(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113678082 B
(45)授权公告日 2024.07.05

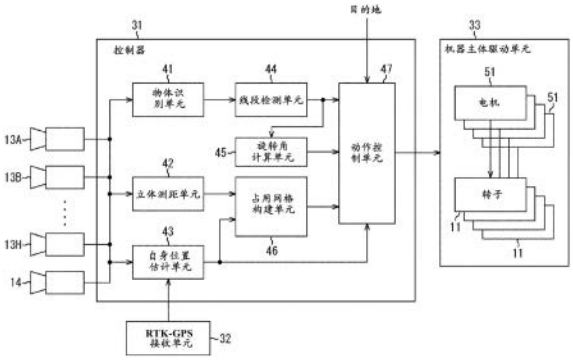
(21)申请号 202080021996.8
(22)申请日 2020.03.12
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113678082 A
(43)申请公布日 2021.11.19
(30)优先权数据
2019-055967 2019.03.25 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.09.17
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/010740 2020.03.12
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/195876 JA 2020.10.01
(73)专利权人 索尼集团公司
地址 日本东京
(72)发明人 丰吉政彦 漆户航平 李骏
佐藤竜太 阿部真一郎 元山琢人
半田正树
(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
专利代理师 刘玉洁
(51)Int.Cl.
G05D 1/46(2024.01)
B64U 10/14(2023.01)
B64U 20/87(2023.01)
G05D 109/20(2024.01)
B64U 101/30(2023.01)
(56)对比文件
CN 106054900 A,2016.10.26
JP H0239276 A,1990.02.08
US 2017010623 A1,2017.01.12
韩军 等.基于无人机图像的电力杆塔倾斜检测.计算机仿真.2017,第426-431页.
审查员 夏凉
权利要求书3页 说明书11页 附图9页

(54)发明名称

移动体、移动体的控制方法和程序

(57)摘要

本技术涉及一种移动体、一种移动体的控制方法和一种能够在移动中精确地检测和避开可能是障碍物的线状物体的程序。移动体检测由立体相机中的至少一个相机捕获的捕获图像中的线段,并在与线段正交的方向上移动固定有立体相机的机器主体。本技术可以应用于例如执行自主飞行的移动体等,诸如无人机。



CN 113678082 B

1.一种无人机,包括:立体相机,所述立体相机包括成像方向为行进方向的相邻的第1相机和第2相机,所述第1相机和所述第2相机分别在所述无人机的行进方向上执行成像而捕获到第1捕获图像和第2捕获图像;以及

控制器,所述控制器被配置成包括:

线段检测单元,所述线段检测单元检测第1捕获图像和第2捕获图像中的线段,该线段平行于连接所述第1相机和所述第2相机的光学中心的线段;

控制单元,所述控制单元在与所述线段正交的方向上移动固定有所述立体相机的机器主体;

物体识别单元,所述物体识别单元识别第1捕获图像和第2捕获图像中的物体;

立体测距单元,所述立体测距单元在所述线段的旋转角度变成预定角度的状态下,从由所述立体相机捕获的第1捕获图像和第2捕获图像生成视差图;以及

占用网格图构建单元,所述占用网格图构建单元从所述视差图构建占用网格图,

其中

所述控制单元将所述机器主体在与所述线段正交的所述方向上移动固定时间或固定距离,

其中所述线段检测单元通过将第1捕获图像和第2捕获图像中的所述物体转换为所述线段来检测所述线段,

所述控制单元确定是否已经通过将所述机器主体在与所述线段正交的所述方向上移动所述固定时间或所述固定距离而避开了第1捕获图像和第2捕获图像中的所述物体,

其中所述控制单元在无法通过所述机器主体的在与所述线段正交的所述方向上的所述移动来避开所述物体的情况下,在偏航轴方向上旋转所述立体相机或所述机器主体,直到所述第1捕获图像和第2捕获图像上的所述线段的旋转角度变成预定角度,所述预定角度为$R=\operatorname{atan}\frac{2B}{\text{宽度}}$,其中,所述第1相机和所述第2相机的水平方向上的分辨率为宽度,并且在执行搜索所述第1捕获图像和所述第2捕获图像的对应点的块匹配时,块的水平方向和垂直方向上的像素数为B,分辨率的单位为像素,并且

所述控制单元基于所述占用网格图来移动所述机器主体。

2.如权利要求1所述的无人机,

其中在移动所述机器主体后,所述控制单元重置局部目的地,并将所述机器主体移动到重置后的所述局部目的地,其中所述局部目的地是所述机器主体的局部的目的地。

3.一种控制无人机的方法,

其中所述无人机包括:立体相机,所述立体相机包括在成像方向为行进方向的相邻的第1相机和第2相机,所述第1相机和所述第2相机分别在所述无人机的行进方向上执行成像而捕获到第1捕获图像和第2捕获图像;以及

控制器,所述控制器被配置成包括线段检测单元、控制单元、立体测距单元、占用网格图构建单元和物体识别单元,

所述方法包括:

由所述线段检测单元检测第1捕获图像和第2捕获图像中的线段,该线段平行于连接所述第1相机和所述第2相机的光学中心的线段;

由所述控制单元在与所述线段正交的方向上移动固定有所述立体相机的机器主体；

由所述物体识别单元识别第1捕获图像和第2捕获图像中的物体；

由所述立体测距单元在所述线段的旋转角度变成预定角度的状态下，从由所述立体相机捕获的第1捕获图像和第2捕获图像生成视差图；

由所述占用网格图构建单元从所述视差图构建占用网格图，

其中

所述控制单元将所述机器主体在与所述线段正交的所述方向上移动固定时间或固定距离，

所述线段检测单元通过将第1捕获图像和第2捕获图像中的所述物体转换为所述线段来检测所述线段，

所述控制单元确定是否已经通过将所述机器主体在与所述线段正交的所述方向上移动所述固定时间或所述固定距离而避开了第1捕获图像和第2捕获图像中的所述物体，

所述控制单元在无法通过所述机器主体的在与所述线段正交的所述方向上的所述移动来避开所述物体的情况下，在偏航轴方向上旋转所述立体相机或所述机器主体，直到所述第1捕获图像和第2捕获图像上的所述线段的旋转角度变成预定角度，所述预定角度为$R=\operatorname{atan}\frac{2B}{\text{宽度}}$，其中，所述第1相机和所述第2相机的水平方向上的分辨率为宽度，并且在执行搜索所述第1捕获图像和所述第2捕获图像的对应点的块匹配时，块的水平方向和垂直方向上的像素数为B，分辨率的单位为像素，并且

所述控制单元基于所述占用网格图来移动所述机器主体。

4.一种用于无人机的存储介质，记录有程序，所述无人机包括：立体相机，所述立体相机包括在成像方向为行进方向的相邻的第1相机和第2相机，所述第1相机和所述第2相机分别在所述无人机的行进方向上执行成像而捕获到第1捕获图像和第2捕获图像；以及控制器，所述程序使得所述控制器能够用作：

线段检测单元，所述线段检测单元检测第1捕获图像和第2捕获图像中的线段，该线段平行于连接所述第1相机和所述第2相机的光学中心的线段；

控制单元，所述控制单元在与所述线段正交的方向上移动固定有所述立体相机的机器主体；

物体识别单元，所述物体识别单元识别第1捕获图像和第2捕获图像中的物体；

立体测距单元，所述立体测距单元在所述线段的旋转角度变成预定角度的状态下，从由所述立体相机捕获的第1捕获图像和第2捕获图像生成视差图；以及

占用网格图构建单元，所述占用网格图构建单元从所述视差图构建占用网格图，

其中

所述控制单元将所述机器主体在与所述线段正交的所述方向上移动固定时间或固定距离，

其中所述线段检测单元通过将第1捕获图像和第2捕获图像中的所述物体转换为所述线段来检测所述线段，

所述控制单元确定是否已经通过将所述机器主体在与所述线段正交的所述方向上移动所述固定时间或所述固定距离而避开了第1捕获图像和第2捕获图像中的所述物体，

其中所述控制单元在无法通过所述机器主体的在与所述线段正交的所述方向上的所述移动来避开所述物体的情况下,在偏航轴方向上旋转所述立体相机或所述机器主体,直到所述第1捕获图像和第2捕获图像上的所述线段的旋转角度变成预定角度,所述预定角度为$R=\operatorname{atan}\frac{2B}{\text{宽度}}$,其中,所述第1相机和所述第2相机的水平方向上的分辨率为宽度,并且在执行搜索所述第1捕获图像和所述第2捕获图像的对应点的块匹配时,块的水平方向和垂直方向上的像素数为B,分辨率的单位为像素,并且

所述控制单元基于所述占用网格图来移动所述机器主体。

移动体、移动体的控制方法和程序

技术领域

[0001] 本技术涉及移动体、移动体的控制方法和程序,并且尤其涉及能够在移动中精确地检测和避开可能是障碍物的线状物体的移动体、移动体的控制方法和程序。

背景技术

[0002] 例如,诸如无人机之类的自主飞行的移动体从由立体相机捕获的图像中识别机器主体周围的物体的位置,并且在避开障碍物的同时自主移动。

[0003] 然而,在由立体相机进行的物体识别中,原则上难以识别在平行于基线的直线方向上纹理改变小的物体。例如,难以检测在图像的水平方向上延伸的诸如电线或天线之类的细物体。注意,基线是连接构成立体相机的两个相机的光学中心的线段。

