

基于优化RSSI精度的WSN加权质心定位算法

彭 泓, 赵 阳, 夏天鹏

PENG Hong, ZHAO Yang, XIA Tianpeng

辽宁工程技术大学 电气控制学院, 辽宁 葫芦岛 125105

Institute of Electrical Control, Liaoning Technical University, Huludao, Liaoning 125105, China

PENG Hong, ZHAO Yang, XIA Tianpeng. RSSI accuracy WSNs based on optimized weighted centroid localization algorithm. *Computer Engineering and Applications*, 2015, 51(21): 88-91.

Abstract: To weaken the received signal strength indication error of wireless sensor network node positioning accuracy, this paper proposes a weighted centroid localization algorithm to optimize the received signal strength indicator ranging precision. The algorithm is based on the Received Signal Strength Indicator (RSSI) and the Link Quality Indicator (LQI) in the fluctuation of the fading fluctuation curves at different distances. It uses the method of piecewise ranging accuracy optimization RSSI, then the optimized distance is valued as the weight factor weighted centroid algorithm to locate the node, so it improves the positioning accuracy. Simulation results show the validity of the optimization algorithm.

Key words: Received Signal Strength Indicator(RSSI); centroid localization algorithm; segments ranging; Link Quality Indicator(LQI)

摘 要:为削弱接收信号强度指示误差对无线传感器网络节点定位精度的影响,提出基于优化接收信号强度指示测距精度的加权质心定位算法。该算法根据接收信号强度指示(RSSI)和链路质量指示(LQI)在不同距离段的衰落曲线起伏的波动状况,采用分段测距的方法优化RSSI的测距精度,接着将优化后的距离值作为加权质心算法的权值因子对节点进行定位,进而提高定位精度。实验结果验证了该优化算法的有效性。

关键词:接收信号强度指示(RSSI);质心定位算法;分段测距;链路质量指示(LQI)

文献标志码:A **中图分类号:**TP277 doi:10.3778/j.issn.1002-8331.1310-0209

1 引言

在无线传感器网络(WSN)研究领域中,节点定位是一项基础技术^[1-3]。所谓节点定位,即根据少量位置已知的锚节点通过一定的方法计算出WSN中那些位置未知的节点的绝对或相对位置^[4]。随着无线传感器网络技术的发展,找到一种适应性强、简单且精度高的节点定位算法具有巨大的理论意义和应用价值。

目前,国内外研究人员对无线传感器节点的定位算法行了很多的研究。文献[5]和文献[6]提出了一种无需测距的WSN加权质心定位算法,通过RSSI测距估算出节点间的距离,将距离值的倒数作为权值的加权质心算法。文献[7]和文献[8]提出了修正的加权质心定位算

法。在该算法中,将节点间距离值的倒数之和作为权重,同时为了避免信息淹没现象,进行了系数的修正。文献[9]提出通过采集节点间的RSSI(信号强度指示),将其比值作为加权因子进行加权质心定位。文献[10]提出了将三角形质心法和RSSI测量方法相结合的定位方法。文献[11]在三边测距的基础上,提出了将RSSI的测距和四边测距的方法相结合的定位方法。上述算法都与RSSI值有直接或间接的联系,但在实际应用中,RSSI值会因反射、多径传播、天线增益等问题产生较大的误差^[12-13],直接影响算法的定位精度。

因此,本文基于质心算法提出一种通过提高RSSI值的精度来优化节点定位精度的加权质心算法。该算

基金项目:国家自然科学基金(No.50874059)。

作者简介:彭泓(1967—),女,博士,副教授,主要研究方向为无线传感器、节能型电力电子技术、应用智能控制与故障诊断技术;赵阳(1988—),男,硕士研究生,主要研究方向为无线传感器、计算机仿真与控制;夏天鹏(1988—),男,硕士研究生,主要研究方向为无线传感器、节能型电力电子技术方面的研究。

