



WLAN 接入点的室内定位技术

刘 畅¹, 张 迅²

(1. 沈阳职业技术学院信息工程学院 沈阳 110045; 2. 武汉大学电子信息学院 武汉 430079)

摘 要:针对复杂室内环境造成的室内定位技术不同于室外定位技术的问题,提出了一种基于楼层判别和信号强度的室内 AP 混合定位方法。该方法由 AP 的楼层判别和具体位置的定位两部分组成。首先用关联算法对 AP 进行楼层判别以筛选出目标 AP,然后根据测试点与目标 AP 的位置关系确定定位方法。如果目标 AP 在测试点附近,采用简单的质心定位算法,否则采用加权式的定位算法。在实际场景中的定位测试结果表明,该方法定位效果良好,偏差较小。

关键词: WLAN; AP; 楼层判别; 关联算法; 室内定位

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015012

WLAN Access Point Indoor Positioning Technology

Liu Chang¹, Zhang Xun²

(1. Information Engineering College, Shenyang Polytechnic College, Shenyang 110045, China;

2. School of Electronics and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: For the distinctive characteristics of indoor positioning technology which is different from outdoor positioning due to the complexity of the indoor environment, an indoor AP hybrid positioning method based on floor discrimination and signal strength was proposed. The method consists of two parts, the floor discrimination and the specific location of the AP. The method using association algorithm to determine the floor in order to filter out the target AP, and then it to determine the positioning method according to the position relationship between the test point and the target AP. If the target AP in the vicinity of the test point, the centroid localization algorithm was used, otherwise the weighted-style positioning algorithm was used. The positioning test results in the actual scene show that the positioning effect of the method is good and the method has a small deviation.

Key words: WLAN, AP, floor discrimination, correlation algorithm, indoor positioning

1 引言

WLAN(wireless local area networks,无线局域网)是一种便利的数据传输系统,随着 IEEE 802.11 技术的逐渐发展,WLAN 的通信性能、稳定性以及安全性已完全符合商用需求。WLAN 网络由于接入方便、架设成本较低、覆盖范

围大、通信速度快等优点,已经成为中国三大运营商对 3G 网络的一种重要的辅助手段。正是由于 WLAN 的种种优点,WLAN 接入点的铺设在国内已经达到泛滥的程度,其接入点已经广泛部署在商场、学校、酒店、公司等场所。

目前 WLAN 的部署存在诸多问题,如闲置 AP(access point,接入点)比例较高、干扰严重、覆盖率不足或过大、规

收稿日期:2014-09-05;修回日期:2015-01-04

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 61371126)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China (No. 61371126)



划容量过大或过小等。在用户较多的热点地区,用户网络质量感知较差,甚至出现掉线、不能接入网络等问题。对已布设的 WLAN 进行优化迫在眉睫。减小 AP 间的相互干扰是优化的主要目标,而干扰与 AP 的位置以及功率、信道等因素相关,其中 AP 的功率、信道可以在测试过程中测试得到,AP 的位置则只能通过相应的定位算法得到。因此,对 AP 位置的有效定位会直接影响优化的结果,从而影响用户感知。

室内 WLAN 由于 AP 布设密度较大,优化问题尤为突出。室内定位是定位技术的一种,与室外定位技术有一定的共性,但由于室内环境的复杂性和对定位精度和安全性的特殊要求,使得室内无线定位技术有着不同于普通定位系统的鲜明特点:室内信号衰减较大,信号强度弱;信号反射现象严重;存在其他设备的信号干扰。这使得室内 AP 的准确定位存在着较大的挑战。

目前采用的主要室内定位技术包括以下几种。

- 参考文献[1]提出了超声波定位技术,主要通过发射的超声波和被测物产生的回波之间的时间差计算待测距离,通过具体的算法计算具体的位置。这种定位技术存在着明显的缺陷,首先超声波在传输的过程中衰减比较明显,导致其定位精度不高;其次需要大量硬件设施的投入,成本太高。
- 参考文献[1]提出了红外线定位技术,由来自于红外线 IR 的红外射线根据安装在室内的传感器进行定位。由于红外线只能视距传播,而不能穿过障碍物,在障碍物角度且复杂的室内环境中其定位精度很差。此外,为了能实现定位,需要在每个房间、走廊安装接收天线,造价太高。
- 参考文献[2]提出的蓝牙定位技术,通过对信道强度的测量进行定位。其不足在于蓝牙设备的价格比较昂贵,对于复杂的环境,系统稳定性较差,受噪声影响较大。

