

(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

(43) 国际公布日
2022 年 11 月 24 日 (24.11.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/242501 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 30/20 (2020.01) **G06F 119/14** (2020.01)
G06F 111/04 (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/091877

(22) 国际申请日: 2022 年 5 月 10 日 (10.05.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110537158.2 2021年5月18日 (18.05.2021) CN

(71) 申请人: 追觅创新科技(苏州)有限公司 (DREAME INNOVATION TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市吴中区越溪吴中大道 2288 号 16 幢 E3, Jiangsu 215104 (CN)。

(72) 发明人: 常新伟 (CHANG, Xinwei); 中国江苏省苏州市吴中区越溪吴中大道 2288 号 16 幢 E3, Jiangsu 215104 (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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(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,

(54) Title: GAIT CONTROL METHOD AND APPARATUS FOR INTELLIGENT ROBOT, STORAGE MEDIUM, AND ELECTRONIC APPARATUS

(54) 发明名称: 智能机器人的步态控制方法及装置、存储介质、电子装置

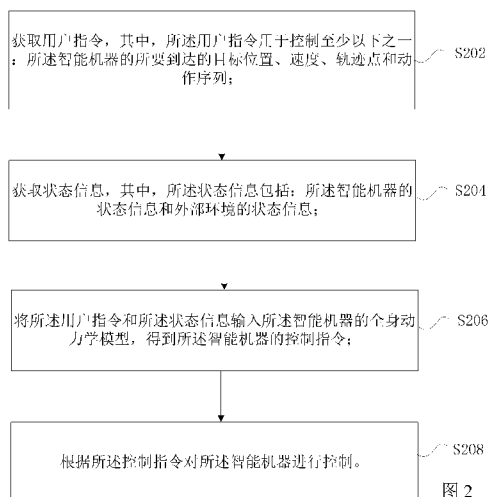


图 2

(57) Abstract: The present invention provides a gait control method and apparatus for an intelligent robot, a storage medium, and an electronic apparatus. The method comprises: acquiring a user instruction, wherein the user instruction is used for controlling at least one of the following: a target position to be reached by the intelligent robot, a speed, trajectory points, and an action sequence; acquiring state information, wherein the state information comprises: state information of the intelligent robot and state information of an external environment; inputting the user instruction and the state information into a whole-body dynamics model of the intelligent robot to obtain a control instruction for the intelligent robot; and controlling the intelligent robot according to the control instruction. Use of the described technical solution resolves the problem in the prior art that the motion sequence of the intelligent robot needs to be defined



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))。

in advance according to a specific motion scenario, and the motion sequence of the intelligent robot cannot be dynamically adjusted so that the intelligent robot adapts to various motion scenarios.

(57) 摘要： 本发明提供了一种智能机器人的步态控制方法及装置、存储介质、电子装置，上述方法包括：获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列；获取状态信息，其中，所述状态信息包括：所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息；将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令；根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。采用上述技术方案，解决现有技术中需要根据具体运动场景提前定义智能机器人的运动序列，不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动场景的问题。

智能机器人的步态控制方法及装置、存储介质、电子装置

本公开要求如下专利申请的优先权：于 2021 年 05 月 18 提交中国专利局、申请号为 202110537158.2、发明名称为“智能机器人的步态控制方法及装置、存储介质、电子装置”的中国专利申请；于 2021 年 05 月 18 提交中国专利局、申请号为 202111192823.5、发明名称为“智能机器人的步态控制方法及装置、存储介质、电子装置”的中国专利申请；上述专利申请的全部内容通过引用结合在本公开中。

技术领域

本发明涉及通信领域，具体而言，涉及一种智能机器人的步态控制方法及装置、存储介质、电子装置。

背景技术

随着智能机器人技术的快速发展，智能机器人现在已经被应用到了各行各业各个领域。现有技术通过将关节电机的关节力矩经过动力学模型转化为机器人质心的驱动力和驱动力矩来移动智能机器人。目前，智能机器人步态控制方法中，大多根据具体运动场景对智能机器人的运动序列做出硬性假设，这些方法只适用于智能机器人特定运动情况和特定环境，难以满足智能机器人实际使用中多样化的用户需求和适应真实运动场景。

现有技术存在需要根据具体运动情况提前定义智能机器人的运动序列，不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动情况的问题。

因此，有必要对现有技术予以改良以克服现有技术中的所述缺陷。

发明内容

本发明的目的在于提供一种智能机器人的步态控制方法及装置、存储介质、电子装置，以至少解决现有技术中需要根据具体运动情况提前定义智能机器人的运动序列，不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动情况的问题。

本发明的目的是通过以下技术方案实现：

根据本发明的一个可选实施例，提供了一种智能机器人的步态控制方法，包括：获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列；获取状态信息，其中，所述状态信息包括：所述智能机器人

的状态信息和外部环境的状态信息；将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令；根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

可选的，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，所述方法还包括：获取对所述智能机器人控制之后的控制结果信息；将所述控制结果信息添加到给所述状态信息的集合中。

可选的，所述智能机器人的状态信息包括至少以下之一：所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩，以及所述智能机器人的位置姿势信息；所述外部环境的状态信息包括至少以下之一：所述外部环境的图像信息，以及所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息。

可选的，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，包括：通过所述智能机器人的全身动力学模型，以所述用户指令的成功完成度为最优化目标，以所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长为变量，以所述状态信息为参数，以全身动力学模型和足端位置、脚底受力为约束方程，建模求解最优化参数；根据最优化目标和所述运动约束方程，得到所述智能机器人的控制指令。

可选的，所述运动约束方程，包括：

$$\text{等式约束 1: } M(q)ddq + H(q, dq) + G - J_c F_{ext} = \tau$$

$$\text{等式约束 2: } P_{foot}(t) = a$$

$$a = a1, t \in \{t|t0 < t < t1\}; a = a2, t \in \{t|t1 < t < t2\}$$

$$\text{不等式约束: } F_{ext}(t) > b$$

$$b = b1, t \in \{t|t0 < t < t1\}; b = b2, t \in \{t|t1 < t < t2\}$$

其中， q 代表所述智能机器人的关节的角度， dq 代表所述关节的角速度， ddq 代表所述关节的角加速度， G 为重力， F_{ext} 和 J_c 分别是所述智能机器人受到的外力和其对应的雅克比矩阵， M 是惯性矩阵， H 是向心力科氏力矩阵， $M(q)$ 是关于 q 的 M 函数， τ 为所述智能机器人的关节控制力矩， P_{foot} 代表所述智能机器人足端位置， $t0$ 、 $t1$ 、 $t2$ 分别为与用户指定的动作序列所对应的时刻点， a 和 b 是设置参数。

可选的，所述最优化目标为 $\min(X_c - X_t)^T R(X_c - X_t) + \tau^T Q \tau$ ，其中， X_c 和 X_t 分别为所述智能机器人的当前状态信息和目标状态信息， X_c 和 X_t 由所述智能机器人位置、速度、轨

