

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2014.08.021

RSSI 修正的 WSN 定位算法

武时龙¹, 张万礼², 杨小莹²

(1. 宿州职业技术学院 计算机系, 安徽 宿州 234000;

2. 宿州学院 信息工程学院, 安徽 宿州 234000)

摘 要:为了解决 DV-Hop 算法误差较大的问题,提出了一种基于 RSSI 修正的 WSN 定位算法 RMDV-Hop (RSSI Modified DV-Hop)。该算法限制最大传播跳数,并对跳数为 1 的锚节点利用 RSSI 值修正其跳数值,取 RSSI 值较大的前 N 个锚节点作为参考锚节点,利用参考锚节点的平均每跳距离误差进行加权处理未知节点的平均每跳距离,最后用总体最小二乘法计算未知节点的坐标位置,实现 RMDV-Hop 定位算法的全面改进,以提高定位精度。仿真结果验证,改进算法的定位精度和稳定性都比原始算法有了明显的提高。

关键词:DV-Hop 算法;RSSI 值;平均每跳距离误差;总体最小二乘法;WSN

中图分类号:TP301

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2014)08-144-07

WSN localization algorithm based on RSSI correction

WU Shilong¹, ZHANG Wanli², YANG Xiaoying²

(1. Computer Science Department, Suzhou Vocational and Technical College,
Suzhou, Anhui 234000, China;

2. College of Information Engineering, Suzhou University, Suzhou, Anhui 234000, China)

Abstract: In order to solve the problem that there is large errors in DV-Hop algorithm in network topology environments, a modified RSSI-based WSN localization algorithm RMDV-Hop (RSSI Modify DV-Hop) is presented in this paper. The algorithm limits the maximum number of hops and uses RSSI value to modify its hop value when hop of an anchor node is 1. The first N anchor nodes with greater RSSI value is chosen as reference anchor nodes and per hop distance error of the reference anchor nodes are used to weight average hop distance of the unknown node. Finally, a total least squares method is used to calculate the coordinates of the position of the unknown node to achieve overall improvement of RMDV-Hop localization algorithm and improve the positioning accuracy. The simulation results show that the positioning accuracy and stability of the improved algorithm has been significantly improved than those of the original algorithm.

Key words: DV-Hop algorithm;RSSI value;average hop distance error;total least squares;WSN

收稿日期:2014-07-09

基金项目:安徽省青年人才基金重点资助项目(2012SQRL199ZD, 2013SQRL083ZD);宿州学院开放课题平台(2012YKF38)

作者简介:武时龙(1974-),男,讲师,主要从事计算机技术与应用研究,(E-mail)szwyq000@163.com。

无线传感器网络(wireless sensors network, WSN)中的节点定位算法分为基于测距的定位算法与无需测距的定位算法^[1-2]。前者算法精度较高,但实施时需要特殊的硬件,成本较高;后者无需额外的硬件,是目前备受关注的定位算法^[3-4],广泛应用到大规模无线传感器网络中。

DV-Hop 算法^[5-6]具有开销小且实现简单等优点,是 WSN 中一种应用较多的定位算法。但该算法易受网络结构的影响,导致定位误差大、定位准确度低。针对此问题,国内外很多学者对其进行了改进。Hu 等^[7]对平均每跳距离进行加权处理;Zhang 等^[8]提出转发一组相邻之间角度重叠的节点以提高定位精度;林金朝等^[9]采用多边定位法和泰勒级数展开法求解位置节点的坐标位置;任红建等^[10]利用 RSSI 测距技术对跳数和平均每跳距离进行修正;刘艳文等^[11]引进 RSSI 模型,对 DV-HOP 的定位过程进行限制;周小波等^[12]对节点间的跳数利用 RSSI 进行加权处理;赵雁航^[13]通过改进锚节点广播的数据分组结构、加权处理参考锚节点的平均每跳距离的误差以及对定位中的迭代过程用改进粒子群算法进行优化的方式来提高 DV-HOP 算法的定位精度。文中重点分析了 DV-Hop 算法定位过程中 3 个阶段带来的误差,在参考文献[12-13]的基础上,利用 RSSI 值改进 DV-Hop 算法定位过程中的 3 个阶段,并用仿真验证改进算法的性能。

