

# 2015 年第五届 “华为杯” 中国大学生智能设计竞赛

## 参赛作品简介 ( 选题 B11 )

中国科学技术大学·苏州研究院

江苏省苏州市吴中区仁爱路 188 号思贤楼 401 室 | TEL : +86 15697287888 | E-mail : mingyuqi.java@qq.com  
QQ : 261494215 | Web : <http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/>



中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : mingyuqi.java@qq.com	Fax : 0512-87161100

官方赛题要求：

类别	序号	题目	题目描述	要求	具体规格说明	作品格式	评选标准
B (手机智能应用类)	11	手机室内定位及儿童跟踪系统	利用Wi-Fi等传感器信息,对手机使用者进行室内定位。并以此设计针对家庭出行的儿童防丢/跟踪系统	1.手机室内定位模型设计 2.移动定位跟踪技术 3.母子互相定位及跟踪防丢系统	1.提供典型场景的解决方案 2.提供算法说明与性能评估	1.设计论文 2.算法原型 3.原型系统	1.方案设计清晰明确,算法优秀,定位精度高,效率高。 2.能够实施的展示结果

团队成员：

孙泽浩  
郭寒松  
戚名钰

指导老师：

郭燕





中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : mingyuqi.java@qq.com	Fax : 0512-87161100

# 基于 Wi-Fi 的手机室内定位及跟踪系统

新锐科技的参赛作品“基于 Wi-Fi 的手机室内定位及跟踪系统”结合无线局域网(WLAN)、射频识别(RFID)和实时定位等多种技术，在无线局域网覆盖的区域内使用，可以实现室内复杂的人员定位、监测和追踪任务，并准确搜寻到目标对象，实现对人员的实时定位和监控管理。

## 无线局域网 (WLAN) 介绍

无线局域网 (WLAN, 又称 Wi-Fi) 是在不采用传统电缆线的同时，提供传统有线局域网的所有功能，网络所需的基础设施不再埋在地下或隐藏在墙里，网络却能够随着你的需要移动或变化。与有线网络相比，WLAN 最主要的优势在于不需布线，不受布线条件的限制，因此非常适合用来进行室内人员的移动定位。

无线局域网是基于国际 IEEE 802.11 标准。一般 WLAN 能覆盖的范围在视野所及之处约 200 米。而手机的发射功率在 200 毫瓦至 1 瓦间，对人体是安全的。因此可以基于 Wi-Fi 对手机进行室内定位。

AP 为 Access Point 简称，一般翻译为“无线访问节点”或“桥接器”。它主要在媒体存取控制层 MAC 中扮演无线工作站及有线局域网的桥梁。有了 AP，就像一般有线网络的 Hub 一般，无线工作站可以快速且轻易地与网络相连。

## 工作原理



在覆盖无线局域网的地方，智能移动终端开启 Wi-Fi 后会以一定频率向周围发出无线信号，无线局域网访问点 (AP) 接收到该信号后，将信号传送给定位服务器。定位服务器通过各个 AP 实时采集到的终端报文信号强度与事先采集的空间信号强度指纹比对判断出终端所在的地理坐标，并最终通过电子地图可视化地显示其实时具体位置。

中国科学技术大学·苏州研究院

江苏省苏州市吴中区仁爱路 188 号思贤楼 401 室 | TEL : +86 15697287888 | E-Mail : mingyuqi.java@qq.com  
QQ : 261494215 | Web : <http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/>







中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : mingyuqi.java@qq.com	Fax : 0512-87161100

## 系统组成

如右图所示，基于 Wi-Fi 的手机室内定位及跟踪系统主要由智能移动终端（Smart Phone）、无线局域网接入点（AP：Access Point）和后端监控管理中心（Locating Server 定位服务器）三部分组成。

