



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107943021 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201710978783.4

(22)申请日 2017.10.19

(71)申请人 布法罗机器人科技(成都)有限公司

地址 610213 四川省成都市天府新区天府大道南段2039号

(72)发明人 程洪 徐发树

(74)专利代理机构 成都信博专利代理有限责任公司 51200

代理人 刘凯

(51)Int.Cl.

G05D 1/02(2006.01)

B62D 57/032(2006.01)

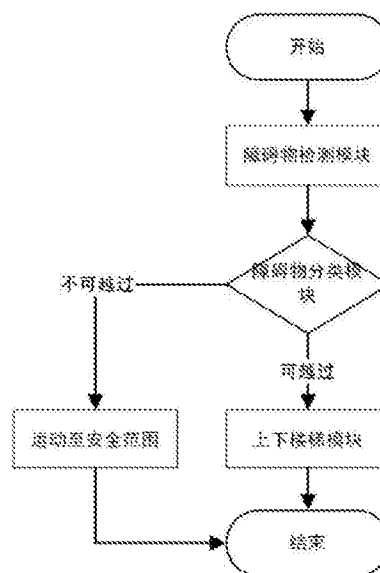
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种自适应上下楼梯控制系统和方法

(57)摘要

本发明公开了一种自适应上下楼梯控制系统和方法,根据关节和连杆长度、整体重量建立外骨骼或双足机器人模型;获取障碍物距离信息,通过障碍物检测模块检测前方是否有障碍物;若检测到前方的障碍物,则检测出障碍物的尺寸信息,并通过障碍物分类模块判断是否为可跨越的障碍物;若不是可跨越的障碍物,则通过安全性判断模块规划运动轨迹控制机器人运动到安全范围之内;若为可跨越的障碍物,则通过上下楼梯控制模块完成障碍物的跨越。本发明解决楼梯高度不固定环境的识别问题,提高机器人对外界环境的适应能力;实现机器人的步态拟人化,提高机器人整体的智能性,有较强的可移植性和稳定性。



1. 一种自适应上下楼梯控制系统,其特征在于,用于控制外骨骼或双足机器人上下不同尺寸楼梯,包括数据采集模块、障碍物检测模块、障碍物分类模块、上下楼梯控制模块和安全性判断模块;

数据采集模块包括设置在机器人躯干各处的传感器,用于获取机器人行走数据,障碍物尺寸及距离信息;

障碍物检测模块通过障碍物距离信息进行环境感知,并将获取的环境参数传递给上下楼梯控制模块;

障碍物分类模块判断前方障碍物是否是可跨越的障碍物;

上下楼梯控制模块根据环境参数,以预先建立的内部外骨骼或双足机器人模型及正常人上下楼梯原型轨迹数据为基础,通过机器学习算法规划类人化上下楼梯运动轨迹和步态,自适应完成对不同环境参数障碍物的跨越动作。

2. 根据权利要求1所述的自适应上下楼梯控制系统,其特征在于,还包括安全性判断模块,安全性判断模块判断整个运动过程中的安全性能,判断是否与环境中的障碍物发生碰撞以及整体是否有摔倒的趋势或者已经摔倒,进而进行相应的调整和处理。

3. 根据权利要求1所述的自适应上下楼梯控制系统,其特征在于,所述数据采集模块包括安装于机器人踝关节(1)的前向和纵向测距传感器,安装于机器人脚尖(2)的接触开关或测力传感器,安装于机器人鞋底(2)的压力传感器,安装于机器人膝关节(4)、踝关节(1)或髋关节(7)的力矩传感器和角度编码器;各个关节连杆以及上肢躯干上安装用于测量连杆角度、角速度、线速度、角加速度和线加速度的仪器。

4. 一种如权利要求1所述自适应上下楼梯控制系统的控制方法,其特征在于,包括:

步骤A:根据关节和连杆长度、整体重量建立外骨骼或双足机器人模型;

步骤B:获取障碍物距离信息,通过障碍物检测模块检测前方是否有障碍物;

