

文章编号: 2095-0411 (2014) 01 - 0032 - 05

# 基于改进动态 RSSI 算法的 WIFI 室内定位研究

吴 冲, 苏 兵, 焦筱俊, 王 徐

(常州大学 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 针对室内 WIFI 定位中 RSSI 信号接受过程中已有的均值滤波法、卡尔曼滤波法无法实现实时剔除和修正奇异值的缺点, 提出了一种改进的动态 RSSI 信号处理方法。为了提高动态 RSSI 信号处理的精确度, 该算法采用基于平均每跳距离和测量距离误差的改进最小二乘法来修正奇异值, 并在不增加硬件的基础上采用加权滤波法再次处理修正后的 RSSI 值。仿真实验结果表明, 本算法具有较高的计算精度, 与均值滤波法、卡尔曼滤波法相比, 本文算法在平均测距误差以及通信半径对误差的影响方面都有较大的提高。

**关键词:** 动态 RSSI 信号处理; 修正奇异值; 加权滤波; WIFI 定位

**中图分类号:** TP 393.1

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.2095-0411.2014.01.008

## Research on WIFI Indoor Positioning Based on Improved Dynamic RSSI Algorithm

WU Chong, SU Bing, JIAO Xiao-quan, WANG Xu

(School of Information Science and Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** Real-time culling and modified singular value can not be achieved by the methods of Mean filter and Kalman filter. An improved dynamic RSSI signal processing methods that improves the accuracy of the dynamic RSSI signal processing, which is based on average hop distance and improved method of generalized least squares measuring distance error correction that are used by the algorithm in this paper, and the revised RSSI value will be processed by weighted filtering method once more. Simulation results show that the algorithm has high accuracy and the precision has been greatly enhanced after filtering ranging error.

**Key words:** dynamic RSSI signal process; modified singular value; weighted filtering; WIFI positioning

无线定位 (Wireless Location) 是一个国内外热门研究方向, 这一课题涉及普适计算、无线传感网、自组织网、智能机器人和泛在互联等诸多新型研究领域的交叉, 与物联网行业也有着密不可分的关系。WIFI 是一种可以将个人电脑、手持设备 (手机、PDA) 等终端以无线方式互相连接的技术,

是 IEEE 802.11b 的一种技术实现。随着技术的发展以及 IEEE 802.11a 及 IEEE 802.11g 等标准的出现, 现在 IEEE 802.11 标准已被统称为 WIFI。WIFI 无线网络是由 AP (Access Point) 和无线网卡组成的无线网络, 在开放性区域, 通讯距离可达 300m; 在封闭性区域, 通讯距离为 75m 到

收稿日期: 2013 - 09 - 05

基金项目: Galois 环导出最高权位序列的研究 (61103172); 江苏省产学研创新基金项目 (BY2012097)

作者简介: 吴冲 (1986-), 男, 江苏徐州人, 硕士生; 通讯联系人: 苏兵。

120m, 方便于现有的有线以太网整合, 组网的成本更低。在区域监测及人员跟踪等无线网络的应用领域, 位置信息直观重要, 随着通信和网络技术的发展, 室内环境下基于位置的服务越来越受到人们的关注, 室内定位成为一个非常活跃的研究领域。文中主要研究的室内节点定位是通过发射器发出电磁波信号, 并在区域内固定点安置一些信号接收器通过接收到的信号强度以及电磁波特性和确定发射器所在位置。WIFI 以其自身诸多优点受到人们推崇, 应用 WIFI 技术实现定位更是一种性价比较高的手段与方法<sup>[1-4]</sup>。

目前根据移动终端定位时的状态, 基于 RSSI (接收的信号强度指示) 的 WIFI 定位方法可以分为静态 RSSI 信号处理和动态 RSSI 信号处理。静态的 RSSI 信号处理方法的优点是可通过增加采集信号的个数, 提高处理 RSSI 的准确度, 但缺点是采集时间较长, 不能实现实时定位。如何不需长时间采集而能提高处理 RSSI 的准确度成为静态 RSSI 信号处理方法关键问题, 然而现有静态 RSSI 信号处理方法只有均值模型法和高斯模型法<sup>[5-6]</sup>。均值模型法通过采集到的信号取均值作为信号强度的估计值。该方法引入了小概率信号值的误差, 导致信号估计值不准确。文献 [5] 通过比较均值模型和高斯模型, 得出高斯模型较优。然而在室内环境下用高斯模型来描述信号分布是不准确的。动态 RSSI 信号处理方法是针对实时/移动定位时信号处理时间过长、跟不上移动的速度、造成位置偏差, 导致产生较大的定位误差, 而提出的一种 RSSI 信号处理方法。该方法的优点是实时性好, 但准确度不够好, 如何提高准确度是动态 RSSI 信号处理方法的主要问题, 现有的处理方法主要有均值滤波法, 卡尔曼滤波法<sup>[7-8]</sup>。在测量过程中由于设备或环境等因素经常会遇到一些突变的奇异值, 而这些奇异值往往会给定位带来很大的误差。而在均值、卡尔曼滤波方法中不能实时剔除或修正这些奇异值, 所以不能消除奇异值带来误差。基于此, 本文就上述奇异值问题提出了一种改进的动态 RSSI 信号处理方法, 以期获得较高的定位精度, 并进行了仿真试验研究。

