



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104460670 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410628583. 2

(22) 申请日 2014. 11. 10

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381 号

(72) 发明人 翟敬梅 李连中

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 刘巧霞

(51) Int. Cl.

G05D 1/02(2006. 01)

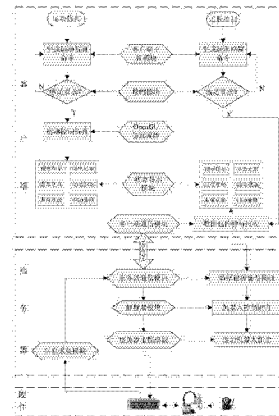
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统及控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统及控制方法,该系统基于 OpenGL 的运动仿真及 C/S 模式的远程控制,包括客户端和服务端,客户端包括客户端主控模块、检测模块、OpenGL 仿真模块、状态显示模块、客户端通信模块,服务器端包括服务器通信模块、解释器模块、服务器主控模块、信息采集模块。该方法是:对于运动仿真,生成运动仿真命令,经检测模块检测,在 OpenGL 仿真模块进行运动模拟,同时在状态显示模块显示;对于远程控制,生成远程控制命令,经检测模块检测,客户端通信模块编码以 TCP 协议传到服务器端,实现远程控制。本发明机器人运动仿真和远程控制操作方法一致,具有功能综合、操作简洁、控制精确、安全性高和成本低的特点。



1. 一种 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统,其特征在于,包括客户端和服务端,其中:客户端包括:

客户端主控模块,用于生成运动仿真命令、避障控制命令、远程控制命令,其中包括机器人的运动学分析、动力学分析、轨迹规划;

检测模块,用于检测客户端主控模块生成的运动仿真命令或者远程控制命令是否满足当前机器人运行性能要求;如果运动仿真命令满足要求,则将运动仿真命令发送到 OpenGL 仿真模块;如果远程控制命令满足性能要求,则将远程控制命令发送到客户端通信模块;同时,还用于根据服务器端反馈的机器人运动状态信息检测是否会发生潜在的碰撞,如果会,则由客户端主控模块生成相应的避障控制命令,然后将该避障控制命令以远程控制命令的方式进行传递;

OpenGL 仿真模块,包括三维建模模块和虚拟运动仿真模块,用于根据运动仿真命令模拟仿真 SCARA 机器人的三维模型和运动特征,同时把运动仿真状态反馈到状态显示模块;

状态显示模块,与 OpenGL 仿真模块相连,用于显示仿真模型的运动状态;同时也与客户端通信模块相连,用于显示当前机器人的实际运动状态;

客户端通信模块,用于对远程控制命令进行编码,然后以 TCP/IP 协议经 Internet 传输到服务器端,同时接收并解码服务器端反馈的机器人运动状态信息,将该信息发送到状态显示模块和检测模块;

服务器端包括:

服务器通信模块,用于接收客户端的远程控制命令并解码;以及将采集的当前机器人运动状态信息编码并发送到客户端;

解释器模块,用于将远程控制命令解释为驱动程序;

服务器主控模块,用于根据驱动程序,通过机器人控制器驱动机器人运动;

信息采集模块,用于采集当前机器人的运动状态信息,经服务器通信模块反馈到客户端,进行实时避障检测与控制。

2. 一种基于权利要求 1 所述的 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统的控制方法,其特征在于,包括步骤:

(1) 运动仿真:客户端主控模块生成运动仿真命令,检测模块检测运动仿真命令是否满足当前机器人运行性能要求,如果是则将运动仿真命令发送到 OpenGL 仿真模块,OpenGL 仿真模块根据运动仿真命令模拟仿真 SCARA 机器人的三维模型和运动特征,同时把运动仿真状态反馈到状态显示模块,实现运动仿真;

(2) 远程控制:客户端主控模块生成远程控制命令,检测模块检测远程控制命令是否满足当前机器人运行性能要求,如果是则将远程控制命令发送到客户端通信模块;客户端通信模块对远程控制命令进行编码,然后以 TCP/IP 协议经 Internet 传输到服务器端,服务器端的服务器通信模块接收客户端的远程控制命令并解码,然后解释器模块将解码后的远程控制命令解释为驱动程序,服务器主控模块根据驱动程序,通过机器人控制器驱动机器人运动,从而实现远程控制;

(3) 避障控制:信息采集模块采集当前机器人的运动状态信息,然后经服务器通信模块反馈到客户端,客户端中的客户端通信模块接收并解码上述运动状态信息,将该信息发送到状态显示模块和检测模块;状态显示模块显示当前机器人的实际运动状态,检测模块

根据上述运动状态信息检测是否会发生潜在的碰撞,如果会,则由客户端主控模块生成相应的避障控制命令,然后将该避障控制命令以远程控制命令的方式按照步骤(2)进行传递,进行实时避障检测与控制。

3. 根据权利要求2所述的控制方法,其特征在于,还包括步骤:

(4) 通过运动仿真进行远程实验:所述状态显示模块还与人机交换模块相连,在状态显示模块上显示了运动仿真命令后,操作者通过人机交换模块对该仿真图形进行操作,则会自动生成相应的远程控制命令,然后根据步骤(2)进行远程控制,实现机器人根据该仿真图像进行动作。

4. 根据权利要求2所述的控制方法,其特征在于,所述步骤(1)中客户端主控模块生成运动仿真命令,以及步骤(2)、(3)中生成远程控制命令均有两种方式,分别是面板生成方式和程序生成方式,其中面板生成方式是已编写好的运动模式,操作者可改变参数;程序生成方式是用于操作者自由编程;所述客户端主控模块生成命令的方法包括基于雅克比矩阵的正运动学分析、逆运动学分析、奇异性分析,基于最小运动量的逆解选解,基于Lagrange法的动力学分析,基于三次多项式的关节坐标轨迹规划,基于脉冲增量法的笛卡尔空间轨迹规划。

