

基于锚节点等边三角形分布的 质心定位算法研究

邹东尧, 孙辉, 郑道理, 吕赫

(郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 针对正六边形网格定位算法定位误差不均匀和正方形网格定位算法冗余节点过多等问题, 提出了一种新的基于锚节点等边三角形分布的质心定位算法. 该算法运用网格划分理论, 验证这种网格划分的合理性; 通过实验, 探索各项参数对于这种新算法的影响. 仿真结果表明, 该算法在结构简单、硬件投入和功耗相对较少的情况下, 提高了节点定位的精确度. 但该算法在锚节点数量和计算量上都有所增加, 有待下一步改进.

关键词: 无线传感网络; 等边三角形分布; 质心定位; 节点定位

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A **DOI:** 10. 3969/j. issn. 2095 - 476X. 2013. 05. 013

Research of centroid localization algorithm based on the anchor nodes equilateral triangular distribution

ZOU Dong-yao, SUN Hui, ZHENG Dao-li, LV He

(College of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Aiming at the problems of error unevenness in regular hexagon grid location algorithm and nodes redundancy in the square grid positioning algorithm, a new centroid localization algorithm based on the anchor nodes equilateral triangular distribution was proposed. The algorithm used the theory of meshing to verify the rationality of the grid and explored the effects of parameter on this new algorithm through experiments. The simulation results showed that the algorithm in the case of simple structure, relatively small hardware investment and power consumption, improved node localization accuracy. However, the number of anchor nodes and computation have increased in this algorithm, subject to future improvements.

Key words: wireless sensor network; equilateral triangle distribution; centroid localization; node localization

0 引言

随着无线通信技术、嵌入式计算技术以及传感器技术的飞速发展与日渐成熟, 无线传感器网络的研究与应用越来越受到人们的关注. 无线传感器网

络是由大量具有感知、计算和通信能力的微型传感器以无线形式构成的自组织网络, 它通过节点间的分工协作, 实时监测、感知和采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的数据, 并对这些数据进行处理, 从而获得详尽而准确的信息, 最后传送给用

收稿日期: 2013 - 04 - 09

基金项目: 河南省科技厅科技攻关项目(112102210321); 河南省教育厅科技攻关项目(2010B510023)

作者简介: 邹东尧(1973—), 男, 河南省许昌市人, 郑州轻工业学院副教授, 主要研究方向为物联网定位、分布式网络.

户^[1]. 无线传感器网络具有低功耗、低成本、自组织的能力,能够根据环境的变化自动进行配置,具有动态可重构性等特点,可广泛应用于军事领域、精细农业、环境监测^[2]、智能家居、城市交通等方面. 作为无线传感网络应用领域重要共性支撑技术之一的节点定位技术成为研究的焦点. 定位算法从定位手段上分为2大类:基于测距的定位算法(range-based)和无需测距的定位算法(range-free). 虽然基于测距的定位算法的三边测量法、三角测量法、极大似然估计法^[3]等能够实现较精确定位,但对无线传感器节点的硬件要求高. 出于硬件成本、能耗等考虑,人们提出了无需测距的定位算法,如质心算法、DV-HOP算法、Amorphous算法、APIT算法等^[4],它们不需要测量节点间的绝对距离或方位,可降低对节点硬件的要求.

此外,无线传感网络的传感节点通常是由电池供电,由于其工作环境的特殊性,供电电池一般情况下不可充电. 因此,高效率地使用传感节点和有限的电池能源对传感器网络来说十分关键. 这样不仅能够有效地降低网络成本,同时也可以大大延长整个网络的使用寿命. 为此,人们提出了正方形的网格划分方法^[5],但是由于其重叠覆盖面积大,具有冗余节点多的弊端,增加了硬件成本和功耗,后来人们提出了正六边形的网格划分方法^[6],这种网格划分方法能够用最少的节点实现对给定区域的无缝覆盖,有效降低硬件成本和功耗. 但是这种网格划分造成了锚节点分布的不均匀,从而影响了定位的精度:有的区域锚节点密度高,定位精度高;有的区域锚节点密度低,定位精度低.

综合定位精度、硬件成本、能耗等方面的考虑,本文拟提出一种新的基于锚节点等边三角形分布的质心定位算法,以期减少冗余节点,解决正六边形网格划分锚节点分布不均匀的问题.

