

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: 24320081152470

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

无线传感器网络定位算法研究

Research on Localization Algorithms of Wireless Sensor  
Network

陈 星 舟

指导教师姓名: 廖 明 宏 教 授

专 业 名 称: 计 算 机 软 件 与 理 论

论文提交日期: 2 0 1 1 年 4 月

论文答辩日期: 2 0 1 1 年 6 月

学位授予日期: 2 0 1 1 年 6 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2011 年 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘 要

在无线传感器网络中,在大多数情况下,只有结合了传感器节点位置信息的事件才有意义。无线传感器网络往往布置在人类不能到达的区域,加上受能量、计算能力和存储能力有限性以及成本的影响,传感器节点不可能携带太多的设备,因此,定位技术是无线传感器网络中至关重要的技术之一。

本文针对无线传感器网络的关键技术——传感器网络定位技术进行深入分析与仿真实验研究,取得了具有理论意义和应用价值的结果。

首先,针对无线传感器网络低成本、低功耗的要求,提出了一种 DV-Hop 改进算法,利用节点间的估计距离和锚节点的位置,在 DV-Hop 算法的第三阶段使用粒子群优化的方法校正 DV-Hop 得到的估算位置。该算法不需要任何额外硬件设备和不增加通信量。仿真表明,改进的算法可以使 DV-Hop 的平均定位误差下降 30%,并有效降低了成本。

其次,针对基于组簇网络结构的特点,提出了一种基于组簇网络结构的定位算法,利用基于粒子群优化的 DV-Hop 算法定位簇头节点,利用质心算法定位簇内节点,并基于 RSSI 指示提出了适应度函数,利用粒子群优化方法校正簇内节点。仿真表明,改进的算法可以使簇内节点的平均定位误差保持在 30%以下。

第三,提出了一种静态传感器网络下的移动节点定位算法,利用粒子群优化的 DV-Hop 算法定位静态网络中的节点,再利用质心算法定位移动节点,并利用基于 RSSI 指示的粒子群优化方法校正移动节点在  $t$  时刻的位置。仿真表明,改进的算法可以使未知移动节点的平均定位误差保持在 20%至 30%之间。

最后,针对动态传感器网络的特点,对蒙特卡罗定位算法进行了改进,在蒙特卡罗定位算法的最后阶段,利用基于 RSSI 指示的粒子群优化方法校正移动节点在  $t$  时刻的位置。仿真表明,改进的算法可以大大降低未知移动节点的平均定位误差,当锚节点静止时,平均定位误差在大多数情况下要小于 5%。

四种新提出的定位算法都不需要额外的硬件和额外的通信量,却有效地提高了未知节点的定位精度,适合在无线传感器网络的推广。

**关键字:** 无线传感器网络; 定位算法; DV-Hop; 粒子群优化; 蒙特卡罗定位

厦门大学博硕士学位论文摘要库



## Abstract

In most cases of Wireless Sensor Network, only information combining sensor node location is meaningful. Wireless sensor network is often decorated in areas beyond human reach, coupled with the energy, computing power and storage capacity limitation and the influence of cost, therefore a sensor node may not carry too many equipments, therefore, localization technology is one of the crucial technologies in wireless sensor network.

This paper discussed the main technology of wireless sensor network - sensor network localization technology. With in-depth analysis and simulation experiment research, the paper obtained both theoretical and application valuable result.

First of all, as for the demand of low cost, low power consumption in wireless sensor network, the paper presented an improved DV-Hop algorithm, using the estimated distance and anchored node location between the nodes, correcting the estimated position during the third stage of DV-Hop algorithm with the help of particle swarm optimization method. It did not need any additional hardware equipment and not to increase communication. Simulation results showed that the improved algorithm can make the average DV-Hop positioning error down by 30 per cent and can reduce the cost.

Secondly, based on the characteristics of group cluster network structure, this paper presented a relevant localization algorithm, locating the cluster head node based on particle swarm optimization algorithm of DV-Hop, using centroid algorithm to locate the cluster nodes, while correcting cluster member nodes location by virtue of particle swarm optimization method based on the fitness function derived from RSSI instructions. Simulation results showed that the improved algorithm can keep the average positioning error of cluster nodes below 30%.

