



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109884589 B

(45) 授权公告日 2021.08.10

(21) 申请号 201910095972.6

(22) 申请日 2019.01.31

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109884589 A

(43) 申请公布日 2019.06.14

(73) 专利权人 华南理工大学
地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号
专利权人 广州龙坪信息科技有限公司

(72) 发明人 文尚胜 张武江 关伟鹏 李建清
全悟秀 钱姚天 刘昱铄 林颖欣
殷军亮 张家鑫 宋时杰

(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.

G01S 5/16 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106737687 A, 2017.05.31

CN 107116555 A, 2017.09.01

CN 204408502 U, 2015.06.17

CN 107124700 A, 2017.09.01

王旭东等. “高精度室内可见光定位算法”.
《光电子 激光》. 2015, 第26卷(第5期),
梁志国. “数字存储示波器 Δt 时间测量和 ΔV 幅度测量的不确定度评定”. 《计测技术》. 2011,
第31卷(第4期),

审查员 朱仲艳

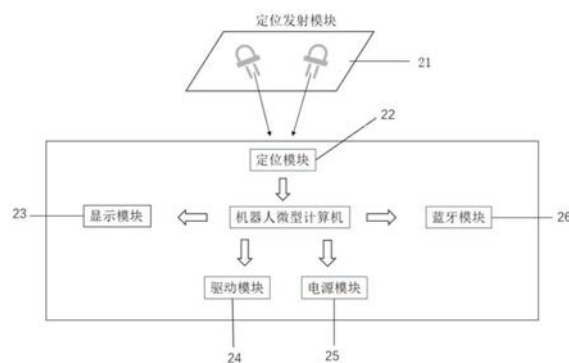
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种较高精度可见光室内机器人定位装置

(57) 摘要

本发明公开了一种较高精度可见光室内机器人定位装置,包括定位发射模块、定位模块、计算机模块、显示模块、驱动模块、电源模块和蓝牙模块;定位发射模块用于发射定位信号;所述定位模块设置于机器人背部,用于接收定位发射模块发射的定位信号,并将定位信号转化成参数传输到计算机模块;计算机模块用于接收控制数据以及进行定位参数的运算,并将位置信息传输到显示模块;显示模块用于实现人机交互;驱动模块用于通过计算机模块对机器人进行控制;电源模块用于对定位装置中的各个模块进行供电;蓝牙模块用于实现相关数据的传输以及对机器人进行远程控制。本发明能够有效地提高定位精度,减小定位误差。



1. 一种较高精度可见光室内机器人定位装置,其特征在于,所述装置采用基于TDOA模型的质心加权算法并引入合成标准不确定度,在给予机器人已定时间范围内,将机器人位置精确到一个相对小的位置范围;包括定位发射模块、定位模块、计算机模块、显示模块、驱动模块、电源模块和蓝牙模块;

所述定位发射模块设置于室内的天花板,用于发射定位信号;

所述定位模块设置于机器人背部,与计算机模块相连接,用于接收定位发射模块发射的定位信号,并将定位信号转化成参数传输到计算机模块;

所述计算机模块与蓝牙模块以及驱动模块相连接,用于接收控制数据以及进行定位参数的运算,并将位置信息传输到显示模块;

所述显示模块设置于远端而不在机器人上,用于实现人机交互;

所述驱动模块,用于通过计算机模块对机器人进行控制,完成运动;

所述电源模块,用于对定位装置中的各个模块进行供电;

所述蓝牙模块,用于实现相关数据的传输以及对机器人进行远程控制;

