

改进的 DV-Hop 无线传感网络节点定位算法

张丽虹

(淮海工学院 计算机工程学院, 江苏 连云港 222005)

摘 要: 针对传感器部署密度大、分布不均匀, DV-Hop 定位算法误差大等问题, 提出了一种改进 DV-Hop 的无线传感器节点定位算法. 首先采用 DV-Hop 算法对未知传感器节点位置进行计算, 然后在采用遗传算法对 DV-Hop 定位的误差进行修正. 仿真结果表明, 改进 DV-Hop 算法提高了节点的定位精度, 降低定位的误差, 更能真实地反映传感器网络节点的实际分布情况.

关键词: 无线传感器网络; 节点定位; 遗传算法; 锚节点

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)09-0171-04

Wireless Sensor Network Localization Based on Improved DVHop Algorithms

ZHANG Li-hong

(Computer Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China)

Abstract: The sensor deployment has density, uneven distribution, DV-Hop algorithm error is high, this paper proposes a improved DV-Hop positioning algorithm for wireless sensor network. Firstly, DV-Hop algorithm is used to localize the unknown sensor node position, and then the genetic algorithm is used to correct the DV-Hop positioning error. The experiment results show that the proposed algorithm improves the positioning precision, it can reflect the actual distribution of sensor network node.

Key words: wireless sensor network; node localization; genetic algorithm; anchor node.

1 引言

无线传感器可以感知、监测和采集网络分布区域中的对象信息, 在环境监测、军事、农业和医疗等领域应用广泛. 无线网络的传感器节点信息采集过程, 不含有位置的信息没有实际应用价值, 因此节点定位成为传感器网络应用过程中一个重要研究课题^[1].

采用全球定位系统(GPS)定位系统可以对传感器节点进行精确定位, 但价格太昂贵, 无法广泛应用于传感器节点定位^[2]. 点定位算法主要分为距离无关和与距离有关位两种^[3]. 距离定位算法的主要测距技术有 RSSI, TOA, DOA, 节点定位计算方法包

括: 三边定位算法、三角测量法和最小二乘估计定位算法等, 但是该算法对硬件设备要求比较高, 且受到环境影响比较大, 在实际应用中定位精度不高^[4-6]. 基于距离无关的传感器定位技术有 APIT 定位算法、DV-Hop 算法和质心定位算法, 功耗小, 但定位精度较低^[7]. 为此, 许多学者提出一些改进的无线传感器节点定位算法, 有效提高了定位的精度, 但仍然与实际需求还有一定的差距^[8].

为提高传感器节点定位的精度, 提出一种改进的 DV-Hop 无线传感网络节点定位算法. 仿真结果表明, 改进 DV-hop 算法有效提高了传感器节点的定位精度, 降低了平均定位误差, 是一种高精度、节能的节点定位算法.

2 无线传感网络节点定位概述

由于传感器的计算能力、通信能力和能量有限,因此在监测区域布置了大量的节点,节点随机、非均匀分布,这增加了传感器节点定位的难度,如果全部采用 GPS 定位每一个传感器节点,价格昂贵、成本高,不适合大规模应用;而采用人工定位方式耗时长、效率低,同样不适合大规模应用,因此目前主要采用传感器节点自身定位技术^[9]. 在无线传感器网络中,根据是否已知自身位置分为锚节点(信标节点)和未知节点. 锚节点数量很少,其位置已经确定,大部分是未知节点,未知节点只有通过利用周围或邻近锚节点的位置,采用一定算法得到自身位置信息. 具体如图 1 所示.

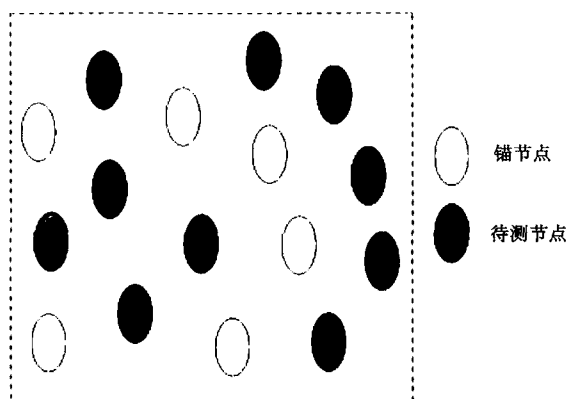


图 1 传感器网络中节点分布

3 DV-Hop 算法

3.1 DV-Hop 算法描述

DV-Hop 无线传感器节点定位算法是 Dragos Niculescu 等人提出的一种无线传感器节点自身定位算法,其基本原理为:首先采用 GPS 确定少数节点(锚节点)的位置,然后通过位置信息和跳数进行节点位置确定^[10]. DV-Hop 算法的节点定位过程具体为如下:

(1) 距离矢量交换

锚节点向邻居节点广播数据包,未知节点获得各锚节点的最小跳数,这样每一个未知节点均包含一个表 $\{x_i, y_i, n_i\}$, 其中 $\{x_i, y_i\}$ 表示锚节点的位置, n_i 表示该未知节点到锚节点 i 的最小跳数. 由于每一个节点可能收到同一个锚节点的多个信息,那么此时该点忽略其它数据包,只保留最小跳数值的数数据包,最后,全部无线传感器节点收集到各个锚节点的位置信息和最小跳数. 具体传播过程如图 2 所示.

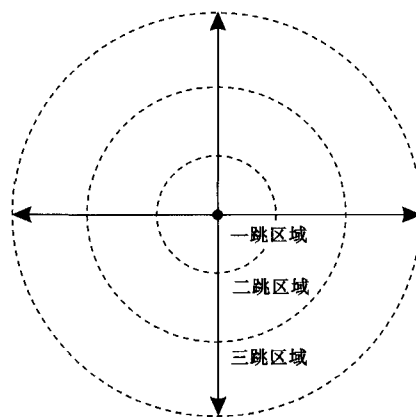


图 2 传感器跳数传播示意图

(2) 校正值的计算与广播

传感器网络中的每个锚节点获得其它器节点的位置信息和相隔跳数后,就可以通过利用式(1)对平均每跳的距离进行估计,然后将其作为一个校正值广播至网络中.

$$c_i = \frac{\sum_{j \neq i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\sum h_i} \quad (1)$$

式中, h_j 表示本锚节点到其它锚节点之间的跳数, (x_j, y_j) 表示其它锚节点的坐标.

(3) 计算传感器节点的位置

当未知节点获得三个以上锚传感器节点的距离后,可以用三边测量法对传感器节点位置进行确定. 设待定位传感器节点 u 的坐标为 (x, y) , 以及到 n 个锚节点的估计距离, 设第 i 个锚节点的坐标为 (x_i, y_i) , 未知传感器点 u 到锚节点 i 的距离为 d_i , 根据上述已知数据, 可以建立式(2)的系统方程.

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

将式(2)转换成

$$A = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_n) & 2(y_1 - y_n) \\ \vdots & \vdots \\ 2(x_1 - x_n) & 2(y_1 - y_n) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$b = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_n^2 + y_1^2 - y_n^2 + d_n^2 - d_1^2 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 - x_n^2 + y_{n-1}^2 - y_n^2 + d_n^2 - d_{n-1}^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$x = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (5)$$

采用最小二乘法解可以得:

$$X = (A^T A)^{-1} A^T b \quad (6)$$

DV-Hop 算法无需测量距离,只需要较少的锚节点,对节点的硬件要求较低,采用逐跳传输信息的方式,获得通信范围以外的锚节点的信息,从而提高未知节点的定位精度,成为应用最广泛的传感器定位算法。

3.2 DV-Hop 算法存在的问题

传感器节点是随机部署的,分布是不均匀,而通过距离矢量交换协议估计得到的跳数为整个传感器网络的平均跳距,因此得到的节点间距离与实际距离误差较大。在图 3 中,A~C 表示锚节点,AB 段的节点分布较密集,有多种跳段路径可选择,然而 BC 段节点较稀疏,选择较少,导致 BC 间平均跳距比 AB 跳距估计值误差要大。

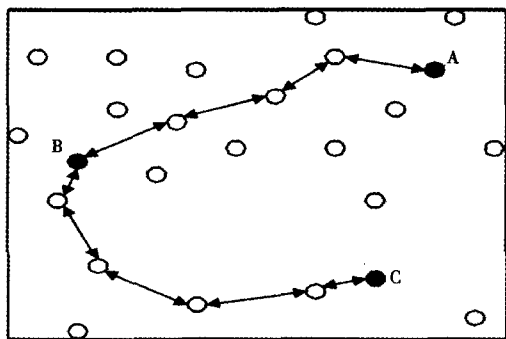


图 3 传感器节点分布不均匀产生的误差

根据以上分析可知,通常情况下,传感器节点随机分布,极不均,导致锚节点估计结果不准确,误差不断累计,难以准确反映传感器网络的真实分布状况,尤其对于某些地形复杂的区域,网络中会出现一些不良节点,定位的误差更大。

