



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112462763 A

(43) 申请公布日 2021. 03. 09

(21) 申请号 202011294108.8

(22) 申请日 2020.11.18

(71) 申请人 河北工业大学

地址 300401 天津市北辰区双口镇西平道  
5340号

(72) 发明人 章霖鑫 段书用 王启帆 徐福田  
李雪瑞

(74) 专利代理机构 天津市鼎拓知识产权代理有  
限公司 12233

代理人 刘雪娜

(51) Int. Cl.

G05D 1/02 (2020.01)

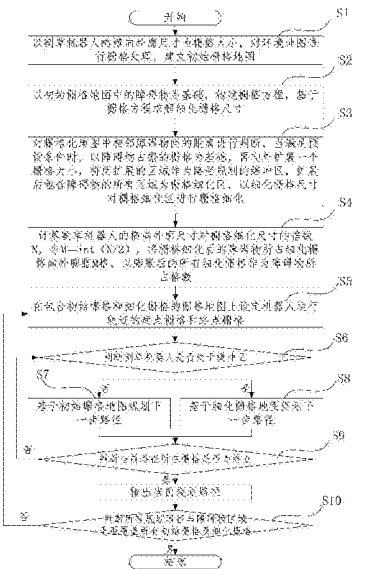
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于栅格地图的割草机器人路径规划  
方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于栅格地图的割草机器人路径规划方法,包括:以机器人横向外廓尺寸为边长建立初始栅格地图,再求解细化栅格尺寸;对栅格化地图中相邻障碍物间的距离进行判断,当满足预设条件时,以障碍物占据的栅格为基础,再向外扩展一个栅格大小,将所扩展的区域作为缓冲区,扩展后的区域为栅格细化区,以细化栅格尺寸进行栅格细化;计算横向外廓尺寸对栅格细化尺寸的倍数 $N$ ,令 $M = \text{int}(N/2)$ ,将障碍物所占细化栅格向外膨胀 $M$ 格;在指定起点和终点后,判断割草机器人是否处于缓冲区,选择基于初始栅格或细化栅格地图规划下一步路径,直至终点。本发明节约了路径计算资源,提高了路径规划后的割草覆盖面,提高了割草效率和质量。



1. 一种基于栅格地图的割草机器人路径规划方法,其特征在于,所述路径规划方法包括如下步骤:

步骤S1,以割草机器人的横向外廓尺寸为栅格大小,对环境地图进行栅格处理,建立初始栅格地图;

步骤S2,以初始栅格地图中的障碍物为基础,构建栅格方程,基于栅格方程求解细化栅格尺寸;

步骤S3,对栅格化地图中相邻障碍物间的距离进行判断,当满足预设条件时,以障碍物占据的栅格为基础,再向外扩展一个栅格大小,将所扩展的区域作为路径规划的缓冲区,扩展后包含障碍物的所有区域为栅格细化区,以细化栅格尺寸对栅格细化区进行栅格细化;

步骤S4,计算割草机器人的横向外廓尺寸对栅格细化尺寸的倍数N,令 $M = \text{int}(N/2)$ ,将栅格细化后的障碍物所占细化栅格向外膨胀M格,以膨胀后的所有细化栅格作为障碍物所占格数;

步骤S5,在包含初始栅格和细化栅格的栅格地图上设定机器人运行轨迹的起点栅格和终点栅格;

步骤S6,判断割草机器人是否处于缓冲区;当不在缓冲区时,进入步骤S7;当位于缓冲区时,进入步骤S8;

步骤S7,基于初始栅格地图规划下一步路径,进入步骤S9;

步骤S8,基于细化栅格地图规划下一步路径,进入步骤S9;

步骤S9,判断当前路径所在栅格是否为终点,当不是终点时,转入步骤S6;当为终点时,输出当前规划路径。

2. 根据权利要求1所述的割草机器人路径规划方法,其特征在于,所述路径规划方法还包括:

步骤S10,输出当前规划路径后,判断所有规划路径与障碍物区域是否覆盖所有初始栅格及细化栅格;当未全部覆盖时,转入步骤S5;当全部覆盖时,结束割草操作。

3. 根据权利要求1或2所述的割草机器人路径规划方法,其特征在于,所述步骤S2进一步包括:

在环境地图中,设障碍物A与B之间的间距为 $d_1$ ,割草机器人的横向外廓尺寸为 $b_c$ ,细化栅格尺寸为 $b_e$ ,障碍物A最近B端与所占据栅格的近A端距离为 $e_s$ ,障碍物B最近A端与所占据栅格的近B端距离为 $e_x$ ,以割草机器人的横向外廓尺寸 $b_c$ 为栅格大小,进行栅格初始化,建立栅格方程如下:

$$\begin{cases} \frac{b_c}{b_e} = Q \\ \frac{d_1}{b_e} = W \\ \frac{e_s}{b_e} = E \\ \frac{e_x}{b_e} = R \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中,令 $Q$ 、 $W$ 、 $E$ 、 $R$ 的数值均为正整数,解得细化栅格尺寸 $b_e$ 。

4.根据权利要求1或2所述的割草机器人路径规划方法,其特征在于,所述步骤S3中进行距离判断的距预设条件为:

$$1. 1b_c < d_1 < 2b_c \quad (2)$$

式(2)中, $d_1$ 为障碍物间距, $b_c$ 为割草机器人的横向外廓尺寸。

5.根据权利要求1或2所述的割草机器人路径规划方法,其特征在于,所述步骤S5中每次路径规则设置的起点栅格与终点栅格均不相同,所述起点栅格与终点栅格为初始栅格或细化栅格。

6.根据权利要求1或2所述的割草机器人路径规划方法,其特征在于,所述步骤S7中路径规划,采用A-star算法的四领域搜索模式,以 $f(x) = g(x) + h(x)$ 作为启发函数进行路径规划,其中, $f(x)$ 表示此初始栅格的总代价, $g(x)$ 表示前进一个初始栅格消耗的代价, $h(x)$ 表示到达目标点预计会消耗的代价。

7.根据权利要求1或2所述的割草机器人路径规划方法,其特征在于,所述步骤S8中路径规划,采用A-star算法的四领域搜索模式,以 $f(x) = g(x) + h(x)$ 作为启发函数进行路径规划,其中, $f(x)$ 表示此细化栅格的总代价, $g(x)$ 表示前进一个细化栅格消耗的代价,并且 $g(x)$ 所指的前进一个栅格消耗的代价随着细化的栅格数等比例下降; $h(x)$ 表示到达目标点预计会消耗的代价。

## 一种基于栅格地图的割草机器人路径规划方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于智能割草机器人控制领域,具体涉及一种基于栅格地图的割草机器人路径规划方法。

### 背景技术

[0002] 智能割草机器人在室外环境工作时,通常采用对工作草坪进行栅格化的地图指导机器人的行进。目前,广泛采用图像的像素点来创建栅格地图的01矩阵,但是直接用图片像素点创建的栅格地图的01矩阵过于庞大,会造成运算速率显著降低,因此,会采用分块矩阵的理论对01矩阵进行分块操作,进而得到可以供割草机器人使用的栅格地图。

[0003] 现有技术中,由于草坪大小不一,形状各异,并且还存在着各种障碍物,在这样复杂的环境下,很难建立出“高质量”的栅格地图。基于分块理论对地图进行栅格化,存在如何合理分块的问题。若栅格取的过小,可以使栅格地图与真实环境较接近,但地图的栅格数量大,使路径规划的运算速度显著降低;若栅格取的过大,又会导致栅格地图与真实环境的差距太大,导致得到的轨迹并非最优。由于不合理分块使地图在精度上存在问题,导致割草机器人无法高效地完成点到点的路径规划,以及实施最大效率的遍历规划策略,也无法同时兼顾计算资源的合理分配。

