



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112327909 A

(43) 申请公布日 2021.02.05

(21) 申请号 202011163657.1

(22) 申请日 2020.10.27

(71) 申请人 一飞(海南)科技有限公司

地址 572000 海南省三亚市崖州区三亚崖  
州湾科技城标准厂房二期三楼C276区

(72) 发明人 孙航

(74) 专利代理机构 天津市宗欣专利商标代理有  
限公司 12103

代理人 董光仁

(51) Int. Cl.

G05D 1/10 (2006.01)

H05B 47/10 (2020.01)

H05B 47/165 (2020.01)

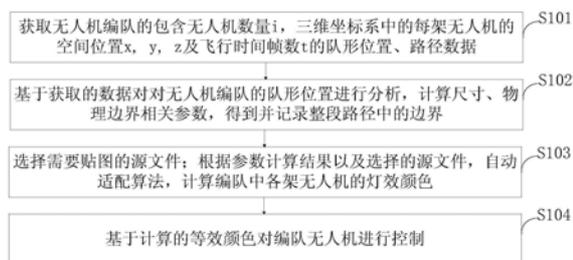
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种无人机编队的贴图灯效控制方法、控制系统及无人机

(57) 摘要

本发明属于无人机控制技术领域,公开了一种无人机编队的贴图灯效控制方法、控制系统及无人机,获取无人机编队的包含无人机数量*i*,三维坐标系中的每架无人机的空间位置*x*,*y*,*z*及飞行时间帧数*t*的队形位置、路径数据;基于获取的数据对对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界;选择需要贴图的源文件;根据参数计算结果以及选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。本发明能够实现无人机编队的贴图灯光表演灯效,提升视觉效果、能够全程自动生成所需的无人机编队表演灯光效果,自动上色和保存,无需人工干预。



1. 一种无人机编队的贴图灯效控制方法,其特征在于,所述无人机编队的贴图灯效控制方法包括:

获取无人机编队的包含无人机数量*i*,三维坐标系中的每架无人机的空间位置*x, y, z*及飞行时间帧数*t*的队形位置、路径数据;

基于获取的数据对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}, X_{\min}, Y_{\max}, Y_{\min}, Z_{\max}, Z_{\min}$ ;

选择需要贴图的源文件;根据参数计算结果以及选择的源文件bmp,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;

基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

2. 如权利要求1所述无人机编队的贴图灯效控制方法,其特征在于,所述物理边界计算公式如下:

$$\begin{cases} X_{\min} = \min(x_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ X_{\max} = \max(x_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Y_{\min} = \min(y_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Y_{\max} = \max(y_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Z_{\min} = \min(z_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Z_{\max} = \max(z_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \end{cases}。$$

3. 如权利要求1所述无人机编队的贴图灯效控制方法,其特征在于,所述尺寸计算公式如下:

$$\begin{cases} X_{\text{size}} = X_{\max} - X_{\min} \\ Y_{\text{size}} = Y_{\max} - Y_{\min} \\ Z_{\text{size}} = Z_{\max} - Z_{\min} \end{cases}。$$

4. 如权利要求1所述无人机编队的贴图灯效控制方法,其特征在于所述计算编队中各架无人机的灯效颜色包括:

获取需要贴图的源文件,并自动根据无人机编队队形尺寸 $X_{\text{size}}, Y_{\text{size}}, Z_{\text{size}}$ 进行缩放,匹配边界进行缩放,依次取编队中无人机的位置映射至贴图源文件上,所述位置像素颜色即为无人机灯光颜色。

5. 一种实施权利要求1-4所述无人机编队的贴图灯效控制方法的无人机编队的贴图灯效控制系统,其特征在于,所述无人机编队的贴图灯效控制方法系统:

数据获取模块,用于获取无人机编队的队形位置、路径数据;

数据处理模块,用于对获取的数据进行分析,计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}, X_{\min}, Y_{\max}, Y_{\min}, Z_{\max}, Z_{\min}$ ;

