

(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 2018/192178 A1

(43) 国际公布日

2018 年 10 月 25 日 (25.10.2018)

WIPO | PCT

(51) 国际专利分类号:

B25J 9/16 (2006.01)

B25J 13/00 (2006.01)

广东省广州市天河区花城大道 85 号 3901 房, Guangdong 510623 (CN)。

(21) 国际申请号:

PCT/CN2017/103436

(22) 国际申请日:

2017 年 9 月 26 日 (26.09.2017)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

201710257078.5

2017 年 4 月 19 日 (19.04.2017) CN

(71) 申请人: 广州视源电子科技有限公司 (GUANGZHOU SHIYUAN ELECTRONICS CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省广州市黄埔区云埔四路 6 号, Guangdong 510530 (CN)。

(72) 发明人: 阳方平 (YANG, Fangping); 中国广东省广州市黄埔区云埔四路 6 号, Guangdong 510530 (CN)。

(74) 代理人: 广州华进联合专利商标代理有限公司 (ADVANCE CHINA IP LAW OFFICE); 中国

(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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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,

(54) Title: POINT-TO-POINT MOTION CONTROL METHOD AND SYSTEM FOR ROBOT

(54) 发明名称: 机器人点到点运动控制方法和系统

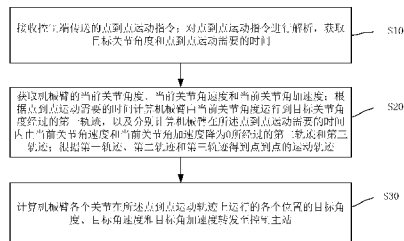


图 1

- S10 Receive a command to make a point-to-point motion transmitted by a control end; perform analysis on the command to obtain a target joint angle and the amount of time required to make the point-to-point motion
- S20 Acquire a current joint angle, a current joint angular speed and a current joint angular acceleration speed of a mechanical arm; perform calculation, according to the amount of time required to make the point-to-point motion, to obtain a first track through which the mechanical arm moves from the current joint angle to the target joint angle, and perform calculation to obtain a second track and a third track of the mechanical arm such that the current joint angular speed and the current joint acceleration speed drop to zero within the amount of time required to make the point-to-point motion; obtain a point-to-point motion track according to the first track, the second track and the third track
- S30 Perform calculation to obtain target angles, target angular speeds and target angular acceleration speeds of respective joints of the mechanical arm moving through respective positions on the point-to-point motion track, and forward the same to a main control station

(57) Abstract: Provided are a point-to-point motion control method and system for a robot. The method comprises: receiving a command to make a point-to-point motion transmitted by a control end; performing analysis to obtain a target joint angle and an amount of time required to make the point-to-point motion; performing calculation, according to the amount of time required to make the point-to-point motion, to obtain a first track through which a mechanical arm moves from a current joint angle to the target joint angle, and performing calculation to obtain a second track and a third track of the mechanical arm such that the current joint angular speed and the current joint acceleration speed drop to zero within the amount of time required to make the point-to-point motion; obtaining a point-to-point motion track according to the first track, the second track and the third track; and performing calculation to obtain target angles, target angular speeds and target angular acceleration speeds of respective joints of the mechanical arm moving through respective positions on the point-to-point motion track, and forwarding the same to a main control station. The point-to-point motion control method can constitute a complete point-to-point motion control system for a robot, thereby reducing development costs of a robot control system, and enhancing control performance.

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))。

(57) 摘要：一种机器人点到点运动控制方法和系统，其中方法包括：接收控制端传送的点到点运动指令；解析获取目标关节角度和点到点运动需要的时间；根据点到点运动需要的时间计算机械臂由当前关节角度运行到目标关节角度经过的第一轨迹，以及分别计算机械臂在点到点运动需要的时间内由当前关节角速度和当前关节加速度降为0所经过的第二轨迹和第三轨迹；根据第一轨迹、第二轨迹和第三轨迹得到点到点的运动轨迹；计算机械臂各个关节在点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度转发至控制主站。该点到点运动控制方法可以构成一个完整的机器人点到点运动控制系统，降低机器人控制系统开发成本，提高控制效果。

机器人点到点运动控制方法和系统

技术领域

本发明涉及机器人控制技术领域，特别是涉及一种机器人点到点运动控制方法和系统。

5

背景技术

Robot Operating System (ROS) 是开源的机器人操作系统，可以为机器人开发者提供一个标准化的、开源的编程框架。但是 ROS 目前不支持实时线程操作。Open Robot Control Software (OROCOS) 也是一种开源的机器人控制软件编程框架，它的特点是支持实时的线程操作，但是它的开放性，通用性没有 ROS 好。

因此，机器人点到点运动是机器人一种重要运动方式，目前在一些应用方案中，在 ROS 上采用 OROCOS，但现有技术方案在搭建的架构上，不能构成一个完整的机器人控制器软件，在执行点到点运动时，无法充分利用 ROS 和 OROCOS 的特性，系统开发成本高，控制效果差。

发明内容

10 基于此，有必要针对上述系统开发成本高技术问题，提供一种机器人点到点运动控制方法，降低系统开发成本，提高控制效果。

一种机器人点到点运动控制方法，包括：

接收控制端传送的点到点运动指令；对点到点运动指令进行解析，获取目标关节角度和点到点运动需要的时间；

15 获取机械臂的当前关节角度、当前关节角速度和当前关节角加速度；根据点到点运动需要的时间计算机械臂由当前关节角度运行到目标关节角度经过的第一轨迹，以及分别计算机械臂在所述点到点运动需要的时间内由当前关节角速度和当前关节角加速度降为 0 所经过的第二轨迹和第三轨迹；根据第一轨迹、第二轨迹和第三轨迹得到点到点的运动轨迹；

计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度转发至控制主站。

20 一种机器人点到点运动控制系统，包括：总控模块、算法模块和通信管理模块；

所述总控模块，用于接收控制端传送的点到点运动指令；

所述算法模块，用于对点到点运动指令进行解析，获取目标关节角度和点到点运动需要的时间；获取机械臂的当前关节角度、当前关节角速度和当前关节角加速度；根据点到点运动需要的时间计算机械臂由当前关节角度运行到目标关节角度经过的第一轨迹，以及分别计算机械臂在所述点到点运动需要的时间内由当前关节角速度和当前关节角加速度降为 0 所经过的第二轨迹和第三轨迹；根据第一轨迹、第二轨迹和第三轨迹得到点到点的运动轨迹；以及计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度；

所述通信管理模块，用于将机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度转发至控制主站。

上述机器人点到点运动控制方法和系统，在接收到控制端的点到点运动指令后，计算点到点的运动轨迹，并实时计算机械臂各个关节在该运动轨迹上运行的目标角度、目标角速度和目标角加速度等状态参数，通过设备通信软件将上述状态参数转发至控制主站，实现对机器人的点到点运动控制过程；该技术方案可以构成一个完整的机器人点到点运动控制系统，降低机器人控制系统开发成本，提高控制效果。

附图说明

图 1 是本发明实施例的机器人点到点运动控制方法流程图；

图 2 是机器人点到点运动控制系统结构示意图；

图 3 是总控模块执行算法流程图；

图 4 是算法模块执行算法流程图；

图 5 是算法模块执行算法状态转换图；

图 6 是一应用实例的机器人控制系统的硬件结构模型；

图 7 是基于 ROS 和 OROCOS 的搭建的软件架构图；

图 8 是控制器状态机的状态变化示意图；

图 9 是设备状态机的状态变化示意图。

具体实施方式

下面结合附图阐述本发明的机器人点到点运动控制方法的实施例。

本发明实施例中，所述点到点运动，是指机械臂的关节角从当前关节角度 θ_0 运动到目

标关节角度 θ_1 的运动过程。

S10,接收控制端传送的点到点运动指令；对点到点运动指令进行解析,获取目标关节角度和点到点运动需要的时间；

上述步骤中,可以利用预设的通信协议并以异步远程过程调用的方式接收点到点运动指令；例如,所述点到点运动指令包括目标关节角度 θ_1 和点到点运动需要的时间 T ；

在此过程中,可以是操作者通过人机交互界面生成点到点运动指令,该指令无需传递参数；通过预设的通信协议,如基于 IEC (The Internet Communications Engine, 互联网通信引擎) 开发的通信协议,以异步远程过程调用的方式从人机交互界面接收点到点运动指令。

10 在一个实施例中,根据所述点到点运动指令异步触发点到点运动执行函数并通过第一接口调用点到点运动规划函数；其中,所述第一接口是基于 ROS 上创建 OROCOS 的实时输入/输出接口。

S20,获取机械臂的当前关节角度、当前关节角速度和当前关节角加速度；根据点到点运动需要的时间计算机械臂由当前关节角度运行到目标关节角度经过的第一轨迹,以及分别计算机械臂在所述点到点运动需要的时间内由当前关节角速度和当前关节角加速度降为 0 所经过的第二轨迹和第三轨迹；根据第一轨迹、第二轨迹和第三轨迹得到点到点的运动轨迹；