步骤C:若检测到前方的障碍物,则检测出障碍物的尺寸信息,并通过障碍物分类模块判断是否为可跨越的障碍物;若不是可跨越的障碍物,则通过安全性判断模块规划运动轨迹控制机器人运动到安全范围之内;若为可跨越的障碍物,则进入下一步;

步骤D:通过上下楼梯控制模块完成障碍物的跨越。

5. 根据权利要求3所述的自适应上下楼梯控制方法,其特征在于,所述障碍物距离信息为通过前向和纵向测距传感器测的前向和纵向障碍物距离。

6. 根据权利要求3所述的自适应上下楼梯控制方法,其特征在于,所述步骤D的详细过程包括:采集并拟合得到的正常人上下楼梯或跨越障碍的运动轨迹,通过机器学习算法根据障碍物的尺寸信息,规划匹配外骨骼或双足机器人模型尺寸信息的类人步态轨迹,再通过设置在足部和腿部的相应的执行机构完成相应动作,实现上下楼梯或者跨越障碍物。

7. 根据权利要求3所述的自适应上下楼梯控制方法,其特征在于,在上下楼梯或跨越障碍物过程中:

对比正常人上下楼梯或跨越障碍物时的力矩范围和安全范围,判断机器人是否运行于该范围内;若是,则不作处理;若不是,则判断系统处于异常情况,控制其进入安全状态;

根据各个连杆及躯干部分的角度、角速度、角加速度、线速度、线加速度,以及机器人脚底压力,联合判断是否出现摔倒趋势或者已经摔倒;若出现摔倒趋势,则进行相应的调整并向用户进行报警提示;若已经摔倒,则切换到安全模式。

8. 根据权利要求7所述的自适应上下楼梯控制方法,其特征在于,所述进入安全状态包括立即停止在当前位置或/和回退到站立状态;所述安全模式包括维持当前状态或/和回退到平躺状态。

一种自适应上下楼梯控制系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人控制技术领域,具体为一种自适应上下楼梯控制系统和方法。

背景技术

[0002] 在机器人控制领域,特别是双足机器人控制领域,环境感知并完成自适应控制是机器人智能化的直接表现。正常环境主要包括平地、斜坡和楼梯等,若是能够自动识别环境并采取相应的运动控制策略,对于轮式、双足、多足及其他移动机器人来说,将为扩大其运动范围提供极大帮助。在医疗康复领域,帮助下肢偏瘫、瘫痪病人行走的外骨骼机器人虽然能够实现起立、坐下及迈步等操作,但是对于其他复杂环境的处理明显不够。目前已有的外骨骼(双足)机器人要不只能处理固定尺寸的楼梯,要不只能采用较生硬的步态完成上下楼梯。目前的外骨骼机器人只能使用生硬的步态处理固定尺寸的楼梯。由于各地楼梯的尺寸不一致,若使用固定步态,根本不足以帮助残疾人适应各种地形,严重限制其活动范围。

发明内容

[0003] 针对上述问题本发明的目的在于提供一种能够自动感知楼梯高度并规划仿人轨迹,实现上下不同尺寸楼梯的自适应上下楼梯控制系统和方法,技术方案如下:

一种自适应上下楼梯控制系统,用于控制外骨骼或双足机器人上下不同尺寸楼梯,包括数据采集模块、障碍物检测模块、障碍物分类模块、上下楼梯控制模块和安全性判断模块;

数据采集模块包括设置在机器人躯干各处的传感器,用于获取机器人行走数据,障碍物尺寸及距离信息;

障碍物检测模块通过障碍物距离信息进行环境感知,并将获取的环境参数传递给上下楼梯控制模块;

障碍物分类模块判断前方障碍物是否是可跨越的障碍物;

上下楼梯控制模块根据环境参数,以预先建立的内部外骨骼或双足机器人模型及正常人上下楼梯原型轨迹数据为基础,通过机器学习算法规划类人化上下楼梯运动轨迹和步态,自适应完成对不同环境参数障碍物的跨越动作。

[0004] 进一步的,还包括安全性判断模块,安全性判断模块判断整个运动过程中的安全性能,判断是否与环境中的障碍物发生碰撞以及整体是否有摔倒的趋势或者已经摔倒,进而进行相应的调整和处理。

