



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107994940 B

(45)授权公告日 2019.11.15

(21)申请号 201711142400.6

(22)申请日 2017.11.17

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107994940 A

(43)申请公布日 2018.05.04

(73)专利权人 华南理工大学
地址 511458 广东省广州市南沙区环市大
道南路25号华工大广州产研院

(72)发明人 吴玉香 彭淇 关伟鹏

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 李斌

(51)Int.Cl.

H04B 10/079(2013.01)

H04B 10/116(2013.01)

H04W 4/02(2018.01)

H04W 4/33(2018.01)

(56)对比文件

CN 106483500 A,2017.03.08,

CN 105550033 A,2016.05.04,

CN 107091972 A,2017.08.25,

CN 106249109 A,2016.12.21,

CN 104267419 A,2015.01.07,

Weipeng Guan等.A novel three-dimensional indoor positioning algorithm design based on visible light communication.《Optics Communications》.2017,

Weipeng Guan等.High precision three-dimensional iterative indoor localization algorithm using code division multiple access modulation based on visible light communication.《Optical Engineering》.2016,

审查员 李梦琦

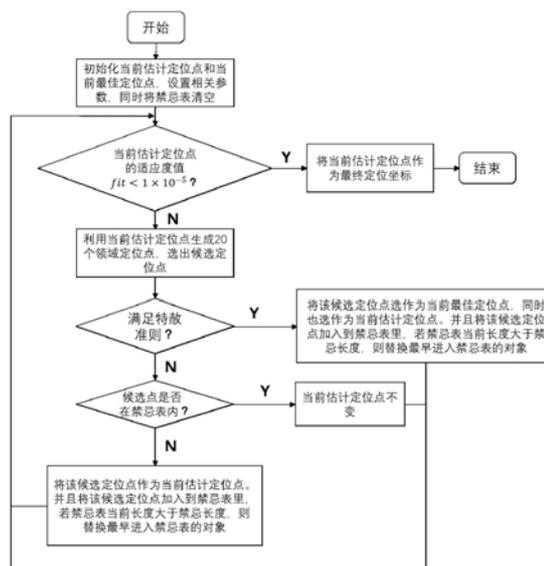
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于禁忌搜索的可见光定位方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于禁忌搜索的可见光定位方法,所述方法针对现有的三维室内可见光定位精度不高的问题,利用禁忌搜索算法对接收端进行定位,禁忌搜索算法采用禁忌策略限制搜索过程陷入局部最优来避免迂回搜索,同时引入特赦准则来释放一些被禁忌的优良定位位置状态,以保证搜索最优定位点过程的有效性和多样性,使用禁忌搜索算法对接收端进行定位时,定位精度高,平均误差优于现有的三维室内可见光定位。



1. 一种基于禁忌搜索的可见光定位方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

步骤1、位于室内顶部的4盏LED发出不同频率的ID信息,不同频率的ID信息经过光信道由接收端PD接收,检测到不同LED到达接收端PD的光功率;

步骤2、根据本室内可见光定位系统的模型,初始化当前估计定位点坐标 $x_{now} = (x_e, y_e, z_e) = (0, 0, 0)$ 和当前最佳定位点坐标 $x_{best} = (x_b, y_b, z_b) = (0, 0, 0)$,设置上界 $x_u = 4$,下界 $x_l = 0$,禁忌长度 $l = 13$,衰减因子 $scale = 1$,最大迭代步数 $G_{max} = 2000$,同时将禁忌表清空;

步骤3、计算当前估计定位点的适应度值 fit ,若 $fit < 1 \times 10^{-5}$,则输出当前估计定位点坐标 x_{now} 作为最终定位点坐标,若适应度值不满足 $fit < 1 \times 10^{-5}$,则判断迭代步数是否达到最大,若未达到最大,则继续以下步骤,若达到最大,转步骤2;

步骤4、对衰减因子 $scale$ 的值进行更新, $scale = scale * 0.998$,即衰减因子 $scale$ 的值为上一循环中 $scale$ 的值的0.998倍,当前估计定位点坐标为 $x_{now} = (x_e, y_e, z_e)$,设邻域定位点坐标为 $x_{near(j)} = (x_n^{(j)}, y_n^{(j)}, z_n^{(j)})$,其中 $j = 1, 2, 3, \dots, 20$,且:

$$\begin{cases} x_n^{(j)} = x_e + rand * scale * (x_u - x_l) \\ y_n^{(j)} = y_e + rand * scale * (x_u - x_l) \\ z_n^{(j)} = z_e + rand * scale * (x_u - x_l) \end{cases}$$

