



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113242563 A

(43) 申请公布日 2021.08.10

(21) 申请号 202110696764.9

H04W 84/18 (2009.01)

(22) 申请日 2021.06.23

(71) 申请人 西安邮电大学

地址 710121 陕西省西安市雁塔区长安南路563号

申请人 西安碧海蓝天电子信息技术有限公司

(72) 发明人 赵小强 杨轩 冯宁宁 李政
陈杨 宁航 杨晨 刘冬 凌子兴
廖焕敏 户延威 逯恒志 高强

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
代理人 王爱涛

(51) Int.Cl.

H04W 16/18 (2009.01)

H04W 24/02 (2009.01)

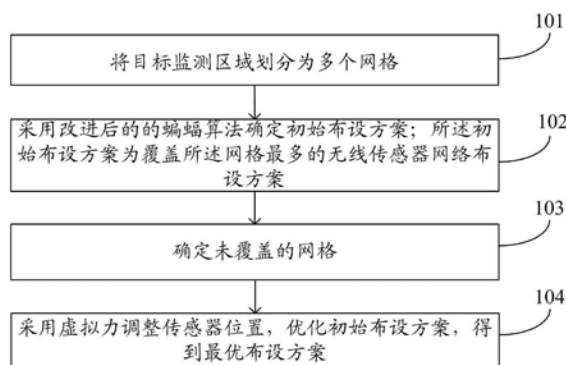
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

一种无线传感器网络覆盖率优化方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种无线传感器网络覆盖率优化方法及系统。该方法包括：将目标监测区域划分为多个网格；采用改进后的蝙蝠算法确定初始布设方案；所述初始布设方案为覆盖所述网格最多的无线传感器网络布设方案；确定未覆盖的网格；采用虚拟力调整传感器位置，优化所述初始布设方案，得到最优布设方案。本发明中将监测区域离散化为网格点，将覆盖率作为目标函数值，首先使用改进的蝙蝠算法对传感器节点进行位置更新，将无线传感器覆盖问题转化为利用蝙蝠算法进行目标函数优化问题，最后改进蝙蝠算法基础上使用虚拟力算法，对无线传感器进行二次部署，使得网络节点部署均匀，节点覆盖率增大。



1. 一种无线传感器网络覆盖率优化方法,其特征在于,包括:
将目标监测区域划分为多个网格;
采用改进后的蝙蝠算法确定初始布设方案;所述初始布设方案为覆盖所述网格最多的无线传感器网络布设方案;
确定未覆盖的网格;
采用虚拟力调整传感器位置,优化所述初始布设方案,得到最优布设方案。
2. 根据权利要求1所述的无线传感器网络覆盖率优化方法,其特征在于,所述采用改进后的蝙蝠算法确定初始布设方案,具体包括:
计算每只蝙蝠的适应度值;每只蝙蝠表示无线传感器网络的布设方案,适应度值表示无线传感器网络的覆盖率;
选择适应度值最大时对应的蝙蝠为最优蝙蝠;
基于所述最优蝙蝠以及Levy飞行扰动,更新所有蝙蝠的位置和速度;
计算位置和速度更新后的蝙蝠的适应度值;
选择更新后的适应度值最大时对应的蝙蝠为初始布设方案。
3. 根据权利要求1所述的无线传感器网络覆盖率优化方法,其特征在于,所述确定未覆盖的网格,具体包括:
计算各传感器与所述网格的距离;
若所述距离大于传感器的监测半径,确定当前网格为未覆盖的网格。
4. 根据权利要求1所述的无线传感器网络覆盖率优化方法,其特征在于,所述采用虚拟力调整传感器位置,优化所述初始布设方案,具体包括:
计算第i个传感器与相邻传感器之间的虚拟斥力;
计算第i个传感器与未覆盖的网格之间的虚拟引力;
根据所述虚拟斥力与所述虚拟引力计算虚拟力合力;
根据所述虚拟力合力调整第i个传感器的位置。
5. 根据权利要求2所述的无线传感器网络覆盖率优化方法,其特征在于,还包括:
判断最优布设方案中的覆盖率是否满足预设条件;
若是,则输出最优布设方案;
若否,则判断改进后的蝙蝠算法的迭代次数是否达到最大抵达次数;
若是,则输出最优布设方案。
6. 一种无线传感器网络覆盖率优化系统,其特征在于,包括:
划分模块,用于将目标监测区域划分为多个网格;
初始布设方案确定模块,用于采用改进后的蝙蝠算法确定初始布设方案;所述初始布设方案为覆盖所述网格最多的无线传感器网络布设方案;
未覆盖网格确定模块,用于确定未覆盖的网格;
调整模块,用于采用虚拟力调整传感器位置,优化所述初始布设方案,得到最优布设方案。
7. 根据权利要求6所述的无线传感器网络覆盖率优化系统,其特征在于,所述初始布设方案确定模块具体包括:
第一适应度值计算单元,用于计算每只蝙蝠的适应度值;每只蝙蝠表示无线传感器网

络的布设方案,适应度值表示无线传感器网络的覆盖率;

第一选择单元,用于选择适应度值最大时对应的蝙蝠为最优蝙蝠;

更新单元,用于基于所述最优蝙蝠以及Levy飞行扰动,更新所有蝙蝠的位置和速度;

第二适应度值计算单元,用于计算位置和速度更新后的蝙蝠的适应度值;

第二选择单元,用于选择更新后的适应度值最大时对应的蝙蝠为初始布设方案。

8.根据权利要求6所述的无线传感器网络覆盖率优化系统,其特征在于,所述未覆盖网格确定模块具体包括:

距离计算单元,用于计算各传感器与所述网格的距离;

未覆盖网格确定单元,用于当所述距离大于传感器的监测半径时,确定当前网格为未覆盖的网格。

9.根据权利要求6所述的无线传感器网络覆盖率优化系统,其特征在于,所述调整模块具体包括:

虚拟斥力计算单元,用于计算第 i 个传感器与相邻传感器之间的虚拟斥力;

虚拟引力计算单元,用于计算第 i 个传感器与未覆盖的网格之间的虚拟引力;

虚拟力合力计算单元,用于根据所述虚拟斥力与所述虚拟引力计算虚拟力合力;

调整单元,用于根据所述虚拟力合力调整第 i 个传感器的位置。

一种无线传感器网络覆盖率优化方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及无线传感器网络技术领域,特别是涉及一种无线传感器网络覆盖率优化方法及系统。

背景技术

[0002] 无线传感器网络(Wireless Sensor Networks,WSN)是由大量微型、成本低和能量资源受限的传感器节点组成的移动自组织网络,实现对目标区域的有效监控。而合适的网络部署对于无线传感器网络来说是至关重要的,良好的网络布局可以显著提升网络节点覆盖率、减小网络能量损耗、增加网络健壮性等。

[0003] 良好的无线传感器覆盖效果可以保证对目标区域内进行有效的数据收集。网络覆盖率通常是衡量WSN覆盖质量的重要指标之一,覆盖率越高说明覆盖质量越好。在许多环境下(如战场、水下等),人类无法直接到达,只能通过空投的方法部署网络节点,这样就很难保证覆盖率,因此就需要各传感器节点执行覆盖控制算法,完成各传感器节点的二次移动,以提高WSN的网络覆盖率。

[0004] 现有的算法容易陷入局部最优,算法收敛速度较慢,覆盖效果较差,难以解决覆盖冗余与覆盖空洞,导致算法在后期覆盖率无法继续提升。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种无线传感器网络覆盖率优化方法及系统,提升算法全局搜索能力,提升网络覆盖率。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0007] 一种无线传感器网络覆盖率优化方法,包括:

[0008] 将目标监测区域划分为多个网格;

[0009] 采用改进后的蝙蝠算法确定初始布设方案;所述初始布设方案为覆盖所述网格最多的无线传感器网络布设方案;

[0010] 确定未覆盖的网格;

[0011] 采用虚拟力调整传感器位置,优化所述初始布设方案,得到最优布设方案。

[0012] 进一步地,所述采用改进后的蝙蝠算法确定初始布设方案,具体包括:

[0013] 计算每只蝙蝠的适应度值;每只蝙蝠表示无线传感器网络的布设方案,适应度值表示无线传感器网络的覆盖率;

[0014] 选择适应度值最大时对应的蝙蝠为最优蝙蝠;

[0015] 基于所述最优蝙蝠以及Levy飞行扰动,更新所有蝙蝠的位置和速度;

[0016] 计算位置和速度更新后的蝙蝠的适应度值;

[0017] 选择更新后的适应度值最大时对应的蝙蝠为初始布设方案。

[0018] 进一步地,所述确定未覆盖的网格,具体包括:

[0019] 计算各传感器与所述网格的距离;

- [0020] 若所述距离大于传感器的监测半径,确定当前网格为未覆盖的网格。
- [0021] 进一步地,所述采用虚拟力调整传感器位置,优化所述初始布设方案,具体包括:
- [0022] 计算第*i*个传感器与相邻传感器之间的虚拟斥力;
- [0023] 计算第*i*个传感器与未覆盖的网格之间的虚拟引力;
- [0024] 根据所述虚拟斥力与所述虚拟引力计算虚拟力合力;
- [0025] 根据所述虚拟力合力调整第*i*个传感器的位置。
- [0026] 进一步地,还包括:
- [0027] 判断最优布设方案中的覆盖率是否满足预设条件;
- [0028] 若是,则输出最优布设方案;
- [0029] 若否,则判断改进后的的蝙蝠算法的迭代次数是否达到最大抵达次数;
- [0030] 若是,则输出最优布设方案;
- [0031] 本发明还提供了一种无线传感器网络覆盖率优化系统,包括:
- [0032] 划分模块,用于将目标监测区域划分为多个网格;
- [0033] 初始布设方案确定模块,用于采用改进后的的蝙蝠算法确定初始布设方案;所述初始布设方案为覆盖所述网格最多的无线传感器网络布设方案;
- [0034] 未覆盖网格确定模块,用于确定未覆盖的网格;
- [0035] 调整模块,用于采用虚拟力调整传感器位置,优化所述初始布设方案,得到最优布设方案。
- [0036] 进一步地,所述初始布设方案确定模块具体包括:
- [0037] 第一适应度值计算单元,用于计算每只蝙蝠的适应度值;每只蝙蝠表示无线传感器网络的布设方案,适应度值表示无线传感器网络的覆盖率;
- [0038] 第一选择单元,用于选择适应度值最大时对应的蝙蝠为最优蝙蝠;
- [0039] 更新单元,用于基于所述最优蝙蝠以及Levy飞行扰动,更新所有蝙蝠的位置和速度;
- [0040] 第二适应度值计算单元,用于计算位置和速度更新后的蝙蝠的适应度值;
- [0041] 第二选择单元,用于选择更新后的适应度值最大时对应的蝙蝠为初始布设方案。
- [0042] 进一步地,所述未覆盖网格确定模块具体包括:
- [0043] 距离计算单元,用于计算各传感器与所述网格的距离;
- [0044] 未覆盖网格确定单元,用于当所述距离大于传感器的监测半径时,确定当前网格为未覆盖的网格。
- [0045] 进一步地,所述调整模块具体包括:
- [0046] 虚拟斥力计算单元,用于计算第*i*个传感器与相邻传感器之间的虚拟斥力;
- [0047] 虚拟引力计算单元,用于计算第*i*个传感器与未覆盖的网格之间的虚拟引力;
- [0048] 虚拟力合力计算单元,用于根据所述虚拟斥力与所述虚拟引力计算虚拟力合力;
- [0049] 调整单元,用于根据所述虚拟力合力调整第*i*个传感器的位置。
- [0050] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:
- [0051] 本发明中将监测区域离散化为网格点,将覆盖率作为目标函数值,首先使用改进的蝙蝠算法对传感器节点进行位置更新,将无线传感器覆盖问题转化为利用蝙蝠算法进行目标函数优化问题,最后改进蝙蝠算法基础上使用虚拟力算法,对无线传感器进行二次部