1 DV-Hop 算法

DV-Hop 算法基本思想是通过跳数乘以平均跳距估算锚节点和未知节点之间的距离。

1.1 计算节点间的最小跳数

锚节点将包含自身坐标位置、编号和跳数的分组向邻居节点广播。邻居节点记录下分组信息,忽略来自相同编号而跳数值较大的分组。将跳数值加 1 后转发给其邻居节点。这个阶段完成后,全部节点得出与各锚节点的最小跳数。

1.2 估算节点间距离

完成阶段(1)后,各锚节点利用式(1)计算平均每跳距离。

$$n_i = \sum_{j \neq i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} / \sum_{j \neq i} m_j, \quad (1)$$

其中 (x_i, y_i) 和 (x_j, y_j) 分别表示锚节点 i 和 j 的位置, m_j 为 i 与 j 之间的最小跳数。然后,锚节点将计算出的 m 广播至网络中,未知节点收到后,用 $n \times m$ 即可得到 2 者之间的估算距离。

1.3 计算未知节点的坐标位置

利用 3 个或 3 个以上锚节点的估算距离,使用三边测量法或极大似然估计法测算其坐标位置。

2 RMDV-Hop 算法

WSN 中,节点随机分布。为了提高 DV-HOP 算法的定位精度,RMDV-Hop 算法从定位过程的 3 个阶段进行了改进。

2.1 跳数修正

节点之间以一定的概率连通。距离很近时,2 个节点连通概率较高。节点之间的跳数均为 1 时无法区分远、近 2 种情况。针对此问题,RMDV-Hop 算法将借助 RSSI 值来计算跳数值,这样可以大大降低定位误差。

RSSI 利用信号传递过程中强度衰减特性来进行估算节点间的距离,距离为 d 的接收节点接收的信号强度 $P_r(d)$ 可通过路径损耗阴影模型得到

$$P_r(d) = \frac{P_t(d_0)}{(d/d_0)^\gamma} + z, \quad (2)$$

式中: d 为发送端与接收端的距离, d_0 为设置的发射端的参考距离, γ 是信号衰减因子, z 服从均值为 0,方差为 σ^2 的高斯分布。从路径损耗阴影模型可以看出,在其他条件均相同情况下,节点间距离越近,无线信号耗散越小,在接收端测得 RSSI 值越大,反之,在接收端测得 RSSI 值越小,因此可用节点间 RSSI 值来比征节点间的距离大小。RSSI 值可通过节点自身的无线通信模块提供,无需增加硬件。

DV-Hop 算法的原则是:节点只接受网络中最小的跳数值。实验表明:多数节点的误差在接收到 $m=1$ 的情形时比较大^[8]。因此 RMDV-Hop 算法对节点 $m=1$ 的情形采用文献^[9]方法进行修改。对于跳数大于 1

的,不作任何处理。具体过程如下:

1) 锚节点向其直接邻居节点广播分组 $\{x_i, y_i, s_i, m, \text{RSSI}_i\}$, 其中 x_i, y_i 为锚节点的坐标, s_i 是该节点的编号, m 是跳数值, 初始化为 0, RSSI_i 是节点接收分组时的信号强度, 初始化为 0;

2) 收到分组后, 直接邻居节点记下分组信息, 将 RSSI_i 记为接收该元组时的 RSSI 值, 将 m 加 1, 然后将该分组转发给其邻居节点; 邻居节点根据接收元组时的 RSSI 值 R 计算权值 $w_i = \text{RSSI}_i / R$, 利用权值加权处理元组中的 m 值: $m = m + w$, 继续转发该分组。