其中, $rand$ 表示范围为 $[-1, 1]$ 的随机值,计算得到20个邻域定位点 $x_{near(j)}$ 的适应度值 fit_{near} ,选出适应度值 fit_{near} 最小的邻域定位点作为候选定位点 $x_{candidate}$;

步骤5、计算候选定位点 $x_{candidate}$ 的适应度值 $fit_{candidate}$,计算当前最佳定位点 x_{best} 的适应度值 fit_{best} ,若 $fit_{candidate} < fit_{best}$,则令 $x_{best} = x_{candidate}$,且 $x_{now} = x_{candidate}$,并将该候选定位点加入到禁忌表里,若禁忌表当前长度大于禁忌长度,则替换最早进入禁忌表的对象,转步骤3;若不满足 $fit_{candidate} < fit_{best}$,则继续步骤6;

步骤6、先判断候选定位点是否在禁忌表内,若候选定位点在禁忌表内,当前估计定位点不变,回到步骤3;若候选定位点不在禁忌表内,将该候选定位点作为当前估计定位点,并将该候选定位点加入到禁忌表里,若禁忌表当前长度大于禁忌长度,则替换最早进入禁忌表的对象,转步骤3。

2. 根据权利要求1所述的一种基于禁忌搜索的可见光定位方法,其特征在于,步骤3中,所述LED发射端的光功率与接收端PD的光功率关系如下:

$$P_r = \frac{(m+1)A_r}{2\pi d^2} \cos^m(\theta) \cos(\psi) T_s(\psi) G(\psi) P_t$$

其中, A_r 表示接收端PD的有效面积, m 表示朗伯序数, d 表示LED发射端和接收端PD之间的距离, θ 表示LED发射端的发射角, ψ 表示接收端PD的入射角, $T_s(\psi)$ 表示光学滤波器的增益, $G(\psi)$ 表示光学集中器的增益, P_r 表示接收端PD的光功率, P_t 表示LED发射端的光功率,令:

$$C = \frac{(m+1)A_r}{2\pi} T_s(\psi) G(\psi)$$

C 在本室内可见光定位系统中为常数,且接收端PD所在平面与LED发射端所在平面平行,故 $\cos(\theta) = \cos(\psi)$,且:

$$\cos(\theta) = \frac{H - z_e}{d}$$

其中, H 表示房间的高度, z_e 表示当前估计定位点的高度, d 表示LED发射端和接收端PD之间的距离, 由此得到第 i 盏LED发射端到接收端PD之间的距离 $d_r^{(i)}$:

$$d_r^{(i)} = \left[\frac{C(H - z_e)^{m+1} P_t}{P_r^{(i)}} \right]^{\frac{1}{m+3}}$$

其中, $d_r^{(i)}$ 表示由LED发射端的光功率与接收端PD的光功率关系计算得到的第 i 盏LED发射端到接收端PD之间的距离, 其中 $i = 1, 2, 3, 4$, $P_r^{(i)}$ 表示第 i 盏LED发射端发射到接收端PD时接收端PD的光功率, z_e 表示当前估计定位点的高度;

第 i 盏LED发射端的坐标为 $x_{LED(i)} = (x^{(i)}, y^{(i)}, z^{(i)})$, 其中 $i = 1, 2, 3, 4$, 当前估计定位点与第 i 盏LED发射端的距离:

$$d^{(i)} = \sqrt{[(x_e - x^{(i)})^2 + (y_e - y^{(i)})^2 + (z_e - z^{(i)})^2]}$$

令:

$$\Delta(i) = (d^{(i)} - d_r^{(i)})^2$$

最终计算出当前估计定位点的适应度值:

$$fit = \sum_{i=1}^{i=4} \Delta(i)。$$

一种基于禁忌搜索的可见光定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及可见光定位领域,具体涉及一种基于禁忌搜索的可见光定位方法。

背景技术

[0002] 全球定位系统(Global Positioning System,GPS),是良好的户外应用导航系统,在手机地图服务、汽车导航、船舶和飞机等领域具有广泛的应用,这很大程度上激励了室内定位技术的发展。相较于GPS,利用可见光进行室内定位具有带宽宽、通信速率高、不受电磁干扰、在通信的同时实现照明等优点。现有的可见光室内定位方法包括到达接受信号强度(RSS)、到达角度(AOA)、到达时间差(TDOA)等等。但是这一类方法都是用于已知定位点高度的二维定位。

