



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106209235 B

(45)授权公告日 2019.01.15

(21)申请号 201610698106.2

H04B 1/707(2011.01)

(22)申请日 2016.08.20

G01S 5/16(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106209235 A

(56)对比文件

CN 104181503 A,2014.12.03,

CN 105871462 A,2016.08.17,

JP 2010147527 A,2010.07.01,

CN 104991228 A,2015.10.21,

(43)申请公布日 2016.12.07

(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

Alphan Sahin等.“Accuracy of AOA-Based
and RSS-Based 3D Localization for Visible
Light Communications”.《Vehicular
Technology Conference (VTC Fall), 2015
IEEE 82nd》.2015,

(72)发明人 吴玉香 关伟鹏 陈昊 陈颖聪

文尚胜

审查员 胡文好

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限

公司 44102

代理人 何淑珍

(51)Int.Cl.

H04B 10/116(2013.01)

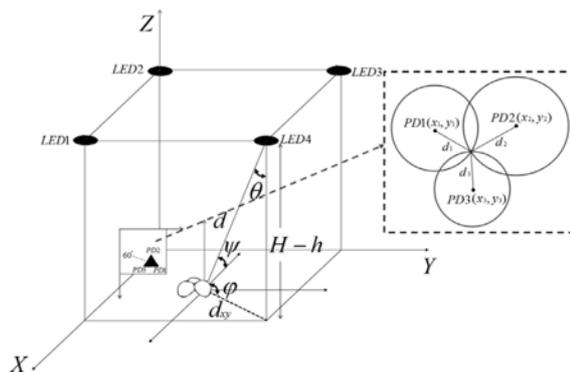
权利要求书3页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种基于CDMA调制的RSS三角定位迭代方法
及系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于CDMA调制的RSS三角定位迭代方法及系统。由于传统的可见光通信定位系统中存在多个定位参考点光源,而不同参考点光源所发出的ID信息在时域与频域上均是重叠的,且会由于多径效应等影响导致码间干扰,进而大大限制了VLC定位系统的精度。为此,本发明提出一种基于CDMA调制的RSS三角定位迭代方法,通过利用扩频码的正交性,可恢复出各LED光源的信息以及对应光信号的衰减,根据ID信息和其衰减大小,利用RSS三角定位迭代方法实现接收三维位置坐标的确定。所提出的定位算法具有良好的定位精度,系统简单且可以实现异步定位,具有广阔的应用前景。



1. 一种基于CDMA调制的RSS三角定位迭代方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、对应于每个LED灯具物理位置的ID位置信息流经过OOK基带调制模块后形成基带调制信号;

步骤2、所述基带调制信号经调制后形成扩频信号,所述CDMA调制包括以下步骤:采用m序列作为信道化编码,对所述基带调制信号进行扩频操作;采用Walsh码作为地址码,对扩频后的信号进行加扰操作;

步骤3、所述扩频信号经过与直流信号进行耦合处理后驱动LED灯具发出可见光信号;

步骤4、接收利用光电检测器件对所述可见光信号进行捕获,将光信号转换为电信号;

步骤5、所述电信号经过CDMA解扩处理后,将原本重叠的光信号分解成对应于定位区域内各盏LED灯具的解扩信号;所述解扩信号经信号比较器,获得光强衰减因子;所述解扩信号经过放大、滤波处理后,进行OOK解调操作,最终还原出ID位置信息流;

步骤6、接收根据所述ID位置信息确定定位的位置区域,根据光强衰减因子获得定位区域内接收与各LED参考点之间的距离,再根据三角定位迭代算法实现接收位置坐标的确定;

所述步骤6中的三角定位迭代算法包括以下步骤:

步骤61、可见光信号在空间传播的光强衰减因子可以通过信道的增益表示:

$$H(0) = \frac{m+1}{2\pi d^2} \cdot A \cdot T_s(\phi) \cdot G(\phi) \cdot \cos^{m_t}(\theta) \cdot \cos^{m_r}(\phi) \quad (1)$$

式中,d为LED参考点光源与接收端的距离; θ 为LED相对于法线方向的发射角; ϕ 为相对于接收端法线方向的光强入射角;A为光电检测器的有效面积; $T_s(\phi)$ 为光滤波器的增益; $G(\phi)$ 为聚光透镜增益; m_t 和 m_r 为朗伯阶数;而 $\theta = \cos^{-1} \frac{d}{h}$,h为接收端所在平面与LED灯具间的垂直距离;此处 $m_t = m_r = 1$,故上式简化为:

$$P_r^{(n)} = \frac{C}{d^2} \cos(\theta) \cdot \cos(\phi) \cdot P_t \quad (2)$$

其中,

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

在一个已知的VLC系统中,C为常数;当接收端水平放置时,有 $\phi = \theta$;则接收端与定位单元中的四盏LED的距离如下式所述:

$$d^{(n)} = \sqrt[4]{C \cdot h^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} \quad (4)$$

