

区间范围内修正跳数值的 Dv-hop 定位算法^①

胡峰松, 孟湘琴

(湖南大学 计算机与通信学院, 长沙 410082)

摘要: 针对 Dv-hop 算法在估算跳数时引进较大误差的问题, 提出了一种基于区间范围内修正跳数(RHWSR)的算法。根据 Dv-hop 算法定位过程, 在平均每跳距离估算、未知节点到各参考节点之间距离的计算等两方面进行了改进, 分析和仿真了不同通信半径与锚节点比率情况下的定位性能。结果表明, 提出的改进措施可极大地提高节点定位精度。此外, 改进措施不改变 Dv-hop 算法的定位过程, 因此不需要增加网络通信量, 是节点定位的一种可选方案。

关键词: 传感器网络; Dv-hop 算法; 节点定位; 定位精度; 区间范围内修正跳数值

Revision Hops Within a Certain Space Range Dv-Hop Localization Algorithm

HU Feng-Song, MENG Xiang-Qin

(College of Computer and Communication, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: This paper proposes an algorithm of revision hops within a certain space range (RHWSR) to address the problem that Dv-hop localization algorithm of wireless sensor networks produces so much error of hops estimation. According to the localization principle of the Dv-hop algorithm, this paper proposes two improvements including the estimation of average single hop distance, the calculation of distance between unknown nodes and reference nodes. The localization performances are analyzed in theory and with simulations at different communication radius and the rate of anchor nodes. The results show that the proposed improvements can greatly enhance the localization accuracy of the unknown nodes. In addition, the proposed schemes do not change the localization process of the Dv-hop algorithm, and hence they need no further communication resource. It is an optional scheme of localization.

Keywords: sensor network; Dv-hop; node localization; positioning accuracy; revision hops within a certain space range

1 引言

无线传感器网络(wireless sensor network, 简称 WSN)^[1]是由集成了传感、信息采集、数据处理和无线通信等多功能的小体积、低成本传感器节点构成的自组织网络。其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息, 并发送给观测者。无线传感器网络能够获取客观物理信息, 具有十分广阔的应用前景。

对于大多数应用, 不知道传感器位置而感知的数据是没有意义的^[2]。传感器节点必须在确定自身所在位置才能详细说明“在什么位置或区域发生了特定事

件”, 从而实现对外部目标的定位和追踪。另一方面, 了解传感器节点位置信息还可以提高路由效率(根据传感器位置确定下一跳), 向部署者报告网络的覆盖质量, 实现网络的负载均衡以及网络拓扑的自配置等等。

研究者们不断提出新的定位算法。这些算法大体上可分为两类: 第一类是基于测距技术的定位算法(range-based), 主要包括 RSSI、TDOA、TOA、AOA; 第二类是基于连通性的定位算法(range-free), 主要包括质心定位算法^[3], Dv-hop^[4-7], Amorphous 算法^[5](不定型算法), APIT^[6], MDS-MAP^[8]。在传感器网络中, 各种方法都有其优势和不足, 第一类方法实现测距技术需要

^① 基金项目: 国家自然科学基金(90715043)

收稿时间: 2010-07-15; 收到修改稿时间: 2010-08-10

附加的硬件设备而且测距效果受环境影响很大；第二类方法因成本低廉，受环境影响较小，越来越受到关注。**Dv-hop** 算法是目前应用最广泛的定位算法之一，但是它在计算未知节点到信标节点距离时存在较大误差。本文针对 **Dv-hop** 算法这一不足，引进了区间范围内修正跳数，从而提出一种改进算法。

2 Dv-hop定位算法

2.1 Dv-hop 算法思想

Dv-hop 算法由 3 个阶段组成。首先使用典型的距离矢量交换协议，使网络中所有节点获得距锚节点的跳数。每个节点维护一个表，并且与邻居交换更新的信息。第 2 阶段，在获得其他锚节点位置和相隔跳数之后，锚节点计算网络平均每跳距离，然后将其作为一个校正值广播至网络中。当未知节点获得与 3 个或更多锚节点的距离时，则在第 3 阶段执行三边测量或者多边测量来进行定位。

