

# 基于 RSSI 的无线传感器网络质心定位算法

刘 锋 章登义

(武汉大学计算机科学学院 武汉 430072)

**摘 要** 无线传感器网络中,节点定位技术是该领域内的核心技术之一。为解决传统质心定位算法中存在的定位精度较低的问题,在划分无线传感器网络的基础上,提出了一种将 RSSI 测量方法与传统质心算法相结合的改进算法。该算法采用将接收到的 RSSI 值与网络划分区域相结合的方法,构成未知节点的估计区域从而进行节点定位。仿真实验表明,该算法定位误差较传统质心算法有明显提高。

**关键词** 质心算法, RSSI, 区域划分

**中图分类号** TP393 **文献标识码** A

## RSSI-based Centroid Location in Wireless Sensor Networks

LIU Feng ZHANG Deng-yi

(School of Computer, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract** In the wireless sensor network, the node localization is one of the core technologies in this domain. To solve the low localization caused by the traditional centroid location algorithm, based on the division of the wireless sensor network, the author put forward a renewed algorithm by combining the RSSI measuring technique with the centroid algorithm. The algorithm combines the received RSSI value with the divided area of the network and forms an estimated area of the unknown nodes so as to locate the node. Simulation shows that compared with the traditional centroid location algorithm, the error location has been significantly improved by this algorithm.

**Keywords** Centroid algorithm, RSSI, Regional division

## 1 引言

无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)是由大量随机分布的低功耗、低成本、具有有限感知、计算和通信能力的传感器节点组成的分布式网络,被广泛应用于国防军事、国家安全、环境监测、交通管理、医疗卫生、制造业、反恐抗灾等一系列领域<sup>[1]</sup>。实时地确定事件发生的位置或获取数据消息的节点坐标是传感器网络最基本的功能之一,也是提供监测事件位置信息的前提,所以定位技术对传感器网络应用的有效性起着关键的作用<sup>[2]</sup>。因此,传感器节点定位技术是该领域的核心技术之一<sup>[3]</sup>。目前无线传感器网络的节点定位算法可分为两类:基于距离的(Range-based)和与距离无关的(Range-free)。基于距离的算法需要测量信标节点(anchor)(通过 GPS 获得坐标/或由人工输入坐标的节点)与未知节点(不知道自身坐标的节点)之间的角度、距离、信号强度等一系列因素来达到未知节点定位的目的。与距离无关的算法则无需测量节点间的实际距离,硬件需求及受实际环境影响与基于距离的算法相比,其都有很大的降低。质心算法属于与距离无关算法,其优点为计算成本较低,网络生存能力较强;缺点为未知节点的定位精度不高。为了改变质心算法定位精度不高的缺点,文献[3]提出一种新的加权质心算法,该算法采用模糊理论得到相应权值,再运用遗传算法计算未知节点的定位,均误差率可达到 7%。文献[4]中提出的加权质心算法

中权值的获取是采用优化探测窗口的方法来消除 RSSI 值的噪音,以达到良好的定位效果。但是这些算法普遍计算量过大,计算成本较高,因此并不适合于实际应用。

目前针对质心定位算法所做的改进都是将未知节点的估计区域进一步缩小,以便确定该节点坐标。本文提出的基于 RSSI 的传感器节点自身定位算法同样运用无线传感器网络中预先划分区域来缩小未知节点的估计区域面积,并且在本文提出的算法中,无线信号传播采用对数衰减模型进行处理。未知节点只需要收集其周边信标节点的 RSSI 值,利用经 RSSI 值转换而得到的两者之间的距离及网络中已划分区域形成闭合区域,进而求出未知节点的估计坐标。此算法能够实现大部分未知节点的精确定位。通过仿真验证,该算法不需要较高的信标节点密度,无需增加额外的硬件开销也可以精确定位未知节点。

本文第 2 节主要介绍传统质心算法实现原理及无线信号传播模型;第 3 节针对传统质心算法的不足,详细介绍了本文提出的改进算法;第 4 节对改进算法进行了仿真分析;最后进行总结。