3) 如果节点接收到相同编号的元组, 则与自己表中的 m 值比较, 忽略大于当前值的 m ; 小于则返回步骤 2) 对跳数进行加权处理。

由于 WSN 中节点随机分布且数量庞大, 因而广播过程中数据分组会出现冲突或碰撞。一旦发生, 会丢失该分组的信息, 导致节点间的最小跳数发生偏差, 影响正常定位过程, 重发数据分组, 会加重网络负担。因此本算法设定在允许范围内的最大传播跳数来降低分组在传播中发生冲突或碰撞的概率。

2.2 修正平均每跳距离

DV-Hop 算法中, 未知节点只用距离它跳数最小的锚节点平均跳距, 而一个参考节点不能完全准确反映整个网络的属性, 因而导致产生较大的定位误差。为了降低未知节点的定位误差, RMDV-Hop 算法将与其距离最近的 N 个锚节点作参考节点。

全部锚节点分组收到后, 未知节点对锚节点依其 RSSI 值从大到小排序, 采用 RSSI 值大的前 N 个锚节点计算未知节点的平均每跳距离。锚节点利用式(1)计算平均每跳距离, 计算锚节点 i 与 j 之间的估算距离为

$$d_{eij} = m_{ij} \times n_{ij}, \quad (3)$$

根据记录的节点位置信息, 计算出锚节点 i 与 j 之间的实际距离为

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad (4)$$

锚节点由此可达到锚节点 i 的平均每跳距离误差为

$$\epsilon_i = \frac{\sum_{i \neq j} |d_{ij} - d_{eij}| / m_{ij}}{N - 1}. \quad (5)$$

ϵ 越小的锚节点, 对未知节点的平均每跳距离值估计影响越大, 因此, 将较大的权值赋给 ϵ 较小的锚节点, 从而提高未知节点的定位精度。每个锚节点权值为

$$w_i = \frac{\frac{1}{\epsilon_i}}{\sum_{k=1}^N \frac{1}{\epsilon_k}}, \quad (6)$$

未知节点的平均每跳距离为

$$d_{\text{hop}} = \sum_{i=1}^N w_i \times n_i, \quad (7)$$

按照平均每跳距离的误差不同给作为参考节点的 N 个锚节点赋予不同的权值, 能够更加全面准确地反映网络的真实情况, 提高了未知节点的平均每跳距离的准确度, 解决了 WSN 无需测距定位算法定位误差较大的问题。

2.3 采用总体最小二乘法计算未知节点坐标

总体最小二乘法充分考虑了由 GPS 自身定位产生的位置偏差引起的锚节点位置误差及节点间距离误差, 能够体现未知节点坐标计算受这两种误差的影响, 提高未知节点的坐标的精确性。

