

基于 Microsoft Robotics Studio 的机器人 运动仿真研究*

黄 立¹, 叶益斌², 张 辉²

(1. 浙江大学 计算机学院, 浙江 杭州 310007; 2. 浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室, 浙江 杭州 310027)

摘要:随着电子技术和信息技术的迅速发展,机器人已经从理论走向实际应用。针对计算机对机器人进行运动仿真的问题,研究和分析了微软的虚拟机器人开发平台 Microsoft Robotics Studio,并在此基础上设计和实现了基于 Microsoft Robotics Studio 的机器人运动仿真系统。系统首先根据给定的机器人物理模型定义出相应的关节连杆结构,然后根据关节运动数据驱动机器人关节同时运动。研究表明,基于 Microsoft Robotics Studio 的机器人运动仿真系统能够很好地实现运动仿真及控制,为物理机器人的本体设计提供帮助。

关键词:虚拟机器人;运动仿真;微软机器人开发平台

中图分类号:TH164;TP391

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)08-0122-05

Motion simulation based on Microsoft Robotics Studio

HUANG Li¹, YE Yi-bin², ZHANG Hui²

(1. College of Computer Science, Zhejiang University, Hangzhou 310007, China;

2. State Key Lab of CAD & CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Robotics has moved from theory to practical application as the rapid development of electronic technology and information technology. Aiming at motion simulation through computer, Microsoft Robotics Studio was studied. And on the basis of the platform, a motion simulation system for robots was designed and developed. A joint-rod structure was defined for a given robot model and all joints movement was driven using provided driven data. The results indicate that the motion simulation system based on Microsoft Robotics Studio can well implement motion simulation and control, and it provides good help for real robotics design.

Key words: virtual robotics; motion simulation; Microsoft Robotics Studio

0 引 言

近年来,机器人技术^[1]的发展非常迅速,已经从理论走向实际应用。因为机器人通常是多连杆、多自由度所组成的复杂结构,而科研人员又需要在设计、研发和实验过程中针对机器人的动力学、运动学等方面情况进行大量精确地数据采集和分析,从而极大地增加了工作量,故用人工计算显然是非常困难而低效的。通过对机器人系统进行仿真^[2-3],可以在制造机器人之前模拟机器人的机械结构,对其运动进行控制并获得关键数据以供分析,对实际的机器人动作进行侦测以避免不必要的碰撞和干涉,同时降低研发成本,避免不

必要的返工。

机器人仿真技术根据其实现方式的不同,目前主要存在以下 3 类:

(1) 基于动力学软件和 Matlab 的联合仿真。

这是应用非常广泛的一种机器人建模方式,通常采用动力学软件完成动力学分析,并使用 Matlab 进行控制系统设计来完成仿真。龚建球等^[4]利用机械系统动力学分析仿真软件 ADAMS 和 Matlab/Simulink 分别建立两轮自平衡机器人的机械系统模型和控制系统模型,并通过交互方式进行仿真,对该机器人的运动学和动力学特性进行分析。赵玉麟等^[5]使用 UG、ADAMS、Matlab 对导引头机电系统模型进行了联合仿真,

仿真结果证明联合仿真相对于独立仿真可以更好地反映系统的特性。谢海斌等^[6]以水下机器人的动态行为仿真为背景,研究了 Matlab/Simulink 与流体力学软件 FLUENT 的协同仿真机制、技术可行性及其实现方法。

(2) 自建的机器人仿真平台。

很多研究者致力于自己建立机器人仿真系统,樊雅萍等^[7]以 OpenGL 作为显示环境研制开发了一个机器人实时漫游系统,田华英等^[8]就选用了基于 OpenGL 图形库和 VRML 虚拟显示建模语言的 Java 3D 作为开发工具,设计了仿真平台,可在界面上对三维运动过程进行交互式地显示。郭姣等^[9]实现了一种“基于 AutoCAD 平台所提供的接口,采用 VBA 语言并结合 Matlab 开发”的机器人仿真系统。而熊国辉等人^[10]则在 Visual C++ 环境下实现了仿真平台的建构,同时结合 OpenGL 可以基本做到实时地展示机器人的运动情况。