迹点所组成， τ 为所述智能机器人的关节控制力矩， R 和 Q 分别为权重矩阵。

可选的，在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之前，所述方法还包括：通过所述智能机器人的单刚体模型，以所述用户指令的成功完成度为最优化目标，该最优化目标以所述状态信息为参数，以所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长为变量，以单刚体运动学模型和足端位置、脚底受力为约束方程，建模求解最优化参数；通过所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的最优解和所述智能机器人的全身动力学模型计算所述智能机器人的关节电机的第二位置、第二速度和第二力矩，以得到所述智能机器人的控制指令。

可选的，在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，所述方法还包括：检测所述用户指令是否发生变化：当检测到所述用户指令不变，循环执行以下步骤直到完成当前所述用户指令结束循环：获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制；当检测到所述用户指令发生变化，循环执行以下步骤直至完成当前所述用户指令结束循环：获取所述用户指令，获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

根据本发明的又一个可选实施例，提供了一种智能机器人的步态控制方法装置，包括：第一获取模块，用于获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列；第二获取模块，用于获取状态信息，其中，所述状态信息包括：所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息；接收模块，用于将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令；控制模块，用于根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

根据本发明的又一个可选实施例，提供了一种计算机可读的存储介质，所述存储介质中存储有计算机程序，其中，所述计算机程序被设置为运行时执行以上任一项中所述的智能机器人的步态控制方法。

根据本发明的又一个可选实施例，提供了一种电子装置，包括存储器和处理器，所述存储器中存储有计算机程序，所述处理器被设置为运行所述计算机程序以执行以上任一项中所述的智能机器人的步态控制方法。

与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：由于可以在获取用户指令和获取状态信息的情况下，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，进而根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制，从而使得智

能机器人适应各种运动场景。因此，解决了现有技术中需要根据具体运动场景提前定义智能机器人的运动序列，不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动场景的问题，因而能够提高计算速度，提高机器人的反应速度，进而提高交互效率。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本发明的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

图1是本发明实施例的一种智能机器人的步态控制方法的智能机器人的硬件结构框图；

图2是根据本发明实施例的一种智能机器人的步态控制方法的流程图；

图3是根据本发明实施例的一种智能机器人的步态控制方法的流程示意图（一）；

图4是根据本发明实施例的一种智能机器人的步态控制方法的流程示意图（二）；

图5为根据本发明实施例的一种智能机器人的步态控制装置的结构框图。

具体实施方式

下文中将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

需要说明的是，本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。

本发明实施例所提供的方法实施例可以在智能机器人或者类似的运算装置中执行。以运行在智能机器人上为例，图1是本发明实施例的一种智能机器人的步态控制方法的智能机器人的硬件结构框图。如图1所示，智能机器人可以包括一个或多个（图1中仅示出一个）处理器102（处理器102可以包括但不限于微处理器(Microprocessor Unit, 简称是MPU)或可编程逻辑器件(Programmable logic device, 简称是PLD)等的处理装置和用于存储数据的存储器104，可选地，上述智能机器人还可以包括用于通信功能的传输设备106以及输入输出设备108。本领域普通技术人员可以理解，图1所示的结构仅为示意，其并不对上述智能机器人的结构造成限定。例如，智能机器人还可包括比图1中所示更多或者更少的组件，或者具有与图1所示等同功能或比图1所示功能更多的不同的配置。

存储器104可用于存储计算机程序，例如，应用程序的软件程序以及模块，如本发明实施例中的智能机器人的步态控制方法对应的计算机程序，处理器102通过运行存储在存储器104内的计算机程序，从而执行各种功能应用以及数据处理，即实现上述的方法。存储器104可包括高速随机存储器，还可包括非易失性存储器，如一个或者多个磁性存储装置、闪存、或

者其他非易失性固态存储器。在一些实例中，存储器 104 可进一步包括相对于处理器 102 远程设置的存储器，这些远程存储器可以通过网络连接至智能机器人。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

传输设备 106 用于经由网络接收或者发送数据。上述的网络具体实例可包括智能机器人的通信供应商提供的无线网络。在一个实例中，传输设备 106 包括一个网络适配器（Network Interface Controller，简称为 NIC），其可通过基站与其他网络设备相连从而可与互联网进行通讯。在一个实例中，传输设备 106 可以为射频（Radio Frequency，简称为 RF）模块，其用于通过无线方式与互联网进行通讯。

在本实施例中提供了一种运行于上述智能机器人的步态控制方法，图 2 是根据本发明实施例的智能机器人的步态控制方法的流程图，如图 2 所示，该流程包括如下步骤：

步骤 S202，获取用户指令，其中，用户指令用于控制至少以下之一：智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列；

步骤 S204，获取状态信息，其中，状态信息包括：智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息；

步骤 S206，将用户指令和状态信息输入智能机器人的全身动力学模型，得到智能机器人的控制指令；

步骤 S208，根据控制指令对智能机器人进行控制。

通过上述技术方案，由于可以在获取用户指令和获取状态信息的情况下，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，进而根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制，从而使得智能机器人适应各种运动场景。因此，解决了现有技术中需要根据具体运动场景提前定义智能机器人的运动序列，不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动场景的问题。

需要说明的是，本发明实施例的智能机器人可以是双足智能机器人，三足智能机器人，还可以是四足智能机器人、六足智能机器人，本发明实施例对此不进行限定。

在执行步骤 S208 之后，也就是根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，所述方法还包括：获取对所述智能机器人控制之后的控制结果信息；将所述控制结果信息添加到给所述状态信息的集合中。

需要说明的是，在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，需要获取对所述智能机器人控制之后的控制结果信息，并将所述控制结果信息添加到所述状态信息的集合中，以更新所述状态信息。在更新所述状态信息之后，循环执行步骤 S202 至步骤 S208 的方法，直到完成当前所述用户指令结束循环。

在步骤 S204 中,所述智能机器人的状态信息包括至少以下之一:所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩,以及所述智能机器人的位置姿势信息;所述外部环境的状态信息包括至少以下之一:所述外部环境的图像信息,以及所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息。

需要说明的是,所述状态信息包括:所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息。所述智能机器人的状态信息包括但不限于:所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩,以及所述智能机器人的位置姿势信息,其中,所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩是由所述智能机器人的状态观测器测量得到的,所述智能机器人的位置姿势信息是惯性测量单元测量得到的。所述外部环境的状态信息包括:所述外部环境的图像信息,以及所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息,其中,所述外部环境的图像信息是由所述智能机器人的感知模块获取的,感知模块可以是相机,红外摄像模组等用于拍摄的设备,所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息,在实际操作中是所述智能机器人的路径规划模块生成的。

在步骤 S206 中,将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型,得到所述智能机器人的控制指令,包括:通过所述智能机器人的全身动力学模型,以所述用户指令的成功完成度为最优化目标,以所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长为变量,以所述状态信息为参数,以全身动力学模型和足端位置、脚底受力为约束方程,建模求解最优化问题,以得到最合适的参数作为模型和方程中的参数;根据最优化目标和所述运动约束方程,得到所述智能机器人的控制指令。

