

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局



(10) 国际公布号  
WO 2020/107279 A1

(43) 国际公布日  
2020年6月4日 (04.06.2020)

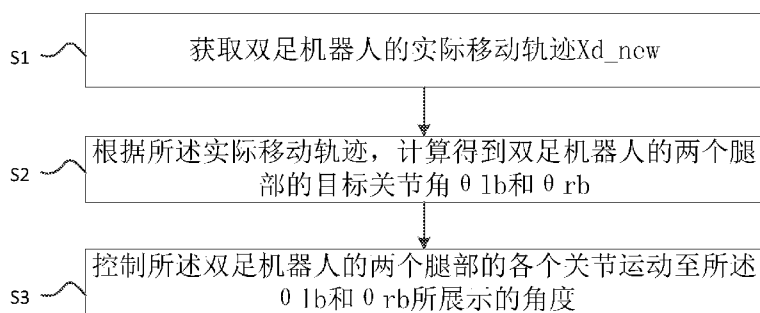
- (51) 国际专利分类号：  
**B25J9/16** (2006.01)
- (21) 国际申请号：  
PCT/CN2018/1 17987
- (22) 国际申请日：  
2018年11月28日 (28.11.2018)
- (25) 申请语言：  
中文
- (26) 公布语言：  
中文
- (71) 申请人：深圳市优必选科技有限公司 (UBTECH ROBOTICS CORP.) [CN/CN]；中国广东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1栋16、22楼，Guangdong 518000 (CN)。
- (72) 发明人：熊友军 (XIONG, Youjun)；中国广东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1栋16、22楼，Guangdong 518000 (CN)。陈春玉 (CHEN, Chunyu)；中国广东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1栋16、22楼，Guangdong 518000 (CN)。刘益彰 (LIU, Yizhang)；中国广东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1栋16、22楼，Guangdong 518000 (CN)。葛利刚 (GE, Ligang)；中国广东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1栋16、22楼，Guangdong 518000 (CN)。谢

铮 (XIE, Zheng)；中国广东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1栋16、22楼，Guangdong 518000 (CN)。庞建新 (PANG, Jianxin)；中国广东省深圳市南山区学苑大道1001号南山智园C1栋16、22楼，Guangdong 518000 (CN)。

- (74) 代理人：深圳市明日今典知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN MINGRIJINDIAN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY FIRM (GENERAL))；中国广东省深圳市南山区南头街道智恒新兴产业园E区01B栋405室，Guangdong 518000 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) Title : BIPED ROBOT AND MOVING METHOD THEREFOR, APPARATUS AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称：双足机器人及其移动方法、装置和存储介质



S1 Acquire the actual movement track  $X_{d\_new}$  of a biped robot  
 S2 On the basis of the actual movement track, calculate to obtain target joint angles  $\theta_{lb}$  and  $\theta_{rb}$  of the two legs of the biped robot  
 S3 Control each joint of the two legs of the biped robot to move to the angles represented by  $\theta_{lb}$  and  $\theta_{rb}$

图 1

(57) Abstract: A biped robot and a moving method therefor, an apparatus and a storage medium, wherein the method comprises: on the basis of the actual moving track of a biped robot, calculating the movement state of each motor of the legs, and controlling each motor to rotate to a corresponding movement state. The method may enable a biped robot to flexibly control the biped robot on the basis of received real-time exterior feedback.

(57) 摘要：一种双足机器人及其移动方法、装置和存储介质，其中方法包括：根据双足机器人的实际移动轨迹来计算腿部的各个电机的运动状态，并控制各电机转动到对应的运动状态。该方法可以使双足机器人根据接收到的实时的外界反馈实现对双足机器人的柔性控制。



WO 2020/107279 A1

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护) :ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布 :

- 包括国际检索报告 (条约第21条 (3)) 。

## 双足机器人及其移动方法、装置和存储介质

## 技术领域

本发明涉及到机器人技术领域，特别是涉及到一种双足机器人以其移动方法、装置和存储介质。

## 5 背景技术

双足机器人在运动过程中，与人或外界环境之间存在交互问题。当双足机器人在执行任务，行走过程中遇到障碍物时，机器人继续行走会撞到障碍物，这样的行走不是非常智能。目前有机器人会通过设置距离传感器来检测行走周围是否有障碍物来控制机器人的自主行走，但是由于距离传感器的检测距离的精准度低而且距离传感器的检测范围小，不能很准确的计算障碍物对机器人行走的实际影响。另外，在人机协作的环境中，如果人的行走突然碰撞到机器人，会将机器人撞倒，从而使机器人发生损坏，也对人的安全产生一定的影响。因此，有必要提出一种新的双足机器人的移动方法。

