

伺服阀产线的智能协议转换技术研究

何军红,贺永敬,冯 晖

(西北工业大学 航海学院,陕西 西安 710072)

摘要:针对多源异构设备数据之间互联互通的实际需求,提出了一种多源数据智能协议转换技术。以数据协议为核心,将采集的信息来源对象化后导入协议解析数据库,归一化后,基于不同应用需求的重构协议,如 OPC UA (OPC Unified Architecture),输出 XML (Extensible Markup Language) 文件或存储至服务器,最后将数据库接入到产线的数据集成管控系统进行数据分析和可视化展示。以民机伺服阀产线产品调试设备为研究对象,采集油源、测试台和试验箱等设备状态和运行参数,对提出的数据协议转换技术进行了验证。实验证明,所提出的方法实现了油源、测试台和试验箱等设备数据之间的互联互通,为多源异构设备数据采集的融合应用提供了基础。

关键词:异构设备;协议转换;伺服阀;融合应用

中图分类号:TP274+.2

文章编号:1000-0682(2024)03-0077-06

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.03.014

Research on technology of intelligent protocol conversion for production line of servo valve

HE Junhong, HE Yongjing, FENG Hui

(School of Marine Science and Technology, Northwestern Polytechnical University, Shaanxi Xi'an 710072, China)

Abstract:In response to the practical requirements of interconnection among data from multiple heterogeneous devices, a multi-source data intelligent protocol conversion technology is proposed. With the data protocol as the core, the information collected is objectified and imported into a protocol parsing database. After normalization, protocols are reconstructed based on different application requirements, such as OPC UA, and output to XML files or stored on a server. Finally, the database is connected to the production line's integrated control system for data analysis and visualization. Taking the civil aircraft servo valve production line product debugging equipment as the study subject, the states and operational parameters of equipment such as the oil supply source, test bench, and test box are collected. The proposed data protocol conversion technology is validated through experiments, demonstrating that the method achieves interconnection among data from the oil supply source, test bench, test box, and other devices. This provides a foundation for the integrated application of data collection from multiple heterogeneous devices.

Keywords:heterogeneous devices; protocol conversion; servo valve; integrated applications

0 引言

多源异构设备在国民经济的生产作业当中有着广泛的应用,如何保障异构设备的无故障运行是当

前数字化转型聚焦的热点和难点。面对多源异构设备健康管理发展的高复杂性、高度集成化和智能化,已有人工的设备定期检查手段已不能满足当前的智能化发展需求,正逐渐向数据驱动的多源异构设备健康管理发展^[1-2],因此,如何实现多源异构设备数据的深度融合对当前的研究提出了挑战^[3-4]。李娟等^[3]强调实现异构设备数据互联互通的关键技术难点是设备的接入和数据协议转换;刘三江等^[4]

收稿日期:2024-02-03

第一作者:何军红(1971—),男,浙江义乌人,博士,副教授,研究方向为工业互联网,智能制造,嵌入式系统开发。

E-mail:hjh8081@163.com

提出将传统技术和新一代信息技术进行深度融合以实现“智能异构设备物联”；肖飏等^[5]将力矩传感器部署在压力容器表面以完成对压力容器的健康状况评估；陈树芳等^[6]通过开发电梯的应用层可视化系统来实现对电梯运行状态的实时监测；针对协议转换的研究，文献[7-10]分别从高频、通用、异构网络、风电场等不同应用场景展开了深入研究。

某所现有民机伺服阀产线液压产品生产现场存在油源、温箱、测试设备等异构设备，这些设备产生的数据，因为异构设备通信协议接口不统一，使得多源数据无法有效集成应用。为此需要对异构设备通信协议接口与数据融合技术进行研究，将来自多个设备、多个系统的数据建立关联关系，并对数据进行统一规范化处理，打通信息流，从而实现数据的追溯与分析，为产品装调的质量与效率提升提供数据支撑。

该文针对伺服阀产线异构设备通信协议接口之间的数据通信问题，提出一种智能协议转换技术，并给出软硬件层面的具体实施方法，软件设计层面包括基于数据库的异构设备协议互转方法和异构设备协议转换参数智能配置方法，硬件层面包括智能协议转换器的硬件实现方案。最后，以民机伺服阀产线产品调试设备为研究对象，采集油源、测试台和试验箱等设备状态和运行参数，对提出的数据协议转换技术进行实验验证。

