



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110262567 B

(45) 授权公告日 2022.04.15

(21) 申请号 201910568656.6

CN 108234316 A, 2018.06.29

(22) 申请日 2019.06.27

CN 106374992 A, 2017.02.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 109737967 A, 2019.05.10

申请公布号 CN 110262567 A

CN 109828607 A, 2019.05.31

(43) 申请公布日 2019.09.20

CN 109299732 A, 2019.02.01

(73) 专利权人 深圳市道通智能航空技术股份有限公司

CN 108775902 A, 2018.11.09

CN 108983777 A, 2018.12.11

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽街道学苑大道1001号智园B1栋9层

CN 109074096 A, 2018.12.21

US 2019051198 A1, 2019.02.14

US 2018050800 A1, 2018.02.22

(72) 发明人 吕浩

EP 1999528 A2, 2008.12.10

CN 109447326 A, 2019.03.08

(74) 专利代理机构 深圳市六加知识产权代理有限公司 44372

CN 105929848 A, 2016.09.07

CN 109508036 A, 2019.03.22

代理人 孟丽平

CN 108646770 A, 2018.10.12

CN 109901580 A, 2019.06.18

(51) Int. Cl.

CN 106772230 A, 2017.05.31

G05D 1/12 (2006.01)

(续)

(56) 对比文件

审查员 张琦

CN 102340414 A, 2012.02.01

CN 109658670 A, 2019.04.19

权利要求书3页 说明书12页 附图6页

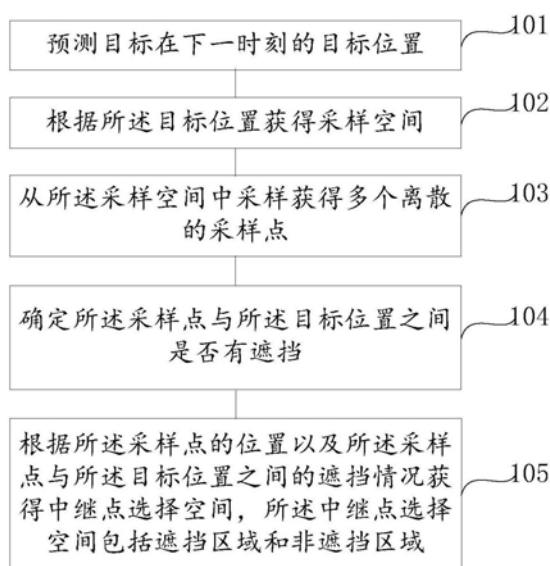
(54) 发明名称

一种路径中继点空间生成方法、装置和无人机

(57) 摘要

本发明实施例涉及一种路径中继点空间生成方法、装置和无人机。所述方法包括：预测目标在下一时刻的目标位置；根据所述目标位置获得采样空间；从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点；确定采样点与目标位置之间是否有遮挡；根据采样点的位置以及采样点与所述目标位置之间的遮挡情况获得中继点选择空间，中继点选择空间包括遮挡区域和非遮挡区域，位于遮挡区域的采样点与目标位置之间有遮挡，位于非遮挡区域的采样点与目标位置之间无遮挡。无人机可以从该中继点选择空间的非遮挡区域中选择中继点，可以保证选中的中继点与目标之间没有遮挡，从而更容易保持目标在视野中、降低了目标跟踪的丢失率。

CN 110262567 B



[接上页]

(56) 对比文件

US 2010211244 A1,2010.08.19

WO 2019026074 A1,2019.02.07

寇家勋.不确定环境下无人机航迹规划研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程技术II辑》.2018,全文.

王明明等.复杂环境下无人飞行器航路规划技术研究.《舰船电子工程》.2016,

Hao Jiang等.Online Path Planning of Autonomous UAVs for Bearing-Only Standoff Multi-Target Following in Threat Environment.《IEEE Access》.2018,

Aguilar, WG等.RRT* GL Based Optimal Path Planning for Real-Time Navigation of UAVs.《ADVANCES IN COMPUTATIONAL INTELLIGENCE》.2017,

1. 一种路径中继点空间生成方法,所述方法用于无人机,其特征在于,所述方法包括:
 - 预测目标在下一时刻的目标位置;
 - 根据所述目标位置获得采样空间;
 - 从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点;
 - 确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡;
 - 根据所述采样点的位置以及所述采样点与所述目标位置之间的遮挡情况获得中继点选择空间;其中,所述中继点选择空间包括遮挡区域和非遮挡区域,所述遮挡区域由遮挡采样点组成,所述非遮挡区域由非遮挡采样点组成,所述遮挡采样点为与所述目标位置之间有遮挡的采样点,所述非遮挡采样点为与所述目标位置之间无遮挡的采样点;
 - 确定所述非遮挡区域内的所述非遮挡采样点为所述中继点。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:
 - 获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,其中,所述最小障碍距离为所述非遮挡采样点至各所述遮挡采样点的最短距离。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:
 - 确定可行空间,所述可行空间包括所述非遮挡区域中最小障碍距离大于或者等于预设距离阈值的非遮挡采样点。
4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述目标位置获得采样空间,包括:
 - 获取所述无人机的初始跟踪距离;
 - 以所述目标位置为球心,以所述无人机的初始跟踪距离为半径建立所述采样空间,其中,所述采样空间位于所述目标位置所在平面的上方,所述采样空间为半球面的部分或全部。
5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点,包括:
 - 确定采样步长;
 - 对所述采样空间建立坐标系,所述坐标系包括Z轴和与所述Z轴垂直的X轴;
 - 分别在与所述Z轴呈 ϕ 角和与所述X轴呈 θ 角的范围内,以所述采样步长进行采样,以获得所述采样点,其中, ϕ 的取值范围 $\in [0, \pi/2]$, θ 的取值范围 $\in [0, 2\pi]$ 。
6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述中继点选择空间为二维的二值遮挡图,其中,所述二值遮挡图中,以 ϕ 角和 θ 角表示所述采样点的位置,所述遮挡采样点为第一值,所述非遮挡采样点为第二值。
7. 根据权利要求2-6任意一项所述的方法,其特征在于,所述获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,包括:
 - 利用距离场算法获得所述非遮挡采样点的最小障碍距离。
8. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,包括:
 - 获得所述非遮挡采样点距离各所述遮挡采样点的最小角度距离;
 - 在同一 θ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与

所述非遮挡采样点的最小的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离;

在同一 ϕ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧方向分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果其中一个方向上没有相遇的遮挡采样点,则从各采样点的另一个方向的初始采样点开始寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 θ 角距离作为 θ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 θ 角距离作为 θ 角距离;

根据所述 ϕ 角距离和所述 θ 角距离获得所述非遮挡采样点的最小角度距离。

9. 根据权利要求1-6任意一项所述的方法,其特征在于,所述确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡,包括:

利用射线追踪算法确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡。

10. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述距离场算法为截断距离场算法。

11. 一种路径中继点空间生成装置,所述装置用于无人机,其特征在于,所述装置包括:

目标预测模块,用于预测目标在下一时刻的目标位置;

采样空间获得模块,用于根据所述目标位置获得采样空间;

采样模块,用于从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点;

遮挡判断模块,用于确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡;

中继点选择空间获得模块,用于根据所述采样点的位置以及所述采样点与所述目标位置之间的遮挡情况获得中继点选择空间;其中,所述中继点选择空间包括遮挡区域和非遮挡区域,所述遮挡区域由遮挡采样点组成,所述非遮挡区域由非遮挡采样点组成,所述遮挡采样点为与所述目标位置之间有遮挡的采样点,所述非遮挡采样点为与所述目标位置之间无遮挡的采样点。