以机器人首先接收到信息的LED灯作为基础灯,其他灯作为辅助灯;以基础灯为对照,其他3个LED灯确定三条单边双曲线,求得三个交点,再采用质心加权算法获得机器人较为精确的位置坐标;室内机器人位置坐标 (x, y, z) 的求解公式为:

$$d_0^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 \quad (1)$$

$$d_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2; (i=1,2,3) \quad (2)$$

$$\Delta d_i = d_i - d_0; (i=1,2,3) \quad (3)$$

$$\Delta d_i = C \cdot \Delta t_i; (i=1,2,3) \quad (4)$$

其中, (x, y, z) 表示机器人位置坐标, (x_i, y_i, z_i) 表示4个LED灯的位置坐标, $i=0$ 时表示基础灯, $i=1, 2, 3$ 时表示辅助灯, d_0 表示基础灯与机器人的距离, d_i 表示辅助灯与机器人的距离, Δd_i 表示辅助灯与基础灯到机器人位置的距离差, C 表示可见光在空气中的传播速度,为一确定常数, $C=299792458\text{m/s}$, Δt_i 表示不同辅助灯与基础灯发送信息被机器人接收到的时间差;

所述合成标准不确定度由A类分量和B类分量组成,对于任意组时间差 $\Delta t_i (i=1, 2, 3)$ 由以下公式确定:

$$\bar{\tau} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n \tau_j \quad (5)$$

$$u_A = s(\bar{\tau}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\tau_j - \bar{\tau})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (6)$$

$$u_B = \frac{\varepsilon}{f} \quad (7)$$

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (8)$$

其中, $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$ 表示机器人在 $1 \cdot S$ 时间内连续测定的 n 组时间差数据, u_A 表示由标

准偏差确定的A类分量, u_B 表示由机器人测定时间的仪器误差确定的B类分量, ε 表示仪器的误差,其值出厂时已标定, f 为一个大于1且与误差分布特性有关的系数,该时间测量所需精度较高,其误差概率密度函数应遵从均匀分布,则 $f = \sqrt{3}$, u 为由A类分量和B类分量确定的合成标准不确定度;

任一组时间差 Δt_i 表示为:

$$\Delta t_i = \bar{\tau}_i \pm u_i; (i=1,2,3)。$$

2. 根据权利要求1所述的一种较高精度可见光室内机器人定位装置,其特征在于,所述定位模块通过单片机或STM32与计算机模块相连接;所述显示模块包括任何形式的显示器;所述驱动模块包括电机和电机驱动。

3. 根据权利要求1所述的一种较高精度可见光室内机器人定位装置,其特征在于,所述定位发射模块中,采用4个LED灯发射定位信号,所述LED灯的朝向可随移动机器人的位置而改变。

4. 根据权利要求3所述的一种较高精度可见光室内机器人定位装置,其特征在于,所述LED灯基于TDOA原理进行定位;在定位开始前,对LED灯位置进行测算并固定,保持坐标不变,每个LED灯每隔一段时间发射一个脉冲信号;所述脉冲信号的频率应远大于机器人的移动频率,一般为高于 10^6 倍。

5. 根据权利要求1所述的一种较高精度可见光室内机器人定位装置,其特征在于,为了减少误差,在时间差测量时引入合成标准不确定度。

6. 根据权利要求1所述的一种较高精度可见光室内机器人定位装置,其特征在于,计算机模块在获取机器人当前的室内位置 (x, y, z) 后,会随机器人位置移动实时更新储存机器人的位置信息。

一种较高精度可见光室内机器人定位装置

技术领域

[0001] 本发明涉及定位导航领域,尤其涉及一种较高精度可见光室内机器人定位装置。

背景技术

[0002] 近年来,随着社会经济的快速发展,人们对智能机器人的研究越发活跃和深入,然而机器人的导航、定位是影响机器人性能的主要因素,因此寻找一种精确度高、成本低、可应对复杂环境的室内导航系统是解决问题的核心所在。在现有技术中,超声波定位技术的核心结构简易且可实现高精度定位,但因其需要大量基础硬件设施而导致成本较高。其次,利用WiFi、蓝牙进行定位,其精度易受信源强度影响,即定位精度随其信号衰减而降低。而RFID室内定位技术不具有通信能力,抗干扰能力较差,技术融洽性差,难以与其他复杂系统整合。此外,RFID技术的用户安全隐私保障和国际标准都不够完善。而可见光通信定位在能量损耗、安全性、经济适用性上比其他室内定位技术有优势,被认为是目前室内定位技术的最优选择。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种较高精度可见光室内机器人定位装置。本发明能够在三维空间坐标模型下,尽可能使接收平面上所有位置都被光照覆盖,并且可以通过对机器人接收可见光脉冲信号的时间差优化来实现更高精度的机器人定位。