20 在一个实施例中,在调用所述点到点运动规划函数后,读取机械臂当前的关节角度、关节角速度和关节角加速度,并根据所述关节角度、关节角速度和关节角加速度和点到点运动指令计算点到点的运动轨迹；其中,所述关节角度、关节角速度和关节角加速度包括关节角度、关节角速度和关节角加速度；

进一步地,调用点到点运动规划函数前,所述点到点运动执行函数判断控制器状态机是否为准备 (Ready) 状态；若是,通过 OROCOS 的 Operational Caller 方法调用所述点到点运动规划函数,并将控制器状态机切换为执行点到点运动 (Active.PTP) 状态；若否,则拒绝执行此次指令；其中,所述控制器状态机的可被改变状态、并读取状态,设有初始化、指令等待、指令执行、中断和使能对应的状态。

进一步地,在调用点到点运动规划函数后,根据所述点到点运动规划函数执行点到点运动规划流程,并检查控制器状态机是否为执行点到点运动状态；若是,执行所述计算点到点的运动轨迹的步骤,否则,退出执行流程。

作为实施例，所述计算点到点的运动轨迹的方法，可以包括如下：

- (1) 获取机械臂当前的关节角度 θ_0 、关节角速度 $\dot{\theta}_0$ 和关节角加速度 $\ddot{\theta}_0$ ；
 - (2) 从点到点运动指令包括获取目标关节角度 θ_1 和点到点运动需要的时间 T ；
 - (3) 根据所述关节角度 θ_0 、关节角速度 $\dot{\theta}_0$ 和关节角加速度 $\ddot{\theta}_0$ ，以及目标关节角度 θ_1 ，
- 5 将机械臂关节目标角速度和目标角加速度设为 0，确定点到点的运动轨迹；

作为实施例，所述点到点的运动轨迹可以表示如下：

$$S(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$$

$$a_0 = \theta_0$$

$$a_1 = \dot{\theta}_0 T$$

$$10 \quad a_2 = 0.5 \ddot{\theta}_0 T^2$$

$$a_3 = 10(\theta_1 - \theta_0) - 4(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T + 0.5(\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 - 10\dot{\theta}_0 T - \ddot{\theta}_0 T^2$$

$$a_4 = -15(\theta_1 - \theta_0) + 7(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T - (\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 + 15\dot{\theta}_0 T + 0.5\ddot{\theta}_0 T^2$$

$$a_5 = 6(\theta_1 - \theta_0) - 3(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T + 0.5(\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 - 6\dot{\theta}_0 T$$

式中， t 是运行时间； a_i , $i=1, \dots, 5$ 是系数。

- 15 S30，计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度转发至控制主站。

具体的，可以计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度，通过第二接口将目标角度、目标角速度和目标角加速度发送给设备通信软件转发至控制主站；所述第二接口是基于 ROS 上创建 OROCOS 的实时

20 输入/输出接口；

在一个实施例中，所述计算机机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度的步骤，可以包括如下：

- (1) 根据所述点到点的运动轨迹计算任意时刻 t 时的关节角位置、角速度 $\dot{\theta}_t$ 和角加速度 $\ddot{\theta}_t$ ；

- 25 进一步地，所述计算公式可以表示如下：

$$\theta_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$$

$$\dot{\theta}_t = a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2 + 4a_4 t^3 + 5a_5 t^4$$

$$\ddot{\theta}_t = 2a_2 + 6a_3 t + 12a_4 t^2 + 20a_5 t^3$$

式中，任意时刻 t 时的关节角位置 θ_t 、角速度 $\dot{\theta}_t$ 和角加速度 $\ddot{\theta}_t$ 。

(2) 根据点到点运动需要的时间 T ，调用所述计算公式计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度。

进一步地，计算目标角度、目标角速度和目标角加速度的步骤可以包括如下：

(a) 在机械臂开始运动后，由 0 开始每隔设定时间 τ 统计机械臂的运动时间 t_n ； $\tau = 1/f$ ，
5 f 表示刷新频率；

即由零开始统计时间，按照刷新率不断计算机械臂各个关节的目标角度、目标角速度和目标角加速度；上述实施例中，一般情况下，所述 τ 为 1 毫秒；

(b) 若所述运动时间满足： $t_n \leq aT$ ，每隔设定时间 τ 依据所述计算公式分别计算一次机械臂每个关节的目标角度、目标角速度和目标角加速度；一般情况下，所述 $a=70\%$ ；

10 (c) 若运动时间 t_n 满足： $aT < t_n < T$ ，将标志位更改为过渡状态，将控制器状态机状态设定为准备状态；

进一步地，在过渡状态下，若有新指令输入，则启动过渡运动规划；若没有新指令输入，则每隔设定时间依据所述计算公式分别计算一次机械臂每个关节的目标角度，目标角速度和目标角加速度，并发送给设备通信软件；

15 (d) 若运动时间 t_n 满足： $t_n \geq T$ ，点到点运动结束，将标志位更改为等待状态。

上述实施例的技术方案，可以利用 OROCOS 的实时输入/输出接口，通过设定通信协议以异步远程过程调用的方式接收点到点运动指令，启动点到点运动指令触发函数，调用机器人运动规划的点到点运动执行函数，根据该函数计算点到点的运动轨迹，并实时计算机
20 械臂各个关节在该运动轨迹上运行的目标角度、目标角速度和目标角加速度等状态参数，通过设备通信软件将上述状态参数转发至控制主站，实现对机器人的点到点运动控制过程；该技术方案可以进行控制指令的接收、解析，算法调用、执行，参数实时计算和传输等功能，可以构成一个完整的机器人点到点运动控制系统，降低机器人控制系统开发成本，提高控制效果。另外结合了控制器状态机和标志位的应用，实现对算法处理过程的优化控制，进一步提高了控制效果。

25 针对于机器人点到点运动控制方法，本发明提供了该控制方法对应的机器人点到点运动控制系统，

参考图 2 所示，图 2 是机器人点到点运动控制系统结构示意图，包括：总控模块、算法模块和通信管理模块；

所述总控模块，用于接收控制端传送的点到点运动指令；

所述算法模块，用于对点到点运动指令进行解析，获取目标关节角度和点到点运动需要的时间；获取机械臂的当前关节角度、当前关节角速度和当前关节角加速度；根据点到点运动需要的时间计算机械臂由当前关节角度运行到目标关节角度经过的第一轨迹，以及分别计算机械臂在所述点到点运动需要的时间内由当前关节角速度和当前关节角加速度降为 0 所经过的第二轨迹和第三轨迹；根据第一轨迹、第二轨迹和第三轨迹得到点到点的运动轨迹；以及计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度；

所述通信管理模块，用于将机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度转发至控制主站。

作为实施例，所述总控模块可以通过第一接口与算法模块进行通信连接，算法模块通过第二接口与通信管理模块进行通信连接，所述第一接口、第二接口是基于 ROS 上创建 OROCOS 的实时输入/输出接口；

所述总控模块利用预设的通信协议并以异步远程过程调用的方式接收点到点运动指令；在接收到所述点到点运动指令后，异步触发点到点运动执行函数并通过第一接口调用算法模块的点到点运动规划函数；

所述算法模块在调用所述点到点运动规划函数后，读取机械臂当前的关节角度、关节角速度和关节角加速度，并计算点到点的运动轨迹；计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度，通过第二接口将所述目标角度、目标角速度和目标角加速度发送给通信管理模块；

所述通信管理模块将所述目标角度、目标角速度和目标角加速度转发至控制主站。

上述实施例的技术方案，利用 OROCOS 的实时输入/输出接口，总控模块通过设定通信协议以异步远程过程调用的方式接收点到点运动指令，启动点到点运动指令触发函数，调用算法模块的机器人运动规划的点到点运动执行函数，根据该函数计算点到点的运动轨迹，并实时计算机械臂各个关节在该运动轨迹上运行的目标角度、目标角速度和目标角加速度等状态参数，通信管理模块将上述状态参数转发至控制主站，实现对机器人的点到点运动控制过程；该技术方案可以进行控制指令的接收、解析，算法调用、执行，参数实时计算和传输等功能，可以构成一个完整的机器人点到点运动控制系统，降低机器人控制系统开发成本，提高控制效果。