需要说明的是,将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型,构建最优化问题,以所述用户指令的成功完成度为最优化目标以所述用户指令的成功完成度的最高值为优化目标以所述用户指令的成功完成度为最优化目标,以所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长为变量,以所述状态信息为参数,以全身动力学模型和足端位置、脚底受力为约束方程,建模求解最优化参数。可以所述智能机器人的全身动力学模型根据上述构建的最优化问题,通过 QP 求解方法对所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长进行求解,得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解。所述智能机器人的全身动力学模型再通过所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解计算所述智能机器人的第三位置、第三速度和第三力矩,进而得到所述智能机器人的控制指令。其中,所述智能机器人的控制指令包括所述关节电机的第三位置、第三速度和第三力矩。需要说明的是,所述第三位置、第三速度和第三力矩是所述智能机器人的全身动力学模型计算出来的,所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度

和第一力矩是由所述智能机器人的状态观测器测量得到的。

上述得到所述智能机器人的控制指令的方法都是在所述全身动力学模型中计算的，其中，由于计算量太大，上述计算方法很难以简单的约束条件求解，然后代入最优化目标来确定解，本发明计算上述问题采用的是 QP 求解的方法。通过上述技术手段，解决了现有技术存在需要根据具体运动情况提前定义智能机器人的运动序列，不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动情况的问题。

步骤 S206 中，所述方法还包括：所述运动约束方程，包括：

$$\text{等式约束 1: } M(q)ddq + H(q, dq) + G - J_c F'_{ext} = \tau$$

$$\text{等式约束 2: } P_{foot}(t) = a$$

$$a = a1, t \in \{t|t0 < t < t1\}; a = a2, t \in \{t|t1 < t < t2\}$$

$$\text{不等式约束: } F_{ext}(t) > b$$

$$b = b1, t \in \{t|t0 < t < t1\}; b = b2, t \in \{t|t1 < t < t2\}$$

其中， q 代表所述智能机器人的关节的角度， dq 代表所述关节的角速度， ddq 代表所述关节的角加速度， G 为重力， F_{ext} 和 J_c 分别是所述智能机器人受到的外力和其对应的雅克比矩阵， M 是惯性矩阵， H 是向心力科氏力矩阵， $M(q)$ 是关于 q 的 M 函数， τ 为所述智能机器人的关节控制力矩， P_{foot} 代表所述智能机器人足端位置， $t0$ 、 $t1$ 、 $t2$ 分别为与用户指定的动作序列所对应的时刻点， a 和 b 是设置参数。

所述运动约束方程是对智能机器人的行进路线的限制。举例说明，智能机器人从 A 地到达 B 地，有很多条路径，所述运动约束方程就可以理解是使用者对智能机器人从 A 地到达 B 地，比如只能向西走等约束条件。其中，上述运动约束包括但不限于智能机器人脚底受力的摩擦锥约束、地形对智能机器人的机身位置姿势的限制。所述运动约束方程用到了雅克比矩阵，其中通过雅克比矩阵就可以把智能机器人受到的外力从笛卡尔空间转换到关节空间，进而，通过智能机器人的关节电机控制智能机器人行走。

步骤 S206 中，所述最优化目标为，其中，和分别为所述智能机器人的当前状态信息和目标状态信息，和由所述智能机器人位置、速度、轨迹点所组成，为所述智能机器人的关节控制力矩，和分别为权重矩阵。

所述智能机器人的当前状态信息和目标状态信息，是所述智能机器人在执行循环执行步骤 S202 至步骤 S208 中体现的，比如，所述智能机器人在执行循环执行步骤 S202 至步骤 S208 的方法中获取的状态信息是当前状态信息，目标状态信息是所述智能机器人的控制指令中所述关节电机的第四位置、第四速度和第四力矩对应的所述智能机器人的状态信息。所述最优

化目标是所述智能机器人的全身动力学模型根据所述运动约束方程求出的解的限制，比如，所述智能机器人的全身动力学模型根据所述运动约束方程求出了多个解，所述最优化目标可以是智能机器人从 A 地到达 B 地的多个路径中最短的路径，其中，本发明计算上述问题可以采用 QP 求解的方法。

需要说明的是，本实施例中第一、第二、第三、第四等名称仅为用于概念区分，例如第一位置和第二位置可能是同一个位置，也可能是不同位置，对应的不同速度和不同力矩也一样，不再赘述。

需要说明的是，上述记载的方法是完全通过所述全身动力学模型得到所述智能机器人的控制指令，是本发明所采用的第一种方法，本发明还提供了第二种方法：通过单刚体模型和全身动力学模型得到所述智能机器人的控制指令的方法：

首先通过所述智能机器人的单刚体模型，以所述用户指令的成功完成度为最优化目标，该最优化目标以所述状态信息为参数，该最优化目标以所述状态信息为参数，以所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长为变量，以单刚体运动学模型和足端位置、脚底受力为约束方程，建模求解最优化参数，得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解，然后将所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解输入所述智能机器人的全身动力学模型，计算所述智能机器人的关节电机的第二位置、第二速度和第二力矩，进而得到所述智能机器人的控制指令。

本实施例中，是先通过所述单刚体模型得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解，然后根据全身动力学模型，计算所述智能机器人的关节电机的第二位置、第二速度和第二力矩。而第一种方法中，是所述全身动力学模型先得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解，然后计算所述智能机器人的关节电机的第四位置、第四速度和第四力矩。

需要说明的是，通过所述全身动力学模型得到所述智能机器人的控制指令的方法，由于整个过程中只涉及所述全身动力学模型，所以可以直接看成所述全身动力学模型一次就得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解，所述关节电机的位置、速度和力矩。

在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，所述方法还包括：检测所述用户指令是否发生变化：当检测到所述用户指令不变，循环执行以下步骤直到完成当前所述用户指令结束循环：获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制；当检测到所述用户指令发生变化，循环执行以下步骤直至完成当前所述用户指令结束

循环：获取所述用户指令，获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

需要说明的是，在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，还需要检测所述用户指令是否发生变化。如果检测到所述用户指令不变，那么循环执行：获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。直到完成当前所述用户指令结束循环。如果检测到所述用户指令发生变化，循环执行：获取所述用户指令，获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。直至完成当前所述用户指令结束循环。

为了更好的理解上述技术方案，本发明还提供了一种可选实施例，用于解释说明上述技术方案。

图3是根据本发明实施例的一种智能机器人的步态控制方法的流程示意图（一）；如图3所示：

S302：获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列，其中，动作序列包括但不限于指定时间到达指定地点完成指定动作；

S304：通过状态观测器获取状态信息，其中，所述状态信息包括：所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息，所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩，以及所述智能机器人的位置姿势信息，所述外部环境的状态信息包括：所述外部环境的图像信息，以及所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息，其中通过路径规划模块生成的运动路径信息，通过感知模块获取所述外部环境的图像信息；

