

网络优先数字出版时间:2015-01-14

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20150114.1023.008.html>

基于 RSSI 的室内定位改进算法 *

An Indoor Positioning Algorithm Based on RSSI

刘志先, 赵荣阳

LIU Zhi-xian, ZHAO Rong-yang

(广西钦州学院 数学与计算机科学学院, 广西钦州 535099)

(Department of Math and Computer Science, Qinzhou University, Qinzhou, Guangxi, 535099, China)

摘要:【目的】为提高室内环境的定位精度,提出一种改进的基于 RSSI(接受信号强度显示)的室内定位算法。【方法】首先根据室内的实际布局情况对场所进行区域分割,然后采用等边三角形布局信标节点,接着用高斯模型对数据进行预处理,最后使用改进的加权三边测量法定位未知节点的最终坐标。【结果】改进的算法具有定位误差小、精度高的特点。【结论】该算法适用于室内精确定位,有利于无线传感器网络的发展。

关键词:无线传感器网络 RSSI 改进 加权三边测量法 室内定位

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2015)01-0069-04

Abstract:【Objective】There is great demand of indoor positioning technology. In order to improve the positioning accuracy at indoor environment, an improved indoor positioning algorithm is proposed in this paper. 【Methods】This algorithm segments the overall region, and then distributes the beacon nodes by the equilateral triangle distribution model followed by pretreatment of Gauss model and the unknown node positioning by the improved weighted trilateration. 【Results】The experimental results show that the advantages of algorithm is small error and high precise positioning. 【Conclusion】The algorithm is suitable for precise indoor positioning.

Key words:wireless sensor network, RSSI, improve, weighted trilateration method, indoor positioning

0 引言

【研究意义】无线传感器网络节点的位置信息十分重要,位置信息不仅能够确定数据来源,还可以跟踪移动目标,预测目标的运动方向,因此定位技术已成为研究的热点。根据定位过程中是否需要测量节

点间的距离,可以把定位算法分成 2 类:基于距离的定位算法和距离无关的定位算法。前者主要有:基于 RSSI(Received Signal Strength Indicator,即接收信号强度显示)的定位、基于 TOA 的定位和基于 AOA 的定位等;后者主要有:质心算法、DV-Hop 算法等。一般来说,基于测距的算法精度高,对硬件的要求也高;与距离无关的算法对硬件的要求低,但精度也低。RSSI 是无线发送层的可选部分,可用来判定链接质量以及是否增大广播发送强度。由于 RSSI 测距方式可以直接从设备中读取 RSSI 信号值,不需新增设备,功耗小,成本低,所以被广泛应用于无线传感器网络定位算法^[1,2]。【前人研究进展】目前,基于 RSSI 的定位技术已经有很多研究成果,如

收稿日期:2014-11-10

修回日期:2014-12-24

作者简介:刘志先(1980-),男,讲师,主要从事无线传感器网络定位的研究。

* 广西高校科研项目“基于物联网技术的智能导览系统的研究与实现”(YB2014410)资助。

文献[3]考虑信标节点间的几何位置,采取最优信标节点,将同一个信标节点采集到的多个 RSSI 值通过中位数法进行预处理,获得 RSSI 权值,然后对 RSSI 值进行修正,最后利用加权质心算法,得到未知节点的位置;文献[4]在实验的基础上提出一种旨在提高 RSSI 定位精度的功率匹配算法 PMA(Power Match Algorithm);文献[5]提出了一种改进的 RSSI 多维标度室内定位算法(RSSI-CMDS),首先用来自各节点的信号强度建立一个相异性矩阵,然后应用多维标度法求解节点的相对坐标,并根据信标节点的实际坐标,通过平面四参数模型进行坐标转换,最后运用粒子群算法优化参数,计算移动节点的真实位置;文献[6]把 RSSI 与质心定位算法结合,以 RSSI 值作为质心定位算法的权重,提出一种室内质心定位算法;文献[7]使用卡尔曼滤波对原始数据进行平滑预处理,接着用最小二乘法进行分段拟合,得到较好的定位效果。**【本研究切入点】**针对大型室内场馆的定位需求,提出一种改进的基于 RSSI 的室内定位算法。**【拟解决的关键问题】**对基于 RSSI 的测距及定位过程进行改进,通过合理分布信标节点、数据预处理等手段降低测距误差,并对数据进行加权运算,得到准确的定位结果,实现较高精度的室内定位。

