



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106483500 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 07

(21) 申请号 201611019097.6

(22) 申请日 2016.11.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106483500 A

(43) 申请公布日 2017.03.08

(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 关伟鹏 易佳霖 陈颖聪 文尚胜

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102
专利代理师 何淑珍

(51) Int. Cl.
G01S 5/16 (2006.01)
H04B 10/116 (2013.01)

(56) 对比文件

CN 106130602 A, 2016.11.16

CN 104991228 A, 2015.10.21

CN 105738868 A, 2016.07.06

US 2010232311 A1, 2010.09.16

CN 105871462 A, 2016.08.17

关伟鹏等. 基于双重调制技术的可见光通信系统研究.《光电子.激光》.2015,第26卷(第11期),

Wei peng Guan et al..High precision three-dimensional iterative indoor localization algorithm using code division multiple access modulation based on visible light communication.《OpticalEngineering》.2016,第55卷(第10期),

审查员 王蒙

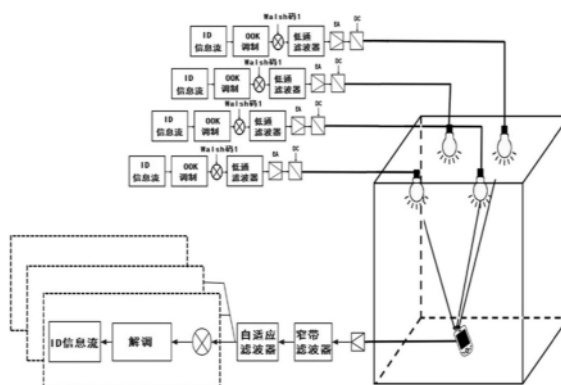
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法。由于传统的可见光室内定位系统中存在多个参考点光源,而不同参考点光源之间的由于传输路径的不同会导致码间干扰的产生,进而大大影响了室内定位的精度。为此提出一种基于CDMA调制的室内可见光通信三维定位方法。通过利用扩频编码的正交性,可以实现原本在时域与频域均重叠的光信号的分离。根据定位终端所获得的ID位置信息确定定位的位置区域;根据接收端光强衰减因子并运用所提出的RSS三角定位算法确定定位的位置坐标。比起传统的可见光通信定位技术不仅大大提高了定位的精度,而且系统简单、稳定且不需要同步发射,具有广阔的应用前景。



1. 一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、与三维物理坐标相关的所有LED灯具的ID位置信息通过CDMA调制后形成扩频信号;

步骤2、所述扩频信号由LED驱动电路驱动LED灯具发射可见光信号;

步骤3、所述可见光信号经光电检测器件转换为电信号;所述电信号通过移动终端即定位终端的检测获得光强衰减因子;所述电信号再经过CDMA解调处理后形成ID位置信息;

步骤4、定位终端根据所述ID位置信息确定定位的位置区域;

步骤5、根据所述光强衰减因子通过RSS三角迭代算法得定位位置区域内定位终端与各LED灯具之间的距离,进而获得定位终端具体的物理三维坐标;

RSS三角迭代算法如下:对于室内VLC定位系统,主要考虑直射视距链路,因为光信号从LED灯具到定位终端的光电检测器件的信道增益可表示为:

$$H(\theta) = \begin{cases} \frac{m_t+1}{2\pi d^2} \cdot A \cdot T_s(\theta) \cdot G(\theta) \cdot \cos^{m_t}(\varphi) \cdot \cos^{m_r}(\theta) & 0 \leq \theta \leq \theta_c \\ 0 & \theta > \theta_c \end{cases} \quad (1)$$

其中 θ 为LED的发射角; φ 为光电检测器件的入射角; A 为光电检测器件的有效面积, d 为LED灯具到定位终端间的距离, θ_c 为定位终端的视场角, $T_s(\theta)$ 为光学滤波器的增益, $G(\theta)$ 为光学透镜的增益, m_t 和 m_r 均为朗伯阶数;

由公式(1)可得定位单元中第 i 个LED与定位终端间距离为:

$$d_i = \sqrt{\frac{C}{H(0)_i} \cdot \cos^{m_t}(\varphi) \cdot \cos^{m_r}(\theta)} \quad (2)$$