[0003] 现有的三维室内定位大多数是基于混合方法的定位,例如RSS和AOA的结合。但是这种混合方法计算复杂,精度也不高。因此现有的三维室内定位效果不尽如人意。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对现有技术的不足,提供了一种基于禁忌搜索的可见光定位方法,所述方法利用禁忌搜索的禁忌策略限制搜索过程陷入局部最优来避免迂回搜索,同时引入特赦准则来释放一些被禁忌的优良定位位置状态,以保证搜索最优定位点过程的有效性和多样性,可实现高精度三维室内定位。

[0005] 本发明的目的可以通过如下技术方案实现:

[0006] 一种基于禁忌搜索的可见光定位方法,所述方法包括以下步骤:

[0007] 步骤1、位于室内顶部的4盏LED发出不同频率的ID信息,不同频率的ID信息经过光信道由接收端PD接收,检测到不同LED到达接收端PD的光功率;

[0008] 步骤2、根据本室内可见光定位系统的模型,初始化当前估计定位点坐标 $x_{now} = (x_e, y_e, z_e) = (0, 0, 0)$ 和当前最佳定位点坐标 $x_{best} = (x_b, y_b, z_b) = (0, 0, 0)$,设置上界 $x_u = 4$,下界 $x_l = 0$,禁忌长度 $l = 13$,衰减因子 $scale = 1$,最大迭代步数 $G_{max} = 2000$,同时将禁忌表清空;

[0009] 步骤3、计算当前估计定位点的适应度值 fit ,若 $fit < 1 \times 10^{-5}$,则输出当前估计定位点坐标 x_{now} 作为最终定位点坐标,若适应度值不满足 $fit < 1 \times 10^{-5}$,则判断迭代步数是否达到最大,若未达到最大,则继续以下步骤,若达到最大,转步骤2;

[0010] 步骤4、对衰减因子 $scale$ 的值进行更新, $scale = scale * 0.998$,即衰减因子 $scale$ 的值为上一循环中 $scale$ 的值的0.998倍,当前估计定位点坐标为 $x_{now} = (x_e, y_e, z_e)$,设邻域定位点坐标为 $x_{near(j)} = (x_n^{(j)}, y_n^{(j)}, z_n^{(j)})$,其中 $j = 1, 2, 3, \dots, 20$,且:

$$[0011] \quad \begin{cases} x_n^{(j)} = x_e + rand * scale * (x_u - x_l) \\ y_n^{(j)} = y_e + rand * scale * (x_u - x_l) \\ z_n^{(j)} = z_e + rand * scale * (x_u - x_l) \end{cases}$$

[0012] 其中,rand表示范围为 $[-1,1]$ 的随机值,计算得到20个邻域定位点 $X_{\text{near}(j)}$ 的适应度值 fit_{near} ,选出适应度值 fit_{near} 最小的邻域定位点作为候选定位点 $X_{\text{candidate}}$;

[0013] 步骤5、计算候选定位点 $X_{\text{candidate}}$ 的适应度值 $\text{fit}_{\text{candidate}}$,计算当前最佳定位点 X_{best} 的适应度值 fit_{best} ,若 $\text{fit}_{\text{candidate}} < \text{fit}_{\text{best}}$,则令 $X_{\text{best}} = X_{\text{candidate}}$,且 $X_{\text{now}} = X_{\text{candidate}}$,并将该候选定位点加入到禁忌表里,若禁忌表当前长度大于禁忌长度,则替换最早进入禁忌表的对象,转步骤3;若不满足 $\text{fit}_{\text{candidate}} < \text{fit}_{\text{best}}$,则继续步骤6;

[0014] 步骤6、先判断候选定位点是否在禁忌表内,若候选定位点在禁忌表内,当前估计定位点不变,回到步骤3;若候选定位点不在禁忌表内,将该候选定位点作为当前估计定位点,并将该候选定位点加入到禁忌表里,若禁忌表当前长度大于禁忌长度,则替换最早进入禁忌表的对象,转步骤3。

