

基于权重的目标覆盖控制算法

赵 玫, 杨洪勇, 李路伟

(鲁东大学 信息与电气工程学院, 山东 烟台 264025)

摘要: 针对无线传感器网络中随机部署无法实现对重要性不同的目标的优化覆盖控制问题, 利用目标重叠域和贪婪算法设计一种基于目标权重的最优部署算法. 以概率感知模型的传感器节点作为研究对象, 通过标定目标权重确定目标重叠域, 采用贪婪算法选取节点的最优部署范围, 根据指标函数的最小值确定节点的部署位置. 实验结果表明, 所提出的算法能够实现离散目标的最优覆盖监测, 而且能保证监测节点网络的连通性.

关键词: 无线传感器网络; 目标覆盖; 目标差异性; 权重; 优化部署

中图分类号: TP393

文献标志码: A

Target coverage control algorithm based on weight

ZHAO Mei, YANG Hong-yong, LI Lu-wei

(School of Information and Electrical Engineering, Ludong University, Yantai 264025, China. Correspondent: YANG Hong-yong, E-mail: hyyang@yeah.net)

Abstract: In order to solve the problem that random deployment of wireless sensor networks cannot solve the optimal coverage control of discrete targets with different importance, an optimal deterministic algorithm based on the target weight is designed by applying the target overlap and greedy algorithm. By using perceived probability model of sensor node as an object of study, the overlap of the targets is determined through the targets' weights. The optimal node deployment range is selected by employing the greedy algorithm, and the optimal deployment location of sensor nodes is decided by calculating the minimum value of indicator function. Simulation results show that the proposed algorithm can achieve a kind of optimal monitoring coverage of discrete targets and ensure the connectivity of network constructed by monitoring sensor nodes.

Key words: wireless sensor networks; target coverage; target difference; weight; optimal deployment

0 引 言

微型传感器技术的进步、无线通信能力的增强推动了无线传感器网络的快速发展, 使其在战场情报、环境卫生、智能家居等诸多领域中得到了广泛的应用^[1]. 对于无线传感器网络覆盖控制的研究是无线传感器网络能够实际应用的重要基础, 也是近年来无线传感器网络研究领域中的热点^[2-4].

在实际应用中, 对传感器节点进行监测时, 常常遇到这样的问题: 一个传感器节点可以覆盖两个乃至多个目标, 但有时目标分布过于松散, 不能用一个节点实现对所有目标的同时覆盖监测, 此时需要部署多个节点来完成工作, 但各目标事件发生的概率及事件的重要程度却不尽相同, 这便要求在对重要目标加强监测的同时, 使用尽可能少的节点完成对监测区域内目标的有效监测, 实现对节点的最优部署和最优控制.

为了解决无线传感器网络的最优覆盖控制问题, 对于不同的覆盖方式和感知模型, 有许多网络覆盖控制算法被提出^[2-6]. 针对基于全向感知模型的无线传感器网络区域覆盖问题, 文献[2]提出了一种路径平滑的传感器节点自组织覆盖算法, 优化节点在自组织过程中当网络拓扑发生变化后节点的移动轨迹; 文献[3]研究了目标覆盖应用的连通性问题, 提出了一个实现目标全覆盖与维护节点集连通性的临界条件; 为了提高传感器网络的能量利用效率, 文献[5]采用概率感知模型, 应用 Voronoi 分区策略和 Neyman-Pearson 概率感知模型研究了节点覆盖控制问题, 通过调度节点切换工作状态的方法, 延长网络的生存时间; 针对无线传感器网络中随机部署节点集不能保证离散目标点优化部署的问题, 文献[6]利用目标点最多层交叠域及遗传算法设计了一种面向目标覆盖的

收稿日期: 2013-07-18; 修回日期: 2013-10-16.

基金项目: 国家自然科学基金项目(61273152, 61203041, 51407088); 山东省自然科学基金项目(ZR2011M017)

作者简介: 赵玫(1983—), 女, 博士生, 从事电机系统控制、多智能体编制控制、复杂网络控制的研究; 杨洪勇(1967—), 男, 教授, 从事网络控制、多智能体编队控制、复杂网络控制等研究.