上述定位方法由于受到室内复杂环境的影响以及硬件设备的投入太高,在应用上受到了很大的约束。本文先对测试的 AP 进行楼层判别,再根据基于信号强度的混合定位方法对目标 AP 进行具体位置定位,实现 AP 的准确定位。

2 定位方案的整体结构

定位方案的整体结构如图 1 所示。

首先,判断测试点是否在待测 AP 的附近,若测试点在 AP 范围的 5 m 内,可以认为测试点在 AP 的附近。根据信

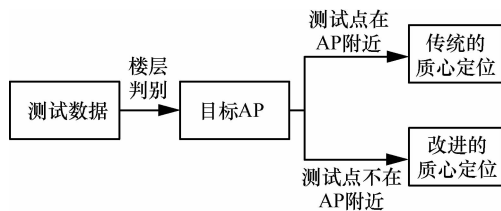


图 1 整体结构

号的衰减公式可以算出距离 AP 发射距离为 5 m 的信号强度的衰减,进而根据信号的发射功率可以得到在此距离的信号强度,把这个信号强度当作判断的门限。选取待计算 AP 信号强度最大的 3 个测试点,如果 3 个测试点的信号强度均大于这个门限,就可以用传统的质心定位算法进行 AP 具体位置的定位;否则,用改进的质心定位算法进行 AP 具体位置的定位。

3 定位方案的具体算法阐述

3.1 楼层判别

首先在楼宇某一楼层采集 AP 的相关信息(信号强度、信道等基本的信息),记录测试位置的坐标。为了提高定位的准确性,应选取多个不在同一条直线的点进行测试。然后利用数据挖掘方法中的关联规则,可以有效地从测试文件中剔除不属于测试楼层的 AP。

楼层判别采用关联规则中的 Apriori 算法,基本思想是用测试数据作为算法的输入,设置合适的最小支持度,通过不断地迭代运算,直至得到的候选项目集不满足大于最小支持度的条件,那么迭代算法就会终止,在输出结果中上一阶的候选项目集就是本楼层 AP 的集合。关联算法流程如图 2 所示。

AP 归属楼层的准确性取决于支持度参数的合理设置,本文经过大量数据的对比验证,提出了根据测试场景和面积设置参数的方法,并对场景的参数进行了大量的实验验证。一些场景的参数见表 1。

表 1 关联算法经验参数

场景	支持度
学校	0.7~0.9
商店	0.4~0.7
酒店	0.8~0.9
写字楼	0.3~0.6
医院	0.4~0.5
电子场所	0.5~0.6
娱乐场所	0.7~0.8
其他场所	0.5~0.6

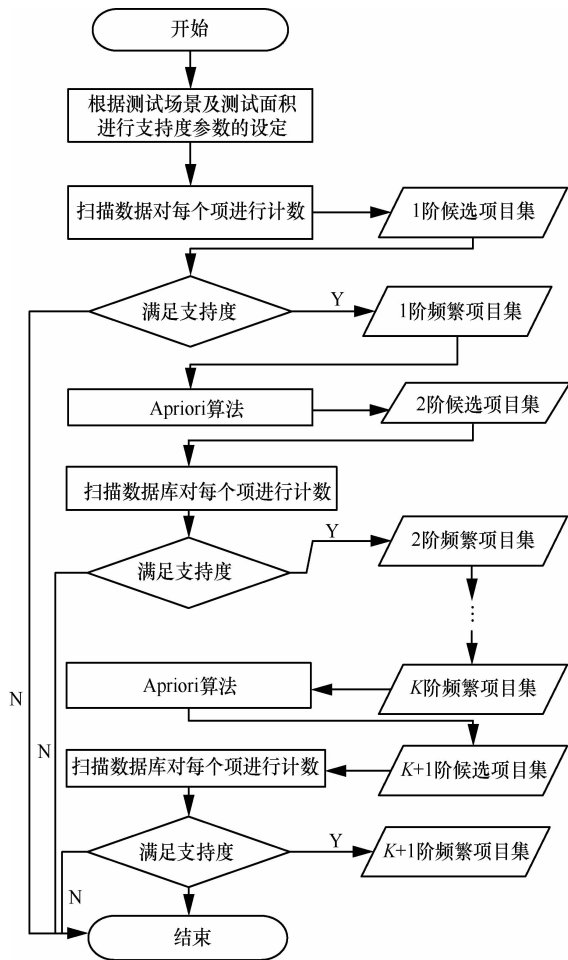


图 2 关联算法流程

3.2 位置定位数学模型

3.2.1 传播模型

信号在传播的过程中,随着距离的增大,信号强度的大小发生改变,根据这个改变可以得出信号强度的衰减与距离的关系^[3]。目前无线信号中采用较多的是对数路径损耗模型,该模型为:

$$L(d)=L_0+10n\lg(d)+X_\sigma \tag{1}$$

其中, $L(d)$ 表示距离为 $d(m)$ 时的信号强度衰减; L_0 为距离为1 m时的信号强度衰减; n 为路径损耗指数; d 是真实距离; X_σ 是一个平均值为0的高斯随机变量,其代表遮蔽因子,反映了当距离一定时,接收信号功率的变化。