12. 根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

最小障碍距离获得模块,用于获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,其中,所述最小障碍距离为所述非遮挡采样点至各所述遮挡采样点的最短距离。

13. 根据权利要求12所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

可行空间获得模块,用于确定可行空间,所述可行空间包括所述非遮挡区域中最小障碍距离大于或者等于预设距离阈值的非遮挡采样点。

14. 根据权利要求12所述的装置,其特征在于,所述采样空间获得模块具体用于:

获取所述无人机的初始跟踪距离;

以所述目标位置为球心,以所述无人机的初始跟踪距离为半径建立所述采样空间,其中,所述采样空间位于所述目标位置所在平面的上方,所述采样空间为半球面的部分或全部。

15. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,所述采样模块具体用于:

确定采样步长;

对所述采样空间建立坐标系,所述坐标系包括Z轴和与所述Z轴垂直的X轴;

分别在与所述Z轴呈 ϕ 角和与所述X轴呈 θ 角的范围内,以所述采样步长进行采样,以获得所述采样点,其中, ϕ 的取值范围 $\in [0, \pi/2]$, θ 的取值范围 $\in [0, 2\pi]$ 。

16. 根据权利要求15所述的装置,其特征在于,所述中继点选择空间为二维的二值遮挡图,其中,所述二值遮挡图中,以 ϕ 角和 θ 角表示所述采样点的位置,所述遮挡采样点为第一值,所述非遮挡采样点为第二值。

17. 根据权利要求12-16任意一项所述的装置,其特征在于,所述最小障碍距离获得模块具体用于:

利用距离场算法获得所述非遮挡采样点的最小障碍距离。

18. 根据权利要求16所述的装置,其特征在于,所述最小障碍距离获得模块具体用于:

获得所述非遮挡采样点距离各所述遮挡采样点的最小角度距离:

在同一 θ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离,如果需找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离;

在同一 ϕ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧方向分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果其中一个方向上没有相遇的遮挡采样点,则从各采样点的另一个方向的初始采样点开始寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 θ 角距离作为 θ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 θ 角距离作为 θ 角距离;

根据所述 ϕ 角距离和所述 θ 角距离获得所述非遮挡采样点的最小角度距离。

19. 根据权利要求11-16任意一项所述的装置,其特征在于,所述遮挡判断模块具体用于:

利用射线追踪算法确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡。

20. 根据权利要求17所述的装置,其特征在于,所述距离场算法为截断距离场算法。

21. 一种无人机,其特征在于,所述无人机包括机身、与所述机身相连的机臂、设于所述机臂的动力系统、设置于所述机身的跟踪系统、飞控系统、视觉系统和路径规划系统;其中,所述路径规划系统包括控制器,所述控制器包括:

至少一个处理器;以及,

与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,

所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行权利要求1-10任一项所述的方法。

22. 一种非易失性计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令,当所述计算机可执行指令被无人机执行时,使所述无人机执行如权利要求1-10任一项所述的方法。

一种路径中继点空间生成方法、装置和无人机

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及无人飞行器技术领域,特别涉及一种路径中继点空间生成方法、装置和无人机。

背景技术

[0002] 利用无人机对运动目标进行识别和跟踪已得到广泛应用,利用无人机对目标进行跟踪时,需要根据目标的位置,在保持跟踪的前提下避开障碍物飞行。目前,多采用根据目标的实时位置进行路径规划,然后按照规划的路径飞行,由于在跟踪的过程中,目标在不断变化,因此无人机需不断进行路径规划,以保持跟踪状态。

[0003] 在实现本发明过程中,发明人发现上述根据目标实时位置规划路径的方法跟踪丢失率高。

发明内容

[0004] 本发明实施例的目的是提供一种路径中继点空间生成方法、装置和无人机,能降低跟踪目标的丢失率。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种路径中继点空间生成方法,所述方法用于无人机,所述方法包括:

[0006] 预测目标在下一时刻的目标位置;

[0007] 根据所述目标位置获得采样空间;

[0008] 从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点;

[0009] 确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡;

[0010] 根据所述采样点的位置以及所述采样点与所述目标位置之间的遮挡情况获得中继点选择空间;其中,所述中继点选择空间包括遮挡区域和非遮挡区域,所述遮挡区域由遮挡采样点组成,所述非遮挡区域由非遮挡采样点组成,所述遮挡采样点为与所述目标位置之间有遮挡的采样点,所述非遮挡采样点为与所述目标位置之间无遮挡的采样点。

[0011] 在一些实施例中,所述方法还包括:

[0012] 获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,其中,所述最小障碍距离为所述非遮挡采样点至各所述遮挡采样点的最短距离。

[0013] 在一些实施例中,所述方法还包括:

[0014] 确定可行空间,所述可行空间包括所述非遮挡区域中最小障碍距离大于或者等于预设距离阈值的非遮挡采样点。

[0015] 在一些实施例中,所述根据所述目标位置获得采样空间,包括:

[0016] 获取所述无人机的初始跟踪距离;

[0017] 以所述目标位置为球心,以所述无人机的初始跟踪距离为半径建立所述采样空间,其中,所述采样空间位于所述目标位置所在平面的上方,所述采样空间为半球面的部分或全部。

- [0018] 在一些实施例中,所述从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点,包括:
- [0019] 确定采样步长;
- [0020] 对所述采样空间建立坐标系,所述坐标系包括Z轴和与所述Z轴垂直的X轴;
- [0021] 分别在与所述Z轴呈 ϕ 角和与所述X轴呈 θ 角的范围内,以所述采样步长进行采样,以获得所述采样点,其中, ϕ 的取值范围 $\in [0, \pi/2]$, θ 的取值范围 $\in [0, 2\pi]$ 。
- [0022] 在一些实施例中,所述中继点选择空间为二维的二值遮挡图,其中,所述二值遮挡图中,以 ϕ 角和 θ 角表示所述采样点的位置,所述遮挡采样点为第一值,所述非遮挡采样点为第二值。
- [0023] 在一些实施例中,所述获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,包括:
- [0024] 利用距离场算法获得所述非遮挡采样点的最小障碍距离。
- [0025] 在一些实施例中,所述获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,包括:
- [0026] 获得所述非遮挡采样点距离各所述遮挡采样点的最小角度距离:
- [0027] 在同一 θ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离,如果需找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离;
- [0028] 在同一 ϕ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧方向分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果其中一个方向上没有相遇的遮挡采样点,则从各采样点的另一个方向的初始采样点开始寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 θ 角距离作为 θ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 θ 角距离作为 θ 角距离;
- [0029] 根据所述 ϕ 角距离和所述 θ 角距离获得所述非遮挡采样点的最小角度距离。
- [0030] 在一些实施例中,所述根据环境地图确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡,包括:
- [0031] 利用射线追踪算法确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡。
- [0032] 在一些实施例中,所述距离场算法为截断距离场算法。
- [0033] 第二方面,本发明实施例提供了一种路径中继点空间生成装置,所述装置用于无人机,所述装置包括:
- [0034] 目标预测模块,用于预测目标在下一时刻的目标位置;
- [0035] 采样空间获得模块,用于根据所述目标位置获得采样空间;
- [0036] 采样模块,用于从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点;
- [0037] 遮挡判断模块,用于确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡;
- [0038] 中继点选择空间获得模块,用于根据所述采样点的位置以及所述采样点与所述目标位置之间的遮挡情况获得中继点选择空间;其中,所述中继点选择空间包括遮挡区域和非遮挡区域,所述遮挡区域由遮挡采样点组成,所述非遮挡区域由非遮挡采样点组成,所述遮挡采样点为与所述目标位置之间有遮挡的采样点,所述非遮挡采样点为与所述目标位置之间无遮挡的采样点。
- [0039] 在一些实施例中,所述装置还包括:

[0040] 最小障碍距离获得模块,用于获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,其中,所述最小障碍距离为所述非遮挡采样点至各所述遮挡采样点的最短距离。

[0041] 在一些实施例中,所述装置还包括:

[0042] 可行空间获得模块,用于确定可行空间,所述可行空间包括所述非遮挡区域中最小障碍距离大于或者等于预设距离阈值的非遮挡采样点。

[0043] 在一些实施例中,所述采样空间获得模块具体用于:

[0044] 获取所述无人机的初始跟踪距离;

[0045] 以所述目标位置为球心,以所述无人机的初始跟踪距离为半径建立所述采样空间,其中,所述采样空间位于所述目标位置所在平面的上方,所述采样空间为半球面的部分或全部。

[0046] 在一些实施例中,所述采样模块具体用于:

[0047] 确定采样步长;

[0048] 对所述采样空间建立坐标系,所述坐标系包括Z轴和与所述Z轴垂直的X轴;

[0049] 分别在与所述Z轴呈 ϕ 角和与所述X轴呈 θ 角的范围内,以所述采样步长进行采样,以获得所述采样点,其中, ϕ 的取值范围 $\in [0, \pi/2]$, θ 的取值范围 $\in [0, 2\pi]$ 。

[0050] 在一些实施例中,所述中继点选择空间为二维的二值遮挡图,其中,所述二值遮挡图中,以 ϕ 角和 θ 角表示所述采样点的位置,所述遮挡采样点为第一值,所述非遮挡采样点为第二值。

[0051] 在一些实施例中,所述最小障碍距离获得模块具体用于:

[0052] 利用距离场算法获得所述非遮挡采样点的最小障碍距离。

[0053] 在一些实施例中,所述最小障碍距离获得模块具体用于:

[0054] 获得所述非遮挡采样点距离各所述遮挡采样点的最小角度距离:

[0055] 在同一 θ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离,如果需找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离;

[0056] 在同一 ϕ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧方向分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果其中一个方向上没有相遇的遮挡采样点,则从各采样点的另一个方向的初始采样点开始寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 θ 角距离作为 θ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 θ 角距离作为 θ 角距离;

[0057] 根据所述 ϕ 角距离和所述 θ 角距离获得所述非遮挡采样点的最小角度距离。

[0058] 在一些实施例中,所述遮挡判断模块具体用于:

[0059] 利用射线追踪算法确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡。

[0060] 在一些实施例中,所述距离场算法为截断距离场算法。

[0061] 第三方面,本发明实施例提供了一种无人机,所述无人机包括机身、与所述机身相连的机臂、设于所述机臂的动力系统、设置于所述机身的跟踪系统、飞控系统、视觉系统和路径规划系统;其中,所述路径规划系统包括控制器,所述控制器包括:

[0062] 至少一个处理器;以及,

[0063] 与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,

[0064] 所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行上述的方法。

[0065] 第四方面,本发明实施例提供了一种非易失性计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令,当所述计算机可执行指令被无人机执行时,使所述无人机执行上述的方法。

[0066] 第五方面,本申请实施例还提供了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括存储在非易失性计算机可读存储介质上的计算机程序,所述计算机程序包括程序指令,当所述程序指令被无人机执行时,使所述无人机执行上述的方法。

[0067] 本发明实施例的路径中继点空间生成方法、装置和无人机,根据预测的目标在下一时刻的位置确定一个采样空间,并从该采样空间中采样获得多个离散的采样点,然后根据该采样点与目标位置之间的遮挡情况获得包括遮挡区域和非遮挡区域的中继点选择空间。无人机可以从该中继点选择空间的非遮挡区域中选择中继点,由于非遮挡区域中的采样点与目标之间没有遮挡,因而可以保证选中的中继点与目标之间没有遮挡,从而更容易保持目标在视野中、降低了目标跟踪的丢失率。

附图说明

[0068] 一个或多个实施例通过与之对应的附图中的图片进行示例性说明,这些示例性说明并不构成对实施例的限定,附图中具有相同参考数字标号的元件表示为类似的元件,除非有特别申明,附图中的图不构成比例限制。

[0069] 图1是本发明实施例路径中继点空间生成方法和装置的应用场景示意图;

[0070] 图2是本发明无人机的一个实施例的结构示意图;

[0071] 图3是本发明路径中继点空间生成方法的一个实施例的流程示意图;

[0072] 图4是本发明路径中继点空间生成方法的一个实施例中采样空间示意图;

[0073] 图5是本发明路径中继点空间生成方法的一个实施例中中继点选择空间示意图;

[0074] 图6是本发明路径中继点空间生成方法的一个实施例的流程示意图;

[0075] 图7是本发明路径中继点空间生成装置的一个实施例的结构示意图;

[0076] 图8是本发明路径中继点空间生成装置的一个实施例的结构示意图;

[0077] 图9是本发明无人机的一个实施例中路径规划系统的控制器的硬件结构示意图。

具体实施方式

[0078] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,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,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。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。

[0079] 本发明实施例提供的路径中继点空间生成方法和装置可以应用于如图1所示的应用场景,在图1所示的应用场景中,包括无人机100和目标300。无人机100可以用于跟踪目标300,在无人机100跟踪目标300的过程中,有可能会遇到障碍物400。无人机100需跟踪目标

300的同时躲避障碍物400实现正常飞行。

[0080] 其中,无人机100可以为合适的无人飞行器包括固定翼无人飞行器和旋转翼无人飞行器,例如直升机、四旋翼机和具有其它数量的旋翼和/或旋翼配置的飞行器。无人机100还可以是其他可移动物体,例如载人飞行器、航模、无人飞艇和无人热气球等。目标300可以为任何合适的可移动或不可移动物体,包括交通工具、人、动物、建筑物、山川河流等。障碍物400例如建筑物、山体、树木、森林、信号塔或其他可移动或不可移动物体(图1中只示出了一个障碍物,实际应用中可能会有更多障碍物或者没有障碍物)。

[0081] 其中,在一些实施例中,请参照图2,无人机100包括机身10、与所述机身10相连的机臂(图中未示出)、设于机臂的动力系统(图中未示出)和设于机身10的控制系统。动力系统用于提供无人机100飞行的推力、升力等,控制系统是无人机100的中枢神经,可以包括多个功能性单元,例如飞控系统20、跟踪系统30、路径规划系统50、视觉系统40以及其他具有特定功能的系统。跟踪系统30和视觉系统40均包括摄像装置和控制芯片,跟踪系统30用于获得跟踪目标的位置、跟踪距离(即无人机100距目标的距离)等,视觉系统40用于提供环境地图等。飞控系统20包括各类传感器(例如陀螺仪、加速计等),飞控系统20用于获得实时的无人机位置以及控制无人机飞行姿态等。路径规划系统50用于对路径进行规划,并指示飞控系统20控制无人机100的飞行姿态以使无人机100按指定路径飞行。