S306：通过所述全身动力学模型得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解，所述关节电机的第四位置、第四速度和第四力矩；

S308：通过所述关节电机的第四位置、第四速度和第四力矩对所述智能机器人的关节进行控制。

图4是根据本发明实施例的一种智能机器人的步态控制方法的流程示意图（二）；

S402：获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列，其中，动作序列包括但不限于指定时间到达指定地点完成指定动作；

S404: 通过状态观测器获取状态信息, 其中, 所述状态信息包括: 所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息, 所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩, 以及所述智能机器人的位置姿势信息, 所述外部环境的状态信息包括: 所述外部环境的图像信息, 以及所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息, 其中通过路径规划模块生成的运动路径信息, 通过感知模块获取所述外部环境的图像信息;

S406: 通过所述单刚体模型得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解;

S408: 通过所述全身动力学模型得到所述关节电机的第四位置、第四速度和第四力矩;

S410: 通过所述关节电机的第四位置、第四速度和第四力矩对所述智能机器人的关节进行控制。

通过上述技术方案, 由于可以在获取用户指令和获取状态信息的情况下, 将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型, 得到所述智能机器人的控制指令, 进而根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制, 从而使得智能机器人适应各种运动场景。因此, 解决了现有技术中需要根据具体运动场景提前定义智能机器人的运动序列, 不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动场景的问题。

通过以上的实施方式的描述, 本领域的技术人员可以清楚地了解到根据上述实施例的方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现, 当然也可以通过硬件, 但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解, 本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来, 该计算机软件产品存储在一个存储介质(如只读存储器(Read-Only Memory, 简称为ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory, 简称为RAM)、磁碟、光盘)中, 包括若干指令用以使得一台终端设备(可以是手机, 计算机, 服务器, 或者网络设备等)执行本申请各个实施例所述的方法。

在本实施例中还提供了一种智能机器人的步态控制装置, 该智能机器人的步态控制装置用于实现上述实施例及优选实施方式, 已经进行过说明的不再赘述。如以下所使用的, 术语“模块”可以实现预定功能的软件和/或硬件的组合。尽管以下实施例所描述的装置较佳地以软件来实现, 但是硬件, 或者软件和硬件的组合的实现也是可能并被构想的。

图5为根据本发明实施例的一种智能机器人的步态控制装置的结构框图, 如图5所示:

第一获取模块50, 用于获取用户指令, 其中, 用户指令用于控制至少以下之一: 智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列;

第二获取模块52, 用于获取状态信息, 其中, 状态信息包括: 智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息;

接收模块 54，用于将用户指令和状态信息输入智能机器人的全身动力学模型，得到智能机器人的控制指令；

控制模块 56，用于根据控制指令对智能机器人进行控制。

通过上述技术方案，由于可以在获取用户指令和获取状态信息的情况下，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，进而根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制，从而使得智能机器人适应各种运动场景。因此，解决了现有技术中需要根据具体运动场景提前定义智能机器人的运动序列，不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动场景的问题。

需要说明的是，本发明实施例的智能机器人可以是双足智能机器人，三足智能机器人，还可以是四足智能机器人、六足智能机器人，本发明实施例对此不进行限定。

可选的，控制模块 56 还用于获取对所述智能机器人控制之后的控制结果信息；将所述控制结果信息添加到给所述状态信息的集合中。

需要说明的是，在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，需要获取对所述智能机器人控制之后的控制结果信息，并将所述控制结果信息添加到给所述状态信息的集合中，以更新所述状态信息。在更新所述状态信息之后，循环执行步骤 S202 至 S208，直到完成当前所述用户指令结束循环。

可选的，第二获取模块 52 还用于所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩，以及所述智能机器人的位置姿势信息；所述外部环境的状态信息包括：所述外部环境的图像信息，以及所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息。

需要说明的是，所述状态信息包括：所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息。所述智能机器人的状态信息包括但不限于：所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩，以及所述智能机器人的位置姿势信息，其中，所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩是由所述智能机器人的状态观测器测量得到的，所述智能机器人的位置姿势信息是惯性测量单元测量得到的。所述外部环境的状态信息包括：所述外部环境的图像信息，以及所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息，其中，所述外部环境的图像信息是由所述智能机器人的感知模块获取的，感知模块可以是相机，红外摄像模组等用于拍摄的设备，所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息，在实际操作中是所述智能机器人的路径规划模块生成的。

可选的，接收模块 54 还用于通过所述智能机器人的全身动力学模型，以所述用户指令的成功完成度为最优化目标，以所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长为变量，以所述状态信息为参数，建立运动约束方程；根据最优化目标和所述运动约束方程，得

到所述智能机器人的控制指令。

需要说明的是，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，构建最优化问题，以所述用户指令的成功完成度为最优化目标，以所述状态信息为参数，所述智能机器人的全身动力学模型根据上述构建的最优化问题，对所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长进行求解，得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解。所述智能机器人的全身动力学模型再通过所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解计算所述智能机器人的第二位置、第二速度和第二力矩，进而得到所述智能机器人的控制指令。其中，所述智能机器人的控制指令包括所述关节电机的第四位置、第四速度和第四力矩。需要说明的是，所述第四位置、第四速度和第四力矩是所述智能机器人的全身动力学模型计算出来的，所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩是由所述智能机器人的状态观测器测量得到的。需要说明的是，上述得到所述智能机器人的控制指令的方法都是在所述全身动力学模型中计算的，其中，由于计算量太大，上述计算方法很难以简单的约束条件求解，然后代入最优化目标来确定解，本发明计算上述问题采用的是QP求解的方法。通过上述技术手段，解决了现有技术存在需要根据具体运动情况提前定义智能机器人的运动序列，不能动态调整智能机器人的运动序列使得智能机器人适应各种运动情况的问题。

可选的，接收模块54中所述运动约束方程，包括：

$$\text{等式约束 1: } M(q)ddq + H(q, dq) + G - J_c F_{ext}' = \tau$$

$$\text{等式约束 2: } P_{foot}(t) = a$$

$$a = a1, t \in \{t|t0 < t < t1\}; a = a2, t \in \{t|t1 < t < t2\}$$

$$\text{不等式约束: } F_{ext}(t) > b$$

$$b = b1, t \in \{t|t0 < t < t1\}; b = b2, t \in \{t|t1 < t < t2\}$$

其中， q 代表所述智能机器人的关节的角度， dq 代表所述关节的角速度， ddq 代表所述关节的角加速度， G 为重力， F_{ext} 和 J_c 分别是所述智能机器人受到的外力和其对应的雅克比矩阵， M 是惯性矩阵， H 是向心力科氏力矩阵， $M(q)$ 是关于 q 的 M 函数， τ 为所述智能机器人的关节控制力矩， P_{foot} 代表所述智能机器人足端位置， $t0$ 、 $t1$ 、 $t2$ 分别为与用户指定的动作序列所对应的时刻点， a 和 b 是设置参数。

