

Modified Weighted Centroid Localization Algorithm Based on RSSI for WSN

LIU Yunjie, JIN Minglu*, CUI Chengyi

(School of Electronic and Information Engineering, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract: Based on Received Signal Strength Indicator (RSSI), a modified weighted centroid localization algorithm is presented. Different from the former method, the sum of the reciprocal of each measured distance will be taken as the weight, instead of the reciprocal of sum. We also introduce a modified coefficient, which reduces the phenomenon of information drown, and the precision of localization is improved. The simulation result shows that the modified weighted centroid localization algorithm can provide an extra maximum precision gain of 17.83 %, compared with the former method.

Key words: wireless sensor networks (WSN); RSSI; weighted centroid localization algorithm; modified coefficient
EEACC: 6150P

基于 RSSI 的无线传感器网络修正加权质心定位算法

刘运杰, 金明录*, 崔承毅

(大连理工大学电子与信息工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 提出了一种基于接收信号指示强度 (RSSI) 的修正加权质心定位算法, 它区别于以往的加权质心定位算法, 在该算法中采用测试距离倒数之和代替距离和的倒数作为权重, 同时提出了修正系数的概念, 避免了信息淹没现象, 提高了定位精度。仿真结果表明, 本文算法定位精度较之前的加权质心定位算法有了明显提高, 最高可达 17.83 %。

关键词: 无线传感器网络; RSSI; 加权质心定位算法; 修正系数

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1004-1699(2010)05-0717-05

无线传感器网络 (Wireless Sensor Networks, WSN)^[1] 是将大量低成本、低功耗的微型无线传感器节点布置到感兴趣的区域, 传感器节点通过自组织快速形成一种分布式网络, 对某些数据进行测量, 并将数据以无线的方式发回给用户, 其在军事和民用领域都具有广阔的应用前景^[2]。实时地确定事件发生的位置或获取消息的节点位置是传感器网络最基本的功能之一, 也是提供监测事件位置信息的前提, 所以定位技术对传感器网络应用的有效性起着关键的作用^[3], 因而传感器节点定位技术成为无线传感器网络多数应用中的关键支撑技术之一^[4-5]。

在定位手段上, 根据定位过程中是否测量节点间的实际距离或角度, 可以把定位算法分为: 基于距离 (Range-based) 的定位算法和距离无关 (Range-free) 的定位算法^[6]。非基于测距的定位算法是建立在硬件基础上的, 对硬件的要求较高, 当然定位精度也较

好一些, 通常包括: 质心算法、DV-Hop 算法、Amorphous、APIT 算法等, 其中的质心算法和 DV-Hop 算法使用更为广泛。而基于测距算法包括: RSSI^[7]、TOA、TDOA、AOA、灯塔测量法等, 此类算法的定位精度相对较低, 其中由于 RSSI 算法借助的硬件设备较少, 而且很多无线通信模块都可以直接提供 RSS 值。因此, 基于 RSSI 的测距方法还是被广泛应用的^[8]。

本文基于对文献 [12] 中提出的一种复杂的加权质心算法的研究, 对 RSSI 数据利用中的漏洞进行了修改, 提出了一种更为合理的权值选取办法。

1 算法模型

1.1 无线电传播路径损耗模型分析

当无线电信号在空间中传播时, 会有不同程度的损耗, 这些损耗在很大程度上影响了基于 RSSI 算法的定位精度, 因而选取合适的损耗模型显得尤为

重要。通过对这些损耗的分析,大致存在以下几种损耗模型:自由空间传播模型、对数-常态分布模型、对数距离路径损耗模型、哈它模型等。针对空旷的野外应用环境,在这里采用自由空间传播模型和对数-常态分布模型来对整个环境进行模拟仿真。自由空间传播模型如下:

$$PL(d_0) = 32.44 + 10 \times n \times \lg(d_0) + 10 \times n \times \lg(f) \quad (1)$$

其中 $PL(d_0)$ 是无线信号传输 d_0 距离后的路径损耗, n 为环境中信号的衰减系数,通常取 $2 \sim 5$ 。 f 是传输信号的频率。

对数-常态分布模型如下:

$$P(d) [\text{dBm}] = P(d_0) [\text{dBm}] - 10n \lg \frac{d}{d_0} - \delta \quad (2)$$