设接收端所在位置平面与LED灯具的垂直距离为 h_0 ,将 h_0 代入式中可得:

$$d_0^{(n)} = \sqrt[4]{C \cdot h_0^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} \quad (5)$$

由勾股定理可得,接收端与各LED定位参考点的水平距离 $d_{x,y}^{(n)}$ 为:

$$d_{x,y}^{(n)} = \sqrt{d_0^{(n)2} - h_0^2} = \sqrt{\sqrt{C \cdot h_0^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} - h_0^2} \quad (6)$$

已知发射ID位置信息的LED灯具的具体位置,则接收端通过接收三盏LED灯具的信号,再运用三角定位算法即可获得接收端在距离LED为 h_0 的二维平面上的位置坐标 (x, y) :

$$(X_n - x)^2 + (Y_n - y)^2 = d_{x,y}^{(n)2} \quad (7)$$

其中, X_n 和 Y_n 分别为A、B、C三个LED灯具的X与Y轴坐标;由此得以下方程组:

$$\begin{cases} (x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 = d_{A,x,y}^2 \\ (x - x_B)^2 + (y - y_B)^2 = d_{B,x,y}^2 \\ (x - x_C)^2 + (y - y_C)^2 = d_{C,x,y}^2 \end{cases} \quad (8)$$

通过解下述方程组可以获得接收机的二维位置坐标 (x, y) :

$$\begin{cases} 2x(x_A - x_C) + x_C^2 - x_A^2 + 2y(y_A - y_C) + y_C^2 - y_A^2 = d_{C,x,y}^2 - d_{A,x,y}^2 \\ 2x(x_B - x_C) + x_C^2 - x_B^2 + 2y(y_B - y_C) + y_C^2 - y_B^2 = d_{C,x,y}^2 - d_{B,x,y}^2 \end{cases} \quad (9)$$

通过分别测量定位区域内四盏LED中的每三盏LED所形成的三角区域进行二维位置的估算,由 $C_4^3 = 4$ 得四组 (x_n, y_n) 坐标,最终得出接收端的平均二维位置坐标 (\hat{x}, \hat{y}) ;故此,接收端与各LED灯具间的水平平均位置距离 $\widehat{d}_{x,y}^{(n)}$ 为:

$$\widehat{d}_{x,y}^{(n)} = \sqrt{(X_n - \hat{x})^2 + (Y_n - \hat{y})^2} \quad (10)$$

通过(5)、(6)和(10)三式结合,估算出接收端与各LED的垂直距离 h 为:

$$\begin{cases} h_A^4 + \left(2\widehat{d}_{A,x,y}^2 - C \cdot \frac{P_t^A}{P_r}\right) \cdot h_A^2 + \widehat{d}_{A,x,y}^4 = 0 \\ h_B^4 + \left(2\widehat{d}_{B,x,y}^2 - C \cdot \frac{P_t^B}{P_r}\right) \cdot h_B^2 + \widehat{d}_{B,x,y}^4 = 0 \\ h_C^4 + \left(2\widehat{d}_{C,x,y}^2 - C \cdot \frac{P_t^C}{P_r}\right) \cdot h_C^2 + \widehat{d}_{C,x,y}^4 = 0 \\ h_D^4 + \left(2\widehat{d}_{D,x,y}^2 - C \cdot \frac{P_t^D}{P_r}\right) \cdot h_D^2 + \widehat{d}_{D,x,y}^4 = 0 \end{cases} \quad (11)$$

其中, $[\widehat{d}_{A,x,y}, \widehat{d}_{B,x,y}, \widehat{d}_{C,x,y}, \widehat{d}_{D,x,y}]$ 分别为接收端到A、B、C、D四盏LED的平均水平距离; $[\frac{P_t^A}{P_r}, \frac{P_t^B}{P_r}, \frac{P_t^C}{P_r}, \frac{P_t^D}{P_r}]$ 可通过分别求出A、B、C、D四盏LED所发射的光信号的衰减因子获得;通过求解上述方程组可获得 $[h_A, h_B, h_C, h_D]$,进而得出接收端所在平面与LED所在平面的平均高度 \hat{h} ;

步骤62、按步骤61所获得 \hat{h} 代替 h_0 代入式(5)中进行迭代,重复公式(5)~(11)的操作 n 次, n 为正整数;最终接收端的Z轴坐标为:

$$\hat{z} = H - \hat{h} \quad (12)$$

其中, H 为室内定位单元的高度,进而获得了三维空间的位置坐标 $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ 。

