

基于 RSSI 修正加权质心的定位算法^①

白梦如, 徐 钊, 郑红党

(中国矿业大学 信息与电气工程学院, 徐州 221008)

摘 要: 研究了适用于室外空间的修正加权质心定位算法, 该算法对接收信号强度指示测距原理进行分析, 可在未知路径衰落指数的情况下, 将距离关系转化为接收功率关系, 通过高斯滤波处理得到 RSSI 测量距离, 将其倒数作为修正加权质心定位的加权因子; 加权质心算法讨论了调整修正系数对算法定位精度的影响, 通过比较分析得出室外环境时理想的修正系数. 通过仿真实验表明, 改进后算法动态调整系数为 4 时, 定位精度最高为 0.5190m, 可以满足实际定位需求.

关键词: RSSI 定位算法; 高斯滤波; 衰减指数; 调整系数; 质心定位

Location Algorithm Based on RSSI Modified Weighted Centroid

BAI Meng-Ru, XU Zhao, ZHENG Hong-Dang

(College of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: The modified weighted centroid location algorithm applying to outdoor is proposed. The algorithm analyses the measure principle of Received Signal Strength Indication (RSSI), in the case of unknown path decline index, which can convert the distance relation to the received power relations. In addition, the RSSI measure distance is obtained by the Gauss filtering, and the inverse is used as the weighting factor of the modified weighted centroid localization. The weighted centroid algorithm discusses the impact on the precision resulting from the adjustment coefficient. The ideal correction factor of the outdoor environment is obtained through the comparative analysis. The simulation experiments show that the best location accuracy of the improved algorithm is 0.5190m enough to meet the actual location demand when the dynamic adjustment coefficient is 4.

Key words: RSSI positioning algorithm; Gaussian filter; decline index ; adjustment coefficient; centroid localization

近年来, 无线传感器网络技术迅猛发展, 以它独有的低成本、感知能力、计算能力、无线通讯能力, 被广泛地应用在国防、军事、环境监测、目标跟踪、抢险救灾等领域^[1]. 其中, 监测与定位跟踪目标区域的信息采集, 实现精确定位已成无线传感器的基本任务之一. 现今最为流行的无线传感网络技术有 ZigBee 技术^[2], ZigBee 定位一般采用 RSSI(Received Signal Strength Index)定位算法^[3,4], RSSI 是用来从信号传输过程中的衰减估计距离. 文献[5]剖析了 RSSI 定位算法, 验证 RSSI 测试可重复性, 适度动态环境中 RSSI 变化是有规律的, 采用加权和均值法消除环境因素的影响, 在空旷 15m 范围内的测距的误差为 2m, 远距离

通过 RSSI 定位算法误差较大.

文献[6]提出了一种新的校正 RSSI 值的加权定位方法, 在 RSSI 值的获取阶段, 将信标节点之间的距离和信号强度信息同时考虑在内进行 RSSI 值校正, 权值选择阶段采用了权值取距离倒数之河对传统的加权质心算法进行融合改进, 但未考虑 RSSI 值环境影响所接收到的极值变化影响略大及未对权值进行修正处理. 文献[7]提出的改进加权算法, 利用距离比值作为加权因子防止过度修正和信息淹没, 而未考虑衰减指数的影响, 它通常由场地测量得来, 障碍物越多相对数值越大, 因此随着距离的增加接收到的信号强度下降速度会越来越来.

