

文章编号: 1007-5321(2017)增-0039-04

DOI:10.13190/j.jbupt.2017.s.009

基于有向感知模型的无线传感器网络节点部署

宋晓莉^{1,2}, 官云战¹, 金大海¹, 李强懿², 郑瑞娟², 张明川²

(1. 北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876; 2. 河南科技大学 信息工程学院, 河南 洛阳 471023)

摘要: 针对随机部署的有向传感器节点, 建立基于有向传感器节点的感知概率模型. 采用分布式算法, 通过节点间的联合感知概率移动有向传感器节点, 提高待监测区域内目标点被感知到的概率. 本文提出可移动的节点部署算法, 该算法使用较少的节点实现对目标区域的合理覆盖, 并提高总体覆盖效果. 仿真结果表明, 该算法有效地减少了有向传感器节点的使用, 同时保证了较好的覆盖效果.

关键词: 无线传感器网络; 有向感知模型; 节点部署

中图分类号: TP393

文献标志码: A

Nodes Deployment Based on Directed Perception Model of Wireless Sensor Networks

SONG Xiao-li^{1,2}, GONG Yun-zhan¹, JIN Da-hai¹,
LI Qiang-yi², ZHENG Rui-juan², ZHANG Ming-chuan²

(1. State Key Laboratory of Networking and Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2. Information Engineering College, Henan University of Science and Technology, Henan Luoyang 471023, China)

Abstract: According to the random deployment of directed sensor nodes, the directed sensor nodes based on the perception probability model is established. The distributed algorithm according to perception probability of nodes moves the sensor nodes and improves the perception probability of targets in monitoring area. The mobile nodes deployment algorithm using fewer nodes to achieve reasonable coverage of the target area and improving the effect of the overall coverage is designed. The simulation results show that this algorithm can effectively reduce the use of sensor nodes, while ensuring a better coverage effect.

Key words: wireless sensor networks; directed perception model; nodes deployment

无线传感器节点部署问题是在一个待监测区域内通过适当的算法来部署无线传感器节点以满足监测任务需求^[1-3]. 有效的节点部署, 需要满足网络连通性和覆盖效果的要求, 同时网络连通性和覆盖效果也是网络控制的一个重要组成部分^[4-6].

由于多数的有向传感器网络假设网络中节点感知模型为确定性感知模型, 而实际上有向传感器节点的感知概率是不同的, 节点发现目标是有一定的

概率^[7-9]. 在实际的情况中, 受外部环境因素的影响, 有向传感器节点的感知能力具有不确定性^[10-12]. 一般说来, 有向传感器节点感知的信息和对目标的监测与目标与节点之间的距离由较为密切的关系, 感知节点与目标的距离越近, 则有向传感器节点感知的信息准确度越高^[13-15]. 随着目标与节点距离的增大, 感知信息的不确定性也就越大, 概率感知模型表现出这种不确定性.

收稿日期: 2016-04-20

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2012AA011201); 国家自然科学基金重大研究计划项目(91318301); 国家自然科学基金项目(61202080, U1204614, U1404611); 中国博士后科学基金项目(2015M581032).

作者简介: 宋晓莉(1978—), 女, 讲师, E-mail: cjj198@yeah.net.

基于有向传感器节点边缘感知概率递减的有向概率感知模型,采用分布式算法,通过节点间概率联合感知,使得监测区域内目标点被发现的概率大于等于门限值,提出了一种基于概率感知模型的有向传感器网络节点部署算法.笔者所研究的有向传感器网络节点部署算法适用于部署图像采集传感器节点进行区域监测的应用环境中.

1 有向感知模型

如图 1 中所示,有向传感器节点 s_i 的感知模型采用五元组 $(x_i, y_i, \alpha_i, \beta_i, R_i)$ 来表示. 其中 (x_i, y_i) 表示第 i 个有向传感器节点的位置坐标; α_i 表示第 i 个有向传感器节点的感知方向角度; β_i 表示第 i 个有向传感器节点的偏移感知方向角度; R_i 表示第 i 个有向传感器节点的有效感知半径.