2. 实现权利要求1所述基于CDMA调制的RSS三角定位迭代三维定位方法的系统,包括定位发射子系统、传输子系统和接收子系统;其特征在于,所述定位发射子系统包括OOK基带

调制模块、CDMA扩频模块、LED驱动电路和LED灯具；所述接收子系统具有：光电检测器件、信号解调处理模块和CDMA解扩模块；所述传输子系统为自由空间；所述OOK基带调制模块、CDMA扩频模块、LED驱动电路和LED灯具依次连接；所述光电检测器件、信号解调处理模块和CDMA解扩模块依次连接；加载到每个LED灯具上的ID位置信息通过与接收子系统的PN码相乘进行CDMA调制形成扩频信号；所述CDMA调制位于OOK基带调制之后和可见光信号形成之前；所述CDMA调制包括扩频和加扰两步，首先采用扩频码对数据进行扩频处理，再将扰码加载到扩频后的信号中；所述扩频信号通过LED驱动电路驱动LED灯具发出可见光信号；所述可见光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信号转换为电信号；所述电信号通过信号解调处理后还原出ID位置信息以及获得光强衰减因子；根据所述ID位置信息获得定位的位置区域；根据所述光强衰减因子通过三角定位迭代算法获得精确的位置坐标；

所述CDMA扩频模块为直接序列码分多址调制，即DS-CDMA系统。

一种基于CDMA调制的RSS三角定位迭代方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及可见光通信室内定位技术,特别涉及一种基于CDMA调制的RSS三角定位迭代方法及系统。

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。近年来,室内定位技术受到了广泛的关注,如大型仓库里的物品定位检测、大型建筑内部的导航服务等。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磁波的室内定位技术,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,在同一点定位位置点上波动性较强,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。

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一种基于码分多址(code division multiple access,CDMA)调制的RSS三角定位迭代方法及系统。发射端分别对每个LED所发射的ID位置信息进行CDMA编码,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;实现了异步定位;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,并通过迭代算法实现三维位置的定位。

[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RSS三角定位迭代方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1、对应于每个LED灯具物理位置的ID位置信息流经过OOK基带调制模块后形成基带调制信号;

[0009] 步骤2、所述基带调制信号经CDMA调制后形成扩频信号;

[0010] 步骤3、所述扩频信号经过与直流信号进行耦合处理后驱动LED灯具发出可见光信号;

[0011] 步骤4、接收利用光电检测器件对所述可见光信号进行捕获,将光信号转换为电信号;

[0012] 步骤5、所述电信号经过信号处理后获得ID位置信息以及光强衰减因子;

[0013] 步骤6、接收根据所述ID位置信息确定定位的位置区域,根据光强衰减因子获得定位区域内接收与各LED参考点之间的距离,再根据三角定位迭代算法实现接收位置坐标的确定。

[0014] 进一步地,所述步骤2中的CDMA调制包括以下步骤:

[0015] 步骤21、采用m序列作为信道化编码,对所述基带调制信号进行扩频操作;

[0016] 步骤22、采用Walsh码作为地址码,对扩频后的信号进行加扰操作。

[0017] 进一步地,所述步骤5中的信号处理包括以下步骤:

[0018] 步骤51、所述电信号经过CDMA解扩处理后,将原本重叠的光信号分解成对应于定位区域内各盏LED灯具的解扩信号;

[0019] 步骤52、所述解扩信号经信号比较器,获得光强衰减因子;

[0020] 步骤53、所述解扩信号经过放大、滤波处理后,进行OOK解调操作,最终还原出ID位置信息流。

[0021] 进一步地,所述步骤6中的三角定位迭代算法包括以下步骤:

[0022] 步骤61、可见光信号在空间传播的光强衰减因子可以通过信道的增益表示:

$$[0023] \quad H(0) = \frac{m+1}{2\pi d^2} \cdot A \cdot T_s(\phi) \cdot G(\phi) \cdot \cos^{m_t}(\theta) \cdot \cos^{m_r}(\phi) \quad (1)$$

[0024] 式中,d为LED参考点光源与接收端的距离; θ 为LED相对于法线方向的发射角; ϕ 为相对于接收端法线方向的光强入射角;A为光电检测器的有效面积; $T_s(\phi)$ 为光滤波器的增

益; $G(\phi)$ 为聚光透镜增益; m_t 和 m_r 为朗伯阶数; 而 $\theta = \cos^{-1} \frac{d}{h}$, h 为接收端所在平面与 LED 灯具间的垂直距离; 此处 $m_t = m_r = 1$, 故上式简化为:

$$[0025] \quad P_r^{(n)} = \frac{C}{d^2} \cos(\theta) \cdot \cos(\phi) \cdot P_t \quad (2)$$