贴图文件选择模块,用于选择需要贴图的源文件;

灯效计算模块,用于根据参数计算结果以及选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;

控制模块,用于基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

6. 一种控制器,其特征在于,所述控制器基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

7. 一种计算机设备,其特征在于,所述计算机设备包括存储器和处理器,所述存储器存

储有计算机程序,所述计算机程序被所述处理器执行时,使得所述处理器执行如下步骤:

获取无人机编队的包含无人机数量 $i$ ,三维坐标系中的每架无人机的空间位置 $x, y, z$ 及飞行时间帧数 $t$ 的队形位置、路径数据;

基于获取的数据对对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}, X_{\min}, Y_{\max}, Y_{\min}, Z_{\max}, Z_{\min}$ ;

选择需要贴图的源文件;根据参数计算结果以及选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;

基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

8. 一种计算机可读存储介质,存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时,使得所述处理器执行如下步骤:

获取无人机编队的包含无人机数量 $i$ ,三维坐标系中的每架无人机的空间位置 $x, y, z$ 及飞行时间帧数 $t$ 的队形位置、路径数据;

基于获取的数据对对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}, X_{\min}, Y_{\max}, Y_{\min}, Z_{\max}, Z_{\min}$ ;

选择需要贴图的源文件;根据参数计算结果以及选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;

基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

9. 一种实施权利要求1-4任意一项所述贴图灯控制方法的无人机。

10. 一种信息数据处理终端,其特征在于,所述信息数据处理终端用于实现权利要求1-4任意一项所述贴图灯控制方法。

## 一种无人机编队的贴图灯效控制方法、控制系统及无人机

### 技术领域

[0001] 本发明属于无人机控制技术领域,尤其涉及一种无人机编队的贴图灯效控制方法、控制系统及无人机。

### 背景技术

[0002] 目前,在民间庆典或娱乐活动中,为了吸引人们的注意,会有很多各式各样的表演,近年来,利用无人机进行表演越来越火爆,但是现有的无人机表演效果不佳,且表演比较单一,不能自动化的进行控制。尤其是在灯光显示上,主要以单调的颜色、几种颜色拼色为主,无法生动展示特定的光效。且设计和制作光效时,只能以建模软件中手动绘制为主,效率底下,不利于创意实现。

[0003] 通过上述分析,现有技术存在的问题及缺陷为:手动绘制灯效,效率低下,效果欠佳。

[0004] 解决以上问题及缺陷的难度为:需要特定算法和方法实现自动上色,算法较为复杂。

[0005] 解决以上问题及缺陷的意义为:可以实现更快更好的灯效上色,视觉效果好,效率高,易于实现,学习成本低,可以更好的实现设计人员的创意及艺术需求。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种无人机编队的贴图灯效控制方法、控制系统及无人机。

[0007] 本发明是这样实现的,一种无人机编队的贴图灯效控制方法,所述无人机编队的贴图灯效控制方法包括:

[0008] 步骤一,通过已有的无人机编队的路径规划文件,获取无人机编队的包含无人机数量 $i$ ,三维坐标系中的每架无人机的空间位置 $x, y, z$ 及飞行时间帧数 $t$ 的队形位置、路径数据;

[0009] 步骤二,基于获取的数据对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}, X_{\min}, Y_{\max}, Y_{\min}, Z_{\max}, Z_{\min}$ ;

[0010] 步骤三,选择需要贴图的源文件;根据参数计算结果以及选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;

[0011] 步骤四,基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

[0012] 进一步,步骤二中,所述物理边界计算公式如下:

$$[0013] \quad \begin{cases} X_{\min} = \min(x_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ X_{\max} = \max(x_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Y_{\min} = \min(y_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Y_{\max} = \max(y_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Z_{\min} = \min(z_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Z_{\max} = \max(z_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \end{cases} \circ$$