1 网格划分理论

1.1 理论基础

在无线传感网络区域内、在节点传感半径有限的情况下,用较少的节点实现对给定区域的无缝覆盖,实质上就是使该区域内的每个节点所覆盖的有效面积达到最大,尽量减少辐射圆的重叠部分,充分利用每一个圆面积.

利用几何证明可以得出^[7]:3个半径相同的圆

两两相交,用圆心做顶点的三角形是正三角形;当其边长是圆半径的 $\sqrt{3}$ 倍时,圆域的面积最大,相交部分最小,如图1所示. 这是3个圆两两相交构成的无缝拓扑面积最大的情况.

无线传感网络节点的传感覆盖范围是以节点为圆心、以 R 为传感半径的圆. 依据这个理论,对传感网络的节点进行布置. 假设一给定的区域 $S(L \times W)$ 内,把传感器节点按照如图2a)的方式进行排列,圆代表传感半径为 R 的辐射圆.

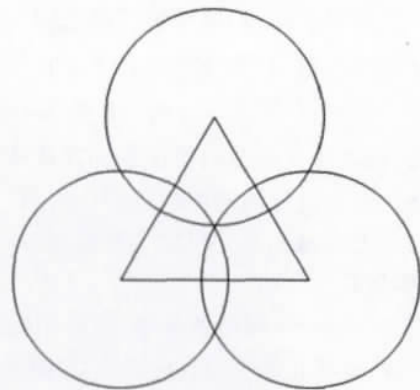
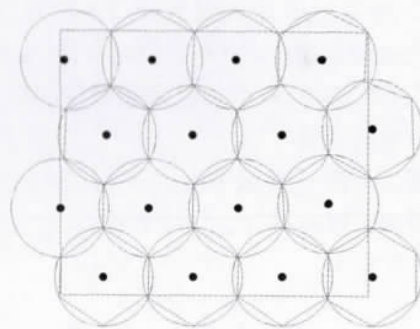
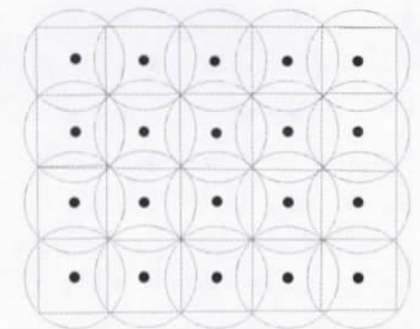


图1 半径相同的圆两两相交



a) 正六边形网格划分



b) 正方形网格划分

图2 网格划分示意图

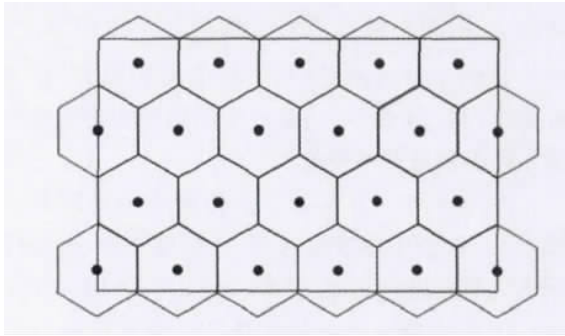


图3 正六边形网格划分

由以上理论可知,相邻传感节点之间的距离都是传感半径的 $\sqrt{3}$ 倍.相邻节点以 R 为半径的辐射圆相交,每3个圆两两相交于一点,相交部分最小;它们的圆心,也就是传感节点构成长为 $\sqrt{3}R$ 的等边三角形.此时,每个辐射圆的面积得到最大利用,并且实现了对给定区域 $S(L*W)$ 的无缝覆盖.

1.2 网格划分

在图2a)所示的网格划分中,把圆相交的部分用线段代替,即用正六边形替换圆形,如图3所示.

圆形简化成正六边形,这种形状接近于圆形理想功率的覆盖区域,且在正六边形之间无缝隙也无重叠部分,非常适合于区域规划与网格划分.按照这样的方法对监测区域进行网格划分,只要确定传感器节点的传感半径,就可以使用最少的节点实现对目标区域的监测.