最优确定性部署方法. 但是, 以上算法都没有考虑各目标的重要性及目标的权重问题.

针对监测不同重要性目标的节点最优部署问题, 本文采用概率感知模型的传感器节点作为研究对象, 提出一种基于权重的目标覆盖控制算法. 通过标定目标权重改变目标重叠域, 并通过选取节点部署的候选集来完成重要目标的精确感知和节点的最优部署.

1 无线传感器网络的节点部署算法

假设在区域 Q 内分布着一定数量的目标 T_i , 其集合记为

$$T = \{T_1, \dots, T_i, \dots, T_n\}.$$

为了对目标进行监测, 需要部署一定数量的无线传感器节点 S_j , 其集合记为

$$S = \{S_1, \dots, S_j, \dots, S_m\}.$$

首先建立节点 S_j 的可能部署区域, 该部署区域是以目标 T_i 为圆心, $\alpha_i * R_s$ 为半径的圆形区域 Area, 又称为 T_i 的节点部署域. 其中: R_s 为节点的感知距离; $0 < \alpha_i < 1$ 为调整节点部署域范围的自适应参数, α_i 的表达式为

$$\alpha_i = (\beta)^{w_i}. \quad (1)$$

$0 < \beta < 1$ 是与传感器感知强度衰减率有关的参数, 其值越小, 衰减越快. $w_i \geq 1$ 是目标 T_i 的权重, 其值域与目标重要程度的划分有关: 目标越重要, 对应的权重也越大, 此时越需要节点靠近部署, 即要求其节点部署域范围越小; 反之, 目标重要性越低, 其节点部署域半径越大, 其值越趋近 R_s .

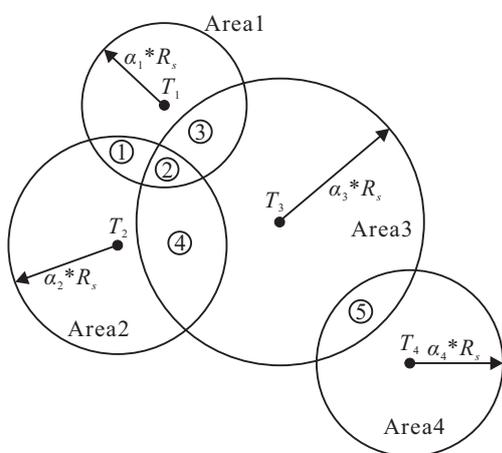


图 1 各目标点的节点部署域

如图 1 所示, 目标 T_1, T_2, T_3, T_4 的权重分别为 $w_1 = 10, w_2 = 8, w_3 = 6, w_4 = 9$. 由式 (1) 可以计算各目标的 α 值, 有 $\alpha_1 < \alpha_4 < \alpha_2 < \alpha_3$, 继而可以得到各目标的节点部署域, 分别为 Area1、Area2、Area3、Area4. 图 1 中, $\alpha_1 * R_s < \alpha_4 * R_s < \alpha_2 * R_s < \alpha_3 * R_s$, 对应目标的权重越大, 其节点部署域的半径 $\alpha_i * R_s$ 越

小, 对应其节点部署域的范围也越小.

两个目标的节点部署域相交或包含构成的重叠部分称为重叠域. 多个目标的节点部署域在同一重叠域上的重叠次数称为该重叠域的度. 如图 1 所示, 重叠域 ①~⑤ 的度分别为 2、3、2、2、2. 每个重叠域的度又可以表示部署在该重叠域内的节点能够监测到的目标个数, 由此得到各重叠域的目标集合 N_k 分别为

