

文章编号: 2096-1472(2017)-05-23-03

基于聚类的二阶段无线传感网络Sweep Coverage机制

成璐

(太原工业学院计算机工程系, 山西 太原 030008)

摘要: 作为WSN网络覆盖中的热点问题之一, Sweep Coverage旨在以较少的传感节点覆盖所有的兴趣点(POIs)。针对现有Sweep Coverage机制中存在的不足, 本文提出一种基于聚类的二阶段网络覆盖机制: 数据感知阶段, 采用通过减法聚类改进的K-means算法对POIs分簇, 并寻求各簇中访问POIs的近似最优路径; 数据传输阶段, 寻求数据传输节点的最优访问路径。实验表明, 在相同网络场景下, 本文提出的二阶段网络覆盖机制有较好的效果。

关键词: Sweep Coverage; 数据感知; 数据传输; K-means

中图分类号: TP212.9 **文献标识码:** A

Two-Stage Sweep Coverage Mechanism in WSN Based on Clustering

CHENG Lu

(School of Computer Engineer, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, China)

Abstract: As a hot issue in WSN network coverage, Sweep Coverage aims to cover all points of interest (POIs) with fewer sensor nodes. Aiming at the deficiency of the existing Sweep Coverage mechanism, this paper proposes a two-stage network coverage mechanism based on clustering: in the data sensing phase, clustering POIs by K-means algorithm based on subtractive clustering and searching for the approximate optimal path of POIs in each of clusters; and in the data transmission phase, seeking the optimal access path of the data transmission node. The experimental results show that under the same network scenario, the proposed two-stage network coverage mechanism has better performance.

Keywords: Sweep Coverage; data sensing; data transmission; K-means

1 引言(Introduction)

近年来, 无线传感网络(WSNs)备受关注, 而覆盖问题成为WSN中的一个热点问题。在一些特定的场景中, 如巡回检查中, 我们更关注事件频发点POI(Point of Interest)的覆盖问题^[1]。在这些场景中, 采用移动传感节点周期性的访问POIs并完成对信息的采集。

为了解决这类问题, 文献[1]中首次将Sweep Coverage的概念引入WSN中, 同时定义了Sweep Coverage问题: 在POI覆盖周期的约束下, 如何以更少的移动节点覆盖POIs, 降低网络覆盖成本。Weifang Cheng等论证Sweep Coverage是NP难题。文献[1]中提出了集中式的CSWEEP算法和分布式DSWEEP算法。CSWEEP算法简便易行, 但要求POI覆盖周期相同, 在大规模网络中并不适用。DSWEEP算法更加灵活, 但移动节点总是倾向于访问距离自身较近的POIs, 难以

确保信息的及时采集。另外, 文献[3]提出多移动传感节点协调覆盖POIs的MinExpand算法, 该算法结构简单、速度快, 但是该算法无法对数据延迟的考虑。文献[5]同时考虑POI的感应和传输延迟限制, 但并没有考虑使用移动节点的数量, 不适用于较大规模的网络。

鉴于目前Sweep Coverage中存在的不足与缺陷, 本文同时考虑POIs感应延迟限制和传感节点的传输延时限制, 形成二阶段Sweep Coverage机制, 通过对移动传感节点的有效控制来解决无线传感器网络中的Sweep Coverage问题。

2 基于聚类的二阶段Sweep Coverage机制描述 (Description of two-stage sweep coverage mechanism based on clustering)

2.1 网络部署

为了模拟真实场景, 假定POIs在监测区随机分布。在

该场景下,同时考虑移动节点对POIs的覆盖和节点收集到的数据实效性和有用性形成一个二阶段的Sweep Coverage机制:数据感知阶段,通过减法聚类改进的K-means对POIs进行分簇,再用遗传算法对各簇中的POIs进行路径规划,得到MobileSweep(感知节点)的较优移动路径,从而以较少的MobileSweep覆盖所有POIs;数据传输阶段,由MobileSink(传输节点)收集MiniSink(存储节点)处的信息并将其送回Sink。此处MobileSink的访问路径问题可以规约成MobileSweep的访问路径问题。

2.2 相关变量定义

对于该机制中用到的变量做如表1解释。

表1 定义
Tab.1 Definition

符号	定义
T_i	POI覆盖周期
v_s	MobileSweep的速度
m	POIs数量
$d_{i,j}$	POI p_i 与 p_j 之间的欧几里得距离
v_t	MobileSink的速度
T_i	MiniSink的覆盖周期

