

一种基于区域划分的 RSSI 定位方法^①

李 锋

(广东交通职业技术学院, 广州, 510650)

摘 要: 随着无线局域网应用和广泛部署, 基于 RSSI 信号强度指纹匹配定位方法, 以其不需添加额外硬件设备成为室内定位技术研究热点, 但信号波动会引起较大的定位误差. 本文提出一种区域划分的 RSSI 定位方法, 先利用信号强度对区域进行划分, 再对信号指纹数据库匹配移动设备位置. 最后通过实验证明, 该方法在百分之 25th、50th 和 70th 距离误差值分别是 1.25 米、2.25 米和 4.75 米, 能很好地减小由信号波动引起的定位误差, 满足工程应用要求.

关键词: 局域网定位 信号衰减 信号指纹 信号强度 区域划分

RSSI Location Algorithm Based on Zoning

LI Feng

(Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou 510650, China)

Abstract: With the widespread and deployment of wireless LAN, the RSSI signal strength fingerprint location technology, without needing to add extra hardware in indoor environment, becomes hot research. But large fluctuations signal will cause errors in location. This paper proposes a zoning RSSI location method, using Wi-Fi signal strength to divide regions, and then uses signal fingerprint database matching mobile device aera. Finally, the experiment shows that the 25th, 50th and 70th percentile values of the location distance error are 1.25 m, 2.25 m and 4.75 meter, which can reduce signal fluctuations caused by the location errors.

Key words: LAN location; signal attenuation; signal fingerprint; RSSI; area zoning

随着移动通信和网络技术应用, 定位服务在军事、测绘、交通和日常生活中拥有广阔市场. 全球定位系统 GPS 信号难以穿透室内建筑, 在室内环境中无法使用. 如何在室内环境中精确定位是目前亟待解决的问题. 随着无线局域网应用和广泛部署, 利用 Wi-Fi 信号强度进行室内定位成为近几年研究热点. 目前国外定位方法有基于最近邻居三角定位算法、基于信号指纹的 RADAR 定位方法和基于信号强度概率分布的贝叶斯定位算法等. 根据定位方法不同可以分为基于无线信号路径传播损耗定位法和基于无线信号指纹定位法两类^[1].

路径传播损耗定位法首先根据信号强度与传播距离损耗规律建模, 再依据实测节点信号强度和损耗测

算距离, 通过多边测量、圆周或双曲线函数定位节点位置. 但是在实际工程应用中, 由于室内环境复杂多变, 基于传播损耗定位精度不高, 误差一般在 5 米以上, 而无线信号指纹定位可以很好解决因信号波动产生的较大误差问题.

1 无线信号指纹定位方法

无线信号的多径传播是指电磁波在传播路径上产生的反射、绕射和散射, 节点接收到的信号不是来自单一路径, 而是多个路径多个信号的叠加, 并且由于电磁波通过的路径距离不同, 抵达节点时间也不尽相同, 存在相位差. 不同的相位差正负叠加会增强或减弱原信号, 从而产生多径衰减, 使得室内电磁环境呈

① 基金项目:2012 年广东省高等学校教学质量与教学改革工程省级精品资源共享课程(粤教高函[2013]13 号);2013 年广东省高职教育教学指导委员会教学改革项目(xxjs-2013-2001); 2013 年广东省高职高专校长联席会议教改项目(GDXLHQ012)

收稿时间:2013-11-15;收到修改稿时间:2014-01-09

现出区域性和特殊性. 因此对每个位置而言, 信道多径结构都是惟一的, 称为 RSSI(接收信号的强度指示)位置“指纹”^[2].