## 1 动态 RSSI 算法

以下简要介绍动态 RSSI 算法原理: 假设模拟环境全空间为  $V$ , 所有物理位置均在二维平面内, 即位置坐标  $(x, y) \in V$ 。已知模拟环境中存在一

个信号发射源 (WIFI 接入未知节点), 其位置需要确定; 接收端为普通的无线网卡, 通过对场景中若干个锚节点的测量, 求出发射源的位置。为完成未知节点的定位, 在环境中  $n$  个固定观测点对发射源信号强度进行了测量, 每个观测点的位置矢量为  $\vec{P}_i = (x_i, y_i)$ , 对应的信号强度为  $S_i$ , 求解发射源的物理位置  $\vec{P} = (x, y)$ 。由文献 [9] 可知, 满足公式 (1) 条件的点  $\vec{P}$  为信号发射端未知节点位置的最优估计, 即

$$\vec{P} = \arg \min_{(x, y) \in V} E \quad (1)$$

式中:  $E$  为评价函数。

## 2 改进的动态 RSSI 算法

如引言部分概述, 动态 RSSI 算法在测量过程中由于设备或环境等因素经常会遇到一些突变的奇异值, 而这些奇异值往往会给定位带来很大的误差。而在均值、卡尔曼滤波方法中不能实时剔除或修正这些奇异值, 所以不能消除奇异值带来误差。据此, 本文提出了一种改进的动态 RSSI 算法测距模型, 如图 1 所示, 具体分为 3 个部分: 第 1 部份是动态获取 RSSI 信号; 第 2 部分是 RSSI 信号处理, 此部分又分为修正奇异值和加权滤波两个过程; 第 3 部分是处理后的 RSSI 和结果输出。

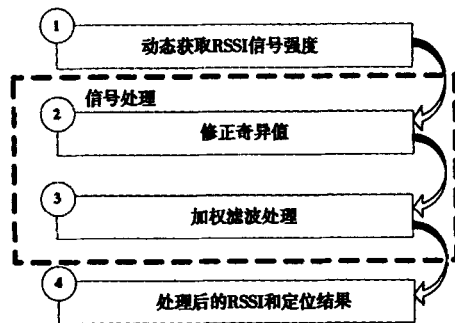


图 1 改进的动态 RSSI 定位算法

Fig. 1 Improved dynamic RSSI algorithm

### 2.1 修正奇异值

为了提高动态 RSSI 信号处理的精度和准确度, 本文提出了一种基于平均每跳距离和测量距离偏差的改进最小二乘法来修正奇异值, 算法如下:

#### (1) 测量与锚节点之间的最小跳数

每个锚节点将自己的位置信息广播至整个网络, 该数据包中包含自身的位置信息和初始化为 0 的跳数值。接收到该数据包的节点将保留收到的信息, 且只保留同一节点含最小跳数的数据包, 再将

跳数值加 1 向其他邻近节点转发。利用经典的路由矢量协议, 计算未知节点到所有锚节点的最小跳数。通过该机制, 网络中所有节点将获取到每个锚节点的最小跳数及位置信息。

### (2) 校正值的计算与广播

当锚节点  $i$  获取到其他锚节点的跳数后, 算出到其他锚节点  $j$  的平均跳距  $C_i$ , 如公式 (2), 并将该值在网络中广播。

$$C_i = \frac{\sum_{j \neq i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\sum_{j \neq i} S_{ij}} \quad (2)$$

式中:  $(x_i, y_i)$  和  $(x_j, y_j)$  是锚节点  $i$  和锚节点  $j$  的真实坐标,  $S_{ij}$  是  $i$  和  $j$  两个锚节点之间的跳数。