4 改进 DV-Hop 算法的传感器节点定位

针对 DV-Hop 算法定位误差较大的缺点,学者们提出了许多改进的算法,但均不理想,难以有效提高传感器节点的定位精度。本文在不增加节点硬件开销的基础上,采用自适应遗传算法对节点的定位累计误差进行修正,提高 DV-Hop 算法对传感器节点的定位精度。

4.1 遗传算法对 DV-Hop 算法优化

(1) 初始化种群。设传感器网络中有 m 个未知节点,它们的坐标可以采用 $(x_1, y_1), \dots, (x_j, y_j), j=1, 2, \dots, k$ 表示,其中有 n 个锚节点,采用 $(a_1, b_1), \dots, (a_j, b_j), j=1, 2, \dots, n$, 那么每一个节点可以与 3 个锚节点进行通信,这样随机产生 q 个初始种群。

(2) 个体适应度函数设置。用于遗传算法对

DV-Hop 定位算法优化目标就是提高传感器节点定位精度,因此采用下式作为适应度函数:

$$f(x_j, y_j) = \min \left(\sum_{i=1}^k \sqrt{(x_j - a_i)^2 + (y_j - b_i)^2} - d_i^2 \right) \quad (7)$$

其中, (a_i, b_i) 表示第 i 个锚节点, (x_j, y_j) 表示第 j 个未知传感器节点。从式(7)可知,适应值最优的个体即是未知节点的最优估计位置。

(3) 遗传操作。选择算子采用基本轮盘赌方式,交叉和变异算子采用自适应方式,在种群的进化前期,交叉和变异概率相应较大,到了进化后期,交叉和变异概率逐步减小,这样可以加快种群进行速度,提高最优解的搜索速度,同时可以防止局部最优解的出现。

(4) 算法结束条件。当进化代数达到最大代数或群体的解达到最优时,算法结束。

4.2 遗传算法优化 DV-Hop 节点定位流程

遗传算法优化 DV-Hop 节点定位算法的基本工作流程如图 4 所示。

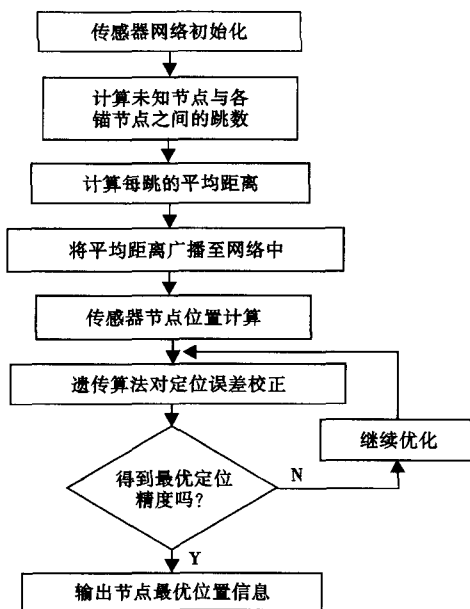


图 4 改进 DV-HOP 算法的节点定位流程

5 仿真实验

5.1 仿真场景

为了对本文提出的传感器节点定位算法有效性进行检验,采用 MATLAB 7.0 语言实现仿真测试实验,并采用传统 DV-Hop 算法作为对比算法。随机产生未知节点和锚节点的坐标,感知区域大小为 $100\text{m} \times 100\text{m}$,具体如图 5 所示。算法优劣评价标准为平均定位误差为,每一种算法均进行 10 次仿真实