署,使得网络节点部署均匀,节点覆盖率增大。本发明通过引入惯性权重和Lévy飞行来改进蝙蝠算法,和加入虚拟力算法的方式,提升算法全局搜索能力,提升网络覆盖率。

附图说明

[0052] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0053] 图1为本发明实施例无线传感器网络覆盖率优化方法的流程图;

[0054] 图2为本发明实施例无线传感器网络覆盖率优化方法的原理图;

[0055] 图3为本发明算法与原蝙蝠算法的网络最终覆盖率对比图;

[0056] 图4为本发明算法与原虚拟力算法的网络最终覆盖率对比图;

[0057] 图5为各种算法网络最终覆盖率对比图。

具体实施方式

[0058] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0059] 本发明的目的是提供一种无线传感器网络覆盖率优化方法及系统,提升算法全局搜索能力,提升网络覆盖率。

[0060] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0061] 如图1-2所示,一种无线传感器网络覆盖率优化方法包括以下步骤:

[0062] 步骤101:将目标监测区域划分为多个网格。

[0063] 步骤102:采用改进后的的蝙蝠算法确定初始布设方案;所述初始布设方案为覆盖所述网格最多的无线传感器网络布设方案。具体的:计算每只蝙蝠的适应度值;每只蝙蝠表示无线传感器网络的布设方案,适应度值表示无线传感器网络的覆盖率;选择适应度值最大时对应的蝙蝠为最优蝙蝠;基于所述最优蝙蝠以及Levy飞行扰动,更新所有蝙蝠的位置和速度;计算位置和速度更新后的蝙蝠的适应度值;选择更新后的适应度值最大时对应的蝙蝠为初始布设方案。

[0064] 步骤103:确定未覆盖的网格。具体的:计算各传感器与所述网格的距离;若所述距离大于传感器的监测半径,确定当前网格为未覆盖的网格。

[0065] 步骤104:采用虚拟力调整传感器位置,优化所述初始布设方案,得到最优布设方案。具体的:计算第*i*个传感器与相邻传感器之间的虚拟斥力;计算第*i*个传感器与未覆盖的网格之间的虚拟引力;根据所述虚拟斥力与所述虚拟引力计算虚拟力合力;根据所述虚拟力合力调整第*i*个传感器的位置。

[0066] 在步骤104之后还包括:判断最优布设方案中的覆盖率是否满足预设条件;若是,则输出最优布设方案;若否,则判断改进后的的蝙蝠算法的迭代次数是否达到最大抵达次

数;若是,则输出最优布设方案;

[0067] 下面对本方法的工作原理进行详细介绍:

[0068] 步骤一、建立模型并初始化网络参数。

[0069] (1) 建立网络模型。

[0070] 假设监测区域为正方形,将其边长进行 m 等分,则布设区域被划分为 m^2 ,则正方形监测区域被离散化为 $K = (m+1)^2$ 个网格点。则 K 个网格点的坐标记为网格坐标矩阵 $Spot_{K \times 2}$,如公式1所示。其中 $Spot_{k,1}$ 、 $Spot_{k,2}$ 分别表示为第 k 个网格点的 x 、 y 坐标。

$$[0071] \quad Spot_{K \times 2} = \begin{bmatrix} Spot_{1,1} & Spot_{1,2} \\ Spot_{2,1} & Spot_{2,2} \\ \vdots & \vdots \\ Spot_{K,1} & Spot_{K,2} \end{bmatrix} \quad \text{公式 1}$$

[0072] (2) 初始化网络参数。

[0073] 初始化传感器的监测半径为 R ,节点类型为布尔感知模型。设置蝙蝠种群数量为 n 个,每只蝙蝠代表含有 D 个传感器的布设方案,则维度为 D 。设置最大迭代次数 $t_{\max}$,搜索脉冲的频率最小值和最大值分别设置为 $f_{\min}$ 、 $f_{\max}$,初始响度 A_i 以及脉冲频率 r_i 。初始化 D 个传感器的位置,将 D 个传感器节点的位置记为 $Position_{D \times 2}$,如公式2所示。其中, $Position_{i,1}$ 、 $Position_{i,2}$ 分别表示第 i 个传感器节点的 x 、 y 坐标。

$$[0074] \quad Position_{D \times 2} = \begin{bmatrix} Position_{1,1} & Position_{1,2} \\ Position_{2,1} & Position_{2,2} \\ \vdots & \vdots \\ Position_{D,1} & Position_{D,2} \end{bmatrix} \quad \text{公式 2}$$

[0075] 步骤二、计算各蝙蝠的目标函数值,输出未覆盖点坐标。

[0076] (1) 计算各传感器与网格点的距离。

[0077] 根据公式3计算各传感器与划分的网格点距离。则 d_{ik} 表示第 i 个传感器到第 k 个网格点的欧氏距离。

$$[0078] \quad d_{ik} = \sqrt{(Position_{i,1} - Spot_{k,1})^2 + (Position_{i,2} - Spot_{k,2})^2} \quad \text{公式 3}$$

[0079] (2) 计算各个蝙蝠的目标函数值,并输出未覆盖点坐标。

[0080] 根据步骤1-6,求解各个蝙蝠对应位置的网络覆盖率Rate,设蝙蝠的目标函数(即适应度值)为 $f = Rate$ 。具体而言:

[0081] 步骤1、重置计数器。

[0082] 根据公式4重置计数器。

[0083] $sum = 0$ 公式4

[0084] 步骤2、计算距离。

[0085] 遍历 K 个网格点,对于网格点 k 而言,根据公式3计算第 j 个网格点与第 i 个传感器节点之间的距离, $d_{i,k}$ 表示第 i 个传感器节点到第 k 个网格点的欧氏距离。

[0086] 步骤3、判断覆盖情况。

[0087] 若 $d_{i,k} \leq R_i$,则说明第 k 个网格点已被覆盖,根据公式5更新计数器,进行步骤5;

[0088] $sum = sum + 1$ 公式5

[0089] 若 $d_{i,k} > R_i$, 则说明第k个网格点未被覆盖, 输出未覆盖网格点坐标, 计数器不更新, 否则进行步骤4。

[0090] 步骤4、判断N个传感器节点是否遍历完成。

[0091] 若N个传感器节点全部遍历, 则进行步骤5; 若N个传感器节点未全部遍历, 则进行步骤2。

[0092] 步骤5: 判断K个网格点是否已遍历完成。

[0093] 若K个网格点已遍历完毕, 则进行步骤6; 若K个网格点未遍历完毕, 则进行步骤2。

[0094] 步骤6: 计算网络覆盖率。

[0095] 根据公式6计算当前的监测区域的网络覆盖率。

$$[0096] \quad Rate = \frac{sum}{K} \quad \text{公式 6}$$

[0097] 需要注意的是, 对于网络模型建立中所述的监测区域的长宽进行m等分而言, 有如下结论:

[0098] m的值越大则网格划分越密集, 网格点越多, 根据公式6计算出的网络覆盖效率越精确, 但时间复杂度越差, 一般取 $m = 100$ 。

[0099] 步骤三、更新蝙蝠速度、位置、脉冲频率和音强。

[0100] (1) 更新蝙蝠位置及速度。

[0101] 计算并比较每个蝙蝠的适应度值, 得到最优蝙蝠 $x_*(t)$, 并通过最优蝙蝠更新所有蝙蝠的位置和速度, 更新公式如下:

$$[0102] \quad f_i(t) = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min})\beta \quad \text{公式 7}$$

$$[0103] \quad v_i(t+1) = \omega * v_i(t) + (x_i(t) - x_*(t))f_i(t) \quad \text{公式 8}$$

[0104] 公式7中式中, $f_i(t)$ 为第i只蝙蝠在t轮的发出频率, $f_{\min}$ 和 $f_{\max}$ 分别为发出频率的最小值和最大值, $\beta \in [0, 1]$, 即 β 为服从均匀分布的随机值, $v_i(t)$ 为第i只蝙蝠在t轮的飞行速度, $x_i(t)$ 为第i只蝙蝠在t轮时的位置, x_* 为最优蝙蝠的位置。

[0105] 蝙蝠算法是一种特殊的粒子群算法, 为了加强全局搜索能力和加快收敛速度, 本发明在蝙蝠速度更新公式中, 引进权重系数 ω , 具体见公式9。

$$[0106] \quad \omega(t) = \frac{t_{\max} - t}{t_{\max}} * (\omega_{ini} - \omega_{fin}) + \omega_{fin} \quad \text{公式 9}$$

[0107] 公式9中 $t_{\max}$ 是最大迭代次数, ω_{ini} 是初始权重值, ω_{fin} 是最终权重值。

$$[0108] \quad x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t) \quad \text{公式 10}$$

[0109] 同时根据公式10更新蝙蝠全局位置。

[0110] (2) 更新蝙蝠的响度和脉冲频率。

[0111] 对最优蝙蝠, 本发明引入Levy飞行扰动更新方式更新蝙蝠位置, 并更新蝙蝠响度和脉冲频率。更新策略如下:

[0112] 1) 产生一个随机数 $rand_1$, 如果 $r_i < rand_1$ (r_i 为第i只蝙蝠的脉冲频率), 则在现有的 $x_{*old}(t+1)$ 中找到新的最优解 $x_{*new}(t+1)$, 按照式11更新位置, 反之, 进行 (2)。

$$[0113] \quad x_{*new}(t+1) = x_{*old}(t+1) + Levy(\lambda) \quad \text{公式 11}$$

[0114] 2) 产生一个随机数 $rand_2$, 如果 $A_i(t) > rand_2$ ($A_i(t)$ 为第i只蝙蝠的脉冲音强), 并

且 $f(x_{*new}(t+1)) > f(x_{*old}(t+1))$, 则移动至更新的位置, 反之, 进行步骤四。

[0115] 3) 当满足步骤2) 条件, 则更新发射脉冲频率和音强A:

$$[0116] \quad A_i^{t+1} = \alpha A_i^t \quad \text{公式 12}$$

$$[0117] \quad r_i^{t+1} = R_0(1 - \exp(-\gamma \times t)) \quad \text{公式 13}$$

[0118] 其中, t 为迭代次数, γ 为脉冲频率增加系数, α 为脉冲音强衰减系数。

[0119] (3) 更新蝙蝠适应度值。

[0120] 计算蝙蝠位置和速度更新后的适应度值, 根据公式3得到传感器节点与网格点的欧氏距离, 与传感器节点的监测半径比较, 大于监测半径则输出未覆盖网格点坐标 No_cover。(根据公式3去得到传感器节点与网格点的欧氏距离, 与传感器节点的监测半径比较。具体在步骤二中的步骤1到步骤3。输入的是所有传感器节点的坐标和网格点的坐标, 输出的是未覆盖网格点坐标。未覆盖网格点越多, 则适应度值即覆盖率越低。)