1 基于 RSSI 的定位算法及改进

1.1 传统 RSSI 测距算法

在基于 RSSI 的测距中,根据发射节点的发射信号强度和接收节点的接收信号强度,可计算出传播损耗,再利用经验模型或者理论模型将损耗转换为距离^[1]。现实中应用较广的是对数常态分布模型(Log-normal Model):

$$P(d)_{dBm} = P(d_0)_{dBm} + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_{dBm} \quad (1)$$

其中, d 是发射端与接收端的距离, d_0 是参考距离,一般为 1 m; $P(d)$ 表示经过通信距离 d 之后接收端的信号损耗, $P(d_0)$ 是距离发射端 d_0 处的信号损耗; n 是路径损耗指数,表示信号损耗随距离增加而增大的程度,与具体环境有关; X 是均值为 0 的高斯随机数^[8]。

设 $P(d_0) = A$, 由于 d_0 为 1 m, 则根据(1)式可知接收端的信号强度为

$$\text{RSSI} = A - 10n \log(d) - X_{dBm} \quad (2)$$

由于 X_{dBm} 均值为 0, 可通过多次测量得到其平

均值为

$$\overline{\text{RSSI}} = A - 10n \log(d) \quad (3)$$

实际环境中,室内的墙壁、地板、物品等原因引起的反射、绕射、多径效应等会对 RSSI 值的测量有较大干扰。具体来说:(i)通信距离超过 5 m 时定位误差会陡然增大;(ii)障碍物会增大 RSSI 测量值;(iii)单一的环境参数并不适用于室内各区域;(iv)人员走动等突发干扰会给 RSSI 测量带来很大干扰,测量结果偏离严重;(v)随机干扰、噪声干扰也会给测量带来不小的误差^[9]。

1.2 改进的 RSSI 测距方法

针对室内定位中存在的主要不利因素,算法在测距方面的进行改进:首先通过区域分割及增大信标节点密度的方法,缩小信标节点与未知节点通信距离,采用 5 m 这一使定位误差开始急剧增大的临界距离作为信标节点间距确定的依据;然后根据文献[10]提出的等边三角形定位算法,把信标节点按等边三角形布局,以降低测量误差;接着采用高斯模型对原始 RSSI 数据进行预处理;最终通过加权三边测量法计算得到未知节点与多个信标节点的距离值。下面具体介绍相关的技术的实现。

1.2.1 区域分割及环境参数拟合

根据室内的实际布局情况定制分割方案,主要考虑墙体、固定障碍物等,各子区域的大小不必完全相等。例如大型展览馆,就可以根据房间、通道等划分。

不同的室内环境有不同的环境参数 A 和 n , 直接应用经验值会带来比较大的定位误差。因此,为了提高定位精度,应对区域分割后的每一个子区域进行单独实测及拟合,得到相应的环境参数。如图 1 所示, B_1 、 B_2 、 B_3 为 3 个信标节点,分别位于等边三角形的 3 个顶点, X 为未知节点,位于三角形内部。 X 在三角形内部以 1 m 为单位进行移动,对每个信标节点进行多次测量,取平均值作为 RSSI 值,然后根据式(3)使用最小二乘法进行拟合,得到该信标节点的环境参数 A 和 n 。对于同时作为几个三角形顶点的信标节点,则取其在多个三角形中拟合值的平均值;对于无法构成等边三角形的边界节点,则直接单独测量。

1.2.2 信标节点的等边三角形布局

用边长为 5 m 的等边三角形覆盖室内空间,各三角形之间没有重叠,信标节点位于顶点处。这样可以保证未知节点基本上位于某个等边三角形内部,到最近三个信标节点的距离都不超过 5 m。靠近边