$$N_1 = \{T_1, T_2\}, N_2 = \{T_1, T_2, T_3\},$$

$$N_3 = \{T_1, T_3\}, N_4 = \{T_2, T_3\},$$

$$N_5 = \{T_3, T_4\}.$$

无线传感器节点 S_j 监测目标的集合

$$M_j = \{T_g | T_g \in T, \|p_j - t_g\| \leq R_s\}.$$

其中: p_j, t_g 分别为节点 S_j 和 T_g 的位置, $\|p_j - t_g\|$ 为二者之间的欧氏距离, R_s 为节点 S_j 的感知距离. 显然有 $|M_j| \leq |T|$, $|M_j|$ 表示集合 M_j 中的元素个数, 令 $|M_j| = \text{cnum}_j$ 表示节点 S_j 覆盖目标的个数, 其值随节点 S_j 的位置变化而改变. 令集合 CovT 表示已部署节点监测目标的集合, 若已完成第 $j-1$ ($j > 1$) 个节点的部署, 则 $T = \bigcup_{i=1}^{j-1} M_i$; 若没有节点完成部署, 则 $\text{CovT} = \emptyset$.

对于第 j 个节点的最优部署, 采用贪心算法比较各目标集合的 γ 值, 选取 γ 值最大的重叠域作为节点 S_j 的部署范围. 设集合 N_k 的 γ 值为 γ_k , 其表达式为

$$\gamma_k = \frac{|N_k|}{1 + |L_k|}. \quad (2)$$

其中: N_k 表示当前要计算 γ 值的目标集合, $|N_k|$ 表示目标集合 N_k 中的元素个数; $L_k = \text{CovT} \cap N_k$, 计算集合 N_k 中已完成覆盖的目标. 采用贪婪算法, 选取具有最大 γ 值的重叠域.

Step 1: 部署第 1 个节点时, $M_1 = \emptyset, \text{CovT} = \emptyset$. 此时, 选取 $|N_k|$ 值最大, 即 N_2 的重叠域作为其部署域. 完成节点部署后, 得到 $M_1 = N_2$, 记 $\text{CovT} = M_1$. 若 $\text{CovT} = T$, 则退出算法, 表示覆盖全部目标仅需一个节点.

Step 2: 部署第 j 个节点时

$$\text{CovT} = \bigcup_{i=1}^{j-1} M_i.$$

根据式 (2), 依次选取最大 γ 值的重叠域作为其部署范围. 完成节点部署后, 得到

$$\text{CovT} = \bigcup_{i=1}^j M_i.$$

Step 3: 若 $\text{CovT} = T$, 则结束算法; 否则, 转 Step 2, 继续下一个节点的部署.

对于图 1, 其首个节点的部署范围应选择 $|N_k|$ 值最大的 N_2 对应的重叠域, 得到 $M_1 = \{T_1, T_2, T_3\}$, $\text{Cov}T = \{T_1, T_2, T_3\}$, $\text{cnum}_1 = 3$. 对于下一个节点的部署范围需要选取 γ_k 值较大的重叠域, 即集合 $\{T_3, T_4\}$ 的重叠域, 得到 $M_2 = \{T_3, T_4\}$ 和 $\text{cnum}_2 = 2$, 此时 $\bigcup_{i=1}^2 M_i = T$, 算法结束, 完成目标的完全覆盖和节点的最优部署. 通过算法得到覆盖 4 个目标所需的节点个数为 2, 部署范围分别为 ② 和 ⑤.

计算每个节点最优部署位置的指标函数为

$$H(p_j) = F(\|p_j - t_k\|). \quad (3)$$

其中: $p_j(x_j^s, y_j^s)$ 表示节点 S_j 的坐标, $t_k(x_k, y_k)$ 表示目标 T_k 的坐标. 使函数 $H(p_j)$ 取得最小值的坐标 $p_j(x_j^s, y_j^s)$ 作为节点 S_j 的最优部署位置, 不仅能够完成对 M_j 中重要目标的准确监测, 还能实现对 M_j 中其他目标的有效覆盖. 通过目标函数 $H(p_j)$, 可将上述问题转化为几何最优问题, 即求 $H(p_j)$ 的最小值.