1 软件总体设计

1.1 基于数据库的异构设备协议互转方法

如何完成各种数据协议间的信息报文交换是解决协议互转问题的关键。该研究根据数据报文互转的基本方法，利用多源异构设备采集的设备构建的数据库提高报文数据互转的速度，其关键是针对不同的协议可以动态调整参数，从而实现协议参数的自适应配置。首先介绍基本的协议转换过程，例如，将基于数据协议 A 的报文 p_A 发送到设备的通信接口，接口接收到报文数据以后经过协议转换的过程，基于数据协议 B 的通信接口发送报文 p_B ，在上述过程当中，报文 p_A 到报文 p_B 的协议转换是一种映射关系。并且，考虑报文之间的双向映射关系，有：

$$\begin{cases} p_B = f(p_A) \\ p_A = g(p_B) \end{cases} \quad (1)$$

上述协议转换过程当中，实际上，将报文中的数据作为了一个中间“载体”，即提取出报文 A 中的数据，以数据为报文 A 中协议信息的载体，将其编辑

到报文 B 中，依据上述方式完成了协议转换。由于这个转换过程中的报文数据和编辑方式不存在数学上的可逆关系，因此，要使用 2 个映射。

第 1 步，需要解析基于协议 A 的报文 p_A ，完成 p_A 解析以后得到报文数据集合 $[p]$ ，即

$$[p] = f_A(p_A) \quad (2)$$

其中： f_A 表示协议解析的过程，即解析基于协议 A 的报文 p_A 后得到集合 $[p]$ 。

第 2 步，基于协议 B 将集合 $[p]$ 中的数据重新编辑得到报文 p_B ，即

$$p_B = f_B(p) \quad (3)$$

上述过程即为遵循 2 种不同的通信协议的报文之间数据协议转换的过程。但是当遵循不同通信协议的异构设备数量逐渐增多时，上述报文两两之间转换会导致计算量指数增长，大大降低了协议转换方法的普适性。因此，该研究提出一种基于数据库的异构设备协议互转方法，其协议互转过程如图 1 所示。

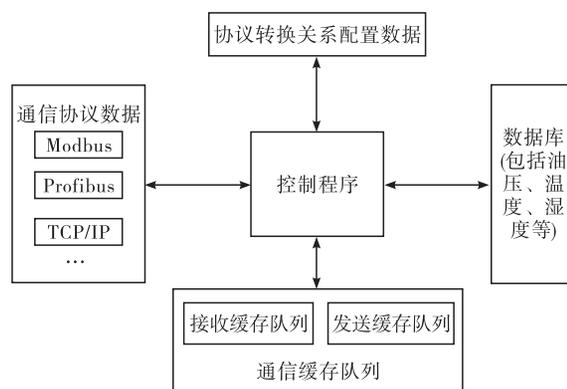


图 1 基于数据库的异构设备协议互转软件设计原理

“通信协议数据”是一个数据的集合，这个集合中的数据包括遵循各种数据协议的报文数据，每帧报文数据都有明确的数学描述形式，方便完成协议互转时查找并对应。“数据库”存储了当前的报文数据，其中，每一条报文数据（包括油压、温度和湿度等）遵循的通信协议的顺序与左边 Modbus, Profibus 及 TCP/IP 等通信协议的排列顺序是相同的。下一步，各个接口之间的协议转换关系需要一一对应，将转换关系的信息，存储在“协议转换关系配置数据”中，因此，当发送端发出的报文传输到接收端时，接收端就可以通过查询通信协议数据当中对应的数据协议，来解析当前接收到的报文，然后，将解析得到的报文数据存放到对应次序的数据库中。最后，把上述得到的新报文堆入到通信缓存队列的发送队列当中。

1.2 异构设备协议转换参数的智能配置方法

要完成上述的基于数据库的异构设备协议互转,还需要进一步实现协议互转参数的配置,于是提出了一种协议转换参数的智能配置方法,具体配置方法的原理如表 1 所示。报文数据的全部集合存放在非易失性存储器 EEROM (electrically erasable read - only memory) 中。当协议转换器的各个接口接收到遵循不同通信协议的数据报文的子集合时 (并不一定所有可用的报文种类都在该协议中被应