[0014] 其中,  $X_{\max}, X_{\min}$  为 X 方向的最大最小值,  $Y_{\max}, Y_{\min}$  为 Y 方向的最大最小值,  $Z_{\max}, Z_{\min}$  为 Z 方向的最大最小值。

[0015] 进一步, 步骤二中, 所述尺寸计算公式如下:

$$[0016] \quad \begin{cases} X_{\text{size}} = X_{\max} - X_{\min} \\ Y_{\text{size}} = Y_{\max} - Y_{\min} \\ Z_{\text{size}} = Z_{\max} - Z_{\min} \end{cases} \circ$$

[0017]  $X_{\text{size}}, Y_{\text{size}}, Z_{\text{size}}$  为 XYZ 方向上的队形尺寸。

[0018] 进一步, 步骤三中, 所述计算编队中各架无人机的灯效颜色包括:

[0019] 获取需要贴图的源文件, 并自动根据无人机编队队形尺寸  $X_{\text{size}}, Y_{\text{size}}, Z_{\text{size}}$  进行缩放, 匹配边界进行缩放, 依次取编队中无人机的位置映射至贴图源文件上, 所述位置像素颜色即为无人机灯光颜色。

[0020] 本发明的另一目的在于提供一种实施所述无人机编队的贴图灯效控制方法的无人机编队的贴图灯效控制系统, 所述无人机编队的贴图灯效控制方法系统:

[0021] 数据获取模块, 用于获取无人机编队的队形位置、路径数据;

[0022] 数据处理模块, 用于对获取的数据进行分析, 计算尺寸、物理边界相关参数, 得到并记录整段路径中的边界  $X_{\max}, X_{\min}, Y_{\max}, Y_{\min}, Z_{\max}, Z_{\min}$ ;

[0023] 贴图文件选择模块, 用于选择需要贴图的源文件;

[0024] 灯效计算模块, 用于根据参数计算结果以及选择的源文件, 自动适配算法, 计算编队中各架无人机的灯效颜色;

[0025] 控制模块, 用于基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

[0026] 本发明另一目的在于提供一种控制器, 所述控制器基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

[0027] 本发明另一目的在于提供一种计算机设备, 所述计算机设备包括存储器和处理器, 所述存储器存储有计算机程序, 所述计算机程序被所述处理器执行时, 使得所述处理器执行如下步骤:

[0028] 获取无人机编队的包含无人机数量  $i$ , 三维坐标系中的每架无人机的空间位置  $x, y, z$  及飞行时间帧数  $t$  的队形位置、路径数据;

[0029] 基于获取的数据对无人机编队的队形位置进行分析, 计算尺寸、物理边界相关参数, 得到并记录整段路径中的边界  $X_{\max}, X_{\min}, Y_{\max}, Y_{\min}, Z_{\max}, Z_{\min}$ ;

[0030] 选择需要贴图的源文件; 根据参数计算结果以及选择的源文件, 自动适配算法, 计算编队中各架无人机的灯效颜色;

[0031] 基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

[0032] 本发明另一目的在于提供一种计算机可读存储介质,存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时,使得所述处理器执行如下步骤:

[0033] 获取无人机编队的包含无人机数量 $i$ ,三维坐标系中的每架无人机的空间位置 $x, y, z$ 及飞行时间帧数 $t$ 的队形位置、路径数据;

[0034] 基于获取的数据对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}, X_{\min}, Y_{\max}, Y_{\min}, Z_{\max}, Z_{\min}$ ;

[0035] 选择需要贴图的源文件;根据参数计算结果以及选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;

[0036] 基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

[0037] 本发明另一目的在于提供一种实施所述贴图灯控制方法的无人机。

[0038] 本发明另一目的在于提供一种信息数据处理终端,所述信息数据处理终端用于实现所述贴图灯控制方法。

[0039] 结合上述的所有技术方案,本发明所具备的优点及积极效果为:可以实现更快更好的灯效上色,视觉效果好,效率高,易于实现,学习成本低,可以更好的实现设计人员的创意及艺术需求。