[0004] 例如,对一块正方形草坪进行初步栅格化,如图1所示,其中两块阴影区域A区和B区代表障碍物,以“栅格中存在障碍物,即认定此栅格不可通行”为原则,建立最终的栅格地图,如图2所示,辨识出的障碍物区域为C。假设割草机器人的横向外廓尺寸与栅格的大小相同,在图2所示的栅格地图中,割草机器人从栅格1位置到栅格2位置,规划的路线必定是绕过障碍物区域C。但在图1中,障碍物A与障碍物B之间的间距足够让割草机器人通过,而图2的栅格地图将此区域同样识别为障碍物。同样,割草机器人在区域全覆盖路径规划时,由于栅格地图将障碍物A与障碍物B之间的区域识别为不可通行区域,因此区域全覆盖规划的路径不会通过此区域,进而导致割草机器人不能对此区域实现真正的全覆盖。

[0005] 因此,现有技术中的智能机器人在割草路径规划中,无法实现计算资源消耗低和最大效率遍历规划策略最优的兼顾。

### 发明内容

[0006] 鉴于现有技术中的上述缺陷或不足,本发明旨在提供一种基于栅格地图的割草机器人路径规划方法,通过对地图初步栅格化及进一步栅格细化,在保证计算资源最小的前提下实现路径的最优规划,提高割草效率,同时实现区域全覆盖。

[0007] 为了实现上述目的,本发明实施例采用如下技术方案:

[0008] 本发明实施例提供了一种基于栅格地图的割草机器人路径规划方法,所述路径规划方法包括如下步骤:

[0009] 步骤S1,以割草机器人的横向外廓尺寸为栅格大小,对环境地图进行栅格处理,建立初始栅格地图;

[0010] 步骤S2,以初始栅格地图中的障碍物为基础,构建栅格方程,基于栅格方程求解细化栅格尺寸;

[0011] 步骤S3,对栅格化地图中相邻障碍物间的距离进行判断,当满足预设条件时,以障碍物占据的栅格为基础,再向外扩展一个栅格大小,将所扩展的区域作为路径规划的缓冲区,扩展后包含障碍物的所有区域为栅格细化区,以细化栅格尺寸对栅格细化区进行栅格细化;

[0012] 步骤S4,计算割草机器人的横向外廓尺寸对栅格细化尺寸的倍数N,令 $M = \text{int}(N/2)$ ,将栅格细化后的障碍物所占细化栅格向外膨胀M格,以膨胀后的所有细化栅格作为障碍物所占格数;

[0013] 步骤S5,在包含初始栅格和细化栅格的栅格地图上设定机器人运行轨迹的起点栅格和终点栅格;

[0014] 步骤S6,判断割草机器人是否处于缓冲区;当不在缓冲区时,进入步骤S7;当位于缓冲区时,进入步骤S8;

[0015] 步骤S7,基于初始栅格地图规划下一步路径,进入步骤S9;

[0016] 步骤S8,基于细化栅格地图规划下一步路径,进入步骤S9;

[0017] 步骤S9,判断当前路径所在栅格是否为终点,当不是终点时,转入步骤S6;当为终点时,输出当前规划路径。

[0018] 作为本发明的一个优选实施例,所述路径规划方法还包括:

[0019] 步骤S10,输出当前规划路径后,判断所有规划路径与障碍物区域是否覆盖所有初始栅格及细化栅格;当未全部覆盖时,转入步骤S5;当全部覆盖时,结束割草操作。

[0020] 作为本发明的一个优选实施例,所述步骤S2进一步包括:

[0021] 在环境地图中,设障碍物A与B之间的间距为 $d_1$ ,割草机器人的横向外廓尺寸为 $b_c$ ,细化栅格尺寸为 $b_e$ ,障碍物A最近B端与所占据栅格的近A端距离为 $e_s$ ,障碍物B最近A端与所占据栅格的近B端距离为 $e_x$ ,以割草机器人的横向外廓尺寸 $b_c$ 为栅格大小,进行栅格初始化,建立栅格方程如下:

$$[0022] \quad \begin{cases} \frac{b_c}{b_e} = Q \\ \frac{d_1}{b_e} = W \\ \frac{e_s}{b_e} = E \\ \frac{e_x}{b_e} = R \end{cases} \quad (1)$$

