



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105899112 B

(45)授权公告日 2018.07.06

(21)申请号 201480072695.2

(22)申请日 2014.12.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105899112 A

(43)申请公布日 2016.08.24

(30)优先权数据

61/925,776 2014.01.10 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.07.08

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/072823 2014.12.30

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/105712 EN 2015.07.16

(73)专利权人 艾罗伯特公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 M·施尼特曼 T·W·布什曼

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 王允方

(51)Int.Cl.

A47L 9/28(2006.01)

G05D 1/10(2006.01)

B25J 13/08(2006.01)

(56)对比文件

US 7761954 B2, 2010.07.27, 说明书第20栏、第29栏、第75-78栏.

US 2009/0281661 A1, 2009.11.12, 说明书第9-38栏.

CN 103054516 A, 2013.04.24, 全文.

US 6883201 B2, 2005.04.26, 说明书第6-7栏、第12-13栏、第18栏、第27-28栏.

CN 103037744 A, 2013.04.10, 全文.

审查员 密雅荣

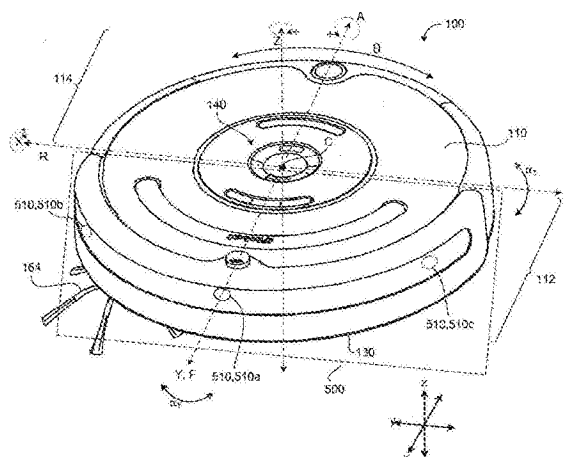
权利要求书3页 说明书15页 附图20页

(54)发明名称

自主移动机器人

(57)摘要

一种自主移动机器人(100)包含机器人主体(110)、驱动系统(120)、传感器系统(500)及控制器(120)。所述驱动系统支撑所述机器人主体且在地板表面(10)上操纵所述机器人。所述传感器系统包含用于测量所述机器人的姿势的惯性测量单元(510d)且发布传感器信号,所述传感器信号包含具有关于所述机器人的姿势的信息的数据。行为系统(210a)从所述传感器系统接收所述传感器信号且执行行为(300)。所述行为系统响应于传感器信号指示所述机器人受到约束而执行防停滞行为(300a)以评估约束状态。另外,所述行为系统响应于传感器信号指示所述机器人相对于重力方向倾斜而执行防倾斜行为(310b)以评估倾斜状态。



1. 一种自主移动机器人(100), 其包括:
驱动系统(120), 其经配置以在地板表面(10)上操纵所述机器人(100);
传感器系统(500), 其包括轮编码器(121a、121b)及经配置用于测量所述机器人(100)的姿势的惯性测量单元(510d), 所述传感器系统(500)经配置用于发布指示所述机器人(100)的所述姿势的传感器(510)信号; 及
控制器(150), 其与所述驱动系统(120)及所述传感器系统(500)通信,
其中所述控制器(150)经配置以控制所述驱动系统(120)响应于至少一个传感器(510)信号指示所述机器人(100)受到约束而执行防停滞行为(300a);
其中所述驱动系统(120)经配置响应于至少一个传感器(510)信号指示所述机器人(100)相对于重力方向倾斜而执行防倾斜行为(300b); 且
其中所述驱动系统(120)结合所述传感器系统(500)经配置通过执行具有第一摆动角度(θ)的第一摆动命令而评估约束状态, 所述第一摆动命令包括沿以所述第一摆动角度(θ)相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动的驱动命令。
2. 根据权利要求1所述的机器人(100), 其中当所述控制器(150)从所述惯性测量单元(510d)或所述轮编码器(121a、121b)接收到指示所述机器人(100)未按命令展现摆动驱动运动的至少一个信号时, 所述机器人(100)经配置以执行具有大于所述第一摆动角度(θ)的第二摆动角度(θ)的第二摆动命令。
3. 根据权利要求2所述的机器人(100), 其中当所述惯性测量单元(510d)及/或所述轮编码器(121a、121b)的信号未处于用于指示机器人(100)移动的可允许容限内时, 所述控制器(150)经配置以向所述驱动系统(120)发布防停滞命令。
4. 根据权利要求1所述的机器人(100), 其中所述约束状态包括所述机器人(100)相对于物体(12)进入或处于挤住位置。
5. 根据权利要求4所述的机器人(100), 其中所述至少一个传感器(510)信号包括:
碰撞信号, 其指示所述机器人(100)与所述物体(12)接触; 及
轮下落信号, 其指示所述驱动系统(120)的轮(124a、124b)移动远离机器人主体(110)。
6. 根据权利要求1所述的机器人(100), 其中所述防停滞行为(300a)致使执行使所述机器人(100)远离阻碍物后退或使所述机器人(100)远离所述机器人(100)的经历约束的一侧转向的驱动命令。
7. 根据权利要求6所述的机器人(100), 其中所述防停滞行为(300a)进一步致使执行沿弧形轨迹(600a、600b)驱动所述机器人(100)的驱动命令。
8. 根据权利要求1所述的机器人(100), 其中所述控制器(150)经配置以控制所述驱动系统(120)在所述机器人(100)相对于所述重力方向倾斜达至少阈值时间周期时执行所述防倾斜行为(300b)。
9. 根据权利要求8所述的机器人(100), 其中所述防倾斜行为(300b)在所述机器人(100)相对于所述重力方向及前向驱动方向(F)上仰时致使执行反向驱动命令, 且在所述机器人(100)相对于所述重力方向及所述前向驱动方向(F)下俯时致使执行前向驱动命令。
10. 根据权利要求1所述的机器人(100), 其中所述控制器(150)经配置以控制所述驱动系统(120)在所述机器人(100)相对于所述重力方向倾斜成大于阈值角度(α_T)的角度时执行所述防倾斜行为(300b)。

11. 根据权利要求10所述的机器人(100), 其中所述防倾斜行为(300b)在所述机器人(100)相对于所述重力方向及前向驱动方向(F)上仰时致使执行反向驱动命令, 且在所述机器人(100)相对于所述重力方向及所述前向驱动方向下俯时致使执行前向驱动命令。

12. 根据权利要求1所述的机器人(100), 其进一步包括安置于所述机器人(100)的底表面(116)上在所述驱动系统(120)的轮(124a、124b)前向的机械开关(530), 所述机械开关(530)在障碍物(18)接触所述机械开关(530)时被激活。

13. 根据权利要求12所述的机器人(100), 其中所述控制器(150)经配置以控制所述驱动系统(120)在所述机械开关(530)被激活时执行停滞行为(300、300m)。

14. 根据权利要求13所述的机器人(100), 其进一步包括用于清洁或处理所述地板表面(10)的清洁系统(160)。

15. 根据权利要求14所述的机器人(100), 其中所述控制器(150)经配置以控制所述驱动系统(120)在所述机械开关(530)被激活且所述传感器系统(500)检测到运动时执行防摄入行为(300c), 所述防摄入行为(300c)致使发布用于停止清洁行为(300e)的清洁停止命令且发布具有所述第一摆动角度(θ)的所述第一摆动命令。

16. 根据权利要求15所述的机器人(100), 其中所述控制器(150)经配置以控制所述驱动系统(120)在所述控制器(150)从所述传感器系统(500)接收到指示所述机器人(100)的所述轮(124a、124b)以小于停转阈值速率的停转速率停转的信号时执行轮挤塞行为(300d), 所述轮挤塞行为(300d)致使发布用于释放所述机器人(100)的停转的所述轮(124a、124b)的所述摆动命令。

17. 根据权利要求15所述的机器人(100), 其进一步包含驱动辊刷(162), 所述驱动辊刷(162)平行于横向X轴延伸且经配置以接触地板表面(10), 所述驱动辊刷(162)经配置以沿第一方向围绕所述X轴旋转, 其中所述防摄入行为(300c)致使偏置所述辊刷(162)以沿与所述第一方向相反的第二方向被动地旋转。

18. 根据权利要求1所述的机器人(100), 其中所述传感器系统(500)包含以下各项中的至少一者: 障碍物检测障碍物避开传感器(150)、通信传感器(150)、导航传感器(150)、接近度传感器(150)、接触传感器(150)、相机(150)、声纳(150)、雷达(150)、LIDAR(150)或LADAR(150)。

19. 一种用于自主移动机器人(100)的控制系统(210), 所述控制系统(210)包括:

控制仲裁系统(210b), 其经配置以在计算处理器(152)上执行且向所述机器人(100)的资源(240)发布命令;

驱动系统(120), 其包括右驱动轮(124a)及左驱动轮(124b), 所述驱动系统(120)经配置以在地板表面(10)上操纵所述机器人(100);

传感器系统(500), 其包括经配置以跟踪所述右驱动轮(124a)及所述左驱动轮(124b)的旋转的轮编码器(121a、121b)及经配置以测量所述机器人(100)的姿势的惯性测量单元(510d), 所述传感器系统(500)经配置以发布指示所述机器人(100)的所述姿势的至少一个传感器(510)信号; 及

控制器(150), 其与所述驱动系统(120)及所述传感器系统(500)通信,

其中所述驱动系统(120)经配置以响应于至少一个传感器(510)信号指示所述机器人(100)受到约束而执行防停滞行为(300a);

其中所述驱动系统(120)经配置以响应于至少一个传感器(510)信号指示所述机器人(100)相对于重力方向倾斜而执行防倾斜行为(300b);且

其中所述驱动系统(120)结合所述传感器系统(500)经配置以通过执行具有第一摆动角度(θ)的第一摆动命令而评估约束状态,所述第一摆动命令包括沿以所述第一摆动角度(θ)相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动的驱动命令。

20.根据权利要求19所述的控制系统(210),其中当所述控制器(150)经配置以从所述惯性测量单元(510d)或所述轮编码器(121a、121b)接收到指示所述机器人(100)未按命令展现摆动驱动运动的至少一个信号时,所述机器人(100)经配置以执行具有大于所述第一摆动角度(θ)的第二摆动角度(θ)的第二摆动命令。

21.一种操作自主移动机器人(100)的方法(1400),所述方法(1400)包括:

在计算处理器(152)处从所述机器人(100)的传感器系统(500)接收传感器(510)信号,所述传感器(510)信号包含里程计信号及指示所述机器人(100)的姿势的惯性测量信号;及

在所述计算处理器(152)上执行用于驱动系统的控制信号,所述驱动系统经配置以执行:

响应于至少一个所述传感器(510)信号指示所述机器人(100)受到约束而做出防停滞行为(300a);

响应于至少一个所述传感器(510)信号指示所述机器人(100)相对于重力方向倾斜而做出防倾斜行为(300b);及

第一摆动行为包括沿以第一摆动角度(θ)相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动以评估约束状态。

自主移动机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及自主移动机器人停滞检测。

背景技术

[0002] 真空清洁器通常使用空气泵来形成用于通常从地板且任选地也从其它表面提升灰尘及尘埃的部分真空。真空清洁器通常将尘埃收集于灰尘袋或旋风集尘器中以供稍后处置。在家庭中以及在工业中使用的真空清洁器以多种大小及型号存在,例如小型电池操作手持式装置、家用中央真空清洁器、可在倒空之前处置数百公升灰尘的大型固定工业器具及用于回收大量溢出物或移除经污染土壤的自推进真空卡车。

[0003] 自主机器人真空清洁器在正常操作条件下通常导航通过居住空间及常见障碍物同时在地板上进行真空吸尘。自主机器人真空清洁器通常包含允许其避开例如墙壁、家具或楼梯等障碍物的传感器。机器人真空清洁器可在其碰到障碍物时变更其驱动方向(例如,转向或后退)。机器人真空清洁器还可在检测到地板上的异常污点时变更驱动方向或驱动模式。

发明内容

[0004] 本发明的一个方面提供一种自主移动机器人,其包含机器人主体、驱动系统、传感器系统及控制器。所述机器人主体界定前向驱动方向。所述驱动系统支撑所述机器人主体且经配置以在地板表面上操纵所述机器人。所述传感器系统包含轮编码器及用于测量所述机器人的姿势的惯性测量单元且发布传感器信号。所述传感器信号指示所述机器人的所述姿势。所述控制器与所述驱动系统及所述传感器系统通信且具有执行行为系统的计算处理器。所述行为系统从所述传感器系统接收所述传感器信号且基于所述传感器信号而执行至少一个行为。所述行为系统任选地响应于传感器信号指示所述机器人受到约束而执行防停滞行为以评估约束状态。另外,所述行为系统任选地响应于传感器信号指示所述机器人相对于重力方向倾斜而执行防倾斜行为以评估倾斜状态。在一些实例中,所述行为系统任选地响应于传感器信号指示所述机器人挤住于障碍物下方而执行防挤住行为。

[0005] 本发明的实施方案可包含以下任选特征中的一或多者。在一些实施方案中,所述控制系统在计算处理器上执行且包含向所述机器人的资源发布命令的控制仲裁系统。所述控制系统可致使执行具有摆动角度的摆动命令。所述摆动命令包含沿以所述摆动角度相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动的驱动命令。另外,如果所述控制器接收到指示所述机器人不执行具有第一摆动角度的第一摆动命令的传感器信号,那么所述控制器致使执行具有大于所述第一摆动角度的第二摆动角度的第二摆动命令。另外,当所述惯性测量单元及/或所述轮编码器的信号未处于用于指示机器人移动的可允许容限内时,所述控制器向所述驱动系统发布防停滞命令。

[0006] 在一些实例中,所述约束状态包含所述机器人相对于物体进入或处于挤住位置。另外,所述传感器信号可包含:碰撞信号,其指示所述机器人与所述物体接触;及轮下落信

号,其指示所述驱动系统的轮移动远离所述机器人主体。

[0007] 在一些实施方案中,所述防停滞行为致使执行使所述机器人远离障碍物后退或使所述机器人远离所述机器人的经历约束(例如,处于扭转状态中)的一侧转向的驱动命令。另外,所述防停滞行为可进一步致使执行沿弧形轨迹驱动所述机器人的驱动命令。

[0008] 在一些实施方案中,所述行为系统在所述机器人相对于所述重力方向倾斜达至少阈值时间周期时执行倾斜行为。所述防倾斜行为可在所述机器人相对于所述重力方向及所述前向驱动方向上仰时致使执行前向驱动命令。此外,所述防倾斜行为可在所述机器人相对于所述重力方向及所述前向驱动方向下俯时致使执行反向驱动命令。

[0009] 在一些实施方案中,所述行为系统在所述机器人相对于所述重力方向倾斜成大于阈值角度的角度时执行所述防倾斜行为。所述防倾斜行为可在所述机器人相对于所述重力方向及所述前向驱动方向上仰时致使执行前向驱动命令,且可在所述机器人相对于所述重力方向及所述前向驱动方向下俯时致使执行反向命令。在一些实施方案中,所述传感器系统包含以下各项中的至少一者:障碍物检测障碍物避开(ODOA)传感器、通信传感器、导航传感器、接近度传感器、接触传感器、相机、声纳、雷达、LIDAR或LADAR。

[0010] 在一些实施方案中,所述自主移动机器人进一步包含安置于所述机器人的底表面上且在所述驱动系统的驱动轮前向的机械开关。所述机械开关在与障碍物或物体接触时即刻激活。所述行为系统可在所述机械开关被激活且所述传感器系统检测到固定不动的机器人时执行停滞行为。

[0011] 在一些实例中,所述自主移动机器人进一步包含用于清洁或处理所述地板表面的清洁系统。所述行为系统可在所述机械开关被激活且所述传感器系统检测到运动时执行防摄入行为。所述防摄入行为致使发布用于停止清洁行为的清洁停止命令且发布具有摆动角度的摆动命令。所述摆动命令包含沿以所述摆动角度相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动的驱动命令。另外或替代地,所述行为系统可在所述控制器从所述传感器系统接收到指示所述机器人的所述轮以小于停转阈值的停转速率停转的信号时执行轮挤塞行为。所述轮挤塞行为致使发布用于释放所述机器人的经停转轮的所述摆动命令。所述机器人可进一步包含驱动辊刷,所述驱动辊刷平行于横向轴X延伸且由所述机器人主体以可旋转方式支撑以接触地板表面。所述驱动辊刷沿第一方向围绕所述X轴旋转。所述防摄入行为致使偏置所述辊刷以沿与所述第一方向相反的第二方向被动地旋转,举例来说,以允许经缠绕的绳在所述机器人后退离开或驱动离开时从所述辊刷退绕。

