

室内定位技术研究综述

曹子腾¹, 郭 阳¹, 赵正旭², 刘曼云¹

(1. 石家庄铁道大学 复杂网络与可视化研究所, 河北 石家庄 050000;

2. 青岛理工大学, 山东 青岛 266520)

摘要:随着时代的发展与进步,位置信息在人们的生活中凸显着越来越重要的作用。室外条件下的定位技术已经足够成熟,并且精度已经达到“十米级”,甚至有些应用到军事方面的定位技术的精度已经控制在“米级”以内。但是因为室内墙壁等建筑物对信号的遮挡,使得基于室外的定位技术无法应用到室内,并且“米级”的定位精度已经无法满足室内环境中对定位的要求。室内定位技术因为环境复杂等因素成为现今的研究热点。通过对现有的几种常见的室内定位技术进行研究,分析了其技术原理,对其优点以及局限性进行了概括。随后详细分析了两种使用频率高的室内定位方法的原理,分别为三边定位法和位置指纹定位法。然后对室内定位技术的一些应用进行了总结,又总结了一些关键技术难点,并对室内定位技术的前景做出了展望。

关键词:室内定位;定位技术;定位方法;三边定位;位置指纹定位

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)06-0202-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.06.039

Survey of Indoor Positioning

CAO Zi-teng¹, GUO Yang¹, ZHAO Zheng-xu², LIU Man-yun¹

(1. Institute of Complex Networks and Visualization, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050000, China;

2. Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, China)

Abstract: With the development and progress of the times, location information plays an increasingly important role in people's life. Outdoor positioning technology is mature enough, and the accuracy has reached the "ten-meter level", and even some positioning technology applied to the military has been controlled within the "meter level". Because the walls and other buildings block the signal, the positioning technology based on outdoor cannot be applied to indoor, and the positioning accuracy of "meter-level" has been unable to meet the requirements of indoor environment for positioning. Indoor positioning technology has become the focus of current research because of its complex environment and other factors. Through the study of several common indoor positioning technologies, the advantages and disadvantages are summarized. Then the principle of two indoor positioning methods with high frequency is introduced in detail, which are three-sides positioning and position fingerprint location. After summarizing the application of indoor positioning technology, several key technology difficulties are summarized, and the prospect of indoor positioning is forecasted.

Key words: indoor positioning; positioning technology; positioning method; three-sides positioning; position fingerprint location

0 引言

现如今,随着科技日益进步,电子产品越来越普及,功能也越来越强大,人们对位置信息的需求越来越大,不仅在人们的日常生活方面需要位置的信息,在工业、商业和服务业都对位置的信息有着很大的需求。

定位,就是确定某人或物体的位置。定位技术根据环境不同又可以分为室外环境下的定位技术和室内环境下的定位技术,这两种技术之间看似相似却大相

径庭^[1]。首先是环境的不同,室外环境相对空旷,障碍物较少,而室内环境障碍物多,例如墙壁、家具等;其次是维数不同,室外环境下,一般实现二维定位即可,而在室内环境下因为楼房和地下建筑较多,二维定位已经远远不能满足需求;再有对定位精度的要求也不同,室外定位实现“米级”已经可以满足绝大部分普通用户的需求,甚至“十米级”也已足矣,但是在室内环境中的定位对精度要求更高甚至要达到“厘米级”才能

收稿日期:2019-07-03

修回日期:2019-11-05

基金项目:河北省自然科学基金项目(F2018210058);河北省教育厅青年基金项目(QN2016272)

作者简介:曹子腾(1996-),女,硕士,研究方向为室内定位技术;郭 阳,硕导,讲师,研究方向为复杂网络与可视化、虚拟现实技术;赵正旭,博导,教授,研究方向为虚拟现实技术和应用、信息组织。