用),然后在 EEROM 中用“True”和“False”分别表示对应的报文“使用”和“不使用”两种状态;当提出的异构设备协议转换参数智能配置方法在协议转换器中工作时,数据库申请对应的随机存储器 RAM (random access memory) 来存储报文全部集合、解析报文子集合后得到的数据、当前接口正在发送的具体报文内容、当前接口接收到的报文内容 (每条报文不一定都具备具体内容,但是如果具备,必须在 RAM 中有备份)。

表 1 异构设备协议转换参数智能配置方法

接口 ID			
通信协议名称编号			
可改写 EEROM 存储		随机存储器 RAM 存储	
报文全集	报文字集	报文字集的映射	报文全集的映射
报文 001	True	报文 001 解析数据	报文 001 的映射
报文 002	False	报文 002 解析数据	报文 002 的映射
报文 003	True	当前发送报文 当前接收报文	报文 003 的映射
...
报文 $b_2b_1b_0$	False	报文 $b_2b_1b_0$ 解析数据	报文 $b_2b_1b_0$ 的映射

该研究提出的智能协议转换参数配置方法主要特点是通过拷贝原始报文数据,并将遵循不同通信协议的原始报文解析后得到的数据,二者存放在随机存储器 RAM 当中,方便随时查询和读写,这样可以简化解析和重新编辑报文的过程,提高协议互转的速度,满足伺服阀产线在线监控实时性的需求。

2 硬件实现方案

在上述软件设计的基础上,进一步完成协议互转系统的硬件设计与实现,包括中央处理器、程序存储器和随机存储器,如图 2 所示。图 2 的 MAIN CPU 表示主 CPU,即高端微处理器,可以胜任多任务、多用户作业,而且计算速度能满足协议转换的实时性需求 (如 DSP 微处理器或 ARM 微处理器)。ROM (read - only memory) 存储器中存储的数据主要包括可运行程序和智能协议转换需要配置的参数 (其中,智能协议转换需要配置的参数是存储在在线可改写的 EEROM 当中,方便随时读写)。RAM 存储器中存储的数据主要为当前需要发送或者已经接收到的报文,随机存储器 RAM 中存储的当前报文,即为数据库,并且缓存区也需要在 RAM 中开辟。SETTINGS 是为了便于协议转换器通信接口波特率的设置,可以根据现场实际需求来自行选择。图 2 中的 n 个端口。从 $A_1 \sim A_n$ 表示完成数据通信

的微处理器,从 $B_1 \sim B_n$ 表示两端口的随机存储器。本设计方案,既能满足异构设备协议转换的实时性需求,也方便硬件系统拓展和软件系统移植。

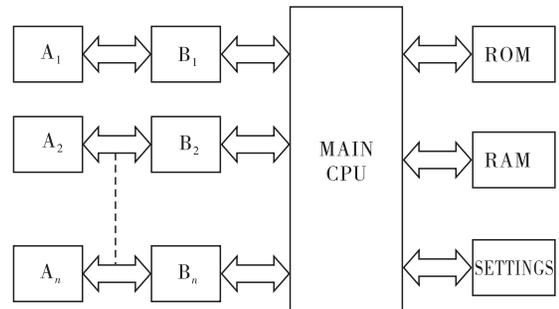


图 2 智能协议互转系统硬件设计

智能协议互转系统的完整工作流程如下:当某接口接收到一条某异构设备发送出的报文时,负责完成通信的微处理器将当前接口收到的报文存入对应接口的随机存储器并完成相应的标志记录。当正在不断运行的 MAIN CPU 扫描到该标志记录时,CPU 会按照 EEROM 中已有的协议转换关系来完成当前报文的解析,解析后得到的报文数据存入随机存储器的对应分区中。然后,MAIN CPU 会把解析报文数据重新编辑 (协议转换) 后得到的新报文存入下一步需要发送当前报文的接口对应的双端口随机存储器并完成相应的标志记录。该发送接口负责完成数据通信的 CPU 工作扫描到发送的标志记录

