

机器人虚拟仿真实验平台的设计开发

陈樱利, 金霞, 赵亮, 王珉

(南京航空航天大学 机电学院, 江苏 南京 210016)

摘要:针对机器人示教展示的需求,设计并开发基于 Unity3D 游戏开发引擎的机器人虚拟仿真实验平台。运用该平台对机器人进行三维建模与实时运动仿真,基于 MQTT 协议对机器人产生的实时数据进行主题订阅与数据解析,实现对虚拟机器人的数据驱动及机器人的虚实同步运动。研究表明:该仿真实验平台运行正常,能够满足虚拟机器人仿真运动的实时性要求。

关键词:机器人;虚拟仿真;数据驱动;Unity3D

中图分类号:TP242;TP391 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2022)02-0135-03

Design and Implementation of Robot Virtual Simulation Experimental Platform

CHEN Yingli, JIN Xia, ZHAO Liang, WANG Min

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

Abstract: A virtual simulation experiment platform for robots based on Unity3D game development engine was designed and developed to meet the needs of robot instructional display. The platform was applied to carry out three-dimensional modeling and real-time motion simulation of the robot, and subject subscription and data analysis of real-time data generated by the robot based on MQTT protocol was performed to realize the data-driven of the virtual robot and the virtual-real synchronous movement of the robot. The research results show that the simulation experimental platform runs normally, and can meet the real-time requirements of virtual robot simulation movement.

Keywords: robot; virtual simulation; data-driven; Unity3D

0 引言

随着新一代信息技术(如云计算、物联网、大数据等)的快速发展^[1],智能化成为了社会发展的关键。机器人凭借其工作效率高、稳定可靠、重复精度高,能在高危环境下作业等多方面优势,在智能化中发挥着重要的作用^[2]。因此,机器人的研究一直都是一个热点问题。由于机器人设备调试较为困难,机器人仿真系统的研究成为研究与分析机器人的关键之一。对机器人仿真系统的研究是探究机器人技术的综合体现,涉及到包括机器人的运行学分析、轨迹规划、运动控制等一系列问题^[3]。虽然目前国内外对机器人仿真系统进行了大量研究,但传统的机器人仿真系统交互性较差、仿真速度较慢、使用较为复杂^[4]。近年来,随着计算机技术的不断发展,虚拟仿真技术也以其沉浸性、交互性、虚幻性、逼真性的特点不断发展^[5],并凭借其成本低、效率高和灵活性好等优点逐渐融入各个领域。虚拟仿真技术是目前机器人研究的热点,能最直观地利用专业软件仿真整个机器人的运动过程,并以可视化的方式展示并改进系统的性能^[6]。

本文基于虚拟仿真技术,以 ER6-730-MI 六轴机器人为研究对象,利用 Unity3D 引擎搭建了该机器人的虚拟仿真实验平台,实现了虚拟模型与物理模型的同步运动。整个平台简洁高效,且无需借助其他软件,有效地实现了该

机器人的运动控制仿真。

1 机器人虚拟仿真实验平台设计

本文所涉及的机器人仿真实验平台主要针对机器人的加工装配过程进行实时运动仿真。为了模拟机器人运动的真实过程,需要建立机器人运动场景所需的所有模型,包括房屋、灯光、操作平台等,并将所有模型组合成一个完整的机器人虚拟仿真实验平台,最后基于机器人的实时运动数据实现对虚拟机器人的驱动。

本实验平台开发主要分为四大部分:三维建模与虚拟场景构建、实时运动仿真实现、交互界面设计与程序发布,如图 1 所示,在后续章节中进行详细介绍。

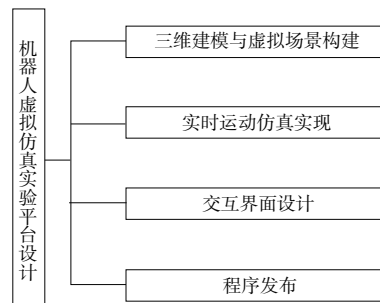


图 1 机器人虚拟仿真实验平台开发设计

第一作者简介:陈樱利(1994—),女,江苏南通人,硕士研究生,研究方向为数字化设计与制造。

2 机器人虚拟仿真实验平台实现

2.1 三维建模及虚拟场景构建

本文基于 Unity3D 引擎设计开发机器人的虚拟仿真实验平台。虽然 Unity3D 本身具有非常简单的建模功能,但该功能只能创建一些简单基本的几何体(包括立方体、球体、圆柱体、胶囊体等),无法构造精确的几何和装配模型,也无法精确表达真实机器人的位姿^[7]。因此,本文采用 SolidWorks 与 3ds Max 联合建模,严格按照机器人的实际尺寸建模,并将格式转换为可供 Unity3D 环境使用的 .FBX 文件格式。