(3) 集成一体化的机器人系统。

一体化的机器人系统可以将动力学仿真、运动学仿真、控制系统和绘制等方面工作有机地结合在一起,以使用户将注意力专注于机器人的仿真而不再需要关心物理和绘制部分的工作,从而大大地提高了仿真的效率。

OpenHRP 是日本产业技术综合研究所、东京大学、日本财团法人制造科学技术中心联合开发的仿人机器人软件平台,由动力学仿真组件、可视化仿真组件、运动控制组件和运动编排组件组成,可以很好地完成仿人机器人的仿真,如井上健司等^[11]用 OpenHRP 对 HRP-1 的各种运动进行了仿真。

Microsoft Robotics Studio (MSRS)^[12]是微软开发的通用的机器人仿真平台,可以出色地完成机器人仿真。MSRS 的物理仿真是 PhysX 物理引擎,绘制引擎是微软的 XNA,物理仿真部件和绘制部件分别基于独立的物理引擎和绘制引擎,可以实时地、精确地完成物理仿真和绘制,而且物理引擎和绘制引擎的自身性能是不断向前发展的,这也随之推动了仿真系统的进步。

MSRS 提供了多种编程语言接口,包括 C#、C++ 和 VB 等,方便开发人员进行二次开发,尤其是它提供的可视化编程语言(VPL)可以让用户非常便利地创建和调试机器人应用程序,有着很强的通用性。

鉴于这些优点,基于 MSRS 的机器人仿真系统有着非常广阔的发展前景,本研究主要对 MSRS 平台及机器人运动仿真系统进行分析和研究。

1 Microsoft Robotics Studio 仿真平台

1.1 MSRS 仿真架构

MSRS 的总体结构由 3 层组成:

(1) MSRS 底层物理仿真引擎采用了 NVIDIA 公司的 PhysX 物理引擎,绘制引擎则采用 Microsoft 公司的 XNA Framework,在将这两个引擎进行封装之后作为 MSRS 的底层组件用于机器人的仿真和绘制。

(2) 在底层之上是并发协调运行时库 (Concurrency and Coordination Runtime, CCR) 和分布式软件服务 (Decentralized Software Services, DSS) 这两个组件,这两个组件通过服务 (Service) 的概念来协调处理机器人系统运行过程中的多线程间的信息传递和互动。

(3) MSRS 的最上层就是仿真环境和应用系统,用户在这层可以观察仿真环境中的虚拟机器人运动并获得需要的运动数据。MSRS 的总体架构如图 1 所示。



图 1 MSRS 的总体架构图

1.2 服务 (Service)

在 MSRS 仿真系统中,服务是一个非常重要的概念。因为仿真环境需要同时处理多种不同对象以及需仿真的机器人,而机器人又是多连杆、多自由度的复杂模型,存在多种动力装置和传感器,故机器人在仿真环境中运动的过程是非常复杂的,这对多线程间的交互和协调提出了非常高的要求。服务是一个含有端口 (port)、可以和其他服务通过合同 (contract) 的方式进行通信和交互的、面向状态 (state-oriented) 的对象。服务可以是一个简单的驱动器,可以是用于控制机器人运行的操作界面,也可以是检测装置。MSRS 就是通过服务和服务之间的通信及交互来完成大量复杂的物理仿真和绘制任务,也因此提供了很强的可扩展性。

MSRS 中,每个服务包含服务标识符、合同标识符、服务状态、主端口、服务操作和事件通知等几部分内容,如图 2 所示。

(1) 服务标识符 (Service Identifier)。服务标识符是唯一的,用于确定位于一个 DSS 节点上的服务以区别于其他的服

(2) 合同标识符 (Contact Identifier)。合同标识符用于描述服务的行为,通过给定一个服务的合同标识符,其他的服务就可以和该服务交互。在 MSRS 中,服务并不是直接互连,而是通过合同生成 DSS 代理连接库以互相连接的。以下是一个一般的合同标识符:

http://schemas. tempuri. org/[year]/[month]/[name]. html

(3) 服务状态 (Service State)。服务状态用于描述服务当前的内容,如关于马达服务的驱动状态就包含它每分钟的转速、温度、油压和燃料消耗等内容;而一个表示工作队列的服务则应包含队列中所有的工作及其当前的状况。