[0012] 本发明的另一方面提供一种用于自主移动机器人的控制系统。所述控制系统包含控制仲裁系统、驱动系统、传感器系统及控制器。所述控制仲裁系统在计算处理器上执行且向所述机器人的资源发布命令。所述驱动系统包含右及左驱动轮。另外,所述驱动系统支撑所述机器人主体且经配置以在地板表面上操纵所述机器人。所述传感器系统包含跟踪两个驱动轮的旋转的轮编码器及测量所述机器人的姿势的惯性测量单元。所述传感器系统发布指示所述机器人的所述姿势的传感器信号。所述控制器与所述驱动系统及所述传感器系统通信。另外,所述控制器具有执行行为系统的计算处理器。所述行为系统从所述传感器系统接收所述传感器信号且基于所述传感器信号而执行至少一个行为。所述行为系统任选地响应于传感器信号指示所述机器人受到约束而执行防停滞行为以评估约束状态,且任选地响应于传感器信号指示所述机器人相对于重力方向倾斜而执行防倾斜行为以评估倾斜状态。

[0013] 本发明的另一方面提供一种操作自主移动机器人的方法。所述方法包含在计算处理器处从传感器系统接收传感器信号。所述传感器信号包含所述机器人的惯性测量或角定向。所述方法还包含在所述计算处理器上执行行为系统。所述行为系统从所述传感器系统接收所述传感器信号且基于所述传感器信号而执行至少一个行为。所述行为系统响应于传感器信号指示所述机器人受到约束而执行防停滞行为以评估约束状态。另外，所述行为系统响应于传感器信号指示所述机器人相对于重力方向倾斜而执行防倾斜行为以评估倾斜状态。

[0014] 在一些实施方案中，所述防停滞行为包含发布具有摆动角度的摆动命令。所述摆动命令包含沿以所述摆动角度相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动的驱动命令。所述方法可进一步包含在计算处理器处从所述传感器系统接收第二传感器信号。如果所述第二传感器信号指示所述机器人为固定不动的、在执行具有第一摆动角度的第一摆动命令之后不执行，那么所述防停滞行为驱动系统发布具有大于所述第一摆动角度的第二摆动角度的第二摆动命令，且所述传感器系统监测机器人惯性姿势及轮旋转的传感器。如果所述传感器信号未处于容限内，那么所述机器人执行防停滞行为。

[0015] 在一些实例中，所述方法包含在所述机器人相对于所述重力方向倾斜达至少阈值时间周期时执行所述防倾斜行为。所述方法可包含在所述机器人相对于所述重力方向及所述前向驱动方向上仰时执行前向驱动命令，且在所述机器人相对于所述重力方向及所述前向驱动方向下俯时执行反向驱动命令。

[0016] 在一些实例中，所述方法包含在所述机器人相对于所述重力方向倾斜成大于阈值角度的角度时执行所述防倾斜行为。所述方法可包含在所述机器人相对于所述重力方向及所述前向驱动方向上仰时执行前向驱动命令，且在所述机器人相对于所述重力方向及所述前向驱动方向下俯时执行反向命令。

[0017] 在一些实施方案中，所述方法进一步包含激活安置于所述机器人的底表面上在驱动系统的轮前向的机械开关，所述机械开关在障碍物接触所述机械开关时被激活。另外，所述方法可包含在所述机械开关被激活且所述传感器系统检测到固定不动的机器人时执行停滞行为。

[0018] 在一些实施方案中，所述方法包含使用清洁系统清洁或处理所述地板表面。所述方法可包含在所述机械开关被激活且所述传感器系统检测到运动时执行防摄入行为。所述防摄入行为致使发布用于停止清洁行为的清洁停止命令且发布具有摆动角度的摆动命令。所述摆动命令包含沿以所述摆动角度相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动的驱动命令。在一些实例中，所述方法包含在所述控制器从信号系统接收到指示所述机器人的轮以小于停转阈值的停转速率停转的信号时执行轮挤塞行为。所述轮挤塞行为致使发布用于释放所述机器人的经停转轮的所述摆动命令。

[0019] 在附图及以下说明中陈述本发明的一或多个实施方案的细节。依据说明及图式且依据权利要求书，其它方面、特征及优点将显而易见。

附图说明

[0020] 图1是示范性自主移动机器人的透视图。

[0021] 图2是图1中所展示的示范性自主移动机器人的侧视图。

- [0022] 图3是图1中所展示的示范性自主移动机器人的仰视图。
- [0023] 图4是用于清洁的示范性自主移动机器人的透视图。
- [0024] 图5是用于清洁的示范性自主移动机器人的透视图。
- [0025] 图6A是示范性自主移动机器人的防停滞行为的流程图。
- [0026] 图6B是执行停滞状况躲避行为的示范性自主机器人的透视图。
- [0027] 图6C是处于挤住状态中的示范性自主机器人的侧视图。
- [0028] 图7A及7B是围绕Z轴摆动的示范性自主机器人的透视图。
- [0029] 图8是示范性自主移动机器人的防停滞行为的流程图。
- [0030] 图9A是示范性自主机器人在其横越两个不同地板时的前视图。
- [0031] 图9B是示范性自主机器人在其横越空间时的俯视图。
- [0032] 图10A是示范性自主移动机器人的防倾斜行为的流程图。
- [0033] 图10B是示范性自主移动机器人的防倾斜行为的流程图。
- [0034] 图11A是示范性自主清洁移动机器人的透视图。
- [0035] 图11B是示范性自主清洁移动机器人的前视图。
- [0036] 图12是示范性自主移动机器人的防摄入行为的流程图。
- [0037] 图13是示范性自主移动机器人的轮挤塞行为的流程图。
- [0038] 图14是用于操作自主移动机器人的操作的示范性布置的示意图。
- [0039] 在各图式中,相似的参考符号指示相似的元件。

具体实施方式

[0040] 以可移动方式支撑的自主机器人可导航通过地板表面。在一些实例中,自主机器人可在横越表面的同时清洁所述表面。机器人可通过以下操作从表面移除碎屑:扇动碎屑及/或通过在表面上方施加负压力(例如,部分真空)而从表面提升碎屑,及从表面收集碎屑。

[0041] 参考图1-3,在一些实施方案中,机器人100包含由驱动系统120支撑的主体110,驱动系统120可基于具有(举例来说) x 、 y 及 θ 分量的驱动命令而操纵机器人100跨越地板表面10。机器人主体110具有前向部分112及后向部分114。驱动系统120包含右驱动轮模块120a及左驱动轮模块120b。轮模块120a、120b沿着由主体110界定的横向轴X基本上对置且包含驱动相应轮124a、124b的相应驱动电动机122a、122b。驱动电动机122a、122b可以可释放方式连接到主体110(例如,经由紧固件或免工具连接),其中驱动电动机122a、122b任选地基本上定位于相应轮124a、124b上方。轮模块120a、120b可以可释放方式附接到主体110且由相应弹簧迫使成与清洁表面10啮合。在一些实例中,轮模块120a、120b包含轮编码器121a、121b,轮编码器121a、121b将轮124a、124b的旋转运动转换为指示轮124a、124b的旋转及/或位置的模拟或数字信号。在一些实例中,轮124a、124b分别以可释放方式连接到轮模块120a、120b。轮124a、124b可具有偏置下落式(biased-to-drop)悬挂系统,其改进轮模块120a、120b在光滑地板(例如,硬木材、湿地板)上的牵引。机器人100可包含经安置以支撑机器人主体110的前向部分112的脚轮126。机器人主体110支撑用于给机器人100的任何电组件供电的电源102(例如,电池)。

[0042] 机器人100可通过相对于由主体110界定的如下三个相互垂直轴的移动的各种组

合而移动跨越清洁表面：横向轴X、前后轴Y及中心垂直轴Z。沿着前后轴Y的前向驱动方向标示为F（下文中有时称为“前向”），且沿着前后轴Y的向后驱动方向标示为A（下文中有时称为“后向”）。横向轴X基本上沿着由轮模块120a、120b的中心点界定的轴在机器人100的右侧R与左侧L之间延伸。

[0043] 机器人100可围绕X轴倾斜。当机器人100倾斜到朝南位置时，其朝向后向部分114倾斜（下文中有时称为“上仰”），且当机器人100倾斜到朝北位置时，其朝向前向部分112倾斜（下文中有时称为改变“下俯”）。另外，机器人100围绕Y轴倾斜。机器人100可向Y轴的东侧倾斜（下文中有时称为“右滚”），或机器人100可向Y轴的西侧倾斜（下文中有时称为“左滚”）。因此，机器人100围绕X轴的倾斜的改变为其俯仰的改变，且机器人100围绕Y轴的倾斜的改变为其滚动的改变。另外，机器人100可向右（即，东侧位置）或向左（即，西侧位置）倾斜。在一些实例中，机器人100围绕X轴且围绕Y轴倾斜，从而具有例如东北、西北、东南及西南等倾斜位置。在机器人100正横越地板表面10时，机器人100可围绕其Z轴进行左转或右转（下文中有时称为偏转的改变）。偏转的改变致使机器人100在其正移动时进行左转或右转。因此，机器人100可同时具有其俯仰、滚动或偏转中的一或多者的改变。

[0044] 主体110的前向部分112承载缓冲器130，举例来说，在于清洁例程期间轮模块120a、120b推进机器人100跨越清洁表面时，缓冲器130检测（例如，经由一或多个传感器）机器人100的驱动路径中的一或多个事件。机器人100可通过响应于由缓冲器130检测到的事件（例如，障碍物18、陡壁及/或墙壁20）而控制轮模块120a、120b操纵机器人100（例如，远离障碍物18）来对所述事件做出响应。尽管本文中的一些传感器描述为布置于缓冲器130上，但这些传感器可另外或替代地布置于机器人100上的各种不同位置中的任一者处，包含但不限于机器人的底表面116（例如，机械开关530）。

[0045] 机器人100可包含用于清洁或处理地板表面10的清洁系统160。清洁系统160可包含干式清洁系统160a及/或湿式清洁系统160b。干式清洁系统160a可包含驱动辊刷162（例如，具有刷毛及/或搅拌片），驱动辊刷162平行于横向轴X延伸且由机器人主体110以可旋转方式支撑以接触地板表面10。驱动辊刷162扇动碎屑离开地板表面10且将经扇动碎屑投掷或导引到收集箱163中。清洁系统160还可包含具有相对于地板表面10成角度的旋转轴的侧刷164以用于将碎屑移动到清洁系统160的清洁条带区域中。湿式清洁系统160b可包含流体施涂器166，流体施涂器166沿着横向轴X延伸且将清洁液体施配到表面上。干式清洁系统160a及/或湿式清洁系统160b可包含在清洁表面上进行真空吸尘的一或多个刮刷真空器件168（例如，其间具有经由空气泵施加的部分真空的间隔开的柔性叶片）。

[0046] 安置于主体110的顶部部分上的用户接口140接收一或多个用户命令及/或显示机器人100的状态。用户接口140与由机器人100承载的机器人控制器150通信使得由用户接口140接收的一或多个命令可起始机器人100对清洁例程的执行。控制器150包含与非暂时性存储器154（例如，硬盘、快闪存储器、随机存取存储器）通信的计算处理器152（例如，中央处理单元）。

[0047] 机器人控制器150（执行控制系统210）可执行致使机器人100采取行动（例如以墙壁沿循方式、地板擦洗方式操纵或在检测到障碍物18（例如，椅子18a、桌子18b、沙发18c等等）时改变其行进方向）的行为300。机器人控制器150可通过独立地控制每一轮模块120a、120b的旋转速度及方向而沿任何方向操纵机器人100跨越清洁表面。举例来说，机器人控制

器150可沿前向方向F及反向(向后)方向A操纵机器人100,或者沿向右方向R或向左方向L使机器人100转向。

[0048] 参考图4及5,为了实现可靠且稳健的自主移动,机器人100可包含具有数个不同类型的传感器510的传感器系统500,所述传感器可连同彼此一起使用以形成对机器人的环境的感知,其足以允许机器人100关于将在所述环境中采取的行动做出智能决策。传感器系统500可包含由机器人主体110支撑的一或多个类型的传感器510,其可包含障碍物检测/障碍物避开(ODOA)传感器、通信传感器、导航传感器等等。举例来说,这些传感器510可包含但不限于接近度传感器、接触传感器、相机(例如,体积点云成像、三维(3D)成像或深度图传感器、可见光相机及/或红外相机)、声纳、雷达、LIDAR(光检测与测距,此可需要测量所散射光的性质以得出遥远目标的范围及/或其它信息的光学远程感测)、LADAR(激光检测与测距)等等。在一些实施方案中,传感器系统500包含测距声纳传感器、接近度陡壁检测器、接触传感器、激光扫描仪及/或成像声纳。

[0049] 在一些实例中,传感器系统500包含与控制器150通信以测量并监测机器人100的加速度及机器人100相对于机器人100的总体重心CG_R的定向的惯性测量单元(IMU) 510d。IMU 510d包含用以测量机器人100在空间中的相对定向的一或多个陀螺仪(gyroscope,下文中“gyro”)及一或多个角加速度计及/或线性角加速度计。控制器150可监测来自IMU 510d的反馈中与对应于正常不受阻碍操作的阈值信号的任何偏差。举例来说,如果机器人100开始俯仰远离直立位置,那么其可被困住、中心变高、扭转、被挤住或以其它方式被阻碍,或者某人可突然添加重的有效负荷。在这些实例中,采取紧急行动(包含但不限于回避操纵、重新校准及/或发布音频/视觉警告)以便确保机器人100的安全操作可为必要的。

[0050] 当从一次停止加速时,控制器150可从机器人100的总体重心CG_R考量机器人100的惯性矩以防止机器人倾倒。控制器150可使用机器人姿势的模型,包含其当前惯性矩。当支撑有效负荷时,控制器150可测量对总体重心CG_R的负荷冲击且监测机器人惯性矩的移动。如果此为不可能的,那么控制器150可将测试扭矩命令施加到驱动系统120且使用IMU 510d测量机器人100的实际线性加速度及角加速度,以便以实验方式确定安全限制。

[0051] IMU 510d可基于相对值测量及监测机器人100的俯仰、滚动及偏转。在一些实施方案中且在一段时间周期内,连续移动可致使IMU 510d漂移。控制器150执行复位命令以重新校准IMU 510d且将其复位到零。在复位IMU 510d之前,控制器150确定机器人100是否倾斜且仅在机器人100在平坦表面上的情况下发布复位命令。

[0052] 在一些实施方案中,机器人100包含导航系统600,导航系统600经配置以允许机器人100导航通过地板表面10而不撞向障碍物18或从楼梯跌落,且智能地辨识相对脏的地板区域以进行清洁。此外,导航系统600可以确定性及伪随机模式操纵机器人100跨越地板表面10。导航系统600可为在机器人控制器150上存储及/或执行的基于行为的系统。导航系统600可与传感器系统500通信以确定驱动命令并向驱动系统120发布驱动命令。导航系统600影响并配置机器人行为300,因此允许机器人100以系统性预先计划的移动而运转。在一些实例中,导航系统600从传感器系统500接收数据并计划用于供机器人100横越的所要路径610。

[0053] 在一些实施方案中,控制器150(例如,具有与非暂时性存储器154通信的一或多个计算处理器152的装置,所述存储器能够存储可在所述计算处理器上执行的指令)执行控制

系统210,控制系统210包含彼此通信的行为系统210a及控制仲裁系统210b。控制仲裁系统210b允许动态地向控制系统210添加及从控制系统210移除机器人应用程序220且促进允许应用程序220各自控制机器人100而不需要了解任何其它应用程序220。换句话说,控制仲裁系统210b提供应用程序220与机器人100的资源240之间的简单优先化控制机制。

[0054] 应用程序220可存储于机器人100的存储器中或被传递到机器人100以在机器人100上(例如,在处理器上)并行地运行且同时控制机器人100。应用程序220可存取行为系统210a的行为300。经独立部署的应用程序220在运行时间动态地组合且用以共享机器人资源240(例如,驱动系统120及/或清洁系统160、160a、160b)。实施用于在运行时间在应用程序220当中动态地共享机器人资源240的低级策略。所述策略确定哪一应用程序220具有对机器人资源240的控制,这是按照所述应用程序220的需要(例如,应用程序220当中的优先级层次)。应用程序220可动态地开始及停止且完全独立于彼此而运行。控制系统210还允许可组合在一起以彼此辅助的复杂行为300。