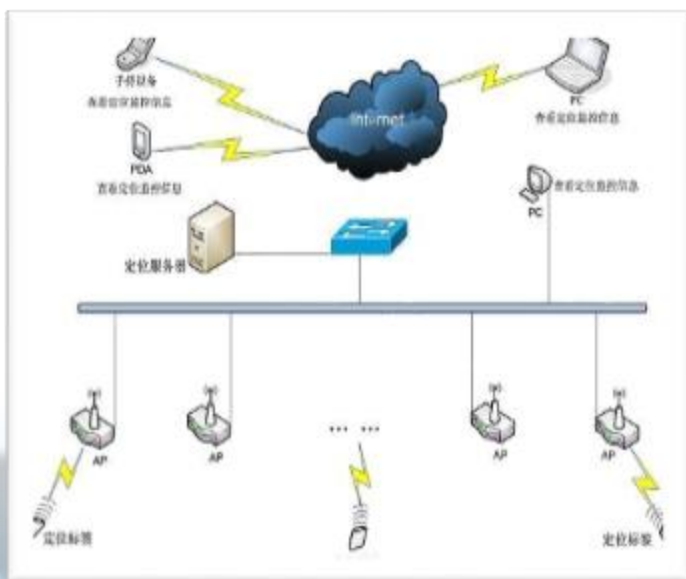
（1）智能手机是一直紧随用户的，在开启 Wi-Fi 的情况下，相当于一个定位标签。系统通过对定位标签（终端）连续实时地定位实现对携带终端用户的跟踪。

（2）AP 采用 2.4GHz 频段，支持 802.11b/g 模式，以一定频率检测智能移动终端发出的信息，并将获得的信息传输到后端的监控中心。

（3）定位服务器又分为两部分：定位引擎和电子地图。定位引擎负责分析 AP 传过来的数据，通过定位算法进行分析计算，得到定位结果。电子地图是一个 Web 端的应用程序，它通过 IIS 进行发布，负责将定位结果显示在地图上。联网后，监控人员可以通过浏览器访问该定位系统，获得人员的实时位置信息及某段时间内的移动轨迹等。



## 网络结构



用来定位的无线局域网与一般的通讯网络大致相同，定位系统的网络部署只需在原有用户 Wi-Fi 覆盖的网络基础上根据定位精度的需求适当增加少量 AP 即可。

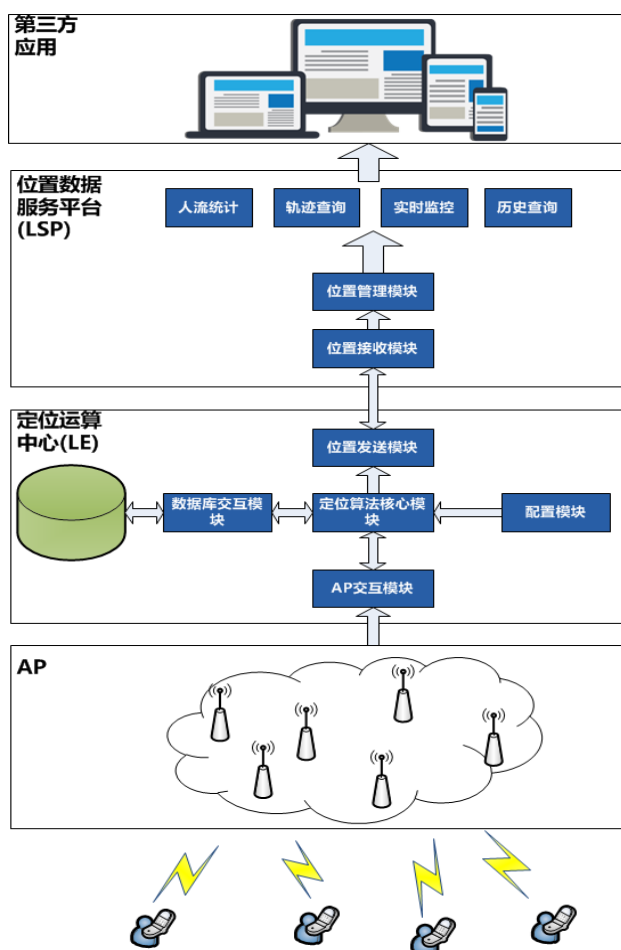
如左图所示，AP 与 AP 之间通过总线与一个交换机相连，交换机与服务器相连，定位引擎就运行在该服务器上。在 Internet 网中，通过一个 Web 端的应用程序 LocalView（电子地图）与定位服务器其进行对接，接收其传过来的数据，并在地图上显示出来，使所有可联网设备访问该 IP 地址时，均可获得其定位信息。





