

# 面向异构无线传感器网络的节点调度算法

孙力娟<sup>1,2,3</sup>, 魏 静<sup>1</sup>, 郭 剑<sup>1,2,3</sup>, 肖 甫<sup>1,2,3</sup>, 王汝传<sup>1,2,3</sup>

(1. 南京邮电大学计算机学院, 江苏南京 210003; 2. 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 江苏南京 210003;  
3. 宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室, 江苏南京 210003)

**摘 要:** 针对传感器网络中的节点冗余问题, 提出了一种冗余判别方法来关闭冗余节点, 以达到延长网络生命周期的目的. 首先按邻居节点的不同位置对节点进行分类, 研究了每组邻居节点的网络覆盖率与工作节点数  $k$  之间的约束关系, 在此基础上, 按不同的冗余法则对节点进行判断, 关闭冗余节点. 理论分析和实验结果表明, 提出的算法能关闭网络中的冗余节点从而有效地延长网络的生存时间.

**关键词:** 节点调度; 异构无线传感器网络; 邻居节点分类; 邻居节点距离

**中图分类号:** TP212.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2014)10-1907-06

**电子学报 URL:** <http://www.ejournal.org.cn>

**DOI:** 10.3969/j.issn.0372-2112.2014.10.006

## Node Scheduling Algorithm for Heterogeneous Wireless Sensor Networks

SUN Li-juan<sup>1,2,3</sup>, WEI Jing<sup>1</sup>, GUO Jian<sup>1,2,3</sup>, XIAO Fu<sup>1,2,3</sup>, WANG Ru-chuan<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing, Jiangsu 210003, China;

2. Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks, Nanjing, Jiangsu 210003, China;

3. Key Lab of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology (Ministry of Education), Nanjing, Jiangsu 210003, China)

**Abstract:** To solve the problem of redundant nodes in sensor networks, this paper proposes a way to determine and turn off redundant nodes in order to lengthen the network lifecycle. This paper first classifies nodes by the different locations of the neighboring nodes, and then studies the constraint relations between coverage of neighboring nodes and working nodes  $k$  in each group. On this basis, the paper determines nodes according to different redundancy rules and turns off redundant nodes. The theoretical analysis and experimental results show that the proposed algorithm can turn off redundant nodes in the network, which in turn effectively prolongs the network's lifetime.

**Key words:** node scheduling; heterogeneous wireless sensor networks; categorization of neighborhood nodes; distance of neighborhood nodes

## 1 引言

无线传感器网络 (Wireless Sensor Networks, WSNs) 中的能耗问题一直是研究的热点, 由于传感器节点的电池容量有限且不能更换, 如何最大限度的延长网络寿命成为研究的主要课题之一. 为了网络的健壮性, 大部分 WSNs 都采用高密度的节点部署方式. 这种配置方式一方面造成了能量的浪费, 另一方面也增加了邻近区域内的节点信道冲突. 在这种情况下, 采用节点调度的策略, 使节点轮流工作, 能够有效的解决信道冲突问题, 并延长网络的生命周期. 目前, WSNs 节点调度的研究主要集

中在同构网络中, 相关的算法与研究已趋于成熟. 但在实际运用中, 由于节点硬件、应用需求或者环境等方面的限制, 同构的无线传感器网络往往并不实用.

针对这些问题, 本文研究了异构传感器网络中的节点调度问题, 并提出了一种基于邻节点距离的节点调度算法 (Neighbour Distance-based Node Scheduling algorithm, NDBS). NDBS 包括两个方面, 第一, 根据邻居节点距离对所有的邻居节点进行分类; 第二, 将分类后的不同节点按不同的冗余法则进行判断和关闭. 对比试验表明, NDBS 的性能较好, 且能关闭更多的冗余节点, 延长网络的生命周期.

