

基于跳距加权的 DV-hop 定位算法改进

赵小平, 马嘉楠, 饶 瑞, 宫 婧

(南京邮电大学 理学院, 江苏 南京 210023)

摘要:针对无线传感网络中的 DV-hop 定位算法误差较大、定位精度不高的问题,提出了基于跳距加权的改进 DV-hop 定位算法。对未知节点周围的信标节点进行加权,得到精度更高的跳距以减小定位误差。权重依据未知节点距信标节点的跳距和信标节点可信度来确定,离未知节点越远的信标节点权重越小。信标节点可信度根据其自身的误差来衡量,信标节点误差越大则其可信度越低,其权重也越小。具体实现过程为,选取距未知节点 n 跳以内的信标节点作为参考节点,对参考节点的跳距进行加权得到未知节点的平均跳距,并根据未知节点到参考节点的跳数,计算得到未知节点距参考节点的距离。利用最小二乘法求得未知节点坐标。仿真实验结果表明,改进的 DV-hop 定位算法的精度比经典 DV-hop 提高了 28% 左右。

关键词:DV-hop 定位算法;无线传感网络;跳距加权;最小二乘法;误差分析

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2018)03-0083-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2018.03.017

Improvement of DV-hop Localization Algorithm Based on Hop Distance Weighting

ZHAO Xiao-ping, MA Jia-nan, RAO Rui, GONG Jing

(School of Science, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: Aiming at the larger error and low positioning accuracy of DV-hop localization algorithm in wireless sensor network, we come up with an improved algorithm based on hop distance weighting. The beacon nodes around the unknown node are weighted to obtain a more accurate hop distance so as to reduce the positioning error. The weight is determined by the hop distance from unknown node to beacon nodes and beacon nodes credibility. The smaller the beacon node's farther away from the unknown node is, the smaller the weight is. The credibility of beacon node is measured on the basis of its own error. The greater the beacon node error is, the lower its credibility is, and the weight is also smaller. The specific implementation is as follows. First, we choose beacon nodes within n hop of unknown node as reference nodes. Then, hop count of the reference node is weighted to obtain the average hop distance of the unknown nodes and the distance of the unknown node from the reference node is calculated according to the hop count of the unknown node to the reference node. In the end, unknown nodes coordinates are obtained by least square method. Simulation shows that the precision of improved DV-hop algorithm is about 28% higher than classical DV-hop algorithm.

Key words: DV-hop localization algorithm; wireless sensor network; hop distance weighting; least square method; error analysis

0 引言

随着无线传感网络(WSN)的飞速发展,其在工业环境、智能交通、军事等领域应用广泛。在无线传感网络研究中,节点定位算法是一个至关重要的问题,同时也是一个技术难点。

节点定位算法,是根据已知坐标的锚节点(通过自身携带 GPS 定位),对未知节点进行定位。节点定位算法可以分为基于测距和基于无测距的定位算

法^[1],基于测距的定位算法,是根据硬件测量节点之间的距离,开销较大,如 RSSI、TOA、TDOA 等;而基于非测距的定位算法,是通过间接的手段来获取节点之间的距离,如 Amorphous、APIT、DV-hop 等。得到节点之间的距离后,利用最小二乘法、遗传算法、蚁群算法等优化算法来求解,得到未知节点的坐标。研究定位算法,主要考虑定位精度、能耗开销、硬件成本等。研究定位算法的改进目标就是通过更小的代价实现更高

收稿日期:2017-02-24

修回日期:2017-06-28

网络出版时间:2017-11-15

基金项目:国家自然科学基金面上项目(61373135);大学生科技创新项目(XZD2016064)

作者简介:赵小平(1996-),男,研究方向为数据挖掘和数据建模;宫婧,副教授,研究生导师,研究方向为数据挖掘、模式识别以及智能算法等。

网络出版地址: <http://cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20171115.1128.014.html>

的定位精度。

文中重点研究 DV-hop 定位算法,通过对未知节点附近锚节点跳距进行加权得到未知节点到锚节点的跳距,权重由未知节点到信标节点的跳数,并结合信标节点跳距的可信度确定。信标节点可信度根据信标节点实际距离和通过算法求得的跳距乘以跳数得到的距离之间的误差得到。最后对算法精度进行验证。

