

# 基于布谷鸟算法的 WSN 节点定位研究

王小辉,李圣普,吕海莲

(平顶山学院 计算机科学与技术学院,河南 平顶山 467002)

**摘要:**传感器节点定位技术是无线传感器网络(WSN)的核心技术之一。文中针对 DV-Hop 传感器定位算法在定位过程中产生累积误差的问题,首先提出改进的 DV-Hop 算法修正 DV-Hop 算法中的平均跳距,然后应用 Cuckoo(布谷鸟)搜索算法进一步减少传感器节点定位的误差,最后采用仿真实验对其性能进行测试。仿真实验结果表明,文中所提出的混合算法,与纯 DV-Hop 算法相比,不但使用更少锚节点节省硬件成本,而且定位精度较高。混合算法能够达到理想的定位精度与效果,具有较高的实用价值。

**关键词:**传感器节点定位;DV-Hop 算法;Cuckoo 搜索算法;累积误差

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)12-0208-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.12.049

## Research on WSN Node Positioning Based on Cuckoo Searching Algorithm

WANG Xiao-hui, LI Sheng-pu, LÜ Hai-lian

(School of Computer Science and Technology, Pingdingshan University,  
Pingdingshan 467002, China)

**Abstract:** The sensor node positioning is the supportive technology in Wireless Sensor Network (WSN). DV-Hop algorithm has the accumulative errors during the sensor positioning procedure. In view of this problem, first an improved DV-Hop algorithm is presented to correct the distance of the average hop in DV-Hop algorithm, then introduce Cuckoo searching algorithm to optimize the sensor node positioning errors, and finally apply simulation experiment to test the performance. The simulation experimental results illustrate that the proposed algorithm not only uses the less anchor nodes to save the hardware cost, but also increases the sensor positioning precisions compared with DV-Hop algorithm. The proposed algorithm can obtain ideal positioning accuracy and effect with high practical value.

**Key words:** sensor node positioning; DV-Hop algorithm; Cuckoo searching algorithm; accumulative error

## 0 引言

无线传感器网络(WSN)由大量的具有感知、计算和通信能力的微型传感器组成。但传感器的能量是有限的。在无线传感器网络应用中,没有位置节点信息的监测数据是无任何意义的。因此,节点定位是当前无线传感器网络研究的重点和热点<sup>[1]</sup>。

DV-Hop 算法具有定位精度高、步骤简单等优点。在 DV-Hop 算法的实际应用中,首先要计算出每一个锚节点和未知节点(普通节点)到所有锚节点的距离;然后通过最小二乘法计算出未知节点的位置<sup>[2-4]</sup>。因为多跳的累积误差都在增加,所以在定位过程中会产生累积误差的问题。

布谷鸟搜索(Cuckoo Searching)算法是全局搜索性能较优的一种元启发式算法,智能搜索优化算法,不仅结合鸟和苍蝇的 Levy 飞行模式,并增加了组间的信息通信,而且还具有收敛速度快、参数少、易于实现的优点<sup>[5]</sup>。

针对 DV-Hop 算法产生累积误差的缺点,文中提出一种 DV-Hop 算法和布谷鸟搜索算法相结合的无线传感器网络定位算法。

首先,分析 DV-Hop 算法的原理<sup>[6]</sup>;然后,计算需要定位的传感器节点的位置;最后,Cuckoo Searching 算法用来修正误差,可提高算法定位的精度。仿真实验结果验证了该算法的有效性。

收稿日期:2014-02-17

修回日期:2014-05-20

网络出版时间:2014-10-23

基金项目:河南省重点科技攻关项目(132102210443);平顶山市科技创新人才计划项目;平顶山学院青年科研基金资助项目(20120016)

作者简介:王小辉(1980-),女,河南滑县人,硕士,讲师,研究方向为人工智能及应用;吕海莲,硕士,教授,研究方向为人工智能及应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141023.1102.030.html>

