

一种适用于密集传感器网络中的 DV-Hop 改进算法

刘丽君, 陈志奎

(大连理工大学 软件学院, 辽宁 大连 116023)

摘 要: 提出一种基于 Cluster 管理的应用于密集网络的改进的 DV-Hop 算法 CSDVH. 通过实验数据的分析, 相比较传统的 DV-Hop 算法和改进算法, 在密集网络中, CSDVH 算法通信代价很小 $O(3n)$ 、误差较小; 在稀疏网络中, CSDVH 算法定位的精确度较高, 比 DV-Hop 算法降低了 10%. 创新的提出了减小无线传感器网络定位能量消耗的方法并把 CSDVH 算法应用到移动的传感器网络中.

关键词: 无线传感器网络; DV-Hop 算法; Cluster; CSDVH 算法; 密集网络; 能量

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)07-0190-04

An Improved DV-Hop Algorithm for Intensive Wireless Sensor Network

LIU Li-jun, CHEN Zhi-kui

(Software School, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

Abstract: This paper proposes a new improved DV-Hop algorithm, CSDVH (Cluster for Scalable DV-Hop) Cluster management and applicable in large-scale Wireless Sensor Network (WSN). Through the analysis of experimental data, compared to DV-Hop and improved DV-Hop algorithm, In the dense network, CSDVH has less communication cost algorithm $O(3n)$, higher accuracy. In the sparsity network, the accuracy of CSDVH algorithm has increased 10% than DV-Hop algorithm. Moreover, in theory, the paper proposes two innovation ideas, which are clusters to save energy and CSDVH algorithm can be applied to mobile sensor network.

Key words: WSN; DV-Hop; Cluster; CSDVH; large-scale; energy

1 引言

无线传感器^[1]节点通常随机布置在环境中执行各种监测任务,以自组织的方式互相协调工作. 随机布置的传感器节点无法事先知道自身位置,因此传感器节点必须能在随机布置后实时地对一些节点或者是全部节点进行定位. 传感器节点的自身定位就是根据少数已知位置的节点,按照某种定位机制确定自身的位置.

目前,定位算法根据定位过程中是否需要测量实际节点间的距离可分为 range-based 的定位算法 AOA、TOA、TDOA、RSSI 和 range-free 的定位算法质心算法、凸规划算法、Amorphous 算法、MDS-

MAP 算法和 APIT^[2]、DV-Hop^[3] 算法.

文中基于对 DV-Hop 定位算法的改进. DV-Hop 算法具有方法简单、定位精度较高等优点,但是有两个不足:(1)通信代价 $O(bn)$ (b 表示信标节点的个数, n 表示网络中整个节点的个数)很高,所以当信标节点的个数和未知节点的个数增加时,通信代价 $O(bn)$ 会很快地增加,那么节点的能量消耗很快,节点的响应速度也会很慢,因此 DV-Hop 算法不适合用于密集型网络中;(2)唯一的标准因子平均每跳距离 Ash (average size of hop) 决定整个网络的误差值的大小,所以会使得整个网络的误差值会因 Ash 的误差大小而形成累积误差.

文中提出的对 DV-Hop 的改进算法 CSDVH

是基于 Cluster 管理的应用于稀疏和密集网络的分布式的定位算法^[4]. 而把 Cluster^[5] 加入到 DV-Hop 算法中, 拓展它的应用范围. CSDVH 算法把整个网络分成一些 Cluster, 以此限制 DV-Hop 算法中对于全网的洪泛广播, 而且每个 Cluster 都是分布式自治的管理各 Cluster 内的节点, 通信代价 $O(3n)$ 相比 DV-Loc 和 SDV-Hop^[4] 算法更小一些; 而且 CSDVH 算法在稀疏网络中, 网络节点的平均误差值相比 DV-Hop 算法, 降低了 10%, 这是改进算法 DV-Loc^[6] 和 SDV-Hop^[7] 所不及的; CSDVH 算法在每个 Cluster 内都保证了至少有三个信标节点, 相对于 DV-Loc 和 SDV-Hop 算法, 无论是在稀疏还是密集网络中, 都有很值得研究的价值.