1 经典 DV-hop 算法

DV-hop 定位算法是一种分布式非测距算法^[2]。算法受环境的影响较小,也不需要额外的硬件设备支持,所以适用于成本低、规模大、节点配置简单的无线传感网络^[3]。

1.1 算法描述

经典 DV-hop 算法非常类似于传统网络中的距离向量路由机制,从而可以将其大致分为三步^[4]:

- (1) 信标节点进行信息广播,计算未知节点与每个信标节点的最小跳数;
- (2) 计算未知节点与信标节点的实际跳距;
- (3) 根据求得的未知节点到信标节点的估计距离,计算未知节点自身坐标。

1.2 算法误差分析

DV-hop 是一种完全依靠网络连通度来对未知节点进行定位的算法^[5],在定位的过程中,外部环境和定位算法本身都会产生一定的误差。产生误差的方面具体如下:

(1) 镜像误差。

在定位过程中,由于用作未知节点定位的信标节点近似共线^[6],未知节点可能出现误判,如图 1 所示。

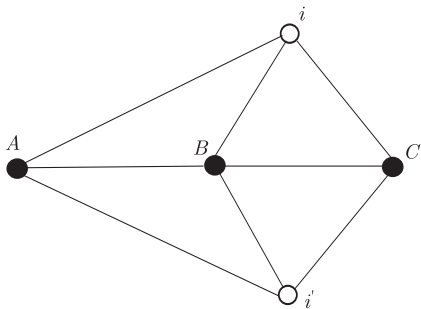


图 1 镜像误差分析图

图中, A 、 B 、 C 为信标节点, i 为未知节点, 由于信标节点近似共线, 导致误判成为 i' 。这种现象称为镜像误差现象, 经典 DV-hop 未考虑这种误差的影响。

(2) 定位计算方法。

在求得未知节点与信标节点之间的距离之后, 一般采用极大似然估计法或三边测量法等估算算法来计算未知节点的坐标^[7]。主要是因为算法简单易实现, 求得的结果都会带有一定的误差, 并且容易造成一定范

围内的误差积累。

(3) 无法定位节点(不良节点)。

无线传感网络中的节点是随机分布的, 很容易造成分布不均^[8]。如果未知节点周围的信标节点数量小于 3 个, 无法对其进行定位, 从而产生了定位盲点。

(4) 跳数误差。

在节点跳数获取阶段, 信标节点以通信半径 R 广播位置信息, 收到该信息的节点均计为 1 跳。如图 2 所示, A 、 B 节点均在信标节点 S 通信范围内, 都能接收到信标节点的位置信息, 并且跳数都为 1 跳, 未知节点 C 在信标节点通信的边缘, 但是收不到信标节点广播的信息, 而是接收到节点 B 转发来的信标节点的位置信息, 所以未知节点 C 的跳数为 2 跳。 A 靠近信标节点, B 、 C 位置接近, 而 A 到信标节点的距离与 B 相等, 是 C 到信标节点的一半, 显而易见, 这样误差较大^[8]。

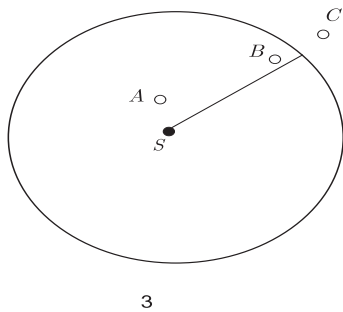


图 2 跳数误差分析图

(5) 平均跳距误差。

当锚节点间的跳数严重偏离直线路径时^[9], 采用公式计算误差较大, 用来估计未知节点到锚节点之间的距离时误差也较大。

2 基于跳距加权的改进 DV-hop 算法

由于经典 DV-hop 算法的误差较大, 于是考虑从跳距方面进行改进。文中通过对未知节点周围信标节点的跳距进行加权, 从而得到比较准确的跳距。影响一个锚节点对未知节点的重要性因素, 主要分为锚节点到未知节点的距离和锚节点跳距的可信度。而锚节点到未知节点的距离可以用两者之间的跳距来衡量, 锚节点跳距的可信度可用锚节点之间真实距离与估算距离两者的误差来度量, 两者误差越大, 可信度越低。