在实际的测量中选用的模型为:

$$L(d)=L_0+10n\lg(d) \tag{2}$$

即不考虑遮挡因子对信号强度的作用,因为在实际的环境中影响最大的是非视距。其中参数 L_0 和 n 是依赖于场景和建筑物的类型确定的常数,2.45 GHz下几种常见场

景的参数设置见表2。

表 2 传播模型的经验参数

频率/GHz	L_0 /dB	n	场景
2.45	40.2	4.2	室内 ^[4]
2.45	40.2	1.5	走廊
2.45	40.0	3.5	室内 ^[5]

3.2.2 传统质心定位模型

将待计算 AP 的信号强度进行排序,选取不在同一条直线上的3个信号强度最大的点,根据其信号强度进行加权,求质心。这种方法的优点是算法简单,当3个测试点的位置在 AP 附近时,这种传统的3点质心定位算法的准确性比较高;测试点距离 AP 位置较远时,准确性不高。

3.2.3 改进的质心定位模型

对待计算 AP 的信号强度进行排序,选取不在一条直线的信号强度最大的4个测试点进行定位,假设这4个点为 $A(x_1, y_1)$ 、 $B(x_2, y_2)$ 、 $C(x_3, y_3)$ 和 $D(x_4, y_4)$,待计算 AP 设为点E。首先任选3个点进行定位,假设取的点为A、B和C这3个点。利用式(1)分别计算待计算 AP 与A、B、C 3点的距离 d_a 、 d_b 和 d_c 。理论上以A、B、C 3点为圆心,以 d_a 、 d_b 和 d_c 为半径作圆存在唯一交点,但实际上可能因为计算的 d_a 、 d_b 和 d_c 并不准确,3个圆并不相交或相交处为一个区域,此时采用改进的质心定位算法。具体计算的方程组为:

$$\begin{cases} (x_1-x)^2+(y_1-y)^2=d_a^2 \\ (x_2-x)^2+(y_2-y)^2=d_b^2 \\ (x_3-x)^2+(y_3-y)^2=d_c^2 \end{cases} \tag{3}$$

根据式(3)分别解出圆A与圆C的交点 (x_{ac1}, y_{ac1}) 、 (x_{ac2}, y_{ac2}) ;圆B与圆C的交点 (x_{bc1}, y_{bc1}) 、 (x_{bc2}, y_{bc2}) ;圆A与圆B的交点 (x_{ab1}, y_{ab1}) 、 (x_{ab2}, y_{ab2}) 。将圆A与圆C的交点代入方程组(3)的第二个式子,可找出距圆心B的距离或远或近的两点,为了使误差减小,取 d_b 值较小、距离圆心B较近的点,并设其点坐标为 (x_b, y_b) 。同理可找出圆B和圆C交点中、圆A和圆B交点中满足上述条件的两点,分别设点坐标为 (x_a, y_a) 、 (x_c, y_c) 。计算出3个点后,依据质心定位思想估算由3点构成的三角形的质心,则估算的待计算 AP 的一个估计点坐标 (x'_1, y'_1) 为 $((x_a+x_b+x_c)/3, (y_a+y_b+y_c)/3)$ 。

计算出D点与待计算 AP 的大约距离为 d_d 。利用上面的方法,通过A点、B点、D点得到E点的坐标估计 (x'_2, y'_2) ,通过A点、C点、D点得到E点的坐标估计 (x'_3, y'_3) ,通过B点、C点、D点得到E点的坐标估计 (x'_4, y'_4) 。因为计算的



为参与定位的3个圆的半径和的倒数,具体计算式为:

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{\frac{x'_1}{d_a + d_b + d_c} + \frac{x'_2}{d_a + d_b + d_d} + \frac{x'_3}{d_a + d_c + d_d} + \frac{x'_4}{d_b + d_c + d_d}}{\frac{1}{d_a + d_b + d_c} + \frac{1}{d_a + d_b + d_d} + \frac{1}{d_a + d_c + d_d} + \frac{1}{d_b + d_c + d_d}} \\ y = \frac{\frac{y'_1}{d_a + d_b + d_c} + \frac{y'_2}{d_a + d_b + d_d} + \frac{y'_3}{d_a + d_c + d_d} + \frac{y'_4}{d_b + d_c + d_d}}{\frac{1}{d_a + d_b + d_c} + \frac{1}{d_a + d_b + d_d} + \frac{1}{d_a + d_c + d_d} + \frac{1}{d_b + d_c + d_d}} \end{array} \right. \quad (4)$$

4 实验结果及分析

本次实验的场地和AP部署信息由福建移动提供,地点为福州上街移动办公楼的9层、10层和11层,其中9层、10层和11层的AP数分别为10个、11个和13个。

实验过程分为两个阶段:根据实验区域选取多个锚点,在锚点处扫描并收集AP信息;根据所有锚点的坐标和收集所得AP信息进行定位计算。

在实验区域尽量分散地选取锚点,在锚点处置放Wi-Fi检测设备对AP信息进行扫描。定位计算则是将各锚点的坐标和扫描所得的AP的ID、信号强度值上传到电脑中,通过MATLAB实现的定位模型进行计算,输出各AP的坐标。最后,将计算所得的AP坐标与真实坐标进行对比,判断算法的准确度。

从表1可知,测试场景为写字楼,其支持度范围为0.3~0.6,测试楼层面积较大,因此本实验把支持度设为0.35。根据设置的支持度参数,对测试数据用关联算法筛选出本楼层AP。楼层判断后的结果与实际AP的楼层归属情况的对比见表3。

表3 楼层判别对比

楼层	判断 AP 数目/个	实际楼层数目/个
9 层	10	10
10 层	10	10
11 层	12	12

根据表3的对比情况可以看出,经过楼层判别后的AP与实际AP的匹配情况完全一致,这样在下一步AP具体位置的定位过程中就能够排除干扰的AP对目标AP定位的影响。

经过楼层判断后再对每一层的AP进行准确位置的定位。测试过程中选用的通信频率为2.45 GHz,根据表2的

参数设置, n 设置为4.2, L_0 设置为40.2。传统的质心定位方法和改进的质心定位方法各有优缺点,前者适合测试点距离测试AP较近的情况,后者不适合测试点在一条直线上的情况。两种定位方法各有优缺点,能够实现性能互补,其性能对比见表4。

表4 定位算法性能对比

定位算法	优点	缺点
传统质心定位	测试点距离测试AP较近时效果较好	测试点距离AP较远时效果较差
改进的质心定位	适合于测试点距离测试AP较远的情况	测试点在一条直线上时方法失效

在MATLAB中采用传统质心定位模型和改进模型相结合的混合定位模型进行坐标计算,将定位结果通过MATLAB在对应建筑物的平面图上绘出,9层的AP实际位置与计算位置的对比如图3所示。

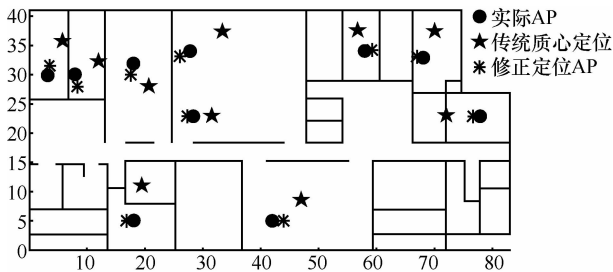


图3 9层AP实际位置与计算位置的对比

10层的AP实际位置与计算位置的对比如图4所示。

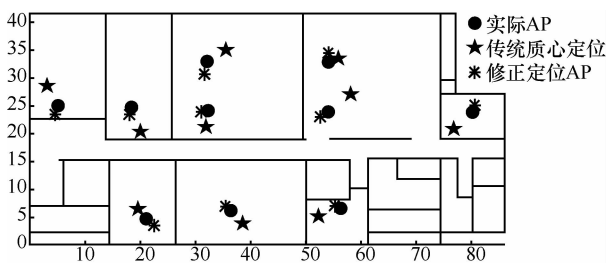


图4 10层AP实际位置与计算位置的对比

11层的AP实际位置与计算位置的对比如图5所示。

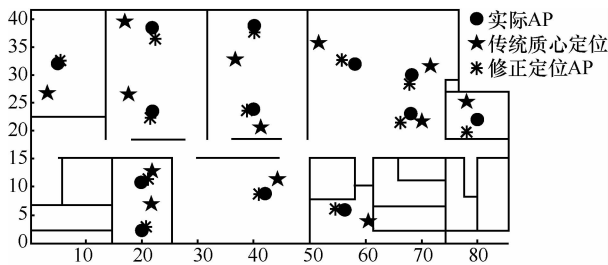


图5 11层AP实际位置与计算位置的对比

从图3、图4、图5可以看出,实际AP与定位AP的位置误差在5m内,准确率在90%以上。可见,先对AP进行楼层判别再采用基于信号强度的混合定位方法的AP定位精确度较高。