需要说明的是，所述运动约束方程是对智能机器人的行进路线的限制。举例说明，智能机器人从A地到达B地，有很多条路径，所述运动约束方程就可以理解是使用者对智能机器人从A地到达B地，比如只能向西走等约束条件。其中，上述运动约束包括但不限于智能机器

人脚底受力的摩擦锥约束、地形对智能机器人的机身位置姿势的限制。所述运动约束方程用到了雅克比矩阵，其中通过雅克比矩阵就可以把智能机器人受到的外力从笛卡尔空间转换到关节空间，进而，通过智能机器人的关节电机控制智能机器人行走。

可选的，接收模块 54 中所述最优化目标为 $\min(X_c - X_t)^T R(X_c - X_t) + \tau^T Q \tau$ ，其中， X_c 和 X_t 分别为所述智能机器人的当前状态信息和目标状态信息， X_c 和 X_t 由所述智能机器人位置、速度、轨迹点所组成， τ 为所述智能机器人的关节控制力矩， R 和 Q 分别为权重矩阵。

需要说明的是，智能机器人获取的状态信息是当前状态信息，目标状态信息是所述智能机器人的控制指令中所述关节电机的位置、速度和力矩对应的所述智能机器人的状态信息。所述最优化目标是所述智能机器人的全身动力学模型根据所述运动约束方程求出的解的限制，比如，所述智能机器人的全身动力学模型根据所述运动约束方程求出了多个解，所述最优化目标可以是智能机器人从 A 地到达 B 地的多个路径中最短的路径，其中，本发明计算上述问题可以采用 QP 求解的方法。

可选的，接收模块 54 还用于通过所述智能机器人的单刚体模型，以所述用户指令的成功完成度为最优化目标，以所述状态信息为参数，对所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长进行求解，得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解；通过所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解和所述智能机器人的全身动力学模型计算所述智能机器人的关节电机的第二位置、第二速度和第二力矩，以得到所述智能机器人的控制指令。

需要说明的是，本实施例可以完全通过所述全身动力学模型得到所述智能机器人的控制指令，本发明还提供了一种通过单刚体模型和全身动力学模型得到所述智能机器人的控制指令的方法：

首先通过所述智能机器人的单刚体模型，以所述用户指令的成功完成度为最优化目标，以所述状态信息为参数，根据上述参数和目标，所述单刚体模型对所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长进行求解，得到所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解。然后将所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的解输入所述智能机器人的全身动力学模型，计算所述智能机器人的关节电机的第二位置、第二速度和第二力矩，进而得到所述智能机器人的控制指令。

可选的，接收模块 54 还用于检测所述用户指令是否发生变化：当检测到所述用户指令不变，循环执行以下步骤直到完成当前所述用户指令结束循环：获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，

根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制；当检测到所述用户指令发生变化，循环执行以下步骤直至完成当前所述用户指令结束循环：获取所述用户指令，获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

需要说明的是，在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，还需要检测所述用户指令是否发生变化。如果检测到所述用户指令不变，那么循环执行：获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。直到完成当前所述用户指令结束循环。如果检测到所述用户指令发生变化，循环执行：获取所述用户指令，获取所述状态信息，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。直至完成当前所述用户指令结束循环

需要说明的是，上述各个模块是可以通过软件或硬件来实现的，对于后者，可以通过以下方式实现，但不限于此：上述模块均位于同一处理器中；或者，上述各个模块以任意组合的形式分别位于不同的处理器中。

本发明的实施例还提供了一种计算机可读的存储介质，该存储介质中存储有计算机程序，其中，该计算机程序被设置为运行时执行上述任一项方法实施例中的步骤。

可选地，在本实施例中，上述存储介质可以被设置为存储用于执行以下步骤的计算机程序：

S1，获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列；

S2，获取状态信息，其中，所述状态信息包括：所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息；

S3，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令；

S4，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

可选地，在本实施例中，上述存储介质可以包括但不限于：U 盘、只读存储器 ROM、随机存取存储器 RAM、移动硬盘、磁碟或者光盘等各种可以存储计算机程序的介质。

本发明的实施例还提供了一种电子装置，包括存储器和处理器，该存储器中存储有计算机程序，该处理器被设置为运行计算机程序以执行上述任一项方法实施例中的步骤。

可选地，上述电子装置还可以包括传输设备以及输入输出设备，其中，该传输设备和上述处理器连接，该输入输出设备和上述处理器连接。

可选地，在本实施例中，上述处理器可以被设置为通过计算机程序执行以下步骤：

S1，获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列；

S2，获取状态信息，其中，所述状态信息包括：所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息；

S3，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令；

S4，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

可选地，本实施例中的具体示例可以参考上述实施例及可选实施方式中所描述的示例，本实施例在此不再赘述。

显然，本领域的技术人员应该明白，上述的本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算装置来实现，它们可以集中在单个的计算装置上，或者分布在多个计算装置所组成的网络上，可选地，它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现，从而，可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行，并且在某些情况下，可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤，或者将它们分别制作成各个集成电路模块，或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。这样，本发明不限制于任何特定的硬件和软件结合。

以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

1. 一种智能机器人的步态控制方法，其特征在于，包括：

获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列；

获取状态信息，其中，所述状态信息包括：所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息；

将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令；

根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

2. 如权利要求 1 所述的智能机器人的步态控制方法，其特征在于，根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后，所述方法还包括：

获取对所述智能机器人控制之后的控制结果信息；

将所述控制结果信息更新到所述状态信息的集合中。

3. 如权利要求 1 所述的智能机器人的步态控制方法，其特征在于，所述智能机器人的状态信息包括至少以下之一：所述智能机器人的关节电机的第一位置、第一速度和第一力矩，以及所述智能机器人的位置姿势信息；

所述外部环境的状态信息包括至少以下之一：所述外部环境的图像信息，以及所述智能机器人根据所述外部环境生成的运动路径信息。

4. 如权利要求 1 所述的智能机器人的步态控制方法，其特征在于，将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令，包括：

通过所述智能机器人的全身动力学模型，以所述用户指令的成功完成度为最优化目标，以所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长为变量，以所述状态信息为参数，以全身动力学模型和足端位置、脚底受力为约束方程，建模求解最优化参数；

