

一种无线传感器网络中 DV-Hop 定位的改进算法

苏 兵^{1,2}, 薛伟杰¹, 王洪元¹

(1 常州大学 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164;

2 常州大学 常州市过程感知与互联技术重点实验室, 江苏 常州 213164)

摘 要: 针对 DV-Hop 算法中存在的误差问题, 提出了一种基于平均每跳距离的改进方案. 该算法利用误差修正值 δ 对估算的平均每跳距离值进行修正, 以便减少估算的平均每跳距离与实际平均每跳距离之间的偏差. 实验结果表明, 改进算法有效的降低了节点的平均定位误差, 提高了节点的定位精度, 并且不需要增加额外的硬件.

关键词: 无线传感器网络; 节点定位; 非测距算法; 平均每跳距离

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)09-0067-04

An Improved Algorithm Based on DV-Hop Localization in Wireless Sensor Networks

SU Bing^{1,2}, XUE Wei-jie¹, WANG Hong-yuan¹

(1 School of Information Science and Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China;

2 Key laboratory of Process Perception and Internet Technology of Changzhou,
Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: According to the main reasons on the error of DV-Hop algorithm, an improved algorithm is proposed which is based on average hop distance correction. The algorithm uses error correction value δ to modify the average hop distance, to reduce the deviation between the average hop distance and the true average hop distance. Simulation results show that, the improved algorithm has more effectively to reduce the average localization error of unknown nodes, and to improve the localization accuracy, and not require additional hardware.

Key words: wireless sensor networks (WSN); node localization; range-free algorithm; average hop distance

1 引言

节点定位是无线传感器网络 (WSN, Wireless Sensor Networks) 中的关键技术之一. 在多数 WSN 的应用中, 传感器节点都是随机分布的, 除部分锚节点外, 大多数节点的位置是未知的. 因此, 只有明确节点的位置信息, 才能进一步实现对外部目标的定位和追踪. 根据定位机制, 可将现有的定位算法分为: 测距 (range-based) 和非测距 (range-free) 算法^[1]. 与测距算法相比, 非测距算法在定位时, 硬件条件需求不高, 成本较低. 凭借这些优势, 受到了广泛关注. 其中, DV-Hop^[2] 算法是目前应用较为广泛的非测距定位算法, 该算法核心思想: 利用网络平均

每跳距离与未知节点到锚节点的最小跳数的乘积, 对未知节点进行位置估算. 针对该算法的不足之处, 本文提出了一种误差修正法, 以提高算法的定位精度.

2 DV-Hop 算法的误差分析

DV-Hop 定位算法的主要误差: 用跳段数与平均每跳距离的乘积得到未知节点和锚节点的估计距离. 当平均跳距的估计值与实际值偏差较大时, 算出的未知节点估计距离与实际距离之间的误差会增大.

图 1 中, A、B、C 是锚节点, P 是未知节点, 实线表示节点可以直接通信, 虚线表示节点不能直接通

信,需要中间节点的过渡。

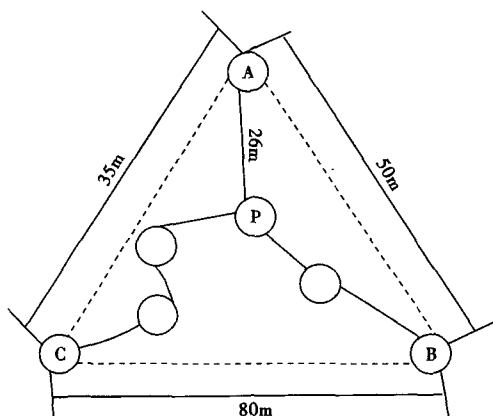


图1 DV-Hop 算法误差示意图

由 DV-Hop 算法可知, A 的平均跳距为 13.75m, PA 估计距离是: $13.75 \times 1 = 13.75$ 。但 PA 的实际距离是 26m, 即 PA 的估计距离和真实距离之间的误差较大, 会影响未知节点的定位效率。因此, 针对 DV-Hop 算法存在的误差问题, 很多学者从不同角度提出了许多改进方法^[3-8]。如文献[5]采用全网平均每跳距离, 提高定位精度。如公式(1)所示, 其中, n 为锚节点个数。

