

基于多边形包围的无线传感器网络边缘检测算法

林 靖, 潘广贞

(中北大学 计算机与控制工程学院, 山西 太原 030051)

摘 要: 针对无坐标信息的无线传感器网络(WSN)的传统边缘检测技术中错检和漏检的情况, 提出一种新的分布式基于有向树扩展的多边形包围检测算法, 算法对于网络节点的密度没有限制要求, 仿真结果表明该算法有效避免了错检、漏检情况的发生, 判别方法简单准确, 大大提高了 WSN 边缘检测的效率和精度。

关键词: 无线传感器网络; 边缘检测; 有向树; 多边形包围

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)02-0153-03

Boundary Recognition Algorithm in Wireless Sensor Networks Based on Polygon Surrounding

LIN Jing, PAN Guang-zhen

(College of Computer and Control engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In this paper, a new kind of distributed polygon surrounding detecting algorithm is put forward, which is based on the directed tree extension. The algorithm aimed at solving the situation of fault detection and failing to examine some parts that should have been examined in boundary detection. There is no limit to the network node density in this method. The simulation results showed that the algorithm avoided above situations effectively, the discriminant method is simple and accurate, and it improves the efficiency and precision of the WSN edge recognition greatly.

Key words: WSN; boundary recognition; directed tree; polygon surrounding

1 引言

无线传感器网络^[1]边缘检测对于拓扑发现、地理信息路由、跟踪和指导都有着非常重要的意义, 一些涉及跟踪移动物体的应用, 如在军事上跟踪敌人车辆, 检测非法过境点等, 边缘检测的作用重大; 环境应用中对栖息地的监控等方面, 边缘检测对于监测目标进出监控区域也发挥着重要的作用。目前传感器节点边缘检测算法可以分为三类^[2]: 基于几何知识、基于拓扑知识^[3]、基于统计知识。有些国家甚至发展到了对于三维无线传感器网络的边缘检测^[4]。传统边缘检测算法经常出现错检和漏检的现象, 尤其对于节点数量较大的网络检测中错检和漏检的概率又会增大, 针对这一现象本文提出一种基于有向树扩展的多边形包围判别方法, 该算法有效

避免了错检和漏检情况的发生, 尤其是对于节点密度较低的网络, 明显提高了无线传感器网络边缘检测的精度。

2 基于多边形包围的边缘检测算法

2.1 符号和定义

针对无线传感器网络模型做出如下假设。

G : 无线传感器网络监测区域。

V : 监测区域中传感器节点集合, 用 $v_i (1 \leq i \leq n)$ 表示。

M : 传感器网络内部节点集合。

N : 传感器网络边缘节点集合。

$\|uv\|$: u 和 v 两点之间的欧氏距离, $u, v \in G$ 。

R_c : 无线传感器节点的最大通信半径。

R_s : 无线传感器节点的最大感知半径。

$T_j(v_i) = \{t_{jk} | 1 \leq k \leq n\}$: v_i 节点的等 j 跳数节点集合.

2.2 算法研究

本算法为分布式算法,算法中提及的方法是在对文献[5-7]中的研究的基础上提出的,该边缘检测过程要从度最大的节点开始进行检测,检测完毕进行判断后再依次检测一跳节点、二跳节点……,此方法能有效减少检测过程中能量的消耗,对于某个空洞的边缘节点可以一次性检测出来,不必再重新对各个节点依次进行检测.

假设我们用平面上的几何点表示 WSN 中的传感器节点,用直线段表示传感器节点间的连通性,那么 WSN 可以用几何图形来表示.现运用几何及拓扑知识来介绍本文算法的主要步骤.

