

基于DV-Hop的加权改进定位算法

沈静静, 辛元芳, 唐 燕

(安徽理工大学电气与信息工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:无线传感器网络集合多项前沿技术已经越来越受到学术界的关注,其中对DV-Hop定位算法的研究中,定位算法对平均跳距的估算准确度控制了定位的精确度。一般情况下的DV-Hop定位算法只思考了其中几个锚节点估算出来的平均性跳距,则导致定位误差增大。为了增加节点定位精确度,在DV-Hop定位算法基础上提出了加权改进算法,首先得出全网络估算的平均间距,然后采用加权平均处理法取代一般算法中的平均处理法。最后通过MATLAB仿真实验表明:在同样的环境中,加权平均法能够有效地减少平均法所造成的定位误差,增加定位的精确度。

关键词:无线传感器网络;DV-Hop算法;加权平均跳距;误差;精度

中图分类号:TP212.9; TN929.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2017)04-0038-05

Modified Localization Algorithm Based on DV-Hop

SHEN Jing-jing, XIN Yuan-fang, TANG Yan

(Department of Electrical and Information Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui 232001, China)

Abstract: Wireless Sensor Network (WSN) brings together many cutting-edge technologies that have become more and more concerned by the academic community. In the study of DV-Hop localization algorithm, the localization algorithm has the advantages of the precisions for the estimation of the average jump distance. In general, the DV-Hop localization algorithm only considers the average jump distance estimated by several anchor nodes which leads to the increase of the positioning errors. In order to increase the accuracy of node location a weighted algorithm is proposed on the basis of DV-Hop localization algorithm. Firstly the average spacing of the whole network is obtained and then the weighted average method is used to replace the average processing method of the general algorithm. Finally, the MATLAB simulation experiment shows that in the same environment, the weighted average method can effectively reduce the positioning error caused by the averaging method, and increase the accuracy of localization.

Keywords: wireless sensor network ; DV-Hop algorithm ; weighted average jump distance ; error ; accuracy

0 引言

无线传感网络(Wireless Sensor Networks, WSN)是集合了微电子、传感器以及无线通信等不同方向的一种新的网络技术^[1],并根据这些不同方向技术的推广应用而发展得越来越好。WSN中确定节点位置的方法是利用WSN中已知的一些节点的坐标后,再经过定位技术或者定位算法来确定网络中其他待测节点的坐标^[2]。在WSN中,缺少坐标数据的节点是没有作用的。因此,在WSN中采集节点数据的时候,还要求知道各个节点的坐标信

息。即使WSN中各个节点的位置是一定的,是经过全球范围的定位方法(如GPS)获得的,但是,这些绝大多数情况下定位方法因为受到传感器的自身成本、能量消耗、体型大小和所需要部署的环境等不同原因^[3],所以实际情况下,在WSN中,只有少数节点的数据和坐标信息是通过GPS的方式获得的,而其它绝大部分节点并没有配备GPS模块。所以,在这些约束条件的限制下,怎样准确得到无GPS模块的节点数据和坐标信息。通常情况下,在无过高精确度要求的定位节点的实践中,DV-Hop定位算法在WSN的节点定位中是应用比较广泛的

收稿日期:2017-10-18

基金项目:安徽省自然科学基金(1708085QF135);安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目(gxyqZD2016082);安徽省高校自然科学基金(KJ2017A077);安徽理工大学硕士研究生创新基金项目(2017CX093)。

作者简介:沈静静(1992—),女,安徽六安人,硕士研究生,研究方向:故障预测。

一种方法^[4]。

1 基础概述

1.1 定位方法分类

20世纪70年代至今的一段时间里,WSN的节点坐标信息确定的方法逐渐被提出和改进,这些确定节点坐标信息方法基本上可以分为两大类:需要测距离(Range-Based)的方法和无需测距离(Range-Free)的方法^[5]。

