

基于 RSSI-距离区间映射的加权质心定位算法*

沈 田¹ 温 斌²

(1. 湖北经济学院电子工程系 武汉 430205; 2. 武汉大学计算机学院 武汉 430077)

摘要: 考虑到室内传播中 RSSI 的不稳定因素使得基于 RSSI 与位置(距离)一一对应关系的定位算法误差较大, 在对 RSSI 统计分析后, 提出了在离线采样阶段先建立符合实际环境的基于 RSSI-距离区间映射的数据库, 再在在线测量阶段根据待定位点 RSSI 在粗略位置区域中采用加权质心算法确定具体位置。从性能测试结果看出各测试点位置估计偏差略有不同, 但平均偏差不高, 表明在一定程度上改善了信号因多径效应、非视距传播等波动引起的定位偏差较大问题, 验证了该方法的可行性和有效性。

关键词: 接收信号强度; 距离; 区间映射; 质心; 定位

中图分类号: TN911 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Weighted centroid localization algorithm based on
RSSI-distance interval mappingShen Tian¹ Wen Bin²

(1. Electronic Engineering Department, Hubei University of Economics, Wuhan 430205, China;

2. College of Computer, Wuhan University, Wuhan 430077, China)

Abstract: Considering that the instability of RSSI in indoor propagation makes the localization algorithm based on one-to-one mapping between RSSI and location (distance) larger error, by the statistical analysis for RSSI, this paper proposes to build the interval mapping database between RSSI and distance in offline-sampling stage, and then to determine the specific location of the anchor point by the weighted Centroid localization algorithm in rough location area divided by anchor point RSSI in online-measuring stage. The performance test results show that the position estimation error of each test point is slightly different and the average deviation is not high. It indicates that to some extent this method improves the position deviation problem due to the signal fluctuations such as multipath effects, NLOS propagation. Also, it proves the feasibility and effectiveness of this method.

Keywords: RSSI; distance; interval mapping; centroid; localization

1 引言

物联网作为新一代信息通信技术在全球迅速发展, 而位置服务(location-based services, LBS)是近年来物联网领域发展起来的一种新型业务。移动定位技术是位置服务的核心, 其发展是位置服务业务进入面向市场高度发展的关键。全球卫星定位系统为室外定位提供了有效的保障, 而从实现难度、成本、定位精度等方面综合考虑, 基于 RSSI 的 WLAN 室内定位技术较为合适。

目前已有的 RSSI 定位方法大致分为两类: 另一类是基于信号传播理论利用三角定位算法估计待测目标的位置; 一类是基于场景分析法将实地测量 RSSI 与对应位置(距离)预先存储再与待测目标的 RSSI 比对估计待测目标

的位置, 这一方法也被称为位置指纹(location fingerprinting, LF)法^[1-2]。前者由于无线信号传播速度快, 又受多径干扰等因素影响, 在室外有效的衰减模型在室内却存在很多问题; 后者实质上是将定位问题转换成一个分类问题, 多把 RSSI 观测值本身作为标定位置的依据。

广泛使用的 LF 算法有贝叶斯分类法^[3]和 kNN 法^[4]。贝叶斯分类法需要假设 AP 的 RSSI 观测值相互独立, 但实验结果显示它们之间存在一定的相关性; kNN 法则属于无参数分类法, 普适性相对更高。考虑到多种环境因素造成的 RSSI 与距离之间非一对一关系^[5-7], 该文在离线采样阶段针对不同 AP 收集的大量 RSSI 进行统计和分析, 建立 RSSI-距离区间映射数据库, 然后在在线定位阶段, 根据待

定位点测得的 RSSI 利用数据库先初步得到待定位点大致位置区域^[8],再采用加权质心定位算法确定待定位点的位置。性能测试结果显示该方法在一定程度上改善了 RSSI 波动问题,提高了定位精度。

2 RSSI 与距离区间映射关系的建立

利用 RSSI 进行室内定位中,多采用对数正态路径损耗模型或先建立 RSSI 与位置(距离)映射数据库再进行匹配的方法,在这 2 种方法中,RSSI 和位置(距离)之间是一一对应的关系。然而,实际上,无线信号由于受到反射、绕射、衍射、非视距等因素的影响,会导致相同距离下产生不同的路径损耗或者同一 RSSI 值对应不同的距离,如图 1 所示,所以上述定位方法存在较大误差。为了适应实际环境,需要建立更有效的 RSSI 与距离映射关系。

