



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110231597 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 12

(21) 申请号 201810179957.5

(22) 申请日 2018.03.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110231597 A

(43) 申请公布日 2019.09.13

(73) 专利权人 理光软件研究所(北京)有限公司
地址 100044 北京市海淀区西外大街168号
腾达大厦2801

(72) 发明人 乔耀军 张甜甜 廖可 于海华

(74) 专利代理机构 北京东方灵盾知识产权代理
有限公司 11506
专利代理师 王君昌 郑利华

(51) Int. Cl.
G01S 5/16 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103823204 A, 2014.05.28

CN 107483014 A, 2017.12.15

CN 103823307 A, 2014.05.28

US 2013320863 A1, 2013.12.05

US 2017242104 A1, 2017.08.24

CN 102262733 A, 2011.11.30

Hyun-Seung Kim等. "An indoor visible light communication positioning system using a RF carrier allocation technique". 《Journal of lightwave technology》. 2013, 第31卷(第1期), 第134-144页.

审查员 梁策

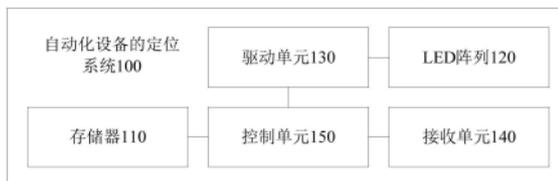
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

自动化设备的定位系统和方法

(57) 摘要

本发明提出了一种自动化设备的定位系统和方法,其中,定位系统包括:存储有灯座阵列中所有灯座的坐标信息的存储器;对应灯座阵列设置的LED阵列;与LED阵列相连的驱动单元;安装在自动化设备上的接收单元;分别与存储器、驱动单元和接收单元相连的控制单元,用于根据所有灯座的坐标信息将待定位空间划分为M个立方体,并通过驱动单元驱动所有的LED灯发光,以及根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体,并在所选择的立方体中,根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在的灯座的坐标信息确定一个三棱柱,并在确定的该三棱柱中计算待定位点坐标,由此,实现了自动化设备的有效定位。



1. 一种自动化设备的定位系统,其特征在于,在待定位空间的两个相对的侧面和两侧面之间的地面上均设置有灯座阵列,所述定位系统包括:

存储器,所述存储器中存储有灯座阵列中所有灯座的坐标信息;

LED阵列,所述LED阵列对应所述灯座阵列设置,所述LED阵列中的每个LED灯安装在对应的灯座上;所述LED阵列包括第一LED阵列、第二LED阵列和第三LED阵列,其中,所述第一LED阵列和第二LED阵列设置在所述待定位空间的两侧,且垂直于地面设置,所述第三LED阵列设置在所述第一LED阵列和所述第二LED阵列之间的地面上;

驱动单元,所述驱动单元与所述LED阵列相连;

接收单元,所述接收单元安装在自动化设备上,所述接收单元用于接收LED灯的发射光功率;

所述接收单元包括第一检测器、第二检测器和第三检测器,其中,所述第一检测器正对所述第一LED阵列设置,所述第二检测器正对所述第二LED阵列设置,所述第三检测器正对所述第三LED阵列设置;

控制单元,所述控制单元分别与存储器、所述驱动单元和所述接收单元相连,所述控制单元用于根据所有灯座的坐标信息将所述待定位空间划分为M个立方体,并通过所述驱动单元驱动所有的LED灯发光,以及根据所述接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体,并在所选择的立方体中,根据所述接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在的灯座的坐标信息确定一个三棱柱,并在确定的所述三棱柱中计算待定位点坐标,其中, $M \geq 1$;

将所述三棱柱沿着x轴分为F层,其中,x轴与所述三棱柱的高同向;

通过如下公式分别计算所述待定位点在所述三棱柱每层上的坐标:

$$\begin{cases} (x_A - \text{Floor}_i)^2 + (y_A - y)^2 + (z_A - z)^2 = d_A^2 \\ (x_B - \text{Floor}_i)^2 + (y_B - y)^2 + (z_B - z)^2 = d_B^2 \\ (x_C - \text{Floor}_i)^2 + (y_C - y)^2 + (z_C - z)^2 = d_C^2, \\ P_k^{(2)} = P_k \cdot \frac{(m+1)A_2}{2\pi d_k^2} \cdot \cos^m \phi_k \cdot \cos \varphi_k \end{cases}$$

其中, (Floor_i, y, z) 为所述待定位点在第i层上的坐标, $i=1, 2, \dots, F, k=A, B, C, (x_A, y_A, z_A), (x_B, y_B, z_B), (x_C, y_C, z_C)$ 分别为从所述三棱柱对应的K个LED灯中所选择的三个光功率值较大的LED灯所在灯座的坐标信息, $P_k^{(2)}$ 是所述第二检测器接收到的来自编号为k的LED灯的光功率值, P_k 是编号为k的LED灯的发射光功率, d_k 是编号为k的LED灯与所述第二检测器之间的距离, ϕ_k 是编号为k的LED灯的辐射角, φ_k 是所述第二检测器的接收到的来自编号为k的LED灯的光信号的入射角,朗伯辐射的阶数 $m = -\ln 2 / (\ln (\cos \Phi_{1/2}))$, $\Phi_{1/2}$ 是LED灯的半功率角, A_2 是所述第二检测器的接收面积;

通过如下公式计算所述定位系统的等功率面 L_j :

$$L_j: P_j^{(3)} = P_j \cdot \frac{(m+1)A_3}{2\pi d_j^2} \cdot \cos^m \phi_j \cdot \cos \varphi_j,$$

其中, $j=1, 2, \dots, N, P_j^{(3)}$ 是所述第三检测器接收到的来自编号为j的LED灯的光功率

值, P_{t_j} 是编号为 j 的 LED 灯的发射光功率, d_j 是编号为 j 的 LED 灯与所述第三检测器之间的距离, ϕ_j 是编号为 j 的 LED 灯的辐射角, φ_j 是所述第三检测器的接收到的来自编号为 j 的 LED 灯的光信号的入射角, A_3 是所述第三检测器的接收面积;

通过如下公式计算待定位点的坐标 (x, y, z) :

$$(x, y, z) = \arg \min \left(\sum_{j=1}^N d_j^2 [(Floor_i, y, z), L_j] \right).$$

2. 如权利要求 1 所述的自动化设备的定位系统, 其特征在于, 所述控制单元根据所述接收单元接收到的 LED 灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体, 并在所选择的立方体中, 根据所述接收单元接收到的 LED 灯发射的光功率值及其所在的灯座的坐标信息确定一个三棱柱时, 具体用于:

获取所述第一检测器、所述第二检测器在 4 个时隙中接收到的光功率值;