中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : mingyuqi.java@qq.com	Fax : 0512-87161100

## 层次体系



该系统从下到上一共分为 5 层：

第一层为用户层。指我们所需要服务（定位及跟踪）的用户。该层由各类带有 Wi-Fi 功能的智能移动终端组成，它们通过 Wi-Fi 热点接入网络。

第二层为 AP 层。该层由很多事先已经布置在特定位置的 Wi-Fi 热点 AP 组成。由于第一层的智能移动终端在打开 Wi-Fi 的情况下，会定期向环境中广播 Probe Req 帧，因此 AP 会检测到这种报文并计算移动终端的信号强度，然后发送到第三层。

第三层为定位层。该层接收 AP 层传过来的数据，进行计算处理，并发送定位结果到第四层。该层由定位引擎和数据库组成，是整个系统的核心层。数据库负责存储各种数据，定位引擎负责处理数据。其中定位引擎包含以下模块：

（1）核心定位算法模块：接收数据，然后进行定位计算，并给出定位结果。

（2）AP 交互模块：接收第二层传过来的数据，是与下层的接口。

（3）位置发送模块：发送数据给第四层，是与上层的接口。

（4）数据库交互模块：使定位算法能够方便的对数据库进行各种操作，获取所需要的数据和保存一些中间数据。

第四层为展示层。该层接收定位层传过来的数据，并以友好的图形界面的形式展示出来。需要说明的是，该层是独立于第三层的，它是一个 Web 端的应用程序，它通过“位置接收模块”实现与第三层的交互，这样做的好处是实现了展示的跨平台性。

第五层为应用层，由第四层提供该层的接口，以方便将来更多“基于位置的第三方服务”（LBS）可以在我们的系统上面进行开发。

## 定位算法简介

由于室内多路径问题的存在，新锐科技的参赛作品在传统“三角定位”的基础上增加了“基于指纹识别（Fingerprint）”的定位方法。在定位算法上采用了“大区域——采样点”相结合的两次