2.1 信息广播和跳数计算

信标节点通过洪范方式广播自身的坐标信息^[10], 设初始跳数为 0。未知节点记录收到每一个信标节点的最小跳数, 同时忽略同一信标节点其他跳数较大的路径, 然后将跳数值加 1, 继续转发给邻居节点, 这样每一未知节点可以得到信标节点的最小跳数。

2.2 信标节点跳距计算

设信标节点 S_k 的坐标为 (x_k, y_k) , 它的邻居节点

$S_i(i=1,2,\cdots,N)$ 的坐标为 (x_i,y_i) 。每个信标节点根据获得的到其他信标节点的坐标和到其的最小跳距^[11]求得跳距,公式如下:

$$\text{HopSize}_i = \frac{\sum_{i \neq k} \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2}}{\sum_{i \neq k} h_{ik}} \quad (1)$$

其中, h_{ik} 为信标节点 S_i 和 S_k 之间的最小跳数。

2.3 未知节点到锚节点的跳距

信标节点到未知节点的跳距越大,即相距越远,信标节点对未知节点的贡献越小。为了提高定位精度,应充分利用网络中的信息,并赋予近距离锚节点较大的权重,故利用反距离加权处理平均每跳距离^[12],表示为:

$$\gamma_j = \frac{1/\text{Hop}_{ij}}{\sum_{i=1}^n 1/\text{Hop}_{ij}} \quad (2)$$

其中, Hop_{ij} 为锚节点 S_i 和 S_j 之间的跳距。

2.4 信标节点跳距可信度

利用信标节点误差来度量其跳距可信度^[13]。首先,利用经典 DV-hop 算法求得的跳距来估算锚节点之间的距离;其次,与实际距离比较,求出误差值;最后,利用误差大小来确定跳距的权重。

(1) 计算锚节点误差。

利用经典 DV-hop 算法中第二步求得的跳距乘以最小跳数,求得估算距离,从而实际距离与估算距离之间的误差为:

$$\text{Error}_j = \frac{\sum_{i \neq j} (D_{ij} - \text{Hopsize}_j \times \text{Hop}_{ij})}{N_j} \quad (3)$$

其中, D_{ij} 为锚节点 S_i 和 S_j 之间的实际距离; Hopsize_j 为锚节点 S_j 的跳距; Hop_{ij} 为锚节点 S_i 和 S_j 之间的跳距。

(2) 权重确定。

用误差的倒数作为权重,并进行归一化,如下:

$$\delta_j = \frac{1}{1 + \text{Error}_j} \quad (4)$$

$$\beta_j = \frac{\delta_j}{\sum_{j \in \text{KHop}_i} \delta_j} \quad (5)$$

其中, KHop_i 为距未知节点跳距小于 k 跳的锚节点。

2.5 计算最终平均跳距

结合信标节点可信度和信标节点离未知节点的跳距,确定最终权重,如下:

$$\omega_j = \alpha \gamma_j + (1 - \alpha) \beta_j \quad (6)$$

其中, α 为系数,用来衡量信标节点可信度和信标节点与未知节点之间的跳距两者的重要性。

未知节点使用距其 k 跳(经典 DV-hop 所求)的锚

节点跳距并结合上述权重进行加权,作为最终的跳距,公式如下:

$$\text{reHopsize}_i = \sum_{j \in \text{KHop}_i} \omega_j \times \text{HopSize}_j \quad (7)$$

其中, HopSize_j 为未知节点 X_i 的修正跳距。

2.6 未知节点定位

利用得到的跳距乘以跳数得到节点之间的距离,结合最小二乘法^[14]进行求解,得到未知节点的坐标。

首先,计算未知节点到锚节点的距离,利用未知节点到锚节点的最小跳数和信标节点的跳距,得到如下公式:

$$d_{ij} = \text{reHopSize} \times h_{ij} \quad (8)$$

其中, d_{ij} 为未知节点 X_i 到锚节点 S_j 的距离; h_{ij} 为未知节点 X_i 到锚节点 S_j 的跳数。

然后,设未知节点坐标为 (x,y) ,锚节点 S_j 的坐标为 (x_j,y_j) ,得到未知节点到信标节点之间的距离 d_i 。利用欧氏距离公式有:

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

把上式转化为线性方程组,形式如下:

$$\mathbf{A}\mathbf{X} = \mathbf{b} \quad (10)$$

从而解得未知节点 X 的坐标:

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}^+ \mathbf{b} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b} \quad (11)$$

其中:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_n) & 2(y_1 - y_n) \\ \vdots & \vdots \\ 2(x_{n-1} - x_n) & 2(y_{n-1} - y_n) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_n^2 + y_1^2 - y_n^2 + d_n^2 - d_1^2 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 - x_n^2 + y_{n-1}^2 - y_n^2 + d_n^2 - d_{n-1}^2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

3 仿真结果与分析

为了验证基于跳距加权的改进 DV-hop 算法的性能,利用 MATLAB 对 DV-hop 算法和改进 DV-hop 算法进行对比,并用仿真数据进行分析。实验中的参数设置如表 1 所示。

表 1 仿真参数设置

参数名称	参数值设置
仿真区域面积	1 000 m × 1 000 m
节点通信半径/m	200
信标节点数量	60
未知节点数量	240
比例系数 α	0.7
KHop	3

仿真中,锚节点和未知节点随机分布在 $1\,000\text{ m} \times 1\,000\text{ m}$ 的区域内,信标节点和未知节点都是随机生成的,在有些区域信标节点比较密集,有些地方信标节点数量较少,从而会导致一定的定位误差,尤其在信标节点稀疏区域,误差较大。

分析经典 DV-hop 算法和改进 DV-hop 算法的定位精度,得到的误差图如图 3 和图 4 所示。

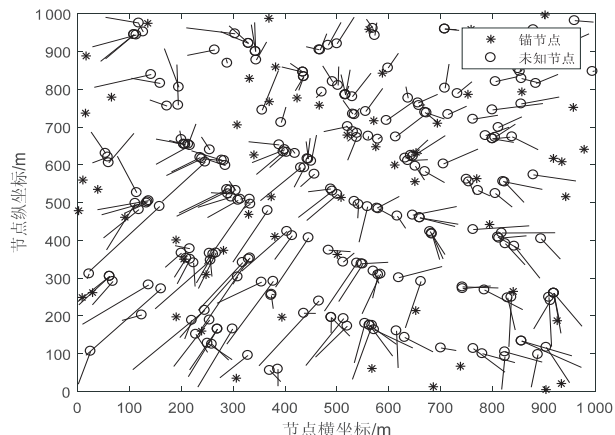


图 3 经典 DV-hop 误差图

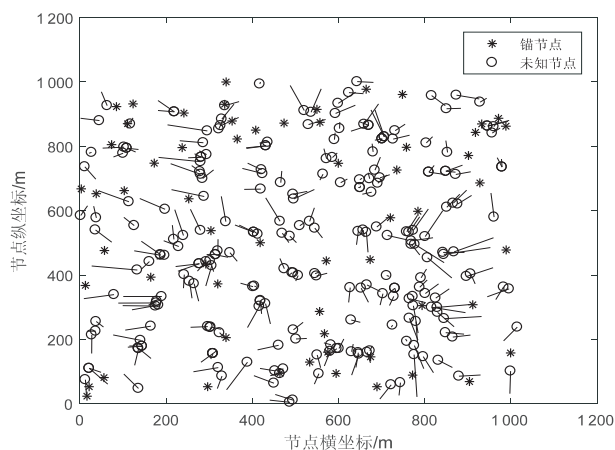


图 4 改进 DV-hop 误差图

由图可知,改进 DV-hop 的每个未知节点的估计位置偏离真实位置要比经典算法小,从而表明改进 DV-hop 的精度要比经典 DV-hop 精度高。而且在信标节点较为密集的区域,误差较小;而在信标节点较为稀疏的区域,定位误差较大。下面从误差值来考虑。定义平均误差^[15],即所有未知节点的估计位置与真实位置的偏离之和除以通信半径和未知节点数量,公式如下:

$$\text{err} = \frac{\sum_{i=n+1}^N \sqrt{(\hat{x}_i - x_i)^2 + (\hat{y}_i - y_i)^2}}{R \times (N - n)} \quad (14)$$

其中, (\hat{x}_i, \hat{y}_i) 为第 i 个未知节点的估计坐标; (x_i, y_i) 为第 i 个未知节点的实际坐标; R 为通信半径; N 为节点数量; n 为信标节点数量。

