

基于 RSSI 的三角形质心定位算法的优化策略

郭 瑞, 马寅飞

(辽宁工程技术大学 电气与控制工程学院, 辽宁 葫芦岛 125105)

摘 要: 为了解决基于 RSSI(接收信号强度)的三角形质心定位算法在减小定位误差上效率较低、定位稳定性不高的问题,提出了一种改进的定位算法。仿真结果表明:改进的三角形质心定位算法在减小定位误差上具有更高的效率和性能,同时也保证了定位的稳定性。

关键词: 无线传感器网络;RSSI;三角形质心定位;近似三角形内点测试法

中图分类号: TP3

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)03-0111-04

The Optimization Strategy of Trianglecentroid Location Algorithm Based on RSSI

GUO Rui, MA Yin-fei

(College of Electrical and Control Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: For resolving the poor efficiency in reducing the positioning error and low stability in the location algorithm based on RSSI triangle's centroid, this paper provide an improved localization algorithm. By the simulation results show that the improved triangle centroid localization algorithm has higher efficiency in reducing the positioning error and performance, meanwhile, ensuring the stability of positioning.

Key words: wireless sensor network (WSN); RSSI; triangle centroid localization; approximate point-in-triangulation text

1 引言

在无线传感器网络(Wireless Sensor Network-WSN)研究领域,节点定位是一项基本技术。

传统的质心算法因其原理简单、通信量和计算量较小而成为研究热点,但是大量研究结果指出锚节点的密度对质心定位影响较大,而且锚节点的密度越大定位的准确度就越高,相反,锚节点密度越小定位误差越大^[1]。本文针对锚节点密度不断增加的网络场景,对基于 RSSI 的三角形质心算法进行了改进,改进后的算法选择 RSSI 值变化明显的锚节点作为可定位节点,并把引入的近似三角形内点测试法^[2]和本文提出的三角形质心修正算法相结合。在锚节点密度不断增加的情况下,改进后的算法定位误差减小明显。与三角形质心定位法相比,改进后

的算法在减小定位误差上具有更高的效率和性能同时还能够保证定位的稳定性。

2 基于 RSSI 的三角形质心算法

2.1 RSSI 测距原理:

RSSI 测距一般是基于信号传输的经验模型或理论模型。惯用的传播路径损耗模型有:对数-常态分布模型和自由空间无线电传播路径损耗模型,对数-常态分布模型比自由空间无线电传播路径损耗模型更理想,因此,采用对数-常态分布模型^[3]。即:

$$P_L(d) = \overline{P_L}(d_0) + 10 \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma \quad (1)$$

式中, X_σ 期望值为零、标准方差为 σ 的高斯随机分布; α 为路径的衰落指数; $\overline{P_L}(d_0)$ 为以 d_0 为参照距离的平均路径衰落值; $P_L(d)$ 为相距 d 时的路径衰

收稿日期: 2013-05-01; 修回日期: 2013-06-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(51274118)

落值.

因此,接收信号的能量 P_r 表示为

$$P_r(d) = P_t - P_L(d) \quad (2)$$

式中, P_t 表示节点的发射能量, P_r 、 P_t 有相同的单位 mW, P_L 以 dB 为单位.

通过“mW”与“dB”之间的换算关系:

$$dB = 10 \lg(\text{功率} / \text{mW}) \quad (3)$$

将式(1)代入式(2)中,整理得

$$P_r = P_t + 10^{-\frac{P_L(d_0)}{10}} \times \left(\frac{d}{d_0}\right)^{-\alpha} \times 10^{-\frac{X_\sigma}{10}} \quad (4)$$

通过实验计算可以得到,减少 X_σ 的计算对测量结果没有明显影响. 因此为了使计算简单,忽略 X_σ , 则式(4)变成

$$P_r = P_0 \times \left(\frac{d_0}{d}\right)^\alpha \quad (5)$$

式中, P_0 为参照距离为 d_0 , 发射信号能量为 P_t 时的接收能量.

所以,根据式(5)可以计算出要求距离为

$$d = d_0 \times \left(\frac{P_0}{P_r}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (6)$$

由于, RSSI 测距的准确性取决于节点间的距离信息. RSSI 值随着距离的不断增加反而逐渐减小. 当距离比较远时, RSSI 随着距离的减小或增加没有明显的变化, 但当距离比较近时, 距离的变化导致 RSSI 值的明显变化, 因此距离越近, 得到的 RSSI 值对应的距离越准确^[4].