根据最优化目标和所述运动约束方程，得到所述智能机器人的控制指令。

5. 如权利要求 4 所述的智能机器人的步态控制方法，其特征在于，所述运动约束方程，包括：

$$\text{等式约束 1: } M(q)ddq + H(q, dq) + G - J_c F'_{ext} = \tau$$

$$\text{等式约束 2: } P_{foot}(t) = a$$

$$a = a1, t \in \{t | 0 < t < t1\}; a = a2, t \in \{t | t1 < t < t2\}$$

$$\text{不等式约束: } F_{ext}(t) > b$$

$$b = b1, t \in \{t|t0 < t < t1\}; b = b2, t \in \{t|t1 < t < t2\}$$

其中, q 代表所述智能机器人的关节的角度, dq 代表所述关节的角速度, ddq 代表所述关节的角加速度, G 为重力, F_{ext} 和 J_c 分别是所述智能机器人受到的外力和其对应的雅克比矩阵, M 是惯性矩阵, H 是向心力科氏力矩阵, $M(q)$ 是关于 q 的 M 函数, τ 为所述智能机器人的关节控制力矩, P_{foot} 代表所述智能机器人足端位置, $t0$ 、 $t1$ 、 $t2$ 分别为与用户指定的动作序列所对应的时刻点, a 和 b 是设置参数。

6. 如权利要求 4 所述的智能机器人的步态控制方法, 其特征在于, 所述最优化目标为 $\min(X_c - X_t)^T R(X_c - X_t) + \tau^T Q \tau$, 其中, X_c 和 X_t 分别为所述智能机器人的当前状态信息和目标状态信息, X_c 和 X_t 由所述智能机器人位置、速度、轨迹点所组成, τ 为所述智能机器人的关节控制力矩, R 和 Q 分别为权重矩阵。

7. 如权利要求 1 所述的智能机器人的步态控制方法, 其特征在于, 在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之前, 所述方法还包括:

通过所述智能机器人的单刚体模型, 以所述用户指令的成功完成度为最优化目标, 该最优化目标以所述状态信息为参数, 以所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长为变量, 以单刚体运动学模型和足端位置、脚底受力为约束方程, 建模求解最优化参数;

通过所述智能机器人的落脚点位置、脚底受力、落脚序列和时长的最优解和所述智能机器人的全身动力学模型计算所述智能机器人的关节电机的第二位置、第二速度和第二力矩, 以得到所述智能机器人的控制指令。

8. 如权利要求 1 所述的智能机器人的步态控制方法, 其特征在于, 在根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制之后, 所述方法还包括:

检测所述用户指令是否发生变化:

当检测到所述用户指令不变, 循环执行以下步骤直到完成当前所述用户指令结束循环:

获取所述状态信息, 将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型, 得到所述智能机器人的控制指令, 根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制;

当检测到所述用户指令发生变化, 循环执行以下步骤直至完成当前所述用户指令结束循环:

获取所述用户指令, 获取所述状态信息, 将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型, 得到所述智能机器人的控制指令, 根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

9. 一种智能机器人的步态控制方法装置, 其特征在于, 包括:

第一获取模块，用于获取用户指令，其中，所述用户指令用于控制至少以下之一：所述智能机器人的所要到达的目标位置、速度、轨迹点和动作序列；

第二获取模块，用于获取状态信息，其中，所述状态信息包括：所述智能机器人的状态信息和外部环境的状态信息；

接收模块，用于将所述用户指令和所述状态信息输入所述智能机器人的全身动力学模型，得到所述智能机器人的控制指令；

控制模块，用于根据所述控制指令对所述智能机器人进行控制。

10.一种计算机可读的存储介质，其特征在于，所述存储介质中存储有计算机程序，其中，所述计算机程序被设置为运行时执行所述权利要求 1 至 7 任一项中所述的方法。

11.一种电子装置，包括存储器和处理器，其特征在于，所述存储器中存储有计算机程序，所述处理器被设置为运行所述计算机程序以执行所述权利要求 1 至 7 任一项中所述的方法。

