



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109903367 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 22

(21) 申请号 201711281204.7

G06T 17/05 (2011.01)

(22) 申请日 2017.12.07

G01C 21/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 郝婕

申请公布号 CN 109903367 A

(43) 申请公布日 2019.06.18

(73) 专利权人 北京京东乾石科技有限公司

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区科创十一街18号院2号楼19层A1905室

(72) 发明人 门春雷

(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 曲瑞

(51) Int. Cl.

G06T 17/00 (2006.01)

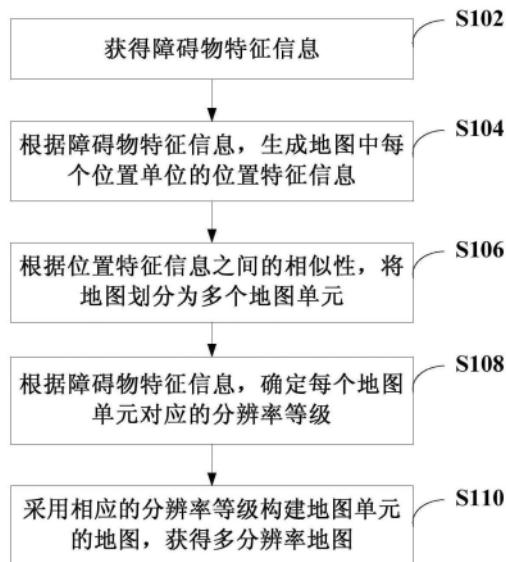
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

## (54) 发明名称

构建地图的方法、装置和计算机可读存储介质

## (57) 摘要

本发明公开了一种构建地图的方法、装置和计算机可读存储介质,涉及飞行器技术领域。构建地图的方法包括:根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息;根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元;根据每个地图单元中的障碍物数据,确定每个地图单元对应的分辨率等级;采用每个地图单元对应的分辨率等级构建每个地图单元对应的地图,获得多分辨率地图。从而可以使得构建的地图与真实环境一致,并且在确保导航精度的前提下降低了地图占用的存储空间,适用于更多的定位和导航场景。



1. 一种构建地图的方法,包括:

根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息;

根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元;

根据每个地图单元中的障碍物数据,确定每个地图单元对应的分辨率等级,包括:根据障碍物数据确定每个地图单元上的障碍物;和,根据每个地图单元上的障碍物的密集程度,确定每个地图单元对应的分辨率等级;

采用每个地图单元对应的分辨率等级构建每个地图单元对应的地图,获得多分辨率地图,包括:对于分辨率等级大于预设等级的地图单元,采用高精度地图中相应的地图数据构建所述分辨率等级大于预设等级的地图单元的地图;和/或,对于分辨率等级小于预设等级的地图单元,采用飞行器采集的数据构建所述分辨率等级小于预设等级的地图单元的地图。

2. 根据权利要求1所述的构建地图的方法,其中,所述根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息包括:

根据飞行器采集的障碍物数据,获得障碍物特征信息;

根据所述障碍物特征信息,生成地图中每个位置单位的位置特征信息,其中,所述位置特征信息包括位置单位的位置信息和飞行器在位置单位采集的障碍物特征信息。

3. 根据权利要求2所述的构建地图的方法,其中,所述障碍物特征信息包括障碍物的位置信息和飞行器接收的传感信号的方向,其中,所述接收的传感信号是由飞行器发射、并由接收到传感信号的障碍物反射的。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的构建地图的方法,还包括:

计算飞行器在相邻的采集时刻所采集的障碍物数据的相似度;

响应于所述相似度小于预设值,对采集的数据进行筛选。

5. 根据权利要求1所述的构建地图的方法,其中,所述根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元包括:

采用位置特征信息对位置单位进行聚类,将属于同一类的位置单位确定为同一个地图单元。

6. 根据权利要求1所述的构建地图的方法,还包括:

采用蒙特卡罗定位法对飞行器进行定位,其中,飞行器在同一时刻采集的多个飞行器位姿数据的权重根据构建的多分辨率地图确定。

7. 根据权利要求1所述的构建地图的方法,其中,采用以下公式表示飞行器在t时刻的位姿空间分布 $S_t$ :

$$S_t = \{s_t^{(i)} = \langle \mathbf{x}_t^{(i)}, \mathbf{w}_t^{(i)} \rangle \mid i = 1, 2, 3, \dots, N_t\}$$

$$\mathbf{w}_t^{(i)} = \mathbf{w}_t^{(i-1)} p(\mathbf{z}_t | \mathbf{x}_t^{(i)}, \mathbf{m})$$

其中, $s_t^{(i)}$ 为t时刻的第i个采样, $\mathbf{x}_t^{(i)}$ 为t时刻第i个采样中无人机的位姿, $\mathbf{w}_t^{(i)}$ 为 $\mathbf{x}_t^{(i)}$ 对应的权重, $N_t$ 为t时刻的采样数量, $\mathbf{m}$ 表示多分辨率地图, $\mathbf{z}_t$ 表示t时刻的观测值。

8. 根据权利要求1所述的构建地图的方法,还包括:

根据飞行器的当前位置和目标位置,确定待飞行器经过的地图单元;

确定所述待飞行器经过的每个地图单元中的规划路径。

9. 一种构建地图的装置,包括:

位置特征信息生成模块,用于根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息;

地图单元划分模块,用于根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元;

分辨率等级确定模块,用于根据每个地图单元中的障碍物数据,确定每个地图单元对应的分辨率等级,包括:根据障碍物数据确定每个地图单元上的障碍物;和,根据每个地图单元上的障碍物的密集程度,确定每个地图单元对应的分辨率等级;

地图构建模块,用于采用每个地图单元对应的分辨率等级构建每个地图单元对应的地图,获得多分辨率地图,包括:对于分辨率等级大于预设等级的地图单元,采用高精度地图中相应的地图数据构建所述分辨率等级大于预设等级的地图单元的地图;和/或,对于分辨率等级小于预设等级的地图单元,采用飞行器采集的数据构建所述分辨率等级小于预设等级的地图单元的地图。

10. 根据权利要求9所述的构建地图的装置,其中,所述位置特征信息生成模块进一步用于根据飞行器采集的障碍物数据,获得障碍物特征信息;根据所述障碍物特征信息,生成地图中每个位置单位的位置特征信息,其中,所述位置特征信息包括位置单位的位置信息和飞行器在位置单位采集的障碍物特征信息。