[0004] 专利文献1公开了一种作为飞行以检测电线的无人飞行体在基于流过电线的电流大小与电线保持一定距离的同时飞行并对电线进行成像的技术。

[0005] 引用列表

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:第2018-114807号日本专利申请公开

发明内容

[0008] 本发明要解决的问题

[0009] 然而,专利文献1的技术只能在电力传输期间处理电线,而且只能沿着电线飞行。

[0010] 本技术正是鉴于这样的情况而提出的,并且能够在移动中精确地检测并避开可能是障碍物的线状物体。

[0011] 问题解决方案

[0012] 根据本技术一个方面的移动体包括:线段检测单元,其检测由立体相机的至少一个相机捕获的捕获图像中的线段;以及控制单元,其在与线段正交的方向上移动固定有立体相机的机器主体。

[0013] 在根据本技术的一个方面的控制移动体的方法中,移动体检测由立体相机中的至少一个相机捕获的捕获图像中的线段,并在与线段正交的方向上移动固定有立体相机的机器主体。

[0014] 根据本技术的一个方面的程序允许计算机用作:线段检测单元,其检测由立体相机的至少一个相机捕获的捕获图像中的线段;以及控制单元,其在与线段正交的方向上移动固定有立体相机的机器主体。

[0015] 在本技术的一个方面,检测由立体相机的至少一个相机捕获的捕获图像中的线段,以及在与线段正交的方向上移动固定有立体相机的机器主体。

[0016] 注意,可以通过经由传输介质传输或通过在记录介质上记录来提供程序。

附图说明

[0017] 图1是作为应用了本技术的移动体的无人机的平面图。

[0018] 图2是用于说明立体相机对电线等的检测的图。

[0019] 图3是与图1中无人机的飞行控制有关的框图。

[0020] 图4是示出了视差图和占用网格图的示例的图。

[0021] 图5是用于说明计算角度R的方法的图。

[0022] 图6是用于说明飞行控制处理的流程图。

[0023] 图7是用于说明图6的步骤S17中的避障动作处理的细节的流程图。

[0024] 图8是用于说明避开电线的图。

[0025] 图9是示出了应用了本技术的计算机的实施例的配置示例的框图。

具体实施方式

[0026] 下面将描述用于执行本技术的方式(在下文中,被称为实施例)。注意,将按以下顺序给出描述。

[0027] 1.无人机的平面图

[0028] 2.立体相机对电线等的检测

[0029] 3.无人机的框图

[0030] 4.飞行控制处理的流程图

[0031] 5.用例示例

[0032] 6.相机的修改示例

[0033] 7.无人机以外的应用示例

[0034] 8.计算机配置示例

[0035] <1.无人机的平面图>

[0036] 图1是作为应用了本技术的移动体的无人机的平面图。

[0037] 图1中的无人机1是具有四个转子(旋翼)11的四旋翼(quad-type)飞行移动体。

[0038] 注意,在本实施例中,无人机1为具有四个转子11的四旋翼型飞行移动体,但不限于此。无人机可以是例如具有六个或八个转子11的多旋翼飞行器(multicopter)。

[0039] 多个相机13被设置在无人机1的主体12中。更具体地,八个相机13A至13H被设置在主体12的外周边的侧表面,并且一个相机14被设置在主体12的底表面上。被提供在侧表面上的相机13A至13H中的每一个以无人机1的水平方向作为成像中心对在垂直和水平方向上出现在预定视角范围内的对象进行成像。被提供在底表面上的相机14以作为地面方向的较低侧作为成像中心对在垂直和水平方向上出现在预定视角范围内的对象进行成像。在相机13A至13H没有被特别区分的情况下,它们被简称为相机13。相机13的数量和布置不限于图1的示例,并且可以被任意确定。

[0040] 在提供在侧表面的八个相机13中,被设置为使得光轴平行的一对两个相机13构成立体相机。具体地,相机13A和13B构成立体相机,相机13C和13D构成立体相机,相机13E和13F构成立体相机,并且相机13G和13H构成立体相机。从由构成立体相机的两个相机13捕获的两个捕获图像(一对捕获图像)中,通过三角测量原理识别存在于无人机1周围的物体和到物体的距离。

[0041] 假设图1中箭头指示的右方向为无人机1的行进方向,则包括相机13A和13B的立体相机在行进方向上执行成像以检测行进方向上的障碍物等的情况,并且其他相机13C至13H捕获用于检测无人机1整个周边的情况的图像。

[0042] <2.立体相机对电线等的检测>

[0043] 无人机1基于由立体相机捕获的两个捕获图像来识别在行进方向上作为障碍物存在的物体,在避开障碍物的同时自主飞行,并且移动到目的地。通过无线通信等从远程终端(未示出)接收目的地。

[0044] 在立体相机进行的物体识别中,难以检测在平行于基线的直线方向上纹理改变小的物体,例如,在水平方向上长的物体,诸如如图2所示的电线15。注意,基线是连接构成立体相机的两个相机13的光学中心的线段。

[0045] 图2示出了其中电线15由立体相机成像的状态。

[0046] 捕获图像L1(在下文中,被称为左相机捕获图像L1)是由作为立体相机中的一个相机的左侧相机捕获的图像,并且捕获图像R1(在下文中,被称为右相机捕获图像R1)是由作为另一个相机的右侧相机捕获的图像。

[0047] 在从由立体相机捕获的左相机捕获图像L1和右相机捕获图像R1中检测到预定物体的情况下,首先,执行检测出现在两个捕获图像中的物体的对应点的处理。在检测到电线15的情况下,例如,需要搜索对应点P1R,该对应点P1R是与左相机捕获图像L1中的电线15的预定点P1L相对应的右相机捕获图像R1上的点。然而,右相机捕获图像R1中的电线15在通过右相机捕获图像R1中的与点P1L相对应的对应点P1R并平行于基线的直线方向上纹理改变小。因此,无法指定右相机捕获图像R1中的对应点P1R。注意,在图2中,图像中的水平虚线是用于描述的辅助线。

[0048] 因此,无人机1配备了能够检测在平行于基线的直线方向上纹理改变小的物体(诸如图2中的电线15)的控制。

[0049] 具体地,通过以预定角度旋转无人机1自身并由立体相机执行成像,可以在平行于基线的直线上搜索对应点。

[0050] 例如,在图2所示的电线15被成像的情况下,机器主体被旋转并且立体相机执行成像。然后,可以获取其中电线15倾斜预定角度θ的图像,诸如图2中的左相机捕获图像L1'和右相机捕获图像R1'。如果使用左相机捕获图像L1'和右相机捕获图像R1',则没有获得其中电线15在平行于基线的直线方向上纹理改变小的图像,使得电线15可以被精确检测。

[0051] <3.无人机的框图>

[0052] 图3是与无人机1的飞行控制有关的框图。

[0053] 无人机1至少包括控制器31、RTK-GPS接收单元32和机器主体驱动单元33。

[0054] 控制器31基于由相机13和14捕获的图像以及由RTK-GPS接收单元32检测到的位置信息、速度信息、时间信息等来识别无人机1的当前位置和周围情况,并且控制无人机1的飞行(移动)。控制器31包括例如中央处理器(CPU)、只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、微处理器等,并通过执行存储在诸如ROM之类的存储单元中的程序来执行对无人机1的控制。

[0055] RTK-GPS接收单元32接收来自作为全球导航卫星系统(GNSS)之一的GPS卫星的无线电波和来自安装在地面上的参考站的无线电波两者,从而以几厘米的精度检测(定位)其

自身的当前位置。注意,GNSS不限于GPS,并且诸如GLONASS(俄罗斯)、北斗(中国)、Galileo(欧盟)、准天顶卫星Michibiki(日本)之类的定位卫星的定位信号可以被使用或组合使用。RTK-GPS接收单元32将无人机1的位置信息、速度信息、时间信息等提供给自身位置估计单元43。

[0056] 机器主体驱动单元33包括四个转子11和驱动每个转子11的电机51。机器主体驱动单元33在控制器31的控制下通过改变四个转子11的旋转速度来移动机器主体或改变机器主体的姿态。

[0057] 控制器31包括物体识别单元41、立体测距单元42、自身位置估计单元43、线段检测单元44、旋转角计算单元45、占用网格构建单元46和动作控制单元47。