## 2 相关工作

在 WSNs 中,节点调度作为降低能耗、提高网络性能的主要技术手段之一,目前已有不少研究成果发表,但主要集中在同构 WSNs 中,异构网络的研究还较少.文献[1]提出利用相邻节点间的距离信息对节点进行覆盖冗余判别和调度.文献[2]分析了随机部署网络的覆盖性能,并提出了满足期望服务质量所需节点数量的理论计算方法.文献[3]提出的  $k$  覆盖将节点划分为  $k$  个子集(每个子集称为一个最小覆盖,是一个可以完全覆盖簇内区域的最小集合),不同子集轮流工作.相对于所有节点同时工作的方式,该方法可以延长网络工作时间大致  $k$  倍.文献[4]定义节点被某个通信邻居覆盖的最大传感区域为“sponsored area”,如果节点的传感区域被所有通信邻居的“sponsored area”覆盖,则该节点将自己关闭,并在此基础上提出通过局部邻居几何位置进行判断的冗余检测算法,根据被节点覆盖形成近似扇形区域对应的圆心角并集来判断节点覆盖冗余情况.文献[5]对传感器级、平台级和网络级的传感器调度管理方法进行了综述.文献[6]针对节点不均等休眠问题,提出容忍覆盖区域的概念,并设计了相应的调度算法来延长网络的生存时间.文献[7]和[8]中在传统 WSNs 中分别基于区域覆盖和关键点覆盖问题研究了如何调度节点在满足特定网络生命周期限制下实现网络覆盖最大化.文献[9]针对最大化分簇网络的生存周期问题,提出了基于线性规划的簇头选举策略和基于簇头时间比的簇头调度算法.文献[10]针对目标覆盖问题,将节点的部署和调度两个环节结合起来进行联合优化.文献[11]也针对目标覆盖问题进行了研究,它提出了三种基于学习自动机的节点调度方案,取得了较好的效果.

现有大部分文献主要对同构 WSNs 中的冗余节点调度问题进行研究,针对异构网络的研究则较少.文献[4]提出了利用邻居节点的距离来对邻居节点进行分类的方法,本文基于类似思想,提出了一种在异构 WSNs 中以邻居节点间距来判别冗余节点的方法,针对不同的情况,使用不同的冗余判断法则来判断节点的冗余.

## 3 相关问题与模型

### 3.1 网络模型

本文使用了如下的网络模型:

(1) 节点的感知范围是以所在位置为圆心,感知距离为半径的圆.

(2) 节点共有  $n$  个,分为两类,其感知范围分别为  $r_1$  和  $r_2$ ,部署方式为随机部署.

(3) 每个节点都有活动和休眠两种状态.在任意时刻,每个节点仅能处于一种状态.在网络初始时刻,所有节点都处于活动状态.

### 3.2 相关定义

**定义 1** 邻居. 节点  $i$  的邻居集定义为  $N(i) = \{n \in \Phi | d(i, j) \leq r, n \neq i\}$ , 其中  $\Phi$  为部署区域的节点集,  $d(i, j)$  表示节点  $i$  与  $j$  之间的距离.  $S(i)$  为节点  $i$  的感知范围. 对于  $i$ , 它为冗余节点的数学条件是  $\bigcup_{j \in N(i)} S(j) \supseteq S(i)$ .

**定义 2** 共享扇区. 如图 1, 节点  $i$  与节点  $j$  为邻居, 感应区域相交于  $P_1$  和  $P_2$  两点, 扇区由边  $P_1 N_i$ 、边  $P_2 N_i$  以及弧  $P_1 P_2$  组成的, 定义其为节点  $j$  到节点  $i$  的共享扇区, 记为  $S_{j \rightarrow i}$ , 该扇区的中心角为  $\theta_{j \rightarrow i}$ .

在感知范围均为  $r$  的 WSNs 中, 由  $\bigcup_{j \in N(i)} S(j) \supseteq S(i)$  可以推导出  $\bigcup_{j \in N(i)} (S(j) \cap S(i)) \supseteq S(i)$ , 即在图 2 的情况下, 只需判断中心角的集合是否能实现  $2\pi$  的全覆盖. 根据几何计算可知  $\theta_{j \rightarrow i} = 2 \cdot \arccos\left(\frac{d(i, j)}{2r}\right)$ . 因为  $0 < d(i, j) \leq r$ , 所以  $\theta_{j \rightarrow i} \in (2\pi/3, \pi)$ .