基于 RSSI 指纹定位算法不需建立传播距离损耗模型, 其定位过程分为两个阶段: 第一阶段(离线采集)采集从基站天线阵列到室内不同位置的信号幅度和相位等特性, 遍历所有采样点提取多径干扰特征参数建立 RSSI 位置指纹数据库. 第二阶段(在线定位)将定位节点采集的信号参数与纹数据库进行最近匹配, 从而估算节点位置^[3]. 该定位方法可以充分利用现有基础设施, 不需添加额外硬件设备, 采集点越密, 定位精度越高, 比路径传播损耗定位法更为优越, 代表算法有最近邻居算法和贝叶斯算法. 最近邻居定位算法将信号强度向量转换为欧式距离, 在数据库中匹配最近距离估算节点位置, 算法简单, 但定位精度不高. 贝叶斯定位算法将信号强度向量转换为概率分布直方图, 通过匹配最近概率估算节点位置. 贝叶斯定位算法复杂, 定位精度有所提升, 但信号的剧烈波动仍会产生较大偏差.

2 一种基于区域划分的 RSSI 定位方法

影响 RSSI 指纹定位精度除了采样密度外, 更重要的因素是偶然信号剧烈波动产生的较大偏差, 并且距离越远, 偏差越大. 为了精确 AP 阵列信号强度分布情况, 减少信号波动误差, 本文提出一种基于区域划分的 RSSI 定位算法, 将定位环境分区处理, 定位时先找到节点所属区域, 再定位到区中具体的点.

2.1 区域判定

新算法首先对室内电磁环境进行分区, 在同一区域内周期性采集多个测试信号样本存入信号强度初始数据库, 再对数据库中初始数据滤波处理, 过滤偏差较大数据, 得到 $RSSmin_i$ 和 $RSSmax_i$, 取其均值建立 RSSI 区域指纹数据库. 在节点定位时, 先根据区域指纹数据库信号强度范围投票设备所在区域. 当投票区域唯一时, 该区域就是节点所在区域. 若出现 2 个以上可能区域时, 记第 i 区第 K 个 AP 信号强度为 RSS_{ik} . 如果 $RSSmin_i \leq RSS_{ik} \leq RSSmax_i$, 则投票该区域. 每个 AP 都重复这个过程, 票数最多的即判为节点所在区域.

2.2 定位算法

区域判定完成之后, 下一步是根据信号强度估算

节点位置. 由于无线信号强度分布服从一定的概率分布, 本文通过改进贝叶斯定位算法实现定位.

1)在离线采样阶段统计区域内样本位置指纹强度 RSSI 概率, 建立概率分布直方图, 如第 i 区接收到第 k 个 AP 的 RSSI 概率直方图记为 $HRss_i$, 见图 1.

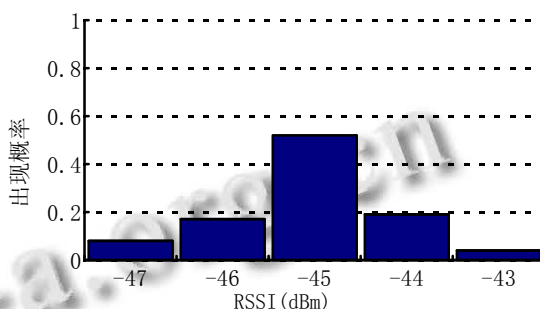


图 1 RSSI 概率分布直方图

k 为 AP 阵列个数, C_n 为第 i 区域第 n 采样点处采集到第 k 个 AP 的不同信号强度值个数, 如图 1 中样本 n 测得第 k 个 AP 不同信号强度值为 5 个, 则 $C_n=5$. 设 $HRss_k=\{(Rss_1, P_1), (Rss_2, P_2), \dots, (Rss_{ck}, P_{ck})\}$, 对于图 1 中 $HRss=\{(-47, 0.08), (-46, 0.17), (-45, 0.52), (-44, 0.19), (-43, 0.04)\}$. 设 C 为第 n 个样本测量次数, P_{ck} 为样本接收到 AP_k 的 RSSI 值等于 Rss_{ck} 的概率, 则 P_{ck} 概率为:

$$P_{ck} = \frac{Count(RSS_{ck})}{C} \quad (1)$$

其中 $Count(RSS_{ck})$ 为同一样本测量 C 次后信号强度值为 Rss_{ck} 出现次数.