当未知节点 i 得出 3 个及以上 d_{pi} 后, 与 DV-Hop 算法不同, 采用文献[14-15] 描述的总体最小二乘法计算未知节点的坐标。

2.4 算法流程

针对 DV-Hop 算法定位误差较大的问题, 文中提出 RMDV-Hop 算法, 其流程如图 1 所示。

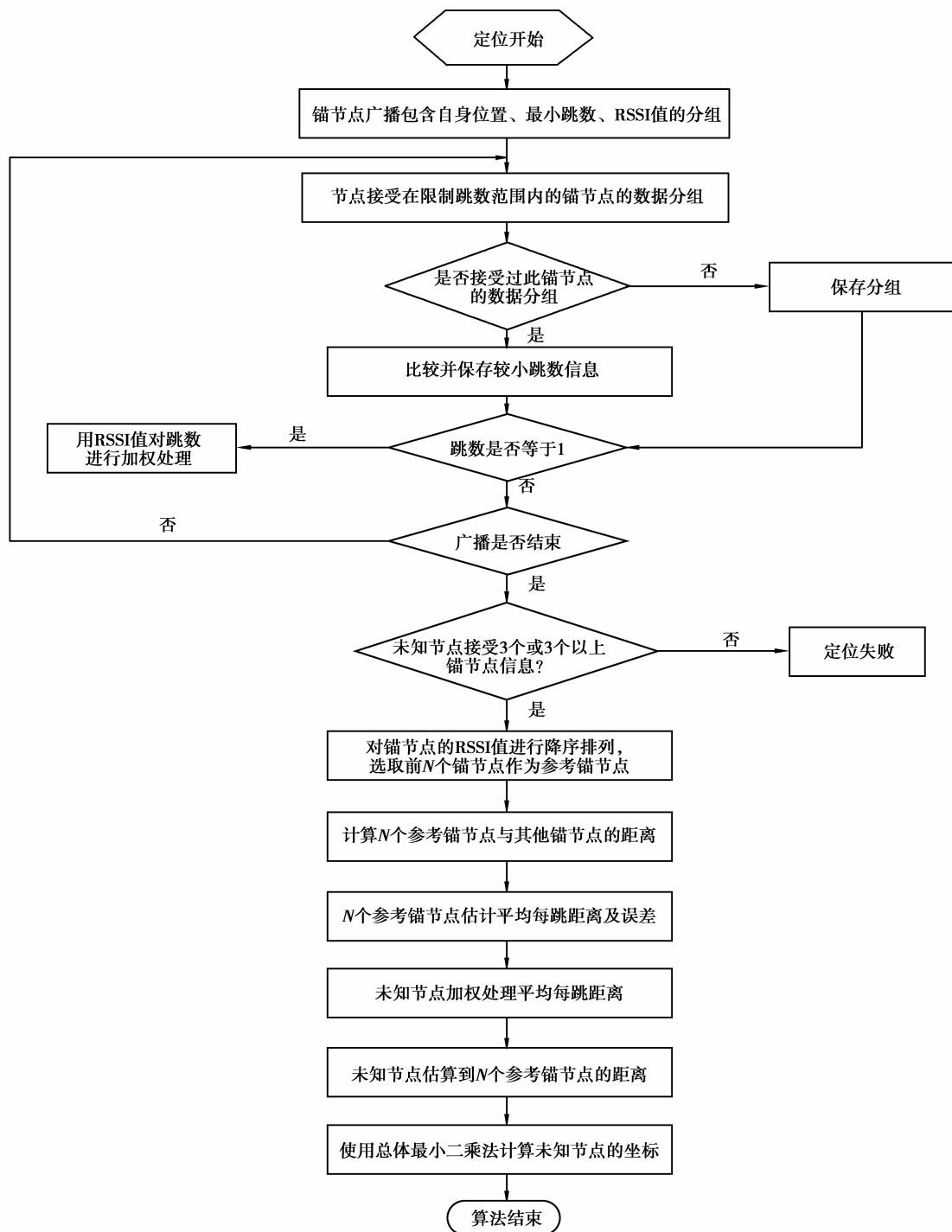


图 1 RMDV-Hop 算法流程图

3 算法仿真分析

3.1 仿真实验

研究采用 MATLAB 7.0 对算法进行仿真。仿真环境中,锚节点和未知节点随机分布,区域为: $[0, 150] \times [0, 150]$,初始节点分布如图 2 所示。

算法精度是衡量算法最重要的指标。将 DV-Hop 定位算法、RMDV-Hop 算法在定位误差上进行比较来验证文中算法的性能。计算定位误差为

$$\delta_i = 100\% \times \sqrt{(x_i - x_e)^2 + (y_i - y_e)^2} / R, \quad (8)$$

式中 $(x_i, y_i), (x_e, y_e)$ 分别是节点的真实位置和估计位置, R 是节点的通信半径。对每个实验场景都执行多次并对结果取平均, 使得到的实验数据更客观。

3.2 结果分析

网络中取总的节点数目为 100 个, 改变通信半径, 分别采用 DV-Hop 算法和 RMDV-Hop 算法在不同锚节点数量下仿真, 多次执行定位算法程序计算出未知节点的坐标, 再利用式(7)求出每次定位的误差; 对同条件下的多个误差取平均值, 仿真性能比较如图 3 所示。

图 3 表明, 随着锚节点所占比例的增大, 平均定位误差均不断降低。在通信半径相同, 锚节点比例也相同的条件下, 传统 DV-Hop 算法定位误差较大, RMDV-Hop 算法误差较小。其他条件相同, 通信半径变大, 能够降低定位误差。RMDV-Hop 算法定位精度比比传统 DV-Hop 算法平均提高了 18%~28%。