$P(d)$ 是信号传输距离为 d 的路径损耗, $P(d_0)$ 是信号传输距离为 d_0 的路径损耗,通常取 $d_0 = 1 \text{ m}$, 该项可以通过式(1)来计算,即 $PL(d_0)$ 。 δ 满足均值为 0, 方差为 μ (通常取 $4 \sim 10$) 的高斯随机分布。

传感器接收到的 RSSI 值满足如下关系:

$$\text{RSSI} = P_{\text{send}} + P_{\text{amplify}} - PL(d) \quad (3)$$

RSSI 是接收到的功率, P_{send} 是发射功率, P_{amplify} 是天线的增益, $PL(d)$ 是路径损耗。

通过式(1)、(2)、(3)可以得到距离 d , 从而通过复杂的质心算法、加权质心算法等实现定位^[9]。

1.2 传统算法模型

接收信号强度指示 RSSI 方法,是在已知发射节点的发射信号强度,根据接收节点收到的信号强度,计算出信号的传播损耗,再利用理论和经验模型将传输损耗转化为距离,最后根据距离来计算节点的位置^[10]。在基于 RSSI 的定位算法模型中,通常有质心定位算法,加权质心定位算法、三角形面积定位算法等。这些模型中,质心定位算法简单,但定位精度较低,使用较少。而加权质心定位算法存在很多的形式,主要是在确定权重的部分各有不同,这些权值的确定一般都有助于提高定位的精度,但仍然不乏一些缺点的存在。

传统的质心算法 (Centroid Algorithm)^[11] 是一种基于连接性的,而无需距离信息的简单定位算法,在该算法中(这里以三个已知节点为例),以接收到发射信息的三个锚节点组成的三角形进行研究,采用三角形的质心作为未知节点的估计坐标(如图 1),即:

$$\begin{cases} x = \frac{x_A + x_B + x_C}{3} \\ y = \frac{y_A + y_B + y_C}{3} \end{cases} \quad (4)$$

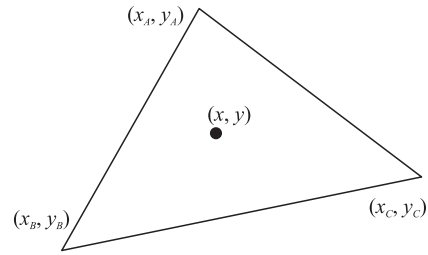


图 1 质心定位算法原理图

但是在这种算法中存在一个问题,三个已知节点所接收到的信息大小并不一样,当各个节点所接受信息的方差很大时,定位精度就会变得很低。

针对质心算法对数据的利用不足的缺点,在一种复杂的加权质心算法中,将 RSSI 数据纳入考虑范围之内,具体做法是:首先将所接收到的 RSSI 数据转化为距离信息,然后分别以每个接收到数据的已知节点为圆心,以距离为半径画圆。此时,未知节点就应该位于所有圆的交集部分,以质心算法为基础,对交点组成的多边形进行研究,为每一个坐标增加了权值,以体现不同顶点的贡献。锚节点与未知节点的距离越远,对应节点坐标的比重越小,呈反比关系,而每个顶点由两个距离确定,故权值选择为 $\frac{1}{dA + dB}$ (假设 $\odot O_2$ 和 $\odot O_3$ 相交,与该顶点相关的两个距离分别为 dA 和 dB ,如图 2),故将算法修正为^[12]:

$$\begin{cases} x = \frac{\frac{x_A}{(dA + dB)} + \frac{x_B}{(dB + dC)} + \frac{x_C}{(dA + dC)}}{\frac{1}{(dA + dB)} + \frac{1}{(dB + dC)} + \frac{1}{(dA + dC)}} \\ y = \frac{\frac{y_A}{(dA + dB)} + \frac{y_B}{(dB + dC)} + \frac{y_C}{(dA + dC)}}{\frac{1}{(dA + dB)} + \frac{1}{(dB + dC)} + \frac{1}{(dA + dC)}} \end{cases} \quad (5)$$