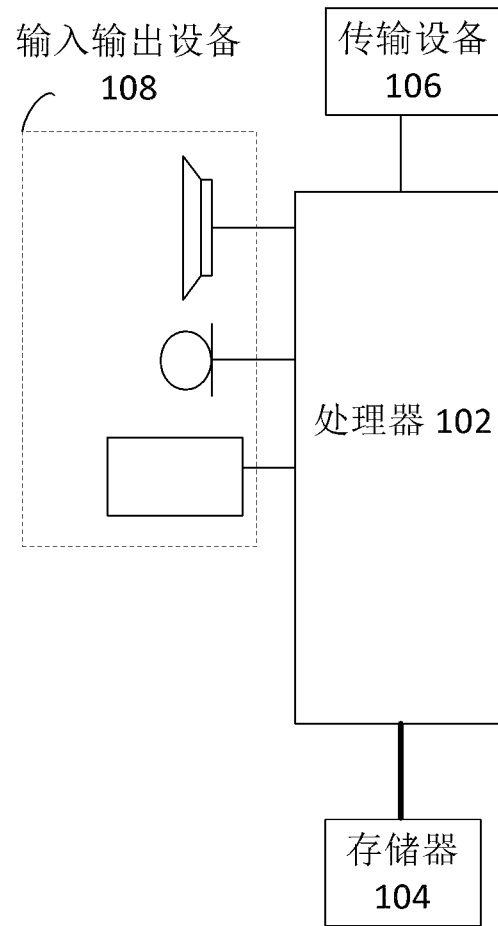


图 1

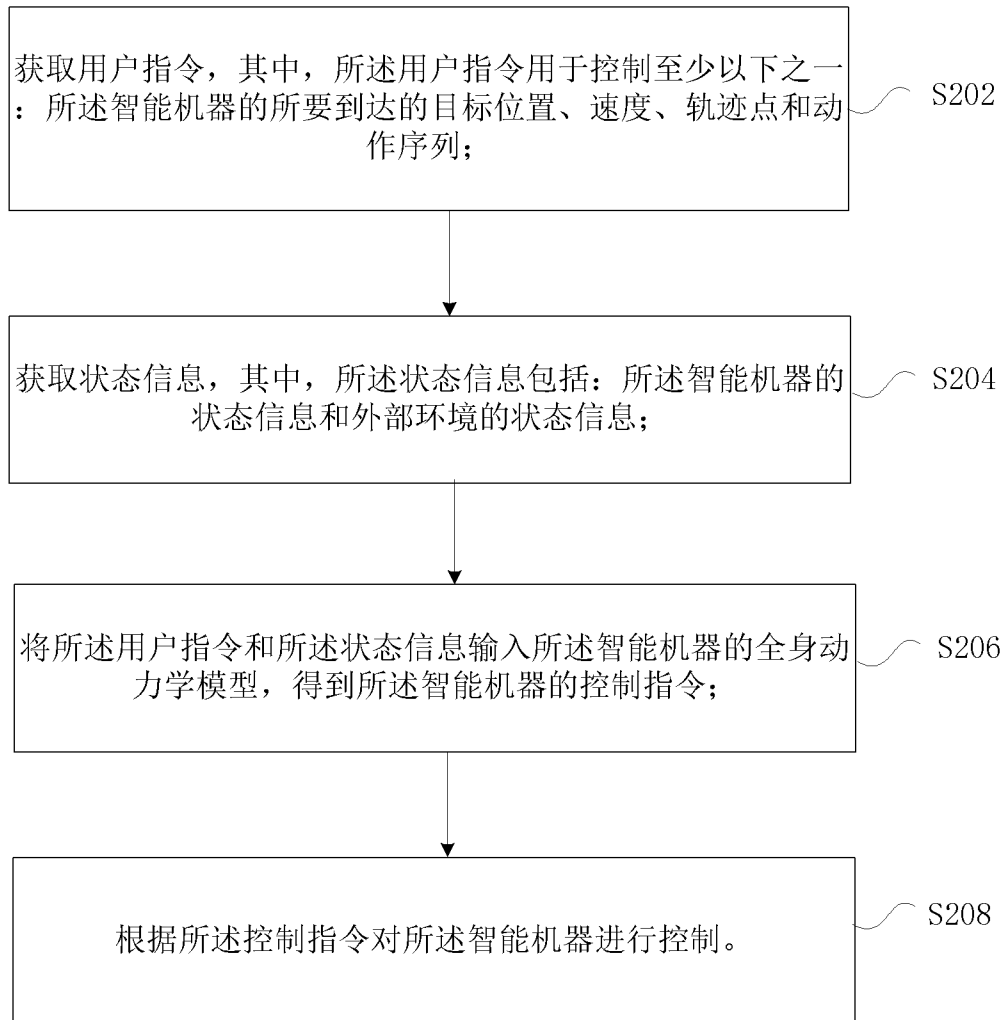


图 2

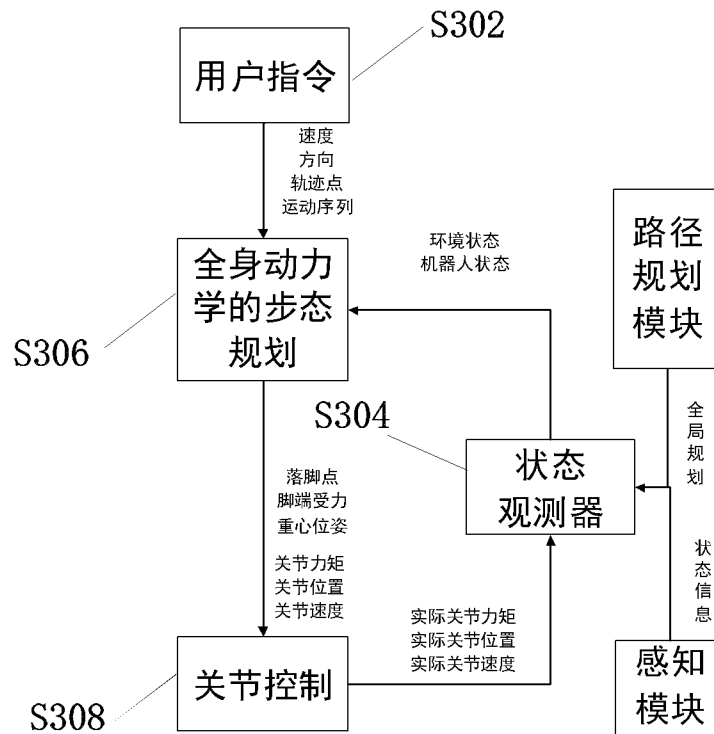


图 3

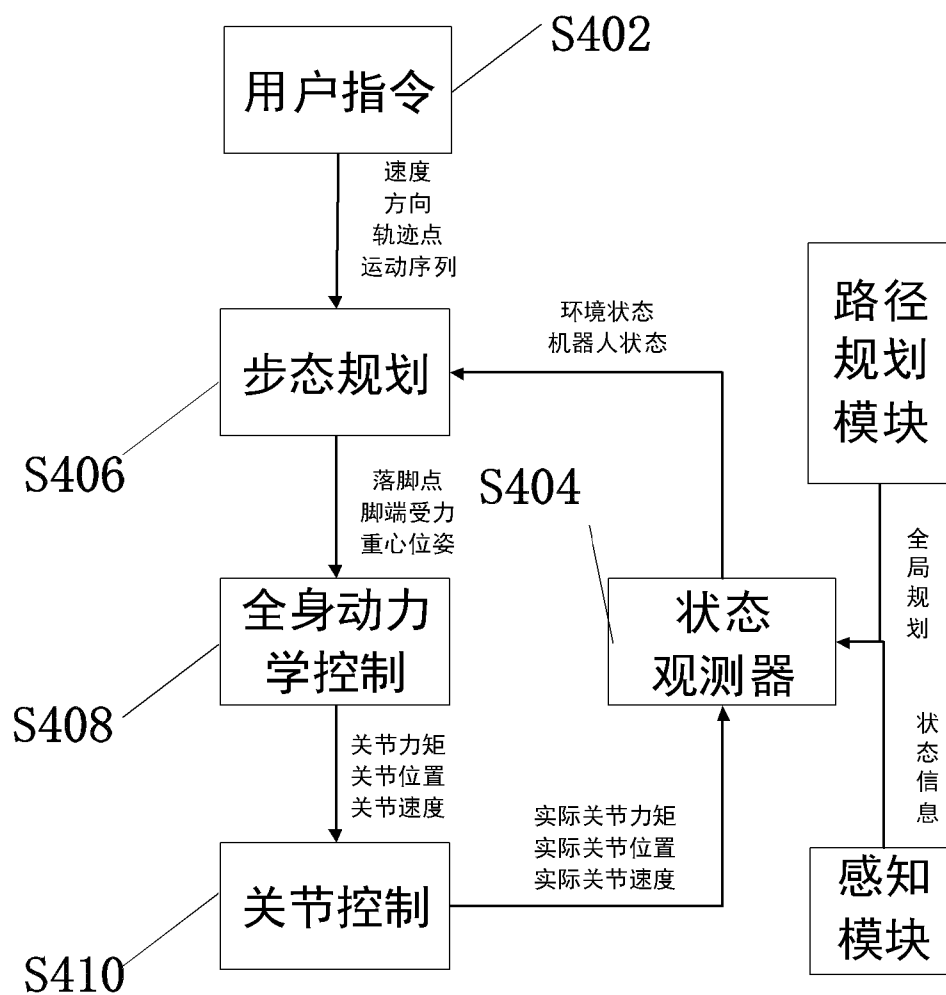


图 4

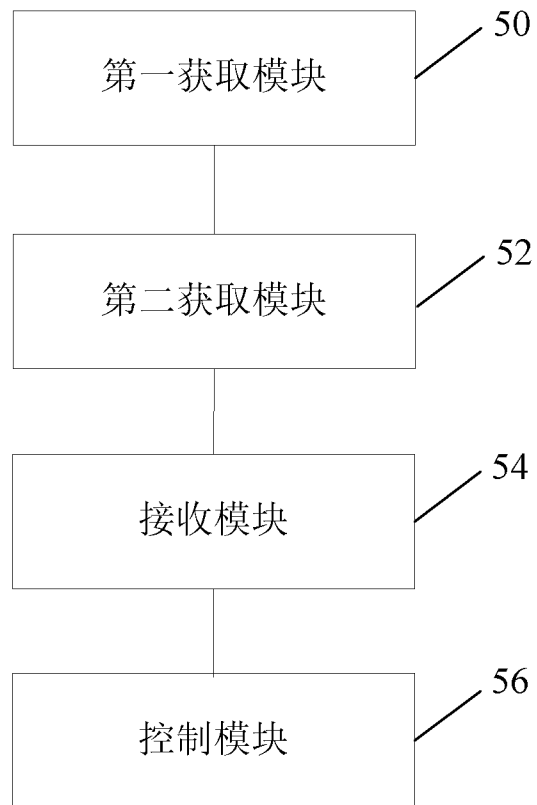


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/091877

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 30/20(2020.01)i; G06F 111/04(2020.01)i; G06F 119/14(2020.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F