11. 根据权利要求10所述的构建地图的装置,其中,所述障碍物特征信息包括障碍物的位置信息和飞行器接收的传感信号的方向,其中,所述接收的传感信号是由飞行器发射、并由接收到传感信号的障碍物反射的。

12. 根据权利要求9~11中任一项所述的构建地图的装置,还包括:

数据筛选模块,用于计算飞行器在相邻的采集时刻所采集的数据的相似度;响应于所述相似度小于预设值,对采集的数据进行筛选。

13. 根据权利要求9所述的构建地图的装置,其中,所述地图单元划分模块用于采用位置特征信息对位置单位进行聚类,将属于同一类的位置单位确定为同一个地图单元。

14. 根据权利要求9所述的构建地图的装置,还包括:

定位模块,用于采用蒙特卡罗定位法对飞行器进行定位,其中,飞行器在同一时刻采集的多个飞行器位姿数据的权重根据构建的多分辨率地图确定。

15. 根据权利要求14所述的构建地图的装置,其中,所述定位模块用于采用以下公式表示飞行器在t时刻的位姿空间分布 $S_t$ :

$$S_t = \{s_t^{(i)} = \langle x_t^{(i)}, w_t^{(i)} \rangle \mid i = 1, 2, 3, \dots, N_t\}$$

$$w_t^{(i)} = w_t^{(i-1)} p(z_t | x_t^{(i)}, m)$$

其中, $s_t^{(i)}$ 为t时刻的第i个采样, $x_t^{(i)}$ 为t时刻第i个采样中无人机的位姿, $w_t^{(i)}$ 为 $x_t^{(i)}$ 对应的权重, $N_t$ 为t时刻的采样数量,m表示多分辨率地图, $z_t$ 表示t时刻的观测值。

16. 根据权利要求9所述的构建地图的装置,还包括:

导航模块,用于根据飞行器的当前位置和目标位置,确定待飞行器经过的地图单元;确

定所述待飞行器经过的每个地图单元中的规划路径。

17. 一种构建地图的装置, 其中:

存储器; 以及

耦接至所述存储器的处理器, 所述处理器被配置为基于存储在所述存储器中的指令, 执行如权利要求1~8中任一项所述的构建地图的方法。

18. 一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 其特征在于, 该程序被处理器执行时实现权利要求1~8中任一项所述的构建地图的方法。

## 构建地图的方法、装置和计算机可读存储介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及飞行器技术领域,特别涉及一种构建地图的方法、装置和计算机可读存储介质。

### 背景技术

[0002] 在无人机导航等飞行器导航技术中,常用技术是全球定位系统(Global Positioning System,简称:GPS)和惯性组合导航技术。然而,在高楼林立的城市中,由于受高楼等建筑物的遮挡,GPS的精度无法满足导航的要求,使得导航结果不准确。

[0003] 在相关技术中,可以采用即时定位与地图构建(Simultaneous Localization And Mapping,简称:SLAM)技术结合高精度地图进行自动驾驶,以满足导航过程对精度的要求。然而,高精度地图需要较大的存储空间,导致其适用性较差。

### 发明内容

[0004] 本发明实施例所要解决的一个技术问题是:提供一种能够提高导航准确性、并且适用性广的构建地图的方法。

[0005] 根据本发明一些实施例的第一个方面,提供一种构建地图的方法,包括:根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息;根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元;根据每个地图单元中的障碍物数据,确定每个地图单元对应的分辨率等级;采用每个地图单元对应的分辨率等级构建每个地图单元对应的地图,获得多分辨率地图。

[0006] 在一些实施例中,根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息包括:根据飞行器采集的障碍物数据,获得障碍物特征信息;根据所述障碍物特征信息,生成地图中每个位置单位的位置特征信息,其中,所述位置特征信息包括位置单位的位置信息和飞行器在位置单位采集的障碍物特征信息。

[0007] 在一些实施例中,障碍物特征信息包括障碍物的位置信息和飞行器接收的传感信号的方向,其中,所述接收的传感信号是由飞行器发射、并由接收到传感信号的障碍物反射的。

[0008] 在一些实施例中,构建地图的方法还包括:计算飞行器在相邻的采集时刻所采集的数据的相似度;响应于相似度小于预设值,对采集的数据进行筛选。

[0009] 在一些实施例中,根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元包括:采用位置特征信息对位置单位进行聚类,将属于同一类的位置单位确定为同一个地图单元。

[0010] 在一些实施例中,根据每个地图单元中的障碍物数据,确定每个地图单元对应的分辨率等级包括:根据障碍物数据确定每个地图单元上的障碍物;根据每个地图单元上的障碍物的密集程度,确定每个地图单元对应的分辨率等级。

[0011] 在一些实施例中,采用每个地图单元对应的分辨率等级构建每个地图单元对应的

地图包括:对于分辨率等级大于预设等级的地图单元,采用高精度地图中相应的地图数据构建分辨率等级大于预设等级的地图单元的地图;和/或,对于分辨率等级小于预设等级的地图单元,采用飞行器采集的数据构建分辨率等级小于预设等级的地图单元的地图。

[0012] 在一些实施例中,构建地图的方法还包括:采用蒙特卡罗定位法对飞行器进行定位,其中,飞行器在同一时刻采集的多个飞行器位姿数据的权重根据构建的多分辨率地图确定。

[0013] 在一些实施例中,采用以下公式表示飞行器在t时刻的位姿空间分布 $S_t$ :

$$[0014] \quad S_t = \{s_t^{(i)} = \langle x_t^{(i)}, w_t^{(i)} \rangle \mid i = 1, 2, 3, \dots, N_t\}$$

$$[0015] \quad w_t^{(i)} = w_t^{(i-1)} p(z_t | x_t^{(i)}, m)$$

[0016] 其中, $s_t^{(i)}$ 为t时刻的第i个采样, $x_t^{(i)}$ 为t时刻第i个采样中无人机的位姿, $w_t^{(i)}$ 为 $x_t^{(i)}$ 对应的权重, $N_t$ 为t时刻的采样数量,m表示多分辨率地图, $z_t$ 表示t时刻的观测值。

