

文章编号:1673-9469(2014)01-0074-04

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2014.01.020

一种改进的煤矿井下无线传感器质心定位算法

张炜¹,李静静¹,孟庆黎²

(1.河北工程大学 科信学院,河北 邯郸 056038;2.水利部海委漳卫南运河邯郸河务局,河北 邯郸 056001)

摘要:频繁的煤矿井下事故要求无线传感器网络能够更精确的对井下人员进行定位。利用修正加权质心算法进行定位存在较大的误差,针对该问题,在修正加权质心算法的基础上提出了一种改进的煤矿井下无线传感器质心定位算法,该算法将修正加权质心算法得到的质心作为新的锚节点,并通过多次选择、运行形成新的锚节点和质心的方法进行定位。仿真结果表明:不同的巷道宽度下,改变修正系数 a 的值就可以得到最佳的定位效果,同时可以通过仿真实验得到最佳定位效果下的修正系数 a 的值,从而使定位精度达到最好。通过比较两种算法的平均定位误差得到改进的煤矿井下质心定位算法在三种巷道宽度下分别将定位误差平均降低了0.792 6 m,0.636 2 m,0.598 9 m。

关键词:无线传感器网络;锚节点;修正加权质心定位算法

中图分类号:TD655.3

文献标识码:A

An improved centroid localization algorithm for wireless sensor networks in underground coal mine

ZHANG Wei¹, LI Jing-jing¹, MENG Qing-li²

(1. College of Kexin, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. Handan River Bureau, Zhangweinan Canal, Haihe River Water Resources Commission, Ministry of Water Resources, Hebei Handan 056001, China)

Abstract: The frequently occurring of accidents in underground coal mine demands the accurate location of mine personnel. However, the localization by the improved weighted centroid localization algorithm is not accurate. From this point of view, this paper proposes an improved centroid localization algorithm in underground coal mine based on the improved weighted centroid localization algorithm. The new algorithm takes the centroid as new anchor node and products new anchor nodes and centroid many times to conduct the localization. The simulation results show that the proposed algorithm can reduce the mean error of location and improve the accuracy of localization algorithm.

Key words: wireless sensor networks; anchor nodes; improved weighted centroid localization algorithm

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)以其无线传感器节点微体积、重量轻、便于携带等优点被用于煤矿井下人员定位、环境监测等领域中^[1-4]。由于煤矿井下事故的频发,确知井下人员的位置信息对于井下人员的安全逃生和救援有重要意义^[5]。因此研究煤矿井下无线传感器网络中节点的定位算法来获得人员的位置信息,对煤矿的安全生产十分重要。

目前,对 WSN 网络中定位算法的研究已经有

很多^[6-12]。文献[7]提出了一种调整权重系数的修正加权质心定位算法来提高定位精度。文献[8]提出了一种基于 RSSI 的加权质心定位算法,该算法通过动态的获取路径衰落指数实时计算定位区域下路径的损耗指数,从而提高定位精度。文献[9]提出了一种基于差分距离的加权质心定位算法,通过对距离进行差分处理来提高定位精度。文献[10]提出了将 RSSI 测距和加权质心算法结合的新算法。然而,由于煤矿井下的巷道截

收稿日期:2013-11-13

作者简介:张炜(1982-),男,河北保定人,助教,硕士,主要从事网络通信及网络安全等方面的研究工作。

面、巷道粗糙度、巷道的弯曲度、巷道壁倾斜度以及井下设备都会影响井下人员的定位过程,这使得测量得到的 RSSI 测距值并不准确,因此对井下人员携带的未知节点的定位误差较大,为井下人员的安全监控和救援工作造成了不利影响。针对煤矿井下人员定位不精确的问题,本文对修正加权质心定位算法进行了改进,通过重新选择合适的锚节点、多次运行求质心的过程来提高定位精度。

1 相关原理

1.1 修正加权质心定位算法

加权质心算法定位过程中无需太多的锚节点,其锚节点的无线信号通信半径要远大于普通节点的通信半径。但是,由于加权质心算法忽略了锚节点对定位的影响力大小,因此导致了信息丢失的现象,从而影响对未知节点的定位精度。针对该问题修正加权质心算法利用修正系数 a 来调整节点影响力大小以提高算法的定位精度。修正加权质心定位算法中未知节点位置的计算方法如公式(1)所示^[6]。

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

其中, dA 、 dB 、 dC 是锚节点与未知节点的测距。 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) 、 (x_C, y_C) 、 (x, y) 分别为锚节点 A、B、C 和未知节点的位置。