为简化运算, 令

$$F(\|p_j - t_k\|) = l \times \sum_{k=1}^{\text{cnum}_j} \|p_j - t_k\|^2, \quad (4)$$

其中 $l > 0$ 是调节函数值的参量. 将 M_j 中各目标的坐标 $(x_1, y_1), \dots, (x_{\text{cnum}_j}, y_{\text{cnum}_j})$ 代入式 (4), 建立二元函数的联立表达式

$$\begin{aligned} F(x_j^s, y_j^s) &= \\ l \times [(x_j^s - x_1)^2 + (y_j^s - y_1)^2 + \dots + \\ & (x_j^s - x_{\text{cnum}_j})^2 + (y_j^s - y_{\text{cnum}_j})^2], \\ \text{s.t. } (x_j^s - x_1)^2 + (y_j^s - y_1)^2 &\leq (\alpha_1 \times R_s)^2, \\ &\vdots \\ (x_j^s - x_{\text{cnum}_j})^2 + (y_j^s - y_{\text{cnum}_j})^2 &\leq \\ (\alpha_{\text{cnum}_j} \times R_s)^2. \end{aligned}$$

通过求解上述联立表达式, 可以得到节点在其部署区域中的最优部署位置 (x_j^s, y_j^s) .

2 基于权重的目标覆盖控制算法

2.1 目标覆盖控制算法分析

假设区域中目标位置固定, 由式 (1) 可以求得基于目标权重的节点部署域的自适应参数 α_i , 从而确定各个目标的节点部署域.

Step 1 根据各目标的位置和节点部署域, 计算所有目标的实对称邻接矩阵 $A = (a_{ij})$. 矩阵元素 a_{ij} ($1 \leq i, j \leq n$) 由下式求得:

$$a_{ij} = (T_i, T_j) = \begin{cases} 1, & 0 < d \leq \alpha_i \times R_s + \alpha_j \times R_s; \\ 0, & d > \alpha_i \times R_s + \alpha_j \times R_s. \end{cases} \quad (5)$$

其中: $d = \|t_i - t_j\|$ 表示目标 T_i 与 T_j 之间的欧氏距离; t_i, t_j 分别表示目标 T_i 和 T_j 的位置; $\alpha_i \times R_s, \alpha_j \times R_s$ 分别表示目标 T_i 和 T_j 的节点部署域半径. 当 $a_{ij} = 1$ 时, 表示目标 T_i 与 T_j 构成重叠域; 当 $i = j$ 时, $a_{ij} = 0$. 图 1 中目标网络的邻接矩阵为

$$A = (a_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Step 2 计算重叠域对应的夹角区间. 多个节点部署域相交形成夹角区间, 计算重叠域对应的夹角区间, 采用 He 等^[7]提出的算法: 以其中一个部署域为中心圆, 计算其他部署域与其相交时的夹角范围 (α, β) , $-\pi \leq \alpha, \beta \leq \pi$; 通过对夹角区间的划分, 得到每个夹角区间对应重叠域的度. α, β 为穿过中心圆圆心和两圆交点的直线分别与水平线形成的夹角, 同时规定以水平线为始边, 逆时针方向角为正角. 如图 2 所示, 以 Area1 为中心圆, 分别计算其与 Area2 和 Area3 的夹角.

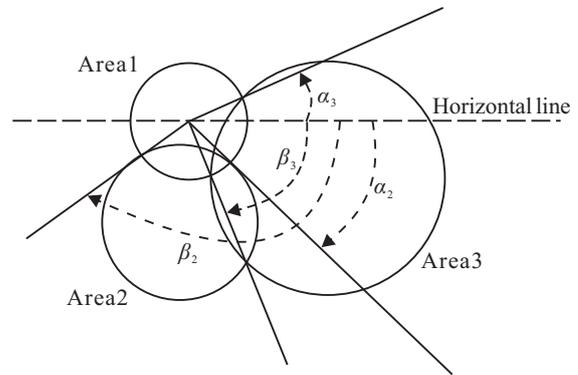


图 2 多个节点部署域相交

从图 2 中所示的夹角可以得到区间 (β_2, α_2) , (β_3, α_3) 分别是由 Area1 与 Area2, Area1 与 Area3 相交得到, 而区间 (β_3, α_2) 是由 Area1、Area2、Area3 三者相交得到, 由此可知区间 (β_2, β_3) 、 (β_3, α_2) 和 (α_2, α_3) 对应重叠域的度分别为 2、3、2.