根据所述第一检测器接收到的光功率值或所述第二检测器接收到的光功率值从 M 个立方体中选择一个, 并从所选择的立方体等分的 8 个三棱柱中选择一个;

计算所述第一检测器在 4 个时隙中接收到的光功率值之和 I_1 , 以及计算所述第二检测器在 4 个时隙中接收到的光功率值之和 I_2 ;

判断 I_1 和 I_2 之间的大小关系;

如果 $I_1 > I_2$, 则判断所述接收单元靠近所述待定位空间的第一侧, 并确定所选择的三棱柱中靠近所述第一侧的一半为所需的三棱柱, 其中, 所述第一侧对应所述第一 LED 阵列;

如果 $I_1 < I_2$, 则判断所述接收单元靠近所述待定位空间的第二侧, 并确定所选择的三棱柱中靠近所述第二侧的一半为所需的三棱柱, 其中, 所述第二侧与对应所述第二 LED 阵列;

如果 $I_1 = I_2$, 则判断所述接收单元位于所述待定位空间的中间部位。

3. 如权利要求 2 所述的自动化设备的定位系统, 其特征在于, 所述控制单元还用于:

在 $I_1 > I_2$ 时, 控制所述第一 LED 阵列停止工作, 并控制所述第二 LED 阵列和所述第三 LED 阵列处于工作状态;

在 $I_1 < I_2$ 时, 控制所述第二 LED 阵列停止工作, 并控制所述第一 LED 阵列和所述第三 LED 阵列处于工作状态。

4. 如权利要求 3 所述的自动化设备的定位系统, 其特征在于, 如果所述第二检测器接收到的发射光功率的 LED 灯的固定平面与所述第二检测器的接收平面平行, 则 $\phi_k = \varphi_k$ 。

5. 如权利要求 1 所述的自动化设备的定位系统, 其特征在于, 所述第一检测器、所述第二检测器和所述第三检测器均为光电检测器。

6. 如权利要求 1-5 任意一项所述自动化设备的定位系统的定位方法, 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

根据灯座阵列中所有灯座的坐标信息将待定位空间划分为 M 个立方体, 其中, $M \geq 1$;

通过驱动单元驱动所有的 LED 灯发光, 通过安装在自动化设备上的接收单元接收 LED 灯的发射光功率;

根据接收单元接收到的 LED 灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体;

在所选择的立方体中, 根据所述接收单元接收到的 LED 灯发射的光功率值及其所在的

灯座的坐标信息确定一个三棱柱,并在该三棱柱中计算待定位点坐标:

将所述三棱柱沿着x轴分为F层,其中,x轴与所述三棱柱的高同向;

通过如下公式分别计算所述待定位点在所述三棱柱每层上的坐标:

$$\begin{cases} (x_A - Floor_i)^2 + (y_A - y)^2 + (z_A - z)^2 = d_A^2 \\ (x_B - Floor_i)^2 + (y_B - y)^2 + (z_B - z)^2 = d_B^2 \\ (x_C - Floor_i)^2 + (y_C - y)^2 + (z_C - z)^2 = d_C^2, \\ P_k^{(2)} = P_k \cdot \frac{(m+1)A_2}{2\pi d_k^2} \cdot \cos^m \phi_k \cdot \cos \varphi_k \end{cases}$$

其中, $(Floor_i, y, z)$ 为所述待定位点在第*i*层上的坐标, $i=1, 2, \dots, F, k=A, B, C, (x_A, y_A, z_A), (x_B, y_B, z_B), (x_C, y_C, z_C)$ 分别为从所述三棱柱对应的K个LED灯中所选择的三个光功率值较大的LED灯所在灯座的坐标信息, $P_k^{(2)}$ 是第二检测器接收到的来自编号为k的LED灯的光功率值, P_k 是编号为k的LED灯的发射光功率, d_k 是编号为k的LED灯与所述第二检测器之间的距离, ϕ_k 是编号为k的LED灯的辐射角, φ_k 是所述第二检测器的接收到的来自编号为k的LED灯的光信号的入射角, 朗伯辐射的阶数 $m = -\ln 2 / (\ln(\cos \Phi_{1/2}))$, $\Phi_{1/2}$ 是LED灯的半功率角, A_2 是所述第二检测器的接收面积;

通过如下公式计算所述定位系统的等功率面 L_j :

$$L_j: P_{rj}^{(3)} = P_j \cdot \frac{(m+1)A_3}{2\pi d_j^2} \cdot \cos^m \phi_j \cdot \cos \varphi_j,$$

其中, $j=1, 2, \dots, N, P_{rj}^{(3)}$ 是第三检测器接收到的来自编号为j的LED灯的光功率值, P_j 是编号为j的LED灯的发射光功率, d_j 是编号为j的LED灯与所述第三检测器之间的距离, ϕ_j 是编号为j的LED灯的辐射角, φ_j 是所述第三检测器的接收到的来自编号为j的LED灯的光信号的入射角, A_3 是所述第三检测器的接收面积;

通过如下公式计算待定位点的坐标 (x, y, z) :

$$(x, y, z) = \arg \min \left(\sum_{i=1, 2, \dots, F}^N d_j^2 [(Floor_i, y, z), L_j] \right).$$

7. 一种非临时性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如权利要求6中所述的自动化设备的定位方法。

自动化设备的定位系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光定位技术领域,尤其涉及一种自动化设备的定位系统和一种自动化设备的定位方法。

背景技术

[0002] 随着近年来信息技术的快速进步及自动化设备的广泛推广,搭载于自动化设备的定位服务日益成为人们生活的重要辅助工具。精准的定位技术,可以为存在自动货架的超市、商场等场合提供便利,在帮助用户快速定位的同时,也蕴含着巨大的商机。因此,自动化设备的定位具有很高的研究价值。

发明内容

[0003] 本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

[0004] 为此,本发明的第一个目的在于提出一种自动化设备的定位系统,以实现自动化设备的有效定位。

[0005] 本发明的第二个目的在于提出一种自动化设备的定位方法。

[0006] 本发明的第三个目的在于提出一种非临时性计算机可读存储介质。

[0007] 为达上述目的,本发明第一方面实施例提出了一种自动化设备的定位系统,在待定位空间的两个相对的侧面和两侧面之间的地面上均设置有灯座阵列,所述定位系统包括:存储器,所述存储器中存储有灯座阵列中所有灯座的坐标信息;LED阵列,所述LED阵列对应所述灯座阵列设置,所述LED阵列中的每个LED灯安装在对应的灯座上;驱动单元,所述驱动单元与所述LED阵列相连;接收单元,所述接收单元安装在自动化设备上,所述接收单元用于接收LED灯的发射光功率;控制单元,所述控制单元分别与存储器、所述驱动单元和所述接收单元相连,所述控制单元用于根据所有灯座的坐标信息将所述待定位空间划分为M个立方体,并通过所述驱动单元驱动所有的LED灯发光,以及根据所述接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体,并在所选择的立方体中,根据所述接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息确定一个三棱柱,并在确定的所述三棱柱中计算待定位点坐标,其中, $M \geq 1$ 。