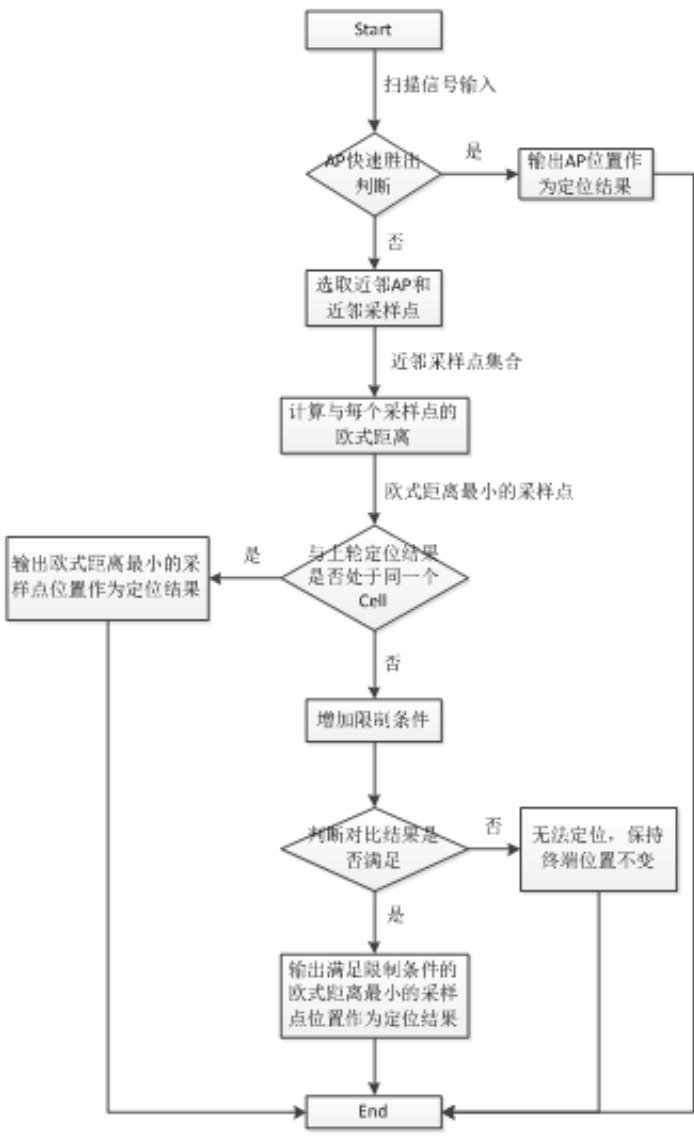




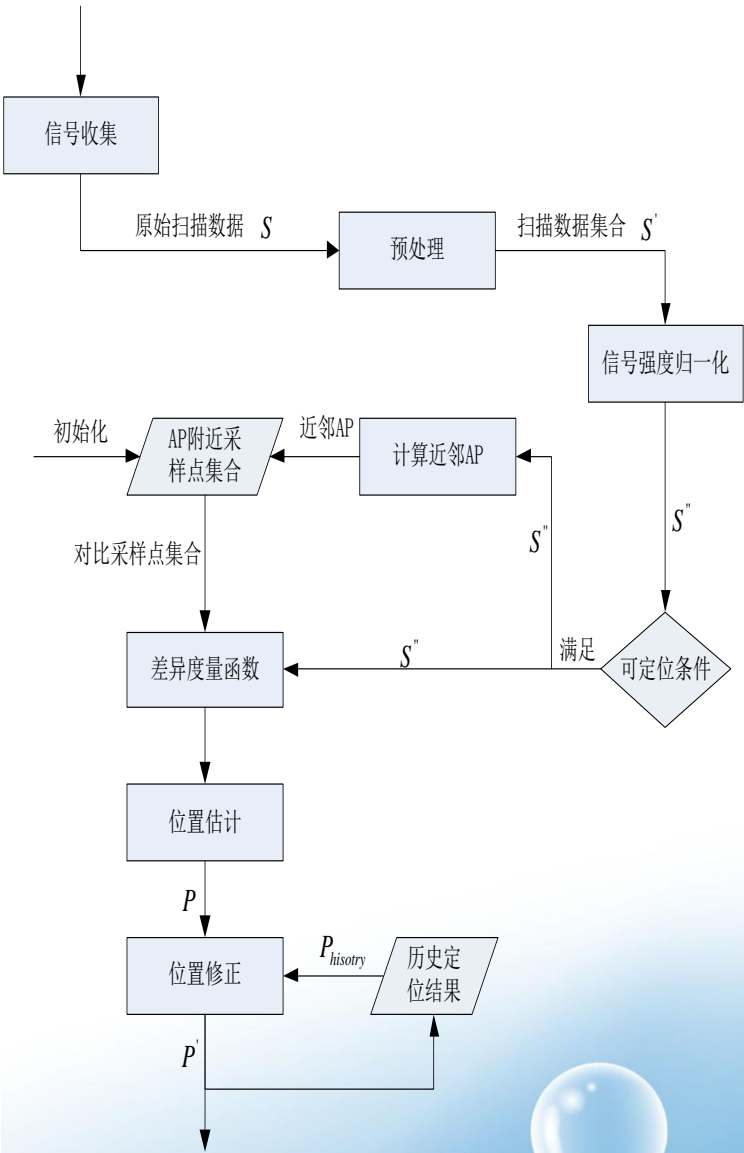
中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : mingyuqi.java@qq.com	Fax : 0512-87161100

