

基于自适应蚁群的无线传感网络节点覆盖优化方法

袁平亮¹, 张红蕾²

(1. 国网甘肃省电力公司信息通信公司, 甘肃 兰州 730070;

2. 兰州城市学院 实验室与设备管理中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要:针对常规网络覆盖优化方法效果不佳的问题,提出了一种基于自适应蚁群的无线传感网络节点覆盖优化方法。先构建无线传感网络节点覆盖优化模型,确定网络节点覆盖消耗的能量。然后基于自适应蚁群算法修订优化模型的隶属度函数,为中继节点覆盖提供适应性。最后优化无线传感网络节点覆盖的时间复杂度,找出隶属度函数矩阵中的最佳中继节点,进而实现无线传感网络节点的有效覆盖。结果表明,该方法的覆盖优化效果更佳,能够应用于实际生活中。

关键词:自适应蚁群;无线传感网络;网络节点;中继节点

中图分类号:TP393.4

文献标识码:A

文章编号:2096-9759(2023)06-0044-04

Adaptive ant colony based node coverage optimization method for wireless sensor networks

YUAN Pingliang¹, ZHANG Honglei²

(1.State Grid Gansu Electric Power Company Information Communication Company, gansu lanzhou 730070,China

2.Laboratory and equipment management center, Lanzhou City University, gansu lanzhou 730070,China)

Abstract:Aiming at the problem of poor performance of conventional network coverage optimization methods, a node coverage optimization method for wireless sensor networks based on adaptive ant colony is proposed. Firstly, the wireless sensor network node coverage optimization model is constructed to determine the energy consumed by the network node coverage. Then the membership function of the optimization model is revised based on adaptive ant colony algorithm to provide adaptability for relay node coverage. Finally, optimize the time complexity of wireless sensor network node coverage, find the best relay node in the membership function matrix, and then realize the effective coverage of wireless sensor network nodes. The results show that the coverage optimization effect of this method is better and can be applied in real life.

Key words: adaptive ant colony; Wireless sensor network; Network node; Relay node

0 引言

网络节点的覆盖范围是判断该网络使用性能的关键指标,研究人员针对网络节点覆盖优化问题,设计了多种优化方法。如基于改进人工鱼群算法的覆盖优化方法^[1]和基于改进

狮群算法的覆盖优化方法^[2],以上两种方法均能够对网络节点的覆盖问题进行优化,但是,无论是对 Map/Reduce 的覆盖机制还是 Logistic 函数的优化,均存在一定的局限性,受到网络时延、吞吐量等问题的限制,节点覆盖效果始终不佳。因此,

收稿日期:2023-02-16

作者简介:袁平亮(1990-),男,汉族,河南商丘人,硕士,中级工程师,研究方向:无线传感器定位技术。

为确保其数据共享工程具有较强安全性以及隐私性,信息提供人员应事先将需要数据信息进行加密,然后再将相关数据上到云服务器之中,区块链接收到相关数据信息及时,计算机用户即可使用与之相对应密钥进行下载数据操作。因此,在设计数据共享模型时,应构建具有代理重加密区块链共享机制,以便更好分享相关数据,有效控制访问。但是若是计算机用户数量较多、需求量较大时,应合理控制信息提供人员同时上传信息数量。通过这种加密方式,能够更好实现授权人和被授权人之间信息共享,不仅能在一定程度上降低节点通信量,也能极大提高共识效率。最后,为能准确在 EAA 节点上传数据,可通过区块链方式,将其中信息传递给节点,信息共享人员也能够通过相应密钥,访问相关共享数据,从根本上提升计算机数据共享合理性、安全性以及及时性。

5 结语

综上所述,在计算机数据安全保护中,应用区块链技术已经充分发挥出其特点如,较好公开透明性、去中心化、持续性、安全性、稳定性等。同时以区块链技术为基础,融合多种数据安全技术,从而有效提升各行业计算机数据安全性、透明性,

并根据不同行业实际需求,合理优化以及完善计算机网络安全技术,充分发挥区块链技术应用价值以及作用。此外对其有效利用能从根本上改变传统安全保护缺点和不足,有效降低企业成本,防止篡改各种信息行为,帮助企业提升经济效益,获取长足稳定发展。

参考文献:

- [1] 符安文.区块链角度下计算机数据安全的保护方法[J].电脑知识与技术,2022,18(12):24-25.
- [2] 张丽.基于区块链技术的计算机数据安全保护分析[J].无线互联科技,2021,18(12):101-102.
- [3] 祝烈煌,董慧,沈蒙.区块链交易数据隐私保护机制[J].大数据,2018,4(01):46-56.
- [4] 孙志勇.基于区块链的计算机数据安全保护策略研究[J].电子设计工程,2020,28(24):29-32.
- [5] 刘格昌,李强.基于可搜索加密的区块链数据隐私保护机制[J].计算机应用,2019,39(S2):140-146.
- [6] 陈杰妹.基于区块链的物联网数据信息共享安全机制研究[J].数字通信世界,2019,000(11):136.

本文利用自适应蚁群算法,设计了无线传感网络节点覆盖优化方法。

1 无线传感网络节点覆盖的自适应蚁群优化方法设计

1.1 构建无线传感网络节点覆盖优化模型

本文根据节点的多跳传输情况,将数据传输设置为多对一的方式,传感节点主要负责通信半径的通信功能,感知节点主要负责通信半径的数据感知功能,中继节点主要负责通信半径的中继功能^[3]。假设网络部署的环境为三维的 $m \times n \times s$, 感知层的节点数量为 x , 节点集合为 K , 感知节点坐标为 K_i , 中继节点数量为 y , 节点集合 P , 中继节点坐标为 P_i 。假设中继节点的通信半径为 d , 则 K_i 与 P_i 的距离为 $d(K_i, P_i)$ 。感知节点与中继节点的连通矩阵为 C , 当感知节点与中继节点之间的通信半径小于 d 时, 则感知节点与中继节点可连通。根据网络节点的连通情况, 构建网络节点覆盖优化模型, 表达式如下:

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1 & d \geq d(K_i, P_i) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$s.t. \sum_{i=1}^y a_{i,j} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

式中, $a_{i,j}$ 为感知节点与中继节点的连通判定指标; $s.t. \sum_{i=1}^y a_{i,j} = 1$ 为模型的约束条件。每个 K_i 至少需要与一个 P_i 连通, 最多与一个 P_i 连通。为监测区域内的网络数据, 通信节点会在邻居节点频繁地通信, 并以多跳的方式上传到感知节点^[4]。感知节点不仅需要监测自身的网络数据, 还需要完成邻居节点的网络数据监测任务。当节点之间相隔较远时, 不得不通过多跳的形式传输, 而这就需要感知节点承担大量的数据传输任务, 导致感知节点快速耗尽自身能量出现节点失效的问题。 K_i 传输数据到 P_i 消耗的能量为:

$$E_k(q, d) = \begin{cases} qE_p + q\epsilon_k d^2, & d < d_0 \\ qE_p + q\epsilon_q d^4, & d > d_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中, $E_k(q, d)$ 为 K_i 传输一段 q 数据到 P_i 消耗的能量; qE_p 为数据接收或发送 1bit 消耗的能量; ϵ_k, ϵ_q 为优化模型优化后数据接收、传输所需的能量; d_0 为节点的初始距离。本文针对网络机电能耗空洞的问题, 在感知节点附近增加了中继节点。通过网络部署一个专门从事通信工作的节点, 能够接收通信节点传输的数据, 同时能够承担感知节点的其他任务, 减少感知节点的数据转发消耗^[5]。

1.2 基于自适应蚁群算法修订优化模型的隶属度函数

因此, 本文利用自适应蚁群算法, 对优化模型的隶属度函数进行修订。将参数转化为节点, 通过标记节点寻找节点覆盖的最优值^[6]。假定信息素挥发系数为 δ , 随着感知节点的变化, δ 也在不断变化。为避免优化模型陷入局部最优的问题, 本文在路径寻优循环的过程中, 对 δ 进行动态修订, 公式如下:

$$\delta(t+1) = \begin{cases} 0.1 & \delta_0 \\ 1 - 0.95(\delta(t)) & \delta_{\max} > \delta(t) > \delta_0 \\ 1 & \delta_{\max} \end{cases} \quad (3)$$