2.2 算法存在的问题及现有改进方法的简要分析

Dv-hop 算法过于依赖跳数，当锚节点因为种种原因接收不到合理的跳数值之后会在很大程度上影响锚节点计算出的平均每跳距离值；非锚节点也会随之受到很大程度的影响。

在现今的研究中，有很多算法在 **Dv-hop** 算法做了相应的改进，如在文献[9]中则对其平均跳距取所有跳距的平均值并通过 2D 双曲线进行坐标值估算，使其在覆盖率上有了明显的提高；也有人提出了基于 Monte Carlo^[10]方法来进行定位。文献[11,12]将重点放在距离修正上，文献[11]提出的改进算法将所求得的未知节点与信标节点距离乘以距离修正系数来提高距离精度；文献[12]则是求出平均每跳距离误差，然后根据平均每跳距离误差修正平均每跳距离的精度；文献[13]在求平均每跳距离时，着重于选择外围信标节点来进行求解，在一定程度上提高了定位精度；文献[14]则引入了 RSSI 辅助定位，对于位于信标节点一跳以内的节点，其到信标节点的距离采用 RSSI 估计获得，对于一跳以外的节点则用传统的 **Dv-hop** 算法处理；文献[15]提出一种基于夹角修正定位，在一定程度上起到了提升定位精度的作用。文献[16]主要是基于锚节点的通信范围来确定节点位置，并使用检测概率的方法来分析定位误差。文献[17]用由多跳的校正值和锚节点

的平均每跳距离误差所组成修正值对节点间的距离进行修正，同时将总体最小二乘法应用于定位中，进一步提高了定位精度。

3 改进的定位算法

3.1 算法思想

考虑到在通信范围内不管其相距多远，在计算其跳数时都将其估值为一跳，这在一定程度上偏离了实际距离，如图 1 所示， R 为节点 O 的通信半径， A, B, C, D 都在其一跳通信范围内，按 **Dv-hop** 的思想， O 到 A, B, C, D 的跳数均为一跳，这样只有 D 的跳数值接近于实际值，而 A, B, C 则在一定程度上引进了误差。

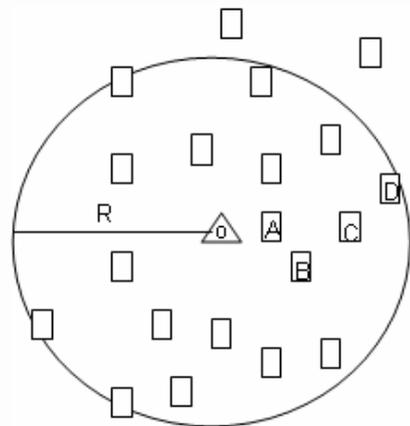


图 1 通信范围内节点分布图

本文则希望引进一种机制能够使各节点之间相互跳数值更趋近于实际值，即选取相应的区间系数，在一定区间范围内赋以其对应的跳数值，如 A ，其跳数值可以设为 $1/4$ 跳，相应的 B, C, D 分别为 $2/4, 3/4, 4/4$ 跳。

3.2 改进的算法实现

第一阶段

(1) 与传统的 **Dv-hop** 算法一样，通过洪泛来获取各节点之间的跳数，即第一个过程，但在该阶段还需要保存从某节点出发，途经其它节点的最长节点序列；通过一个表保存其依次所途经过的节点，该表初始值为自己本身。并按以下方式更新本身表值：

步骤一：发起节点 i 将自身的表值 $data_i$ 加入到 **Dv-hop** 数据包中一起转发出去；

步骤二: 收到数据包的节点 j 分析收到的值:

(a) 若 $data_j$ 只包含自身 j 节点,则将 i 作为 j 的前驱节点保存到 $data_j$;进入步骤一;

(b) 若节点 $j \in data_i$,则用 $data_i$ 更新有相同前出发点的 $data_j$; 进入步骤一;