其中,

$$C = \frac{m_t+1}{2\pi} \cdot A \cdot T_s(\theta) \cdot G(\theta) \quad (3)$$

当考虑定位终端水平放置时,有 $\varphi = \theta = \cos^{-1} \frac{H-h}{d_i}$,其中, $(H-h)$ 为LED与定位终端间的垂直距离, H 为定位单元的高度,故此公式(2)表示为:

$$d_i = \sqrt{\frac{C}{H(0)_i} \cdot (H-h)^{(m_t+m_r)}} \quad (4)$$

通过光强衰减因子的检测可以获得 $H(0)_i$,通过定位高度的判决算法可以获得 h 也即为定位终端的 z 轴坐标 z_e ;进而可以获得定位单元中第 i 个LED与定位终端间距离 d_i ;根据勾股定理,可获得定位单元中第 i 个LED与定位终端间的水平投影距离 $d_{i,x,y}$

$$d_{i,x,y}^2 = d_i^2 - (H - z_e)^2 \quad (5)$$

根据定位区域内LEDA、LEDB、LEDC三盏LED灯具,运用三角定位法,可以获得定位终端的位置坐标 (x_e, y_e)

$$\begin{cases} (x_e - x_A)^2 + (y_e - y_A)^2 = d_{A,x,y}^2 \\ (x_e - x_B)^2 + (y_e - y_B)^2 = d_{B,x,y}^2 \\ (x_e - x_C)^2 + (y_e - y_C)^2 = d_{C,x,y}^2 \end{cases} \quad (6)$$

其中, $[x_A, x_B, x_C]$ 和 $[y_A, y_B, y_C]$ 分别为LEDA、LEDB、LEDC三盏LED灯具的 x 和 y 物理坐标;最终可获得定位终端的三维坐标 (x_e, y_e, z_e) 。

2. 根据权利要求1中所述的一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法,其特征在

于,所述步骤1中的CDMA调制还包括以下步骤:

步骤11、所述的ID位置信息通过OOK基带调制形成基带调制信号;

步骤12、所述基带调制信号经过扩频码进行扩频操作,再将扰码加载到扩频后的信号中形成最终的扩频信号。

3. 根据权利要求1中所述的一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法,其特征在于,所述步骤3还包括以下步骤:

步骤31、所述可见光信号经光电检测器件的光电转换后形成电信号;所述电信号经过定位终端的检测可获得光强衰减因子;

步骤32、所述电信号经过放大、滤波后形成解扩前信号;

步骤33、CDMA解扩模块通过内置的同步电路来捕捉LED灯具所发射的扩频码的准确相位,由此产生与发送端相位一致的扩频码与所述解扩前信号进行解扩处理,还原出ID位置信息。

4. 根据权利要求1中所述的一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法,其特征在于,所述步骤5中的定位高度的判决算法还包括以下步骤:

步骤51、先分别以三个LED灯具LEDA、LEDB、LEDC为中心作圆;

步骤52、将定位终端的假定高度 h 也即为 z 坐标设定为0;

步骤53、根据公式(4)和公式(5),可以得出圆的半径为 $d_{i,x,y}$,作出位于定位终端所在平面的圆;

步骤54、计算三个圆之间的交叠面积;

步骤55、将所述定位终端的假定高度增加0.5cm;

步骤56、重复步骤52到55直至定位终端的假定高度到达最大值即LED灯具的高度值;

步骤57、找出三个圆之间交叠面积为最小时候的定位终端假定高度,此时的高度即为定位终端真实的物理位置高度。

一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信定位技术,特别涉及一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法。

背景技术

[0002] 近年来,室内定位系统(Indoor Positioning Systems,IPS)成为最热门的话题,该技术有利于人类以及智能机器人的室内服务,能够为用户提供位置信息以及推送相应的服务信息。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。然而由于多径衰落、电磁屏蔽效应以及其他无线设备的干扰使得GPS等传统的室外定位技术在室内的信号覆盖率较差,用于室内定位存在较大定位误差。故此,近年来,诞生了许多基于无线电波的室内定位技术,如:ZigBee、WiFi、RFID、蓝牙、红外定位等,这些方法提供了几米到几十厘米的定位精度。然而,这些定位系统有以下缺点:(i)需要重新配置较多的信号接入点,增加了室内定位系统的成本以及控制的难度;(ii)由于无线信号的空间分布不均匀,且稳定性不高,在同一点定位位置上波动性较强,进而限制了定位的精度;(iii)这些无线定位技术均会产生电磁干扰,一方面会受到其他无线服务的影响进而影响了定位的质量,另一方面对于类似于医院、机场等电磁敏感的场所并不适用。