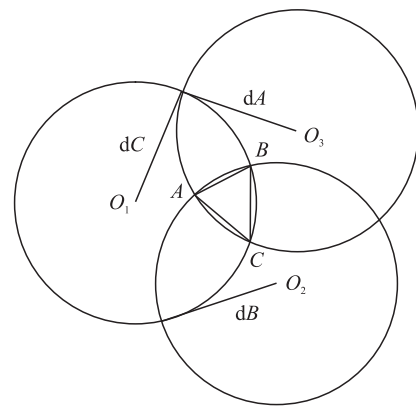


图 2 (修正)加权质心定位算法原理图

因此在传统的加权质心算法中充分的利用了 RSSI 数据信息,提高了定位算法的精度。但是对于权值的选取仍然存在一些问题。

2 一种修正的加权质心定位算法

由于在传统的加权质心定位算法中, 权值的选取存在一些不合理的因素, 而本文提出这种修正的加权质心定位算法能够在一定程度上避免此类问题的出现。本文提出的修正加权质心定位算法如下:

在加权质心算法的基础上, 对权值进行修正, 首先是改变权重中 dA 和 dB 的主导地位关系, 其次增加幂值, 进一步改善他们的权值决定权。对权值进行如下修正:

$$\frac{1}{dA + dB} \Rightarrow \frac{1}{dA^n} + \frac{1}{dB^n} \quad (6)$$

在这个修正中, 避免了次要数据起主要作用的现象(如图2), 例如当 $dA > dB$ 时, 与 dA 相关的锚节点离该顶点的距离更远, 在权值中应该起到次要作用, 而在修正前的系数中却起到了主要作用, 淹没了应该起主要作用的 dB , 在这里称其为信息淹没现象。而经过修正之后, dB 在权值中起到了主要作用, 符合常理。我们称权值中的 n 为修正系数, 通过调整 n 可以调整修正的程度。

通过对加权的权值的修改, 整个算法修正如下:

$$\begin{cases} x = \frac{x_A \times (\frac{1}{dA^n} + \frac{1}{dB^n}) + x_B \times (\frac{1}{dB^n} + \frac{1}{dC^n}) + x_C \times (\frac{1}{dA^n} + \frac{1}{dC^n})}{2 \times (\frac{1}{dA^n} + \frac{1}{dB^n} + \frac{1}{dC^n})} \\ y = \frac{y_A \times (\frac{1}{dA^n} + \frac{1}{dB^n}) + y_B \times (\frac{1}{dB^n} + \frac{1}{dC^n}) + y_C \times (\frac{1}{dA^n} + \frac{1}{dC^n})}{2 \times (\frac{1}{dA^n} + \frac{1}{dB^n} + \frac{1}{dC^n})} \end{cases} \quad (7)$$

修正之后的算法不仅在质心运算中增加了 RSSI 数据的信息, 充分利用了测量数据的信息, 还在权值的选取中合理的安排了信息的权重, 并提出了修正系数的概念, 使得整个定位精度得到了很大的提高。

3 算法步骤

基于上面提出的改进算法, 对于其具体的实现, 从 RSSI 数据的发送和接收, 到最终未知节点的定位, 这个复杂的过程按如下步骤进行:

(1) 锚节点周期性地向周围的环境中发送有关自身的信息, 包括: 节点 ID、自身位置信息。

(2) 未知节点收到信息后, 只记录同一个锚节点的 RSSI 值, 当接收到一定数量的 RSSI 值后, 对多个 RSSI 数据取均值, 作为接收到的 RSSI 值;

(3) 当未知节点收到一定数量的锚节点信息(超过阈值 k)后, 停止接收信息, 然后根据接收到的 RSSI 值的大小对锚节点进行从大到小的排序, 并建

立三个集合:

锚节点集合 $B_{set} = \{b_1, b_2, \dots, b_k\}$;

未知节点到锚节点的距离映射集合 $D_{set} = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$, 其中 $d_1 < d_2 < \dots < d_k$;