[0055] 控制仲裁系统210b包含与控制仲裁器260通信的一或多个应用程序220。控制仲裁系统210b可包含为应用程序220提供到控制仲裁系统210b的接口的组件。此类组件可抽象化并封装掉验证、分布式资源控制仲裁器、命令缓冲的复杂性,协调应用程序220的优先化等等。控制仲裁器260从每个应用程序220接收命令、基于所述应用程序的优先级而产生单个命令并为其相关联资源240公布所述命令。控制仲裁器260从其相关联资源240接收状态反馈且可将其发送回到应用程序220。机器人资源240可为具有一或多个硬件控制器的功能模块(例如,致动器、驱动系统及其群组)的网络。控制仲裁器260的命令为资源240特有的以执行特定行动。可在控制器150上执行的动力学模型230经配置以计算机器人100的重心(CG)、惯性矩及各部分的惯性交叉积以用于评估当前机器人状态。

[0056] 在一些实施方案中,行为300为提供层次、状态全评估功能的插入式组件,所述功能将来自多个源(例如传感器系统500)的感测反馈与先验极限及信息一起耦合到关于机器人100的可允许行动的评估反馈中。由于行为300可插入到应用程序220中(例如,驻存在应用程序220的内部或外部),因此可在不必修改应用程序220或控制系统210的任何其它部分的情况下移除及添加行为300。每一行为300为独立策略。为了使得行为300更强大,可将多个行为300的输出一起附接到另一者的输入中使得可具有复杂的组合功能。行为300既定实施机器人100的全部认知的可管理部分。

[0057] 在所展示的实例中,行为系统210a包含用于基于由传感器510感知的障碍物18而确定响应性机器人行动(例如,绕开;转向;在障碍物18之前停止等等)的障碍物检测/障碍物避开(ODOA)行为300f。另一行为300可包含用于邻近所检测到的墙壁20驱动(例如,以朝向及远离墙壁20驱动的摆动模式)的墙壁沿循行为300g。其它行为300可包含尘埃搜寻行为300h(其中传感器检测到地板表面10上的污点且机器人100朝向所述点转向以进行清洁)、点清洁行为300e(例如,机器人100沿循玉米条状(cornrow)图案以清洁特定点)、陡壁行为300j(例如,机器人100检测到楼梯且避免从所述楼梯跌落)、防停滞行为300a、防倾斜行为300b、防摄入行为300c以及轮挤塞(wheel-jam)行为300d。

[0058] 在一些实例中,行为系统210a包含状态行为310,状态行为310检测机器人100的状态且可触发躲避行为300i以帮助机器人100克服吸入其真空器件168中的物体或者在机器人100被挤住且倾斜、被困住或扭转时(例如,当一个轮124a或124b转向而另一轮被钩住时)

帮助机器人100。在一些实例中,状态行为310包含防停滞行为300a、防倾斜行为300b及防摄入行为300c。

[0059] 参考图6A,其展示用于执行机器人100的防停滞行为300a的流程图650。当机器人100横越地板表面10时,由于控制器150在框652处执行/发布驱动命令,因此机器人100在框654处有规律地从IMU 510d接收信号,从而确定机器人100的姿势。控制器150在决策框656处基于所接收IMU信号而确定机器人100是正在移动还是被卡住且倾斜,且接着确定执行哪一行为300。如果甚至在驱动命令之后机器人100仍不移动,那么控制器150在框658处执行防停滞行为300a以尝试释放机器人100。如果机器人100不是固定不动的(即,正在移动)但倾斜,那么控制器150执行防倾斜行为300b以使机器人100返回到其法向表面。在一些实例中,传感器信号指示机器人100相对于重力方向倾斜。行为系统210a可执行防倾斜行为300b以评估约束状态。

[0060] 机器人100监测(例如,同时地或串行地)多个参数以检测轮124a、124b的状况,例如轮124a、124b是否正在不移动的情况下自旋或者机器人100是否被挤住。这些所监测参数包含:1)所命令行进速率;2)编码器轮旋转速率;及3)IMU(陀螺仪)旋转速率。举例来说,机器人100检测控制器150是否向机器人100发布了沿前向驱动方向F驱动的命令及机器人100是否实际上正沿前向驱动方向F驱动。机器人100在框654处监测陀螺仪及轮编码器以确定哪一轮124a、124b未在旋转。机器人100确定所述三个所监测参数(命令速率、编码器速率及相对于机器人100的定向的陀螺仪改变速率)是否处于容限内。机器人100转向越快,其允许的对所述三个所监测参数当中的变化的容限越大。容限值还取决于陀螺仪及轮编码器121a、121b的校准,以及机器人100的几何形状是否抵抗转向及轮124a、124b的滑动。

[0061] 举例来说,如果机器人100正扭转,那么一个轮124a、124b可能被钩住。机器人100的传感器系统500确定控制器150是否向机器人100发布了沿前向驱动方向F驱动的命令及机器人100是否实际上正沿前向驱动方向F驱动。如果机器人100未按控制器150命令沿前向驱动方向F移动,那么机器人100确定轮124a、124b中的哪一者未在旋转且以给定速率逆时针转向,同时监测编码器121a、121b及IMU 510d的陀螺仪的旋转速率。在决策框656处,机器人100将所命令旋转速率(从控制器150接收)、编码器旋转速率及IMU旋转速率进行比较以验证机器人100的实际运动符合由控制器150发布的命令。如果所述三个参数值未处于与所命令运动一致的参数容限阈值内,那么机器人100检测到停滞。因此,机器人在决策框656处确定与所命令行进速率相比,编码器改变速率及IMU改变速率是否处于容限改变速率内。当与所命令行进速率相比编码器改变速率及IMU改变速率处于容限改变速率内时,机器人100在框658处通过远离机器人100的受约束侧沿弧线移动而执行防停滞行为300a。然而,当与所命令行进速率相比编码器改变速率及IMU改变速率未处于容限改变速率内时,机器人在框652处继续发布使机器人100围绕地板表面10横越的驱动命令。决策框660确定机器人100是否应在框652处继续发布驱动命令。在一些实施方案中,为了躲避受约束状态,机器人100远离障碍物后退、远离被卡住的轮(经历约束的一侧)转向90度且接着沿前向方向F驱动,从而沿介于约-135度到+135度之间的弧线轨迹前向移动以防止系统性疏忽。如图6B中所展示,弧线移动600a、600b具有沿任一方向相同的半径,但所行进的距离通过在沿着弧线600a、600b的轨迹的各个随机选择的点605a到605j处中断弧线移动600a、600b而改变。通过沿随机范围的走弧线轨迹600a、600b驱动,机器人100使覆盖范围最大化且使立即再次碰上

障碍物18的可能性最小化。

[0062] 在一些实施方案中,机器人100可采用额外传感器510来在轮模块120a、120b下落及/或压在压力传感器上从而指示机器人100进入地板表面10与悬突部620之间的挤住状态(如图6C中所展示)时检测缓冲器130碰上障碍物18。控制器150监测压缩传感器及/或轮下落传感器以发现挤住,且发布防停滞命令以使机器人100远离挤住状况(例如橱柜悬突部620)后退。因此,机器人100检测被挤住的初始阶段且在机器人100完全挤住并不能躲避之前执行躲避行为。防停滞躲避行为300a包含在机器人100变得完全挤住且被固定住之前,使机器人100远离阻碍物后退或使机器人100远离机器人100的经历约束的一侧转向。在一些实例中,行为系统210a响应于传感器信号指示机器人正挤住于障碍物下方而执行防挤住行为。防挤住行为可包含向驱动系统120发布全功率反向驱动命令。此外,反向驱动命令可需要远离机器人100的受约束侧R、L转向。

[0063] 参考图7A及7B,在一些实施方案中,控制器150执行“卡住-检查-转弯”例程以确定机器人100是否被困住。“卡住-检查-转弯”例程实施沿相反方向的至少两次后续“摆动”或转向。图7A展示具有圆形缓冲器130的机器人100,而图7B展示具有正方形缓冲器130的机器人100。当机器人100基本上沿着前后轴Y移动时,机器人100可进行重复交替向右及向左转向,使得机器人100围绕中心垂直轴Z来回旋转(下文中称为摆动运动)。机器人100的摆动轨迹是非常小的弧线。在一些实例中,机器人100针对10cm的前向F驱动转向约5度到10度。机器人100可周期性地摆动以检查由困住导致的停滞。当机器人100第一次摆动时,控制器150在摆动期间监测三个参数:所命令行进速率;编码器轮旋转速率;及IMU(陀螺仪)旋转速率。在摆动运动期间,三个测量应一起跟踪。如果所述三个参数在特定时间量内未于其参数容限阈值内跟踪,那么控制器150接收指示机器人100未按命令(由控制器150发出)执行第一摆动运动的信号。机器人100将其状态改为“被怀疑困住”且执行大于第一摆动角度 θ 的第二摆动角度 θ (例如,更明显弧角)。

[0064] 当机器人100在“被怀疑困住”状态中沿前向方向F驱动时,控制器150监测IMU510d及轮编码器121a、121b以发现经增加摆动。如果IMU 510d及轮编码器121a、121b的传感器信号不确认机器人100正执行第二摆动(大于第一摆动),那么机器人100未按命令执行第二摆动且被困住。机器人100可接着起始躲避行为300i(举例来说,原地自旋(spin-in-place)),在一些实施方案中,其后续接着沿弧线轨迹行进沿着弧线的随机选择的行进长度。

[0065] 在一些实施方案中,摆动运动由在机器人100正沿前向驱动方向F移动的的同时的三个转向组成。第一转向使机器人100从前向行进轨迹偏向角度 $d\theta$ 。第二转向使机器人100偏向 $-2d\theta$,且第三转向使机器人100在 $d\theta$ 的转向的情况下与原始路径重新对准。摆动运动可允许机器人100在清洁操作期间作为擦洗器操作。此外,摆动运动可由机器人控制器150用来检测机器人停滞,如上文关于检测困住状态所描述。另外或替代地,举例来说,机器人控制器150可操纵机器人100基本上原地旋转使得机器人100可操纵离开拐角或远离障碍物18。机器人控制器150可在机器人100横越清洁表面10时在基本上随机(例如,伪随机)路径上引导机器人100。机器人控制器150可对围绕机器人100安置的一或多个传感器510(例如,碰撞传感器、接近度传感器、墙壁传感器、停滞传感器及陡壁传感器)做出响应。机器人控制器150可响应于从传感器510接收的信号而重新引导轮模块120a、120b,从而致使机器人100在处理清洁表面时避开障碍物18及杂物。如果机器人100在操作期间被卡住或被缠住,那么机

器人控制器150可通过一系列躲避行为300i向轮模块120a、120b发布命令,使得机器人100可躲避且重新开始正常操作(例如,清洁操作)。

[0066] 还参考图8,防停滞行为300a的流程图800确定机器人100是否被困住而致使其无运动。防停滞行为300a致使机器人100以可由IMU 510d检测的方式驱动。困住在机器人100在提升足够高的障碍物18(例如,地毯10b、灯座)上向上驱动使得机器人100的轮124a、124b不具有足够牵引来驱动机器人100(至少一个轮不接触地板表面10)时发生。往回参考图7A及7B,防停滞行为300a引导驱动系统120以使机器人100从其笔直路径以摆动角度 θ 转向从而将机器人100的路径改变为弯曲路径62,且接着返回到其原始笔直路径60。如图8中所展示,防停滞行为300a在框802处设置摆动角度 θ 、在框804处向驱动系统120发布具有摆动角度 θ 的驱动命令以使机器人转向,且在框806处接收IMU 510d信号及编码器121a、121b信号。在一些实例中,摆动运动包含在机器人100沿前向驱动方向F移动的的同时的三个转向。第一转向使机器人100从前向驱动方向F偏向角度 $d\theta$ 。第二转向使机器人100从前向驱动方向F偏向 $-2d\theta$,且第三转向使机器人100在 $d\theta$ 的转向的情况下与原始路径重新对准。摆动运动改变机器人100的前进方向,且因此,IMU 510d检测到移动。当摆动运动发生时,IMU 510d检测到移动且传感器系统500发布由控制系统210接收的传感器信号。控制系统210将所接收传感器信号与对所发布防停滞行为300a的预期响应进行比较。当机器人100第一次摆动时,控制器150监测所命令行进速率、编码器轮旋转速率及IMU(陀螺仪)旋转速率。在摆动运动期间,三个测量应一起跟踪。相应地,控制器150在决策框808处确定与所命令行进速率相比,编码器改变速率及IMU改变速率是否处于容限改变速率内。如果所述三个参数在特定时间量内在其参数容限或阈值内跟踪(例如,决策框808为“是”),那么控制器150在框820处接收指示机器人100不在停滞中的信号,且机器人100可在框822处继续围绕路径操纵。如果所述三个参数在特定时间量内未在其参数容限或阈值内跟踪(例如,决策框808为“否”),那么控制器150接收指示机器人100未按命令执行第一摆动运动的信号。机器人100将其状态改变为“被怀疑困住”且在框810处执行具有大于第一摆动角度 θ 的第二摆动角度 θ 的第二摆动(例如,更明显弧角)以验证机器人100在停滞状态中。控制器150监测所命令行进速率、编码器轮旋转速率及IMU(陀螺仪)旋转速率,且如果在决策框812处所述三个值未处于其参数容限或阈值内(例如,决策框812为“否”),那么机器人100在框814处执行防停滞行为300a,例如后退、远离机器人100的经历约束的一侧转向及沿走弧线轨迹或随机范围移动。然而,如果在决策框812处所述三个值处于其参数容限或阈值内(例如,决策框812为“是”),那么控制器150在框816处检测到机器人100不在停滞中且机器人100可在框818处继续沿着路径操纵。

[0067] 如上文所描述,在一些实施方案中,控制器150可继续执行防停滞行为300a直到其接收到来自IMU 510d的检测到机器人100的移动的传感器信号为止,且因此将机器人100从其停滞位置释放。在一些实例中,角度 θ 是预定的。控制系统210监测机器人行为300及机器人100倾斜的频率,且因此通过增加或减小角度 θ 而调整所述角度。

[0068] 在一些实施方案中,如果机器人100朝向北侧、南侧、东侧、西侧、东北、西北、东南或西南位置中的一者倾斜超过阈值角度(例如,大于15度)及超过阈值时间周期(例如,大于3秒),那么可触发防倾斜行为300b。所述阈值时间可介于0.1秒与10秒之间。

[0069] 参考图9A、10A及11A,在一些实例中,机器人100从第一表面10a(例如,硬表面)向第二表面10b(例如,地毯)移动或反之亦然,其中每一地板表面10具有不同于另一地板表面

10的高度。使用来自IMU 510d的信号,机器人100的后台行为300监测机器人100的倾斜及滚动,使得机器人100从不离开平面超过预定时间周期(倾斜周期阈值),例如,半秒。此倾斜周期阈值在一次运行的开始处以四分之一秒(0.25秒)的阈值开始且随着机器人100越来越接近于所述运行的结束而增加,举例来说,倾斜周期阈值增加到1秒。如果机器人100在不被卡住的情况下完成其任务(即,清洁运行),那么倾斜周期阈值在下一次运行时以较高值开始。举例来说,倾斜周期阈值以1秒开始且停在此处。如果机器人100在一次运行期间被卡住(即,碰上停滞状况),那么倾斜周期阈值在下一次运行中以较低值开始(举例来说,八分之一秒)且在机器人100在无停滞状况的情况下前进时贯穿所述运行增加。在其它实施方案中,如果机器人100是定时启动的(即,无人看管的且经调度的),那么机器人100的倾斜周期阈值可以较高值开始,且如果机器人100是通过来自用户的按钮按下而启动以运行,那么所述倾斜周期阈值可以较低值开始。

[0070] 在此类情况下,控制器150确定机器人100是否倾斜(例如,在经提高入门阈值上)以便发布躲避行为300i从而致使机器人100返回到平坦表面10。当IMU 510d检测到机器人100倾斜(俯仰或滚动)超过阈值角度 α_T 达特定时间周期(即,“倾斜周期阈值”)时可触发防倾斜行为300b。阈值角度 α_T 可为可编程的。在一些实施方案中,控制器150监测机器人性能且基于其性能而调整阈值角度 α_T 。类似地,如上文所描述,倾斜时间周期阈值还可为可基于机器人100的性能而调整的。

