

# 基于移动锚节点的改进 DV-Hop 算法

冯友兵 马 艳 魏玉婷

(江苏科技大学电子信息学院 镇江 212003)

**摘 要** DV-Hop 是一种典型的无须测距的定位算法,针对该算法在定位过程中存在的定位精度不高的问题,提出了一种基于移动锚节点的改进算法。利用锚节点的移动形成多个虚拟锚节点,有效减少了锚节点的使用数量;并在原算法基础上,修正平均跳距,使其更接近真实值。仿真结果表明:改进算法定位误差比传统 DV-Hop 算法平均降低了约 30%,大大提高了定位精度。

**关键词** 无线传感器网络,节点定位,DV-Hop 算法,移动锚节点

**中图分类号** TP393 **文献标识码** A

## Improved DV-Hop Algorithm Based on Mobile Anchor Nodes

FENG You-bing MA Yan WEI Yu-ting

(School of Electronics and Information, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

**Abstract** DV-Hop is a typical range-free positioning algorithm. Aimed at the problem of low positioning accuracy of the algorithm in the localization process, an improved algorithm based on mobile anchor node was proposed. The mobile anchor node was used to form multiple virtual anchor nodes, so as to reduce the number of anchor node effectively. Meanwhile, on the basis of the original algorithm, the average hop distance was modified, which makes it closer to the real value. The simulation results show that, the improved algorithm is better than the traditional DV-Hop algorithm and the average positioning error is reduced by about 30%, and the location accuracy is greatly improved.

**Keywords** Wireless sensor networks, Localization, DV-Hop algorithm, Mobile anchor nodes

无线传感器网络作为一种新兴的信息采集技术,具有自组织、部署快捷、高容错性和强隐蔽性等技术优势,目前已广泛应用于工农业、国家安全、城市监控、空间探索等许多重要的领域。而节点定位技术作为应用的基础和前提,对无线传感器网络的发展起着至关重要的作用。节点定位主要分为基于测距的定位算法和无需测距的定位算法。前者在测量节点间距离时需要额外硬件支持,成本较高,而后者无需额外硬件支持,成本低,可成为大规模网络应用的良好载体,因此受到越来越多的关注。DV-hop 就是一种典型的无需测距定位算法。

针对 DV-Hop 算法存在的定位精度不高的问题,国内外学者作了很多提高其性能的改进,但大多针对静态锚节点的场合。而动态锚节点的引入可以有效减少高成本锚节点的数量,其已经在低成本无线传感器网络定位中得到了广泛应用。本文通过分析经典 DV-Hop 算法在定位过程中存在的问题,引入移动锚节点,并以提高精度为目的对原算法做了改进,提出一种基于移动锚节点的改进算法。

### 1 DV-Hop 算法

DV-Hop 算法是由美国 Niculescu 等提出的一种与距离无关的定位算法,其基本思想是将未知节点到锚节点的平均每跳距离和到自身最小跳数的乘积作为其最短路径,在得到

3 个或 3 个以上的锚节点位置信息后用三边测量法或极大似然估计法计算出自己的坐标。传统 DV-Hop 算法分 3 个步骤:

(1)无线传感器网络中的锚节点通过洪泛算法向全网广播自身位置信息分组,包括初始化跳数为 0 的信息;邻居节点在接收到锚节点传来的信息后,将跳数值加 1,接着转发给下一级邻居节点。接收节点只保存来自同一锚节点的较小跳数值,而忽略较大跳数。洪泛结束后,所有锚节点都将获得其它锚节点的位置信息与彼此间的最小跳数。

(2)锚节点根据获得的与其他锚节点间的距离和跳数,估算自身平均跳距:

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

式中,  $(x_i, y_i)$  和  $(x_j, y_j)$  分别为锚节点  $i$  和锚节点  $j$  的坐标,  $h_{ij}$  是锚节点  $i$  和锚节点  $j$  间的最小跳数。所有锚节点按同理可获得自身平均跳距,并广播给网络中的未知节点,未知节点在接收到信息后,选择保留距其最近的锚节点自身跳距信息,再计算与锚节点之间的估计距离,未知节点  $i$  到锚节点  $j$  的距离公式为:

$$d_{ij} = Hopsize_i \times h_{ij} \quad (2)$$

其中,  $Hopsize_i$  为未知节点选定的距自己最近的锚节点的自身跳距。

冯友兵(1978—),男,博士,讲师,主要研究方向为无线传感器网络;马艳(1991—),女,硕士生,主要研究方向为无线传感器网络应用。

艳(1992—),女,主要研究方向为无线传感器网络节点定位;魏玉婷

(3)未知节点在获得3个或3个以上锚节点的距离后,利用三边测量法或极大似然估计法估算自身坐标值。

## 2 改进的DV-HOP算法

### 2.1 改进算法的思想

由上文分析可知,未知节点与锚节点之间的距离是影响定位精度的重要因素。因此,如何能够在降低成本的前提下更好地提高精度成了本文研究的出发点。

传统的DV-Hop算法计算节点间距离时,由于并未考虑网络中节点的具体分布情况,未知节点总是用同一平均跳距计算到所有锚节点的距离,这在一定程度上偏离了实际值。研究发现,对每个锚节点的自身平均跳距进行误差计算并对加以校正,可使结果更接近于实际的平均跳距。

为了降低成本,在原算法的基础上,通过少量预置锚节点的移动构造出多个虚拟锚节点,未知节点则根据每一次移动后的虚拟锚节点的位置信息计算自身坐标,最后通过求平均值来减小误差。

### 2.2 改进算法描述

在运算过程中,各节点跳数的计算方法与原算法相同,不同的是,锚节点的位置需预先固定设置,实现比较均匀的分布,同时要对网络中的平均跳距进行误差分析,得到最终校正值。

(1)网络部署:在 $m \times m$ 的监测区域中随机部署 $n$ 个传感器节点,并部署9个锚节点,其中A1、A2、A3、A4 4个锚节点部署在监测区域的4个边缘,而B1、B2、B3、B4 则对应部署在分别距离4个边缘 $1/4m$ 的任意位置,Q则确定性部署在 $(1/2m, 1/2m)$ 处。这样A1、A2、A3、A4在以监测区域边界构成的正方形1上,B1、B2、B3、B4在以 $(1/4m, 1/4m)$ 、 $(3/4m, 1/4m)$ 、 $(3/4m, 3/4m)$ 、 $(1/4m, 3/4m)$ 为顶点的正方形2上。其中A1、A2、A3、A4、B1、B2、B3、B4为移动锚节点,Q为静态锚节点。

(2)未知节点的跳距计算:用原算法计算出锚节点的平均跳距后,对所有锚节点进行平均跳距误差计算,得到一个误差值,并利用该值对原值进行更正,使得结果更加接近真实值。记 $d_{true}$ 为锚节点间的实际距离, $d_{estimated}$ 为锚节点间的估计距离,则有:

$$d_{true} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3)$$

$$d_{estimated} = hopsize \times hop_{ij} \quad (4)$$

记每个锚节点的平均跳距误差为:

$$error = \frac{\sum_{i \neq j} |d_{true} - d_{estimated}|}{hops_{ij}} \quad (5)$$

其中, $j$ 表示锚节点 $i$ 信息表中的其他所有锚节点; $hops_{ij}$ 表示节点 $i, j$ 间的最小跳数。

那么全网的平均跳距误差为:

$$avg\_error = \sum error / n \quad (6)$$

其中, $n$ 表示网络中锚节点的总数量。

则修正后的平均跳距为:

$$Nhopsize = hopsize + k \times avg\_error \quad (7)$$

其中, $k$ 由网络特性决定,且 $-1 < k < 1$ 。

在对平均跳距进行修正后,未知节点利用新的校正值作为自身跳距计算与锚节点之间的距离:

$$d = Nhopsize \times hop_i \quad (8)$$

(3)最小跳数值的获取:锚节点以洪泛方式向全网广播自身位置及初始跳数为0的信息,其他节点若第一次接收到该信息则保存下来,如果不是,则比较当前跳数 $h_a$ 与已存跳数 $h_b$ 的大小,若 $h_a < h_b$ ,则更新该跳数值,否则舍弃此信息。