[0005] 更进一步的,所述数据采集模块包括安装于机器人踝关节的前向和纵向测距传感器,安装于机器人脚尖的接触开关或测力传感器,安装于机器人鞋底的压力传感器,安装于机器人膝关节、踝关节或髌关节的力矩传感器和角度编码器;各个关节连杆以及上肢躯干上安装用于测量连杆角度、角速度、线速度、角加速度和线加速度的仪器。

[0006] 一种自适应上下楼梯控制方法,包括:

步骤A:根据关节和连杆长度、整体重量建立外骨骼或双足机器人模型;

步骤B:获取障碍物距离信息,通过障碍物检测模块检测前方是否有障碍物;

步骤C:若检测到前方的障碍物,则检测出障碍物的尺寸信息,并通过障碍物分类模块判断是否为可跨越的障碍物;若不是可跨越的障碍物,则规划运动轨迹控制机器人运动到安全范围之内;若为可跨越的障碍物,则进入下一步;

步骤D:通过上下楼梯控制模块完成障碍物的跨越。

[0007] 进一步的,所述障碍物距离信息为通过前向和纵向测距传感器测的前向和纵向障碍物距离。

[0008] 更进一步的,所述步骤D的详细过程包括:采集并拟合得到的正常人上下楼梯或跨越障碍的运动轨迹,通过机器学习算法根据障碍物的尺寸信息,规划匹配外骨骼或双足机器人模型尺寸信息的类人步态轨迹,再通过设置在足部和腿部的相应的执行机构完成相应动作,实现上下楼梯或者跨越障碍物。

[0009] 更进一步的,在上下楼梯或跨越障碍物过程中:

对比正常人上下楼梯或跨越障碍物时的力矩范围和安全标准范围,判断机器人是否运行于该范围内;若是,则不作处理;若不是,则判断系统处于异常情况,控制其进入安全状态;

根据各个连杆及躯干部分的角度、角速度、角加速度、线速度、线加速度,以及机器人脚底压力,联合判断是否出现摔倒趋势或者已经摔倒;若出现摔倒趋势,则进行相应的调整并向用户进行报警提示;若已经摔倒,则切换到安全模式。

[0010] 更进一步的,所述进入安全状态包括立即停止在当前位置或/和回退到站立状态;所述安全模式包括维持当前状态或/和回退到平躺状态。

[0011] 本发明的有益效果是:本发明解决楼梯高度不固定环境的识别问题,提高机器人对外界环境的适应能力;实现机器人的步态拟人化,提高机器整体的智能性;控制方法可以适用于安装各种类型传感器的外骨骼(双足)机器人,安装位置可以根据实际情况进行调整,有较强的可移植性和稳定性。

附图说明

[0012] 图1为机器人上楼梯时的流程示意图。

[0013] 图2为机器人下楼梯时的流程示意图。

[0014] 图3为本发明自适应上下楼梯控制系统结构框图。

[0015] 图4为本发明自适应上下楼梯控制方法的流程图。

[0016] 图中:1-踝关节;2-脚尖;3-鞋底;4-膝关节;5-大腿连杆;6-小腿连杆;7-髌关节;8-楼梯等障碍物。

具体实施方式

[0017] 下面根据具体实施例对本发明做进一步详细说明。采用距离传感器(距离传感器可以是红外、激光、摄像头等可以直接或者通过算法等间接获得距离障碍物距离的传感器,每条腿可以安装距离传感器的个数大于等于一个),安装位置可以是各个关节处或者鞋子、大小腿等任意位置,确定传感器安装位置后,根据关节间连杆长度和关节角度建立外骨骼(双足)机器人模型,以机器人正向运动学为依据,通过前向和纵向测距传感器测量数据计

算得到前方障碍物距离,尺寸信息。利用Motion Capture(动作捕获)等方式提前采集并拟合得到的正常人上下楼梯运动轨迹,使用DMP(Dynamic Movement Primitives动态运动原语)及各种类型的机器学习算法(监督、非监督、半监督、强化学习)等智能算法,根据检测得到的障碍物尺寸规划类人化上下楼梯运动轨迹(步态)。在上下楼梯过程中,根据力(矩)传感器或者通过电流计算力矩大小,判断是否有障碍物等异常情况发生;若发生异常情况,外骨骼(双足)机器人将进入安全保护模式,安全模式可以是退回到初始站立情况、保持当前位置不变或者其他根据外界不同状态来调整的安全位置。