[0071] 参考图10A的流程图1000,在一些实例中,控制器150在框1002处从IMU 510d接收信号,且在决策框1004处确定所接收信号是否指示机器人100倾斜。如果机器人100未倾斜(例如,决策框1004为“否”),那么机器人100在框1006处继续执行其既定活动(例如,重新开始机器人活动)。然而,如果机器人100倾斜(例如,决策框1004为“是”),那么控制器150在决策框1008处确定倾斜角度 α 是否大于阈值倾斜角度 α_T 。如果倾斜角度 α 大于阈值倾斜角度 α_T (例如,决策框1008为“是”),那么控制器150在框1012处执行躲避行为300i以将机器人100从经倾斜处境释放且使其在平坦表面上重新开始其活动。然而,如果倾斜角度 α 小于阈值倾斜角度 α_T (例如,决策框1008为“否”),那么控制器150在决策框1010处确定机器人100是否已倾斜达大于阈值时间周期T的时间周期t。如果机器人100已倾斜达比阈值时间周期短的时间量(例如,决策框1010为“否”),那么机器人100在框1014处重新开始其活动。但如果机器人100已倾斜达比阈值时间周期T大的时间t(例如,决策框1010为“是”),那么控制器150在框1012处执行躲避行为300i以将机器人100从经倾斜位置释放。相应地,控制器150在以下条件下确定机器人是否倾斜:

[0072] $\alpha < \alpha_T$ 且 $t < T$; 无倾斜 (1)

[0073] $\alpha < \alpha_T$ 且 $t > T$; 机器人倾斜 (2)

[0074] 机器人100可以围绕X轴及Y轴的组合倾斜的方式倾斜,即,机器人100可俯仰且滚动。阈值倾斜角度 α_T 是围绕X轴及Y轴的每一倾斜的向量的和。因此,如果机器人100仅俯仰,那么阈值角度 α_T 等于俯仰角度。类似地,如果机器人100仅滚动,那么阈值角度 α_T 等于滚动角度。

[0075] 如图9A中所展示,机器人100可在硬地板10a(例如,瓷砖或硬木材)与地毯10b之间迁移,且在一些情形下,地毯10b与硬地板10a之间的过渡并非平滑过渡而是在从硬地板10a向地毯10b移动的情况下处于提升或者在从地毯10b向硬地板10a移动的情况下处于降低。

因此,机器人100可最可能沿朝北位置(即,下俯)或朝南位置(即,上仰)经历倾斜,且机器人100可在短时间量中从倾斜位置过渡。在此情形下,控制系统210可不执行防倾斜行为300b,这是因为所述时间量小于控制系统210使用来确定防倾斜行为300b的发布的阈值时间周期(即,倾斜周期阈值)。

[0076] 参考图9A及10B,在一些实施方案中,机器人100为清洁机器人100。如图10B的流程图1050中所展示,控制器150在框1052处从IMU 510d接收信号,且在框1054处确定所接收信号是否指示机器人100倾斜。如果机器人100未倾斜(例如,决策框1054为“否”),那么机器人100在框1082处继续执行其清洁活动。然而,如果机器人100倾斜(例如,决策框1054为“是”),那么控制器150在决策框1056处确定倾斜角度 α 是否大于阈值倾斜角度 α_T 。如果倾斜角度 α 大于阈值倾斜角度 α (例如,决策框1056为“是”),那么控制器150在框1060处执行躲避行为300i以将机器人100从经倾斜处境释放且在框1080处使其此后在平坦表面上重新开始其活动。然而,如果倾斜角度 α 小于阈值倾斜角度 α_T (例如,决策框1056为“否”),那么控制器150在决策框1058处确定机器人100是否已倾斜达大于阈值时间周期的时间周期。如果机器人100已倾斜达比阈值时间周期短的时间周期(例如,决策框1058为“否”),那么机器人100在框1082处重新开始其清洁活动。但如果机器人100已倾斜达大于阈值时间(即,倾斜周期阈值)的时间周期(例如,决策框1058为“是”),那么控制器150在框1060处执行躲避行为300i以将机器人100从经倾斜位置释放。躲避行为300i可包含在框1062处停止机器人100的刷162及真空器件168,接着如果机器人100在决策框1064处上仰(即,朝南倾斜),那么机器人100在框1066处远离致使其倾斜的障碍物18后退。如果机器人100在决策框1068处下俯(即,朝北倾斜),那么机器人100在框1070处前向驱动。在其中机器人100滚动到一侧(即,左或右)(例如,决策框1064、1068为“否”)的情况下,机器人100在框1072处远离障碍物18转向直到滚动处于阈值滚动角度(例如,1度到5度)或替代地阈值倾斜角度 α_T 内为止,接着机器人100前向驱动且重新开始清洁。如果机器人100以大于阈值倾斜角度 α 的角度但小于执行防倾斜行为300b的阈值时间周期倾斜,那么机器人100可能正从其间具有崎岖不平的分离的两个不同表面过渡且因此未碰上潜在停滞状况。

[0077] 在一些实例中,机器人100在真空吸尘时在机器人100摄入锚定(例如)到墙壁20的线或绳18e(图11A)(例如,百叶窗线、布帘线、窗帘线、遮阳帘线等等)时倾斜。当机器人100摄入线18e时,线18e可缠绕在驱动辊刷162上,此致使机器人100倾斜。IMU510d检测机器人100的倾斜且因此可触发防倾斜行为300b。控制器150可执行防抽穗(anti-tassel)行为300k,防抽穗行为300k对驱动辊刷162(例如,辊刷)的电动机122a、122b设置轻微反向偏置,使得驱动辊刷162不主动沿反向方向旋转(此可致使线18e再次被缠住)而是在机器人100远离所摄入线18e后退时帮助驱动辊刷162反向旋转。机器人100还可停止真空器件168且尝试移动远离导致倾斜处境的位置,从而允许机器人100松开线18e且躲避。

[0078] 参考图9B,在一些实施方案中,控制系统210(例如)通过将道路点存储于非暂时性存储器154中而记录机器人100的驱动路径610。控制系统210可维持驱动路径610的历史达一时间周期(例如,0.5秒、1秒、2秒等等)。在一些实例中,当执行防倾斜行为300b时,机器人100沿循其先前记录的路径612进入安全区域中以避免再次被卡住。在一些实例中,控制器150执行向后横越行为300m,向后横越行为300m致使向机器人资源240发布从在时间上最后记录的的道路点开始沿循所存储道路点的命令。向后横越行为300m自主导航自主移动机器人

100沿着互连各个先前横越的坐标的返回路径后退。在一些实例中,在躲避停滞状态或防倾斜行为300b之后,机器人100不尝试所执行的最后操纵直到其处于距导致倾斜的障碍物18预界定距离为止。

[0079] 参考图11A到12,在一些实施方案中,行为系统210a包含防摄入行为300c,防摄入行为300c防止机器人100拾取大的物体12(例如,袜子、围巾)。往回参考图3,在一些实施方案中,机器人100包含安置于机器人100的前底表面116部分上在驱动轮124a、124b前面的机械开关530。机械开关530检测不应由机器人100拾取的物体12、18。开关530可彼此邻近地安置或分离开一距离(例如,等距地)。机械开关530可沿着由主体110界定的横向轴X基本上对置。机器人100具有从地板表面10到机器人100的底表面116的空隙距离C。机械开关530具有距机器人100的底表面116的距离 C_M 。 C_T 是其中机器人100可横越而不激活机械开关的空隙距离阈值。

$$[0080] \quad C = C_M + C_T \quad (3)$$

$$[0081] \quad C_T = C - C_M \quad (4)$$

[0082] 当机器人100横越具有大于阈值高度 C_T 的高度 C_0 的障碍物18时,物体12可物理上致动一或若干开关530。然而,如果障碍物18具有小于阈值高度 C_T 的高度 C_0 ,那么物体12不在物理上致动一或若干开关530。

[0083] 举例来说,与物体12接触可致使电路闭合,从而激活开关530。当开关530被同时激活达大于阈值时间周期的时间周期时,行为系统210a可执行防摄入行为300c。所述阈值时间周期可为可调整及/或可调谐的。防摄入行为300c可停止真空器件168及/或反向偏置辊刷162(例如,以沿反向方向被动地旋转以允许缠绕在辊刷162上的绳在机器人100退离时退绕)。另外或替代地,机器人100通过以小角度围绕其Z轴移动达特定时间周期(例如,0.5秒、0.6秒等等)而摆动。接着,控制器150发布停止辊刷162的旋转的命令且命令机器人100摆动达另一时间周期(例如,1.8秒)。此后,机器人100重新开始行为300。

[0084] 参考图12的流程图1200,在一些实例中,机械开关530在框1202处由需要被机器人100拾取的较大片的碎屑14激活。在此类实例中,控制器150确定碎屑检测器510a是否被激活。如果如此,那么控制器150激活辊刷162以拾取碎屑14。然而,如果碎屑检测器510a未被激活,那么控制器150在决策框1204处确定IMU 510d及/或轮编码器121a、121b是否检测到惯性移动的改变。如果IMU 510d及/或轮编码器121a、121b检测到移动(例如,决策框1204为“是”),那么机器人100确定其是否处于停滞状态中,且如果如此,那么在框1220处执行防停滞行为310a,如先前参考图8A及8B所描述。如果IMU 510d及/或轮编码器121a、121b未检测到惯性移动的任何改变(例如,决策框1204为“否”),那么行为系统210a在框1206处执行防摄入行为300c。防摄入行为300c可包含停止机器人(框1208)、使刷反向(框1210)、使机器人摆动(框1212)、停止刷(框1214)及/或在停止刷之后在于框1218处重新开始清洁之前使机器人摆动(框1216)。因此,IMU510d对机器人100倾斜的指示可越权控制防摄入行为。在一些实例中,控制器210在机械开关530被激活达阈值时间周期时起始防摄入行为300c。

[0085] 参考图13的流程图1300,在一些实施方案中,行为系统210a包含轮挤塞行为300d。行为系统210a在轮模块120a、120b的轮124a、124b由于物体12卡在轮124a、124b中而停转时执行轮挤塞行为300d。控制器150在框1302处从传感器系统500接收轮124a、124b以大于阈值的速率停转的信号。行为系统210a可执行躲避行为300i以重新开始机器人100的活动。例

如,控制器150可在框1304处发布具有摆动角度的轮驱动命令,且在框1304处从IMU 510d及轮编码器121a、121b接收信号以在决策框1308处确定机器人100是否正摆动。如果控制器150确定机器人100正摆动(例如,决策框1308为“是”),那么控制器150可在框1310处确定机器人100上无停滞。然而,如果控制器150确定机器人100不摆动(例如,决策框1308为“否”),那么控制器150可在框1312处确定机器人100上的停滞且在框1314处执行躲避行为300i。在一些实例中,行为系统210a执行摆动行为300l,摆动行为300l致使向右轮124a及左轮124b发布交替反向驱动命令直到移除物体18d(例如,袜子)且轮124a、124b不再停转为止。

[0086] 图14提供用于操作自主移动机器人100的方法1400的操作的示范性布置。方法1400包含从传感器系统500接收1410传感器信号。所述传感器信号包含惯性测量或角定向。方法1400进一步包含在计算处理器152上执行1420行为系统210a。行为系统210a从传感器系统500接收传感器信号且基于所述传感器信号而执行至少一个行为300。如果传感器信号指示1430机器人100是固定不动的,那么行为系统210a执行防停滞行为300a以评估停滞状态(例如,挤住、困住或扭动),且如果传感器信号指示机器人100相对于支撑表面10(例如,地板)倾斜,那么行为系统210a执行防倾斜行为300b以评估约束状态。

[0087] 在一些实施方案中,防停滞行为300a包含发布具有摆动角度 θ 的摆动命令。所述摆动命令包含沿以摆动角度 θ 相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动的驱动命令。方法1400可进一步包含在计算处理器152处从传感器系统500接收第二传感器信号。如果第二传感器信号指示在执行具有第一摆动角度 θ 的第一摆动命令之后机器人100是固定不动的,那么防停滞行为300a发布具有大于第一摆动角度 θ 的第二摆动角度的第二摆动命令。

[0088] 在一些实例中,方法1400包含在机器人100相对于重力方向倾斜达至少阈值时间周期T时执行防倾斜行为300b。方法1400可包含在机器人100相对于重力方向及前向驱动方向F上仰时执行前向驱动命令,且在机器人相对于重力方向及前向驱动方向F下俯时执行反向驱动命令。

[0089] 在一些实例中,方法1400包含在机器人100相对于重力方向倾斜成大于阈值角度 α_T 的角度时执行防倾斜行为300b。方法1400可包含在机器人100相对于重力方向及前向驱动方向F上仰时执行前向驱动命令,且在机器人100相对于重力方向及前向驱动方向F下俯时执行反向命令。

[0090] 在一些实施方案中,方法1400进一步包含激活安置于机器人100的底表面116上在驱动系统120a、120b的驱动轮124a、124b前向的机械开关530。机械开关530在障碍物18接触机械开关530时激活。另外,方法1400可包含在机械开关530被激活且传感器系统500检测到固定不动的机器人100时执行防停滞行为300a。往回参考图11B,机械开关530具有距机器人100的底表面116的距离 C_M 。 C_T 是其中机器人100可横越而不激活机械开关530的空隙距离阈值(参见方程式3及方程式4)。当机器人100横越具有大于阈值高度 C_T 的高度 C_0 的障碍物18时,物体12可在物理上致动一或若干开关530。然而,如果障碍物18具有小于阈值高度 C_T 的高度 C_0 ,那么物体12不在物理上致动一或若干开关530。

[0091] 在一些实施方案中,方法1400包含使用清洁系统160清洁或处理地板表面10。方法1400可包含在机械开关530被激活且传感器系统500检测到运动时执行防摄入行为300c。防摄入行为300c致使发布用于停止清洁行为(例如,点清洁行为300e、尘埃搜寻行为300h)的

清洁停止命令且发布具有摆动角度 θ 的摆动命令。所述摆动命令包含沿以摆动角度 θ 相对于彼此成角度的交替左及右驱动方向进行驱动的驱动命令。摆动命令允许机器人100释放导致轮124a、124b停转的物体18d(例如,袜子)。在一些实例中,方法1400包含在控制器150从传感器系统500接收到指示机器人100的轮124a、124b以小于停转阈值的停转速率停转的信号时执行轮挤塞行为300d,轮挤塞行为300d致使发布用于释放机器人100的经停转轮124a、124b的摆动命令。

[0092] 此处所描述的系统及技术的各种实施方案可以数字电子电路及/或光学电路、集成电路、专门设计的ASIC(专用集成电路)、计算机硬件、固件、软件及/或其组合而实现。这些各种实施方案可包含可在可编程系统上执行及/或解译的一或多个计算机程序中的实施方案,所述可编程系统包含可为专用或通用的至少一个可编程处理器(其经耦合以从存储系统接收数据及指令且将数据及指令发射到存储系统)、至少一个输入装置及至少一个输出装置。

[0093] 这些计算机程序(还称为程序、软件、软件应用程序或代码)包含用于可编程处理器的机器指令且可以高级程序及/或对象导向的编程语言及/或以汇编/机器语言实施。如本文中所使用,术语“机器可读媒体”及“计算机可读媒体”是指用于将机器指令及/或数据提供到可编程处理器的任何计算机程序产品、非暂时性计算机可读媒体、设备及/或装置(例如,磁盘、光盘、存储器、可编程逻辑装置(PLD)),所述可编程处理器包含接收机器指令作为机器可读信号的机器可读媒体。术语“机器可读信号”是指用于将机器指令及/或数据提供到可编程处理器的任何信号。

[0094] 本说明书中所描述的标的物及功能性操作的实施方案可实施于数字电子电路中,或实施于包含本说明书中所揭示的结构及其结构等效物的计算机软件、固件或硬件中,或者实施于其中的一或多者的组合中。此外,本说明书中所描述的标的物可实施为一或多个计算机程序产品,即,经编码于计算机可读媒体上的计算机程序指令的一或多个模块,以供由数据处理设备执行或用以控制数据处理设备的操作。所述计算机可读媒体可为机器可读存储装置、机器可读存储衬底、存储器装置、实现机器可读所传播信号的物质的组合物或其中一或多者的组合。术语“数据处理设备”、“计算装置”及“计算处理器”涵盖用于处理数据的所有设备、装置及机器,通过实例的方式,包含可编程处理器、计算机或者多个处理器或计算机。除硬件外,所述设备还可包含为所讨论的计算机程序创建执行环境的代码,例如,构成处理器固件、协议堆叠、数据库管理系统、操作系统或其中的一或多者的组合的代码。所传播信号为经产生以编码用于发射到适合接收器设备的信息的人工产生的信号,例如机器产生的电信号、光学信号或电磁信号。