[0040] 本发明利用特定的算法及参数,根据无人机编队的空间位置、队形尺寸、运动特点,实现了多种无人机编队贴图灯效的运算及生成。本发明路径编辑确认后,对无人机编队的灯光效果进行编辑和计算问题。具有易于实现,一键生成,视觉效果好等特点,有效提升无人机表演的灯光设计制作的效率及表演现场的视觉艺术效果。

[0041] 本发明能够实现无人机编队的贴图灯光表演灯效,提升视觉效果、能够全程自动生成所需的无人机编队表演灯光效果,自动上色和保存,无需人工干预。本发明实验效果如图4(a)-图4(f)。

## 附图说明

[0042] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对本申请实施例中所需要使用的附图做简单的介绍,显而易见地,下面所描述的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0043] 图1是本发明实施例提供的无人机编队的贴图灯效控制方法流程图。

[0044] 图2是本发明实施例提供的无人机编队的贴图灯效控制系统结构示意图;

[0045] 图中:1、数据获取模块;2、数据处理模块;3、贴图文件选择模块;4、灯效计算模块;5、控制模块。

[0046] 图3是本发明实施例提供的贴图效果示意图。

[0047] 图4是本发明实施例提供的无人机编队的贴图灯效控制效果图;其中其中图4(b)为以图4(a)为贴图素材生成的编队灯光效果,图4(d)为以图4(c)为贴图素材生成的编队灯光效果,图4(f)为以图4(e)为贴图素材生成的编队灯光效果。

## 具体实施方式

[0048] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明

进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0049] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种无人机编队的贴图灯效控制方法、控制系统及无人机,下面结合附图对本发明作详细的描述。

[0050] 如图1所示,本发明实施例提供的无人机编队的贴图灯效控制方法包括:

[0051] S101,获取无人机编队的包含无人机数量*i*,三维坐标系中的每架无人机的空间位置*x*,*y*,*z*及飞行时间帧数*t*的队形位置、路径数据;

[0052] S102,基于获取的数据对对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}$ , $X_{\min}$ , $Y_{\max}$ , $Y_{\min}$ , $Z_{\max}$ , $Z_{\min}$ ;

[0053] S103,选择需要贴图的源文件;根据参数计算结果以及选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;

[0054] SS104,基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

[0055] 步骤S102中,本发明实施例提供的物理边界计算公式如下:

$$[0056] \begin{cases} X_{\min} = \min(x_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ X_{\max} = \max(x_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Y_{\min} = \min(y_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Y_{\max} = \max(y_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Z_{\min} = \min(z_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Z_{\max} = \max(z_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \end{cases} \circ$$

[0057] 步骤S102中,本发明实施例提供的尺寸计算公式如下:

$$[0058] \begin{cases} X_{\text{size}} = X_{\max} - X_{\min} \\ Y_{\text{size}} = Y_{\max} - Y_{\min} \\ Z_{\text{size}} = Z_{\max} - Z_{\min} \end{cases} \circ$$

[0059] 步骤S103中,本发明实施例提供的计算编队中各架无人机的灯效颜色包括:

[0060] 获取需要贴图的源文件,并自动根据无人机编队队形尺寸 $X_{\text{size}}$ , $Y_{\text{size}}$ , $Z_{\text{size}}$ 进行缩放,匹配边界进行缩放,依次取编队中无人机的位置映射至贴图源文件上,所述位置像素颜色即为无人机灯光颜色。

[0061] 如图2所示,本发明实施例提供的无人机编队的贴图灯效控制方法系统:

[0062] 数据获取模块1,用于获取无人机编队的队形位置、路径数据;

