

5G 背景下智慧农业通信节点部署策略

刘昊¹, 李静², 鲁旭涛¹

(1. 中北大学信息与通信工程学院, 030051, 太原; 2. 中北大学电气与控制工程学院, 030051, 太原)

摘要: 针对 5G 背景下大规模智慧农业传感器网络通信节点在三维空间内部署时, 传统的随机节点部署方式存在高能耗、高成本及节点脱节问题, 提出了一种基于维诺图 (VD) 与飞蛾扑火算法 (MFO) 结合的节点优化部署策略。首先, 利用 5G 通信高带宽的特点, 设计了一种分层式通信方案, 在此基础上, 建立了分层式节点最优部署模型、通信能耗模型以及传感器信息传输网络全连通模型; 其次, 针对 MFO 算法种群生成的随机性及搜索无向性的缺陷, 设计了基于三维 VD 的引导式搜索算法 (VIMFO); 最后, 通过对相关模型进行优化求解, 从而取得传感器网络通信节点的部署位置。仿真结果表明, 与经典 MFO 算法相比, VIMFO 算法能够在提升寻优速度 37.89% 的基础上, 降低传感器通信网络能耗 6.9%; 在保证农田传感器通信网络节点全连通的前提下, 提升了通信网络节点的生存周期。

关键词: 智慧农业; 通信节点; 传感器网络; 节点部署; 飞蛾扑火算法; 维诺图

中图分类号: TP91 **文献标志码:** A

DOI: 10.7652/xjtuxb202010006 **文章编号:** 0253-987X(2020)10-0045-09



OSID 码

A Deployment Strategy for Communication Nodes of Intelligent Agriculture Under 5G Background

LIU Hao¹, LI Jing², LU Xutao¹

(1. School of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. School of Electrical and Control Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: A node optimal deployment strategy based on the combination of Voronoi diagram (VD) and moth flame optimization (MFO) algorithm is proposed to solve the problems of high energy consumption, high cost and node disconnection existing in the traditional random deployment of large-scale intelligent agricultural sensor network communication nodes in 3D space under the background of 5G. Firstly, a hierarchical communication scheme is designed based on the high bandwidth of 5G communication. Then, an optimal deployment model of hierarchical nodes, a communication energy consumption model and a full connectivity model of sensor information transmission network are established. Secondly, a guided search algorithm (VIMFO) based on 3D VD is designed to overcome the defects of MFO in the randomness of population generation and search undirectivity. Finally, the deployment location of communication nodes in sensor networks is obtained by optimizing the relevant models. Simulation results and a comparison with the classical MFO algorithm show that the proposed algorithm improves the optimization speed by 37.89%, and reduces the energy consumption of sensor communication

network by 6.9%, and that the lifetime of communication network nodes is improved on the premise of ensuring the full connectivity of farmland sensor communication network nodes.

Keywords: intelligent agriculture; communication node; sensor network; node deployment; moth flame optimization; Voronoi diagram

传统的物联网技术受通信网络传输带宽局限性,在本地信息大批量的通过数据传输单元(DTU)向服务器传输时,需要多个DTU单元,以保证信息传输的时效性及畅通性^[1]。这种传输方式在很大程度上增加了资金的投入。5G技术的落地,使得诸多行业的技术革新已成必然趋势^[2-3]。2019年5G版本DTU的面市,为大批量的工农业物联网数据的实时传输提供了保障。对于智慧农业,随着5G技术的应用渐趋成熟,如何将其利用到农业类数据传输当中,提升传输速率、降低通信能耗、打造智慧农业新生态,已成为国内外研究的热点^[4]。

对于此问题的研究,主要集中在智慧农业通信网络的优化^[5]及通信网络节点的优化部署两大方面^[6]。对于智慧农业通信网络的优化,文献[7]从无线网络系统架构角度出发,利用硬件设施进行网络优化,这种优化方式虽然能极大提升无线网络通信效率,但也增加了网络能耗以及资金投入。还有部分学者从无线组网技术^[8]、无线路由算法^[9]、mac协议^[10]等软优化角度进行研究改进,但此类方法有效优化的前提是被优化网络内节点分布合理,且均处于连通状态^[11]。通过对通信网络节点进行优化部署,能够保证在有限资金投入的前提下,有效降低通信能耗。通信网络节点的优化部署,从最初的随机部署策略,发展到中期基于模型的部署^[12]。随着网络规模的不断扩大,传统的线性模型已经无法满足网络优化条件,而非线性模型的求解难度相对较大,对优化算法的性能要求很高。近年来,在人工智能发展迅猛的背景下,群体智能算法作为人工智能领域的一个重要分支,其研究与应用取得了丰硕成果。群智算法模仿生物群体搜索目标的方式,能够有效解决工程等领域的优化难题。学者们聚焦将群体智能算法应用到通信网络节点优化部署当中。经典的群智算法有蚁群算法^[13]、粒子群算法^[14]等,近年来也有松鼠算法^[15]等新型算法相继被国内外专家、学者所提出。然而,群智算法本身存在收敛性差、局部最优解等问题,需要针对具体的应用领域进行改进适配^[16]。对此,有专家学者提出了基于虚拟力和果蝇优化算法混合控制水声传感器网络部署策略^[17]、基于果蝇优化算法结合欧琼鸟飞行机制的传感网部

