

一种改进的 DV-HOP 定位算法

蔡丽萍¹, 蒋晶晶¹, 洪 利²

(1 中国石油大学(华东) 计算机与通信工程学院, 山东 青岛 266580;

2 防灾科技学院 防灾仪器系, 北京 101601)

摘 要: 针对传统 DV-HOP 算法的不足提出一种改进的 DV-HOP 节点自身定位算法。在距离估计阶段, 根据邻居节点间的距离对跳数进行加权处理, 修正平均跳距; 位置估计阶段, 通过引入优化选择锚节点的限制条件, 缩小未知节点被包围的三角形区域, 筛选出最终进行坐标计算的锚节点。仿真结果表明, 在相同的网络环境下改进后的 DV-HOP 算法大大提高了节点的定位精度。

关键词: 无线传感器网络; DV-HOP 算法; 加权跳数; 优化选择锚节点

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)04-0120-05

An Improved DV-HOP Localization Algorithm

CAI Li-ping¹, JIANG Jing-jing¹, HONG li²

(1 College of Computer & Communication Engineering, China University of Petroleum, Qingdao 266580, China;

2 Department of Disaster Prevention Instruments, Institute of Disaster Prevention, Beijing 101601, China)

Abstract: An improved DV-HOP localization algorithm is put forward in this paper. In the distance estimation stage, according to the distance between neighbor nodes the number of hops are weighted, the average hop distance is corrected. Constraints of optimization anchor nodes are introduced to narrow the triangular area of unknown node surrounded by beacon nodes, then screening anchor nodes of participating coordinate calculation in the stage of position estimation. Simulation results show that, the improved algorithms positioning accuracy is higher than DV-HOP algorithm in the same network environment.

Key words: WSN; DV-HOP algorithm; weighted hops; optimization anchor nodes

1 引言

随着计算机技术、数字通信等技术的进步, 低成本和低功耗的多功能传感器也得到了迅速的发展。无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成, 集监测、控制和无线通信技术为一体的网络系统, 具有规模大、自组织、动态性等特点, 广泛应用于军事国防、工业控制、城市管理、危险区域远程监控等领域^[1]。

节点的定位技术是无线传感器网络获取信息的前提条件, 根据定位过程中是否对节点进行测距, 我

们可以将定位技术划分为两大类: 基于测距的定位和无需测距的定位^[2]。前者是通过测量节点间的距离或角度, 由三边测量法、极大似然估计法和三角测量等方法计算节点位置信息, 这类算法总体上定位精度较高, 但易受测距技术、功耗等制约, 使其应用受到极大的限制。而无需测距的定位算法虽然定位精度相对不是很高, 但受温度等环境因素影响较小, 不需要实际测量节点间的距离或角度, 仅通过网络连通性和多跳路由交换信息等方法来估算节点间的距离, 就能满足多数传感器网络应用的要求, 是目前备受关注的定位机制。DV-HOP^[3]、质心算法(Centroid Algorithm)^[4]、MAP^[5]、APIT^[6]等是目前比较

收稿日期: 2014-07-06; 修回日期: 2014-08-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(61170319); 地震科技星火计划项目(XH14072)

常见的距离无关的定位算法。

本文对无线传感器网络中DV-HOP算法进行了分析,并针对其在计算锚节点与未知节点的跳数存在的不足,以及在锚节点所占比例较低且分布不均匀的情况下对定位结果产生的影响,提出了一种改进的DV-HOP算法。

2 DV-HOP定位算法研究

DV-HOP算法的核心思想是通过距离矢量交换协议,计算出未知节点与锚节点之间的最小跳数,再将两者之间的估算距离用最近锚节点的网络平均跳距与最小跳数的乘积来表示。

DV-HOP算法一般可分为以下三个过程^[7]:

- (1) 计算每个未知节点与锚节点的最小跳数;
- (2) 计算未知节点与锚节点的平均每跳距离;
- (3) 计算未知节点坐标。

DV-HOP算法在计算平均每跳距离时,不管相邻节点间物理距离的远近,跳数均加1,没有反映出由于节点间距离的差别对确定节点位置造成的影响,直接利用两个节点之间的直线距离对实际路径的曲线距离进行估算,而导致最终定位结果误差较大。如图1所示, P_1 、 P_2 、 P_3 为锚节点,距离分别为30、60、40, A 、 B 、 C 、 D 是待定的未知节点。 P_1 接收到 P_2 、 P_3 的最小跳数分别是4、3。则由式(1)可得锚节点 P_1 的平均跳距是 $(30+40)/(4+3)=10$;同理 P_2 、 P_3 的平均跳距分别是 $(30+60)/(4+5)=10$ 、 $(40+60)/(3+5)=12.5$ 。未知节点 A 到 P_1 、 P_2 、 P_3 的最小跳数分别是1、3、2,则未知节点 A 到 P_1 、 P_2 、 P_3 的估算距离分别为:10、30、25。利用上述DV-HOP计算方法,估算出节点 A 到 P_3 的欧式距离为25,与真实距离相差较大。这种定位误差是由当网络节点分布不均匀而使得节点间距离相差较大导致的。针对上述问题,提出一种跳数加权的DV-HOP算法,该算法根据相邻节点间的距离给节点间的跳

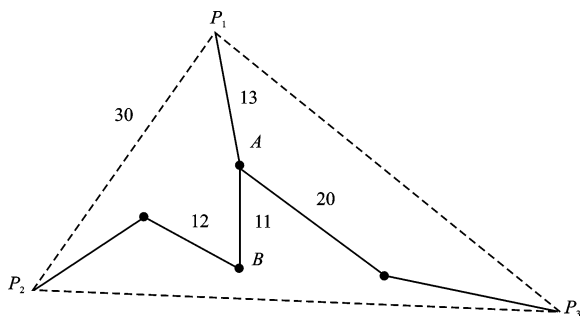


图1 节点之间实际路径图

数赋予不同的权值,对邻居节点间的跳数进行加权处理,修正未知节点与锚节点的平均每跳距离;位置估计阶段,通过引入优化选择锚节点的限制条件^[8],缩小未知节点被包围的三角形区域,锚节点恰处于三角形的边缘,筛选最终进行坐标计算的锚节点,使得处于三角形区域内的未知节点坐标误差大幅度减小,从而提高整个网络的定位精度^[9]。

3 改进的DV-HOP算法

3.1 算法思想

传统的DV-HOP算法中未将相邻节点间的距离差异考虑在内,导致计算最小跳数时引起了较大的定位误差,因此针对未知节点到锚节点的跳数计算方法提出一种新的思路,即将与锚节点直接相邻节点间的实际距离作为一个基准值,锚节点将带有基准值(权值为1)的位置信息向邻居节点进行广播,邻居节点接收到该分组后,用自己到该节点的距离值除以基准值作为自己的加权跳数,将分组中的跳数值加上该跳段的加权跳数,并继续向邻居节点转发更新后的分组,忽略来自同一个节点的较大跳数的分组,通过这种方法网络中每个节点都能够记录下自己到锚节点的最小加权跳数^[10]。

通过理论分析文献^[11]中的内容得出:当未知节点分布在由锚节点组成的三角形内进行三边定位时,锚节点集中分布在网络区域边缘,可以近似认为节点呈均匀分布,得到未知节点的定位精度比锚节点随机分布时要高。因此,在计算未知节点估计位置阶段加入以下约束,使其满足上述条件,优先选择锚节点进行定位,如图2所示。