满足用户的需要。

目前,基于位置服务的各种研究层出不穷,最早人们研究的主要是基于室外的定位技术。现今室外定位技术已经成熟,例如:美国全球卫星导航系统 GPS、俄罗斯的“格洛纳斯”、欧盟的“伽利略”以及中国北斗卫星导航系统^[2]。这些定位技术已经足以满足大多数室外环境下的定位,但是由于在室内条件下,障碍物多、环境复杂甚至多维,使得这些室外定位技术一旦应用到室内环境条件下,使用的精度会出现很大程度的降低,所以这些技术无法直接应用到室内。比如说基于 GPS 的定位系统在室内因为卫星和 GPS 接收器之间很难通信,所以很难实现定位^[3]。那么,如何实现在复杂的室内环境下获得位置信息,已经成为现今的研究热点,针对不同的局限性需要采取不同的解决方案^[4]。

1 室内定位技术

现如今存在的室内定位技术主要有红外线定位技术、超声波定位技术、蓝牙定位技术、WiFi 定位技术、超宽带定位技术、射频识别定位技术以及地磁定位技术。其中依赖辅助设备的定位技术有红外线定位技术、超声波定位技术、蓝牙定位技术、WiFi 定位技术、超宽带定位技术、射频识别定位技术。基于辅助设备的室内定位技术的原理主要是通过室内部署设备进行测距,再由后台进行定位计算,结构如图 1 所示。

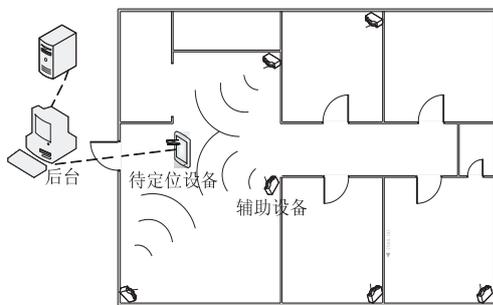


图 1 基于辅助设备的室内定位原理

1.1 红外线定位技术

波长与频率之间的关系为:波长与频率成反比,频率高则能量大,能量越大则穿透性越强。红外线的波长介于微波和可见光之间,且红外线折射较少,传播距离较长,红外线定位技术正是受此启发采用了红外线的特点,在被定位的设备上安装可以发射红外线的仪器,再在室内安装接收红外线信号的传感器,通过计算红外线发射设备发出红外线信号到红外线接收设备接收信号的时间,再根据红外线在空气中的传播速度,以此可测定标签距固定位置的红外线接收设备的距离,计算出红外线发射设备与接收设备之间的距离后,再通过后台定位算法计算位置坐标。

红外线定位技术定位精度相对较高,环境部署也

相对简单,但是因为红外线波波长、频率低、能量小,所以穿透能力差,无法穿透室内的墙壁等建筑物,并且容易被室内的其他灯光干扰,所以使用此方法定位具有局限性。

1.2 超声波定位技术

超声波是一种声波,人耳能接收的声波频率在 20 赫兹到 2 000 赫兹之间,超声波频率很高,已经超出了人耳所能听到的范围,因为频率高,所以能量大、穿透能力很强。超声波定位,与红外线定位技术原理类似,通过在室内布置超声波接收设备作为参考点。超声波发射器发射超声波后,由参考点接收并做出回应,根据此过程中参考设备接收到的超声波的时间,以及超声波的传播速度,可以计算出参考节点之间的距离,然后再根据一些计算位置信息的算法计算出待测节点的位置,例如三边定位算法。

超声波定位的优点是定位精度相对较高,但是超声波在空气中传输时会出现较大的衰减,所以传输的范围有限,会影响定位精度,并且超声波定位技术需要的设备成本高^[5],不能做到普遍适用。