[0008] 本发明实施例的自动化设备的定位系统,首先根据所有灯座的坐标信息将待定位空间划分为M个立方体,然后通过驱动单元驱动所有的LED灯发光,进而根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体,并在所选择的立方体中根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息确定一个三棱柱,最后在确定的三棱柱中计算待定位点坐标,由此,实现了自动化设备的有效定位。

[0009] 为达上述目的,本发明第二方面实施例提出了一种自动化设备的定位方法,在待定位空间的两个相对的侧面和两侧面之间的地面上均设置有灯座阵列,每个灯座上安装有LED灯,并形成LED阵列,所述方法包括以下步骤:根据所述灯座阵列中所有灯座的坐标信息将所述待定位空间划分为M个立方体,其中, $M \geq 1$;通过驱动单元驱动所有的LED灯发光,通

过安装在自动化设备上的接收单元接收LED灯的发射光功率;根据所述接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体;在所选择的立方体中,根据所述接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息确定一个三棱柱,并在确定的所述三棱柱中计算待定位点坐标。

[0010] 本发明实施例的自动化设备的定位方法,首先根据所有灯座的坐标信息将待定位空间划分为M个立方体,然后通过驱动单元驱动所有的LED灯发光,进而根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体,以及在所选择的立方体中根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息确定一个三棱柱,并在确定的三棱柱计算待定位点坐标,由此,实现了自动化设备的有效定位。

[0011] 为达上述目的,本发明第三方面实施例提出了一种非临时性计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现上述自动化设备的定位方法。

[0012] 本发明实施例的非临时性计算机可读存储介质,在执行其上存储的与上述自动化设备的定位方法对应的程序时,能够实现自动化设备的有效定位。

[0013] 本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0014] 本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0015] 图1为根据本发明实施例的自动化设备的定位系统的结构示意图;

[0016] 图2为根据本发明一个示例的LED阵列的安装位置示意图;

[0017] 图3为根据本发明一个示例的接收单元的结构示意图;

[0018] 图4为根据本发明一个示例的粗定位的示意图;

[0019] 图5为根据本发明一个示例的粗定位后的分层的示意图;

[0020] 图6为根据本发明一个示例的点到等功率面距离的原理示意图;

[0021] 图7为根据本发明实施例的自动化设备的定位方法的流程图;以及

[0022] 图8为根据本发明实施例的自动化设备的定位方法中步骤S103的流程图。

具体实施方式

[0023] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0024] 下面参考附图描述本发明实施例的自动化设备的定位系统和方法。

[0025] 图1为根据本发明实施例的自动化设备的定位系统的结构示意图。

[0026] 在本发明的实施例中,在待定位空间的两个相对的侧面和两侧面之间的地面上均设置有灯座阵列。

[0027] 如图1所示,自动化设备的定位系统100包括存储器110、LED阵列120、驱动单元130、接收单元140和控制单元150。

[0028] 其中,存储器110中存储有灯座阵列中所有灯座的坐标信息,使得在更换LED灯时,

可以不需更新LED灯的坐标信息。

[0029] 可选地,存储器110可以是一种设备,如服务器、计算机或者其他类似的设备,存储器110可以与控制单元150进行无线(如wifi、蓝牙、3G/4G)通信或有线通信。

[0030] LED阵列120对应灯座阵列设置,LED阵列120中的每个LED灯安装在对应的灯座上。驱动单元130与LED阵列120相连,驱动单元130可根据控制单元150发送的包含一定的序列顺序的控制指令驱动LED灯发光闪烁。

[0031] 接收单元140安装在自动化设备上,接收单元140用于接收LED灯的发射光功率。

[0032] 控制单元150分别与存储器110、驱动单元130和接收单元140相连,控制单元150用于根据所有灯座的坐标信息将待定位空间划分为M个立方体,并通过驱动单元130驱动所有的LED灯发光,以及根据接收单元140接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体,并在所选择的立方体中,根据接收单元140接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息确定一个三棱柱,并在确定的三棱柱中计算待定位点坐标,其中, $M \geq 1$ 。

[0033] 可选地,控制单元150还可以控制自动化设备的移动和操作。具体地,自动化设备可以是智能机器人、自动化物流车等,其上可设置有控制面板,该控制面板可根据相应算法处理接收到控制单元150发送的控制信号,并根据处理结果控制自动化设备的移动或者操作。其中,自动化设备可与控制单元150进行无线通信(如wifi、蓝牙、3G/4G等)。

[0034] 在本发明一个实施例中,如图2所示,LED阵列120包括第一LED阵列121、第二LED阵列122和第三LED阵列123,其中,第一LED阵列121和第二LED阵列122设置在待定位空间的两侧,且垂直于地面设置,第三LED阵列123设置在第一LED阵列121和第二LED阵列122之间的地面上。

[0035] 进一步地,如图3所示,接收单元140包括第一检测器PD1、第二检测器PD2和第三检测器PD3,其中,第一检测器PD1正对第一LED阵列121设置,第二检测器PD2正对第二LED阵列122设置,第三检测器PD3正对第三LED阵列123设置。由此,能够保证接收单元140接收来自待定位空间两侧和地面的LED灯的发射光功率。

[0036] 具体地,第一检测器PD1、第二检测器PD2和第三检测器PD3可集成设置,其可将接收到的光功率值由光信号转换为电流信号,并传输至控制单元150。

[0037] 其中,第一检测器PD1、第二检测器PD2和第三检测器PD3均可以但不限于是光电检测器。

[0038] 在该实施例中,参照图4,控制单元150根据接收单元140接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体,并在所选择的立方体中确定一个三棱柱时,具体用于:获取第一检测器PD1、第二检测器PD2在4个时隙中接收到的光功率值。根据第一检测器PD1接收到的光功率值或所述第二检测器PD2接收到的光功率值从M个立方体中选择一个,并在所选择的立方体中,根据第一检测器PD1接收到的4个光功率值或所述第二检测器PD2接收到的4个光功率值从等分的8个三棱柱中选择一个。计算第一检测器PD1在4个时隙中接收到的光功率值之和 I_1 ,以及计算第二检测器PD2在4个时隙中接收到的光功率值之和 I_2 ;判断 I_1 和 I_2 之间的大小关系;如果 $I_1 > I_2$,则判断接收单元140靠近待定位空间的第一侧,并确定所选择的三棱柱中靠近所述第一侧的一半为所需的三棱柱,其中,第一侧对应第一LED阵列121;如果 $I_1 < I_2$,则判断接收单元140靠近待定位空间的第二侧,并确定所选择