(c) 若 $j \notin data_i$, 且 $\{data_i; i \notin data_i\}$ 与 $\{data_j; j \in data_j\}$ 相等时, 则将 i 作为 j 的前驱节点保存到 $data_j$;进入步骤一;

(d) 该过程伴随原始 Dv-hop 第一阶段洪泛进行。

如针对图 1, O 节点会在一跳内到达 A, B, C, D 各节点, 此时, A, B, C, D 会保存其前趋节点 O, 即 O 节点放入表中; 与此同时, A 节点收到 O 节点的信息后同样会遍历其一跳范围内的节点, 然其到达 B,C,D 时可查询是否具有相同的前趋节点, B, C,D 均有, 则说明 A 节点在该通信范围内相对于 B, C, D 离 O 节点更近, 此时, 把 A 节点入表中, B, C, D 更新其表值其前缀为 [O, A]; 同理, 当 B 节点的信息到达 C, D 时, B 节点入表, C, D 更新其表值其前缀为 [O, A, B], 当 C 节点的信息到达 D 节点时, C 节点入表, D 节点更新其表值其前缀为 [O, A, B, C]; 理想情况下值变化如下:

① 初始化:

A: [A]; B: [B]; C: [C]; D: [D];

② O 节点信息到达 A, B, C, D 各节点时:

A: [O - A]; B: [O - B]; C: [O - C]; D: [O - D];

③ A 节点信息到达 B, C, D 各节点时:

B: [O - A - B]; C: [O - A - C]; D: [O - A - D];

④ B 节点信息到达 C, D 各节点时:

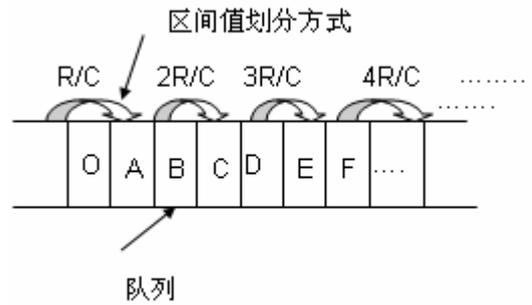
C: [O - A - B - C]; D: [O - A - B - D];

⑤ C 节点信息到达 D 节点时:

D: [O - A - B - C - D]

A, B, C, D 在该洪泛阶段将其表值放在所需要转发的数据包里一起广播出去, 则节点会 A 依次收到从 B, C, D 上广播过来的数据包, 在收到包含自身并来自同一起始节点的信息时, 判断其表长度是否长于自身保存的表值, 如果是则用最新接收到的表值更新自身保存的表值, 与此类推, B, C, D 节点一样, 保存从同一个节点出发最长的链表值。

各节点根据自身保存的表值, 在计算其通信范围内的到其它各节点的跳数时, 按图 2 方式进行:



注: 区间范围为 $[R/C, 2R/C, \dots, 1]$ C 为常数

图 2 区间值划分方式

即节点根据自己处于表中某一区间范围内, 计算从开始节点到自身的跳数值。如图 3 所示, 对于从 O 节点开始, 途经 F 的最长路径值为 $[O, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L]$, 按如下方式划分区域跳数值: 在表中, 从 O 节点开始的, 处于该路径长度 $[0, 1/4]$ 区间内时跳数值为 $1/4$; 在 $(1/4, 3/4]$ 区间内时跳数值为 $1/2$; 在 $(3/4, 5/6]$ 区间内时跳数值为 $3/4$; 在 $(5/6, 1]$ 区间内时跳数值为 1 。而 F 处于 $(1/4, 3/4]$ 区间内, 则此时 F 在接下来的第二阶段, 在收到从 O 转发过来的数据包时在累计跳数时不是以 1 跳计算, 而是以 $1/2$ 计算。