[0018] 图1为外骨骼或双足机器人上楼梯的流程示意图。数据采集模块中各传感器的安装位置如下:踝关节1安装前向和纵向测距传感器,测距传感器包括但不限于红外测距传感器、激光传感器和摄像头;脚尖2位置安装接触开关或者测力传感器;在鞋底3里面安装压力传感器,传感器类型包括但不限于薄膜压力传感器、荷重传感器,测量维度可以大于等于一维;踝关节1、膝关节4或髌关节7,都可以在关节中加入力矩传感器、角度编码器等传感器,用于测量运动过程中的力矩信息,当然我们也需要测量运动过程中各个关节的电流信息,据此计算关节力矩信息等。并且,在各个关节连杆以及上肢躯干上将安装用于测量连杆角度、角(线)速度及角(线)加速度等参数的仪器,包括但不限于陀螺仪、IMU(Inertial Measurement Unit);大腿连杆5和小腿连杆6可以根据实际需求调整长度,从而适应不同的负载。

[0019] 本实施例的测距传感器安装固定在外骨骼(双足机器人)腿部,测距传感器主要用于测量前向和纵向障碍物距离。安装时最好将前向方向调整为水平向前方向,纵向方向为垂直地面向下方向(安装过程中的方向参考以外骨骼或者双足机器人竖直站立时为参考),当然,前向和纵向的安装方向也可以与水平方向有一定的角度偏差,记为 θ_f 和 θ_v ,需要将这两个角度偏差纳入最后整体的模型中计算以保证精度。若是传感器获得距离数据本身可以提取出对应的相对或绝对角度信息,那么这两个角度偏差也需要作为行走过程中获取到的距离信息与水平或者垂直方向的角度0度的参考值。

[0020] 图2为外骨骼或双足机器人下楼梯的流程示意图,下楼梯过程中的障碍物识别算法、仿人步态、运动控制模式、控制方法等与上楼梯过程基本一致,只是针对下楼梯过程稍微优化调整。

[0021] 图3中列出了本自适应上下楼梯控制方法的主要模块,除了上述数据采集模块,还包括障碍物检测模块、障碍物分类模块、上下楼梯控制模块(障碍物跨越模块)和安全性判断模块。

[0022] 障碍物检测模块主要通过障碍物距离信息进行环境感知,并将最后的环境参数传递给上下楼梯控制模块(障碍物跨越模块)。

[0023] 障碍物分类模块主要是判断前方障碍物是否是可越过的障碍物,若是不能越过,则运动至安全区域,若是可以越过的障碍物,则通过上下楼梯控制模块来完成跨越相应的障碍物。

[0024] 上下楼梯控制模块主要是根据环境参数,以内部外骨骼(双足)机器人模型和正常人上下楼梯原型轨迹数据为基础,通过各种学习或者非学习算法变换上下楼梯轨迹,自适应完成对不同环境参数障碍物(楼梯)的跨越等动作。

[0025] 安全性判断模块顾名思义主要用于判断整个运动过程中的安全性能,主要判断是

否与环境中障碍物发生碰撞以及整体是否有摔倒的趋势或者已经摔倒,根据实际正常人各个关节最大活动力矩范围,与内部外骨骼(双足)机器人模型参数匹配后计算得出该模型参数对应的最大安全活动力矩范围,若是实际过程中直接或间接得到的各关节力矩超过该范围,那么判断为异常出现,反之则为正常工作情况;摔倒(趋势)判断主要通过各个连杆包括躯干部分的角度、角速度、角加速度、线速度、线加速度等参数以及机器人脚底压力参数值等联合判断是否有摔倒的趋势或者已经摔倒,若出现摔倒趋势,机器人应该进行相应的调整并向用户进行报警提示,若已经摔倒的,机器人需要切换到安全模式下,包括但不限于维持当前状态,回退到平躺模式或者根据摔倒情况做出对应的调整。

