

# 面向智能制造终端的车间生产数据采集与传输方法

郭磊<sup>1,2</sup>, 陈兴玉<sup>1,2</sup>, 张燕龙<sup>1,2</sup>, 陈亮希<sup>1,2</sup>, 马世纪<sup>3</sup>, 罗自强<sup>3</sup>, 吴钱昊<sup>3</sup>

- (1. 中国电子科技集团公司第三十八研究所, 安徽 合肥 230088;  
2. 安徽省技术标准创新基地(智能设计与制造 智慧院所 军民融合), 安徽 合肥 230088;  
3. 合肥工业大学汽车与交通工程学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:** 智能制造的核心要素是数据, 实现数据实时高效传输是辅助制造业数字化、智能化、网络化发展的重要助力, 针对智能车间现场多品牌、多接口设备数据传输需求, 研究了智能制造终端的车间生产数据采集与传输方法。基于车间生产线的工控 PLC, 使用 OPCUA 完成数据的采集工作, 搭建 Restful 服务器实现数据传输, 以 JSON 数据串的形式将采集到的数据发送至下游数字孪生车间系统。

**关键词:** 智能制造; 数据采集; 数据传输; 数字孪生

中图分类号: TP391.7; TP274.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-2257(2019)08-0021-04

## Data Collection and Transmission Method for Workshop Production in Intelligent Manufacturing Terminal

GUO Lei<sup>1,2</sup>, CHEN Xingyu<sup>1,2</sup>, ZHANG Yanlong<sup>1,2</sup>, CHEN Liangxi<sup>1,2</sup>, MA Shiji<sup>3</sup>, LUO Ziqiang<sup>3</sup>, WU Qianhao<sup>3</sup>

- (1. No. 38 Research Institute of CETC, Hefei 230088, China; 2. Anhui Technical Standard Innovation Base(Intelligent Design and Manufacturing, Intelligence Institute, Civil-military Integration), Hefei 230088, China; 3. School of Automobile and Traffic Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** The core factor in intelligent manufacturing is data. Real-time and efficient data transmission will help to push forward the manufacturing industry to become more digital, intelligent and network enabled. The data collection and transmission method for workshop production of intelligent manufacturing terminal was studied, aiming at the requirements for data transmission of multi-interface devices and multiple brands in the intelligent workshop. Based on the industrial control PLC of workshop production line, OPC UA was used to collect data and the Restful server was built to transmit data. The collected data was then transmitted to the digital twin workshop system in the form of a JSON data string.

**Key Words:** intelligent manufacturing; data collection; data transmission; digital twins

## 0 引言

随着大数据、物联网、云计算等技术的不断发展, 数据成为了贯穿整个智能制造过程的关键因素。相较于传统的制造业生产模式, 智能制造的核心目标是通过精确的过程状态跟踪和完整的实时数据获取来

监控产品生产过程, 进而实现物理世界与信息世界的互联互通<sup>[1-2]</sup>。数字孪生系统面向产品的全生命周期, 为实现物理世界和信息世界的融合以及指导产品生产、装配等过程提供了有效的解决方案<sup>[3]</sup>。然而, 受车间现场设备多品牌、多接口等因素的影响, 终端数据的采集占用了大量的资源, 另外, 由于车间缺乏

收稿日期: 2019-04-17

基金项目: 2018 年智能制造综合标准化项目(《基于数字仿真的机械产品可靠性测试方法标准研究与试验验证》《集成电路封装关键设备远程运维标准与试验验证》《高端城市轨道交通车辆全生命周期一体化智能制造新模式应用》); 国防技术基础计划资助(JSBZ2018210B001)

作者简介: 郭磊 (1990—), 男, 陕西宝鸡人, 助理工程师, 硕士, 研究方向为数字孪生、数字化设计标准。

统一的管理系统,使得设备与设备间出现了“信息孤岛”,这些严重影响了车间现场生产数据的实时采集和传输,也制约了智能车间的建设与发展。

针对车间现场数据实时采集与传输问题,国内外学者进行了深入的研究<sup>[4-11]</sup>。因此,基于模块化思维,根据智能制造现场数字化及数字孪生系统对于数据的要求,开发数据实时采集与传输模块,将有效解决智能车间发展中数据实时采集与传输问题,并可实现多协议、多接口下的生产数据的整合与存储,同时通过特定格式与频率将数据推送给下游数字孪生车间系统,进而实现在数字空间内对车间设备状态的监控、分析预测以及车间作业流程的逆时复现,为智能车间发展提供有力的数据支撑。