收稿日期:2013-10-18 **修回日期:**2013-12-04 **文章编号:**1002-8331(2015)21-0088-04

法首先对RSSI进行分段得到测距值^[14-15],然后将所得测距值作为算法的权值,进而在不增加节点数目的情况下,提高定位精度。

2 加权质心定位算法模型

2.1 传统质心算法

质心算法(Centroid Algorithm)是由美国加州大学的Bulusu教授等提出的一种基于联通性而不涉及距离信息的简单定位算法。质心定位算法首先要确定待求的未知节点所能感知的锚节点信息,这些锚节点构成一个多边形区域,然后计算这个多边形的中心坐标,即所有节点平均值,就是所求的质心节点,如图1所示,节点 $E(x, y)$ 即是以点 A, B, C, D 节点组成的多边形的质心。

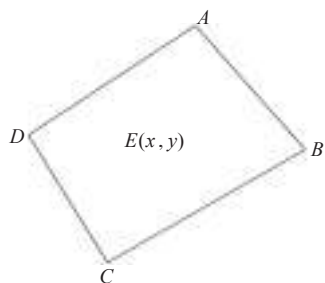


图1 质心定位原理示意图

多边形 $ABDC$ 的顶点坐标分别为 $A(x_1, y_1), B(x_2, y_2), D(x_3, y_3), C(x_4, y_4)$, 则多边形质心坐标的公式为:

$$E(x, y) = \left(\frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{4}, \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{4} \right) \quad (1)$$

具体的定位过程是:首先锚节点会周期性地向周边邻居节点广播包括自身标识号和位置信息等自身信息,当未知节点接受到的锚节点信息到达一个界限或经过一定时间之后,然后就可以用这些锚节点组成的多边形中心来确定未知节点的位置。

2.2 加权质心算法

传统的质心定位算法只是依靠网络连通性,算法简单。但这种算法模型太过理想化,要求所求的未知节点位于由周边锚节点组成的多边形的质心附近,而在其他情况下,误差则较大。因而为了减小定位误差,本文采用加权质心的定位算法。

加权质心算法基本思想是在传统质心算法的基础上,通过加权因子来体现出不同参考节点对质心坐标决定权的大小,利用加权因子反映出不同参考节点与质心位置间的内在联系。假定 $(X_j, Y_j), (X_i, Y_i)$ 分别为未知节点和参考节点的坐标,则

$$(X_j, Y_j) = \left(\frac{\sum_{i=1}^N W_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N W_i}, \frac{\sum_{i=1}^N W_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \right) \quad (2)$$

其中, W_i 为参考节点与未知节点间的影响权值, N 为

参考节点的个数。

本文所用的加权质心定位算法是将RSSI数据纳入考虑范围。具体方法是:首先将节点间所接收到的RSSI值转化为节点间距离信息 d , 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,对交点组成的多边形进行质心计算,为每一个坐标增加了权值,以体现不同顶点的贡献,如图2所示。锚节点与未知节点的距离越远,对应节点坐标的比重越小,两者呈反比关系,故权值选择为 $W_i = 1/d_i$ 则未知节点的坐标计算公式:

$$\begin{cases} x = \frac{x_1/d_1 + x_2/d_2 + x_3/d_3 + x_4/d_4}{1/d_1 + 1/d_2 + 1/d_3 + 1/d_4} \\ y = \frac{y_1/d_1 + y_2/d_2 + y_3/d_3 + y_4/d_4}{1/d_1 + 1/d_2 + 1/d_3 + 1/d_4} \end{cases} \quad (3)$$

其中, d_1, d_2, d_3, d_4 分别为未知节点到各个参考节点的估计距离, $A(x_1, y_1), B(x_2, y_2), C(x_3, y_3), D(x_4, y_4)$ 分别为三个参考节点的坐标, $E(x, y)$ 为未知节点的坐标。