[0058] 物体识别单元41基于由多个相机13中在行进方向上执行成像的两个立体相机(例如,相机13A和13B)中的一个相机13(单目相机)捕获的捕获图像来检测(识别)行进方向上的物体。物体识别单元41在包括在捕获图像中的物体中检测诸如电线、天线或电线杆之类的细长线状物体,并向线段检测单元44提供指定物体的信息(物体指定信息),诸如检测到的物体的位置和大小。作为用于从图像中检测任意物体的算法,已知的方法可以被采用。例如,对于检测诸如电线或天线之类的细长线状物体,可以采用"Gubbi、Jayavardhana、Ashley Varghese和P.Balamuralidhar,"一种用于检测长线状基础设施的新的深度学习架构(A new deep learning architecture for detection of long linear infrastructure)",关于机器视觉应用(MVA)的2017年第十五届IAPR国际会议,IEEE,2017"中公开的技术。注意,在本实施例中,物体识别单元41基于由单目相机捕获的捕获图像来检测细长线状物体,但也可以基于由立体相机捕获的捕获图像来检测细长线状物体。

[0059] 立体测距单元42使用立体相机执行测距。具体地,立体测距单元42根据由被设置为使得光轴彼此平行的两个相机13捕获的两个捕获图像(一对捕获图像)生成视差图,并将视差图提供给占用网格构建单元46。视差图是通过将与以捕获图像的像素为单位出现在捕获图像中的物体的深度方向上的距离相对应的视差量添加到该对捕获图像中的一个捕获图像而获得的图像。视差图是指示与捕获图像相对应的深度信息的图像,并且也被称为深度图像。

[0060] 自身位置估计单元43基于从RTK-GPS接收单元32提供的无人机1的位置信息和速度信息以及从多个相机13和14提供的捕获图像来估计无人机1的当前自身位置和姿态。例如,在来自定位卫星或基站的无线电波可以被接收的情况下,自身位置估计单元43基于通过RTK-GPS接收单元32测量的位置信息来估计自身位置。在无法接收无线电波的地方,诸如在室内或隧道中,检测从多个相机13和14提供的捕获图像的特征点以通过视觉同步定位和映射(SLAM)来估计自身位置和姿态。自身位置估计单元43将检测到的自身位置和姿态提供给占用网格构建单元46和动作控制单元47。

[0061] 注意,无人机1还可以包括诸如陀螺仪传感器、加速度传感器、磁传感器和压力传感器之类的惯性测量传感器。在此情况下,自身位置估计单元43可以使用这些传感器的信息以高精度估计自身位置和姿态。

[0062] 线段检测单元44使用霍夫变换将由物体识别单元41检测到的细长线状物体转换为线段,并将细长线状物体检测为线段。关于检测到的线段的信息被提供给旋转角计算单元45和动作控制单元47。

[0063] 旋转角计算单元45计算由线段检测单元44检测到的线段的角度θ,并将计算结果提供给动作控制单元47。例如,假设由线段检测单元44检测到的线段是图2中的电线15,则旋转角计算单元45计算图2中的电线15的图像上的旋转角θ并将其提供给动作控制单元47。

[0064] 占用网格构建单元46通过在时间方向上将从立体测距单元42提供的视差图的结果进行卷积来构建指示在无人机1周围的三维空间中存在或不存在障碍物的占用网格图(占用网格)。注意,由自身位置估计单元43估计的无人机1的位置(自身位置)和姿态也被提供给占用网格构建单元46。

[0065] 在由构成立体相机的两个相机13中的每一个在从当前时间到以前的预定时间的时间段期间获得具有索引p=1、2、3、...、P的P个捕获图像的情况下,假设与具有索引p的捕获图像相对应的深度图像由z_p表示,并且在具有索引p的捕获图像被获得时立体相机的位置和姿态由g_p表示,则当观测结果$D=\{z_{1:P},g_{1:P}\}$被给出时,无人机1周围的三维空间地图M的后验概率P(M|D)可由以下公式(1)计算。注意$z_{1:P}=\{z_1,z_2,...,Z_P\}$并且$g_{1:P}=\{g_1,g_2,...,g_P\}$。立体相机的光学中心的位置和姿态可以基于无人机1自身的位置和姿态获得。

[0066] [数学公式1]

[0067] $$P(M|D)\propto P(M)\prod_{p=1}^{P}\frac{P(m_p|z_p,g_p)}{P(m_p)} \quad \cdots(1)$$

[0068] 公式(1)中的$P(m_p)$表示具有索引p的捕获图像中的先验概率。$P(m_p|z_p,g_p)$表示传感器的噪声特性,并且对应于例如在传感器为立体相机的情况下由于距离分辨率而产生的误差。P(M)表示三维空间地图M的先验概率。

[0069] 图4的A示出了从立体测距单元42提供的视差图的示例。在图4的A的视差图中,每个像素的距离信息由8位灰度值表示,并且亮度越亮(越白),距离越短。

[0070] 图4的B示出了由占用网格构建单元46构建的占用网格图的示例。

[0071] 返回图3,动作控制单元47通过使用从自身位置估计单元43提供的自身位置和姿态以及由占用网格构建单元46构建的占用网格图来设置从无人机1的当前位置到目的地的移动路线,并根据设置的移动路线来控制机器主体驱动单元33的每个电机51。目的地从远程终端发送,由通信单元(未示出)接收,并输入到动作控制单元47。

[0072] 此外,在诸如图2中的电线15之类的细长线状障碍物的线段从线段检测单元44被提供的情况下,动作控制单元47控制电机51在偏航方向上旋转机器主体。动作控制单元47在偏航方向上旋转机器主体直到从旋转角计算单元45提供的线段的角度θ变成角度R为止。

[0073] 这里,角度R被如下确定。如图5所示,假设相机13的水平方向上的分辨率为宽度[像素],并且在执行搜索立体相机捕获的两个捕获图像的对应点的块匹配时,块的水平方向和垂直方向上的像素数为B[像素],角度R由以下公式(2)计算。

[0074] [数学公式2]

[0075] $$R=\operatorname{atan}\frac{2B}{宽度} \quad \cdots(2)$$

[0076] 换句话说,角度R是图像中心部分中的预定物体在垂直方向上移动与在捕获图像中匹配的块的块大小相对应的量的角度。在无人机1在水平方向移动的情况下,它关于行进方向以前倾姿态移动。但是,如果将处于前倾姿态的机器主体在偏航方向上旋转,则可以将捕获图像上的物体(对象)像图2中的左相机捕获图像L1'和右相机捕获图像R1'那样旋转。

[0077] <4.飞行控制处理流程图>

[0078] 接下来,将参考图6的流程图描述当无人机1飞行到目的地时的飞行控制处理。例如当从远程终端发送目的地信息并且开始飞行时,开始此处理。

[0079] 首先,在步骤S11中,自身位置估计单元43执行自身位置估计。换句话说,无人机1的当前位置和姿态基于来自RTK-GPS接收单元32的位置信息和速度信息以及从多个相机13和相机14提供的捕获图像而被估计(确定),并且被提供给动作控制单元47。

[0080] 在步骤S12中,动作控制单元47基于无人机1的当前位置确定无人机1是否已经到达目的地。在步骤S12中确定无人机1已经到达目的地的情况下,飞行控制处理结束。

[0081] 另一方面,在步骤S12中确定无人机1尚未到达目的地的情况下,处理进行到步骤S13。动作控制单元47在距当前位置的预定距离内设置局部目的地(在下文中被称为局部目的地),该局部目的地对应于到最终目的地的移动路线中的通过点,确定到局部目的地的移动路线,并开始移动。注意,在最终目的地存在于距当前位置的预定距离内的情况下,该目的地变成局部目的地。

[0082] 通过使用来自占用网格构建单元46的三维占用网格图作为输入计算无人机1通过某个空间时的成本,来确定到局部目的地的移动路线。成本表示允许无人机1通过的难度,并且当其越靠近障碍物时,成本被设置得越高。在向占用网格图提供诸如电线和建筑物之类的语义信息的情况下,可以根据语义信息改变成本。例如,在被识别为电线或诸如人之类的移动物体的区域附近设置高成本。因此,确定了无人机1与具有高成本的障碍物保持距离的移动路线。可以使诸如用A*算法、D*算法、快速探索随机树(RRT)、动态窗口法(DWA)等之类的已知的搜索算法来搜索移动路线。

[0083] 在步骤S14中,RTK-GPS接收单元32获取GPS位置信息。更具体地,RTK-GPS接收单元32通过接收来自GPS卫星的无线电波和来自安装在地面上的参考站的无线电波两者来检测(测量)自身位置。

[0084] 在步骤S15中,多个相机13捕获图像。具体地,其成像方向为行进方向的两个相邻的相机13执行在行进方向上的成像,而其他相机13执行除了行进方向以外的周围环境的成像。

[0085] 步骤S14和S15中的处理是在飞行期间连续执行的处理,并且GPS位置信息和立体相机图像根据无人机1的移动被顺序更新。然后,占用网格构建单元46构建的占用网格图被更新(重建)。

[0086] 在步骤S16中,动作控制单元47确定是否已经在行进方向上检测到障碍物。

[0087] 在步骤S16中确定已经在行进方向上检测到障碍物的情况下,处理进行到步骤S17,并且无人机1执行避障动作处理。稍后将参考图7描述避障动作处理的细节。

[0088] 另一方面,在步骤S16中确定在行进方向上尚未检测到障碍物的情况下,处理进行到步骤S18,并且无人机1沿着在步骤S13中设置的移动路线移动。

[0089] 在步骤S17或步骤S18之后,处理进行到步骤S19,并且动作控制单元47确定自身位置是否已经到达局部目的地。

[0090] 在步骤S19中确定自身位置尚未到达局部目的地的情况下,处理返回到步骤S14,并且重复上述步骤S14至S19。

[0091] 另一方面,在步骤S19中确定自身位置已到达局部目的地的情况下,处理返回到步

骤S12,再次确定自身位置是否已到达目的地。重复步骤S13至S19中的处理直到在步骤S12中确定无人机已经到达目的地,并且如果确定无人机已经到达目的地,则飞行控制处理结束。