5. 根据权利要求2所述的控制方法,其特征在于,所述步骤(3)中,检测模块检测是否会发生潜在的碰撞的方法是:首先使用基于扫掠球的方法检测机器人与障碍物的距离,然后根据基于速度向量场的无碰轨迹规划算法,进行实时避障,最后采用指数速度场进行最优速度规划。

6. 根据权利要求5所述的控制方法,其特征在于,所述基于速度向量场的无碰轨迹规划算法是通过控制机器人的运行速度实现无碰运动的,包括吸引速度向量场,排斥速度向量场和环绕速度向量场,各向量场的功能及定义如下:

(1) 吸引速度向量场用于保证机器人始终朝向目标点运动,将吸引速度设定为恒定速度 v_s ,吸引速度的方向为: $\vec{V}_{att} = \frac{{}^R_G \vec{P}}{|{}^R_G \vec{P}|}$;

其中, ${}^R_G \vec{P}$ 为始终由机器人当前位置 \vec{P}_R 指向目标点 \vec{P}_G 的向量;

(2) 排斥速度向量场用于保证机器人不与障碍物发生碰撞,该排斥速度向量场按照指数规律变化,排斥规则定义如下:

$$\begin{cases} d_0 < r_{obs} & \Delta x_{rep} = -\text{sign}(\cos(\theta_{rep})) \cdot \infty \\ & \Delta y_{rep} = -\text{sign}(\sin(\theta_{rep})) \cdot \infty \\ r_{obs} \leq d_0 \leq R & \Delta x_{rep} = -\beta \cdot \left[e^{[(R-d_0)/10-1]} + e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} \right] \cdot \cos(\theta_{rep}) \\ & \Delta y_{rep} = -\beta \cdot \left[e^{[(R-d_0)/10-1]} + e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} \right] \cdot \sin(\theta_{rep}) \\ d_0 > R & \Delta x_{rep} = \Delta y_{rep} = 0 \end{cases}$$

其中, $R = r_{rob} + S + r_{obs}$, r_{obs} 表示障碍物扫掠球半径, r_{rob} 表示机器人扫掠球半径, α 、 β 为排斥系数, $S = S_{in} + S_{out}$ 表示障碍物所作用的排斥范围, e 为自然底数, d_0 为机器人与障碍

物的最近距离, θ_{rep} 为其方向角;

(3) 环绕速度向量场用于绕开局部最小点, 并加速机器人绕开障碍物, 所述环绕速度垂直于排斥速度方向, 定义如下:

$$\begin{cases} d_0 < r_{obs} & \Delta x_{rep} = -\text{sign}(\cos(\theta_{rep})) \cdot \infty \\ & \Delta y_{rep} = -\text{sign}(\sin(\theta_{rep})) \cdot \infty \\ r_{obs} \leq d_0 \leq R & \Delta x_{rep} = -\beta \cdot \left[e^{[(R-d_0)/10-1]} + e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} \right] \cdot \cos(\theta_T) \\ & \Delta y_{rep} = -\beta \cdot \left[e^{[(R-d_0)/10-1]} + e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} \right] \cdot \sin(\theta_T) \\ d_0 > R & \Delta x_{rep} = \Delta y_{rep} = 0 \end{cases}$$

其中, $\theta_T = \theta_{rep} \pm 90^\circ$ 。

7. 根据权利要求 6 所述的控制方法, 其特征在于, 还使用滑模变结构的方法优化速度向量场。

8. 根据权利要求 2 所述的控制方法, 其特征在于, 所述步骤 (1) 中, OpenGL 仿真模块中的三维建模模块是由 SolidWorks 建模, 经 Deep Exploration 生成模型表面数据, 在 Visual Studio 中进行场景渲染、图形绘制, 生成三维仿真图像; 虚拟运动仿真模块是根据固高运动控制卡的 GTS 运动控制库, 按梯形速度原则编写的运动控制函数, 具有与实际机器人同样的调用和控制效果。

9. 根据权利要求 2 所述的控制方法, 其特征在于, 所述状态显示模块用于显示机器人现场视频、OpenGL 仿真图像、机器人运动状态、编码器位置与速度、机器人末端轨迹、历史记录及反馈信息, 还用于文件加载与数据保存;

所述客户端通信模块和服务器通信模块采用 C/S 模式, 借助于 WinSock 工具, 以 TCP/IP 协议进行网络通信。

10. 根据权利要求 2 所述的控制方法, 其特征在于, 所述步骤 (2) 中, 解释器模块是基于解释器模式中的反射原理将远程控制命令解释为驱动程序, 具体方法是: 将远程控制命令按行分段, 每行按空格分段; 使用基于反射原理方法, 在机器人控制函数中寻找每一行第一个字符串对应的方法名; 再将每行其余的字符串转化为对应方法的参数所需参数类型; 执行该方法, 即实现机器人控制。

一种 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人控制研究领域,特别涉及一种 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统及控制方法。