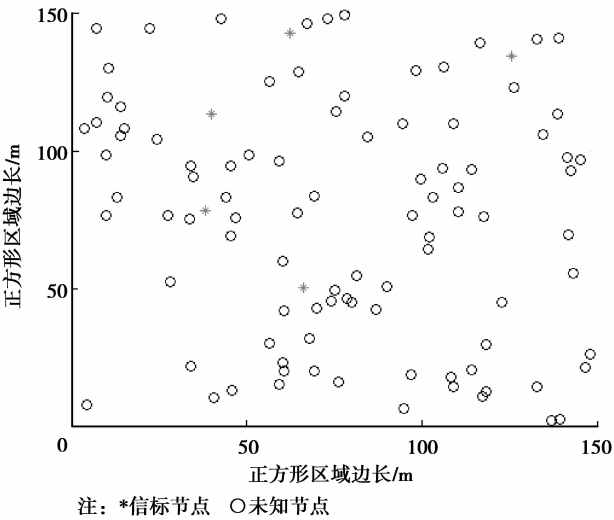
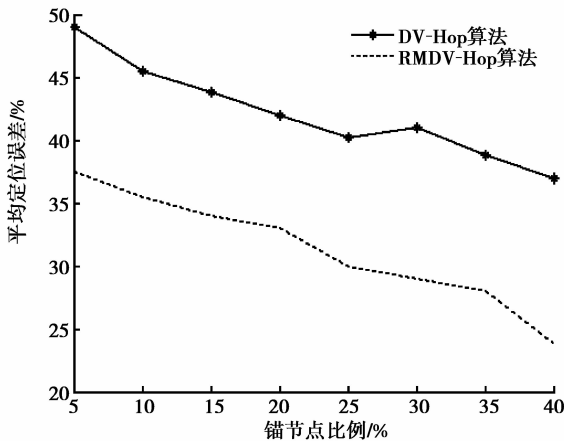
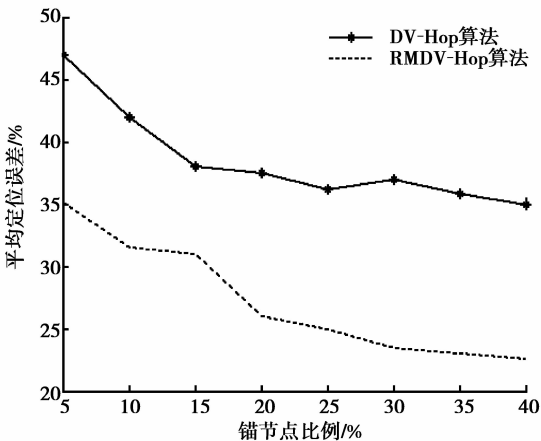