## 2 已有的工作

### 2.1 无线信号传播模型

目前,常用的无线信号传播路径损耗模型有:自由空间传播模型、对数距离路径损耗模型、对数-常态分布模型等。其

刘 锋(1980—),男,博士生,主要研究方向为无线传感器网络;章登义(1965—),教授,博士生导师,主要研究方向为嵌入式系统、无线传感器网络。

中,对数-常态分布模型如下:

$$P_{AU} = P(d_0) - 10n_p \lg(d_{AU}/d_0) + X_\sigma \quad (1)$$

式中,  $P_{AU}$  为未知节点  $U$  接收到信标节点  $A$  的信号强度, 其单位为 dBm;  $P(d_0)$  表示信号参考传输距离为  $d_0$  时的接收信号强度, 典型取  $d_0 = 1\text{m}$ ;  $n_p$  为射频信道衰减指数, 一般取  $2 \sim 4$  之间;  $d_{AU}$  为未知节点  $U$  与信标节点  $A$  的实际距离;  $X_\sigma$  表示均值为 0、方差为  $\sigma^2$  (值为  $4 \sim 10$ ) 的高斯随机分布<sup>[3]</sup>。由式(2)可得出:

$$d_{AU} = 10^{(P(d_0) + X_\sigma - P_{AU})/10n_p} \quad (2)$$

在实际应用中, 可以通过多次接收信标节点的传送信号来取得接收功率的平均值, 进而有效地降低 RSSI 的误差。

## 2.2 传统的质心算法模型

传统质心算法的主要思想是: 未知节点利用其通信范围内所有信标节点构成的闭合区域的几何质心坐标作为自己的估计坐标。未知节点接收其通信范围内所有信标节点发送的信号, 当侦听到的信号数量超过阈值时, 该未知节点就将自己的坐标确定为与之通信的信标节点构成的多边形的质心<sup>[5]</sup>。

假设未知节点的邻居信标节点坐标分别为  $(X_1, Y_1)$ ,  $(X_2, Y_2)$ ,  $(X_3, Y_3)$ ,  $\dots$ ,  $(X_n, Y_n)$ 。则该未知节点的坐标如下:

$$(X_{\text{test}}, Y_{\text{test}}) = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n X_i, \sum_{i=1}^n Y_i \right) \quad (3)$$

式中,  $n$  为信标节点的个数。传统质心算法如图 1 所示。

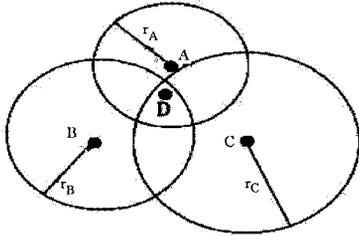


图 1 传统质心算法示意图

由图 1 可以看出, 当未知节点获得 3 个或 3 个以上信标节点的信号时, 其构成的闭合区域面积也将逐步缩小, 即能够获得较精确的估计坐标。但在实际应用中, 考虑到无线传感器网络的成本、信号等限制因素, 未知节点一般只能获得周边两个信标节点的信号, 因此获取的估计坐标误差较大。为解决此问题, 本文在传统算法的基础上引入了网络预先区域划分的方法。

## 3 改进的质心算法

### 3.1 网络区域的划分

文献[6]中提到, 在传感器网络中, 以各信标节点为圆心, 以信号最大传输距离为半径, 信号传输区域覆盖整个网络。并且在文献[6]中将无线传感器网络进行区域划分的目的是为了设定未知节点按接收到的信标节点个数不同相应地设置神经网络输入层中不同的节点个数, 通过神经网络预测未知节点的坐标信息。但是该算法计算复杂, 增加了节点的计算量, 加重了节点的负担。本文提出的基于 RSSI 的新型质心算法, 其计算简单, 且精确度能达到实用要求。

在图 2 中, 信标节点为  $A, B$  两点, 区域标注为“1”则意味着该区域内未知节点最多只能接收到 1 个信标节点的信号; 同理, 区域标注为“2”则意味着该区域内所有未知节点最多只