3 具体算法实现(Specific algorithm implementation)

3.1 POIs分簇

在POIs随机分布于监测区中,考虑到MobileSweep路径的长度,对POIs进行分簇,使同簇中POIs距离较近,不同簇中POIs相距较远。为了操作简便,采用K-means分簇。针对K值无法确定的问题,运用减法聚类进行对其改进,形成分簇算法:基于减法聚类的K-means。算法具体步骤如下:

POIs分簇算法

输入: POIs坐标 (x_i, y_i) 集合,形成样本空间。

输出: K个分簇,及每个簇中的POIs集合。

算法过程:

- ①运用减法聚类确定K值,并找出初始聚类中心集合C。
- ②在步骤①的基础上执行K-means。
- ③重新计算聚类中心Z。若聚类准则函数不收敛收敛转到步骤②。
- ④输出结果。

通过减法聚类,不仅得到较为合理的K值,同时确定了初始聚类中心,减少K-means的迭代次数,使算法效率得到提

高。

3.2 MobileSweep与MobileSink访问路径规划

MobileSweep周期性的覆盖POIs,它的路径由访问路径中的POIs连接组成。为了寻找簇内POIs最优访问路径,本文采用遗传算法。

(1)MobileSweep访问路径算法实现

MobileSweep访问路径规划算法

输入: K个簇中的POIs坐标 (x_i, y_i) 及控制参数: 种群规模N和终止进化代数T。

输出: K条访问路径 $L = \{l_1, l_2, \dots, l_k\}$ 及路径长度 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ 。

算法过程:

- ①根据POIs的位置坐标计算每个簇中POIs的距离矩阵Dis。
- ②为每个簇随机生成初始种群 $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$,计算各个体的适应度值 $1/\text{dis}(C_i)$,并按适应度值对个体进行排序。初始终止进化代数计数器 $\text{gen}=0$ 。
- ③计算选择概率p。
- ④根据步骤③,采用“轮盘赌”复制下一代个体。
- ⑤交叉操作。
- ⑥变异操作。
- ⑦ $\text{gen}=\text{gen}+1$ 。
- ⑧如果 $\text{gen}<T$,则转到步骤③;若满足终止条件,算法结束,输出K条路径并保存K条路径的长度。

(2)最少MobileSweep数

假设K条路径集合为 $L = \{l_1, l_2, \dots, l_k\}$,其对应的长度为 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ 。

已知MobileSweep的速度为 v_s ,第i条遍历路径上的POI的最小覆盖周期为 T_{\min}^i ,则第i条路径上的MobileSweep数为:

$$\text{mun}_i = \left\lceil \frac{d_i}{v_s T_{\min}^i} \right\rceil \quad (1)$$

那么, K条路径MobileSweep的总量为:

$$\text{mun}^* = \sum_{i=1}^k \text{mun}_i = \sum_{i=1}^k \left\lceil \frac{d_i}{v_s T_{\min}^i} \right\rceil \quad (2)$$

其中,第i条路径上的移动节点数为 mun_i ,那么Sweep Coverage机制中的总节点数为 mun^* 。由公式(2)可知,影响 mun^* 大小的因素有两个 d_i 和 v_s ,由于移动节点匀速运动,本文中,我们只考虑路径 d_i 长度对最小移动节点数的影响。

3.3 MobileSink访问路径规划

数据传输阶段，MobileSink的路径和感知阶段POIs的路径相似，但是考虑到聚类之后，簇的个数远小于POIs数，因此在设计MobileSink访问路径时，直接运用遗传算法寻求MobileSink的最优访问路径。

4 实验 (Experiment)

4.1 试验设置

假设监测区域大小为 $500 \times 500^{[8]}$ ，汇聚节点设置在区域边界，即在仿真区域的(0,0)处。对POI数量从50到150不等随机分布在监测区域的场景进行试验。POI的通信范围为2m，MobileSweep、MobileSink有足够大的数据传输带宽，可以在较短的时间内完成数据的感知和相互之间的数据传输。同时假设MobileSweep、MiniSink、MobileSink数据缓冲区足够大，且传感节点的能量充足。根据最少移动节点数算法，假设所有簇中的最小覆盖周期相等，所有POI的覆盖周期均相等且等于簇中最小的POIs的覆盖周期。