的三棱柱中靠近所述第二侧的一半为所需的三棱柱,其中,第二侧与对应第二LED阵列122;如果 $I_1 = I_2$,则判断接收单元140位于待定位空间的中间部位,此时可确定自动化设备所在位置的横坐标。

[0039] 举例而言,参照图2,将两个4(m)*6(m)的长方形侧面的中间2(m)*4(m)区域,分成8个1(m)*1(m)的正方形,在每个小正方形顶点设置LED灯,每个LED灯所在位置都有唯一坐标,即待定位空间内的每个LED灯均有唯一的与其位置对应的LED-ID标签。此时,可将待定位区域划分为8个1(m)*1(m)*2(m)的立方体,当自动化设备,如机器人或者携带探测器的机械手臂在待定位区域时,获取检测器PD2在每个立方体中接收到的4个LED灯的光功率值,选择其中4个光功率值加和最大的立方体。在选择立方体中,参照图4,比较PD2所接收到的四个LED灯的光功率值,假设接收到的这四个LED灯的光功率值分别为 $P_{r_A}^{(2)}, P_{r_B}^{(2)}, P_{r_C}^{(2)}$ 和 $P_{r_D}^{(2)}$,其中,A,B,C,D为第二侧面上用于确定该小立方体的四个LED灯,假设这四个光功率值的大小关系为 $P_{r_B}^{(2)} > P_{r_C}^{(2)} > P_{r_A}^{(2)} > P_{r_D}^{(2)}$,由 $P_{r_B}^{(2)} > P_{r_D}^{(2)}$ 可以将待定位区域缩小至 ΔABC 所对应的三棱柱空间,当 $P_{r_B}^{(2)} > P_{r_A}^{(2)}$ 、 $P_{r_C}^{(2)} > P_{r_A}^{(2)}$ 以及 $P_{r_B}^{(2)} > P_{r_C}^{(2)}$ 时,可以将定位区域最终缩小至 ΔBEF 所对应的小三棱柱内。此时,如果第一检测器PD1在4个时隙中接收到的光功率值之和 I_1 大于第二检测器PD2在4个时隙中接收到的光功率值之和 I_2 ,则判断接收单元140靠近待定位空间的第一侧,确定靠近第一侧的一半的三棱柱为所需的三棱柱。由此,先将待定位区域缩小至一个1(m)*1(m)*L的小立方体,再从小立方体缩小至 $[0.5(m)*0.5(m)*1/2]*L/2$,定位区域的体积减小至原来的1/16,实现了对自动化设备的粗定位。

[0040] 需要说明的是,如果遇到光功率值相等的情况,可将待定位区域定位在边界点或者边界线上。

[0041] 可以理解,在选择三棱柱时,可以先选择立方体,再在立方体中选择三棱柱,最后确定三棱柱的一半;也可以先选择立方体,再确定立方体的一半,最后在确定的一半立方体中选择三棱柱;还可以先确定一半区域,再在确定的一半区域中选择立方体,最后在选择的立方体中选择三棱柱。

[0042] 在该实施例中,相邻的LED灯在不同的时隙发送相同的信号,进而可以根据PD1或PD2接收到的光功率值和相应的坐标信息粗定位自动化设备所处的立方体区间。例如,参照图2,根据灯座的坐标信息将 $2 \times 4 \times 6$ 的待定位空间划分为24个 $2 \times 1 \times 1$ 的小立方体,根据PD1接收到的光功率值和对应的LED灯所在灯座的坐标可以粗定位自动化设备所处的小立方体。

[0043] 进一步地,为了使接收单元140始终在检测器的视角内,在进行定位时,可使用远离接收单元140一侧的LED阵列。

[0044] 具体地,控制单元150在 $I_1 > I_2$ 时,可控制第一LED阵列121停止工作,并控制第二LED阵列122和第三LED阵列133处于工作状态;在 $I_1 < I_2$ 时,可控制第二LED阵列122停止工作,并控制第一LED阵列121和第三LED阵列123处于工作状态。

[0045] 可以理解,当 $I_1 = I_2$ 时,接收单元140处于中间部位,此时,可控制第一LED阵列121停止工作,并控制第二LED阵列122和第三LED阵列133处于工作状态,也可控制第二LED阵列122停止工作,并控制第一LED阵列121和第三LED阵列123处于工作状态。

[0046] 在本发明的一个具体实施例中,控制单元150在控制第一LED阵列121停止工作,并

控制第二LED阵列122和第三LED阵列123处于工作状态,且第三检测器PD3接收到地面上N个LED灯的发射光功率时,还用于将所需的三棱柱沿着x轴分为F层,并选择三棱柱对应K个LED灯中的光功率值最大的三个LED灯,其中,x轴与三棱柱的高同向。

[0047] 通过如下公式(1)分别计算待定位点在三棱柱每层上的坐标:

$$[0048] \begin{cases} (x_A - Floor_i)^2 + (y_A - y)^2 + (z_A - z)^2 = d_A^2 \\ (x_B - Floor_i)^2 + (y_B - y)^2 + (z_B - z)^2 = d_B^2 \\ (x_C - Floor_i)^2 + (y_C - y)^2 + (z_C - z)^2 = d_C^2 \\ P_{r_k}^{(2)} = P_{t_k} \cdot \frac{(m+1)A_2}{2\pi d_k^2} \cdot \cos^m \phi_k \cdot \cos \varphi_k \end{cases} \quad (1)$$

[0049] 其中, $(Floor_i, y, z)$ 为待定位点(即自动化设备)在第*i*层上的坐标, $i=1, 2, \dots, F$, $k=A, B, C$, (x_A, y_A, z_A) 、 (x_B, y_B, z_B) 、 (x_C, y_C, z_C) 分别为所选择的三个LED灯所在灯座的坐标信息,, $P_{r_k}^{(2)}$ 是第二检测器PD2接收到的来自编号为*k*的LED灯的光功率值, P_{t_k} 是编号为*k*的LED灯的发射光功率, d_k 是编号为*k*的LED灯与第二检测器PD2之间的距离, ϕ_k 是编号为*k*的LED灯的辐射角, φ_k 是第二检测器PD2的接收到的来自编号为*k*的LED灯的光信号的入射角, 朗伯辐射的阶数 $m = -\ln 2 / (\ln(\cos \Phi_{1/2}))$, $\Phi_{1/2}$ 是LED灯的半功率角, A_2 是第二检测器PD2的接收面积。