式中, $\delta(t+1)$ 为第 $t+1$ 次循环时得到的 δ 值; $\delta(t)$ 为第 t 次循环时得到的 δ 值; δ_0 为未进行动态修订时的 δ 值; δ_{\max} 为最大 δ 值。其中, $\delta_{\max} = 1$, 防止 δ 值无限扩大, 保证对 δ 值的修订效果。

随着网络节点的增加, 中继节点也开始增加, 节点上存在的能耗不均衡问题也随之显现。本文主要利用自适应蚁群算法, 提出了一种自适应隶属度函数修订策略。即在修订的过程中, 将中继节点对应的感知节点作出记录, 依次处理了每一个中继节点, 节点数目超过阈值则开始修订, 隶属度函数的自适应值为:

$$b = \frac{n}{\delta} + q \quad (4)$$

式中, b 为节点均衡阈值; n 为常数。本文将 q 作为自适应值, 令 $q=b$, 记录此时中继节点连接感知节点的最小隶属度值, 对隶属度函数进行处理。其修订流程描述如下: Cluster1 与 Cluster2 是不同隶属度下的簇, Cluster1 的感知节点对应隶属度值为 $\{0.55, 0.6, 0.7, 0.8\}$, Cluster2 的感知节点对应隶属度值为 0.6。本文根据节点覆盖优化模型, 当 $q=b$ 时记录此时中继节点连接感知节点的最小隶属度值, 对 Cluster1 簇的隶属度函数进行调整, 然后将 Cluster1 中超过阈值即被修订的中继节点设定为 L, L 与 Cluster2 相连之后, 满足中继节点与感知节点连通的条件之后, 完成修订。

1.3 优化无线传感网络节点覆盖的时间复杂度

为实现无线传感网络节点覆盖的有效优化, 本文在修订了隶属度函数之后, 对网络节点覆盖的时间复杂度进行优化。设定目标节点的维数为 m , N 为蚁群个数, 迭代次数为 t , p 为中继节点个数, k 为感知节点个数。蚁群初始化的时间复杂度为 $O(2N)$, 优化的时间复杂度为 $O(2N^2)$, 蚂蚁选择最优路径的时间复杂度为 $O(N)$, 优化蚂蚁位置的时间复杂度 $O(mN^2)$ 。单轮计算的时间复杂度为:

$$O(N) = p \times k + p \times \log_2 p \quad (5)$$

式中, $O(N)$ 为单轮计算蚂蚁选择最优路径的时间复杂度。在单轮计算的过程中, 时间复杂度的计算涉及 m 个目标和 N 个蚂蚁。因此, 该轮计算的优化时间复杂度为:

$$O(2N^2) = mN(p \times k + p \log_2 p) \quad (6)$$

式中, $O(2N^2)$ 为优化后的时间复杂度。其中, 最小时间复杂度为 $p \times \log_2 p$ 。在网络正常使用过程中, $p \times \log_2 p$ 值越小, 优化效果越佳。在时间复杂度优化完成之后, 本文对中继节点连接感知节点数量的时间复杂度进行优化。在隶属度矩阵中, 找出隶属度函数矩阵中的最佳中继节点, 并对矩阵进行优化处理, 由此提升自适应蚁群算法的计算效率。

2 仿真实验

为验证本文设计的网络节点覆盖优化方法是否具有使用效能, 本文搭建了一个仿真实验平台, 进行了仿真实验。选取文献[1]基于改进人工鱼群算法的覆盖优化方法和文献[2]基于改进狮群算法的覆盖优化方法作为对比方法, 对比三种方法实验结果。具体的实验准备过程及实验结果如下所示。

2.1 实验过程

在实验开始之前, 本文在仿真实验平台中设置了一个三维的应用场景, 部署区域为 $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$, 节点数量为 200, 网络节点的通信半径设定为 40 m, 以此保证实验的有效性。在大小为 $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ 的三维监测区域内, 随机部署 200 个感知节点, 100 个中继节点, 中继节点的通信半径同样为 40 m, 迭代次数为 100 次。通过自适应蚁群算法, 对网络节点进行优化。优化流程如下图 1 所示。