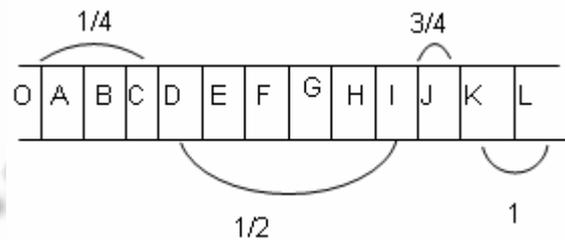


图 3 本文实验区间值划分方式

(2) 计算锚节点之间的跳数

如图 4 所示, A, B 为锚节点, R 为通信半径, 在节点 3 通信范围内的点有 $[1, 2, 5]$, 在节点 5 通信范围内的点有 $[3, 4, 6, B]$, 锚节点 B 通信范围内的节点有 $[4, 5, 6]$ 。设锚节点 A 通过 Dv-hop 第一阶段经 N 跳至锚节点 B, 按前面方法可以得到 B 通信范围内经由 B 的表值, 此时 B 保存的表值 $[5, B, 4, 6]$, 按区间范围跳数估算, 经由节点 5 到 B 的跳数为 $2/4$, 此时 A 到 B 的跳数值可为 $N + 2/4$; 同理可以得 B 到 A 的跳数。

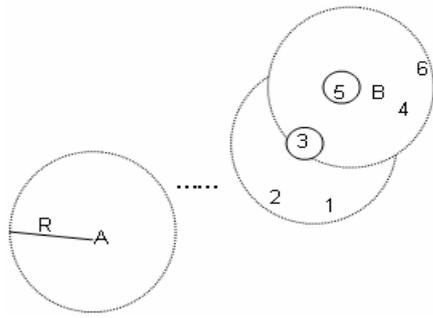


图 4 锚节点之间跳数估算

第二阶段

在获取锚节点间的距离与相互间的跳数后计算平均跳距，广播各锚节点较正值，并在该阶段通过距离矢量交换协议按区间值划分的方式计算各节点到锚节点之间的跳数值。

第三阶段

利用极大似然算法计算自身位置。

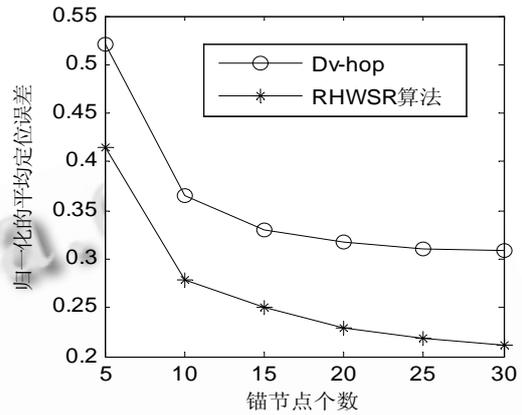
4 实验仿真及结果分析

仿真分析的网络环境设置如下：利用 matlab 对实验进行仿真，设置 200 个传感器节点随机均匀分布在 100 m×100 m 正方形区域内，研究在不同的通信半径 (R) 与参考节点比例条件下节点定位的性能。对不同节点的通信半径及参考节点比例，分别进行了 50 次网络仿真试验，并取其均值。设节点的真实位置为 x_i ，估计位置为 \bar{x}_i ，记距离误差 $|x_i - \bar{x}_i|$ 为一次网络仿真时

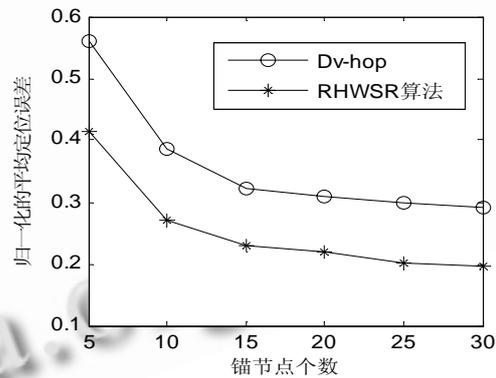
节点 i 定位误差，定义 $e = (\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K |x_i - \bar{x}_i|) / (KN)$ 为所有未知节点的平均定位误差(其中 K 为未知节点的个数， $N = 50$)， $\bar{e} = e/r$ 为对通信半径归一化的平均定位误差。