作为实施例，总控模块执行算法流程，可以参考图 3 所示，图 3 是总控模块执行算法

流程图；具体如下：

1) 操作者通过人机交互界面生成点到点运动指令, 指令的内容, 包括目标关节角度 θ_1 , 运动需要的时间 T 。

2) 点到点运动指令通过通信协议, 以异步远程过程调用的方式从人机交互界面发送给总控模块。

3) 指令到达总控模块后, 会异步触发点到点运动执行函数。该函数首先判断控制器状态机是否为 Ready 状态。若不是 Ready 状态, 则拒绝执行此次指令。

4) 若控制器状态机是 Ready 状态, 则执行如下操作：

a) 则通过 OROCOS 的 Operational Caller 方法调用算法模块的点到点运动规划函数, 并且传递指令参数。

b) 将控制器状态机转换为 Active.PTP 状态。

5) 判断控制器状态机是否重新变为 Ready 状态。若是 Ready 状态, 则本次运动完成。

作为实施例, 算法模块执行算法流程, 可以参考图 4 所示, 图 4 是算法模块执行算法流程图；具体如下：

1) 点到点运动规划函数被总控模块调用, 开始执行点到点运动规划流程。

2) 检查控制器状态机是否为 Active.PTP 状态, 若不是则退出。

3) 读取机械臂当前的关节角度 θ_0 , 关节角速度 $\dot{\theta}_0$, 关节角加速度 $\ddot{\theta}_0$ 。采用五次多项式方法, 生成点到点运动轨迹。

该方法的原理如下：

点到点的运动轨迹表示如下：

$$S(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 \quad (1)$$

式中, t 是运行时间; $a_i, i=1, \dots, 5$ 是系数。

由于已知机械臂当前的关节角度 θ_0 , 关节角速度 $\dot{\theta}_0$, 关节角加速度 $\ddot{\theta}_0$, 以及目标关节角度 θ_1 。并将目标的关节角速度和角加速度设为 0。则可求得系数：

$$\begin{aligned} a_0 &= \theta_0 \\ a_1 &= \dot{\theta}_0 T \\ a_2 &= 0.5 \ddot{\theta}_0 T^2 \\ a_3 &= 10(\theta_1 - \theta_0) - 4(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T + 0.5(\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 - 10\dot{\theta}_0 T - \ddot{\theta}_0 T^2 \\ a_4 &= -15(\theta_1 - \theta_0) + 7(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T - (\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 + 15\dot{\theta}_0 T + 0.5\ddot{\theta}_0 T^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$a_5 = 6(\theta_1 - \theta_0) - 3(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T + 0.5(\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 - 6\dot{\theta}_0T$$

然后就可以根据以下公式计算出任意时刻 t 时的关节角位置 θ_t , 角速度 $\dot{\theta}_t$, 角加速度 $\ddot{\theta}_t$:

$$\theta_t = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5 \quad (3)$$

$$\dot{\theta}_t = a_1 + 2a_2t + 3a_3t^2 + 4a_4t^3 + 5a_5t^4 \quad (4)$$

$$\ddot{\theta}_t = 2a_2 + 6a_3t + 12a_4t^2 + 20a_5t^3 \quad (5)$$

4) 将运动时间 t_n 记为 0。参考图 5 所示, 图 5 是算法模块执行算法状态转换图; 将算法模块的状态标志位设为运动状态。

5) 算法模块的 UpdateHook() 函数检测到状态标志位为运动状态后, 且运动时间 t_n 不超过运动时长 T 的 70% :

10 a) 每隔 1 毫秒依据公式 (3) \ (4) \ (5) 分别计算一次机械臂每个关节的目标角度, 目标角速度和目标角加速度。

b) 将机械臂每个关节的目标角度, 目标角速度和目标角加速度, 发送给通信管理模块。

6) 若运动时间 t_n 满足: $0.7T < t_n < T$:

a) 将算法模块的标志位更改为过渡状态。

15 b) 将控制器状态机状态设定为 Ready 状态。

c) 若有新指令输入, 则启动过渡运动规划。

d) 若没有新指令输入, 则每隔 1 毫秒依据公式 (3) \ (4) \ (5) 分别计算一次机械臂每个关节的目标角度, 目标角速度和目标角加速度。并将机械臂每个关节的目标角度, 目标角速度和目标角加速度, 发送给通信管理模块。

20 7) 若运动时间 t_n 满足: $t_n \geq T$:

a) 本次点到点运动结束。

b) 将算法模块的标志位更改为等待状态。

所述通信管理模块, 可以进一步用于读取机器人电机的状态信息, 根据机器人运动模型计算机器人机械臂的状态信息, 将机器人的状态信息通过第三接口反馈给总控模块, 将
25 机器人的状态信息通过第二接口反馈给算法模块; 其中, 所述电机的状态信息包括位置、速度和力矩等; 所述机械臂的状态信息包括关节角度、关节角速度、关节角加速度、末端位姿、末端线速度、末端角速度、末端线加速度和末端角加速度等。

为了更加清晰本发明的实施例的技术方案, 下面阐述采用本发明的硬件和软件环境应用实例:

参考图 6 所示，图 6 是一应用实例的机器人控制系统的硬件结构模型，在机器人控制器的搭建软件架构，运行于 Linux 操作系统，该 Linux 主机可以是 X86 架构的 PC 机，或者 ARM 芯片嵌入式架构的开发板，总控模块接入控制端的人机交互界面的控制指令。

Linux 主机可以安装如下软件：安装 Xenomai 或者 RTAI 或者 RT Preempt 的实时内核补丁；安装 ROS，OROCOS，rFSM 等软件。

参考图 7 所示，图 7 是基于 ROS 和 OROCOS 的搭建的软件架构图；在控制过程中，操作系统上运行总控模块、算法模块和通信管理模块。

1、对于总控模块：

(1) 总控模块使用 ROS 的 `rocreate-catkin-pkg` 方法创建 ROS 的 Package，记为 `Ec_control_system`，然后在 Package 中，通过继承 OROCOS 的 `RTT::TaskContext` 类，记为 `Ec_control_system_component`。

在 `Ec_control_system_component` 类的构造函数中，设置为执行如下操作：

a) 利用 OROCOS 的 `RTT::Input` 与 `RTT::Output` 方法，对模块的输入，输出接口进行定义。

其中输入的接口包括：

- ①通信管理模块传入的诊断数据；
- ②通信管理模块传入的状态反馈信息：包括电机运行状态等等；
- ③控制器状态机的状态；

输出的接口包括：

①控制器状态机事件触发，输出给控制器状态机。

b) 利用 OROCOS 的 `Operational Caller` 方法设置函数调用接口。

第一，设置事件报告的回调函数：对事件报告处理请求进行响应，包括生成错误的时间戳，事件级别等信息，并将事件信息，发送给人机交互界面显示。

第二，设置警报设置的回调函数：依据诊断信息，判断是否生成警报。比如，位置，速度，加速度是否超限等等。

第三，设置各种运动规划的控制指令触发函数，这些函数将对算法模块的相应响应函数进行调用。

c) 调用 OROCOS 的 `Properties` 方法定义总控模块的属性，将总控模块定义一个机械臂关节个数的属性。

(2) 在 Ec_control_system_component 的 StartHook()成员函数中, 设置执行如下操作:

a) 检查日志报告是否正常, 若异常直接退出, 并将相关信息通过事件报告接口传递给总控模块处理;

5 b) 通过 ICE 开发的通信协议建立与人机交互界面的通信连接, 调用通信协议提供的动态异步远程过程调用 (RPC) 方法, 对人机交互界面发起的控制指令进行响应的回调函数进行绑定。该回调函数, 首先根据 ICE (The Internet Communications Engine, 互联网通信引擎) 提供的远程过程异步调用方法传入的第一个参数, 判断调用类型, 然后依据此类型选择调用相应运动规划的运动指令触发函数。

10 (3) 对于 Ec_control_system_component 的 CleanUpHook()成员函数, 为了使得该函数在总控模块结束运行时, 实现自动调用, 还可以设置为执行如下操作:

a) 调用 ICE 开发的通信协议接口, 关闭与人机交互界面的通信连接。

(4) 对于控制器状态机, 参考图 8 所示, 图 8 是控制器状态机的状态变化示意图; 可以设置 Init、Ready、Fault、Active.Recovery、Active.Halt、Active.Hands、Active.ToZero、Active.PTP、Active.Line、Active.Circle、Active.Stop 共十一个状态, 分别代表初始化、15 等待指令输入、恢复、暂停、手动示教、回到原点、点到点运动、直线运动、圆弧运动、急停状态。其中 Active.Recovery、Active.Halt、Active.Hands、Active.ToZero、Active.PTP、Active.Line、Active.Circle、Active.Stop 这八个状态组成一个 Active 状态的集合, Active 的状态转移规则, 对八个子状态均有效。例如, 给八个状态中的任一个, 写入“e_ready”事件, 将控制器状态机的状态从当前状态转移到 Ready 状态 (即等待指令输入状态)。

20 另外, 还可以使用 Lua 语言, 编写总控模块的启动文件, 该启动文件设置为执行如下动作:

a) 通过 OROCOS 的 import 方法, 加载模块进行运行;

b) 定义模块的刷新频率, 线程的优先级别;

c) 对模块的属性进行赋值;

25 d) 通过 OROCOS 的 connect 方法, 将总控模块的输入、输出接口和算法模块和通信管理模块的接口建立连接。

e) 通过 OROCOS 的 start 方法, 运行总控模块, 总控模块将先调用 StartHook()函数, 然后按预设刷新频率, 实时地周期性调用 UpdateHook()函数。