## 技术问题

15 本发明的主要目的为提供一种根据机器人的实际移动轨迹来控制双足机器人的移动方法。

## 技术方案

本发明提出一种双足机器人的移动方法，包括步骤：

获取双足机器人的实际移动轨迹  $X_{d-new}$ ；

20 根据所述实际移动轨迹，计算得到双足机器人的两个腿部的各个电机的目标角度  $\theta_{1b}$  和  $\theta_{rb}$ ，所述双足机器人的每个腿部均由多个电机依次串联形成；

控制所述双足机器人的两个腿部的各个电机运动至所述  $\theta_{1b}$  和  $\theta_{rb}$  所对应的角度。

进一步地，所述获取双足机器人的实际移动轨迹  $X_{d-new}$  的步骤，包括：

25 采集双足机器人的每一个足底的六维传感器的力数据，以及所述双足机器人的每一条腿部上的电机的角数据；

根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息；

根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息，计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹。

30 进一步地，所述根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息的步骤，包括：

分别根据每个足底的力数据部生成两个矩阵  $F_l$  和  $F_r$  , 分别根据每个腿部的角数据生成两个矩阵  $e_{la}$  和  $e_{ra}$  ;

根据所述矩阵  $\theta_{la}$  和  $\theta_{ra}$  , 分别计算两条腿部雅克比矩阵 , 得到矩阵  $h$  和  $j_r$  ;

根据公式  $F_b = J_l^T F_l + J_r^T F_r$  计算得到所述双足机器人的受力信息 , 所述  $F_b$  表示

5 所述双足机器人的受力信息。

进一步地 , 所述根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息 , 计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹的步骤 , 包括 :

根据所述受力信息以及所述双足机器人的本体质量计算所述双足机器人的加速度 ;

10 根据所述双足机器人的加速度以及双足机器人的移动速度 , 计算得到质心变化轨迹 ;

将所述质心变化轨迹加上所述双足机器人的规划运动轨迹 , 得到所述双足机器人的实际移动轨迹。

进一步地 , 所述根据所述实际移动轨迹 , 计算得到双足机器人的两个腿部的目标关节角  $\theta_{lb}$  和  $\theta_{rb}$  的步骤 , 包括 :

15 将所述实际移动轨迹输入到逆运动学中的本体质心位置 , 计算得到所述  $\theta_{lb}$  和  $\theta_{rb}$  。

进一步地 , 所述双足本体机器人的每一个腿部上各包括6个电机。

本申请还提出一种双足机器人的移动装置 , 包括 :

20 获取模块 , 用于获取双足机器人的实际移动轨迹  $X_{d-new}$  ;

计算模块 , 用于根据所述实际移动轨迹 , 计算得到双足机器人的两个腿部的各个电机的目标角度  $\theta_{lb}$  和  $\theta_{rb}$  , 所述双足机器人的每个腿部均由多个电机依次串联形成 ;

25 控制模块 , 用于控制所述双足机器人的两个腿部的各个电机运动至所述  $\theta_{lb}$  和  $\theta_{rb}$  所对应的角度。

本申请还提出一种双足机器人 , 包括存储器 and 处理器 , 所述存储器存储有计算机程序 , 所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任一项所述方法的步骤。

30 本申请还提供一种计算机存储介质 , 其上存储有计算机程序 , 所述计算机程序被处理器执行时实现上述任一项所述的方法的步骤。

有益效果

本申请的双足机器人及其移动方法、装置和存储介质，根据双足机器人的足底的受力情况以及腿部的关节角度，计算出双足机器人的运动轨迹与实际运动轨迹的差异，来对机器人的移动实现实时闭环控制。控制器采集的是双足机器人自身的受力情况，不需要采集外部的信号即可以准确的计算出双足机器人的受外力情况，从而可以迅速的根据双足机器人受到的外力改变移动轨迹，避免双足机器人撞到其他物体或人，实现双足机器人与外界安全交互。

#### 附图说明

图1为本申请一实施例的双足机器人的移动方法的流程示意图；

图2为本申请一实施例的双足机器人的移动方法中步骤S1的流程示意图；

图3为本申请一实施例的上述双足机器人的移动方法的步骤S13的流程示意图；

图4为本申请一实施例的双足机器人的移动装置的结构示意框图。

#### 本发明的最佳实施方式

应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

参照图1，本申请提出一种双足机器人的移动方法，包括如下步骤：

51、获取双足机器人的实际移动轨迹  $x_{d-new}$ ；

52、根据所述实际移动轨迹，计算得到双足机器人的两个腿部的各个电机的目标角度  $\theta_{1b}$  和  $\theta_{2b}$ ，所述双足机器人的每个腿部均由多个电机依次串联形成；