[0026] 其中,

$$[0027] \quad C = \frac{m+1}{2\pi} \cdot A \cdot T_s(\phi) \cdot G(\phi) \quad (3)$$

[0028] 在一个已知的 VLC 系统中, C 为常数; 当接收端水平放置时, 有 $\phi = 0$; 则接收端与定位单元中的四盏 LED 的距离如下式所述:

$$[0029] \quad d^{(n)} = \sqrt[4]{C \cdot h^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} \quad (4)$$

[0030] 设接收端所在位置平面与 LED 灯具的垂直距离为 h_0 , 将 h_0 代入式中可得:

$$[0031] \quad d_0^{(n)} = \sqrt[4]{C \cdot h_0^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} \quad (5)$$

[0032] 由勾股定理可得, 接收端与各 LED 定位参考点的水平距离 $d_{x,y}^{(n)}$ 为:

$$[0033] \quad d_{x,y}^{(n)} = \sqrt{d_0^{(n)2} - h_0^2} = \sqrt{\sqrt{C \cdot h_0^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} - h_0^2} \quad (6)$$

[0034] 已知发射 ID 位置信息的 LED 灯具的具体位置, 则接收端通过接收三盏 LED 灯具的信号, 再运用三角定位算法即可获得接收端在距离 LED 为 h_0 的二维平面上的位置坐标 (x, y) :

$$[0035] \quad (X_n - x)^2 + (Y_n - y)^2 = d_{x,y}^{(n)2} \quad (7)$$

[0036] 其中, X_n 和 Y_n 分别为 A、B、C 三个 LED 灯具的 X 与 Y 轴坐标; 由此得以下方程组:

$$[0037] \quad \begin{cases} (x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 = d_{A,x,y}^2 \\ (x - x_B)^2 + (y - y_B)^2 = d_{B,x,y}^2 \\ (x - x_C)^2 + (y - y_C)^2 = d_{C,x,y}^2 \end{cases} \quad (8)$$

[0038] 通过解下述方程组可以获得接收机的二维位置坐标 (x, y) :

[0039]

$$\begin{cases} 2x(x_A - x_C) + x_C^2 - x_A^2 + 2y(y_A - y_C) + y_C^2 - y_A^2 = d_{C,x,y}^2 - d_{A,x,y}^2 \\ 2x(x_B - x_C) + x_C^2 - x_B^2 + 2y(y_B - y_C) + y_C^2 - y_B^2 = d_{C,x,y}^2 - d_{B,x,y}^2 \end{cases} \quad (9),$$

[0040] 通过分别测量定位区域内四盏 LED 中的每三盏 LED 所形成的三角区域进行二维位置的估算, 由 $C_4^3 = 4$ 得四组 (x_n, y_n) 坐标, 最终得出接收端的平均二维位置坐标 (\hat{x}, \hat{y}) ; 故

此, 接收端与各 LED 灯具间的水平平均位置距离 $d_{x,y}^{(n)}$ 为:

$$[0041] \quad d_{x,y}^{(n)} = \sqrt{(X_n - \hat{x})^2 + (Y_n - \hat{y})^2} \quad (10)$$

[0042] 通过 (5)、(6) 和 (10) 三式结合, 估算出接收端与各LED的垂直距离 h 为:

$$[0043] \begin{cases} h_A^4 + \left(2\overline{d_{A,x,y}}^2 - C \cdot \frac{P_t^A}{P_r}\right) \cdot h_A^2 + \overline{d_{A,x,y}}^4 = 0 \\ h_B^4 + \left(2\overline{d_{B,x,y}}^2 - C \cdot \frac{P_t^B}{P_r}\right) \cdot h_B^2 + \overline{d_{B,x,y}}^4 = 0 \\ h_C^4 + \left(2\overline{d_{C,x,y}}^2 - C \cdot \frac{P_t^C}{P_r}\right) \cdot h_C^2 + \overline{d_{C,x,y}}^4 = 0 \\ h_D^4 + \left(2\overline{d_{D,x,y}}^2 - C \cdot \frac{P_t^D}{P_r}\right) \cdot h_D^2 + \overline{d_{D,x,y}}^4 = 0 \end{cases} \quad (11)$$

[0044] 其中, $[\overline{d_{A,x,y}}, \overline{d_{B,x,y}}, \overline{d_{C,x,y}}, \overline{d_{D,x,y}}]$ 分别为接收端到A、B、C、D四盏LED的平均水平距离; $\left[\frac{P_t^A}{P_r}, \frac{P_t^B}{P_r}, \frac{P_t^C}{P_r}, \frac{P_t^D}{P_r}\right]$ 可通过分别求出A、B、C、D四盏LED所发射的光信号的衰减因子获得; 通过求解上述方程组可获得 $[h_A, h_B, h_C, h_D]$, 进而得出接收端所在平面与LED所在平面的平均高度 \hat{h} ;

