

面向离散车间生产过程的三维可视化监控系统研究

冯俊,唐敦兵,朱海华,宋家焯,聂庆伟
(南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016)

摘要:针对传统车间监控方式落后、可视化程度低且实时性差的问题,设计一种面向离散车间生产过程的三维可视化监控系统。通过车间生产过程分析,确定系统的体系架构,明确系统的开发运行模式。对监控 Agent 构建、多源异构生产要素感知集成、实时信息数据处理和全参数虚拟车间建模技术进行研究。验证表明了该监控系统的有效性。

关键词:实时信息;离散车间;三维可视化监控;多源异构信息;虚拟车间

中图分类号:TH165+.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2021)05-0152-04

Research on 3D Visualization Monitoring System for Production Process of Discrete Workshop

FENG Jun, TANG Dunbing, ZHU Haihua, SONG Jiaye, NIE Qingwei

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Regarding the problems of low visualization and bad real-time transmission due to poor monitoring methods in traditional workshops, a 3D visualization monitoring system for the production process of discrete workshops was designed. The system architecture was determined and the development and operation mode of the system was clarified via analysis on the production of the workshop. The research on the construction of monitoring Agent, the perception and integration of multi-source and heterogeneous production factor, as well as real-time information data processing and full-parameter virtual workshop modeling technologies were conducted. The proposed monitoring system is verified to be effective.

Keywords: real-time information; discrete workshop; 3D visualization monitoring; multi-source heterogeneous information; virtual workshop

0 引言

随着新一轮科技产业的变革和技术的发展,车间生产系统复杂程度提高,智能设备逐渐增多,系统结构更加复杂。在传统的监控方式中,管理人员对车间底层生产状况的监控力度不够,无法满足车间发展需求,这对车间生产过程的监控提出了新的要求。三维可视化监控技术作为智能制造中的一个重要技术,越来越受到人们的重视。

近年来,国内外众多学者开始投入到对新的车间监控技术的研究中。文献[1]针对机加车间设备故障维护响应滞后的问题,研究了基于 Open TK 图形接口库和 Visual Studio 编程软件的三维可视化监控系统。文献[2]研究了数字化车间与三维可视化实时监控之间的关系,提出了实时数据驱动的虚拟车间运行模式和多层次的三维可视化监控系统。文献[3]针对发动机装配车间,构建了一种面向发动机装配过程的可视化监测与控制系统;文献[4]在分析生产过程模型和数据类型的基础上,设计开发了一种面向生产过程的实时监控系统。总之,国内外对车间监控

技术做了许多研究,也取得了一定的成果。但是,这些研究中系统面向对象较为局限,开发环境要求较高,不具备普遍适用性。同时,系统动态过程的实时性欠缺,交互性差,且主要用于生产线仿真或只专注于产品 3D 展示。目前离散车间缺乏实时透明化的管控,迫切需要建设一套面向离散车间的三维可视化监控系统。

因此,本文结合监控 Agent 客户端构建技术、实时信息数据处理技术和全参数虚拟车间建模技术,研究设计一种面向离散车间生产过程的三维可视化监控仿真系统。该系统能够以镜像方式体现车间的生产过程的原貌,满足管理人员对车间各状态信息快速获取的需求。该系统还可以对车间进行故障预测,并给出优化反馈与控制决策。

1 监控系统体系架构

生产车间是一个多技术并存的复杂组织体。针对离散车间实际情况,本文首先设计了实时三维可视化监控系统的体系架构。该体系结构从下到上依次为感知层、接入层、网络层、支撑层和应用层。设计的体系结构如

基金项目:国家自然科学基金资助项目(52075257);国家重点研发计划项目(2018YFE0177000);船舶总装建造成套装备项目(TC190H47J);国防基础科研项目(JCKY201805C003)

