

# 基于 Android 的室内 WiFi 定位系统设计与实现\*

王 阳 叶芝慧 冯 奇 郭小青

(南京大学电子科学与工程学院 南京 210023)

**摘 要:** 室内定位是目前普及性较小、实际需求很迫切的技术,为了实现在室内复杂环境中的准确定位,设计了一种轻型、方便、可离线的 WiFi 定位系统。系统基于 Android 平台开发,在 K 近邻值 RSSI 算法的基础上加了后校验方法以避免定位坐标的过度偏移。与传统 WiFi 定位系统相比,该系统的数据库在设备端集成,避免了与数据库连接和通信不便带来的定位延时和失败。经测试,该系统能在楼道房间等场景中稳定工作且误差范围控制在 3 m 以内,基本能满足室内移动定位的需求。

**关键词:** Android;室内 WiFi 定位;位置指纹算法

**中图分类号:** TN702 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.50;510.80

## Design of indoor WiFi positioning system based on Android platform and its implementation

Wang Yang Ye Zhihui Feng Qi Guo Xiaoqing

(School of Electronic Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** Indoor positioning is not a popular technology, although it is widely used in our daily life. In order to achieve accurate positioning in the indoor complex environment, a light, convenient and off-line WiFi positioning system is designed. The system based on Android platform is developed, which is based on the improved RSSI algorithm added by after verification method to avoid the excessive migration of the position coordinates. Compared with the conventional WiFi positioning system, the database of the system is integrated in the equipment to avoid the positioning delay and failure caused by the connection of the database and the communication inconvenience. After testing, the system can work stably and control the range of error within 3 meters in the corridor room scene, which can meet the requirement of indoor mobile positioning.

**Keywords:** Android; indoor WiFi positioning; RSSI

## 1 引 言

随着科技的发展和生活的进步,由于受到地形和环境的影响限制,室外定位已经不能完全满足人们的需求,与此同时各类室内定位技术逐渐得到重视和关注,而 WiFi 室内定位技术由于其应用范围广、易实现等优点发展愈为迅速。WiFi 是一种可以将个人电脑、手持设备(如平板、手机)等终端以无线方式互相连接的技术,WiFi 无线网络由接入点(access point, AP)和无线网卡组成,在开阔地域通讯距离可达到 150 m,在封闭地域也能达到 80 m<sup>[1-3]</sup>。作为智慧城市的重要组成部分,WiFi 覆盖率已然成为一项彰显城市科技发展程度的重要指标,就目前而言,各学校、大型公司工

厂及车站等公共场所已经基本达到全覆盖。这些场所的 WiFi 覆盖的特点是 AP 数量多,分布密集,且 AP 的位置、性能相对稳定,适合用作 WiFi 室内定位的参考 AP<sup>[4-6]</sup>。在学校、车站等地,由于建筑物集中、室内面积相对较多,易造成传播信号的折射、衍射等多径传播、多址传播现象,造成信号幅频的改变,所以室外定位技术已然不太适合,而这些地方的定位需求又很强烈,相较之下,利用前期布置的 AP 实现 WiFi 室内定位系统是实用经济且高效的做法<sup>[7-8]</sup>。

Android 系统在目前手持设备市场份额中占有率高,选取 Android 平台作为室内 WiFi 定位系统的实现载体,能充分利用系统开源易开发的优点,使实现后的定位系统能够更多地普及使用<sup>[9]</sup>。

收稿日期:2016-01

\* 基金项目:卫星通信与导航协同创新中心(SatCN-201408)、国家海洋公益重大专项(201205035-07)、南京大学优秀博士研究生创新能力提升计划 B(201501B013)资助项目

## 2 系统框架

本系统未采用传统的 C/S(客户端/服务器)架构,而是选择纯软件离线系统。这样就省去了与服务器通信的过程,一是避免了由于网络不通畅引起的定位时延或失败,二是节约了成本更快地实现定位过程。本系统选择 Android 平台来开发实现,Android 自带的数据库类刚好能代替原先服务器端的工作,系统框架如图 1 所示。



图 1 系统框架

## 3 RSSI 算法

RSSI 定位算法主要分为两个阶段,数据库采集和定位。数据库采集阶段收集各个不同位置的 AP 信号强度向量,建立位置指纹数据库,在定位时通过将待定位点采集的信号强度向量与数据库中的已知位置点进行相应匹配估算出移动终端的位置<sup>[10]</sup>。目前基于 RSSI 的定位算法主要包括 2 种:概率法和 K 近邻法。