背景技术

[0002] 近年来,我国机器人的应用得到了快速发展,其中 SCARA 机器人更是由于其具有结构轻便、响应速度快的特点,在工业、教育等领域得到广泛的应用。由于机器人的成本较高,设备管理难度大,为此开发机器人运动仿真系统对机器人使用的安全性与经济性具有重要的现实意义。同时随着计算机技术的发展,特别是网络技术的迅速发展,机器人远程控制日益受到重视,通过远程控制可以使操作人员离开具有危险性的操作环境,避免造成人身伤害。基于网络的机器人运动仿真及远程控制平台,机器人运动仿真控制和远程控制方法相一致,为机器人各种复杂的任务和轨迹规划提供了调试和实现平台,这一技术的应用将进一步丰富机器人控制手段,具有广阔的应用前景。

[0003] 随着 CAD 技术的发展,三维实体建模技术得到了广泛的应用。OpenGL 是 SGI 公司开发的一套高性能图形处理系统。OpenGL 的特点包括:硬件无关性,可以在不同的平台上实现;建模方便,可以构建相当复杂的几何造型;出色的编程特性,OpenGL 可以集成到各种标准视窗和操作系统中;因此基于 OpenGL 的三维仿真程序具有良好的通用性和可移植性,在机器人运动仿真中有着广泛的应用。

[0004] 远程控制一般分为两种模式:C/S(client/server)模式和 B/S(Browser/Server)模式。其中 C/S 模式的优点是:①客户端实现与服务器的直接相连,没有中间环节,因此响应速度快;②操作界面漂亮、形式多样,可以满足客户自身的个性化要求;③ C/S 结构的管理信息系统具有较强的事务处理能力,能实现复杂的业务流程。因此,更为适用于有局域网或专线的工业车间或实验室。另外,C/S 模式与 OpenGL 仿真都在 Visual Studio 的窗体程序中开发,所以运动仿真和远程控制结合有着独特的优势。

[0005] 因此,开发一种采用 OpenGL 技术、基于 C/S 模式的 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统具有重要的研究意义。

发明内容

[0006] 本发明的主要目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统,该系统在工业领域可用于轨迹规划、碰撞检测、工艺检测、离线编程等实验平台,在教育领域,可作为教学实验平台,具有功能综合、操作简洁、控制精确、安全性高和成本低的特点。

[0007] 本发明的另一个目的在于提供一种基于上述 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统的控制方法,该方法能够实现对 SCARA 机器人虚拟现实环境的运动控制仿真和机器人远程监控,而且仿真模型可以根据远程控制反馈的信息实时仿真。

[0008] 本发明的目的通过以下的技术方案实现:一种 SCARA 机器人运动仿真及远程控制

系统,包括客户端和服务端,其中:客户端包括:

[0009] 客户端主控模块,用于生成运动仿真命令、避障控制命令、远程控制命令,其中包括机器人的运动学分析、动力学分析、轨迹规划;

[0010] 检测模块,用于检测客户端主控模块生成的运动仿真命令或者远程控制命令是否满足当前机器人运行性能要求;如果运动仿真命令满足要求,则将运动仿真命令发送到 OpenGL 仿真模块;如果远程控制命令满足性能要求,则将远程控制命令发送到客户端通信模块;同时,还用于根据服务器端反馈的机器人运动状态信息检测是否会发生潜在的碰撞,如果会,则由客户端主控模块生成相应的避障控制命令,然后将该避障控制命令以远程控制命令的方式进行传递;

[0011] OpenGL 仿真模块,包括三维建模模块和虚拟运动仿真模块,用于根据运动仿真命令模拟仿真 SCARA 机器人的三维模型和运动特征,同时把运动仿真状态反馈到状态显示模块;

[0012] 状态显示模块,与 OpenGL 仿真模块相连,用于显示仿真模型的运动状态;同时也与客户端通信模块相连,用于显示当前机器人的实际运动状态;

[0013] 客户端通信模块,用于对远程控制命令进行编码,然后以 TCP/IP 协议经 Internet 传输到服务器端,同时接收并解码服务器端反馈的机器人运动状态信息,将该信息发送到状态显示模块和检测模块;

[0014] 服务器端包括:

[0015] 服务器通信模块,用于接收客户端的远程控制命令并解码;以及将采集的当前机器人运动状态信息编码并发送到客户端;

[0016] 解释器模块,用于将远程控制命令解释为驱动程序;

[0017] 服务器主控模块,用于根据驱动程序,通过机器人控制器驱动机器人运动;

[0018] 信息采集模块,用于采集当前机器人的运动状态信息,经服务器通信模块反馈到客户端,进行实时避障检测与控制。

[0019] 一种基于上述 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统的控制方法,包括步骤:

[0020] (1) 运动仿真:客户端主控模块生成运动仿真命令,检测模块检测运动仿真命令是否满足当前机器人运行性能要求,如果是则将运动仿真命令发送到 OpenGL 仿真模块,OpenGL 仿真模块根据运动仿真命令模拟仿真 SCARA 机器人的三维模型和运动特征,同时把运动仿真状态反馈到状态显示模块,实现运动仿真;

[0021] (2) 远程控制:客户端主控模块生成远程控制命令,检测模块检测远程控制命令是否满足当前机器人运行性能要求,如果是则将远程控制命令发送到客户端通信模块;客户端通信模块对远程控制命令进行编码,然后以 TCP/IP 协议经 Internet 传输到服务器端,服务器端的服务器通信模块接收客户端的远程控制命令并解码,然后解释器模块将解码后的远程控制命令解释为驱动程序,服务器主控模块根据驱动程序,通过机器人控制器驱动机器人运动,从而实现远程控制;

[0022] (3) 避障控制:信息采集模块采集当前机器人的运动状态信息,然后经服务器通信模块反馈到客户端,客户端中的客户端通信模块接收并解码上述运动状态信息,将该信息发送到状态显示模块和检测模块;状态显示模块显示当前机器人的实际运动状态,检测模块根据上述运动状态信息检测是否会发生潜在的碰撞,如果会,则由客户端主控模块生