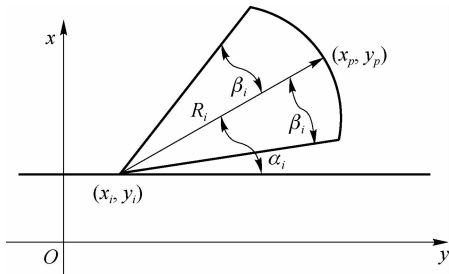


图 1 有向传感器网络节点感知模型

若点 $P(x_p, y_p)$ 是监测区域内任意一点,当且仅当点 P 满足以下 2 个条件时,称目标点 P 被有向传感器节点 i 覆盖:

$$\sqrt{(x_i - x_p)^2 + (y_i - y_p)^2} \leq R_i$$

$$\tan(\alpha_i - \beta_i) \leq \frac{y_p - y_i}{x_p - x_i} \leq \tan(\alpha_i + \beta_i)$$

2 本文算法

第 1 步 全部有向传感器节点被抛洒之后,确认本节点所处位置.

第 2 步 判定工作方式,工作方式分两个,休眠或者侦听,休眠时候工作状态记为 0,侦听工作状态记为 1,最后选取工作状态为 1 的节点,让网络处于畅通工作状态,计算工作节点个数 N .

第 3 步 选取标准工作方向,这样传感器节点最后旋转移动之后都是对着 $\frac{\pi}{2}$ 方向,转入 Step 4.

第 4 步 比较传感器节点方向 β_i 和标准工作

方向 $\frac{\pi}{2}$ 的差值大小,转入第 5 步.

第 5 步 若 $-\frac{1}{2}\pi \leq \beta_i - \frac{1}{2}\pi \leq \frac{1}{2}\pi$, 则有向传

感器节点向着 $\frac{\pi}{2}$ 的标准工作方向旋转,确保有向传感器节点移动的旋转角度最小.

第 6 步 循环执行第 4 步和第 5 步,直到所有部署的节点都朝着选定的工作方向,转入第 7 步.

第 7 步 从部署区域左下方开始,随机唤醒一个节点,使其工作状态为 1,然后根据节点工作模型,计算距离出相邻工作节点间的距离,计算虚拟节点位置所在位置,通过定义 2,确定下一个节点位置,转入第 8 步.

第 8 步 重复执行第 7 步,直到被监测区域中工作节点都被选定,保证监测区域所有位置的事件都可被监测,转入第 9 步.

第 9 步 计算覆盖率 P_{cov} .

第 10 步 工作一段时间后,如果有向传感器节点突然死亡或者其他当前能量 $E_{now} \leq E_{th}$ (E_{th} 为有向传感器节点设定的最小工作能量门限值) 该节点周围距离该节点位置最近的节点,且与已死亡节点工作方向相同的节点优先进入工作状态(因为节点大量部署,所以总能找到这样工作方向相同的节点),直到所有的有向传感器节点能量都耗尽或者无线传感器网络无法连通工作.

3 仿真结果分析

设定待监测区域 A 为 $1\,000\text{ m} \times 1\,000\text{ m}$, 有向传感器节点感知半径 R 为 50 m , 偏移感知方向角度 $\beta_i = \frac{\pi}{6}$, $R = r + r'$, 其中 r' 为有向传感器节点可被概率检测的偏差半径, $r' = 10\text{ m}$, 有向传感器节点的初始能量 E 在 $[1000, 2000]$ 上随机分布, 当有向传感器节点处于工作状态时每秒消耗能量 E_w , 而在休眠状态下几乎不消耗能量, 仿真结果与虚拟力算法^[16]进行对比.

在理想状况下,分布所有的有向传感器节点,节点覆盖无重叠,分别计算采用确定性感知模型和采用采用概率感知模型所需节点个数,若目标区域覆盖率 P 至少要求达到 90%, 经过计算所需传感器节点数量如图 2 中所示.