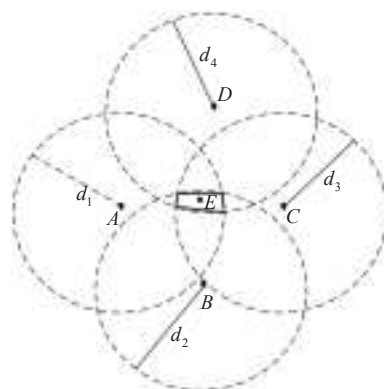


图2 加权质心算法原理图

在传统的加权质心算法中充分地利用了RSSI数据信息,提高了定位算法的精度。但是在实际应用过程中,对于RSSI测距的精度上仍然需要有所改进。

3 一种加权质心的优化算法

3.1 RSSI测距模型

信号强度在空间传递过程中随着传输距离增加而不断衰减,RSSI测距就是利用节点间信号的强度衰减,将信号间产生的衰减差依据特定信号模型转换为节点间距离。假设 n 为信号传播因子, A 为节点间间距1 m处的信号功率值,则RSSI信号衰减模型如式(4)所示。

$$RSSI(d) = A - 10n \lg(d) \quad (4)$$

其中, A 值可以直接测得; n 值得到的具体方法:在已知环境中,采集距离值 d 相对应的RSSI,将 d 和RSSI代入关系式(4),计算得到 n 值。从上述方法中得到信号传播常量值 n 和实测值 A 后,就可以建立起该环境下信号传播衰减模型。

在上述模型基础上,只需通过测得其节点间的RSSI,就可计算得到未知节点与参考节点间的距离值。但是在不同的环境的条件下,节点间RSSI值较小的变化就可能带来距离值上的较大误差,因而单一通过RSSI测距算法所获得距离值存在较大误差的,定位误差也随之而增大。因此需要利用一种优化算法来补偿RSSI测距产生的距离误差从而达到提高定位精度的目的。

3.2 优化算法

在ZigBee协议栈中收发模块每接收一个数据帧时都能够获得RSSI值和LQI值。然而LQI的动态范围为0~255,其分辨率比RSSI的大得多。因此把LQI值转化为RSSI(记作RSSIL)融入到RSSI测距算法中,相比单一的利用RSSI值(记作RSSID)的测距,在测距精度有所提高。其中LQI与RSSI的关系可用下式表示;

$$RSSI = -[81 - \frac{LQI \times 91}{255}] \quad (5)$$

图3和图4分别为室内室外不同环境下实测获得的RSSI和LQI随距离的衰落曲线图。从图中可以发现,在10 m以内,图1中的曲线起伏较大,而图2中的曲线波动范围较小;当距离大于10 m后,图1中曲线就显得比较平稳,而图2中呈现的曲线起伏较大。因此文中以10 m为分界采用分段计算距离值的方法,充分利用到LQI和RSSI各自的优点。具体方法:当节点间距处于0~10 m时,应采集LQI值并通过式(5)获得RSSIL值;当节点间

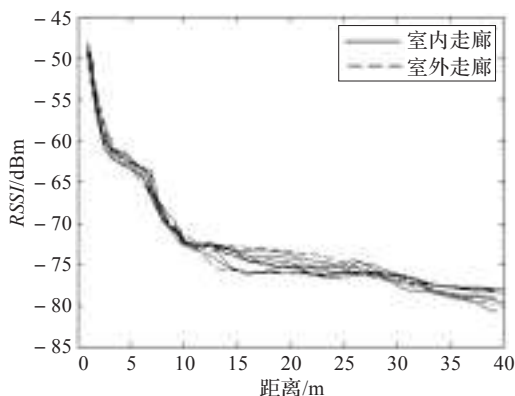


图3 RSSI衰落曲线

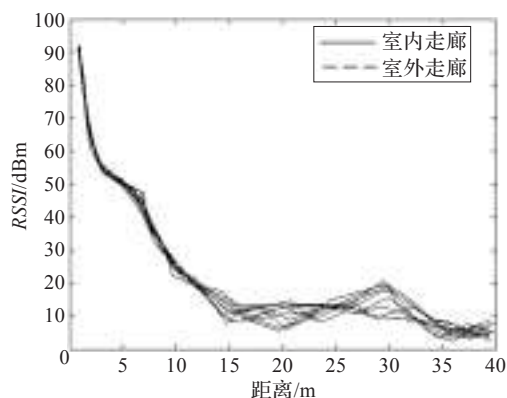


图4 LQI衰落曲线

距超过10 m时就直接采用RSSI获得RSSID值,通过这样的分段测距就能够获得更为准确的RSSI值。将所得RSSI值代入式(4)得到距离值 d ,相比于单一的RSSI值获得更加精确,从而能够获得更好的定位精度。