成相应的避障控制命令,然后将该避障控制命令以远程控制命令的方式按照步骤(2)进行传递,进行实时避障检测与控制。

[0023] 优选的,所述控制方法还包括步骤:

[0024] (4) 通过运动仿真进行远程实验:所述状态显示模块还与人机交换模块相连,在状态显示模块上显示了运动仿真命令后,操作者通过人机交换模块对该仿真图形进行操作,则会自动生成相应的远程控制命令,然后根据步骤(2)进行远程控制,实现机器人根据该仿真图像进行动作。

[0025] 具体的,所述步骤(1)中客户端主控模块生成运动仿真命令,以及步骤(2)、(3)中生成远程控制命令均有两种方式,分别是面板生成方式和程序生成方式,其中面板生成方式是已编写好的运动模式,操作者可改变参数;程序生成方式是用于操作者自由编程;所述客户端主控模块生成命令的方法包括基于雅克比矩阵的正运动学分析、逆运动学分析、奇异性分析,基于最小运动量的逆解选解,基于 Lagrange 法的动力学分析,基于三次多项式的关节坐标轨迹规划,基于脉冲增量法的笛卡尔空间轨迹规划。操作者可以根据机器人运动状态和性能进行自由选择。

[0026] 优选的,所述步骤(3)中,检测模块检测是否会发生潜在的碰撞的方法是:首先使用基于扫掠球的方法检测机器人与障碍物的距离,然后根据基于速度向量场的无碰轨迹规划算法,进行实时避障,最后采用指数速度场进行最优速度规划。SCARA 机器人避障在对复杂系统装配时有重要的应用。

[0027] 具体的,所述基于速度向量场的无碰轨迹规划算法是通过控制机器人的运行速度实现无碰运动的,包括吸引速度向量场,排斥速度向量场和环绕速度向量场,各向量场的功能及定义如下:

[0028] (1) 吸引速度向量场用于保证机器人始终朝向目标点运动,将吸引速度设定为恒定速度 v_s ,吸引速度的方向为:

$$\vec{V}_{att} = \frac{{}^R_G \vec{P}}{|{}^R_G \vec{P}|};$$

[0029] 其中, ${}^R_G \vec{P}$ 为始终由机器人当前位置 \vec{P}_R 指向目标点 \vec{P}_G 的向量。

[0030] (2) 排斥速度向量场用于保证机器人不与障碍物发生碰撞。传统的排斥速度大小与机器人、障碍物之间的距离呈比例关系,但机器人运行速度波动较大,本发明设计了按照指数规律变化的排斥速度向量场,排斥规则(排斥律)定义如下:

$$[0031] \begin{cases} d_0 < r_{obs} & \Delta x_{rep} = -\text{sign}(\cos(\theta_{rep})) \cdot \infty \\ & \Delta y_{rep} = -\text{sign}(\sin(\theta_{rep})) \cdot \infty \\ r_{obs} \leq d_0 \leq R & \Delta x_{rep} = -\beta \cdot \left[e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} + e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} \right] \cdot \cos(\theta_{rep}) \\ & \Delta y_{rep} = -\beta \cdot \left[e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} + e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} \right] \cdot \sin(\theta_{rep}) \\ d_0 > R & \Delta x_{rep} = \Delta y_{rep} = 0 \end{cases}$$

[0032] 其中, $R = r_{rob} + S + r_{obs}$, r_{obs} 表示障碍物扫掠球半径, r_{rob} 表示机器人扫掠球半径, α 、 β 为排斥系数, $S = S_{in} + S_{out}$ 表示障碍物所作用的排斥范围, e 为自然底数, d_0 为机器人与障碍物的最近距离, θ_{rep} 为其方向角。

[0033] (3) 为避免机器人的驱动力或速度与障碍物的排斥力或速度相互抵消,机器人在

某个中间点停滞问题,加入一个垂直于排斥速度方向的环绕速度。一方面可以成功绕开局部最小点,另一方面能加速机器人绕开障碍物。定义如下:

$$[0034] \quad \begin{cases} d_0 < r_{obs} & \Delta x_{rep} = -\text{sign}(\cos(\theta_{rep})) \cdot \infty \\ & \Delta y_{rep} = -\text{sign}(\sin(\theta_{rep})) \cdot \infty \\ r_{obs} \leq d_0 \leq R & \Delta x_{rep} = -\beta \cdot \left[e^{[(R-d_0)/10-1]} + e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} \right] \cdot \cos(\theta_T) \\ & \Delta y_{rep} = -\beta \cdot \left[e^{[(R-d_0)/10-1]} + e^{[\alpha \cdot (R-d_0)/10-1]} \right] \cdot \sin(\theta_T) \\ d_0 > R & \Delta x_{rep} = \Delta y_{rep} = 0 \end{cases}$$

[0035] 其中, $\theta_T = \theta_{rep} \pm 90^\circ$ 。

[0036] 机器人在吸引速度向量场、排斥速度向量场和环绕速度向量场的共同作用下运动,稳定安全地避开障碍物。

[0037] (4) 在上述改进的速度向量场无碰轨迹规划算法基础上,提出了使用滑模变结构的方法优化速度向量场。优化后,机器人以何种运动状态进入障碍物的速度向量场,均会在障碍物周围预设的“安全轨道”上运行,直到顺利离开障碍物的作用范围。滑模变结构的方法可采用现有技术中已有的方法。