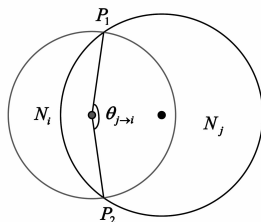


图1 共享扇区

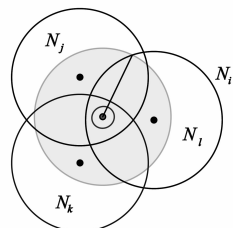


图2  $2\pi$  全覆盖

## 4 满足覆盖率的传感器个数 $k$ 的确定

### 4.1 $k$ 值的定义

**定义 3** 区域覆盖率  $C_k$ : 对于给定目标区域中的任意一点, 其覆盖率是指, 该点至少被一个传感器节点覆盖的时间与网络运行时间的比值. 为计算简便, 本文将整个区域覆盖率的数学期望定义为网络覆盖率, 即:

$$C_k = 1 - (1 - p)^k \quad (1)$$

其中  $p$  为每个传感器节点覆盖给定区域的概率,  $k$  为该区域中节点的个数.

同样, 对于节点  $i$  来说, 其感知范围内至少被  $k$  个邻居节点覆盖的概率的数学期望表达式也应满足式(1), 其中  $p$  为每个邻居节点覆盖面积与节点  $i$  的感知范围面积之比,  $k$  为该节点  $i$  感知范围内的邻居节点个数.

要使网络覆盖率满足给定的目标覆盖率  $\Lambda$ , 即

$$C_k \geq \Lambda \quad (2)$$

就要使节点感知范围覆盖率的邻居节点个数  $k$  满足:

$$k \leq \frac{\ln(1 - \Lambda)}{\ln(1 - p^2)} \quad (3)$$

### 4.2 邻居节点的分类以及 $k$ 值的理论推导

WSNs 区域内的节点是高密度部署的,但不是所有的邻居节点都是有效的.在本文中,有效邻居节点是指,对于节点  $i$  来说,任意一个节点  $j$  只要满足  $d(i, j) \leq r_i + r_j$ , 则它就是  $i$  的有效邻居节点.当  $S(i) \in S(j)$  且  $d(i, j) \leq r_j - r_i$  时,如图 3 所示,节点  $j$  的感应区完全包含节点  $i$  的感应区,在这种情况下,节点  $i$  可以直接关闭.

根据有效邻居节点与节点  $i$  的位置关系,我们将其余的有效邻居节点分为三种.

类型 1:如图 4 所示,节点  $j$  为节点  $i$  的有效邻居节点,且满足  $S(j) \in S(i)$  以及  $d(i, j) \leq r_i - r_j$ , 此时我们把  $j$  作为第一类邻居节点,记为  $N_{\text{first}}$ .对于第一类邻居节点  $N_{\text{first}}$ ,  $k_1$  为节点  $i$  感知范围内满足条件的邻居节点个数.根据式(3)进行几何计算,把  $p = \frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2}$  代入得,  $k_1$

$$\text{要满足条件 } k_1 \geq \frac{\ln(1 - \Delta)}{\ln[1 - (\frac{r_1}{r_2})^2]}.$$

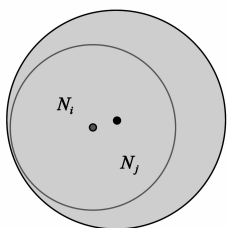


图3  $S(i) \in S(j)$  且  $d(i, j) \leq r_j - r_i$

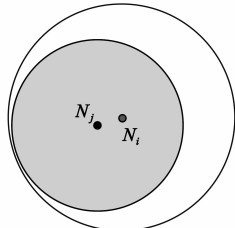


图4 第一类邻居节点

类型 2:如图 5 所示,节点满足  $(S(j) \cap S(i)) \supseteq S_{j \rightarrow i}$ , 即  $d(i, j) \leq r_i$  且  $r_i - r_j \leq d(i, j)$ . 此时我们把  $j$  作为第二类邻居节点,记为  $N_{\text{second}}$ .

