

基于 WiFi 与蓝牙的室内定位技术探究

孙纬民, 杜庆治

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650500)

摘要:作为 GPS 定位技术的“最后一公里”问题,室内定位近年来一直是定位领域的研究热点。目前室内定位技术发展较为迅速,各种定位方法层出不穷,但是不同的定位方法必然都存在缺陷。因此,为了取长补短,发挥各方法的优点,提出基于 WiFi 与蓝牙的融合定位技术。该技术首先使用基于 KL 散度核函数的位置指纹定位算法,分别测算出 WiFi 定位技术和蓝牙定位技术中目标点的坐标集合;其次,利用 K-means 聚类算法对由蓝牙定位技术得到的结果进行聚类,并选择包含点元素最多的作为蓝牙定位结果;最后,将 WiFi 定位结果与蓝牙定位结果相融合,该方式得出的结果比任何一种单一定位方式都更加精确。

关键词:WiFi 定位;蓝牙定位;室内定位

DOI:10.11907/rjdk.172486

中图分类号:TP319

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2018)003-0169-03

The Study of Indoor Positioning Technology Based on WiFi and Bluetooth

SUN Wei-min, DU Qing-zhi

(Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

Abstract: As the last kilometer problem of GPS positioning technology, indoor positioning has been the focus of localization filed in recent years. At present, indoor positioning technology is developing rapidly and various positioning methods emerge in endlessly. However, different positioning methods have their shortcomings. Therefore, in order to make full use of the advantages of each method, this paper proposes a fusion positioning technology based on WiFi and Bluetooth. The technology first, employs KL divergence kernel function location fingerprinting algorithm to calculate the position results collection of WiFi and Bluetooth positioning technology. Second, we use K-means clustering algorithm to cluster results obtained by Bluetooth positioning technology and choose the one contains the most results as the final result. Finally, the WiFi localization results are fused with the Bluetooth localization results, which are more accurate than any single localization method.

Key Words: WiFi positioning; bluetooth positioning; positioning technology

0 引言

目前, GPS 等定位技术解决了在复杂的室外道路上顺利到达目标位置的问题,然而在“最后一公里”问题——室内定位上,则显得无能为力^[1]。为了应对越来越高的建筑物,以更加准确的位置信息服务用户,国内外学者纷纷开始了室内定位研究。如今,室内定位技术发展迅速,一些技术已经发展成熟并进入市场。然而,目前存在的室内定位技术由于适用范围、设备成本、定位精度等方面尚存在一些不足,所以在室内定位技术领域,还未出现像 GPS

那样广泛普及的技术。为了更好地解决这一问题,研究人员希望通过定位融合技术以取长补短。本文基于这一研究思想,提出基于 WiFi 与蓝牙的融合定位技术。

1 室内定位技术概述

1.1 室内定位主要影响因素

对于室内定位技术,影响融合技术精度的主要因素有:非视距传播、多径传播、同频干扰等^[2]。非视距传播的方式又分为:①信号反射。无线电波在传输过程中,遇到比自身波长尺寸大的物体时发生信号反射现象,反射信号

收稿日期:2017-08-30

基金项目:云南省科技厅资助项目(2014RA051)

作者简介:孙纬民(1991—),男,昆明理工大学信息工程与自动化学院硕士研究生,研究方向为电子与通信工程;杜庆治(1977—),男,昆明理工大学信息工程与自动化学院高级实验师,研究方向为通信与通信工程。本文通讯作者:杜庆治。

的幅度大小会受反射物材质、光滑度、入射角度、信号频率等方面影响;②信号衍射。当无线电波在传输过程中受到比自身波长小或接近的孔时,会以孔为中心,转化为环形波并继续向前传播。衍射现象对于信号的损耗比较大,因此如果无线电波遇到强烈的衍射现象,会极大地影响定位结果的准确性;③信号散射。当无线电波在传输过程中遇到比自身波长小或接近的物体时,信号会沿着障碍物的各个方向发射出去。因此,一些表面比较粗糙的障碍物,相较于平滑表面,会严重影响信号传播。

多径传播是指从同一个信标节点发射的无线信号经过两个或多个不同传播路径后到达同一移动终端的现象。对移动终端而言,其接收到的信号是各路信号的汇总,如果各路信号同相则相加,信号增强;反相则互相消减,信号减弱^[3]。

同频干扰是指由于室内射频环境比较复杂,与 WiFi 和蓝牙拥有类似工作频段的设备比较多,如微波炉等。这些干扰设备的存在必然会使最终检测到的信号强度值存在误差,进而影响最终定位结果的准确性^[4]。

1.2 室内定位技术原理

室内定位系统一般由服务器、无线传输介质、信标节点、移动终端构成^[5]。本文研究的定位系统期望能够实现蓝牙单独定位、WiFi 单独定位以及两者融合的定位方式。为实现室内信号的全覆盖,需要合理布置 WiFi、蓝牙信标节点。与移动终端相比,信标节点发射功率较高、信号波动较为稳定,因此采用主动扫描方式获取相关信标节点信息。随后,移动终端将采集到的信标节点信息过滤、处理并发送至服务器系统,服务器再依据相关定位算法得到移动终端的位置。