[0121] 步骤四、使用虚拟力进行二次部署。

[0122] 利用蝙蝠算法进行位置更新之后, 形成初始布设, 本发明继续采用节点与未覆盖网格点虚拟力、节点之间的虚拟力进行二次部署, 进一步提高覆盖率。

[0123] 具体步骤如下:

[0124] 步骤1: 输入2中的未覆盖网格点坐标 No_cover。

[0125] 步骤2: 任意两个传感器节点 s_k 和 s_l 所受虚拟斥力可表示为:

$$[0126] \quad F(s_i, s_l) = \begin{cases} (\omega_{il}/d_{il}), \theta_{il} + \pi, 0 < d(s_k, s_l) \leq R_i \\ 0, d(s_k, s_l) > R_i \end{cases} \quad \text{公式 14}$$

[0127] 式14中, ω_{il} 为节点与节点之间的虚拟斥力系数。 d_{il} 为节点与节点之间的距离, d_{th} 为设定的距离阈值; θ_{il} 表示为节点 s_i 到 s_l 的方位角; R_i 为传感器的感知半径。

[0128] 传感器节点 s_i 受到未覆盖网格的虚拟引力:

$$[0129] \quad F(s_i, spot_k) = \begin{cases} (\omega_{ik}(d_{ik} - R_i), \theta_{ik}), d(s_i, spot_k) > R_i \\ 0, 0 < d(s_k, s_l) < r_c \end{cases} \quad \text{公式 15}$$

[0130] 式15中, ω_{ik} 为节点与未覆盖网格的虚拟引力系数; d_{ik} 为节点与未覆盖网格之间的距离; R_i 为设定的距离阈值, θ_{ik} 表示为节点 s_i 到未覆盖网格点 $spot_k$ 的方位角。

[0131] 则节点 s_i 所受相邻节点与未覆盖网格分别产生的虚拟力合力为:

$$[0132] \quad F_i = F(s_i, s_l) + F(s_i, spot_k) \quad \text{公式 16}$$

[0133] 步骤3: 假设第 i 个传感器节点所受的合力为 $\vec{F}_i$, 水平方向和垂直方向的合力分别为 $\vec{F}_{ix}$ 、 $\vec{F}_{iy}$, 根据公式17移动传感器节点 i (根据公式17去移动传感器节点, 其中的 position 就是传感器的坐标, 利用移动传感器节点得到更好的覆盖率。)

$$[0134] \quad \begin{cases} Position_{ix} = Position_{ix} + \frac{\vec{F}_{ix}}{F_i} \times Maxstep \times e^{-1/F_i} \\ Position_{iy} = Position_{iy} + \frac{\vec{F}_{iy}}{F_i} \times Maxstep \times e^{-1/F_i} \end{cases} \quad \text{公式 17}$$

[0135] 步骤五、判断是否满足算法终止的条件1。

[0136] 若网络覆盖率Rate满足 $\text{Rate} \geq Q$ (Q 表示预设条件), 则覆盖任务完成, 算法结束; 否则, 进行步骤六。

[0137] 步骤六、判断是否满足算法终止的条件2。

[0138] 判断当前迭代轮次 t 与所述的最大迭代次数 $t_{\max}$ 的关系, 若满足 $t > t_{\max}$, 则覆盖任务完成, 算法结束; 否则, 进行4中的步骤三。

[0139] 下面对传感器节点的布尔感知模型进行详细介绍:

[0140] 布尔感知模型是以一个节点 i 为圆心, R 为半径的圆形感知区域, 该感知半径也成为感知圆, 只有落在感知区域内, 才能被该节点覆盖, 这种模型也被称为0-1模型, 其数学表达式如公式18所示。

$$[0141] \quad P(i, j) = \begin{cases} 1, d(i, j) \leq R \\ 0, d(i, j) > R \end{cases} \quad \text{公式 18}$$

[0142] 其中, $d(i, j)$ 为节点 i 与目标点 j 之间的欧氏距离, R 为节点感知半径。故网格点 M_j 都可能被多个传感器感知, 因此网格点 M_j 被传感器节点集合 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ 感知的联合概率为

$$[0143] \quad p(S, M_j) = 1 - \prod_{i=1}^N [1 - p(s_i, M_j)] \quad \text{公式 19}$$

[0144] 下面对网络覆盖率进行详细介绍:

[0145] 由步骤二中网络模型可知将监测区域离散为 $K = (m+1)^2$ 个网格点, 任意网格点 M_j 被节点 s_i 感知概率可通过公式(18)计算, 目标点 M_j 被传感器节点集合 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ 感知的联合概率为可通过公式(19)计算。该监测区的网络覆盖效率是所有传感器节点覆盖的目标点数与传感器不产生冗余状态下可覆盖网格点数的比值。本发明网格点边长为1, 故传感器可覆盖网格点数可视为其面积值。整个网络的网络覆盖效率如公式20所示。

$$[0146] \quad \text{Rate} = \frac{\sum_{j=1}^K p(S, M_j)}{K} \quad \text{公式 20}$$

[0147] 下面对虚拟力算法VFA (Virtual Force Algorithm) 进行详细介绍:

[0148] 虚拟力算法起源于虚拟势场, 起初被用于机器人移动过程中的障碍物避让, 后来被引用到WSN节点部署策略中, 优化网络覆盖。通过将移动传感器节点虚拟成带电粒子, 并假设存在一个距离阈值 D_{th} , 当两个粒子间的距离大于该阈值, 粒子间的作用力为引力; 当粒子间的距离小于该阈值, 粒子间的作用力为斥力, 具体见公式21。通过虚拟作用力的引导, 网络可以通过节点间的距离调整, 实现区域的有效覆盖, 通过合理的阈值设定, 达到满足部署要求的覆盖效果。

$$[0149] \quad \vec{F}_{ij} = \begin{cases} \omega_\alpha (d_{ij} - D_{th}), \alpha_{ij} & d_{ij} > D_{th} \\ 0 & d_{ij} = D_{th} \\ \omega_\gamma / d_{ij}, \alpha_{ij} + \pi & d_{ij} < D_{th} \end{cases} \quad \text{公式 21}$$