$$cc = \frac{\sum C_i}{n} \quad (1)$$

3 DV-HOP 改进算法

本文在分析 DV-Hop 算法及文献[5]的基础上, 提出了通过修正平均每跳距离的改进方案, 从而使估算的平均每跳距离与真实的平均每跳距离更加接近。在得到全网平均跳距的前提下, 通过分析 DV-Hop 算法中所有锚节点真实距离与估计距离之间的误差, 计算出所有锚节点的平均每跳距离的误差 δ , 如公式(2)所示:

$$\delta = \frac{\sum \{ |d_{true} - d_{estimate}|_{ij} / hops_{ij} \}}{n} \quad (2)$$

其中, $|d_{true} - d_{estimate}|_{ij}$ 是网络中任意两个锚节点 i 和锚节点 j 之间的实际距离与估计距离差的绝对值, $hops_{ij}$ 是任意两个锚节点 i 和 j 之间的最小跳数, n 是网络中锚节点的数量。

在定位过程中, 同一路径上的距离会计算两次, 这样会导致计算开销增大。因此, 为了减少计算量, 计算出同一条路径上锚节点 i 和 j 之间的估计距离 $d_{ijestimate}$, 则不需要再求 $d_{ijestimate}$ 。 d_{true} 和 $d_{estimate}$ 分别是锚节点 i 和锚节点 j 之间的实际距离和估计距离, 如公式(3)~(4)所示:

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

$$d_{estimate} = cc * hops_{ij} \quad (4)$$

以图1为例, A、B、C 是锚节点。计算全网平均每跳距离 cc :

$$cc = \frac{C_A + C_B + C_C}{3}$$

利用锚节点间的跳数和全网平均每跳距离 cc 算出 AB、AC、BC 的估计距离, 利用公式(3)算出 AB、AC、BC 的实际距离, 再利用公式(2)计算全网锚节点的平均每跳距离的误差修正值 δ :

$$\delta = \frac{\left(\frac{|d_{true} - d_{estimate}|_{AB}}{hops_{AB}} + \frac{|d_{true} - d_{estimate}|_{AC}}{hops_{AC}} + \frac{|d_{true} - d_{estimate}|_{BC}}{hops_{BC}} \right)}{3}$$

其中, 3 是指图1中锚节点的个数。

改进算法的实现步骤如下:

(1) 测量与锚节点之间的最小跳数

每个锚节点将自己的位置信息广播至整个网络, 该数据包中包含自身的位置信息和初始化为 0 的跳数值。接收到该数据包的节点将保留收到的信息, 且只保留同一节点含最小跳数的数据包, 再将跳数值加 1 向其他邻近节点转发。利用经典的路由矢量协议, 计算未知节点到所有锚节点的最小跳数。通过该机制, 网络中所有节点将获取到每个锚节点的最小跳数及位置信息。

(2) 校正值的计算与广播

当锚节点 i 获取到其它锚节点的跳数后, 算出到其他锚节点 j 的平均跳距 C_i , 如公式(5), 并将该值在网络中广播。

$$C_i = \frac{\sum_{j \neq i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\sum_{j \neq i} hops_{ij}} \quad (5)$$

其中, (x_i, y_i) 和 (x_j, y_j) 是锚节点 i 和锚节点 j 的真实坐标, $hops_{ij}$ 是 i 和 j 两个锚节点之间的跳数。

采用洪泛法将校正值在整个网络中进行广播。每个未知节点在接收多个校正值时, 仅保留第一个接收到的平均每跳距离, 并丢弃之后收到的数据包。这样可保证大多数节点从最近的锚节点接收平均每跳距离的信息。

(3) 在节点获取到校正值后, 利用公式(1)计算出全网平均每跳距离, 并将其在网络中进行广播, 未知节点接收该值, 更新自身的数据表。

(4) 利用公式(2)计算出所有锚节点的平均每跳距离误差值 δ , 将该修正值广播至全网, 即在文献

[5]上增加一个数据广播阶段.在经过该广播阶段之后,网络中的所有未知节点均接收到该修正值,从而得到更新平均每跳距离,如公式(6):

$$HopSize_{new} = cc + \delta \quad (6)$$

(5) 在获取修正的平均每跳距离之后,利用未知节点到各个锚节点的跳数,算出未知节点到各个锚节点的估计距离,如公式(7):

$$d_i = HopSize_{new} * hops \quad (7)$$

其中, $hops$ 是未知节点到各个锚节点的最小跳数.