## 1 DV-Hop 算法及在传感器定位中的应用

### 1.1 DV-Hop 算法

无线传感器网络节点定位方法根据是否需要距离和角度信息,可分为测距和非测距两类。

定位算法需要部署在传感器节点网络中,该网络中,既有已知位置信息的已知节点,也有未知位置信息的未知节点。该算法分为两个阶段:估计未知节点到已知节点的距离和计算出未知节点的位置。在任意分布节点的传感器网络中,通过估计相邻节点之间的距离或数量,以及网络内部节点相互测距和信息交流确定节点位置。基于测距节点定位算法主要包括基于接收信号强度指示(RSSI)、到达时间(TOA)、到达角度(AOA)和到达时间差(TDOA)等多种测量相邻节点距离的算法<sup>[7-8]</sup>。基于测距的定位算法定位精度高,但需要额外的硬件支持,所以成本和功耗大,它们不适合大规模传感器网络。

非测距算法可以通过了解网络的连接特性信息而无硬件支持就能找到传感器的位置。它们的优点在于成本和功耗小<sup>[9]</sup>,适合大规模的无线传感器网络应用。主要算法有质心定位算法、Amorphous 定位算法和 DV-Hop 算法等。DV-Hop 算法<sup>[10-11]</sup>,不仅具有步骤简单、定位精度高等优点,而且不需要太多的参考节点,是最成功的非测距定位算法。DV-Hop 算法在实际应用中,首先要计算出每一个锚节点和未知节点(普通节点)到所有锚节点的距离;然后通过最小二乘法计算出未知节点的位置。因为多跳的累积误差都在增加,定位精度将受到不利影响。因此,最小二乘法可修正定位误差,以提高定位精度。

### 1.2 DV-Hop 算法在传感器定位中的应用

DV-Hop 算法在传感器定位中的应用步骤如下:

(1) 锚节点给邻居节点广播数据包。需要定位的传感器节点可以取得每个锚节点的最小跳数,则要定位的传感器节点都有一个表  $\{ID, x_i, y_i, hops_i\}$ 。其中, ID 代表每个锚节点标识符;  $(x_i, y_i)$  表示每个锚节点的位置;  $hops_i$  表示要定位的传感器节点和锚节点之间的最小跳数。

(2) 可以根据方程(1)估计锚节点平均跳距:

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

式中,  $(x_i, y_i)$ ,  $(x_j, y_j)$  分别表示锚节点  $i, j$  的坐标;  $hops_{ij}$  表示锚节点  $i, j$  间的最小跳数。

(3) 锚节点和传感器节点之间的距离,可根据以下公式计算。

$$d_i = C_i \times hops \quad (2)$$

在 DV-Hop 算法中,计算锚节点和传感器节点之

间的距离时,通常需要用传感器节点的跳距取代直线距离。

在图 1 中,实线表示节点之间可以直接通信,虚线指节点都依赖于协助通信。方程(1)可以计算出节点 A 和 C 的平均每跳距,然后节点 A 和 B 之间的距离可以被计算出来。

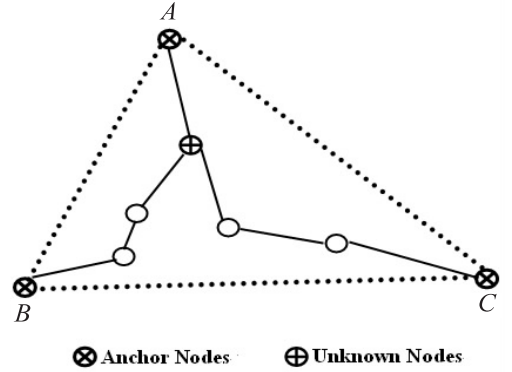


图 1 DV-Hop 算法定位方案

为了解决 DV-Hop 算法的缺点,一些研究人员提出,平均每跳距离(CC)更换锚节点  $i$  的平均每跳距离  $C_i$ ,然后对计算出的 DV-Hop 结果的偏差进行分析,以获得 WSN 中平均跳距的误差。计算出的平均跳距和实际平均跳距之间的偏差可以通过以下公式计算。

$$CC = \frac{\sum C_i}{n} \quad (3)$$

$$\delta = \frac{\sum_{i \neq j} |d_{true_{ij}} - d_{estimated_{ij}}|}{\sum_{i \neq j} hops_{ij}} \quad (4)$$