[0082] 实际应用时,飞控系统20、路径规划系统50可以设置于机身10内部,跟踪系统30和视觉系统40可以设置于机身10外部并固定于机身10上。摄像装置可以为高清数码相机或其他摄像装置,摄像装置可以设置于任何利于拍摄的合适位置,在一些实施例中,跟踪系统30的摄像装置通过云台安装于机身10的底部,视觉系统40的摄像装置设置于机身10的前部和/或下部。其中,各个系统可以分别设置,在一些实施例中,上述系统中的部分或全部也可以集成在一个或多于一个的装置中。

[0083] 在一些实施例中,无人机100根据目标特征对目标进行跟踪,其中,在部分实施例中,目标特征事先存储于无人机100中,在部分实施例中,目标特征通过其他途径获得。在无人机100的一些应用场景中还包括电子设备200,目标特征可以通过电子设备200发送给无人机100。具体的,电子设备200可以显示无人机100拍摄的图片,由用户对图片中的目标进行框选,用户框选的目标图片上传无人机100后,无人机100可以根据该框选的目标图片提取目标特征。无人机100和电子设备200之间,可以通过分别设置在各自内部的无线通信模块(例如信号接收器、信号发送器等)建立通信连接,上传或者下发数据/指令。其中,电子设备200例如智能手机、平板电脑、电脑、遥控器等。

[0084] 无人机100在跟踪目标和躲避障碍物飞行的过程中,可以选择一个临时的、合适的中间位置(以下称为中继点),无人机100在下一时刻飞到该中继点就能在躲避障碍物的同时确保目标跟踪不丢失,因此,该中继点的选择至关重要。如果该中继点和目标之间具有障碍物,则很容易因为障碍物的遮挡导致跟丢目标。本发明实施例根据预测的目标在下一时刻的位置确定一个采样空间,并从该采样空间中采样获得多个离散的采样点,然后根据该采样点与目标位置之间的遮挡情况获得包括遮挡区域和非遮挡区域的中继点选择空间。无人机可以从该中继点选择空间的非遮挡区域中选择中继点,由于非遮挡区域中的采样点与目标之间没有遮挡,因而可以保证选中的中继点与目标之间没有遮挡,从而更容易保持目标在视野中、降低了目标跟踪的丢失率。

[0085] 图3为本发明实施例提供的一种路径中继点空间生成方法的流程示意图,所述方法可以由图1中无人机100执行(具体的,在一些实施例中,所述方法由无人机100中的路径规划系统执行),如图3所示,所述方法包括:

[0086] 101:预测目标在下一时刻的目标位置。

[0087] 由于目标在短时间内的运动可以近似为加速度不变的匀加速直线运动,可以先获取所述目标在当前时刻的位置、速度和加速度,再根据当前时刻的位置、速度和加速度获得目标下一时刻的位置。目标在当前时刻的速度和加速度可以根据目标在当前时刻前面的N-1个时刻的位置和时间戳估计获得。其中,目标当前时刻以及当前时刻前N-1个时刻的位置可以通过跟踪系统30获取。

[0088] 在实际计算时,可以采用任何合适的坐标系,本发明实施例以北东地坐标系(North East Down, NED)为例说明。在NED坐标系中,有三个坐标轴,分别是Z轴、X轴和Y轴。跟踪系统30获得的N个时刻的目标位置为三维值,即Z轴、X轴和Y轴上的坐标值,可以根据N个时刻目标在各轴的坐标值分别对目标当前时刻在Z轴、X轴和Y轴上的位置进行估计。再根据目标当前时刻在Z轴、X轴和Y轴上的位置获得目标下一时刻在Z轴、X轴和Y轴上的位置,最终获得目标在下一时刻的三维位置。

[0089] 以下以其中一轴为例说明目标位置的估计过程,其他两轴的估计方法与此相同。

[0090] 设当前时刻为 t_{i-1} ,下一时刻为 t_i ,各时刻的位置为 $f(t)$,由匀加速直线运动目标在下一时刻的位置为:

$$[0091] \quad f(t_i) = f(t_{i-1}) + v_0(t_i - t_{i-1}) + \frac{1}{2} * a(t_i - t_{i-1})^2 \quad (1)$$

[0092] 其中, v_0 为目标在当前时刻的速度, a 为目标在当前时刻的加速度。

[0093] 其中, v_0 和 a 可以通过N个时刻的位置和时间戳估计获得。通过跟踪系统30获得当前时刻以及当前N-1个时刻的位置 $f(t_k)$,其中 $k=i-1, i-2, \dots, i-N$,将所述N个时刻的目标位置 $f(t_k)$ ($k=i-1, i-2, \dots, i-N$) 和时间戳 $i-1, i-2, \dots, i-N$ 代入式(1),利用最小二乘法解超定方程,可以得到参数 v_0 和 a 。然后通过式(1),可以获得目标下一时刻的位置。

[0094] 其中,N可以根据具体应用情况进行取值(例如8、9、10或更小、更大的数),通常N越小,对运动变化越灵敏,即对运动状态的估计和实际的时间延迟小,但鲁棒性差;反之,N越大,鲁棒性越好,但运动灵敏性差。运动过程中,当前时刻和下一时刻是不断变化的,为了持续的对目标位置进行估计,并重新计算下一时刻目标的位置。需要对当前时刻前N个时刻的位置进行更新。在一些实施例中,对前N个时刻的位置进行更新可以采用先进先出(First Input First Output, FIFO)的更新策略,只保持N个最近位置。

[0095] 102:根据所述目标位置获得采样空间。

[0096] 所述采样空间例如以目标在下一时刻的位置为球心、以无人机的初始跟踪距离为半径的球表面的一部分或全部。在一些无人机跟踪目标的实例中,无人机仅在目标上空对目标进行跟踪,在这样的实施例中,如图4所示,可以仅取球表面的上半部分作为采样空间,即所述采样空间位于所述目标所在平面的上方。在另一些实施例中,所述采样空间也可以仅取上半球面的一部分。其中,初始跟踪距离可以预先根据实际应用情况进行设置,在工作中,可以由跟踪系统30提供给路径规划系统50。

[0097] 103:从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点。

[0098] 以采样空间为球面为例,对采样空间的采样可以在所述采样空间内对 ϕ 角和 θ 角以采样步长进行采样,获得多个采样点。其中, ϕ 角为采样点至球心连线与Z轴的夹角, θ 角为采样点至球心连线与X轴的夹角。在上述无人机在目标上空进行跟踪的实施例中, ϕ 角的范围为 $[0, \pi/2]$, θ 角的范围为 $[0, 2\pi]$ 。在其他实施例中, ϕ 角的范围也可以小于 $[0, \pi/2]$, θ 角的范围也可以小于 $[0, 2\pi]$ 。

[0099] 以 ϕ 角的范围为 $[0, \pi/2]$ 、 θ 角的范围为 $[0, 2\pi]$ 为例说明,在实际采样过程中, ϕ 角和 θ 角可以均从0度开始采样,直至 ϕ 角到达 $\pi/2$ 、 θ 角到达 2π 。例如,首先 θ 角保持0度不变,以采样步长对 ϕ 角从0到 $\pi/2$ 进行采样,然后 θ 角保持0度加采样步长不变,以采样步长对 ϕ 角从0到 $\pi/2$ 进行采样,然后 θ 角保持2个采样步长不变,以采样步长对 ϕ 角从0到 $\pi/2$ 进行采样,以此类推,直到 θ 角保持 2π 不变,以采样步长对 ϕ 角从0到 $\pi/2$ 进行采样,如此可以获得多个离散的采样点,每个采样点与采样角度 (ϕ_i, θ_i) 是一一对应的。