3.3 算法步骤

步骤1 采集现场环境中节点间距离10 m处的RSSI值,记录RSSI10。

步骤2 对未知节点多次采集RSSI和LQI并计算均值,通过利用式(5)将采集到的LQI值转换成RSSIL,记录RSSID和RSSIL。

步骤3 将采集到RSSID值与RSSI10值做比较,如果大于RSSI10的利用RSSID值估算距离;反之,如果小于RSSI10的使用RSSIL值估算距离。

步骤4 建立起锚节点集合、锚节点到未知节点距离的集合和锚节点位置集合。

锚节点集合: $B_set = (a_1, a_2, \dots, a_k)$ 。

锚节点到未知节点的距离集合: $D_set = (d_1, d_2, \dots, d_k)$, $d_1 < d_2 < \dots < d_k$ 。

锚节点位置集合: $P_set = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_k, y_k)\}$ 。

步骤5 建立的集合中的数据一一对应地代入式(3)的定位算法中计算出未知节点的位置坐标 (x_m, y_m) 。

步骤6 对未知节点的定位误差进行计算,其公式为:

$$ERROR = \sqrt{(x_m - x)^2 + (y_m - y)^2} \quad (6)$$

式中, (x_m, y_m) 为该定位算法计算获得的未知节点的坐标, (x, y) 为未知节点的实测的位置坐标。具体流程见图5。

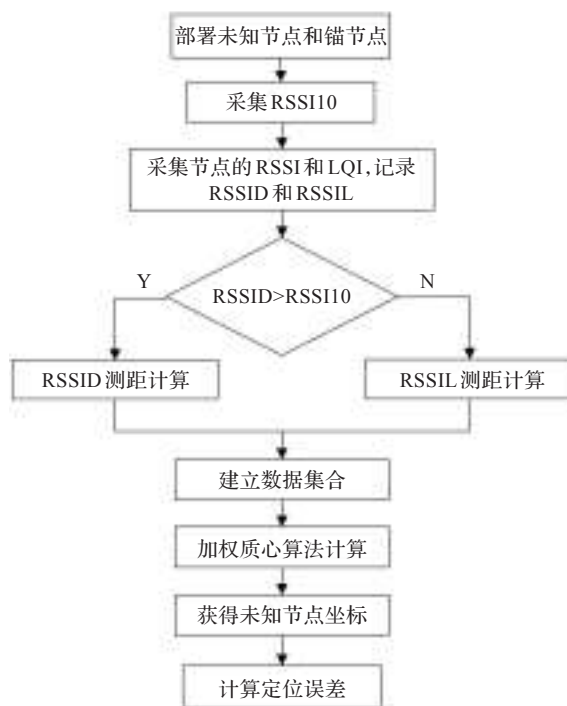


图5 算法流程

4 仿真结果及分析

利用MATLAB在100 m×100 m的仿真区域内,分别对文献[5]提到的算法、文献[7]提到的算法和本文提到的优化算法进行仿真比较。仿真结果如图6~7所示。

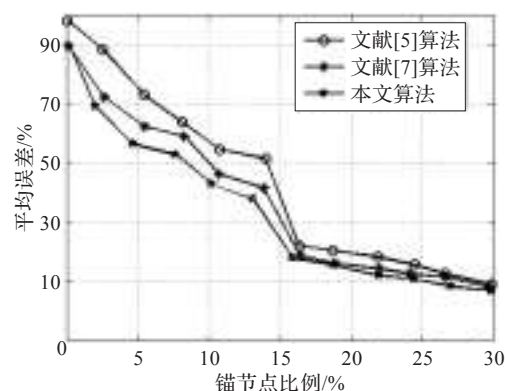


图6 锚节点比例与定位误差关系

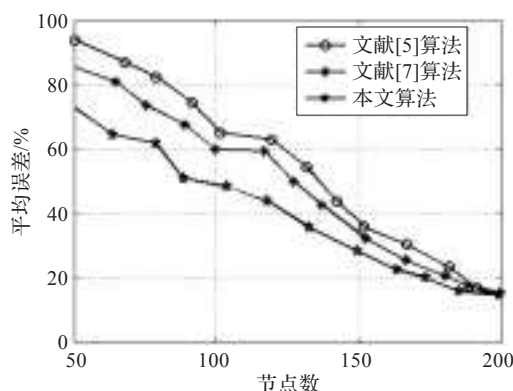


图7 节点数与定位误差关系

图6为在锚节点数不断增加的情况下,上述三种算法平均定位误差的比较。三种算法都是随着锚节点个数的递增平均定位误差呈现递减的趋势,而在同一条件下,优化后的平均定位误差明显比另外两种要下降得更快,这是由于随着锚节点的密度增大,定位精度越来越高,而优化后的定位算法提高了RSSI的精度,所以定位精度提高更多,定位误差就相应变小。

图7为定位算法在锚节点数相同而节点数不断增加的情况下,上述三种算法平均定位误差的比较。三种算法的平均定位误差均是随着节点数的增加呈现下降的趋势。在相同条件下,优化后的算法相比其他算法平均定位误差下降得更快。这是由于随着节点数增加,且节点分布更加均匀合理,而优化后定位算法的RSSI精度更高,消除了对平均定位误差的影响,从而使定位精度更高。

5 结论

本文提出一种优化RSSI精度的加权质心算法。该算法考虑到RSSI值易受到周边环境的影响导致定位误

差增大的问题。通过分析RSSI和LQI衰减曲线波动状况,提出分段计算的优化方法,提高测距精度,实现定位误差减小。通过仿真表明该优化算法在定位精确度上明显提高,定位误差相应降低,能够满足较高精度的定位要求,能为今后定位精度的研究提供相应的支持。

参考文献:

- [1] 何艳丽.无线传感器网络质心定位算法研究[J].计算机仿真,2011(5):163-166.