1.2 RSSI 测距

锚节点与未知节点的 RSSI 测距可利用传输理论模型实现。基本 RSSI 测距模型一般有三种:自由空间模型、双向地面反射模型、屏蔽模型。本文采用随机变量对计算结果影响较小的简化屏蔽模型进行 RSSI 测距^[13],模型如公式(2)所示:

$$\left(\frac{p(d_0)}{p(d)}\right) db = -10\eta \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2)$$

其中, $p(d)$ (单位: dB) 是经过距离为 d 的路径后的路径损耗; η 为路径损耗因子,一般取值在

2-6 之间^[7]。

2 改进的煤矿井下无线传感器质心定位算法

本文在修正加权质心定位算法的基础上进行改进,将修正加权质心定位算法过程中得到的质心作为锚节点,从未知节点周围所有锚节点中重新选择三个距离最短的锚节点重新计算质心,重复上面的过程并从所有的质心节点中选择距离未知节点最近的质心节点作为未知节点的估计位置。算法的具体步骤为:利用 RSSI 测距模型测距,得到未知节点与周围 M 个锚节点的距离;运行修正加权质心算法求锚节点组成区域的质心;将质心作为一个新的锚节点,从所有锚节点中选择三个距离未知节点最近的并再次运行修正加权质心算法求其质心;重复上面选择锚节点和求质心的过程,同时限制重复次数为 K ,以避免多次迭代使算法复杂度及时延过高。比较多次求得的质心与未知节点的距离,取距离最近的质心位置作为最终估计的未知节点的位置。算法流程图如图 1 所示。其中, N 为锚节点集合; DI 为未知节点与锚节点距离的集合。

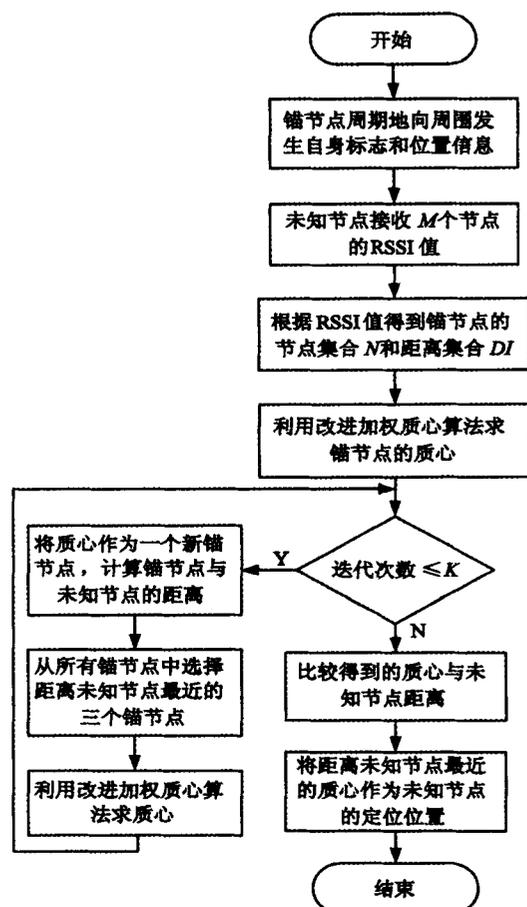


图1 算法流程图

Fig.1 Flow chart of the algorithm

与修正加权质心定位算法比较,本文的算法以质心节点作为新的锚节点,选择距离未知节点距离更佳的锚节点重新对未知节点进行定位。以未知节点可接收4个锚节点的RSSI测量值为例,假设四个距离未知节点由大到小锚节点A、B、C、D分布在未知节点U周围,如图2所示。利用修正加权质心算法定位得到的未知节点估计位置为U,如图2(a)所示。

利用本文提出的改进的质心算法需要设置重新选择锚节点和运行修正加权质心算法的次数,本文设置 $K=2$ 。定位过程为:首先利用修正加权质心算法求得锚节点A、B、C、D组成区域的质心 M_1 ;然后将 M_1 作为一个新的锚节点,计算 M_1 与未知节点的距离;从A、B、C、D、 M_1 中选择三个距离未知节点U最近的节点作为新的锚节点组合,通过计算得知该组合为 CDM_1 ,再次利用修正加权质心算法对该组合形成的三角形区域求质心,得到质心为 M_2 ;计算 M_2 与未知节点的距离,通过计算从A、B、C、D、 M_1 、 M_2 中选择出距离未知节点最近的三个锚节点作为新的锚节点组合 DM_1M_2 ,并得到该组合的质心 M_3 ;比较 M_1 、 M_2 、 M_3 与未知节点的距离,从中选择距离最短的 M_3 作为未知节点位置的估计值,如图2(b)所示。