[0100] 其中,在一些实施例中,所述采样步长 $\theta_s = L/d0$,其中, L 为环境地图的分辨率, $d0$ 为所述初始跟踪距离。在另一些实施例中,也可以使用更小的步长进行采样,这样可以获得更多离散的位置采样点,但更多的位置采样点会增加搜索空间的大小,增加计算量。

[0101] 其中,环境地图是指在所述无人机的路径规划系统中使用的环境地图,在一些实施例中,所述环境地图为无人机周围环境的点云地图,所述点云地图通常包括目标周围环境中各个特征点的位置信息,例如障碍物的位置信息。所述环境地图可以由视觉系统40获得。

[0102] 104:确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡。

[0103] 在其中一些实施例中,可以利用射线追踪算法确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡。具体的,先根据目标位置和采样点位置建立射线方程,然后将射线方程和环境地图中各障碍物逐个比对,如果有障碍物位于该射线方程上,则确定该采样点与目标之间有障碍物遮挡,如果环境地图中没有任何障碍物位于该射线方程上,则该采样点与目标之间没有障碍物遮挡。其中,采样点位置可以根据采样空间确定,在图4所示的采样空间中,采样位置 P_i 根据采样角度 (ϕ_i, θ_i) 和初始跟踪距离确定。

[0104] 105:根据所述采样点的位置以及所述采样点与所述目标位置之间的遮挡情况获得中继点选择空间;其中,所述中继点选择空间包括遮挡区域和非遮挡区域,所述遮挡区域由遮挡采样点组成,所述非遮挡区域由非遮挡采样点组成,所述遮挡采样点为与所述目标位置之间有遮挡的采样点,所述非遮挡采样点为与所述目标位置之间无遮挡的采样点。

[0105] 在确定各采样点与目标之间的遮挡情况后,可以建立由各个采样点位置组成的中继点选择空间,中继点选择空间包括遮挡区域和非遮挡区域,将与目标之间有障碍物遮挡的采样点划到遮挡区域,称为遮挡采样点,将与目标之间没有障碍物遮挡的采样点划到非遮挡区域,称为非遮挡采样点。无人机选择经行的中继点时,可以从非遮挡采样点中选择,可以保证选中的中继点与目标之间没有遮挡,从而更容易保持目标在视野中、降低了目标跟踪的丢失率。

[0106] 在图4所示的采样空间为球面空间的实施例中,每个采样点的位置可以由采样角度 (ϕ, θ) 和初始跟踪距离唯一确定,由于初始跟踪距离是固定不变的,因此,可以用采样角度表示采样点的位置。在其中的一些实现方式中,为便于无人机识别,所述中继点选择空间可以用二维的二值遮挡图来实现,其中一维为 ϕ 角,另一维为 θ 角。在二值遮挡图中以第一

值(例如1,以下以第一值为1说明)表示采样点为遮挡采样点,以第二值(例如0,以下以第二值为0说明)表示采样点为非遮挡采样点,遮挡采样点组成遮挡区域,非遮挡采样点组成非遮挡区域。具体的,可以先由各采样点的采样角度和值获得二维矩阵,然后根据该二维矩阵获得二值遮挡图。图5示出了二值遮挡图的其中一个实施例,无人机在利用二值遮挡图选择中继点时,可以选择值为0的采样角度对应的采样点作为中继点。

[0107] 为了进一步降低跟踪丢失率,不仅要选择非遮挡采样点作为中继点,还应使选择的中继点离遮挡区域尽可能远。因为如果选择的非遮挡采样点离遮挡区域很近,那么很有可能后续时刻丢失目标。因此,在另一些实施例中,还计算非遮挡采样点的最小障碍距离给无人机选择中继点提供参考,所述最小障碍距离即所述非遮挡采样点距离各遮挡采样点的最短距离。无人机选择中继点时可以选择最短距离尽量大的非遮挡采样点作为中继点。其中,所述最短距离可以是长度距离,也可以是角度距离,在图4和图5所示的实施例中,可以采用角度距离。以图5所示的实施例为例,计算非遮挡采样点至各遮挡采样点的最短距离,即针对每个值为0的采样点,获得它到各个值为1的采样点中的最小距离。

[0108] 在另一些实施例中,获得非遮挡采样点至各遮挡采样点的最短距离后,可以依据该最短距离生成可行空间,可行空间即无人机可以经停的空间。具体的,设置预设距离阈值,定义最短距离值大于或者等于预设距离阈值的非遮挡采样点组成可行空间,最短距离值小于预设距离阈值的非遮挡采样点和遮挡采样点组成不可行空间。无人机在选择中继点时,可以选择可行空间中的任一非遮挡采样点作为经行中继点。这样不仅可以保证无人机在下一个时刻与目标之间没有遮挡,还能保证无人机在所述下一时刻的后续时刻与目标之间没有遮挡。如图6所示,在该实施例中,所述路径中继点空间生成方法包括:

[0109] 101:预测目标在下一时刻的目标位置。

[0110] 102:根据所述目标位置获得采样空间。

[0111] 103:从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点。

[0112] 104:确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡。

[0113] 105:根据所述采样点的位置以及所述采样点与所述目标位置之间的遮挡情况获得中继点选择空间。

[0114] 106:获取所述中继点选择空间的所述非遮挡区域中所述非遮挡采样点的最小障碍距离,所述最小障碍距离为所述非遮挡采样点至各所述遮挡采样点的最短距离。

[0115] 107:设定所述非遮挡区域中最小障碍距离大于或者等于预设距离阈值的非遮挡采样点组成可行空间,所述可行空间为所述无人机可以经停的空间。

[0116] 具体的,在其中一些实施例中,可以采用距离场算法获得非遮挡采样点距离各遮挡采样点的最短距离。其中,距离场算法可以采用欧几里德距离,可以使用距离场算法也可以使用截断距离场算法。截断距离场算法即设定一个距离阈值D,在计算非遮挡采样点至遮挡采样点的距离时,如果该距离小于D,则该非遮挡采样点至该遮挡采样点的距离为实际距离值,如果计算的距离大于D,则该非遮挡采样点至该遮挡采样点的距离直接赋值为D。采用截断距离场算法能有效减少计算量,从而更快的求出某一非遮挡采样点至遮挡区域中的所有遮挡采样点的最短距离。

[0117] 其中,距离场算法可以采用现有技术中的距离场算法,因为现有的距离场算法多用于三维空间,因此在采用二维的二值遮挡图表示中继点选择空间的场合,需对现有的距

离场算法进行改写,以提高最短距离计算的准确性。具体为:

[0118] 106a:在同一 θ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离;

[0119] 106b:在同一 ϕ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧方向分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果其中一个方向上没有相遇的遮挡采样点,则从各采样点的另一个方向的初始采样点开始寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 θ 角距离作为 θ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 θ 角距离作为 θ 角距离;

[0120] 106c:根据所述 ϕ 角距离和所述 θ 角距离获得所述非遮挡采样点的最小角度距离。

[0121] 以下以图5(图5中仅示出了八行九列的采样点位置,实际应用中可以包括更多行和更多列的采样点位置)为例进行说明,可以先对第一列进行计算,针对第一列各采样点中的每个非遮挡采样点,获得它的 ϕ 角距离。例如计算位于第一列第五行的非遮挡采样点时,可以分别向上和向下寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果向上寻找到一个遮挡采样点、向下寻找到一个遮挡采样点,则选择两个遮挡采样点中 ϕ 角距离最小的作为 ϕ 角距离。如果仅向上寻找到一个遮挡采样点或者仅向下寻找到一个遮挡采样点,则获得该遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离。如果该列上仅有非遮挡采样点没有遮挡采样点,则可以为该列上的每个非遮挡采样点赋予一个固定值的 ϕ 角距离。如此再计算出第二列、第三列,……,直至计算完所有的列。