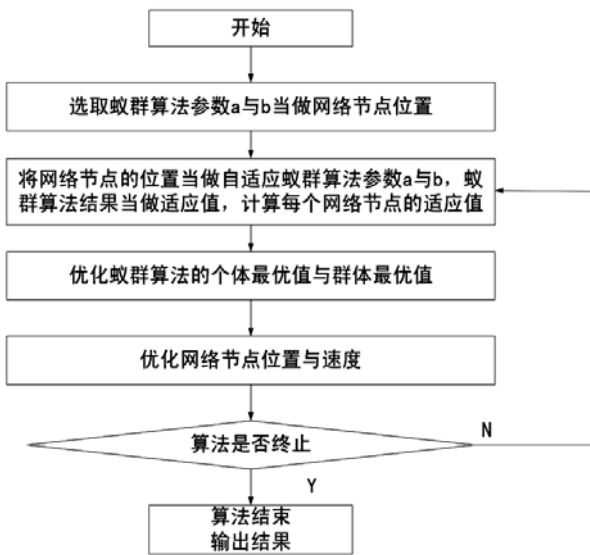


图1 自适应优化流程图

根据图1所示步骤对自适应蚁群算法进行初始化。对于每个网络节点,均设置了参数 a 与参数 b ,并以感知节点与中继节点的变化作为外层循环,将参数 a 与 b 的变化作为内层循环。根据蚂蚁留下的信息素选择网络节点下一个覆盖地点。本文设置的网络节点数据传输及接收能耗仿真参数如下表1所示。

表1 网络节点数据传输及接收能耗仿真参数表

节点类型	数据传输信息	数值
感知节点	初始能量/KJ	0.2
	传输能耗/KJ	5×10^{-11}
	传输耗散能量/KJ	1×10^{-11}
中继节点	节点融合能耗/KJ	5×10^{-12}
	节点融合率/KJ	0.6
	节点接收能耗/KJ	5×10^{-11}

如表1所示,在此仿真参数设置下,本文将感知节点与中继节点进行布置,通过Pareto前沿节点分配情况确定优化效果。

2.2 实验结果

在上述实验条件下,本文随机选取多个感知节点与中继节点,在大小为 $100\text{ m} \times 100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的三维场景中进行Pareto优化,对比三种方法的应用效果。在Pareto前沿节点分配得越均匀,网络节点覆盖优化效果越佳。文献[1]基于改进人工鱼群算法的覆盖优化方法的Pareto前沿优化效果如图2所示。

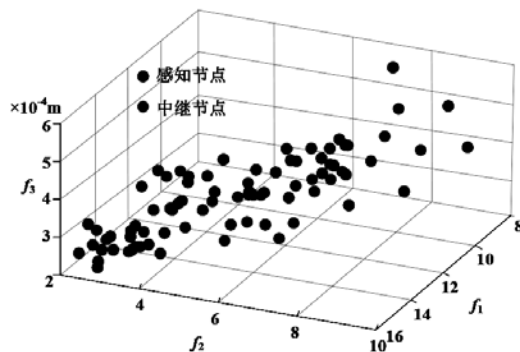


图2 文献[1]方法的 Pareto 优化效果

如图2所示,使用文献[1]基于改进人工鱼群算法的覆盖优化方法之后,在Pareto前沿上的优化效果不佳。感知节点与中继节点分配不均匀,Pareto解集普遍集中在 f_2 与 f_3 区间,在边界的节点相对较少,很可能出现单个中继节点承担感知节点任务的情况,增加中继节点的能量消耗,无法有效地均衡中继节点能耗,亟需进一步改进。文献[2]基于改进狮群算法的覆盖优化方法的Pareto前沿优化效果如图3所示。

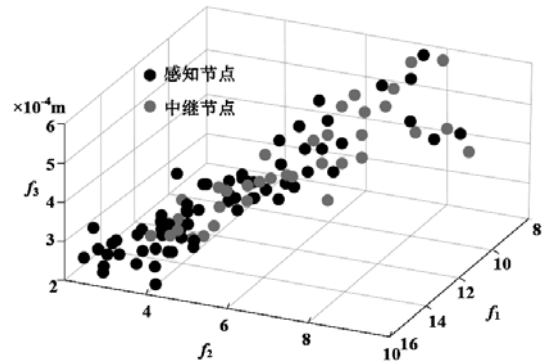


图3 文献[2]方法的 Pareto 优化效果

如图3所示,使用文献[2]基于改进狮群算法的覆盖优化方法之后,Pareto前沿优化效果得以改进。Pareto解集能够集中在 f_1 、 f_2 与 f_3 区间。但是,在Pareto解集的边界仍存在节点分配不均的问题,中继节点的能量消耗仍然较大,同样需要作出改进。本文设计的基于自适应蚁群算法的覆盖优化方法的Pareto前沿优化效果如图4所示。