2 室内定位技术类型

2.1 WiFi 定位技术

WiFi 定位技术是基于 IEEE802.11b 标准的一种无线网络技术,是当前无线定位的主要技术之一。该技术的定位原理是信号接收端接收无线局域网热点中发送的功率信号,再利用信号传播模型、测距方法,最终得到目标物距离无线热点的距离,随后再依据一些定位方法,比如三边测量定位法、三角定位法、到达时间法等,得到目标物的位置^[6-8]。WiFi 定位技术最主要的优点是:定位范围较广,而且部署成本相对较低,对系统整体的定位精度比较高。

2.2 蓝牙定位技术

蓝牙定位技术是基于 IEEE802.15.1 标准的无线网络技术,主要工作原理是通过测量无线信号的强度实现定位,目前能够实现的定位精度是房间级。蓝牙定位技术的发展主要依靠蓝牙局域网的发展。在需要定位的区域部署适当的蓝牙接入点,同时将蓝牙局域网配置成基础网络架构,并将蓝牙标签和蓝牙接入点同时接入局域网,实现双向通信,最后通过一些定位算法估算出标签位置。蓝牙定位技术的优点是:设备体积小,可集成在各种终端设备

中,如笔记本电脑、手机或其它一些手持设备。正是由于这一特性,使蓝牙定位技术市场应用比较广泛^[9]。但蓝牙定位技术一个不容忽视的缺点是:低版本的蓝牙定位技术稳定性较差,容易遭受噪声信号干扰,更适宜在一些短距离、小范围的定位中应用。正是由于该缺陷,研究人员开始考虑将蓝牙与其它定位技术相融合^[10]。

3 WiFi 与蓝牙融合定位算法

WiFi 和蓝牙作为当前无线通信中的主流技术,已经能够兼容在同一台设备中,该硬件设施也为本文研究提供了便利。本文在 WiFi 定位技术和蓝牙定位技术中,使用基于 KL 散度核函数的位置指纹定位算法,随后利用基于 K-means 的聚类算法,对前两种方式获取的定位结果进行最终的决策层融合。

3.1 基于 KL 散度核函数的位置指纹定位算法

基于 KL 散度核函数的位置指纹定位算法,一方面利用核函数的特征映射充分提取 RSS 的特征值,另一方面 KL 散度核函数没有假设 RSS 服从任何一种分布,而是直接与离散的 RSS 序列进行对比,因此有效保留了原始信息,解决了 RSS 的不确定性,显著提高了最终定位精度。

利用核函数的特征映射提取 RSS 特征值,是将训练样本、测试样本以及测试样本 $X_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 的概率密度分布函数 $p(x|\theta_i)$ 带入核函数中,从而替代初始的特征空间:

$$K(X_i, X_j) \geq K(p(x|\theta_i), p(x|\theta_j)) \quad (1)$$

在新的特征空间下计算核函数之间的距离,一般选择比较概率密度函数的差异性,而能够反映这一特性的算法是对称 KL 散度算法,该算法定义如下:

$$D(p(x|\theta_i), p(x|\theta_j)) = \int_{-\infty}^{\infty} p(x|\theta_i) \log \frac{p(x|\theta_i)}{p(x|\theta_j)} dx + \int_{-\infty}^{\infty} p(x|\theta_j) \log \frac{p(x|\theta_j)}{p(x|\theta_i)} dx \quad (2)$$

由于对称 KL 散度算法中所定义的距离矩阵不能满足 Mercer 条件,因此还需要将 KL 散度指数化,最终得到基于 KL 散度的核函数定义:

$$K(X_i, X_j) = > K(p(x|\theta_i), p(x|\theta_j)) = > e^{-D(p(x|\theta_i), p(x|\theta_j))} \quad (3)$$

在 WiFi 定位技术中,先假设带定位区域中有 N 个 WiFi 的接入点 AP,区域中任一点从这 N 个 AP 中获取的 RSS 集合: $RSS = \{RSS_1, RSS_2, \dots, RSS_n\}$ 。若每个从 AP 处获取的 RSS 是相对分布的,则在位置 (x, y) 处测得的 RSS 分布情况为:

$$p(RSS|(x, y)) = \prod_{i=1}^N p(RSS_i(x, y)) \quad (4)$$

在实际的指纹位置定位系统中,本文选择 $q(RSS|(x_i, y_j))$ 表示离线状态下在参考点 (x_i, y_i) 上测算到的 RSS 分布,用 $p(RSS|(x, y))$ 表示在线状态下在未知点 (x, y) 处测算到的 RSS 分布。由以上链式法则可知,独立变量的 KL 散度联合分布与每个变量边缘分布下的 KL 散