[0004] 本发明的目的能够通过以下技术方案实现:

[0005] 一种较高精度可见光室内机器人定位装置,包括定位发射模块、定位模块、计算机模块、显示模块、驱动模块、电源模块和蓝牙模块;

[0006] 所述定位发射模块设置于室内的天花板,用于发射定位信号;

[0007] 所述定位模块设置于机器人背部,使用单片机或STM32与计算机模块相连接,用于接收定位发射模块发射的定位信号,并将定位信号转化成参数传输到计算机模块;

[0008] 所述计算机模块与蓝牙模块以及驱动模块相连接,用于接收控制数据以及进行定位参数的运算,并将位置信息传输到显示模块;

[0009] 所述显示模块包括任何形式的显示器,设置于远端而不在机器人上,用于实现人机交互;

[0010] 所述驱动模块包括电机和电机驱动,用于通过计算机模块对机器人进行控制,完成运动;

[0011] 所述电源模块,用于对定位装置中的各个模块进行供电;

[0012] 所述蓝牙模块,用于实现相关数据的传输以及对机器人进行远程控制。

[0013] 具体地,当LED灯的数量少于4个时,定位结果不准确;当LED灯的数量多于4个时,定位精度并没有明显提高。因此,在所述定位发射模块中,采用4个LED灯发射定位信号,LED灯的朝向可随移动机器人的位置而改变。

[0014] 更进一步地,所述LED灯基于TDOA原理进行定位;在定位开始前,对LED灯位置进行

测算并固定,保持坐标不变,每个LED灯每隔一段时间发射一个脉冲信号。时间长度反应的是信号发射端与中转端的距离,即信号发射的时间间隔与距离成正比,因此发射脉冲信号的时间间隔可根据具体情况进行设定,但是要实现实时定位,脉冲信号的频率应远大于机器人的移动频率,一般为高于 10^6 倍。

[0015] 具体地,以机器人首先接收到信息的LED灯作为基础灯,其他灯作为辅助灯。以基础灯为对照,其他3个LED灯能够确定三条单边双曲线,求得三个交点,再采用质心加权算法获得机器人较为精确的位置坐标。室内机器人位置坐标 (x, y, z) 的求解公式为:

$$[0016] \quad d_0^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 \quad (1)$$

$$[0017] \quad d_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2; (i = 1, 2, 3) \quad (2)$$

$$[0018] \quad \Delta d_i = d_i - d_0; (i = 1, 2, 3) \quad (3)$$

$$[0019] \quad \Delta d_i = C \cdot \Delta t_i; (i = 1, 2, 3) \quad (4)$$

[0020] 其中, (x, y, z) 表示机器人位置坐标, (x_i, y_i, z_i) 表示4个LED灯的位置坐标, $i = 0$ 时表示基础灯, $i = 1, 2, 3$ 时表示辅助灯, d_0 表示基础灯与机器人的距离, d_i 表示辅助灯与机器人的距离, Δd_i 表示辅助灯与基础灯到机器人位置的距离差, C 表示可见光在空气中的传播速度,为一确定常数, $C = 299792458 \text{m/s}$, Δt_i 表示不同辅助灯与基础灯发送信息被机器人接收到的时间差。

[0021] 更进一步地,为了减少误差,在时间差测量时引入合成标准不确定度,所述合成标准不确定度由A类分量和B类分量组成,对于任意组时间差 Δt_i ($i = 1, 2, 3$)由以下公式确定:

$$[0022] \quad \bar{\tau} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n \tau_j \quad (5)$$

$$[0023] \quad u_A = s(\bar{\tau}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\tau_j - \bar{\tau})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (6)$$

$$[0024] \quad u_B = \frac{\varepsilon}{f} \quad (7)$$

$$[0025] \quad u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (8)$$

[0026] 其中, $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$ 表示机器人在 $1 \cdot S$ 时间内连续测定的 n 组时间差数据, u_A 表示由标准偏差确定的A类分量, u_B 表示由机器人测定时间的仪器误差确定的B类分量, ε 表示仪器的误差,其值出厂时已标定, f 为一个大于1且与误差分布特性有关的系数,该时间测量所需精度较高,其误差概率密度函数应遵从均匀分布,则 $f = \sqrt{3}$, u 为由A类分量和B类分量确定的合成标准不确定度。