S3、控制所述双足机器人的两个腿部的各个电机运动至所述  $\theta_{1b}$  和  $\theta_{2b}$  所对应的角度。

如上述步骤 S1 所述，双足机器人接收到指令后，在移动过程中根据其重心的位置，会产生移动轨迹，根据执行的任务会有既定的规划运动轨迹  $x_d$ ，即机器人的移动路线是根据指令而设置的固定的移动轨迹。当机器人在移动过程中，受到外界的阻力时，比如突然有人走过来与双足机器人发生碰撞，导致双足机器人的移动轨迹会发生变化，产生新的移动轨迹，即实际移动轨迹，用  $x_{d-new}$  来表示。双足机器人的控制器获取到实际移动轨迹。

参照图2，本申请提出的获取双足机器人的实际移动轨迹  $x_{d-new}$  的步骤，包括：

S11、采集双足机器人的每一个足底的六维传感器的力数据，以及所述双足机器人的每一条腿部上的电机的角数据；

512、根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息；

513、根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息，计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹。

5 如上述步骤 S101 所述，双足机器人的两个脚底各安装有一个六维传感器，用于检测脚底的六维力，检测到两个脚底的六维力分别为  $F_l$  和  $F_r$ 。六维力分别表示在三维空间中受到的三个方向的压力和扭矩力，六维力  $F_i = [F_{ix} F_{iy} F_{iz} T_{lx} T_{ly} T_{lz}]^T$  和  $F_r = [F_{rx} F_{ry} F_{rz} T_{rx} T_{ry} T_{rz}]^T$ ，其中  $F_l$  表示左脚底的六维力， $F_r$  表示右脚底的六维力。双足机器人的腿部是由若干个电机串连形成，在一具体实施例中，每条腿上各有六个电机，控制器控制各电机转动到指定的角度来控制双足机器人行走。每个电机的转子均可以旋转 360 度，各个电机的转子处于不同的角度表示机器人的腿部处于不同的状态。控制器检测每条腿上的六个电机的角度，得到两个矩阵，分别是左腿上的六个电机的角度  $\theta_{la}$  和右腿上的六个电机角度  $\theta_{ra}$ 。两条腿六个电机的角度自上而下分别为  $\theta_{la} = [\theta_{l1} \theta_{l2} \theta_{l3} \theta_{l4} \theta_{l5} \theta_{l6}]^T$  和  $\theta_{ra} = [\theta_{r1} \theta_{r2} \theta_{r3} \theta_{r4} \theta_{r5} \theta_{r6}]^T$ 。

如上述步骤 S102 所述，控制器然后分别计算  $\theta_{la}$  和  $\theta_{ra}$  的雅克比矩阵，得到矩阵  $J_l$  和  $J_r$ 。再将  $F_l$ 、 $F_r$ 、 $J_l$ 、 $J_r$  输入到公式  $F_b = J_l^T F_l + J_r^T F_r$  中，计算得到  $F_b$ 。 $F_b$  表示双足机器人的本体受力信息。

如上述步骤 S103 所述，控制器根据双足机器人的本体受力信息，再根据双足机器人自身的质量  $M$  以及柔性控制设置的阻尼系数  $B$  以及刚度系数  $K$  等双足机器人自身的属性，即可以计算出双足机器人的实际移动轨迹。

参照图 3，在一个具体实施例中，根据双足机器人的受力信息  $F_b$  以及双足机器人的属性，计算双足机器人的实际移动轨迹的方法，包括如下步骤：

S113、根据所述受力信息以及所述双足机器人的本体质量计算所述双足机器人的加速度；

S123、根据所述双足机器人的加速度以及双足机器人的移动速度，计算得到质心变化轨迹；

S133、将所述质心变化轨迹加上所述双足机器人的规划运动轨迹，得到所述双足机器人的实际移动轨迹。

30 在本实施例中，计算得到受力信息  $F_b$  之后，根据牛顿第二定律，计算双足机器人的加速度，具体的计算公式为： $a(t) = F_b / M$ 。然后根据公式

$X(t) = V_0 t + \frac{1}{2} a(t) t^2$ ，计算得出双足机器人的质心变化轨迹  $X(t)$ ，最后将双足机器人的质心变化轨迹  $X(t)$  加上双足机器人自身的规划运动轨迹  $x_d$ ，即可得到双足机器人的实际运动轨迹。