图 5(a)-(d)给出了在不同节点通信半径(30m, 40m, 50m 和 60m)时，采用本文提出的改进措施时得到的节点归一化平均定位误差结果，其中 x 轴表示锚节点数。从图中可以看出，本文提出的改进措施都显著优于基本 Dv-hop 算法，节点的归一化的平均定位误差同基本 Dv-hop 算法相比降低了大约 10%，其主要原因是改进的算法解决了原始算法中粗粒度计算节点间跳数的问题，从而在计算节点间的距离时更接近其实际值；无论是基本 Dv-hop 还是本文的改进措施，随着通信半径的增大，节点的平均定位误差都随之增大，如图

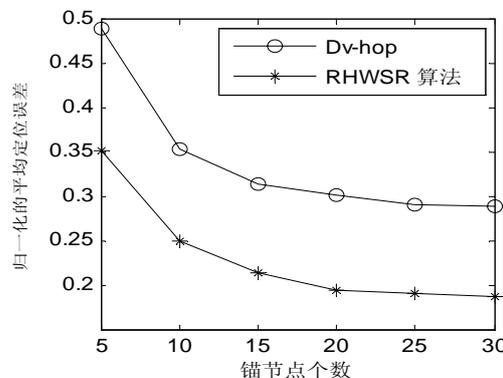
6 所示。这是因为 Dv-hop 及其改进算法都是通过获得网络的平均每跳距离以及跳数情况进行定位的，而通信半径增大将导致平均每跳距离的估计误差变大，从而造成节点的定位误差的增大。但是，采用本文改进措施的 RHWSR 算法在相同通信半径时的平均误差都明显优于基本 Dv-hop。



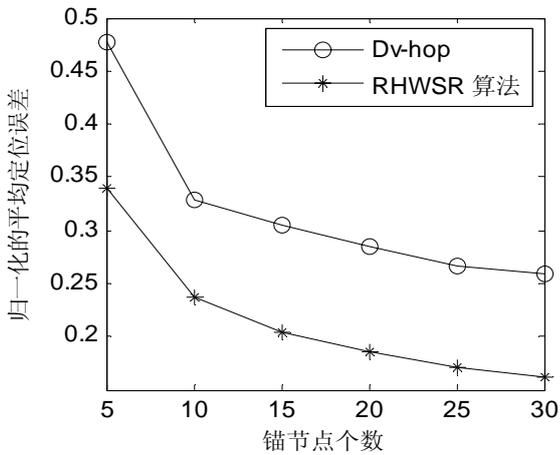
(a) 节点定位(R=30)



(b) 节点定位(R=40)

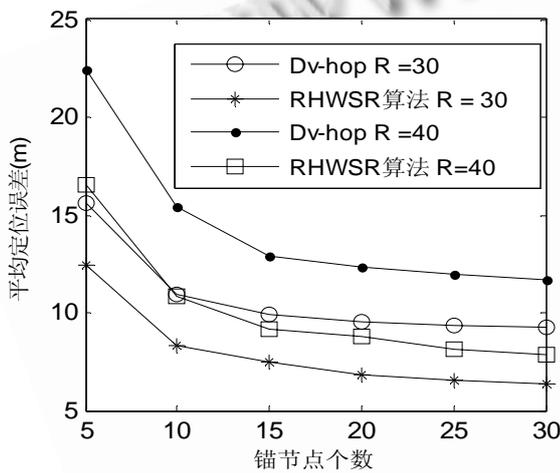


(c) 节点定位(R=50)

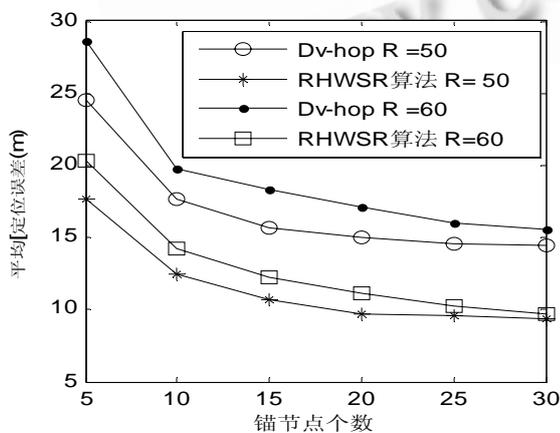


(d) 节点定位(R=60)