署算法^[18]等多算法融合寻优策略,但前者仅对于少数几个节点进行了优化,对于大规模网络节点优化效果未知;而后者虽然考虑了障碍物环境,但并未考虑多跳式信息传输方式带来的能耗不确定性。

本文通过对物联网通信方式进行研究,以传感器信息传输网络全连通为前提,以降低通信能耗、减少节点投入数量为目标,针对群智算法的局限,通过设计合理的基于维诺图的改进方案,实现了在三维空间下的智慧农业信息传输网络节点的分层式优化部署。为验证本文方案的有效性及其可靠性,选取近几年提出的飞蛾扑火算法进行了算法优化,并采用传统的蚁群算法进行了对比实验。

1 智慧农业信息传输网络构建

通常,智慧农业信息传输网络节点主要由信息感知节点和动作节点组成。信息感知节点主要包括各种传感器,如温湿度传感器、光照传感器、摄像头等;动作节点是执行各种指令的节点,如灌溉电磁阀、光照继电器等。传统的信息传输网络受传输带宽和传输速率的局限,在设备数量增多时,多数采用多个独立的分簇信息传输,由每一个簇直接向服务器传输信息,这种传输方式在一定程度上增加了资金的投入。

本文采取分布式信息传输策略,为保障信息传输网络的畅通及信息传输的效率,引入造价低廉的信息中继节点,负责信息的转发。整个信息传输网络所产生的信息最终由高速率的5G DTU作为信息汇聚节点传输至云端服务器。在这种方案下,通过合理的部署中继节点及汇聚节点的位置,能够起到减少节点投入数量、降低整个网络通信能耗的作用。分布式无线信息传输网络结构如图1所示。

2 智慧农业信息传输模型建立

2.1 智慧农业通信网络全连通模型

智慧农业通信网络全连通,即所有网络节点均处于通信网络的覆盖范围内,不存在脱节、瘫痪节点。在此背景下,建立智慧农业通信网络全连通模型步骤如下。

(1)在三维空间下,任意两个节点 $S_i(x_i, y_i,$

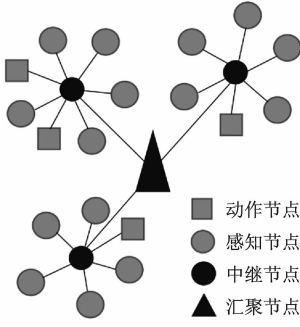


图 1 分布式无线信息传输网络结构

z_i)、 $S_j(x_j, y_j, z_j)$ 的距离 D_{ij} 可描述为

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2} + \sqrt{(y_i - y_j)^2} + \sqrt{(z_i - z_j)^2} \quad (1)$$

(2) 动作节点、感知节点、中继节点以及汇聚节点的信息传输覆盖半径分别用 r_a 、 r_b 、 r_c 、 r_d 来表示。若任意两个不同类型节点间距离满足式(2), 则称这两个节点间建立了连通关系

$$D_{ij} \leq r_i + r_j \quad (2)$$

任意两个节点的连通性可表示为

$$C_{ij} = \begin{cases} 1, & S_i \text{ 与 } S_j \text{ 建立连通关系且 } i \neq j \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

(3) 在上述基础上建立通信网络全连通模型如下

$$\left. \begin{aligned} C_{ac} &= \prod_{i=1}^{n_a} \prod_{j=1}^{n_c} C_{ij} = 1 \\ C_{bc} &= \prod_{i=1}^{n_b} \prod_{j=1}^{n_c} C_{ij} = 1 \\ C_{cd} &= \prod_{i=1}^{n_c} \prod_{j=1}^{n_d} C_{ij} = 1 \\ C_{all} &= C_{ac} C_{bc} C_{cd} = 1 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中: n_a 、 n_b 、 n_c 、 n_d 分别表示动作节点、感知节点、中继节点、汇聚节点的数量; C_{all} 表示整体网络的连通性。