[0063] 数据处理模块2,用于对获取的数据进行分析,计算计算尺寸、物理边界相关参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}$ , $X_{\min}$ , $Y_{\max}$ , $Y_{\min}$ , $Z_{\max}$ , $Z_{\min}$ ;

[0064] 贴图文件选择模块3,用于选择需要贴图的源文件;

[0065] 灯效计算模块4,用于根据参数计算结果以及选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色;

[0066] 控制模块5,用于基于计算的等效颜色对编队无人机进行控制。

[0067] 下面结合具体实施例对本发明的技术方案作进一步说明。

[0068] 实施例1:

[0069] 一种无人机编队灯效的若干实现方法,该方法包括以下步骤:

- [0070] 步骤一:对系统输入无人机编队的队形位置;
- [0071] 步骤二:对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界等参数;
- [0072] 步骤三:选择需要贴图的源文件;
- [0073] 步骤四:根据步骤二中的参数测量结果及步骤三中选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色。
- [0074] 步骤五:将计算好的结果进行保存,用于展示和表演。
- [0075] 本方法适用于无人机编队表演路径编辑确认后,对无人机编队的灯光效果进行编辑和计算问题。具有易于实现,一键生成,视觉效果好等特点,有效提升无人机表演的灯光设计制作的效率及表演现场的视觉艺术效果。
- [0076] 实施例2:
- [0077] 本发明提供一种无人机编队的贴图灯效实现方法,其包括以下具体步骤:
- [0078] 步骤1:对系统输入无人机编队的队形及路径,其中包含无人机数量*i*,三维坐标系中的每架无人机的空间位置*x*,*y*,*z*及飞行时间帧数*t*;
- [0079] 步骤2:对无人机编队的队形位置进行分析,计算尺寸、物理边界等参数,得到并记录整段路径中的边界 $X_{\max}$ , $X_{\min}$ , $Y_{\max}$ , $Y_{\min}$ , $Z_{\max}$ , $Z_{\min}$ ;
- [0080] 步骤3:选择需要贴图的源文件;
- [0081] 步骤4:根据步骤二中的参数测量结果及步骤三中选择的源文件,自动适配算法,计算编队中各架无人机的灯效颜色。
- [0082] 步骤5:将计算好的结果进行保存,用于展示和表演。
- [0083] 本发明提供一种无人机编队的贴图灯效实现方法,可以自动搜寻无人机编队路径的边界。其公式为:

$$[0084] \begin{cases} X_{\min} = \min(x_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ X_{\max} = \max(x_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Y_{\min} = \min(y_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Y_{\max} = \max(y_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Z_{\min} = \min(z_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \\ Z_{\max} = \max(z_{(a,b)}) (0 < a < i, 0 < b < t) \end{cases}$$

- [0085] 本发明提供一种无人机编队的贴图灯效实现方法,可以自动计算无人机编队路径的尺寸大小。其公式为:

$$[0086] \begin{cases} X_{\text{size}} = X_{\max} - X_{\min} \\ Y_{\text{size}} = Y_{\max} - Y_{\min} \\ Z_{\text{size}} = Z_{\max} - Z_{\min} \end{cases} \circ$$

- [0087] 该方法的优势在于,可以实时计算每一帧表演画面在空间中的具体尺寸和边界位置,以动态匹配灯光效果的生成和展示位置,达到良好的视觉效果。

- [0088] 本发明提供的无人机编队的贴图灯效实现方法,之一在于,可以自动为无人机编队设置贴图效果:

- [0089] 输入图片*I*,自动根据无人机编队队形尺寸 $X_{\text{size}}$ , $Y_{\text{size}}$ , $Z_{\text{size}}$ 进行缩放,匹配边界进行缩放,依次取编队中无人机的位置映射至图片*I*上,该位置像素颜色即为无人机灯光颜