根据几何计算(图 6),  $d(i, j)$  的数学期望为

$$E(d(i, j)) = \int_{r_i - r_j}^{r_i} \frac{1}{r_j} x dx = r_i - \frac{1}{2} r_j$$

中心角为  $\theta_{j \rightarrow i} = 2 \cdot \arccos\left(\frac{(d(i, j))^2 + r_i^2 - r_j^2}{2 \cdot r_i \cdot d(i, j)}\right)$  和

$$\theta_{i \rightarrow j} = 2 \cdot \arccos\left(\frac{(d(i, j))^2 + r_i^2 - r_j^2}{2 \cdot r_i \cdot d(i, j)}\right).$$

对于第二类邻居节点,两圆相交的阴影面积为  $S_2 = \frac{r_i \theta_{j \rightarrow i} + r_j \theta_{i \rightarrow j}}{2} - r_i d(i, j) \sin \theta_{j \rightarrow i}$ . 在这种情况下,邻居节

点的个数  $k_2$  必须满足  $k_2 \geq \frac{\ln(1 - \Delta)}{\ln(1 - \frac{S_2}{\pi r_i^2})}$ .

类型 3:如图 7 所示,当节点满足  $S_j(S(j) \cap S(i)) \supseteq S_{j \rightarrow i}$  时,我们把  $j$  作为第三类邻居节点,记为  $N_{\text{third}}$ . 在这种情况下,  $d(i, j)$  的数学期望

$$E(d(i, j)) = \int_{r_i}^{r_i + r_j} \frac{1}{r_j} x dx = r_i + \frac{1}{2} r_j,$$

与类型 2 同理可推知,阴影面积  $S_3$  为  $S_3 = \frac{r_i \theta_{j \rightarrow i} + r_j \theta_{i \rightarrow j}}{2} - r_i d(i, j) \sin \theta_{j \rightarrow i}$ , 需要的邻居节点个数  $k_3$  为  $k_3 \geq \frac{\ln(1 - \Delta)}{\ln(1 - \frac{S_3}{\pi r_i^2})}$ .

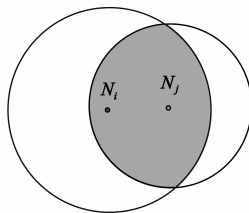


图5 第二类邻居节点

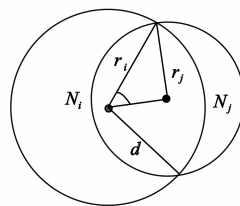


图6 几何计算图

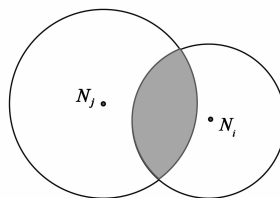


图7 第三类邻居节点

由此可知,每种分类的邻居节点的半径比与覆盖的节点数目  $k$  具有约束关系.节点数目随预期网络覆盖率的增大而增大,图 8, 9 给出了节点的感知半径和给定覆盖与不同分类中的  $k$  值的关系约束图,其中节点数目为 200 个,图 8 指定覆盖率为 0.8.