[0017] 在一些实施例中,构建地图的方法还包括:根据飞行器的当前位置和目标位置,确定待飞行器经过的地图单元;确定待飞行器经过的每个地图单元中的规划路径。

[0018] 根据本发明一些实施例的第二个方面,提供一种构建地图的装置,包括:位置特征信息生成模块,用于根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息;地图单元划分模块,用于根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元;分辨率等级确定模块,用于根据每个地图单元中的障碍物数据,确定每个地图单元对应的分辨率等级;地图构建模块,用于采用每个地图单元对应的分辨率等级构建每个地图单元对应的地图,获得多分辨率地图。

[0019] 在一些实施例中,位置特征信息生成模块进一步用于根据飞行器采集的障碍物数据,获得障碍物特征信息;根据所述障碍物特征信息,生成地图中每个位置单位的位置特征信息,其中,所述位置特征信息包括位置单位的位置信息和飞行器在位置单位采集的障碍物特征信息。

[0020] 在一些实施例中,障碍物特征信息包括障碍物的位置信息和飞行器接收的传感信号的方向,其中,所述接收的传感信号是由飞行器发射、并由接收到传感信号的障碍物反射的。

[0021] 在一些实施例中,构建地图的装置还包括:数据筛选模块,用于计算飞行器在相邻的采集时刻所采集的数据的相似度;响应于相似度小于预设值,对采集的数据进行筛选。

[0022] 在一些实施例中,地图单元划分模块用于采用位置特征信息对位置单位进行聚类,将属于同一类的位置单位确定为同一个地图单元。

[0023] 在一些实施例中,分辨率等级确定模块用于根据障碍物数据确定每个地图单元上的障碍物;根据每个地图单元上的障碍物的密集程度,确定每个地图单元对应的分辨率等级。

[0024] 在一些实施例中,地图构建模块用于对于分辨率等级大于预设等级的地图单元,采用高精度地图中相应的地图数据构建分辨率等级大于预设等级的地图单元的地图;和/或,用于对于分辨率等级小于预设等级的地图单元,采用飞行器采集的数据构建分辨率等

级小于预设等级的地图单元的地图。

[0025] 在一些实施例中,构建地图的装置还包括:定位模块,用于采用蒙特卡罗定位法对飞行器进行定位,其中,飞行器在同一时刻采集的多个飞行器位姿数据的权重根据构建的多分辨率地图确定。

[0026] 在一些实施例中,定位模块用于采用以下公式表示飞行器在t时刻的位姿空间分布 $S_t$ :

$$[0027] \quad S_t = \{s_t^{(i)} = \langle x_t^{(i)}, w_t^{(i)} \rangle \mid i = 1, 2, 3, \dots, N_t\}$$

$$[0028] \quad w_t^{(i)} = w_t^{(i-1)} p(z_t | x_t^{(i)}, m)$$

[0029] 其中, $s_t^{(i)}$ 为t时刻的第i个采样, $x_t^{(i)}$ 为t时刻第i个采样中无人机的位姿, $w_t^{(i)}$ 为 $x_t^{(i)}$ 对应的权重, $N_t$ 为t时刻的采样数量,m表示多分辨率地图, $z_t$ 表示t时刻的观测值。

[0030] 在一些实施例中,构建地图的装置还包括:导航模块,用于根据飞行器的当前位置和目标位置,确定待飞行器经过的地图单元;确定待飞行器经过的每个地图单元中的规划路径。

[0031] 根据本发明一些实施例的第三个方面,提供一种构建地图的装置,包括:存储器;以及耦接至所述存储器的处理器,所述处理器被配置为基于存储在所述存储器中的指令,执行前述任意一种构建地图的方法。

[0032] 根据本发明一些实施例的第四个方面,提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现前述任意一种构建地图的方法。

[0033] 上述发明中的一些实施例具有如下优点或有益效果:本发明可以根据飞行器采集的数据将地图划分为具有不同分辨率等级的地图单元,并根据分辨率等级构建地图,使得构建的地图与真实环境一致,并且在确保导航精度的前提下降低了地图占用的存储空间,适用于更多的定位和导航场景。

[0034] 通过以下参照附图对本发明的示例性实施例的详细描述,本发明的其它特征及其优点将会变得清楚。

## 附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0036] 图1为根据本发明一些实施例的构建地图的方法的流程图。

[0037] 图2为一些实施例中的障碍物感测场景示意图。

[0038] 图3为一些实施例中的多分辨率地图的示意图。

[0039] 图4为一些实施例中的定位模型的示意图。

[0040] 图5为根据本发明一些实施例的构建地图的装置的结构图。

[0041] 图6为根据本发明另一些实施例的构建地图的装置的结构图。

[0042] 图7为根据本发明又一些实施例的构建地图的装置的结构图。

### 具体实施方式

[0043] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的,决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0044] 除非另外具体说明,否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、数字表达式和数值不限制本发明的范围。

[0045] 同时,应当明白,为了便于描述,附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。

[0046] 对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论,但在适当情况下,所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。

[0047] 在这里示出和讨论的所有示例中,任何具体值应被解释为仅仅是示例性的,而不是作为限制。因此,示例性实施例的其它示例可以具有不同的值。

[0048] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

[0049] 图1为根据本发明一些实施例的构建地图的方法的流程图。如图1所示,该实施例的构建地图的方法包括步骤S102~S108。

[0050] 在步骤S102中,根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息。

[0051] 在本发明的实施例中,飞行器例如可以为无人机,也可以为其他飞行设备。飞行器上具备用于感测周围环境的传感器,例如激光、雷达、摄像机等等。飞行器可以通过传感器采集的障碍物数据获得周围的障碍物的特征。

[0052] 障碍物例如可以为建筑物、树木、路标等等。在本发明的实施例中,如果某一位置处有物体,则飞行器认为该位置被占据、并将其视为障碍物。障碍物数据例如可以为飞行器到障碍物之间的距离以及飞行器检测障碍物时的飞行方向、检测信号的方向等等。

[0053] 在一些实施例中,飞行器在每个位置单位时都可以通过传感器向周围发射激光、雷达等传感信号,传感信号在到达障碍物后被反射、并由飞行器的传感器接收;然后,可以根据反射的传感信号确定障碍物特征信息。从而,障碍物特征信息可以包括障碍物的位置信息和障碍物反射的传感信号的方向。