根据以上理论将锚节点设置为正六边形拓扑结构对待测区域的目标进行位置检测,建立平面坐标系如图4所示.

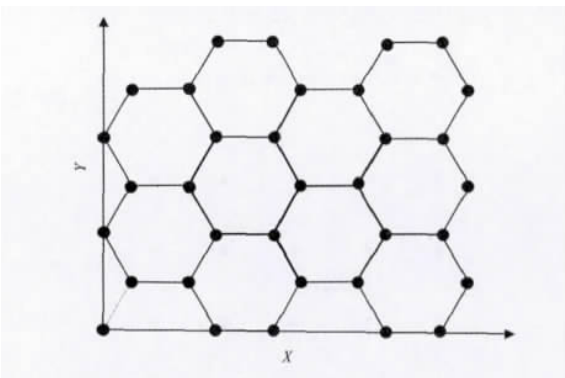


图4 正六边形网格划分坐标图

显然,靠近正六边形顶点的区域锚节点相对密集,靠近正六边形中心的区域锚节点相对稀疏.这样,当未知节点靠近正六边形顶点时定位误差相对

较小,当未知节点靠近正六边形中心时定位误差就会较大.为了解决这一问题,本文提出将锚节点的分布设置为正三角形,如图5所示.

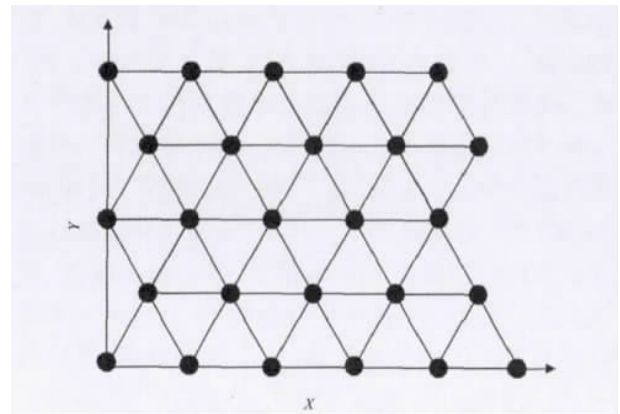


图5 等边三角形网格划分坐标图

按照这种方法,锚节点均匀地分布在待测区域内,能够有效地解决锚节点按照正六边形分布进行定位造成误差不稳定的弊端.

2 算法实现

2.1 锚节点的分布

锚节点的分布如图6所示.锚节点的坐标是已知的,假设锚节点 $P_i (i = 1, 2, 3 \dots)$ 的坐标分别为 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3) \dots (X_i, Y_i)$, (x, y) 是盲节点坐标.

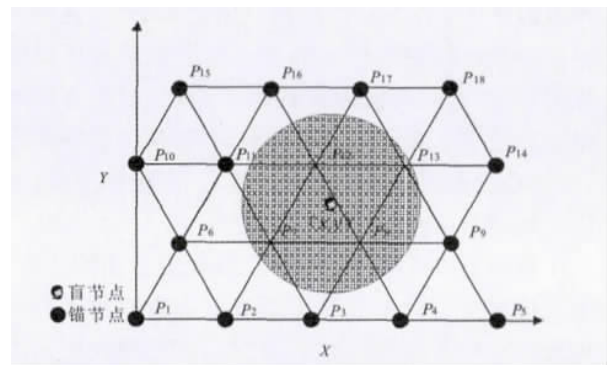


图6 锚节点正三角形拓扑结构图

2.2 基于锚节点正三角形分布的质心定位算法

该定位算法的实质是,在某一特定区域,盲节点遍历判断该区域内的所有锚节点是否在以盲节点为圆心、以搜索半径 R 为半径的圆内;如果是,则将该锚节点保存起来;如果不是,则放弃.然后计算保存起来的锚节点坐标的算术平均值,即为盲节点的坐标^[8].