[0050] 由此,通过三边定位方法,即可计算得到待定位点在三棱柱内每层上时的坐标。

[0051] 需要说明的是,如果PD2接收到的发射光功率的LED灯的固定平面与第二检测器PD2的接收平面平行,则 $\phi_k = \varphi_k$ 。

[0052] 控制单元150还通过如下公式(2)计算定位系统的等功率面 L_j :

$$[0053] L_j : P_{r_j}^{(3)} = P_{t_j} \cdot \frac{(m+1)A_3}{2\pi d_j^2} \cdot \cos^m \phi_j \cdot \cos \varphi_j \quad (2)$$

[0054] 其中, $j=1, 2, \dots, N$, $P_{r_j}^{(3)}$ 是第三检测器PD3接收到的来自编号为*j*的LED灯的光功率值, P_{t_j} 是编号为*j*的LED灯的发射光功率, d_j 是编号为*j*的LED灯与第三检测器PD3之间的距离, ϕ_j 是编号为*j*的LED灯的辐射角, φ_j 是第三检测器PD3的接收到的来自编号为*j*的LED灯的光信号的入射角, ϕ_j 是编号为*j*的LED灯的辐射角, φ_j 是第三检测器PD3的接收到的来自编号为*j*的LED灯的光信号的入射角, A_3 是第三检测器PD3的接收面积。

[0055] 需要说明的是,如果第三检测器PD3接收到的发射光功率的LED灯的固定平面与第三检测器PD3的接收平面平行,则 $\phi_j = \varphi_j$ 。

[0056] 进一步地,控制单元150通过如下公式(3)计算待定位点的坐标 (x, y, z) :

$$[0057] (x, y, z) = \arg \min \left(\sum_{i=1, 2, \dots, F} d_j^2 [(Floor_i, y, z), L_j] \right) \quad (3)$$

[0058] 由此,通过式(3)所示的最优选择算法即可计算得到待定位点的坐标。

[0059] 为便于理解本发明实施例的自动化设备的定位系统,可通过如下将该系统100应用在仓库中货架模型的示例进行说明:

[0060] 参照图2,仓库中货架隔板的长、宽、高分别设为4m、0.6m、6m,两排相邻的货架之间

的间隔为2m,则待定位空间即为图2所示的长、宽、高分别为4m、2m、6m的立方体。货架隔板上安装有已知坐标信息的灯座,灯座上安装有LED灯,并形成第一LED阵列121、第二LED阵列122和第三LED阵列123,LED灯在不同的时隙发送相同的信号。在这个模型中,以货架一个角为坐标原点建立空间坐标系,两排货架连线的方向为x轴,货架长度方向为y轴,高度方向为z轴。

[0061] 其中,LED灯之间的间隔根据定位精度的要求可以调整,间隔记作 $\Delta 1$,在上述模型中设为1m。

[0062] 参照图3,第一检测器PD1所在平面与第一LED阵列121所在平面平行,第二检测器PD2所在平面与第二LED阵列122所在平面平行,第三检测器PD3所在平面与第三LED阵列123所在平面平行。

[0063] 参照图4,控制单元150通过驱动单元130控制所有的LED灯发光(即处于工作状态)时,分别比较PD1或PD2接收到的四个时隙中的四个光功率值,记作 $P_{ri}^{(1)}, P_{ri}^{(2)} (i=1,2,3,4)$,以确定检测单元140所在的小立方体,并从该小立方体中选择一个三棱柱,如,所选择的立方体(图4)的坐标原点为图2中坐标为(0,1,1)的点,进而将该立方体进一步划分为高为2m的三棱柱。

[0064] 进一步地,分别求PD1和PD2在四个时隙中所接收到的四个光功率和,记作 I_1 和 I_2 ,然后比较 I_1 和 I_2 ;当 $I_1 > I_2$ 时,表明接收单元140靠近待定位空间的第一侧,;当 $I_1 < I_2$ 时,表明接收单元140靠近待定位空间的第二侧;当 $I_1 = I_2$ 时,表明接收单元140位于待定位空间的中部。

[0065] 在本示例中,假设 $I_1 > I_2$,为了使检测器始终在其视场角内,可使用远离接收单元140一侧的LED灯,即使用第二检测器PD2,PD2正对的第二LED阵列122中的LED灯为使用的LED灯。此时,接收单元140接收到的光功率值包括PD2和PD3接收到的光功率值,分别记为 $P_r^{(2)}$ 和 $P_r^{(3)}$,其中,PD3的接收面平行于地面,当PD3在编号为j的时隙接收到一个功率,记为 $P_{rj}^{(3)}$ ($j=1,2,\dots,N$),N代表PD3所接收的光功率值的数量。

[0066] 参照图5,将三棱柱沿着x轴分为F层,记为 $x=0: \Delta f: (L/2)$,其中,L是货架左右两个侧面之间的间隔,即2m,将小三棱柱沿x轴方向,以 Δf 为分层间隔进行分层, Δf 数值大小取决于定位精度和定位速度的要求。使用第二LED阵列122中的LED灯进行三边定位,假设待定位点在第i层,其坐标为 $(Floor_i, y, z)$,任选三个接收单元140可接收到的LED灯所在的灯座的坐标,分别记为 (x_A, y_A, z_A) (x_B, y_B, z_B) (x_C, y_C, z_C) ,可通过上式(1)在每一层上得到一个估计点 $(Floor_i, y, z)$ 。

[0067] 进一步地,参照图6,控制单元150可根据PD3接收到的光功率值找到等功率面。

[0068] 具体地,当自动化设备移动到某个位置时,如果PD3只能接收到来自地面的一个LED灯的发射光功率,则该系统100可得到一个等功率面L,计算公式如下式(5):

$$[0069] \quad L: P_r^{(3)} = P_i \cdot \frac{(m+1)A}{2\pi d^2} \cdot \cos^m \phi \cdot \cos \varphi \quad (5)$$

[0070] 当自动化设备移动到某位置时,如果PD3接收到来自地面的多个(如N个, $N > 1$)LED灯的发射光功率,则该系统100可得到多个等功率面 L_j ($j=1,2,\dots,N$),如上式(2)所示。

[0071] 更进一步地,从上述所得到的F个估计点中可选择待定位的点 (x, y, z) ,如上式(3)所示。

[0072] 特别值得注意的是,当所使用的LED灯的半功率角 $\Phi_{1/2}$ 为 60° 时,可以得到 $m=1$,即等功率面可以简化为下式(6):

$$[0073] \quad d^2 = \sqrt{\frac{C_1}{P_r^{(3)}}} \cdot h, \text{ 其中, } C_1 = P_i \cdot \frac{(m+1)A}{2\pi} \quad (6)$$

[0074] 假设地面上LED灯的坐标分别为 (x_j, y_j, z_j) ($j=1, 2, \dots, N$), 由于地面上的LED灯的竖坐标 $z_j=0$, 因此等功率面可写作下式(7):

$$[0075] \quad L_j: (x-x_j)^2 + (y-y_j)^2 + \left(z - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_1}{P_{rj}^{(3)}}}\right)^2 = \left(\frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_1}{P_{rj}^{(3)}}}\right)^2, (j=1, 2, \dots, N) \quad (7)$$