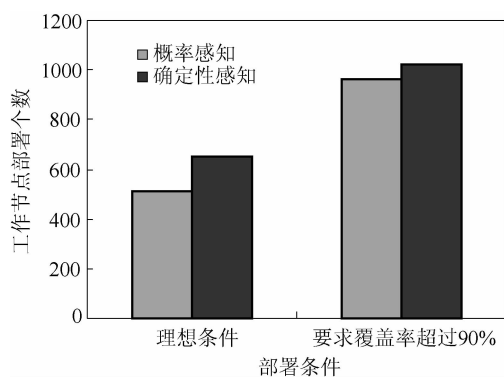


图2 工作节点个数与所采用节点模型的关系

从图2中可以看出采用概率感知模型能够明显减少传感器节点的使用数量。

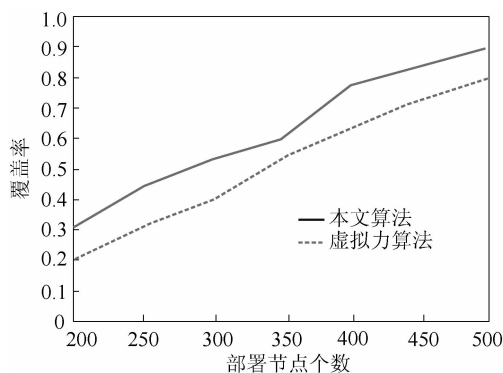


图3 虚拟力算法和本文算法在监测区域中节点个数与覆盖率的关系

从图3可以看出虚拟力算法和本文算法监测区域中传感器节点个数与覆盖率的关系,随着工作传感器节点个数的增多,虚拟力算法和本文算法的覆盖率都在提高,但是本文算法部署的效果要优于虚拟力算法,能够更好地提高待监测区域的覆盖率。

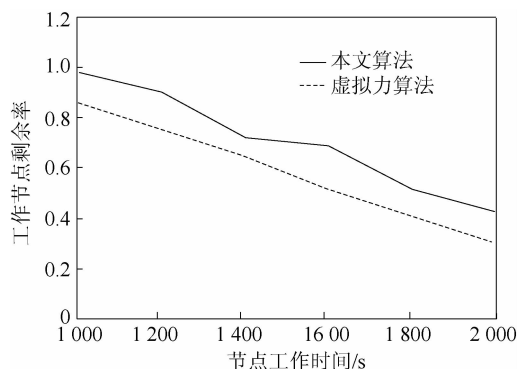


图4 工作节点剩余率随时间的变化

从图4中可以看出剩余传感器节点个数随时间的变化趋势.采用大规模部署传感器节点,在网络工

作开始阶段,因为传感器节点能量充足,两个算法部署的传感器节点数目几乎保持相同.运行一段时间后,采用虚拟力算法的网络传感器节点数量因当前工作传感器节点能量耗尽而减少一部分,但是仍能保持网络连通,而本文算法失效节点的数量要少于虚拟力算法的,因此采用本文算法有助于延长无线传感器网络的工作时间。

4 结束语

针对随机部署的有向传感器节点,建立基于有向传感器节点边缘感知概率递减的有向概率感知模型,采用信息融合的方法,传感器边缘感知区域,通过多个传感器节点的交换信息,进行联合判断,若被感知概率超过传感器节点所设定的感知门限值,则可认为事件被检测到.此算法降低信息的不确定性,改善信息的置信度,可以使用最少的传感器节点实现目标覆盖并达到要求的总体覆盖水平.仿真结果表明,该算法有效地减少了传感器节点的使用数量,并提高了无线传感器网络的覆盖效果。

参考文献:

- [1] Zhang Juwei, Tan Xiaojiang. Quantitative inspection of remanence of broken wire rope based on compressed sensing [J]. Sensors, 2016, 16(9): 1366-1379.
- [2] 任倩倩, 孙蓓蓓, 刘勇, 等. 无线传感器网络动态环结构下目标信息收集方法[J]. 北京邮电大学学报, 2016, 39(1): 58-62.
- [3] 章曙光, 周学海, 杨峰, 等. 无线传感器网络中防范选择性丢弃的途中过滤策略[J]. 北京邮电大学学报, 2016, 39(1): 68-73.
- [4] Zhang Shuguang, Zhou Xuehai, Yang Feng, et al. En-route filtering strategy against selective discarding in wireless sensor networks [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2016, 39(1): 68-73.
- [5] 常小凯, 朱婉婕, 李德奎. 三维无线传感器网络定位的可行方向算法[J]. 北京邮电大学学报, 2016, 39(2): 98-102.
- [6] Chang Xiaokai, Zhu Wanjie, Li Dekui. A feasible direction algorithm for solving 3D sensor network localization [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2016, 39(2): 98-102.