Step 3 计算重叠域和各目标的对应关系. 每个重叠域对应多个目标, 由域-目标矩阵 D-T 表示这种对应关系. 其元素值 (k, Area_i) , $1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq \max$, 由下式确定:

$$(k, \text{Area}_i) = \begin{cases} 1, & k \subseteq \text{Area}_i; \\ 0, & k \not\subseteq \text{Area}_i. \end{cases} \quad (6)$$

D-T 矩阵中的列 Area_i 表示目标 T_i 的节点部署域, 行 k 表示第 k 块重叠域. 多目标形成重叠域的个数是不确定的, 所以可设定 \max 为一个极大值. 图 1 中各目标构成的域-目标矩阵为

$$\begin{array}{c}
 \text{Area}_1 \quad \text{Area}_2 \quad \text{Area}_3 \quad \text{Area}_4 \\
 \begin{array}{c}
 1 \\
 2 \\
 3 \\
 4 \\
 5
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 1 & 1 & 0 & 0 \\
 1 & 1 & 1 & 0 \\
 1 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 1 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 1
 \end{bmatrix}
 \end{array} \quad (7)$$

Step 4 通过域-目标矩阵, 计算各节点的部署域. 确定节点的部署域算法如下.

Step 4.1: 选取 $|N_k|$ 值最大的目标集合 N_i 对应的重叠域作为第 1 个节点的部署域. 如式 (7) 中的重叠域“2”, 得到 $\text{CovT} = \{T_1, T_2, T_3\}$.

Step 4.2: 由式 (2) 得到各目标集合 N_k 的 γ_k . 在式 (7) 中分别为 $\gamma_1 = 2/3$ 、 $\gamma_3 = 2/3$ 、 $\gamma_4 = 2/3$ 、 $\gamma_5 = 1$. 选取最大 γ 值的重叠域, 作为第 $j(j \geq 2)$ 个节点的部署域, 得到 $\text{CovT} = \{T_1, T_2, T_3, T_4\}$.

Step 4.3: 判断 $\text{CovT} = T$, $T = \{T_1, \dots, T_i, \dots, T_n\}$ 是否成立. 若成立, 则退出算法; 否则重复上一步.

Step 5 计算节点的最优部署位置. 由 Step 4 可以得到各个节点的部署域, 再由式 (4) 求得每个节点在其部署区域中的最优部署位置, 从而完成对所有目标的完全覆盖和节点的最优部署.

通过基于权重的目标覆盖控制算法, 可以得到实现完全覆盖的节点个数以及节点最优部署, 再通过进一步的计算可以得到每个无线传感器节点的最优部署位置, 从而完成对所有目标的监测覆盖.

2.2 部署节点网络的连通性

近年来, 随着无线传感器网络应用需求的快速增加, 其覆盖连通性问题逐渐引起广大专家和学者的关注. 网络的连通性对于保证监测信息的全面性和准确性起着极为重要的作用^[8].

对于监测区域中所有目标及目标间的关系可以通过图 $G(V, E)$ 表示. 图 G 是由非空结点集合 $V = \{T_1, \dots, T_i, \dots, T_n\}$ 以及边集合 $E = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ 所组成的, 图中的结点表示监测区域中的目标, 图中的边则表示目标间的关系. 在监测区域中, 目标间的关系由其节点部署域间的关系确定. 若节点部署域相交或包含, 则两个目标间存在联系, 可以通过边连接; 否则, 二者不存在连接边. 本文通过邻接矩阵 A 表示图 G .