[0092] 接下来,将参考图7中的流程图描述在图6的步骤S16中确定已经在行进方向上检测到障碍物的情况下执行的步骤S17中的避障动作处理的细节。

[0093] 注意,在图7的避障动作处理中将描述避开在障碍物中难以被识别为物体的细长线状物体(诸如上述电线、天线或电线杆)的情况。

[0094] 首先,在步骤S41中,动作控制单元47控制机器主体驱动单元33的每个电机51以使机器主体减速。无人机1以比减速前的速度低的速度在行进方向上以前倾姿态移动。

[0095] 在步骤S42中,物体识别单元41从通过在行进方向上执行成像获得的捕获图像中识别作为障碍物的物体,并将用于指定所识别的物体的物体指定信息提供给线段检测单元44。

[0096] 在步骤S43中,线段检测单元44执行线段转换,用于使用霍夫变换将物体识别单元41检测到的细长线状物体转换成线段。因此,细长线状物体被检测为线段。关于检测到的线段的信息被提供给旋转角计算单元45和动作控制单元47。连续执行步骤S42中的物体识别和步骤S43中的线段检测,直到避开障碍物(即,直到开始步骤S52中的处理)为止。

[0097] 在步骤S44中,动作控制单元47控制电机51将机器主体在与检测到的线段LL正交的方向dir上移动,如图8所示。注意,在图8中,存在两种与线段LL正交的方向,图8中的向上方向和向下方向,参考占用网格图来选择一个方向。通常,不是地面方向的向上方向被选择,并且还由其周围的占用网格图控制。

[0098] 通过步骤S44中的处理,无人机1在与检测到的线段LL正交的方向dir上移动固定时间或固定距离。

[0099] 接着,在步骤S45中,动作控制单元47确定障碍物是否已经被避开,即基于来自线段检测单元44的检测结果,与电线等相对应的线段是否不再从视线可见。

[0100] 在步骤S45中确定障碍物已经被避开的情况下,如稍后所述,处理进行到步骤S52。

[0101] 另一方面,在步骤S45中确定障碍物尚未被避开的情况下,处理进行到步骤S46,并且动作控制单元47控制电机51在偏航方向上旋转机器主体。

[0102] 在步骤S47中,旋转角计算单元45计算由线段检测单元44检测到的线段的角度θ,并将计算结果提供给动作控制单元47。

[0103] 在步骤S48中,动作控制单元47确定线段的角度θ是否已经变成公式(2)中的角度R。

[0104] 在步骤S48中确定线段的角度θ不是角度R的情况下,处理进行到步骤S46,并且重复步骤S46到S48中的处理。换句话说,无人机1在偏航方向上旋转机器主体直到线段的角度θ变成角度R。因此,如图2所示,可以从立体相机的两张捕获图像中精确检测到诸如电线之类的细长物体。

[0105] 然后,在步骤S48中确定线段的角度θ已经变成角度R的情况下,处理进行到步骤S49,并且立体测距单元42根据由立体相机在机器主体旋转的状态下在行进方向上捕获的两个捕获图像生成视差图,并将视差图提供给占用网格构建单元46。

[0106] 在步骤S50中,占用网格构建单元46将从立体测距单元42提供的视差图的结果添

加到占用网格图,从而更新(重建)指示在无人机1周围的三维空间中存在或不存在障碍物的占用网格图。

[0107] 在步骤S51中,动作控制单元47基于更新后的占用网格图控制每个电机51以采取避障动作。因此,在避开诸如电线之类的细长物体的方向上移动无人机1。如果在避开障碍物的方向上移动无人机1,则处理进行到步骤S52。

[0108] 在上述步骤S45中确定障碍物已经避开的情况和步骤S51中无人机已经在避开障碍物的方向上移动的情况下,通过避障动作偏离了到初始设置的局部目的地的移动路线。

[0109] 因此,在步骤S52中,动作控制单元47重置局部目的地,确定到局部目的地的移动路线,控制每个电机51,并开始移动。重置局部目的地的方法类似于步骤S13中的局部目的地的设置。如果开始相对于重置的局部目的地的移动,则图7的避障动作处理结束。

[0110] 如果图7中的避障动作处理结束,则处理从图6中的步骤S17进行到步骤S19,并且确定自身位置是否已经到达局部目的地。后续步骤如参考图6所述。

[0111] 如上所述,根据无人机1执行的飞行控制处理,通过在偏航方向上旋转机器主体,难以由立体相机精确识别的细长线状物体可以被精确识别。因此,可以在避开细长线状物体的同时精确地飞向目的地。注意,在上述示例中,确定线段的角度θ是否为目标角度R,并执行控制以便将机器主体在偏航方向上旋转直至角度变成角度R。然而,还可以执行简单的控制,以便在不确定线段的角度θ是否为目标角度R的情况下,将机器主体在偏航方向上旋转预定角度。

[0112] <5.用例示例>

[0113] 上述用于避开无人机1的障碍物的飞行控制可以被应用于例如以下应用。

[0114] 1.使用无人机在有人区运送行李

[0115] 无人机从行李装载地或运送卡车移动到装载行李的目的地。目的地由纬度路线等的值给出,并且关于其周围环境和移动路线的信息是未知的。此外,由于诸如人、动物或汽车的移动之类的环境总是在改变,因此难以提前获取环境的三维结构(三维空间上的占用网格图),并且有可能存在细长线状物体。

[0116] 2.沿输电线飞行

[0117] 无人机在与电线保持一定距离的同时飞行。由于电线在风中弯曲和摇晃,因此难以提前掌握详细的三维结构。此外,在电线高度高的环境中,由立体相机进行的自身位置识别很可能发生偏差。可以将用于识别自身位置的标记等附加到诸如钢塔之类的固定设施,并且还可以补充执行通过标记进行的自身位置识别。

[0118] <6.相机的修改示例>

[0119] 在上述实施例中,在将在行进方向上执行成像的相机13固定到无人机1的主体12并且捕获图像被控制为倾斜角度R的情况下,旋转整个无人机1。

[0120] 然而,例如,能够关于无人机1的主体12旋转相机自身的相机,诸如第一人称视角(FPV)相机,也可以被用作相机13。在此情况下,仅旋转相机,并不需要旋转无人机1。

[0121] 此外,如图1所示,在水平方向上布置多个相机13。然而,例如,可以在垂直方向上布置多个相机13中的一部分(至少一个),并且可以将布置在垂直方向上的两个相机13用作立体相机而不是将相机进行旋转。由于布置在水平方向上的立体相机和布置在垂直方向上的立体相机在图像中的水平方向(横向)上具有不同的纹理,因此可以在不旋转相机13的情

况下检测并避开上述细长物体。

[0122] <7.除了无人机以外的应用示例>

[0123] 在上述示例中,已经描述了其中本公开的与用于自主控制移动的移动控制有关的技术被应用于作为飞行移动体的无人机的移动控制的示例。然而,本公开的技术还可以被应用于除无人机之外的移动体。

[0124] 例如,本公开的移动控制还可以被应用于诸如执行自动驾驶的普通车辆或卡车之类的车辆的移动控制。例如,它对于识别平行于立体相机的基线的线段(诸如护栏或路标)是有效的。

[0125] 此外,例如,本发明也适用于在工厂中移动的移动机器人。可以精确检测并避开工厂中的诸如在空气中拉紧的电缆之类的细长物体。

[0126] <8.计算机配置实例>

[0127] 上述一系列飞行控制处理可以通过硬件或软件来执行。在一系列处理通过软件执行的情况下,构成软件的程序被安装在计算机上。这里,计算机包括例如结合在专用硬件中的微型计算机、能够通过安装各种程序来执行各种功能的通用个人计算机等。

[0128] 图9是示出了通过程序执行上述一系列飞行控制处理的计算机的硬件的配置示例的框图。

[0129] 在计算机中,中央处理单元(CPU)101、只读存储器(ROM)102和随机存取存储器(RAM)103通过总线104相互连接。

[0130] 此外,输入/输出接口105被连接到总线104。输入单元106、输出单元107、存储单元108、通信单元109和驱动器110被连接到输入/输出接口105。

[0131] 输入单元106包括键盘、鼠标、麦克风、触摸面板、输入端子等。输出单元107包括显示器、扬声器、输出端子等。存储单元108包括硬盘、RAM盘、非易失性存储器等。