2.2 基于 RSSI 的三角形质心定位算法

假设用 3 个锚节点 A, B, C 来定位未知节点 G, 如图 1 所示, 已知 (x_a, y_a) , (x_b, y_b) , (x_c, y_c) 分别为三个锚节点的节点坐标, r_a, r_b, r_c 分别为锚节点 A, B, C 到未知节点 G 的距离长度. 即存在理想情况下公式^[5]:

$$\begin{cases} \sqrt{(x - x_a)^2 + (y - y_a)^2} = r_a \\ \sqrt{(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2} = r_b \\ \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2} = r_c \end{cases} \quad (7)$$

由于受到实际环境的复杂性影响, 计算出的接收信号强度总与实际情况存在误差^[5], 换算出的锚节点到未知节点的距离总是大于实际两点间的距离^[6], 如图 2 所示. D, E, F 为三个圆两两相交的交点, 以 D, E, F 为顶点组成三角形, 把该三角形 $\triangle DEF$ 的质心当做未知节点 G 的估测坐标, 应用方程(8)^[7]能够计算出点 D 的坐标 (x_d, y_d) , 同理也可以求出点 E 和点 F 点的坐标 (x_e, y_e) , (x_f, y_f) .

$$\begin{cases} \sqrt{(x_d - x_a)^2 + (y_d - y_a)^2} \leq r_a^* \\ \sqrt{(x_d - x_b)^2 + (y_d - y_b)^2} = r_b^* \\ \sqrt{(x_d - x_c)^2 + (y_d - y_c)^2} = r_c^* \end{cases} \quad (8)$$

则未知节点的坐标为

$$\left(\frac{x_d + x_e + x_f}{3}, \frac{y_d + y_e + y_f}{3} \right)$$

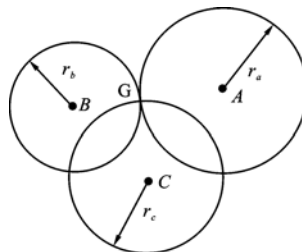


图 1 理想情况

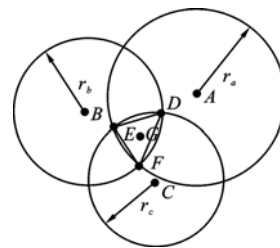


图 2 三角形质心算法

3 定位算法的改进

3.1 三角形质心修正算法:

RSSI 测距原理表明: 当发射源与接收端的距离逐渐增加时, 它们之间距离的相对精度逐渐降低. 在三角形质心算法中, 因为不同距离的锚节点与未知节点的距离精度不同, 故可通过方程(9)中的修正因子来体现不同距离的锚节点对质心坐标的影响程度.

$$\begin{cases} x_i = \frac{\left(\frac{x_1}{d_1^2} + \frac{x_2}{d_2^2} + \frac{x_3}{d_3^2}\right)}{\left(\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2}\right)} \\ y_i = \frac{\left(\frac{y_1}{d_1^2} + \frac{y_2}{d_2^2} + \frac{y_3}{d_3^2}\right)}{\left(\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2}\right)} \end{cases} \quad (9)$$

式中, (x_i, y_i) 是用三角形质心修正算法求出的可实现定位的节点坐标; d_1, d_2, d_3 为可实现定位节点到三个锚节点的近似距离; (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) 是以三个锚节点为圆心, 以 d_1, d_2, d_3 为半径的三个圆两两相交的交点坐标; 修正因子 $\frac{1}{d_1^2}, \frac{1}{d_2^2}, \frac{1}{d_3^2}$ 体现了距离未知节点距离越近的可实现节点对其坐标

位置影响力越大,通过这种内在关系可以达到提高定位精度的目的。

3.2 算法整体改进步骤

(1) 锚节点周期性发出自身的位置信息,未知节点根据接收的RSSI值强弱,选择可实现定位的锚节点。

(2) 建立锚节点集合:

$$B_set = \{a_1, a_2, \dots, a_n\};$$

未知节点到锚节点距离集合:

$$D_set = \{d_1, d_2, \dots, d_n\};$$

锚节点位置集合:

$$P_set = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\};$$

(3) 取锚节点集合中任意三个锚节点组成三角形,构成一个三角形集合,包含三角形 C_n^3 个。

(4) 对 C_n^3 个三角形分别用相似三角形内点测试法(假设存在一个方向,沿着这个方向,未知节点会同时远离或靠近三个端点,则未知节点位于三角形外部,反之,位于三角形内部)选出可实现定位的三角形集合,统计包含未知节点的三角形的数目。记为 $\Delta = \{(a_1, a_2, a_3), (a_{ij}, a_{jk}, a_{ki}) \dots\}$ 。