^① 收稿时间:2016-03-07;收到修改稿时间:2016-10-10 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005524]

本文融合文献[6]和文献[7]中算法的优点,并弥补算法中的不足,在未知路径衰落指数的情况下,将距离关系转化为接收功率关系,探讨权重因子对算法精度的影响,代入修正加权质心定位算法,准确定位物体的数量和具体位置,硬件成本低,实现简单,定位精度较为准确。

1 RSSI测距原理

通常情况下,由于信号在传递过程中,随着传输距离的增加,信号强度会不断下降^[8]。通过测量接收的信号强度,距其传播数学模型,估计出发射节点和接收节点之间的距离:

$$P_r(d) = P_r(d_0) + 10n \lg(d/d_0) + X_\sigma \quad (1)$$

其中, $P_r(d)$ 为距离发射点 d 处的接收信号强度,单位为 dm ; d_0 为参考距离,出于计算方便和测量 $P_r(d_0)$ 的有效性考虑,取 $d_0=1m$; $P_r(d_0)$ 是在参考距离 d_0 处的路径衰减系数,单位为 dm ; X_σ 是平均值为 0 的高斯分布随机指数; n 是路径衰减指数,会随着环境的不同而变化,一般在自由空间中取 2,有障碍物时, n 的值会增大,同时,衰减系数 n 的值是通过设定发射点位置和据发射点位置不同距离的未知节点位置,并采集位置节点的接收功率 P_r ,由式(1)可得 RSSI 测距公式如下:

$$\lg d = \frac{P_r(d) - P_r(d_0)}{10n} \quad (2)$$

由上式可知,通过测量未知节点的接收功率 $P_r(d)$,便可算出未知节点距发射点的距离 d ,而且,如果发射点位置确定,由此可以确定待定位节点距发射点的精确位置。

2 测距分析

由式(2)测距,接收功率 P_r 受环境较大影响,如:非视距、障碍物、硬件本身和其它因素, P_r 值必然有一定的随机性。

通过高斯滤波模型进行数据处理可以减少一些小概率、强干扰事件对测量未知节点接收功率的影响,其原理是用窗函数取出一个未知节点在同一位置可能收到的 n 个 $P_r(i) (1 \leq i \leq n)$ 值,选取高概率发生区间的 $P_r(i)$ 值,再取其几何均值 P_{ra} ^[9],增强了测距的准确性。

接收概率密度函数:

$$f(p_r) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(p_r-u)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

式中 μ 为 P_r 的真实均值, σ 为 P_r 的真实标准差,二者均为常数,式(3)接收功率服从高斯分布。

测量的样本均值 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_r(i)$, 测量的样本标准差 $S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (p_r(i) - \bar{X})^2}$ 。

通过区间估计法获取高概率发生区间。根据实际经验,认为 μ 的置信水平为 0.6 的置信区间为接收功率的高概率发生区域。

由式(3)服从高斯分布,因此,在本文中认为式(4)近似的服从标准正态分布:

$$\frac{\bar{X} - u}{\frac{S}{\sqrt{n}}} : N(0,1) \quad (4)$$

根据标准正态分布上的 α 分位点的定义有:

$$P \left\{ \left| \frac{\bar{X} - u}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \right| < Z_{\frac{\alpha}{2}} \right\} = 1 - \alpha \quad (5)$$

因此,就可得到均值为 μ , 置信水平为 $1-\alpha$ 的置信区间:

$$\left(\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}} Z_{\frac{\alpha}{2}}, \bar{X} + \frac{S}{\sqrt{n}} Z_{\frac{\alpha}{2}} \right) \quad (6)$$

在本文中,置信水平为 0.6,即式(6)中 $\alpha=0.4$,通过查标准正态分布表 $z_{0.2}=0.845$,因此,由置信水平上的 μ 置信区间,可知 P_r 高概率发生区间,如下式所示:

$$\bar{X} - 0.845 \frac{S}{\sqrt{n}} \leq P_r(j) \leq \bar{X} + 0.845 \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

通过式(7)筛选出高概率区间的 $P_r(j)$, 求其几何平均值 P_{ra} , 并将其作为最终准确值,如下式所示:

$$P_{ra} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k P_r(j) \quad (8)$$

k 为落在高概率区间 $P_r(j)$ 的个数, P_{ra} 带入式(2),则有经高斯滤波模型得到的 RSSI 测距公式:

$$\lg d = \frac{P_{ra} - P_r(d_0)}{10n} \quad (9)$$

上式结果中仍与路径衰减指数 n 有关,为此如何消除 n 的影响成为关键。

设布置锚节点(1, 2, ..., m)时已知锚节点与锚节点之间的距离 d' , 可通过上述高斯滤波模型测得一个锚节点的 p'_{ra} , 便得:

$$\lg d' = \frac{P'_{ra} - P_r(d_0)}{10n} \quad (10)$$

联立式(9)和式(10),得:

$$d = 10^{\left(\frac{P'_{ra} - P_r(d_0)}{P'_{ra} - P_r(d_0)}\right) \times \lg d'} \quad (11)$$