[0132] 通信单元109包括执行有线通信或无线通信的网络接口等。通信单元109执行符合例如因特网、公共电话线路网络、用于无线移动体的广域通信网络(诸如所谓的4G线路或5G线路)、广域网(WAN)、局域网(LAN)或蓝牙(注册商标)标准的通信。此外,例如,通信单元109执行诸如近场通信(NFC)之类的短距离无线通信、红外通信、符合诸如高清晰度多媒体接口(HDMI(注册商标))或通用串行总线(USB)之类的标准的有线通信,或经由通信网络或任意通信标准的通信路径的通信。驱动器110驱动诸如磁盘、光盘、磁光盘或半导体存储器之类的可移除记录介质111。

[0133] 在如上所述配置的计算机中,例如,CPU 101经由输入/输出接口105和总线104将存储在存储单元108中的程序加载到RAM 103中并执行该程序,由此上述一系列飞行控制处理被执行。此外,RAM 103适当地存储CPU 101执行各种处理所必要的数据等。

[0134] 由计算机(CPU 101)执行的程序可以通过例如记录在作为封装介质等的可移除记录介质111上来提供。此外,程序可以经由诸如局域网、因特网或数字卫星广播之类的有线或无线传输介质提供。此外,程序可以被预先安装在ROM 102或存储单元108中。

[0135] 注意,在本说明书中,流程图中描述的步骤不仅可以根据描述的顺序按时间顺序执行,但也可以并行执行或在必要的时间(诸如拨打电话时)执行,而不一定按时间顺序进行处理。

[0136] 本技术的实施例不限于上述实施例,并且可以在不脱离本技术的范围的情况下进

行各种修改。

[0137] 例如,本技术可以被配置为云计算,其中一个功能由多个设备经由网络共享和联合处理。

[0138] 此外,上述流程图中描述的每个步骤可以由一个设备执行或由多个设备共享和执行。

[0139] 另外,在一个步骤包括多个处理的情况下,则包括在一个步骤中的多个处理可以由一个设备执行或由多个设备共享和执行。

[0140] 注意,本说明书中描述的效果仅是示例而非限制,并且可以提供除了本说明书中描述的那些效果以外的效果。

[0141] 注意,本技术可以具有以下配置。

[0142] (1)

[0143] 一种移动体,包括:

[0144] 线段检测单元,该线段检测单元检测由立体相机中的至少一个相机捕获的捕获图像中的线段;以及

[0145] 控制单元,该控制单元在与线段正交的方向上移动固定有立体相机的机器主体。

[0146] (2)

[0147] 根据上述(1)的移动体,

[0148] 其中控制单元将机器主体在与线段正交的方向上移动固定时间或固定距离。

[0149] (3)

[0150] 根据上述(2)的移动体,还包括

[0151] 物体识别单元,物体识别单元识别捕获图像中的物体,

[0152] 其中线段检测单元通过将捕获图像中的物体转换为线段来检测线段。

[0153] (4)

[0154] 根据上述(3)的移动体,

[0155] 其中控制单元确定是否已经通过将机器主体在与线段正交的方向上移动固定时间或固定距离而避开了捕获图像中的物体。

[0156] (5)

[0157] 根据上述(4)的移动体,

[0158] 其中控制单元在无法通过机器主体的在与线段正交的方向上的移动来避开物体的情况下,在偏航轴方向上旋转立体相机或机器主体。

[0159] (6)

[0160] 根据上述(5)的移动体,

[0161] 其中控制单元在偏航轴方向上旋转立体相机或机器主体,直到捕获图像上的线段的旋转角度变成预定角度。

[0162] (7)

[0163] 根据上述(6)的移动体,还包括:

[0164] 立体测距单元,该立体测距单元在线段的旋转角度变成预定角度的状态下从由立体相机捕获的捕获图像生成视差图;以及

[0165] 占用网格图构建单元,该占用网格图构建单元从视差图构建占用网格图,

[0166] 其中控制单元基于占用网格图来移动机器主体。

[0167] (8)

[0168] 根据上述(1)至(7)中任一项的移动体，

[0169] 其中在移动机器主体后，控制单元重置局部目的地，并将机器主体移动到重置后的局部目的地，其中局部目的地是机器主体的局部的目的地。

[0170] (9)

[0171] 一种控制移动体的方法，

[0172] 其中移动体

[0173] 检测由立体相机中的至少一个相机捕获的捕获图像中的线段；以及

[0174] 在与线段正交的方向上移动固定有立体相机的机器主体。

[0175] (10)