计算部署节点网络的连通性需要以图 G 的连通性为前提, 本文采用对 Laplace 矩阵 L 求特征值的方法判断图 G 的连通性. Laplace 矩阵

$$L = D - A.$$

其中: 矩阵 A 是图 G 的邻接矩阵, 矩阵 D 是由矩阵 A 的行元素的和构成的对角阵. L 的特征值记为 $\lambda_1(G) \geq \lambda_2(G) \geq \dots \geq \lambda_n(G) = 0$, 并称 $\lambda_{n-1}(G)$ 为 G 的代数连通度. 当且仅当 $\lambda_{n-1}(G) > 0$ 时, n 阶图 G 连通^[9].

图 1 中的邻接矩阵对应的 Laplace 矩阵 L 为

$$L = \begin{bmatrix}
 2 & -1 & -1 & 0 \\
 -1 & 2 & -1 & 0 \\
 -1 & -1 & 3 & -1 \\
 0 & 0 & -1 & 1
 \end{bmatrix}.$$

矩阵 L 的特征值为 $\lambda_1(G) = 4$ 、 $\lambda_2(G) = 3$ 、 $\lambda_3(G) = 1$ 、 $\lambda_4(G) = 0$, 根据 $\lambda_3(G) > 0$, 可以判断本文算法所构造的网络能满足传感器网络的连通性.

3 实验分析

实验区域面积为 $50 \times 50 \text{ m}^2$, 目标的位置随机确定, 每个目标的权重在实验时也随机获得, 权重范围为 $[1, \text{maxweight}]$. 权重的改变不仅会使节点部署域的大小发生变化, 还会对重叠域和节点部署位置等产生影响. 为了保证实验数据的准确性, 取 100 次实验数据的平均值作为最终结果.

实验中, 选取程序执行时间、覆盖比和平均紧密度作为衡量算法优劣的指标. 覆盖比等于目标个数与节点个数之间的比值, 用于表示一个节点平均可以覆盖多少个目标. 紧密度是指目标间的联系, 即邻接矩阵 A 中数值 1 的个数. 平均紧密度不仅可以反映目标的疏密, 还能在一定程度上揭示节点部署域间的复杂关系, 其关系越复杂, 产生高度数重叠域的概率越大, 相应需要的计算时间也越长.

例 1 不同目标数目对算法执行时间、覆盖比和紧密度的影响. 当区域中目标的位置固定时, 目标的权重随机取定, 从而引起其节点部署域的改变, 乃至重叠域和节点部署位置的变化. 实验中设定参数: $R_s = 40$, $\beta = 0.6$, $\text{maxweight} = 20$. 实验结果如图 3 所示, 其中: 横坐标表示目标的数目, 纵坐标表示 3 个指标的结果.

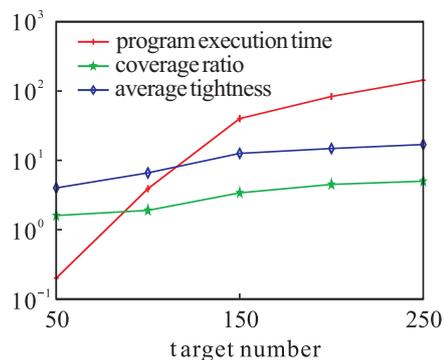


图 3 目标数目变化对算法执行效果的影响

从图 3 可以看出: 随着目标数目的增加, 执行时间在开始时增幅较大, 之后增幅减小, 这与目标数目的增多、目标间关系的复杂程度有关; 随着目标个数的增加, 覆盖比缓慢增加, 虽增幅不大, 但显现出覆盖愈多目标、需要愈少节点的趋势; 在一定区域内, 随着目标数目的增加, 节点部署域间的关系更为复杂, 形成高度数重叠域的概率随之增加, 相比以往, 一个节点能够覆盖更多的目标。

例 2 相同目标数目下, 权重范围的变化对程序执行时间、覆盖比和平均紧密度的影响. 实验中设定 β 值不变, 权重范围发生改变. 设定参数: $R_s = 40$, $\beta = 0.6$, $aim = 150$. 最大权重 $maxweight$ 分别取 10、15、20、25、30. 实验结果如图 4 所示, 其中: 横坐标表示目标的最大权重, 纵坐标表示 3 个指标的结果。