[0095] 类似地,尽管在图式中以特定次序描绘操作,但不应将此理解为需要以所展示的特定次序或以按顺序次序执行此类操作,或执行所有所图解说明的操作以实现合意的结果。在特定情况下,多任务及并行处理可为有利的。此外,不应将在上文所描述的实施例中的各种系统组件的分离理解为在所有实施例中需要此分离,且应理解,通常可将所描述的程序组件及系统一起集成于单个软件产品中或封装到多个软件产品中。

[0096] 已描述若干个实施方案。不过,将理解,可在不背离本发明的精神及范围的情况下做出各种修改。因此,其它实施方案也在所附权利要求书的范围内。举例来说,权利要求书中所引用的行动可以不同次序来执行且仍实现合意的结果。

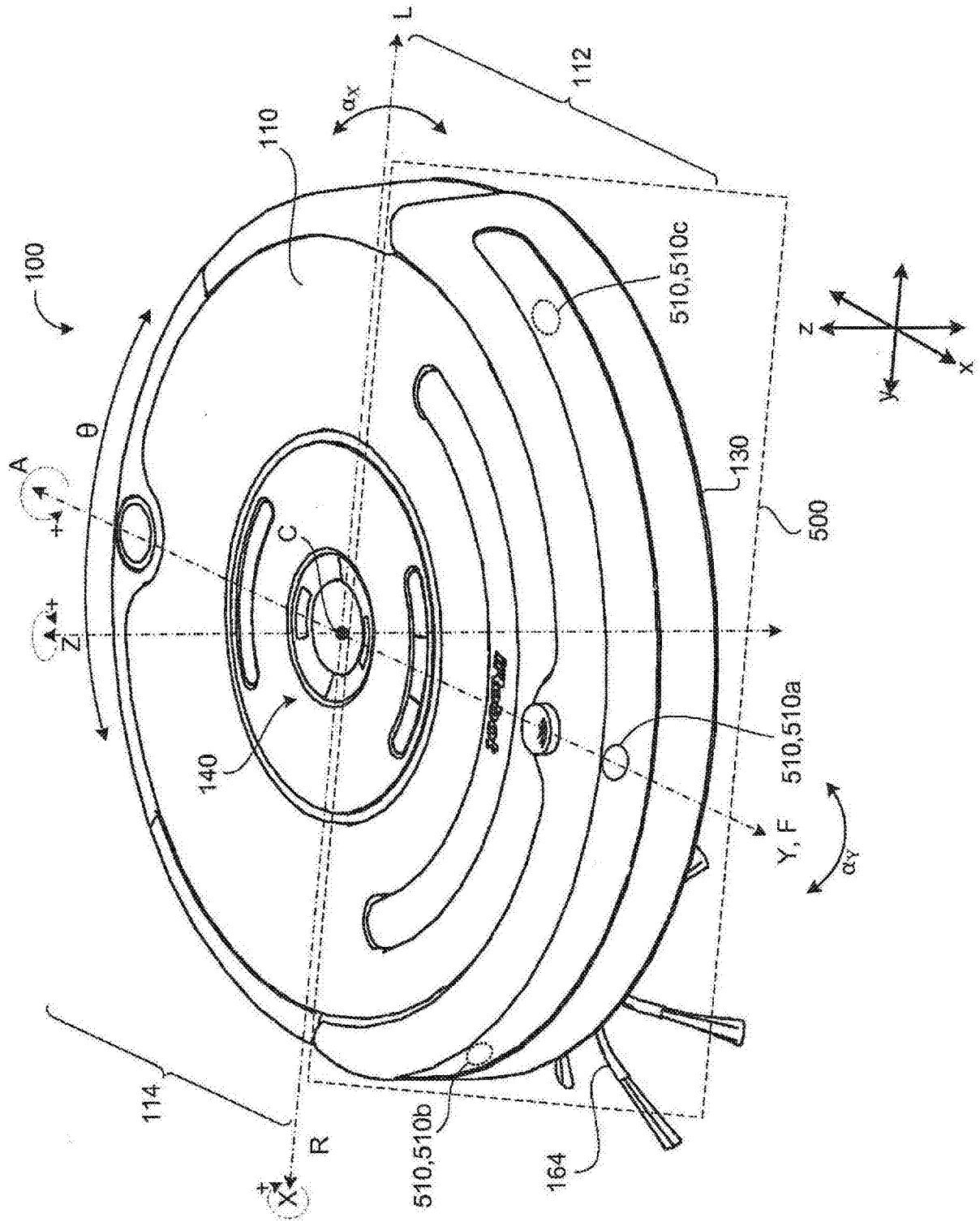


图1

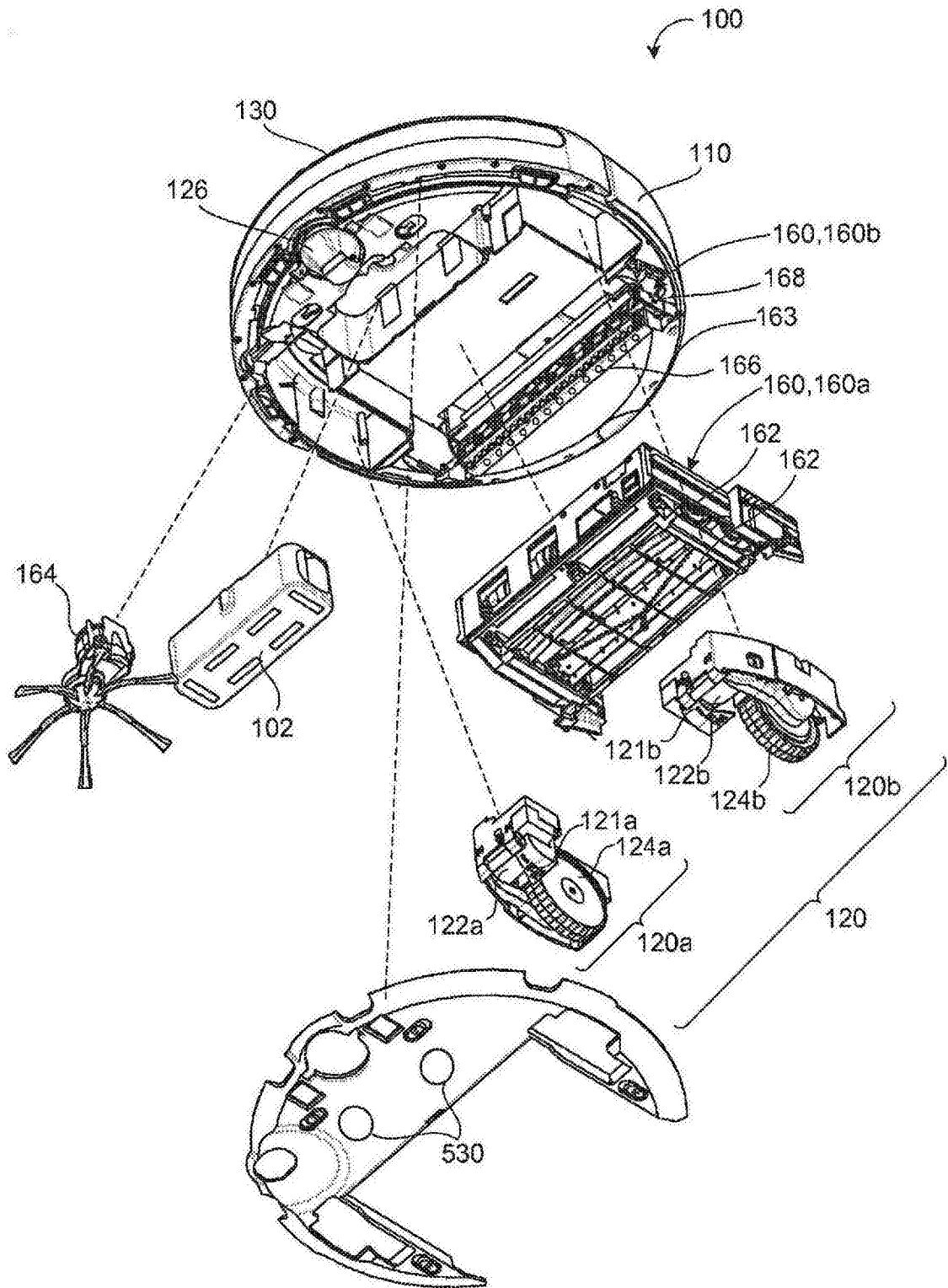


图3

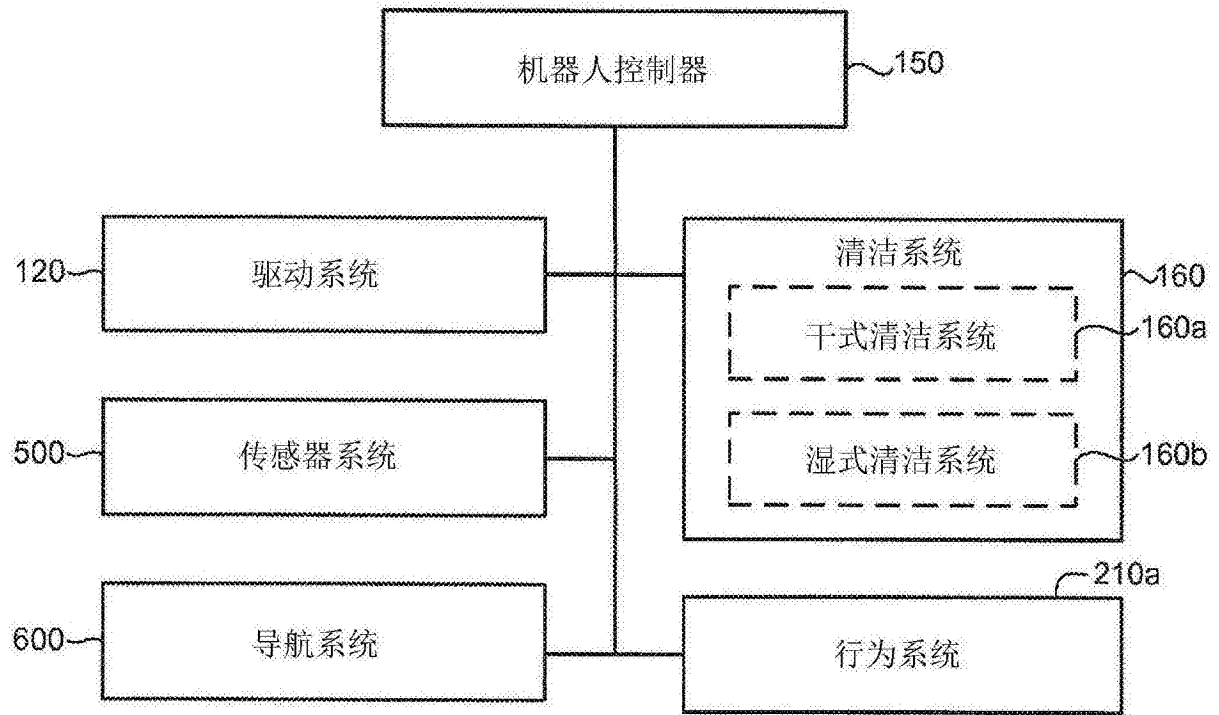


图4

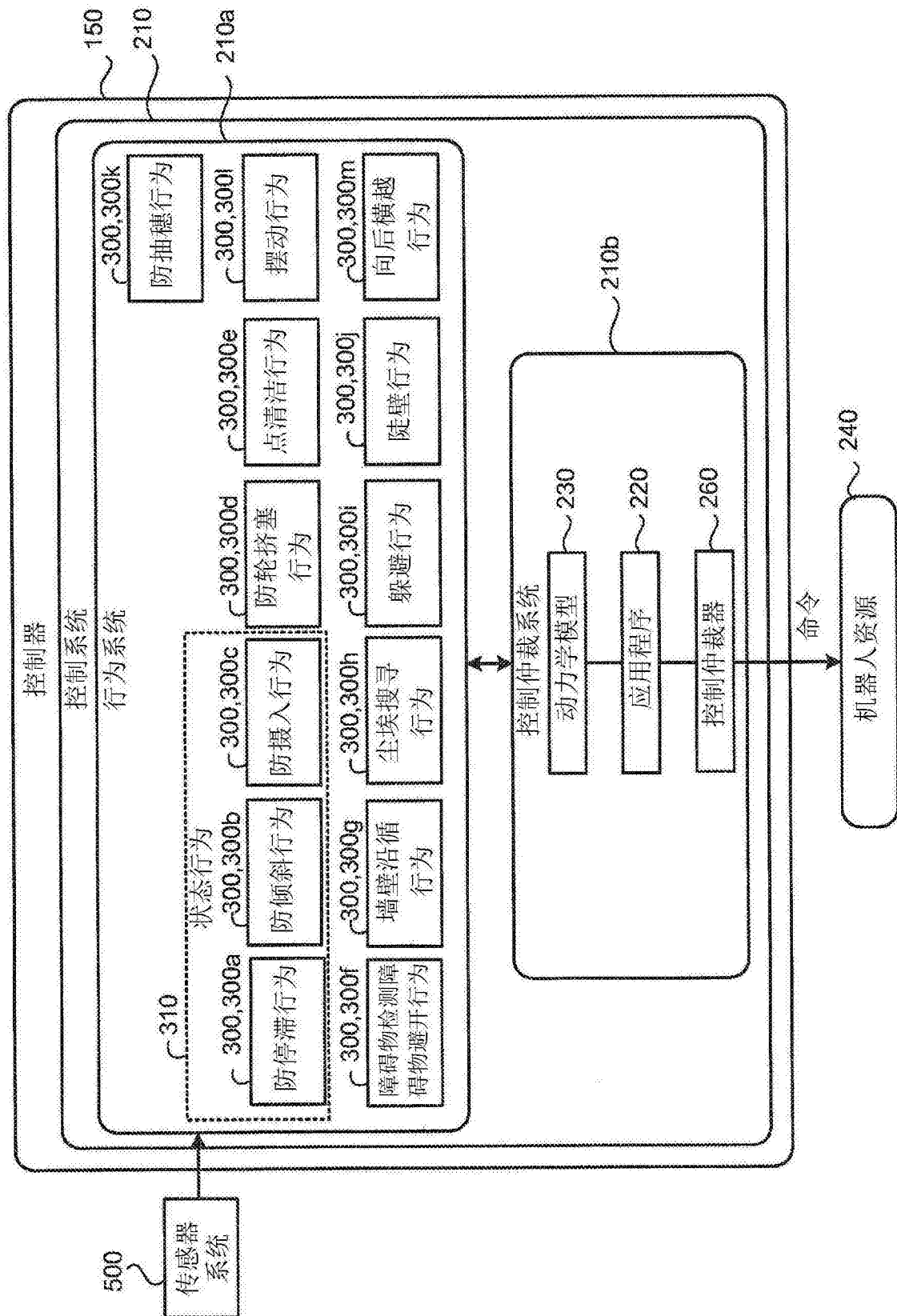


图5

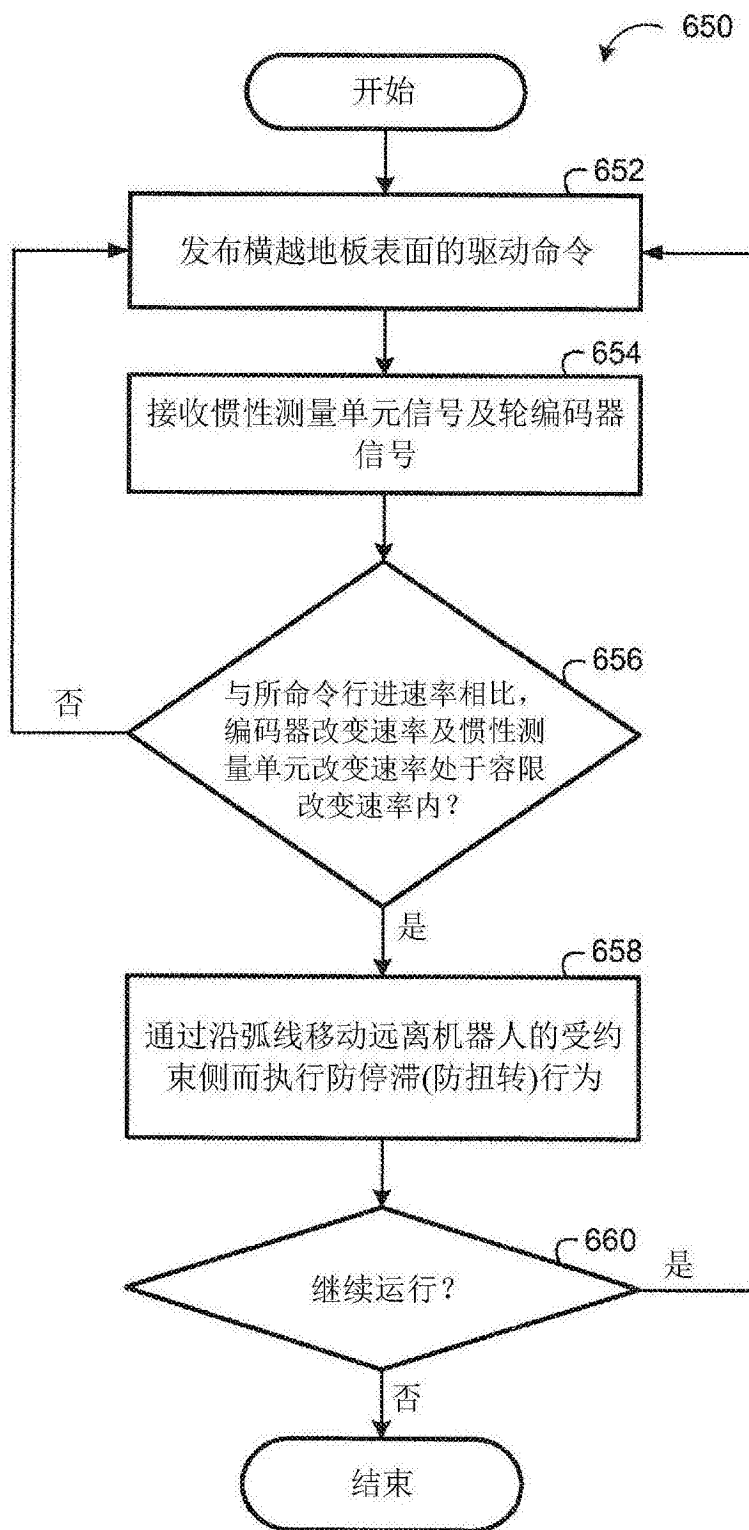


图6A

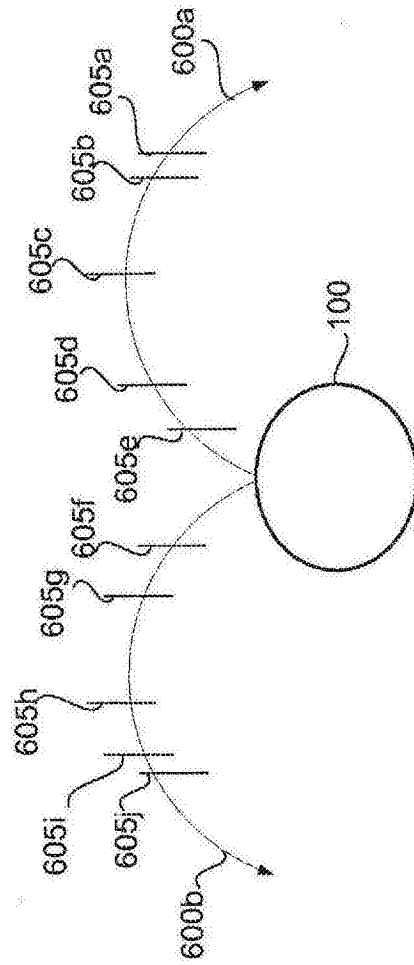


图6B

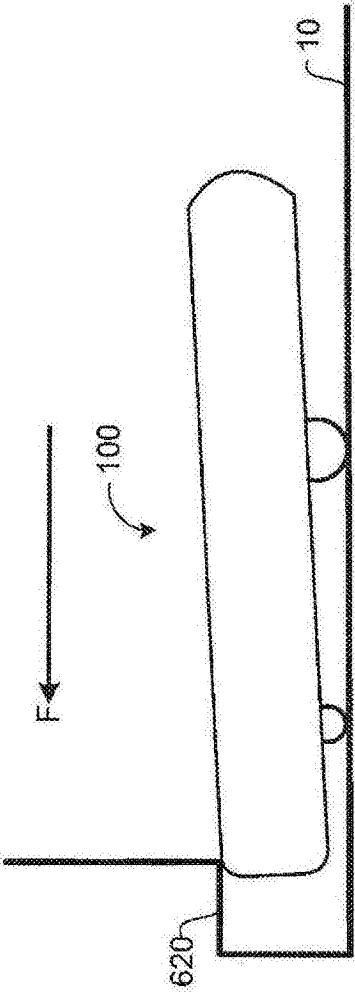