[0176] 一种程序，其使得计算机能够用作：

[0177] 线段检测单元，该线段检测单元检测由立体相机的至少一个相机捕获的捕获图像中的线段；以及

[0178] 控制单元，该控制单元在与线段正交的方向上移动固定有立体相机的机器主体。

[0179] 附图标记列表

[0180] 1 无人机

[0181] 11 转子

[0182] 12 主体

[0183] 13 (13A至13H)相机

[0184] 31 控制器

[0185] 32 RTK-GPS接收单元

[0186] 33 机器主体驱动单元

[0187] 41 物体识别单元

[0188] 42 立体测距单元

[0189] 43 自身位置估计单元

[0190] 44 线段检测单元

[0191] 45 旋转角计算单元

[0192] 46 占用网格构建单元

[0193] 47 动作控制单元

[0194] 51 电机

[0195] 101 CPU

[0196] 102 ROM

[0197] 103 RAM

[0198] 106 输入单元

[0199] 107 输出单元

[0200] 108 存储单元

[0201] 109 通信单元

[0202] 110 驱动器

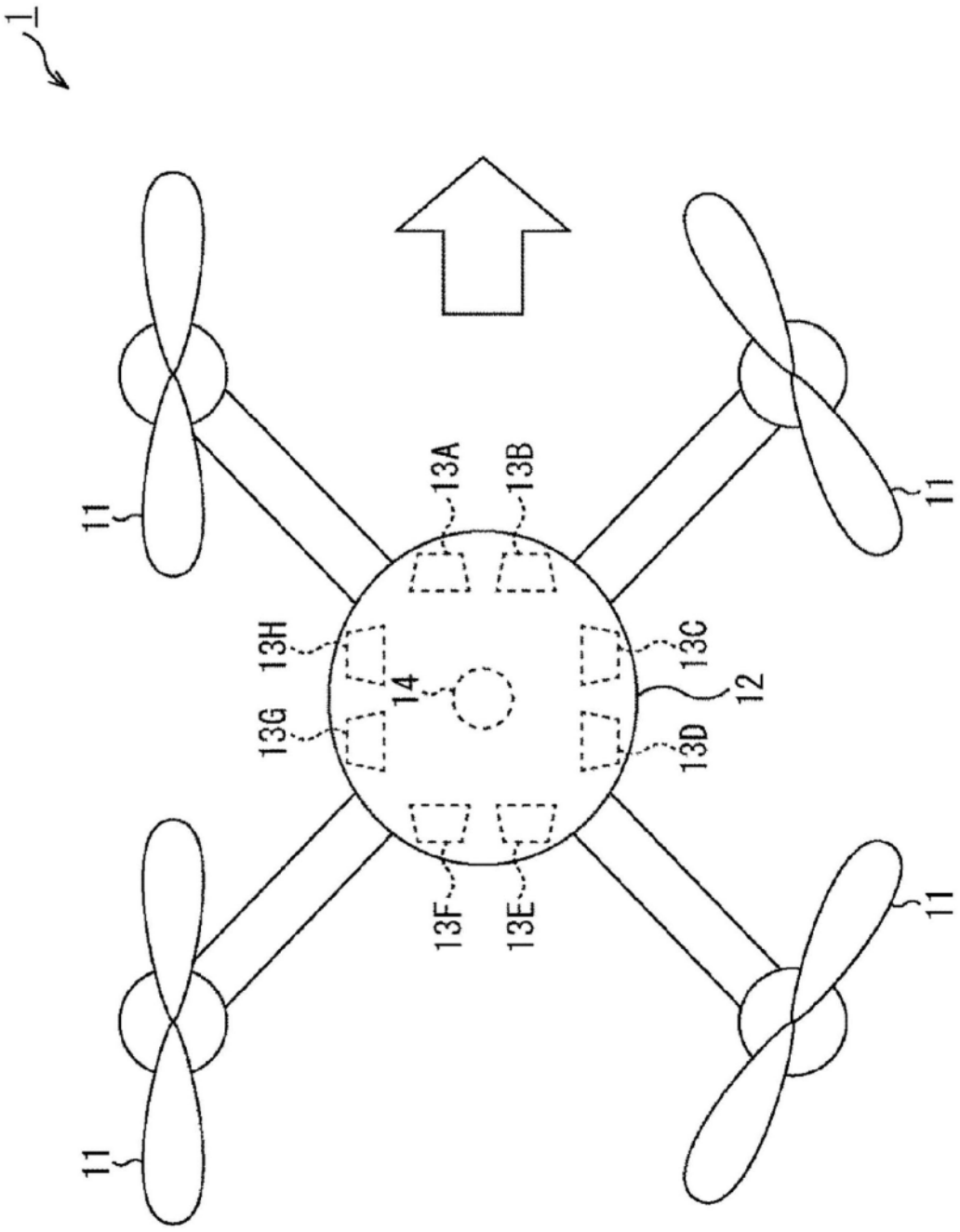


图1

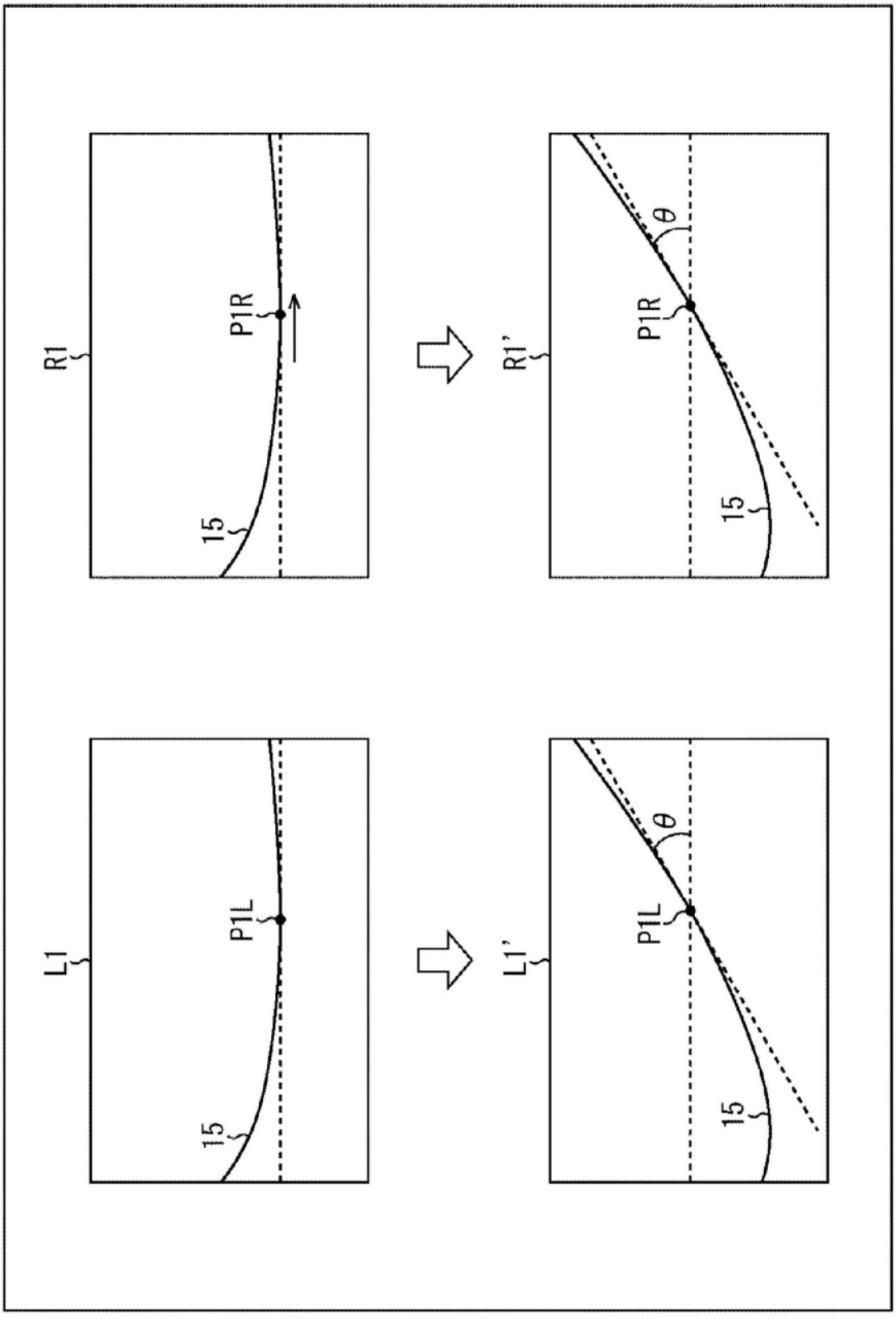


图2

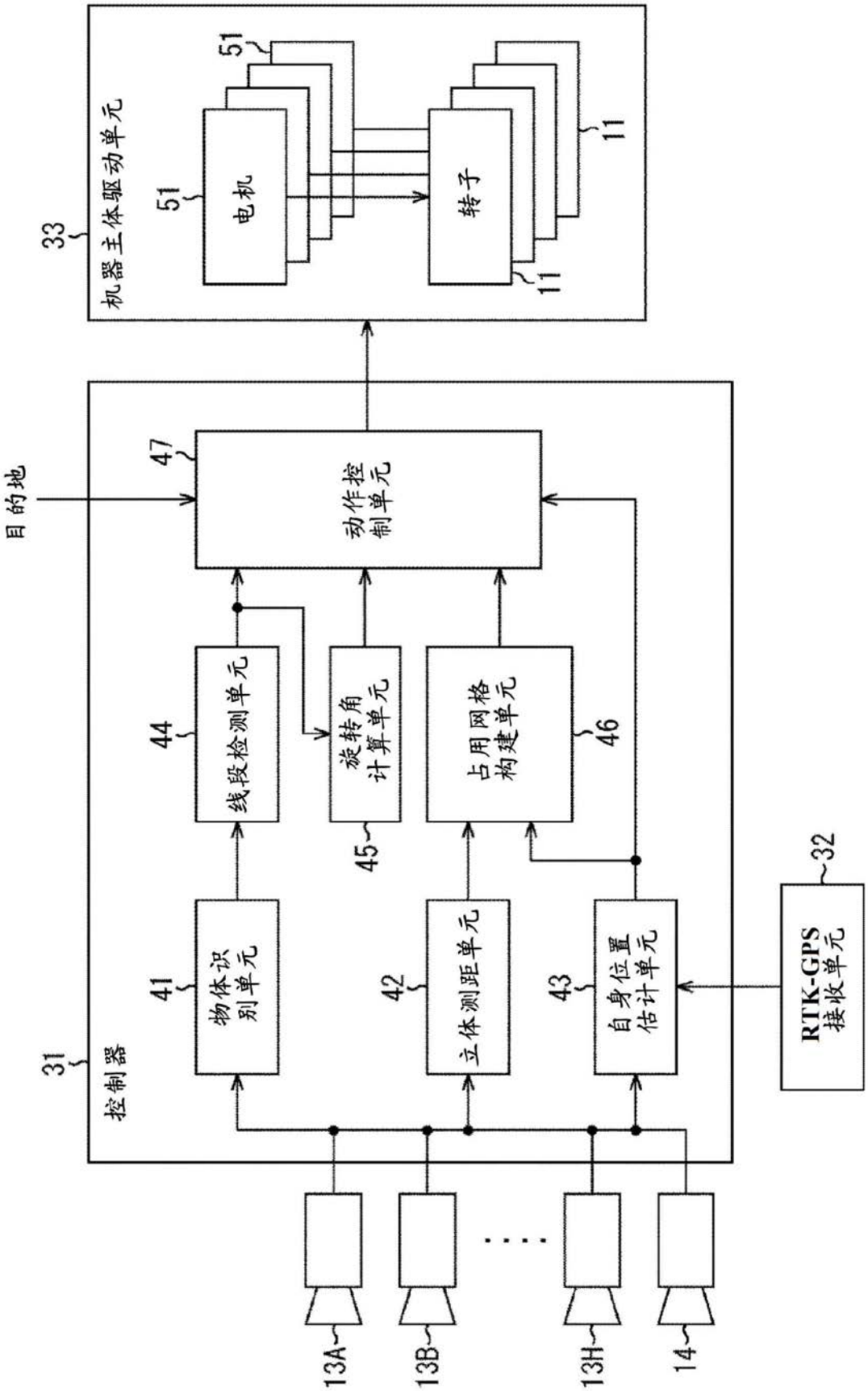

33
机器主体驱动单元
51
电机
51
11
转子
11
目的地
47
动作控制单元
44
线段检测单元
45
旋转角计算单元
占用网格构建单元
46
31
控制器
41
物体识别单元
42
立体测距单元
43
自身位置估计单元
32
RTK-GPS接收单元
13A
13B
13H
14