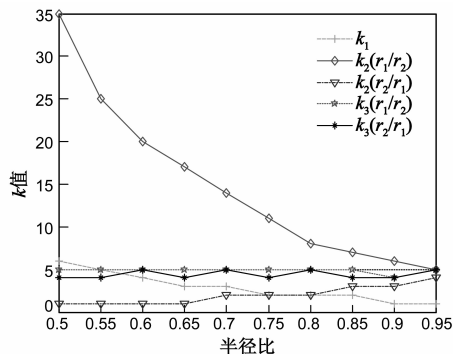


图8 感知半径比与  $k$  值的约束关系

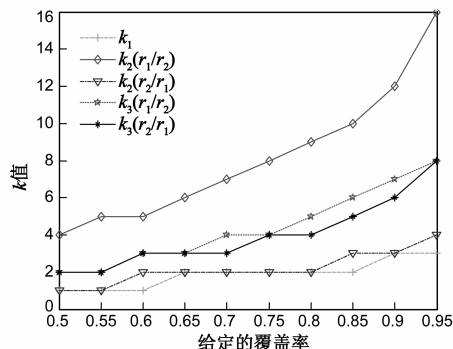


图9 预期覆盖率与  $k$  值的约束关系

## 5 基于邻居距离的节点调度方法

### 5.1 冗余判断法则

NDBS 对节点进行冗余判断时,使用了如下的判断法则.

法则 1:  $N_{\text{first}}$  的数目至少为  $k_1$  或者  $N_{\text{second}}$  的数目至少为  $k_2$  或者  $N_{\text{third}}$  的数目至少为  $k_3$ ;

法则 2:  $N_{\text{second}}$  与  $N_{\text{third}}$  的数目至少为  $k_3$ ,  $N_{\text{first}}$  与  $N_{\text{second}}$  的数目至少为  $k_2$ ;

法则 3:  $N_{\text{first}}$  为  $k_0$ ,  $N_{\text{second}}$  与  $N_{\text{third}}$  的数目至少为  $k_2$ ,  $k_0 + k_2 \geq k_3$ .

如果能满足上述三项任意一项,则节点  $i$  为冗余节点,可以关闭.具体流程见图 10.

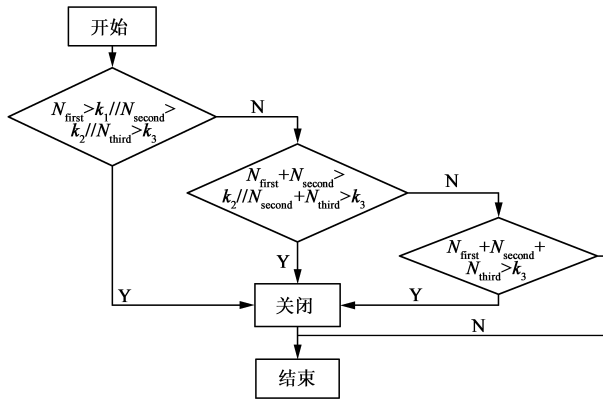


图10 冗余判断法则

### 5.2 算法具体步骤

NDBS 的具体步骤如下.

(1)初始化:节点部署并自组织成网后,就进行初始化设置.在此阶段,通过节点之间的相互通信,每个节点都可以知道自己及邻居的位置信息.

(2)理论计算:根据指定的覆盖率以及半径比得到理论上每种分类的  $k$  的理论值.

(3)冗余判断:将所得的理论  $k$  值与实际的随机部署所得到的  $k$  值相比较,按不同的冗余法则进行判断.

(4)节点调度:关闭满足冗余判断法则的节点.

### 5.3 算法的复杂度

由图 10 的冗余判断法则可知算法复杂度与  $N_{\text{first}}$ ,  $N_{\text{second}}$  以及  $N_{\text{third}}$  的值有关,即该算法的时间复杂度为  $O(n + k_1 + k_2 + k_3)$ ,由实验可知  $k_1 + k_2 + k_3$  的值小于  $n$ ,故复杂度为  $O(n)$ .

## 6 实验与分析

### 6.1 场景设置

本文使用 Matlab 进行了验证性测试和比较性实验.验证性测试的目的是证明 NDBS 算法能在保证指定

覆盖率的情况下有效的关闭网络中的冗余节点.比较性实验共有四组,目的是将 NDBS 算法和异构网络中基于网格关闭节点以及随机关闭节点的算法进行比较.本文的实验数据均是取 10 组重复测试的平均值.