2 DV-Hop 算法简介

DV-Hop 算法的定位过程分为三个阶段:

(1) 计算未知节点与每个信标节点的最小跳数

信标节点向邻居节点广播自身位置信息的分组, 其中包括跳数字段, 初始化为 0. 接收节点记录具有到每个信标节点的最小跳数, 忽略来自同一个信标节点的较大跳数的分组. 然后将跳数加 1, 并转发给邻居节点. 通过这个方法, 网络中的所有节点能够记录下到每个信标节点的最小跳数.

(2) 计算未知节点和信标节点的实际跳段距离

每个信标节点根据第一阶段中记录的到其他信标节点的位置信息和相距跳数, 利用式(1) 估算平均每跳距离(Ash).

$$Ash_i = \frac{\sum_{j \neq i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\sum_{j \neq i} h_{i,j}} \quad (1)$$

其中 $(x_i, y_i), (x_j, y_j)$ 是信标节点 i, j 的坐标, $h_{i,j}$ 是信标节点 i 与 $j (i \neq j)$ 之间的跳数. 然后, 信标节点将计算的每跳平均距离用带有生存期字段的分组广播至网络中, 未知节点仅记录接收到的第一个每跳平均距离, 并转发给邻居节点. 这个策略确保了大多数节点从最近的信标节点接收到每跳平均距离值. 未知节点接收到平均每跳距离后, 根据式(2) 计算到每个信标节点的跳段距离.

$$d_{i,k} = Ash_i \times h_{i,k} \quad (2)$$

(3) 利用多边测量计算自身位置

未知节点利用第二阶段中记录的到各个信标节点的跳段距离, 根据三边测量法或极大似然估计法计算自身坐标.

3 基于 Cluster 的 CSDVH 算法

如图 1, CSDVH 算法分为 Cluster-head 选择、节点加入各自的 Cluster 内并在每个 Cluster 内计算平均每跳距离, 从而利用多边测量法计算节点的自身位置.

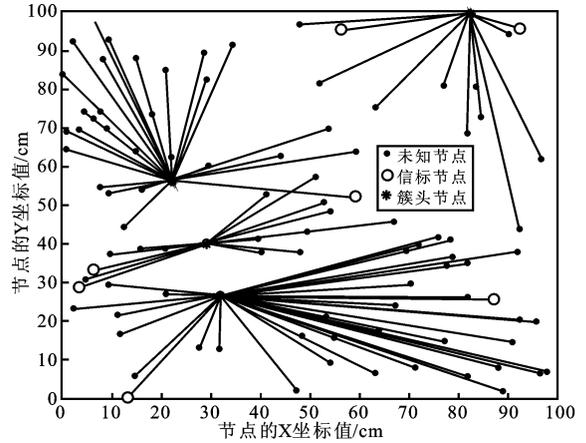


图 1 Cluster 模型

3.1 Cluster-head 的选择

本算法是依据了 LEACH^[8] 协议 Cluster-head 的选择方法, 并对此方法进行了改进, LEACH 协议是根据某个阈值自主决定是否当选 Cluster-head. CSDVH 算法是在信标节点中选择 Cluster-head, 而不是在整个网络中进行选择. 每个信标节点产生一个 0~1 之间的随机数, 如果这个数小于阈值 $T(n)$, 则该节点向周围节点广播它是 Cluster-head 的消息, $T(n)$ 的计算公式为:

$$T(n) = \frac{p}{1 - p \times [r \bmod (1/p)]} \quad (3)$$

其中, p 是 Cluster-head 占有所有节点的百分比, 即节点当选为 Cluster-head 的概率; r 是目前循环进行的轮数; 因为 DV-Hop 算法的特殊性, 每个节点必须与最少三个信标节点进行通信, 才能利用多边测量法进行计算其自身的位置. 所以在选择 Cluster-head 时要保证每个 Cluster 内平均至少要有三个信标节点, 从而在各自的 Cluster 内计算自身的位置.