[0027] 因此,任一组时间差 Δt_i 可表示为:

$$[0028] \quad \Delta t_i = \bar{\tau}_i \pm u_i; (i = 1, 2, 3)$$

[0029] 其中, $\bar{\tau}_i$ 表示机器人在 $1 \cdot S$ 时间内连续测定第 i 个LED灯的 n 组时间差数据的平均值, u_i 表示第 i 个LED灯的综合标准不确定度。

[0030] 在实际情况下， Δt_i 的大小会在一个范围内波动，据此求得的机器人的位置同样也在一个小范围内波动，采用质心加权算法优化之后的位置同理也是一个小范围内波动的位置，但这个波动范围是非常小的。针对此位置波动，给予机器人一个相应小的反应范围，则此范围内的位置误差将不会影响对机器人位置的精确定位。

[0031] 具体地，计算机模块在获取机器人当前的室内位置(x, y, z)后，会随机器人位置移动实时更新储存机器人的位置信息。

[0032] 本发明相较于现有技术，具有以下有益效果：

[0033] 1、本发明采用四个LED灯进行定位，且不同LED灯的位置不同，相比于使用两个LED灯进行定位，有效提高了定位精度，减小了定位误差。

[0034] 2、本发明采用三维空间坐标模型，相较于现有技术中构建二维空间模型进行定位，更具有普适性。

[0035] 3、本发明采用了基于TDOA模型的质心加权算法并引入合成标准不确定度，相比于已有可见光室内机器人定位算法，得到的位置信息更为精确。另外本发明采用引入时间表合成标准不确定度的方法，在给予机器人已定时间范围内，能够将机器人位置精确到一个相对小的位置范围；此外，本发明在误差分析中考虑了测量仪器对定位精度的扰动，相较已有技术的算法更加完善。

附图说明

[0036] 图1为本发明实施例中可见光定位室内机器人定位装置的结构示意图。

[0037] 图2为本发明实施例中可见光定位室内机器人定位装置的定位模型示意图。

[0038] 图中，11—室内机器人、12—LED灯A、13—LED灯B、14—LED灯C、15—LED灯D、21—定位发射模块、22—定位模块、23—显示模块、24—驱动模块、25—电源模块、26—蓝牙模块。

具体实施方式

[0039] 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。

[0040] 实施例

[0041] 如图1所示为一种较高精度可见光室内机器人定位装置的结构示意图，包括定位发射模块21、定位模块22、计算机模块、显示模块23、驱动模块24、电源模块25和蓝牙模块26；

[0042] 所述定位发射模块设置于室内的天花板，用于发射定位信号；

[0043] 所述定位模块设置于机器人背部，使用单片机或STM32与计算机模块相连接，用于接收定位发射模块发射的定位信号，并将定位信号转化成参数传输到计算机模块；

[0044] 所述计算机模块采用微型计算机，与蓝牙模块以及驱动模块相连接，用于接收控制数据以及进行定位参数的运算，并将位置信息传输到显示模块；

[0045] 所述显示模块包括任何形式的显示器，设置于远端而不在机器人上，用于实现人机交互；

[0046] 所述驱动模块包括电机和电机驱动，用于通过计算机模块对机器人进行控制，完

成运动；

[0047] 所述电源模块,用于对定位装置中的各个模块进行供电；

[0048] 所述蓝牙模块,用于实现相关数据的传输以及对机器人进行远程控制。

[0049] 在本实施例中,定位模型示意图如图2所示,室内定位场所为7m*7m*hm的空间,所述定位发射模块由4个LED灯组成,具体为:LED灯A12,位置为(2,2,h);LED灯B13,位置为(5,2,h);LED灯C14,位置为(2,5,h);LED灯D15,位置为(5,5,h)。