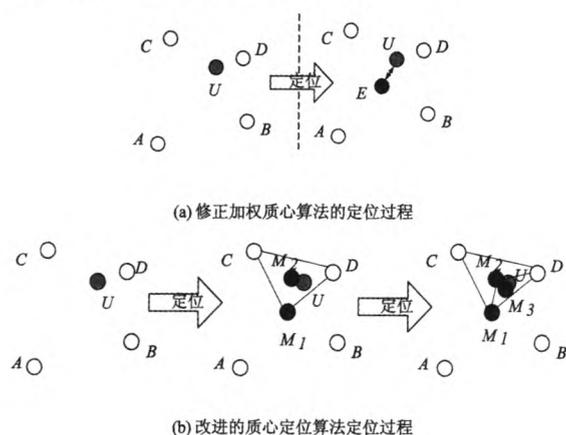


图2 算法比较图

Fig.2 Algorithm comparison chart

从图中可以看出本文提出的改进的质心定位算法由于采用重新选择距离未知节点更近的锚节点进行定位,减少了只利用修正加权质心定位算法进行定位的误差,提高了对未知节点的定位精度。

3 算法仿真与分析

为了保证仿真结果的准确性,本文进行了500次仿真实验。在仿真实验过程中,以巷道宽度作

为变量,并设置巷道宽度的仿真环境为5 m、8 m、10 m;节点的通信半径为50 m,节点之间的间隔为20 m,未知节点可接收的RSSI值的数量为4, $K=2$, $p(d)=-30$ dB, $\eta=2.5$ 。调整修正系数 a ,得到修正加权质心算法和本文的改进算法仿真结果,如图3、图4、图5所示:

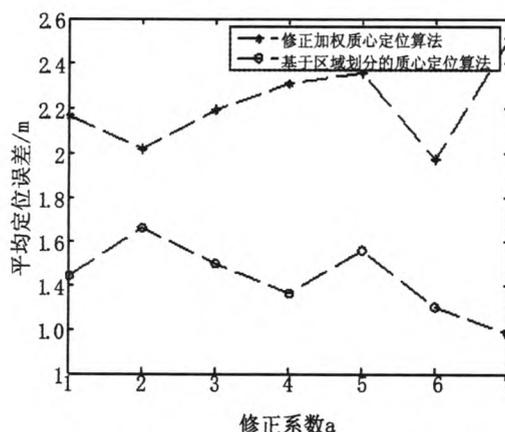


图3 巷道为5 m时平均定位误差比较

Fig.3 The average position error compared to 5 m

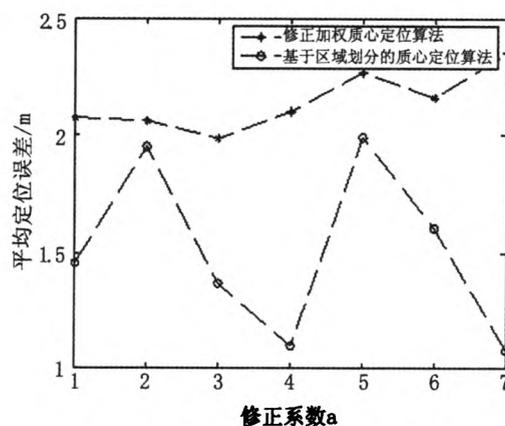


图4 巷道为8 m时平均定位误差比较

Fig.4 The average position error compared to 8 m

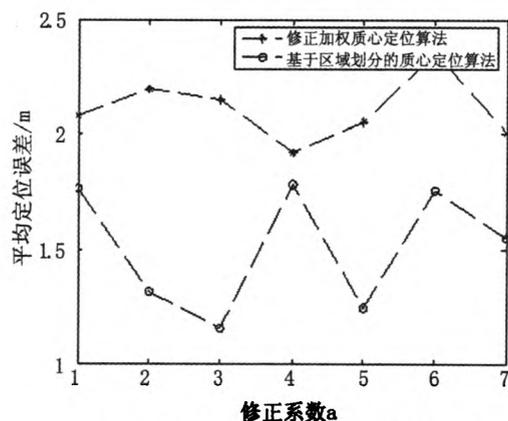


图5 巷道为10 m时平均定位误差比较

Fig.5 The average position error compared to 10 m

图3、图4、图5分别为不同修正系数下巷道宽度为5 m、8 m、10 m时的修正加权质心定位算法和改进的煤矿井下质心定位算法在平均定位误差上的仿真结果。从图中可以看出,本文提出的改进的定位算法降低了对井下人员的平均定位误差。