1.3 蓝牙定位技术

蓝牙是一种无线技术标准,可以实现较短距离的信息或数据交换,例如短距离的固定设备或者移动设备之间等。蓝牙定位技术现如今也是一种较为流行的定位技术,此技术需要通过在室内铺设三个以上 beacon 基站^[6],当具备蓝牙功能的移动设备进入室内环境后,可以接收到来自 beacon 基站发送的广播报文,根据此报文测量出接收功率,通过功率衰减与距离的函数公式计算出移动设备与 beacon 基站之间的距离,再通过某些算法,例如三边定位算法,计算出移动设备的位置。

蓝牙定位技术现在的使用较为广泛,因为现今的终端设备如手机平板等都具备蓝牙的功能。但是蓝牙定位的使用也具有局限性。例如,室内的其他信号可能会对蓝牙信号产生干扰,并且其定位的范围相对较小等。

1.4 WiFi 室内定位

有关室内定位技术的一些研究考虑的问题不能只考虑精度问题,还应该考虑成本问题,大部分现如今存在的定位技术或多或少都需要较为昂贵的成本,但是后来有人提出室内的无线信号 WiFi 是否能用来进行定位。现今 WiFi 广泛使用在各种大小建筑内,所以越来越多的个人或企业开始着手于对 WiFi 室内定位的研究,例如百度、谷歌等知名企业。于是,越来越多的以无线网络为基础的室内定位方案被提出^[7]。例如其中一种 WiFi 定位的工作原理大致概括如下:在室内布置至少三个固定的 AP 信号在便于安装的位置,后台

系统或者管理员清楚地了解这些 AP 信号的具体位置,并且对硬件的要求是移动设备必须能够连接 WiFi,通过测量移动设备的接收信号强度值^[8] (received signal strength indication, RSSI),根据 RSSI 值与其传播速度或者方向等信息,再由后台通过一些定位方法计算移动终端的位置。定位的方法常用的主要有两种,一种是传统的基于测距的定位方法,例如三边定位方法,另一种是非测距的位置指纹定位方法^[9]。

WiFi 室内定位技术的精度较高,并且成本较小,环境搭建起来也相对较为简单,但是由于 WiFi 信号的带宽小,室内复杂的信号传播环境使得基于测距的方法实现起来会有较大误差,所以大多采用指纹定位方法,具体的指纹定位算法在下文中的室内定位方法中会有详细介绍。

1.5 超宽带定位

超宽带 (ultra wide band, UWB) 技术是一种新型的无线通信技术。因为它的带宽很大,所以解决了普通的无线技术在传播过程中信号会产生衰减影响定位精度的难题。因为它对信道衰落不敏感等优点,所以可以做室内范围内近距离精确的定位。超宽带室内定位技术在现如今因其优势被广泛使用。超宽带定位技术的定位原理是在室内环境下部署一些可以接收超宽带脉冲信号的基站,通过待定位人员或物体携带可以发送超宽带脉冲信号的设备,当其发送位置数据的时候由基站进行接收,通过到达各个基站的时间差利用定位算法计算出位置,一般采用基于到达时间或到达时间差的算法^[10]。

超宽带定位技术的定位精度相对较高,但是无法在大范围的室内环境下实现全覆盖从而会影响定位,并且硬件建设成本高,不能做到普遍适用。

1.6 射频识别定位技术

射频识别定位 (radio frequency identification, RFID)^[11] 通过在室内环境部署读写器设备和 RFID 标签,通过射频信号实现数据的通信,以此来交换数据信息进行定位。其定位原理与 GPS 类似,RFID 标签在接收多个分布在室内的读写器信号后计算出信号强度值,再根据信号强度值反推其坐标。

射频识别定位技术的优点是定位时间短、精度高,但是其作用距离短是一个很大的使用局限。

1.7 地磁定位技术

地球上的南北极之间形成一个基本的磁场,但是这些磁场会受到钢材材料的影响,室内环境中会有各种钢筋等建筑材料,可以认为室内的每个位置的磁场都是不同的,所以就可以根据这些特有的属性进行定位,定位方法一般采用基于指纹的定位方法。