界的地方容易出现三角形顶点在空间外部的情况,此时可根据实际情况在边界上布置信标节点。分布情况如图 2 所示,圆点为信标节点。

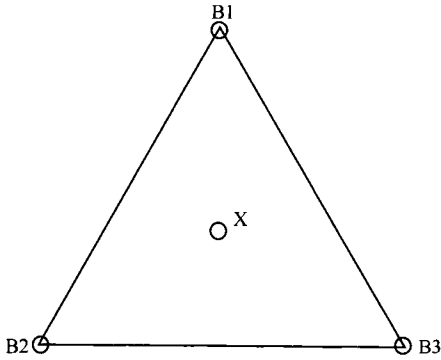


图 1 拟合环境参数的节点位置示意图

Fig. 1 Nodes position of fitting environmental parameters

ters

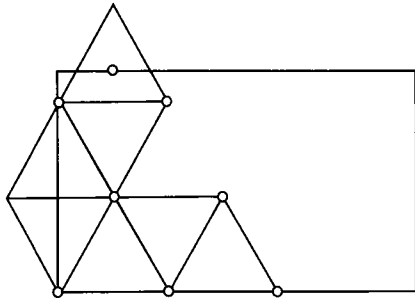


图 2 信标节点的分布

Fig. 2 Distribution of beacon nodes

1. 2. 3 高斯模型的数据预处理

在测距阶段存在着各种各样的干扰,为了提高精度,通常会对测量得到的 RSSI 值进行预处理,目前应用的模型主要包括:1)传统模型,利用采集到的 RSSI 值直接进行距离计算,该方法简单但易受干扰,精度低;2)均值模型,利用一组 RSSI 值的平均值进行距离计算,该方法在样本足够大时具有较好的效果,但计算量较大,且不适合处理大扰动样本;3)高斯模型,通过去除小概率事件的影响提高定位精度。本文采用高斯模型进行数据预处理。

一个未知节点在同一个位置收到的多个 RSSI 中,必然存在着小概率事件,如人员走动的干扰等,小概率事易引起测量结果的较大误差。因此,首先将接收到的同一个信标节点的多个 RSSI 值存入数组 Beacon_R 中,然后用高斯模型处理,选择高概率事件的 RSSI 值,将其平均值作为测距模型的 RSSI 值,计算出信标节点到未知节点的距离。

RSSI 值服从高斯分布,其密度函数为

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

$$\mu = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \text{RSSI}_i, \quad (5)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_i - \mu)^2. \quad (6)$$

选取 0.7 为临界值,当高斯分布函数值大于 0.7 且小于 1 时对应的 RSSI 值为大概率值;小于或等于 0.7 时对应的 RSSI 值为小概率值。通过式(5)和式(6)可以算出 μ 和 σ^2 ,然后代入式(7)就可以确定 RSSI 的取值范围。

$$0.7 \leq \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} < 1. \quad (7)$$

根据式(7)确定的范围从数组 Beacon_R 中取出满足要求的值并放入数组 Beacon_R_Gauss 中,则最终的 RSSI 值为

$$\text{RSSI} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Beacon_R_Gauss}[i], \quad (8)$$

式中的 n 为经高斯模型筛选后剩下的 RSSI 测量值个数。

1. 2. 4 定位算法的改进

RSSI 测距完成后,通常会使用三边测量法或加权质心算法进行定位,本文算法采用三边测量法。现实中,由于多径衰减、障碍物等因素的影响,信号衰减量往往大于实际值,导致基于 RSSI 的测距方法得到的未知节点与三个信标节点 A、B、C 的通信距离 d_a 、 d_b 、 d_c 大于实际距离(如图 3 所示),这时以信标节点为圆心, d_a 、 d_b 、 d_c 为半径的 3 个圆不再相交于一点,但存在一个相交的区域,交点分别为 D、E、F,显然未知节点在三角形 DEF 中。本文以三角形的质心作为未知节点的坐标。

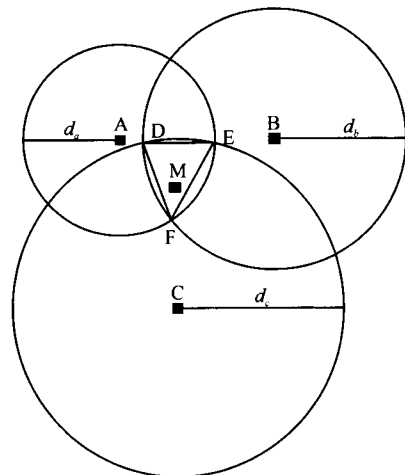


图 3 三角质心定位

Fig. 3 Triangle and centroid location

由于采用等边三角形布局,大多数情况下未知节点都在等边三角形内,得到的测距数值较为稳定、准确,但是在少数情况下,如节点不在等边三角形内,或节点在等边三角形的边上,或邻近的三个信标