在另一计算  $X(t)$  的实施例中，计算得到受力信息  $F_b$  之后，再从存储器中调用出机器人的属性信息，本体质量  $M$ 、阻尼系数  $B$ 、刚度系数  $K$ ，根据这四个数据，采用阻抗算法，根据公式

$$M\ddot{X} + B\dot{X} + KX = F_b$$

计算得到双足机器人的质心位置变化量  $X$ 。上述公式中， $X$  是指双足机器人的质心位置变化量， $s$  是拉普拉斯算子。

根据如下公式：

$$X = \frac{F_b}{Ms^2 + Bs + K}$$

将频域内的质心轨迹的变化转化到时域的中计算，利用拉普拉斯反变换得到时域内的质心变化轨迹  $X(t)$ 。

如上述步骤  $s_2$  所述，控制器得到双足机器人的实际运动轨迹后，输入到逆运动学中的本体质心位置，得到双足机器人的两条腿部的各个电机的目标角度，分别是左腿的六个电机角度  $o_{1b}$  和右腿的六个电机角度  $o_{rb}$ 。具体计算公式如下：

$$[o_{1b}, o_{rb}]^T = IK(X_{d\_new})。$$

如上述步骤  $s_3$  所述，控制器根据两个电机角度  $o_{1b}$  和  $o_{rb}$  所对应的角度，同时控制腿部的各电机运动到对应的目标角度，以完成双足机器人的移动。

本申请的双足机器人的移动方法，根据双足机器人的足底的受力情况以及腿部的关节角度，计算出双足机器人的运动轨迹与实际运动轨迹的差异，来对机器人的移动实现实时闭环控制。控制器采集的是双足机器人自身的受力情况，不需要采集外部的信号即可以准确的计算出双足机器人的受外力的情况，从而可以迅速的根据双足机器人受到的外力改变移动轨迹，避免双足机器人撞到其他物体或人，实现双足机器人与外界安全交互。

本申请还提出一种双足机器人的移动装置，包括：

获取模块 1，用于获取双足机器人的实际移动轨迹  $x_{d\_new}$ ；

计算模块 2，用于根据所述实际移动轨迹，计算得到双足机器人的两个腿部的各个电机的目标角度  $o_{1b}$  和  $o_{rb}$ ，所述双足机器人的每个腿部均由多个电机依次串联形成；

控制模块3, 用于控制所述双足机器人的两个腿部的各个电机运动至所述  $0_{ib}$  和  $\theta_{rb}$  所对应的角度。

本实施例中, 双足机器人接收到指令后, 在移动过程中根据其重心的位置, 会产生移动轨迹, 根据执行的任务会有既定的规划运动轨迹  $x_d$ , 即机器人的移动路线是根据指令而设置的固定的移动轨迹。当机器人在移动过程中, 受到外界的阻力时, 比如突然有人走过来与双足机器人发生碰撞, 导致双足机器人的移动轨迹会发生变化, 产生新的移动轨迹, 即实际移动轨迹, 用  $x_{d\_new}$  来表示。双足机器人的控制器获取到实际移动轨迹。

控制器得到双足机器人的实际运动轨迹后, 输入到逆运动学中的本体质心位置, 得到双足机器人的两条腿部的各个电机的目标角度, 分别是左腿的六个电机角度  $0_{ib}$  和右腿的六个电机角度  $0_{rb}$ 。具体计算公式如下:

$$[0_{ib}, 0_{rb}]^T = IK(x_{d\_new})。$$

控制器根据两个电机角度  $e_{ib}$  和  $e_{rb}$  所对应的角度, 同时控制腿部的各电机运动到对应的目标角度, 以完成双足机器人的移动。

本申请的双足机器人的移动装置, 根据双足机器人的足底的受力情况以及腿部的关节角度, 计算出双足机器人的运动轨迹与实际运动轨迹的差异, 来对机器人的移动实现实时闭环控制。控制器采集的是双足机器人自身的受力情况, 不需要采集外部的信号即可以准确的计算出双足机器人的受外力的情况, 从而可以迅速的根据双足机器人受到的外力改变移动轨迹, 避免双足机器人撞到其他物体或人, 实现双足机器人与外界安全交互。

本申请还提出一种双足机器人, 该双足机器人包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口和数据库。其中, 该双足机器人设计的处理器用于提供计算和控制能力。该双足机器人的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统、计算机程序和数据库。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该计算机设备的数据库用于存储双足机器人的电机角度等数据。该双足机器人的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该双足机器人被处理器执行时以实现一种双足机器人的移动方法。