锚节点位置集合 $P_{set} = \{(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_k, Y_k)\}$ 。

(4) 将 RSSI 值转换为距离 d , 从大到小分为三组, 即: $\{d_1, d_2, d_3\}, \{d_4, d_5, d_6\}, \{d_7, d_8, d_9\}$ 。

(5) 用修正的加权质心算法分别对三组进行计算, 产生三个定位点坐标, 构成一个三角形。

(6) 取这个三角形的质心作为未知节点的坐标 (x, y) 。

(7) 计算定位误差 $e = \sqrt{(x - X)^2 + (y - Y)^2}$ 。

4 仿真结果

仿真是在一个假定的自由空间环境中进行, 模拟的环境为一个 $8 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ 的自由空间, 在该区域的四个顶点、四条边的中心以及该区域的中心, 共设有 9 个锚节点, 未知节点的坐标由 Matlab7.0 随机生成函数来生成, 在该区域内随机分布, 一共生成 20 个未知节点。然后根据(1)、(2)、(3)生成 RSSI 数据, 并在数据中添加均值为 0, 方差为 7 的高斯噪声, 来代替实际环境中的反射、多径、物体移动、气候等带来的影响。衰减系数 n 取 3, 之后通过自由空间传播模型和对数-常态分布模型, 按照上述的算法步骤来进行仿真定位。对该算法反复进行 500 次, 求平均定位误差, 对以上三种方法的定位及其误差仿真结果如下(图3~图6)。

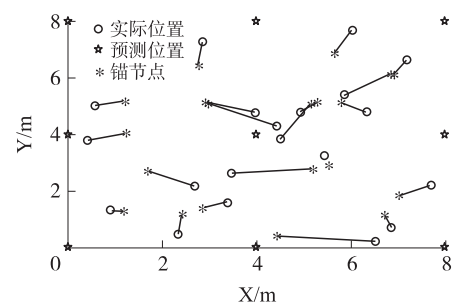


图3 质心定位算法仿真结果

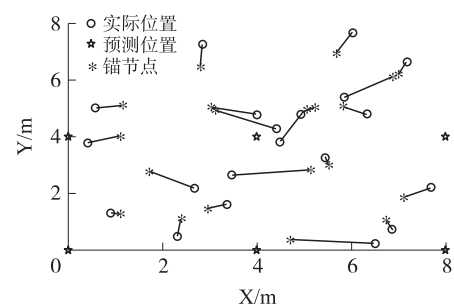


图4 加权质心定位算法仿真结果

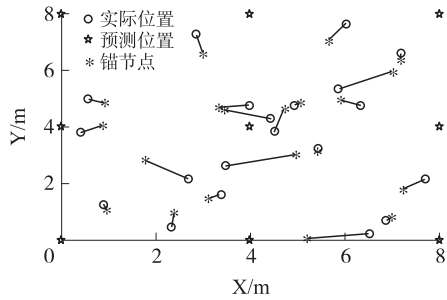


图 5 修正加权质心定位算法仿真结果

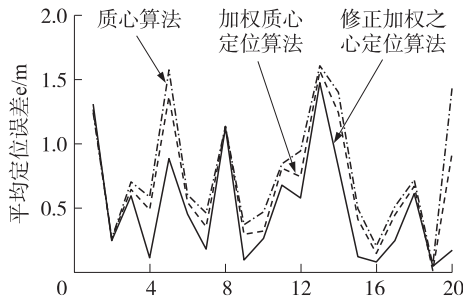


图 6 $n=5$ 时三种算法的对应未知节点的平均误差曲线

从上图中可以看出修正后的加权质心算法误差的减小效果明显,定位误差也明显要优于其他两种算法。

基于上面的多次仿真数据,取其平均值,画出平均定位误差曲线,如图 7 所示。

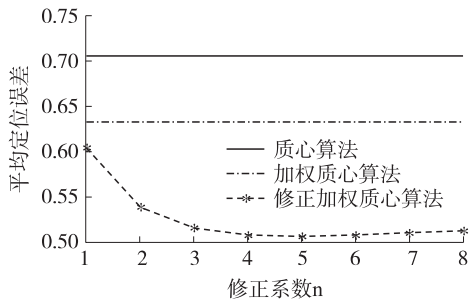


图 7 三种算法的平均定位误差曲线

从仿真结果中可以看出,文献[12]中的复杂加权质心算法定位误差为 0.6327 m,相对质心算法提高了 10.32%,经过修正的加权质心算法的平均误差明显优于质心算法和先前的加权质心算法,在修正系数 $n=5$ 时,精度达到最高,定位误差仅为 0.5069 m,相对质心算法提高了 28.15%。