(4) 服务合作者 (Service Partner)。服务合作者是指与该服务交互的其他服务和该服务正常工作所依赖的服务。

(5) 主端口 (Main Port)。主端口是一个服务接收其他服务传送消息的地方,也是操作端口,如可通过主端口执行查找、删除和更新等行为,主端口属于 CCR 端口。服务之间并不直接互相连接,只能通过发送消息到对方主端口进行对话和交互。

(6) 服务操作 (Service Handlers)。对于每个定义在主端口上的 DSSP 操作,需要注册一个服务操作来处理到达主端口的输入消息。

(7) 事件通知 (Event Notifications)。一个 DSS 服务需要订阅 (Subscribe) 其他的服。当服务自身状态发生变化的时候会生成一个事件通知,每个订阅该服务的服。都会在自己的 CCR 端口接收到一个该事件通知的副本。

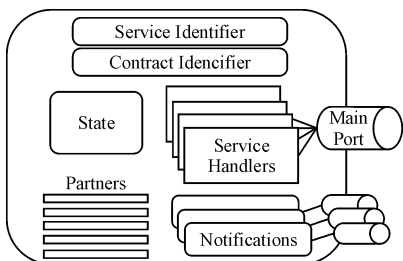


图 2 MSRS 中服务的结构图

1.3 服务的订阅过程

一个服务需要通过订阅其他服务来获取对方的信息,这样当对方状态发生变化时,该服务就可以通过事件通知而快速得知。为了方便处理事件通知,MSRS 提供了一个订阅管理者 (Subscription Manager) 来处理这些信息。服务订阅的过程如图 3 所示。

订阅者 (Subscriber) 首先向发布者 (Publisher) 发出订阅的信息。发布者在接收该消息之后向订阅管理者

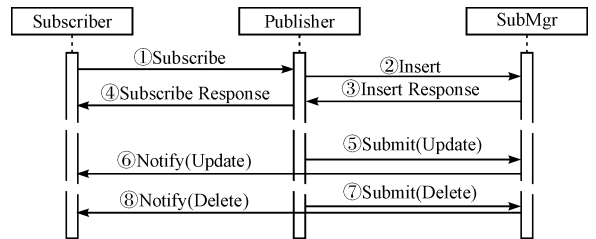


图 3 服务的订阅过程

(Subscription Manager) 发出请求,将该订阅者插入当前订阅者列表。插入成功之后,订阅管理者发送“插入成功”的消息给发布者。发布者获得消息之后返回订阅成功的消息给订阅者从而完成插入订阅的过程。

当发布者状态发生改变时,需要通知订阅者。首先由发布者发送状态改变 (如“更新”或“删除”) 的消息给订阅管理者,管理者获得消息后立即将状态改变消息分发给与该发布者有订阅关系的所有订阅者,从而完成了订阅的过程。

1.4 MSRS 中的服务种类

在 MSRS 仿真系统中,存在多种服务,主要包含:驱动器服务、传感器服务、用户界面 (I/O) 服务、人工智能服务和系统服务,通过编写和封装可细分各种服务,用户就可以在 VPL 中方便地调用这些服务以组建自己需要的机器人系统,此外,MSRS 也自带一些简单通用的服务 (如仪表盘服务等)。

2 基于 MSRS 的机器人运动仿真系统

本研究的机器人运动仿真系统由“机器人模型定义系统 (MDS)”和“机器人模拟控制系统 (SCS)”两大部分组成,提供了“对象建模、物理仿真、控制仿真、真实感绘制”的 4 项功能,并提供与 ADAMS、Matlab 等常用仿真软件的接口,以及易用的用户界面,实现了仿人机器人机械系统和控制系统的协同仿真,为构建真实机器人提供了可靠的机械、控制评估参数。