[0023] 式(1)中,令Q、W、E、R的数值均为正整数,解得细化栅格尺寸 $b_e$ 。

[0024] 作为本发明的一个优选实施例,所述步骤S3中进行距离判断的距预设条件为:

$$[0025] \quad 1.1b_c < d_1 < 2b_c \quad (2)$$

[0026] 式(2)中, $d_1$ 为障碍物间距, $b_c$ 为割草机器人的横向外廓尺寸。

[0027] 作为本发明的一个优选实施例,所述步骤S5中每次路径规则设置的起点栅格与终

点栅格均不相同,所述起点栅格与终点栅格为初始栅格或细化栅格。

[0028] 作为本发明的一个优选实施例,所述步骤S7中路径规划,采用A-star算法的四领域搜索模式,以 $f(x) = g(x) + h(x)$ 作为启发函数进行路径规划,其中, $f(x)$ 表示此初始栅格的总代价, $g(x)$ 表示前进一个初始栅格消耗的代价, $h(x)$ 表示到达目标点预计会消耗的代价。

[0029] 作为本发明的一个优选实施例,所述步骤S8中路径规划,采用A-star算法的四领域搜索模式,以 $f(x) = g(x) + h(x)$ 作为启发函数进行路径规划,其中, $f(x)$ 表示此细化栅格的总代价, $g(x)$ 表示前进一个细化栅格消耗的代价,并且 $g(x)$ 所指的前进一个栅格消耗的代价随着细化的栅格数等比例下降; $h(x)$ 表示到达目标点预计会消耗的代价。

[0030] 本发明实施例所提供的技术方案具有如下有益效果:

[0031] 通过将割草区域进行初步栅格化,在初步栅格化的基础上,根据初步栅格化的障碍物判断结果,选定合适的栅格,进行选定栅格细化,再同时根据初始化栅格和细化栅格,进行路径规划,节约路径计算资源的同时,提高路径规划后的割草覆盖面,提高割草效率和质量。

## 附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例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说,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附图。

[0033] 图1是现有技术中割草机器人栅格地图中的障碍物区域示意图;

[0034] 图2是现有技术中割草机器人识别的不可通行区域示意图;

[0035] 图3是本发明实施方式提供的基于栅格地图的割草机器人路径规划方法流程图;

[0036] 图4是本发明实施方式中求解细化栅格尺寸原理图;

[0037] 图5是本发明实施方式中缓冲区示意图;

[0038] 图6是本发明实施方式中膨胀处理原理图;

[0039] 图7是本发明一具体实施例中割草机器人运动的轨迹示例图;

[0040] 图8是本发明另一具体实施例中割草机器人运动的轨迹示例图。

## 具体实施方式

[0041] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅用于解释相关发明,而非对该发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与发明相关的部分。

[0042] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0043] 本发明实施方式提供了一种基于栅格地图的割草机器人路径规划方法,首先将割草区域进行初步栅格化,在初步栅格化的基础上,根据初步栅格化的障碍物判断结果,选定合适的栅格,进行选定栅格细化,再同时根据初始化栅格和细化栅格,进行路径规划,节约路径计算资源的同时,提高路径规划后的割草覆盖面,提高割草效率和质量。

[0044] 图3示出了本发明实施方式提供的基于栅格地图的割草机器人路径规划方法流程图。如图3所示,所述路径规划方法包括如下步骤:

[0045] 步骤S1,以割草机器人的横向外廓尺寸为栅格大小,对环境地图进行栅格处理,建立初始栅格地图。

[0046] 步骤S2,以初始栅格地图中的障碍物为基础,构建栅格方程,基于栅格方程求解细化栅格尺寸。

[0047] 如图4所示,在环境地图中,以存在障碍物A和B为例,A与B之间的间距为 $d_1$ ,割草机器人的横向外廓尺寸为 $b_c$ ,理想栅格尺寸为 $b_e$ ,障碍物A最下端与所占据栅格的最上端距离为 $e_s$ ,障碍物B最上端与所占据栅格的最下端距离为 $e_x$ ,以割草机器人的横向外廓尺寸 $b_c$ 为栅格大小,进行栅格初始化,建立栅格方程如下:

$$[0048] \quad \begin{cases} \frac{b_c}{b_e} = Q \\ \frac{d_1}{b_e} = W \\ \frac{e_s}{b_e} = E \\ \frac{e_x}{b_e} = R \end{cases} \quad (1)$$