图中, P_1 、 P_2 、 P_3 为锚节点,未知节点处于三角形区域内,未知节点与锚节点之间的估算距离为 r_i ,锚节点之间的实际距离为 d_i 。

第一步:从锚节点中找出能够构成三角形的组合;

$$d_3 > d_2 > d_1 \text{ \& } d_3 < d_2 + d_1 \quad (1)$$

第二步:检查满足上述条件的所有锚节点组合,确保锚节点与未知节点的距离估算构成的三个圆之间有相交的区域;

$$d_1 < r_1 + r \text{ \& } d_2 < r_2 + r \text{ \& } d_3 < r_3 + r \quad (2)$$

第三步:确认三角形区域之内是否包含未知节点;

$$d_1 > r_1 \text{ \& } d_1 > r_2$$

$$d_2 > r_2 \text{ \& } d_2 > r_3$$

$$d_3 > r_1 \text{ \& } d_3 > r_3 \quad (3)$$

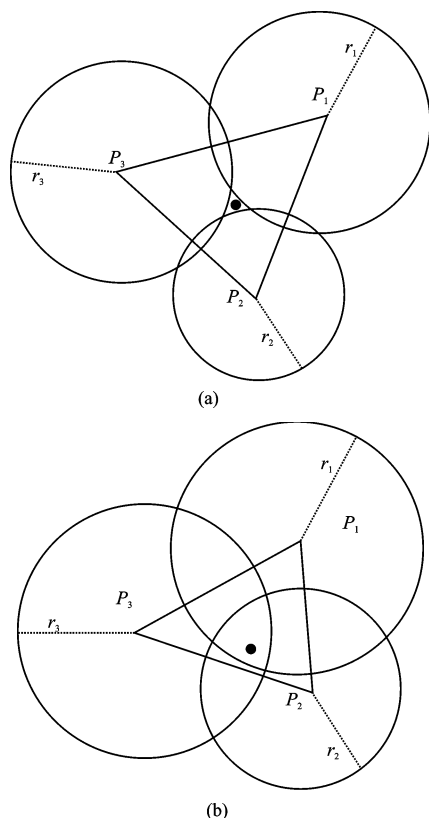


图2 锚节点组成的区域示意图

第四步:当上述条件都满足时,记录锚节点到未知节点的距离总和,比较选择出距离总和最小的三角形,并将满足所有条件的三个锚节点参与未知节点坐标的计算.如图2所示,图(a)和图(b)中未知节点的位置虽然都处于锚节点通信范围内的交叉区域,但前者所组成的三角形面积显然小于后者,计算出的未知节点坐标误差也相对较小.

$$d = d_1 + d_2 + d_3; \{p_i\} = \min\{d\} \quad (4)$$

四个优化选择锚节点的约束条件都满足时,可以将分布在此三角形内的节点近似看做为均匀分布,并且锚节点恰分布在这个区域的边缘,将筛选出的锚节点作为三边定位法的顶点,相比之下,所计算出的位置坐标准确度更高.

3.2 改进算法实现步骤

步骤1:初始化最小跳数阶段

(1)锚节点将含有跳数(初始值为0)、位置

信息的分组发送给直接邻居节点,直接邻居节点收到该分组后将其Hop置为1,将锚节点与其直接相邻节点间的实际距离 d_0 作为基准值;

(2)直接邻居节点接收到带有基准值信息

分组后,再向其邻居节点转发该分组,邻居节点记录下到该节点的距离 d ,并计算加权跳数: $H = d/$

d_0 ,更新分组中的Hop值: $\text{Hop} = \text{Hop} + H$,并继续转发这个分组;

(3)如果多个锚节点同时向一个节点发送

分组时,该节点将各分组的跳数值与之前记录的Hop值作比较,若接收到分组的Hop值小于当前值则重复过程(2),大于则丢弃,直至网络中全部节点获取到各个锚节点的最小加权跳数.

步骤2:估计平均每跳距离

在锚节点获得传输到其他锚节点的跳数信息后,利用式(1)对平均跳距进行估计,然后在整个网络中将其当作校正值采用可控洪泛法(即一个节点仅接收获得的第一个校正值而忽略所有后来者)在网络中进行传播,从而确保了节点从最近的锚节点获取校正值.