1.1.1 基于测距定位法

需要测量距离的方法很大程度上是一定要测量周围相邻的各个节点间的相互间距以及相对的角度大小,其中的关于距离确定是通过到达角度(AOA)、到达的信号强度(RSSI)、到达时间差(TDOA)、到达时间(TOA)测量法来实现。这种方法确实能有较高的精确度,但是对系统别的硬件要求十分高,如要求精确度非常高的设备用来测量距离,并且要求配合度非常好的收发机来同步测量数据,但是同时,所需的附加的测距硬件既增长了各个节点的制造成本,而且会使各个节点的功耗增大,因此这种类型的方法仅适合用在小规模的室内定位需求。

1.1.2 无需测距定位方法

无需测距法是不用测量相邻各个节点的间距和角度的一类方法,基于网络的连接性定位,如RSD定位、DV-Hop定位、APIT定位、HCNP定位、PDM定位、Amorphous定位、MDS-MAP定位、凸规划定位、REP定位、质心定位等。无需测距法对所部署的各个节点的硬件要求不高,各个节点的功耗就会变小,使用周期就会变大,因此无需测距定位方法适用于需要大范畴部署的网络,基于现在大数据分析的基础上,通常需要大量的数据,所以无需测距的方法更加适合。

由于缺少各个相邻节点高准确度的间距和角度的大小,因而相对于基于测距的方法,无需测距的方式所确定的坐标信息的准确度比较低,对于要求高准确度的应用无法满足,所以需要改进方法,扩大其适用度。

1.2 性能评价标准

对于WSN,其中关于节点的定位方法和算法会影响其推广及实用,对怎么评价其优劣需进行深入探讨。因为这两类方法所针对的是不一样的网络,对于其中的数据量和准确度的权衡有差别,所以不能直接指出这两类定位方法中哪一个更好,各有优点和缺点。针对WSN而言,常常设定下面5点作为

较为重要的评价准则。

锚节点密度:网络中的所部署节点中的锚节点的定位数据和信息主要是靠GPS方法或人工实际部署来测量的。人工部署的方法由于环境及其他因素严重制约其可扩展性;而GPS方案由于对硬件的要求,所需要费用要比一般方案的费用多出100倍。但是网络中对锚节点的定位数量是少数的,锚节点就是已知节点,其在网络中的个数越多,其他待测节点坐标数据精确度就越高,所以锚节点密度是整个系统的定位算法优劣的评价标准很重要的一部分。

节点密度:在无线中传感器网络中,在网络中所部署的节点数量和算法的准确度有一定的关联,根据采集数据的研究表明基本上成正相关,但是,如果想要更高的准确度就要部署更多数量的节点,这样也会增加在网络部署中的费用,另外,当网络中的节点密度太大时,网络中定位数据包的发送会受到影响,这样一来,会降低传感器网络的利用率^[6]。

定位精度:一般情况下,也被视作是节点定位中的误差,定位误差大小是评价该算法优劣的重要标准。

规模:规模是网络中定位算法中重要评价指标之一,通常情形下,规模是指在网络中,该算法在一定的时间内,一定的要求测量范围中,所得到定位坐标的节点的个数。不一样的网络、不一样的定位方法,因为所部署环境是不一样的,所得到的检测范围也是不一定的。

容错性和自适应性:在实际中,总有各种各样没有预料到的处境,如多种传播方式以及网络中没办法通信到的范围对网络中测量准确度有影响;WSN中各个节点的稳定性以及供应节点的电量都有可能影响测量的准确度;高精密度的节点测量方式或者用其他节点替换该节点的方法都是不大能行得通的。较好的容错能力和适应能力对网络中未知节点定位算法很重要,且更好的适应性和容错性对提高未知节点的定位精密度有更好的效果。

功耗:一般情况下,WSN中的各个节点大部分是被部署在无发达交通,当节点没有能量的时候,节点就采集不到数据了,节点也就失效了,但是通常某些节点的失效会让整个无线传感器网络难以采集到有作用的数据,无法进行数据分析,从而导致WSN丢失它的基本职能^[7]。