2)设 m 为 RSSI 概率分布直方图中数据库位置指纹个数, $L=\{L_1, L_2, L_3, \dots, L_m\}$ 为第 i 区域内样本集合, L_n 表示第 n 个样本坐标位置, $Rss'=\{Rss'_1, Rss'_2, \dots, Rss'_m\}$ 表示区域内样本指纹集合, Rss'_n 表示第 n 个样本信号强度指纹, n 为 AP 阵列数量, $P(L_k)$ 表示样本在位置 L_k 的概率, $Rss_x=\{Rss_{x1}, Rss_{x2}, \dots, Rss_{xm}\}$ 表示位置 x 处实测信号强度向量, 则 $P(Rss_x|L_n)$ 表示样本信号强度向量为 Rss_x 的条件概率, 其值为:

$$P(Rss_x|L_n) = P((Rss_{x1}, Rss_{x2}, \dots, Rss_{xn})|L_n) \quad (2)$$

3)设当前节点位置为 L_x , 实测信号强度向量为 Rss_x , 由贝叶斯公式有:

$$P(L_x | Rss_x) = \frac{P(L_x)P(Rss_x | L_x)}{\sum_{n=1}^m P(L_n)P(Rss_x | L_n)} \quad (3)$$

其中 $P(L_x)$ 在区域 i 内均匀分布. 由于节点位置接收到各 AP 信号相互独立, 因此有以下关系:

$$P(Rss_x | L_n) = P((Rss_{x1}, Rss_{x2}, \dots, Rss_{xc}) | L_n) = \prod_{k=1}^{C_i} P(Rss_{xk} | L_n) \quad (4)$$

其中 $P(Rss_{xk} | L_n)$ 由公式①查找的 RSSI 概率分布直方图计算得出, 第 i 区域第 n 节点位置 L_x 如下:

$$L_x = \max_{L_n} (P(L_n | Rss_x)) \quad (5)$$

4) 将公式(5)代入(2)、(3)、(4), 可得第 i 区域第 n 节点计算公式为:

$$L_x = \max_{L_n} \left(\frac{\prod_{k=1}^{C_i} P(Rss_{xk} | L_x)}{\sum_{n=1}^m \prod_{k=1}^{C_i} P(Rss_{xk} | L_n)} \right) \quad (6)$$

2.3 定位误差

设 $l(x_1, y_1)$ 为区域 A 内任意一点, $l(x_1, y_1) \in A$, $j(x_2, y_2)$ 为新算法估算的节点位置, 定位误差可以表示为:

$$E(l) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (7)$$

则所有区域 A 上的定位误差满足公式:

$$E = \frac{1}{|A|} \int_A E(l) d_l \quad (8)$$

3 算法仿真

3.1 仿真环境

仿真环境设置既要有利于构建无线信号区域特色, 又要有利于形成移动设备独特指纹. 仿真环境选取学校综合办公楼, 共选取 5 个 AP 阵列, 24 个测试样本, 6 大分区区域, 建立笛卡尔直角坐标系, X 轴为楼层朝东方向, Y 轴为朝北方向, 见图 2.

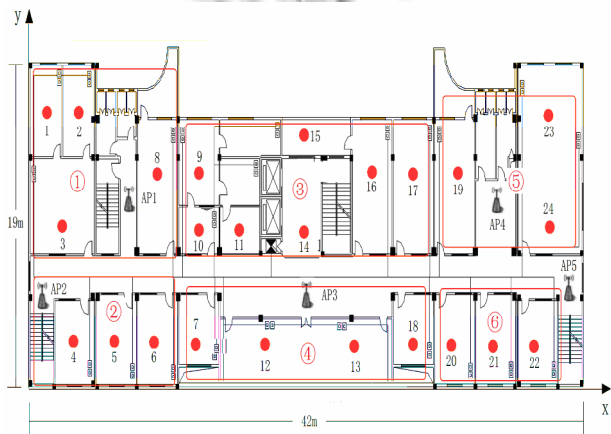


图 2 仿真环境图

仿真环境信号强度 RSSI 遵循 RADAR 损耗模型. RADAR 是基于射频的室内定位跟踪系统^[4], 由 RADAR 损耗模型计算 RSSI 公式如下:

$$RSSI(\text{dbm}) = \begin{cases} RSSI(d_0) + 20 \lg(\frac{d}{d_0}) + \sum WAF, & d \leq d_f \\ RSSI(d_0) + 10 n_A \lg(\frac{d}{d_f}) + 20 \lg(\frac{d_f d}{d_0}) + \sum WAF, & d > d_f \end{cases}$$