上述处理器执行上述双足机器人的移动方法的步骤: 获取双足机器人的实际移动轨迹  $x_{d\_new}$ ; 根据所述实际移动轨迹, 计算得到双足机器人的两个腿部的各个电机的目标角度  $0_{ib}$  和  $0_{rb}$ , 所述双足机器人的每个腿部均由多个电机依



次串联形成；控制所述双足机器人的两个腿部的各个电机运动至所述  $0_{lb}$  和  $\theta_{rb}$  所对应的角度。

5 在一个实施例中，上述处理器执行获取双足机器人的实际移动轨迹  $x_{d-new}$  的步骤，包括：采集双足机器人的每一个足底的六维传感器的力数据，以及所述双足机器人的每一条腿部上的电机的角数据；根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息；根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息，计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹。

10 在一个实施例中，上述处理器执行根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息的步骤，包括：分别根据每个足底的力数据部生成两个矩阵  $\theta_{la}$  和  $\theta_{ra}$ ，分别根据每个腿部的角数据生成两个矩阵  $0_{13}$  和  $0_{ra}$ ；根据所述矩阵  $\theta_{la}$  和  $\theta_{ra}$ ，分别计算两条腿部雅克比矩阵，得到矩阵  $h$  和  $J_r$ ；根据公式  $F_b = J_l^T F_l + J_r^T F_r$  计算得到所述双足机器人的受力信息，所述  $F_b$  表示所述双足机器人的受力信息。

15 在一个实施例中，上述处理器执行根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息，计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹的步骤，包括：根据所述受力信息以及所述双足机器人的本体质量、阻尼系数以及刚度系数计算出所述双足机器人的质心位置变化量；将所述质心位置变化量经过拉普拉斯变换计算得到质心变化轨迹；将所述质心变化轨迹加上所述双足机器人的规划运动轨迹，得到所述双足机器人的实际移动轨迹。

20 在一个实施例中，上述处理器执行根据所述实际移动轨迹，计算得到双足机器人的两个腿部的目标关节角  $0_{lb}$  和  $0_{rb}$  的步骤，包括：将所述实际移动轨迹输入到逆运动学中的本体质心位置，计算得到所述  $e_{lb}$  和  $0_{rb}$ 。

25 综上所述，本申请的双足机器人根据双足机器人的足底的受力情况以及腿部的关节角度，计算出双足机器人的运动轨迹与实际运动轨迹的差异，来对机器人的移动实现实时闭环控制。控制器采集的是双足机器人自身的受力情况，不需要采集外部的信号即可以准确的计算出双足机器人的受外力的情况，从而可以迅速的根据双足机器人受到的外力改变移动轨迹，避免双足机器人撞到其他物体或人，实现双足机器人与外界安全交互。

30 本申请一实施例还提供一种计算机存储介质，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现一种基于数据分析选择供应商的方法，具体为：获取双足机器人的实际移动轨迹  $x_{d-new}$ ；根据所述实际移动轨迹，计算得到双

足机器人的两个腿部的各个电机的目标角度  $\theta_{1b}$  和  $\theta_{2b}$ ，所述双足机器人的每个腿部均由多个电机依次串联形成；控制所述双足机器人的两个腿部的各个电机运动至所述  $\theta_{1b}$  和  $\theta_{2b}$  所对应的角度。

5 在一个实施例中，上述处理器执行获取双足机器人的实际移动轨迹  $x_{d-new}$  的步骤，包括：采集双足机器人的每一个足底的六维传感器的力数据，以及所述双足机器人的每一条腿部上的电机的角数据；根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息；根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息，计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹。

10 在一个实施例中，上述处理器执行根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息的步骤，包括：分别根据每个足底的力数据部生成两个矩阵  $H_L$  和  $H_R$ ，分别根据每个腿部的角数据生成两个矩阵  $\theta_{1a}$  和  $\theta_{2a}$ ；根据所述矩阵  $\theta_{1a}$  和  $\theta_{2a}$ ，分别计算两条腿部雅克比矩阵，得到矩阵  $J_L$  和  $J_R$ ；根据公式  $F_b = J_L^T F_L + J_R^T F_R$  计算得到所述双足机器人的受力信息，所述  $F_b$  表示所述双足机器人的受力信息。

15 在一个实施例中，上述处理器执行根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息，计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹的步骤，包括：根据所述受力信息以及所述双足机器人的本体质量、阻尼系数以及刚度系数计算出所述双足机器人的质心位置变化量；将所述质心位置变化量经过拉普拉斯变换计算得到质心变化轨迹；将所述质心变化轨迹加上所述双足机器人的规划运动轨迹，  
20 得到所述双足机器人的实际移动轨迹。