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)

CNABS; CNTXT; WPABS; DWPI; USTXT; WOTXT; EPTXT; CNKI; IEEE; Web of Science; 百度, BAIDU; 万方, WANFANG; 机器人, 步态, 指令, 目标, 位置, 速度, 序列, 状态, 轨迹点, 动力学模型, 控制, 力矩, 角速度, robot, instruction, control, target, gait, motion, sequence, position, speed, state, dynamic model

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113033027 A (ZHUICHUANG TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD.) 25 June 2021 (2021-06-25) claims 1-10, and description, paragraphs [0018]-[0075]	1-11
PX	CN 113962073 A (ZHUICHUANG TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD.) 21 January 2022 (2022-01-21) claims 1-11, and description, paragraphs [0005]-[0124]	1-11
PX	CN 113031450 A (ZHUICHUANG TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD.) 25 June 2021 (2021-06-25) claims 1-9, and description, paragraphs [0005]-[0080]	1-4, 7-11
PA	CN 113031450 A (ZHUICHUANG TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD.) 25 June 2021 (2021-06-25) claims 1-9, and description, paragraphs [0005]-[0080]	5, 6
X	CN 112720462 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 30 April 2021 (2021-04-30) description, paragraphs [0006]-[0134]	1-4, 7-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

11 July 2022

Date of mailing of the international search report

22 July 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/091877

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 112720462 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 30 April 2021 (2021-04-30) description, paragraphs [0006]-[0134]	5, 6
A	CN 112051741 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 08 December 2020 (2020-12-08) entire document	1-11
A	CN 109871018 A (BEIHANG UNIVERSITY) 11 June 2019 (2019-06-11) entire document	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/091877

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	113033027	A	25 June 2021	CN 113033027 B	02 November 2021
CN	113962073	A	21 January 2022	None	
CN	113031450	A	25 June 2021	None	
CN	112720462	A	30 April 2021	CN 112720462 B	27 August 2021
CN	112051741	A	08 December 2020	CN 112051741 B	30 July 2021
CN	109871018	A	11 June 2019	CN 109871018 B	10 March 2020

A. 主题的分类 G06F 30/20(2020.01)i; G06F 111/04(2020.01)i; G06F 119/14(2020.01)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) G06F 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)) CNABS;CNTXT;WPABS;DWPI;USTXT;WOTXT;EPTXT;CNKI;IEEE;Web of Science;百度;万方;机器人, 步态, 指令, 目标, 位置, 速度, 序列, 状态, 轨迹点, 动力学模型, 控制, 力矩, 角速度, robot, instruction, control, target, gait, motion, sequence, position, speed, state, dynamic model																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 113033027 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-10项, 说明书第[0018]-[0075]段</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 113962073 A (追创创新科技苏州有限公司) 2022年1月21日 (2022 - 01 - 21) 权利要求第1-11项, 说明书第[0005]-[0124]段</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 113031450 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-9项, 说明书第[0005]-[0080]段</td> <td>1-4、7-11</td> </tr> <tr> <td>PA</td> <td>CN 113031450 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-9项, 说明书第[0005]-[0080]段</td> <td>5、6</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 112720462 A (深圳先进技术研究院) 2021年4月30日 (2021 - 04 - 30) 说明书第[0006]-[0134]段</td> <td>1-4、7-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 112720462 A (深圳先进技术研究院) 2021年4月30日 (2021 - 04 - 30) 说明书第[0006]-[0134]段</td> <td>5、6</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 112051741 A (北京理工大学) 2020年12月8日 (2020 - 12 - 08) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 113033027 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-10项, 说明书第[0018]-[0075]段	1-11	PX	CN 113962073 A (追创创新科技苏州有限公司) 2022年1月21日 (2022 - 01 - 21) 权利要求第1-11项, 说明书第[0005]-[0124]段	1-11	PX	CN 113031450 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-9项, 说明书第[0005]-[0080]段	1-4、7-11	PA	CN 113031450 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-9项, 说明书第[0005]-[0080]段	5、6	X	CN 112720462 A (深圳先进技术研究院) 2021年4月30日 (2021 - 04 - 30) 说明书第[0006]-[0134]段	1-4、7-11	A	CN 112720462 A (深圳先进技术研究院) 2021年4月30日 (2021 - 04 - 30) 说明书第[0006]-[0134]段	5、6	A	CN 112051741 A (北京理工大学) 2020年12月8日 (2020 - 12 - 08) 全文	1-11
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 113033027 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-10项, 说明书第[0018]-[0075]段	1-11																								
PX	CN 113962073 A (追创创新科技苏州有限公司) 2022年1月21日 (2022 - 01 - 21) 权利要求第1-11项, 说明书第[0005]-[0124]段	1-11																								
PX	CN 113031450 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-9项, 说明书第[0005]-[0080]段	1-4、7-11																								
PA	CN 113031450 A (追创科技苏州有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 权利要求第1-9项, 说明书第[0005]-[0080]段	5、6																								
X	CN 112720462 A (深圳先进技术研究院) 2021年4月30日 (2021 - 04 - 30) 说明书第[0006]-[0134]段	1-4、7-11																								
A	CN 112720462 A (深圳先进技术研究院) 2021年4月30日 (2021 - 04 - 30) 说明书第[0006]-[0134]段	5、6																								
A	CN 112051741 A (北京理工大学) 2020年12月8日 (2020 - 12 - 08) 全文	1-11																								
☒ 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 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理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 2022年7月11日		国际检索报告邮寄日期 2022年7月22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 于俊 电话号码 (86-512)88995917																								

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
A	CN 109871018 A（北京航空航天大学）2019年6月11日（2019 - 06 - 11） 全文	1-11

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/091877

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	113033027	A	2021年6月25日	CN 113033027 B	2021年11月2日
CN	113962073	A	2022年1月21日	无	
CN	113031450	A	2021年6月25日	无	
CN	112720462	A	2021年4月30日	CN 112720462 B	2021年8月27日
CN	112051741	A	2020年12月8日	CN 112051741 B	2021年7月30日
CN	109871018	A	2019年6月11日	CN 109871018 B	2020年3月10日