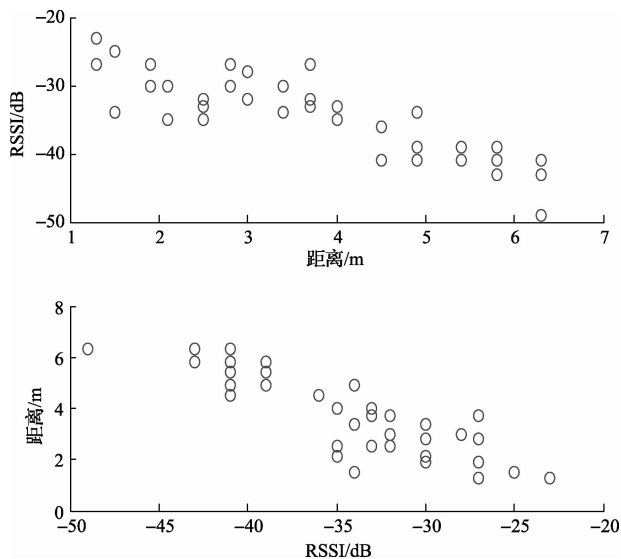


图 1 RSSI、距离之间一对多关系

通过实验采集实际环境下某一 AP 不同距离的 RSSI 值绘制成图,如图 2 所示。从图中可以看出,随着距离的增加,RSSI 逐渐衰减,但变化曲线并非平滑下降,而是呈现不规则的锯齿状,显示了各种环境因素带来的 RSSI 波动问题。另外,实验数据也反映出环境复杂程度与波动程度之间的关系,即环境越复杂,波动越厉害。

结合图 1 和图 2 可以看出,在某段距离下 RSSI 在一定范围内变化,因此,距离区间与 RSSI 区间的映射关系可表示如下:

$$[d_i^{\min}, d_i^{\max}] \rightarrow [RSSI_i^{\min}, RSSI_i^{\max}]$$

距离与 RSSI 的关系具有互换性,每个 RSSI 区间也对应一个距离区间,因此,将上述映射关系翻转,可以得到 RSSI 区间与距离区间之间的映射关系,具体表示如下:

$$[RSSI_j^{\min}, RSSI_j^{\max}] \rightarrow [d_j^{\min}, d_j^{\max}]$$

将此映射关系建立成离线采样阶段符合实际环境的 RSSI-距离区间映射数据库供在线定位阶段使用。

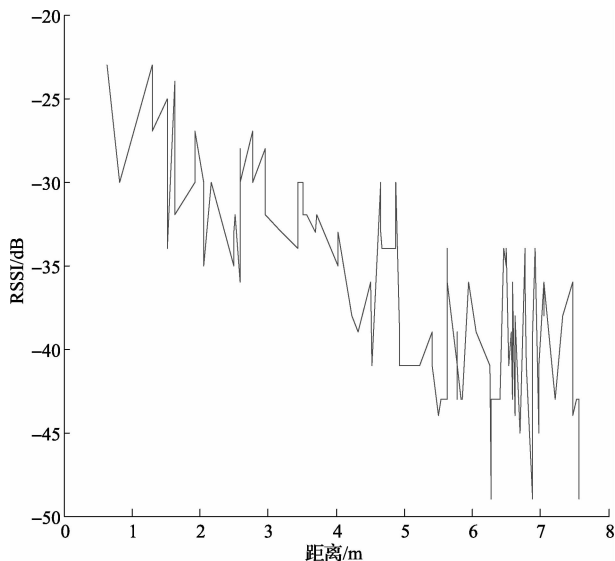


图 2 某一环境下实测距离与 RSSI 关系

3 重叠距离区间的加权质心位置估计

在在线定位阶段,从待定位点处可测得来自不同 AP 的 RSSI 值,根据 RSSI 与距离区间映射数据库可以确定相应的距离区间,以 AP 为圆心,距离区间上下限值为半径画圆环,圆环重合部分即为待定位点大致位置区域,如图 3 所示。圆环重合区域边界点的计算烦琐,考虑引入非数值计算方法,因此这里采用圆水平外切正方形来替代它。

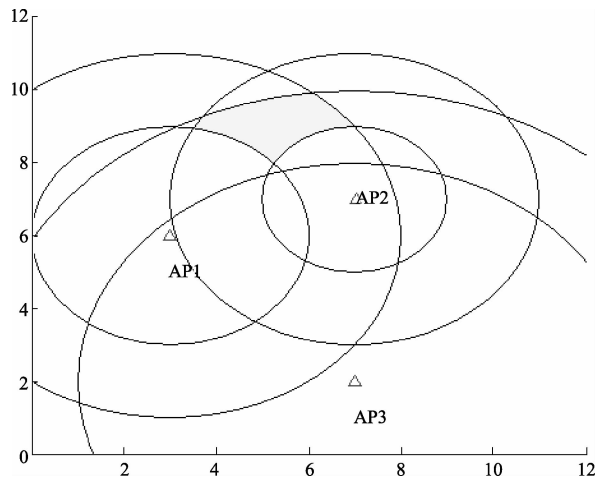


图 3 三圆环重合示意

假设某 AP 位置坐标为 (x_i, y_i) ,对应距离区间为 $[d_i^{\min}, d_i^{\max}]$,AP 覆盖区域面积为 $S_i = d_i^{\max 2} - d_i^{\min 2}$,将该区域划分成若干个网格,网格间距为 δ ,对应坐标集合为 F_i ,则待定位点大致位置区域坐标集合为 $F = \bigcap_{i=1}^K F_i$,区域质心即为待定位点位置。