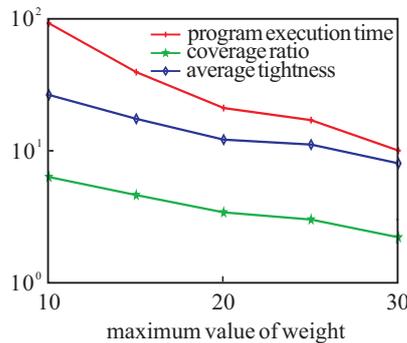


图 4 权重范围变化对算法执行效果的影响

从图 4 可以看出: 随权重范围的增大, 程序执行时间、覆盖比和平均紧密度逐渐下降. 可见, 权重越大, 对应的节点部署域范围越小, 目标间彼此越疏远, 产生高度数重叠域的概率越小, 由此覆盖比和平均紧密度越低, 算法需要更多的节点实现目标的完全覆盖监测。

例 3 相同权重范围和目标数目时, 不同 β 值对程序执行时间、覆盖比和平均紧密度的影响. 实验中设定参数: $maxweight = 20$, $aim = 150$, β 值分别为 0.4、0.5、0.6、0.7、0.8. 实验结果如图 5 所示, 其中: 横坐标表示 β 值的变化, 纵坐标表示 3 个指标的结果。

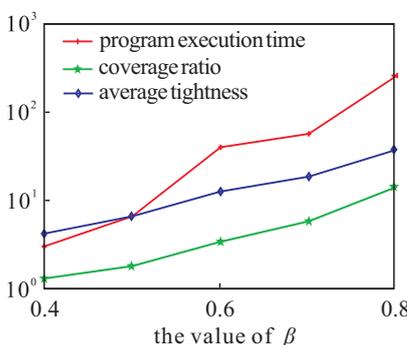
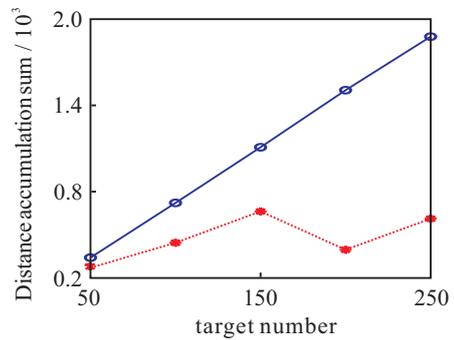


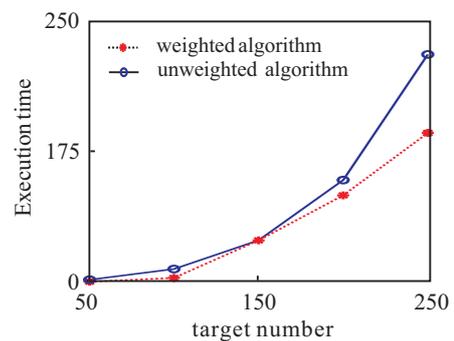
图 5 β 值变化对算法执行效果的影响

从图 5 可以看出: 权重范围一定时, β 值的变化会影响节点部署域的大小, β 值越大, 对应得到的 α 值越大, 节点部署域范围也越大, 从而引起目标间联系的增强, 形成高度数重叠域的概率增加, 单个节点覆盖的目标个数增多。

例 4 比较加权目标覆盖算法与无权覆盖算法. 将本文所提算法与文献 [6] 提出的面向目标覆盖的无线传感器网络确定性部署方法进行比较, 该算法是一种无权覆盖算法. 实验比较了两种算法最后部署节点的距离累加和以及执行时间. 距离累加和是指传感器节点与其监测目标距离的累加和, 其值越小, 表示部署节点与所监测目标间的距离越近, 越能给予重要目标更多的“关注”. 设定参数: $R_s = 40$, $maxweight = 20$, $\beta = 0.6$. 目标数目 aim 分别取 50、100、150、200、250. 实验结果如图 6 所示, 其中: 横坐标表示目标数目的变化, 纵坐标表示距离累加和以及执行时间。