2 DV-Hop定位

DV-Hop节点算法的基础思路是先使用距离矢

量路由法计算出目标节点的跳数,进而测量出待估节点和锚节点的间距,再利用各个节点坐标的计算方案对待估节点进行定位坐标估计。

2.1 DV-Hop 定位算法的步骤

(1)距离矢量路由交换:在 WSN 中向各个相邻节点发送数据信息是以泛洪的方法,在接收节点时候要求记录锚节点的标识,锚节点的坐标信息及其接收的目标节点所对应的最小跳数值。并忽视该锚节点的所对应的最大跳数的节点,因此可知,WSN 中的所有目标节点能得到其到各个锚节点的跳数最小化。

(2)校正值计算及广播:根据第一步所得到的坐标数据后,用公式(1)计算得到的节点与节点间平均间距^[1-4]。

$$Hopsiz_{e_i} = \frac{\sum_{i \neq j} \sqrt{(x_i - x_j)^2 - (y_i - y_j)^2}}{\sum_{i \neq j} h_{ij}} \quad (1)$$

其中, $Hopsiz_{e_i}$ 表示节点 i 的进行平均化的跳距, h_{ij} 表示两个不同的锚节点 $i(x_i, y_i)$ 和 $j(x_j, y_j)$ 的跳数最小值。将公式(1)得出的平均后的跳距,以反馈校正值的方式在所部署节点的网络里不断广播。广播通常采取可控泛洪的方式,一个未知节点将所对应的第一个锚节点反馈校正值作为确认值,并去除第一个后面获得的其他反馈校正值,可控泛洪法能确保了网络中的大部分节点的反馈值是从离待测节点最近的锚节点所得到的^[4]。

(3)坐标定位计算(即定位计算阶段):未知节点依据距离矢量路由阶段中获得的跳数最小值以及校正值计算及广播阶段中利用公式(1)得到的节点 i 的平均后跳距值,并通过公式得到待确定的节点与 3 个或以上的各个锚节点的估算间距,再依据三边

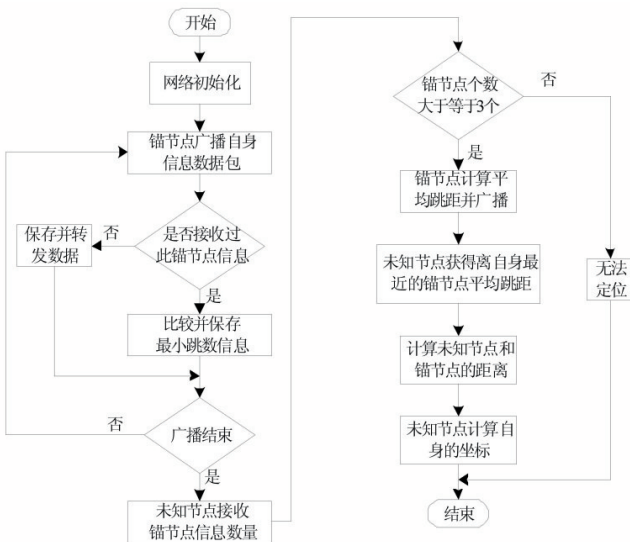


图 1 DV-Hop 定位算法流程图

测量法或极大似然估计法确定待测节点的坐标数据^[8]。

2.2 DV-Hop 定位算法示例

DV-Hop 定位过程如图 2 所示, Z, P, Q 为三个已知锚节点,其他的 6 个节点均是待确定的节点,根据已知的 3 个锚节点的数据信息求出其中的一个节点 N 的位置信息。由图 2 中节点间的关系可知的 Z 到达 P 的跳数最小值是 3, ZP 间的直线距离为 D_1 ; 同理已知 Z 到达 Q 的跳数最小值是 5, ZQ 直线距离为 D_2 ; P 到达 Q 的跳数最小值是 6, 并计算出 PQ 直线距离为 D_3 。并依据图 2 中可得待测的未知节点 N 到三个锚节点 P, Z, Q 的跳数各为 3, 2, 3。则由如下公式可求得 3 个锚节点的平均跳距^[9]。