### 3.1 概率型算法

概率型定位方法一般是利用前期信号采集阶段在各位置上采集的信号强度向量建立相应位置的概率分布模型,在定位阶段时根据待定位点接收到的信号强度向量,采用贝叶斯公式计算目标位置的后验概率,将后验概率较大的位置点作为定位目标的估计位置。

算法原理如下:选取  $N$  个参考定位点,位置坐标  $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)\}$  假设  $(x_i, y_i)$  为目标的坐标,目标  $P(x_i, y_i)$  的初始先验概率分布为均匀分布,  $h$  为接收到的信号强度值向量。则其后验概率为:

$$P((x_i, y_i) | h) = \frac{P(h | (x_i, y_i)) \cdot P(x_i, y_i)}{P(h)} \quad (1)$$

将上面方法进行改进,选取前  $K(K \geq 2)$  个似然概率最大的参考定位点,其似然概率为参考定位点的权值,则其坐标为选取的参考定位点的加权:

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \frac{\sum_{i=1}^M P(h | P(x_i, y_i))(x_i, y_i)}{\sum_{j=1}^N P(h | P(x_j, y_j))} \quad (2)$$

### 3.2 K 近邻法

K 近邻法是对指纹定位中的基本方法最近邻法的改进。在 WiFi 网络中,将 AP 强度值向量记为  $[h_1, h_2, \dots, h_N]$ ,在数据库采集阶段,选取  $M$  个参考定位点,参考定位点的信号强度值向量记为  $[h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iN}], i=1, 2, \dots, M$ ,则这  $M$  个参考定位点就组成了指纹数据库。定位时,待测定位点接受的信号强度为  $h=[h_1, h_2, \dots, h_N]$ ,将待测定位点的强度向量与数据库中的参考定位点强度值向量按下式进行匹配:

$$\min_{i=1,2,\dots,M} D_i, D_i = \left| \sum_{j=1}^N (h_i - h_{ij})^q \right|^{\frac{1}{q}} \quad (3)$$

$D_i$  表示待测点与第  $i$  个参考节点的距离,  $N$  和  $M$  表示 AP 和参考定位点的数量。  $h_i$  和  $h_{ij}$  表示待测定位点和参考定位点接收到的第  $j$  个 AP 的信号强度值。实践证明当  $q=2$  时,效果最优,称为欧几里德距离,选取前  $K(K \geq 2)$  个欧几里德最小距离的参考节点,按式(4)进行运算。

$$D_i = \sqrt{\sum_{j=1}^N (h_i - h_{ij})^2}, i = 1, 2, \dots, M$$

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (x_i, y_i) \quad (4)$$

式中:  $(x_i, y_i)$  为第  $i$  个参考定位点的坐标,  $(\hat{x}, \hat{y})$  为测得的待测坐标。

概率型定位算法对所有参考节点进行计算匹配,所以定位精度与 K 近邻法相比比较高,但其计算量大且计算过程比较复杂,耗时长,会影响定位效率。K 近邻值法只选取最优的参考节点,因此计算量小,精度也由此有些降低。本文选择在 Android 平台上实现此系统,考虑到设备的性能、耗电等原因,选用 K 近邻值法作为本文的基本算法,在此基础上进行改进,加入后校验算法以剔除由于偶然性信号波动引起的定位误差。

### 3.3 带后校验的 K 近邻值法

惯性导航是根据初始位置、运动速度、运动方向来实现目标定位的方法<sup>[11]</sup>。但在 Android 设备中,由于元器件自身的原因,其精度有限,可利用其思想可以从 Android 设备自带的加速器和重力感应器中获取惯性导航需要的数据信息,估算出待定位点的坐标,通过与 K 近邻值法算出的定位坐标的比较判断其是否定位正确。由于 AP 的信号可能会受到环境干扰或者出现自身故障,从而导致进行定位时测到的信号强度值向量偏差较大,最终得到错误的定位结果。其过程如下:首先根据 K 近邻值法算出待定位点坐标,然后利用手机的加速器和重力感应器的加速度和方向信息估算出待定位点的坐标,最后将这两个坐标进行比较,在误差范围内则符合要求,认定坐标有效,否则重新进行定位。这种方法能有效避免比较明显的偏移误差。