[0054] 参考图2中的示例性的障碍物感测场景,图2是以栅格地图中的一个栅格代表一个位置单位。为了便于描述,图2以二维场景为例进行解释。如图2所示,无人机的朝向与x轴正方向的夹角 $\angle DUX$ 为 $\theta$ ,无人机传感器的激光方向 $\overline{UO}$ 与无人机朝向 $\overline{UD}$ 的夹角 $\angle OUD$ 为 $\alpha$ ,当飞行器飞行到栅格 $(x, y)$ 处时,根据飞行器的传感器接收到激光的时间计算出飞行器与障碍物的距离为 $d$ ,则障碍物的横坐标的值 $x_0 = d\cos(\theta + \alpha) + x$ ,障碍物的纵坐标的值 $y_0 = d\sin(\theta + \alpha) + y$ 。则在位置单位 $(x, y)$ 检测到的障碍物的特征例如可以采用 $(x_0, y_0, \theta + \alpha)$ 来表示。根据需要,本领域技术人员也可以采用其他方式表示,例如向量 $(x - x_0, y - y_0)$ 等等,这里不再赘



述。

[0055] 在一些实施例中,可以根据飞行器采集的障碍物数据,获得障碍物特征信息;根据所述障碍物特征信息,生成地图中每个位置单位的位置特征信息,其中,所述位置特征信息包括位置单位的位置信息和飞行器在位置单位采集的障碍物特征信息。即,每个位置单位的位置特征信息既能够表示该位置单位的位置,还能够表示飞行器在处于该位置时所检测到的障碍物情况。根据需要,还可以采用其他信息表示位置特征信息,这里不再赘述。

[0056] 在步骤S104中,根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元。

[0057] 在一些实施例中,可以采用位置特征信息对位置单位进行聚类,将属于同一类的位置单位确定为同一个地图单元。从而,可以将检测的障碍物接近的、邻近的位置单位划分为同一个地图单元。从而,每个地图单元中的障碍物的密度、数量不同,可以基于这一分类结果为不同的地图单元赋予不同的分辨率。

[0058] 此外,本领域技术人员还可以采用其他方法进行分类。例如,可以计算相邻地图单元的位置特征信息之间的相似度,以决定是否将这两个位置单位划分到同一个地图单元中。

[0059] 在步骤S106中,根据障碍物数据,确定每个地图单元对应的分辨率等级。图3示例性地示出了具有不同分辨率的地图单元的地图。在图3的示例中,存在具有三种不同的分辨率等级的地图单元,分别为用横线填充的高分辨率地图单元、用斜线填充的中分辨率地图单元和用点填充的低分辨率地图单元。为了进行清楚的展示,图3中的地图单元均为规则形状。根据需要,地图单位的形状可以是规则的,也可以是不规则的,图3不起限制性作用。

[0060] 在一些实施例中,可以根据障碍物数据确定每个地图单元上的障碍物,再根据每个地图单元上的障碍物的密集程度,确定每个地图单元对应的分辨率等级。密集程度可以采用障碍点的数量、测算出的障碍物的面积与地图单位的面积之比等等来确定。每个地图单元对应的分辨率等级与每个地图单元上的障碍物的密集程度成正比。

[0061] 对于障碍物密集的区域,例如室内的房间区域、楼宇密集的街巷,需要建立高分辨率的地图、以对飞行器进行精确的定位和导航;而当飞行器在障碍物稀疏的区域飞行时,例如在走廊、广场等区域飞行时,即使导航精度不是非常高,飞行器也不会撞击到障碍物,因此可以建立低分辨率的地图以节约存储空间。

[0062] 分辨率等级的数量可以根据需要设置,这里不再赘述。

[0063] 在步骤S108中,采用每个地图单元对应的分辨率等级构建每个地图单元对应的地图,获得多分辨率地图。

[0064] 对于具有较高分辨率等级的地图单元,可以采用较多的点来构建地图;而对于具有较低分辨率等级的地图单元,则可以采用较少的点来构建地图。

[0065] 在一些实施例中,对于分辨率等级大于预设等级的地图单元,可以采用高精度地图中相应的地图数据构建分辨率等级大于预设等级的地图单元的地图。即,可以直接将高精度地图中的数据作为多分辨率地图中具有较高分辨率的地图单元的地图,或者对高精度地图中的数据进行采样后获得构建的地图。

[0066] 在一些实施例中,对于分辨率等级小于预设等级的地图单元,可以采用飞行器采集的数据构建分辨率等级小于预设等级的地图单元的地图。由于分辨率低的地图单元在构建地图时所需的数据较少,因此可以直接使用飞行器在飞行过程中采集的数据进行构建。

[0067] 构建的地图可以采用多种方式表示。例如,可以采用矩阵表示构建的二维多分辨率地图,令矩阵的行和列分别表示二维空间的两个坐标轴、矩阵中的每个元素表示二维空间中的每个点。

[0068] 又例如,可以采用八叉树表示构建的三维分辨率地图。将地图中的全部空间作为根节点,将该空间在三维方向上进行切割后获得八个子空间,将这八个子空间作为根节点的子节点。对于每个被部分占据的子节点对应的空间,即包括障碍物的空间,对其再进行三维方向上的切割、获得八个空间,生成该子节点的子节点,依次类推。如果空间未被占据、或者被完全占据,则不进行继续切割,从而可以进一步节约存储空间。对于高分辨率的地图单元的最小分割单位可以小于低分辨率的地图单元的最小分割单位。

[0069] 在这些实施例中,可以简单地分别以1和0表示相应的地图单元被障碍物占据或者未被障碍物占据;或者在矩阵形式表示的地图中,可以以非0数字表示障碍物的高度、以0表示未被障碍物。在一些实施例中,对于为探测到是否有障碍物的未知位置单位,也可以采用特殊的数值或标记进行记录,并且在飞行器的导航过程中根据需要设置是否允许通过这些未知位置单位。

[0070] 通过上述实施例的方法,可以根据飞行器采集的数据将地图划分为具有不同分辨率等级的地图单元,并根据分辨率等级构建地图,使得构建的地图与真实环境一致,并且在确保导航精度的前提下降低了地图占用的存储空间,适用于更多的定位和导航场景。