[0038] 具体的,所述步骤(1)中,OpenGL 仿真模块中的三维建模模块是由 SolidWorks 建模,经 Deep Exploration 生成模型表面数据,在 Visual Studio 中进行场景渲染、图形绘制,生成三维仿真图像;虚拟运动仿真模块是根据固高运动控制卡的 GTS 运动控制库,按梯形速度原则编写的运动控制函数,具有与实际机器人同样的调用和控制效果。

[0039] 优选的,所述状态显示模块用于显示机器人现场视频、OpenGL 仿真图像、机器人运动状态、编码器位置与速度、机器人末端轨迹、历史记录及反馈信息。

[0040] 更进一步的,所述状态显示模块还用于文件加载与数据保存。从而可以便于历史数据查询和分析。

[0041] 优选的,所述客户端通信模块和服务器通信模块采用 C/S(client/server) 模式,借助于 WinSock 工具,以 TCP/IP 协议进行网络通信。从而实现远程控制。

[0042] 优选的,所述步骤(2)中,解释器模块是基于解释器模式中的反射原理将远程控制命令解释为驱动程序,具体方法是:将远程控制命令按行分段,每行按空格分段;使用基于反射原理方法,在机器人控制函数中寻找每一行第一个字符串对应的方法名;再将每行其余的字符串转化为对应方法的参数所需参数类型;执行该方法,即实现机器人控制。

[0043] 本发明与现有技术相比,具有如下优点和有益效果:

[0044] 1、本发明集 OpenGL 运动仿真与 C/S 模式远程控制于一体,能够实现对 SCARA 机器人虚拟现实环境的运动控制仿真和机器人远程监控,而且仿真模型可以根据远程控制反馈的信息实时仿真,具有集成功能多、编程速度快、远程控制准、系统运行稳的特点。同时 OpenGL 具有良好的可移植性、强大的图形处理能力,并且采用双缓存技术,可以实现平滑的动画效果,适于机器人再现和运动仿真。

[0045] 2、本发明同时具有以下功能:①虚拟现实场景的机器人系统三维建模与仿真;② SCARA 机器人运动学分析与轨迹规划;③机器人碰撞检测与避碰,④交互式的人机界面,⑤离线编程与调试,⑥机器人远程监控。在工业领域可用于轨迹规划、碰撞检测、工艺检测、离线编程等实验平台,在教育领域,可作为教学实验平台,具有功能综合、操作简洁、

控制精确、安全性高和成本低的特点。

[0046] 3、本发明提出的基于速度向量场的无碰轨迹规划算法，在传统的吸引速度向量、排斥速度向量的基础上加入环绕速度向量解决了避障中的局部最小问题，提出的指数规律变化向量场使机器人的运行速度更加稳定，定义中考虑了距离的变化率 $(R-d_0)'$ ，这使得速度向量场方法可以应用于移动障碍物的避障。

附图说明

- [0047] 图 1 是本发明运动仿真及远程控制系统原理图；
[0048] 图 2 是 OpenGL 仿真模块三维建模仿真流程图；
[0049] 图 3 是本发明基于 C/S 模式的远程控制通信流程图；
[0050] 图 4 是本发明中解释器模块基于反射原理解释器模式流程图；
[0051] 图 5 是本发明中避障控制原理流程图。

具体实施方式

[0052] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述，但本发明的实施方式不限于此。

[0053] 实施例 1

[0054] 本实施例所述一种 SCARA 机器人运动仿真及远程控制系统包括客户端和服务端，客户端包括客户端主控模块、检测模块、OpenGL 仿真模块、状态显示模块、客户端通信模块，服务器端包括服务器通信模块、解释器模块、服务器主控模块、信息采集模块，本实施例运动仿真及远程控制系统控制对象是固高公司的四自由度 SCARA 机器人，配有机器人控制器。服务器端采用的工控机是研华 IPC-7120 工业级计算机；另外配有一个网络摄像机，作为远程控制的监控工具。

[0055] 下面结合图 1 具体说明本实施例实现的方法。

[0056] 1、仅进行运动仿真

[0057] 这一过程主要在客户端实现，客户端主控模块生成运动仿真命令，检测模块检测运动仿真命令是否满足当前机器人运行性能要求，如果是则将运动仿真命令发送到 OpenGL 仿真模块，OpenGL 仿真模块根据运动仿真命令模拟仿真 SCARA 机器人的三维模型和运动特征，同时把运动仿真状态反馈到状态显示模块，实现运动仿真。

[0058] 图 2 是 OpenGL 仿真模块三维建模仿真流程图，OpenGL 具有良好的可移植性、强大的图形处理能力，并且采用双缓存技术，可以实现平滑的动画效果，适于机器人再现和运动仿真，其过程是：在 SolidWorks 中三维建模导入 3DSMax 中确立纹理坐标，再导入 Deep Exploration 中进行三维模型材质、纹理的二次处理，生成模型表面数据，然后在 Visual Studio 中进行场景渲染和运动仿真。

[0059] 2、进行远程控制

[0060] 在客户端，客户端主控模块生成远程控制命令，检测模块检测远程控制命令是否满足当前机器人运行性能要求，如果是则将远程控制命令发送到客户端通信模块；客户端通信模块对远程控制命令进行编码，然后以 TCP/IP 协议经 Internet 传输到服务器端，服务器端的服务器通信模块接收客户端的远程控制命令并解码，然后解释器模块将远程控制命

令解释为驱动程序,服务器主控模块根据驱动程序,通过机器人控制器驱动机器人运动,从而实现远程控制。

[0061] 图3是本实施例基于C/S模式的远程控制通信流程图,经检测模块检测需要进行远程实验时,客户端通信模块按一定的编码规则以TCP/IP协议将远程控制信号传到服务器,服务器接收到数据包后经解码、解释驱动机器人运动,同时将状态信息返回到客户端,在客户端实时显示并仿真,利用网络摄像头增加视觉反馈,观测机器人的运动情况。