时,就会启动当前新报文的发送信号。

3 实验测试

目前生产线需要对油源、实验机床的油压、温度以及高低温箱的温度压力等参数进行采集,然后结合不同维度使用可视化图表的方式,通过数据可视化大屏展示数据的统计、汇总分析结果。

模拟测试过程的对象是油源、测试台、高低温箱。所需设备包含油源 PLC、高低温箱 PLC、油源工控机、油源压力传感器、高低温箱传感器、温湿度传感器、网关、交换机、通信模块和数据采集模块。使用的网络通信协议包括 TCP 和 Socket。

3.1 伺服阀产线异构设备协议转换技术总体框架

多源信息智能数据协议转换技术功能框架如图 3 所示,试验设备主要分为 3 类。

(1) 无数据采集接口:需增加传感器,如压力变送器、流量计等,再通过智能终端进行数据采集;

(2) 有接口设备(标准协议):设备带有 PLC 控制器,具有以太网标准协议接口,主要采集设备过程数据;

(3) 有接口设备(非标准协议):通信接口有以太网口或 RS232 等,带采集卡,协议类型为私有协议,主要采集系统及产品数据。

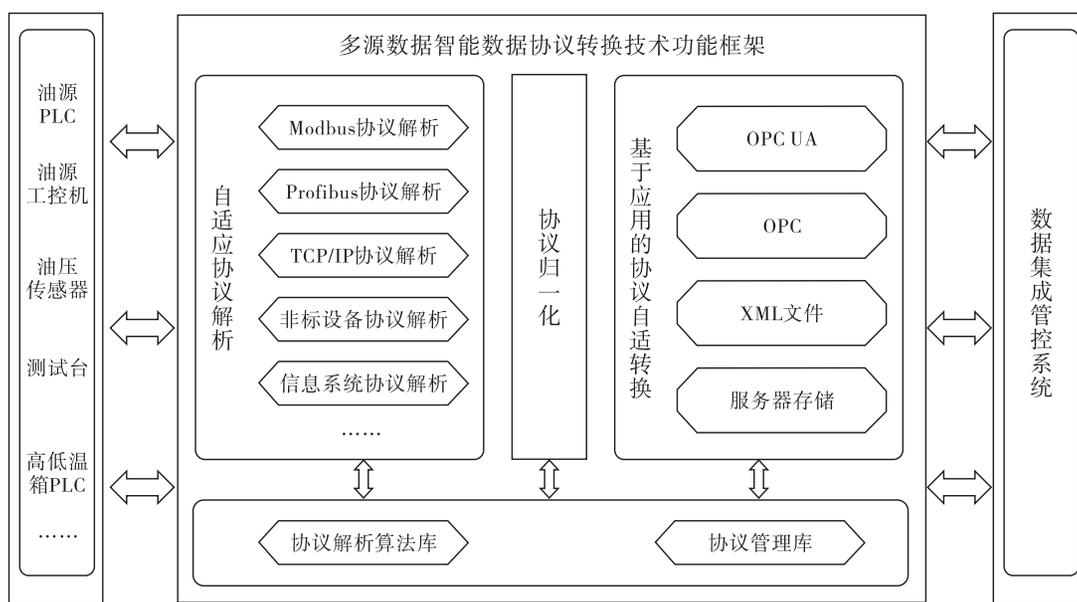


图 3 数据协议转换技术功能框架

异构多源信息智能数据协议转换技术以数据协议为核心,将采集的信息来源对象化。针对标准通信协议设备,如 Modbus, profibus 及 TCP/IP 等工业总线通信协议,通过设备接口配置,自适应提供相应的数据解析协议;对于非标接口协议的设备,通过提前导入协议描述文件,根据文件中的配置规则自动解析,可按需求提取有效数据;除此之外,信息系统是另外一大异构信息来源,根据信息系统的业务类型,配置数据转换及存储的面对对象,如人员、工单、产品、设备等。异构多源信息智能数据协议转换技术另一项核心功能是基于应用的协议重构,系统提供多种重构协议如 OPC 和 OPC UA 等,也支持输出 XML 文件或存储至服务器。

