

基于改进的 RSSI 无线传感器网络节点定位算法研究

苟胜难

(乐山师范学院 计算机科学学院, 四川 乐山 614004)

摘要: 研究无线传感器网络节点定位问题。接收信号强度值(RSSI)直接影响无线传感器网络节点定位准确度,而现有定位算法没有考虑锚节点的 RSSI 消息,造成节点定位精度低。为了提高无线传感器网络节点的定位精度,提出了一种基于 RSSI 的质心定位算法。首先通过无线信号强度计算出节点间 RSSI 值,然后把 RSSI 值转换成质心算法权重,最后采用质心定位算法对待测节点位置进行估计,获得节点的准确位置。仿真实验结果表明,与现有质心定位算法相比,基于 RSSI 的质心定位算法在不增加成本、通信功耗的情况下,提高了节点定位精度,降低了定位误差,适合各种规模的无线传感器网络的节点定位。

关键词: 无线传感器网络; 节点定位; 接收信号强度; 质心定位算法

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)05-1867-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.05.071

Application research about wireless sensor network nodes location algorithm based on improved RSSI

GOU Sheng-nan

(Dept. of Computer Science, Leshan Normal University, Leshan Sichuan 614004, China)

Abstract: This paper researched wireless sensor network node location. Wireless network anchor nodes deployed uneven, and density was small, the traditional localization algorithms had not considered RSSI news anchor node localization, location accuracy was low. In order to improve the location accuracy, this paper proposed a location algorithm based on the RSSI. Firstly, it calculated RSSI value through wireless signal strength between the nodes. And then converted RSSI value into centroid algorithm weights. Lastly, it used centroid localization algorithm to calculate the node location and obtained node exact location. The simulation results show that, the algorithm improves the node location accuracy and reduces the location error compared with traditional centroid localization algorithm. The centroid localization algorithm based on RSSI is a high precision node localization algorithm.

Key words: wireless sensor network; node localization; RSSI; centroid localization algorithm

0 引言

无线传感器网络是一种由许多微型传感器组成的多跳、自组织的网络系统。节点被布置于用户感兴趣的区域,对该区域监测目标进行信息采集,并将数据以无线方式发回给用户。在 WSN 中,位置信息对 WSN 的监测活动至关重要,事件发生的位置或获取信息的节点位置是传感器节点监测消息中所必须包含的重要信息,因为没有位置信息的监测消息往往毫无意义。因此,确定事件发生的位置或确定获取消息的节点位置是 WSN 最基本的功能之一,对 WSN 应用的有效性起着关键的作用^[1]。

当前无线传感器定位算法分为两大类,即基于测距技术定位和无须测距技术定位^[2]。基于测距技术定位是建立在硬件基础上的,主要有质心定位算法、DV-Hop 算法等,该类算法定位精度高,但是对硬件的要求较高,成本也高,这些方法虽然能够在不增加硬件成本的前提下,对节点进行定位计算,但是普遍都存在着定位精度不高或定位条件过于苛刻等不足,因此无法应用于大规模传感器网络应用中^[3]。无须测距技术定位不需要对传感器节点间的距离进行测量,主要有 RSSI、TOA 和灯

塔测量法^[4]。由于一般的无线传感器通信模块都可以直接提供接收信号强度指示值(RSSI),因此 RSSI 算法计算简单,借助的硬件设备较少,适合大规模 WSN 节点定位,但是定位精度相对较低,因此怎样提高 WSN 节点定位的精度是无线传感器网络应用中迫切需要解决的问题^[5]。

针对目前 WSN 定位技术不足,利用测距技术和无须测距技术各自的优点,提出一种基于 RSSI 的质心定位算法。该算法用三角形初步确定未知节点所在位置,然后用 RSSI 值作为质心算法的权重进一步提高节点定位精度。仿真实验结果表明,该算法提高了 WSN 节点定位的精度,使定位误差显著减小,是一种合理的传感器节点定位算法。

1 传感器网络节点定位的原理

传感器节点根据自身位置是否已知,可分为信标节点和未知节点,即锚节点和待测节点。锚节点的位置已经精确定位,但所占比例相当小,是用来辅助定位待测节点的。锚节点和待测节点分布在无线传感器的感知区,如图 1 所示。WSN 节点定位基本原理就是根据网络中节点位置已知、数目有限的锚节点,通过邻居节点间有限的通信和某种定位机制来确定监测区