仿真系统首先在 MDS 中导入机器人的机械结构模型并交互地定义其关节连杆结构模型后将其保存,用户在基于 MSRS 的 SCS 中读入该关节连杆模型,同时在 SCS 中交互地定义需要模拟的仿真环境,最后完成全局的控制仿真。其整体流程如图 4 所示。

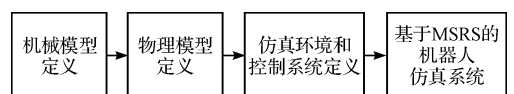


图 4 运动仿真系统流程图

2.1 机器人模型定义系统

一般需要模拟的机器人模型是从 ADAMS 等仿真

建模软件导出,并由复杂的机械结构组成的。在物理仿真的过程中,直接采用此机械结构是不现实的,这是因为当前的大多数物理引擎(如 PhysX)因计算量过大而不支持对复杂的凹面体进行运动仿真或碰撞检测,如果用户需要引入复杂物体模型,则需要预先将其分割为多个凸面体再进行导入和仿真;而即便如此,复杂的模型在仿真过程中由于需要进行大量的运动学和动力学的仿真计算,将导致仿真系统实时性下降。

因此,本研究采用相对简单的物理结构(如 Capsule、Box、Sphere 等)来模拟复杂的机械结构,在显示的时候则不显示物理模型,而是显示与物理模型相对应的 3D 网格模型。为了使物理模型和机械结构网格模型能够实现无缝对应,并同时完成连杆模型之间的关节参数的定义,以及在各关节上加入各种动力装置(电机、减速器、控制器)或传感器(关节电位计、电机码盘、陀螺仪、摄像机、激光测距仪等)来完成其最终的建模,本研究使用 VC 完成了一套机器人模型定义系统(MDS)。

通过使用机器人模型定义系统,可以方便、快速并且无缝地定义与复杂的机器人机械结构模型相对应的物理连杆,并完成对应连杆的关节及其参数的设定,然后将整个机器人的物理连杆模型、关节模型及其相对应的机械模型保存在本研究自定义的文件格式(.sgm)中,用户在基于 MSRS 的“模拟仿真控制系统(SCS)”中读取该格式的文件并进行模拟仿真。

2.2 机器人模拟仿真控制系统

仿人机器人系统相当复杂,首先需要模拟机器人环境,包含了地面、多种真实物体模型的复杂环境。然后导入需模拟的机器人模型,再导入机器人的控制算法,这样就可以模拟机器人的运动,并实时计算和获取其对应的运动学、动力学的各种参数(如位姿、关节运动的角速度、关节所受的力矩等),最后将其以曲线图的形式可视地显示。

运动和控制系统的在基于 MSRS 的仿真环境下进行的,将机器人模型导入 MSRS 之后,系统通过导入其对应的运动数据(如各关节每帧的角度)进行运动学仿真,或者导入控制其受力状况的参数(主要是各种动力装置参数)对其进行动力学仿真,通过仿真可以实时地观看机器人运动的状态以及和环境对象之间的交互并实时计算和获取其对应的运动学、动力学和逆动力学的各种参数(如位姿、关节运动的角速度、关节所受的力矩等),将最终结果以各种曲线图的显示形式可视地反馈给用户。

用户可根据系统返回情况调整控制算法以进行下一步的模拟,由于机器人可以是真实机器人的模型,可以给真实机器人的设计和调整带来很大的帮助、降低研发成本并提高并行开发的性能。

本研究设计和实现的系统可以快速地完成仿人机器人的物理模型定义和实时仿真。MDS 设计为方便快速的模型定义系统,已经载入一段机器臂几何模型的 MDS 系统界面如图 5 所示,左半部分可视地显示模型的几何结构和物理结构,右半部分作为操作界面,支持几何模型的输入、物理模型的定义和修改,以及机器人完全模型的导入/导出功能。