3.2 实验方法

针对现有液压产品生产过程中设备数据之间关联性、交互性不足,无法支撑全流程智能制造的问

题,采用基于多协议转换和设备统一建模技术的数据集成管控系统,对包含设备在内的产线生产信息进行建模、汇聚、融合和集中展示,达到实现生产过程环节制造数据的精准控制,从而达到科学合理的计划和生产管理模式的目的。具体如图 4 所示。

目前生产线系统会使用润滑油、实验机床进行测试,因此需要对油源、实验机床的油压、温度以及高低温箱的温度压力等参数进行采集,然后结合不同维度使用可视化图表的方式,通过数据可视化大屏展示数据的统计、汇总分析结果。

具体设备连接和采集思路如下:

(1) 润滑油的油源数据分为 2 部分,一部分是西门子的 PLC 控制器,一部分是由传感器连接的接线端子直接输出,因此需要对 2 类设备进行通信采集,使用常规的 TCP/IP 方式进行通信,可以进行点对点的数据采集,借助工业智能网关采集并写入到

实时数据库中。

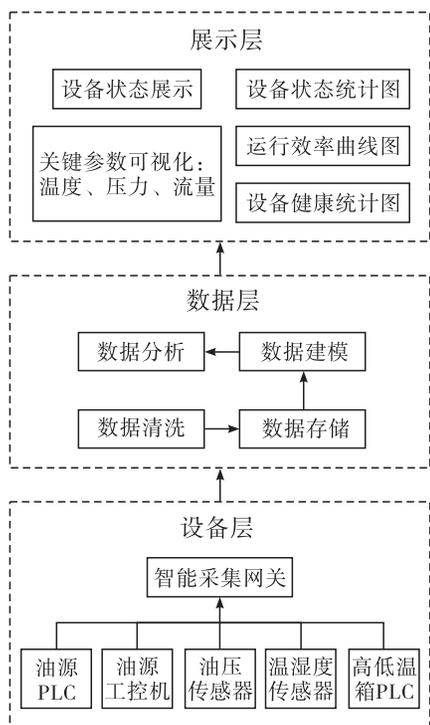


图 4 实验方案

(2) 实验机床的油管进出口的油压进行采集测试,目前机床的油压数据都会传递到测试柜中,使用网关和测试柜进行通信,实时采集机床的油压实验数据。

(3) 高低温箱是由西门子 PLC 控制器控制,网关可以直接连接 PLC 控制器,配置相关点位,实时采集点位数据。高低温箱需要实现远程控制功能,操作员在系统输入对应参数,点击按钮后可以实现高低温箱的启停控制。

数据采集完成后,会通过网关进行汇聚并实时写入 PostgreSQL 数据库中进行存储,系统会针对数据结

构、数据主题进行数据处理、抽取、整合,最后结合可视化技术呈现出结果。需要对产线设备进行网络施工和布线,需要考虑产线模块以及交换机的位置,进行网络施工布线,确保产线各设备采集模块和网关能在一个局域网内,实现数据采集传输目的。

表 2、表 3 为数据采集分析系统和数据库信息。

表 2 上位服务器信息

应用服务器	
工控机 IP	192.168.3.5(数据集成管控系统)
操作系统	Windows 7 64X 旗舰版
内存	16G
硬盘	256G + 2T
处理器	I7 - 7700 CPU @ 3.6 GHz
数据库	PostgreSQL

表 3 数据库信息

数据表名	列名
实时数据表结构	id
	tagname
	description
	datatype
	value
	datetime

3.3 实验结果

在完成对设备和传感器实时数据获取并进行清洗过滤存储至集成层数据中后,对集成层中的有效体系数据进行数据化管理,开发可视化看板,对一定时期内不同设备的实验数据进行分类汇总。多源异构设备数据分析可视化结果如图 5 所示。



图 5 多源异构设备数据分析可视化结果

可视化看板展示的工艺参数分析结果,使生产产线对生产信息进行及时且有效的管控。基于多协议转换和设备统一建模的数据集成管控系统将高低温箱信息、数采模块得到的传感器信息汇聚起来,通过数据可视化大屏实现生产过程环节制造数据的虚实同步以及精准控制。相应的可视化看板有机整合了设备状态、设备有效运转效率、设备健康统计信息以及 4 路油源的温度、压力、流量和污染等级信息。这些信息有助于生产人员第一时间发现问题,解决问题。在高低温箱测试过程中,对整个测试过程可以实时下发启动和停止指令来远程控制整个测试的启停。在伺服阀调试过程当中,实现产品组件的调试工艺过程中的数据互通和远程控制,减少人工操作时间。当出现异常情况,可以及时在系统中下发指令,采取措施,以减少错误和缺陷。