(5) 将选出的三角形集合 $\Delta = \{(a_1, a_2, a_3), (a_{ij}, a_{jk}, a_{ki}) \dots\}$ 采用以上提出的三角形质心修正算法求出可实现定位的节点坐标集 $(k_1, k_2, \dots, k_p)$ 。

(6) 对可实现定位的节点坐标集 $(k_1, k_2, \dots, k_p)$ 取期望, 即 $x = \frac{x_{i1} + \dots + x_{ik}}{k}, y = \frac{y_{i1} + \dots + y_{ik}}{k}$ 。其中, (x, y) 即为未知节点的坐标。

3.3 改进算法流程

改进算法流程如图3所示。

由改进算法流程图可以看出,在一定的网络区域内,首先采用RSSI值变化明显的锚节点作为可实现定位节点,然后运用近似三角形内点测试法选出可实现定位的三角形集合,最后应用以上提出的三角形质心修正算法实现对定位误差变化率和定位稳定性的改善。

4 仿真结果与分析

利用 Matlab 对优化的三角形质心算法进行模拟仿真,并检验该算法的性能指标。假定在 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的范围内,每隔一段时间投入规定数目的锚节点,同时分别用三角形质心算法和优化的三角形质心算法进行仿真,其仿真结果如图4~图6所示。

图4所示为锚节点数目对定位误差的影响,改

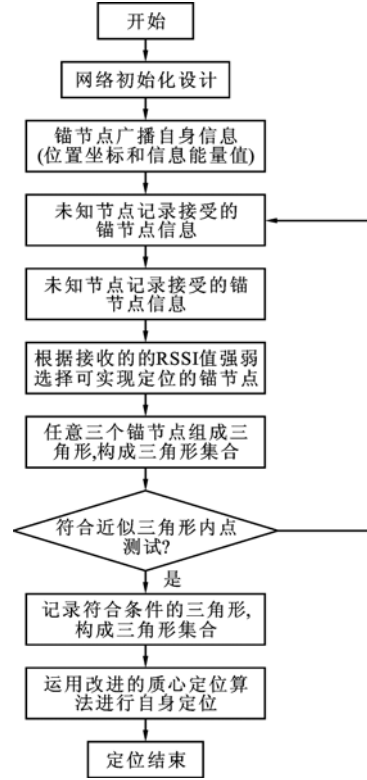


图3 改进算法流程图

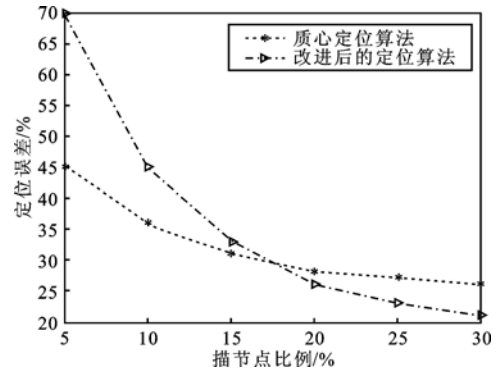


图4 锚节点比例与定位误差关系

进后的定位算法在测距过程中选择RSSI值变化明显的锚节点作为可定位节点,当锚节点的比例小于18%时,改进算法的定位误差大于原算法,当锚节点的比例达到18%时,两种算法的定位误差几乎相同,随着锚节点比例的继续上升,改进算法的定位误差与原算法的定位误差相比明显减小。仿真结果表明:在锚节点的比例大于18%并不断增加的情况下,改进算法比原算法在减小定位误差上具有更高的效率和性能,优势更明显。

图5、图6所示为锚节点比例大于18%时的某一时刻下未知节点的定位误差图。由图可知,改进算法未知节点的定位误差与原算法未知节点的定位误差相比,定位误差由2 m到63 m不等变为由10 m到55 m不等,定位误差范围减小,而且定位稳定性

提高. 仿真结果表明:与改进前的算法相比,改进后的三角形质心定位算法具有更高的定位稳定性.