CSDVH 算法相当于在每个 Cluster 执行一次 DV-Hop 算法, 因此使得 DV-Hop 算法的通信范围只缩小到了一个 Cluster, 大大降低了 DV-Hop 算法的通信代价. 如果整个网络拓扑变化了(包括新的节点加入、节点的死亡或者是节点的移动等), 就要开始新一轮的 Cluster-head 选择; 如果只是本 Cluster 内的网络拓扑结构改变了, 那么只要重新计算平均每跳距离, 因此 CSDVH 算法可应用到移动

的无线传感器网络中.

3.2 生成 Cluster 的过程以及每个 Cluster 内的节点定位

如图 1 所示, 由于信标节点的特殊性, 所以在加入 Cluster 内的时候分为两种情况: 第一, 加入未知节点, 根据公式 $i = \arg \min_{j \in C} \{d_{ij}\}$, (其中 $i \in$ 未知节点集, C 为 Cluster-head 集, d_{ij} 表示 i 和 j 的距离), 这样未知节点 i 就加入 j 这个 Cluster 内; 第二, 加入信标节点, 采用首先判断这个 Cluster 内有几个信标节点, 即 $\text{if}(j \text{ Cluster 内信标节点的个数}) < 3$, 根据公式 $k = \arg \min_{j \in C} \{d_{kj}\}$ (其中 $k \in$ 信标节点集, C 为 Cluster-head 集, d_{kj} 表示 k 和 j 的距离) 这样信标节点 k 加入 j 这个 Cluster 内, else 即 $(j \text{ Cluster 的信标节点个数}) \geq 3$, 那么就不再加入 j 这个 Cluster, 而选择加入另外一个最近的 Cluster.

整个网络的 Cluster 拓扑结构形成的过程中, 可以并行计算各自 Cluster 内的节点定位信息, 从而实现 Cluster 内的快速定位, 这也是 Cluster 分布自治管理网络的缘由. 在计算 DV-Hop 中的距离以及跳数时, 通信的范围缩小到了一个 Cluster 的范围, 所以通信代价大大降低为 $O(3n)$. 在实验仿真分析下: 当节点数不断增加的时候, CSDVH 算法的误差值比 DV-Hop 算法要低; 而且在稀疏网络中, CSDVH 算法中的多个 Cluster 的平均误差比传统的 DV-Hop 算法也降低了 10% 的误差率.

4 性能分析

设节点的真实位置为 X_i , 坐标为 (x_i, y_i) , 估计位置为 \hat{X}_i , 坐标为 (\hat{x}_i, \hat{y}_i) , 距离误差为 $\|X_i - \hat{X}_i\|$ 为一次网络仿真时节点 i 的定位误差, 定义平均误差为:

$$e = \sum_{i=1}^K \|X_i - \hat{X}_i\|_2 / K \quad (4)$$

其中 K 为未知节点的个数. 每个节点的误差为:

$$\|X_i - \hat{X}_i\|_2 = \sqrt{(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (5)$$

4.1 密集网络中 CSDVH 和 DV-Hop 算法的通信代价对比

图 2 是在 92×92 的正方形区域内, 信标节点的个数为 32 个, 节点个数从 100~1000 的增加过程中, 通过 NS2 仿真环境下得到的发包数量, 结合 matlab 得到的.

如图 2 可知, 改进算法 CSDVH 与 DV-Hop 算法的对比可知, 由于是基于 Cluster 的管理, 所以在节点数量增加的时候, 发包数量比较稳定, 范围在

400~5500 之间, 通信代价为 $O(3n)$. 而 DV-Hop 算法的发包数量在快速上升, 范围在 4500~24000 之间, 通信代价为 $O(bn)$. 本算法与 DV-Loc 算法^[3]和 SDV-Hop^[4]也进行了对比, 从图中可以看出, 尽管 DV-Loc 算法和 SDV-Hop 算法在节点不断增加的前提下, 发包数量增加缓慢, 也趋于比较稳定的状态, 但是它们的通信代价分别为 $O(4n + n \log b)$ 和 $O(4n + 2n \log(b-3))$, 所以在密集网络中, 文中算法 CSDVH 发包数量最少、通信代价最小 $O(3n)$, 所以算法 CSDVH 具有一定的优越性.