利用平均误差公式,计算得到原始 DV-hop 和改

进 DV-hop 定位算法 10 次实验的平均误差,并作图进行对比,如图 5 所示。

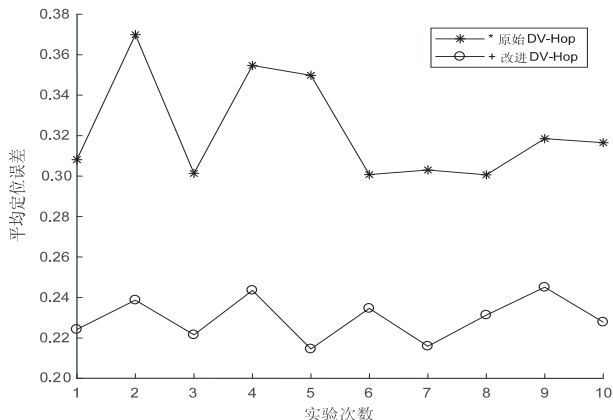


图 5 改进 DV-hop 和经典 DV-hop 的误差对比

由图可知,改进 DV-hop 的平均定位误差明显比经典 DV-hop 的低,并且改进定位算法的平均误差相对比较稳定。因为改进的 DV-hop 算法考虑未知节点附近参考信标节点的可信度和信标节点到未知节点的跳距,这样使离未知节点越远的信标节点对其定位起的作用较小。同理信标节点的可信度越低,对未知节点定位时赋予其较小的权重。这样使得未知节点得到的跳距更接近真实值,从而减小误差。

4 结束语

对无线传感网络的节点定位进行了简要分析,对 DV-hop 定位算法的原理和实现过程进行了详细陈述,并就其定位误差进行分析。利用加权的思想对 DV-hop 的跳距进行修正,提高了精度。最后通过仿真实验对改进 DV-hop 和经典 DV-hop 进行对比,得出改进 DV-hop 的误差有较大的优化。

参考文献:

- [1] 申屠明. 无线传感器网络定位算法研究[D]. 杭州:浙江大学,2007.
- [2] 马淑丽,赵建平. 多通信半径的无线传感器网络 DV-Hop 定位算法[J]. 传感技术学报,2016,29(4):593-600.
- [3] 向满天,王 胜,杨友华. 基于阈值机制与距离校正的 WSN 改进 DV-Hop 定位算法[J]. 传感技术学报,2016,29(6):920-926.
- [4] 刘 啸,刘玉龙. 一种改进的无线传感器网络节点定位算法[J]. 计算机技术与发展,2014,24(4):92-95.
- [5] 李 冬. 基于 DV-Hop 的无线传感器网络定位算法研究与改进[D]. 南京:南京理工大学,2013.
- [6] LI Changyun, ZHAO Peizhe, ZENG Yu. Improved DV-Hop localization algorithm for wireless nodes in the smart grid [C]//26th Chinese control and decision conference. [s. l.]:IEEE,2014:4535-4540.

由图 3 可知,加速比在 Spark 框架下随节点增加呈线性增长趋势,由此可知随着节点的增加能更好地提高分类处理效率,这说明 Spark 框架在处理 KNN 分类算法上具有较好的加速比。并且由此可知,节点数不断增加时 Spark 的加速比优势将会更为凸显。因此,Spark 优于 Hadoop 平台具有较好的加速比,能够高效地实现大数据集的处理。

4 结束语

针对 KNN 分类算法在当前大数据环境下的分类问题,结合词语相关度对常用的 KNN 分类相似度进行优化,并在 Spark 框架下实现算法的并行化,提高分类效率。实验结果表明,文中提出的并行化算法在保证分类准确率的情况下,较传统 KNN 算法在时间效率上有明显提高。但该算法没有考虑相似度中其他属性值的影响,分类效果仍有可提高的空间。

参考文献:

- [1] 王小林,陆骆勇,邵伟鹏. 基于信息熵的新的词语相似度算法研究[J]. 计算机技术与发展,2015,25(9):119-122.
- [2] 苏金树,张博锋,徐 昕. 基于机器学习的文本分类技术研究进展[J]. 软件学报,2006,17(9):1848-1859.
- [3] 王邦军,李凡长,张 莉,等. 基于改进协方差特征的李-KNN 分类算法[J]. 模式识别与人工智能,2014,27(2):173-178.
- [4] 范恒亮,成卫青. 一种基于关联分析的 KNN 文本分类方法[J]. 计算机技术与发展,2014,24(6):71-74.
- [5] 王秀丽. 基于 K 最近邻文本分类的伪装入侵检测[J]. 小型微型计算机系统,2014,35(12):2650-2654.
- [6] ZHANG L,ZHANG C J,XU Q Y,et al. Weighted-KNN and its application on UCI[C]//Proceedings of the 2015 IEEE international conference on information and automation. [s. l.];

IEEE,2015:1748-1750.

- [7] 李正杰,黄 刚. 基于 Hadoop 平台的 SVM_KNN 分类算法的研究[J]. 计算机技术与发展,2016,26(3):75-79.
- [8] LU S P,TONG W Q,CHEN Z J. Implementation of the KNN algorithm based on Hadoop[C]//2015 international conference on smart and sustainable city and big data. Shanghai, China:IET,2015:123-126.
- [9] ANCHALIA P P,ROY K. The k-Nearest neighbor algorithm using MapReduce paradigm[C]//Proceedings of the 2014 5th international conference on ISMS. [s. l.]:IEEE,2014:513-518.
- [10] DEAN J,GHEMAWAT S. MapReduce:simplified data processing on large clusters[J]. Communications of ACM,2008,51(1):107-113.
- [11] GHEMAWAT S. The Google file system[J]. ACM SIGOPS Operating Systems Review,2003,37(5):29-43.
- [12] GROLINGER K,HAYES M,HIGASHINO W A,et al. Challenges for MapReduce in big data[C]//Proceedings of the IEEE world congress on services. Anchorage, AK:IEEE,2014:182-189.
- [13] ZAHARIA M,CHOWDHURY M,DAS T,et al. Resilient distributed datasets: a fault-tolerant abstraction for in-memory cluster computing[C]//Proceedings of the 9th USENIX conference on networked systems design and implementation. Berkeley:USENIX Association,2012:141-146.
- [14] 楼华锋. 面向文本聚类的语义加权研究[D]. 上海:上海交通大学,2010.
- [15] ZAHARIA M,CHOWDHURY M,FRANKLIN M J,et al. Spark:cluster computing with working sets[C]//USENIX conference on hot topics in cloud computing. Boston, MA:USENIX Association,2010:1765-1773.
- [16] 梁喜涛,顾 磊. 中文分词与词性标注研究[J]. 计算机技术与发展,2015,25(2):175-180.

(上接第 86 页)

- [7] 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(12):109-112.
- [8] 潘琢金,刘文春,罗 振,等. 无线传感器网络 DV-Hop 定位算法的改进[J]. 计算机工程与设计,2016,37(7):1701-1704.
- [9] 王小辉,李圣普,吕海莲. 基于布谷鸟算法的 WSN 节点定位研究[J]. 计算机技术与发展,2014,24(12):208-211.
- [10] ZHOU Gongqian,YANG Lujing,LIU Zhong. Wireless sensor network node localization based on error bound DV-Hop algorithm[C]//28th Chinese control and decision conference. [s. l.]:IEEE,2016:2390-2396.
- [11] ZHANG Ying,ZHU Zhuling. A novel DV-Hop method for localization of network nodes[C]//Proceeding of the 35th Chi-

nese control conference. [s. l.]:[s. n.],2016:8346-8351.

- [12] 刘士兴,黄俊杰,刘宏银,等. 基于多通信半径的加权 DV-Hop 的定位算法[J]. 传感技术学报,2015,28(6):883-887.
- [13] WANG Ying,FANG Zhiyi,CHEN Lin. A new type of weighted DV-Hop algorithm based on correction factor in WSNs[J]. Journal of Communications,2014,9(9):699-705.
- [14] ZHENG Jiuhe,QIAN Huanyan,WANG Lie. An improved DV-Hop positioning algorithm for wireless sensor network[C]//IEEE international conference on progress in information and computing. [s. l.]:IEEE,2015:492-497.
- [15] 侯志伟,包理群,安丽霞. 基于残差加权的三维 DV-Hop 改进 WSN 定位算法[J]. 计算机应用与软件,2016,33(1):112-115.