验,取仿真结果平均值作为传统 DV-Hop 算法和改进 DV-Hop 算法最终定位精度。

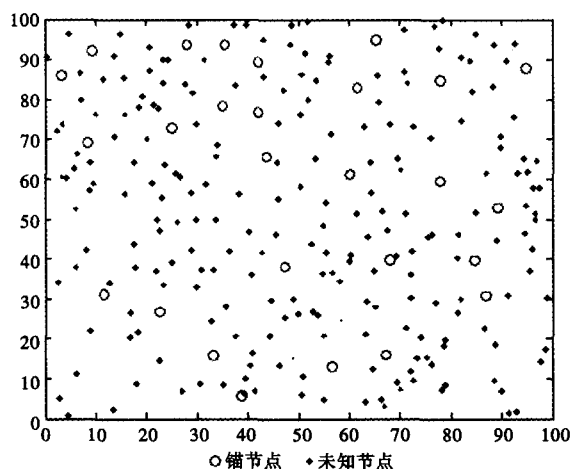


图5 传感器节点分布图

5.2 平均定位误差与锚节点数关系

传统 DV-Hop 算法和改进 DV-Hop 算法的平均定位误差随锚节点比例变化曲线如图 6 所示。随着锚节点所占比例不断增加,定位误差均呈下降趋势,但改进 DV-Hop 算法平均定位误差降低约 10% 左右,比传统 DV-Hop 算法定位误差下降的快。对比结果表明,采用遗传算法对 DV-Hop 算法的节点定位误差进行修正,提高了传感器节点定位的精度,同时说明采用改进 DV-Hop 算法需要的锚节点数更少,有效降了数据采集成本。

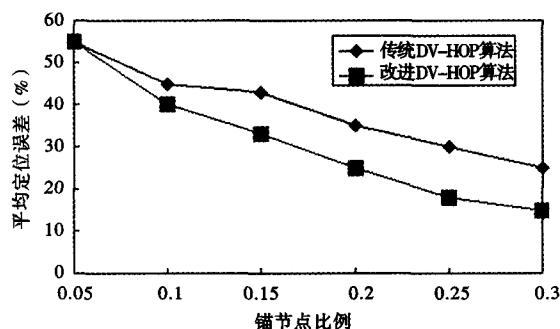


图6 平均定位误差随锚节点比例变化曲线

5.3 平均定位精度与节点数关系

在锚节点一定程度下,当总节点数增加时,传统 DV-Hop 算法和改进 DV-Hop 算法的平均定位精度变化曲线如图 7 所示。对比结果可知,随着总节点数增加,平均定位精度均有所提高,改进 DV-Hop 定位算法的精度提高幅度更大,再一次表明,采用遗传算法对 DV-Hop 定位算法进行改进是有效的、可行的,应用的范围更广。

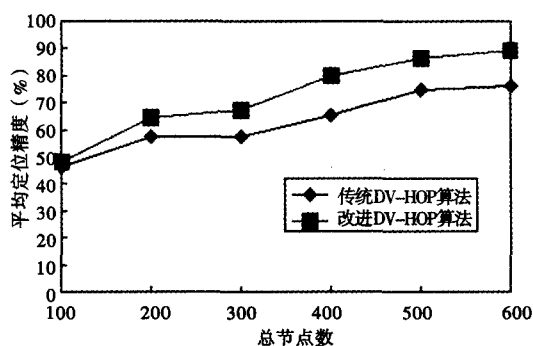


图7 平均定位误差随总节点数的变化曲线

5.4 通信和计算开销比较

两种传感器节点定位算法的通信和计算开销如表 1 所示。从比较结果可知,改进 DV-Hop 算法的计算开销略有增加,但是通信不变,说明经过较小的计算开销却换来了点定位精度的大幅度提高,改进 DV-Hop 算法更能真实地反映网络的实际分布情况,是一种有效、高精度的传感器网络节点定位方法。其中 AN 表示数据包数, kF 表示 k 个乘法运算。

表1 两种算法的通信和计算开销比较

算法	通信开销	计算开销
传统 DV-Hop 算法	.2 AN	20 kF
改进 DV-Hop 算法	2 AN	24 kF

6 结束语

传感器节点定位的准确性关系到采集信息的有效性,针对传统 DV-Hop 算法缺陷,本文提出一种改进 DV-Hop 传感器节点定位算法,通过引入遗传算法对 DV-Hop 的定位误差进行校正。仿真对比实验结果表明,在不增加传硬件开销的基础,改进 DV-Hop 传感器节点定位算法有效提高了节点定位精度,降低网络成本,更适合于能量受限的无线传感器网络。

参考文献:

- [1] 李建中,高宏.无线传感器网络的研究进展[J].计算机研究与发展,2008,45(1):1-15.
- [2] 王福豹,史龙,任丰原.无线传感器网络中的自身定位系统和算法[J].软件学报,2005,16(1):857-868.
- [3] 周正.无线传感器网络的节点自定位技术[J].中兴通信技术,2005,11(4):51-56.
- [4] 黄成,戴蓉.无线传感器网络路径寻优的仿真研究[J].计算机仿真,2011(09):136-139.