图 5 节点归一化平均定位误差与参考节点数之间的关系



(a) 通信半径 (R=30 和 R=40)



(b) 通信半径 (R=50 和 R=60)

图 6 节点平均定位误差与通信半径之间的关系

5 结论及展望

为了提高 Dv-hop 算法在随机分布传感器网络中的定位性能, 本文对 Dv-hop 算法的平均跳距和跳数估算两个方面提出了改进措施。本文通过引进区间范围内估算跳数值, 使原 Dv-hop 算法的跳距更加接近实际值, 这就在一定程度上降低了 Dv-hop 引进的误差, 并可对区间参数进行修改, 提高某一个范围内节点的定位精度。从分析与仿真结果可以看出, 改进后和定位算法在定位精度上较传统算法有明显提高, 且不受分布节点的影响。在获得相同定位精度时, 其所需锚节点比传统方法少, 能够降低传感网络的造价, 有一定的实用性, 能够满足大多数传感网络定位的应用需求, 是节点定位的一种可选方案。由于该算法通过设置区间参数, 能够较好的定位邻近锚节点的未知节点。但在本文算法中需要引进额外的存储空间, 在后期的工作中将设法不引进硬件开销来进一步提升节点的定位精度。

参考文献

- 1 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感网络. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- 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. 软件学报, 2005, 16(5): 857-868.
- 3 Nirupama B, John H, Deborah E. GPS-less Low-cost Outdoor Localization for Very Small Devices. IEEE Personal Comm., 2000, 7(5): 28-34.
- 4 Niculescu D, Nath B. Ad-Hoc positioning systems (APS). Proc. of the 2001 IEEE Global Telecommunications Conf. San Antonio: IEEE Communications Society, 2001, 5: 2926-2931.
- 5 Nagpal R, Shrobc H, Bachrach J. Organizing a Global Coordinate System from Local Information on an Ad Hoc Sensor Network. Proc. of IPSN'03. Palo Alto, CA, USA: Sringer-Verlag Press, 2003: 333-348.
- 6 He T, Huang CD, Blum BM, et al. Range-free Localization Schemes in Large Scale Sensor Networks. Proc. of MOBICOM'03. San Diego, California, USA: ACM Press, 2003.

(下转第 69 页)

6 结语

基于网络编码的 P2P 流媒体直播系统是近年来网络流媒体研究的新趋势。在这篇文章中,我们针对其中由于缺乏合理的资源分配策略而导致多源服务产生大量线性相关冗余数据这一个问题,提出了一个活动源节点最优选择问题,并给出了一个多项式时间近似算法。模拟实验表明该算法较 R2 等其他策略具有更少的线性相关冗余同时满足服务要求。我们下一步将在这个算法基础研究出合理的协同调度策略,用较少的控制开销更好的发挥网络编码在 P2P 系统中的作用。