[0122] 在对所有列的计算完成后,再针对每行进行计算。可以先对第一行进行计算,针对第一行各采样点中的每个非遮挡采样点,获得它的 θ 角距离。例如计算位于第一行第五列的非遮挡采样点时,可以分别向左和向右寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果向左寻找到一个遮挡采样点、向右寻找到一个遮挡采样点,则选择两个遮挡采样点中 θ 角距离最小的作为 θ 角距离。如果仅向左寻找到一个遮挡采样点,向右没有寻找到遮挡采样点,则从第一行的最左侧的初始采样点开始寻找相遇的第一个非遮挡采样点。如果仅向右寻找到一个遮挡采样点,向左没有寻找到遮挡采样点,则从第一行的最右侧的初始采样点开始寻找相遇的第一个非遮挡采样点。如果最终寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 θ 角距离作为 θ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 θ 角距离作为 θ 角距离。如果该行上仅有非遮挡采样点没有遮挡采样点,则可以为该行上的每个非遮挡采样点赋予一个固定值的 θ 角距离。如此再计算出第二行、第三行,……,直至计算完所有的行。

[0123] 最后根据所述 ϕ 角距离和所述 θ 角距离获得所述非遮挡采样点的最小角度距离。例如,所述最小角度距离为 ϕ 角距离和所述 θ 角距离的平方和开根号的最小值。

[0124] 现有技术中的距离场算法多适用于3D位置空间,本发明实施例在中继点选择空间采用二维的二值遮挡图的场合,创新性的使用了距离场算法并对距离场算法进行了改写,充分考虑到了 θ 角的环形特征,从而使其支持角度空间上的最短距离计算。

[0125] 相应的,如图7所示,本发明实施例还提供了一种路径中继点空间生成装置,所述

装置可以用于图1所示的无人机,路径中继点空间生成装置700包括:

- [0126] 目标预测模块701,用于预测目标在下一时刻的目标位置;
- [0127] 采样空间获得模块702,用于根据所述目标位置获得采样空间;
- [0128] 采样模块703,用于从所述采样空间中采样获得多个离散的采样点;
- [0129] 遮挡判断模块704,用于确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡;
- [0130] 中继点选择空间获得模块705,用于根据所述采样点的位置以及所述采样点与所述目标位置之间的遮挡情况获得中继点选择空间;其中,所述中继点选择空间包括遮挡区域和非遮挡区域,所述遮挡区域由遮挡采样点组成,所述非遮挡区域由非遮挡采样点组成,所述遮挡采样点为与所述目标位置之间有遮挡的采样点,所述非遮挡采样点为与所述目标位置之间无遮挡的采样点。
- [0131] 本发明实施例根据预测的目标在下一时刻的位置确定一个采样空间,并从该采样空间中采样获得多个离散的采样点,然后根据该采样点与目标位置之间的遮挡情况获得包括遮挡区域和非遮挡区域的中继点选择空间。无人机可以从该中继点选择空间的非遮挡区域中选择中继点,由于非遮挡区域中的采样点与目标之间没有遮挡,因而可以保证选中的中继点与目标之间没有遮挡,从而更容易保持目标在视野中、降低了目标跟踪的丢失率。
- [0132] 在另一些实施例中,请参照图8,路径中继点空间生成装置700还包括:
- [0133] 最小障碍距离获得模块706,用于获取所述非遮挡采样点的最小障碍距离,其中,所述最小障碍距离为所述非遮挡采样点至各所述遮挡采样点的最短距离。
- [0134] 在另一些实施例中,请参照图8,路径中继点空间生成装置700还包括:
- [0135] 可行空间获得模块707,用于确定可行空间,所述可行空间包括所述非遮挡区域中最小障碍距离大于或者等于预设距离阈值的非遮挡采样点。
- [0136] 在其中一些实施例中,采样空间获得模块702具体用于:
- [0137] 获取所述无人机的初始跟踪距离;
- [0138] 以所述目标位置为球心,以所述无人机的初始跟踪距离为半径建立所述采样空间,其中,所述采样空间位于所述目标位置所在平面的上方,所述采样空间为半球面的部分或全部。
- [0139] 在其中一些实施例中,采样模块703具体用于:
- [0140] 确定采样步长;
- [0141] 对所述采样空间建立坐标系,所述坐标系包括Z轴和与所述Z轴垂直的X轴;
- [0142] 分别在与所述Z轴呈 ϕ 角和与所述X轴呈 θ 角的范围内,以所述采样步长进行采样,以获得所述采样点,其中, ϕ 的取值范围 $\in [0, \pi/2]$, θ 的取值范围 $\in [0, 2\pi]$ 。
- [0143] 在其中一些实施例中,所述中继点选择空间为二维的二值遮挡图,其中,所述二值遮挡图中,以 ϕ 角和 θ 角表示所述采样点的位置,所述遮挡采样点为第一值,所述非遮挡采样点为第二值。
- [0144] 在其中一些实施例中,最小障碍距离获得模块706具体用于:
- [0145] 利用距离场算法获得所述非遮挡采样点的最小障碍距离。
- [0146] 在其中一些实施例中,最小障碍距离获得模块706具体用于:
- [0147] 获得所述非遮挡采样点距离各所述遮挡采样点的最小角度距离;
- [0148] 在同一 θ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧

分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离,如果需找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 ϕ 角距离作为 ϕ 角距离;

[0149] 在同一 ϕ 角的各采样点中,针对每个所述非遮挡采样点,向所述非遮挡采样点两侧方向分别寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果其中一个方向上没有相遇的遮挡采样点,则从各采样点的另一个方向的初始采样点开始寻找相遇的第一个遮挡采样点,如果寻找到两个遮挡采样点,则获得两个遮挡采样点中与所述非遮挡采样点的最小的 θ 角距离作为 θ 角距离,如果寻找到一个遮挡采样点,则获得一个遮挡采样点与所述非遮挡采样点的 θ 角距离作为 θ 角距离;

[0150] 根据所述 ϕ 角距离和所述 θ 角距离获得所述非遮挡采样点的最小角度距离。

[0151] 在其中一些实施例中,遮挡判断模块704具体用于:

[0152] 利用射线追踪算法确定所述采样点与所述目标位置之间是否有遮挡。

[0153] 在其中一些实施例中,所述距离场算法为截断距离场算法。

[0154] 需要说明的是,上述装置可执行本申请实施例所提供的方法,具备执行方法相应的功能模块和有益效果。未在装置实施例中详尽描述的技术细节,可参见本申请实施例所提供的方法。

[0155] 图9是本发明无人机的一个实施例中路径规划系统50中控制器51的硬件结构示意图,如图9所示,控制器51包括:

[0156] 一个或多个处理器51a以及存储器51b,图9中以一个处理器51a为例。

[0157] 处理器51a和存储器51b可以通过总线或者其他方式连接,图9中以通过总线连接为例。

[0158] 存储器51b作为一种非易失性计算机可读存储介质,可用于存储非易失性软件程序、非易失性计算机可执行程序以及模块,如本申请实施例中的路径中继点空间生成方法对应的程序指令/模块(例如,附图7所示的目标预测模块701、采样空间获得模块702、采样模块703、遮挡判断模块704和中继点选择空间获得模块705)。处理器51a通过运行存储在存储器51b中的非易失性软件程序、指令以及模块,从而执行控制器的各种功能应用以及数据处理,即实现上述方法实施例的路径中继点空间生成方法。

