

基于 RFID 技术的智能制造对象建模方法^{*}

张映锋¹, 黄国全², 江平宇¹, 屈挺², 周光辉¹

(1. 西安交通大学 机械制造系统工程国家重点实验室, 西安 710049; 2 香港大学 制造系统与工程系)

摘要:提出和构建了一种用“制造资源 + RFID 设备”对传统制造资源进行配置以形成智能制造对象的方法。在此基础上,采用 Agent 技术代理了主动式智能制造对象的行为以获取车间层实时制造环境的变化,重点研究了如何在主动式智能制造对象的代理中应用 workflow 技术使得主动智能制造对象与被动智能制造对象间能够按照预定义的制造流程协同工作并能实时获取参与该制造活动的各类制造资源的动态信息,为解决制造过程中复杂、实时信息的自动采集、传输以及对在制品信息的跟踪提供了一种新途径。最后,通过所开发的原型系统对上述思想的正确性进行了例证。

关键词:实时制造;无线射频技术;智能代理;工作流

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2010)03-0106-03

当前制造车间在管理与优化方面面临的主要问题是管理层缺乏源自制造过程的实时信息,这使得制造过程犹如“黑箱作业”^[1-3],不利于提高生产线的运行效率。近年来,无线自动识别技术、无线网络技术等日益成熟与发展,为生产车间现场复杂制造信息的实时获取与传输提供了有力的技术支持。RFID(radio frequency identification, 射频识别)是一种非接触式的自动识别技术,他能通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,无须人工干预。目前,国内外学者正积极开展将 RFID 技术应用于物流和供应管理、生产制造和装配、航空行李处理邮件、快运包裹处理文档追踪等领域的研究^[4-6]。本文中则主要研究如何对制造车间的传统制造资源安置相应的自动识别设备,并基于 Agent 理念构建新型能采集发生在制造设备上的实时制造信息的智能制造资源服务模型,为解决制造过程中复杂、实时信息的采集、管理和应用问题提供一种新的解决方案。

1 智能制造对象与智能代理的概念

智能制造对象(smart manufacturing object, SMO)是指通过安置各类先进的无线自动识别设备于传统制造资源(如人、设备、物料、工具等)上,从而使得制造资源具有一定的逻辑行为能力,能主动感知其周围环境的变化,同时也能通过基于网络的技术反映该制造资源的实时运行数据和环境变化数据,即把由传统制造资源与先进识别设备

相结合而组成的新的制造对象称为智能制造对象。

根据配备的自动识别设备功能的不同,智能制造对象分为主动式智能制造对象和被动式智能制造对象。例如,配备了 RFID 标签的车间工作人员、托盘以及安置了 RFID 读写器和传感器于测量设备的制造设备等都可看作是智能制造对象。其中,配备了 RFID 读写器等制造资源可看作是主动式智能制造对象或配备电子标签的制造资源。因为安置了 RFID 读写器的制造设备可以在一定的距离范围内感知配备了 RFID 标签的移动智能制造对象(人、托盘、物料等在制造车间内是移动的)的活动,并基于其标签的内容来判断当前是哪种智能制造对象,同时在无线网络技术的支持下获取与传输此实时环境的变化信息。

智能代理(smart agent)是指一种具有 SOA(service oriented architecture, 面向服务架构)服务特性的软件实体,作为上述主动式智能制造对象的代理,其能够按照预定义的工作流模型实现自身的事务逻辑以及与其他智能制造对象之间进行交互与协同工作,感知和分析制造车间环境中可能的或确定的动态条件,以主动获取智能制造对象所读取的信息,并基于规则对获取的信息进行加工、存储和传输。