Thirdly, it put forward a mobile node localization algorithm under static sensor network, using particle swarm optimization DV-Hop algorithm to locate the node within the static network, then using centroid algorithm to locate the mobile node,

while correcting the position of the mobile node at the  $t$  moment according to RSSI instructions based particle swarm optimization method. Simulation results show that the improved algorithm could keep the average positioning error of unknown mobile node remain between 20% and 30%.

At last, focusing on the characteristics of dynamic sensor network, this paper put forward an improvement to Monte Carlo Localization algorithm, during the last localization stage of which the mobile node position at the  $t$  moment is corrected by virtue of RSSI instructions based particle swarm optimization method. Simulation results show that the improved algorithm could greatly reduce the average error of unknown mobile node localization. When anchored node was at rest, the average positioning error in most cases would be less than 5%.

These four improved localization algorithms requires no extra hardware and communication, but effectively improved the unknown node localization, which is suitable for application promotion in wireless sensor networks.

**Key words:** Wireless Sensor Network; Localization Algorithms; DV-Hop; Particle Swarm Optimization; Monte Carlo Localization

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 选题背景及研究目的和意义 .....	1
1.2 国内外的研究现状及分析 .....	3
1.2.1 无线传感器网络的研究现状及分析 .....	3
1.2.2 无线传感器网络定位技术的研究现状 .....	4
1.3 本文主要研究内容及结构 .....	6
<b>第 2 章 无线传感器网络节点定位技术分析</b> .....	<b>9</b>
2.1 无线传感器网络定位问题的定义 .....	9
2.2 无线传感器网络定位算法分类 .....	9
2.3 基于测距的定位算法 .....	10
2.3.1 接收信号强度指示法 (RSSI) .....	10
2.3.2 到达时间法 (TOA) .....	11
2.3.3 到达时间差法 (TDOA) .....	12
2.3.4 到达角法 (AOA) .....	13
2.4 无需测距的定位算法 .....	14
2.4.1 质心算法 .....	14
2.4.2 凸规划定位算法 .....	14
2.4.3 DV-Hop 算法 .....	14
2.5 节点定位的计算方法 .....	15
2.5.1 三边测量法 .....	16
2.5.2 三角测量法 .....	16
2.5.3 最大似然法 .....	17
2.5.4 质心法 .....	18
2.6 本章小结 .....	19
<b>第 3 章 基于启发式搜索的无线传感器网络定位算法研究</b> .....	<b>20</b>
3.1 粒子群优化算法 (PSO) .....	20
3.2 基于粒子群优化的 DV-Hop 定位算法 .....	22
3.3 仿真实验及结果分析 .....	25
3.4 本章小结 .....	28
<b>第 4 章 基于组簇网络结构的定位算法研究</b> .....	<b>30</b>
4.1 基于组簇网络结构的路由协议 .....	30
4.2 组簇网络结构中基于启发式搜索的定位算法 .....	31
4.2.1 基于组簇网络结构的定位算法 .....	32
4.2.2 基于粒子群优化的簇内节点定位 .....	33
4.3 仿真实验及结果分析 .....	35
4.4 本章小结 .....	39
<b>第 5 章 无线传感器网络移动节点定位算法研究</b> .....	<b>40</b>

5.1 静态传感器网络下移动节点的定位 .....	40
5.1.1 基于粒子群优化的 DV-Hop 定位算法中移动节点定位.....	40
5.1.2 仿真实验及结果分析.....	42
5.2 动态传感器网络下移动节点定位 .....	44
5.2.1 动态传感器网络定位问题描述.....	44
5.2.2 基于蒙特卡罗的定位算法.....	44
5.2.3 基于启发式搜索的动态传感器网络节点定位.....	46
5.2.4 仿真实验及结果分析.....	48
5.3 本章小结 .....	49
<b>第 6 章 总结与展望 .....</b>	<b>51</b>
6.1 工作总结 .....	51
6.2 未来展望 .....	52
参考文献.....	54
攻读硕士研究生期间发表的学术论文和研究成果 .....	61
致谢.....	62