(下转第 178 页)

算. 在计算 s 使得 $s^2 = t - xr \bmod n$ 时, 如果 $t - xr$ 不是二次剩余, 重新选择 $t_1 = t - 2$, 计算 $r_1 = m' g^{-(t-2)} = rg^2 \pmod{p}$, 判断 $t_1 - xr_1$ 是否为二次剩余, 若还不是则选择 $t_2 = t_1 - 2$ 等, 这里不需再进行模 p 幂乘运算. 由于 Z_n 中模 n 有 $(p_1 - 1)(q_1 - 1)/4$ 个二次剩余, 因此, 平均来说计算签名只需要 1 次模 p 的幂乘运算. 验证时, 计算:

$$m' = g^s r y^r \pmod{p}$$

这里需要 2 次幂乘运算.

与其他基于双难题的签名方案比较. OYYD2 方案签名/验证各需要 2 次/3 次幂乘运算[14]. 文献[10]提出了两个基于双难题的签名方案 WLC1 和 WLC2 方案, 这两个签名方案在签名时都涉及到乘法逆运算, 乘法逆运算的计算代价与幂乘运算相当, 此外, 第一个方案签名/验证各需要 2 次/5 次幂乘运算, 第二个方案签名/验证各需要 1 次/4 次幂乘运算. 表 2 对比了几个方案中的主要计算量, 由此可知与目前已知的没有发现安全缺陷的方案相比, 本方案是高效的.

表 2 各个方案所需的主要运算

签名方案	签名所需幂乘 运算次数	验证所需幂乘 运算次数	是否有乘法 逆运算
OYYD2 签名方案	2	3	是
WLC1	2	5	是
WLC2	1	4	是
本文方案	1	2	否

4 结束语

本文分析了基于离散对数和素因子分解困难问题的两个数字签名方案, 指出了这些方案不能够依赖于两个难题, 存在安全上的缺陷. 同时提出了一个高效的基于双难题且具有消息恢复性质的签名方

案, 与其它方案相比具有更小的计算量.

参考文献:

- [1] McCurley Kevin S. A key distribution system equivalent to factoring[J]. Cryptology, 1988, 1(2): 95-105.
- [2] Harn L. Public-key cryptosystem design based on factoring and discrete logarithms[J]. IEE Proceedings-Computers and Digital Techniques, 1994, 141(3): 193-195.
- [3] He J, Kiesler T. Enhancing the security of ElGamal's signature scheme[J]. IEE Proceedings-Computers and Digital Techniques, 1994, 141(4): 249-252.
- [4] 杨刚, 李艳俊. 基于离散对数和因子分解的签名方案[J]. 北京理工大学学报, 2004, 24(4): 324-326.
- [5] 欧海文, 叶顶锋, 杨君辉, 等. 关于同时基于因子分解与离散对数问题的签名体制[J]. 通信学报, 2004, 25(10): 143-147.
- [6] LI Chun-hui, Chen Yi-hong. Enhancing the Security of He-Kiesler Signature Schemes[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2003, 12(3): 326-328.
- [7] Nyberg K, Rueppel R A. Message recovery for signature schemes based on the discrete logarithm[C]// Advances in Cryptology, EUROCRYPT'94 springer Verlag, 1994: 175-190.
- [8] WANG Ching-te, LIN Chu-hsing, CHANG Chin-chen. Signature schemes based on two hard problems simultaneously[C]// Proceedings of the 17th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. [S. L.]: IEEE, 2003: 557-560.

作者简介:

梁钰敏 女, (1991—), 硕士研究生. 研究方向为密码学与网络安全.

曹天杰 男, (1967—), 博士生导师, 教授. 研究方向为密码协议、匿名与隐私、网络安全.

(上接第 174 页)

- [5] 孙妍, 陶正苏, 陈德福. 基于无线传感器网络的室内精确定位算法[J]. 传感器与微系统, 2009, 28(5): 99-102.
- [6] 温立, 胡波. 无线传感器网络中一种改进的分布式加权多维尺度定位算法[J]. 电路与系统学报, 2009, 14(4): 1-7.
- [7] 崔逊学, 刘建军, 樊秀梅. 传感器网络中一种分布式无锚节点定位算法[J]. 计算机研究与发展, 2009, 46(3): 425-433.
- [8] 叶小岭, 王伟, 张颖超, 等. 无线传感器网络中一种改

进的 DV-Hop 定位算法[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(2): 488-490.

- [9] 余义斌, 曹长修, 李昌兵. 基于权重重心法的传感器网络节点定位[J]. 计算机仿真, 2007, 24(6): 296-300.
- [10] 解慧英. 无线传感器网络中一种改进的 DV-Hop 定位算法[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2008.

作者简介:

张丽虹 女, (1976—), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机网络、信息安全、无线传感网络.