比对定位算法，使得该定位系统在定位精度与实时性上均取得了良好的效果。并且进一步优化定位算法，解决了实时跟踪定位过程中的“穿墙”问题。

定位算法如下图所示：



基于 Cell 的定位优化算法流程图



“邻近 AP+采样点指纹比对”定位算法流程图

当移动终端在打开 Wi-Fi 后，会定期的向环境中广播 Probe Req 帧，我们通过 AP 监听移动终端的这种广播报文。当 AP 检测到这种报文时会自动计算所接收到的移动终端信号的强度，然后发给定位服务器。当定位服务器收集了多个 AP 计算的信号强度后，通过“寻找邻近 AP 节点定位算法”来确定当前与该移动终端最近的 AP，并将该移动终端定位到该 AP 处，同时根据“基于采样点的指纹比对算法”，进一步修正定位，提高定位精度。



中国科学技术大学·苏州研究院

QQ : 261494215

<http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/>

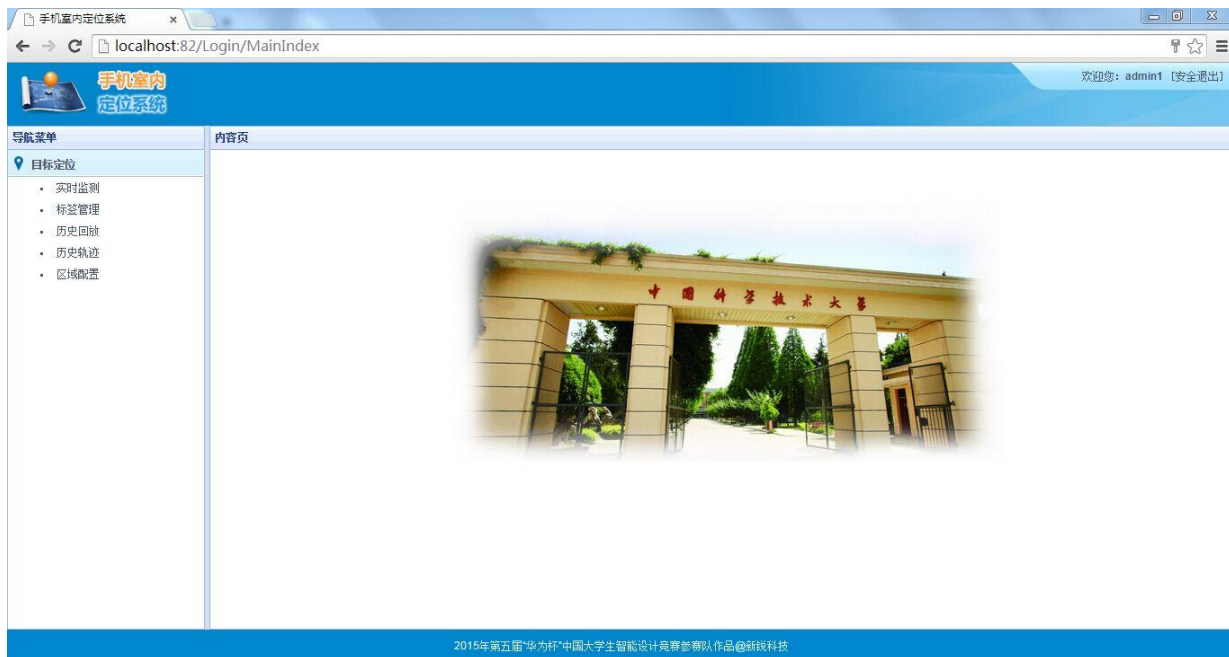
TEL : 15697287888

E-mail : mingyuqi.java@qq.com

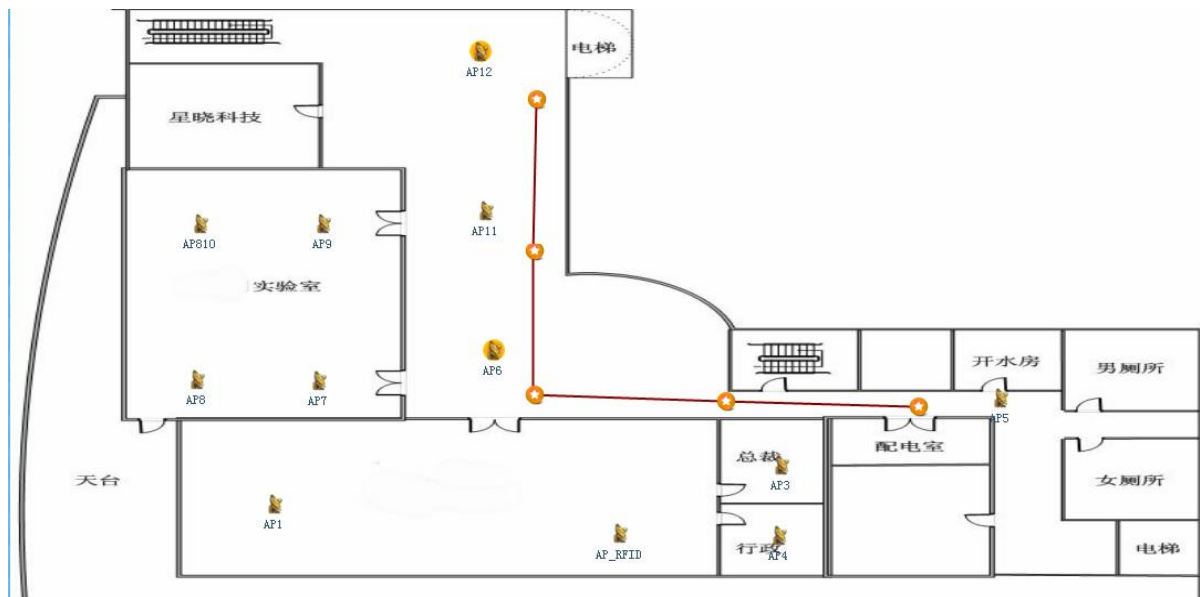
Fax : 0512-87161100

## 运行画面

### 系统主界面



### 定位及跟踪界面



### 定位引擎配置界面

编号	显示或隐藏	AP	路径点	采样点	采样	边界区域设置
401-1		AP3				
401-2						
401-3						
401-4		AP5				
401						

AP列表		区域列表	
AP名称	Mac地址		
1	AP1	5C:1D:7D:F6:E1:00	