# CONTENTS

<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Backgroud and Value of Project.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Status and Analysis of Home and Abroad Stituation.....</b>	<b>3</b>
1.2.1 Status and Analysis of Research on Wireless Sensor Network.....	3
1.2.2 Status of Research on Wireless Sensor Network .....	4
<b>1.3 Main Works and Orgnization .....</b>	<b>6</b>
<b>Chapter 2 Analysis on Localization of Wireless Sensor Network.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Definition on Localization of Wireless Sensor Network.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Category on Localization Algorithms of Wireless Sensor Network.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Range-based Localization Algorithms .....</b>	<b>10</b>
2.3.1 Received Signal Strength Indicator .....	10
2.3.2 Time of Arrival.....	11
2.3.3 Time Difference of Arrival.....	12
2.3.4 Angle of Arrival .....	13
<b>2.4 Range-free Localization Algorithms .....</b>	<b>14</b>
2.4.1 Centroid Algorithm .....	14
2.4.2 Convex Optimization Algorithm.....	14
2.4.3 DV-Hop Algorithm .....	14
<b>2.5 Calculation Methods of Localization .....</b>	<b>15</b>
2.5.1 Trilateration.....	16
2.5.2 Triangulation.....	16
2.5.3 Maximum Likelihood .....	17
2.5.4 Centoid.....	18
<b>2.6 Summary.....</b>	<b>19</b>
<b>Chapter 3 Research on Localization Algorithm Based on Heuristic</b>	
<b>Search Algorithm of Wireless Sensor Network.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Particle Swarm Optimization (PSO) .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 DV-Hop Algorithm Based on Particle Swarm Optimization .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Stimulation and Results Analysis.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Sumary.....</b>	<b>28</b>
<b>Chapter 4 Research on Localization Algorithm in Cluster Network</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Routing Protocols in Cluster Network.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2 Localization Algorithm Based on Heuristic Search Algorithm in Cluster</b>	
<b>Network.....</b>	<b>31</b>
4.2.1 Localization Algorithm in Cluster Network .....	32
4.2.2 Localization of Cluster Members Using Particle Swarm Optimization	33
<b>4.3 Simulation and Results Analysis.....</b>	<b>35</b>

4.4 Summary.....	39
<b>Chapter 5 Research on Localization Algorithm of Mobile Nodes in Wireless Sensor Network.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1 Localization of Mobile Nodes in Static Sensor Network .....</b>	<b>40</b>
5.1.1 Localization of Mobile Nodes with DV-Hop Algorithm Based on Particle Swarm Optimization.....	40
5.1.2 Simulation and Results Analysis.....	42
<b>5.2 Localization of Mobile Nodes in Dynamic Sensor Network.....</b>	<b>44</b>
5.2.1 Description on Localization in Dynamic Sensor Network .....	44
5.2.2 Monte Carlo Localization .....	44
5.2.3 Localizaion Based on Heuristic Search Algorithm in Dynamic Sensor Network.....	46
5.2.4 Simulation and analysis of results.....	48
<b>5.3 Summary.....</b>	<b>49</b>
<b>Chapter 6 Conclusions and Prospects.....</b>	<b>51</b>
6.1 Conclusions .....	51
6.2 Prospects .....	52
<b>References.....</b>	<b>54</b>
<b>Achievements and Published Papers During the Postgraduate.....</b>	<b>61</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>622</b>

## 第1章 绪论

### 1.1 选题背景及研究目的和意义

无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN)<sup>[1]</sup>是由大量无处不在的、具有无线通信、感知与计算能力的微小传感器节点构成,通过无线通信的方式形成多跳自组织的网络系统。它通过大量节点间的分工协作,实时监测、感知和采集部署区域内各种环境或其它监测对象的数据,并对这些数据进行融合,获得更详尽准确的信息,最终传送需要这些信息的用户<sup>[2-6]</sup>。