为体现网络的异构性,本文选取了两种不同感知半径的节点,并把它们按照均匀分布随机部署在一个  $100 \times 100$  的空间内,传感器节点的感知半径分别为为  $r_1$  和  $r_2$ .

### 6.2 实验结果

图 11 和图 12 是 500 个节点,半径比为 0.8,指定覆盖率  $\Delta = 0.650$  的情况下,节点关闭前后的对比.根据冗余判断法则,NDBS 算法共关闭了 150 个节点.图中五角星表示感知范围为 10m 的传感器节点,另一种图形表示感知半径为 8m 的节点.

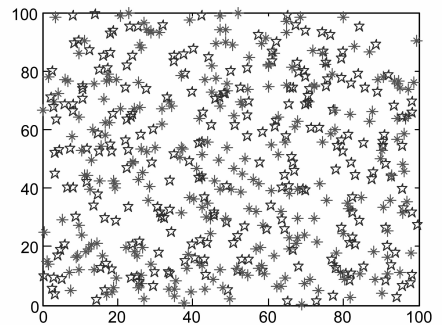


图11 初始图

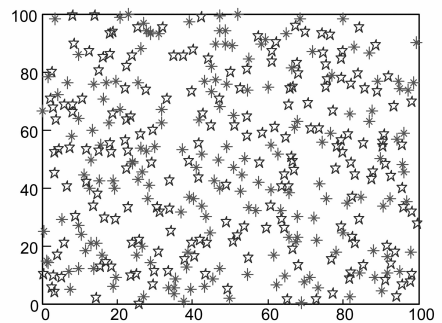


图12 冗余节点关闭后的图

表 1 是 200 个节点,半径比为 0.8 时 NDBS 的理论覆盖率及实际覆盖率的比较.由表 1 可知,理论的覆盖率和实际的覆盖率之间的误差最高为 0.003,由此可验证邻居节点划分及冗余判断方法的正确性.

表 1 覆盖率比较

理论要求的覆盖率	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900	0.950
关闭节点后实际的覆盖率	0.502	0.547	0.600	0.652	0.701	0.750	0.802	0.848	0.900	0.949

图 13 ~ 15 为不同情况下 NDBS 和基于网格的算法以及 Random 算法的比较图,得到半径比以及节点数目对节点关闭率的影响.本文使用了基于网格的算法 (GBS)、随机算法两种算法和 NDBS 进行比较.其中,Random 是指在目标区域内对节点随机关闭直到满足指定的覆盖率,GBS 是指对指定区域进行网格划分后对每个分区域的节点随机关闭直到满足区域内的指定覆盖率.

图 13 是 500 个节点,半径比为 0.8 的情况下对覆盖率与节点关闭率的研究,在本次试验中,覆盖率分别为 0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.9、0.95.由图 13 可以看出指定覆盖率的要求越高,能关闭的节点数目越少.而三种算法中,本文所提出的算法的节点关闭率明显高于其他两种算法.

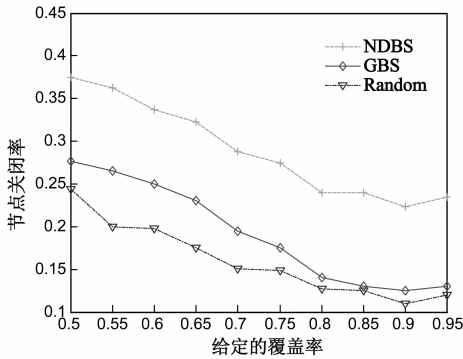


图 13 不同覆盖率对关闭节点数目的影响

图 14 是 500 个节点,覆盖率为 0.8 时不同半径比对节点关闭率的影响,分别取半径比为 0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、0.9、0.95.由图 14 可知,节点的关闭率和半径比成反比,半径比越接近于 1,节点的关闭率越低.可以看出,半径大小与节点关闭情况有着密切的关系.