2、对于算法模块:

算法模块使用 ROS 的 `orocreate-catkin-pkg` 方法创建 ROS 的 Package，记为 `Ec_control_loop`，然后在 Package 中，通过继承 OROCOS 的 `RTT::TaskContext` 类，记为 `Ec_control_loop_component`。

(1) 在 `Ec_control_loop_component` 类的构造函数中，设置为执行如下操作：

- 5 a) 算法模块利用 OROCOS 的 `RTT::Input` 与 `RTT::Output` 方法，对输入，输出接口进行定义。

其中输入的接口包括：

- ①通信管理模块传入的电机运行数据；
- ②通信管理模块传入的诊断数据；
- 10 ③设备状态机的状态；
- ④控制器状态机的状态；

输出的接口包括：

- ①电机控制指令数据，输出给设备通信模块；
- ②设备状态机事件触发，输出给设备状态机；
- 15 ③控制器状态机事件触发，输出给控制器状态机。

b) 利用 OROCOS 的 `Operational Caller` 方法设置函数调用接口，设置事件报告的接口：该接口将触发总控模块的事件报告处理函数设置各种运动规划的返回原点指令响应函数。

c) 调用 OROCOS 的 `Properties` 方法定义算法模块的属性，算法模块定义一个机械臂关节个数的属性。

- 20 (2) 在 `Ec_control_loop_component` 的 `StartHook()` 成员函数中，设置为执行如下操作：

a) 检查日志报告是否正常，若异常直接退出，并将相关信息通过事件报告接口传递给总控模块处理；

b) 检查电机运行数据通道是否有数据，若无数据直接退出，并将相关信息通过事件报告接口传递给总控模块处理。

- 25 (3) 对于 `Ec_control_loop_component` 类的 `UpdateHook()` 成员函数，设置该函数在算法模块运行时，按照用户设定的频率实时运行（如设为 100Hz），可以设置为执行如下操作：

- a) 读取控制器状态机状态；
- b) 根据控制器状态机的不同状态，执行不同操作：

I、如果是点到点运动，直线运动，圆弧运动，手动示教，急停，回到原点状态。此

时，执行如下操作：

如果指令缓冲区的控制指令个数小于 20 个，则将所有指令一起发送给通信管理模块，并将控制器状态机的状态改变为等待指令输入状态；

如果指令缓冲区的控制指令个数大于 20 个，则取指令队列末尾的 20 个，发送给通信管理模块；

II、如果是暂停状态，则什么也不做。

(4) 对于 Ec_control_loop_component 类，定义点到点运动，直线运动，圆弧运动，手动示教，急停，回到原点，暂停，恢复等函数调用接口，实现如下：

a) 点到点运动，直线运动，圆弧运动，手动示教，回到原点的函数，内部实现如下：

10 检查控制器状态机是否处于等待指令输入状态。如果不是则退出，并将相关信息通过事件报告接口传递给总控模块处理；

读取电机的当前的状态信息；

依据电机的当前状态，分别调用点到点运动，直线运动，圆弧运动，手动示教，回到原点的运动规划，并将生成的电机控制指令保存到指令缓冲区；

15 将控制器状态机设为相应的状态。比如点到点运动回调函数，则将控制器状态机设为点到点运动状态。

b) 暂停函数，内部实现如下：

检查控制器状态机是否是点到点运动，直线运动，圆弧运动，手动示教，回到原点等状态。如果不是则退出，并将相关信息通过事件报告接口传递给总控模块进行处理；

20 记录当前控制器状态机的当前状态，并将控制器状态机的状态转变为暂停状态。

c) 恢复函数，内部实现如下：

检查控制器状态机是否是暂停状态。如果不是则退出，并将相关信息通过事件报告接口传递给总控模块处理；

将控制器状态机的状态转变为暂停前的状态。

25 d) 急停函数，内部实现如下：

I、检查控制器状态机是否是点到点运动，直线运动，圆弧运动，手动示教，回到原点等状态。如果不是则退出，并将相关信息通过事件报告接口传递给总控模块处理；

II、读取电机的当前的状态信息；

III、将电机控制指令缓冲区清零；

IV、调用速度规划运动规划，让电机以最短时间，速度降为 0，并将生成的电机控制指令保存到指令缓冲区。

(5) 使用 Lua 语言，编写算法模块的启动文件，设置为执行如下动作：

a) 通过 OROCOS 的 import 方法，加载算法模块；

5 d) 定义算法模块的刷新频率，线程的优先级别；

c) 对算法模块的属性进行赋值；

d) 通过 OROCOS 的 connect 方法，将算法模块的输入，输出接口和总控模块和通信管理模块的接口建立连接。

e) 通过 OROCOS 的 start 方法，运行算法模块，算法模块先调用 StartHook()函数，然后按设置的刷新频率，实时地周期性调用 UpdateHook()函数。

3、对于通信管理模块：

通信管理模块可以通过 linux 主机 minicom 中的 ttyACM0 与 Arm 开发板通信，可以在该 Arm 开发板上运行一个 CANOpen 主站协议，该主站协议可以设置一个指令缓存区，最多可以存储 25 个指令。

15 通信管理模块可以利用 OROCOS 的 RTT::Input 与 RTT::Output 方法与机器人算法模块和总控模块进行通信。

利用 rFSM 软件建立设备状态机，对通信管理模块的业务逻辑进行控制。

通信管理模块利用 OROCOS 的 RTT::Input 与 RTT::Output 方法与设备状态机连接，可改变设备状态机的状态，并读取状态。

20 (1) 通信模块使用 ROS 的 orocreate-catkin-pkg 方法创建为 ROS 的 Package，然后在 Package 中，通过继承 OROCOS 的 RTT::TaskContext 类，创建一个 OROCOS 的实时模块，记为 Ec_component。

在 Ec_component 类的构造函数中，设置为执行如下操作：

a) 通信管理模块利用 OROCOS 的 RTT::Input 与 RTT::Output 方法，对输入，输出接口进行定义。

其中输入的接口包括：

①算法模块传入的控制指令数据；

②设备状态机的状态；

输出的接口包括：

- ①诊断数据，输出至算法模块和总控模块；
- ②电机运行数据和机械臂状态数据，输出给算法模块；
- ③状态机事件触发，输出给设备状态机。

5 b) 利用 OROCOS 的 Operational Caller 方法定义函数调用接口，通信管理模块定义事件报告的接口，通过该接口触发总控模块的事件报告处理函数。

c) 调用 OROCOS 的 Properties 方法定义通信管理模块的属性，通信管理模块定义一个机械臂关节个数的属性。

(2) 在 Ec_component 的 StartHook()成员函数中，设置为执行如下操作：

10 a) 检查日志报告是否正常，若异常直接退出，并将相关信息通过事件报告接口传递给总控模块进行处理；

b) 电机驱动初始化：

I、通过 ttyACM0 与电机驱动器建立通信；

II、电机指令缓冲队列清空；

III、电机使能，如果使能成功，则进行下一步，否则退出；

15 IV、读取电机的位置，计算机器人的机械臂当前状态，包括关节角度，机械臂末端位姿；

c) 机械臂状态初始化：

依据电机位置，判断机械臂是否需要执行回零运动。如果机械臂任一关节角度与零度相差大于 0.01 度，则执行回零运动，调用点到点运动规划，对回零运动进行规划。

20 d) 改变设备状态机的状态：

如果机器人的机械臂需要执行回零运动，则控制设备状态机保持 Init 状态不变；否则，向设备状态机发送“e_nominal”事件，将设备状态机的状态转换为 Active.Nominal。

(3) 对于 Ec_component 的 UpdateHook()成员函数，设置该函数在通信管理模块运行时，以用户设定的频率实时运行（如设为 1KHz），设置为执行如下操作：

25 a) 读取设备状态机状态；

b) 根据设备状态机的不同状态，执行不同操作：

I、如果是 Init 状态，执行机械臂的回零运动。此时，执行如下操作：

读取系统的时钟，依据回零运动轨迹规划结果，计算该时刻电机的运动指令，并将该单条运动指令发送给 CANOpen 主站。

如果运动已回零成功，向设备状态机发送“e_nominal”事件，将设备状态机转换为 Active.Nominal，并将该事件报告给总控模块。

II、如果是 Active.Nominal 状态。此时，执行如下操作：

从控制指令数据的输入通道中，读取控制指令，并存储到电机指令缓冲队列中。

- 5 读取 CANOpen 主站指令缓冲区的现有指令个数，如果小于 10 个，则一次性从电机指令缓冲队列中取出 15 个运动指令发送给 CANOpen 主站。如果电机指令缓冲队列的指令个数小于 15 个，则一次性全部发送给 CANOpen 主站。