2	AP2	5C:1D:7D:F6:94:10	
3	AP3	5C:1D:7D:F6:93:20	
4	AP4	5C:1D:7D:F6:91:00	

详细属性		编辑	
属性名	属性值		
T坐标	000		
T坐标	047		
AP名称	AP1		
Mac地址	5C:1D:7D:F6:E1:00		
AP类型	WiFi		
IP地址			

当前用户: admin 登录时间: 2015-05-27 19:02:15 当前地图: 实验室平面图 比例尺: 1 671 x 751 像素 346,392





中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : mingyuqi.java@qq.com	Fax : 0512-87161100

## 优势特点

- ✅ 相比于一般以手机作为主动扫描的传统 Wi-Fi 室内定位技术，本系统以 AP 热点作为主动扫描，无需用户在手机上额外安装任何软件，就能对其定位。
- ✅ 基于 WLAN 标准，本系统能兼容所有智能手机。不存在由于手机品牌或标准不同导致的无法识别、无法定位等问题，具有良好的普适性。
- ✅ 定位精度高。该系统定位精度一般在 3-5 米，能准确定位到人员所处房间号。
- ✅ 做到了实时定位。能实时对人员进行定位跟踪，随时查找人员所在位置并记录某时间段内所经过的路径，并显示线路轨迹。
- ✅ 可视化终端平台，以电子地图形式显示人员位置和移动轨迹，方便快捷。
- ✅ 由于无线局域网的普及，使得定位系统的搭建方便快捷、成本低。
- ✅ 采用“主从模式”，超低功耗，不需要额外消耗手机电量，对人体安全、无辐射损害。
- ✅ 提供众多基于位置服务 (LBS) 的接口，可以在本系统基础上开发出各式各样的第三方应用软件。