收稿日期: 2011-09-02; 修回日期: 2011-10-09

作者简介: 苟胜难(1963-),女,四川乐山人,讲师,主要研究方向为数据库程序设计、传感器网络应用等(goushengnan1s@163.com)。

内未知传感器节点的位置^[6]。

由于 WSN 由成百上千,有时甚至上万个微型传感器节点组成,采用传统人工定位方式不现实;若采用高精度的 GPS 定位系统进行定位,那成本相当昂贵,在实际应用中受限。因此,当前通常的定位方法是首先定位一些锚节点,把锚节点作为参考点,然后采用一定的定位技术计算出待测节点的位置信息。但是无论当前的测距或无须测距的定位技术都存在各自的缺陷,导致定位误差比较大,为了解决这个难题,本文将质心定位算法和 RSSI 测距技术相结合,利用两者优点达到互补,来提高传感器节点定位的精度。

2 基于 RSSI 的无线网络传感器质心定位算法

2.1 无线传感器的 RSSI 计算

无线传感器节点信号的强度与传输距离有关,因此当传感器节点距离比较小时,RSSI 值就越大;反之,RSSI 就越小。无线通信收发模块每接收一个数据帧就获得一个反映信号强度变化的 RSSI 值,因此可以通过路径损耗模型将无线信号传播损耗转换为 RSSI 值。本文采用 Shadowing 模型作为无线信号衰减模型。

Shadowing 模型第一部分是路径损耗模型,可以计算出距离为 d 时能接收到的平均能量,用 $p_r(d)$ 表示。设存在两个锚节点 A 和 B ,两者之间的距离为 d_0 ,那么通过 Shadowing 模型可以得到:

$$\left(\frac{p_r(d_i)}{p_r(d_0)}\right)^{1/\beta} = \frac{d_i}{d_0} \quad (1)$$

其中: $p_r(d_0)$ 表示锚节点 A 收到 B 的平均信号强度; $p_r(d_i)$ 表示待测节点 C 收到 A 的平均信号强度; d_i 表示 C 和 A 间的距离; β 表示路径损耗指数。

通常情况下,路径损耗模型以 dB 作为计量单位,因此,将式(1)变形为

$$\left[\frac{p_r(d)}{p_r(d_0)}\right] = -10\beta\log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2)$$

Shadowing 模型的第二部分表示当距离一定时,接收到的能量变化,是一个对数正态随机变量且满足高斯分布,若以 dB 为计量单位,那么一个完整的 Shadowing 模型可表示为

$$\left[\frac{p_r(d)}{p_r(d_0)}\right] = -10\beta\log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_{dB} \quad (3)$$

其中: X_{dB} 是一个高斯随机变量。

同时本文对 Shadowing 模型进行简化处理,忽略了第二部分,最后通过路径损耗模型将无线信号传播损耗转换为 RSSI 值。

2.2 传统质心定位算法

质心定位算法是一种仅基于联通性的室外定位算法。该算法的定位思想为:待测节点首先以其通信范围内的那些锚节点构成一个多边形,锚节点作为多边形顶点,从而计算出多边形的质心,该质心作为自己的估计位置^[7]。

在 Shadowing 无线信号衰减模型下,锚节点的无线信号通信射程为 r ,其覆盖范围为以 r 为半径的圆,那么待测节点的位置就由其无线射程范围内的锚节点来确定。当待测传感器节点的射程范围内有一个锚节点时,待测传感器节点就一定处于该锚节点的射程范围内;如果待测传感器节点的射程范围内有二个锚节点时,该待测传感器节点就一定处于两个锚节点的射程

重叠范围内;当待测传感器节点的射程范围内有三个锚节点时,那么待测传感器节点就一定处于三个锚节点的无线信号重叠范围内。由图 2 可知,随着通信范围内锚节点数目增多,待测传感器节点存在的区域逐渐减小,这样锚圆的交叉点构成一个多边形,可以用多边形的质心作为待测传感器节点的估计位置。

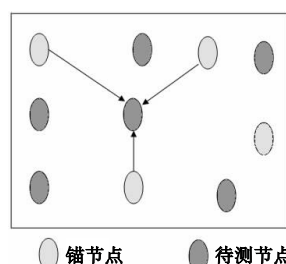


图1 WSN中节点分布

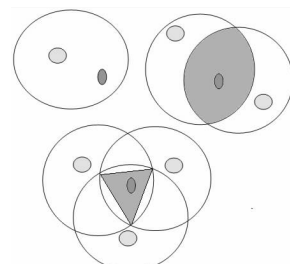


图2 无线通信范围的重叠区域

2.3 RSSI 的质心定位算法基本思想

设 WSN 中有 n 个锚节点,其坐标分别为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$,这些节点构成了一个 $n-1$ 边形,待测传感器节点 n 坐标为 $n(x, y)$,则通过质心算法可以得到待测传感器节点 n 的位置估计值为

$$\begin{cases} x = \sum_{i=1}^n x_i \\ y = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (4)$$