采用洪泛法将校正值在整个网络中进行广播。每个未知节点在接收多个校正值时, 仅保留一个接受到的平均每跳距离, 并丢弃之后收到的数据包。这样可以保证大多数节点从最近的锚节点接收平均每跳距离的信息。

### (3) 计算平均值

在节点获取到校正值后, 计算出全网平均每跳距离, 并将其在网络中进行广播, 未知节点接收该值, 更新自身的数据表。

### (4) 最小二乘法修正

目前常采用最小二乘法对  $d$  值进行误差补偿, 其原理是根据锚节点之间的测量距离偏差求出整个定位系统的定位误差。

如图 2 所示, 设未知节点  $N_k$  的坐标为  $(x, y)$ , 锚节点  $N_1, N_2 \dots N_k$  的坐标分别为  $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_k, y_k)$ , 且测得节点  $N_k$  与各锚节点间的距离  $d_1, d_2 \dots d_k$ , 节点  $N_A$  与其余锚节点  $N_i (i=1, 2 \dots k, i \neq A)$  之间的测量距离为  $D_{Ai}'$ , 其实际距离为  $D_{Ai}$ , 则实际距离  $D_{Ai}$  与测量距离  $D_{Ai}'$  间存在如下关系:

$$D_{Ai} = D_{Ai}' + \Delta E(D_{Ai}') \quad (3)$$

式中:  $\Delta E(D_{Ai}')$  表示误差, 是节点间测量距离的函数。假设误差  $\Delta E(D_{Ai}')$  为距离测量值的一次函数, 即:

$$\Delta E(D_{Ai}') = A D_{Ai}' + B (i=1, 2 \dots k, i \neq A) \quad (4)$$

为使测量误差  $\Delta E(D_{Ai}')$  最小, 可知只需使其平方和最小即可, 令:

$$f(A, B) = \sum_{i=1}^n [\Delta E(D_{Ai}') - (A D_{Ai}' + B)]^2 (i=1, 2 \dots k, i \neq A) \quad (5)$$

分别对  $f(A, B)$  求关于变量  $A, B$  的偏导

数, 并求解, 可得:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n D_{Ai}' \Delta E(D_{Ai}') - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_{Ai}' \sum_{i=1}^n \Delta E(D_{Ai}')}{\left[ \sum_{i=1}^n (D_{Ai}')^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n D_{Ai}' \right)^2 \right]} \quad (6)$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E(D_{Ai}') - A \sum_{i=1}^n D_{Ai}'}{n} \quad (7)$$

因此可根据式 (4)、(5) 计算出锚节点间的测量值与真实值之间的误差, 故可根据本误差对未知节点与锚节点间的测量距离进行修正, 其修正后的距离为:

$$d_i' = d_i + \Delta E(d_i) (i=1, 2, \dots, k, i \neq A) \quad (8)$$

式中:  $d_i'$  为未知节点与第  $i$  个锚节点之间的测量距离的修正值,  $d_i$  为未知节点与第  $i$  个锚节点之间的距离测量值。

定位算法的最终实际距离:

$$d = \text{平均每跳距离} \times \text{跳数} \times (1 + \text{距离偏差})$$

当平均跳距的估计值与实际值之间的偏差较大, 则得到的未知节点估计距离与实际距离之间的误差会相应增大。

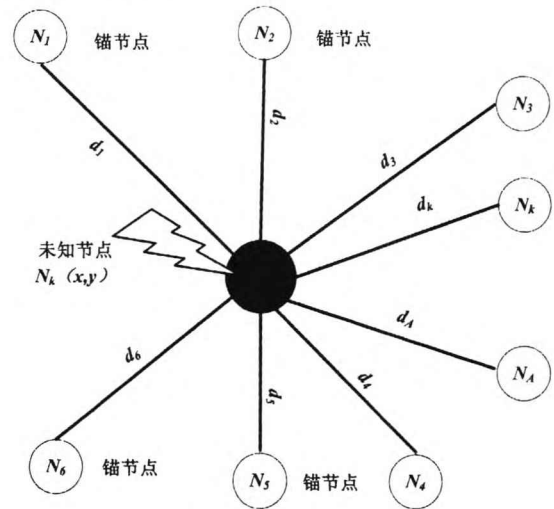


图 2 最小二乘法修正示意图

Fig. 2 The correction sketch map of least square method

## 2.2 加权滤波法

为了得到更准确的信号强度值, 本文采用了加权滤波的方法处理奇异值修正后的 RSSI。由于未知节点是采用移动方式定位, 所以滤波的窗口不宜过大, 否则不仅需要很大的工作量还会引入远点的测量误差。在移动定位过程中信号测量是实时的, 所以相邻点具有很高的相关性。当测量点的信号强度较大于或较小于相邻点的信号强度值, 表明测量