其中各参数取值为: $RSSI(d_0) = -42\text{dBm}$, $d_0 = 5\text{m}$, $d_f = 1\text{m}$, $n_A = 3.5$, $WAF \sim N(0, 1)$, 定位区域长度为 42m, 宽为 19m, 无线 AP 阵列坐标见表 1.

表 1 无线 AP 阵列坐标

坐标(m)	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5
X	8.9	2.8	21.0	33.1	39.2
Y	13.2	8.0	8.0	13.2	8.0

每个 AP 采用线性回归方法计算通道模型参数.

图 3 分别是 AP₁、AP₂、AP₃、AP₄ 和 AP₅ 测得的线性回归情况. X 轴代表采样点与 AP 之间距离, Y 轴代表接收到的 AP 信号强度, 由此得出每个 AP 信号损耗速率.

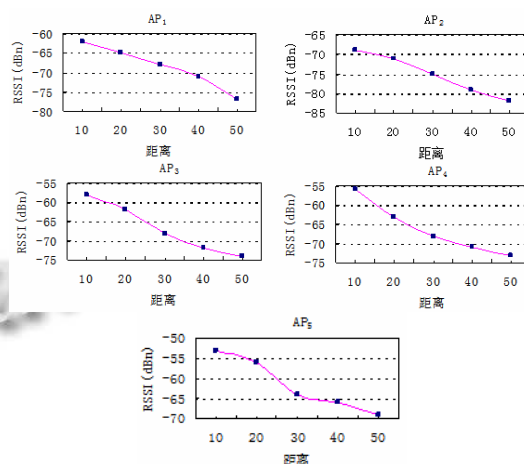


图 3 AP 线性回归图

3.2 节点测试

采集区域中所有样本信号强度并取均值, 各个样点坐标和信号强度见表 2.

表 2 样点坐标和采集信号强度

样点	坐标(m)	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5
1	(2.8, 17.2)	-58.2	-61.2	-74.3	-85.6	-92.8
2	(5.6, 17.2)	-55.27	-60.8	-71.6	-84.2	-91.2
3	(4.2, 10.2)	-53.5	-51.6	-69.8	-83.1	-89.7
4	(5.3, 4.0)	-54.3	-42.2	-67.3	-82.6	-89.4

5	(7.8,4.0)	-52.8	-52.9	-65.5	-80.3	-88.6
6	(10.3,4.0)	-48.8	-58.3	-62.2	-80.8	-86.6
7	(14.1,4.0)	-52.3	-62.3	-55.3	-80.5	-85.2
8	(10.3,13.7)	-42.6	-63.1	-62.7	-92.7	-88.6
9	(14.1,13.7)	-53.6	-68.6	-60.6	-91.2	-91.2
10	(14.1,10.2)	-48.9	-65.1	-58.9	-87.6	-85.3
11	(15.3,10.2)	-51.2	-66.2	-48.2	-78.2	-72.3
12	(18.8,4.0)	-60.4	-70.7	-42.1	-75.3	-71.5
13	(23.2,4.0)	-68.2	-71.5	-41.9	-70.2	-70.2
14	(21.0,10.2)	-70.5	-72.3	-40.3	-67.3	-71.6
15	(21.0,16.5)	-82.3	-90.5	-48.6	-72.9	-82.3
16	(24.3,13.7)	-85.6	-85.4	-52.3	-61.6	-70.5
17	(26.5,13.7)	-88.1	-86.1	-54.2	-56.5	-68.1
18	(26.5,4.0)	-84.6	-82.3	-49.6	-58.2	-72.2
19	(30.2,13.7)	-87.6	-88.7	-54.8	-43.6	-62.3
20	(30.2,4.0)	-88.1	-87.3	-58.2	-48.3	-59.2
21	(34.1,4.0)	-89.2	-88.3	-61.7	-40.2	-48.8
22	(38.7,4.0)	-90.3	-90.2	-63.2	-43.6	-43.6
23	(39.6,17.2)	-92.6	-91.4	-80.4	-48.2	-48.6
24	(39.6,10.2)	-91.4	-90.5	-79.6	-42.3	-41.2