- [2] Jauregui-Ortiz S, Siller M, Ramos F, et al.Improving node localization in WSN by using obstruction level indicator systems[C]//IEEE International Conference on Man and Cybernetics (SMC),2011:1981-1985.
- [3] Correa A, Morell A, Barcelo M, et al.Navigation system for elderly care applications based on wireless sensor networks[C]//Proceedings of the 20th European Signal Processing Conference (EUSIPCO),2012:210-214.
- [4] Blumenthal J, Grossmann R, Golatowski F, et al.Weighted centroid localization in Zigbee-based sensor networks[C]//IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing,2007:1-6.
- [5] 程伟,史浩山,王庆文.一种无需测距的无线传感器网络加权质心定位算法[J].西北大学学报:自然科学版,2010(6):415-416.
- [6] Cataltepe Z, Aygun E.An improvement of centroid-based classification algorithm for text classification[C]//IEEE 23rd International Conference on Data Engineering Workshop,2007:952-956.
- [7] 吕振,赵鹏飞.一种改进的无线传感器网络加权质心定位算法[J].计算机测量与控制,2013(4):1102-1104.
- [8] Genitha C H, Vani K.Classification of satellite images using new fuzzy cluster centroid for unsupervised classification algorithm[C]//Information & Communication Technologies(ICT),2013:203-207.
- [9] 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(5):717-721.
- [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(2):180-182.
- [11] 赵宝峰,赵栋栋,赵菊敏,等.基于四边形分解的质心定位算法[J].传感器与微系统,2013(6):139-142.
- [12] 王琦.基于RSSI测距的室内定位技术[J].电子科技,2012(6):64-66.
- [13] 方震,赵湛,郭鹏,等.基于RSSI测距分析[J].传感技术学报,2007,20(11):2526-2530.
- [14] 臧建魁,卿鄰波,何小海,等.基于RSSI和LQI的分段距离估计改进算法[J].通信技术,2011(11):100-102.
- [15] 张洁颖,孙懋珩,王侠.基于RSSI和LQI的动态距离估计算法[J].电子测量技术,2007(2):142-145.