随着技术的进步和社会的发展,无线传感器网络被广泛应用于国防军事、环境监测、交通管理、医疗卫生等诸多领域,实现对复杂环境的监测和追踪。与传统网络相比,无线传感器网络具有以下这些特点:

一、价格低廉。在一个无线传感器网络中,传感器节点数量往往是十分巨大的,这就要求单个节点的成本必须是便宜的,否则很难在实情环境中应用。由于传感器节点的价格十分低廉,其处理和计算能力、存储空间和能量都是十分有限的。

二、无线通信能力。在很多无线传感器网络的应用中,被监测区域可能没有条件布线,一些恶劣的环境中,即使可以布线,线路也容易出现故障,而且故障难以查询和修复,所以就要求传感器节点之间的通信必须是通过无线信道实现的。

三、多跳中继传输。由于无线传感器网络中的传感器节点价格低廉,能量十分有限,每个传感器节点的发射功率会受到限制。因此,传感器节点只能进行短距离的通信,又由于传感器网络所布置的区域十分的宽阔,传感器节点与基站之间只能进行多跳中继的方式实现的。

四、分布式处理。每个传感器节点都有独立的处理器,虽然其处理能力有限,但都能对本地数据进行过滤或者数据整合之后再发送给基站,从而可以减少整个网络的数据流量。

五、自组织性。无线传感器网络通常包含有成百上千的节点,而且在许多应用领域里,传感器节点可能是通过空中抛洒的方式布置的,如军事侦察等。这样

的情况下，我们很难对整个网络进行事先地配置，因此，传感器节点必须有通过自组织方式构成网络进行信息监测和数据采集的能力。

六、容错性。在无线传感器网络的诸多应用中，无线传感器网络中的传感器节点的工作环境通常并不友好，往往是人类到达不了的地方，比如战场或者原始森林等，这些环境下，传感器节点需要在无人照看的情况下长时间工作。传感器节点通常比较脆弱，在这情况下，单个传感器节点出现故障或者能量耗尽的概率是极高的。所以在设计无线传感器网络的协议和算法时要考虑到整个传感器网络的容错性，保证单个或者少数传感器节点出现故障或者能量耗尽时不影响整个网络的正常工作。

七、能量有效性。无线传感器网络中的每个传感器节点拥有的能量是十分有限的，又因为其数量通常是成百上千的，而且节点的布置范围又往往是人类到达不了的地方，同时对数量如此庞大的传感器节点更换电池是很不现实的。无线传感器网络的这些应用要求传感器网络必须是能量有效性的。在设计无线传感器网络的协议和相关算法时，必须要考虑节能来提高整个传感器网络的生命周期。

无线传感器网络在战场监督、目标跟踪、环境监测、燃料探测等诸多应用中，都存在一个共同特征，即对传感器节点位置信息的需求。无线传感器网络的任务是探测和报告所部署区域的事件，只有结合了传感器节点位置信息的事件信息对整个网络系统才有意义。用户收到无线传感器网络传来的数据时，需要弄清楚时间、地点、发生了什么事，很显然，如果一件事情发生了，却不知道事件发生的位置，很多应用中这样的信息是没有意义的。因此，在任何无线传感器网络中，节点的位置信息对理解应用背景都是至关重要的。定位技术作为无线传感器网络的关键技术，不仅可以确定网络中节点自身的位置，也是对监测、监控目标进行跟踪的基础。在无线传感器网络全部应用领域中提供位置信息服务已经成为一项标准<sup>[7]</sup>。

无线传感器网络中传感器节点的位置信息显得那么重要，那么如何获取节点的位置信息呢？一种直观的方法就是通过 GPS 实现定位。在现有的科学技术条件下，虽然 GPS 可以准确获得节点的位置信息，但 GPS 过于昂贵，如果在每个传感器节点上都安装 GPS 装置，这将花费大量的费用，这与无线传感器网络低成本的要求相违背了。其次，GPS 需要增加额外的能耗，这也增加了能量有限的传感器



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库