图3

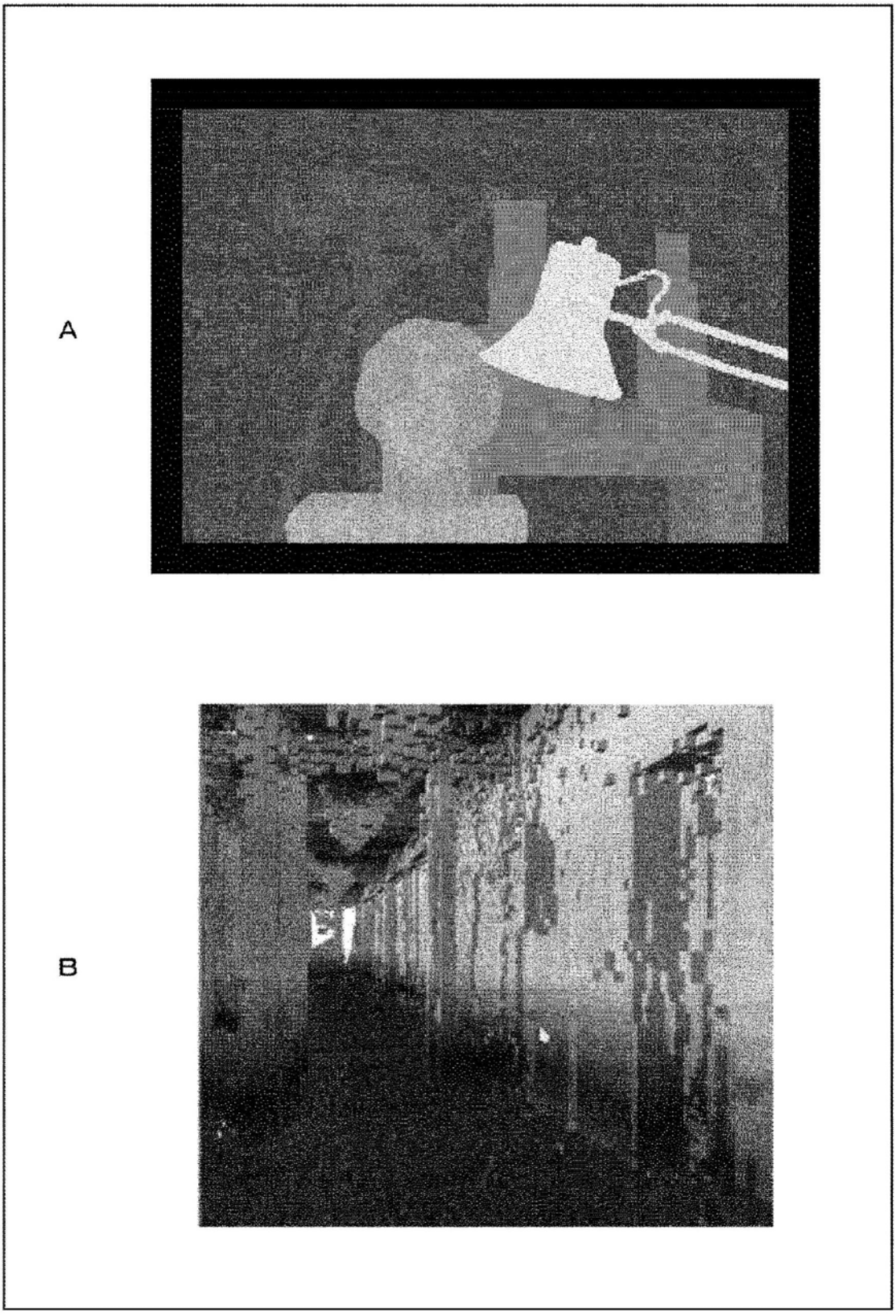


图4

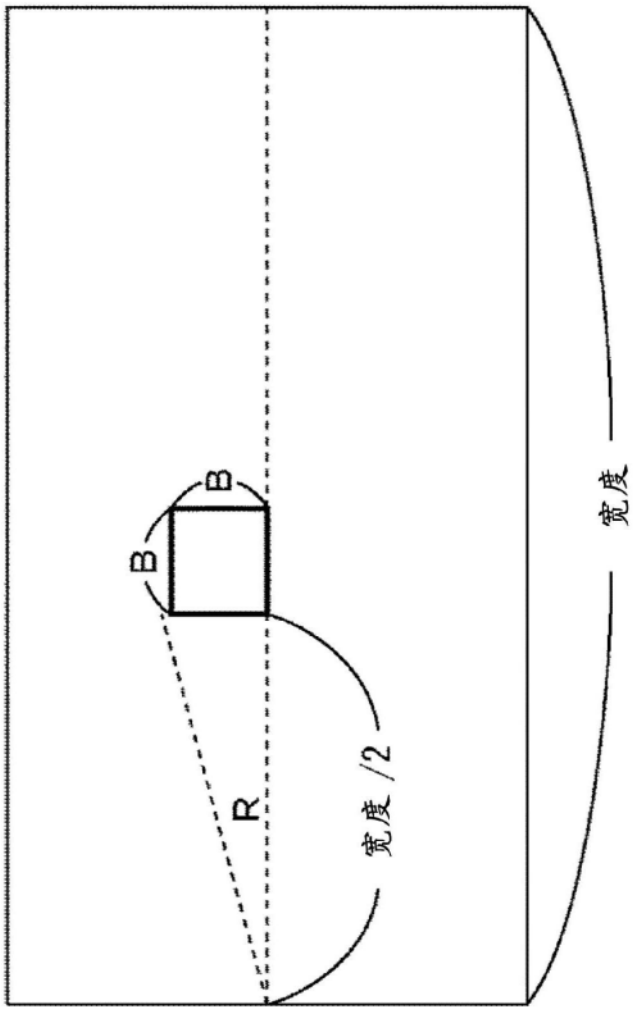


图5

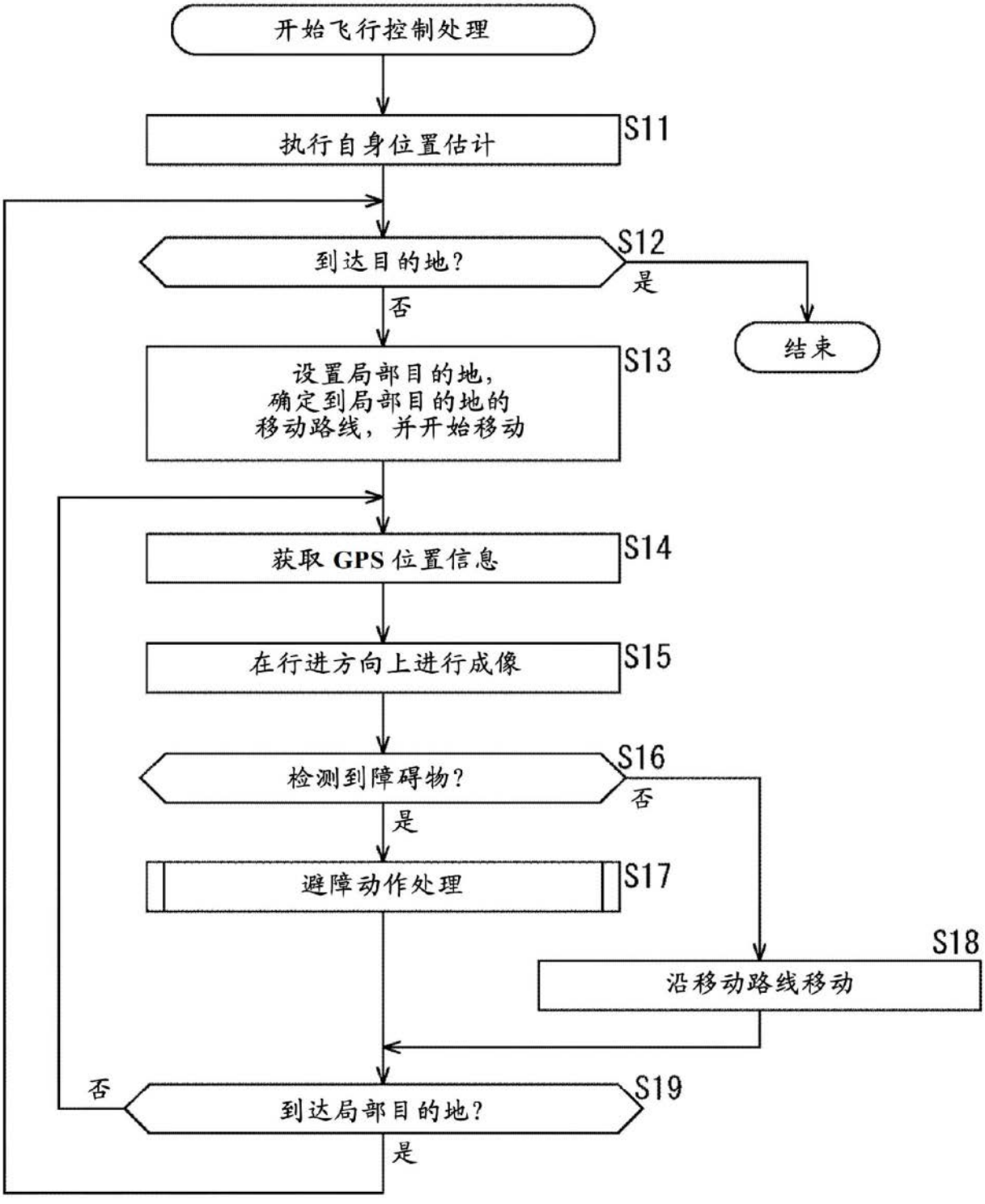

开始飞行控制处理
执行自身位置估计
S11
到达目的地?
S12
是
结束
否
设置局部目的地，
确定到局部目的地的
移动路线，并开始移动
S13
获取 GPS 位置信息
S14
在行进方向上进行成像
S15
检测到障碍物?
S16
否
是
避障动作处理
S17
S18
沿移动路线移动
否
到达局部目的地?
S19
是