在 RSSI 信号强度测距的实际应用中,无线传播路径损耗对定位精度有很大的影响. 本文利用式(11)对未知节点基于发射点区域测距,以减少环境因素的影响,提高定位精度. 利用上述算法公式可消除路径衰减指数 n 对定位结果的影响,保证室外环境不稳定的情况下测距结果的准确性.

3 修正加权质心定位算法

在质心算法^[10-12]中,利用锚节点的广播路由性质向通信半径小于自身节点的邻居节点广播节点自身的标志和位置信息,并将位置节点限制在锚节点的几何重心内作为被检测对象,以获得最终的位置数据. 该算法复杂度小,计算量小,功耗低,符合大规模网络人员定位的要求,如图 1 所示.

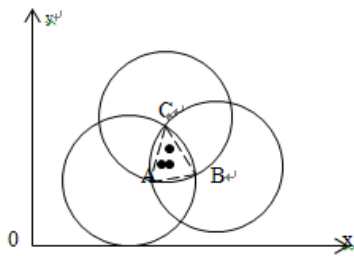


图 1 质心算法原理图

加权质心算法是通过修正权重因子调整各锚节点对被检测目标的主导地位, da 、 db 、 dc 是锚节点与目标节点的之间的测量距离, 权重因子选取 $\frac{1}{da}$ 、 $\frac{1}{db}$ 、 $\frac{1}{dc}$. 此时, 距顶点较远的相关锚节点将起次要作用, 增加权重因子的幂值, 调整权值的修正程度^[13], 数学模型为:

$$x = \frac{x_a \left(\frac{1}{da^\alpha} + \frac{1}{db^\alpha} \right) + x_b \left(\frac{1}{db^\alpha} + \frac{1}{dc^\alpha} \right) + x_c \left(\frac{1}{da^\alpha} + \frac{1}{dc^\alpha} \right)}{2 \left(\frac{1}{da^\alpha} + \frac{1}{db^\alpha} + \frac{1}{dc^\alpha} \right)} \quad (12)$$

$$y = \frac{y_a \left(\frac{1}{da^\alpha} + \frac{1}{db^\alpha} \right) + y_b \left(\frac{1}{db^\alpha} + \frac{1}{dc^\alpha} \right) + y_c \left(\frac{1}{da^\alpha} + \frac{1}{dc^\alpha} \right)}{2 \left(\frac{1}{da^\alpha} + \frac{1}{db^\alpha} + \frac{1}{dc^\alpha} \right)} \quad (13)$$

其中, α 是动态调整系数, $\alpha=0$ 时, 相当于基本质心算法.

不同的环境下, 使用不同动态调整参数完成对目标节点的估值计算, 定位精度也将有所不同. 本文将针对动态调整系数 α 的不同取值对改进算法的修正程度的影响进行仿真讨论, 确定 α 的合理范围. 修正后的算法不仅在质心运算中增加 RSSI 数据信息, 充分利用, 并合理选取权重设置信息的权重, 使得定位精度有了很大的提高.