2.2 通信网络能耗模型

通信能耗一般与传输数据包的大小及传输距离有关, 主要分为信息接收能耗 E_R 及信息发送能耗 E_T , 具体计算如下

$$E_T = kE_{\text{elec}} + kE_{\text{amp}}d^2 = k(E_{\text{elec}} + E_{\text{amp}}d^2) \quad (5)$$

$$E_R = kE_{\text{elec}} \quad (6)$$

$$E_k = E_R + E_T \quad (7)$$

式中: E_T 表示发送 k bit 数据所需能耗; E_R 表示接收 k bit 数据所需能耗; E_k 表示中继节点转发数据能耗; E_{elec} 表示发送或接收 1 bit 数据能耗; E_{amp} 表示

发送过程中放大 1 bit 数据能耗; d 表示发送节点与目标节点距离。

在上述基础上, 中继节点与动作节点通信能耗计算推导过程如下。

(1) 可由式(5)计算出从中继节点 c_j 到动作节点 a_i 完成一次信息量大小为 k_j bit 信息发送的能耗 E_{ji} 为

$$E_{ji} = k_j(E_{\text{elec}} + E_{\text{amp}}D_{ij}^2) \quad (8)$$

式中: D_{ij} 表示节点 a_i 、 c_j 之间的欧氏距离。

(2) 求得由中继节点 c_j 到其对应的 n 个动作节点 a_n 完成一次信息量大小为 k_j bit 信息发送的能耗为

$$E_{c_j} = \sum_{i=1}^{n_a} k_i(E_{\text{elec}} + E_{\text{amp}}D_{ij}^2) \quad (9)$$

式中: k_i 表示编号为 c_j 的中继节点到对应的第 i 个动作节点, 所发送的信息量。

(3) 求得由所有中继节点到所有动作节点完成一次信息传输的能耗 E_1 为

$$E_1 = \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_c} k_j(E_{\text{amp}} + E_{\text{elec}}D_{ij}^2) \quad (10)$$

(4) 所有动作节点完成一次信息接收的总能耗表述为: 总量为 n_a 个动作节点中, 每一个节点 a_i 完成一次 k_i bit 的数据接收之和, 即

$$E_2 = \sum_{i=1}^{n_a} E_{Ri} = \sum_{i=1}^{n_a} k_i E_{\text{elec}} \quad (11)$$

其余节点通信能耗参照以上推导过程, 具体计算如下。

(1) 所有感知节点向中继节点完成一次信息发送的总能耗为

$$E_3 = \sum_{i=1}^{n_b} \sum_{j=1}^{n_c} k_i(E_{\text{amp}} + E_{\text{elec}}D_{ij}^2) \quad (12)$$

对应中继节点接收能耗为

$$E_4 = \sum_{i=1}^{n_b} E_{Ri} = \sum_{i=1}^{n_b} k_i E_{\text{elec}} \quad (13)$$

(2) 所有中继节点向汇聚节点完成一次信息发送的总能耗为

$$E_5 = \sum_{i=1}^{n_c} k_i(E_{\text{amp}} + E_{\text{elec}}D_{ij}^2) \quad (14)$$

对应汇聚节点的接收能耗为

$$E_6 = \sum_{i=1}^{n_c} E_{Ri} = \sum_{i=1}^{n_c} k_i E_{\text{elec}} \quad (15)$$

(3) 信息汇聚节点向信息中继节点完成一次信息发送的总能耗为

$$E_7 = \sum_{j=1}^{n_c} k_j (E_{\text{amp}} + E_{\text{elec}} D_{ij}^2) \quad (16)$$

对应中继节点接收能耗为

$$E_8 = \sum_{j=1}^{n_c} E_{Ri} = \sum_{j=1}^{n_c} k_j E_{\text{elec}} \quad (17)$$

式中: k_i 、 k_j 分别表示第 i 、第 j 个节点对应的信息量。

2.3 智慧农业网络节点最优部署模型

在本文中,智慧农业网络节点最优部署定义如下:在满足通信网络全连通的前提下,以相对最少数量的信息中继节点,通过设计合理的部署策略,使得整个网络能耗相对最低,从而有效提升网络节点的生存周期。