图6

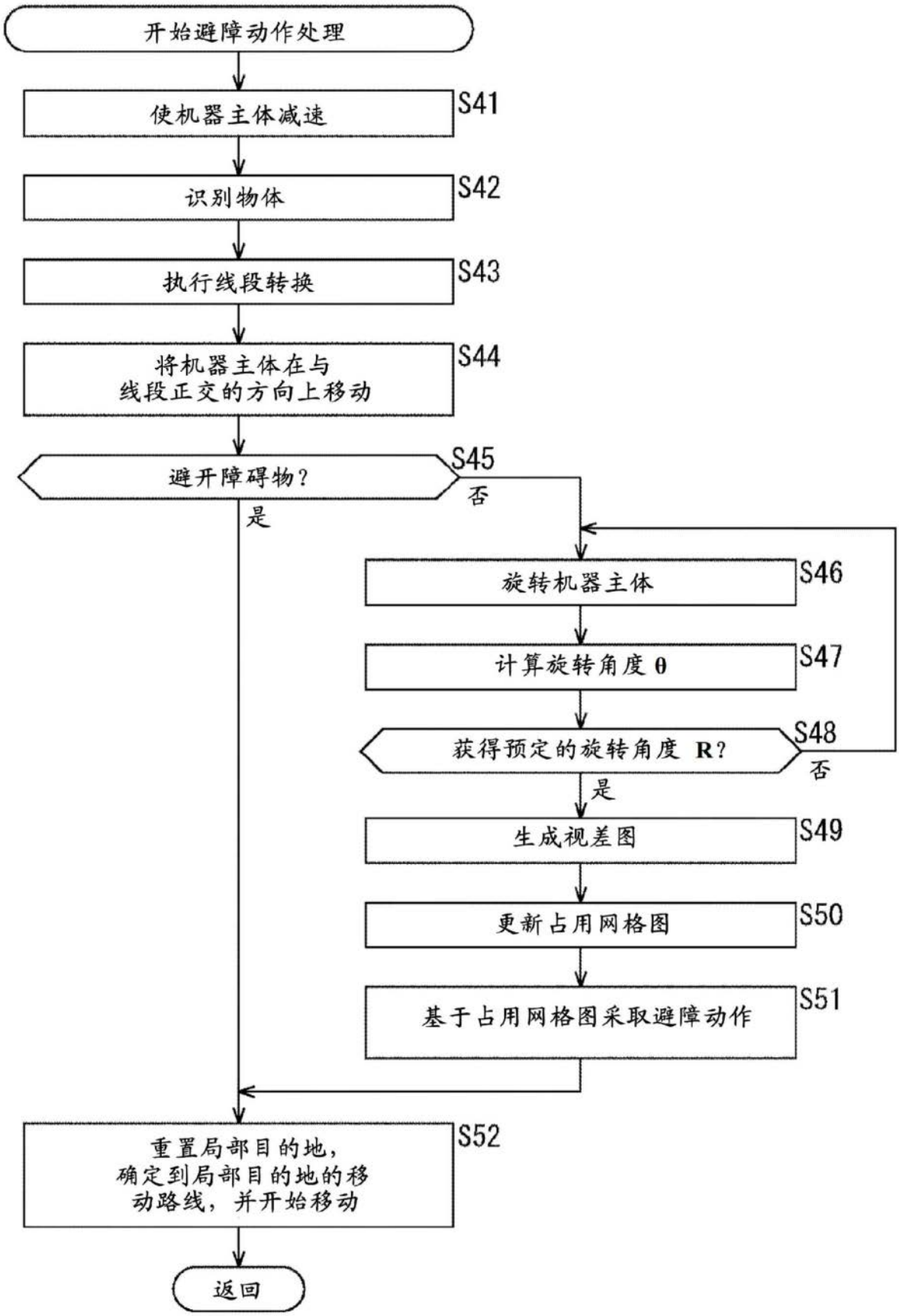

开始避障动作处理
使机器主体减速
S41
识别物体
S42
执行线段转换
S43
将机器主体在与
线段正交的方向上移动
S44
避开障碍物？
S45
否
是
旋转机器主体
S46
计算旋转角度 θ
S47
获得预定的旋转角度 R？
S48
否
是
生成视差图
S49
更新占用网格图
S50
基于占用网格图采取避障动作
S51
重置局部目的地，
确定到局部目的地的移
动路线，并开始移动
S52
返回

图7

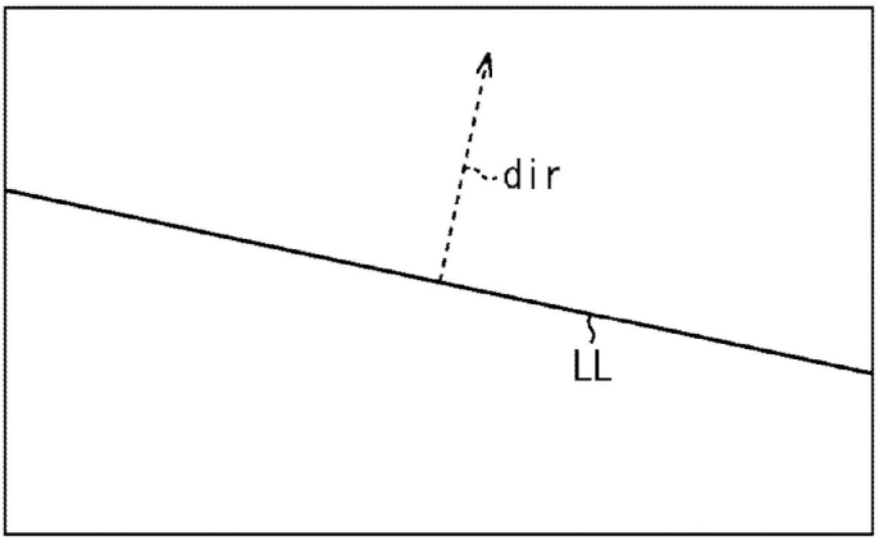


图8

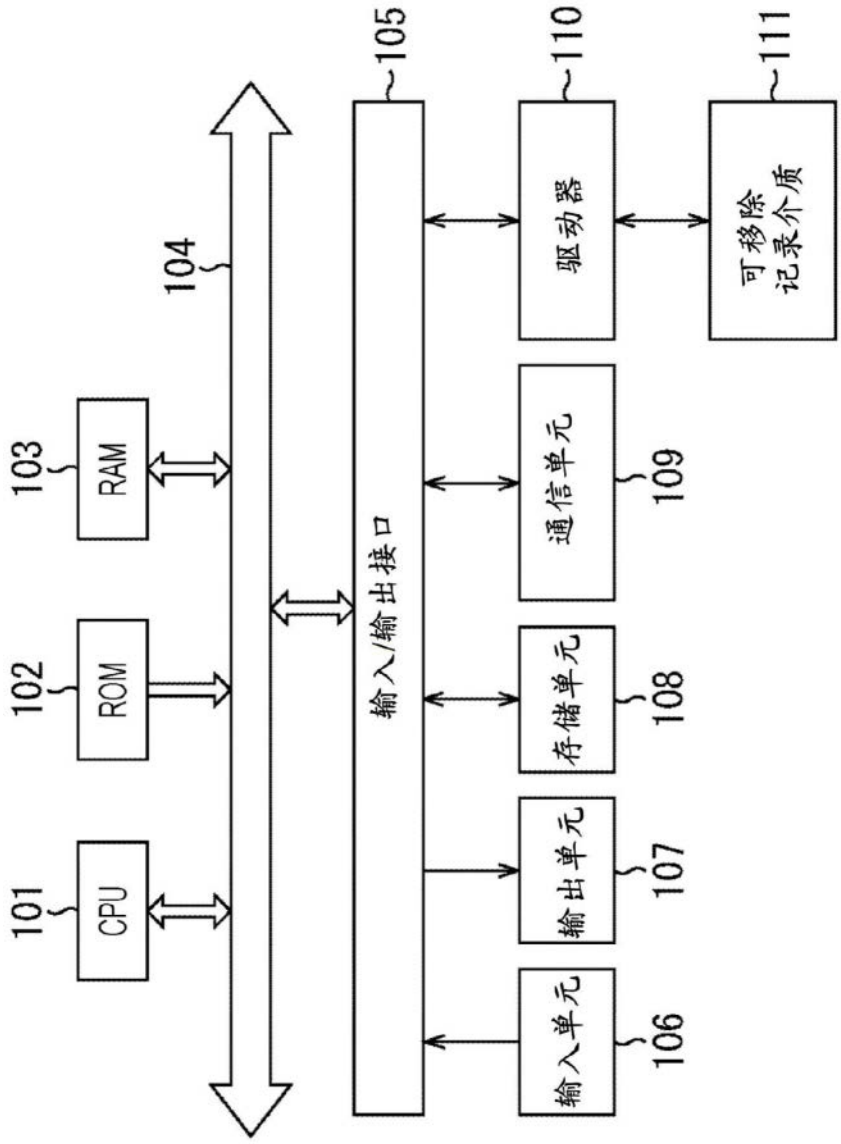

101
CPU
102
ROM
103
RAM
104
105
输入/输出接口
106
输入单元
107
输出单元
108
存储单元
109
通信单元
110
驱动器
111
可移除
记录介质

图9