

基于 Flexsim 仿真的 FMS 车间级控制系统开发

薛家兵, 鄂明成

(北京交通大学 机械与电子控制工程学院, 北京 100044)

摘要: 在研究车间级控制系统与仿真控制理论的基础上, 构造了基于仿真的 FMS 车间级控制系统模型, 并结合北京交通大学教学型 FMS, 在 Flexsim 中进行系统建模, 完成了该 FMS 的车间控制系统的设计与开发, 实现了仿真和实际控制逻辑的共吊。

关键词: 仿真; 车间级控制系统; 基于仿真的控制; FMS

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1672-1616(2007)01-0038-04

车间级控制系统(Shop Floor Control System, SFCS)是柔性制造系统(FMS)的重要部分。它通过控制生产活动中的“what”、“where”、“when”和“how”来完成生产计划与调度、产品加工、故障处理等任务。

传统上, 离散事件仿真主要用于实际系统构建前的分析和规划。柔性制造系统(FMS)是非常复杂的系统, 用一般的数学分析方法很难建立 FMS 模型, 使用离散事件仿真能方便地对 FMS 进行建模。通常, 柔性制造系统开发需要以下几步: 系统设计; 构建仿真模型并根据指定的性能进行系统分析; 通过仿真试验, 不断地改善系统性能, 使其达到期望值, 必要时重新设计系统并对其进行评估。此过程中, 仿真的主要目的是测试系统性能并进行改进。系统设计方案确定后, 仿真便失去作用, 设计人员需要重新设计实际控制系统。

由此可见, 在 FMS 开发中, 需两次设计控制逻辑; 而进行系统改进时, 也需先仿真控制, 然后对实际控制系统作相应的调整, 这个过程也需多次设计控制逻辑。控制逻辑的重复设计增加了柔性制造系统设计和维护的成本。为此, 本文提出了一种可重用的控制逻辑设计方法。

1 研究概述

基于仿真的车间级控制系统的实现, 国外进行了大量的研究。1988 年, Murray 和 Sheppard 运用结构化交互式对话框获取的模型信息, 在 SIMAN 中生成了仿真代码; 1989 年, Schroer 和 Tseng 使用交互式对话框在 GPSS 中生成了仿真代码; 1993

年, Yuan 等运用包含操作关系式和系统配置列表的批处理文件, 在 SIMAN 中生成了仿真代码; 2000 年, Lee 等在 Witness 中生成了仿真代码。这些研究仅仅涉及仿真代码的生成, 并不能完全与车间控制系统联系起来。2002 年, Sambong Kim、Jungyoun Woo 等通过研究, 建立了基于仿真的 FMS 控制系统的框架模型, 并验证了该方案的可行性^[1]。

2 基于仿真的 FMS 单元级控制系统结构

基于仿真的 SFCS 由仿真引擎、决策系统、执行系统仿真模型以及商业系统和设备控制器间的通信组成^[2]。仿真引擎主要生成离散任务并安排事件触发; 调度系统可以根据加工任务对系统运行过程进行总体规划, 产生可行的运行方案; 执行系统接收来自仿真引擎的加工信号, 并分发到各设备进行底层的加工操作。其主要的工作流程为: (1) 仿真引擎接收来自商业网的订单, 主要包括工件类型、数量、日期、优先级等信息。(2) 获取仿真模型中的相关信息, 如零件信息、加工计划、资源信息及各资源间的相互关系等。(3) 仿真引擎根据决策系统的调度结果产生加工任务。(4) 执行系统根据仿真引擎的命令控制设备控制器, 由设备控制器控制底层设备进行加工。基于仿真的 SFCS 框架结构如图 1 所示。