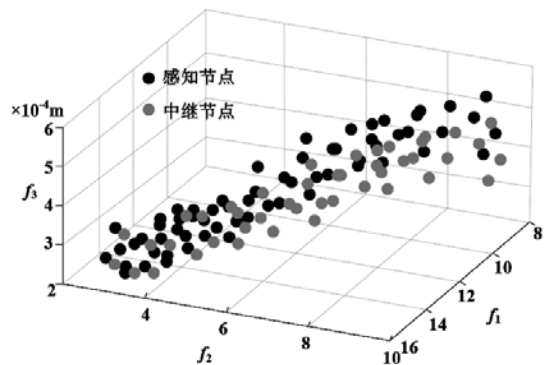


图4 本文方法的 Pareto 优化效果

如图4所示,使用本文设计的基于自适应蚁群算法的覆盖优化方法之后,Pareto前沿优化效果相对较佳。感知节点与中继节点的分配相对较为均匀。中继节点在网络中起到了中继作用,有效地延长了网络节点覆盖范围。由此可见,使用本文设计的方法,覆盖优化效果更佳,符合本文研究目的。

3 结语

本文针对网络节点覆盖存在的问题,利用自适应蚁群算法,设计了无线传感网络节点覆盖优化方法,从优化模型、隶属度函数、时间复杂度等多个角度,延长网络的覆盖范围,并利用实验证明所提方法的先进性。仿真结果表明,所提方法Pareto前沿优化效果相对较佳,Pareto解集能够集中在 f_1 、 f_2 与 f_3 区间,且感知节点与中继节点的分配相对较为均匀,可在真正意义上提高传感网络的现实实用性能,应用于实际生活中可为无线传感网络的发展提供可靠的价值参考。(下转第50页)

为实现星载数传调制器的通用化设计,在实现多种编码方式和调制方式的同时,还需要通过 FPGA 模块的复用和状态量的配置,使产品在软硬件技术状态固化的情况下,实现多种编码调制方式的切换。

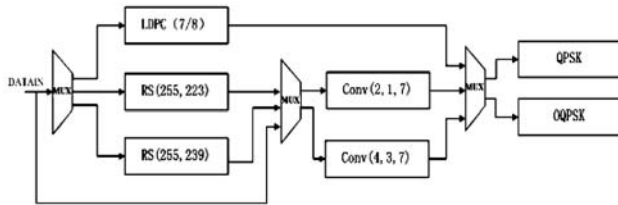


图 6 多种编码调制方式配置的实现

通过引入数据开关和时钟管理单元,在完成数据流规划的基础上,形成如图所示的编码调制固定架构,通过硬件上 FPGA 的配置引脚信号,确定选择何种编码调制方式的组合实现调制器功能。采用此种方式,对单机对外接口、内部接口、FPGA 产品等技术状态均无影响,有利于实现硬件平台的统型设计,同时也提升了 FPGA 产品的复用率。

3 新型星载数传调制器测试与验证

采用该种方案,新设计的星载数传调制器减少了研制过程中的重复设计,使用通用设计文件提高了产品可靠性,利用灵活配置的方式实现了单机快速生产调试、测试。在单机机械尺寸及对外接口不变的情况下电性能测试指标满足型号通用指标要求。在单机验收测试过程中数据接收发送正常,星座图正常,误码率及幅相不平衡等关键指标正常。详细测试图片如表 4 所示。

表 4 新型星载数传调制器测试指标一致性

测试项目	单位	设计指标	测试指标	指标一致性
载波频率精度	/	2×10^{-6}	4.5×10^{-7}	符合
传输码速率	Mbps	450	450	符合
编码方式	/	NRZ-L	NRZ-L	符合
调制方式	/	QPSK	QPSK	符合
加噪误码率	/	0	0	符合
幅度不平衡度	dB	<1.0	0.1	符合
相位不平衡度	°	<4.0	1.0	符合
输出功率	dBm	-2~2	0.81	符合
工作电压	V	28	28	符合
功耗	W	<12	8.12	符合
工作稳定性	/	无故障	无故障	符合
热环境适应性	/	性能指标满足	性能指标满足	符合