## 应用场景



大型商场\超市



博物馆



机场\火车站



矿山隧道

中国科学技术大学·苏州研究院

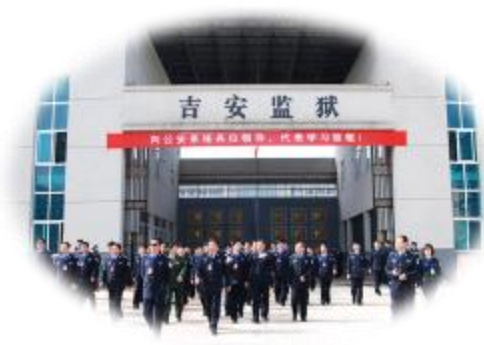
江苏省苏州市吴中区仁爱路 188 号思贤楼 401 室 | TEL : +86 15697287888 | E-Mail : mingyuqi.java@qq.com  
QQ : 261494215 | Web : <http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/>







中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : mingyuqi.java@qq.com	Fax : 0512-87161100



监狱\看守所



物流\仓储

基于本定位系统，后续可开发的第三方服务及数据分析功能拓展可包括：



实时位置



客流动线



位置分享



到访频次



进店分析



AR 导购



客流密度



驻留时间



优惠推送





中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : mingyuqi.java@qq.com	Fax : 0512-87161100

## 疑问解答



为什么你们的定位系统不需要在用户的手机上装专门的 APP，以及为什么可以支持 iPhone 手机？



理论上 WiFi 室内定位系统，其定位算法所基于的数据有以下三种：

1. WiFi 信号强度（距离衰减模型，指纹识别技术）；
2. WiFi 信号的传输时间（TOA, TDOA）；
3. WiFi 信号的相位（AOA）；

计算 WiFi 信号的传输时间和相位有很高的难度，因此目前所有商用的 WiFi 室内定位系统都是基于信号强度的，而在算法上也都是无外乎距离衰减模型和指纹识别技术。撇开算法的优化不谈，目前现有方案之间差异主要在于信号强度获取的方式，亦即整个系统的数据流方向。

对于装 APP 的定位系统，他们的数据流是这样的：手机上的 APP 接收当前环境中 AP 的广播报文，计算其信号强度，然后利用这些 AP 的信号强度去计算位置。因此首先需要手机操作系统底层支持，可以让 APP 得到环境中的 AP 广播报文的信号强度，如果手机操作系统没有给 APP 这样的权限，那么这样的方案就无法进行定位；其次，要求定位的 APP 在后台运行时依然可以监听环境中 AP 的信号强度，因为不可能要求用户手机始终打开 APP。

在这种方案下，iPhone 无法使用的原因在于：iPhone 的应用在切换到后台时，就会暂停运行处于挂起状态。因此当定位 APP 被切换到后台后，监听 AP 信号强度的进程就会被暂停，而无法再继续定位。

我们的定位系统与之不同，采用的是 AP 监听终端的广播报文的方式。终端在打开 WiFi 后，会定期的向环境中广播 Probe Req 帧，我们的 AP 会检测到这种报文并计算终端的信号强度，然后发给定位服务器；当定位服务器收集了多个 AP 计算的信号强度后，就可以用来进行定位。Probe Req 帧是 802.11 协议的标准控制帧，任何 WiFi 设备都会广播该帧。因此不管是 iPhone 还是 Android 手机，或者是 WP 手机，我们都可以在不要求用户安装 APP 的情况下，实现对其定位。