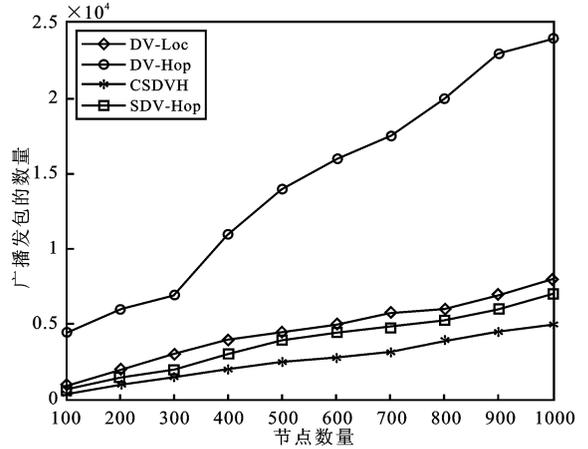


图 2 CSDVH 和 DV-Hop 算法的发包数量的对比

4.2 稀疏网络下 CSDVH 和 DV-Hop 算法误差值的对比

在稀疏的网络环境下, 通过计算机仿真来研究文中 CSDVH 算法与传统的 DV-Hop 算法误差值进行对比的结果. 在一个正方形 100×100 区域内随机设置 100 个节点 (包括参考节点与未知节点) 200 次随机实验的情形, 考察 CSDVH 算法和 DV-Hop 算法的误差值进行分析如图 3 所示.

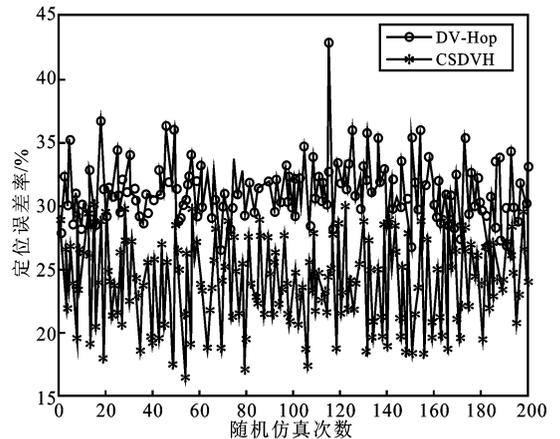


图 3 两种算法 10% 信标比例下定位误差曲线

图 3 在仿真区域内信标节点有 10 个的情况下

的进行的 200 次随机仿真实验比较. 从图 3 中可以看出, CSDVH 算法明显地优于 DV-Hop 算法的误差率, 在此环境下 CSDVH 算法的误差值范围为 16%~30%, 平均误差率只有 23%, CSDVH 算法的平均误差率比传统的 DV-Hop 算法降低了 10%. 因此 CSDVH 算法比 DV-Hop 定位算法的精度有了明显的提高.

图 4 在仿真区域内随机 100 个传感器节点, 信标点的数量分别是 5、10、15、20、25、30 时, DV-Hop 定位算法和 CSDVH 定位算法在不同信标节点数量时的定位误差率的比较. 由图 4 看出, 在各种环境下, CSDVH 算法定位精度均高于传统的 DV-Hop 定位算法的精度. 从表 1 可看出, 特别是信标节点的个数为 20、25、30 时, CSDVH 算法的定位精度分别提高了 5%、8% 和 10%, 从而得出, CSDVH 算法比 DV-Hop 定位算法的精度有了明显的提高. 两种算法都满足了信标节点个数较少时, 误差较大; 增加信标节点的个数, 定位误差很快降低, 锚节点数量越多, 两种算法的定位精度均越高.