III、如果是 Active.Recovery 状态。此时，通信管理模块处于恢复状态。

- 10 此时，依据诊断信息，对系统状态进行恢复，若恢复成功，向设备状态机发送“e_nominal”事件，将设备状态机转换为 Active.Nominal。并将该事件报告给总控模块。

若恢复不成功，给状态机发送“e_fault”事件，状态机转换为 Fault 状态，将该事件报告给总控模块，并直接退出 UpdateHook()。

- 15 IV、如果是 Active.Halt 状态。此时，模块处于暂停状态，执行如下操作：检查控制指令数据的输入通道中是否有新的指令，若有新指令，则读取控制指令，并存储到电机指令缓冲队列中。

V、如果是 Active.Hands 状态。此时，模块处于手控模式，执行如下操作：

读取系统的时钟，依据运动轨迹规划结果，计算该时刻电机的运动指令，并将该单条运动指令发送给 CANOpen 主站。

VI、如果是 Fault 状态，则直接退出 UpdateHook()。

- 20 c) 读取电机状态，根据机械臂的模型计算机臂关节以及末端运动状态信息，并通过输出数据通道，传递给算法模块与总控模块；

d) 检查控制主站是否有错误报告信息，如果有错误信息，则将诊断信息传递给算法模块与总控模块。向设备状态机发送“e_recovery”事件，将设备状态机转换为 Active.Recovery 状态、并将该事件报告给总控模块。

- 25 (4) 对于 Ec_component 的 CleanUpHook()成员函数，该函数在模块结束运行时，自动调用，设置执行如下操作：

a) 关闭电机驱动使能；

b) 关闭电机驱动连接。

(5) 参考图 9 所示，图 9 是设备状态机的状态变化示意图。共有 Init(初始化)、Fault

(中断), Active.Recovery (恢复), Active.Hands (手动示教), Active.Halt (暂停), Active.Nominal (运转) 六个状态。Active.Recovery、Active.Hands、Active.Halt、Active.Nominal 四个状态组成一个 Active (使能) 的状态集合, Active 的状态转移规则, 对四个子状态均有效。

5 (6) 使用 Lua 语言, 编写该模块的启动文件, 该启动文件设置执行如下动作:

a) 通过 OROCOS 的 import 方法, 加载通信管理模块;

b) 定义通信管理模块的刷新频率, 线程的优先级别;

c) 对通信管理模块的属性进行赋值;

10 d) 通过 OROCOS 的 connect 方法, 将通信管理模块的输入, 输出接口和总控模块和算法模等的接口建立连接。

e) 通过 OROCOS 的 start 方法, 运行通信管理模块, 通信管理模块先调用 StartHook() 函数, 然后按定义好的刷新频率, 实时地周期性调用 UpdateHook() 函数。

对于上述总控模块、算法模块和通信管理模块, 设置为当运行后, 如果用户需要中途停止该模块, 同时按键盘的 ctrl 键与 D 键。

15 综上实施例, 基于 ROS 和 OROCOS, 利用 OROCOS 的实时性特点, 保证软件程序的实时性能; 充分利用 ROS 的开放性, 基于 ROS、OROCOS 开发的总控模块、算法模块和通信管理模块进行实时通信, 共同构成一个完整的机器人控制器软件; 进一步建立了控制器状态机和设备状态机, 从而实现对总控模块、通信管理模块的业务逻辑进行有效管理。

20 通过 OROCOS 的 RTT :: Input, RTT :: Output 方法建立总控模块、算法模块和通信管理模块的数据输入、输出通道, 通过 OROCOS 的 Operational Caller 方法定义函数调用接口, 通过 OROCOS 的 Properties 方法定义总控模块、算法模块和通信管理模块的属性。因此, 保证了总控模块、算法模块和通信管理模块之间的独立性与解耦性。

25 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合, 为使描述简洁, 未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述, 然而, 只要这些技术特征的组合不存在矛盾, 都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本发明的保护范围。因此, 本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

1、一种机器人点到点运动控制方法，其特征在于，包括：

接收控制端传送的点到点运动指令；对点到点运动指令进行解析，获取目标关节角度和点到点运动需要的时间；

5 获取机械臂的当前关节角度、当前关节角速度和当前关节角加速度；根据点到点运动需要的时间计算机械臂由当前关节角度运行到目标关节角度经过的第一轨迹，以及分别计算机械臂在所述点到点运动需要的时间内由当前关节角速度和当前关节角加速度降为 0 所经过的第二轨迹和第三轨迹；根据第一轨迹、第二轨迹和第三轨迹得到点到点的运动轨迹；

10 计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度转发至控制主站。

2、根据权利要求 1 所述的机器人点到点运动控制方法，其特征在于，所述计算机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度的步骤包括：

在机械臂开始在所述点到点运动轨迹运动后，统计机械臂的运动时间 t_n ；

15 若所述运动时间满足： $t_n \leq aT$ ，每隔设定时间 τ 依据分别计算一次机械臂每个关节的目标角度、目标角速度和目标角加速度； a 是系数， T 为点到点运动需要的时间；

若运动时间 t_n 满足： $aT < t_n < T$ ，将标志位更改为过渡状态，将控制器状态机状态设定为准备状态；

若运动时间 t_n 满足： $t_n \geq T$ ，点到点运动结束，将标志位更改为等待状态。

20 3、根据权利要求 1 所述的机器人点到点运动控制方法，其特征在于，所述点到点的运动轨迹计算公式为：

$$S(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$$

$$a_0 = \theta_0$$

$$a_1 = \dot{\theta}_0 T$$

$$25 \quad a_2 = 0.5 \ddot{\theta}_0 T^2$$

$$a_3 = 10(\theta_1 - \theta_0) - 4(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T + 0.5(\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 - 10\dot{\theta}_0 T - \ddot{\theta}_0 T^2$$

$$a_4 = -15(\theta_1 - \theta_0) + 7(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T - (\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 + 15\dot{\theta}_0 T + 0.5\ddot{\theta}_0 T^2$$

$$a_5 = 6(\theta_1 - \theta_0) - 3(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_0)T + 0.5(\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_0)T^2 - 6\dot{\theta}_0 T$$

式中， $S(t)$ 是五次多项式， t 是运行时间； a_i , $i=1, \dots, 5$ 是系数。

4、根据权利要求3所述的机器人点到点运动控制方法，其特征在于，所述机械臂关节的目标角度、目标角速度和目标角加速度的计算公式为：

$$\theta_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$$

$$\dot{\theta}_t = a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2 + 4a_4 t^3 + 5a_5 t^4$$

$$\ddot{\theta}_t = 2a_2 + 6a_3 t + 12a_4 t^2 + 20a_5 t^3$$

式中，任意时刻 t 时的关节角位置 θ_t 、角速度 $\dot{\theta}_t$ 和角加速度 $\ddot{\theta}_t$ 。

5、根据权利要求2所述的机器人点到点运动控制方法，其特征在于，在过渡状态下，若有新指令输入，则启动过渡运动规划；若没有新指令输入，则每隔设定时间 τ 计算一次机械臂每个关节的目标角度、目标角速度和目标角加速度，并发送给设备通信软件。

6、根据权利要求1所述的机器人点到点运动控制方法，其特征在于，利用预设的通信协议并以异步远程过程调用的方式接收点到点运动指令。

7、根据权利要求1所述的机器人点到点运动控制方法，其特征在于，在调用所述点到点运动规划函数后，实时读取机械臂关节的当前状态下的关节角度、关节角速度和关节角加速度，并根据所述关节角度、关节角速度和关节角加速度和点到点运动指令计算点到点的运动轨迹。

8、根据权利要求1所述的机器人点到点运动控制方法，其特征在于，还包括：

在调用点到点运动规划函数前，所述点到点运动执行函数判断控制器状态机是否为准备状态；

若是，通过OROCOS的Operational Caller方法调用所述点到点运动规划函数，并将控制器状态机切换为执行点到点运动状态；若否，则拒绝执行此次指令。

9、根据权利要求8所述的机器人点到点运动控制方法，其特征在于，还包括：

在调用点到点运动规划函数后，根据所述点到点运动规划函数执行点到点运动规划流程，并检查控制器状态机是否为执行点到点运动状态；若是，执行所述计算点到点的运动轨迹的步骤，否则，退出执行流程。

10、一种机器人点到点运动控制系统，其特征在于，包括：总控模块、算法模块和通信管理模块；

所述总控模块，用于接收控制端传送的点到点运动指令；

所述算法模块，用于对点到点运动指令进行解析，获取目标关节角度和点到点运动需要的时间；获取机械臂的当前关节角度、当前关节角速度和当前关节角加速度；根据点到

点运动需要的时间计算机机械臂由当前关节角度运行到目标关节角度经过的第一轨迹，以及分别计算机机械臂在所述点到点运动需要的时间内由当前关节角速度和当前关节角加速度降为 0 所经过的第二轨迹和第三轨迹；根据第一轨迹、第二轨迹和第三轨迹得到点到点的运动轨迹；以及计算机机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、