(a) 距离累计和的比较



(b) 执行时间的比较

图 6 两种算法距离累加和比较

从图 6 可以看出: 随目标数目的增多, 两种算法的距离累加和以及执行时间都有所增加. 相比无权算法, 加权算法的距离累加和以及执行时间较小, 节点距离目标的位置相对较近. 可以发现基于权重的算法相比无权算法能够给予重要目标更多的“关注”。

通过对上述实验的研究可以发现, 基于权重的覆盖控制算法的实验效果与目标数目、权重范围和 β 值的变化有关. 另一方面, 目标数目、权重范围和 β 值的变化又都与实际应用密切相关. 在实际应用中, 算法可以根据目标数目及紧密度等具体情况, 调节权重范

围和 β 值, 获得期望的覆盖效果, 实现节点的最优部署.

4 结 论

本文研究了一种存在重要性差异的目标覆盖监测问题, 根据监测目标对于观察者的重要程度以及事件的发生概率标定权重, 提出了一种基于权重的目标覆盖控制算法. 本文选用概率感知模型的传感器作为研究对象, 通过与权重有关的自适应参数控制不同目标的节点部署域, 提出重叠域和重叠域度来解决节点的最优部署问题; 通过对重叠域的搜索和度的计算, 采用贪心算法选取具有最大 γ 值的重叠域作为节点的部署范围, 并通过指标函数确定节点最优部署位置, 实现传感器节点的最优部署; 最后, 通过仿真实验分析了算法的覆盖效果.

参考文献(References)

- [1] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报, 2003, 14(6): 1282-1291.
(Ren F Y, Huang H N, Lin C. Wireless sensor networks[J]. J of Software, 2003, 14(6): 1282-1291.)
- [2] 向辉. 无线传感器网络覆盖控制算法研究[D]. 无锡: 江南大学通信与控制工程学院, 2012: 29-37.
(Xiang H. Research on coverage control algorithms in wireless sensor networks[D]. Wuxi: School of Communication and Control Engineering, Jiangnan University, 2012: 29-37.)
- [3] 桂小林, 何欣, 尹柯. 基于目标覆盖的无线传感器网络的连通性优化部署方法[J]. 小型微型计算机系统, 2011, 32(9): 1821-1826.
(Gui X L, He X, Yin K. The optimal deployment methods based on connectivity for target coverage in wireless sensor networks[J]. J of Chinese Computer Systems, 2011, 32(9): 1821-1826.)
- [4] Tan Guang, Jarvis S A, Kermarrec A M. Connectivity-guaranteed and obstacle-adaptive deployment schemes for mobile sensor networks[J]. IEEE Trans on Mobile Computing, 2009, 8(5): 836-848.
- [5] 郑四海, 李腊元, 李勇. 无线传感器网络概率覆盖控制研究[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(1): 253-255.
(Zheng S H, Li L Y, Li Y. Research on probabilistic coverage control algorithm for wireless sensor networks[J]. Application Research of Computers, 2012, 29(1): 253-255.)
- [6] 何欣, 桂小林, 安健. 面向目标覆盖的无线传感器网络确定性部署方法[J]. 西安交通大学学报, 2010, 44(6): 6-9.
(He X, Gui X L, An J. A deterministic deployment approach of nodes in wireless sensor networks for target coverage[J]. J of Xi An Jiaotong University, 2010, 44(6): 6-9.)
- [7] He Xin, Yang Hua, Gui Xiaolin. The maximum coverage set calculated algorithm for WSN area coverage[J]. J of Networks, 2010, 5(5): 650-657.
- [8] 朱孟贝, 张曦煌. 一种连通性覆盖的无线传感器网络节点调度算法[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(8): 3091-3095.
(Zhu M B, Zhang X H. Sensor scheduling algorithm for connected coverage in wireless sensor networks[J]. Application Research of Computers, 2012, 29(8): 3091-3095.)
- [9] 柳柏濂. 组合矩阵论[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 46-52.
(Liu B L. Combinatorial matrix theory[M]. Beijing: Science Press, 2005: 46-52.)

(责任编辑: 齐 霖)