基于仿真的 FMS 车间级控制系统对底层的控制模式为: 仿真中, 实体需要进行处理时, 仿真引擎给执行系统发送任务命令, 并且等待实物处理完

收稿日期: 2006-08-04

作者简介: 薛家兵(1981-), 男, 湖北宜昌人, 北京交通大学硕士研究生, 主要研究方向为系统仿真和生产计划与调度。

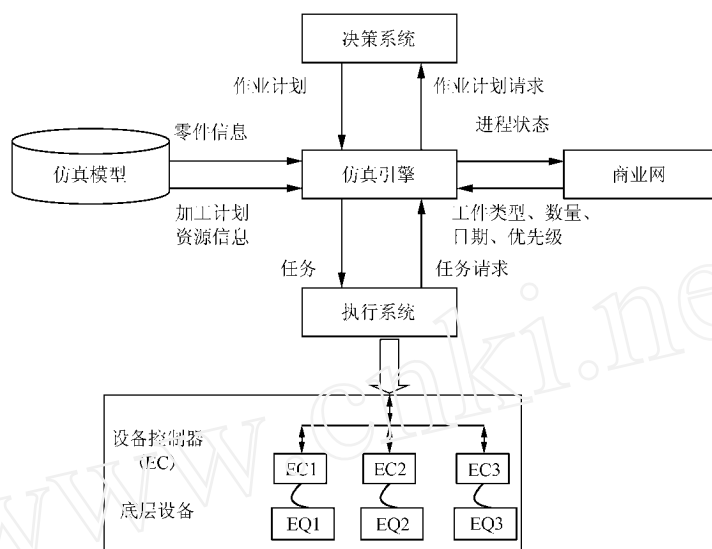


图1 基于仿真的 SFCS 框架结构图

毕,实体才能继续进行仿真操作。

3 Flexsim 简介

Flexsim 是基于面向对象的仿真软件,用于动态离散事件和系统的可视化建模仿真及监控。Flexsim 集成了 C++ 编译器,可直接使用 C++ 或 Flexscript 编写用户程序,创建和修改对象,控制对象的行为活动。Flexsim 是一种可视化建模工具,采用 Flexsim 可以建立一个真实系统的 3D 计算机模型。使用 Flexsim 建模方便快捷,它应用代表一定活动和排序过程的深层开发对象建立了对象模板,创建用户模型时,只需要用鼠标把将要使用的对象从库里拖出来放在模型视窗即可。Flexsim 有丰富的对象模型库,其中的对象参数可以表示几乎所有存在的实物对象,因此利用 Flexsim 可仿真现实中的各种实物模型。

Flexsim 还具有强大的分析功能,可用于解决以下 3 类问题:

- a. 服务问题,即要求以最高满意度和最低可能成本来处理用户及其需求。
- b. 制造问题,即要求以最低可能成本在适当的时间制造适当产品。
- c. 物流问题,即要求以最低可能成本在适当的时间、适当的地点,获得适当的产品。

4 基于 Flexsim 仿真的 FMS 车间级控制系统开发

本文以北京交通大学教学型 FMS 为硬件平台,设计并开发了基于 Flexsim 仿真的车间级控制

系统。

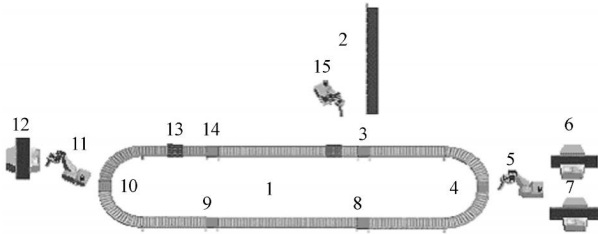
在本设计中, Flexsim 运行模式有 2 种:快速仿真和控制模式。快速仿真用于系统规划及进行加工零件排序,排序的结果将作为生产调度的初始解;控制模式时仿真引擎运行速度与实际系统一致,通过不断与执行系统的相互协调达到步调一致;仿真引擎作为任务触发,向执行系统发送消息,控制设备的运行;触发后,仿真引擎停止运行,当检测到执行系统的状态改变后,仿真引擎恢复运行。