5 结束语

在对AP进行定位的过程中,由于可能存在干扰AP对目标AP的影响,从而导致定位的准确度大大降低。如果不排除其他楼层AP的干扰,则本层定位出来的AP可能会包含其他楼层的AP。采用关联法则,根据大量测试得出的不同场景与面积下的支持度,可以有效剔除非本层的AP,得出有效目标AP再进行具体位置的具体定位。在后续的定位过程中,根据测试点的距离情况采取不同的定位方法分别进行定位,表现出较高的精确性。

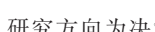
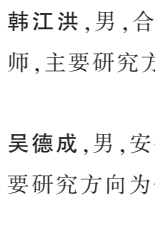
参考文献

- 汪苑,林锦国.几种常用室内定位技术的探讨.中国仪器仪表,2011(2):54~55
Wang Y, Lin J G. Indoor location technique based on RFID. China Instrumentation, 2011(2): 54~55
- 赵娜,李丹.浅谈蓝牙室内无线定位系统的技术实现.信息技术,2007
Zhao N, Li D. The technology realization of Bluetooth wireless indoor positioning system. Information Technology, 2007
- 陈永光,李修和.基于信号强度的室内定位技术.电子学报,2004,32(9):1456~1458
Chen Y G, Li X H. Signal strength based indoor geolocation. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(9): 1456~1458
- Zvanovec S, Pechac P, Klepal M. Wireless LAN networks design. Radio Engineering, 2003, 12(4): 45~46
- COST Action 231. Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems, Final Repor. European Communities, EUR 18957, 1999
- Zvanovec S. Coverage Prediction for GSM Picocells. CTU Prague, 2002
- 汪苑,林锦国.几种常用室内定位技术的探讨.中国仪器仪表,2011(2):54~55
Wang Y, Lin J G. Indoor location technique based on RFID. China Instrumentation, 2011(2): 54~55
- 赵娜,李丹.浅谈蓝牙室内无线定位系统的技术实现.信息技术,2007
Zhao N, Li D. The technology realization of Bluetooth wireless indoor positioning system. Information Technology, 2007
- 卿斯汉,周启明,杜虹.可信计算研究进展分析,电信科学,2011,27(1):11~15
Qing S H, Zhou Q M, Du H. Progress of research on trusted computing. Telecommunications Science, 2011, 27(1):11~15
- Howard R. Dynamic Programming and Markov Processes. Cambridge, Massachusetts: MIT Press,1960
- Karagiannis T, Papagiannaki K, Faloutsos M. Blinc: multilevel traffic classification in the dark. Proceedings of SIGCOMM'05, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2005
- Karagiannis T, Roido A, Aloutsos M, et al. Transport layer identification of P2P traffic. Proceedings of the 2004 ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference, Taormina, Italy, 2004
- 闫智,詹静.面向行为可信的大数据安全系统形式化描述,电信科学,2014,30(7):32~38
Yan Z, Zhan J. Formal description of trusted behavior oriented security system for big data. Telecommunications Science, 2014, 30(7):32~38
- 刘畅,女,沈阳职业技术学院信息工程学院副教授、软件教研室主任,主要研究方向为计算机应用、网络安全、软件开发及嵌入式应用、无线网络等。
- 张迅,男,武汉大学电子信息学院硕士生,主要研究方向为无线局域网的优化与规划等。
- 周森鑫,男,安徽财经大学管理科学与工程学院副教授、硕士生导师,合肥工业大学计算机与信息学院博士生,主要研究方向为计算机网络、计算机控制和数据挖掘。
- 韩江洪,男,合肥工业大学计算机与信息学院博士生导师,主要研究方向为计算机控制和计算机网络。
- 吴德成,男,安徽财经大学管理科学与工程学院硕士生,主要研究方向为信息处理与数据挖掘。
- 李超,男,安徽财经大学管理科学与工程学院硕士生,主要研究方向为决策支持与数据挖掘。

[作者简介]



[作者简介]



2015012-5

(上接 2015013-5)

2015013-6