[0049] 通过栅格方程,得到 $Q$ 、 $W$ 、 $E$ 、 $R$ ,令 $Q$ 、 $W$ 、 $E$ 、 $R$ 的数值均为正整数,解得 $b_e$ 的尺寸。在对 $Q$ 、 $W$ 、 $E$ 、 $R$ 进行正整数赋值求解 $b_e$ 过程中,会得到一个递减的集合,此时选择集合中最大值作为最终的解。 $b_e$ 越大,细化栅格区的栅格数就越少,运算速度就会越快,在保证合理避开障碍物的同时消耗最少的资源。

[0050] 步骤S3,对栅格化地图中相邻障碍物间的距离进行判断,当满足预设条件时,则以障碍物占据的栅格为基础,再向外扩展一个栅格大小,将所扩展的区域作为路径规划的缓冲区,扩展后包含障碍物的所有区域为栅格细化区,以细化栅格尺寸对栅格细化区进行栅格细化。

[0051] 优选地,本步骤中,所述进行距离判断的距预设条件为:

$$[0052] \quad 1.1b_c < d_1 < 2b_c \quad (2)$$

[0053] 式(2)中, $d_1$ 为障碍物间距, $b_c$ 为割草机器人的横向外廓尺寸。

[0054] 如图5所示,在本发明的一个具体实施例中,以存在障碍物A和B为例,A与B之间的间距为 $d_1$ 时,外扩后得到的缓冲区。

[0055] 步骤S4,计算割草机器人的横向外廓尺寸对栅格细化尺寸的倍数 $N$ ,令 $M = \text{int}(N/2)$ ,将栅格细化后的障碍物所占细化栅格向外膨胀 $M$ 格,以膨胀后的所有细化栅格作为障碍物所占格数。

[0056] 如图6所示,以割草机器人从位置1移动到位置2为例,此时割草机器人占据25个栅格,以数字1所在栅格作为割草机器人的中心,并且以割草机器人所在栅格作为研究对象,为了保证割草机器人不与障碍物发生碰撞,对障碍物进行膨胀处理,即障碍物向外膨胀两个单元格,如图6中障碍物周围的阴影部分所示。

[0057] 步骤S5,在栅格地图上设定机器人运行轨迹的起点和终点。

[0058] 本步骤中,每次设置的起点与终点均不相同,以达到全面覆盖割草区域的目标。

[0059] 步骤S6,判断割草机器人是否处于缓冲区;当不在缓冲区时,进入步骤S7;当位于缓冲区时,进入步骤S8;

[0060] 步骤S7,基于初始栅格地图规划一步路径,进入步骤S9。

[0061] 本步骤中,所述路径规划,采用A-star算法的四领域搜索模式,以 $f(x) = g(x) + h(x)$ 作为启发函数进行路径规划,其中, $f(x)$ 表示此初始栅格的总代价, $g(x)$ 表示前进一个栅格消耗的代价, $h(x)$ 表示到达目标点预计会消耗的代价。

[0062] 步骤S8,基于细化栅格地图规划一步路径,进入步骤S9。

[0063] 本步骤中,所述路径规划,可以采用与步骤S6相同的搜索模式,也可以采用与步骤S6不同的搜索模式。在此,依然以相同的搜索模式为例进行说明,但是并不构成对本发明的限制。

[0064] 采用A-star算法的四领域搜索模式,以 $f(x) = g(x) + h(x)$ 作为启发函数进行路径规划,其中, $f(x)$ 表示此初始栅格的总代价, $g(x)$ 表示前进一个栅格消耗的代价,并且 $g(x)$ 所指的前进一个栅格消耗的代价随着细化的栅格数等比例的下降; $h(x)$ 表示到达目标点预计会消耗的代价。所述等比例下降,与移动栅格所要走过的距离成正比。例如,如图7所示,在栅格细化区域,一个初始栅格被细分成25个小栅格,在初始栅格地图中,移动一个栅格消耗的代价为5,那在细化栅格区,移动一个小栅格的代价则为1。