我们有 60 家门店，平均每家门店 3 万平方米，平均每家门店同时在线的终端数目为 1000 至 3000 个，那么网络数据量有多大？定位数据的存储空间需要多大？



以下为我们的经验数据：

一个终端平均 30 秒左右发一次 Probe Req 帧，每次连续发送 5 个左右，一个 AP 上报的扫描数据大小为 92 字节，3 万平方米空间需要部署的 AP 数目约为 120 个；那么每秒中的数据量最多有  $60 \times 120 \times 3000 \times (5 \div 30) \times 92$  字节，流量约为 30MB/s。

每个终端每次发送 probe req 帧，可以计算得到一条定位数据，那么最多会产生的定位数据条数为： $60 \times 3000 \times (5 \div 30) \times (12 \times 60 \times 60)$ ，共计  $1.2 \times 10^9$  条，每条数据假设有 100 字节，则每天会产生 120GB 左右的数据，如果存储一年则需要 50TB 左右的硬盘。







中国科学技术大学·苏州研究院	QQ : 261494215
<a href="http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/">http://www.ustcsz.edu.cn/kedweb/</a>	TEL : 15697287888
E-mail : <a href="mailto:mingyuqi.java@qq.com">mingyuqi.java@qq.com</a>	Fax : 0512-87161100

## 【参考文献】

- [1]Chon J, Cha H. Lifemap: A smartphone-based context provider for location-based services[J]. IEEE Pervasive Computing, 2011 (2): 58-67.
- [2] Shin B J, Lee K W, Choi S H, et al. Indoor WiFi positioning system for Android-based smartphone[J]. 2010.
- [3] Kim Y, Shin H, Cha H. Smartphone-based wi-fi pedestrian-tracking system tolerating the rss variance problem[C]//Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2012 IEEE International Conference on. IEEE, 2012: 11-19.
- [4] Bose A, Foh C H. A practical path loss model for indoor WiFi positioning enhancement[C]//Information, Communications & Signal Processing, 2007 6th International Conference on. IEEE, 2007: 1-5.
- [5] Vaupel T, Seitz J, Kiefer F, et al. Wi-Fi positioning: System considerations and device calibration[C]//Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2010 International Conference on. IEEE, 2010: 1-7.
- [6] Pereira C, Guenda L, Carvalho N B. A smart-phone indoor/outdoor localization system[C]//International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN). 2011: 21-23.
- [7] Kawaguchi N, Yano M, Ishida S, et al. Underground positioning: Subway information system using WiFi location technology[C]//Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware, 2009. MDM' 09. Tenth International Conference on. IEEE, 2009: 371-372.
- [8] Namiot D, Schneps-Schneppe M. About location-aware mobile messages: Expert system based on WiFi spots[C]//Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST), 2011 5th International Conference on. IEEE, 2011: 48-53.
- [9] Boonsriwai S, Apavatjirut A. Indoor WIFI localization on mobile devices[C]//Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2013 10th International Conference on. IEEE, 2013: 1-5.
- [10] He X, Badiei S, Aloï D, et al. WiFi iLocate: WiFi based indoor localization for smartphone[C]//Wireless Telecommunications Symposium (WTS), 2014. IEEE, 2014: 1-7.
- [11] Zhang Z, Zhou X, Zhang W, et al. I am the antenna: accurate outdoor ap location using smartphones[C]//Proceedings of the 17th annual international conference on Mobile computing and networking. ACM, 2011: 109-120.
- [12] Koo J, Cha H. Unsupervised locating of WiFi access points using smartphones[J]. Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, 2012, 42(6): 1341-1353.
- [13] Zandbergen P A. Accuracy of iPhone locations: A comparison of assisted GPS, WiFi and cellular positioning[J]. Transactions in GIS, 2009, 13(s1): 5-25.
- [14] Chan L, Chiang J, Chen Y, et al. Collaborative localization: Enhancing wifi-based position estimation with neighborhood links in clusters[M]//Pervasive Computing. Springer Berlin Heidelberg, 2006: 50-66.



@新锐科技