4 定位步骤

基于上述提出的改进算法, 对于其具体实现, 从 RSSI 数据的发送到经高斯滤波处理接收, 到最终未知节点的定位, 步骤如下:

(1) 锚节点周期性的向周围环境传送相关信息(包括锚节点位置信息);

(2) 未知节点接收信息后, 记录相同的锚节点的 RSSI 值, 进行高斯滤波处理, 当接收到一定数量的 RSSI 值后, 对多个 RSSI 数据取平均值, 作为接收到的 RSSI 值;

(3) 利用式(9)、式(10)和式(11)将 RSSI 值转化为未知节点距锚节点的距离 d , $\frac{1}{d}$ 为加权因子;

(4) 对距离 d 进行从大到小的排序其中 $d_1 < d_2 < \dots < d_n$, 最小的 d_1, d_2, d_3 为所需的值, 对应的三个定位锚节点为 b_1, b_2, b_3 , 锚节点的坐标映射为 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3)$, 构成一个三角形;

(5) 三角形的质心作为未知节点的坐标 (x, y) , 用改进的加权质心算法计算数据;

(6) 计算误差 $e = \sqrt{(x - X)^2 + (y - Y)^2}$;

(7) 比较不同动态调整系数对改进算法的影响, 选取理想值.

5 仿真分析

为了更好的验证改进算法的正确性以及高斯滤波 RSSI 模型的准确性, 采用 10 组坐标值在二维空间进行仿真, 仿真平台采用 MATLAB7, 仿真区域为 $100 \times 100(m^2)$, 锚节点均匀分配在仿真区域中, 任意未知节点都可以接收锚节点周期性发送的信息, 设锚节点数为 100, 每个节点通信半径 20m, 在该区域内随机分配 50 个未知节点, 并在数据中添加均值为 0 方差为 6 的高斯噪声, 代替实际环境物体移动、气候等的影响.

衰减系数 n 取 2, 对自由空间传播模型和对数常态分布模型, 按上述算法和步骤进行仿真. 算法反复进行 100 次, 得到平均定位误差, 仿真结果如图 2 所示.

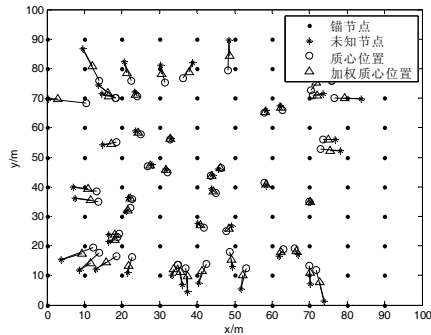


图 2 质心定位与加权质心定位($\alpha=1$)仿真结果

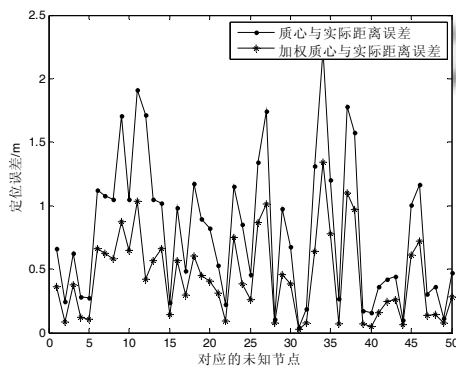


图 3 质心定位与加权质心定位($\alpha=1$)对应的未知节点误差曲线

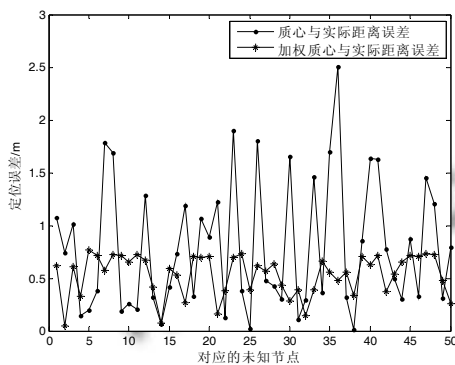


图 4 质心定位与加权质心定位($\alpha=4$)对应的未知节点误差曲线

比较图 2、图 3, 利用高斯滤波模型改进的加权质心算法定位误差明显优于传统的质心算法, 传统的质心算法平均定位误差为 0.8760m, 修正后的平均定位误差仅为 0.5848m.

从图 4 仿真实验数据得出, 动态调整系数 α 不同

时, 误差明显也有所改进, $\alpha=4$ 时, 修正质心定位算法平均定位误差为 0.5190.

