

文章编号: 2095-2163(2019)04-0288-02

中图分类号: TP311.56

文献标志码: A

基于可见光的室内导航系统建立

罗欢, 缪月琴, 莫瑞, 金广, 罗国泰, 余国行

(上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620)

摘要: 本文提出在三边定位法的基础上再利用成像定位法来实现室内的精度定位。利用 LED 照明装置作为信息发射源, 在充分考虑传输距离对定位性能影响的基础上, 先利用三边算法找到目标的大概范围, 然后利用成像法来实现精确定位。

关键词: 室内定位; 三边定位法; 成像法

Establishment of indoor navigation system based on visible light

LUO Huan, MIAO Yueqin, MO Rui, JIN Guang, LUO Guotai, YU Guohang

(School of Electronic and Electrical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

[Abstract] Based on the trilateral positioning method, the imaging positioning method is used to realize the indoor precision positioning. Using the LED lighting device as the information transmission source, based on the full consideration of the influence of the transmission distance on the positioning performance, the three-edge algorithm is used to find the approximate range of the target, and the imaging method is used to achieve accurate positioning.

[Key words] indoor positioning; trilateral positioning; imaging method

0 引言

随着无线局域网 (Wireless Local Area Network, WLAN) 的普及以及手机等个人设备的发展, 特别是在一些复杂的室内环境。人们对定位导航的需求也开始不断增大。全球定位系统 (GPS) 作为应用最广泛的定位系统, 虽然在室外环境中可以取得很好的定位效果, 但在室内环境中, 由于 GPS 信号会受到障碍物的衰减作用, 定位效果并不理想。到目前为止, 研究人员提出并研究了多种针对室内场景的定位系统, 如基于图像的定位系统^[1]、基于射频 (RF) 信号的定位系统^[2]、超宽带定位系统^[3-4], 还提出了一种基于图像传感器的可见光定位系统^[7]。然而, 大多数基于无线通信的系统会受到电磁干扰影响, 不能精确进行定位或是受限于成本过高。可见光通信 (VLC) 作为一种新兴的无线通信方式, 在电磁辐射、使用环境、安全性等方面与射频无线通信方式相比有明显的优势^[5-6], 可见光定位技术得到了较为深入的研究。现阶段常用的可见光定位技术主要集中在基于收发两端距离估计的三边定位法的应用。

本文提出在三边定位法的基础上再利用成像定位法来实现室内的精度定位。利用 LED 照明装置

作为信息发射源, 在充分考虑传输距离对定位性能影响的基础上, 首先利用三边算法找到目标的大概范围, 然后利用成像法来实现精确定位。

1 定位原理

1.1 定位系统

使用 3 个 LED 作为信号发送端, 考虑到不同 LED 发出的光在自由空间传播过程中会产生叠加效应。为了获取不同 LED 发出的信号, 采用时分复用技术, 将每盏 LED 灯发出的信号在时域上错开, 并为每盏 LED 灯分配不同的身份标签 (LED-ID), 通过信号发生器调制 LED 灯发出的光束。3 灯模型如图 1 所示。

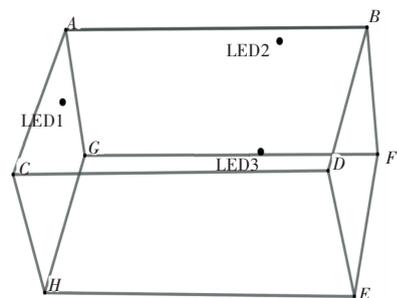


图1 基本室内3灯模型

Fig. 1 Basic indoor three-lamp model

首先需要根据接收端的信号强度来估计收发两

基金项目: 2018 大学生创新训练项目 (CS1802002)。

作者简介: 罗欢 (1998-), 男, 本科生, 主要研究方向: 电气装备运行与控制; 缪月琴 (1988-), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 汽车电子。

收稿日期: 2019-03-22

端的实际距离。在此把收发两端分别置于同一水平线上且多次测量记录数据求平均值。然后将收发端距离和对应的功率值描点作出图像,形成函数就可得出功率与距离的关系。由于发送端硬件 LED 灯有微小的差异,测量的功率不同,因此需要分别对 3 个 LED 灯进行测量。

1.2 三边定位法

三边定位法是一种基于距离信息实施定位的方法。其基本思想是:已知 3 个发送端的坐标和发送端到待测点间的距离,就可以唯一确定待测点的坐标。三边定位法的公式为:

$$\begin{aligned} (X_1 - X)^2 + (Y_1 - Y)^2 + (H)^2 &= d_1^2; \\ (X_2 - X)^2 + (Y_2 - Y)^2 + (H)^2 &= d_2^2; \\ (X_3 - X)^2 + (Y_3 - Y)^2 + (H)^2 &= d_3^2. \end{aligned} \quad (1)$$