## 1 车间现场数据分析

### 1.1 车间数据来源

根据相关文献分析以及车间现场调研可知,生产车间中需要采集的数据分为以下几种:

a. 工艺流程数据。主要以产品物料为追踪对象,通过数据采集能够完成对产品物料的定位,并可直观的表征出流水线生产的工艺特征。

b. 设备生产过程数据。主要包括流水生产线生产工位中的机器人等设备的位置、旋转角度等运动位置数据以及保证实际生产状态的相关信息。

c. 设备运行状态数据。主要是针对产线工位的工作状态进行监控的数据,其能够直观的体现产线设备的工作情况。

### 1.2 现场生产数据特点

复杂制造环境下,对于数据采集的要求越来越高,生产线数据采集过程也充分体现了智能制造下现代生产制造过程复杂、兼容的特点。因此对流水线生产模式下的数据采集特点分析如下:

a. 流水线生产模式下的生产数据为连续数据且数据量巨大。

b. 所采集到的数据类型多样且复杂,主要包括设备的移动位置、状态以及容量等。

c. 下游数据应用模块对于数据采集的频率要求较高。

### 1.3 生产数据采集方式

上述流水线生产模式下的数据采集要求高频率、高准确度,因此对于数据采集过程中的实时性要求较高。OPC UA 能够独立于厂商的原始应用和编程语言,提供相关平台的扩展性功能,是一种

能够满足 OPC 标准的工业设备 PLC 和上位机之间通讯所使用的统一架构。因此,基于 OPC UA Server 服务器,开发数据传输模块,并依靠产线设备商提供的 TwinCAT 软件实现设备间数据信息的握手。在对生产流水线数据进行采集的过程中,将待采集数据分为以下几种:

a. 对于流水线中使用 PLC 控制设备的数据采集一般通过进入 BECKHOFF 的 PLC,将数据采集接口与 PLC 相连接,PLC 中的数据则通过 TwinCAT 进行采集和处理。

b. 对于流水线中非 PLC 控制设备的数据采集,若其设备供应商能够提供与 PLC 互通的数据接口,也可以统一由 PLC 将采集到的数据进行传输;若该设备无法提供相关的数据接口,则通过在设备上布置传感器,通过测算其相关状态数据完成数据采集。

c. 产线的外围小型设备由于其其在 PLC 的控制范围外且只提供设备的工作状态或者故障信息,因此需要通过 IO 接口进入 PLC 控制系统,再统一由 PLC 向 TwinCAT 提供并开放。

d. 对于产线中其他设备数据,可根据设备供应商提供的面向 PLC 的冗余 IO 点,通过 PLC 统一采集并向 TwinCAT 开放。

### 1.4 数据采集架构

流水生产线的数据采集模块应该具备良好的实时性和通用性,并且其相关功能应满足下游的数据应用要求。同时,通过各种数据采集方式采集到的数据应该能够满足多场景下的数据使用,也需要实现对数据进行二次开发和分析。基于上述要求,建立流水线生产数据采集结构模型如图 1 所示。

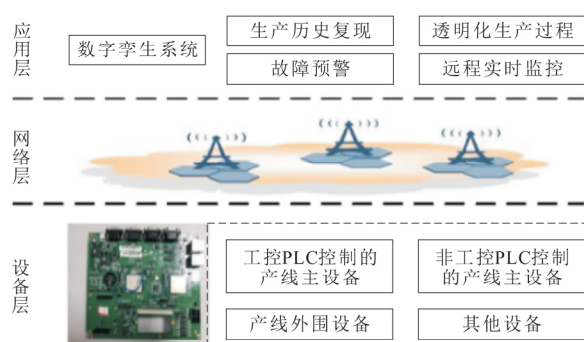


图1 流水线生产数据采集结构模型

## 2 数据采集与传输

### 2.1 OPC UA 客户端功能分析与搭建

OPC UA 客户端主要功能是实现与 PLC 上

OPC UA 服务器的连接并读取相关数据,是实例验证中关键一环。由于 OPC UA 规范提供了统一的地址空间、服务模型以及安全模型,从而可以把数据、报警以及事件和历史信息全部统一到 OPC UA 服务器的地址空间里,统一对外提供接口。OPC UA 服务器的功能体系结构如图 2 所示。