5 目标角速度和目标角加速度；

所述通信管理模块，用于将机械臂各个关节在所述点到点运动轨迹上运行的各个位置的目标角度、目标角速度和目标角加速度转发至控制主站。

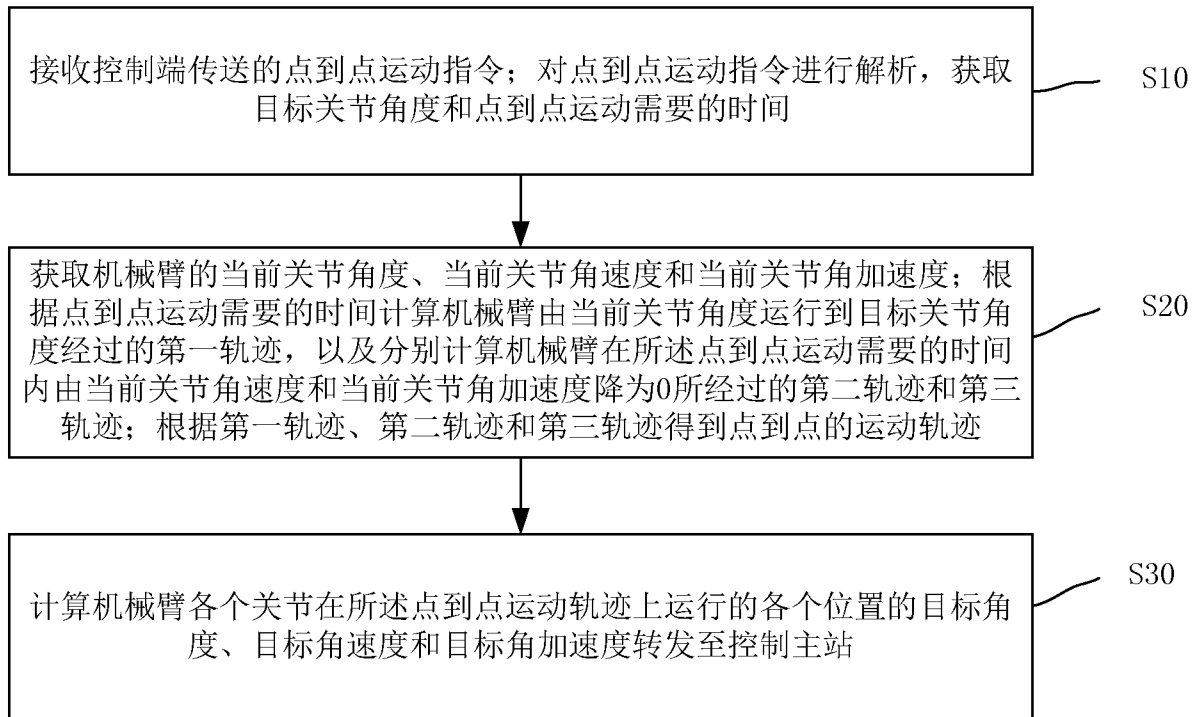


图 1

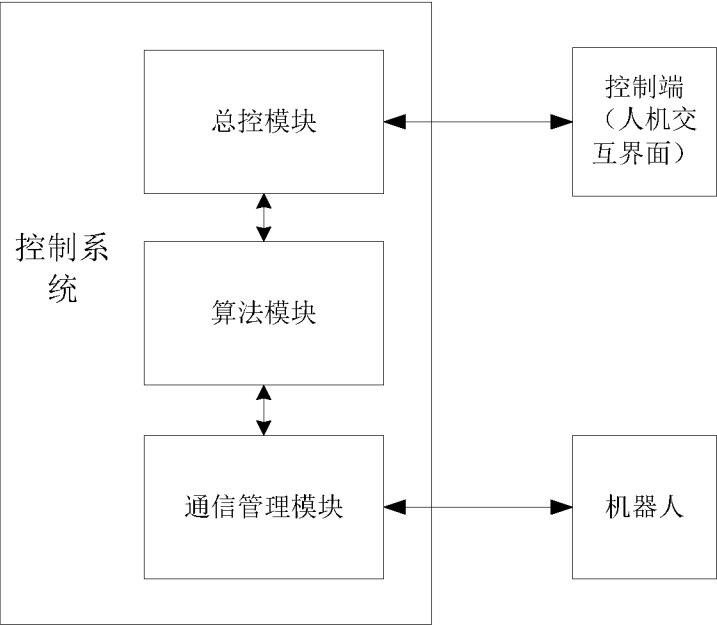


图 2

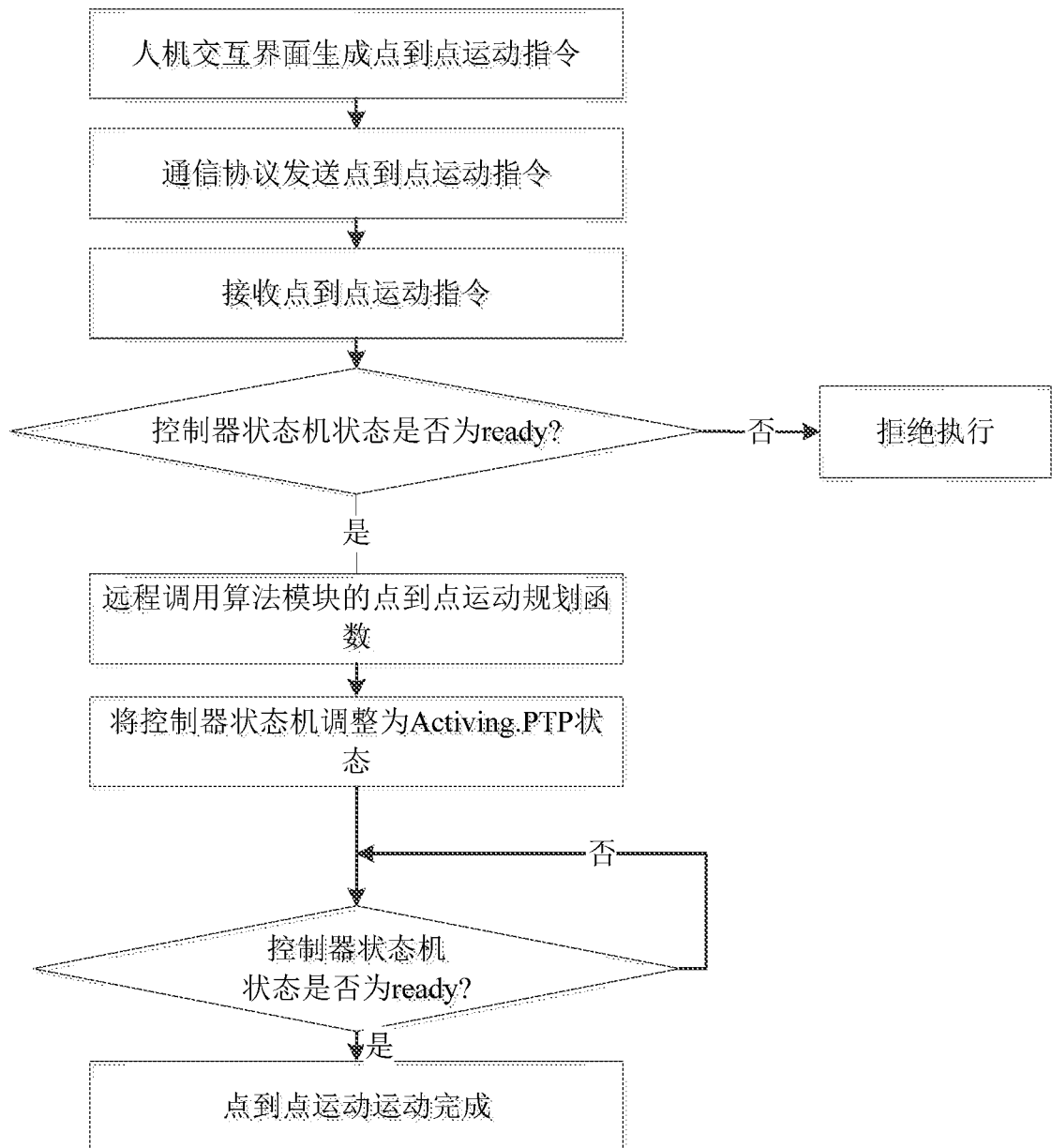


图 3

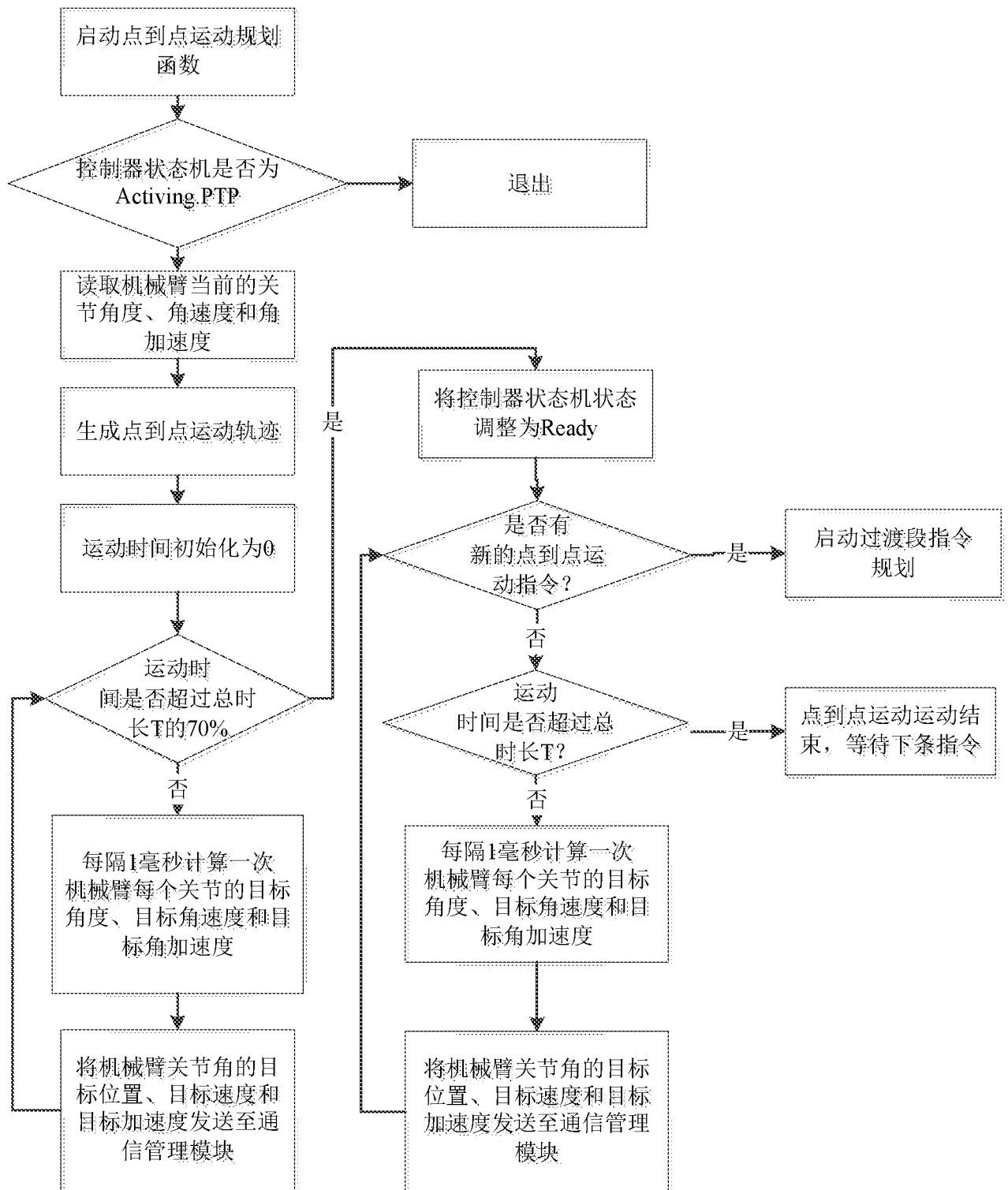


图 4

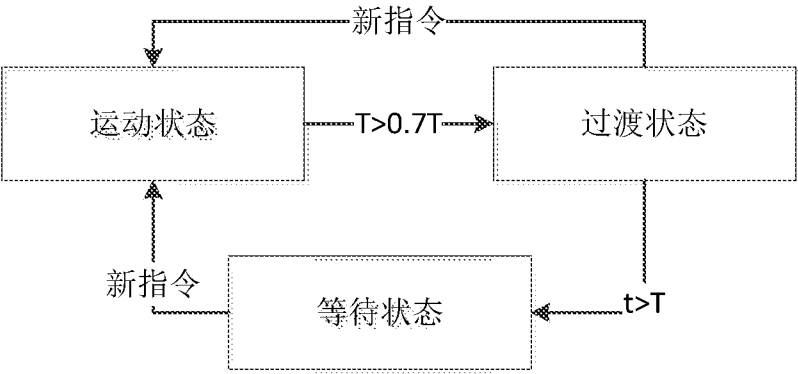


图 5

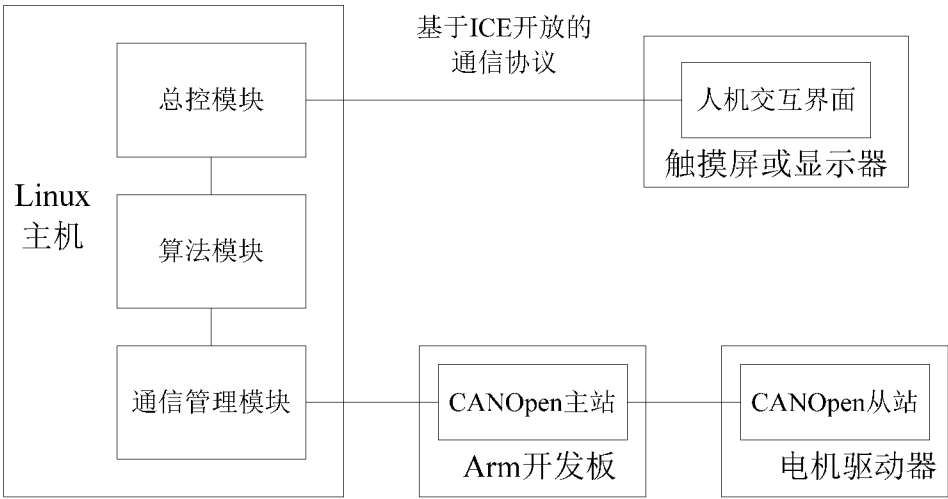


图 6

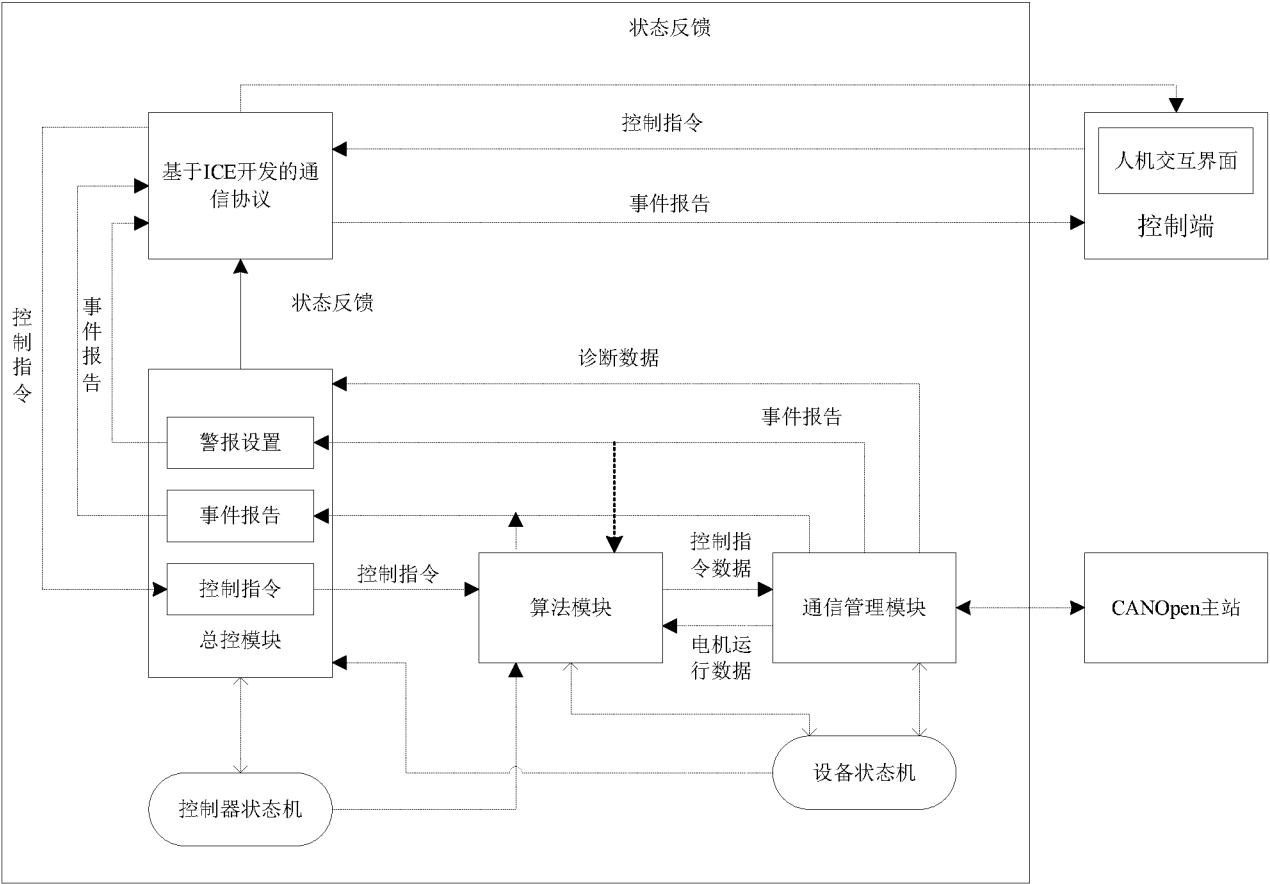


图 7

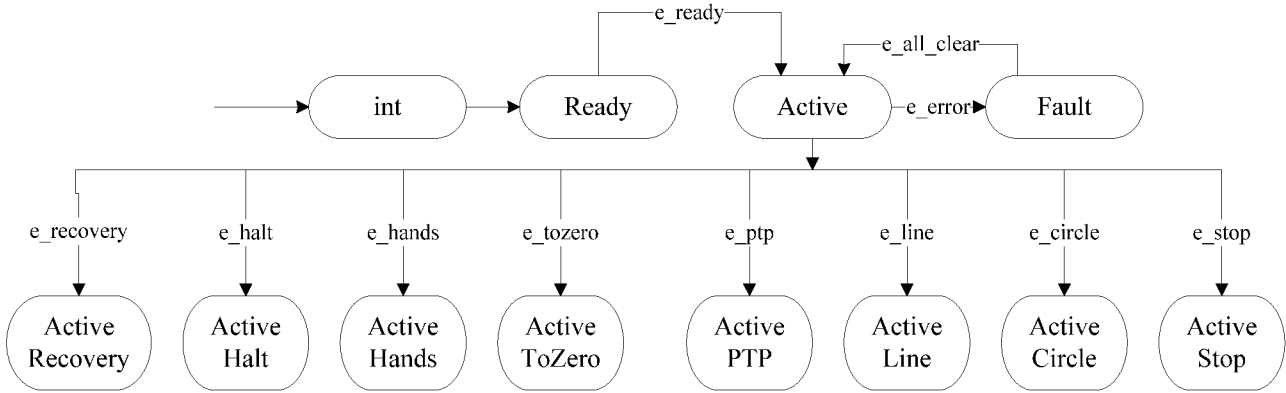


图 8

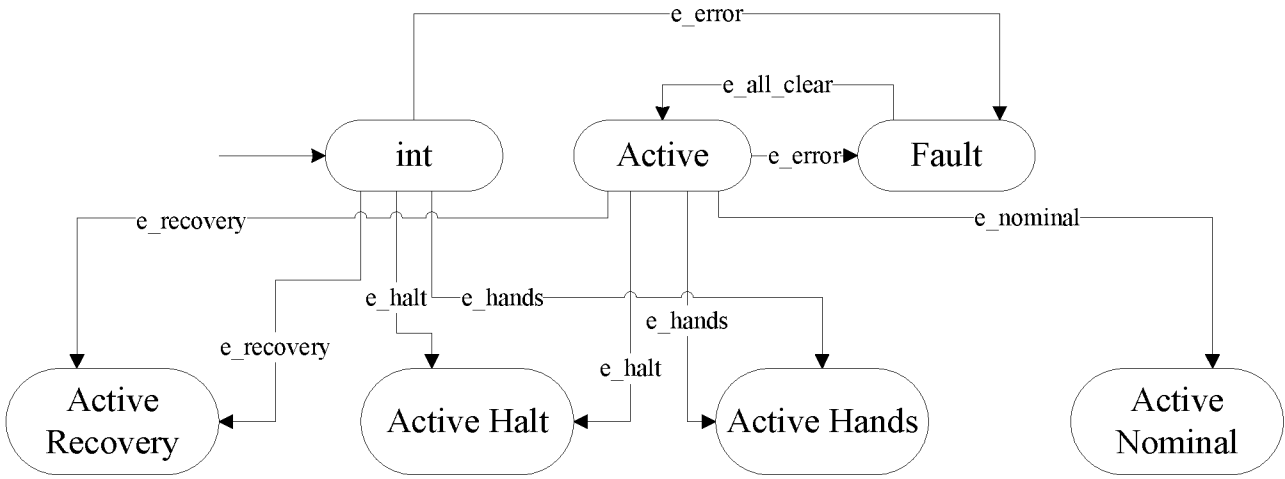


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/103436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 9/16 (2006.01) i; B25J 13/00 (2006.01) 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)

B25J, G05B, 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, DWPI, SIPOABS, CNKI, 机器人, 点到点, 轨迹, 运动, 路径, 机械臂, 关节, 角度, 角速度, 角加速度, 控制; robot, point to point, track, route, arm, joint, angle, angular speed, acceleration, control

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106985140 A (GUANGZHOU CVT ELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.), 28 July 2017 (28.07.2017), see claims 1-10	1-10
A	CN 105922265 A (GUANGZHOU CVT ELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.), 07 September 2016 (07.09.2016), see description, paragraphs 51-71 and 134-149, and figures 1 and 11	1-10
A	CN 103853043 A (BEIJING A&E PRECISION MACHINERY CO., LTD.), 11 June 2014 (11.06.2014), see entire document	1-10
A	CN 106166749 A (BEIJING INSTITUTE OF CONTROL ENGINEERING), 30 November 2016 (30.11.2016), see entire document	1-10