4.1 基于 Flexsim 仿真的 FMS 建模与分析

应用 Flexsim 仿真,可以解决 FMS 中的生产物流问题,提高生产设备的利用率。

在 Flexsim 中,建立教学型 FMS 模型如图 2 所示。加工单元由 1 台铣床和 1 台车床组成;ER9 机器人可在小车与加工设备间搬运工件;环形轨道上有 2 辆小车,可单向运行;工件毛坯存放于立体仓库,加工结束后由包装机包装并退出系统。假定加工工件 18 件,铣件 18 件,小车和机器人的速度给定,各工件加工时间给定,仿真结果为:总加工时间为 10 572s;车床空闲率为 50.6%;铣床空闲率为 53.7%;包装机空闲率为 48.9%。由仿真结果可知,铣床和车床的利用率很低,造成很大的资源浪费。主要原因在于两机床对 ER9 机器人制约过大,表现为机器人为某一机床装卡工件和卸载工件之间,处于等待状态,不能为其他机床服务,由此导致了机床的高空闲率。

通过 Flexsim 仿真可以很容易解决该问题。Flexsim 中,通过设备与设备间的通讯可以对立体仓库中的待加工工件进行动态调度,从而改善机床



1—环形传送带;2—立体仓库 ASRS;3—上料站点;4—上下料站点;5—ER9 机器人;6—数控车床;7—数控铣床;8—预留站;9—检测站;10—下料站;11—ER5 机器人;12—包装站;13—AGV 小车;14—预留上料站;15—上料机械手

图 2 教学型 FMS 仿真模型

空闲的问题。改进后,生产参数和改进前设定一致的情况下,仿真运行结果为:总加工时间为 5 552s;车床空闲率为 11.8%;铣床空闲率为 10%;包装机空闲率为 24.9%。与改进前仿真情况对比,机床生产率大大提高,同时也缩短了生产时间。

4.2 系统的设计与开发

系统获取订单信息后,由决策系统对订单进行调度并生成执行计划。决策系统由 Optquest Optimizer 组成,Optquest Optimizer 是独立的优化软件,可用于生产调度及系统优化,如图 3 所示,优化的初始解来自仿真时的运行结果。Optquest Optimizer 集成在 Flexsim 中,可以方便地进行数据的交换。

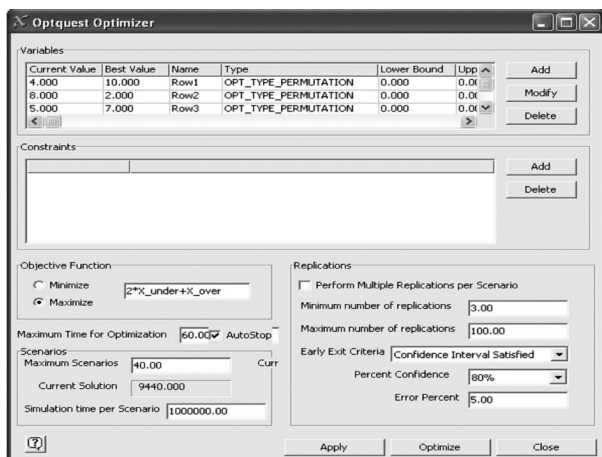


图 3 Optquest 调度界面

执行系统为 PLC 控制器,该控制器通过串口与 PC 机相连;设备控制器主要包括从 PLC、机器人控制器、数控机床主控 PC;PLC 控制器与设备控制器通过总线方式连接。

商业网信息存储在数据库中,Flexsim 可通过 ODBC 接口访问数据库,从数据库中读取相关数据信息。

控制状态时,仿真器通过 PLC 控制底层设备,仿真器下达运行指令后,仿真系统处于等待状态,当仿真引擎检测到加工结束信号时,恢复仿真运行状态。

加工结束状态可通过检测 PLC 端口状态来获得。在 Flexsim 中建立时钟模块,并使该模块以指定的时间间隔向 FMS 仿真模块发送消息,该时间间隔即为检测频率。当 FMS 仿真模块接收到消息后,检查 PLC 相关端口,从而获得设备状态。

PC 与 PLC 之间的通讯通过 PRODAVE 来实现。PRODAVE 是用于 PC 与 S7 系列 PLC 之间的数据链接工具箱。PRODAVE 的动态链接库 (DLL) 提供了大量的基于 Windows 操作系统的 DDL 函数,可以解决 PLC 与 PC 之间的数据交换和数据处理。使用的主要操作函数有:

- a. load tool 用于 PC 机与 PLC 系统初始化链接;
- b. new _ ss 用于激活 PLC 与 PC 的连接;
- c. unload _ too 用于断开 PLC 与 PC 的连接;
- d. X _ field _ read (int no ,int amount ,void * buffer) , X 可取 e(输入 I)、a(输入 Q)、m(位存储器 M),用于读取 PLC 的 X 地址区中从地址 no 开始的 amount 各字节的数据,存放在 PC 中的“buffer”区;
- e. db _ read \ write (int dbno ,int dwno ,int * amount ,void * buffer) 用于读/写 PLC 的 DB 数据块中的字;
- f. mb _ setbit/ resetbit (int mbno ,int bitno) 用于将 PLC 中地址为 mbno 的标志字节 (MB) 的第 bitno 位置位和复位。

5 结 论

本文建立了基于仿真的 FMS 车间级控制系统模型,该系统可以对 FMS 进行仿真优化,设备配置;同时也能控制底层设备,实现了仿真与物理控制的控制逻辑的共用,避免重复开发,降低了开发成本。开发了基于 Flexsim 仿真的单元级控制系统,该系统可接收商业订单,根据订单制订生产计划与调度,控制底层设备进行生产,集仿真控制为一体,能更好地为生产服务。

参考文献:

- [1] Sambong Kim, Jungyoup Woo, Sungsik Park, et al. Integrated

development of nonlinear process planning and simulation-based shop floor control[A]. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference [C]. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 2002:1 465-1 468.

[2] Smith J S, Wysk R A, Sturrock D T, *et al.* Discrete event simulation for shop floor control[A]. Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference [C]. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 1994:962 - 969.

Development of Shop Floor Control System For FMS Based On Flexsim Simulation

XU E jia - bing ,E ming - cheng

(Beijing Jiaotong University ,Beijing ,100044 ,China)

Abstract :On the basis of research of shop floor control system and theory of simulation - based control ,it constructs the model of simulation for shop floor control system of FMS. And integrated with a teaching FMS in Beijing Jiaotong University , the system model is built and developed in Flexsim software. The common use of control logic in both simulation and physical control is also realized.

Key words :simulation ; shop floor control system ; simulation - based control ; FMS

(上接第 32 页)

The System of Design and Virtual Assembly for Parameterized Gears Based on UG NX4.0

ZHEN G Jin - xing , WEN Bing

(Harbin Engineering University , Heilongjiang Harbin , 150001 , China)

Abstract :Based on Unigraphics software it develops a gears design system used for modeling and virtual assembly. This system can calculate the geometry parameters of gears , build up the parametric model with UG/ Open Grip , and implemente user interface with UG/ UIStyler. Then virtual assembly for designed gears are carried out in order to improve gears design efficiency further.

Key words :UG/ Open ; Redevelopment ; Gears ; Integration

(上接第 37 页)

- [3] 融亦鸣,朱耀祥,罗振壁. 计算机辅助夹具设计[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [4] 哈尔滨工业大学,上海工业大学. 机床夹具设计[M]. 上海:上海科学技术出版社,1989.

- [5] 许生蛟,赵 峰. 组合夹具图册[M]. 北京:机械工业出版社,1996.
- [6] 朱耀祥,融亦鸣. 柔性夹具与计算机辅助夹具设计技术的进展[J]. 制造技术与机床,2000(8):5 - 8.

Development of CAD System for Groovy Series Modular Fixture

XU Xiao - yang , GU Ming

(Chengdu Electromechanical College , Sichuan Chengdu , 610031 , China)

Abstract :For the present situation that the most of modular fixtures are groovy series modular fixtures , it sets down the implementary project of the CAD system for groovy series modular fixture and develops the system , discusses the functions of all kinds of the main modules made of the system. It describes the working flow of the system and the main technical problem about achieving the practicability of the modular fixtures CAD system.

Key words :Modular Fixture ; CAD ; Virtual Assembly System