对传统质心定位算法进行分析可知,单纯采用多边形的质心来确定待测传感器节点的位置,无法考虑待测节点与其通信范围内锚节点距离的远近因素,因此只能进行粗略的节点定位,定位精度低,定位误差大。由无线传感器的无线信号衰减模型可知,RSSI 值可以反映待测节点与锚节点之间的距离,且 RSSI 技术不需要添加设备,是一种低功耗、低成本测距技术,因此将 RSSI 信息引入质心定位算法,将 RSSI 值作为质心的权值,利用两者的优点,提高待测传感器定位的精度。

基于 RSSI 的质心定位算法的基本思想为:首先对 RSSI 信息进行收集,并转换为距离信息;然后分别以每个接收到数据的锚节点为圆心,以距离为半径画圆,那么待测传感器节点就位于所有圆的交集部分;以质心定位算法为基础,为每一个坐标增加权值,以反映不同锚节点对待测节点位置估计的贡献。锚节点与待测传感器节点的距离越近,那么权值就越大,因此待测节点 n 的坐标计算式为

$$\begin{cases} x = \sum_{i=1}^n x_i w_i \\ y = \sum_{i=1}^n y_i w_i \end{cases} \quad (5)$$

其中: w_i 表示权重,其为

$$w_i = \frac{1}{d_i} \quad (6)$$

其中: d_i 表示 RSSI 信息转换成的距离。

2.4 RSSI 的质心定位算法的节点定位步骤

设无线传感器网中有 n 个锚节点,待测传感器节点坐标为 (x, y) ,那么基于 RSSI 的质心定位算法具体实现步骤如下:

- 无线传感器网中的锚节点周期性地地向相邻节点广播自身的位置信息和 ID 信息。
- 待测传感器收到信息后,只记录同一个锚节点的 RSSI 均值。
- 当待测传感器节点收到超过阈值 n 个锚节点信息后,建

立3个集合:锚节点集合 $\text{Beacon_set} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, RSSI 值集合 $\text{RSSI_set} = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$, 锚节点位置集合 $\text{Position_set} = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ 。

d) 根据式(6)计算每一个锚节点的权值 $\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 。

e) 通过式(5)计算出待测节点的位置坐标 (x, y) 。

改进的质心定位算法的流程如图3所示。

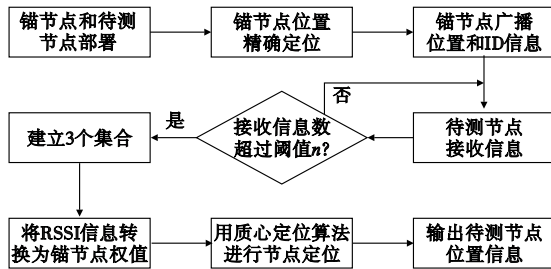


图3 RSSI质心定位算法的节点定位流程

3 仿真实验

3.1 无线传感器节点部署

无线传感器节点随机分布于 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的区域内, 节点数为100个(其中锚节点10个、待测节点90个)节点的通信半径为1 m, 在VC++平台上, 采用C语言编程, 同时采用MATLAB对数据进行辅助分析, 传感器节点分布如图4所示。

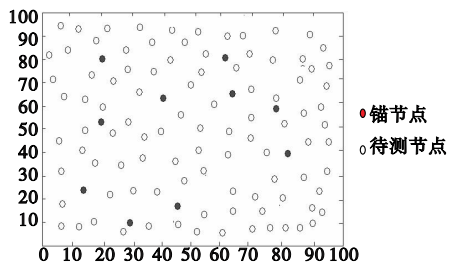


图4 无线传感器节点部署情况

3.2 实验结果与分析

对传统质心定位算法和本文基于RSSI的质心定位算法进行仿真对比实验, 主要从网络定位覆盖率、节点定位精度两个方面对算法性能进行评价。

3.2.1 网络定位覆盖率对比

不同锚节点数目条件下, 两种定位算法网络定位覆盖率变化情况如图5所示。从图5的对比结果表明, 随着锚节点数的增加, 传统质心定位算法的节点定位覆盖率增加; 但是该算法在锚节点个数少时, 节点定位覆盖率不高, 当锚节点个数大于7时, 节点定位覆盖率才达95%; 而本文基于RSSI的质心定位算法在锚节点个数很少时, 可对WSN全部节点进行定位, 减少了网络中锚节点的数目, 降低网络成本。这说明本文基于RSSI的质心定位算法在锚节点比例较小时的可用性。