[0003] 与上述的室内定位技术不同,可见光室内定位技术是一种基于可见光通信技术(visible light communication,VLC)的室内定位技术,与传统室内定位技术相比具有定位精度高、无电磁干扰、附加模块少、保密性好、兼顾通信与照明等优点,已引起国际上许多专家学者的关注。现有的VLC定位算法大致可以分为三类:场景分析法(scene analysis)、邻近法(proximity)、三角定位法(triangulation algorithm)。场景分析法是指通过将测量信息与预先校准的数据库进行匹配的一种定位算法,省去了计算的过程。然而需要进行精确的预校准,不可立即运用于一个新的环境设施里面。邻近法则依靠一个具有多个参考点的网格,每个格点都有一个已知的位置,因而定位的精度不会超过网格本身的分辨率。

[0004] 三角定位法是使用三角形的几何性质来进行位置估计的算法,它主要分为两种:角度法和多边法。角度法指测量接收端相对于若干个定位参考点的到达角(angle of arrival,AOA),通过寻找方向线的交点实现位置的估算。角度法本质上为成像定位技术,通过摄像头来捕获接收视场角(field of view,FOV)。而多边法则是通过测量接收端与不同定位参考点LED光源之间的水平投影距离进而估算出接收端的具体坐标值。定位的距离检测一般可通过到达时间(time-of-arrival,TOA)、到达时间差(time-difference-of-arrival,TDOA)或接收信号强度(Received signal strength,RSS)等方式。其中RSS算法通过测量可见光信号在空间传递过程中的衰减因子即可检测定位的距离,并不像TOA或TDOA算法中要求发射端和接收端具有严格的同步时钟周期,控制简单且具有更高的定位精度。进一步地,一般使用三角定位算法通过基于强度调制和直接检测技术(Intensity Modulation and Direct Detection,IM/DD)的接收信号强度来估算定位的距离时,至少需

要知道三个不同参考点的位置坐标,而不同参考点信源所发出的ID位置信息在时域和频域上一般是重叠的,且会由于多径效应而产生码间干扰,进而大大限制了VLC定位的精度。为了克服码间干扰,进一步提高定位的精度, Kim Hyun-Seung等采用载波分配技术,但由于发射端和接收端不随频率稳定变化,因而需要额外的补偿算法; Yang Se-Hoon等分别采用时隙分配技术和波长分配技术来克服码间干扰的影响,却需要发射端和接收端有严格的同步以及需要光学滤波器或多个接收器分集接收;这些方法都大大增加了系统的复杂程度。

发明内容

[0005] 为了克服现有技术的上述缺点与不足,本发明的目的在于提出了一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法。发射端分别对每个LED所发射的ID位置信息进行CDMA编码,通过利用扩频码的正交性,可以实现时域与频域均重叠的信号的分离,进而克服了定位系统中由于存在多个参考点光源以及多径效应所导致的码间干扰;不需要对发射端进行同步处理;大大简化了控制的复杂程度;提升了定位的精度。接收端经解扩处理后,获得ID位置信息以及对应的接收信号强度,通过ID位置信息确定定位的位置区域;通过光强的衰减因子获得定位位置区域内接收端与各LED参考点之间的距离,并通过本发明所提出的定位算法实现三维位置坐标的确定。

[0006] 本发明的目的通过以下技术方案实现:

[0007] 一种基于CDMA调制的可见光通信三维定位方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1、与三维物理坐标相关的所有LED灯具的ID位置信息通过CDMA调制后形成扩频信号;

[0009] 步骤2、所述扩频信号由LED驱动电路驱动LED灯具发射可见光信号;

[0010] 步骤3、所述可见光信号经光电检测器件转换为电信号;所述电信号通过移动终端即定位终端的检测获得光强衰减因子;所述电信号再经过CDMA解调处理后形成ID位置信息;

[0011] 步骤4、定位终端根据所述ID位置信息确定定位的位置区域;