步骤 1: 寻找网络中度最大的点作为检测初始节点,开始检测时,先标记目标节点 v_i 的一跳节点(以被检测节点为圆心,以传感器节点的感知半径 R_s 为半径的圆范围内存在的点均为目标节点的一跳邻居节点)为集合 $T_1(v_i)$,对一跳节点进行连接,若一跳节点连接后形成闭圈完全包围被检测节点(如图 1 所示),则判断该节点 v_i 为内节点,写入集合 M ;否则,由于 $\|t_{11}t_{14}\| > R_s$,连接中断,进行步骤 2,如图 2 所示.

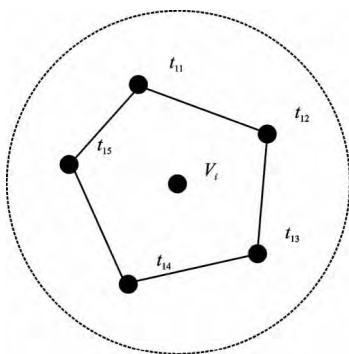


图 1 步骤 1 示意图

步骤 2: 对于一跳邻居节点没有完全包围的被检测节点 V_j , 将该节点一跳邻居节点连接的两个中断点标记为节点 p, q , 再以 p, q 作为根在连接间断方向(以 p, q 作为坐标原点, 以连接线方向为 Y 轴方向分别建立坐标系, 以与连接线对称方向的点作为扩展点)来生成有向树. 具体方法如下: 寻找节点 p, q 的一跳邻居节点(即被检测节点 V_i 的二跳节点)进行有向树扩展, 在节点没有重合的情况下继续寻找被检测节点的三跳节点……在有限跳数之内两棵有向树有一点重合, 在被检测节点与重合节点的距离小

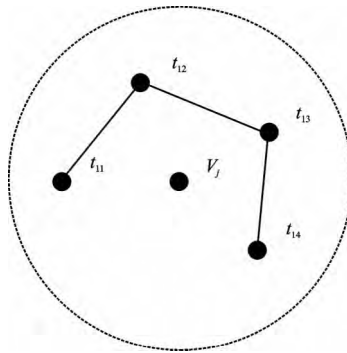


图 2 步骤 1 示意图

于无线传感器网络的最大通信半径 R_c (该算法设置 $R_c = 2R_s$) 时, 判断被检测节点为内部节点(如图 3 所示, 节点 v_j 的二跳邻居节点发生重合, 且 $v_j t_{22} < R_c$, 则说明 v_j 为内部节点); 若直到有向树不能再扩展仍没有点重合, 则判断该点为边界节点.

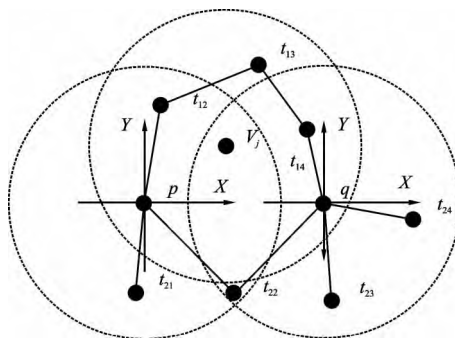


图 3 步骤 2 示意图

步骤 3: 到此已判断出被检测节点的属性, 接下来对未判断出属性的一跳节点按步骤 1、2 依次进行判断.

重复以上步骤, 依次检测目标节点的二、三跳节点……内部节点为集合 M , 边缘节点为集合 N .

步骤 4: 集合 N 中的点为该传感器网络的所有边缘节点, 对 N 中的点进行着重标记则得到了无线传感器网络的边缘和内部空洞节点.

推论 1 边缘检测过程中若某节点被判定为边缘节点, 则从间断点开始两棵有向树最内侧树枝上的顶点均为边缘节点.

推论 2 边缘检测过程中若某节点被判定为内部节点, 若在被包围的多边形内部还有有向树的树枝存在, 则这些树枝上的顶点均为内部节点(连接点除外).