其中,  $|d_{true_{ij}} - d_{estimated_{ij}}|$  是任意两个锚节点的实际距离和计算距离之间差异的绝对值。锚节点  $i$  和  $j$  之间的实际距离和计算距离可以通过式(5)和式(6)分别获得:

$$d_{true_{ij}} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (5)$$

$$d_{estimated_{ij}} = CC \times hops_{ij} \quad (6)$$

因此,DV-Hop 定位算法可总结如下<sup>[12-13]</sup>:

a. 从所有的节点到每个锚节点的最小跳数被记录下来。

b. 计算和校正网络中每个锚节点的平均跳距。

c. 可以根据公式(3)和公式(4)计算 CC 和  $\delta$ 。需要定位的传感器节点会接受修正值,并把它添加到数据库中。

d. 平均跳距可以计算为:

$$HopSize_{new} = CC \times k\delta \quad (7)$$

式中,  $k$  是变量,由网络环境决定。

e. 未知节点到锚节点的距离可根据二者间的最小跳数和平均跳距计算出来。

$$d_i = HopSize_{new} \times hops \quad (8)$$

计算出未知节点到锚节点的距离后,使用最小二乘原理,算出未知节点的位置。

设位置传感器节点坐标是 $(x, y)$ ,第 $i$ 个锚节点坐标是 $(x_i, y_i)$ ,未知节点和锚节点之间的距离是 $d_i$ 。

根据上面已知的数据,系统方程(9)可以确定。

$$\begin{cases} d_1^2 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 \\ d_2^2 = (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 \\ \vdots \\ d_n^2 = (x_n - x)^2 + (y_n - y)^2 \end{cases} \quad (9)$$

通过求解 $(x, y)$ ,可以得到下面的公式。

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 - d_i^2} \quad (10)$$

一般来说,传感器节点的定位问题可以转移到多个约束的问题。如果方程(10)是非线性优化问题,传统的数学方法无法精确解决,布谷鸟搜索算法可用于解方程(10)。

## 2 布谷鸟搜索算法修正传感器节点定位误差

### 2.1 布谷鸟搜索算法

布谷鸟搜索(CS)是一种群体智能优化算法,2009年由剑桥大学的 Yang Xinshe 和 C. V. Raman 工程学院的 Suash Deb 提出,是受布谷鸟寄生繁殖战略和特殊 Levy 飞行模式启发。为了模拟布谷鸟鸟巢搜索行为,CS 有三个规则,详情如下<sup>[14-15]</sup>:

(1)布谷鸟一次一个蛋,它代表了一个问题的解决方案。鸡蛋是随机放置在一个巢孵化。

(2)巢的某些部分有高品质的鸡蛋,这意味着有最优解,这些巢将为下一代保留。

(3)可用巢的数量是固定的。蛋被巢的主人发现的概率是 $P_a \in (0, 1)$ 。一旦某些巢被发现时,为了不影响搜索最优解,巢的主人将丢弃蛋或这个巢而去搜索新巢。

基于这三个规则,假设 $x_i^{(t)}$ 表示在第 $t$ 代的第 $i$ 个巢位置。 $L(\lambda)$ 代表随机搜索路径,则布谷鸟算法进行路径和位置更新的公式如下:

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + \partial \oplus L(\lambda), i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

位置更新后,在 $[0, 1]$ 之间随机生成的。如果 $r > P_a \cdot x_i^{(t+1)}$ 将随机改变,否则,保持不变。选出测试值最好的鸟巢位置 $pb_i^*$ ;最终计算 $f(pb_i^*)$ 达到迭代终止条件与否,若达到,则结束得到最优解,否则留到下一代进行迭代搜索。

### 2.2 布谷鸟搜索算法修正传感器节点定位结果的过程

(1) $N$ 个巢是随机生成的,巢位置对应传感器的

坐标。

(2)定位误差对应于可以通过计算每组巢位置的定位去找当前使用的最佳巢穴的更小误差。

(3)那些最小误差的巢穴,将作为最佳巢穴保留下来。

(4)其他巢为了获得一组新巢位置进行更新,计算定位误差。

(5)根据定位误差,新的巢位置与上一代的巢位置进行对比。为取得最佳位置 $(k_i)$ ,更好的位置将代替上一代较坏的位置。

(6)产生的随机数 $r$ 和 $P_a$ 进行比较。具有更小发现几率的巢 $k_i$ 被保留,具有较大发现概率的巢被随机改变。计算新巢的定位误差并与 $A$ 进行比较,用较少定位误差的巢位置更换掉更大误差的,都是最优的定位数据。