度综合相等。所以,对任意两个位置 (x, y) 、 (x_i, y_i) ,其 RSS 分布与 p 和 q_j 的关系为:

$$D(p, q_i) = \sum_{i=1}^N D(p(RSS_i | (x, y)), q(q(RSS_i | (x_i, y_i)))) \quad (5)$$

根据公式(3),可得核函数为:

$$K(p, q_i) = -e^{\beta \sum_{i=1}^N D(p(RSS_i | (x, y)), q(q(RSS_i | (x_i, y_i))))} \quad (6)$$

其中, $K(p, q_i)$ 表示 p 和 q 分部之间的相似度。相似度越高,则 K 值越接近于1;反之,则接近于0。在前文分析的基础上,由核函数方程以及一些已知点数据,将 KL 散度核函数代入,则待测点的位置坐标可定义为:

$$(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{\sum_j (x_j, y_j) K(p, q_i)}{\sum_j K(p, q_i)} \quad (7)$$

3.2 基于 K-means 聚类算法的决策层融合

K-means 算法一般用于大量数据分析,属于探索性方法,利用聚类分析可以将无序数据进行分类。K-means 算法是一种针对“簇”数据聚集的分析方法,算法通过不断迭代计算进行中心点集合,将所有样本划分到若干集合中。该算法的思想是先作粗略的样本分类,然后通过最优原则不断迭代修改不合理的类别,直到所有分类都满足聚类要求。

K-means 算法主要解决的问题是对于空间样本点,通过某种算法将所有样本点合理划分为若干类别,在划分中是基于某种度量标准完成的。划分的每个类别的点具有一定相关性或相似性。

假设给定样本点集合为 $X = (x_a, x_b, \dots, x_n)$,将集合 X 进行分类,形成 M 个“簇”。 μ_k 表示第 k ($k \leq m$)个簇的中心位置,初始化可以随机选择集合中的某一个样本点。

本文将蓝牙定位技术得到的结果集 $L = (l_1, l_2, \dots, l_n)$ 进行 K-means 聚类,在最终聚类结果中选择包含点元素最多的作为蓝牙定位结果。为了更好地对定位区域进行定义,选择结果中的中心点为圆心,用 O_1 表示,该类中所有点与中心点的距离最大值为半径,该圆形区域 O 被认为是蓝牙定位区域。在结果融合中,本文将蓝牙定位区域作为 WiFi 定位结果的修正。假设 WiFi 定位结果用 O_2 表示,在融合过程中则会出现以下3种情况:

(1) O_2 在区域 O 之外,连接圆心 O_1 与 O_2 交于圆形区域的交点 M_1 ,则被认为是最终观测点。

(2) O_2 在区域 O 边缘上,连接圆心 O_1 与 O_2 交于圆形区域的交点 M_2 ,则被认为是最终观测点。

(3) O_2 在区域 O 之内,连接圆心 O_1 与 O_2 交于圆形区域的交点 M_3 ,则被认为是最终观测点。

4 结语

为了使室内定位技术更加准确,本文在分析各种单一定位技术优缺点的基础上,考虑到当前设备已经能够实现 WiFi 和蓝牙互相兼容,而且成本较为低廉,因此选择将 WiFi 定位技术与蓝牙定位技术相融合的方案。在实际定位中,利用蓝牙定位技术的结果修正 WiFi 定位结果,可使最终的定位结果更加精确。然而,该方式仍然存在一些缺陷,比如并未过多考虑人员动态流动或其它信号、电磁波对定位区域信号的干扰等因素对实验结果的影响,因而还需在将来进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 陈祥. 基于 WiFi 与移动智能终端的室内定位技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2017.
- [2] 华海亮. 基于 WiFi 和蓝牙的室内定位技术研究[D]. 锦州: 辽宁工业大学, 2016.
- [3] 王宝晶. 基于 WiFi/蓝牙融合的室内定位算法及实现[D]. 上海: 华东师范大学, 2015.
- [4] 徐伟. 基于 Android 手机的室内定位技术研究与实现[D]. 武汉: 华中师范大学, 2014.
- [5] 卢来, 龙科. 关于蓝牙室内无线定位系统的技术实现[J]. 数字技术与应用, 2015(12): 69-71.
- [6] 刘明伟, 刘太君, 叶焱, 等. 基于低功耗蓝牙技术的室内定位应用研究[J]. 无线通信技术, 2015(3): 19-23.
- [7] 赵娜, 李丹. 浅谈蓝牙室内无线定位系统的技术实现[J]. 中小企业管理与科技, 2011(2): 269-270.
- [8] 靳超, 邱冬炜. 基于 WiFi 信号室内定位技术的研究[J]. 测绘通报, 2017(5): 21-25.
- [9] 姜莉. 基于 WiFi 室内定位关键技术的研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2010.
- [10] 王琪. 基于 WiFi 信号指纹的室内定位技术[J]. 计算机与网络, 2015(21): 65-67.

(责任编辑: 黄 健)