[0045] 步骤62、按步骤61所获得 \hat{h} 代替 h_0 代入式 (5) 中进行迭代, 重复公式 (5) ~ (11) 的操作 n 次, n 为正整数; 最终接收端的Z轴坐标为:

$$[0046] \quad \hat{z} = H - \hat{h} \quad (12)$$

[0047] 其中, H 为室内定位单元的高度, 进而获得了三维空间的位置坐标 $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ 。

[0048] 实现所述基于CDMA调制的RSS三角定位迭代三维定位方法的系统, 包括定位发射子系统、传输子系统和接收子系统; 所述定位发射子系统包括OOK基带调制模块、CDMA扩频模块、LED驱动电路和LED灯具; 所述接收子系统具有: 光电检测器件、信号解调处理模块和CDMA解扩模块; 所述传输子系统为自由空间; 所述OOK基带调制模块、CDMA扩频模块、LED驱动电路和LED灯具依次连接; 所述光电检测器件、信号解调处理模块和CDMA解扩模块依次连接; 加载到每个LED灯具上的ID位置信息通过与接收端特定的PN码相乘进行CDMA调制形成扩频信号; 所述CDMA调制位于OOK基带调制之后和可见光信号形成之前; 所述CDMA调制包括扩频和加扰两步, 首先采用扩频码对数据进行扩频处理, 再将扰码加载到扩频后的信号中; 所述扩频信号通过LED驱动电路驱动LED灯具发出可见光信号; 所述可见光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信号转换为电信号; 所述电信号通过信号解调处理后还原出ID位置信息以及获得光强衰减因子; 根据所述ID位置信息获得定位的位置区域; 根据所述光强衰减因子通过三角定位迭代算法获得精确的位置坐标。

[0049] 进一步地, 所述CDMA扩频模块为直接序列码分多址调制, 即DS-CDMA系统。

[0050] 与现有技术相比, 本发明具有以下优点和有益效果:

[0051] (1) 首创性将CDMA调制技术应用于LED可见光通信定位系统中, 进而解决了传统的VLC定位系统中由于多个参考点光源的相互干扰而导致码间干扰等问题。CDMA应用于VLC定位系统在国际暂时鲜有相关报道, 国内暂时没有将CDMA调制应用于VLC系统中的报道。

[0052] (2) 创新性地将CDMA调制技术与RSS三角定位算法相结合, 比起传统的VLC定位系统, 本文所提出的系统不需对LED光源进行同步发射处理, 大大简化了系统控制的复杂程度。

[0053] (3) 通过创新性设计一种基于CDMA调制的RSS三角定位迭代方法,同时适用于二维、三维定位系统,具有广阔的应用前景。

附图说明

[0054] 图1为本发明基于RSS三维定位迭代算法实现可见光通信定位的示意图。

[0055] 图2为本发明的系统原理框图。

[0056] 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

[0057] 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。

[0058] 实施例1

[0059] 如图1所示,一种基于CDMA调制的RSS三角定位迭代方法的系统模型。根据室内的环境的需求布置 m 个LED灯具,其中, m 为正整数,且 $m \geq 4$;以每4个LED灯具作为一个定位的位置单元。定位的终端为光电检测器件。

[0060] 进一步地,如图2所示,加载到每个LED灯具上的ID位置信息通过与接收端特定的PN码相乘进行CDMA调制形成扩频信号;所述CDMA调制位于OOK基带调制之后和可见光信号形成之前;所述CDMA调制包括扩频和加扰两步,首先采用扩频码对数据进行扩频处理,再将扰码加载到扩频后的信号中;所述扩频信号通过LED驱动电路驱动LED灯具发出可见光信号;所述可见光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信号转换为电信号;所述电信号通过信号解调处理后还原出ID位置信息以及获得光强衰减因子;根据所述ID位置信息获得定位的位置区域;根据所述光强衰减因子通过三角定位迭代算法获得精确的位置坐标;所述CDMA扩频与解扩原理如图3所示,其中本实施案例中采用直接序列扩频技术。

[0061] 进一步地,如图3所示,为本发明中,实现基于CDMA调制的VLC定位系统原理框图。加载到每个LED上的ID位置信息通过与接收端特定的PN码(Pseudo Noise Code)相乘进行扩频操作;扩频操作位于OOK基带调制之后和可见光信号形成之前。扩频调制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。采用 m 序列作为信道的编码,Walsh码作为地址编码。一个长度为 $2n$ 、具有 $2n$ 个元素的Walsh码可以通过哈达玛矩阵(Hadamard matrix)产生,如下式所示:

$$[0062] \quad H_n = \begin{bmatrix} H_{n-1} & H_{n-1} \\ H_{n-1} & -H_{n-1} \end{bmatrix} \quad (13)$$