参考文献

- 1 Ahlswede R, Cai N, Li SY, Yeung RW. Network information flow. *IEEE Transactions on Information Theory*, 2000,46(4): 1204—1216.
- 2 Ho T, Koetter R, Medard M, Karger D, Effros M. The benefits of coding over routing in a randomized setting. *Proc. of the IEEE International Symposium on Information Theory*. 2003: 442.
- 3 Wang M, Li B. R2: Random push with random network coding in live peer-to-peer streaming. *Journal on Selected Areas in Communications*, 2007,25(9):1655—1666.
- 4 Wang M, Li B. Lava: A reality check of network coding in peer-to-peer live streaming. *Proc. of IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM)*. 2007:1082—1090.
- 5 Feng C, Li B. On large-scale peer-to-peer streaming systems with network coding. *Proc. of ACM Multimedia*. 2008:267—278.
- 6 Niu D, Li B. On the resilience-complexity tradeoff of network coding in dynamic p2p networks. *Proc. of IEEE International Workshop on Quality of Service (IWQoS)*, 2007:38—46.
- 7 Liu Z, Wu C, Li B, Zhao S. UUsee: Large-scale operational on-demand streaming with random network coding. *Proc. of IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM)*. 2010.
- 8 Xu D, Hefeeda M, Hambrusch S, Bhargava B. On peer-to-peer media streaming. *Proceedings of International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'02)*. Wien, Austria, Jul. 2002:343—355.
- 9 Chen HY, Sezaki K, Deng P, So HC. An improved DV-Hop localization algorithm for wireless sensor networks *Industrial Electronics and Applications*, 2008. ICIEA 2008. 3rd IEEE Conference on 3-5 June 2008:1557—1561.
- 10 Rudafshani, Datta S. Localization in Wireless Sensor Networks, *IPSN*, April 2007.
- 11 李道远,王义发,黎洪生.基于改进 DV-Hop 算法的无线传感器网络节点定位. *武汉理工大学学报(信息与管理工程版)*,2007,29(4):50—52.
- 12 刘林,范平志.一种降低定位误差的无线传感器网络节点定位改进算法. *电路与系统学报*,2007,12(2):50—55.
- 13 姜山,李建波.一种改进的 DV-HOP 传感器网络定位算法. *计算机工程与应用*,2007,43(34):141—143.
- 14 刘艳文,王福豹,段渭军,于超.基于 DV-Hop 定位算法和 RSSI 测距技术的定位系统. *计算机应用*,2007,27(3):516—518.
- 15 赵红,孙光,秦姣华,唐飞岳.夹角修正的 dv-hop 传感器网络节点定位研究. *计算机工程与应用*,2009,45(13):141—143.100—102.
- 16 Liu Y, Qian ZH, Liu D, Zhong H. A DV-Hop Positioning Algorithm for Wireless Sensor Network Based on Detection Probability, *ncm, 2009 Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC*,2009.453-456.
- 17 张佳,吴延海,石峰,耿方.基于 DV-HOP 的无线传感器网络定位算法. *计算机应用*,2010,30(2):323—326.

(上接第 53 页)

- 7 Niculescu D, Nath B. DV based positioning in ad hoc networks. *Journal of Telecommunication Systems*, 2003, 22(1/4):267—280.
- 8 Shang Y, Ruml W, Zhang Y, Fromherz MPJ. Localization from mere connectivity. *Proc. of the 4th ACM Int'l Symp. On Mobile Ad Hoc Networking & Computing*. Annapolis: ACM Press, 2003.201—212.
- 9 Chen HY, Sezaki K, Deng P, So HC. An improved DV-Hop localization algorithm for wireless sensor networks *Industrial Electronics and Applications*, 2008. ICIEA 2008. 3rd IEEE Conference on 3-5 June 2008:1557—1561.
- 10 Rudafshani, Datta S. Localization in Wireless Sensor Networks, *IPSN*, April 2007.
- 11 李道远,王义发,黎洪生.基于改进 DV-Hop 算法的无线传感器网络节点定位. *武汉理工大学学报(信息与管理工程版)*,2007,29(4):50—52.
- 12 刘林,范平志.一种降低定位误差的无线传感器网络节点定位改进算法. *电路与系统学报*,2007,12(2):50—55.
- 13 姜山,李建波.一种改进的 DV-HOP 传感器网络定位算法. *计算机工程与应用*,2007,43(34):141—143.
- 14 刘艳文,王福豹,段渭军,于超.基于 DV-Hop 定位算法和 RSSI 测距技术的定位系统. *计算机应用*,2007,27(3):516—518.
- 15 赵红,孙光,秦姣华,唐飞岳.夹角修正的 dv-hop 传感器网络节点定位研究. *计算机工程与应用*,2009,45(13):141—143.100—102.
- 16 Liu Y, Qian ZH, Liu D, Zhong H. A DV-Hop Positioning Algorithm for Wireless Sensor Network Based on Detection Probability, *ncm, 2009 Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC*,2009.453-456.
- 17 张佳,吴延海,石峰,耿方.基于 DV-HOP 的无线传感器网络定位算法. *计算机应用*,2010,30(2):323—326.