A	CN 106327952 A (SHANGHAI STEP ELECTRIC CORPORATION et al.), 11 January 2017 (11.01.2017), see entire document	1-10
A	CN 106041941 A (GUANGZHOU CVT ELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.), 26 October 2016 (26.10.2016), see entire document	1-10
A	EP 2636493 A2 (CANON KK), 11 September 2013 (11.09.2013), see entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 27 December 2017	Date of mailing of the international search report 23 January 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Ying Telephone No. (86-10) 62085335

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/103436

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106985140 A	28 July 2017	None	
CN 105922265 A	07 September 2016	None	
CN 103853043 A	11 June 2014	CN 103853043 B	22 February 2017
CN 106166749 A	30 November 2016	CN 106166749	30 November 2016
CN 106327952 A	11 January 2017	None	
CN 106041941 A	26 October 2016	None	
EP 2636493 A2	11 September 2013	CN 103302666 B	02 March 2016
		CN 103302666 A	18 September 2013
		JP 6000579 B2	28 September 2016
		US 2013238128 A1	12 September 2013
		US 9026234 B2	05 May 2015
		JP 2013186088 A	19 September 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/103436

A. 主题的分类

B25J 9/16(2006.01)i; B25J 13/00(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, G05B, 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, DWPI, SIPOABS, CNKI, 机器人, 点到点, 轨迹, 运动, 路径, 机械臂, 关节, 角度, 角速度, 角加速度, 控制; robot, point to point, track, route, arm, joint, angle, angular speed, acceleration, control