[0026] 控制方法流程如图4所示,步骤如下:

步骤A:根据关节和连杆长度、整体重量建立外骨骼或双足机器人模型;

步骤B:获取障碍物距离信息,通过障碍物检测模块检测前方是否有障碍物;

步骤C:若检测到前方的障碍物,则检测出障碍物的尺寸信息,并通过障碍物分类模块判断是否为可跨越的障碍物;若不是可跨越的障碍物,则通过安全性判断模块规划运动轨迹控制机器人运动到安全范围之内;若为可跨越的障碍物,则进入下一步;

步骤D:通过上下楼梯控制模块完成障碍物的跨越。

[0027] 具体描述如下:首先根据关节和连杆长度、整体重量等参数建立控制方法中整体的人机模型,通过前向、纵向测距传感器可以通过障碍物检测算法实时检测前方是否有障碍物,若检测到障碍物,通过障碍物分类算法判断该障碍物是否为可越过障碍物。若不能越过,则规划运动轨迹控制机器人运动到安全范围之内。若能够越过,则需要以正常人运动轨迹为基础(通过Motion Capture等测量设备测量得到或者从其他参考书籍获得),根据障碍物计算方法得出的障碍物尺寸信息(包括但不限于长宽高等信息),使用DMP(Dynamic Movement Primitives)算法或者其他的算法(包括但不限于监督、非监督、半监督、强化学习等智能算法)规划匹配双足机器人模型尺寸信息的类人步态轨迹,最终通过外骨骼(双足)机器人相应的执行机构完成相应动作,达到上下楼梯或者跨越类似楼梯的障碍物。

[0028] 在上下楼梯或者跨越类似楼梯障碍物过程中,安全性判断模块会一直进行安全性判断,其中一个方面是安全性力矩判断,另一个是安全性摔倒判断。以内部的双足机器人模型为基础,根据关节传感数据(包括但不限于力矩传感器或者关节电流)直接或间接获取关节实时力矩信息,对比相应身体参数正常人标准力矩范围或者相关的安全标准范围,设计相应的力矩安全判断方法来判断系统工作状态是在正常范围还是在遇见障碍物等异常情况。若是正常情况,那么该力矩安全判断方法不发挥作用;若是出现障碍物或者人体姿势出现较大偏差等情况,那么判断系统处于异常情况,该力矩安全判断方法将会立即控制系统进入安全状态(包括但不限于立即停止在当前位置、回退到站立状态这些方法)。通过判断各个连杆包括躯干部分的角度、角速度、角加速度、线速度、线加速度等参数以及机器人脚底压力参数值等联合判断是否有摔倒的趋势或者已经摔倒,并根据是否摔倒(有摔倒趋势)进行不同的安全性操作。安全性摔倒判断和安全力矩判断方法始终贯穿于自适应上下楼梯控制算法整个过程。

