

基于 Simevents 的机电自动化生产系统控制

Control of Mechatronic Automatic Production System Based on Simevents

哈尔滨工程大学工程训练中心 黄雪梅

[摘要] 针对机电自动化生产系统控制涵盖大量制造信息与复杂决策优化过程的特征,设计有效的软件控制系统对其进行分析与优化。应用 Matlab 的工具箱 Simevents 及基于离散事件仿真机制设计与开发机电自动化生产控制系统。首先分析了机电自动化控制系统的运行机制,以及应用 Simevents 的离散事件仿真机理进行机电自动化控制系统的开发方法。具体研究了零件族工艺规程的软件描述与生产订单生成的方法、根据零件工艺规程进行加工任务分解与决策、生产单元的生产逻辑实现等系统开发关键技术。以固高公司的 FMS 作为实例系统对所开发系统进行了验证。

关键词: 机电自动化生产系统 离散事件仿真 Simevents 生产系统控制

[ABSTRACT] Complex decision and optimization together with a large amount of manufacturing information are involved in control procedure of mechatronic automatic production system. Software tool will provide effective support for this procedure. Simevents from Matlab toolbox and discrete event simulation are adopted to develop production control system. Key issues as description and handling of product process, control logic and machining route decision are studied. FMS from Googol is made as the case study to validate the control system.

Keywords: Mechatronic automatic production system Discrete event simulation Simevents Production system control

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.17.083

机电自动化生产系统的有效控制技术是对其性能起到决定作用的因素。生产系统控制是涵盖大量生产制造信息的复杂高实时决策过程,相关信息包括产品的生产制造工艺、制造设备的性能、工艺能力等。有效的控制系统需要遵循生产系统的生产制造机理,包括生产订单的调度与分配、生产单元级别的任务分配、考虑满足订单的时间约束、产品的生产工艺约束、设备的制造能力约束等多耦合规则,实现生产状态的实时监控、生产系统的性能分析与优化等。鉴于控制系统的复杂性,决定必须提供有效的软件技术支持,开发能够进行机电

自动化系统设计、分析及性能优化的综合系统,解决其中的关键技术问题。

Simevents 是 Matlab 提供的众多功能强大的工具箱之一,以基于事件驱动的离散事件仿真系统的设计与分析为主要功能,由于与自动化生产系统的运行机理相吻合,因此是适宜生产线控制系统设计的有效工具。Pingel 等^[1]将 Simevents 用于柔性装配系统,分析了 Simevents 适合用于制造系统性能分析,具体说明了装配系统承担产量分析、运输托盘数量优化、控制策略实现等具体问题。本文应用 Simevents 作为分析工具研究机电自动化生产系统的控制问题。

1 基于 Simevents 的机电自动化生产系统控制机理

1.1 机电自动化生产系统的控制机理

从物理结构角度分析,机电自动化生产系统其本组成单位为以自动化生产设备为核心的生产单元,各具体生产单元提供以设备生产能力为特征的零件加工工艺能力服务,完成零件加工、装配、检测等具体工艺操作。物流运输设备根据各加工单元工艺能力将各单元连接成为具有综合与特定生产能力的自动化生产系统。生产订单所包含的产品生产工艺规程及所产生的工艺需求在生产系统层次进行分解与调度,通过各生产单元与物料运输单元的相互协同,在规定的约束条件下完成产品的生产制造任务。

自动化生产系统的控制由系统的运行机理所决定。控制系统根据生产系统、工作单元、生产设备控制器的不同运行机制将有所侧重。生产单元作为生产系统的基本组成单位,在规划完成自身生产任务、生产设备工作过程控制的同时,必须完成与生产系统的通讯与协同,共享相关制造信息,包括单元的工艺能力、实时工作状态、承担加工任务的在线规划状态等,接受生产任务并按规定要求完成。而对底层生产设备的控制,以设备完成的具体加工任务为核心,实时调整与优化控制器参数完成工作。能够对整个过程进行有效控制的软件系统需要具有如下的综合能力:对复杂的制造信息进行描述的能力、生产决策与执行的能力、生产过程的实时控制以及生产工程的数据统计与性能分析的能力等。

1.2 Simevent 离散事件工作机理及在自动化生产系统控制中的应用

Simevents 是 Matlab^[2-6] 以离散事件仿真分析关键为核心功能的工具箱,以基于事件驱动的系统运行机制为主要特征。事件驱动系统核心元素实体根据各种规则生成,实体生成同时根据具体情况赋予各种属性,属性中包含了实体具有的相应各类型信息。经过服务器对实体完成不同功能的处理,运用相应策略控制实体行为,更新实体属性,最终完成整个运行过程。系统各功能块通过各自的信号输出端口 (signal output port) 和信号示波器 (signal scope) 提供各种统计数据,供系统性能分析与优化。