4.2 基于减法聚类的K-means分析

当监测区域中POIs个数为80时，分别运用原始K-means聚和基于减法聚类的K-means对POIs分簇。从图1可以看出，运用减法聚类改进的K-means分簇后，簇内POIs紧密度更高，算法有更强的优越性。

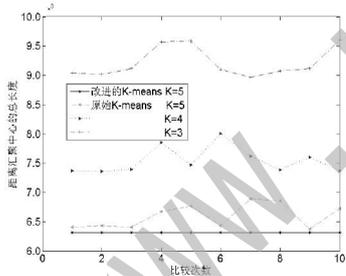


图1 簇中POIs紧密度对比

Fig.1 The compare of closeness of clustering

4.3 MobileSweep及MobileSink路径的生成

MobileSweep访问路径和MobileSink路径如图2所示。

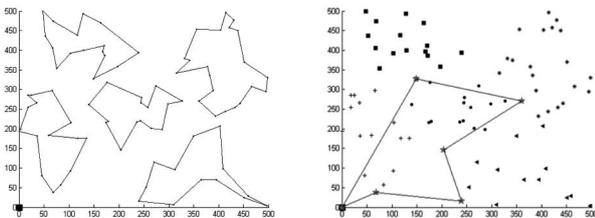


图2 MobileSweep及MobileSink路径

Fig.2 The path of MobileSweep and MobileSink

4.4 参数设置对MobileSweep数量的影响

(1)POIs分布密度对MobileSweep数目的影响

设置MobileSweep速度 $v_s=3\text{m/s}$ ，最小覆盖周期 $T_s=100\text{s}$ ，如图3所示，在相同条件下，本文算法所需MobileSweep数量明显少于MinExpand。

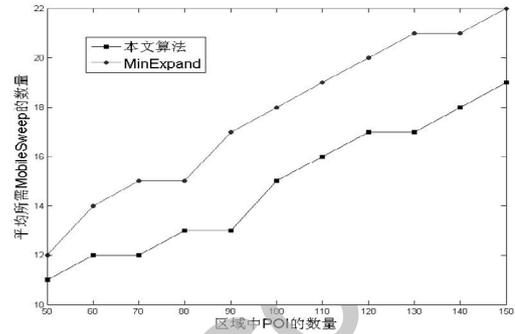


图3 区域中POI密度对MobileSweep的影响

Fig.3 The density of POI influenced on MobileSweep

(2)移动速度对节点数目的影响

增加节点的移动速度，会在一定程度上影响所需的节点数。当POI的覆盖周期 $T_s=100\text{s}$ 时，设置MobileSweep的速度为 $v_s=3\text{m/s}$ 和 $v_s=5\text{m/s}$ 。从图4可以看出，随着MobileSweep速度的增加，所需MobileSweep的数量显著下降。通常情况下，MobileSink的功率要远远大于MobileSweep，因此速度也比较大。当相同覆盖周期下，设置MobileSink的速度为 $v_t=10\text{m/s}$ 和 $v_t=15\text{m/s}$ 。随着MobileSink速度的增加，所需MobileSink数目增加平稳，且增幅较小。因此速度对MobileSink的影响较小。

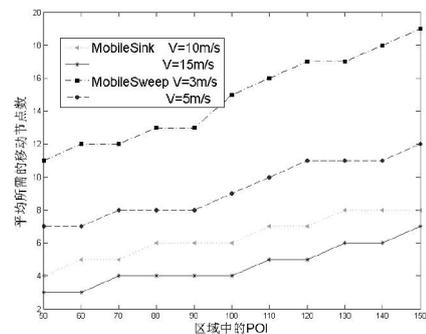


图4 速度对移动节点数量的影响

Fig.4 The influence of speed on mobile sensors

5 结论(Conclusion)

本文在原来完全动态的网络模型中加入静止MiniSink形成一个二阶段网络Sweep Coverage机制。实验证明，运用该机制，可以有效防止感应延时和传输延时，并且一定程度上减少了移动节点数目，降低了无线网络覆盖成本。由于对于

真实场景中的一些情况欠缺考虑,下一步,计划在真实的场景中进行验证本文提出的覆盖机制,同时考虑有无Sink节点对数据传输阶段的影响,从而对Sweep Coverage进行完善。

参考文献(References)