(6) 在未知节点获取到3个及3个以上锚节点的估计距离后,采用极大似然估计法计算未知节点的估计坐标.假设 n 个锚节点的坐标分别为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$, 未知节点 P 的坐标为 (x, y) , 各个锚节点到未知节点 P 的距离分别为 $d_1, d_2, \dots, d_n$, 可以表示成公式(8):

$$\begin{cases} (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 = d_1^2 \\ (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 = d_2^2 \\ \vdots \\ (x_n - x)^2 + (y_n - y)^2 = d_n^2 \end{cases} \quad (8)$$

公式(8)的方程可以写成 $AX=b$ 的形式,其中

$$A = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_n) & 2(y_1 - y_n) \\ \vdots & \vdots \\ 2(x_{n-1} - x_n) & 2(y_{n-1} - y_n) \end{bmatrix}$$

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

利用标准最小二乘法对方程 $AX=b$ 进行求解,解得:

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

4 实验仿真及结果分析

为了验证本文改进算法的性能,采用 NS-2 进行实验的仿真和分析.节点采用随机的分布方式,取 50 次实验的平均值.定位误差如公式(9)所示:

$$error = \frac{\sqrt{(x_t - x_e)^2 + (y_t - y_e)^2}}{R} \times 100\% \quad (9)$$

其中, (x_t, y_t) 是节点真实坐标, (x_e, y_e) 是节点的估计坐标, R 是节点的通信半径.

节点分布如图2所示,节点总数为300,锚节点数为30,节点通信半径为30 m.所有的节点随机的

分布在 $100m \times 100m$ 的正方形区域中.

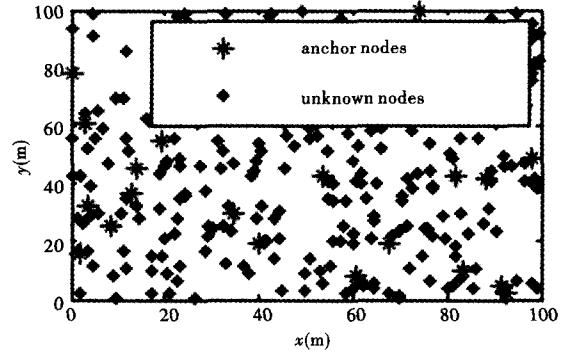


图2 节点随机分布图

图3中,节点数为300,通信半径为30 m,锚节点比例为:10%、15%、20%、25%、30%、35%.由图可知,两种算法随着锚节点比例增加,定位误差也逐渐减小.当锚节点比例在20%~30%时,改进算法得平均定位误差降低了约5%~8%.

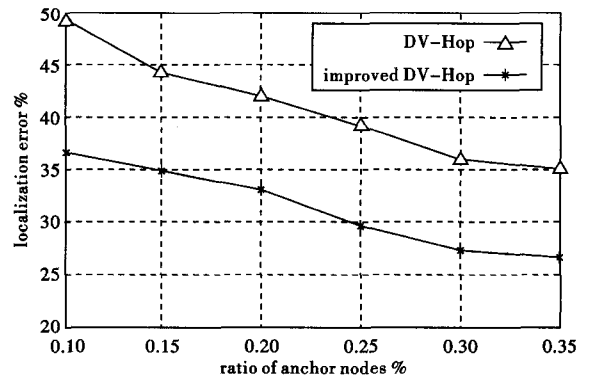


图3 锚节点比例和定位误差的关系图

图4中,通信半径为30m,锚节点数为30,节点数设为:150、200、250、300、350、400.由图可知,在节点数相同时,改进算法的定位误差较低.随着节点数的增加,两种算法的定位误差均降低.本文算法的定位误差与DV-Hop算法相比,平均降低了8%~12%左右.