[0063] 生成一组具有良好相关性的二进制序列 $\vec{C}_i = \{C_{i,1}, C_{i,2}, \dots, C_{i,M}\}, i = 1, 2, \dots, M$ 满足:

$$[0064] \quad \langle \vec{C}_i \cdot \vec{C}_j \rangle = \sum_{k=1}^M C_{i,k}^* C_{j,k} = \begin{cases} M, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad (14)$$

[0065] $\langle \cdot \rangle$ 是内积运算, $(\cdot)^*$ 是共轭运算, M 是PN码 \vec{C}_i 的长度。一般来说,PN码的数目为 M ,系统所能容纳的不同的定位ID信息流(即定位区域)数目也为 M 。不同LED发送的定位ID信

息流经过OOK调制后变成带宽为B1的信号 S_i ,然后不同的ID信息再由PN码 $\vec{C}_i = \{C_1, C_2, \dots, C_M\}$ 分别扩频调制成带宽为B2的宽带信号 ($B_2 > B_1$),经驱动电路驱动LED发出可见光信号,在接收端,第k个接收的第n个ID信息符号的混合光信号如下式:

[0066]

$$r_{n,k} = P_r \cdot (S_{1,n}C_{1,k} + S_{2,n}C_{2,k} + \dots + S_{m,n}C_{m,k}) = P_r \cdot \sum_{i=1}^m S_{i,n}C_{i,k} \quad (15)$$

[0067] 其中, $S_{i,n}$ 为第i盏LED发出的第n个ID信息符号,而m是系统定位区域的数量,并且满足 $1 \leq m \leq M$ 。由式(14)可得:第n个ID信息符号经过第j ($j=1, 2, \dots, m$)个自适应滤波器后的输出为:

$$[0068] \quad Y_{j,n} = \langle \vec{r}_{n,k} \cdot \vec{C}_j \rangle = \sum_{k=1}^M (C_{j,k} \cdot P_r \cdot \sum_{i=1}^m S_{i,n}C_{i,k}) = P_r \cdot S_{i,n} \quad (16)$$

[0069] 所获得的 $Y_{j,n}$ 再通过对ID信息符号进行积分:

$$[0070] \quad Y_j = \sum_{n=1}^{n=N} Y_{j,n} \quad (17)$$

[0071] 其中,N为ID定位信息的码长;再经过抽样判决后,即可得到每个LED灯具所发射的ID信息并确定定位的位置区域。

[0072] 进一步地,通过信号比较器可以获得光强衰减因子 $H(0)$ 。再通过三角定位迭代算法可以获得定位区域内精确的位置信息

[0073] 可见光信号在空间传播的光强衰减因子可以通过信道的增益表示:

$$[0074] \quad H(0) = \frac{m+1}{2\pi d^2} \cdot A \cdot T_s(\phi) \cdot G(\phi) \cdot \cos^{m_t}(\theta) \cdot \cos^{m_r}(\phi) \quad (18)$$

[0075] 式中,d为LED参考点光源与接收端的距离; θ 为LED相对于法线方向的发射角; ϕ 为相对于接收端法线方向的光强入射角;A为光电检测器的有效面积; $T_s(\phi)$ 为光滤波器的增益; $G(\phi)$ 为聚光透镜增益; m_t 和 m_r 为朗伯阶数;而 $\theta = \cos^{-1} \frac{d}{h}$,h为接收端所在平面与LED灯具间的垂直距离。一般情况下, $m_t = m_r = 1$,故上式可以简化为:

$$[0076] \quad P_r^{(n)} = \frac{C}{d^2} \cos(\theta) \cdot \cos(\phi) \cdot P_t \quad (19)$$

[0077] 其中,

$$[0078] \quad C = \frac{m+1}{2\pi} \cdot A \cdot T_s(\phi) \cdot G(\phi) \quad (20)$$

[0079] 在一个已知的VLC系统中,C为常数。当接收端水平放置时,有 $\phi = \theta$ 。则接收端与定位单元中的四盏LED的距离如下式所述:

$$[0080] \quad d^{(n)} = \sqrt[4]{C \cdot h^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} \quad (21)$$

[0081] 设接收端所在位置平面与LED灯具的垂直距离为 h_0 ,将 h_0 代入式中可得:

$$[0082] \quad d_0^{(n)} = \sqrt[4]{C \cdot h_0^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} \quad (22)$$