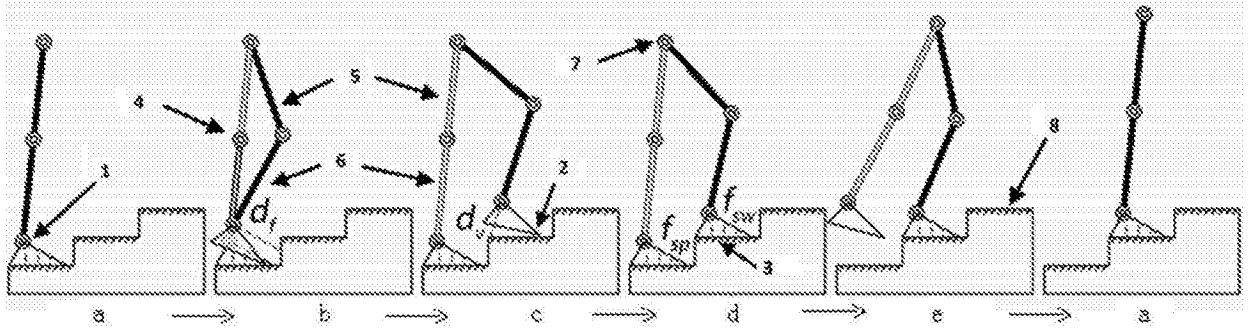


图1

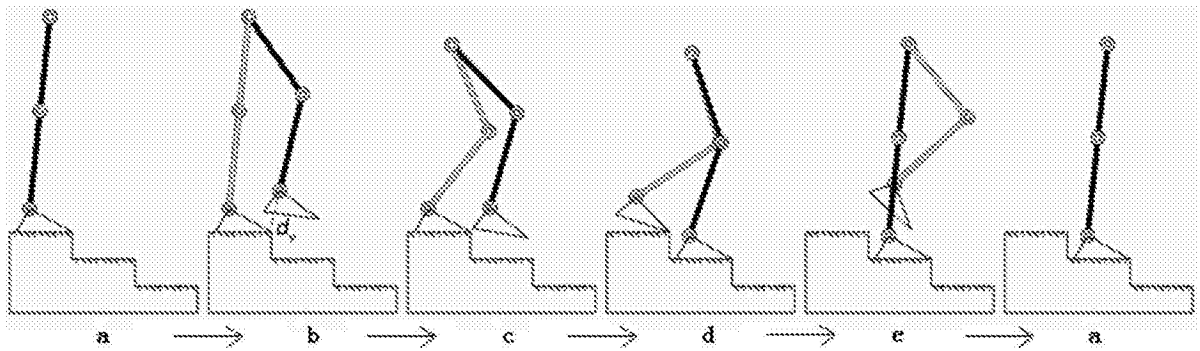


图2



图3

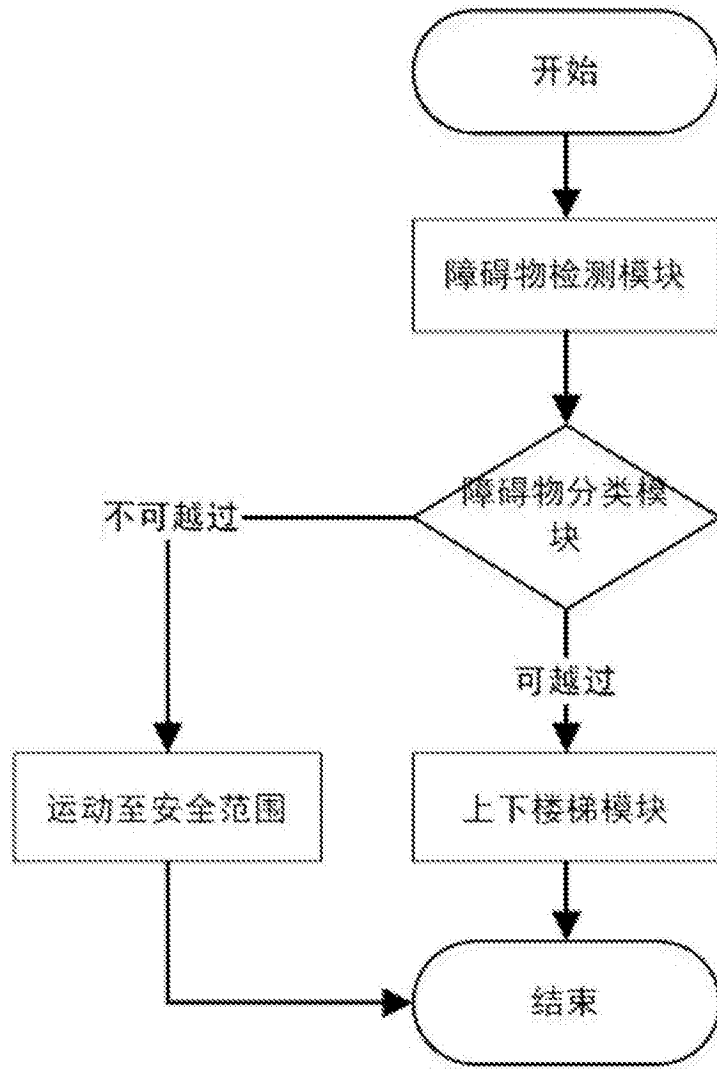


图4