Simevents 的主要功能块包括以下^[7]: 实体与属性、排队与服务、实体路径规划、数据统计、与 simulink 和 stateflow 的接口。

机电自动化生产系统的控制过程体现出明显的事件驱动特征。围绕生产订单制定与驱动生产系统,订单中包含的加工零件即可视为 Simevents 系统中的实体,通过对零件生产工艺规程的制定与生产单元级别的任务分解,控制零件在整个生产系统中的流动过程。隶属于具体订单中零件的相关加工制造信息,包括完工时间、工序内容、加工参数、具体工序的加工设备分配等,皆作为属性信息跟随相应实体在离散系统的各环节流动,属性信息根据生产系统的动态行为及驱动事件进行更新并提供数据统计与分析结果,如零件的实时加工状态等。生产单元中的加工设备作为服务器对零件进行处理,排队、实体等功能块对零件的加工路径进行规划,零件的排队、设备的利用率等信息可随时提供,同时系统的统计功能可进行生产系统的瓶颈分析、产量评估、物流运输系统参数优化等。

2 基于 Simevents 的自动化生产系统的控制

基于 Simevents 的机电自动化生产控制系统主要由 3 部分组成。第 1 部分主要以生产制造信息的处理为主,具体包括生产订单的处理及产品族工艺规程制定等工作。第 2 部分以分析决策为主,主要完成针对工艺规程的决策与工序的执行。第 3 部分为系统数据统计与性能分析部分。限于篇幅,本文主要对前两部分加以说明。

2.1 零件工艺规程描述及生产计划生成

主要包含两部分的内容:一是对生产系统中的各零件族的工艺规划进行描述,然后生成生产订单并安排其投产顺序。系统根据订单内包含的零件族种类与生产数量,生成驱动离散生产系统运行的实体。通过对实体的属性赋予,完成对具体加工零件的生产制造信息的描述,信息中包括各零件的工艺规程及在各生产单元的

工序计划。本部分工作主要由 Simevents 的实体生成及属性功能块来完成(见图 1)。实体的生成在系统中可有基于时间和基于事件的 2 种方式^[2],根据生产实际中的运行规律与订单生产计划的安排方法,订单生成在本文采用基于时间的生成方法,由 signal port 输入符合正态分布的时间产生规律。订单实体的属性信息中包含了订单号 (Order ID)、完工时间 (Due time)、零件族种类 (Order Variants)、零件数量 (Part Num)、具体零件编号 (Part ID) 等制造信息。

订单实体属性中包含的零件信息进一步驱动零件实体的生成,零件实体需要包含具体零件在生产系统中的全面制造信息,包括工艺规程种类(同类变异产品的工艺规程相同, Process ID),在具体工作单元中的工序分配 (Process Route) 及加工时间 (Process Time),零件的实时加工状态 (Process Status) 及数据统计等,具体由 Set Attributes 功能块来完成(见图 1)。

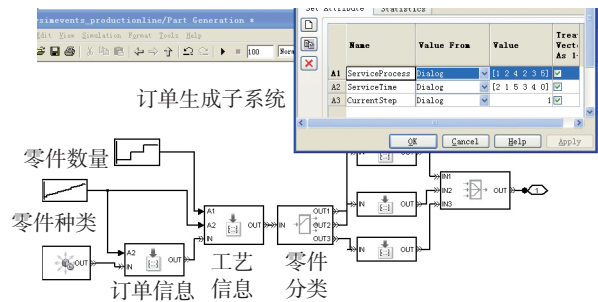


图 1 工艺规程描述与生产计划制定

Fig.1 Process planning description and production plan determination

2.2 加工路径决策与生产单元生产过程执行

机电自动化生产系统中的生产单元根据功能可划分为加工单元和物料运输单元。其中加工单元根据生产设备的工艺能力,完成实体零件某具体工序的加工任务,具体包括单元内部生产任务的规划与执行、从生产系统处承接的生产任务与任务交付、设备自身故障监控与维护等。在本软件控制系统中主要由服务器和排队两类功能块组成。而物料运输单元需要根据零件的工

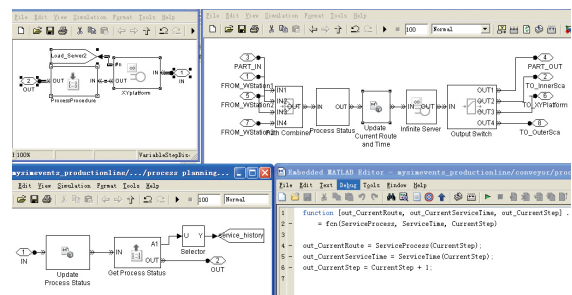


图 2 生产单元的工作过程

Fig.2 Working procedure of production unit

艺规程调度零件在不同加工单元的加工路径,本系统由嵌入式 Matlab 函数(Embedded Matlab function, EMF)和实体路径规划功能块 Route 来完成(见图 2)。其中自定义的嵌入式函数(EMF RefreshProcess)在零件于某加工单元加工完成后更新了零件实时工艺状态,实体路径规划功能块(ProcessRoute)将更新后的零件由输送线运往下一个工作单元,输送线完成具体的输送过程。