此外,为避免歧义,本文根据传感器网络实际情况做出如下定义:

(1)不同类型的节点在同一固定周期内产生的信息量不同,但为固定值;

(2)一个中继节点只负责其覆盖区域内固定的 N 个感知节点及动作节点的信息中转服务;

(3)节点的部署方式为固定式,即节点位置一旦确定,将不会改变。

基于上述定义,建立智慧农业网络节点最优部署模型如下

$$\min: E = \sum_{i=1}^8 E_i \quad (18)$$

s. t.

$$\left. \begin{aligned} &\forall D_{ij} \leq r_i + r_j; \forall C_{ij} = 1; c_r \in [c_{\min}, c_{\max}] \\ &i, j \in n_a \vee n_b \vee n_c \vee n_d; i \neq j \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

式中: c_r 表示单一中继节点的服务能力; $c_{\min}$ 、 $c_{\max}$ 分别表示单一中继节点服务能力的下限及上限。

3 算法设计及参数设定

3.1 算法陈述

飞蛾扑火优化算法(MFO),是由 Sayedali Mirjalili 开发出的一种基于群体的自然启发式优化算法^[19]。MFO算法的核心思想就是用飞蛾 $M(\text{moth})$ 去寻找最优火焰 $F(\text{flame})$,而火焰就是对应的最优解。在 MFO 算法中用式(20)来更新每一只飞蛾相对于火焰的位置

$$M_i = S(M_i, F_i) \quad (20)$$

式中: M_i 表示第 i 只飞蛾; F_j 表示第 j 个火焰; S 为螺旋线函数。

$$M_{id} = D_i e^{lt} \cos(2\pi t) + F_j \quad (21)$$

式中: D_i 表示第 i 个飞蛾与第 j 个火焰之间的距离,

$D_i = |F_j - M_i|$; b 为定义对数螺旋线形状的常数; t 为 $[-1, 1]$ 之间的一个随机数,定义为飞蛾在下一个位置应当接近火焰的程度。

MFO算法设计了对应公式可使得火焰数量 N_{flame} 在迭代过程中自适应减少,避免整个算法陷入局部最优

$$N_{\text{flame}} = \text{round}\left(N - l \frac{N-1}{T}\right) \quad (22)$$

式中: T 为最大迭代次数; l 为当前迭代次数; N 为火焰数量的最大值。

基本 MFO 算法流程如图 2 所示。

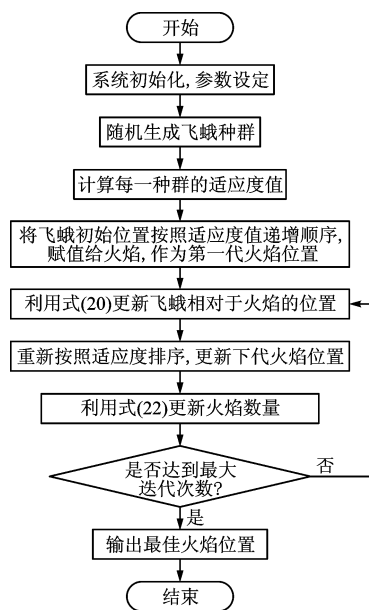


图2 基本 MFO 算法流程图

3.2 三维维诺图

维诺图(VD)是由一组相邻点所构成直线的垂直平分线组成的连续多边形^[20]。拓展到三维空间内,这些相邻点直线的垂直平分线组成了连续多面体,称之为泰森多面体,且在每一个多面体内有且只存在一个点。由 160 个节点所绘制的三维维诺图实际效果如图 3 所示。

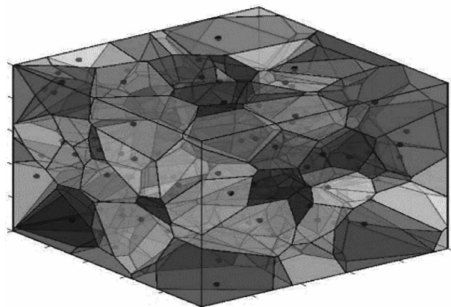


图3 三维维诺图

如图 4 所示,在 3 个多面体内的 3 个点 A、B、C 与其共同顶点 D 存在如下关系 $AD=BD=CD$,也就是说,相邻泰森多面体内的点到其共同顶点的距离相等。