第一作者简介:冯俊(1994—),男,江苏南通人,硕士研究生,研究方向为离散车间生产过程的数字孪生技术。

图 1 所示。

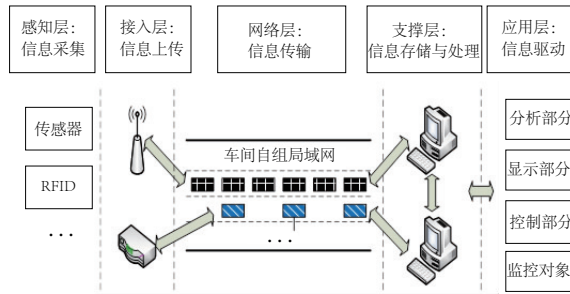


图 1 系统的体系架构

1)感知层:感知层位于监控系统的底层,它包括各种加工机床、机械手、AGV、自动仓储单元、车间人员、各种传感器设备和 RFID 射频识别系统等,主要功能是直接采集车间内动态变化的实时物理状态数据传输给该区域内的工控机或直接控制车间设备的运行。

2)接入层:接入层直接面向底层设备连接或访问,建立在各个工控机中的监控 Agent 客户端,其作用是将感知层采集到的车间数据信息打包并发送至服务器端。

3)网络层:采用开放式系统互联通信模型(OSI)建立车间局域网,负责系统内的信息传输,使不同的设备系统之间实现了高可靠性、高安全性和无障碍的通信,是数据和信息共享的基础。

4)支撑层:支撑层是一个信息的集成环境,将多源的信息与数据整合,通过数据分析与处理,实现数据资源的结构化、规范化,提高数据资源的利用率。

5)应用层:应用层位于监控系统的顶层,由分析部分、显示部分、控制部分和监控对象组成。对车间内获取的数据信息进行分类和分析处理,将数据信息分别用作可视化显示、分析存储和虚拟车间驱动等,极大地提高了系统的可视性和车间的可管理性。

2 监控系统运行模式

根据离散车间生产过程三维可视化监控系统的实际需求,在系统体系架构确立的基础上,建立监控系统的运行模式如图 2 所示。

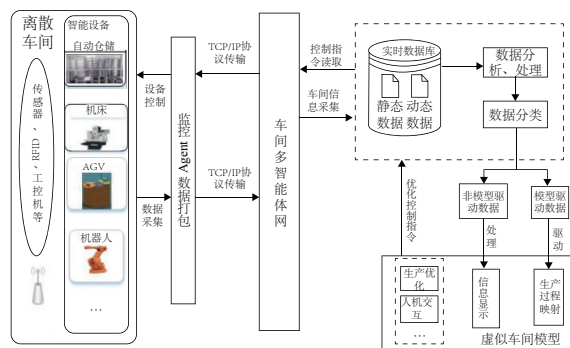


图 2 监控系统的运行模式

具体步骤为:

步骤 1 通过底层车间的各个设备系统、各个传感器

及 RFID 射频识别系统等,进行车间状态和各类信息的采集;

步骤 2 在各设备单元所对应的工控机中建立监控 Agent 客户端,通过监控 Agent 对车间各类数据信息进行统一格式化打包;

步骤 3 建立车间实时数据库,通过车间多智能体局域网,将车间信息实时发送至车间实时数据库中,并对数据进行分析处理;

步骤 4 在 Unity3D 平台上编写数据库连接和数据读取脚本,实时读取数据库中的最新数据信息,保证与车间数据状态的实时同步;

步骤 5 对模型驱动信息进行处理,再传递给 Unity3D 场景,驱动虚拟车间进行生产过程实时映射;

步骤 6 将非模型驱动信息传递给 Unity3D 的信息显示组件,利用文字和二维图表将信息直观地显示出来;

步骤 7 通过虚拟车间发出的优化控制指令信息,并存储在实时数据库中;

步骤 8 利用车间监控 Agent 客户端实时读取数据库优化控制指令,并转化成车间设备能够识别的指令格式,控制车间内设备执行相应优化动作。

至此,基本完成了监控系统的内核构建。

车间管理人员可通过三维可视化车间显示界面点击相应设备模型,进行相关信息的查看和生产过程的监控,或进行简单的故障处理,结合动态系统的故障预测方法,对系统做出故障预测,然后调整车间内的生产资源,从而形成优化控制决策。

3 关键技术

通过上述监控系统运行模式的分析,需要进一步对生产过程的实时数据和虚拟车间模型进行有效处理管控。本文构建了监控 Agent,研究了多源异构要素信息感知集成和数据处理技术,实现了全参数虚拟车间建模。