25 在一个实施例中，上述处理器执行根据所述实际移动轨迹，计算得到双足机器人的两个腿部的目标关节角  $\theta_{1b}$  和  $\theta_{2b}$  的步骤，包括：将所述实际移动轨迹输入到逆运动学中的本体质心位置，计算得到所述  $\theta_{1b}$  和  $\theta_{2b}$ 。综上所述，本申请的计算机存储介质根据双足机器人的足底的受力情况以及腿部的关节角度，  
30 计算出双足机器人的运动轨迹与实际运动轨迹的差异，来对机器人的移动实现实时闭环控制。控制器采集的是双足机器人自身的受力情况，不需要采集外部的信号即可以准确的计算出双足机器人的受外力的情况，从而可以迅速的根据双足机器人受到的外力改变移动轨迹，避免双足机器人撞到其他物体或人，实现双足机器人与外界安全交互。

以上所述仅为本发明的优选实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运

用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

## 权利要求书

1、一种双足机器人的移动方法，其特征在于，包括步骤：

获取双足机器人的实际移动轨迹  $X_{d-new}$ ；

5 根据所述实际移动轨迹，计算得到双足机器人的两个腿部的各个电机的目标角度  $\theta_{lt}$  和  $\theta_{rb}$ ，所述双足机器人的每个腿部均由多个电机依次串联形成；控制所述双足机器人的两个腿部的各个电机运动至所述  $\theta_{lt}$  和  $\theta_{rb}$  所对应的角度。

2、如权利要求 1 所述的双足机器人的移动方法，其特征在于，所述获取双足机器人的实际移动轨迹  $X_{d-new}$  的步骤，包括：

10 采集双足机器人的每一个足底的六维传感器的力数据，以及所述双足机器人的每一条腿部上的电机的角数据；

根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息；

15 根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息，计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹。

3、如权利要求 2 所述的双足机器人和移动方法，其特征在于，所述根据所述力数据以及所述角数据，计算得到所述双足机器人的受力信息的步骤，包括：

20 分别根据每个足底的力数据生成两个矩阵  $F_l$  和  $F_r$ ，分别根据每个腿部的角数据生成两个矩阵  $e_{la}$  和  $e_{ra}$ ；

根据所述矩阵  $e_{la}$  和  $e_{ra}$ ，分别计算两条腿部雅克比矩阵，得到矩阵  $J_l$  和  $J_r$ ；

25 根据公式  $F_b = J_l^T F_l + J_r^T F_r$  计算得到所述双足机器人的受力信息，所述  $F_b$  表示所述双足机器人的受力信息。

4、如权利要求 2 所述的双足机器人的移动方法，其特征在于，所述根据所述受力信息以及双足机器人的属性信息，计算得出所述双足机器人的实际移动轨迹的步骤，包括：

30 根据所述受力信息以及所述双足机器人的本体质量计算所述双足机器人的加速度；

根据所述双足机器人的加速度以及双足机器人的移动速度，计算得到质心变化轨迹；

35 将所述质心变化轨迹加上所述双足机器人的规划运动轨迹，得到所述双足机器人的实际移动轨迹。

5、如权利要求 1 所述的双足机器人的移动方法，其特征在于，所述根据所述实际移动轨迹，计算得到双足机器人的两个腿部的目标关节角  $\theta_{lb}$  和  $\theta_{rb}$  的步骤，包括：

5 将所述实际移动轨迹输入到逆运动学中的本体质心位置，计算得到所述  $\theta_{lb}$  和  $\theta_{rb}$ 。

6、如权利要求 1 所述的双足机器人的移动方法，其特征在于，所述双足本体机器人的每一个腿部上各包括 6 个电机。

10

7、一种双足机器人的移动装置，其特征在于，包括：

获取模块，用于获取双足机器人的实际移动轨迹  $X_{d-new}$ ；

15 计算模块，用于根据所述实际移动轨迹，计算得到双足机器人的两个腿部的各个电机的目标角度  $\theta_{lb}$  和  $\theta_{rb}$ ，所述双足机器人的每个腿部均由多个电机依次串联形成；