本虚拟仿真实验平台进行虚拟场景构建时应包含虚拟环境与虚拟机器人两部分,其构建流程如图 2 所示。首先,对虚拟场景与虚拟机器人的三维模型进行构建,导出 *.STEP 格式文件;其次,利用 3ds Max 软件对构建的三维模型进行相应的编辑与优化,简化三维模型并将其导出为 *.FBX 格式文件;再次,将模型导入 Unity3D 中,并对模型进行贴图;最后对该场景进行设计与机器人父子关系的定义,从而完成该虚拟平台的整体虚拟场景设计。

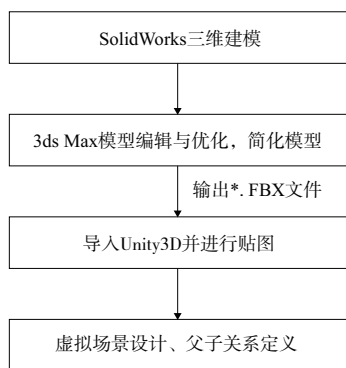


图 2 虚拟场景构建流程图

虚拟环境部分应包括机器人的工作台、工件、显示屏、光照、房屋建筑等,将其用 SolidWorks 分别进行建模生成,并利用 3ds Max 进行模型优化。对于虚拟环境中只是为了增强场景真实感而与交互仿真无关的场景模型。主要采用贴图的方式对模型进行优化,并将一些处于不可见位置不会影响真实度的面进行删除,减少模型面片数,从而有效降低模型的复杂程度,减少复杂模型的数据量,有利于后期场景的加载速度。

本文所涉及的机器人为 ER6-730-MI 六轴机器人,通过对机器人的 D-H 参数的分析与研究进行建模,并在 SolidWorks 软件中对机器人的运动关节进行校零。完成建模与校零工作后将机器人模型导入虚拟场景中,并对其进行贴材质工作,使得虚拟机器人与实际的机器人保持一致性。在实际的机器人运动过程中,机器人的各个运动关节具有层级关系。当机器人主轴的基座轴运动时,也会带动基座轴以上的关节运动;当机器人的次轴运动时,只会带动次轴以上的关节运动,而不会带动次轴以下的关节运动。因此,为了保证虚拟机器人与实际机器人运动的一致性,需要

对加载至虚拟环境中的虚拟机器人进行父子关系的定义,如图 3 所示。在运动时,子物体会继承父物体的运动,跟随着父物体运动;而当子物体运动时,父物体不会跟随子物体运动而运动,即子物体的运动不会对父物体产生影响。

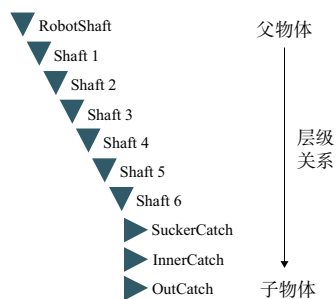


图 3 机器人运动轴父子关系定义

2.2 实时运动仿真实现

对机器人实时运动仿真的实现,主要是建立实际机器人与虚拟机器人之间运动的映射关系。因此,需要对机器人实时运动数据进行采集、处理和读写操作^[8]。机器人实时运动仿真的核心是数据如何传输到模型中,并在延迟可控的条件下利用数据驱动虚拟机器人运动,从而实现虚拟机器人与实际机器人之间的运动状态同步。对机器人的运动仿真,需要通过相应的程序设计得以实现,本实验平台基于 C# 语言进行程序设计。

本平台涉及到的数据包括机器人关节运动数据、机器人末端位姿、抓夹状态、工件状态等。这些数据都是基于 MQTT 协议来实现传输的,其相应的数据驱动算法如图 4 所示。MQTT 是一种多应用于各种物联网环境的应用层协议,以订阅/发布模式实现轻量化通信,构建于传输控制协议/网际协议(TCP/IP)协议之上^[9]。本平台利用 MQTT 消息代理者通信来实现信息交互,采用的消息代理者为阿里云物联网平台。为了更好地达到虚拟机器人与实际机器人运动的同步性,本平台设置的采样周期为 0.1 s,并将采集得到的数据实时发布给消息代理者,虚拟平台通过订阅主题得到相关数据信息。虚拟平台通过订阅得到的数据信息为 JSON 格式。JSON 是一种具备简洁、清晰层次结构,轻量级的数据交换格式,易于人阅读和编写,也易于机器解析和生成^[10]。但 JSON 数据中提取得到的文本数据并不能直接应用到需要确切运动数据中,需要对数据信息进行进一步解析。本平台利用 C# 语言建立起与消息代理者的连接与消息的订阅,并将接收到的数据信息进行解析,转换成可供虚拟机器人识别读取的运动数据。详细步骤如下:

- Step1: 启动服务器,与 MQTT 服务器成功建立连接;
- Step2: 向服务器发送订阅请求,订阅运动数据信息主题;
- Step3: 接收服务器发布的消息,即读取运动数据信息;
- Step4: 将读取得到的消息进行解析,解析成程序可识别的数据格式,并基于解析得到的数据驱动相应的运动序列。

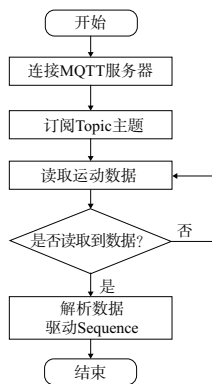


图 4 数据驱动算法

本平台将解析完成的数据信息传输给 Unity3D 内部的 Update 函数,该函数继承了 MonoBehaviour 类,且每帧调用一次。将数据传输至 Update 函数后能够对数据信息每帧进行调用一次,从而使得运动数据实时地传输给虚拟环境中的机器人,实现虚拟机器人与实际机器人的同步运动。

2.3 交互界面

为了便于用户观察与操作,设计了如图 5 所示的交互界面。该交互界面一方面基于 UGUI 的 Text、Button 等组件提供了机器人的实时运动数据与夹具状态等的实时显示,能够动态地反映出机器人某时刻运动的位姿与抓夹对工件的夹取状态。另一方面,该交互界面提供了通过鼠标的控制进行视角切换与放大缩小的功能。其具体实现方法为:将虚拟机器人设置为视角切换的目标,基于对虚拟机器人目标的视角切换与视角远近改变进行实现,进而更好地对虚拟机器人的运动进行观察。该交互界面使得用户更好地对机器人的运动进行观察,且增加了可操作性,能够达成较好的交互体验。

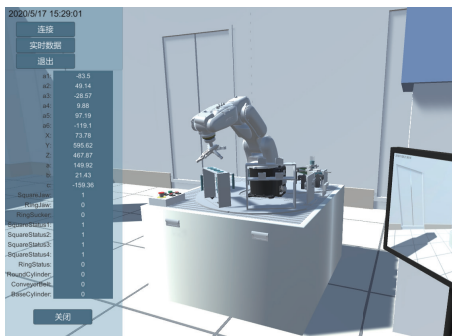


图 5 实验仿真平台交互界面设计

2.4 程序发布

Unity3D 具有支持程序在包括网页、PC、IOS 等多个平台的发布的重要特点,发布出来的程序在运行时既不依赖操作系统,也不依赖硬件环境,方便快捷。本平台基于展示要求,发布了基于 PC 平台下的 EXE 程序,在 PC 机上打开即可进入交互界面进行操作。能够对机器人的运动状态实现最为直观的展示,快速便捷并且无需借助其他软件。

3 结语

在完成机器人虚拟仿真平台设计和实现之后,经过对平台的相关功能进行测试与分析,可以得出以下结论:

- 1) 本机器人虚拟仿真平台基本上实现了机器人的运动模拟,无卡顿和掉帧等现象,且实际运动与虚拟运动的时间误差也能达到相关延时要求,符合预期。
- 2) 本机器人虚拟仿真平台中除了对机器人运动的实时模拟外,还添加了数据的动态显示与视角的切换,使用户在操作本平台时沉浸感更好,且操作简单,无需借助其他平台。

参考文献:

[1] 陶飞,刘蔚然,刘检华,等. 数字孪生及其应用探索[J]. 计算机集成制造系统,2018,24(1):1-18.

[2] 计时鸣,黄希欢. 工业机器人技术的发展与应用综述[J]. 机电工程,2015,32(1):1-13.

[3] 周伟. 基于虚拟现实的工业机器人仿真系统的研究与开发[D]. 杭州:浙江大学,2017.

[4] 王博,黎柏春,杨建宇,等. 智能制造系统的6R工业机器人仿真和监控平台[J]. 哈尔滨工程大学学报,2019,40(2):365-373.

[5] 于凤全. 虚拟仿真技术在航空装备教学中的应用[J]. 科技风,2010(6):20.

[6] 郝建豹,查进艳,谢炼雅. 基于多机器人的虚拟装配工作站设计与碰撞检测仿真[J]. 组合机床与自动化加工技术,2017(12):37-40.

[7] 高国雪,高辉,焦向东,等. 基于Unity3D的焊接机器人虚拟现实仿真技术研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2018(3):19-22.

[8] 边娟娟. 基于PLC与MCGS的定量灌装控制系统设计与实现[J]. 包装与食品机械,2018,36(3):65-68.

[9] 张郁,邹劲柏,张海娟. 基于MQTT协议的道岔安全监测系统优化研究[J]. 现代城市轨道交通,2020(4):76-80.

[10] 张沪寅,屈乾松,胡瑞芸. 基于JSON的数据交换模型[J]. 计算机工程与设计,2015,36(12):3380-3384.

收稿日期:2021-02-08