节点构成的是钝角三角形, 单次定位容易导致较大误差。为得到更精确的结果, 对定位算法做了如下改进:

I) 根据 RSSI 测距结果, 按照距离 d 从小到大排序, 取出排在前四位的信标节点, 按照 $\{1, 2, 3\}$ 、 $\{2, 3, 4\}$ 的组合, 使用前述三边测量法分别进行定位, 结果分别为 $P_1(x_1, y_1)$ 和 $P_2(x_2, y_2)$;

II) 按照 $\{1, 2, 3\}$ 、 $\{2, 3, 4\}$ 的组合分别求取两组 RSSI 的平均值, 记为 $RSSI_H$ 、 $RSSI_L$;

III) 根据下式对两组坐标值进行加权运算:

$$\begin{cases} x = \frac{RSSI_H \times x_1 + RSSI_L \times x_2}{RSSI_H + RSSI_L}, \\ y = \frac{RSSI_H \times y_1 + RSSI_L \times y_2}{RSSI_H + RSSI_L}. \end{cases} \quad (9)$$

IV) (x, y) 即为未知节点的最终定位坐标。

2 改进算法的测试及分析

2.1 定位过程描述

实验中定位算法的实现过程描述如下:

I) 信标节点采用等边三角形布局, 对每个信标节点拟合得到其环境参数 A 和 n ;

II) 信标节点定期广播定位信息, 包括编号及自身位置;

III) 未知节点记录同一个信标节点的 RSSI 值, 当 RSSI 值数量超过阈值 h 时, 停止接收;

IV) 使用高斯模型进行数据处理, 求出 RSSI 值;

V) 使用改进定位算法计算未知节点的坐标;

VI) 通过式(10)计算未知节点的定位误差:

$$E = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}, \quad (10)$$

其中 (x, y) 为计算得到的未知节点坐标, (x_i, y_i) 为其真实坐标。

2.2 现场实验

实验所用的信标节点、未知节点均以 CC2530 芯片为核心, 实验环境为 $19 \text{ m} \times 9 \text{ m}$ 的某长方形展览厅, 放置 14 个信标节点和 1 个未知节点。

未知节点在不同的 10 个位置分别进行了 10 次定位测试。误差的最小值、最大值和平均值如表 1 所示。

全部测试的误差平均值为 0.63 m , 可见算法有良好的效果。

表 1 测试结果

Table 1 Experimental results

位置序号	最小值	最大值	平均值
Position No.	Min(m)	Max(m)	Average(m)
1	0.35	0.71	0.42
2	0.40	0.89	0.51
3	0.46	0.95	0.53
4	0.27	0.92	0.40
5	0.85	1.38	1.12
6	0.23	0.41	0.35
7	0.71	1.54	0.87
8	0.64	1.13	0.76
9	0.52	1.06	0.63
10	0.57	1.44	0.74

3 结束语

本文在基于 RSSI 的定位算法基础上, 针对室内环境设计了一种基于 RSSI 的三边测量室内定位算法, 通过区域分割、高斯模型数据预处理、加权定位等对测距、定位两个阶段进行了改进。现场实验结果表明, 改进算法具有定位误差小、精度高的特点。

参考文献:

- [1] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
Sun L M, Li J Z, Chen Y, et al. Wireless Sensor Networks[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [2] 彭刚, 刘戎, 王方年. 无线传感器网络研究概述[J]. 广西科学院学报, 2007, 23(4): 369-372.
Peng G, Liu R, Wang F N. An overview on research of wireless sensor networks[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2007, 23(4): 369-372.
- [3] 谭志, 张卉. 无线传感器网络 RSSI 定位算法的研究与改进[J]. 北京邮电大学学报, 2013, 36(3): 88-91.
Tan Z, Zhang H. A modified mobile location algorithm based on RSSI [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2013, 36(3): 88-91.
- [4] 陈锡剑, 程良伦. 基于 RSSI 的功率匹配定位算法的研究与实现[J]. 传感技术学报, 2013, 26(5): 710-714.
Chen X J, Cheng L L. Study and implementation of power match algorithm based on RSSI [J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2013, 26(5): 710-714.
- [5] 石欣, 印爱民, 陈曦. 基于 RSSI 的多维标度室内定位算法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(2): 261-268.
Shi X, Yin A M, Chen X. RSSI and multidimensional scaling based indoor localization algorithm[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2014, 35(2): 261-268.