[0015] 进一步地,步骤3中,所述LED发射端的光功率与接收端PD的光功率关系如下:

$$[0016] \quad P_r = \frac{(m+1)A_r}{2\pi d^2} \cos^m(\theta) \cos(\psi) T_s(\psi) G(\psi) P_t$$

[0017] 其中, A_r 表示接收端PD的有效面积, m 表示朗伯序数, d 表示LED发射端和接收端PD之间的距离, θ 表示LED发射端的发射角, ψ 表示接收端PD的入射角, $T_s(\psi)$ 表示光学滤波器的增益, $G(\psi)$ 表示光学集中器的增益, P_r 表示接收端PD的光功率, P_t 表示LED发射端的光功率,令:

$$[0018] \quad C = \frac{(m+1)A_r}{2\pi} T_s(\psi) G(\psi)$$

[0019] C 在本室内可见光定位系统中为常数,且接收端PD所在平面与LED发射端所在平面平行,故 $\cos(\theta) = \cos(\psi)$,且:

$$[0020] \quad \cos(\theta) = \frac{H - z_e}{d}$$

[0021] 其中, H 表示房间的高度, z_e 表示当前估计定位点的高度, d 表示LED发射端和接收端PD之间的距离,由此得到第 i 盏LED发射端到接收端PD之间的距离 $d_r^{(i)}$:

$$[0022] \quad d_r^{(i)} = \left[\frac{C(H - z_e)^{m+1} P_t}{P_r^{(i)}} \right]^{\frac{1}{m+3}}$$

[0023] 其中, $d_r^{(i)}$ 表示由LED发射端的光功率与接收端PD的光功率关系计算得到的第 i 盏LED发射端到接收端PD之间的距离,其中 $i=1,2,3,4$, $P_r^{(i)}$ 表示第 i 盏LED发射端发射到接收端PD时接收端PD的光功率, z_e 表示当前估计定位点的高度;

[0024] 第 i 盏LED发射端的坐标为 $X_{\text{LED}(i)} = (x^{(i)}, y^{(i)}, z^{(i)})$,其中 $i=1,2,3,4$,当前估计定位点与第 i 盏LED发射端的距离:

$$[0025] \quad d^{(i)} = \sqrt{[(x_e - x^{(i)})^2 + (y_e - y^{(i)})^2 + (z_e - z^{(i)})^2]}$$

[0026] 令:

$$[0027] \quad \Delta(i) = (d^{(i)} - d_r^{(i)})^2$$

[0028] 最终计算出当前估计定位点的适应度值:

$$[0029] \quad fit = \sum_{i=1}^{i=4} \Delta(i)。$$

[0030] 本发明与现有技术相比,具有如下优点和有益效果:

[0031] 本发明的基于禁忌搜索的可见光定位方法利用禁忌搜索的禁忌策略限制搜索过程陷入局部最优来避免迂回搜索,同时引入特赦准则来释放一些被禁忌的优良定位位置状态,以保证搜索最优定位点过程的有效性和多样性,可实现高精度三维室内定位,平均误差优于现有的三维室内可见光定位。

附图说明

[0032] 图1为本发明实施例室内可见光定位的房间模型。

[0033] 图2为本发明实施例基于禁忌搜索的可见光定位方法的流程图。

具体实施方式

[0034] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0035] 实施例:

[0036] 本实施例提供了一种基于禁忌搜索的可见光定位方法,所述方法的流程图如图2所示,包括以下步骤:

[0037] 步骤1、位于室内顶部的4盏LED发出不同频率的ID信息,不同频率的ID信息经过光信道由接收端PD接收,检测到不同LED到达接收端PD的光功率;

[0038] 步骤2、根据本室内可见光定位系统的模型,如图1所示,初始化当前估计定位点坐标 $x_{now} = (x_e, y_e, z_e) = (0, 0, 0)$ 和当前最佳定位点坐标 $x_{best} = (x_b, y_b, z_b) = (0, 0, 0)$,设置上界 $x_u = 4$,下界 $x_l = 0$,禁忌长度 $l = 13$,衰减因子 $scale = 1$,最大迭代步数 $G_{max} = 2000$,同时将禁忌表清空;

[0039] 步骤3、计算并判断当前估计定位点的适应度值是否满足相应的值,若满足,则将当前估计定位点作为最终定位点,若不满足,则判断迭代步数是否达到最大,若未达到最大,则继续以下步骤,若达到最大,转步骤2;