以盲节点 (x, y) 为圆心,以搜索半径 R 为圆半

径做圆,如图 7 所示.那么 P_7, P_8, P_{12}, P_{13} 即为选中的锚节点,此时盲节点的位置坐标可估计为 (X, Y) , 其中

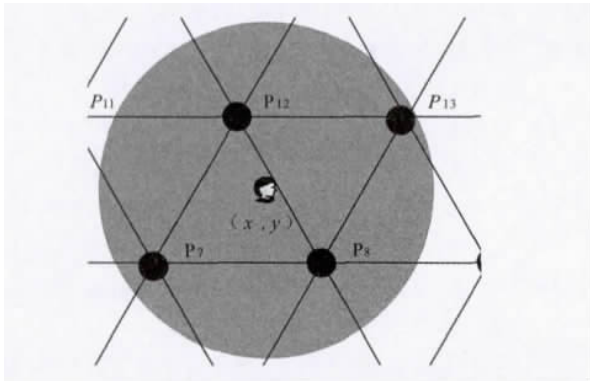


图 7 搜索半径 R 内的锚节点

$$\begin{cases} X = (X_7 + X_8 + X_{12} + X_{13}) / 4 \\ Y = (Y_7 + Y_8 + Y_{12} + Y_{13}) / 4 \end{cases}$$

为不失一般性,假设所做圆内锚节点数为 M ,且其坐标为 $(X_i, Y_i) (i = 1, 2, 3, \dots, M)$, 那么此时盲节点的坐标可以表示为

$$\begin{cases} X = \sum_{i=1}^M X_i / M \\ Y = \sum_{i=1}^M Y_i / M \end{cases}$$

3 仿真实验

为了进一步了解各项参数对这种定位算法的影响,利用 Matlab 建立一个 100×100 的仿真环境,其中,锚节点按照边长为 1 的正三角形拓扑结构分布.假设盲节点按照 $y = 5 \sin\left(\frac{\pi x}{5}\right) + 45$ 的轨迹在待测区域中运动,采样间隔 N 的值设定为 0.2,对每个采样点求估计位置,即可得到该函数的近似运动轨迹.搜索半径 R 取不同时得到的定位误差有所差异,如图 8 所示.由上述实验结果可以看到,当 $R = 0.5$ 时,定位误差比较大,甚至出现了采样点缺失的情况.这是因为锚节点是按照单位 1 的距离设置的,当 R 取值 0.5 时,某些采样点周围可能没有锚节点,这就会造成定位时该采样点缺失.另外,当 R 取值从 1 变为 10 时,定位的精确度有了明显的提高;但当 R 的取值从 10 变为 20 时,虽然定位精度也有所提高,但是已经没有前者明显. R 的取值与定位误差的关系如图 9 所示.

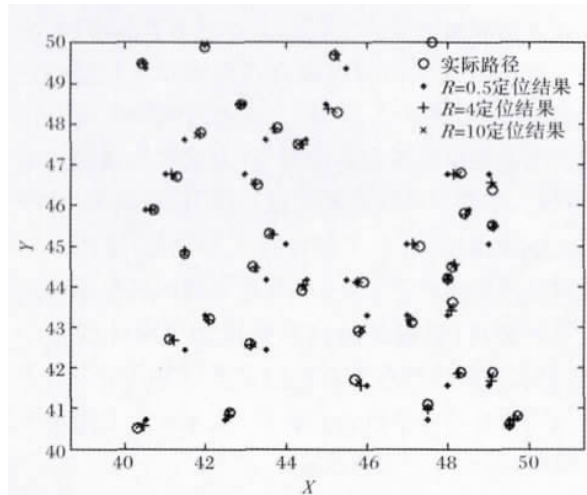


图 8 R 取不同值时定位结果比较

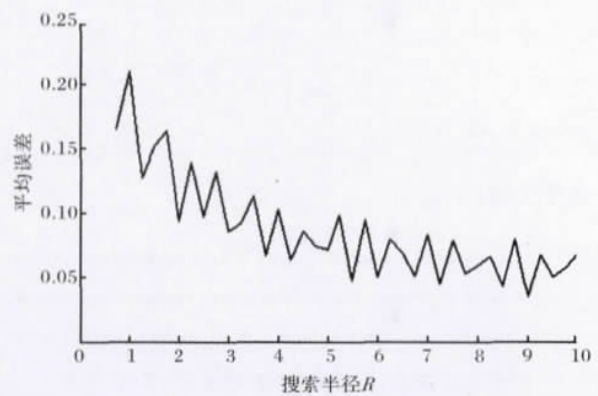


图 9 搜索半径 R 与平均误差的关系

理论上,当 R 无限增大时,盲节点的估计距离就无限接近实际距离.但在实际应用中,过多的锚节点设置需要投入更多的成本、消耗更多的能源.当 R 增大时,平均误差先是骤减,而后趋于平缓.实际应用时,只需根据需要,测定合适的 R 值即可.