3 自动化生产系统控制实例

本文采用的实例系统为物理组成结构略做调整的固高公司柔性制造系统 FMS。物理组成包括自动化立体仓库和堆垛机组成的物料存储系统,有皮带式输送机、动力辊筒式输送机、倍速链输送线、转角平移机等组成的混合连接运送线用于物料运送,原系统由内雕机及二自由度机械臂组成的内雕工作单元保留,作为本实例系统的工作单元 1,同时又增加了 2 个工作单元,即三自由度外雕机组成的外雕单元(工作单元 2)和 XY 工作平台组成的数控加工单元(工作单元 3)。系统控制硬件方案为研祥工控机 IPC 作为生产中心, PLC + 交流变频控制物料运送线,生产单元采用 PC+ 固高 GT-400-SV 运动控制卡的基于 PC 控制系统,整条生产线由 Profibus-DP 连接,实行基于现场总线的网络化控制。由 Simevents 开发的控制系统结构见图 3。

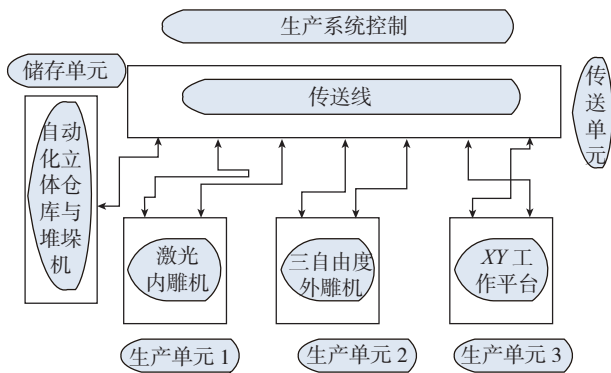


图3 基于Simevent的固高FMS控制系统

Fig.3 Control system of Googol FMS based on Simevents

4 结论

机电自动化生产系统控制是在综合考虑零件工艺规程规划、自动化生产设备生产控制等复杂制造信息基础上,遵循生产系统运行机制与产品生产制造规律进行的大量决策、分析与优化过程。Matlab 的 Simevents 工具箱凭借基于事件驱动的离散事件仿真运行机制,辅助以 Matlab 综合环境中其他功能强大的各种工具箱的支持,是进行机电自动化生产系统控制设计的适宜工具。本文基于 Simevents 设计机电自动化控制系统进行了零

件相关制造信息描述与处理、工艺规程描述与生产计划制定、加工过程复杂制造逻辑的生产与实现、生产过程数据统计与性能分析等具体工作。研究表明 Simevents 在制造控制系统设计中的能力与优势。以该软件控制系统为基础,更为复杂的生产系统制造机理及逻辑设计与实施、更为全面的产品及加工设备制造信息的融合、控制系统纵向延伸到底层设备控制器等成为可能,最终形成具有复杂混杂逻辑行为机制的控制系统设计、基于事件的机制向生产系统智能分布式控制方面的应用。

参考文献

- [1] PINGEL T, PCUOLETTA S. ARGESIM benchmark c2 “Flexible assembly system using Simevents”. Journal of Simulation New Europe, 2011, 21(3): 79-80.
- [2] YOUNGER T. Integrating discrete-event and time-based models with optimization for resource allocation//Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference: 2690-2703.
- [3] NICA M. Simulation of queues in manufacturing systems. Annals of the Oradea University, 2008(7): 1656-1660.
- [4] HOSSAIN M, SEMERE D T. Virtual control system development platform with the application of PLC device//Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong: IMECS, 2013.
- [5] 肖田元, 范文慧. 离散事件系统建模与仿真. 电子工业出版社, 2011.
- [6] 郑大钟, 赵千川. 离散事件动态系统. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [7] Simevents-model and simulate discrete-event system. [2013-11-01]. <http://cn.mathworks.com/help/simevents/index.html>.

(责编 古京)

(上接第 82 页)

标。其他型号的液压泵,只要压力、流量、转速指标符合本测试设备已有条件,通过更换机械接口,就可以实现该型号液压泵的测试。目前,该设备已初步应用在某型机的液压泵测试工作中,大大提高了外场机务维护效率。

参考文献

- [1] 程明学, 侯祖伟. 飞机液压泵测试设备的监测与控制. 液压与气动, 2000(1): 31-32.
- [2] 张勤, 徐刚涛. 液压与气压传动技术. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [3] 程明学. 液压泵智能测试系统设计. 装备制造技术, 2006(3): 1-2, 22.
- [4] 徐刚涛. 机械设计基础. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [5] 杨培元, 朱福元. 液压系统设计简明手册. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [6] 湛从昌. 液压可靠性与故障诊断. 北京: 冶金工业出版社, 1993.
- [7] 陈锡辉, 张银鸿. LABVIEW 8.20 程序设计从入门到精通. 北京: 清华大学出版社, 2007.

(责编 宁军)