推论 3 有向树扩展过程中, 若有向树的最大层数的长度超过了传感器网络节点间的通信半径长度 R_c , 当有闭圈形成时, 这个闭圈

$v_j t_{11} t_{22} t_{33} t_{43} t_{35} t_{23} t_{15} t_{14}$ 为无线传感器网络的内部空洞,如图4所示。

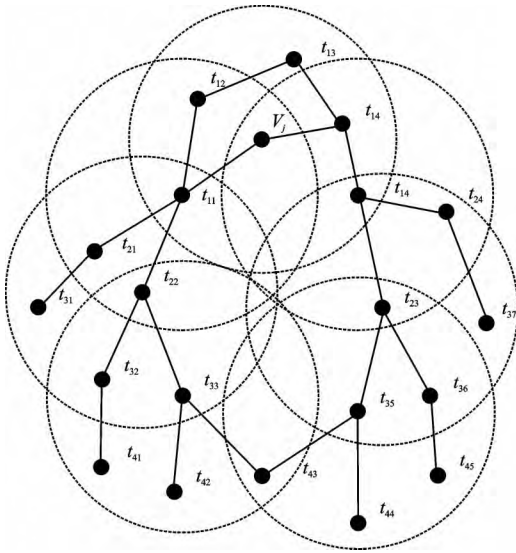
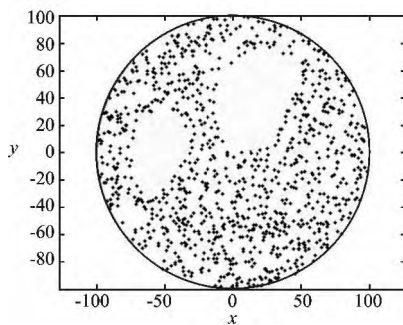


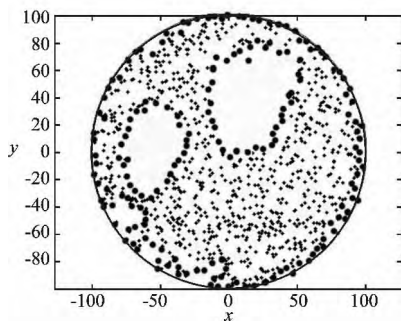
图4 无线传感器网络的内部空洞

3 实验仿真

MATLAB 仿真,在生成的圆形目标区域 G 中随机均匀分布 800 个互不重叠的传感器节点(如图5(a)所示),无线传感器节点的通讯半径设置为 10,感知半径设置为 5,并随机部署实验空洞,对该场景应用本文算法进行检测,检测结果如图5(b)所示。



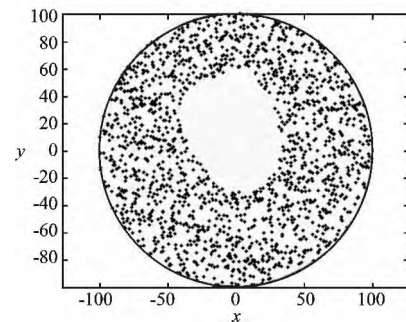
(a) 传感器节点



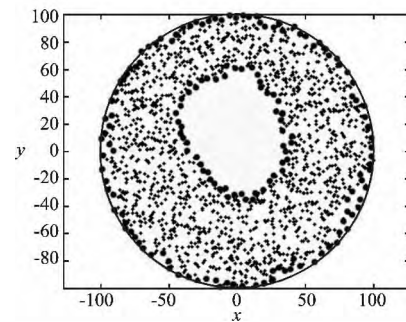
(b) 检测结果

图5 传感器节点与检测结果

进一步,改变场景设置值,令 $n=2000$,如图6所示。结果发现,随着节点数目的变化,检测算法都保持较高精确度,错检率和漏检率逐渐减小:



(a)



(b)

图6 2000个节点的仿真图

对检测结果中错检数和漏检数进行统计,并与文献[8]中的算法进行比较,比较结果如下图,结果表明该算法在避免传感器网络边缘检测错检与漏检方面有了很大的改善:

4 结束语

本文在无线传感器网络没有坐标信息的情况下,提出了基于有向树扩展的多边形包围边缘检测算法,该算法对网络中节点密度没有要求,低密度的网络同样适用,算法简单,从仿真结果及比较可以看出,本算法不仅可以精确检测无线传感器网络的边缘节点,而且有效避免了传统方法检测中错检和漏检情况的发生。下一步的工作是在网络密度固定的情况下,通过自适应通信半径或增加节点之间的信息交互等方法来最小化网络边缘检测的能量消耗和时间消耗。

参考文献:

- [1] Lanny Sitanayah, Amitava Datta, Rachel Cardell-Oliver. Heuristic algorithm for finding boundary cycles in location-free low density wireless sensor networks [J]. Computer Networks, 2010(54):1630-1645.

(下转第160页)

- (3); 2010-0248.
- [2] Tuteja A, Gujral R, Thalia S. Comparative performance analysis of DSDV, AODV and DSR routing protocols in MANET using NS2[C]// Advances in Computer Engineering (ACE), 2010 International Conference on. IEEE, 2010: 330-333.
- [3] Li Z, Yin X, Yao P, et al. Implementation of p2p computing in design of manet routing protocol[C]// Computer and Computational Sciences, 2006. IMSCCS'06. First International Multi-Symposiums on. IEEE, 2009: 594-602.
- [4] 欧中洪, 宋美娜, 战晓苏等. 移动对等网络关键技术[J]. 软件学报, 2008, 19(2): 405-413.
- [5] Shah N, Qian D. Cross-layer design to merge structured P2P networks over MANET[C]// Parallel and Distributed Systems (ICPADS), 2010 IEEE 16th International Conference on. IEEE, 2010: 851-856.
- [6] Tyagi S S, Chauhan R K. Performance analysis of proactive and reactive routing protocols for ad hoc networks[J]. International Journal of Computer Applications, 2010, 14(1): 27-30.
- [7] Garg P, Tuteja A. Comparative performance analysis of two Ad-hoc routing protocols[C]// International Conference on Network and Electronics Engineering. Singapore: IACSIT Press, 2011: 99-104.

作者简介:

龙建辉 男, (1990-), 硕士研究生. 研究方向为分布式系统理论与技术. E-mail: longjianhui2012@126.com.

陈靖 女, (1963-), 教授, 博士生导师. 研究方向为分布式系统理论与技术.

朱清超 男, (1987-), 博士研究生. 研究方向为分布式系统理论与技术.

高培勇 男, (1989-), 硕士研究生. 研究方向为分布式系统理论与技术.

(上接第 155 页)

- [2] Zhou Hongyu, Wu Hongyi, Jin Miao. A robust boundary detection algorithm based on connectivity for 3D wireless sensor network[C]// 2012 Proceedings IEEE INFOCOM: 1602-1610.
- [3] Yue Wang, Jie Gao, Joseph S. B. Mitchell. Boundary Recognition in sensor Networks by Topological Methods[C]// International Conference on Mobile Computing and Networking, Los Angeles, California, USA: IEEE, 2006: 122-133.
- [4] Fernando Martincic, Loren Schwiebert. Distributed perimeter detection in wireless sensor networks[DB/OL]. [2014-04-20]. Technical report, Wayne State Univ., 2004. <http://newslab.cs.wayne.edu/perimeter.pdf>.
- [5] Stefan Funke. Topological hole detection in sensor networks and its application[C]// Workshop on Discrete Algorithms and Methods for MOBILE Computing and Communications. 2005: 44-53.
- [6] 陈成涛, 孙燕. 高效的无线传感器网络边缘检测算法[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(9): 2984-2988.

作者简介:

林靖 女, (1989-), 硕士研究生. 研究方向为图形图像, 传感器技术. E-mail: 252175793@qq.com.

潘广贞 男, (1969-), 博士, 副教授. 研究方向为软件与理论、图形图像处理、计算机仿真.