传统的质心算法是将区域边界离散点坐标的平均值作为质心的坐标,此算法简单,但精确度较低。考虑到基于 RSSI 的定位受实际环境的影响较大,不同 AP 对质心位置

的影响程度不同,因此通过权值反映它们之间的内在关系,加权质心算法具体表示为^[9-12]:

$$(x, y) = \left(\frac{\sum_{i=1}^N W_i X_i}{\sum_{i=1}^N W_i}, \frac{\sum_{i=1}^N W_i Y_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \right) \quad (1)$$

式中: (x, y) 为待定位点位置坐标, (X_i, Y_i) 为距离区间重叠区域边界点坐标, N 为边界点数目, W_i 为边界点对待定位点的影响权值,该权值是到边界点到离待定位点最近的 AP 的距离相关的函数。

4 性能测试

实验场所为武汉大学工学部主教学楼 17 层最西侧大办公室,该室内物品摆放较为密集,人员活动较为频繁,平面图如图 4 所示。图中灰黑色部分表示办公桌、柜子、空调等不可通过区域,“*”为 AP 所在位置。

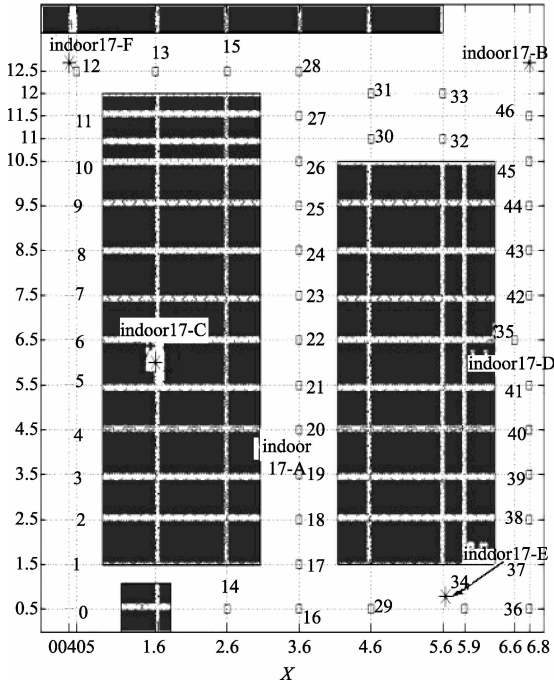


图 4 实验环境示意

1) 离线采样阶段

在实验区域内选取了 47 个采样点,进行 RSSI 测量,每点采样 300 次,间隔 200 ms,求得 RSSI 平均值。建立 RSSI-距离区间映射数据库,表 1 给出了编号为 indoor17-C 的 APRSSI-距离区间映射关系。

表 1 RSSI-距离区间映射关系

RSSI 区间/dB		距离区间/m	
-23	-30	0	2
-27	-35	2	4
-30	-41	4	5
-39	-45	5	7
-43	-49	7	8

2) 在线定位阶段

在实验区域内不同位置选取了多个测试点,采集 RSSI,按照提出的算法计算出测试点位置,并与测试点实际位置进行比对,如表 2 所示。假设测试点实际坐标为 (x_a, y_a) ,估计得到的坐标为 (x_c, y_c) ,那么位置估计偏差为: $E = \sqrt{(x_a - x_c)^2 + (y_a - y_c)^2}$ 。假设测试点数为

M ,那么位置估计平均偏差为: $\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^M E}{M}$ 。

表 2 不同测试点实际位置与估计位置比较

实际位置	估计位置	偏差/m
(3.6,12)	(3.6,0.5)	0.9
(0.4,7)	(0.1,6)	1
(3.6,7)	(4.8,7)	1.2
(6.8,9)	(4.1,11.2)	2
(5.6,0.5)	(6.7,10)	1

从实际测试数据可以看出各测试点位置估计偏差略有不同,从 0.9~2 m 不等,平均偏差为 1.2 m,说明该算法较好地改善了信号因多径效应、非视距传播等波动引起的定位偏差较大问题。

5 结 论

在对实际环境 RSSI 与距离关系进行统计分析后,本文提出了先建立 RSSI-距离区间映射数据库,然后由待定位点实测的 RSSI 通过该数据库查询可能的距离区间对待定位点进行粗略定位,再通过加权质心算法作精确定位。测试结果显示该方法定位性能较好,但是由于区间映射中存在重叠,在选择时带来一定困难,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 周牧,张巧,邱枫. 基于物理邻近点辅助的无线局域网指纹定位方法[J]. 计算机应用,2014,34(6): 1563-1566.
- [2] 刘洛辛,孙建利. 基于能效的 WLAN 室内定位系统模型设计与实现[J]. 仪器仪表学报,2014,35(5): 1169-1178.
- [3] MADIGAN D, EINAHRWAY E, MARTIN R P, et al. Bayesian indoor positioning systems [C]. Proceedings of the 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Miami, USA. 2005:1217-1227.
- [4] TANG L, XU Y B, ZHOU M, et al. Research on K nearest neighbors algorithm under the indoor Wlan [J]. Computer Science B. 2009, 36(4):54-55.

(下转第 61 页)