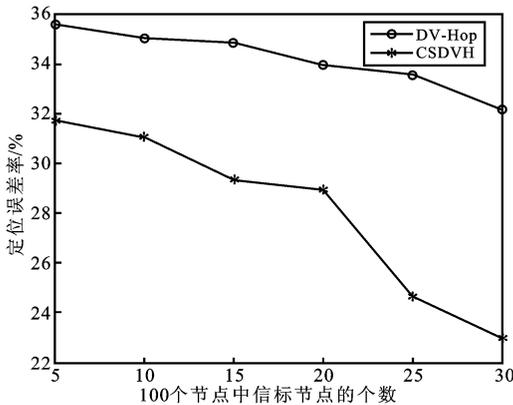


图 4 不同信标节点定位误差曲线

表 1 两种算法在信标节点个数变化时的误差值的比较

误差值	B5	B10	B15	B20	B25	B30
DV-Hop	35%	35%	34%	33%	32%	32%
CSDVH	31%	30%	29%	28%	24%	23%

注: ‘B’ 代表信标节点的个数.

定位误差的标准方差主要反映算法的稳定性, 其统计结果如图 5 所示. 100 个传感器节点, 在信标节点为 5、10、15、20、25、30 的变化过程, 标准方差的变化情况如图 5. 可以看出 CSDVH 算法的稳定性优于传统的 DV-Hop 算法.

5 结束语

文中提出了对 DV-Hop 的改进算法 CSDVH.

由于 CSDVH 算法是基于 Cluster 的分布式自治管理, 因此相比传统的 DV-Hop 算法和改进的 DV-Hop 算法, 通信代价很小 $O(3n)$, 适合于密集型的无线传感器网络. 在稀疏网络中, 定位的精度提高了 10%, 明显地优于 DV-Hop 算法. 文中创新的提出了减小无线传感器网络定位能量消耗的方法并把 CSDVH 算法应用到移动的传感器网络中.

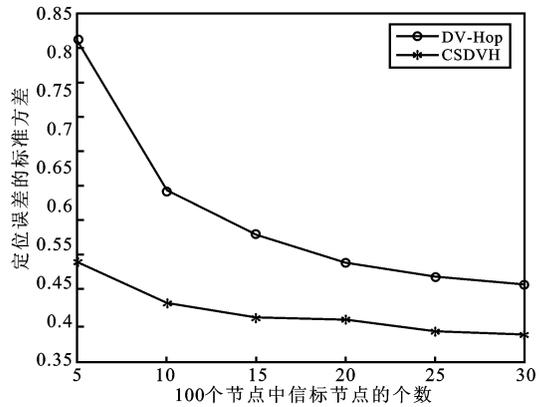


图 5 不同信标节点标准方差曲线对比

参考文献:

- [1] Ozdemir O, Niu R, Varshney P K. Channel aware target localization with quantized data in wireless sensor networks signal[J]. IEEE Transactions, 2009, 57(3): 1190- 1202.
- [2] 冯秀芳, 曹美丽, 孙超. 无线传感器网络基于 APIT 的混合定位算法[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(6): 59- 61.
- [3] Niculescu D, Nath B. Ad hoc positioning system (aps) using aoa[C]//Proc of INFOCOM. San Francisco, CA, 2003.
- [4] Cheng K Y, Tam V, Lui K S. Improving aps with anchor selection in anisotropic sensor networks[C]// ICAS- ICNS' 05: Proceedings of the Joint International Conference on Autonomic and Autonomous Systems and International Conference on Networking and Services. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2005: 49- 52.
- [5] Ji Weiwei, Zhong Liu. An improvement of DV-Hop algorithm in wireless sensor networks[C]// Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. China: Wuhan, 2006: 22- 24.
- [6] Azzedine Boukerche, Horacio A B F de Oliveira, Eduardo Freire Nakamura, et al. A voronoi approach for scalable and robust DV-Hop localization system for sensor networks[C]// International Conference on Computer Communications and Networks. Honolulu, 2007: 497- 502.