[0065] 图7示出了本发明一实施例中,起点和终点都不在膨胀区时,割草机器人运动的轨迹图。如图7所示,所述割草机器人从左侧深色阴影的初始栅格出发,左侧出发一格后进入缓冲区,开始依细化栅格规划路径,绕过包含膨胀区的障碍物细化栅格后到达缓冲区边缘,再次进入初始栅格区,最后至右侧浅色阴影的初始栅格结束当前路径。整个路径规划有效识别了障碍物,但也充分利用了障碍物间的有效空间,更加完整的覆盖工作区域;同时在非障碍物区域快速前进,节约了计算资源,提高了割草效率。图8以细化栅格区域内的位置1和位置2为例,由于位置1和位置2都处于缓冲区中,因此得到的整条轨迹处于细化栅格地图中。

[0066] 步骤S9,判断当前路径所在栅格是否为终点,当不是终点时,转入步骤S6;当为终点时,进入步骤S10。

[0067] 步骤S10,输出当前规划路径,判断所有规划路径与障碍物区域是否覆盖所有初始栅格及细化栅格;当未全部覆盖时,转入步骤S5;当全部覆盖时,结束割草操作。

[0068] 优选地,本步骤中,当未全部覆盖时,将当前终点指定为步骤S5的起点栅格。

[0069] 由以上技术方案可以看出,本发明实施方式所提供的基于栅格地图的割草机器人路径规划方法,首先将割草区域进行初步栅格化,再初步栅格化的基础上,根据初步栅格化的障碍物判断结果,选定合适的栅格,进行选定栅格细化,再同时根据初始化栅格和细化栅格,进行路径规划,节约路径计算资源的同时,提高路径规划后的割草覆盖面,提高割草效率和质量。

[0070] 以上描述仅为本发明的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解,本发明中所涉及的发明范围,并不限于上述技术特征的特定组合而成的技术方案,同时也应涵盖在不脱离所述发明构思的情况下,由上述技术特征或其等同特征进行



任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本发明中公开的(但不限于)具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