[0076] 此时,等功率面即为一个球面,球心Center的坐标为 $(x_i, y_i, \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_1}{P_{rj}^{(3)}}})$, 球的半径R为

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_1}{P_{rj}^{(3)}}}.$$

[0077] 因此,接收单元140与球面的距离可以表示为下式(8):

$$[0078] \quad d_i = |R - \|\text{Point}_i - \text{Center}\|| \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (8)$$

[0079] 其中, $\|\text{Point}_i - \text{Center}\|$ 表示点到球心的距离。

[0080] 公式(3)可以转化为下式(9), 得到该系统100的最终定位点, 即自动化设备的位置:

$$[0081] \quad (x, y, z) = \arg \min_{i=1, 2, \dots, F} \left(\sum_{j=1}^N d_i^2 \right) = \arg \min_{i=1, 2, \dots, F} \left(\sum_{j=1}^N |R - \|\text{Point}_i - \text{Center}\||^2 \right) \quad (9)$$

[0082] 综上,根据本发明实施例的自动化设备的定位系统,首先根据所有灯座的坐标信息将待定位空间划分为M个立方体,然后通过驱动单元驱动所有的LED灯发光,进而根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体,并在所选择的立方体中,根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息确定一个三棱柱,最后在确定的三棱柱中采用三边定位方法和最优选择算法计算待定位点坐标,由此,实现了自动化设备的有效定位。

[0083] 图7为根据本发明实施例的自动化设备的定位方法的流程图。

[0084] 在本发明的实施例中,在待定位空间的两个相对的侧面和两侧面之间的地面上均设置有灯座阵列,每个灯座上安装有LED灯,并形成LED阵列。

[0085] 如图7所示,该自动化设备的定位方法包括以下步骤:

[0086] S101,根据灯座阵列中所有灯座的坐标信息将待定位空间划分为M个立方体,其中, $M \geq 1$ 。

[0087] S102,通过驱动单元驱动所有的LED灯发光,通过安装在自动化设备上的接收单元接收LED灯的发射光功率。

[0088] S103,根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体。

[0089] S104,在选择的立方体中,根据接收单元接收到的LED灯发射的光功率值及其所在

灯座的坐标信息确定一个三棱柱,并在确定的所述三棱柱中计算待定位点坐标。

[0090] 在本发明的一个实施例中,LED阵列包括第一LED阵列、第二LED阵列和第三LED阵列,其中,第一LED阵列和第二LED阵列设置在待定位空间的两侧,且垂直于地面设置,第三LED阵列设置在第一LED阵列和第二LED阵列之间的地面上。

[0091] 在该实施例中,接收单元包括第一检测器、第二检测器和第三检测器,其中,第一检测器正对第一LED阵列设置,第二检测器正对第二LED阵列设置,第三检测器正对第三LED阵列设置。

[0092] 在该实施例中,如图8所示,上述步骤S103包括:

[0093] S1031,获取第一检测器、第二检测器在4个时隙中接收到的光功率值。

[0094] S1032,根据第一检测器接收到的4个光功率值或所述第二检测器接收到的4个光功率值从M个立方体中选择一个,并从所选择的立方体等分的8个三棱柱中选择一个。

[0095] S1033,计算第一检测器在4个时隙中接收到的光功率值之和 I_1 ,以及计算第二检测器在4个时隙中接收到的光功率值之和 I_2 。

[0096] S1034,判断 I_1 和 I_2 之间的大小关系。

[0097] S1035,如果 $I_1 > I_2$,则判断所述接收单元靠近待定位空间的第一侧,并确定所选择的三棱柱中靠近所述第一侧的一半为所需的三棱柱,其中,所述第一侧对应第一LED阵列。

[0098] S1036,如果 $I_1 < I_2$,则判断所接收单元靠近待定位空间的第二侧,并确定所选择的三棱柱中靠近所述第二侧的一半为所需的三棱柱,其中,所述第二侧与对应第二LED阵列。

[0099] S1037,如果 $I_1 = I_2$,则判断接收单元位于待定位空间的中间部位。

[0100] 在本发明的一个实施例中,如果 $I_1 > I_2$,则控制第一LED阵列停止工作,并控制第二LED阵列和第三LED阵列处于工作状态;如果 $I_1 < I_2$,则控制第二LED阵列停止工作,并控制第一LED阵列和第三LED阵列处于工作状态。

[0101] 进一步地,当控制第一LED阵列停止工作,并控制第二LED阵列和第三LED阵列处于工作状态,且第三检测器接收到地面上N个LED灯的发射光功率时,在确定的三棱柱中计算待定位点坐标,包括如下步骤:

[0102] S1041,将所需的三棱柱沿着x轴分为F层,其中,x轴与三棱柱的高同向。

[0103] S1042,通过如下公式(1)分别计算待定位点在三棱柱每层上的坐标:

$$[0104] \begin{cases} (x_A - Floor_i)^2 + (y_A - y)^2 + (z_A - z)^2 = d_A^2 \\ (x_B - Floor_i)^2 + (y_B - y)^2 + (z_B - z)^2 = d_B^2 \\ (x_C - Floor_i)^2 + (y_C - y)^2 + (z_C - z)^2 = d_C^2 \\ P_k^{(2)} = P_k \cdot \frac{(m+1)A_2}{2\pi d_k^2} \cdot \cos^m \phi_k \cdot \cos \varphi_k \end{cases} \quad (1)$$

[0105] 其中, $(Floor_i, y, z)$ 为待定位点(即自动化设备)在第i层上的坐标, $i=1,2,\dots,F$, $k=A,B,C$, (x_A, y_A, z_A) 、 (x_B, y_B, z_B) 、 (x_C, y_C, z_C) 分别为所选择的三棱柱对应K个LED灯中的光功率值最大的三个LED灯所在灯座的坐标信息, $P_k^{(2)}$ 是第二检测器接收到的来自编号为k的LED灯的光功率值, P_k 是编号为k的LED灯的发射光功率, d_k 是编号为k的LED灯与第二检测器之间的距离, ϕ_k 是编号为k的LED灯的辐射角, φ_k 是第二检测器的接收到的来自编号为k的LED灯的光信号的入射角,朗伯辐射的阶数 $m = -\ln 2 / (\ln(\cos \Phi_{1/2}))$, $\Phi_{1/2}$ 是LED灯的半功

率角, A_2 是第二检测器的接收面积。

[0106] S1043, 通过如下公式 (2) 计算定位系统的等功率面 L_j :

$$[0107] \quad L_j: P_{rj}^{(3)} = P_{ij} \cdot \frac{(m+1)A_3}{2\pi d_j^2} \cdot \cos^m \phi_j \cdot \cos \varphi_j \quad (2)$$