### 4 系统实现

具体的定位系统主要有三方面组成,前台用户界面、后台数据库和功能函数。

用户界面主要分为两部分,地图显示和 AP 信息展示,如图 2 和 3 所示。



图 2 地图显示界面



图 3 AP 信息展示界面

数据库由参考 AP 信息表、参考定位点表和待定位点 AP 信息表组成。参考 AP 信息表如表 1 所示,表名为 AP\_info,存储用来作为信号强度值向量的 AP 信息,包括 SSID 和 Mac 地址,SSID 用来过滤 AP,Mac 地址用来存储作为信号强度值向量。

表 1 参考 AP 信息表

列名	MacAddress	SSID
类型	String	String

参考定位点表如表 2 所示,用来存储参考定位点的信息,包括参考定位点坐标,参考定位点名称,参考定位点的 AP 信号强度值向量。

表 2 参考定位点表

列名	refPos_name	resPos_addr	resPos_APs
类型	String	String	String

其中 resPos\_APs 即信号强度值向量存储时,以空格隔开,整体仍以字符串保存,处理时再进行分解解析。

待定位点 AP 信息表如表 3 所示,用来存储待定位点实时测得的所有 AP 信息,用来作为后期验证用,会定时进行清理以避免表格数据过多。

表 3 待定位点 AP 信息表

列名	MacAddress	SSID
类型	String	String

其中  $pn$  是第  $n$  个待定位点,该表每进行一次定位要求时就会生成。

上一次正确的定位点坐标表如表 4 所示,包括定位点坐标、定位点名称。

表 4 上一次正确的定位点坐标表

列名	refPos_name	resPos_addr
类型	String	String

功能函数类软件进行工作时,首先确认 WiFi 状态,然后开始进行定位,定位时要对通过 RSSI 算法得出的坐标进行判断,并及时在地图上更新最新的位置。具体流程如图 4 所示。

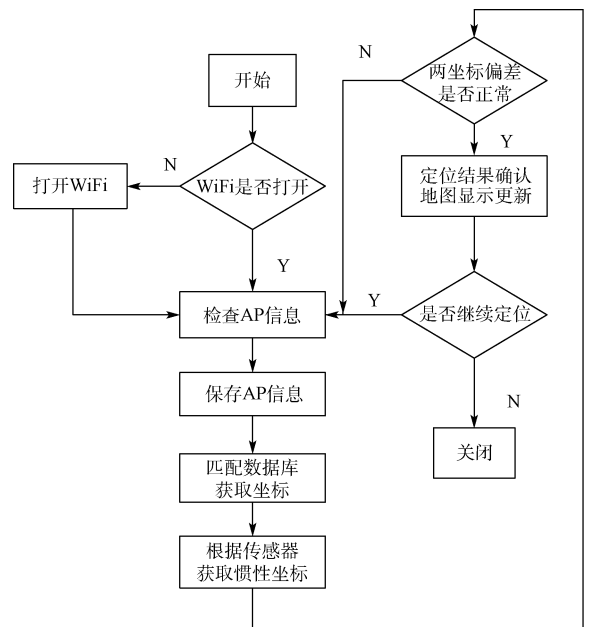


图 4 系统终端实物

## 5 系统测试结果

本文选择南京大学仙林校区电子学院楼作为测试场景,如图 5 所示,利用的是学校布置校园 bras 的路由器,这些路由器位置固定、信号稳定且能定时维护,满足 AP 采集比较的要求。

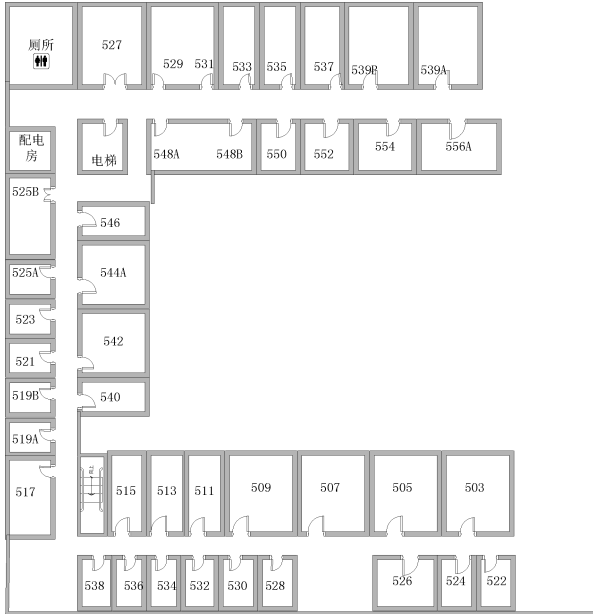


图 5 测试环境平面示意图

在前期数据采集阶段,沿着图 5 中走廊,选取每个房间的门口以及房间内的正中间位置作为参考定位点(每点同时取多组数据,取最优值),共计 83 个,再从地图上对应获取这些参考定位的坐标,一起存入数据库,组成特征数据库。