[0071] 在一些实施例中,还可以预先对飞行器采集的数据进行筛选。在一些实施例中,可以计算飞行器在相邻的采集时刻所采集的数据的相似度,并且响应于相似度小于预设值、对采集的数据进行筛选。如果某个数据和前一采集时刻的数据以及后一采集时刻的数据的相似度均小于预设值,则说明该数据很可能是误差较大的数据,应当予以剔除。

[0072] 设飞行器在第*i*帧采集的数据 $l_i = [(x_i^1, y_i^1), (x_i^2, y_i^2), \dots, (x_i^m, y_i^m)]$ , *m*表示第*i*帧采集的数据点的数量, *x*表示横坐标、*y*表示纵坐标。则第*i*帧和第*i+1*帧的数据的相似度例如可以采用公式(1)进行度量。

$$[0073] \quad \delta(l_i, l_{i+1}) = \sum_{n=1}^m \sqrt{(x_i^n - x_{i+1}^n)^2 + (y_i^n - y_{i+1}^n)^2} \quad (1)$$

[0074]  $\delta(l_i, l_{i+1})$  的值与相似度成反比,  $\delta(l_i, l_{i+1})$  值越小、表示 $l_i$ 和 $l_{i+1}$ 的相似度越高。

[0075] 在完成多分辨率地图的构建后,本发明的实施例还可以利用多分辨率地图进行定位和导航。

[0076] 无人机的定位可以视为贝叶斯评估问题,即通过给定的输入数据、运动模型和观测模型,使用预测和更新的方法估计当前时刻无人机位姿状态的置信度的最优化问题。定位模型可以参考图4中的示例。

[0077] 在图4中,  $x_t$ 表示*t*时刻的无人机的真实位姿状态变量,  $u_t$ 表示*t*时刻的控制指令,  $z_t$ 表示*t*时刻的观测值, *m*表示构建的多分辨率地图的数据。在图4中,能够显式地观察到的数据是在*t-1*、*t*和*t+1*时刻获得的测量值 $z_{t-1}$ 、 $z_t$ 和 $z_{t+1}$ ,这些测量值都是地图*m*上的点,以及这些时刻的控制指令 $u_{t-1}$ 、 $u_t$ 和 $u_{t+1}$ 。飞行器的真实状态 $x_{t-1}$ 、 $x_t$ 和 $x_{t+1}$ 是隐含的。

[0078] 采用运动模型 $p(x_t | u_t, x_{t-1})$ 表示*t*时刻的系统起始状态为 $x_{t-1}$ ,在输入 $u_t$ 后能够达

到状态 $x_t$ 的概率。采用观测模型 $p(z_t|m, x_t)$ 表示 $t$ 时刻在状态 $x_t$ 下所能够观测到 $z_t$ 的似然概率。假设飞行器位姿状态服从马尔科夫假设,则可以求得飞行器在 $t$ 时刻的状态的后验概率 $bel(x_t) = p(x_t|u_{0:t-1}, z_{1:t})$ 。根据公式(2),可以采用前一时刻的飞行器状态的后验概率 $bel(x_{t-1})$ 估计当前 $t$ 时刻的飞行器状态的先验概率。

$$\begin{aligned}
 \overline{bel}(x_t) &= p(x_t|u_{0:t-1}, z_{1:t-1}) \\
 [0079] \quad &= \int p(x_t|x_{t-1}, u_{t-1})p(x_{t-1}|u_{0:t-2}, z_{1:t-1})dx_{t-1} \\
 &= \int p(x_t|u_t, x_{t-1})bel(x_{t-1})dx_{t-1} \quad (2)
 \end{aligned}$$

[0080] 由于本发明是在多分辨率地图中进行预测,因此公式(2)中可以加入多分辨率地图数据的信息,如公式(3)所示。

$$[0081] \quad \overline{bel}(x_t) = \int p(x_t|u_t, x_{t-1}, m)bel(x_{t-1})dx_{t-1} \quad (3)$$

[0082] 然后,可以利用观测的数据,结合地图数据更新当前 $t$ 时刻飞行器的状态,如公式(4)所示。

$$[0083] \quad bel(x_t) = \eta p(z_t|x_t, m)\overline{bel}(x_t) \quad (4)$$

[0084] 在估计飞行器的状态分布时,可以采用蒙特卡罗定位(Monte Carlo Localization,简称:MCL)方法,其中,飞行器在同一时刻采集的多个飞行器位姿数据的权重根据构建的多分辨率地图确定。飞行器在飞行过程中会根据多个传感信号的结果进行定位,例如,根据飞行器发射的多个激光束来测量飞行器与障碍物的距离、以进行定位。然而,由于传感器的精度有限,加之测量误差的影响,即使是同一时刻也可能获得多个测量结果。因此需要根据多个测量结果获得真实的飞行器位置信息。

[0085] 在一些实施例中,可以采用公式(5)表示飞行器在 $t$ 时刻的位姿空间分布 $S_t$ :

$$[0086] \quad S_t = \{s_t^{(i)} = \langle x_t^{(i)}, w_t^{(i)} \rangle | i = 1, 2, 3, \dots, N_t\} \quad (5)$$

[0087] 其中, $s_t^{(i)}$ 为 $t$ 时刻的第 $i$ 个采样粒子; $x_t^{(i)}$ 为 $t$ 时刻第 $i$ 个采样中无人机的位姿, $x_t^{(i)} = (u_t, v_t, \theta_t)$ ,其中的 $u_t, v_t, \theta_t$ 分别表示横坐标、纵坐标和无人机的朝向, $w_t^{(i)}$ 为 $x_t^{(i)}$ 对应的权重, $N_t$ 为 $t$ 时刻的采样数量。

[0088] 则将公式(2)中的积分运算转换为求和运算,有公式(6)所示的运算关系。

$$[0089] \quad \hat{p}(x_t|u_{0:t-1}, z_{1:t-1}) = \sum_{i=1}^{N_t} w_t^{(i)} \delta(x_t - x_t^{(i)}) \quad (6)$$

[0090] 其中, $\delta(\cdot)$ 表示单位脉冲函数。当 $N_t$ 趋向于无穷时,利用上式的样本可以达到真实后验分布 $p(x_t|u_{0:t-1}, z_{1:t-1})$ 。