[0012] 步骤5、根据所述光强衰减因子通过RSS三角迭代算法得定位位置区域内定位终端与各LED灯具之间的距离,进而获得定位终端具体的物理三维坐标;

[0013] RSS三角迭代算法如下:对于室内VLC定位系统,主要考虑直射视距链路,因为光信号从LED灯具到定位终端的光电检测器件的信道增益可表示为:

$$[0014] \quad H(\theta) = \begin{cases} \frac{m_t+1}{2\pi d^2} \cdot A \cdot T_s(\theta) \cdot G(\theta) \cdot \cos^{m_t}(\varphi) \cdot \cos^{m_r}(\theta) & 0 \leq \theta \leq \theta_c \\ 0 & \theta > \theta_c \end{cases} \quad (1)$$

[0015] 其中 θ 为LED的发射角; φ 为光电检测器件的入射角;A为光电检测器件的有效面积,d为LED灯具到定位终端间的距离, θ_c 为定位终端的视场角, $T_s(\theta)$ 为光学滤波器的增益, $G(\theta)$ 为光学透镜的增益, m_t 和 m_r 均为朗伯阶数;

[0016] 由公式(1)可得定位单元中第i个LED与定位终端间距离为:

$$[0017] \quad d_i = \sqrt{\frac{c}{H(\theta)_i} \cdot \cos^{m_t}(\varphi) \cdot \cos^{m_r}(\theta)} \quad (2)$$

[0018] 其中,

$$[0019] \quad C = \frac{m_t+1}{2\pi} \cdot A \cdot T_s(\theta) \cdot G(\theta) \quad (3)$$

[0020] 当考虑定位终端水平放置时,有 $\varphi = \theta = \cos^{-1} \frac{H-h}{d_i}$,其中,(H-h)为LED与定位终端间的垂直距离,H为定位单元的高度,故此公式(2)表示为:

$$[0021] \quad d_i = \sqrt{\frac{C}{H(0)_i} \cdot (H-h)^{(m_t+m_r)}} \quad (4)$$

[0022] 通过光强衰减因子的检测可以获得 $H(0)_i$,通过定位高度的判决算法可以获得h也即为定位终端的z轴坐标 z_e ;进而可以获得定位单元中第i个LED与定位终端间距离 d_i ;根据勾股定理,可获得定位单元中第i个LED与定位终端间的水平投影距离 $d_{i,x,y}$

$$[0023] \quad d_{i,x,y}^2 = d_i^2 - (H - z_e)^2 \quad (5)$$

[0024] 根据定位区域内LEDA、LEDB、LEDC三盏LED灯具,运用三角定位法,可以获得定位终端的位置坐标 (x_e, y_e)

$$[0025] \quad \begin{cases} (x_e - x_A)^2 + (y_e - y_A)^2 = d_{A,x,y}^2 \\ (x_e - x_B)^2 + (y_e - y_B)^2 = d_{B,x,y}^2 \\ (x_e - x_C)^2 + (y_e - y_C)^2 = d_{C,x,y}^2 \end{cases} \quad (6)$$

[0026] 其中, $[x_A, x_B, x_C]$ 和 $[y_A, y_B, y_C]$ 分别为LEDA、LEDB、LEDC三盏LED灯具的x和y物理坐标;最终可获得定位终端的三维坐标 (x_e, y_e, z_e) 。

[0027] 进一步地,所述步骤1中的CDMA调制还包括以下步骤:

[0028] 步骤11、所述的ID位置信息通过OOK基带调制形成基带调制信号;

[0029] 步骤12、所述基带调制信号经过扩频码进行扩频操作,再将扰码加载到扩频后的信号中形成最终的扩频信号。

[0030] 进一步地,所述步骤3还包括以下步骤:

[0031] 步骤31、所述可见光信号经光电检测器件的光电转换后形成电信号;所述电信号经过定位终端的检测可获得光强衰减因子;

[0032] 步骤32、所述电信号经过放大、滤波后形成解扩前信号;

[0033] 步骤33、CDMA解扩模块通过内置的同步电路来捕捉LED灯具所发射的扩频码的准确相位,由此产生与发送端相位一致的扩频码与所述解扩前信号进行解扩处理,还原出ID位置信息。