3.2.2 锚节点数目对定位精度的影响

不同锚节点数情况下, 两种定位算法的定位精度比较结果如图6所示。从图6可知, 两种算法的定位精度都随着锚节点数的增加而增加, 在相同条件下, 本文改进的质心定位算法的精度远远高于传统质心定位算法。这主要是由于本文算法引入RSSI信息, 增加了锚节点权值信息, 从而使节点定位精度有所提高。图6还表明, 当无线传感器网中锚节点密度较小时, 节点定位误差较大, 当锚节点密度增大时, 定位误差相对较小。

对比结果说明, 在质心定位算法中增加RSSI信息是必要的, 它充分利用了无线传感器网中的信息, 同时说明本文算法是一种精度较高的无线传感器节点定位算法。

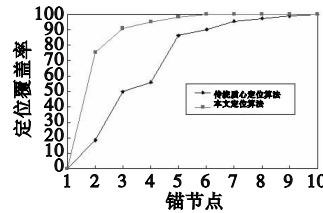


图5 定位算法改进前后的定位覆盖率对比

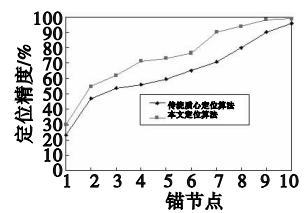


图6 不同锚节点数下两种算法的定位精度

4 结束语

在WSN中, 节点位置信息是事件位置报告、目标跟踪等系统功能的前提, 为了提供有效的位置信息, 传感器节点必须可以在部署后进行实时定位。本文在综合分析现有的各种定位算法的基础上, 提出一种基于RSSI的无线传感器节点质心定位算法。仿真对比实验表明, 由于基于RSSI的质心定位算法引入了RSSI信息, 丰富了定位信息量, 在不增加成本、通信功耗的情况下, 提高了节点定位精度, 降低了定位误差, 适合各种规模的无线传感器网络的节点定位。但算法是在理想情况下进行分析的, 现实环境中往往存在非视距、通信盲点等问题, 因此未来的研究中需要进一步考虑这些问题。

参考文献:

- [1] AKYILDIZ L F, SU Wen-lian, SANKARASVBRAMANIAM Y. A survey on sensor networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 40(8): 102-114.
- [2] ERRARNILLI V, BESTAVROS A. On the interaction between data aggregation and topology control in wireless sensor networks[C]//Proc of the 1st Annual IEEE Communications Society Conference. 2004: 557-565.
- [3] 吴臻, 金心宇. 无线传感器网络的LEACH算法的改进[J]. 传感技术学报, 2006, 19(1): 34-36.
- [4] HEINZELMAN W R, CHANDRAKASAN A P, BALAKRISHNAN H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks[C]//Proc of the 3rd Hawaii International Conference on System Science. Washington DC: IEEE Press, 2010: 3005-3014.
- [5] 尹安, 汪秉文, 戴志诚, 等. 无线传感器网络HEED分簇协议的研究与改进[J]. 小型微型计算机系统, 2010, 31(10): 2002-2006.
- [6] 王福豹, 史龙, 任丰原. WSN中的自身定位系统和算法[J]. 软件学报, 2009, 16(5): 857-868.
- [7] 苏进, 万江文, 于宁. WSN相对定位算法研究[J]. 传感技术学报, 2011, 20(12): 2695-2700.
- [8] 余义斌, 曹长修, 李昌兵. 基于权重重心法的传感器网络节点定位[J]. 计算机仿真, 2010, 24(6): 296-299.
- [9] 刘克中, 王殊, 胡富平, 等. WSN中一种改进的DV-hop节点定位方法[J]. 信息与控制, 2009, 35(6): 787-792.
- [10] 马祖长, 孙怡宁. WSN节点的定位算法[J]. 计算机工程, 2011, 30(4): 13-14.
- [11] 张婵爱, 马艳艳, 白凤娥, 等. 基于RSSI的加权质心定位算法的实现[J]. 太原理工大学学报, 2009, 40(2): 146-147.