(下转第 76 页 Continue on page 76)

```
[filter:keystoneauth]
use = egg:swift#keystoneauth
operator_roles = adminRole,swiftoperator
# 允许访问并使用 Swift 的角色。
reseller_prefix = AUTH_
# account 的命名前缀,注意此处必须加“_”。
# 例如 http://192.168.3.52:8080/v1/
AUTH_54d3db64adfc4731b5222cac974f8bc5
```

```
[filter:healthcheck]
use = egg:swift#healthcheck
```

```
[filter:cache]
use = egg:swift#memcache
memcache_servers = 192.168.3.52:11211,
192.168.3.53:11211
```

```
[filter:proxy-logging]
use = egg:swift#proxy_logging
```

至此,Openstack 已配置完毕。使用以上的配置文件 proxy-server.conf,被 Keystone 验证通过的用户就可以调用 Swift 的服务。

3 结束语

本文针对校园网私有云存储系统建设的需求,阐述如何实现 Openstack 开源平台的 Swift 组件与 Keystone 组件有效整合的方法。利用这一集成技术,校园网私有云存储系统不需要使用镜像,只是通

过安装 Swift 组件就能够有效地管理存储对象,有效地运用 Keystone 来实现用户身份的验证,以及实现 Openstack 环境的配置。这为 Openstack 开源平台的其它功能组件的有效集成提供了借鉴方法。

参考文献:

- [1] Yang S, Jiang L, Zhu S D, et al. Research and Application of Private Cloud Storage Platform in High Schools Based on Seafiler[C]. The 6th International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems, Shenyang, China, November 1-3, 2013, 25-28.
- [2] Wen X L, Gu G Q, Li Q C, et al. Comparison of Open-source Cloud Management Platforms: OpenStack and OpenNebula[C]. The 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, Chongqing, China, May 29-30, 2012, 2457-2461.
- [3] Younge A J, Laszewski G, Wang L, et al. Efficient Resource Management for Cloud Computing Environments[C]. Proceedings of the 2010 International Conference on Green Computing, Chicago, IL, USA, August 15-18, 2010, 359-364.
- [4] Michael M, Moreira J E, Shiloach D, et al. Scale-up xscale-out: A case Study Using Nutch/Lucene[C]. The 21th International Parallel and Distributed Processing Symposium, Long Beach, California, USA, March 26-30, 2007, 1-8.
- [5] 李辉. 基于 OpenStack 的私有云计算平台的研究和实现[D]. 南昌:江西师范大学, 2013.
Li H. Research and Implementation of the Private Cloud Platform Based on OpenStack[D]. Nanchang: Jiangxi Normal University, 2013.

(责任编辑:尹 闯)

(上接第 72 页 Continue from page 72)

- [6] 吴彬,李俊娥. 无线传感器网络在室内定位中的应用研究[J]. 计算机科学, 2013, 40(5): 115-117.
Wu B, Li J E. Application of wireless sensor network in indoor localization[J]. Computer Science, 2013, 40(5): 115-117.
- [7] 朱明强,侯建军,刘颖,等. 一种基于卡尔曼数据平滑的分段曲线拟合室内定位算法[J]. 北京交通大学学报, 2012, 36(5): 79-80.
Zhu M Q, Hou J J, Liu Y, et al. An indoor locating algorithm based on kalman smoothing filter and piecewise curve fitting [J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2012, 36(5): 79-80.
- [8] 刘雪兰,王宜怀,陆全华,等. 无线传感器网络 RSSI 定位算法改进[J]. 计算机应用, 2013, 30(11): 87-89, 141.
Liu X L, Wang Y H, Lu Q H, et al. Improvement for RSSI-based localization algorithm in wireless sensor

- networks[J]. Computer Applications and Software, 2013, 30(11): 87-89, 141.
- [9] 张苍松. 基于 RSSI 的室内定位优化技术[D]. 西安:西北工业大学, 2014.
Zhang C S. An Improved Algorithm of Indoor Positioning Which Based on RSSI [D]. Xi'an: Northwest University, 2014.
- [10] 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:自然科学版, 2007, 28(8): 1094-1097.
Zhu J, Zhao H, Sun P G, et al. Equilateral triangle localization algorithm based on average RSSI [J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2007, 28(8): 1094-1097.

(责任编辑:米慧芝)