3.1 监控 Agent 客户端构建

本文针对监控系统开发的 Agent 统一命名为监控 Agent,是一种具有特定功能的软件和硬件组成的实体。根据离散车间生产过程的三维可视化监控系统的实际需求,构建的监控 Agent 客户端结构如图 3 所示。

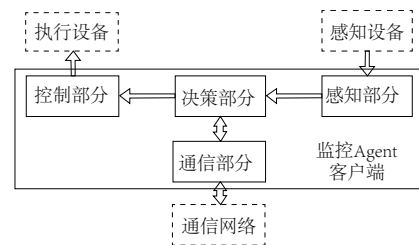


图 3 监控 Agent 客户端结构

该监控 Agent 客户端由通信、决策、控制和感知 4 个部分组成。通信部分与车间多智能体局域网相连接,负责实时发送车间信息和接收优化控制指令。感知部分与感知层相连接,负责车间状态信息的实时感知集成。决策部分是监控 Agent 的中央处理单元,一方面负责车间信息数

据格式转化打包,发送给上位监控服务器端;另一方面负责接受优化控制指令,并解析成对应设备可识别的数据形式。控制部分与底层执行设备相连接,负责接收来自决策部分的控制指令,同时驱动对应的执行设备。

3.2 多源异构生产要素信息感知集成技术

离散车间底层设备种类繁多,生产环境复杂,不同设备使用不同的设备接口及通信协议,各领域数据信息的描述采用不同的结构及不同的语义格式,这样就使信息共享和感知集成变得异常复杂。为了实现对车间层全要素信息感知和信息集成,本文针对车间层多源异构要素信息设计的感知集成模型如图4所示。

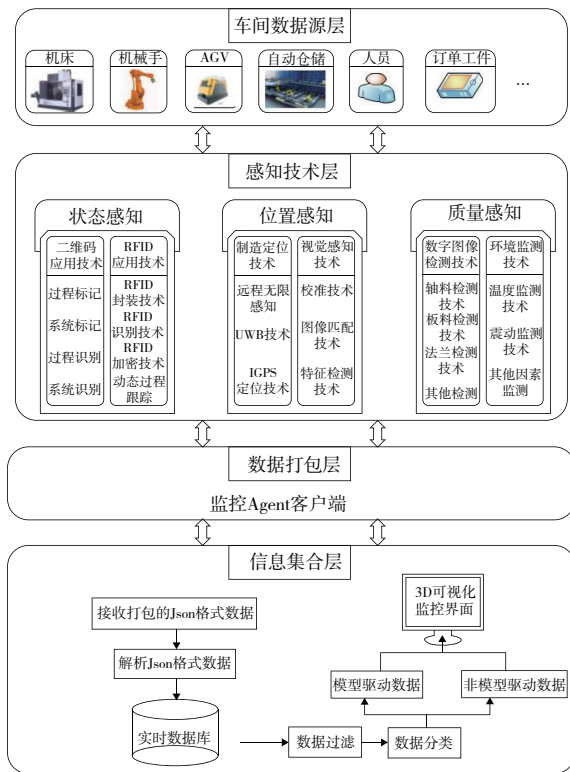


图4 多源异构生产要素信息感知集成模型

多源异构的生产要素信息感知集成技术主要包括车间数据源层、感知技术层、数据打包层和信息集合层4个层次。车间生产过程的感知对象包括设备状态、车间环境、订单信息等。感知以设备单元和制造过程为主线,包括状态、位置和制造质量的感知^[5]。通过二维码、RFID、工控机、UWB定位系统、PLC和传感器,实时获取各种状态信息。

数据打包层中,监控Agent客户端起到对异构数据源关系模式的翻译作用,位于异构数据源和信息集合层之间。由于系统是面向多源异构型的信息源,各个信息源数据都有自身的特点,没有一个稳定的模式且包含一些非结构化的和半结构化的数据。为了对各个信息源进行统一的处理,利用Json格式数据流作为信息数据打包及存储的统一模型。