[0034] 进一步地,所述步骤5中的定位高度的判决算法还包括以下步骤:

[0035] 步骤51、先分别以三个LED灯具LEDA、LEDB、LEDC为中心作圆;

[0036] 步骤52、将定位终端的假定高度h也即为z坐标设定为0;

[0037] 步骤53、根据公式(4)和公式(5),可以得出圆的半径为 $d_{i,x,y}$,作出位于定位终端所在平面的圆;

[0038] 步骤54、计算三个圆之间的交叠面积;

[0039] 步骤55、将所述定位终端的假定高度增加0.5cm;

[0040] 步骤56、重复步骤52到55直至定位终端的假定高度到达最大值即LED灯具的高度值;

[0041] 步骤57、找出三个圆之间交叠面积为最小时候的定位终端假定高度,此时的高度

即为定位终端真实的物理位置高度。

[0042] 本发明还提供实现上述三维定位方法的基于CDMA调制的可见光通信三维定位系统,包括定位信息发射子系统、定位信息传输子系统和定位终端接收子系统;所述定位信息发射子系统具有OOK基带调制模块、CDMA扩频调制模块、LED驱动电路和LED灯具;所述定位信息传输子系统为室内定位空间;所述定位终端接收子系统具有光电检测器件、放大滤波处理模块、CDMA解扩模块;所述OOK基带调制模块、CDMA扩频调制模块、LED驱动电路和LED灯具依次连接;所述光电检测器件、放大滤波处理模块和CDMA解扩模块依次连接;与三维物理坐标相关的LED灯具的ID位置信息经过OOK基带调制模块后形成基带调制信号;所述基带调制信号经CDMA扩频调制模块进行扩频处理后形成扩频信号;所述扩频信号通过LED驱动电路,驱动LED灯具发射可见光信号;所述可见光信号通过室内定位空间后由光电检测器件所捕获;所述光电检测器件将可见光信号转换为电信号后,经过放大滤波处理后形成解扩前的信号;所述解扩前的信号经过CDMA解扩模块获得经过传输的ID位置信息;根据对ID位置信息的内容的具体分析,确定定位的位置区域以及光强衰减因子,结合所述基于CDMA调制的可见光通信三维定位算法获得定位区域内定位终端的三维位置坐标,进而实现定位终端位置坐标的确定。

[0043] 与现有技术相比,本发明具有以下优点和有益效果:

[0044] (1) 本发明创新性地将CDMA调制技术应用于VLC系统中,无线通信的速率与质量可成倍提高而不增加器件的带宽。

[0045] (2) 针对定位系统中多个参考点的存在而带来的多径效应的问题,本发明创新性地使用光正交码,可以分离时域与频域均重叠的信号,进而实现了码分复用,可克服由于码间干扰所带来的定位误差。

[0046] (3) 本发明创新性地将CDMA调制技术与RSS三角定位法相结合,与传统的定位系统相比,该方法不仅可以实现高精度的定位,而且由于不需要同步发射从而大大增加了VLC定位系统的稳定性。

附图说明

[0047] 图1为本发明基于CDMA调制的RSS三维定位算法实现室内可见光通信定位的系统示意图。

[0048] 图2为本发明的系统原理框图。

[0049] 图3为本发明实现基于CDMA调制的可见光通信室内定位系统原理框图。

具体实施方式

[0050] 下面结合实施例及附图,对本发明作进一步地详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0051] 实施例1

[0052] 如图1所示,为一种基于CDMA调制的RSS三维定位算法实现室内可见光通信定位的系统示意图。本实施例中,在这个 $L*W*H$ (单位:m)的系统空间模型的天花板的四个端点处设置四个LED灯具作为一个定位的位置单元,如图1所示的LED A、LED B、LED C、LED D。在距离地面 h 的水平面上,三个相同的光电二极管分别位于边长为0.01m的等边三角形的三个顶角

组成光电检测器件。

[0053] 进一步地,如图2所示的系统原理框图,将其中的三个LED灯具自身的ID位置信息通过OOK基带调制模块进行基带调制,形成基带调制信号;所述基带调制信号经过CDMA扩频模块的扩频操作后形成扩频信号。扩频操作主要分为扩频和加扰两步,首先采用扩频码对数据进行扩频,再将扰码加载到扩频后的信号中。本实施案例中采用m序列作为信道的编码,Walsh码作为地址编码。该长度为2n、具有2n个元素的Walsh码可以通过哈达玛矩阵