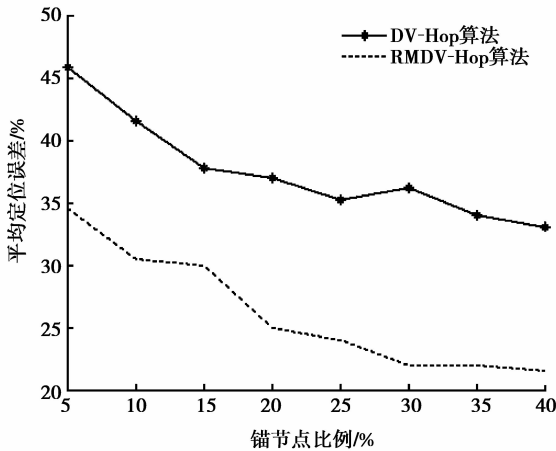
图 2 节点分布图



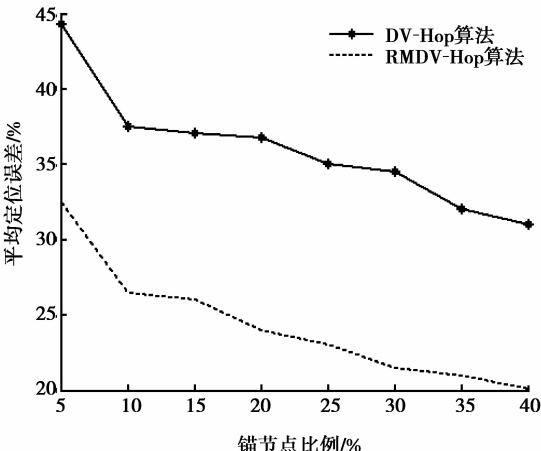
(a) $R=15\text{ m}$ 时的平均定位误差图



(b) $R=20\text{ m}$ 时的平均定位误差图



(c) $R=25\text{ m}$ 时的平均定位误差图



(d) $R=30\text{ m}$ 时的平均定位误差图

图 3 平均定位误差图

图 4 表明了在不同的通信半径下,RMDV-Hop 算法平均定位误差均随着锚节点比例增大而降低。随通信半径的增大,定位误差逐渐减小,定位误差在 R 取 30 时最小。

将 50 个节点随机分布,信标节点数保持不变,增加未知节点个数,通信半径取 $R=50$ m,其他条件不作变化,比较文中算法和 DV-HOP 算法的平均定位误差。

图 5 显示了比较的结果,2 种定位算法的定位误差均随着节点数的增加而降低,在节点数为 300 时趋向平稳,定位精度在信标节点数目不变的条件下,文中改进算法的定位精度比传统 DV-Hop 算法平均提高了 14%~20%。

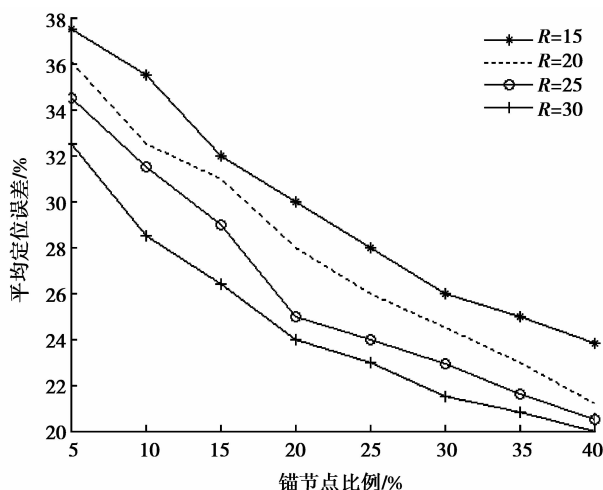


图 4 RMDV-Hop 算法在不同通信半径下的定位误差对比

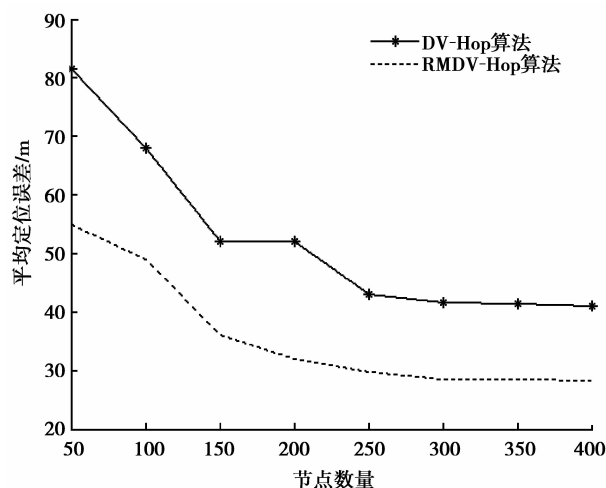


图 5 不同节点数的平均定位误差比较

仿真结果表明,RMDV-Hop 算法的定位误差明显低于传统的 DV-Hop 算法。由于网络中的所有节点均随机分布,网络的结构受锚节点数目、总节点数目的改变影响,导致定位误差不是直线下降而是曲线变化,仿真结果证明了这点。但是文中所提的 RMDV-Hop 算法没有太剧烈的振动,定位误差呈平稳下降,算法稳定性和性能较好。