信息集合层的核心是实时数据库,负责接收来自各个监控Agent客户端打包发送的Json格式数据,对数据进行解析和预处理后分类存储。集成系统为用户及监控界面

提供统一的接口进行数据访问,负责接收来自用户及监控界面的全局访问请求,对实时数据库所对应的数据进行访问,最后将用户需要的数据返回给用户。

3.3 实时信息数据处理技术

监控系统中的数据可分为车间要素信息和虚拟车间数据。车间要素信息主要包括设备、环境、订单、物料和人员等数据。虚拟车间数据主要包括故障预测和优化决策数据。这些实时数据在传输过程中经常存在冗余、缺失、偏离等问题。该系统中将数据处理分为数据预处理、数据分析与挖掘、数据融合3个步骤,如图5所示。

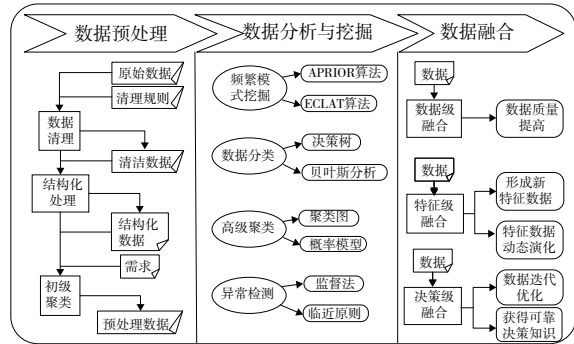


图5 实时信息数据处理流程图

数据预处理包括数据清理、数据结构化和初级聚类,通过这些预处理操作能够消除原始数据中的冗余与噪声,得到准确一致的预处理数据。在数据分析与挖掘过程中,面向目标数据进行频繁模式挖掘、分类、高级聚类和异常检测。在预处理和分析、挖掘的基础上,从数据级、特征级和决策级进行多层次的数据融合,进而提高了数据的质量。

3.4 全参数虚拟车间建模

通过分析离散车间各个要素单元,建立高精度的车间要素模型,包括三维模型、物理关系模型和工作流模型等。利用基于统一建模语言(UML)等信息建模方法,建立车间信息模型^[6]。然后,将信息模型与要素模型进行关联,实现车间运行信息的同步,为车间状态的三维监控提供基础环境。

全参数化虚拟建模的实现过程包括4个步骤:车间系统分析、信息模型构建、要素模型构建和模型融合,如图6所示。

步骤1:车间系统分析。对车间组成进行多维分析,将车间系统细分为车间布局、生产资源、生产环境子系统。在此基础上,分析了建模对象内部设备、人员、物料等信息,确定了各对象的属性及其相互关系。

步骤2:信息模型的构建。分析信息对象的数据结构及其之间的相互关系,根据全参数化建模方法,定义信息的表达形式,建立对象的元模型。然后对同一层的子模型进行一致性检验,将低层子模型集成到高层领域信息模型中。最后,实现了全局信息模型。