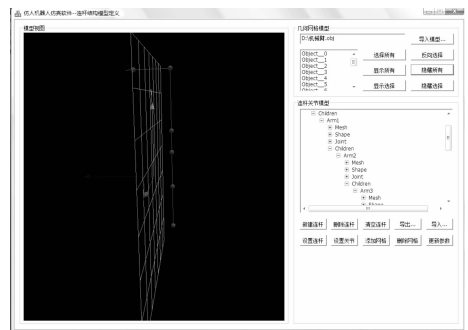


图 5 机器人模型定义子系统界面图

SCS 的控制界面和 MSRS 的仿真环境如图 6 所示,用户选择输入关节连杆信息和运动控制信息,其中关节连杆信息包含物理结构和对应几何模型,文件格式为 SGM, SCS 进行实时仿真并根据用户的选择在下方输出对应的角速度曲线或速度曲线,同时将结果输出到指定文件中。

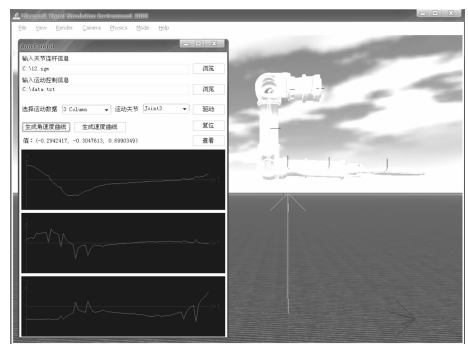


图 6 机器人模拟仿真控制系统界面和 MSRS 的仿真环境

在控制界面中导入 SGM 文件之后就可以在仿真环境中观看到机器人模型。图 6 在 SCS 中载入并同时显示了七段连杆机械臂的模型,右边展示了输入运动数据后使第 3 个关节运动后的结果,对应左边下半部分的角速度曲线结果。这个角速度曲线真实地反映了关节转动时关节的运动学参数信息,其数值有助于笔者分析关节的运动情况,查出可能出现的问题及异常情况,给真实物理机器人的设计提供帮助。

3 结束语

本研究基于 MSRS 设计并实现了灵活、实时和交互式的机器人仿真系统,充分利用了 MSRS 的优点,实时、精确地实现仿人机器人的仿真。同时根据 MSRS 的缺陷做出改进,针对“MSRS 需要编写复杂代码来定义机器人模型”的问题,设计了 MDS 子系统支持简单方便的机器人模型定义。仿真系统产生的机器人运动学和动力学数据可以辅助实体机器人的设计和制造。另外系统也存在两点不足:现实的仿人机器人的驱动器和传感器结构非常复杂,同时存在噪声等因素,而 MSRS 中的驱动器和传感器相对简单,无法完全满足现实机器人仿真的要求;另外,MSRS 中的环境模型定义困难,需要对特定对象编写服务,这些都是笔者在下一阶段工作中要改进和完善的地方。

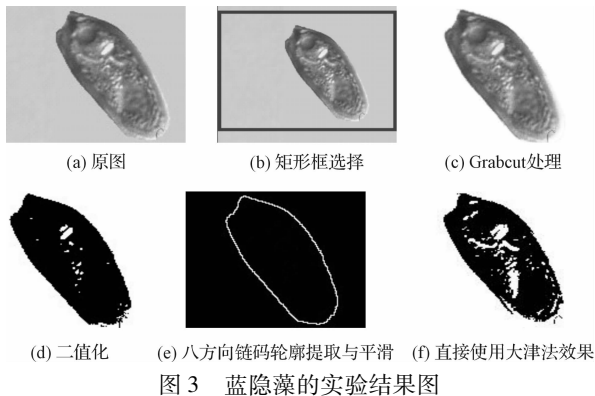
参考文献 (References):

- [1] 蔡自兴. 机器人学[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
[2] 孙增圻. 机器人系统仿真及应用[J]. 系统仿真学报,