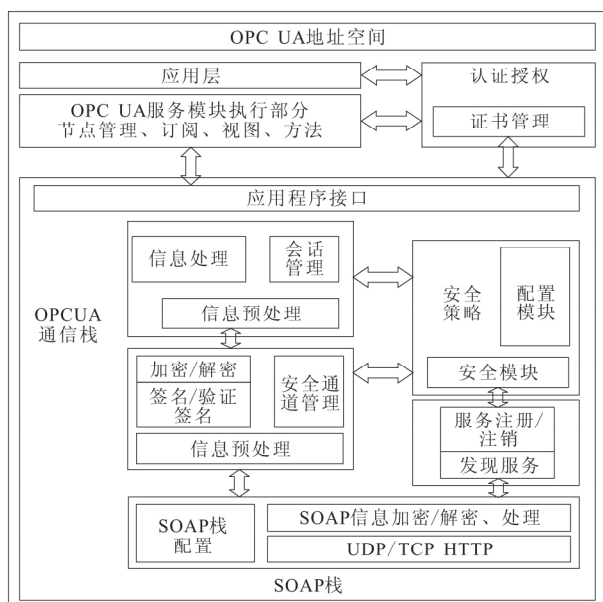


图 2 OPC UA 服务器的功能体系结构

## 2.2 数据传输技术路线

基于对产线数据来源的分析及相关数据采集方式的确定,设计相关的数据采集技术路线如图 3 所示。数据采集模块通过流水生产线上设备进行数据的采集工作,并根据数据类型选择对应的数据传输方式。在此基础上,利用 C# 语言完成数据传输模块的搭建,并通过网关协议实现数据的读取与存储。最后获取数据后向下游数字孪生车间系统发送请求,数据传输模块对请求的数据进行发送,进而完成数据从采集到应用的整个过程。

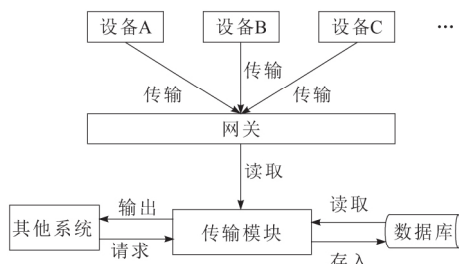


图 3 数据传输技术路线

## 2.3 Restful 服务器搭建

在此,所搭建的数据传输模块通过使用 Restful 服务器完成服务端与客户端之间的连接,并提供相关的查询方式以供下游调用数据。Restful 服务器

搭建主要包含以下 4 点:定义 Service 的契约;定义 URL Routing;实现 service;为服务器编写宿主程序。

搭建完成后利用 Restful 进行数据查询,该模块能够实现对采集的数据进行特定工作站点的历史信息查询和所有工作站点的历史信息的查询。

## 3 数据存储与解析

### 3.1 数据存储策略

#### 3.1.1 历史数据存储

历史数据是指在生产过程中通过相关的数据采集设备采集到的距离目前时间间隔超过 30 天的生产数据,其主要的作用是为后续大数据分析、产线的质量检测及设备故障诊断等提供数据基础。为了使用过程中减少下游数字孪生车间系统与存储数据库之间的交互次数,提高数据传输的工作效率,在本文所述的历史数据采集过程中,主要进行以下所述的数据存储过程:一是将采集的数据缓存至历史数据组中,历史数据组中按照端口对数据进行划分。二是当某一端口数据量到达设定值时,将该端口数据统一存储至数据库中;当该端口再次采集到新数据时,该端口的历史数据组初始化,存储新的数据。

#### 3.1.2 实时数据存储

实时生产数据是指应用于下游数据驱动模块的能够实时显示生产线状态的数据,其主要作用是通过物理空间终端的数据覆盖,实现基于数据驱动的数字孪生车间对实际产线生产状况实时镜像与同步。本文采用以下步骤对实时数据进行处理:一是根据设定的频率,将实时数据组中数据同历史数据组中数据进行对比,当实时数据组中数据为历史数据组中的最新数据时,则保持不变;否则将实时数据组中数据更新为历史数据组中最新数据。二是当收到实时数据获取请求时,将实时数据组中数据进行传输。

#### 3.1.3 数据库选择

数据采集完成后需要对其进行存储,以方便下游数字孪生车间系统的调用,由于上述数据量较大且需要满足高速读写的要求,因此对于存储的数据库要求较高。Oracle 数据库是目前世界上流行的关系数据库管理系统,其具有系统可移植性好、使用方便、功能强的特点,可以应用于高效率、可靠性好、高吞吐量的数据存储中。因此,选择 Oracle 数