2 基于 Agent 的智能制造对象模型

图 1 为融合 Agent 理念和 RFID 技术的智能制造对象体系结构。图中,该体系主要包括 2 个层面的内容,即通过

* 收稿日期:2010-01-05

基金项目:国家自然科学基金(50805116);机械制造系统工程国家重点实验室开放课题资助项目。

作者简介:张映锋(1979—),男,副教授,博士,主要从事数字化制造与智能车间管理技术研究。

对传统制造资源安置相应的 RFID 设备形成智能制造资源的硬件模型,在此基础上,通过 Agent 技术对智能制造对象进行封装建立代理智能制造对象行为的制造代理模型。这里,Agent 作为一个软件实体,用于代理安置在制造设备端的 RFID 设备的信息操作行为(如对 RFID 设备,则具有写入数据和读取数据的行为),其能够按照预定义的工作逻辑实现自身的事务逻辑以感知和分析制造车间环境中环境的变化,并主动获取制造环境的变化信息,进而使信息成为可服务于制造车间生产管理与决策层的有用信息。该 Agent 的主要模型的服务功能可描述如下。

1) workflow 模型。由于在制造设备端安置有多个传感设备,故对于发生在该制造设备的每个制造任务(工序级任务),不同传感设备在采集实时制造信息时,具有时域、信息采集顺序等方面的差异。为灵活配置不同传感设备

的协同工作流程,本文中通过 workflow 技术建立安置在制造设备端各传感设备的工作顺序和触发条件,以实现其对复杂、实时制造信息采集的协同工作。

2) 绑定模型,用于绑定传感设备与制造资源的隶属关系,采集的实时生产信息和生产调度系统的无缝接驳奠定基础。如传感设备与制造设备,以及分配于该制造设备的制造任务(工序级任务)之间的关系。

3) 驱动模型,用于驱动传感设备的功能,目前有 2 种模式。一是通过驱动标准的接口如串口、USB 口、蓝牙等实现对传感设备的操控;二是直接通过封装传感设备的驱动如动态链接库等实现对该设备的操控。

4) 消息模型,采用 XML 标准模板对传感设备所采集的实时信息进行封装,并利用 SOAP 协议实现实时信息通过 Web service 的方式进行传输。

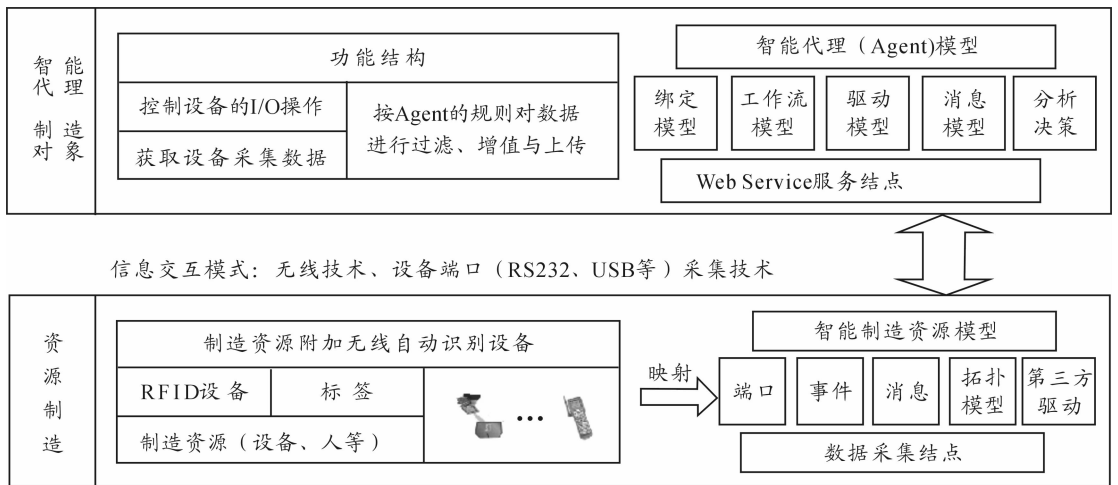


图1 基于 Agent 的智能制造对象体系结构

3 系统关键技术

3.1 RFID 配置技术

依据制造过程的执行逻辑对参与的生产过程进行“制造资源 + RFID 设备”的配置是构建智能制造资源的基础。对智能制造资源的 RFID 配置技术主要解决为何种制造资源配备何种 RFID 设备以满足制造资源的智能性以及制造资源动态信息间的自动感知,并通过综合考虑 RFID 硬件设备中读写器与电子标签的成本,以及对重要实时制造信息采集的需求。为便于说明问题又不失一般性,本研究设计了如图 2 所示的典型装配线的“制造资源 + RFID 设备”配置图,该装配线包含 3 个关键工序。