- 1995,7(3):23-29.
[3] 杨春光,赵世平,陆小龙,等. 基于虚拟样机技术的攀爬机器人仿真分析[J]. 机械,2009,36(2):73-75,78.
[4] 龚建球,刘守斌. 基于 ADAMS 和 Matlab 的自平衡机器人仿真[J]. 机电工程,2008,25(2):8-10.
[5] 赵玉麟,张崇军,张虎子. 基于 ADAMS 和 Matlab 的导引头机电系统仿真[J]. 弹箭与制导学报,2009(4):77-79.
[6] 谢海斌,张代兵,沈林成. 基于 Matlab/Simulink 与 FLUENT 的协同仿真方法研究[J]. 系统仿真学报,2007(8):86-90.
[7] 樊雅萍,黄生学,温佩芝,等. 基于 OpenGL 的机器人虚拟漫游系统开发[J]. 系统仿真学报,2005,17(10):36-38.
[8] 田华英,吴秋轩,曹广益. 基于 Java 3D 的自重构机器人仿真平台的构建[J]. 计算机仿真,2006,23(11):271-274.
[9] 郭姣,蒋海青. 利用 AutoCAD 与 Matlab 进行机器人仿真系统的开发[J]. 计算机仿真,2003,20(9):121-123.
[10] 熊国辉. 基于 OpenGL 技术 6R 机器人的仿真[D]. 北京:北京邮电大学自动化学院,2006.
[11] 井上健司,西滨祐介,坂田幸太郎. 可完成操作任务的仿人机器人的全身运动生成[J]. 日本机器人学会誌,2005,23(8):967-976.
[12] Microsoft Corporation. Microsoft Robotics Developer Studio 2008 Standard Edition[M]. Microsoft Corporation,2008.

[编辑:张翔]

(上接第 110 页)



由图 3 可见,融合 Grab Cut 与八方向链码法的图像分割方法在实验效果上要优于直接使用大津法的试验效果,不仅忽略了藻类的内部纹理,提取的轮廓也更加清晰。

6 结束语

从角星鼓藻和蓝隐藻的实验结果可以看出,本研究所用方法比直接使用大津法的效果要好很多,更能达到忽略藻类内部纹理的目的。提取的藻类轮廓也更加清晰、精确。与 Canny、Sobel、Prewitt 等算子处理效果相比,忽略内部纹理,提取精确外部轮廓的优势更加明显。

Grab Cut 可以通过仅仅给予一个矩形框的输入便可以对图像进行分割,与先前一些算法相比减少了用

户交互所需要的工作量。

参考文献 (References):

- [1] 游迎荣,范影乐. 基于邻域信息的图像自适应滤波[J]. 杭州电子科技大学学报,2005,25(3):82-85.
[2] 朱碧婷,郑世宝. 基于高斯混合模型的空间域背景分离法及阴影消除法[J]. 中国图象图形学报,2008,13(10):1907-1909.
[3] ROTHER C, KOLMOGOROV V, BLAKE A. Grabcut-interactive foreground extraction using iterated graphcuts[J]. **ACM SIGGRAPH Transactions on graphics**, 2004, 23(3):309-314.
[4] KOLMOGOROV V, ZABIH R. What energy functions can be minimized via graphcuts[J]. **IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE: Proceeding of the 2004 SIGGRAPH Conference**, 2004, 26(2):147-159.
[5] 穆亚东,周秉锋. 基于颜色和纹理信息的快速前景提取方法[J]. 计算机学报,2009,32(11):2252-2257.
[6] 孙凡,张桦,尤德祥,等. Grab Cut 数字抠图方法的研究与实现[J]. 天津理工大学学报,2008,24(2):42-45.
[7] ROTHER C, KOLMOGOROV V, BLAKE A. “GrabCut”-interactive foreground extraction using iterated Graph Cuts [EB/OL]. [2004-05-20] [2008-01-03]. <http://research.microsoft.com/vision/Cambridge/papers/siggraph04.pdf>.
[8] GONZALEZ R, WOODS R. Digital Image Processing (Second Edition)[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.
[9] 施之新. 中国淡水藻志[M]. 北京:科学出版社,2004.

[编辑:李辉]