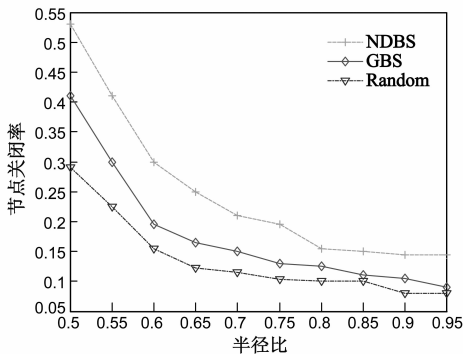


图 14 不同半径比对关闭的节点数目的影响

图 15 是半径比为 0.8,指定覆盖率为 0.8 时不同节点数目对关闭节点数目的影响.初始节点数目分别为 100、150、200、250、300、350、400、450、500、550、600.由实验结果可知,在保证一定覆盖率的情况下,初始节点越多,能关闭的冗余节点数目越多,但受网络其他条件的限制,当节点数目到达一定程度时节点关闭率保持不变,这在实际的节点部署中也

应该予以考虑.

由图 13、14 和 15 可以看出,在三个影响冗余节点的因素中,半径比对冗余节点影响最大.本文所提出的 NDBS 算法在三种关闭冗余节点的算法中有明显优势,基于网格的节点关闭算法次之,随机策略的性能最差.

表 2 算法复杂度对比

	时间复杂度	空间复杂度
Random	$O(n)$	$O(n)$
GBS	$O(n(n/k))$	$O(n)$
NDBS	$O(n)$	$O(n)$

由图可知,GBS 算法和 NDBS 算法调度后的节点关闭数目明显高于随机调度算法调度后的数目.GBS 算法和本文提出的算法调度后的节点关闭数目较为接近,但 GBS 算法的时间复杂度高于本文提出的算法,运行时间比较长,消耗的能量较多.表 2 分别列出了三种算法的时间复杂度和空间复杂度.

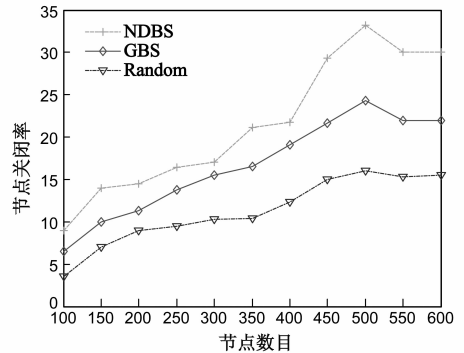


图 15 节点数目对关闭节点数目的影响

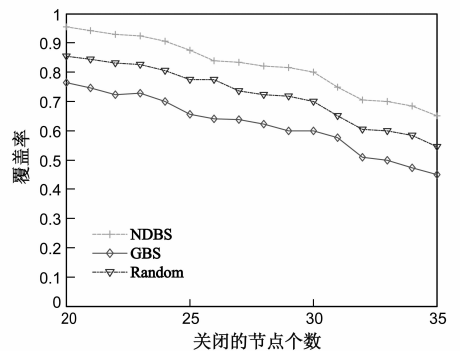


图 16 关闭节点数目对覆盖率的影响

图 16 是在 200 个节点的情况下统计关闭节点个数对覆盖率的影响,由图 16 可知在关闭同样的节点个数下,本文所提出的算法的平均覆盖率明显高于随机算法.

## 7 结束语

本文针对密集型 WSNs,研究了网络覆盖个数  $k$  与节点感知半径比、给定覆盖率之间的约束关系.在此基础上,提出了一种基于邻居节点的冗余判断法则,并进

行了性能分析与比较.考虑在不耗费大量计算能耗的情况下尽可能满足传感器网络的性能要求,延长网络的生存时间.本文所提出的关闭冗余节点的计算方法和冗余判断法则也可用于  $n$  种类型节点半径的传感器网络中.在下一步的工作中,我们将对文中的冗余判断法则问题进行进一步优化求解,防止冗余盲点的出现,并充分考虑算法的实用性.