色,

[0090] 本发明还提供一种无人机编队的贴图灯效实现方法,将计算好的灯效结果进行保存,可以用于展示和实际飞行表演。

[0091] 下面结合具体应用例对本发明的技术方案作进一步描述。

[0092] 如图4及图4(a)-图4(f)所示,其中图4(b)为以图4(a)为贴图素材生成的编队灯光效果,图4(d)为以图4(c)为贴图素材生成的编队灯光效果,图4(f)为以图4(e)为贴图素材生成的编队灯光效果。

[0093] 在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上;术语“上”、“下”、“左”、“右”、“内”、“外”、“前端”、“后端”、“头部”、“尾部”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0094] 应当注意,本发明的实施方式可以通过硬件、软件或者软件和硬件的结合来实现。硬件部分可以利用专用逻辑来实现;软件部分可以存储在存储器中,由适当的指令执行系统,例如微处理器或者专用设计硬件来执行。本领域的普通技术人员可以理解上述的设备和方法可以使用计算机可执行指令和/或包含在处理器控制代码中来实现,例如在诸如磁盘、CD或DVD-ROM的载体介质、诸如只读存储器(固件)的可编程的存储器或者诸如光学或电子信号载体的数据载体上提供了这样的代码。本发明的设备及其模块可以由诸如超大规模集成电路或门阵列、诸如逻辑芯片、晶体管等的半导体、或者诸如现场可编程门阵列、可编程逻辑设备等的可编程硬件设备的硬件电路实现,也可以用由各种类型的处理器执行的软件实现,也可以由上述硬件电路和软件的结合例如固件来实现。