- [1] Weifang Cheng, et al. Sweep coverage with mobile sensors[J]. Parallel and Distributed Processing, 2008. IPDPS 2008. IEEE International Symposium on, 2008: 1-9.
- [2] Min Xi, et al. Run to potential: Sweep coverage in wireless sensor networks[J]. International Conference on Parallel Processing, 2009: 50-57.
- [3] Junzhao Du, et al. On sweep coverage with minimum mobile sensors[J]. International Conference on Parallel and Distributed Systems, 2010: 283-290.
- [4] Zhenya Zhang, et al. MTSP based solution for minimum mobile node number problem in sweep converge of wireless sensor network [J]. International Conference on Computer Science and Network Technology, 2011: 1827-1830.
- [5] Dong Zhao, Huadong Ma, Liang Liu. Mobile Sensor Scheduling for Timely Sweep Coverage[J]. Wireless Communications and Networking Conference, 2012: 1771-1776.
- [6] Barun Gorain, Partha Sarathi Mandal. Point and Area Sweep Coverage in Wireless Sensor Networks[J]. Modeling & Optimization in Mobile, Ad Hoc & Wireless Networks, 2013: 140-145.
- [7] Shu L, et al. A sweep coverage scheme based on vehicle routing problem[J]. Telkomnika, 2013, 11(4): 2029.
- [8] 林锋, 王伟, 周激流. MASC: 一种基于移动辅助节点的Sweep Coverage机制[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2010, 06: 119-125; 132.
- [9] 刘晨光, 林锋, 周激流. 一种基于A-means聚类算法的Sweep Coverage机制[J]. 计算机应用研究, 2012, 03: 1051-1053.
- [10] 李小康, 林峰, 周激流. 一种Sweep Coverage问题的插入启发式算法[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2015, 01: 74-78.

作者简介:

成璐(1988-), 女, 硕士, 助教. 研究领域: 无线传感网络, 人工智能.

(上接第32页)

- varying frequency estimation method for single-phase electric power systems[J]. Measurement, 2012, 45: 1331-1333.
- [2] Shiguang, et al. High-resolution frequency Measurement of the Ground-state Hyperfine Splitting of $^{113}\text{Cd}^+$ ions[C]. China Satellite Navigation Conference, 2013.
- [3] X.Z. Cui, et al. Absolute Calibration of V-band Crosslink Transmitting Channel for Inter-satellite Communication[C]. International Conference on Signal Processing, 2012.
- [4] 汤震武. 卫星导航信号模拟源关键指标测量校准及溯源方法研究[D]. 湖南: 中南大学, 2013.
- [5] 孙海燕, 等. 北斗_GNSS高精度时频终端测试方法探讨[J]. 宇航计测技术, 2013, 33(01): 44-48.
- [6] 郭淑霞, 等. 北斗卫星导航接收端抗干扰性能测试系统构建方法研究[J]. 计算机科学, 2013, 40(07): 28-31.
- [7] 曾一凡, 吴思琪. 基于FPGA和单片机的守时系统设计[J]. 微型机与应用, 2014(03): 24-26.
- [8] 王凤华, 等. 卫星导航测试场景可视化系统的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2013, 21(08): 2030-2032.
- [9] 王召利, 范文晶. 基于自适应滤波的瞬时频率测量新方法[J]. 制导与引信, 2013, 34(3): 41-46.

作者简介:

胥捷(1989-), 女, 硕士, 助理工程师. 研究领域: 导航接收机测试和时间频率计量.

胡立志(1983-), 男, 硕士, 工程师. 研究领域: 导航接收机测试和时间频率计量.

徐亮(1989-), 男, 硕士, 助理工程师. 研究领域: 导航接收机测试和时间频率计量.

马志超(1989-), 男, 硕士, 工程师. 研究领域: 导航接收机测试和时间频率计量.

董莲(1964-), 女, 本科, 教授级高级工程师. 研究领域: 导航接收机测试和时间频率计量.

(上接第38页)

- and Storage System[J]. Advanced Materials Research, 2013, 2526(753): 3125-3128.
- [4] 李水田. 一种基于VBA的非标准格式数据采集方法的研究与实现[J]. 电子技术与软件工程, 2014(24): 187
- [5] 张志杰, 刘金胜, 谢晓峰. 气象水文到报监测的实时性设计[J]. 计算技术与自动化, 2013(03): 110-116.

作者简介:

唐俊(1978-), 男, 硕士, 高级工程师, 系统分析师. 研究领域: 软件工程, 系统集成.