地磁定位的优点是不需要依赖额外的硬件设备,

成本低。缺点是需要大量的数据采集工作^[12],而且室内环境中的一个钢铁制品可能就会影响磁场的分布,所以信号很容易受到干扰。

1.8 其他室内定位技术

除了上述介绍的几种常见的室内定位技术以外,还有其他几种室内定位技术,例如 ZigBee 定位技术、视觉定位技术等。

2 室内定位方法

现有的室内定位方法有很多种,主要可以分为以下几类,最近邻法、质心法、极点法、多边定位法 (例如三边定位法)、位置指纹法、场景分析法、航位推算法^[13]。在以上介绍室内定位技术时提到两种方法:三边定位法和位置指纹定位方法,这两种定位方法也是现如今 WiFi 定位技术中较常用的两种定位方法。

2.1 三边定位方法

三边定位方法主要使用在有辅助测量设备的定位技术中,例如超声波定位技术、蓝牙定位技术、WiFi 定位技术等。其主要原理如下:已知三个辅助设备的位置坐标,以这三个位置为圆心,以待定位标签与辅助设备的距离为半径,分别作圆。理论上,所做出的三个圆的交点即为待定位标签的坐标。如图 2 所示:三个辅助节点分别为 AP₁、AP₂、AP₃,待定位标签的位置设为 P,AP₁、AP₂、AP₃ 的坐标位置已知,并且 AP₁、AP₂、AP₃ 到 P 的距离 d₁、d₂、d₃ 可以测量出来,测量方法是先测量出 RSSI 值,再通过 RSSI 值与距离的转化公式求得。于是,可得方程如下:

$$\begin{aligned} (a_1 - a)^2 + (b_1 - b)^2 + (c_1 - c)^2 &= d_1^2 \\ (a_2 - a)^2 + (b_2 - b)^2 + (c_2 - c)^2 &= d_2^2 \\ (a_3 - a)^2 + (b_3 - b)^2 + (c_3 - c)^2 &= d_3^2 \end{aligned}$$

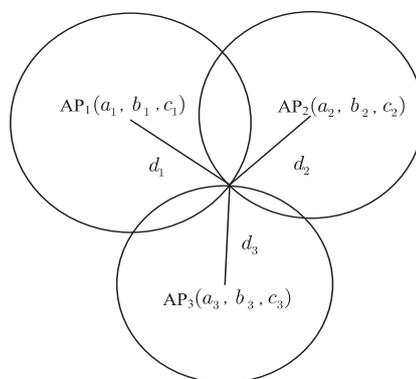


图2 三边定位(a)

根据方程可得出待测目标的位置。但是以上方法将数据理想化,现实中三个圆可能并不能交于一点,一般会交于一个区域,求此区域方程如下:

$$\begin{aligned} (a_1 - a)^2 + (b_1 - b)^2 + (c_1 - c)^2 &\leq d_1^2 \\ (a_2 - a)^2 + (b_2 - b)^2 + (c_2 - c)^2 &\leq d_2^2 \end{aligned}$$

$$(a_3 - a)^2 + (b_3 - b)^2 + (c_3 - c)^2 \leq d_3^2$$

待定位标签就存在于此区域内,也就有了定位的误差,如图3所示。

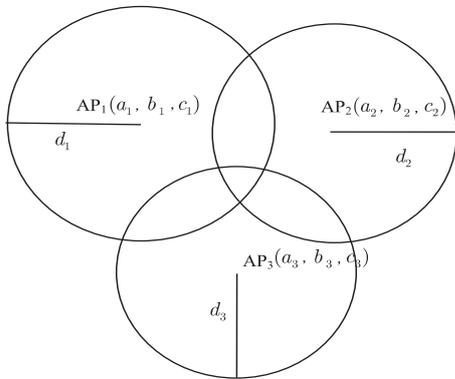


图3 三边定位(b)