[0108] 其中, $j=1, 2, \dots, N$, $P_{rj}^{(3)}$ 是第三检测器接收到的来自编号为 j 的 LED 灯的光功率值, P_{ij} 是编号为 j 的 LED 灯的发射光功率, d_j 是编号为 j 的 LED 灯与第三检测器之间的距离, ϕ_j 是编号为 j 的 LED 灯的辐射角, φ_j 是第三检测器的接收到的来自编号为 j 的 LED 灯的光信号的入射角, ϕ_j 是编号为 j 的 LED 灯的辐射角, φ_j 是第三检测器的接收到的来自编号为 j 的 LED 灯的光信号的入射角, A_3 是第三检测器的接收面积。

[0109] S1044, 通过如下公式 (3) 计算待定位点的坐标 (x, y, z) :

$$[0110] \quad (x, y, z) = \arg \min_{i=1, 2, \dots, F} \left(\sum_{j=1}^N d_j^2 [(Floor_i, y, z), L_j] \right) \quad (3)$$

[0111] 需要说明的是, 前述对自动化设备的定位系统实施例的解释说明也适用于该实施例的自动化设备的定位方法, 此处不再赘述。

[0112] 根据本发明实施例的自动化设备的定位方法, 首先根据所有灯座的坐标信息将待定位空间划分为 M 个立方体, 然后通过驱动单元驱动所有的 LED 灯发光, 进而根据接收单元接收到的 LED 灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息选择一个立方体, 并在所选择的立方体中, 根据接收单元接收到的 LED 灯发射的光功率值及其所在灯座的坐标信息确定一个三棱柱, 最后在确定的三棱柱中采用三边定位方法和最优选择算法计算待定位点坐标, 由此, 实现了自动化设备的有效定位。

[0113] 进一步地, 本发明提出了一种非临时性计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 该程序被处理器执行时实现上述自动化设备的定位方法。

[0114] 本发明实施例的非临时性计算机可读存储介质, 在执行其上存储的与上述自动化设备的定位方法对应的程序时, 能够实现自动化设备的有效定位。

[0115] 在本说明书的描述中, 参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中, 对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且, 描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外, 在不相互矛盾的情况下, 本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0116] 此外, 术语“第一”、“第二”仅用于描述目的, 而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此, 限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中, “多个”的含义是至少两个, 例如两个, 三个等, 除非另有明确具体的限定。

[0117] 流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为, 表示包括一个或更多个用于实现定制逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部

分,并且本发明的优选实施方式的范围包括另外的实现,其中可以不按所示出或讨论的顺序,包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序,来执行功能,这应被本发明的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

[0118] 在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤,例如,可以被认为是用于实现逻辑功能的可执行指令的定序列表,可以具体实现在任何计算机可读介质中,以供指令执行系统、装置或设备(如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统)使用,或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言,“计算机可读介质”可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。计算机可读介质的更具体的示例(非穷尽性列表)包括以下:具有一个或多个布线的电连接部(电子装置),便携式计算机盘盒(磁装置),随机存取存储器(RAM),只读存储器(ROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪速存储器),光纤装置,以及便携式光盘只读存储器(CDROM)。另外,计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质,因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描,接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序,然后将其存储在计算机存储器中。

[0119] 应当理解,本发明的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中,多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。如,如果用硬件来实现和在另一实施方式中一样,可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现:具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路,具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路,可编程门阵列(PGA),现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0120] 本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,该程序在执行时,包括方法实施例的步骤之一或其组合。

[0121] 此外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用,也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。