基于上述方法仿真动态调整系数 α 取值不同时的定位误差变化曲线, 每次取值均仿真 100 次, 取其平均值.

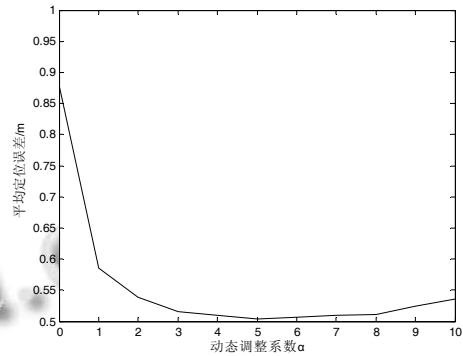


图 5 修正质心算法平均定位误差曲线

仿真结果中, 动态调整系数 $\alpha=5$ 时, 定位精度最高, 平均定位误差仅为 0.5037. 不考虑路径衰减指数 n 的影响, 在任意室外空间的实际定位中, 动态调整系数 $\alpha \in (3, 7)$ 都可以满足定位需求.

6 结语

有效的定位算法有助于快速准确的获取待定位节点的具体位置, 完成任务. 本文对 RSSI 测距算法进行改进, 利用高斯滤波去除 RSSI 随机波动, 改进 RSSI 算法, 在未知不同环境路径衰减指数, 将接收的滤波后的 RSSI 值转化为距离数据, 作为修正加权质心算法的权重因子, 使得算法在定位过程中更加适合实际情况, 提高求解结果的精度. 通过实验仿真比较, 改进后算法优于传统质心算法, 充分利用 RSSI 数据信息. 并仿真得出, 动态调整系数不同时, 定位精度也有所不同, $\alpha \in (3, 7)$ 时, 定位精度相对更加理想, 可以满足实际定位需求.

参考文献

- 1 许屏, 刘斌. 撒布型无线传感器网络网络节点定位算法. 计算机工程与应用, 2009, 45(8): 113-115.
- 2 Zheng JG, Wu CD, Chu H. Localization algorithm based on RSSI and distance geometry constrain for wireless sensor network. Proc. of the 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering. Wuhan. 2010.

- 3 Haider SJ, Choi TY, Park JH. Enhanced ranging using adaptive filter of ZigBee RSSI and LQI measurement. Proc. of the 10th International Conference on Information Integration and Web-based Application and Services. Linz, Austria. 2008.
- 4 朱明辉,张会清.基于 RSSI 的室内测距模型的研究.传感器与微系统,2010,1(1):28-33.
- 5 方震,赵湛,郭鹏.基于 RSSI 测距分析.传感器学报,2007,20(11):2526-2530.
- 6 于慧霞.WSN 中基于 RSSI 的加权质心定位算法的改进.电子测试,2014,51(21):63-67.
- 7 王振朝,张琦,张峰.基于 RSSI 测距的改进加权质心定位算法.电测与仪表,2012,25(6):64-66.
- 8 江冰,吴元忠,谢冬梅.无线传感器网络节点自定位算法的研究.传感技术学报,2007,20(6):1381-1386.
- 9 胡志坤,蒋英明,王文祥等.基于 ZigBee 的井下人员精确定位方案与实现.计算机应用软件,2013,30(5):159-162.
- 10 林玮,陈传峰.基于 RSSI 的无线传感器网络三角形质心定位算法.现代电子技术,2009,32(2):180-182.
- 11 李牧东,熊伟,梁青.无线传感器网络质心定位算法研究.科学技术与工程,2012,23(12):5778-5782.
- 12 Bulusu N, Heidemann J, Estrin D. GPS low cost outdoor localization for very small devices. IEEE Personal Communication Magazine, 2000, 7(5): 28-34.
- 13 刘运杰,金明录,崔承毅.基于 RSSI 的无线传感器网络修正加权质心定位算法.传感技术学报,2010,23(5):717-721.