(下转第 197 页)

表 1 Authority 值 & Hub 值表(A 和 B)

time	a_A	h_A	a_B	h_B
1	1	1	1	1
2	1	1	3	0
3	0.04579	0.0214	0.0835	0.0148
4	0.03925	0.0263	0.0955	0.0121
5	0.03862	0.0279	0.0976	0.0107
6	0.03858	0.0286	0.0983	0.0101
7	0.03845	0.0291	0.0992	0.0091
8	0.03839	0.0304	0.0999	0.0086
9	0.03828	0.0319	0.1065	0.0092
10	0.03816	0.0326	0.1098	0.0098
11	0.03795	0.0330	0.1167	0.0094
12	0.03764	0.0331	0.1279	0.0094
13	0.03721	0.0338	0.1384	0.0096
14	0.03724	0.0339	0.1383	0.0097

表 2 Authority 值 & Hub 值表(C 和 D)

time	a_C	h_C	a_D	h_D
1	1	1	1	1
2	0	3	1	1
3	0.00184	0.089	0.040	0.035
4	0.00153	0.092	0.042	0.043
5	0.00144	0.097	0.042	0.051
6	0.00136	0.106	0.047	0.059
7	0.00118	0.114	0.049	0.061
8	0.00110	0.119	0.056	0.057
9	0.00091	0.128	0.047	0.062
10	0.00078	0.137	0.043	0.069
11	0.00064	0.145	0.059	0.071
12	0.00049	0.159	0.054	0.073
13	0.00043	0.165	0.054	0.074
14	0.00049	0.164	0.057	0.073

5 结束语

HITS 算法是搜索引擎核心算法之一. 文中在分析网络结构的基础上, 介绍了一种基于 Web 文本相似度量化的 HITS 算法, 该算法能够有效地改进原 HITS 算法的“主题漂移”现象. 而且也提高了算法的效率和正确性, 搜索引擎使用它时会更进一步提

高精度. 该算法挖掘了 Web 超链接之间潜在的语义关系, 进一步分析了网络中超链接之间的联系, 把超链接分析与内容分析有机地结合起来, 并使用户满意的有效网页能更多的排在搜索结果集的靠前位置, 从而提高搜索引擎的查全率和查准率.

参考文献:

[1] He Xiaofeng, Zha Hongyuan, Chris H Q Ding. Web document clustering using hyperlink structures [J]. Computational Statistics & Data Analysis, 2002, 41(8): 19- 45.

[2] Soumen Chakrabart. Mining the web discovering knowledge from hypertext data [M]. Indian Institute of Technology: Bombay, Library of Congress Control, 2002: 136- 140.

[3] Ricardo Baeza- Yates. Information retrieval in the web beyond current search engines [J]. International Journal of Approximate Reasoning, 2003, 34(4): 97- 104.

[4] Runkler T A, Bezdek J C. Web mining with relational clustering [J]. International Journal of Approximate Reasoning, 2003, 32(5): 217- 236.

[5] 汤亚玲, 崔志明. 遗传算法在 Web 关联挖掘中的应用研究 [J]. 微电子学与计算机, 2006, 23(6): 126- 129.

[6] 崔志明, 谢春丽. 基于 Web 的文本挖掘研究 [J]. 微电子学与计算机, 2002, 10(4): 51- 53.

[7] 夏天. 汉语词语语义相似度计算研究 [J]. 计算机工程, 2007, 33(6): 191- 194.

[8] 张敏, 高剑峰, 马少平. 基于链接描述文本及其上下文的 Web 信息检索 [J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(1): 36 - 44.

作者简介:

何明男, (1982-), 硕士研究生. 研究方向为 Web 结构挖掘、搜索引擎算法优化.

周军女, (1966-), 博士, 教授. 研究方向为数据挖掘、知识发现、近似计算等.

纪周鹏男, (1981-), 硕士研究生. 研究方向为 Web 使用挖掘、模糊集理论.

李树友男, (1964-), 博士, 教授. 研究方向为统计推断、随机信息处理.

(上接第 193 页)

[7] Byeong- Tae Lee, Sunwoo Kim. Scalable DV- Hop localization for wireless sensor networks [C] // International Conference on Computer Communications and Networks. Korea: Hanyang University, 2008: 1- 4.

[8] 王刚, 王长山. Leach 协议簇头节点选取策略的改进 [J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(6): 254- 256.

作者简介:

刘丽君女, (1983-), 硕士研究生. 研究方向为无线传感器网络.

陈志奎男, (1968-), 教授, 博士生导师. 研究方向为无线传感器网络、图像处理、无线通信等.