能接收到 2 个信标节点发送的信号; 以此类推, 标注为“3”、“4”的划分区域中的未知节点最多可接收到 3 或者 4 个信标节点发送的信号。

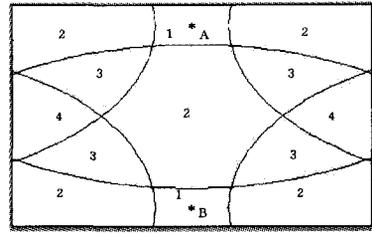


图 2 划分区域示意图

### 3.2 算法步骤

本文提出的改进质心算法以未知节点  $U$  所能够接收到信号的信标节点个数为基准。当未知节点接收到两个信标节点的信号时, 则表明未知节点的估计区域是在 2 号区域范围内。进一步缩小估计区域的算法如下:

当只接收到一个信标节点的信息量时, 该信标节点的坐标则估计为未知节点的坐标。

当未知节点  $U$  接收到两个或两个以上信标节点的信号强度时, 算法步骤如下:

步骤 1 未知节点  $U$  接收信标节点  $A$  的信号 ( $ID_A, Address_A, Count_A$ ), 其中  $ID_A$  为信标节点  $A$  的编号,  $Address_A$  为信标节点  $A$  的物理坐标,  $Count_A$  为所发送的信息次数, 初始化为 1。未知节点  $U$  获取信标节点  $A$  发送信号的强度  $RSSI_{Ai}$ 。为了减少信号衰减所带来的误差, 在单位时间内, 未知节点  $U$  可多次接收信标节点  $A$  发送的信号。

步骤 2 将所有获取到的信标节点  $A$  的信号强度  $RSSI_{Ai}$  依据式(3)转换成未知节点  $U$  与信标节点  $A$  之间的距离  $d_{AU}$ 。如果转换后的距离小于信标节点通讯半径, 即满足  $d_{AU} < R_A$  ( $R_A$  为信标节点  $A$  信号传送的半径), 则将该  $RSSI_{Ai}$  列入表中, 将所有满足条件的  $RSSI_{Ai}$  依据式(4)求取平均值:

$$RSSI_{AU} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RSSI_{Ai} \quad (4)$$

式中,  $n$  为接收到的信号次数,  $RSSI_{Ai}$  为第  $i$  次接收到信标节点  $A$  发送信号的强度。

以  $RSSI_{AU}$  作为未知节点  $U$  接收信标节点  $A$  发送信号的平均强度, 并依据式(3)转换成两者之间的距离  $D_{AU}$ 。

步骤 3 未知节点按步骤 2 将接收到的周边区域内信标节点的信号强度转换成距离  $D_{AU}, D_{BU}$ 。以距离  $D_{AU}, D_{BU}$  为半径, 以信标节点  $A, B$  为圆心, 两圆与图 2 中 2 号区域的重叠部分即为未知节点  $U$  的估计区域。如图 3 所示, 在传统质心算法中, 未知节点  $U$  的估计区域为 2 号区域, 但是改进后的质心算法将  $U$  的估计区域范围进一步缩小, 阴影部分的区域便为未知节点  $U$  的估计区域。

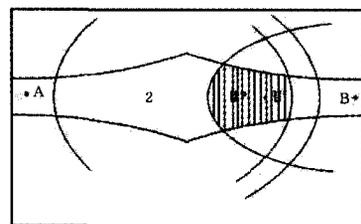


图 3 未知节点  $U$  的估计区域

步骤4 求出阴影区域的质心,该质心的坐标即为未知节点U的估计坐标。

#### 4 仿真实验

为了验证所提算法能够提高未知节点的定位精度,采用Matlab7.0软件进行仿真实验。在无线传感网络中以定位精度、规模、网络覆盖率、功耗等因素为常用评价指标。在本文中取定位精度及规模两项指标为评价标准。

在仿真实验中,无线传感器网络区域设置为 $40 \times 40(m^2)$ 的正方形区域。在此区域内均匀分布36个信标节点、随机分布20~40个未知节点。未知节点的定位误差率定义如下:

$$Error = \frac{\sqrt{(x_{test} - x_{real})^2 + (y_{test} - y_{real})^2}}{M} \quad (5)$$