[0083] 由勾股定理可得,接收端与各LED定位参考点的水平距离 $d_{x,y}^{(n)}$ 为:

$$[0084] \quad d_{x,y}^{(n)} = \sqrt{d_0^{(n)2} - h_0^2} = \sqrt{\sqrt{C \cdot h_0^2 \cdot \frac{P_t}{P_r^{(n)}}} - h_0^2} \quad (23)$$

[0085] 已知发射ID位置信息的LED灯具的具体位置,则接收端通过接收三盏LED灯具的信号,再运用三角定位算法即可获得接收端在距离LED为 h_0 的二维平面上的位置坐标 (x, y) :

$$[0086] \quad (X_n - x)^2 + (Y_n - y)^2 = d_{x,y}^{(n)2} \quad (24)$$

[0087] 其中, X_n 和 Y_n 分别为A、B、C三个LED灯具的X与Y轴坐标。由此可得以下方程组:

$$[0088] \quad \begin{cases} (x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 = d_{A,x,y}^2 \\ (x - x_B)^2 + (y - y_B)^2 = d_{B,x,y}^2 \\ (x - x_C)^2 + (y - y_C)^2 = d_{C,x,y}^2 \end{cases} \quad (25)$$

[0089] 通过解下述方程组可以获得接收机的二维位置坐标 (x, y) :

[0090]

$$\begin{cases} 2x(x_A - x_C) + x_C^2 - x_A^2 + 2y(y_A - y_C) + y_C^2 - y_A^2 = d_{C,x,y}^2 - d_{A,x,y}^2 \\ 2x(x_B - x_C) + x_C^2 - x_B^2 + 2y(y_B - y_C) + y_C^2 - y_B^2 = d_{C,x,y}^2 - d_{B,x,y}^2 \end{cases} \quad (26)$$

[0091] 进一步地,通过分别测量定位区域内四盏LED中的每三盏LED所形成的三角区域进行二维位置的估算,由 $C_4^3 = 4$ 可得四组 (x_n, y_n) 坐标,最终得出接收端的平均二维位置坐标

(\hat{x}, \hat{y}) 。故此,接收端与各LED灯具间的水平平均位置距离 $\widehat{d}_{x,y}^{(n)}$ 为:

$$[0092] \quad \widehat{d}_{x,y}^{(n)} = \sqrt{(X_n - \hat{x})^2 + (Y_n - \hat{y})^2} \quad (27)$$

[0093] 通过(22)、(23)和(27)三式结合,可以估算出接收端与各LED的垂直距离 h 为:

$$[0094] \quad \begin{cases} h_A^4 + \left(2\widehat{d}_{A,x,y}^2 - C \cdot \frac{P_t^A}{P_r}\right) \cdot h_A^2 + \widehat{d}_{A,x,y}^4 = 0 \\ h_B^4 + \left(2\widehat{d}_{B,x,y}^2 - C \cdot \frac{P_t^B}{P_r}\right) \cdot h_B^2 + \widehat{d}_{B,x,y}^4 = 0 \\ h_C^4 + \left(2\widehat{d}_{C,x,y}^2 - C \cdot \frac{P_t^C}{P_r}\right) \cdot h_C^2 + \widehat{d}_{C,x,y}^4 = 0 \\ h_D^4 + \left(2\widehat{d}_{D,x,y}^2 - C \cdot \frac{P_t^D}{P_r}\right) \cdot h_D^2 + \widehat{d}_{D,x,y}^4 = 0 \end{cases} \quad (28)$$

[0095] 其中, $[\widehat{d}_{A,x,y}, \widehat{d}_{B,x,y}, \widehat{d}_{C,x,y}, \widehat{d}_{D,x,y}]$ 分别为接收端到A、B、C、D四盏LED的平均

水平距离; $\left[\frac{P_t^A}{P_r}, \frac{P_t^B}{P_r}, \frac{P_t^C}{P_r}, \frac{P_t^D}{P_r}\right]$ 可通过分别求出A、B、C、D四盏LED所发射的光信号的衰减因子获得。通过求解上述方程组可获得 $[h_A, h_B, h_C, h_D]$,进而得出接收端所在平面与LED所在平面的平均高度 \hat{h} 。

[0096] 步骤62、按步骤61所获得 \hat{h} 代替 h_0 代入式(22)中进行迭代,重复公式(22)~(28)的操作 n 次, n 为正整数。最终接收端的Z轴坐标为:

[0097] $\hat{z} = H - \hat{h}$ (29)

[0098] 其中,H为室内定位单元的高度。进而获得了三维空间的位置坐标 $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ 。而定位的精度则主要取决于迭代的次数。