(4)锚节点的移动:锚节点A1、A2、A3、A4分别沿着监测区域的边逆时针运动,锚节点B1、B2、B3、B4则分别沿着正方形2逆时针运动,这8个移动锚节点每移动 $\Delta d$ 距离即停止运动并向全网广播一轮自身位置信息。必须注意:每一轮的广播必须确保所有移动锚节点的位置与已广播轮次的移动锚节点位置不完全重叠,这样广播的位置信息才有意义。当所有锚节点广播自身位置次数达到3次或3次以上,则停止移动。

(5)未知节点的坐标计算:未知节点根据接收到的锚节点位置信息,在原DV-hop算法基础上,利用校正均值计算自身与锚节点间的距离,并通过最小二乘法求解自身坐标。最后对以上步骤中计算得到的至少3次估计坐标值取平均值,得到未知节点的最终坐标。

## 3 仿真与结果分析

### 3.1 仿真结果

为验证改进算法的可行性,实验采用MATLAB软件进行仿真,并在相同环境下对该算法与原DV-Hop算法进行对比分析。仿真参数如表1所列。

表1 仿真参数

参数	取值
网络规模	100 × 100
未知节点数	100
传统算法锚节点	15
改进算法锚节点	9
锚节点通信半径	30

图1和图2分别给出了在相同的网络环境下,两种方法的定位效果。从图中可以看出,改进算法实现的定位结果更接近于未知节点的实际位置。图3是两种算法的定位误差比较图,由图可知,尽管本文改进算法采用了更少的锚节点,但定位误差比传统算法平均降低约30%,同时,由定位误差曲线的走势可明显看出,改进算法具有较高的定位稳定性。

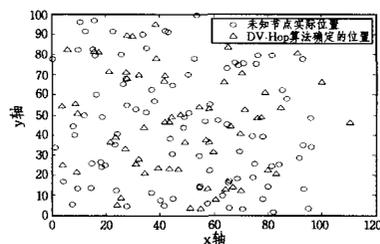


图1 传统DV-hop算法定位结果

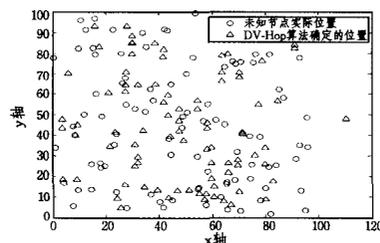


图2 改进算法定位结果

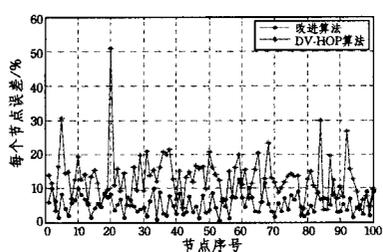


图3 定位误差比较

### 3.2 误差影响因素分析

通常情况下,网络连通度对 DV-hop 算法有比较大的影响,本文主要考虑节点密度和通信半径这两个直接关系到网络连通度的因素,在节点分布区域和网络环境不变的场景下,分别就不同的节点密度及通信半径进行分析。

图4给出了仅仅改变未知节点数量的定位误差。由图可以发现,节点密度对改进算法的影响远远小于对传统 DV-hop 算法的影响,且随着节点密度的增加,误差变化很小,显然改进算法具有更高的稳定性。

图5给出了在节点密度保持不变的情况下,两种算法在锚节点通信半径发生变化时定位误差的变化情况。由图可知,随着通信半径的增加,传统算法和本文改进算法的定位误差逐步减小,但当通信半径达到50以后,本文改进算法的定位精度不再提高。

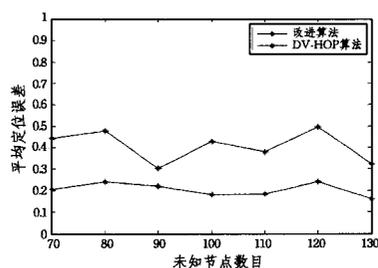


图4 不同节点密度下的定位误差

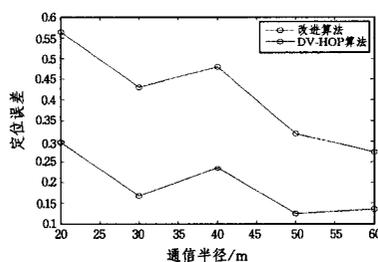


图5 不同通信半径下的定位误差

**结束语** 为改善 DV-Hop 算法的定位性能,提出了利用锚节点移动的方法实现对无线传感器网络节点的定位。该算

法具有以下特点:

(1)锚节点数量少。利用移动锚节点的移动实现多个静态锚节点的作用。

(2)定位算法简单。在传统 DV-Hop 算法的基础上进行改进,算法复杂度低。

(3)定位精度高。通过对平均跳距的修正,提高了精度。

算法仅仅考虑了锚节点指定移动轨迹的情况,如何优化锚节点移动轨迹以进一步提高定位精度还有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] Wang Li-xia, Zhang Pai, Wei Li. A New Dv-hop Algorithm in Wireless Sensor Network [C]//International Symposium on Instrumentation and Measurement, Sensor Network and Automation. 2013;194-197
- [2] Fu Cai-xin, Qian Zhi-hong, Ji Guang, et al. An Improved DV-Hop Localization Algorithm in Wireless Sensor Network[C]// International Conference on Information Technology and Applications. 2013;13-16
- [3] 谭志,张卉. 基于节点间覆盖关系的改进 DV-hop 算法[J]. 北京邮电大学学报,2014,37(1):35-38
- [4] 李娟,刘禹,钱志鸿,等. 基于双通信半径的传感器网络 DV-Hop 定位算法[J]. 吉林大学学报(工学版),2014,44(2):502-506
- [5] Wang Xue-guang, Lin Jie-ke. Research and Improvement of DV-Hop Localization Algorithm For Wireless Sensor Network[J]. Applied Mechanics and Materials,2011(44-47):4028-4032
- [6] Cheng Bo-yu, Yu Lei, Tan Jun, et al. DV-Hop Localization Algorithm in WSN Based on Weighted of Correction in Hop Distance [J]. Applied Mechanics and Materials,2013(303-306):143-148
- [7] Li Sheng-pu, Wang Xiao-hui. The Research on Wireless Sensor Network Node Positioning based on DV-Hop Algorithm and Cuckoo Searching Algorithm [C]// International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer. 2013; 620-623
- [8] Shrawan K D K, Lobiyal. An Advanced DV-Hop Localization Algorithm for Wireless Sensor Networks [J]. Wireless Pers Commun,2013(71):1365-1385
- [9] Tomic S, Mezei I. Improved DV-Hop Localization Algorithm for Wireless Sensor Networks [C]//2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics. 2012;389-394
- [10] Hu Yu, Li Xue-mei. An improvement of DV-Hop localization algorithm for wireless sensor networks [J]. Telecommun Syst, 2013(53):13-18

(上接第246页)

- [7] 师海忠,王国亮,马继勇,等. 完全对换网络的一簇猜想[J]. 计算机科学,2012,39(6A):404-407
- [8] 师海忠,侯菲菲,马继勇,等. 关于轮网络的一簇猜想[J]. 数学的实践与认识,2013,43(10):139-144
- [9] 路建波,师海忠. Star 网络  $S_5$  的 Hamilton 圈分解[J]. 数学的实践与认识,2010,40(31):193-197
- [10] 路建波,师海忠,牛攀峰. Star 网络  $S_6$  的 Hamilton 圈分解[J]. 工程数学学报,2011,28(4):565-568
- [11] Hussak W, Schroder H. A Hamiltonian decomposition of 5-star

[J]. International Journal of Computer and Information Engineering,2010,4(1):39-43

- [12] Cada R, Kaiser T, Rosenfeld M, et al. Disjoint Hamilton cycles in the star graph [J]. Information Processing Letters, 2009, 110 (1):30-35
- [13] Bondy J A, Murty U S R. Graph Theory[M]. Springer, 2008
- [14] Huang R-W. The property of edge-disjoint Hamiltonian cycles in transposition networks and hypercube-like networks [J]. Discrete Applied Mathematics, 2015, 118(1):109-122