定位时,随机在走廊或房间中行走,记录下定位数据和此时位置。测试时,选取了 517~525 B 的 5 个点进行了误差分析,结果如图 6 所示。

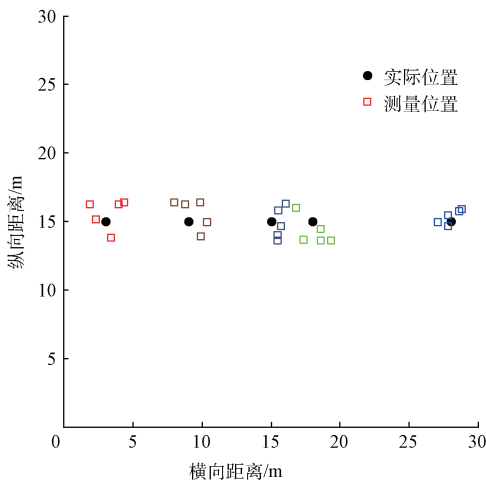


图 6 实际定位结果图

为了观测整体效果,从楼中 522 门口走廊走至 556 门口走廊每隔 5 m 进行一次定位测试,期间轨迹如上图所示。从图 7 中可以看出测试位置轨迹与实际位置的偏差在 0.5~3 m 范围之内,说明该定位系统对整个走廊的不同环境具有很好的适应性和鲁棒性。测试过程中没有出现无定位或偏离较大的情形,说明该系统的也具有很好的稳定性。

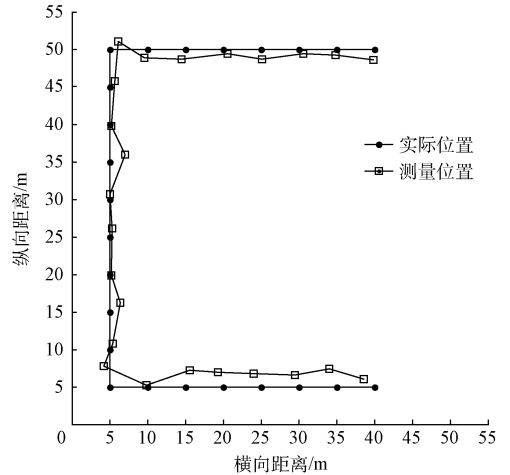


图 7 定位轨迹图

## 6 结 论

基于 Android 平台,利用改进型的 RSSI 算法,设计了可离线工作的室内 WiFi 定位系统,该系统可在多种场景下进行使用,尤其在大型商场、博物馆和展览馆等区域,能够弥补室外定位技术面对室内复杂环境捉襟见肘的情形。且该定位系统具有成本低,易移植的特点。目前只实现了定位功能,未来在此基础上可以扩展商户推荐、导航、社交等更多元化的功能,显著提升用户体验和生活品质。

## 参考文献

- [1] 魏雷. WiFi 位置指纹定位技术研究及仿真器设计[D]. 成都:西南交通大学,2012.
- [2] 杨帆,赵东东. 基于 Android 平台 WiFi 定位[J]. 电子测量技术,2012,35(9):116-119.
- [3] 王青. WiFi 室内定位系统的设计与实现[D]. 北京:北京交通大学,2014.
- [4] 胡天瑕,叶建芳. 基于手持设备的室内定位系统设计与实现[J]. 微型机与应用,2012,31(13):1-3.
- [5] 贺昶玮. 室内导航系统的设计与实现[D]. 北京:北京交通大学,2013.
- [6] 徐超,周云龙,王洋. 无线网络流体流模型的 Hopf 分岔的控制[J]. 电子测量与仪器学报,2014,29(11):1683-1690.
- [7] BECKER T, NAGEL C, KOLBE T H. A multilayered space-event model for navigation in indoor spaces [C]. 3D Geo-Information Sciences, 2009:61-77.

(下转第 25 页)