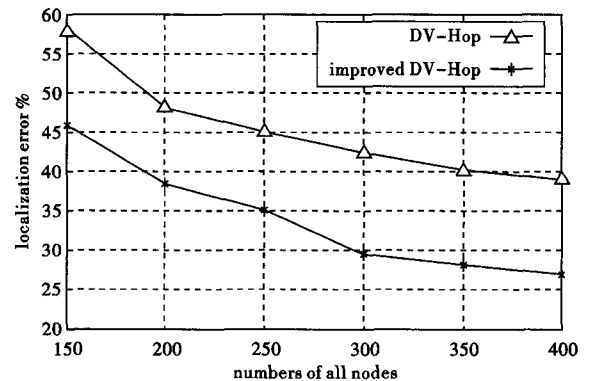


图4 节点总数与定位误差的关系图

5 结束语

本文针对 DV-Hop 算法误差较大的问题,对平均每跳距离做了相应改进,使平均跳距与实际平均跳距更加接近。实验结果表明,本文改进算法的定位误差明显小于原算法,定位精度有了很大改善。本文算法在文献[5]的基础上增加了一次数据广播,算法的通信量有所增加。因此,降低算法的通信量并保证定位精度是未来研究工作的重点。

参考文献:

- [1] He Tian, Huang Chengdu, Brian M BLUM, et al. Range-free localization schemes for large scale sensor networks[C]//Proc of the 9th Annual Int'l Conf on Mobile Computing and Networking. San Diego: ACM Press, 2003: 81-95.
- [2] Dragos Niculescu, Badri Nath. Ad hoc positioning system (APS) using AoA [C]//Proc of the IEEE INFOCOM 2003. USA: San Francisco, IEEE Computer and Communications Societies, 2003(3): 1734-1743.
- [3] Chen Long, Ahn Saeyoung, An Sunshin. An improved localization algorithm based on DV-Hop for Wireless Sensor Network [C]//IT Convergence and

Services. Atlanta, 2011:333-341.

- [4] Cui Xiaoyan, Hu Ting, Guo Mingjie. Improved DV-Hop algorithm based on self-localization of WSN[C]//The 1st International Conference on Information Science and Engineering. China: NanJing, 2009:4026-4029.
- [5] 彭刚,曹元大,孙利民. 无线传感器网络节点定位机制的研究[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(35): 27-29.
- [6] 范敏,胡伟. 一种新的无线传感器网络定位算法研究[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(2): 138-141.
- [7] 林今朝,刘海波,李国军,等. 无线传感器网络中 DV-Hop 节点定位改进算法研究[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(4): 1272-1275.
- [8] 沈明玉,张寅. 基于改进的平均跳距和估计距离的 DV-Hop 定位算法[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(2): 648-650.

作者简介:

苏兵男, (1972—), 博士, 副教授. 研究方向为 计算机软件工程、无线传感器网络、计算机网络及网络安全。

薛伟杰女, (1988—), 硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络。

王洪元男, (1960—), 博士, 教授. 研究方向为模式识别与智能系统。

(上接第 66 页)

的优化问题提供了一种有效手段。下一步需要研究:

(1)该并行算法中初始化种群的规模大小、最大循环次数 limit 的取值对算法的影响;(2)为串行算法寻找其他更好的优化方法以及使并行算法具有更高的效率。

参考文献:

- [1] Karaboga D. An idea based on bee swarm for numerical optimization, TR06 [R]. [S. l.]: Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department, 2005.
- [2] 胡珂,李迅波,王振林. 改进的蜂群算法性能[J]. 计算机应用, 2011, 31(4): 1107-1110.
- [3] 孙晓雅,林焰. 改进的人工蜂群算法求解任务指派问题[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(1): 23-26.

[4] 李海生. 一类基于蜜蜂采集模型的智能算法[J]. 计算机与现代化, 2010(1): 7-11.

[5] 余柄辉,袁晓辉,王金文,等. 随机摄动粒子群优化算法[J]. 计算机工程, 2006, 32(12): 189-190.

[6] Karaboga D, Basturk B. On the performance of Artificial Bee Colony (ABC) algorithm [J]. Applied Soft Computing, 2008, 8(1): 687-697.

作者简介:

李双女, (1988—), 硕士研究生. 研究方向为并行计算、Petri 网。

李文敬男, (1964—), 教授. 研究方向为并行算法。

杨文男, (1987—), 硕士研究生. 研究方向为并行算法、多核程序设计。

周海燕女, (1985—), 硕士研究生. 研究方向为数据挖掘。