3.3 定位误差

图 4 显示三种算法距离误差累计分布函数图, 其中新算法在 1 米、2 米、3 米、4 米和 5 米范围内误差概率约分别低于 25%、50%、55%、65%和 70%, 在百分之 25th、50th 和 70th 距离误差分别是 1.25 米、2.25 米和 4.75 米。新算法精度明显优于其余两种算法, 最大定位误差出现在第 18 个采样点, 该采样点位于区域④和区域⑥交界处。虽然该采样点隶属于区域④, 距离 AP5 约为 15 米, 其收到 AP5 的信号强度值不太符合 RADAR 损耗模型的衰减规律, 因此产生较大误差, 这与图 3 中 AP5 线性回归函数图出现的非线性热点位置相吻合。

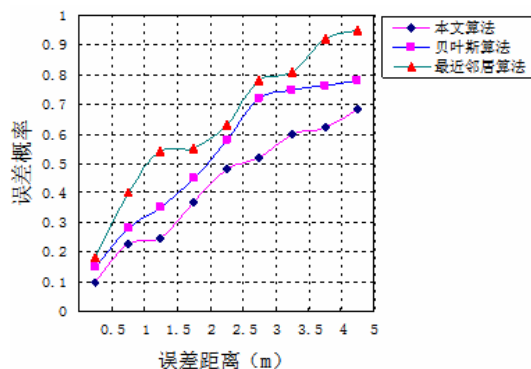


图 4 距离误差的累计分布图

3.3 扩展效果

新算法在三角区域, 四角正方区域和其它多边形和圆形区域进行定位测试, 在百分之 25th、50th 和 70th 距离误差值都在 1.5 米、3.5 米和 5 米以内, 满足工程应用要求。

4 总结

本文提出一种基于区域划分的 RSSI 定位算法, 先对电磁环境进行分区, 再匹配信号指纹数据库找出移动节点位置, 能对静止和运动中的设备进行准确、快速定位, 并可减小由信号波动引起的定位误差。

参考文献

- 1 刘艳文,王福豹.基于 DV-Hop 定位算法和 RSSI 测距技术的定位系统.计算机应用,2007,(3):123-126.
- 2 苟胜难.基于改进的 RSSI 无线传感器网络节点定位算法研究.计算机应用研究,2012,(5):71-76.
- 3 沈军,黄春华.基于 RSSI 优化的模型参数实时估计定位算法.计算机工程与设计,2012,(2):82-85.
- 4 周小波,乔钢柱.无线传感器网络中基于 RSSI 的加权 DV-HOP 定位方法.计算机工程与应用,2011,(14):75-79.
- 5 万国峰,钟俊.改进的 RSSI 测距和定位算法.计算机应用研,2012,(11):123-130.
- 6 彭玉旭,杨艳红.一种基于 RSSI 的贝叶斯室内定位算法.计算机工程,2012,(10):53-57.
- 7 颜嘉俊,雷勇曹.基于 RSSI 的无线传感器网络节点定位.计算机仿真,2012,(7):77-81.
- 8 任红建,朱玲玲.基于 RSSI 测距和 DV-HOP 误差修正的 WSN 节点定位.计算机测量与控制,2012,(10):183-186.
- 9 李福芳,罗飞.无线传感网节点自适应优化定位研究.微电子学与计算机,2012,(10):132-138.
- 10 金卫民,神显豪.基于 RSSI 的室外无线传感网络自定位算法.计算机工程,2008,13:47-52.