4 结语

样机实验验证了该研究提出的智能协议转换技术的有效性。结果表明所提出协议转换技术为数据集成管控系统的构建提供了有力的异构设备数据通信支撑,从而增强了生产过程中的数据关联性,提高了产线信息化过程中的设备互操作能力,为液压产品全流程智能制造提供了有力支撑。

参考文献:

[1] 王新浩,罗云,李桐,等. 基于大数据的特种设备宏观安全风险预警方法研究[J]. 中国安全生产科学技术,

2018,14(04): 160 - 166.

[2] 郝真鸣,葛卫华,郝晋渊,等. 嵌入式电梯运行状态监测系统研究[J]. 电子测量与仪器学报,2019,33(08): 187 - 193.

[3] 李娟,刘丽梅,陈树芳,等. 特种设备健康监测技术与应用研究[J]. 信息技术与信息化,2019(12):237 - 241.

[4] 刘三江,陈祖志,黄强华,等. 智能网联特种设备科技与标准化需求分析——以移动式承压设备为例[J]. 中国特种设备安全,2019,35(04):5 - 12 + 33.

[5] 肖飏,杨斌,胡超杰,等. 基于埋入式应变片的纤维缠绕压力容器的健康监测[J]. 高压物理学报,2019,33(04):56 - 62.

[6] 陈树芳,李娟,郭新鹏,等. 基于 RFID 与智能终端的电梯维保系统研究与设计[J]. 电子技术应用,2016,42(12): 105 - 107 + 111.

[7] 安国臣,王晓君,刘毅夫,等. 基于 FPGA 的万兆协议转换系统设计与实现[J]. 太赫兹科学与电子信息学报,2020,18(02): 202 - 207.

[8] 徐汉斌,刘涛,迟杨. 基于微服务架构的 IEC61850 协议通用转换平台研究[J]. 现代电子技术,2019,42(07): 35 - 38.

[9] 何军红,张迪,张力,等. 基于 TCP/IP 协议的异构网络的数据采集[J]. 工业仪表与自动化装置,2019(03): 77 - 80 + 110.

[10] 赵巧红,施星宇,曾照福,等. 风电场跨平台协议转换系统设计与实现[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2019, 34(03):61 - 68.

(上接第 71 页)

[7] 刘升,石松,包新月,等. 基于敞开式传感器的余氯测控系统设计研究[J]. 传感技术学报, 2017, 30(8): 1299 - 1304.

[8] 何远. 余氯测量技术与传感器的研究[D]. 北京:北京化工大学,2017.

[9] 曾永权. 三电极余氯检测系统的研究与设计[D]. 北京:北京化工大学,2015.

[10] 古瑞琴,付会兵,张小水,等. 一种隔膜式余氯传感器:CN202020467128. X[P]. 2020 - 12 - 25.

[11] 陈冲. 隔膜式余氯传感器测量系统的设计及优化[D]. 北京:北京化工大学,2018.

[12] 张晓辉,曹奇光,谢国莉,等. 经济型在线余氯分析仪

研制及关键影响因素研究[J]. 环境工程,2013, 31(06):147 - 150 + 81.

[13] 陆喜红,杨丽莉,叶瑾. DPD 分光光度法测定水中游离余氯的探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2013, 25(3):41 - 43 + 54.

[14] 樊小燕,朱志芳,洪陵成. 基于 DPD 分光光度法研制的总氯在线分析仪[J]. 分析仪器, 2018(5):16 - 20.

[15] 何远,祁欣. 氯胺对电化学法测量自来水中余氯的影响[J]. 工业仪表与自动化装置,2017(03):67 - 70.

[16] 袁耀芬. 多种余氯在线监测仪在自来水厂的应用研究[J]. 自动化应用, 2021(02):56 - 58 + 61.