4 结 论

DV-Hop 算法在节点随机分布的网络环境中,定位不准、误差较大。为了减少定位误差,文中提出了 RMDV-Hop 算法。改进算法利用 RSSI 值对跳数是 1 的跳数值作了加权处理并限制了网络中广播的最大跳数值,并根据 RSSI 值选出对未知节点定位有较大影响的 N 个锚节点作为参考节点,加权处理参考锚节点平均每跳距离的误差;最后根据总体最小二乘法得出未知节点的坐标。仿真结果验证,RMDV-Hop 算法在没有增加新的硬件条件下,WSN 明显提高了算法的定位精度和稳定性。

参考文献:

- [1] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005:148-149.
- [2] He T, Huang C, Blum B M, et al. Range-free localization schemes in large scale sensor networks [C] // Proceedings of the 9th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM Press, 2003: 81-95.
- [3] 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, 2003, 16(5): 857-868.
WANG Fubao, SHI Long, REN Fengyuan. Self-Localization systems and algorithms for wireless sensor networks[J]. Journal of Software, 2003, 16(5): 857-868
- [4] Hsieh Y L, Wang K. Efficient localization in mobile wireless sensor networks[C] // Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing, 2006. IEEE International Conference on. IEEE, 2006, 1: 5 pp.
- [5] Niculescu D, Nath B. DV based positioning in ad hoc networks[C]. Journal of Telecommunication Systems, 2003, 22(1/4): 267-280.

- [6] Niculescu D, Nath B. Ad hoc positioning system (APS)[C]//IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'01), San Antonio, Texas, USA, 2001, 2926-2931.
- [7] Hu Y, Li X. Based on DV-HOP algorithm for wireless sensor network node positioning technology. Shanxi: Taiyuan University of Technology, 2012, 5.
- [8] Zhang X, Xie H. Wireless sensor networks in an improved DV-Hop localization algorithm. Hunan: Wuhan University of Technology, 2008, 3.
- [9] 林金朝, 李小玲, 刘海波. 无线传感器网络 DV-Hop 算法改进与性能[J]. 重庆大学学报, 2010, 33(2): 127-132.
LIN Jinzhao, LI Xiaoling, LIU Haibo. Improvement and performances of DV-hop localization algorithm in wireless sensor networks[J]. Journal of Chongqing University, 2010, 33(2): 127-132.
- [10] 任红建, 朱玲玲, 杨爱琴. 基于 RSSI 测距和 DV-HOP 误差修正的 WSN 节点定位[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(10): 2863-2866.
REN Hongjian, ZHU Lingling, YANG Aiqin. Localization algorithm for sensor node based on RSSI ranging and DV-Hop error correcting [J]. Computer Measurement & Control, 2012, 20(10): 2863-2866.
- [11] 刘艳文, 王福豹, 段渭军, 等. 基于 DV-Hop 定位算法和 RSSI 测距技术的定位系统[J]. 计算机应用, 2007, 27(3): 516-518.
LIU Yanwen, WANG Fubao, DUAN Weijun. A localization system based on DV-Hop localization algorithm and RSSI ranging technique[J]. Journal of Computer Applications, 2007, 27(3): 516-518.
- [12] 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.
ZHOU Xiaobo, QIAO Gangzhu, ZENG Jianchao. RSSI based weighted DV-HOP localization algorithm for Wireless Sensor Networks[J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(14): 109-111.
- [13] 赵雁航, 钱志鸿, 尚小航, 等. 基于跳距修正粒子群优化的 WSN 定位算法[J]. 通信学报, 2013, 34(9): 105-114.
ZHAO Yanhang, QIAN Zhihong, SHANG Xiaohang, et al. PSO localization algorithm for WSN nodes based on modifying average hop distances[J]. Journal on Communications, 2013, 34(9): 105-114.
- [14] 魏木生. 广义最小二乘为题的理论和计算[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 107-114.
- [15] 于宁. 无线传感器网络定位优化方法[D]. 北京: 北京邮电大学, 2008: 15-17.

(编辑 詹燕平)