[0099] 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。

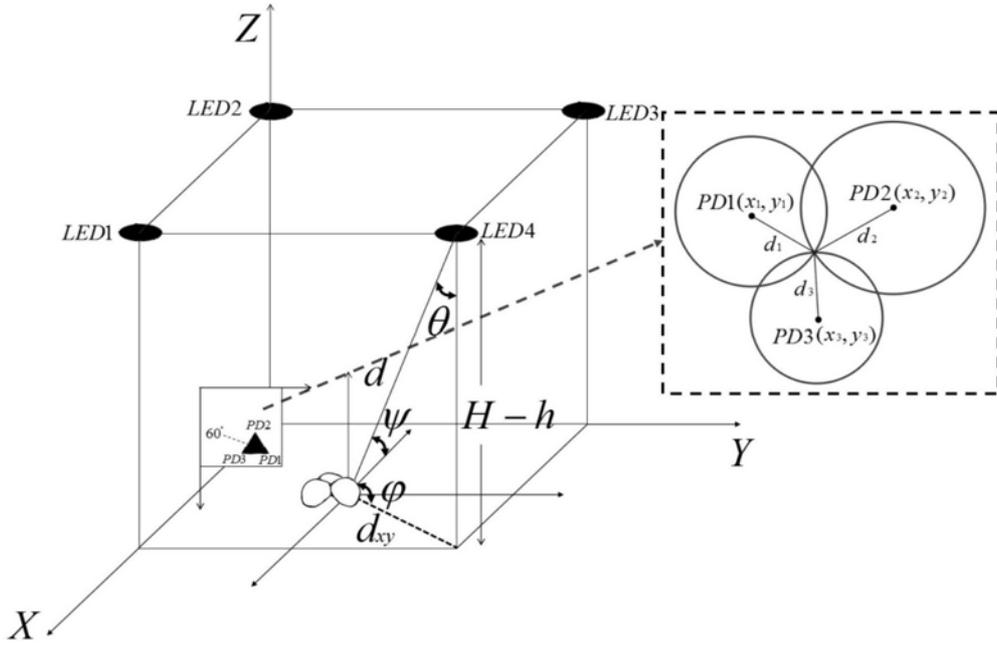


图1

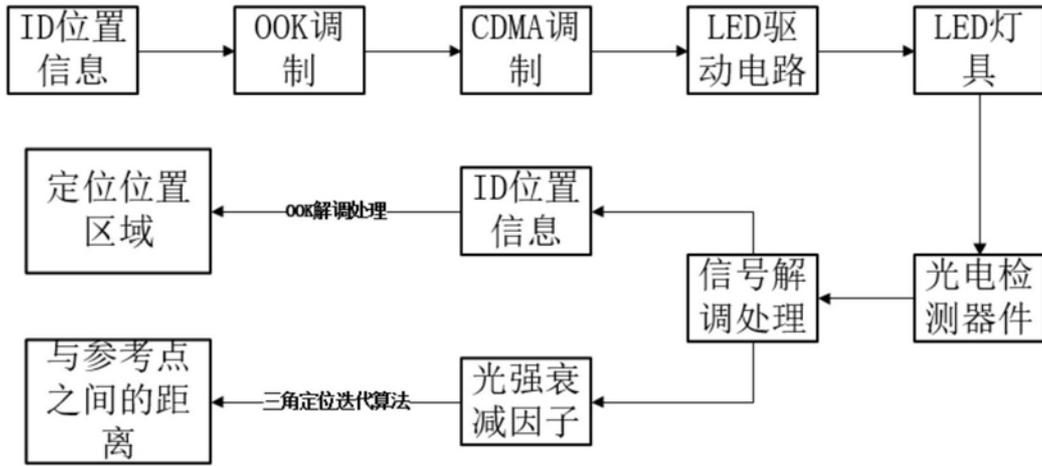


图2

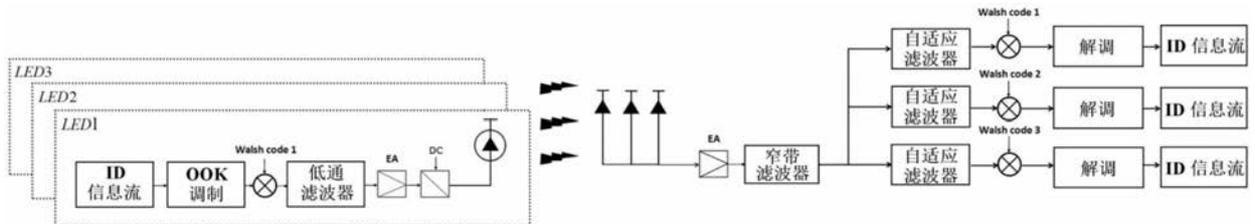


图3