$$Hopsiz_{e_p} = \frac{D_1 + D_3}{3 + 6} \quad (2)$$

$$Hopsiz_{e_z} = \frac{D_1 + D_2}{3 + 5} \quad (3)$$

$$Hopsiz_{e_Q} = \frac{D_2 + D_3}{5 + 6} \quad (4)$$

其中 $Hopsiz_{e_p}$, $Hopsiz_{e_z}$ 和 $Hopsiz_{e_Q}$ 分别为未知节点 N 到锚节点 P, Q, Z 的平均跳距。则可以得出未知节点到锚节点 P, Q, Z 的距离分别为 $3Hopsiz_{e_p}$, $3Hopsiz_{e_z}$, $3Hopsiz_{e_Q}$ 。则采用三边测量法来求出待确定节点 N 的位置坐标为 (x_N, y_N) , 其中的具体算法如下。

$$|MA| = 3Hopsiz_{e_A} = \sqrt{(x_M - x_A)^2 + (y_M - y_A)^2} \quad (5)$$

$$|MA| = 3Hopsiz_{e_A} = \sqrt{(x_M - x_A)^2 + (y_M - y_A)^2} \quad (6)$$

$$|MA| = 3Hopsiz_{e_A} = \sqrt{(x_M - x_A)^2 + (y_M - y_A)^2} \quad (7)$$

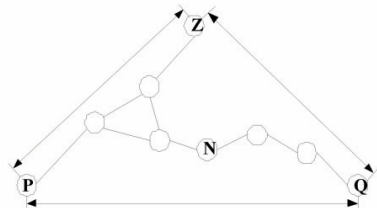


图 2 DV-Hop 定位示意图

2.3 DV-Hop 定位算法仿真

2.3.1 DV-Hop 算法仿真及性能分析

通过 MATLAB 对 DV-Hop 算法进行仿真。仿真环境是 100 m×100 m 的范围内随机性产生一些锚节点和未知节点,总个数是 100,并设定 30 m 为通信半径。其中锚节点个数和未知节点个数比例是 1:

9的形式,即在这个范围内设定的锚节点个数是10,未知节点的个数是90。且网络中的各个节点分布如图3所示。其中得到各个未知节点的误差值如图4所示,从仿真结果可得到DV-Hop算法的待确定节点的误差是有很大一部分具有随机可能性。从MATLAB的仿真中得出,DV-Hop算法的优点仅要求利用所部署的网络中的少数锚节点的坐标,并利用各个不同的节点的信息相互交换过程并结合多边测量的方法就能够落实对网络中的目标未知节点的坐标信息确定。DV-Hop算法实现过程简单且容易扩展,具有很好的适应能力,但也有很多不足,将导致得到的数据误差增大。

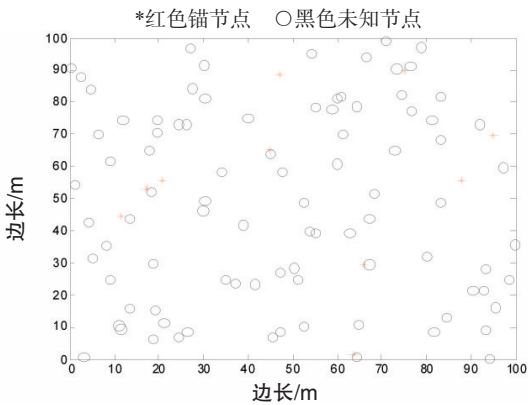


图3 网络节点分布图

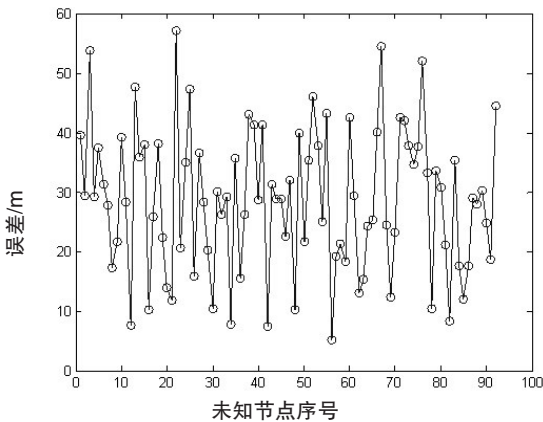


图4 每个未知节点的误差

2.3.2 DV-Hop定位算法仿真误差分析

在WSN中对某个节点进行定位时,对误差影响较大的原因是该算法自身的原理和性能。当前许多国内外学者为了减少算法自身所带来的误差,对算法做了大量的改进工作,引用相关改进工作文献。针对DV-Hop定位算法的原理方面做出分析,可知算法性能主要受以下一些因素的影响^[10]:

(1)在DV-Hop算法对应的距离矢量路由交换阶段中知道最小跳数,跳数最小值和各个锚节点和未知节点的平均间距并利用公式来估算节点和节点

的直接间距。所以各个节点之间的角度和距离的因素,当角度越大,则两点之间的跳数也就增大,则所产生的精确度也会降低^[5]。

(2)当第二阶段所计算出的各个锚节点到不同的未知节点的平均跳距是有误差的,因此对定位精确度也有影响。

(3)对于在算法的定位计算阶段中对待测节点的坐标的估算时,采用的三边测量法或极大似然估计法均存在误差,即对于三边测量法,在所部署的网络中,若选取的已知锚节点的位置不合适,导致其与待测节点的平均跳距有较大的偏差,这些偏差会使最后计算的误差增大^[9]。假设所选取的3个锚节点很近,这样会导致无法使用三边测量法。所以传统的三边测量法原理和计算简单,其产生误差的原因比较多。对于极大似然估计法,是依赖公式 $AX=b$ 来对未知节点的坐标进行估算,但是在使用最小二乘估计法估算该公式时没有注意到矩阵 A 导致的误差,只考虑了矩阵 b 所导致的误差,一般情况下,矩阵 A 的误差是由网络中的硬件所决定的,在不改进硬件的情况下,矩阵 A 的误差通常不会减小,所以显然极大似然估计法在某个方面是无法逃避坐标定位中产生的误差。因此,一般情况下,通常采取更加优化模型来寻找最优的节点坐标,从而减少其产生的误差,提高算法结果的精确度。

3 DV-Hop定位算法改进

3.1 DV-Hop改进算法模型

一般的DV-Hop算法定位精度差最大的原因就是在估算各个节点之间离间距时,能够准确地修改各个节点间平均后跳距,从而减小误差^[3]。

改进算法是利用无线传感器网络中所有的平均后跳距和某个部分的平均跳距进行加权再用来修正未知节点的平均后跳距^[3],设网络中未知节点中的待测节点 i 和所选取的锚节点 j 间的跳数为 h_{ij} ,且与待测量坐标的节点相距最近的锚节点为 j ,并设改进后的平均后跳距为 $Hop_Dis(i,j)$

$$Hop_Dis(i, j) = (1 - \lambda) \times Hopsiz_{ave} + \lambda \times Hopsiz_m \quad (8)$$

$$Hopsiz_{ave} = \frac{\sum Hopsiz_j}{n} \quad (9)$$

$$Hopsiz_m = \frac{BeaconDis_{m,j}}{BeaconHop_{m,j}} \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{1}{h_{ij}} \quad (11)$$

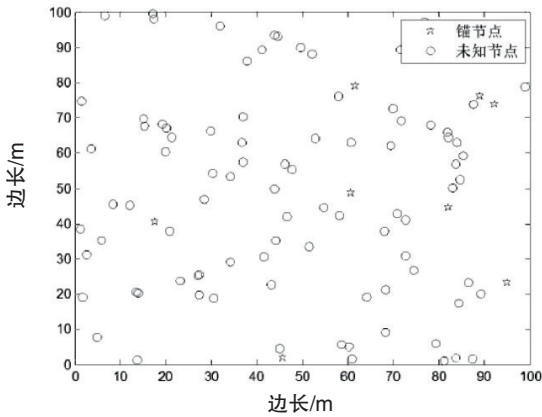


图5 仿真环境节点分布

其中 $Hop_Dis(i,j)$ 为待确定数据的节点 i 到各个锚节点 j 的修正平均跳距, λ 为加权因子, $Hopsize_{ave}$ 为全网平均处理的每跳距离, $Hopsize_j$ 为锚节点 j 的平均每跳距离, $Hopsize_m$ 是锚节点 m 的平均跳距, 即在网络中的局部平均跳距, $BeaconDis_{m,j}$ 是锚节点 m, j 间的距离, $BeaconDis_{m,j}$ 是锚节点 m, j 间的跳数, n 为锚节点个数, h_{ij} 为待定位 i 到锚节点 j 的最小跳数值^[10]。