步骤3:优先选择三边测量法中的锚节点

已知锚节点的位置信息,可以利用已知信息通过计算直接求得各锚节点之间的距离,而锚节点与未知节点的距离可通过平均跳距与跳数的乘积获得.然后利用式(2)~(5)的约束条件对所有锚节点进行筛选,剔除了由于利用直线距离代替通信路径的曲线距离而导致误差较大的锚节点,使得部分未知节点的定位更加精准,从而避免了因过多的采用位置估算不准确的锚节点进行坐标计算,导致累计误差增加的问题,从整体上提高了定位精度.如果没有满足条件的组合,则利用最小二乘法对未知节点进行定位计算.

步骤4:未知节点坐标计算

得到平均跳距和选定的锚节点后,利用距离锚节点的最小跳数计算未知节点的位置,重复上述步骤完成对所有未知节点的定位.

4 实验仿真与结果分析

本实验通过Matlab7.0仿真平台,主要从定位误差方面对DV-Hop算法和改进后的算法进行对比,验证了改进后算法的可行性和有效性.在初始的仿真试验中,如图3所示,锚节点的比例为10%,设置节点间的通信半径为30 m,部署100个传感器节点,未知节点和锚节点的位置以随机方式非均匀的分布在 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的网络区域中.通过变化锚节点的数量及节点的通信半径,来观察两种算法的平均定位误差变化,仿真结果取100次运行试验的平均值.

节点的定位误差定义如下:

$$\text{error}_i = \sqrt{(x_i - x_r)^2 + (y_i - y_r)^2} \quad (5)$$

式中, (x_i, y_i) 为节点的估计位置, (x_r, y_r) 为节点的

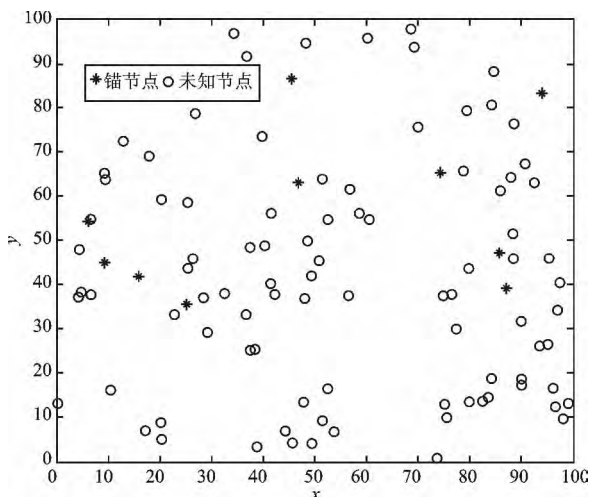
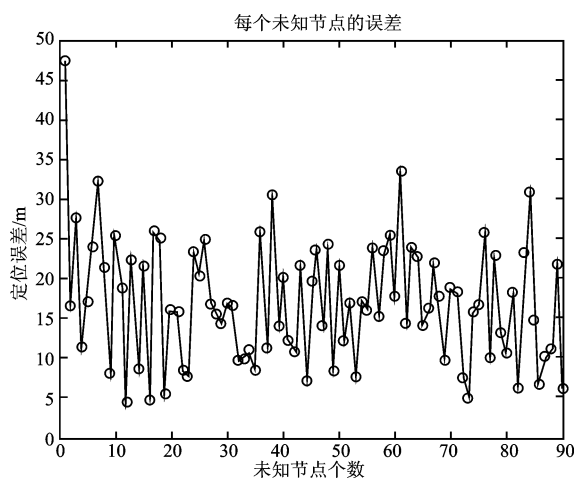
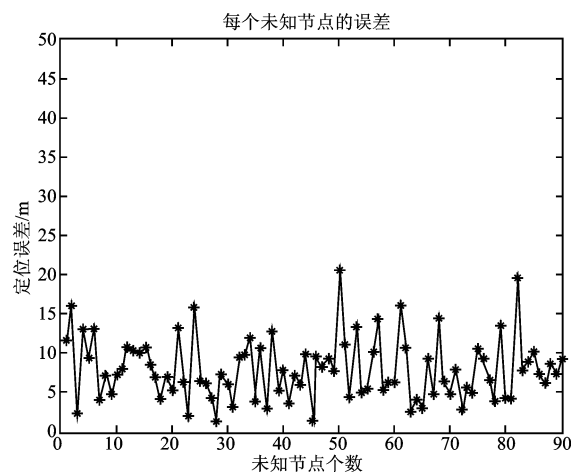