[0040] 具体地,所述LED发射端的光功率与接收端PD的光功率关系如下:

$$[0041] \quad P_r = \frac{(m+1)A_r}{2\pi d^2} \cos^m(\theta) \cos(\psi) T_s(\psi) G(\psi) P_t$$

[0042] 其中, A_r 表示接收端PD的有效面积, m 表示朗伯序数, d 表示LED发射端和接收端PD之间的距离, θ 表示LED发射端的发射角, ψ 表示接收端PD的入射角, $T_s(\psi)$ 表示光学滤波器的增益, $G(\psi)$ 表示光学集中器的增益, P_r 表示接收端PD的光功率, P_t 表示LED发射端的光功率,令:

$$[0043] \quad C = \frac{(m+1)A_r}{2\pi} T_s(\psi) G(\psi)$$

[0044] C 在本室内可见光定位系统中为常数,且接收端PD所在平面与LED发射端所在平面平行,故 $\cos(\theta) = \cos(\psi)$,且:

$$[0045] \quad \cos(\theta) = \frac{H - z_e}{d}$$

[0046] 其中, H表示房间的高度, z_e 表示当前估计定位点的高度, d表示LED发射端和接收端PD之间的距离, 由此得到第i盏LED发射端到接收端PD之间的距离 $d_r^{(i)}$:

$$[0047] \quad d_r^{(i)} = \left[\frac{C(H - z_e)^{m+1} P_t}{P_r^{(i)}} \right]^{\frac{1}{m+3}}$$

[0048] 其中, $d_r^{(i)}$ 表示由LED发射端的光功率与接收端PD的光功率关系计算得到的第i盏LED发射端到接收端PD之间的距离, 其中 $i = 1, 2, 3, 4$, $P_r^{(i)}$ 表示第i盏LED发射端发射到接收端PD时接收端PD的光功率, z_e 表示当前估计定位点的高度;

[0049] 第i盏LED发射端的坐标为 $x_{LED(i)} = (x^{(i)}, y^{(i)}, z^{(i)})$, 其中 $i = 1, 2, 3, 4$, 当前估计定位点与第i盏LED发射端的距离:

$$[0050] \quad d^{(i)} = \sqrt{[(x_e - x^{(i)})^2 + (y_e - y^{(i)})^2 + (z_e - z^{(i)})^2]}$$

[0051] 令:

$$[0052] \quad \Delta(i) = (d^{(i)} - d_r^{(i)})^2$$

[0053] 最终计算出当前估计定位点的适应度值:

$$[0054] \quad fit = \sum_{i=1}^{i=4} \Delta(i)$$

[0055] 若 $fit < 1 \times 10^{-5}$, 则输出当前估计定位点坐标 x_{now} 作为最终定位点坐标, 若适应度值不满足 $fit < 1 \times 10^{-5}$, 则判断迭代步数是否达到最大, 若未达到最大, 则继续以下步骤, 若达到最大, 转步骤2;

[0056] 步骤4、对衰减因子 $scale$ 的值进行更新, $scale = scale * 0.998$, 即衰减因子 $scale$ 的值为上一循环中 $scale$ 的值的0.998倍, 当前估计定位点坐标为 $x_{now} = (x_e, y_e, z_e)$, 设邻域定位点坐标为 $x_{near(j)} = (x_n^{(j)}, y_n^{(j)}, z_n^{(j)})$, 其中 $j = 1, 2, 3, \dots, 20$, 且:

$$[0057] \quad \begin{cases} x_n^{(j)} = x_e + rand * scale * (x_u - x_l) \\ y_n^{(j)} = y_e + rand * scale * (x_u - x_l) \\ z_n^{(j)} = z_e + rand * scale * (x_u - x_l) \end{cases}$$

[0058] 其中, $rand$ 表示范围为 $[-1, 1]$ 的随机值, 计算得到20个邻域定位点 $x_{near(j)}$ 的适应度值 fit_{near} , 选出适应度值 fit_{near} 最小的领域定位点作为候选定位点 $x_{candidate}$;

[0059] 步骤5、计算候选定位点 $x_{candidate}$ 的适应度值 $fit_{candidate}$, 计算当前最佳定位点 x_{best} 的适应度值 fit_{best} , 若 $fit_{candidate} < fit_{best}$, 则令 $x_{best} = x_{candidate}$, 且 $x_{now} = x_{candidate}$, 并将该候选定位点加入到禁忌表里, 若禁忌表当前长度大于禁忌长度, 则替换最早进入禁忌表的对象, 转步骤3; 若不满足 $fit_{candidate} < fit_{best}$, 则继续步骤6;