[0062] 图4是解释器模块基于反射原理解释器模式流程图,在进入解释器模块之前先通过服务器通信模块对控制命令进行解码,针对解码后的控制命令按照编码规则进行分段,编程规则是:函数名+空格+参数,一次可执行一个或多个函数,按行分隔。将控制程序按行分段,每行按空格分段;使用基于反射原理GetMethod()方法,在机器人控制函数中寻找每一行第一个字符串对应的方法名。如果有对应的方法,则将每行其余的字符串转化为对应方法的参数所需参数类型;执行该方法,即实现机器人控制。如果在机器人控制函数中找不到对应的方法,则反馈信息,或者找到的参数类型不满足参数类型要求,也反馈信息,最后将相应信息通过服务器通信模块编码后返回到客户端。

[0063] 3、进行避障控制

[0064] 如图5所示,本实施例中的避障控制实质是要求机器人与障碍物保持一定的安全距离,因此需要计算最小安全距离。为了简化计算最小安全距离,需对机器人和障碍物的复杂模型进行简化,然后通过扫掠球法计算最小距离并判断有无潜在碰撞发生,然后利用速度向量场法规划机器人安全运动速度及轨迹,最后采用指数速度场进行最优速度规划,上述SCARA机器人避障在对复杂系统装配时有重要的应用。其中利用速度向量场法规划机器人安全运动速度及轨迹的具体内容详见发明内容部分,主要包括吸引速度向量场,排斥速度向量场和环绕速度向量场。

[0065] 结合图1,本实施例中避障控制的步骤如下:信息采集模块采集当前机器人的运动状态信息,然后经服务器通信模块反馈到客户端,客户端中的客户端通信模块接收并解码上述运动状态信息,将该信息发送到状态显示模块和检测模块;状态显示模块显示当前机器人的实际运动状态,检测模块根据上述运动状态信息检测是否会发生潜在的碰撞,如果会,则由客户端主控模块生成相应的避障控制命令,然后将该避障控制命令以远程控制命令的方式按照步骤(2)进行传递,进行实时避障检测与控制。

[0066] 4、通过运动仿真进行远程实验

[0067] 机器人仿真对与远程控制的结合有着特殊的应用,网络延时是影响远程控制系统性能的一个重要因素,解决大延时的有效途径是利用三维图形实时仿真,本实施例,通过对机器人及周围环境进行实时仿真,对仿真图形进行操作,则会自动生成相应的远程控制命令,然后根据远程控制命令进行远程控制,实际机器人则跟随着仿真图像的动作而动作,从而实现了对机器人的远程控制,有效解决了大延时问题。对于小延时问题,信息采集模块实时地采集当前机器人的信息传递到状态显示模块,状态显示模块中的仿真图形可以跟随机器人的动作而动作,实时仿真机器人的运动状态及周围环境,对确保机器人运行安全及提升临场感有重要的意义。

[0068] 客户端主控模块生成运动仿真命令和远程控制命令均有两种方式,分别是面板生成方式和程序生成方式,其中面板生成方式是已编写好的运动模式,操作者可通过面板选

择运动模式,并改变相应参数。程序生成方式是用于操作者自由编程。客户端主控模块生成命令的方法包括基于雅克比矩阵的正运动学分析、逆运动学分析、奇异性分析,基于最小运动量的逆解选解,基于 Lagrange 法的动力学分析,基于三次多项式的关节坐标轨迹规划,基于脉冲增量法的笛卡尔空间轨迹规划。操作者可以根据机器人运动状态和性能进行自由选择。

[0069] 本实施例中状态显示模块包括用于显示机器人现场视频的视频监控界面,用于显示 OpenGL 仿真图像的 OpenGL 仿真界面,用于显示编码器位置与速度的区域,用于显示速度、加速度图像的区域,用于显示当前机器人运动状态的机器人状态指示器,机器人面板控制区,历史记录及信息反馈显示板,程序输入控制板。可选择运动仿真或远程控制,具有双重功能。