[0150] 其中, ω_α , ω_γ 分别为虚拟力引力、斥力参数; D_{th} 为设定的距离阈值; α_{ij} 为两节点之间的方向夹角, $\vec{F}_{ij}$ 代表传感节点 j 对传感器节点 i 的力。

[0151] 下面对Levy飞行进行详细介绍:

[0152] 自然界中有很多动物要在不确定的环境中找到食物,最理想的方式就是采用“Levy飞行”搜索策略,在这种形式的搜索中,既包含短距离的探索性的蹦蹦跳跳,也包括偶尔长距离的行走。短距离的蹦蹦跳跳可以保证小范围仔细的搜索,而偶尔的较长距离行走又可以保证自身进入另一个区域,在更广阔的区域进行探索。所以许多学者将Levy飞行引入到进化算法当中,取得了较好的效果。

[0153] 在计算Levy飞行的搜索路径时Levy(λ),通常采用Mantegna提出的模拟Levy飞行路径的计算公式:

[0154] Levy(λ)= $\mu/|v|^{1/\beta}$ 公式22

[0155] 公式22中:参数 β 的取值范围为 $0<\beta<2$,一般取1.5,参数 μ 、 v 为正态分布随机数,服从公式23所示的正态分布;式(23)所对应的正态分布的标准差 σ_μ 、 σ_v 的取值满足式24。

$$[0156] \quad \begin{cases} \mu \sim N(0, \sigma_\mu^2) \\ v \sim N(0, \sigma_v^2) \end{cases} \quad \text{公式 23}$$

$$[0157] \quad \begin{cases} \sigma_\mu = \left\{ \frac{\Gamma(1+\beta)\sin(\pi\beta/2)}{\Gamma[(1+\beta)/2]2^{\beta-1/2}\beta} \right\}^{1/\beta} \\ \sigma_v = 1 \end{cases} \quad \text{公式 24}$$

[0158] 本发明提供的方法具有以下优点:

[0159] (1) 提升了蝙蝠算法的全局搜索能力,避免过早陷入局部最优

[0160] 更新蝙蝠算法的速度和位置的方式,在全局位置更新时引入权重策略,增强蝙蝠算法的全局搜索能力,在局部位置更新时引入Levy飞行,避免算法过早陷入局部最优解,而相似论文中的蝙蝠算法位置更新,存在全局搜索能力不强、过早陷入局部最优的问题,使得覆盖率不能进一步提升。图3是两种算法应用到无线传感器网络的覆盖率图,(a)是本发明算法,(b)是原蝙蝠算法。可以看到改进的蝙蝠算法节点分布更均匀,覆盖率更大,提升了11.8%左右。

[0161] (2) 相比较原本的虚拟力算法,提升了覆盖率

[0162] 利用虚拟力进行二次部署,利用改进的蝙蝠算法作为初始覆盖,在它的基础上,使用改进虚拟力,并优化了原本的虚拟力算法。如图4所示,(a)是本发明算法,(b)是原虚拟力算法,引入未覆盖网格点的虚拟引力和传感器节点之间的虚拟斥力,较原虚拟力算法,本发明的发明方案网络最终覆盖率更高,提升了6.2%左右。

[0163] 通过实验仿真的方式,得出该算法对网络覆盖率有明显提升,从图5可以看出,本发明最终覆盖率能达到91.5%左右,改进的虚拟力算法可以达到83.4%左右,传统的蝙蝠算法可以达到77.6%左右,改进的蝙蝠算法可以达到80.3%左右,这是由于相比较以上算法来说,本算法分为两个阶段,第一阶段使用改进蝙蝠算法,之后引入未覆盖网格点虚拟引力和传感器之间斥力,进行了二次部署,使得覆盖率比改进蝙蝠算法提升11.2%左右,比传统蝙蝠算法提升13.9%左右,比改进虚拟力算法提升8.1%左右。

[0164] 本发明还提供了一种无线传感器网络覆盖率优化系统,包括:

[0165] 划分模块,用于将目标监测区域划分为多个网格;

[0166] 初始布设方案确定模块,用于采用改进后的蝙蝠算法确定初始布设方案;所述

初始布设方案为覆盖所述网格最多的无线传感器网络布设方案；

[0167] 未覆盖网格确定模块,用于确定未覆盖的网格；

[0168] 调整模块,用于采用虚拟力调整传感器位置,优化所述初始布设方案,得到最优布设方案。

[0169] 其中,所述初始布设方案确定模块具体包括：

[0170] 第一适应度值计算单元,用于计算每只蝙蝠的适应度值；每只蝙蝠表示无线传感器网络的布设方案,适应度值表示无线传感器网络的覆盖率；

[0171] 第一选择单元,用于选择适应度值最大时对应的蝙蝠为最优蝙蝠；

[0172] 更新单元,用于基于所述最优蝙蝠以及Levy飞行扰动,更新所有蝙蝠的位置和速度；

[0173] 第二适应度值计算单元,用于计算位置和速度更新后的蝙蝠的适应度值；

[0174] 第二选择单元,用于选择更新后的适应度值最大时对应的蝙蝠为初始布设方案。

[0175] 其中,所述未覆盖网格确定模块具体包括：

[0176] 距离计算单元,用于计算各传感器与所述网格的距离；

[0177] 未覆盖网格确定单元,用于当所述距离大于传感器的监测半径时,确定当前网格为未覆盖的网格。

[0178] 其中,所述调整模块具体包括：

[0179] 虚拟斥力计算单元,用于计算第*i*个传感器与相邻传感器之间的虚拟斥力；

[0180] 虚拟引力计算单元,用于计算第*i*个传感器与未覆盖的网格之间的虚拟引力；

[0181] 虚拟力合力计算单元,用于根据所述虚拟斥力与所述虚拟引力计算虚拟力合力；

[0182] 调整单元,用于根据所述虚拟力合力调整第*i*个传感器的位置。

[0183] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的系统而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0184] 本发明中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