(Hadamard matrix) $H_n = \begin{bmatrix} H_{n-1} & H_{n-1} \\ H_{n-1} & -H_{n-1} \end{bmatrix}$ 产生。

[0054] 进一步地,经过DS-CDMA编码后,所述扩频信号经过LED驱动电路分别驱动LED灯具发射可见光ID信号,这些可见光ID信号中包含有各自LED灯具的ID位置信息;所述可见光ID信号经过自由空间到达光电检测器件;所述光电检测器件将可见光ID信号转换为电信号。

[0055] 所述电信号再依次经过放大电路、自适应滤波电路进行放大滤波处理。由于Walsh码的完全正交性,经过抽样判决后,每个LED灯具的信息经过对应的匹配自适应滤波器后,最后由CDMA解扩模块的处理而得到对应的ID位置信号和空间传播时信号的光强衰减因子。

[0056] 进一步地,再利用所述的RSS三角定位迭代算法进行处理,其大体上包括以下两步:通过使用LED灯具发送的ID位置信息来假设高度以及高度的补偿部分,再使用二维定位算法实现在XY平面的定位,进而通过迭代算法实现接收端即光电检测器件的三维位置坐标的确定。其中RSS三角定位迭代算法详细的说明如下:对于室内VLC定位系统,主要考虑直射视距链路,因为光信号从LED灯具到定位终端的光电检测器件的信道增益可表示为:

$$[0057] \quad H(\theta) = \begin{cases} \frac{m_t+1}{2\pi d^2} \cdot A \cdot T_s(\theta) \cdot G(\theta) \cdot \cos^{m_t}(\varphi) \cdot \cos^{m_r}(\theta) & 0 \leq \theta \leq \theta_c \\ 0 & \theta > \theta_c \end{cases} \quad (1)$$

[0058] 其中 θ 为LED的发射角; φ 为光电检测器件的入射角;A为光电检测器件的有效面积,d为LED灯具到定位终端间的距离, θ_c 为定位终端的视场角, $T_s(\theta)$ 为光学滤波器的增益,G(θ)为光学透镜的增益, m_t 和 m_r 均为朗伯阶数。

[0059] 由公式(1)可得定位单元中第i个LED与定位终端间距离为:

$$[0060] \quad d_i = \sqrt{\frac{C}{H(0)_i} \cdot \cos^{m_t}(\varphi) \cdot \cos^{m_r}(\theta)} \quad (2)$$

[0061] 其中,

$$[0062] \quad C = \frac{m_t+1}{2\pi} \cdot A \cdot T_s(\theta) \cdot G(\theta) \quad (3)$$

[0063] 当考虑定位终端水平放置时,有 $\varphi = \theta = \cos^{-1} \frac{H-h}{d_i}$,其中,(H-h)为LED与定位终端间的垂直距离,H为定位单元的高度,故此公式(2)可以表示为:

$$[0064] \quad d_i = \sqrt[2+m_t+m_r]{\frac{C}{H(0)_i} \cdot (H-h)^{m_t+m_r}} \quad (4)$$

[0065] 通过光强衰减因子的检测可以获得 $H(0)_i$,通过定位高度的判决算法可以获得h也即为定位终端的z轴坐标 z_e 。进而可以获得定位单元中第i个LED与定位终端间距离 d_i 。根据勾股定理,可获得定位单元中第i个LED与定位终端间的水平投影距离 $d_{i,x,y}$

$$[0066] \quad d_{i,x,y}^2 = d_i^2 - (H - z_e)^2 \quad (5)$$

[0067] 根据定位区域内LEDA、LEDB、LEDC三盏LED灯具,运用三角定位法,可以获得定位终端的位置坐标 (x_e, y_e)

$$[0068] \quad \begin{cases} (x_e - x_A)^2 + (y_e - y_A)^2 = d_{A,x,y}^2 \\ (x_e - x_B)^2 + (y_e - y_B)^2 = d_{B,x,y}^2 \\ (x_e - x_C)^2 + (y_e - y_C)^2 = d_{C,x,y}^2 \end{cases} \quad (6)$$