[0050] 更进一步地,所述LED灯基于TDOA原理进行定位;在定位开始前,对LED灯位置进行测算并固定,保持坐标不变,每个LED灯每隔一段时间发射一个脉冲信号。

[0051] 具体地,以机器人首先接收到信息的LED灯作为基础灯,其他灯作为辅助灯。以基础灯为对照,其他3个LED灯能够确定三条单边双曲线,求得三个交点,再采用质心加权算法获得机器人较为精确的位置坐标。室内机器人位置坐标(x,y,z)的求解公式为:

$$[0052] \quad d_0^2 = (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2 \quad (1)$$

$$[0053] \quad d_i^2 = (x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2; (i=1,2,3) \quad (2)$$

$$[0054] \quad \Delta d_i = d_i - d_0; (i=1,2,3) \quad (3)$$

$$[0055] \quad \Delta d_i = C \cdot \Delta t_i; (i=1,2,3) \quad (4)$$

[0056] 其中,(x,y,z)表示机器人位置坐标,(x_i,y_i,z_i)表示4个LED灯的位置坐标,i=0时表示基础灯,i=1,2,3时表示辅助灯,d₀表示基础灯与机器人的距离,d_i表示辅助灯与机器人的距离,Δd_i表示辅助灯与基础灯到机器人位置的距离差,C表示可见光在空气中的传播速度,为一确定常数,C=299792458m/s,Δt_i表示不同辅助灯与基础灯发送信息被机器人接收到的时间差。

$$[0057] \quad (x_0-x_i)x + (y_0-y_i)y + (z_0-z_i)z = k_i + d_0 \cdot \Delta d_i; (i=1,2,3)$$

[0058] 上式为(1)、(2)、(3)式的合并化简式(单简化式可以方便机器人运算,大大减少反应时间),k_i为辅助中间式,其表达式为:

$$[0059] \quad k_i = \frac{1}{2} \left[\Delta d_i^2 + (x_0^2 + y_0^2 + z_0^2) - (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2) \right]; (i=1,2,3)$$

[0060] 更进一步地,为了减少误差,在时间差测量时引入合成标准不确定度,由A类分量 and B类分量组成,对于任意组时间差Δt_i(i=1,2,3)由以下公式确定:

$$[0061] \quad \bar{\tau} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n \tau_j \quad (5)$$

$$[0062] \quad u_A = s(\bar{\tau}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\tau_j - \bar{\tau})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (6)$$

$$[0063] \quad u_B = \frac{\varepsilon}{f} \quad (7)$$

$$[0064] \quad u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (8)$$

[0065] 其中,τ₁,τ₂,τ₃,⋯,τ_n表示机器人在1·S时间内连续测定的n组时间差数据,u_A表示由标准偏差确定的A类分量,u_B表示由机器人测定时间的仪器误差确定的B类分量,ε表示仪

器的误差,其值出厂时已标定, f 为一个大于1且与误差分布特性有关的系数,该时间测量所需精度较高,其误差概率密度函数应遵从均匀分布,则 $f = \sqrt{3}$, u 为由A类分量和B类分量确定的合成标准不确定度。

[0066] 任一组时间差 Δt_i 可表示为:

$$[0067] \quad \Delta t_i = \bar{t}_i \pm u_i; (i = 1, 2, 3)$$

[0068] 实际上 Δt_i 的大小会在一个范围内波动,据此求得的机器人的位置同样也在一个小范围内波动,采用质心加权算法优化之后的位置同理也是一个小范围内波动的位置,但这个波动范围是非常小的。针对此位置波动,给予机器人一个相应小的反应范围,则此范围内的位置误差将不会影响对机器人位置的精确定位。