控制模块，用于控制所述双足机器人的两个腿部的各个电机运动至所述  $\theta_{lb}$  和  $\theta_{rb}$  所对应的角度。

8、一种双足机器人，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 1 所述方法的步骤。

20

9、如权利要求 8 所述的双足机器人，其特征在于，所述双足机器人的双腿各包括 6 个电机。

25

10、一种计算机存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 所述的方法的步骤。

30

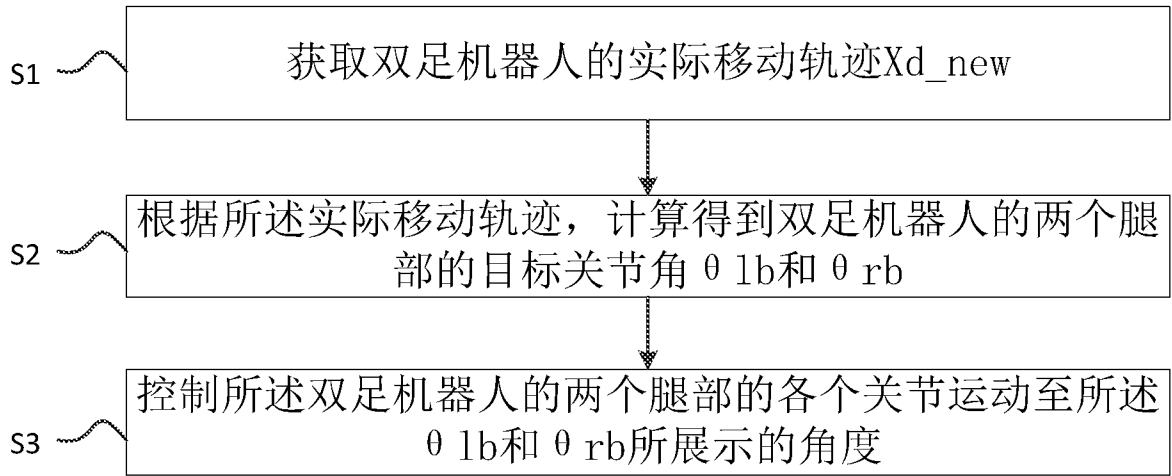


图 1

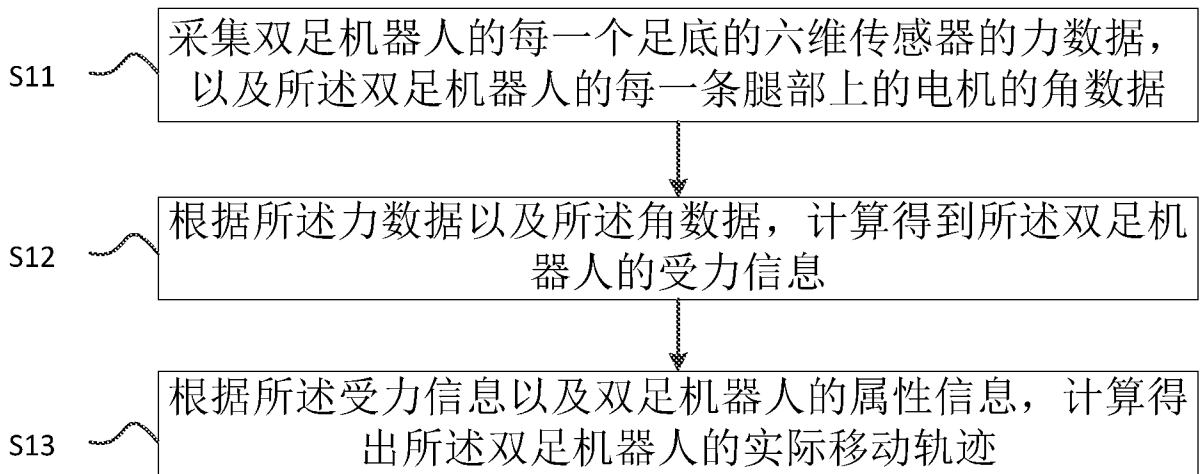


图 2

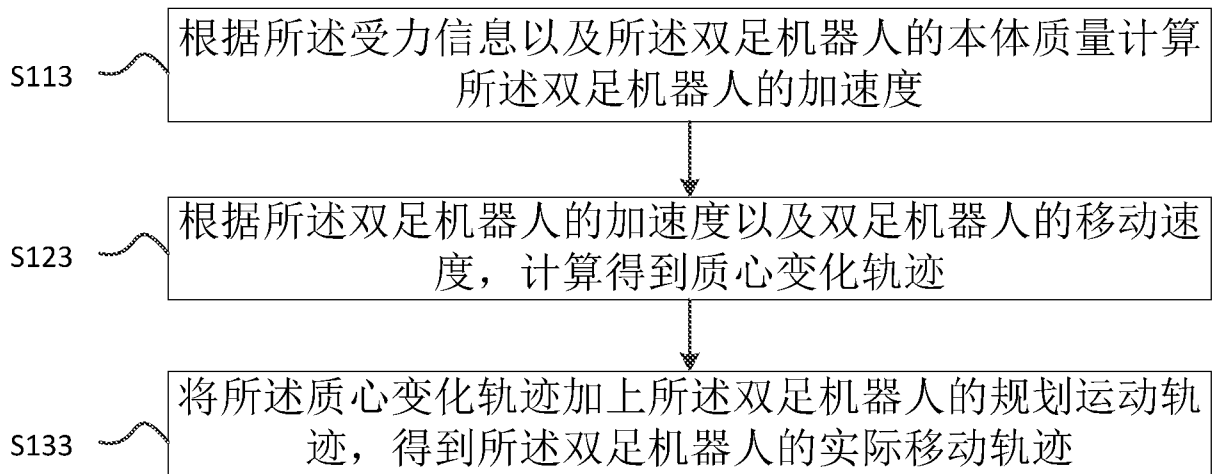


图 3

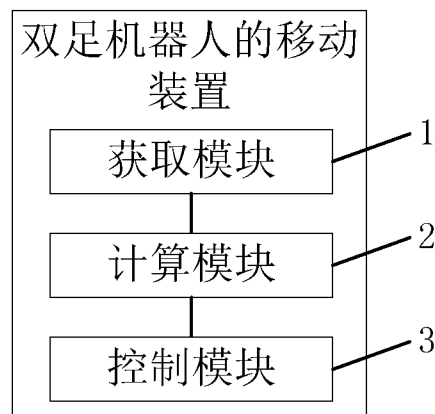


图 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/117987

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
B25J 9/16(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
B25J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 双足 双脚 机器人 轨迹 关节 角度 加速度 力 传感器 雅克比 矩阵 质心 电机 foot, robot, leg, trace, path, joint, angle, acceleration, force, sensor, jacobian, matrix, centroid, motor		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 108858208 A (LUDONG UNIVERSITY) 23 November 2018 (2018-11-23) description, paragraphs 72-81 and 102-116	1, 5-10
A	CN 108897220 A (SHANGHAI SILICON INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 27 November 2018 (2018-11-27) entire document	1-10
A	CN 103149933 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 12 June 2013 (2013-06-12) entire document	1-10
A	CN 104108433 A (NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY) 22 October 2014 (2014-10-22) entire document	1-10
A	CN 103895016 A (HYUNDAI MOTOR COMPANY) 02 July 2014 (2014-07-02) entire document	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
15 August 2019		27 August 2019
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/CN2018/117987</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108858208	A	23 November 2018	None			
CN	108897220	A	27 November 2018	None			