[0095] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

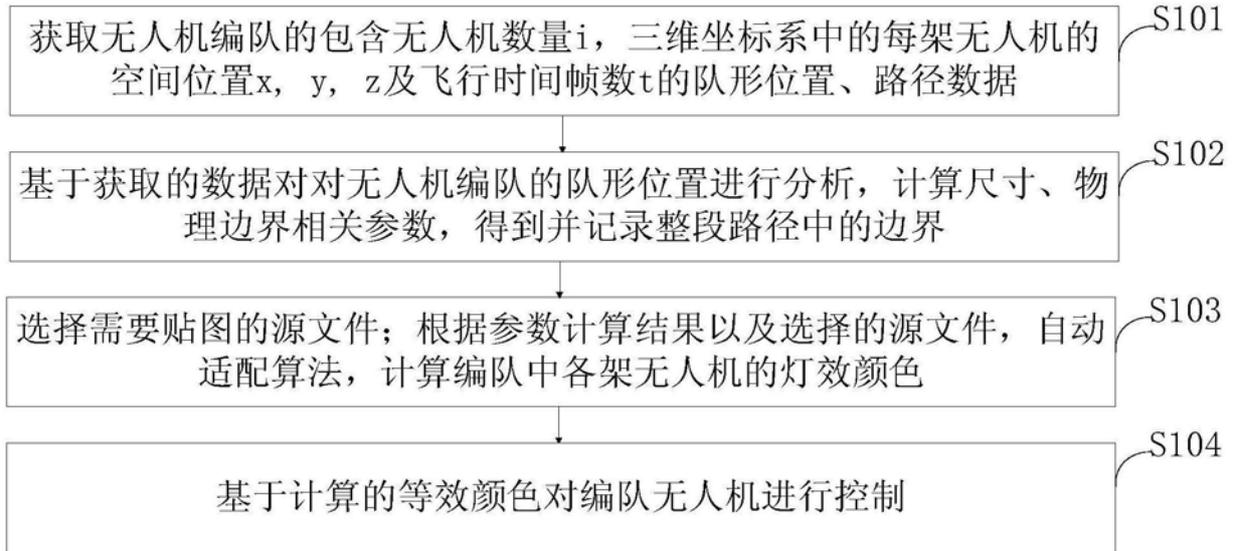


图1

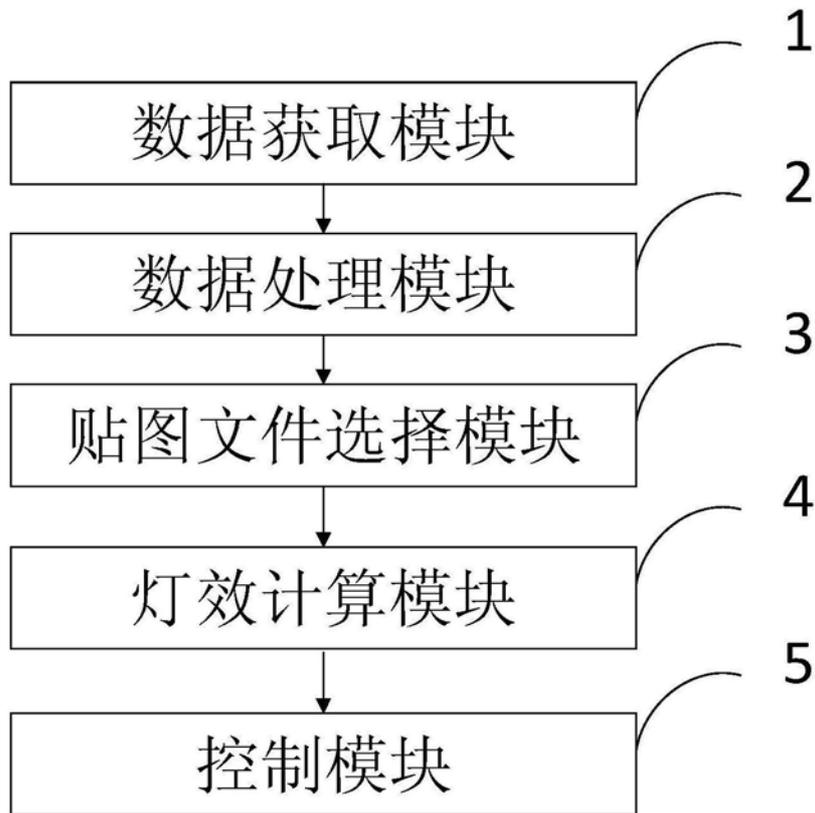


图2



图3



图4(a)



图4 (b)



图4 (c)

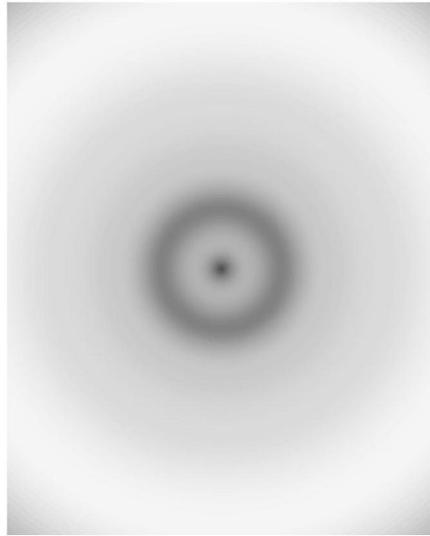


图4(d)



图4(e)

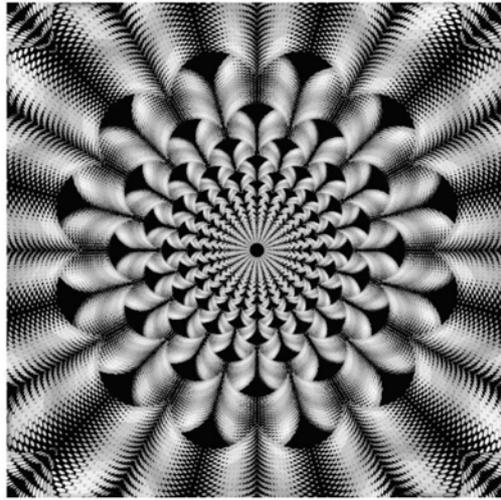


图4(f)