由 $\lambda = \frac{1}{h_{ij}}$ 可以看出, 当未知节点距离锚节点较远时, h_{ij} 跳数值增大, 由关系式可以知道加权因子 λ 跟着变小, 这样全网平均每跳距离 $Hopsize_{ave}$ 对修正的平均跳距的影响就较大, 当待确定的节点和各个锚节点相距较远时, 这样能够减小由于跳数过大产生的误差^[11]。反之, 当待测节点距离锚节点较近时跳数较小, 这时局部的平均跳距对修正的平均化跳

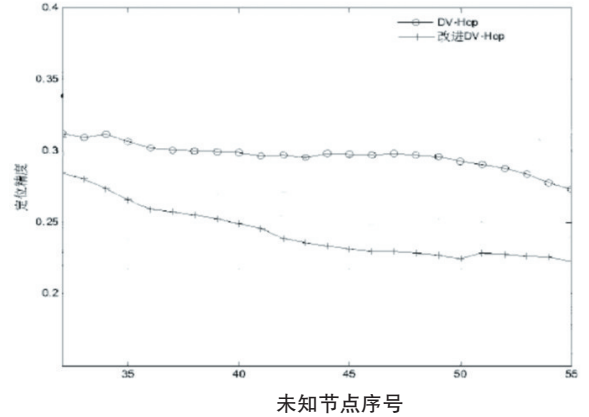


图6 改进算法与未改进算法仿真对比

距影响较大。

3.2 DV-Hop 改进算法仿真

通过图6可以看出, 改进算法通过对全网平均跳距和局部平均每跳距离进行加权来修正未知节点的平均跳距, 提高了WSN的定位准确度, 当节点的通信半径越大, 无线传感器网络的定位准确度提高越明显。

4 结语

针对在WSN中基于DV-Hop定位算法的精度问题并提出改进的一种算法, 该算法的本质是对DV-Hop定位算法中处理数据的三边测量法进行改进, 给出了DV-Hop定位算法优化设计方法的具体处理方式, 最后, 经过仿真实验验证了该算法相对于未改进的DV-Hop定位算法具有更好的自适应能力, 能够较好地减少误差, 增加定位的精确度。

参考文献:

- [1] 孟雯雯, 赵建平, 王蒙. 基于DV-Hop定位算法的改进[J]. 通信技术, 2016, 49(11): 1447-1452.
- [2] 王新生, 赵衍静, 李海涛. 基于DV-Hop定位算法的改进研究[J]. 计算机科学, 2011, 38(2): 76-78.
- [3] 刘峰, 张翰, 杨骥. 一种基于加权处理的无线传感器网络平均跳距离估计算法[J]. 电子与信息学报, 2008, 30(5): 1222-1225.
- [4] 史洪宇, 燕莎. WSN中一种改进的DV-Hop节点定位算法[J]. 电光与控制, 2011, 18(4): 93-96.
- [5] 涂常艳. 无线传感器网络DV-Hop定位算法的研究[D]. 广州: 暨南大学, 2012.
- [6] 孙利民. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [7] 赵仕俊, 唐蒸芳. 无线传感器网络[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [8] 蒋馥珍. 基于DV-Hop的无线传感器网络定位算法研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2014.
- [9] 左文裙. 无线传感器网络DV-Hop定位算法研究[D]. 南京: 南京大学, 2014.
- [10] 程超, 钱志鸿, 付彩欣, 等. 一种基于误差距离加权与跳段算法选择的遗传优化DV-Hop定位算法[J]. 电子与信息学报, 2015, 37(10): 2418-2423.
- [11] 岳永佳. 基于DV-Hop的无线传感器网络定位算法研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2015.