图6C

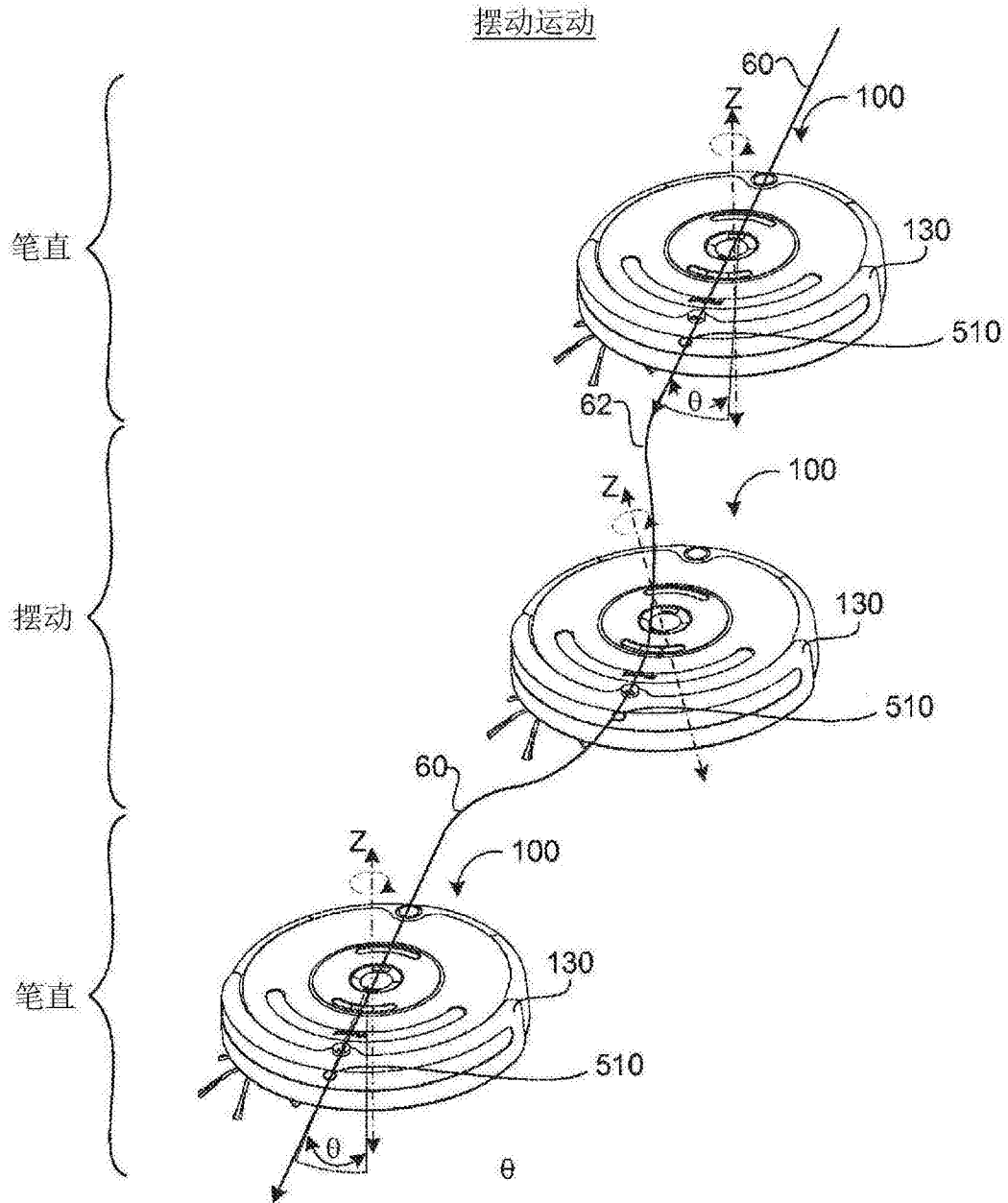


图7A

摆动运动

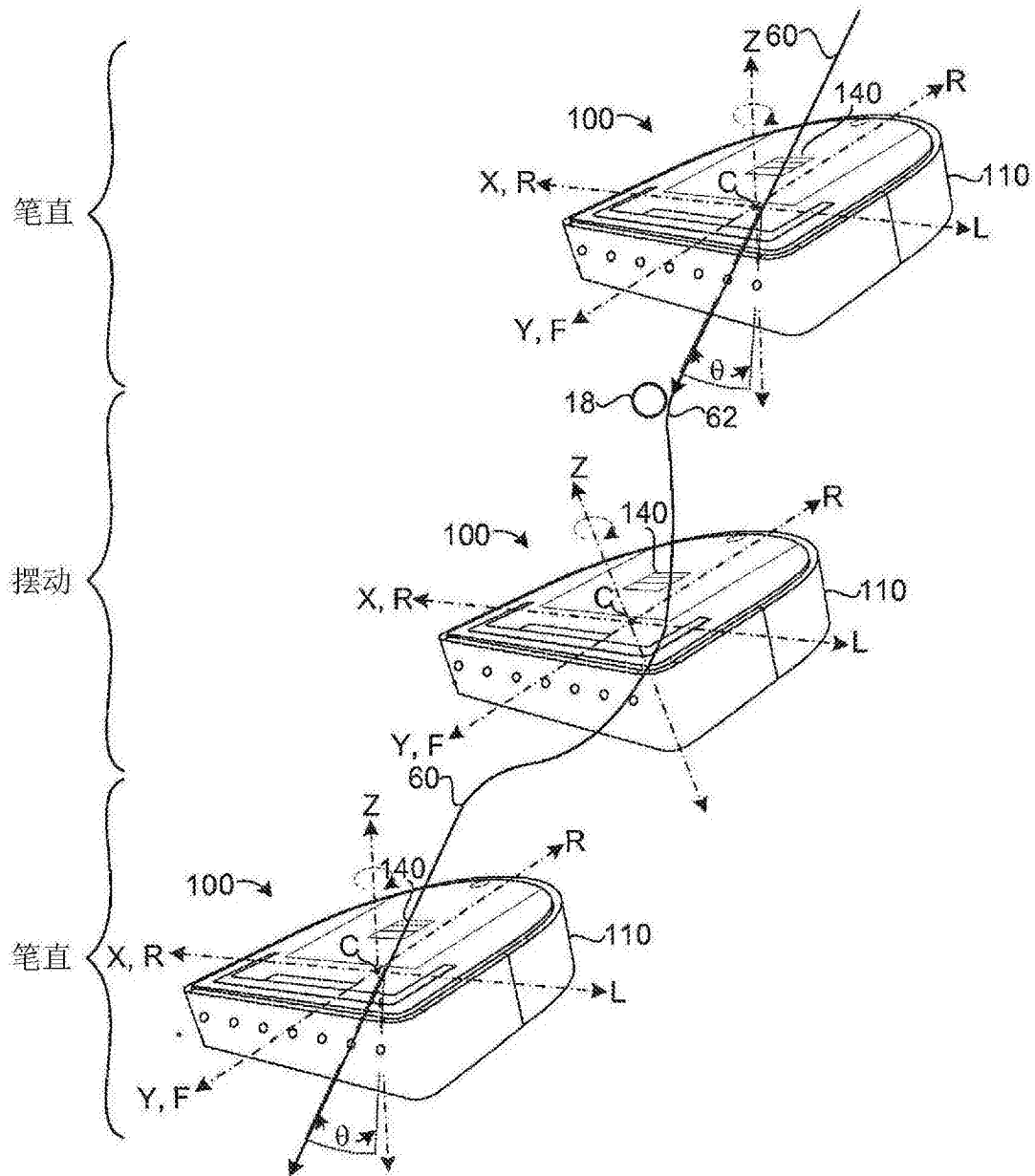


图7B

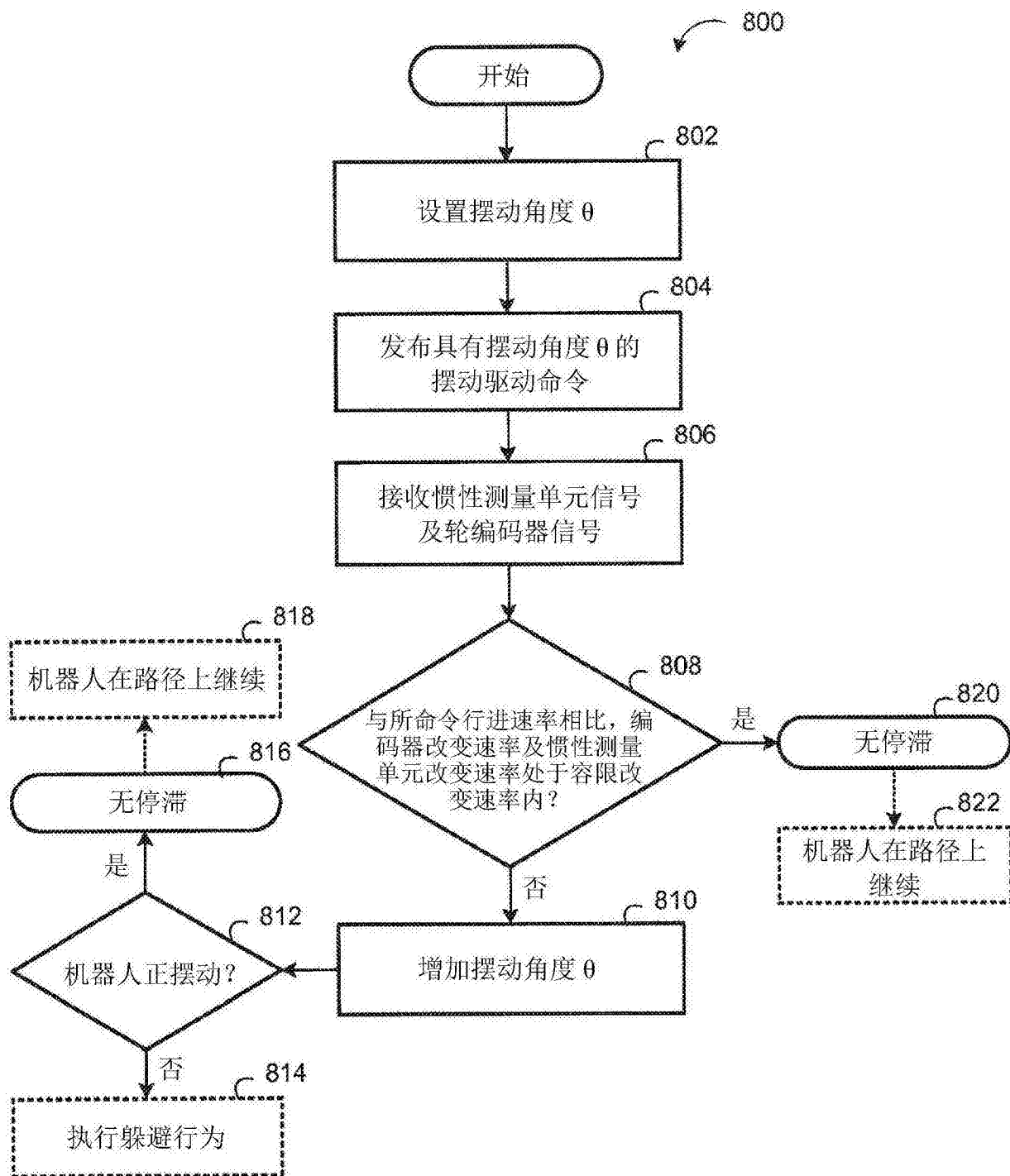


图8

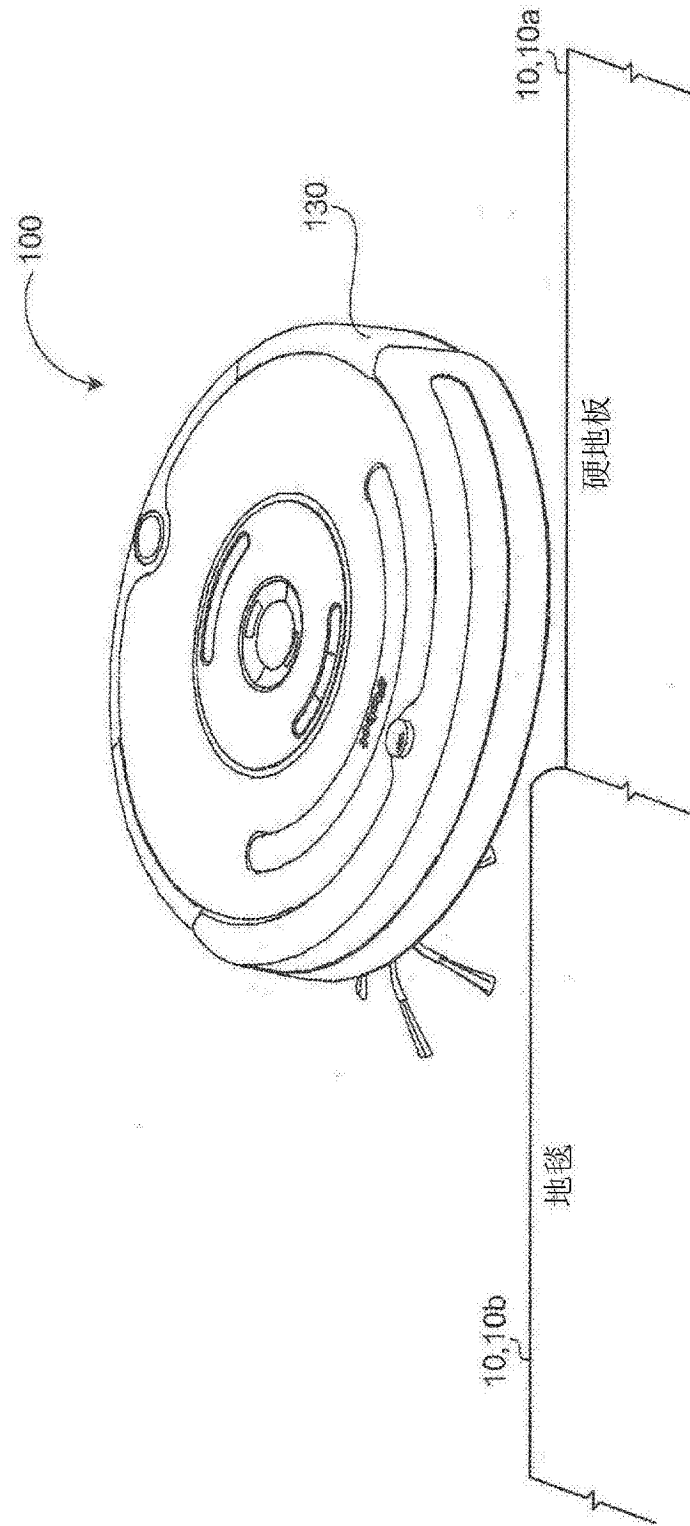


图9A

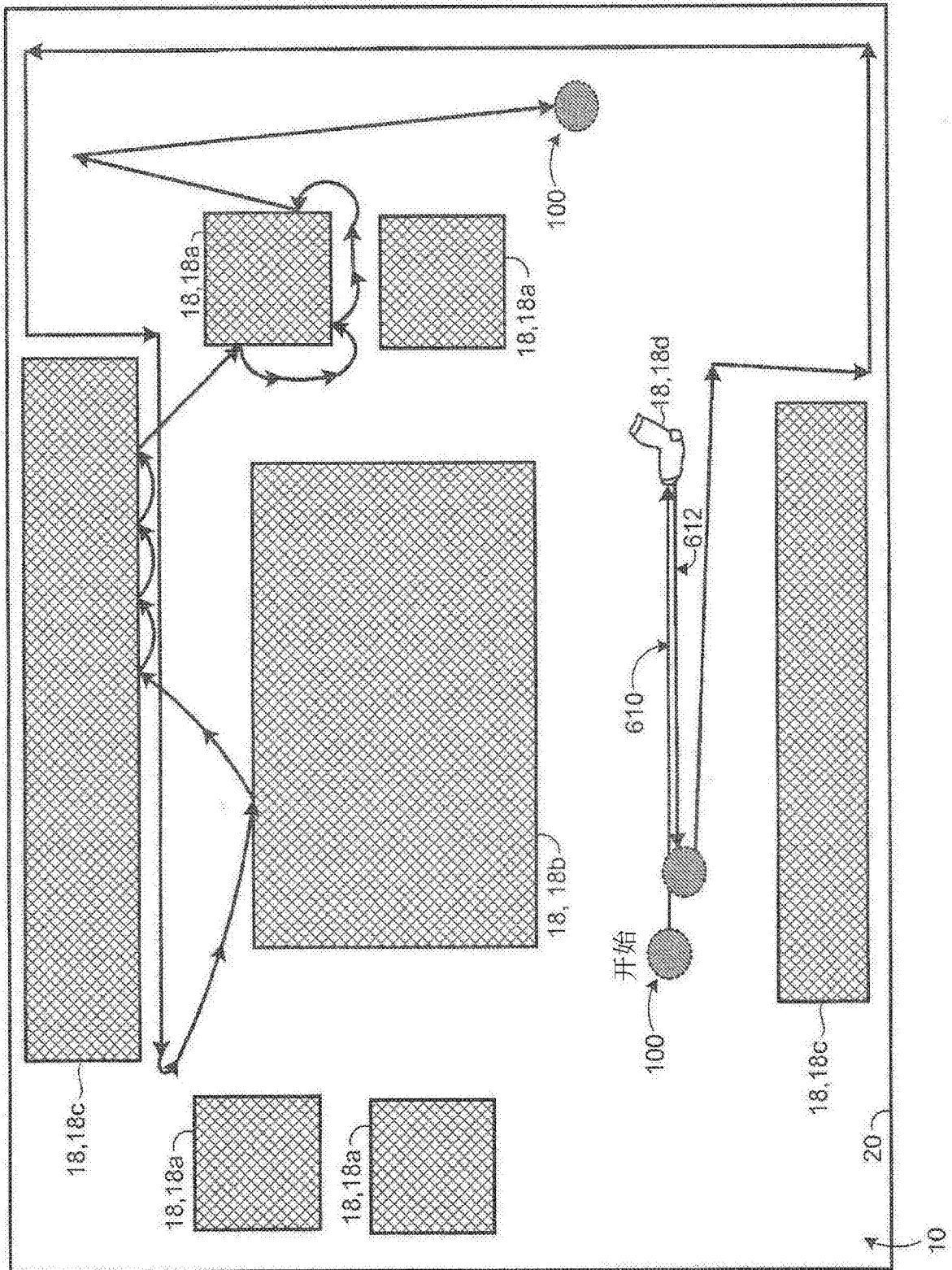


图9B

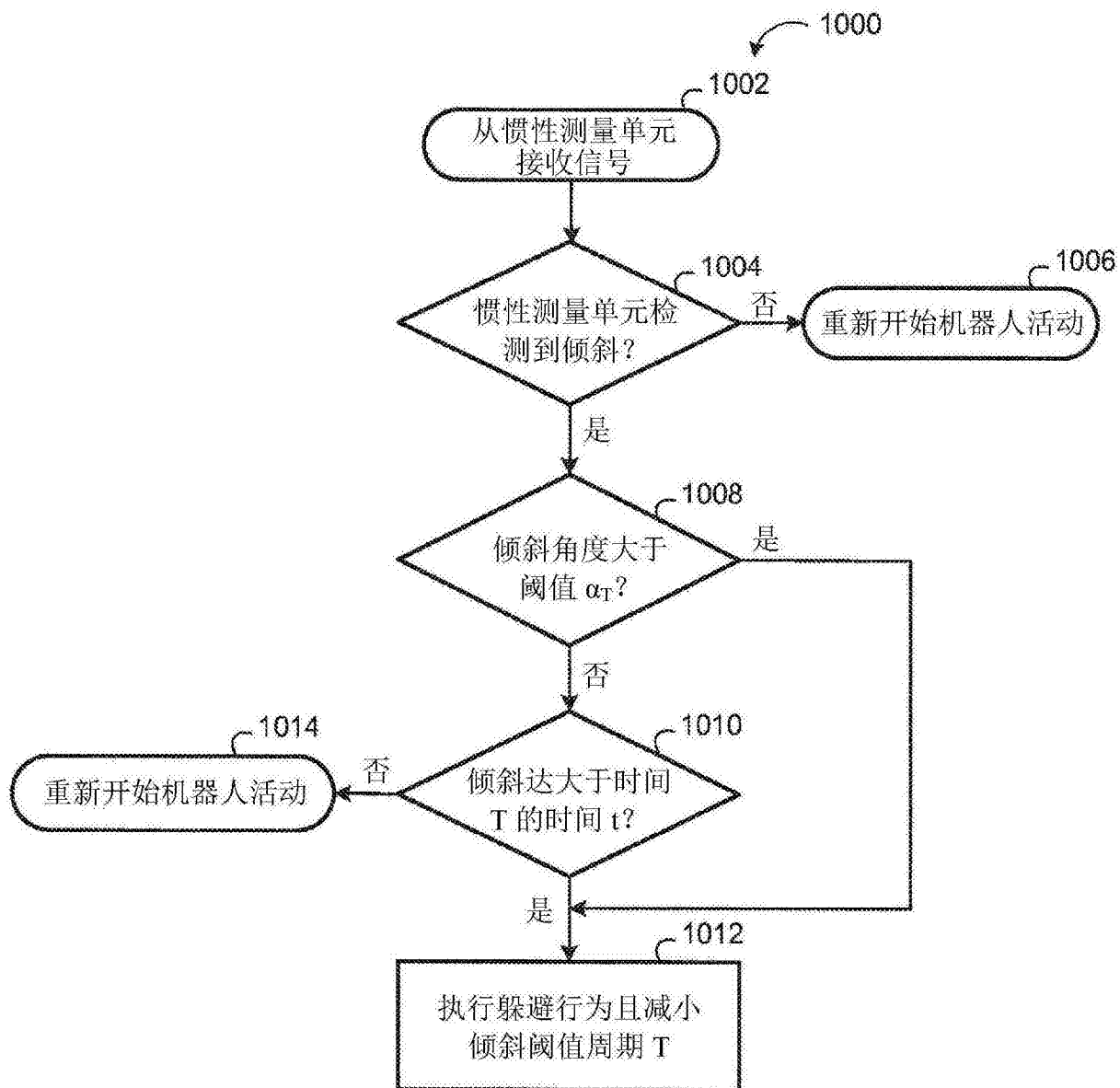