[0091] MCL中使用的重要性概率函数为无人机的系统动态,则采样权重可以更新为公式(7)所示的内容。

$$[0092] \quad w_t^{(i)} = w_t^{(i-1)} p(z_t | x_t^{(i)}, m) \quad (7)$$

[0093] 其中,  $m$ 表示多分辨率地图的地图数据,例如可以为矩阵或者八叉树等等。权重代表了每个粒子对应的概率。因此,在确定了每个粒子对应的权重之后,可以采用其中最大的概率乘以相应粒子的观测值获得飞行器当前的定位,也可以将各个观测值进行加权求和获得飞行器当前的定位。

[0094] 在现有技术中,定位时采用的是统一分辨率的地图。而本发明的实施例通过采用多分辨率地图对飞行器的位姿状态进行估计以进行定位,可以在障碍物密集的高分辨率地图单元提高定位精度,在障碍物稀疏的低分辨率地图单元减少计算数据量、提高计算效率。

[0095] 在本发明的实施例中,飞行器的导航需要解决全局路径规划和局部路径规划问题。首先根据飞行器的当前位置和目标位置,确定待飞行器经过的地图单元;确定待飞行器经过的每个地图单元中的规划路径。

[0096] 在一些实施例中,可以令相邻的地图单元之间距离作为权重,采用最短路径算法来确定飞行器所要经过的地图单元。从而,可以获得全局路径。

[0097] 而在确定局部路径时,即确定每个地图单元中的规划路径时,可以采用动态搜索算法。在进行局部路径规划时,需要在不碰撞到障碍物的情况下尽量缩短路径的长度。

[0098] 在一些实施例中,可以参考以下的规划方法。首先,在飞行器的飞行过程中,获得飞行器当前的飞行状态,包括飞行器的当前相对于障碍物的距离、角度等信息;然后,针对每个采样的速度,计算飞行器以不同的速度行驶一段时间后的状态,获得多个行驶路线;最后对多个路线进行评价,根据评价结果选择最优路径。上述过程可以循环执行,即在确定了全局路径的前提下,在飞行器的飞行过程中动态地确定局部路径,降低了计算复杂度,提高了导航效率。并且,根据不同的地图单元具有不同分辨率的特点,可以生成分辨率不同的局部路径,从而可以进一步提高导航效率。

[0099] 设局部路径优化模型如公式(8)所示,优化目标是使得 $G(v, \omega)$ 最大化, $v$ 和 $\omega$ 分别表示飞行器的速度和旋转角度, $G(v, \omega)$ 表示在采用 $v$ 和 $\omega$ 作为飞行参数的情况下对应的轨迹的评分。

$$[0100] \quad G(v, \omega) = \alpha \cdot \text{heading}(v, \omega) + \beta \cdot \text{dis}(v, \omega) + \gamma \cdot \text{vel}(v, \omega) \quad (8)$$

[0101] 其中, $\text{heading}(v, \omega)$ 用于度量飞行器与目标位置之间的距离关系,飞行器的飞行方向与目标位置所在方向越接近、则 $\text{heading}(v, \omega)$ 的值越大,在一些实施例中, $\text{heading}(v, \omega)$ 可以与飞行器的飞行方向与目标位置所在方向的夹角大小成负相关关系; $\text{dis}(v, \omega)$ 表示轨迹离障碍物的最近距离, $\text{dis}(v, \omega)$ 与轨迹离障碍物的最近距离成正相关关系; $\text{vel}(v, \omega)$ 表示飞行器的预期移动速度,其值与 $v$ 和 $\omega$ 成正比,即希望无人机以最快的速度接近目标位置; $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 为预设的参数。

[0102] 下面参考图5描述本发明构建地图的装置的实施例。

[0103] 图5为根据本发明一些实施例的构建地图的装置的结构图。如图5所示,该实施例的构建地图的装置50包括:位置特征信息生成模块510,用于根据飞行器采集的障碍物数据,生成地图中每个位置单位的位置特征信息;地图单元划分模块520,用于根据位置特征信息之间的相似程度,将地图划分为多个地图单元;分辨率等级确定模块530,用于根据障碍物特征信息,确定每个地图单元对应的分辨率等级;地图构建模块540,用于采用每个地

图单元对应的分辨率等级构建每个地图单元对应的地图,获得多分辨率地图。

[0104] 在一些实施例中,位置特征信息生成模块510可以进一步用于根据飞行器采集的障碍物数据,获得障碍物特征信息;根据所述障碍物特征信息,生成地图中每个位置单位的位置特征信息,其中,所述位置特征信息包括位置单位的位置信息和飞行器在位置单位采集的障碍物特征信息。

[0105] 在一些实施例中,障碍物特征信息可以包括障碍物的位置信息和飞行器接收的传感信号的方向,其中,所述接收的传感信号是由飞行器发射、并由接收到传感信号的障碍物反射的。

[0106] 在一些实施例中,构建地图的装置50还可以包括:数据筛选模块550,用于计算飞行器在相邻的采集时刻所采集的数据的相似度;响应于相似度小于预设值,对采集的数据进行筛选。

[0107] 在一些实施例中,地图单元划分模块520可以用于采用位置特征信息对位置单位进行聚类,将属于同一类的位置单位确定为同一个地图单元。

[0108] 在一些实施例中,分辨率等级确定模块530可以用于根据障碍物数据确定每个地图单元上的障碍物;根据每个地图单元上的障碍物的密集程度,确定每个地图单元对应的分辨率等级。

[0109] 在一些实施例中,地图构建模块540可以用于对于分辨率等级大于预设等级的地图单元,采用高精度地图中相应的地图数据构建分辨率等级大于预设等级的地图单元的地图;和/或,用于对于分辨率等级小于预设等级的地图单元,采用飞行器采集的数据构建分辨率等级小于预设等级的地图单元的地图。

[0110] 在一些实施例中,构建地图的装置50还可以包括:定位模块560,用于采用蒙特卡罗定位法对飞行器进行定位,其中,飞行器在同一时刻采集的多个飞行器位姿数据的权重根据构建的多分辨率地图确定。

[0111] 在一些实施例中,定位模块570可以用于采用以下公式表示飞行器在t时刻的位姿空间分布 $S_t$ :

$$[0112] \quad S_t = \{s_t^{(i)} = \langle x_t^{(i)}, w_t^{(i)} \rangle \mid i = 1, 2, 3, \dots, N_t\}$$

$$[0113] \quad w_t^{(i)} = w_t^{(i-1)} p(z_t | x_t^{(i)}, m)$$

[0114] 其中, $s_t^{(i)}$ 为t时刻的第i个采样, $x_t^{(i)}$ 为t时刻第i个采样中无人机的位姿, $w_t^{(i)}$ 为 $x_t^{(i)}$ 对应的权重, $N_t$ 为t时刻的采样数量,m表示多分辨率地图, $z_t$ 表示t时刻的观测值。