## 参考文献

- [1] Qu W, Wang J, Liu Z. An energy-efficiency coverage-preserving node scheduling scheme in wireless sensor networks[A]. Proceedings of International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology[C]. Piscataway: IEEE Computer Society, 2009. 1-4.
- [2] 苏瀚,汪芸.传感器网络中节点调度的优化方法[J].东南大学学报(自然科学版),2010,40(1):29-34.  
Su H, Wang Y. Optimization method for node scheduling sensor networks[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2010, 40(1): 29-34. (in Chinese)
- [3] Hu X, Li Y, Shi Y, Luo X. Hybrid genetic algorithm using a forward encoding scheme for lifetime maximization of wireless sensor networks[J]. IEEE Transaction on Evolutionary Computation, 2010, 15(5): 766-781.
- [4] 李小龙,林亚平,胡玉鹏,刘永和.基于分组的分布式节点调度覆盖算法[J].计算机研究与发展,2008,45(1):180-187.  
Li X, Lin Y, Hu Y, Liu Y. A subset-based coverage-preserving distributed scheduling algorithm[J]. Journal of Computer Research and Development, 2008, 45(1): 180-187. (in Chinese)
- [5] 罗开平,姜维,李一军.传感器管理述评[J].电子学报,2010,38(8):1900-1907.  
Luo Kai-ping, Jiang Wei, Li Yi-jun. Review of sensor management[J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 38(8): 1900-1907. (in Chinese)
- [6] 凡高娟,王汝传,黄海平,孙力娟.基于容忍覆盖区域的无线传感器网络节点调度算法[J].电子学报,2011,39(1):89-94.  
Fan Gao-juan, Wang Ru-chuan, Huang Hai-ping, Sun Li-juan. Tolerable coverage area based node scheduling algorithm in wireless sensor networks[J]. Acta Electronica Sinica, 2011, 39(1): 89-94. (in Chinese)
- [7] Liu C, Cao G. Spatial-temporal coverage optimization for wireless sensor networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2011, 10(5): 465-478.
- [8] Liu C, Cao G. Critical location coverage in wireless sensor networks with lifetime constraint[A]. Proceeding of the 31th IEEE International Conference on Computer Communications[C]. Piscataway: IEEE Computer Society, 2012. 1314-1322.
- [9] 柳絮,李金宝,纪守领,等.传感器网络簇头选举与调度策

略研究[J].电子学报,2010,38(8):1770-1775.

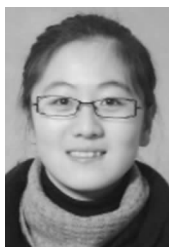
Liu Xu, Li Jin-bao, Ji Shou-ling, et al. A cluster head selection and scheduling strategy in sensor networks[J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 38(8): 1770-1775. (in Chinese)

- [10] Mini S, Udgata, SK, Sabat SL. Sensor deployment and scheduling for target coverage problem in wireless sensor networks[J]. IEEE Sensors Journal, 2014, 14(3): 636-644.
- [11] Mohamadi H, Ismail AS, Salleh S. Solving target coverage problem using cover sets in wireless sensor networks based on learning automata [J]. Wireless Personal Communications, 2014, 75(1): 447-463.

## 作者简介



孙力娟 女,1963 年生于江苏南京.教授,博士生导师,主要从事无线传感器网络、无线多媒体传感器网络、卫星网络等领域的研究.  
E-mail: sunlj@njupt.edu.cn



魏 静 女,1989 年生于江苏常州,硕士研究生,主要研究方向为无线传感器网络.



郭 剑 男,1978 年生于江苏南通,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向为无线传感器网络、演化计算.



肖 甫 男,1980 年生于湖南邵阳,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向为无线传感器网络、多媒体技术.

王汝传 男,1943 年生于安徽合肥,教授,博士生导师,主要从事无线传感器网络、计算机软件、信息安全等领域的研究.