此外,锚节点密度对实验的影响与搜索半径 R 的取值的影响实质是相同的,增大锚节点的密度实际上就是增大搜索半径,减小锚节点密度实际上就是减少搜索半径.事实上,在给定的区域内,如果锚节点的辐射范围确定,那么锚节点的数量也是确定的,此时再讨论锚节点的密度问题是无意义的,这里不再赘述.

4 结论

针对正六边形网格定位算法定位误差不均匀

和正方形网格定位算法冗余节点过多等问题,提出了一种新的基于锚节点等边三角形分布的质心定位算法.运用该算法,克服了正六边形网格质心定位算法定位误差不稳定的弊端,当选取合理的搜索半径时,能够得到较高的定位精度.该算法简单,降低了设计难度,减少了硬件投入和能耗,适用于对硬件要求不高的定位环境.与正六边形网格质心定位算法相比,该算法的缺陷是增加了额外的锚节点,且在判断盲节点是否在搜索半径内时须与给定区域内所有的锚节点进行比对,这无疑大大增加了计算量.这两方面仍需改进.

参考文献:

- [1] 高珩,马玉红,鲍鹏.无线传感网络常用定位算法分析[EB/OL].(2009-06-08)[2013-02-05].<http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/200906-231>.
- [2] Whitehouse K, Culler D. Calibration as parameter estimation in sensor networks[C]//Proc ACM WSNA 2002, Atlanta [s. n.]. 2008:59-67.
- [3] 朱明辉,张会清.基于 ZigBee 网络 RSSI 的室内无线定位技术[J].现代电子技术,2010(17):45.
- [4] 郭瑞星.基于 ZigBee 的无线传感网络 RRRR 定位算法的改进与实现[D].太原:太原理工大学,2011.
- [5] 阎中江,龚红焱,沈中等.基于网格扫描的 WSN 节点定位算法[J].计算机工程,2011,37(21):69.
- [6] 翟正怡,张轮.无线传感网络正六边形网格划分方法[J].电脑知识与技术,2007(19):89.
- [7] 汪学清,杨永田.无线传感器网络中连通与覆盖问题的研究[J].计算机工程与应用,2006(36):136.
- [8] 万国成.基于 ZigBee 协议的无线区域定位系统的研究[D].武汉:湖北工业大学,2011.

(上接第 42 页)

参考文献:

- [1] Moore S S, Sargeant L L, King T J, et al. The conservation of dinucleotide microsatellites among mammalian genomes allows the use of heterologous PCR primer pairs in closely related species [J]. Genomics, 1991, 10(3):654.
- [2] 蒋彩虹,王元英,孙玉. SSR 和 ISSR 标记技术应用进展[J].中国烟草科学,2007,28(2):1.
- [3] Bindler G, Van der Hoeven R, Gunduz I, et al. A microsatellite marker based linkage map of tobacco [J]. Theor Appl Genet, 2007, 114:341.
- [4] Moon H S, Nicholson J S, Lewis R S. Use of transferable *Nicotiana tabacum* L. microsatellite markers for investigating genetic diversity in the genus *Nicotiana* [J]. Genome, 2008, 51:547.
- [5] Rao C S V, Prasad S B C, Anand P, et al. Molecular diversity analysis of non fcv tobacco varieties using SSR markers [J]. IJSID, 2011, 1(2):192.
- [6] Bindler G, Plieske J, Bakaher N, et al. A high density genetic map of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) obtained from large scale microsatellite marker development [J]. Theor Appl Genet, 2011, 123:219.
- [7] 杨友才,周清明,尹晗琪.烟草种质资源 AFLP 分析中 DNA 模板的制备[J].亚热带植物科学,2005,34(2):1.
- [8] 赵世浩,周清明,荆春林,等.正交设计优化烟草 SSR 反应体系[J].湖南农业科学,2007(6):48.