[0115] 在一些实施例中,构建地图的装置50还可以包括:导航模块570,用于根据飞行器的当前位置和目标位置,确定待飞行器经过的地图单元;确定待飞行器经过的每个地图单元中的规划路径。

[0116] 图6为根据本发明另一些实施例的构建地图的装置的结构图。如图6所示,该实施例的构建地图的装置600包括:存储器610以及耦接至该存储器610的处理器620,处理器620被配置为基于存储在存储器610中的指令,执行前述任意一个实施例中的构建地图的方法。

[0117] 其中,存储器610例如可以包括系统存储器、固定非易失性存储介质等。系统存储

器例如存储有操作系统、应用程序、引导装载程序(Boot Loader)以及其他程序等。

[0118] 图7为根据本发明又一些实施例的构建地图的装置的结构图。如图7所示,该实施例的构建地图的装置700包括:存储器710以及处理器720,还可以包括输入输出接口730、网络接口740、存储接口750等。这些接口730,740,750以及存储器710和处理器720之间例如可以通过总线760连接。其中,输入输出接口730为显示器、鼠标、键盘、触摸屏等输入输出设备提供连接接口。网络接口740为各种联网设备提供连接接口。存储接口750为SD卡、U盘等外置存储设备提供连接接口。

[0119] 本发明的实施例还提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现前述任意一种构建地图的方法。

[0120] 本领域内的技术人员应当明白,本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用非瞬时性存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0121] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解为可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0122] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0123] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0124] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,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。