2.2 位置指纹定位方法

位置指纹定位方法的基本概念是:将室内环境分为若干块,每一块都有一个特定的“指纹”,该“指纹”并不是传统意义上的指纹,而是指该位置的特征信息,例如信号强度RSSI值、方向等特征都可以作为“指纹库”^[14]的一部分。测出待定位标签的信号强度、方向等属性,再与“指纹库”中的指纹进行匹配,找出最接近的一个位置指纹即为该标签的位置。这种方法的精度与指纹库的大小有关系,所以对场景划分越细致,那么精度越高。该方法的精度较高且后期定位较为简便,但是需要大量的前期工作,指纹定位方法的流程如图4所示。

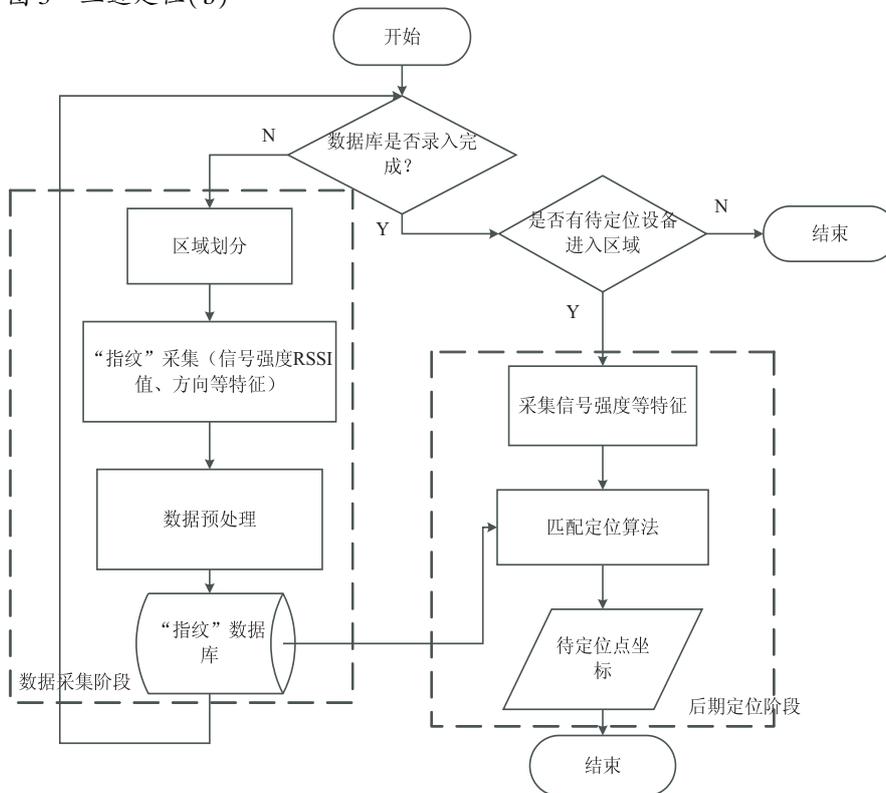


图4 位置指纹定位方法流程

3 室内定位技术的应用

3.1 老人赡养

当今时代“空巢老人”的数量逐步增多,老人走失案件层出不穷,室内定位技术应用到老人身上,可以对家中老人位置进行实时监控,防止老人丢失。

3.2 商业应用

室内定位技术不仅应用在生活方面,在商业方面也有很大的价值,例如在大型超市或商场,怎样使消费者快速定位所需物品或商家信息,在大型停车场内,如何使用户快速寻找到停车位等,从而为用户节省大量寻找的时间。

3.3 安全事件方面

在发生各类安全事件的时候,例如火灾、地震等,在室内复杂的环境中,救援人员确定被困人员位置是营救被困人员的主要难点,室内定位技术的应用可以使得救援人员快速、准确地寻找到被困人员的位置从而提供救援,避免了救援人员在不知道被困人员位置时盲目寻找的情况发生,可以节省救援时间,在提高被困人员生还率的同时也能为救援人员的安全提供保障。