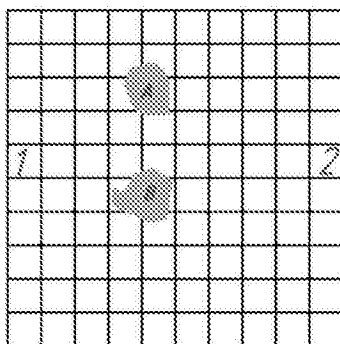


图1

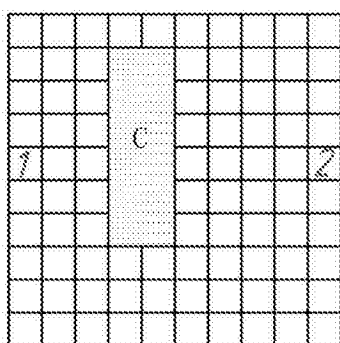


图2

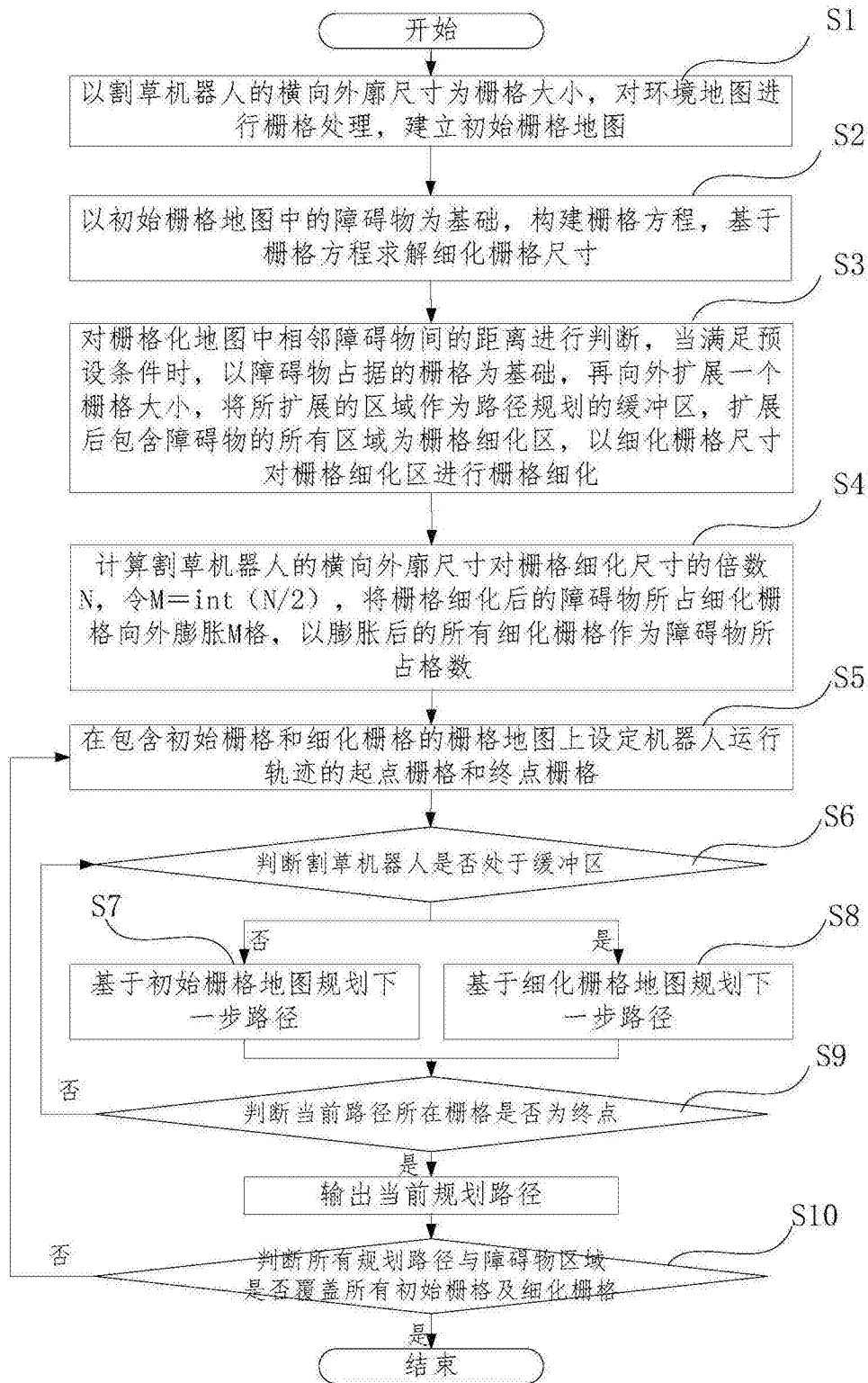


图3

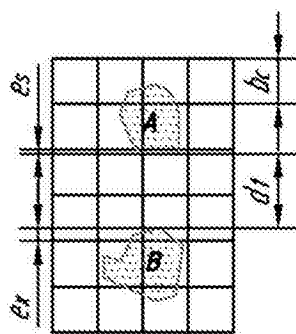


图4