[0159] 存储器51b可以包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需要的应用程序;存储数据区可存储根据控制器的使用所创建的数据等。此外,存储器51b可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非易失性固态存储器件。在一些实施例中,存储器51b可选包括相对于处理器51a远程设置的存储器,这些远程存储器可以通过网络连接至控制器。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

[0160] 所述一个或者多个模块存储在所述存储器51b中,当被所述一个或者多个处理器51a执行时,执行上述任意方法实施例中的路径中继点空间生成方法,例如,执行以上描述的图3中的方法步骤101至步骤105、图6中的方法步骤101至步骤107;实现图7中的模块701-705、图8中的模块701-707的功能。

[0161] 上述产品可执行本申请实施例所提供的方法,具备执行方法相应的功能模块和有益效果。未在本实施例中详尽描述的技术细节,可参见本申请实施例所提供的方法。

[0162] 本申请实施例提供了一种非易失性计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令,该计算机可执行指令被一个或多个处理器执行,例如图9中的一个处理器51a,可使得上述一个或多个处理器可执行上述任意方法实施例中的路径中继点空间生成方法,执行以上描述的图3中的方法步骤101至步骤105、图6中的方法步骤101至步骤107;实现图7中的模块701-705、图8中的模块701-707的功能。

[0163] 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。

[0164] 通过以上的实施例的描述,本领域普通技术人员可以清楚地了解到各实施例可借助软件加通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的程序可存储于一计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,所述的存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体(Read-Only Memory,ROM)或随机存储记忆体(RandomAccessMemory, RAM)等。

[0165] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;在本发明的思路下,以上实施例或者不同实施例中的技术特征之间也可以进行组合,步骤可以以任意顺序实现,并存在如上所述的本发明的不同方面的许多其它变化,为了简明,它们没有在细节中提供;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