CN	103149933	A	12 June 2013	None			
CN	104108433	A	22 October 2014	None			
CN	103895016	A	02 July 2014	US	2014188279	A1	03 July 2014
				DE	102013111210	A1	03 July 2014
				KR	20140085700	A	08 July 2014
				JP	2014128868	A	10 July 2014

A. 主题的分类

B25J 9/16 (2006.01)i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

B25J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 双足, 双脚, 机器人, 轨迹, 关节, 角度, 加速度, 力, 传感器, 雅克比, 矩阵, 质心, 电机, foot, robot, leg, trace, path, joint, angle, acceleration, force, sensor, jacobian, matrix, centroid, motor

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 108858208 A (鲁东大学) 2018年 11月 23日 (2018 - 11 - 23) 说明书第72-81、102-116段	1, 5-10
A	CN 108897220 A (上海硅族智能科技有限公司) 2018年 11月 27日 (2018 - 11 - 27) 全文	1-10
A	CN 103149933 A (南京邮电大学) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 全文	1-10
A	CN 104108433 A (中国人民解放军国防科学技术大学) 2014年 10月 22日 (2014 - 10 - 22) 全文	1-10
A	CN 103895016 A (现代自动车株式会社) 2014年 7月 2日 (2014 - 07 - 02) 全文	1-10

其余文件在 C 栏的续页中列出。

见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"y" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了解发明之理论或原理的在后文件

">x" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 8月 15日

国际检索报告邮寄日期

2019年 8月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)  
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

杨春雨

电话号码 86-(10)-53961437

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/117987

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108858208	A	2018年 11月 23日	无			
CN	108897220	A	2018年 11月 27日	无			
CN	103149933	A	2013年 6月 12日	无			
CN	104108433	A	2014年 10月 22日	无			
CN	103895016	A	2014年 7月 2日	US	2014188279	A1	2014年 7月 3日
				DE	102013111210	A1	2014年 7月 3日
				KR	20140085700	A	2014年 7月 8日
				JP	2014128868	A	2014年 7月 10日