图 2 所示的基于 RFID 装配线配置的基本思想是通过相对固定的制造资源如制造设备安置 RFID 读写器,对相对移动的制造资源如生产员工、装载物料的容器、关键零部件等配备 RFID 电子标签,实现当这些移动制造资源靠近固定制造资源时,移动制造资源电子标签的信息能被安置在固定制造资源 RFID 的读写器自动识别,以实现不同制造资源间实时信息的动态感知。

在上述基于“制造资源 + RFID 设备”的配置基础上,即可通过 Agent 技术构建相应的服务以实现对智能制造对象的代理。

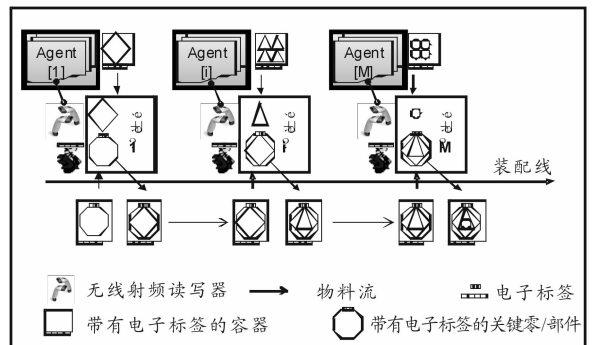


图2 面向装配线的“制造资源 + RFID 设备”配置

3.2 智能制造 Agent 的工作流管理技术

工作流技术主要用于定义业务过程中各种活动发生的先后次序,以及与活动相关的对应资源间的调用、管理,以实现业务过程的自动化。在本研究中,Agent 工作流管理的目的是针对具体的制造过程,在确定的时间域内(如

一个加工班次)实现对该制造过程关键制造活动的执行次序以及对应的正确制造资源间的协同工作。

Agent 的工作流核心是工作流的定义、执行与监控,进而确保实际制造过程能够按照预先定义的逻辑与时序自动或半自动地高效执行。图 3 中 a)显示了 Agent 工作流的定义器,工作流定义的结果是由若干个过程按照一定的逻辑关系构成有向图,并对图中的每个元素进行定义,如定义哪个过程是由哪些执行者执行。工作流定义完成后,通过工作流引擎实现预定义工作流的执行和监控。图 3 中 b)显示了一个具体的制造设备 Agent 的工作流实例,该过程包含 6 个有序过程,用于检验生产员工是否可以在该设备上生产以及在该设备进行生产时能否自动地获取发生在该设备上的实时制造信息。工作流实例一旦启动,Agent 的工作流引擎首先构造一个流程实例并创建一个根标记,同时把根标记放在工作流起始节点,此时 Agent 可通过自动检测当前制造环境的变化,并根据预定义工作流的转移条件逐步向下一个工作流节点推进该工作流,以促使流程实例向前运行。如针对图 4 中 b)的工作流实例,当工作流启动后,与该制造设备相关的 Agent 工作流引擎首先触发“读取员工信息”过程;当有员工来到该制造设备,且 Agent 检测到与该员工绑定的 RFID 电子标签时,将此数据自动采集并触发“检查员工在该设备的生产信息”过程,该过程以前过程采集到的电子标签信息作为输入,并通过工作流引擎调用后台系统(如生产排程系统)检测该员工在该设备上是否有生产任务。如无该员工的任务信息则提示该员工出错原因并返回“读取员工信息”过程的起始位置继续执行“读取员工信息”过程;如有,则触发“下一个过程”,以此类推,直至该工作流结束。