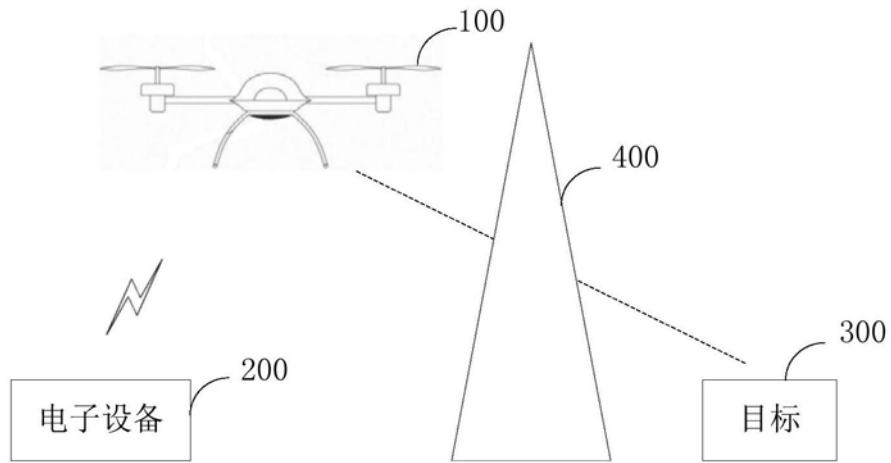


图1

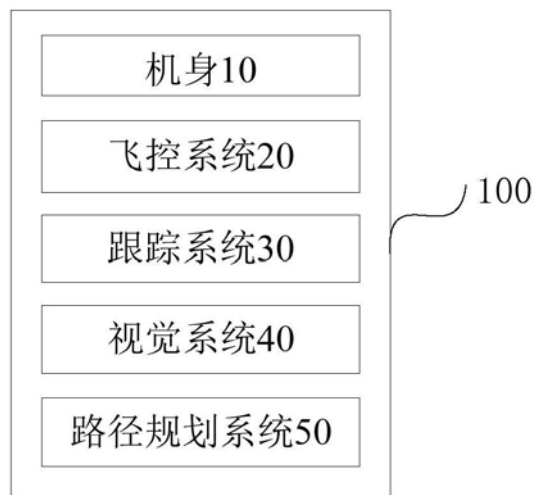


图2

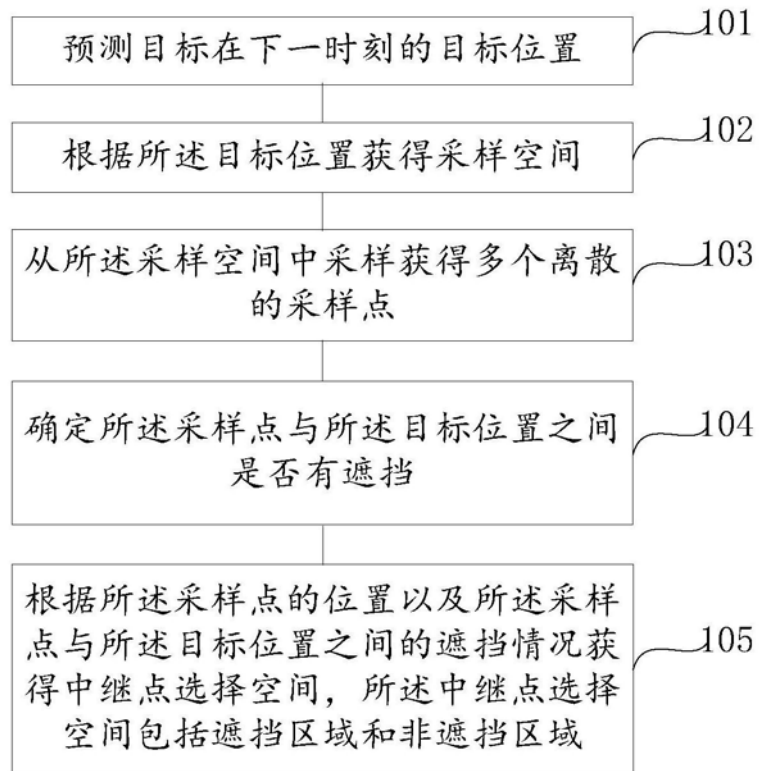


图3

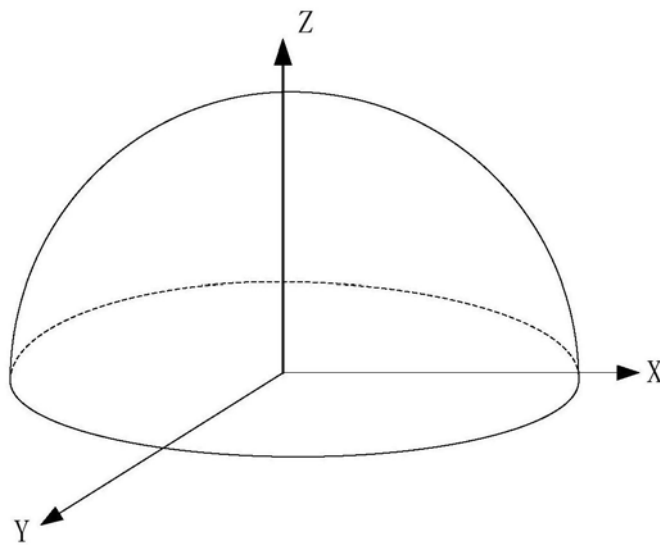


图4

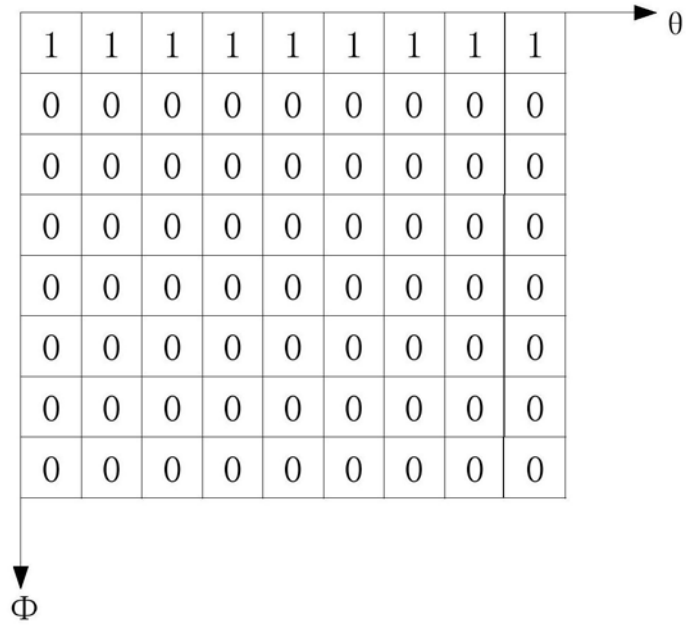


图5

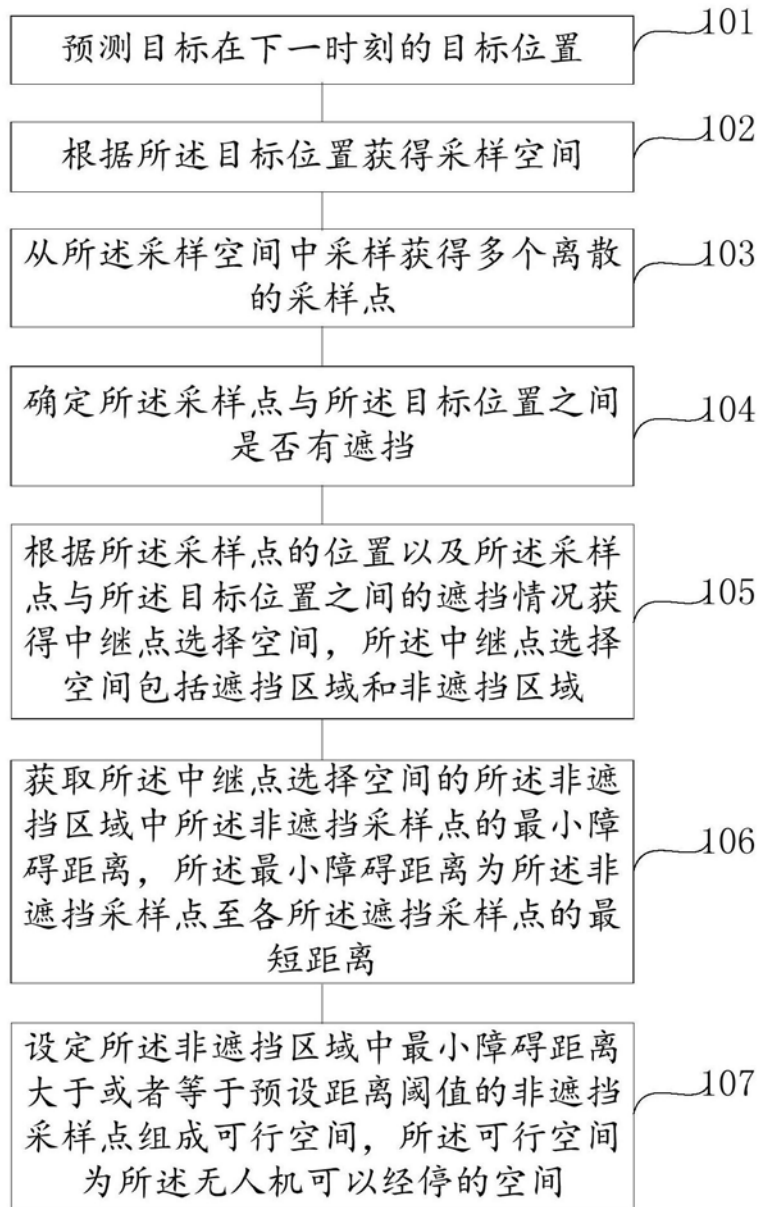


图6



图7

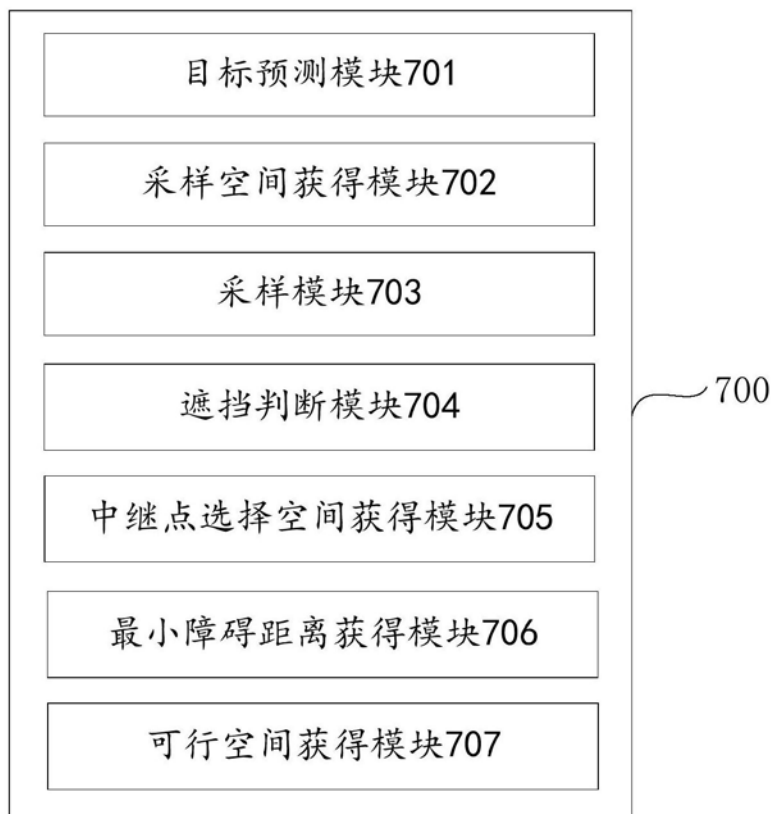


图8

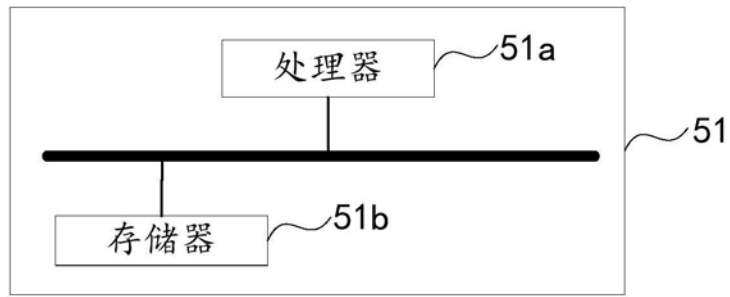


图9