图3 传感器节点随机分布图

实际位置.由图4可知,在锚节点比例为10%,通信半径为30 m的情况下,每个未知节点的定位误差,从图中可以看出,改进后算法大部分未知节点的定位误差值都在15 m以内,且上下浮动比原算法较小.



(a) DV-HOP 算法



(b) 改进后算法

图4 DV-HOP算法与改进算法定位误差比较

定义整个网络的平均定位误差率为所有未知节点的定位误差之和与节点通信半径比值除以未知节点的个数,可表示为

$$\delta_e = \frac{\sum_{i=1}^{UNAmount} error_i / R}{UNAmount} \times 100\% \quad (6)$$

图5中的(a)和(b)分别是节点通信半径为30 m和50 m时,DV-HOP算法和改进后算法在锚节点比例变化时的定位误差比较.在相同的通信半径和锚节点比例下,改进后算法的平均定位误差要低于原算法.当 $R=30$ m,锚节点比例为10%时,DV-HOP的平均定位误差率为33.36%,改进后算法为25.45%;当 $R=50$ m,锚节点比例为10%时候,DV-HOP算法平均定位误差率为31.15%,而本文算法只有20.33%.分析实验结果可知,改进后算法的定位精度要优于原算法,节点的定位误差会受到网络的节点通信半径和锚节点比例的影响.

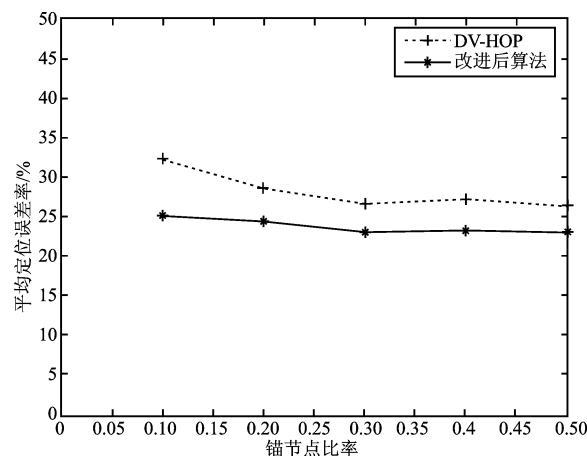
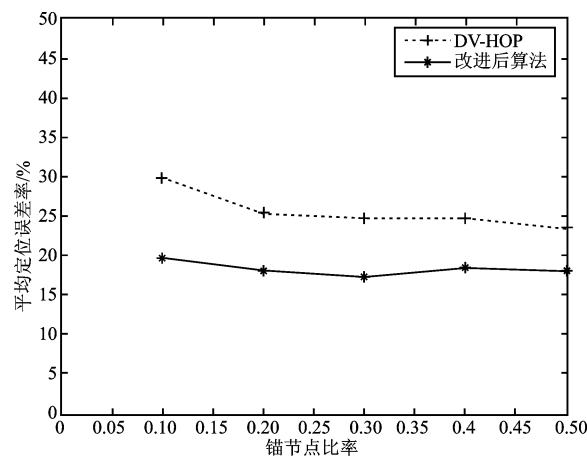
(a) $R=30$ m(b) $R=50$ m

图5 不同锚节点比率下节点定位误差比较

5 结束语

提出了一种跳数加权的 DV-HOP 算法,该算法根据相邻节点间的距离对节点间的跳数赋予不同的权值,修正未知节点与锚节点的平均每跳距离;位置估计阶段,通过引入优化选择锚节点的限制条件,选择处于未知节点三角形边缘的锚节点,参与最后的三边定位^[12].通过仿真实验结果可以看出,在不增加额外硬件成本的情况下,改进后的算法优于原算法,提高了定位精度.