步骤3:要素模型的构建。在监控系统中,定义了引起物理变化的实体状态、活动和事件,以流程为主线,建立实体模型行为逻辑。

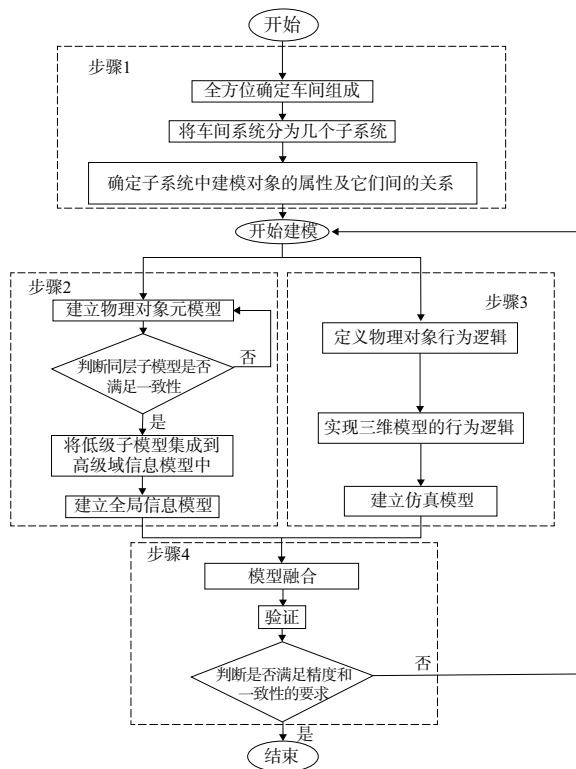


图6 全参数虚拟车间建模步骤

步骤4:模型融合。为了确保多层次模型间的正确关系,需要将全参数化的信息模型和高精度的要素模型结合起来,用以检查最终模型的准确性和一致性。

4 应用实例

为了验证本文所提方法的可行性,基于某离散实验车间,结合C#编程,建立了面向其生产过程的三维可视化监控系统。图7为某一时刻,该系统实际运行的监控界面。该系统包括订单管理、设备状态显示、物料信息显示、工件状态跟踪、故障预测与优化控制等功能。

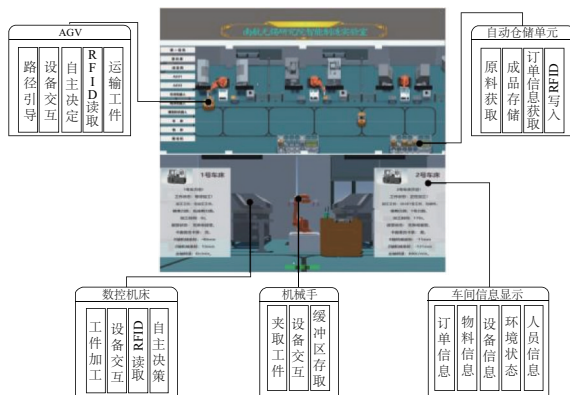


图7 系统实例运行状态图

以车间中数控铣床工作任务为例。铣床所需实时监控的对象,最主要的包括主轴转速、刀具状态、加工时间以及机床报警等信息。根据建立机床的动作序列,从机床系统内部获取其状态信息以及确定是否继续下一步运动的信号数据。利用传感器采集到的铣床其他状态数据,通过铣床的监控 Agent 客户端将上述特征数据进行统一格式的打包,经由车间局域网实时发送给服务器端。服务器利用脚本程序对数据包进行解析,将解析后的数据存储到实时数据库。用户3D可视化监控软件通过监听线程脚本,实时监听数据库更新状态,从而获取铣床实时状态信息,并在监控系统的虚拟车间中实时映射。除去实时动态特征数据外,系统还会对铣床的其他状态数据进行存储分析处理。例如铣床的重要部件温度,对其数据库温度信息进行数据分析,预测该铣床的重要部件温度是否会突破极限值,在一定的合理误差内,判断铣床需要提前冷却的时间点,以保证车间的稳定运行,从而达到故障预测的效果。

5 结语

本文针对传统车间监控方式落后、信息获取方式单一、可视化程度低以及信息交互不及时的问题,研究、设计了面向离散车间生产过程的三维可视化监控系统。在确立系统体系架构的基础上,提出基于实时信息交互的系统运行模式。通过多源异构生产要素信息集成技术和实时数据处理技术,结合系统监控 Agent,实现系统运行中的数据交互流通与处理应用。利用全参数虚拟车间建模方式,构建了虚拟车间环境,实现了直观全面的车间状态和信息可视化。最后通过实验室离散车间案例,验证了所提系统的有效性和实用性。

参考文献:

- [1] 邱枫,刘治红,吴跃,等. 离散制造机加车间三维可视化监控系统[J]. 机械设计与制造,2020(7):205-207,213.
- [2] 赵浩然,刘检华,熊辉,等. 面向数字孪生车间的三维可视化实时监控方法[J]. 计算机集成制造系统,2019,25(6):1432-1443.
- [3] 田双. 汽车发动机装配过程可视化监控系统研究[J]. 机械工程师,2016(9):94-96.
- [4] 高欢,王少华,张亮星,等. 离散型车间生产过程实时监控研究[J]. 机械设计与制造,2018(1):111-113,117.
- [5] WANG D, HU X M, WANG Y B, et al. Data management research of digital workshop monitoring system [J]. Advanced Materials Research, 2014, 1039:637-641.
- [6] ZHENG Y, YANG S, CHENG H C. An application framework of digital twin and its case study [J]. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2019, 10(3): 1141-1153.

收稿日期:2020-10-21