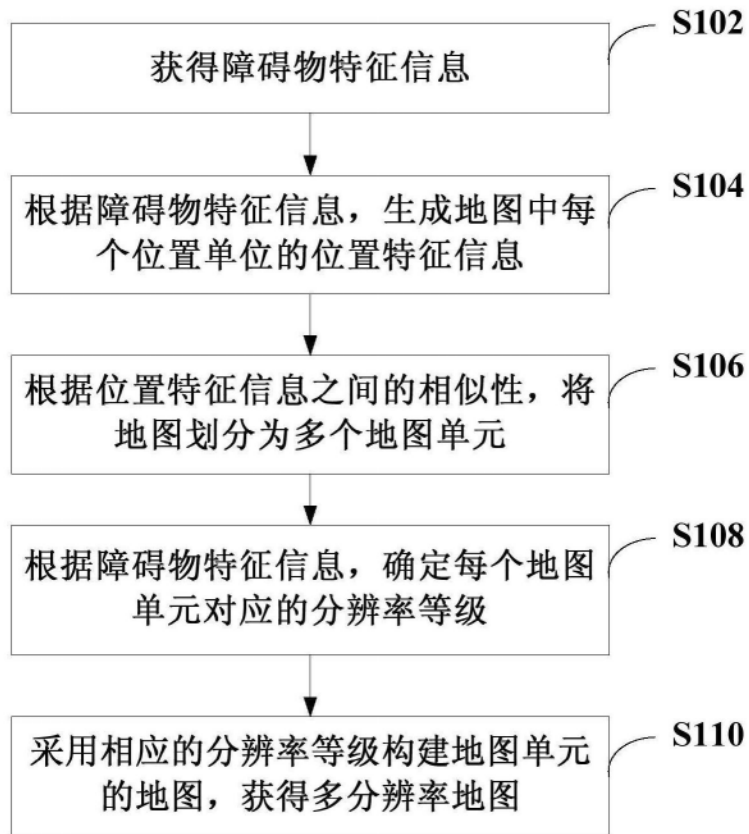


图1

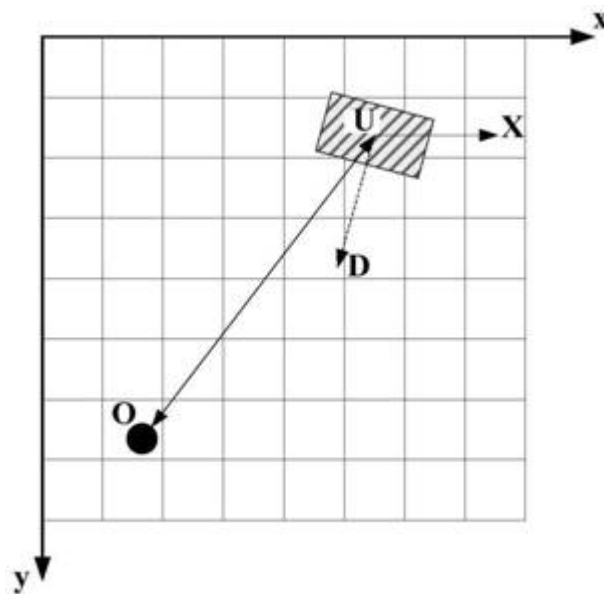


图2

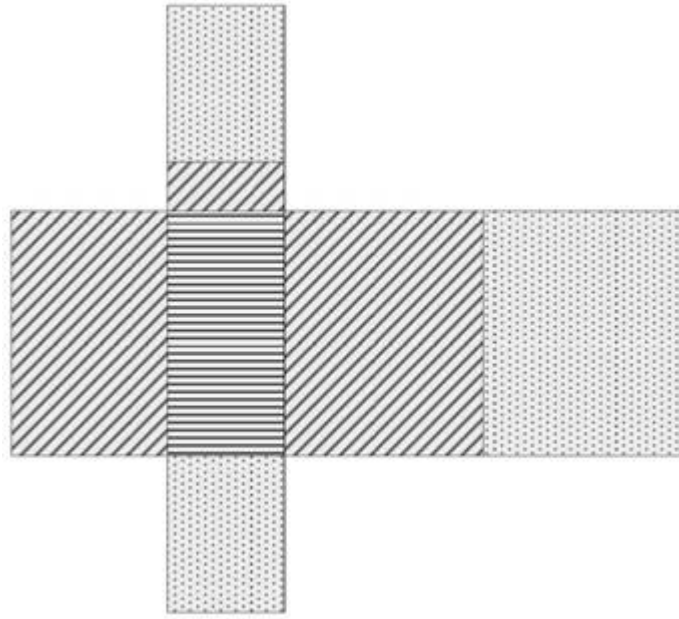


图3

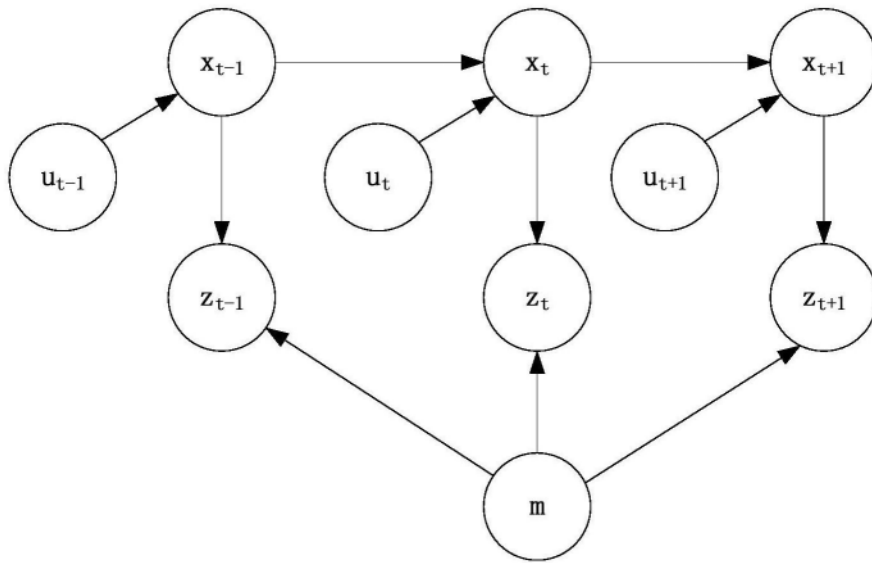


图4



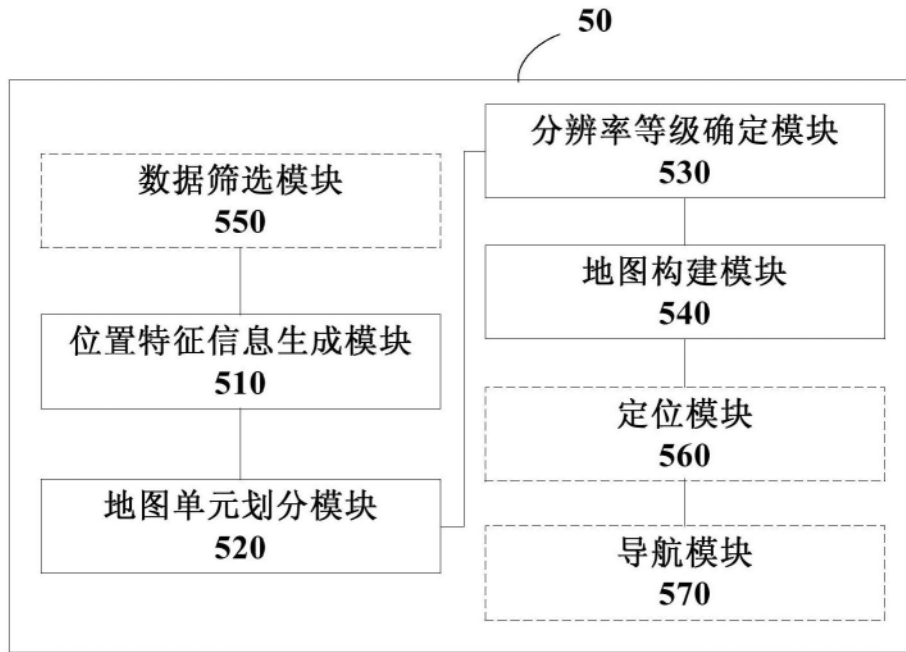


图5



图6

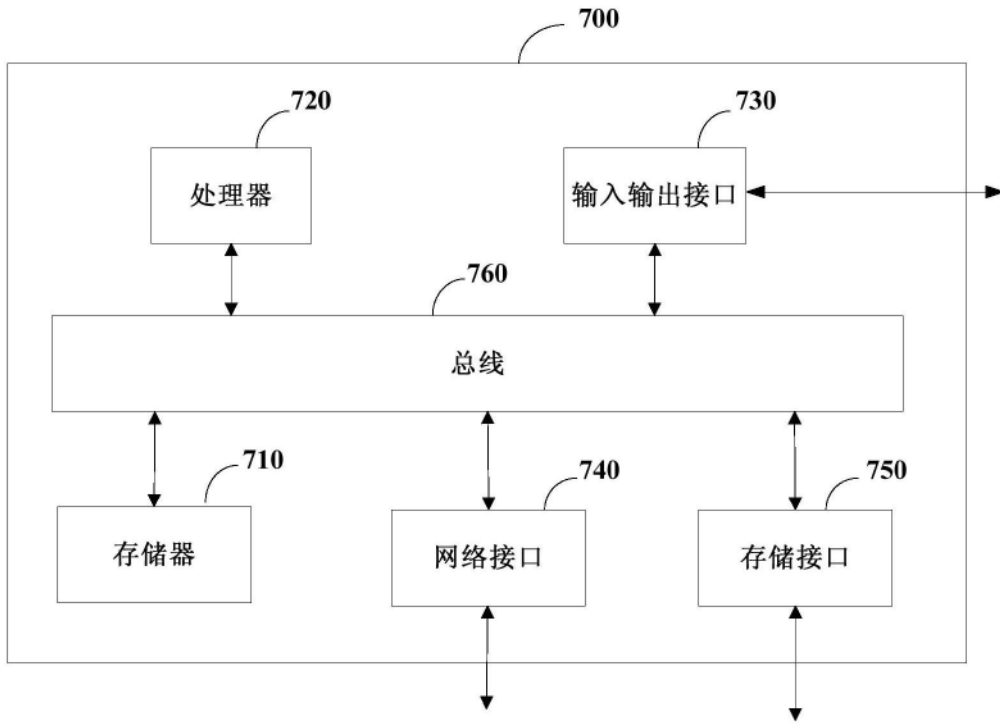


图7