参考文献:

- [1] 王新生,赵衍静,李海涛,等.基于 DV-Hop 定位算法的改进研究[J].计算机科学,2011,38(2):76-78,90.
- [2] 张婷婷.基于 WSN 混合定位算法的研究[D].上海:东华大学,2012.
- [3] Niculescu D, Nath B. DV based positioning in ad hoc networks[J]. Kluwer Journal of Telecommunication Systems, 2003(22):267-280.
- [4] 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.
- [5] Shang Y, Ruml W, Zhang Y, et al. Localization from mere connectivity[C]// Proceedins of the 4th AcM international Symposium on Mobile ad hoc networking & lomputing. New York, NY, USA; ACM, 2003: 201-212.

(上接第 119 页)

- [10] Wang T, Cheng I, Basu A. Fluid vector flow and applications in brain tumor segmentation[J]. IEEE Transaction on Biomedical Engineering, 2009, 56(3):781-789.
- [11] Vicent C, Ron K, Guillermo S. Geodesic active contours [J]. International Journal of Computer Vision, 1997, 22(1):61-79.
- [12] 胡斌,宫宁生.一种改进的 Otsu 阈值分割算法[J].微电子学与计算机,2009,26(12):153-155.
- [13] Bo Pang, Kuanquan Wang. On automated tongue image segmentation in chinese medicine[C] // ICPR[s. l.]: IEEE, 2002:616-619.
- [14] Zhang K, Zhang L, Song H, et al. Active contours with selective local or global segmentation[J]. Image and

- [6] He T, Huang C, Blum B M, et al. Range-free localization schemes for large scale sensor networks[C]// Proceedings of the 9th annual international Cnference on Mobile Computing and Networking. New York, NY, USA; ACM, 2003:81-95.
- [7] 周小波,乔钢柱,曾建潮.无线传感器网络中基于 RSSI 的加权 DV-HOP 定位方法[J].计算机工程与应用, 2011,47(14):109-111.
- [8] 谢涛.无线传感器网络中 DV-Hop 算法的改进[D].重庆:西南大学,2011
- [9] 曹生岭.于信号差异的自适应分布式室内定位算法的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008
- [10] 白波.无线传感器网络节点自身定位算法的研究[D].沈阳:东北大学,2008.
- [11] Pi Xing-yu, Yu Hong-yi. Localization performance analysis based on degree of collinearity for wireless sensor networks[J]. Systems Engineering and Electronics, 2008, 30(7):1249-1252.
- [12] 夏心江,胡钢,王烨华.基于同心圆定位算法的改进算法研究[J].计算机科学,2012,39(6):68-71.

作者简介:

蔡丽萍 女,(1980-),硕士,高级工程师.研究方向为无线通信技术.

蒋晶晶 女,(1987-),硕士研究生.研究方向为无线通信技术. E-mail:guobao_2013@126.com.

洪利 男,(1969-),博士,教授.研究方向为无线通信与网络、电力线通信、物联网、智能仪器等.

Vision Computing, 2009, 45(3):56-65.

- [15] Shi Y, Karl W C. Real-time tracking using level sets [C]// IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Sandiego, CA; IEEE, 2005:34-41.

作者简介:

张志顺 男,(1978-),硕士,讲师.研究方向为医学图像处理. E-mail:zzsxbd0835@163.com.

奚建清 男,(1962-),博士后,教授,博士生导师.研究方向为数据库与图像处理.

刘勇 男,(1973-),博士,副教授.研究方向为模式识别与图像处理.