CLOSE 指令配合使用。

4.4 触摸屏界面设计

触摸屏界面主要由主画面、配方画面、设定画面、操作画面、功能选择画面等构成。功能选择画面用于启动方式、操作方式、联网方式的选择和订单呼求。启动方式有触屏和按钮 2 种方式,操作方式有手动和自动 2 种方式,联网方式有断网和联网两种方式。正常联网状态下订单是受邀下发,工厂完成当前订单后,在触摸屏上按“订单呼求”按钮,可向服务器端申请新订单的下发,服务器端会将提前排好的订单逐一下发;当服务器或客户端程序出错或者断网等因素导致订单不能正常下发时,可以选择断网生产,工厂操作人员在配方画面手动设置配方号和产量等,强制下发订单进行生产。功能选择画面如图 4 所示。



图 4 功能选择画面

5 结论

该文设计的订单管理和生产控制一体化管控系统,实现了订单的远程下发,突破了地域的限制,客户通过总公司服务器远程向生产车间下发生产订单,并能实时监视车间订单的完成情况,实现了订单生产的透明化;系统对订单信息和产量数据进行完整记录与存储,便于日后订单数据的查询,实现历史数据追溯。实际运行表明,该系统稳定可靠,简化了订单的管理流程,提升了生产效率,方便客户随时了解生产进度,也便于总公司管理人员掌握外地工厂每一条生产线的状况。

参考文献:

- [1] 陈江,吴海波,张艺潇,等.面向数字孪生的车间运行三维实时监控[J].现代制造工程,2023,511(04):21-32.
- [2] 王岩,高建波,张传锦,等.生产现场远程监控方法与系统[J].现代制造工程,2020,472(01):113-117+57.

(下转第 87 页)

- [3] 付景浩,王浩楠. 基于 AHP-TOPSIS 的港口机械设备安全风险评价研究[J]. 设备管理与维修,2023(20): 66-68.
- [4] 朱少兵,肖炳林,唐现琼. 港口起重设备寿命中后期的管理措施[J]. 港口科技,2023(11):9-14.
- [5] 韩国栋,付明,陈曦. 一种应用于 5G 移动通信的小型宽带三极化天线[J]. 电子科技,2023,36(12):32-38.
- [6] 赵巍. 基于 MMSE 准则的 5G 正交时频空信号检测算法[J]. 沈阳工业大学学报,2022,44(3):321-325.
- [7] 汪诗经,高玉芹,滕勇健. 基于携能和边缘缓存的 5G 移动通信系统传输技术研究[J]. 电子设计工程,2023,31(18):174-177+182.
- [8] 黄迅迪,庞雄文. 基于深度学习的智能设备故障诊断研究综述[J]. 计算机科学,2023,50(5):93-102.
- [9] 谢星怡,张正江,闫正兵,等. 基于信号特征提取和卷积神经网络的轴承故障诊断研究[J]. 计算机测量与控制,2023,31(10):21-27.
- [10] 刘磊,李舜韶,陆建涛. 基于卷积神经网络的旋转传动部件故障诊断综述[J]. 机械设计,2022,39(10):1-8.
- [11] 周围,朱华波,张旭,等. C/S 与 B/S 融合的五层架构高支模远程监测方法[J]. 传感器与微系统,2020,39(12):137-139.
- [12] 郭新明,林德钰,陈伟. 无线视频传感器网络全视角弱栅栏构建算法[J]. 机械科学与技术,2023,42(2):252-259.
- [13] 刘志敏,欧阳章东,王田,等. 异构视频传感器网络目标全视角覆盖估计模型[J]. 电子学报,2021,49(1):77-84.
- [14] 夏英,韩星雨. 融合统计方法和双向卷积 LSTM 的多维时序数据异常检测[J]. 计算机应用研究,2022,39(5):1362-1367+1409.
- [15] 朱威,张雨航,应悦,等. 结合密集残差结构和多尺度剪枝的点云压缩网络[J]. 中国图象图形学报,2023,28(7):2105-2119.
- [16] 张倡,周博文,吴亮红. 基于改进卷积注意力模块与残差结构的 SSD 网络[J]. 计算机科学,2022,49(3):211-217.

(上接第47页)

- [3] 黄强. 基于 PLC 的皮带输送机远程监控系统设计[J]. 机械管理开发, 2022, 37(12): 260-262.
- [4] 姜梦炜, 李明臻, 吴盼盼. 基于 C/S 架构的高速公路清扫车远程监控系统设计[J]. 机电信息, 2023, 698(02): 25-27+32.
- [5] 蔡广飞. 污水泵站中 PLC 自动化远程监控系统的设计[J]. 自动化应用, 2022(12): 94-96+100.
- [6] 王开宇, 张旭, 王蕊. PLC 远程监控系统的设计与应用[J]. 工业和信息化教育, 2022, 118(10): 64-68.
- [7] 陈玻, 景小飞, 张捷, 等. 基于 Protobuf 的户政服务系统的设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2022, 35(01): 129-131.
- [8] 李会民, 颜明会, 任红彬, 等. 基于 UDP 协议实现数据安全、高效传输的方法研究[J]. 北华航天工业学院学报, 2022, 32(06): 8-10.
- [9] 左登超. 基于 TCP 与 UDP 通讯的设备自动化接口测试方法[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(11): 25-31.
- [10] 董伟梁. Linux 下使用 SOCKET 编程接口实现 C/S 通信[J]. 数码世界, 2019(05): 40.
- [11] 赵宏, 朱忠政, 孔东一. Linux 系统教学中关于套接字文件的解析[J]. 软件, 2020, 41(09): 33-35.

欢迎投稿！ 欢迎订阅！ 欢迎刊登广告！

国内邮发代号:52-49 国际发行代号:BM529 定价:18.00 元/期 108.00 元/年
地址:西安市高新区沣惠南路8号 邮编:710075 电话:029-81871277
网址:<http://yb-zdh.shaangu-group.com> 电子邮箱:gyybbjb@126.com