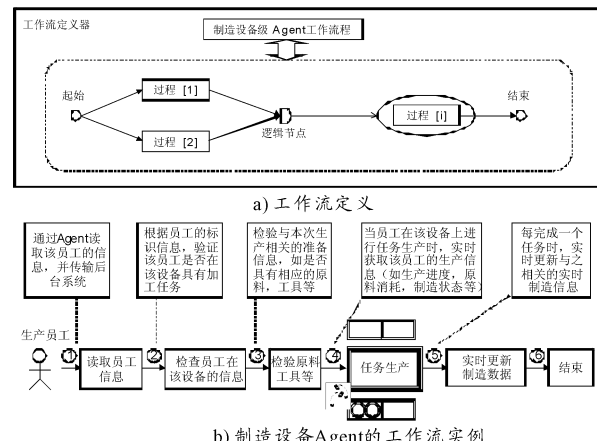


图 3 基于工作流的制造过程管理

4 实例运行

基于上述方法和关键技术,本文中采用 Java/web/XML 技术开发了一个面向产品装配过程(见图 2)的软件原型系统。该产品装配线包含 3 个重要工序,图 4 显示了上述装配过程中的第 2 个工序上的智能制造 Agent(以下简称 Agent^[2])上基于图 3 所示的工作流的执行情况。其主要运

行过程如下。

Agent^[2]按上面描述的工作流进行定义,如图 4 中 a)所示,其工作流引擎首先触发“读取员工信息”过程,当有员工来到该制造设备,且 Agent^[2]感应到与该员工绑定的 RFID 电子标签时,将此数据自动采集并触发“检查员工在该设备的生产信息”过程,该过程以前过程采集到的电子标签信息为输入并通过工作流引擎调用后台系统(如生产调度系统)检测该员工在该设备上是否有生产任务,如有则显示如图 4 中 b)的员工信息和该时刻的生产班次信息,并触发下一工作流节点。

Agent^[2]引擎触发“检查原料工具信息”过程时,Agent^[2]感应到与装载物料的容器上的电子标签或贴附于与该工序相关的贵重工具的电子标签信息时,将此类信息传输给后台系统,通过后台处理以检测是否满足可以生产的条件,并图形化显示,如图 4 中 c)所示。

在生产员工进行生产时,Agent^[2]感应到贴附于关键零部件上的电子标签时,将此类信息传输给后台系统,以实时记录该物料的制造状态,如图 4 中 d)所示。

每个在制品在该设备上加工完成时,Agent^[2]都会对当前正在/已经制造的在制品信息和消耗的物料信息进行一次运算,其可视化显示如图 4 中 e)所示。该信息可为车间/企业上层决策和控制提供非常重要、精确的关于生产线上的人、机和物的实时制造信息。

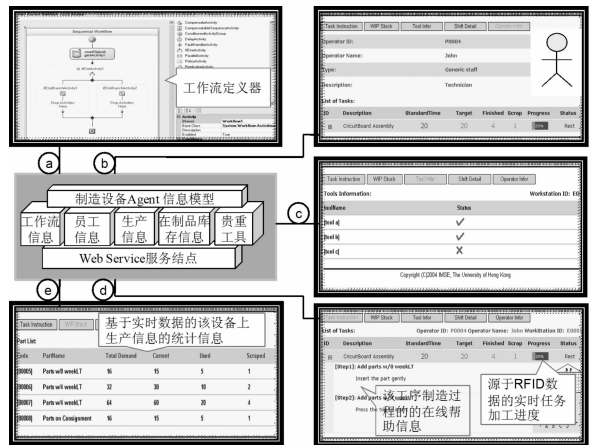


图 4 基于“制造资源 + RFID 设备”的 Agent 原型系统

5 结论

通过将先进的无线射频技术引入到传统制造资源中,形成“制造资源 + RFID 设备”的智能制造对象,进而采用 Agent 理念管理智能制造对象的行为,以实现在车间层面对参与制造执行过程各类智能制造对象所产生的实时制造信息与 WIP 物料信息的跟踪,从而达到提高与优化车间层生产管理的目的,可为“数字化”、“智能化”制造的实现提供一种新的可行方案。