[0069] 具体地,计算机模块在获取机器人当前的室内位置 (x, y, z) 后,会随机器人位置移动实时更新储存机器人的位置信息。

[0070] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

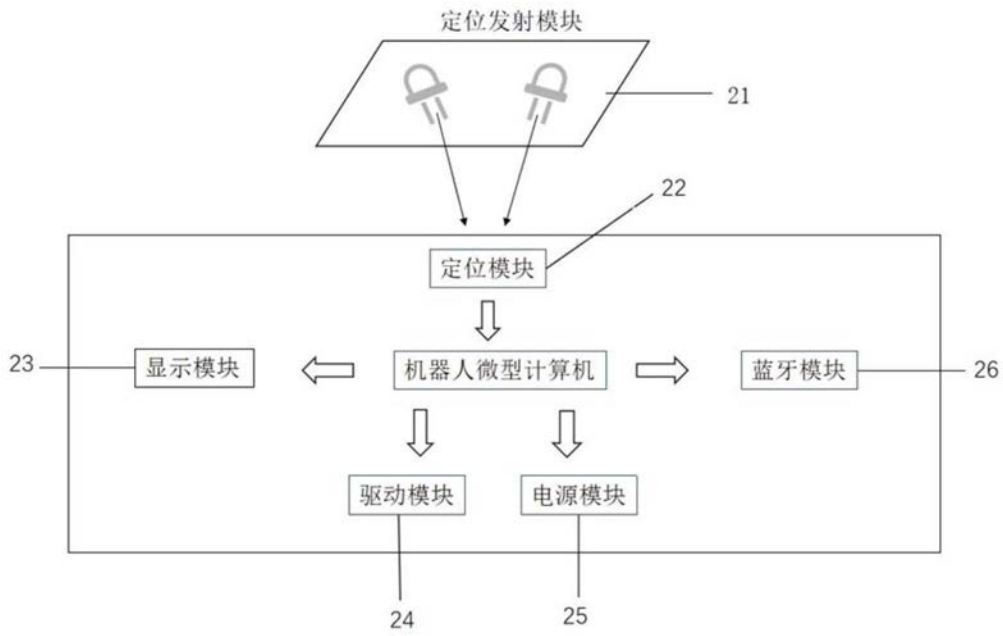


图1

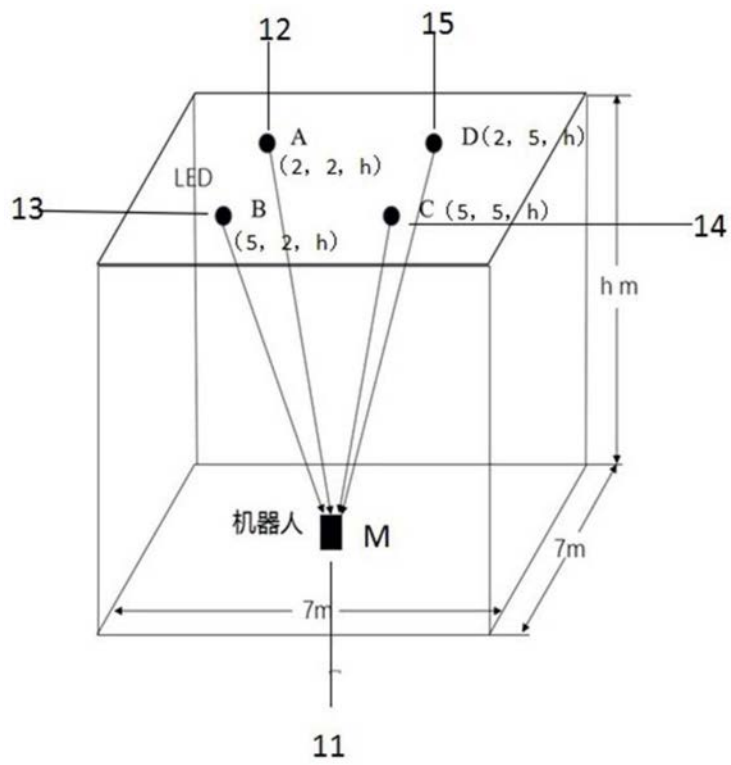


图2