(7)最优的巢位置,可以通过判断是否满足 WSN 节点定位精度需求的最小精度。如果要求得到满足,搜索结束并输出全局最优解。否则,返回步骤(4)保持搜索最优解。

(8)最后传感器节点的坐标可由最优巢位置进行确定。

## 3 仿真实验

### 3.1 仿真环境

为了验证 DV-Hop 算法和布谷鸟算法的定位性能,采用 Matlab2012 工具箱在 Windows XP 操作系统上进行模拟实验,将多个无线传感器,随机分布在 $200 \text{ m} \times 200 \text{ m}$ 的矩形区域。DV-Hop 算法用作比较算法,5次实验的平均定位结果作为最终的结果。

### 3.2 定位精度与锚节点数目之间的关系

当锚节点数目变化时,混合算法和单一 DV-Hop 算法定位精度的变化如图 2 所示。在图 2 中,开始时,锚节点数目非常少,混合算法的平均定位误差和单一 DV-Hop 算法都相当高,定位精度低。随着锚节点数目的增加,平均定位误差都在减少,混合算法误差的减少大于单一 DV-Hop 算法的误差减少程度。

这个实验表明混合算法的定位性能优于纯 DV-Hop 算法。当定位精度相同时,混合算法需要更少锚节点,从而可以减少无线传感器网络的成本,但增加了传感器的定位精度。结果证明布谷鸟算法的误差修正有效和可行的。

### 3.3 节点的定位精度和节点数目之间的关系

在不同量的传感器节点数目改变的情况下,混合算法和单一 DV-Hop 算法定位精度的变化如图 3 所示。在图 3 中,与 DV-Hop 算法相比,混合算法的平均定位精度相对较高。混合算法可以有效地降低节点的

定位误差,因为布谷鸟搜索算法可以修正 DV-Hop 算法中的定位误差,减少传感器定位过程中累积误差的有害影响,进一步提高纯 DV-Hop 算法的定位精度。

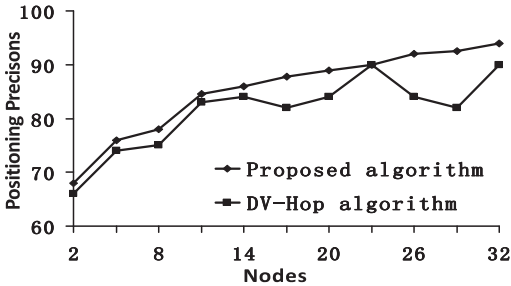


图 2 定位精度与锚节点数目间的关系

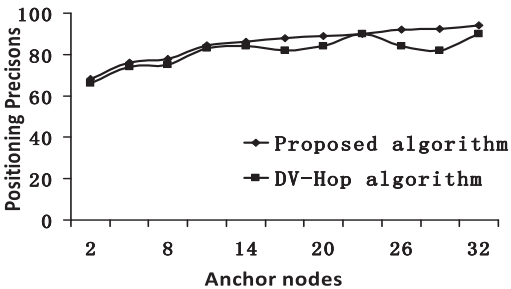


图 3 定位精度和节点数目之间的关系

4 结束语

传感器节点定位技术是 WSN 的核心技术之一。首先,文中分析了 DV-Hop 算法的缺点并修正了 DV-Hop 算法的平均跳距;接着进一步介绍布谷鸟搜索算法减小传感器定位误差。仿真实验结果表明文中所提出的混合算法,与纯 DV-Hop 算法相比,不但使用更少锚节点节省了硬件成本,而且定位精度较高。混合算法能够达到理想的定位精度与效果,具有较高的实用价值。

参考文献:

[1] 孙泽宇,魏巍.一种改进无线传感器网络定位算法的研究[J]. 装甲兵工程学院学报,2010,24(6):17-21.

[2] 孙万国,王学智,杜峰,等.美陆军数字化部队装备保障特点及其启示[J]. 装甲兵工程学院学报,2010,24(6):17-21.