(上接第 46 页)

参考文献:

- [1] 张微微,杨海宁.改进人工鱼群算法的无线传感器网络节点覆盖优化[J].电子技术与软件工程,2020,(12):24-25.
- [2] 神显豪,马雪皎,牛少华,等.基于改进狮群算法的管道传感器网络覆盖优化[J].传感技术学报,2022,35(09):1268-1276.
- [3] 贾鹤鸣,孟彬,魏元昊,等.改进算术优化算法的无线传感器网

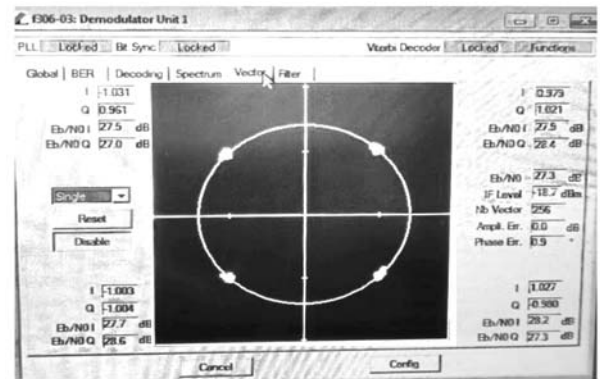


图 7 星载数传调制器测试星座图

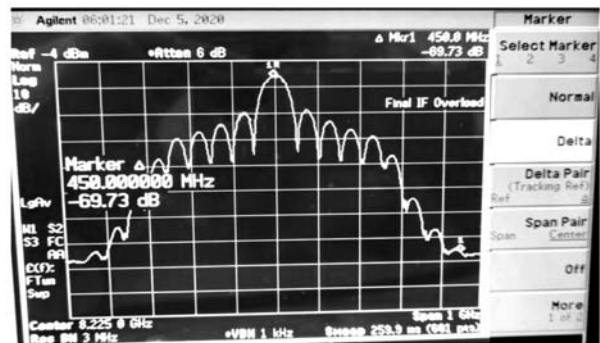


图 8 星载数传调制器测试频谱图

4 结语

本文结合工程实际和总体需求,设计研制了一种基于 A+X 模式新型星载数传调制器,实现了同类型产品的最大包络涵盖,实现小批量组批研制,能满足最新型号任务的同时符合现阶段交付数量,做到小型化、通用化的同时减少成本和研制周期。具有极大的军事和民用航天应用价值。

参考文献:

- [1] 姜亚祥,王平连,郭丽莉,沈明. X 波段发射机本振源设计[C]//中国空间科学学会空间探测专业委员会第十七次学术会议论文集,2004:431-436.
- [2] 沈林平.超小型锁相测发射机模块化研制[J].上海航天,1996(03):27-31.DOI:10.19328/j.cnki.1006-1630.1996.03.006.
- [3] 张倩,李刚,唐浩.高速数传 X 波段发射机的设计与实现[J].空间电子技术,2003(04):52-57.
- [4] 王晓涛,刘振华.基于 CCSDS(8176,7154)LDPC 码的缩短码性能研究[J].信息通信,2015(02):45-46.
- [5] 刘宝军,王中训,娄阳,张珉,钟强.基于 FPGA 实现的 QPSK 调制器的设计[J].空间电子技术,2016,13(04):61-63.
- [6] 高韵淇,钟俊森,张仕忠,张立立.模块化无线通信射频接收系统的设计与实现[J].教育教学论坛,2020(35):390-392.
- [7] 贾鹤鸣,李玉海,文昌盛,等.改进白骨顶鸡优化算法的 WSN 网络覆盖[J].福建工程学院学报,2022,20(06):561-566.
- [8] 王振东,刘燧桃,胡中栋,等.改进差分进化算法下的无线传感器网络覆盖优化[J].小型微型计算机系统,2020,41(05):1041-1046.
- [9] 张清国,张勇,张伟,等.基于蜂窝结构的改进混合无线传感器网络覆盖优化算法[J].计算机工程,2022,48(12):172-179.