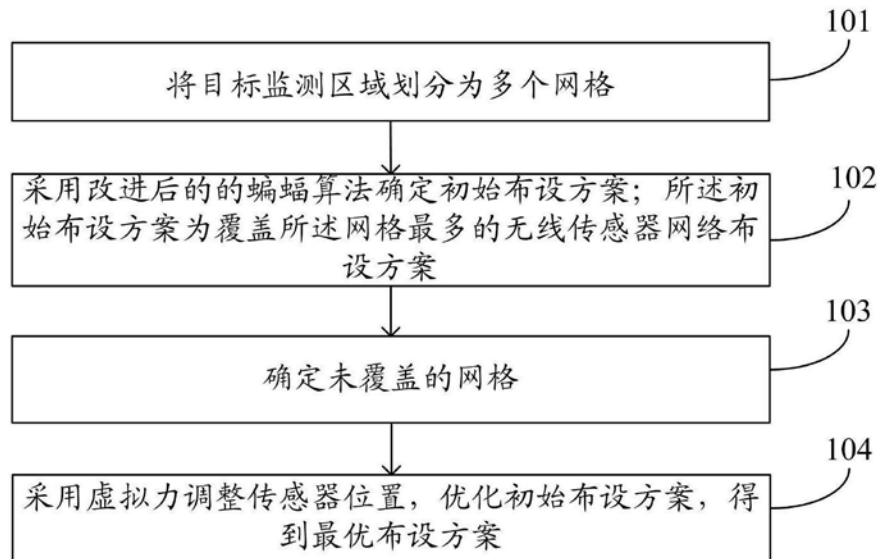


图1

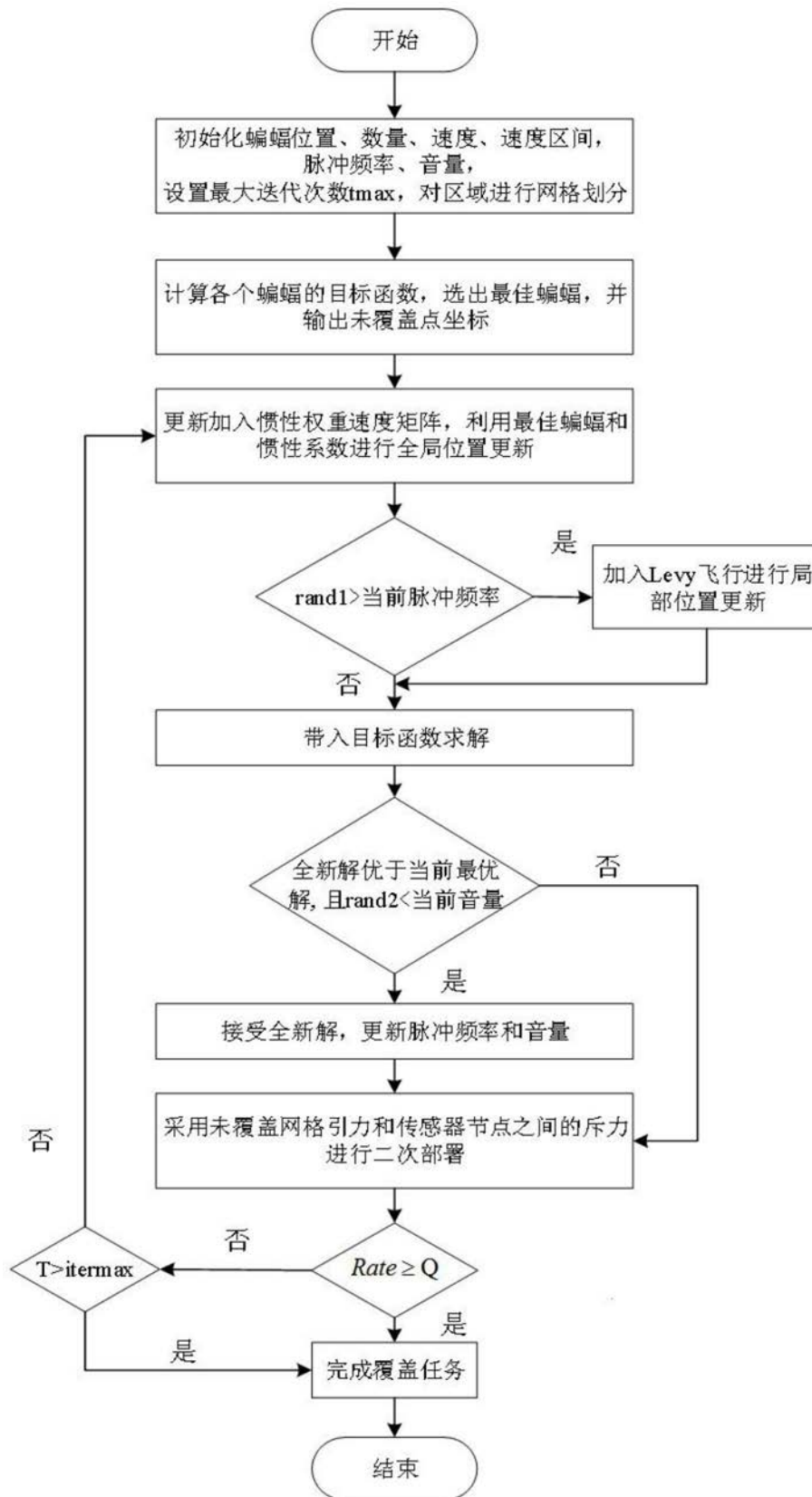


图2

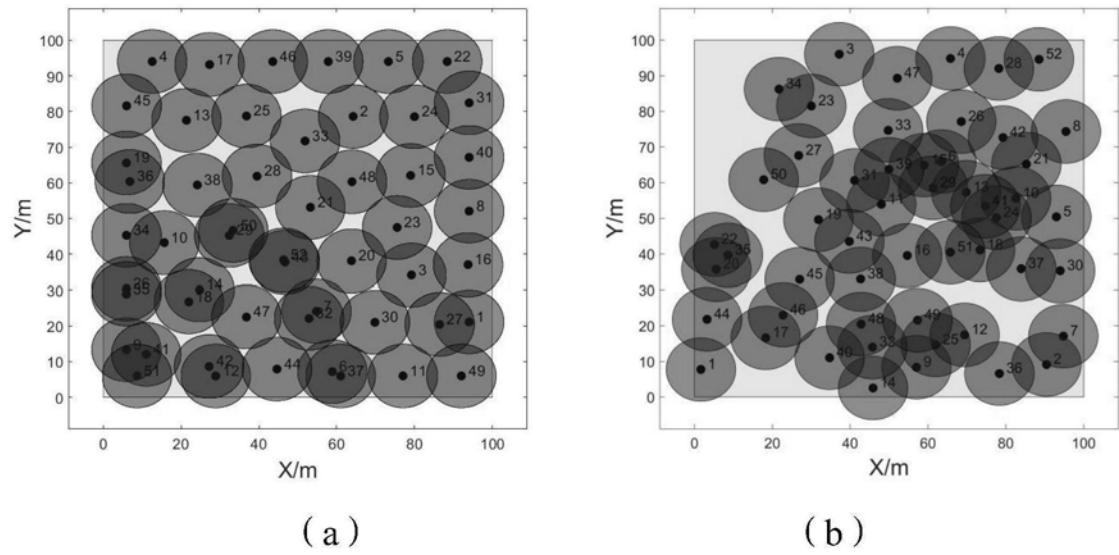