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
PX	CN 106985140 A (广州视源电子科技有限公司) 2017年 7月 28日 (2017 - 07 - 28) 参见权利要求1-10	1-10
A	CN 105922265 A (广州视源电子科技有限公司) 2016年 9月 7日 (2016 - 09 - 07) 参见说明书第51-71段、第134-149段及附图1、11	1-10
A	CN 103853043 A (北京配天大富精密机械有限公司) 2014年 6月 11日 (2014 - 06 - 11) 参见全文	1-10
A	CN 106166749 A (北京控制工程研究所) 2016年 11月 30日 (2016 - 11 - 30) 参见全文	1-10
A	CN 106327952 A (上海新时达电气股份有限公司 等) 2017年 1月 11日 (2017 - 01 - 11) 参见全文	1-10
A	CN 106041941 A (广州视源电子科技有限公司) 2016年 10月 26日 (2016 - 10 - 26) 参见全文	1-10
A	EP 2636493 A2 (CANON KK) 2013年 9月 11日 (2013 - 09 - 11) 参见全文	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

“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

2017年 12月 27日

国际检索报告邮寄日期

2018年 1月 23日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(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

受权官员

王莹

电话号码 (86-10)62085335

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/103436

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	106985140	A	2017年 7月 28日	无			
CN	105922265	A	2016年 9月 7日	无			
CN	103853043	A	2014年 6月 11日	CN	103853043	B	2017年 2月 22日
CN	106166749	A	2016年 11月 30日	CN	106166749		2016年 11月 30日
CN	106327952	A	2017年 1月 11日	无			
CN	106041941	A	2016年 10月 26日	无			
EP	2636493	A2	2013年 9月 11日	CN	103302666	B	2016年 3月 2日
				CN	103302666	A	2013年 9月 18日
				JP	6000579	B2	2016年 9月 28日
				US	2013238128	A1	2013年 9月 12日
				US	9026234	B2	2015年 5月 5日
				JP	2013186088	A	2013年 9月 19日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)