3.4 物品管理

有些国家级受保护文物为了防止损坏或偷窃,需要被严密看护,所以这些文物精确的位置信息就显得

格外重要,室内定位技术可以有效帮助监视文物位置,保障文物不被偷窃或损坏。

4 室内定位技术的难点以及发展前景

室内定位技术因其自身的局限性,使得其发展相对来说不太成熟,与成熟的室外环境下的定位技术相比主要存在以下局限:(1)室内空间环境的复杂多变;(2)室内环境中墙壁、家具等障碍物较多;(3)室内环境可能不止于二维,可能还会涉及到三维。室内定位技术具有很好的发展前景,如果可以使成熟的室内定位技术与现如今的室外定位技术例如北斗结合起来,使得室内外定位可以进行平滑衔接^[15],那么这将是位置服务发展中的重要一步。

5 结束语

室内定位技术的发展已经成为当今位置服务发展的主流趋势,发展前景十分广阔,对现如今存在的室内定位技术的评价主要从精度和成本考虑,现在还并没有一种成熟的室内定位技术达到高精度的同时又需要很小的成本,对现有的常见的几种室内定位技术的原理以及优缺点进行了总结概括,在将来是否会有一种新的定位技术将之前定位技术的优点进行融合,这是室内定位的一个发展前景。位置服务对人们的生活影响十分广泛,所以,室内定位技术的研究也有实际意义,在将来,一种成熟的室内定位技术一旦应用到人们的生活中,将会产生很多便利条件。

参考文献:

[1] WAN Xiaoguang, ZHAN Xingqun. The research of indoor navigation system using pseudolites [J]. Procedia Engineering, 2011, 15: 1446-1450.

[2] 阮陵,张翎,许越,等.室内定位:分类、方法与应用综述[J].地理信息世界,2015,22(2):8-14.

[3] KIM N, JO U, YUN K, et al. A hybrid positioning scheme exploiting sensors and RSS of Wi-Fi signals [J]. Wireless Personal Communications, 2015, 85(3): 1111-1121.

[4] TALVITIE J, RENFORS M, LOHAN E S. Distance-based interpolation and extrapolation methods for RSS-based localization with indoor wireless signals [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2015, 64(4): 1340-1353.

[5] 魏青,彭睿.定位技术及室内定位方案探讨[J].广东通信技术,2014,34(5):57-63.

[6] 李远雷.基于Android平台蓝牙4.0技术的博物馆室内定位系统设计与实现[D].西安:西安电子科技大学,2017.

[7] JARDOSH A P, PAPAGIANNAKI K, BELDING E M, et al. Indoor localization based on curve fitting and location search using received signal strength [J]. Mobile Networks and Applications, 2015, 62(1): 572-582.

[8] KOKKINIS A, KANARIS L, LIOTTA A, et al. RSS indoor localization based on a single access point [J]. Sensors, 2019, 19(17): 3711.

[9] 席瑞,李玉军,侯孟书.室内定位方法综述[J].计算机科学,2016,43(4):1-6.

[10] 史云飞,郝永生,刘德亮,等.室内无线定位算法研究现状与发展趋势[J].电讯技术,2018,58(10):1230-1236.

[11] 高国伟,白国振,杨勇明.基于RFID的改进室内三边定位算法研究[J].信息技术,2017(5):75-78.

[12] 王杨,赵红东.室内定位技术综述及发展前景展望[J].测控技术,2016,35(7):1-3.

[13] 裴凌,刘东辉,钱久超.室内定位技术与应用综述[J].导航定位与授时,2017,4(3):1-10.

[14] 赵龙,陶冶.基于WiFi指纹库的室内定位研究进展和展望[J].导航定位与授时,2018,5(3):6-13.

[15] 刘博斐,朱雨豪,陈锁.北斗+无缝定位关键技术[J].电子技术与软件工程,2018(23):28-29.