[3] Pam351-13:system approach to training-analysis[R]. Virginia:Training and Doctrine Command,1992.

[4] 刘军,郭齐胜,赵东波,等.基于体系结构技术的武器装备需求分析方法研究[J]. 装备指挥技术学院学报,2009,20(4):1-4.

[5] 赵定海,多久廷,安理,等.美军需求生成工作的工程化研究[J]. 装甲兵工程学院学报,2010,24(6):22-26.

[6] 温志毅.工作绩效的四因素结构模型[J]. 首都师范大学学报:社会科学版,2005(5):105-111.

究[J]. 计算机仿真,2010,27(9):125-127.

[2] 王书聪.无线传感器网络分布式定位算法研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(11):62-65.

[3] Yan Xiaoyong, Qian Huanyan. Multivariate regression for location estimation in wireless sensor network[J]. JCIT, 2012, 7(21):278-286.

[4] 郑君刚,吴成东,楚好,等.基于 DV-Hop 和距离几何约束的定位算法[J]. 东北大学学报(自然科学版),2011,32(4):457-459.

[5] Lu Wenyuan, Wang Enshuang, Chen Zijun, et al. An improved DV-Hop localization algorithm based on the selection of beacon nodes[J]. JCIT, 2010, 5(9):157-164.

[6] 顾亦然,蒋璐璐.一种改进无线传感器网络的 DV-Hop 定位算法[J]. 计算机技术与发展,2012,22(10):109-112.

[7] Li Yuanyuan. Improved DV-HOP location algorithm based on local estimating and dynamic correction in location for wireless sensor networks[J]. JDCTA, 2011, 5(8):196-202.

[8] 黄春华,沈军.基于补偿系数的 DV-Hop 定位的改进算法[J]. 计算机技术与发展,2011,21(6):81-84.

[9] 吴昊,周健勇.整数规划的布谷鸟算法[J]. 数学理论与应用,2013,33(3):99-106.

[10] 王凡. Cuckoo Search 算法的理论研究与应用[D]. 西安:西安工程大学,2011.

[11] Zheng Hongqing, Luo Qifang, Zhou Yongquan. A novel hybrid Cuckoo search algorithm based on simplex operator[J]. JDC-TA, 2012, 6(13):45-52.

[12] Zheng Hongqing, Zhou Yongquan, He Sucai, et al. A discrete Cuckoo search algorithm for solving knapsack problems[J]. AISS, 2012, 4(18):331-339.

[13] 王凡,贺兴时,王燕.基于高斯扰动的布谷鸟搜索算法[J]. 西安工程大学学报,2011,25(4):566-569.

[14] 郑洪清,周永权.一种自适应步长布谷鸟搜索算法[J]. 计算机工程与应用,2013,49(10):68-71.

[15] Nan Jiang, Xiao Xiang, Chen Huan. An iterative boundary node localization algorithm based on DV-hop scheme in WSN[J]. JCIT, 2011, 6(7):87-93.

(上接第 207 页)

[12] Seligman M E P. The president saddress[J]. American Psychologist, 1999, 54:5-14.

[13] Seligman M E P, Csikszentmihalyi M. Positive psychology: an introduction[J]. American Psychologist, 2000, 55(1):5-14.

[14] Gable S L, Haidt J. What (and why) is positive psychology? [J]. Review of General Psychology, 2005, 9(2):103-110.

[15] Luthans F. The need for and meaning of positive organizational behavior[J]. Journal of Organizational Behavior, 2002, 23(6):695-706.

[16] Luthans F. Positive organizational behavior: developing and managing psychological strengths[J]. Academy of Management Exertive, 2002, 16(1):57-72.

基于布谷鸟算法的WSN节点定位研究

作者：[王小辉](#)，[李圣普](#)，[吕海莲](#)，[WANG Xiao-hui](#)，[LI Sheng-pu](#)，[Lü Hai-lian](#)

作者单位：[平顶山学院 计算机科学与技术学院, 河南 平顶山, 467002](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2014(12)

引用本文格式：[王小辉](#). [李圣普](#). [吕海莲](#). [WANG Xiao-hui](#). [LI Sheng-pu](#). [Lü Hai-lian](#) [基于布谷鸟算法的WSN节点定位研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(12)