[0060] 步骤6、先判断候选定位点是否在禁忌表内, 若候选定位点在禁忌表内, 当前估计定位点不变, 回到步骤3; 若候选定位点不在禁忌表内, 将该候选定位点作为当前估计定位点, 并将该候选定位点加入到禁忌表里, 若禁忌表当前长度大于禁忌长度, 则替换最早进入

禁忌表的对象,转步骤3。

[0061] 以上所述,仅为本发明专利较佳的实施例,但本发明专利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专利所公开的范围内,根据本发明专利的技术方案及其发明专利构思加以等同替换或改变,都属于本发明专利的保护范围。

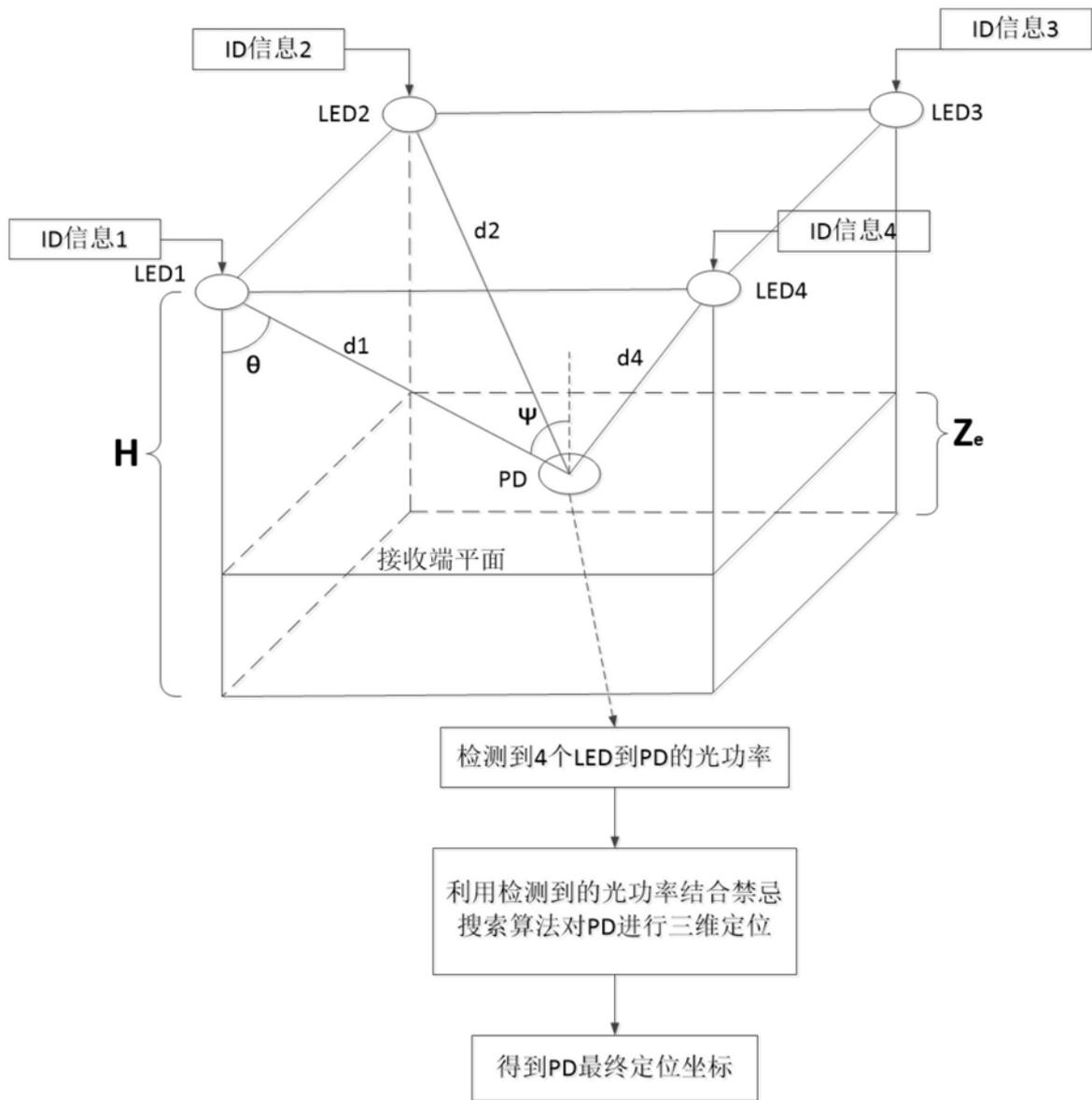


图1

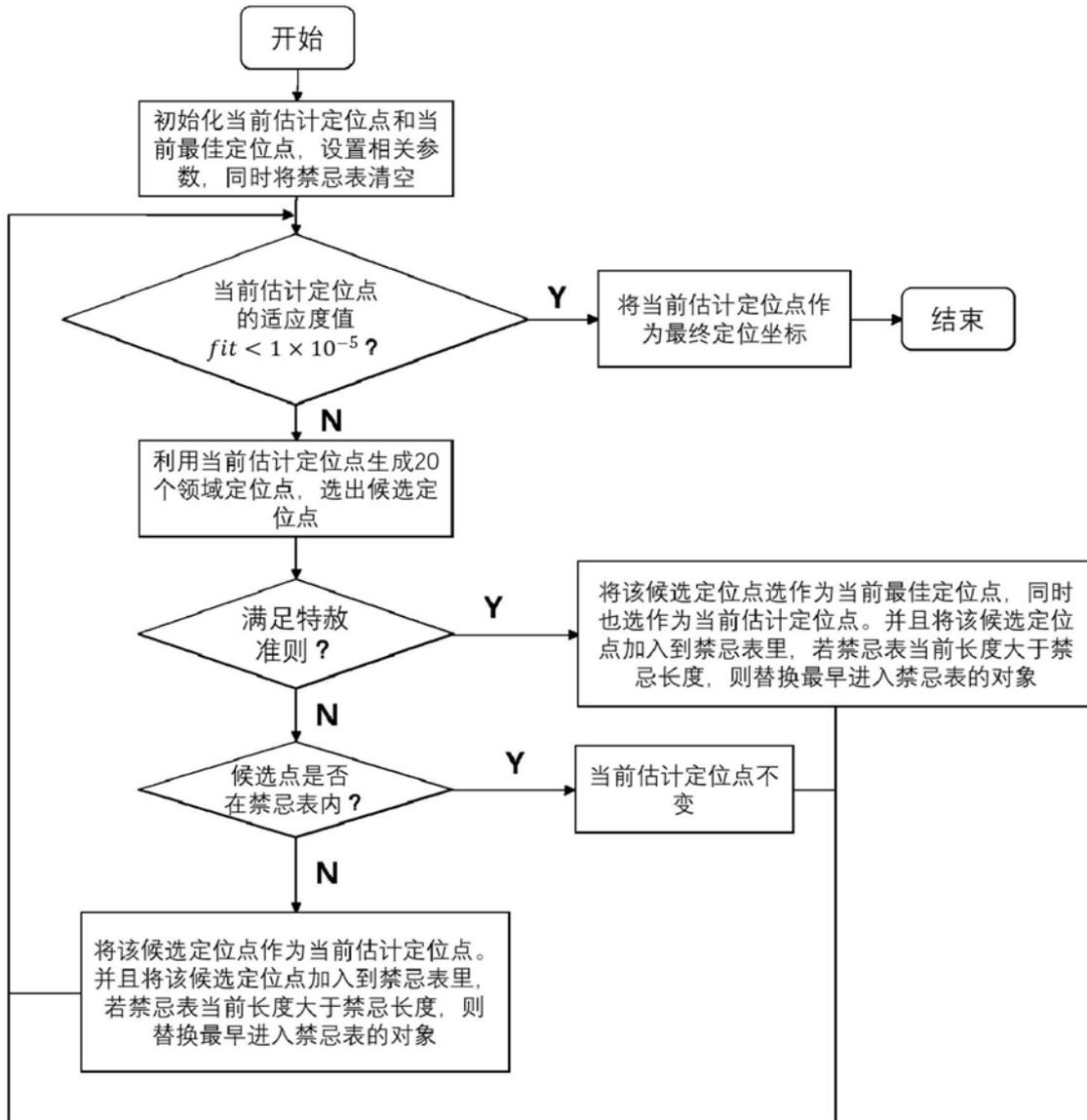


图2