[0069] 其中, $[x_A, x_B, x_C]$ 和 $[y_A, y_B, y_C]$ 分别为LEDA、LEDB、LEDC三盏LED灯具的x和y物理坐标。最终可获得定位终端的三维坐标 (x_e, y_e, z_e)

[0070] RSS三角迭代算法以及所述ID位置信号,可以初步判断光电检测器件所在位置的区域,即定位单元;根据接收信号的光强衰减因子的大小,可以获得光电二极管与每个LED灯具之间的距离,进而实现位置的精确定位。

[0071] 上述实施例仅为本发明的一种实施方式,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。

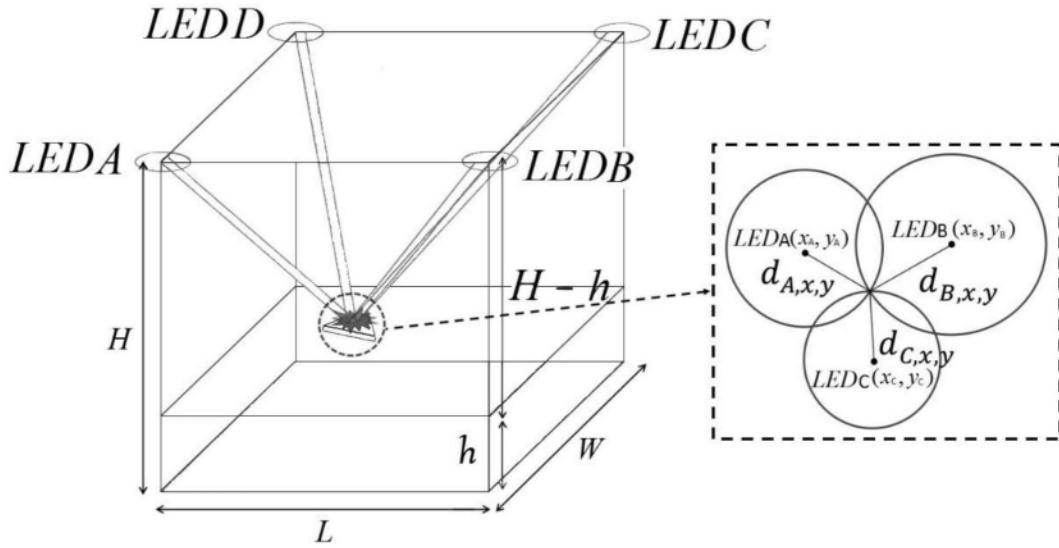


图1

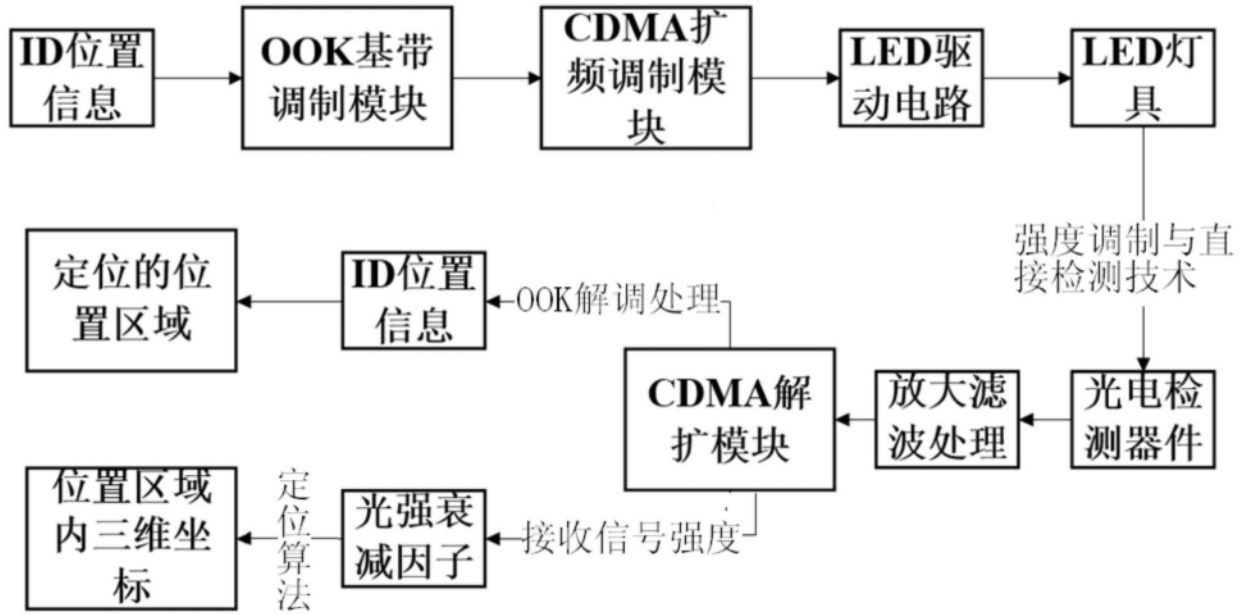


图2

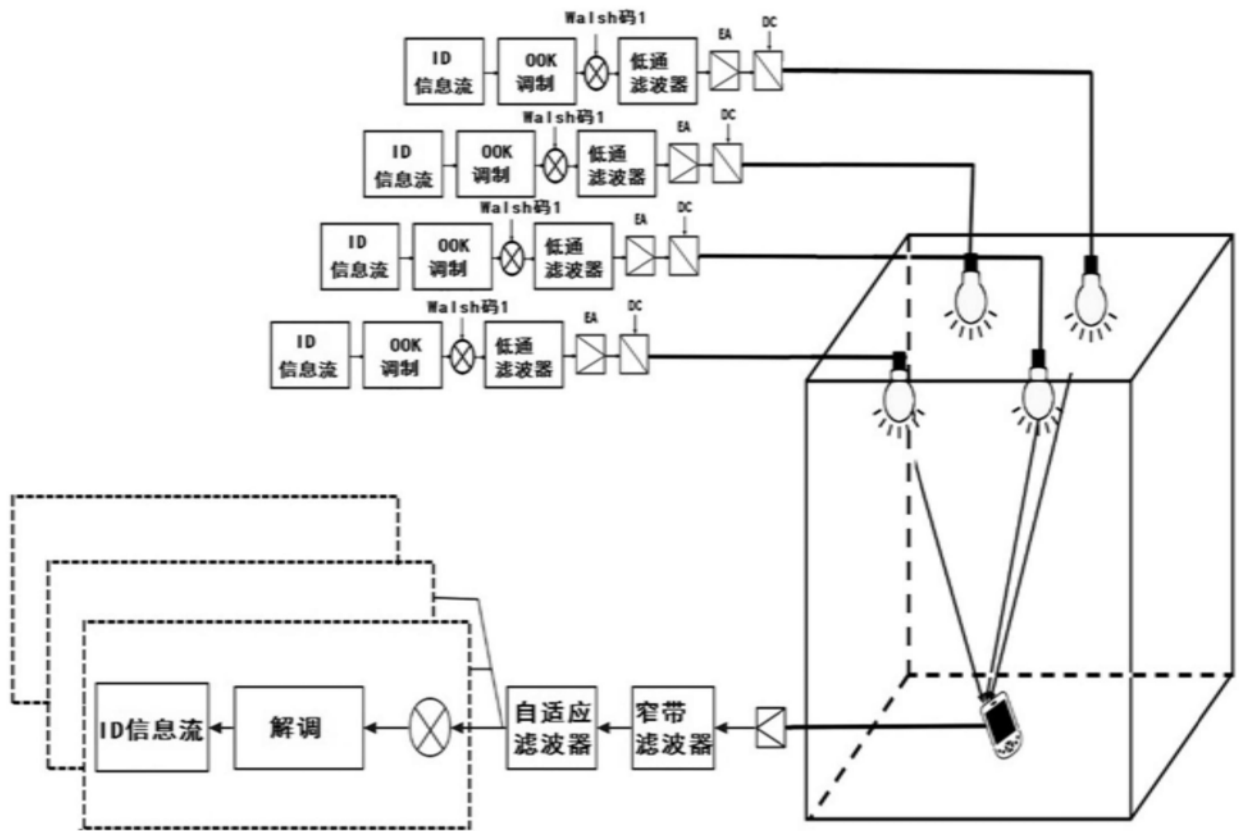


图3