图10A

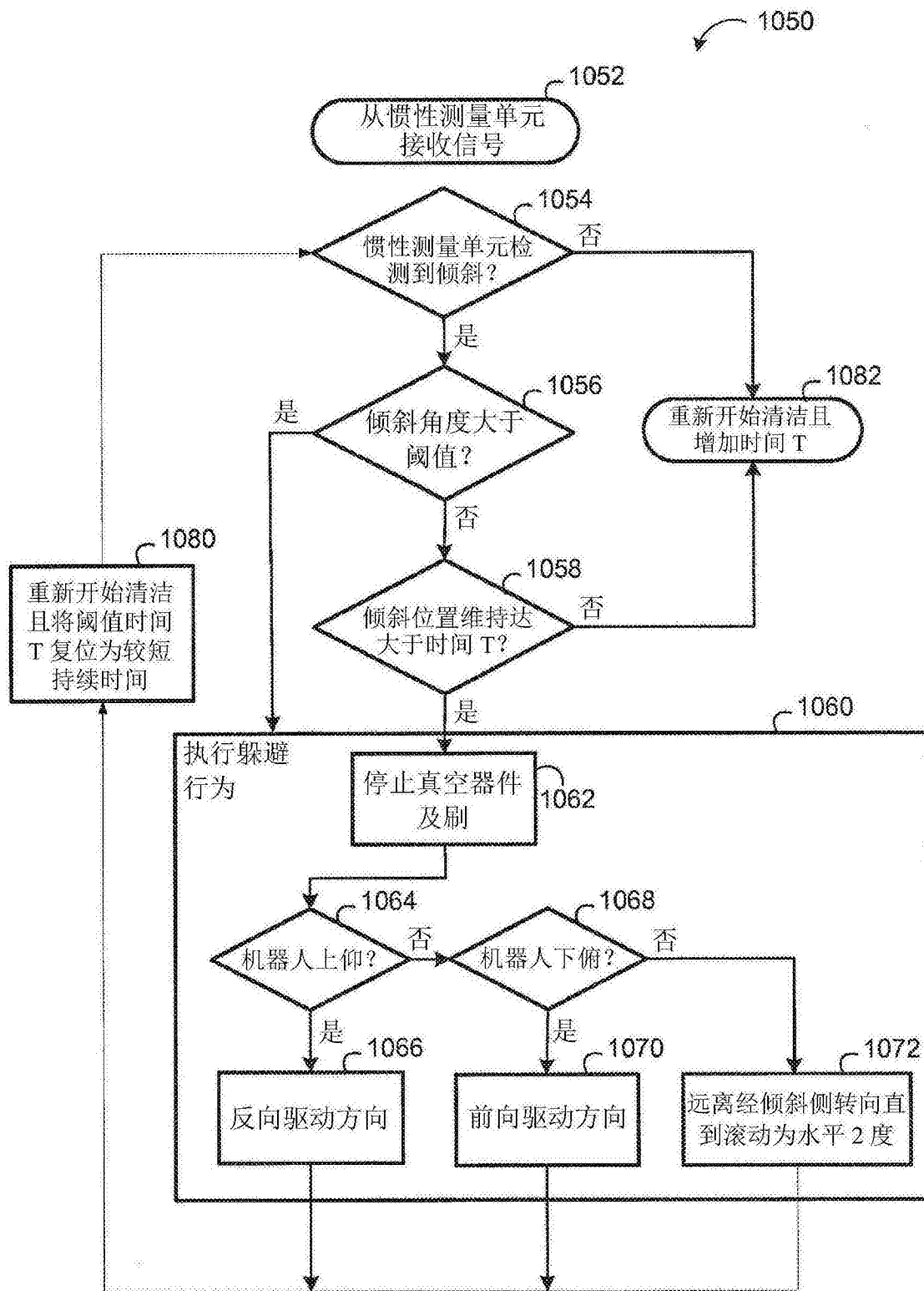


图10B

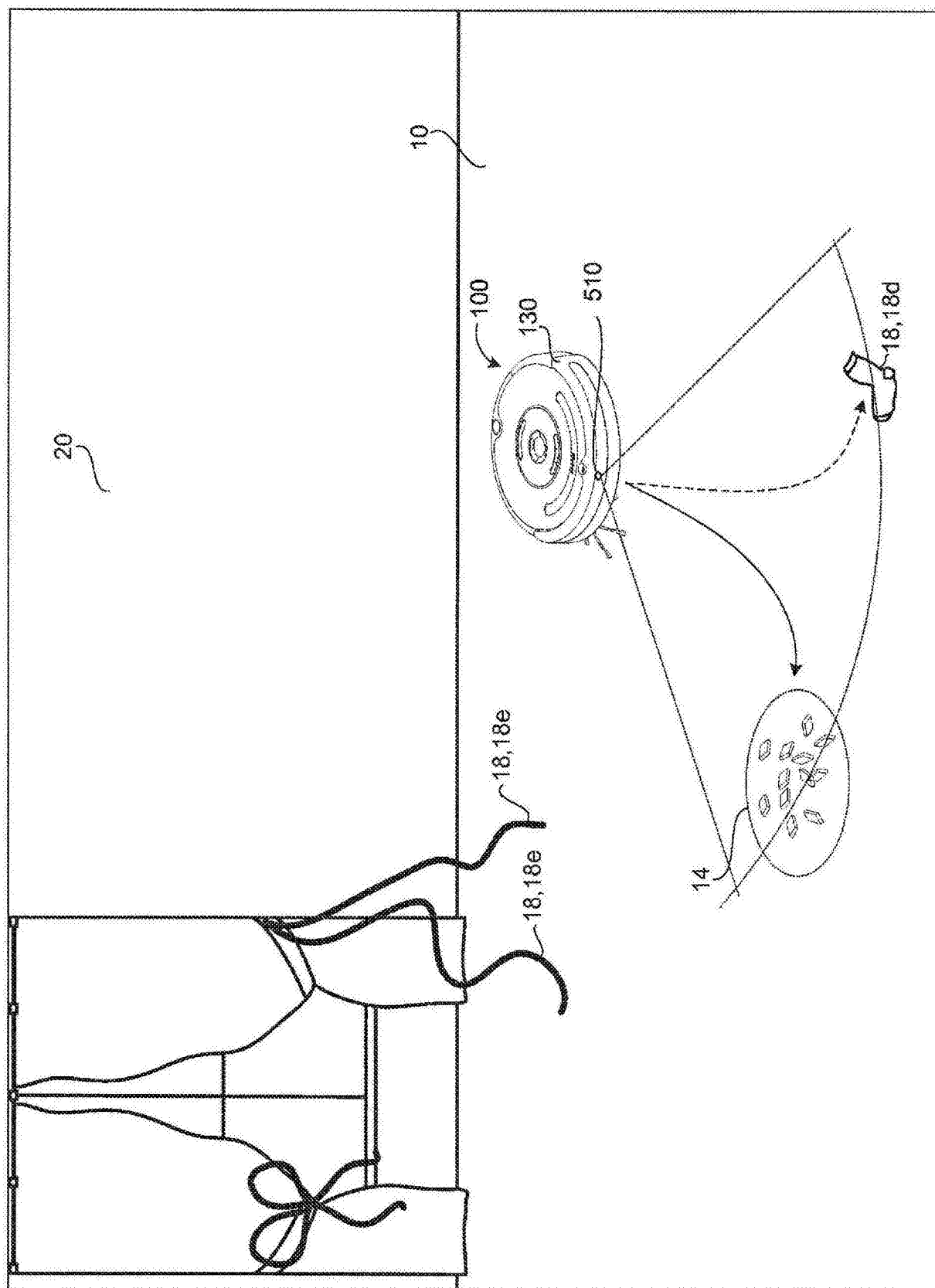


图 11A

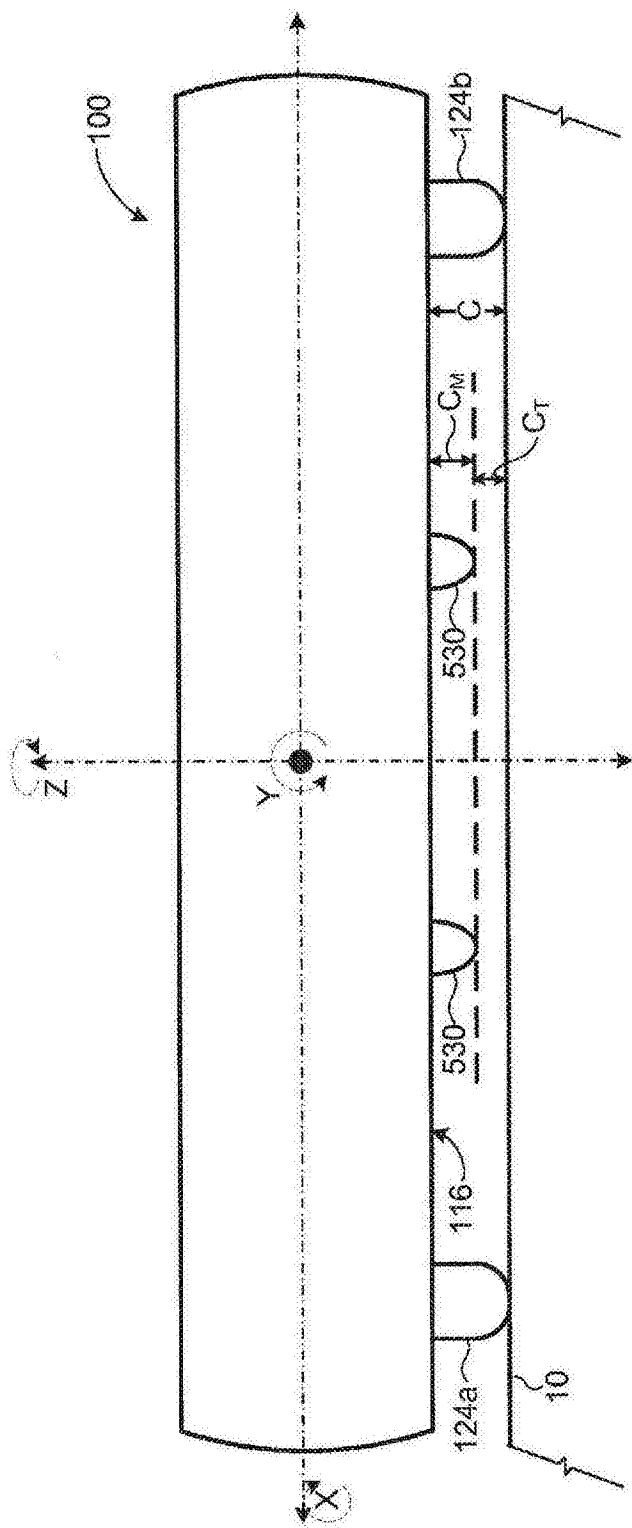


图11B

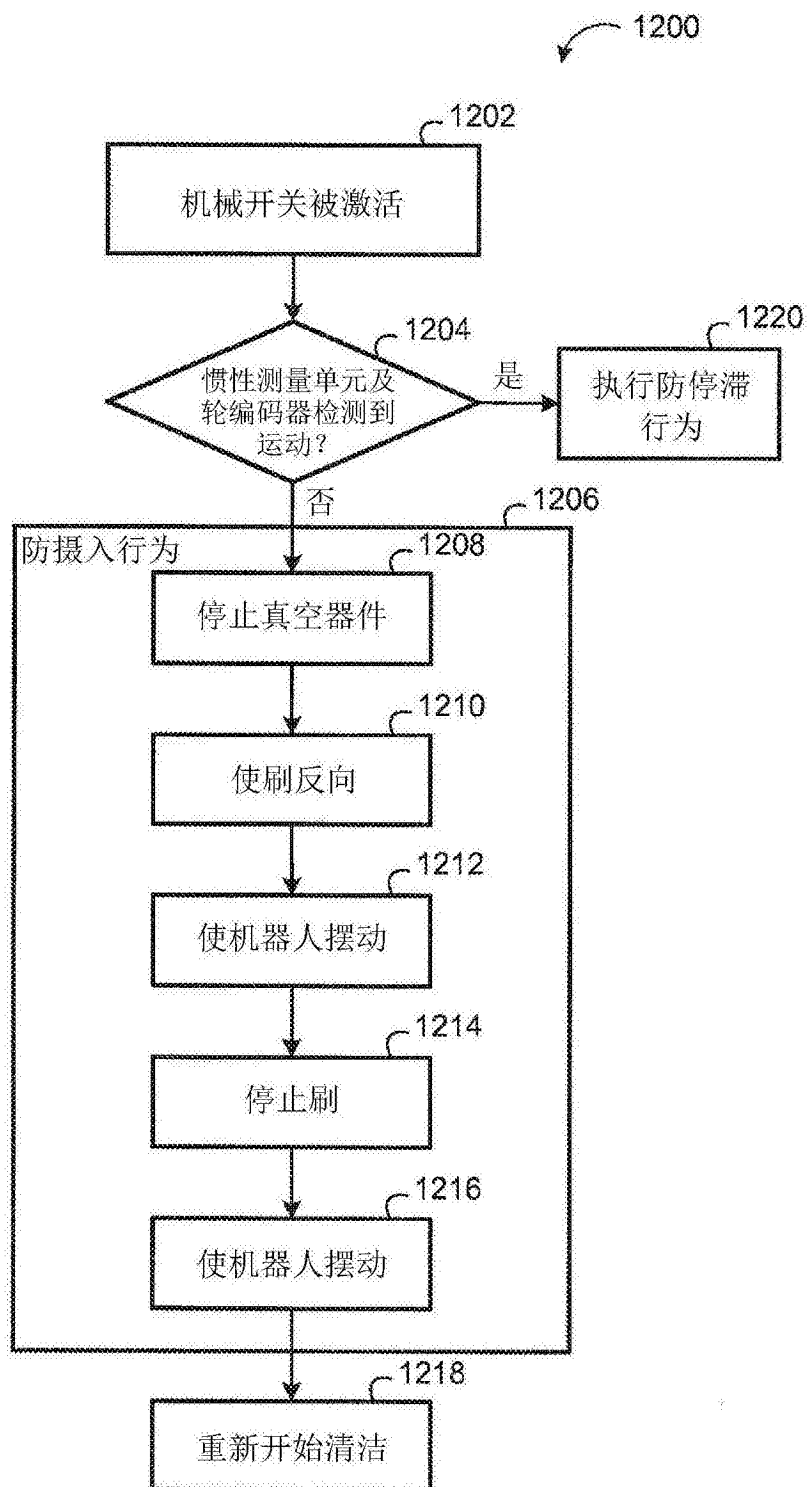


图12

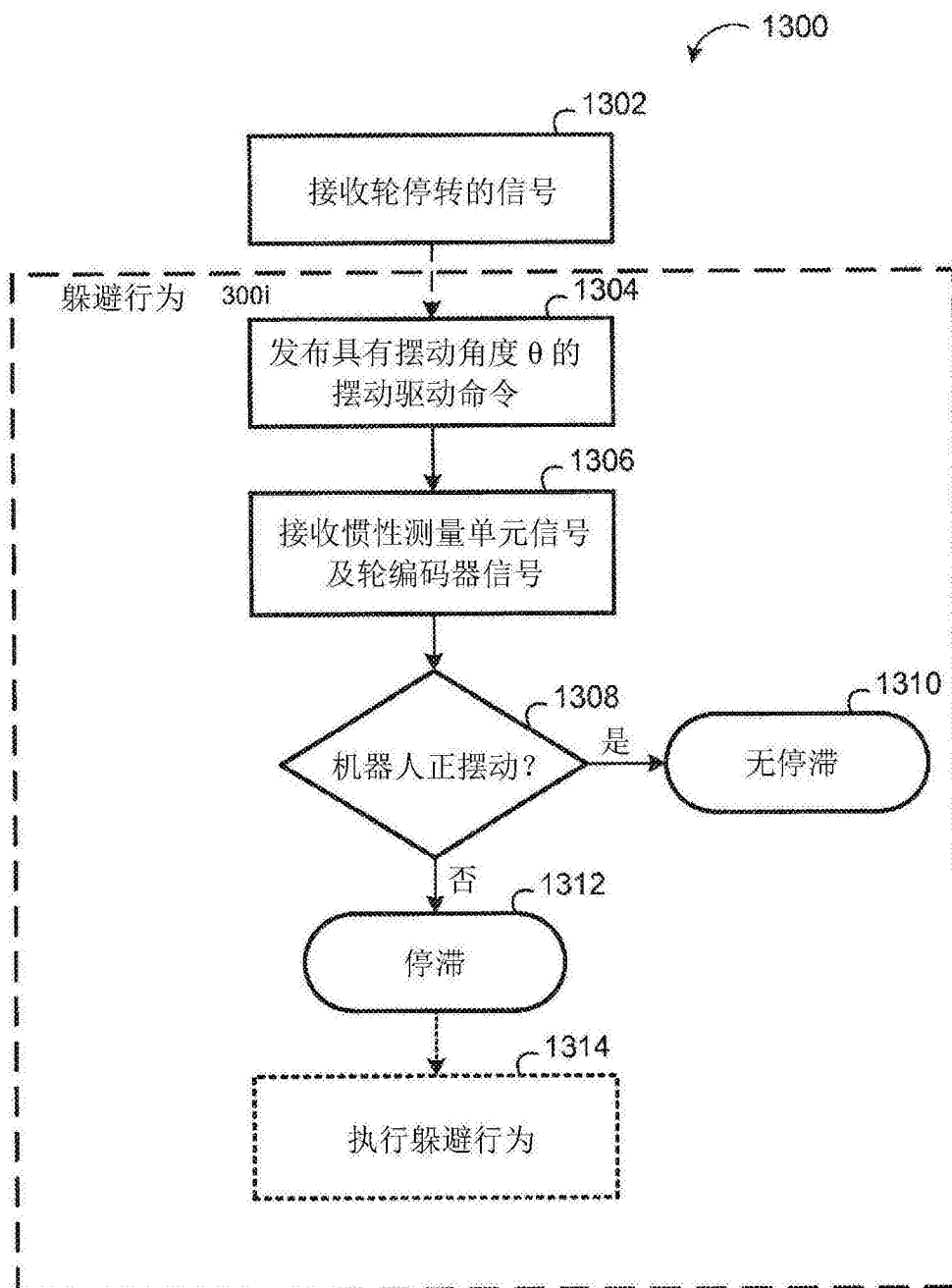


图13

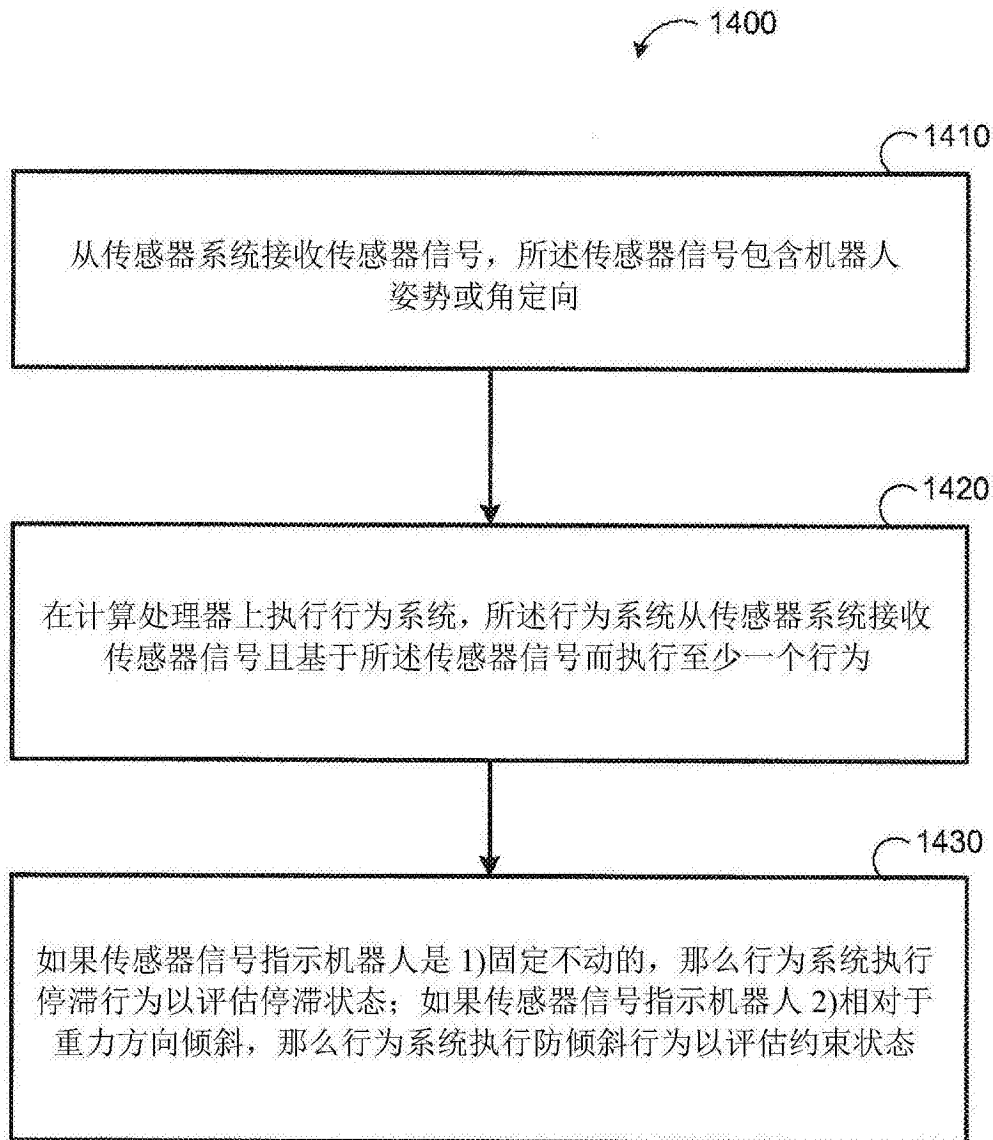


图14