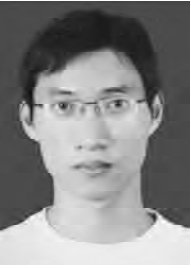
5 结论

传统的质心算法没有利用 RSSI 数据,仅仅是一种非常粗略的定位方法。而文献[12]中的复杂的加

权质心算法将 RSSI 信息用到了质心算法之中,将测距方法和非测距方法结合在一起,提高了定位精度。本文提出的修正加权质心算法,区别于文献[12]中的定位算法,采用距离倒数和作为权重,充分的利用了 RSSI 数据信息,避免了加权质心算法中的数据淹没现象,使数据信息得到了最大程度的利用,避免了信息的丢失。在相同条件下,仿真效果明显的优于质心算法和文献[12]中的加权质心算法,精度最高分别提高了 28.15% 和 17.83%。

参考文献:

- [1] 李晓维. 无线传感器网络技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2007.
- [2] A kyildiz I F, Su W, Sankarasubramaniam Y, et al. Wireless Sensor Network; A Survey [J]. Computer Networks, 2002, 38 (4): 393 - 422.
- [3] 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.
- [4] Kims, Kojg, Yoon J, et al. Multiple-Objective Metric for Placing Multiple Base Stations in Wireless Sensor Networks[A]. Proc of the 2rd International Symposium on Wireless Pervasive Computing [C]//Piscataway, USA, 2007. 627 - 631.
- [5] 李建中,高宏. 无线传感器网络的研究进展[J]. 计算机研究与发展,2008,45(1):1 - 15.
- [6] Het, Huang C D, Blum B M, et al. Range-Free Localization Schemes in Large Scale Sensor Networks[C]//Proceedings of the Ninth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. San Diego, United states, 2003. 81 - 95.
- [7] Luthy K A, E Grant D, Henderson T C. Leveraging RSSI for Robotic Repair of Disconnected Wireless Sensor Networks[C]//Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Rome, Italy, 2007. 10 - 14.
- [8] ALIREZA N, JACEK I. A Testbed for Localizing Wireless LAN Devices using Received Signal Strength [C]//Proceedings of 6th Annual Communication Networks and Services Research Conference (CNSR 2008). Halifax, Canada, 2008. 481 - 487.
- [9] 任维政,徐连明,邓中亮. 基于 RSSI 的测距差分修正定位算法[J]. 传感技术学报 2008,21(7):1247 - 1250.
- [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[J]. 现代电子技术,2009,32(2):180 - 182.
- [11] Bulusu N, Heidemann J, Estrin D. GPS-Less Low Cost Outdoor Localization for Very Small Devices[J]. IEEE Personal Communications Magazine, 2000, 7(5): 28 - 34.
- [12] 陈维克,李文锋,首珩,等. 基于 RSSI 的无线传感器网络加权质心定位算法[J]. 武汉理工大学学报,2006,20(12):2695 - 2700.



刘运杰(1984 -),男,硕士研究生,本科毕业于重庆大学光电工程学院,现就读于大连理工大学电子与信息工程学院,研究方向为无线传感器网络,liu_yun_jie@163.com;



金明录(1958 -),男,教授,博士生导师,大连理工大学电子与信息工程学院电子系,中国通信学会理事,辽宁省通信学会副理事长。研究方向为超宽带通信系统和网络,信号处理快速算法,混合调制编码技术;



崔承毅(1974 -),男,博士研究生,工程师,大连理工大学电子与信息工程学院电子系,研究方向为嵌入式系统应用、无线传感器网络。