式中, $M$ 为未知节点的个数。

图4所示为当未知节点个数为20,节点通讯半径为8.94m时的无线传感器网络平均连通度示意图。此时的网络连通度为3.5778。

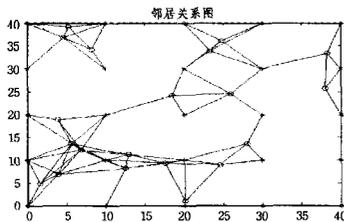


图4 网络连通图

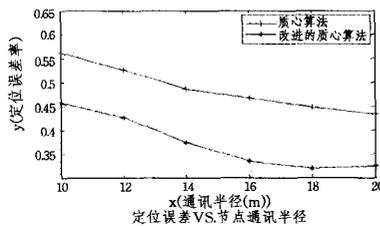


图5 不同传输半径下的节点定位误差率示意图

图5所示为当节点的传输半径不断改变时对网络中未知节点定位误差的影响。其中设定无线传感器网络中有20个未知节点。当节点的传输半径不断增加时,未知节点能接收到信号的信标节点个数也随之相应地增加。从图5中可以看出,随着节点传输半径的不断扩大,两种算法获得的未知节点定位精度均得到明显的提高。同时,在同等条件下,改进的质心算法均优于传统质心算法。这是因为改进的质心算法是在划分网络的基础上缩小未知节点的预估区域。从图2中可以看到;3号和4号区域的面积要远远小于2号区域;当节点传输半径扩大时,未知节点能够接收到更多的信标节点信号。因此,在3号或4号区域的基础上进一步缩小估计区域可获得更高的定位精确度。当节点的传输半径从12m升至16m阶段,改进的质心算法所获得的定位精度较传统质心算法有

更明显的提高。当传输半径达到(超过)16m时,未知节点所接收到的信息的信标节点个数达到最大值,改进的质心算法在定位精确度上保持稳定。当传输半径达到20m时,因误差的存在,定位精确度还将一定程度地降低。

图6所示为当未知节点不断增加时相应的网络未知节点定位误差示意图。其中设定所有节点的传输半径为8.94m。其中信标节点始终保持在36个,横坐标显示的是未知节点个数的变化。从图6中可以看出,改进的质心算法在节点定位精度上明显高于传统的质心算法。但是当未知节点增加时,不论是传统质心算法还是改进算法获得的未知节点定位误差率的变化均不是太大。改进算法在中期提高了未知节点的定位精度,但也不是很明显。这主要是因为两种算法的节点定位主要依赖于信标节点,当未知节点增加时,对于单个的未知节点而言,并不能增加其接收到信息的信标节点的个数,所以节点定位精确度上也就没有得到明显提高。

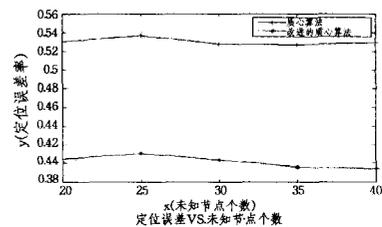


图6 定位误差图

**结束语** 无线传感器网络中节点定位问题一直是研究领域的热点问题之一。针对传统传感器网络质心定位算法定位精度较低的缺点,提出一种新型算法。该算法计算简单,未知节点定位误差率较传统质心算法得到明显提高,其中部分未知节点可以实现精确定位,一定程度上解决了无线传感器节点的定位问题。

#### 参考文献

- [1] 李建中,高宏.无线传感器网络的研究进展[J].计算机研究与发展,2008,45(1)
- [2] 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
- [3] 刘运杰,金明录,崔承毅.基于RSSI的无线传感器网络修正加权质心定位算法[J].传感技术学报,2010,23(5)
- [4] Xia A L, Ma C W. Improved Centroid Detection Method Based on Higher Moment for Shack-Hartmann Wavefront Sensor[C]// Optoelectronic Imaging and Multimedia Technology. Oct. 2010
- [5] 杨新宇,孔庆茹,戴湘军.一种改进的加权质心定位算法[J].西安交通大学学报,2010(8)
- [6] Yuna S, Leea J. A Soft Computing Approach to Localization in Wireless Sensor Networks[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(4): 7552-7561