点的信号强度值为奇异值是不可靠的。用测量点与相邻点的信号强度差的倒数来描述其相关程度,表示为 $\omega$ , $R$ 为接收信号强度值。

$$\omega_i = \frac{1}{|R_i - R_m|} \quad (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad (9)$$

式中: $R_i$ 表示和测量点相邻的第 $i$ 点的信号强度, $R_m$ 为测量点的信号强度值, $\omega_i$ 为第 $R_m$ 个相邻点的权重值。

由于信号的采样频率为5Hz,考虑1s内移动终端的位置改变不会很大,相邻点的相关性不会受到环境影响而减少,因此只考虑与测量点相邻的前5点对其影响,其他点不考虑。则

$$\overline{R_m} = \frac{\sum_{i=1}^5 \omega_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^5 \omega_i} \quad (10)$$

式中: $\overline{R_m}$ 为邻域点对测量点的信号强度估计值, $R_i$ 为第 $i$ 个测量点的信号强度值, $\omega_i$ 为第 $i$ 个相邻点的权重值。

经过奇异值修正后的 $R$ 不会有突然下降的现象, $R$ 经过奇异值修正后相对比较准确,可将修正后的值和式(10)采用平均滤波法,可得式(11)。

$$R'_m = \frac{\overline{R_m} + R_m}{2} \quad (11)$$

由式(9),(10),和(11)得

$$R'_m = \frac{\frac{\sum_{i=1}^5 \omega_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^5 \omega_i} + R_m}{2} \quad (12)$$

式中: $R'_m$ 为经过修正加权滤波处理后的信号强度值。

### 3 算法仿真研究

为了验证本算法的可行性,本文将基于均值滤波法、卡尔曼滤波法以及改进的动态RSSI算法进行仿真对比,平均定位误差对比和节点通信半径误差对比结果如图3和图4所示。实验相关参数的设置如下:①网络区域设定为80m\*80m的二维平面;②20个未知节点随机部署在该区域内;③为了验证网络中锚节点的分布密度对算法定位误差的影响,区域中锚节点数分别为20~50个,为模拟实际情景,锚节点随机分布;④通信半径: $R=50$ 米;⑤实验均仿真50次,取其平均值作实验结果;⑥参考距离 $d_0=1$ ,高斯分布均方差 $X_0=2$ 。

从图3可以看出当网络中锚节点个数增加时,

采用均值滤波法、卡尔曼滤波法以及改进本文改进的动态RSSI算法的平均定位误差总体上呈下降趋势,随着锚节点个数的增加,3种算法的平均定位误差也趋于平稳。

在锚节点数目相同的情况下,当锚节点数为34、41、46时卡尔曼滤波法的平均定位误差大于均值滤波法的平均定位误差。随着网络中锚节点密度的增加,这两种方法的平均定位误差趋于相等;而本文基于改进动态RSSI算法的平均定位误差明显小于前两者算法,证明了本文改进方法能更有效地抑制了单次测量的RSSI值对算法平均误差的影响。