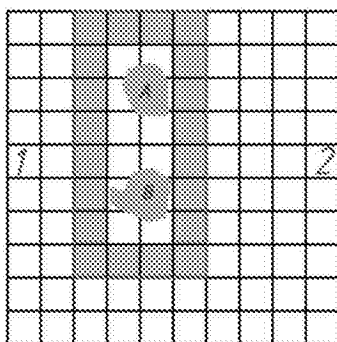


图5

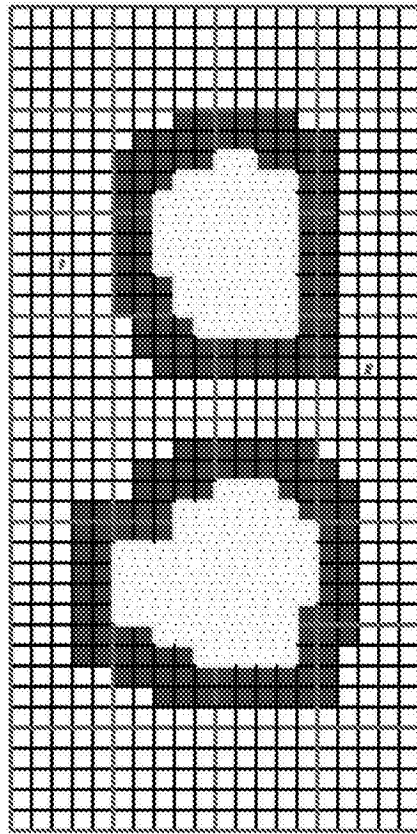


图6

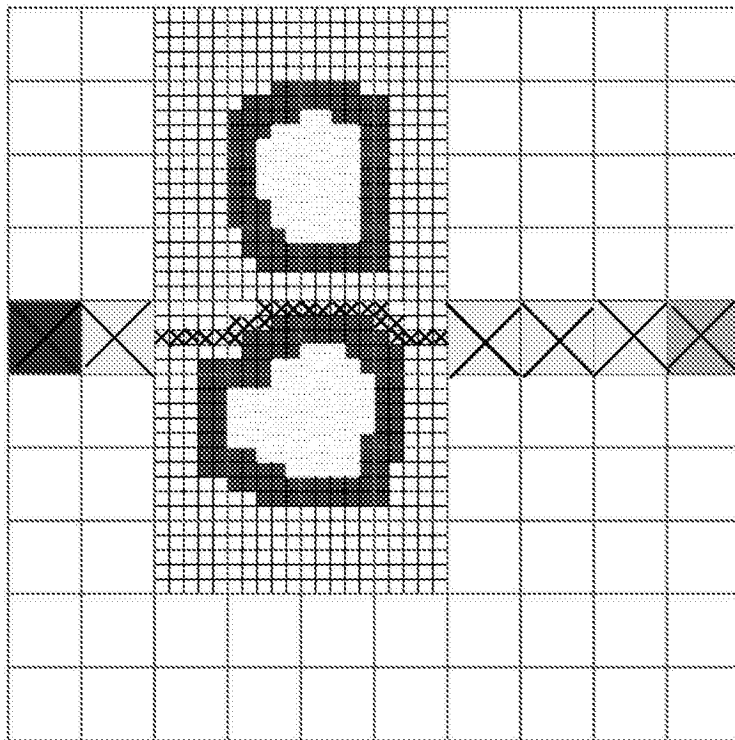


图7

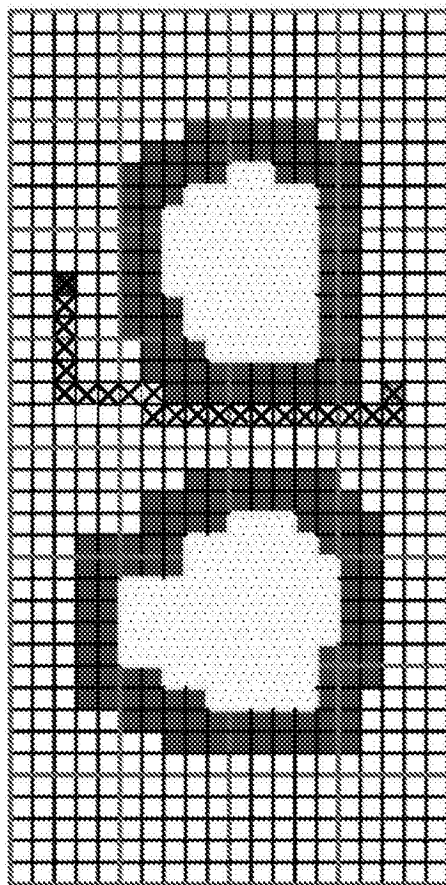


图8