[0122] 上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

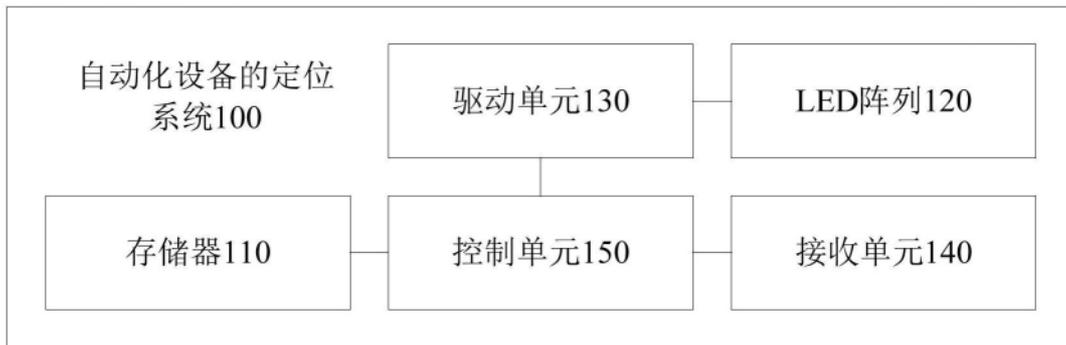


图1

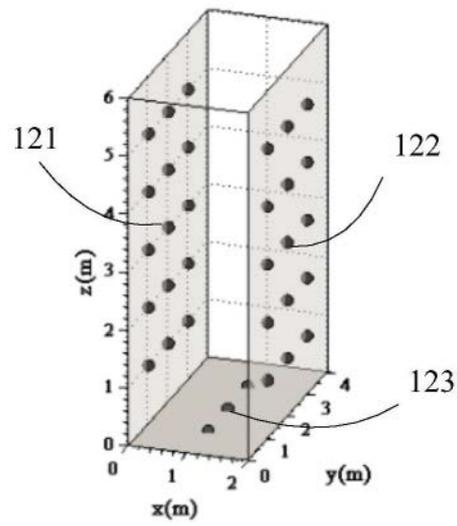


图2

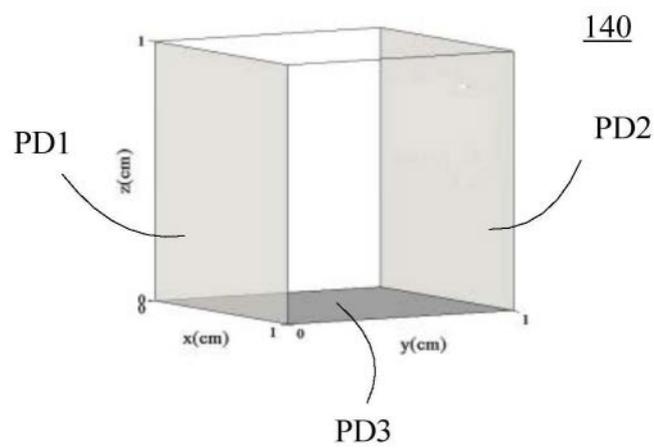


图3

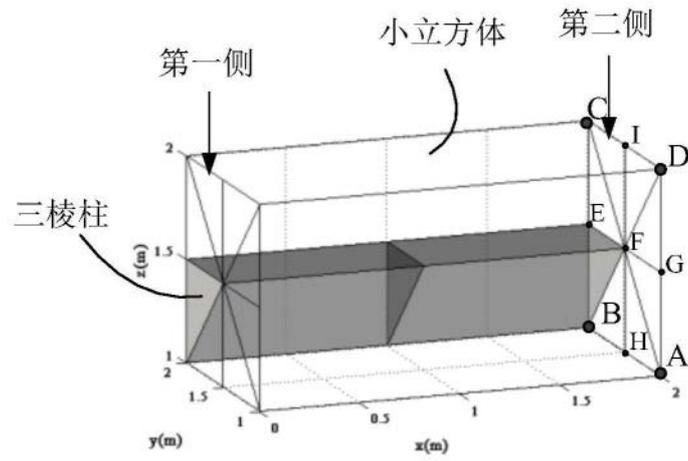


图4

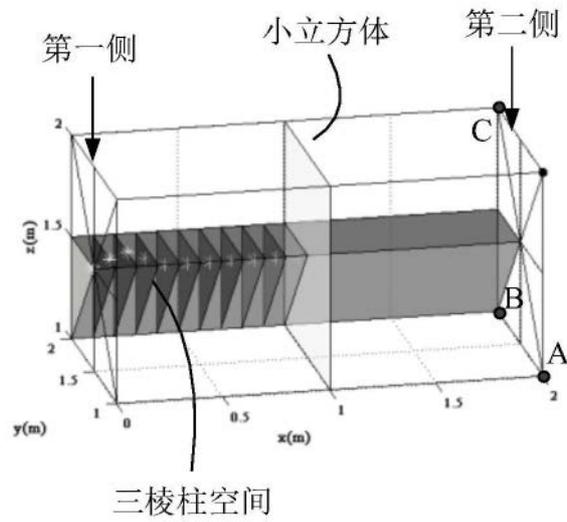


图5

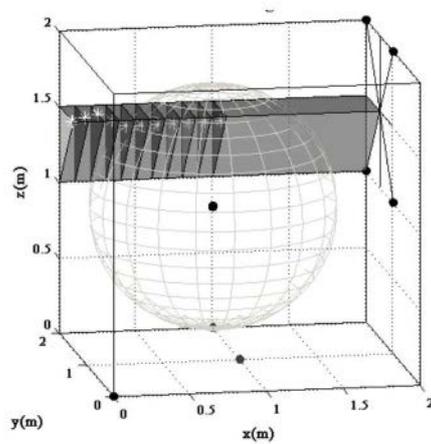


图6

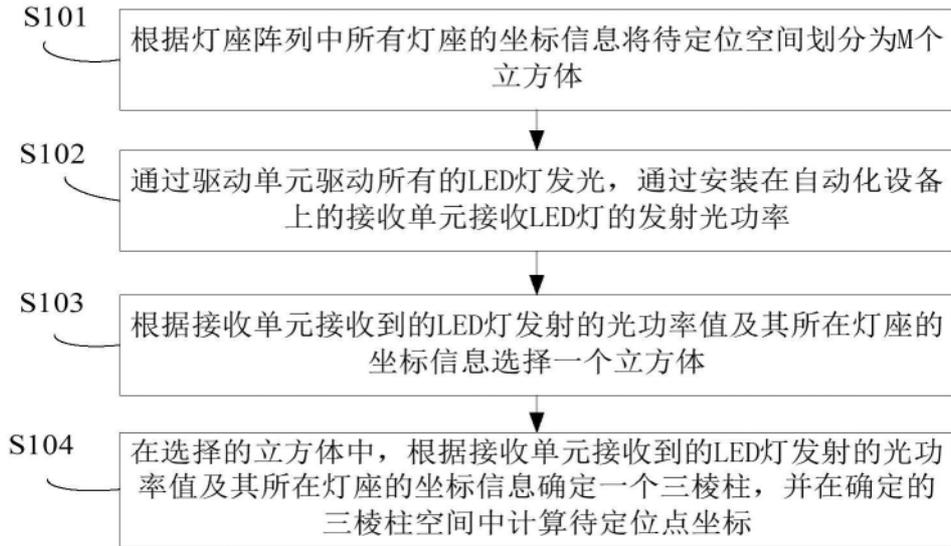


图7

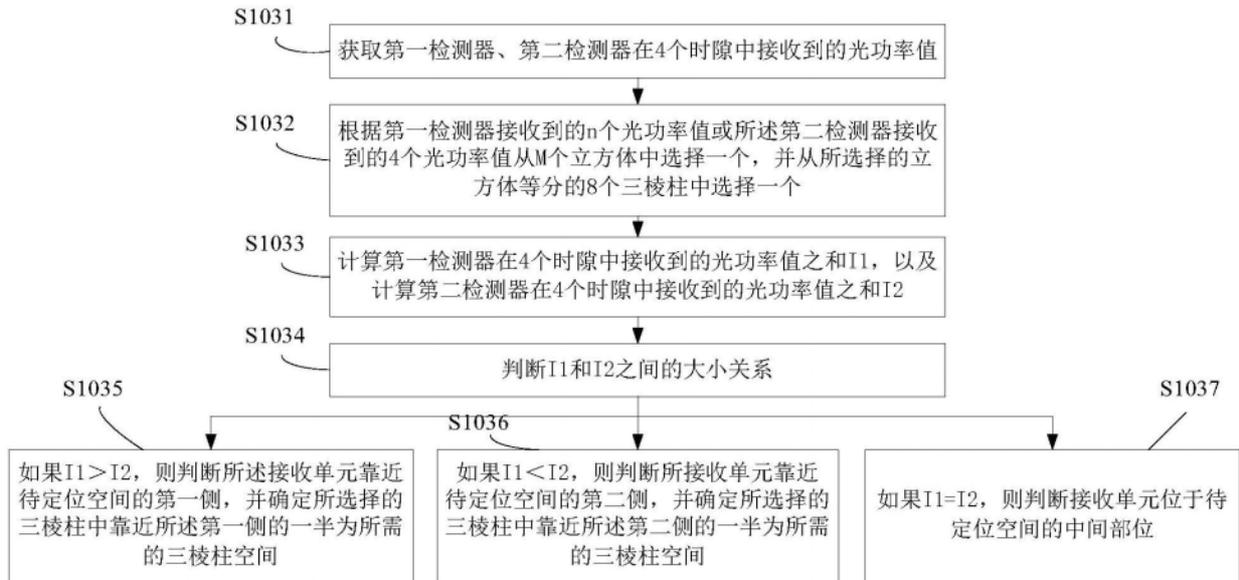


图8