- [5] Hengchang Jing. Node deployment algorithm based on perception model of wireless sensor network [J]. International Journal of Automation Technology, 2015, 9(3): 210-215.
- [6] 孟凡胜, 王育青, 李强懿, 等. 基于改进粒子群优化算法的电梯群控方案设计[J]. 计算机时代, 2015, 33(8): 42-43.
Meng Fansheng, Wang Yuqing, Li Qiangyi, et al. Design of elevator group control scheme based on improved particle swarm optimization algorithm [J]. Computer Era, 2015, 33(8): 42-43.
- [7] Jing Hengchang. Routing optimization algorithm based on nodes density and energy consumption of wireless sensor network [J]. Journal of Computational Information Systems, 2015, 11(14): 5047-5054.
- [8] 李强懿, 马冬前, 张聚伟. 基于感知概率的无线传感器网络节点部署算法[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(2): 643-645.
Li Qiangyi, Ma Dongqian, Zhang Juwei. Nodes deployment algorithm based on perceived probability of wireless sensor network [J]. Computer Measurement and Control, 2014, 22(2): 643-645.
- [9] Wu Ningning, Zhang Juwei, Li Qiangyi, et al. Mobile nodes deployment scheme design based on perceived probability model in heterogeneous wireless sensor network [J]. Journal of Robotics and Mechatronics, 2014, 26(5): 616-621.
- [10] Zhang Juwei, Li Shiwei, Li Qiangyi, et al. Journal of computational information systems, coverage hole recovery algorithm based on perceived probability in heterogeneous wireless sensor network [J]. Journal of Computational Information Systems, 2014, 10(7): 2983-2990.
- [11] 李强懿, 马冬前, 张聚伟. 基于平衡距离的无线传感器网络节点部署算法[J]. 电子技术应用, 2013, 39(4): 96-98.
Li Qiangyi, Ma Dongqian, Zhang Juwei. Nodes deployment algorithm based on balance distance of wireless sensor network [J]. Application of Electronic Technique, 2013, 39(4): 96-98.
- [12] Li Shiwei, Ma Dongqian, Li Qiang Yi, et al. Nodes deployment algorithm based on perceived probability of heterogeneous wireless sensor network [C] // 2013 International Conference on Advanced Mechatronic Systems, ICAMechS 2013. 2013: 374-378.
- [13] 李强懿. 无线传感器网络节点部署算法的研究[D]. 河南科技大学, 2013: 1-67.
- [14] 李强懿, 马冬前, 张聚伟, 等. 基于证据理论的无线传感器网络节点部署算法[J]. 计算机测量与控制, 2013, 21(6): 1715-1717.
Li Qiangyi, Ma Dongqian, Zhang Juwei, et al. Nodes deployment algorithm of wireless sensor network based on evidence theory [J]. Computer Measurement and Control, 2013, 21(6): 1715-1717.
- [15] 白舸, 张海涛, 刘翠苹, 等. 基于遗传模拟退火算法的WSN广播算法研究[J]. 计算机测量与控制, 2013, 21(11): 3053-3056.
Bai Ge, Zhang Haitao, Liu Cuiping, et al. WSN broadcast algorithm based on genetic simulated annealing algorithm [J]. Computer Measurement and Control, 2013, 21(11): 3053-3056.
- [16] 贺学剑, 李强懿, 白舸, 等. 无线传感器网络中覆盖空洞修复算法[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(12): 97-99.
He Xuejian, Li Qiangyi, Bai Ge, et al. Coverage hole recovery algorithm in wireless sensor network [J]. Microelectronics and Computer, 2013, 30(12): 97-99.