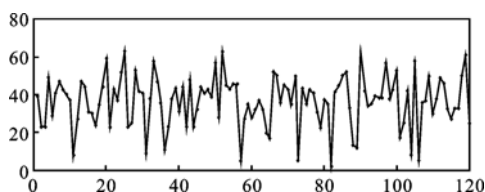


图 5 未知节点定位误差图

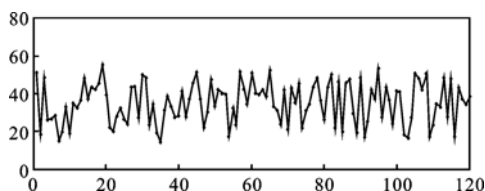


图 6 改进算后的定位误差图

5 结束语

为了解决基于 RSSI 的三角形质心定位算法在减小定位误差上效率较低、定位稳定性不高的问题,本文提出了一种改进的定位算法. 仿真结果表明,在锚节点数目逐渐增加的情况下,改进的三角形质心定位算法在减小定位误差上具有更高的效率和性能,同时也保证了定位的稳定性.

参考文献:

- [1] 刘京. WSN 中质心定位算法和基于移动锚节点的定位算法研究[D]. 郑州:郑州大学,2012.
- [2] 衣晓,刘瑜,邓露. 一种基于 PIT 的无线传感器网络质心定位算法[J]. 传感技术学报,2010,23(7):1012-1016.
- [3] 孙懋珩,廖根健. WSNs 中基于粒子群优化的节点定位算法[J]. 测控技术,2011,30(12):111-115.
- [4] 冯爱丽,乔钢柱,曾建潮. 基于信标节点间距离的改进 RSSI 定位算法[J]. 太原科技大学学报,2012,33(1):6-9.
- [5] Ming YAN, Hao ZHU, Liangquan JIAO, et al. An optimized algorithm of triangle centroid localization based on RSSI ranging[C]//2011 International Conference on Information, Services and Management Engineering [s. l.]:IEEE,2011:1458-1461.
- [6] 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,2009,289(2):180-182.
- [7] 邓彬伟,黄光明. WSN 中的质心定位算法研究[J]. 计算机应用与软件,2010,27(1):213-214.

作者简介:

郭 瑞 女,(1974—),博士生,副教授. 研究方向为电气传动系统自动化技术、现代调速理论及应用.

马寅飞 男,(1986—),硕士研究生. 研究方向为电力电子、过程控制.

(上接第 110 页)

5 实验

为验证该设计的可行性和正确性,本文采用加法器作为待测模块并将其连同协同控制模块放置 Xilinx 开发板上进行协同仿真. 从实验结果看出整个通路完成了正确的加和作用. 虽然仅用加法器作为待测模块,但足以说明该通路的可行性,同时加法器为非特定设计,证明了该设计的通用性.

6 结束语

本文设计了一种软硬件协同仿真平台数据通路,该通路继承了 PLI、以太网、FPGA 等的优越性,不仅能够对仿真起到加速作用,更有硬件消耗低、通用性强等优点. 使用实例证明了该通路的可用性. 该方法的提出对于完善整个仿真加速平台具有重要意义.

参考文献:

- [1] Joseph B, Soonhoi H, Edward A L, et al. Ptolemy: a mixed-paradigm simulation/prototyping platform[C]//

Proceedings of the C++ At Work Conference. [s. l.]: IEEE,1991:1-16.

- [2] 冯博凌. 基于混合建模方法的 SoC 软硬件协同验证环境的设计研究[D]. 成都:电子科技大学,2009.
- [3] David A. Research accelerator for multiple processors (RAMP)-a shared experimental parallel HW/SW platform [C]// IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software. [s. l.]:IEEE,2006:1-20.
- [4] Chung E, Nurvitadhi E, Hoe J, et al. ProtoFlex-FPGA-Accelerated Hybrid Functional Simulator [C]// Computer Architecture Lab at Carnegie Mellon Technical report. Long Beach, CA:IEEE,2007:1-6.
- [5] 汤江逊. SoC 软硬件联合仿真验证系统研究[D]. 成都:电子科技大学,2006.

作者简介:

徐金娜 女,(1986—),研究生. 研究方向为成系统与 SOC.

付方发 男,(1984—),博士,讲师. 研究方向为集成系统与 SOC.

王进祥 男,(1968—),博士,教授. 研究方向为集成系统与 SOC.