数据库,将采集到的数据按照主键 ID、记录时间、设备组、设备、标签点 ID、质量码、数据值、数据类型等分类,以数据表的形式进行存储。

### 3.2 数据解析方法

根据下游数字孪生车间系统的数据请求格式,本文选定 JSON 数据串进行产线数据的发送。基于 JSON 数据串的原理,对 JSON 数据格式的配置如下:

a. 服务器信息。主机地址、端口、服务器名称、安全模式、请求超时、身份提供者。

b. OPC UA 设备。设备列表(主要包含设备名、自动扫描模式、读取频率等);数据列表(主要包含数据名、数据类型、标识符、命名空间、是否可读等)。

## 4 实例验证

在此,以某产品的组装生产线为案例,建立其数字孪生车间系统,基于上述数据采集与传输方法完成相关数据的采集和传输。即通过搭建 OPC UA 客户端,实现与产线现场工控 PLC 相连接并进行数据的采集。

基于上述方法,实现车间现场数据数据的实时采集与传输,并驱动下游数字孪生车间系统运行,如图 4 和图 5 所示。该系统能够通过相关数据的采集完成对车间现场设备状态信息的管理以及设备故障的预警、管理与诊断,实现了流水线生产车间的透明化生产和故障问题再现与仿真等功能,有效提升了车间的管理和工作效率,延长了设备的使用寿命。

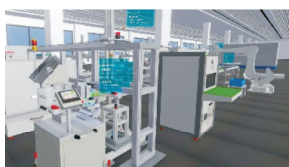


图 4 数字孪生车间系统



图 5 数据监控界面

## 5 结束语

针对智能制造环境下的车间生产数据采集与传输方法进行了研究,在分析现有生产线数据来源及特点的基础上,根据数据采集方式划分数据类型并建立了数据采集结构模型;其次选择 OPC UA 客户端与产线 PLC 相连接进行数据采集;并为保障下游对产线数据的需求,采用 Restful 服务器对采集到的数据进行传输;同时建立了基于 Oracle 数据库

的数据存储模式,使用 JSON 数据串将上游数据传递到下游,实现了数据从采集到应用的全流程。

最终在数字孪生车间系统中的应用也表明,所采用的数据采集与传输方法有效解决了设备间“信息孤岛”,改善了车间的管理,并为车间设备状态监控、分析预测以及车间作业流程的逆时复现提供有力的数据支撑,同时也为推动我国智能制造发展,实现制造业数字化、信息化、智能化升级具有极大的帮助和借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] 张映锋,张党,任杉. 智能制造及其关键技术研究现状与趋势综述[J]. 机械科学与技术,2019(3):329-338.
- [2] Miao Y, Zhu M, Chen G, et al. A cyber-physical architecture for industry 4.0-based power equipment detection system[C]// International Conference on Condition Monitoring & Diagnosis,2016.
- [3] 庄存波,刘检华,熊辉,等. 产品数字孪生体的内涵、体系结构及其发展趋势[J]. 计算机集成制造系统,2017(4):753-768.
- [4] 胡荣松,刘丽兰,俞涛. 采用射频识别的产品生产数据无线采集技术研究[J]. 现代制造工程,2012(7):113-117.
- [5] He L, Zhang Z, Tan Y, et al. An efficient data cleaning algorithm based on attributes selection[C]// 2011 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT), IEEE, 2011.
- [6] Krishna M B, Vashishta N, Energy efficient data aggregation techniques in wireless sensor networks[C]// 2013 5th International Conference on IEEE. Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), 2013.
- [7] Wu Y, Li X Y, Liu Y H, et al. Energy-efficient wakeup scheduling for data collection and aggregation [J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2010, 21(2): 275-287.
- [8] 罗国富,刘海东,姜宗品. 基于 RFID 的离散型制造物联实时数据采集系统的研究与开发[J]. 制造业自动化,2015(21):135-140.
- [9] 齐亚萍,李亚,雷升杰. 基于 ARM 的远程数据采集系统设计[J]. 自动化与仪表,2015(3):57-60.
- [10] 王勇. 无线数据采集系统设计[J]. 数码世界,2016(11):64-65.
- [11] 王雄. 基于 ZigBee 无线环境监测与定位系统设计[D]. 太原:中北大学,2017.