[0070] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

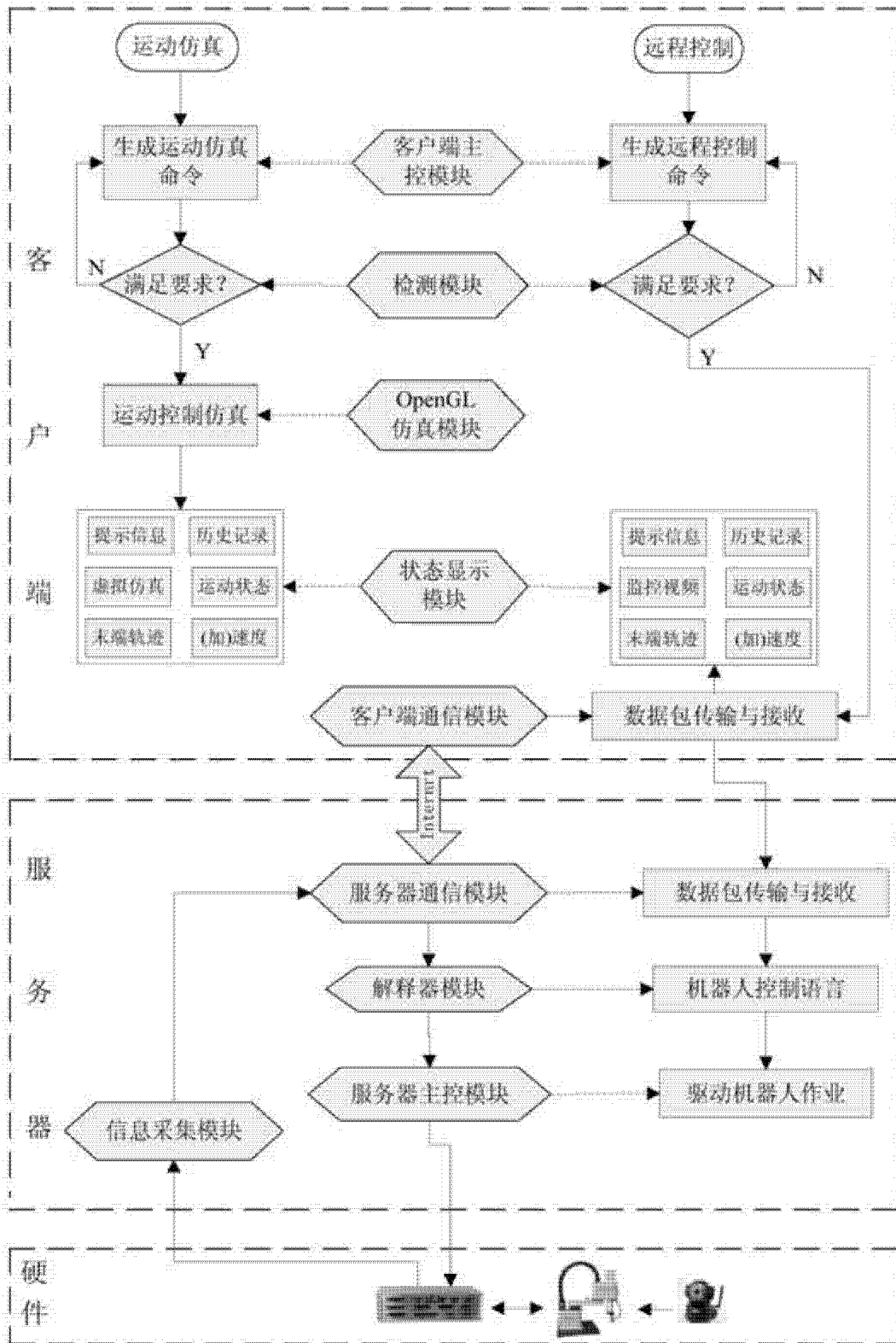


图 1

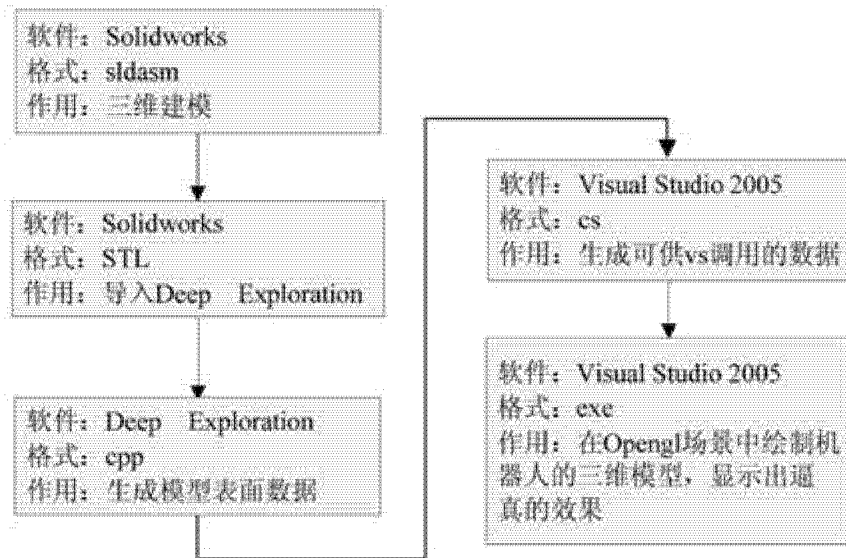