图3

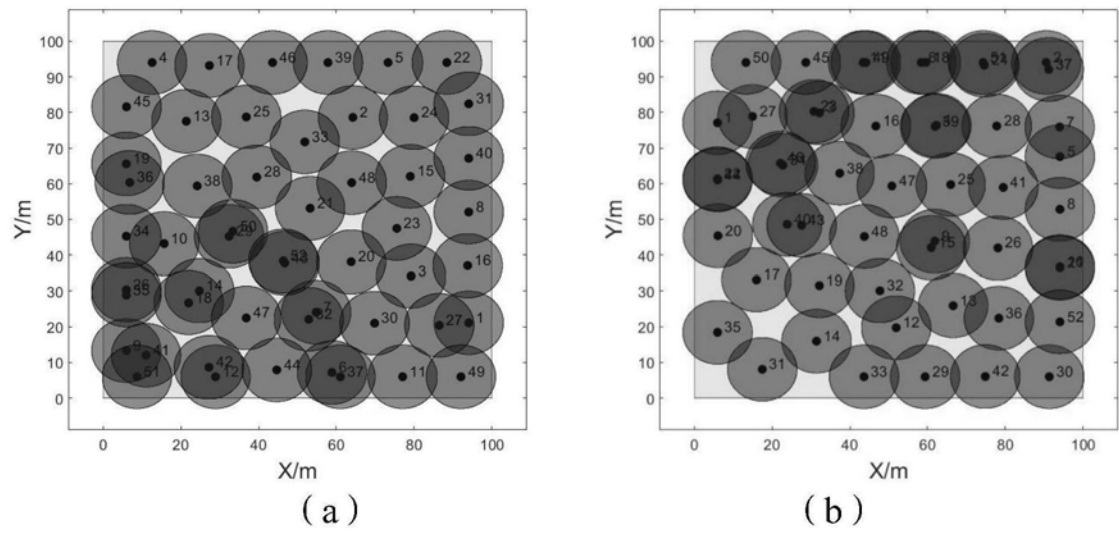


图4

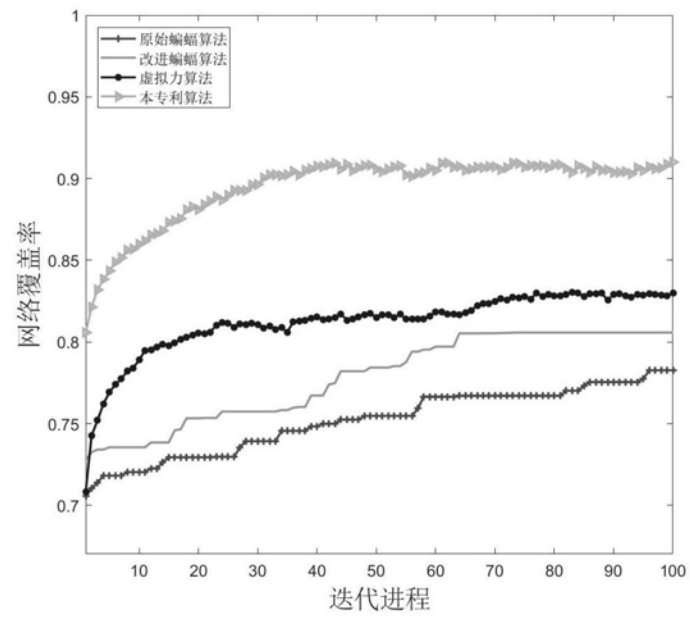


图5