从图3的仿真结果可以看出巷道宽度为5 m时,利用改进的煤矿井下质心定位算法在修正系数 a 为7时得到了最佳定位效果,其平均定位误差为1.182 3 m;利用修正加权质心定位算法在修正系数 a 为6时得到了最佳定位效果,其平均定位误差为1.976 9 m。

从图4的仿真结果可以看出明巷道宽度为8 m时,利用改进的煤矿井下质心定位算法在修正系数 a 为7时得到了最佳定位效果,其平均的定位误差为1.073 7 m;利用修正加权质心地位算法在修正系数 a 为3时得到了最佳定位效果,其平均的定位误差为1.986 3 m。

从图5的仿真结果可以看出巷道宽度为10 m时,利用改进的煤矿井下质心定位算法在修正系数 a 为3时得到了最佳定位效果,平均的定位误差为1.156 4 m;利用修正加权质心定位算法在修正系数 a 为4时得到了最佳定位效果,平均的定位误差为1.918 9 m。

4 结论

不同的巷道宽度下,改变修正系数 a 的值就可以得到最佳的定位效果,同时可以通过仿真实验得到最佳定位效果下的修正系数 a 的值,从而使定位精度达到最好。通过比较两种算法的平均定位误差得到改进的煤矿井下质心定位算法在三种巷道宽度下分别将定位误差平均降低了0.792 6 m、0.636 2 m、0.598 9 m。这是由于改进的煤矿井下质心定位算法对修正加权质心定位算法进行了改进,通过将质心作为新的锚节点,使算法可以利用更接近未知节点的锚节点进行定位,提高了定位的准确性,从而降低了定位误差。

参考文献:

[1] FOK C L, ROMAN G C, LU C. Rapid development and flexible deployment of adaptive wireless sensor network applications[C]//25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems. Coumbus, 2005: 653

- 662.
- [2] ZHANG ZHIBIN, XU XIAOLING, YAN LIANLONG. Underground localization algorithm of wireless sensor network based on Zigbee[J]. Journal of China Coal Society, 2009(1): 28.
- [3] YANG WEI, ZHOU S Y, QIAO HUA. Node localization in wireless sensor networks for coal mine security monitoring[J]. Journal of China coal society, 2007(32): 652-656.
- [4] 黄庆南, 蔡启仲, 章帆. 基于 ZigBee 和 GPRS 煤矿安全监测系统的设计与实现[J]. 煤炭技术, 2011, 31(3): 241-243.
- [5] 罗新荣, 夏宁宁, 贾真真. 煤矿重大危险源辨识理论与方法[J]. 黑龙江科技学院学报, 2006, 16(2): 67-70.
- [6] 朱晓娟, 王军号, 孟祥瑞. 煤矿井下无线传感器网络节点三维定位算法[J]. 计算机应用, 2012, 32(4): 927-931.
- [7] 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[J]. 传感技术学报, 2010, 23(5): 717-721.
- [8] 韩东升, 杨维, 刘洋, 等. 煤矿井下基于 RSSI 的加权质心定位算法[J]. 煤炭学报, 2013, 38(3): 522-528.
- [9] ZHAO JIJUN, ZHAO QINGWEI, LI ZHIHUA, et al. An improved weighted centroid localization algorithm based on difference of estimated distances for Wireless Sensor Networks[J]. Telecommunication Systems, 2013, 53(1): 1-7.
- [10] LI JIAN, LIU HEPING. A new weighted centroid localization algorithm in coal mine wireless sensor networks [C]//Proc. of the 3rd International Conference on Computer Research and Development. [S. l.]. IEEE Press, 2011(3): 106-109.
- [11] XIONG XIAOHUA, HE TONGNENG, XV ZHONGSHENG, et al. Review on localization algorithms for wireless sensor networks[J]. Mechanical & Electrical Engineering Magazine, 2009(2): 3.
- [12] 李永新, 赵振民, 李雅莲. 煤矿井下基于 RSSI 校正测距的 WSN 节点定位算法[J]. 黑龙江科技学院学报, 2012, 22(3): 87-90.
- [13] 周全, 朱红松, 徐勇军, 等. 基于最小包含圆的无线传感器网络定位算法[J]. 通信学报, 2008, 29(11): 84-90.

(责任编辑 王利君)