图 2

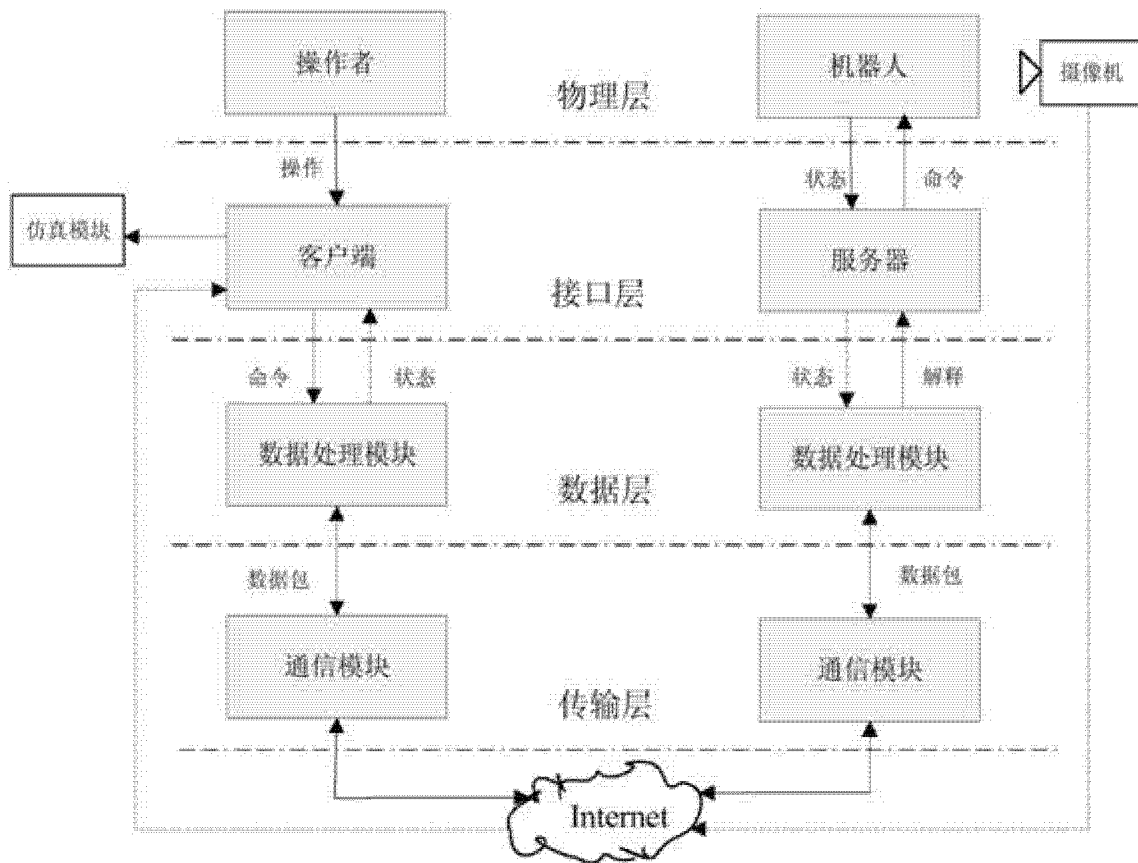


图 3

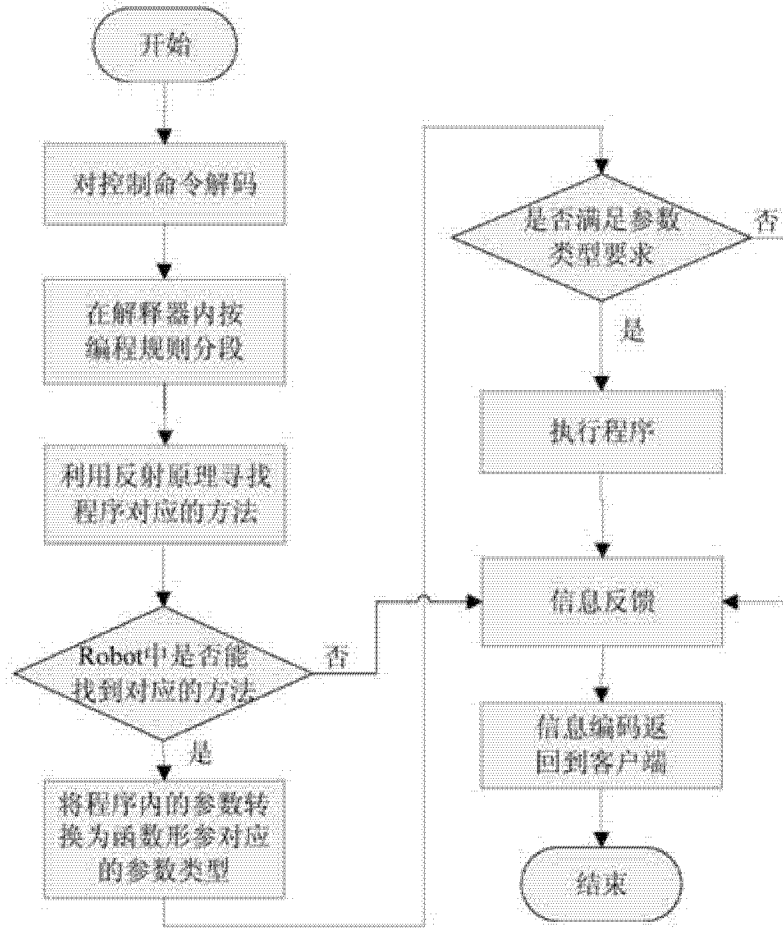


图 4

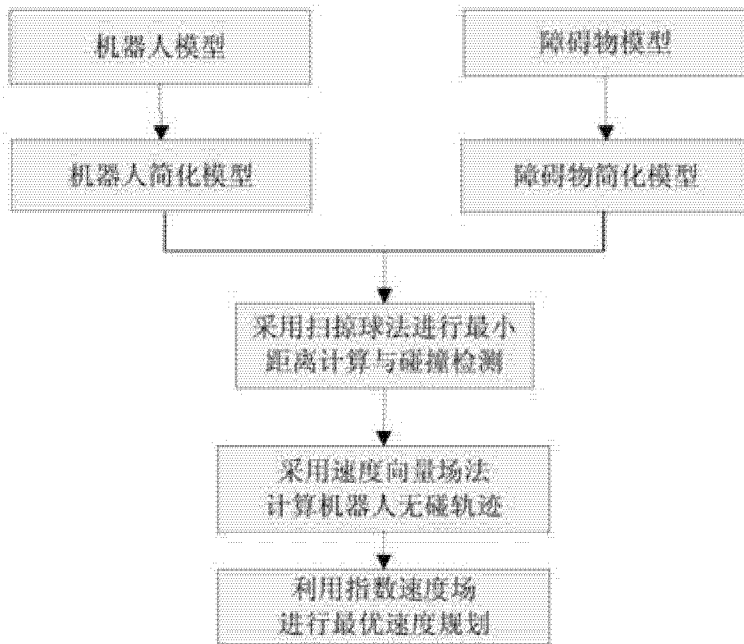


图 5