其中, (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 (x_3, y_3, z_3) 分别为 3 个 LED 灯的位置坐标, d_1 、 d_2 、 d_3 分别为待测点到发送端的距离。由于室内定位的发送端都分布在室内定位空间的顶层,即有 $z_1 = z_2 = z_3 = H$ (H 为房屋的高度),接收端在底层, $z = 0$ 。

由此可得待测点的坐标 X , 将式(1)化简整理成矩阵形式为:

$$AX = B \quad (2)$$

$$A = \begin{bmatrix} (X_2 - X_1)(Y_2 - Y_1) \\ (X_3 - X_1)(Y_3 - Y_1) \\ (X_3 - X_2)(Y_3 - Y_2) \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} (d_1^2 - d_2^2) + (x_2^2 + y_2^2) - (x_1^2 + y_1^2) \\ (d_1^2 - d_3^2) + (x_3^2 + y_3^2) - (x_1^2 + y_1^2) \\ (d_2^2 - d_3^2) + (x_3^2 + y_3^2) - (x_2^2 - y_2^2) \end{bmatrix};$$

A 和 B 是由已知参数确定的已知向量,于是可以得到 X 的解:

$$X = (A^T A)^{-1} A^T B \quad (3)$$

这样以坐标为圆心就可以确定接收器的位置范围。

1.3 成像法

1.3.1 成像接收

利用图像传感器接收光信号有多种方法。文献[7]利用图像传感器加透镜的方法对 LED 阵列成像,并通过距离的几何关系计算目标位置。但计算复杂,本文采用了一种有限制但可以快速且简单的计算接收器位置的图像方法。

1.3.2 成像计算

系统采用 3 个坐标已知的 LED 作为发射端, LED 发射的光线在接收端被图像传感器接收,并且计算出各自的三维位置坐标,如图 2 所示。

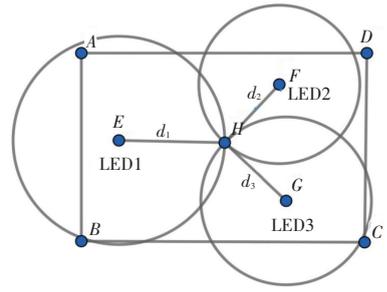


图 2 成像计算原理

Fig. 2 Principle of imaging calculation

经过图像传感器的图片按照比例 n 算出传感器距离各 LED 的实际距离 d_i , 从而根据各 LED 的位置坐标计算出传感器位置。

$$\begin{aligned} (X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 &= d_1^2; \\ (X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 &= d_2^2; \\ (X - X_3)^2 + (Y - Y_3)^2 &= d_3^2. \end{aligned}$$

2 结束语

当前,定位技术已经被广泛地应用到各行各业,人们也在需求更多的定位方式。如何提高定位技术的准确度和找出适用性较广的定位算法,从而更好地满足人们的需求是定位技术发展迫切需要解决的问题。本文提出的在三边定位法的基础上,再利用成像定位法来实现室内的精度定位方法值得利用和进一步研究。

参考文献

- [1] Hlle H, Borriello G. Positioning and orientation in indoor environment using camera phones [J]. IEEE Graphics and Applications, 2008, 28(4): 32-39.
- [2] 肖竹,王勇超,田斌,等. 超宽带定位研究与应用:回顾和展望 [J]. 电子学报, 2011, 39(1): 133-141.
- [3] Hossain AKMM, Van Nguyen H, JIN Yueye. Indoor localization using multiple wireless technologies [C]//IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor System. Pisa, Italy: IEEE, 2007: 1-8.
- [4] Gezici S, Tian Zhi, Giannakis G B. Localization via ultra-wideband radios: A look at positioning aspects for future sensor networks [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2005, 22(4): 70-80.
- [5] Yoshino M, Haruyama S, Nakagawa M. High-accuracy positioning system using visible lights and image sensor [C]//IEEE Radio and Wireless Symposium. Orlando, Florida, USA: IEEE, 2008: 439-442.
- [6] Thomas Q, Wang Y, Sekercioglu A, et al. Analysis of an optical wireless receiver using a hemispherical lens with application in MIMO visible light communications [J]. Journal of Lightwave Technology (S0733-8724), 2013, 31(11): 1744-1754.
- [7] Kim H S, Kim D R, Yang S, et al. Mitigation of inter-cell interference utilizing carrier allocation in visible light communication system [J]. IEEE Communication Letter (S1089-7798), 2012, 16(4): 526-529.