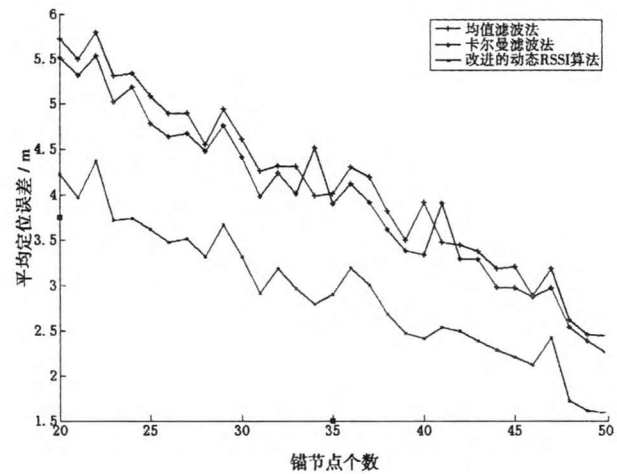


图3 3种算法的平均误差对比图

Fig. 3 The average error comparison diagram of 3 different algorithms

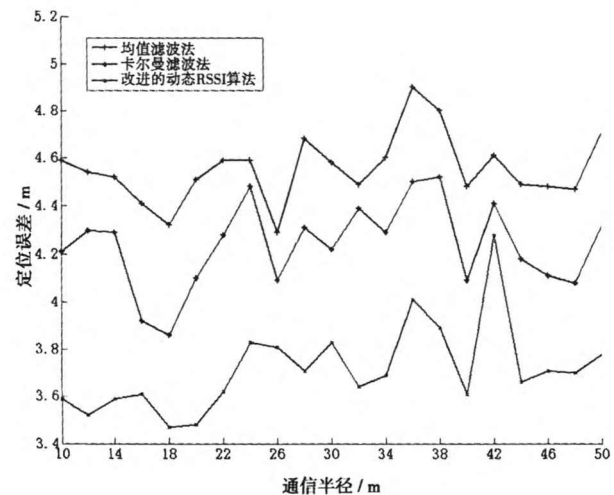


图4 节点通信半径对误差的影响

Fig. 4 The effect of node in the communication radius on error

从图4可以看出随着网络中锚节点的通信半径增大时,3种定位算法的平均定位误差并没有太大变化,当通信半径由10增大到34时,基于均值滤波法和基于卡尔曼滤波法的平均定位误差波动幅度

不大, 最大波动幅度分别为: 0.49 和 0.46; 当通信半径由 36 增大到 50 时, 平均定位误差均有小幅度的增加。此外由定位误差图可以看出当通信半径固定时, 本文的改进动态 RSSI 定位算法的平均定位误差要比前两者要小。

## 4 结 论

本文针对已有的均值滤波法、卡尔曼滤波法存在不能实时剔除和修正奇异值的缺点, 引入了一种改进动态 RSSI 信号处理方法, 提出了一种基于平均每跳距离和测量距离的改进最小二乘法来修正奇异值; 并采用加权滤波法再次处理修正后的 RSSI 值。对锚节点测量的多组 RSSI 值, 采取中值策略选取最合适的 RSSI 值。针对目标节点与锚节点处于不同高度的问题, 设计了空间补偿模型, 缩小了因目标节点与锚节点处于不同平面对定位精度造成的影响。

仿真实验结果表明, 本算法提高了动态 RSSI 信号处理的精确度, 具有较高的计算精度, 经过滤波后的测距误差得到了较大提高。采用的环境衰减因素中的各个参数在新的环境下需要重新标定, 因此工作量较大。在以后的工作中, 可以多测试几种室内环境下的模型参数, 进而总结出一套可以在室内环境下直接使用的模型参数。

## 参考文献:

- [1] Agustín - Blas L E, Salcedo - Sanz S, Vidales P, et al. Near optimal citywide WiFi network deployment using a hybrid grouping genetic algorithm [J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38 (8): 9543 - 9556.
- [2] Ahmet Ibrahim, Dogan Ibrahim. Real - time GPS based outdoor WiFi location system with map display [J]. Advances in Engineering Software, 2010, 41: 1080 - 1086.
- [3] Sunkyu Woo, Seongsu Jeong. Application of WiFi - based indoor positioning system for labor tracking at construction sites: A case study in Guangzhou MTR [J]. Automation in Construction, 2011 (20): 3 - 13.
- [4] Mikhail Afanasyev, Tsuwei Chen, Voelker Geoffrey M. Usage Patterns in an Urban WiFi Network [J]. IEEE/ACM Transaction on networking, 2010, 18 (5): 1359 - 1372.
- [5] 方震, 赵湛, 郭鹏, 等. 基于 RSSI 测距分析 [J]. 传感器学报, 2007 (11): 2526 - 2530.
- [6] 朱剑, 赵海, 孙佩刚, 等. 基于 RSSI 均值的等边三角形定位算法 [J]. 东北大学学报, 2007, 28 (8): 1094 - 1097.
- [7] Kaemarungsi K, Krishnamurthy P. Properties of indoor received signal strength for WLAN location fingerprinting [C] // IEEE First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services. Boston: MOBIQUITOUS, 2004: 14 - 23.
- [8] Raman Kumar K, Varsha Apte, Yogesh A Powar. Improving the Accuracy of Wireless LAN based Location Determination Systems using Kalman Filter and Multiple Observers [C] // IEEE Wireless Communication and Networking Conference. Las Vegas: WCNC, 2006: 463 - 468.
- [9] 白云, 喻莉, 谢长生, 等. 一种传播模型无关的快速 WiFi 访问点定位算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2013, 34 (2): 220 - 223.