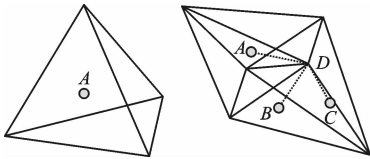


图 4 泰森多面体特性图

本文将分布在三维空间内的所有传感器节点进行维诺图划分,以中继节点信息承载能力 C_r 、传感器节点间最大距离 $D_{\max}$ 为指标,遍历所有节点,确定每一中继节点对应服务各传感器节点编号,中继节点服务对象确定方案具体流程如图 5 所示。

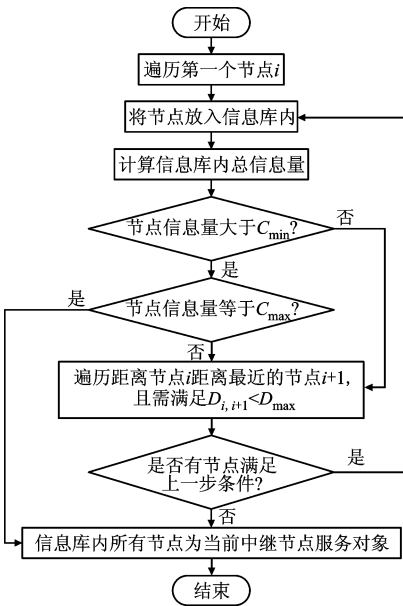


图 5 中继节点服务对象确定方案

在上述基础上,将每一中继节点与对应服务节点逐一进行连线,形成一个节点多面体,在节点多面体内包括了先前所生成的泰森多面体的顶点,两者具体关系如图 6 所示。

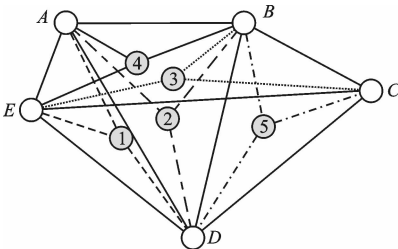


图 6 节点多面体与泰森多面体顶点关系

图 6 中,以中继节点最小服务量 $c_{\min}$ 及最大信

息承载能力 $c_{\max}$ 为阈值,划分出某一中继节点服务节点名称为 A、B、C、D、E 这 5 个节点,组成一个节点多面体,该节点多面体内,包含编号从 1 到 5 的 5 个泰森多面体顶点,每一顶点到对应 3 个传感器节点距离相等。

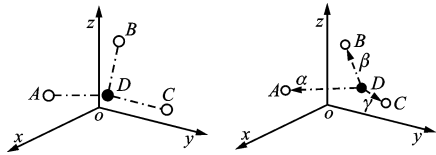
3.3 算法优化

在本文 3.2 节理论的基础上,以节点一周内产生信息量为权重,确定不同类型节点的权重 α ,之后在每一顶点处生成一个飞蛾种群,以该顶点所对应的所有传感器节点权重,引导种群飞行,最终种群在达到权重平衡条件处完成初次寻优。

权重平衡条件为

$$\partial_i d_{m,i} = \partial_{i+1} d_{m,i+1} \tag{23}$$

每一传感器节点的权重值分别和其对种群 m 的距离做乘积后的结果都相等。种群生成及有向搜索过程的实现如图 7 所示。



(a) 种群初始位置 (b) 种群有向搜索
图 7 种群生成及有向搜索

图 7 中,A、B、C 为传感器节点,D 为传感器节点对应的泰森多边形顶点。图 7a 表示在 D 处生成种群,图 7b 表示在 A、B、C 权重值分别为 α 、 β 、 γ ($\alpha < \beta < \gamma$) 的情况下,种群有向搜索情况。

在图 6 的基础上,按照本节所述种群生成、移动方法,对图 6 中编号为 1、2、3、4、5 的 5 个泰森多边形顶点进行移动,然后将 5 个点分别进行连接,完成初次寻优。最终效果如图 8 所示。

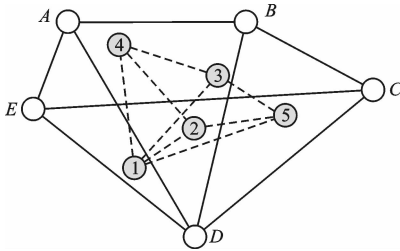


图 8 初次寻优结果

图 8 中,初次寻优将中继节点初步锁定在由顶点 1、2、3、4、5 所围成的多面体内。此时,飞蛾种群只需向着多面体内部方向移动,按照对数螺旋线飞行机制,在多面体内进行二次寻优,进而取得中继节点的最优部署位置。在基本 MFO 算法的基础上改

进后的求解流程,如图 9 所示。

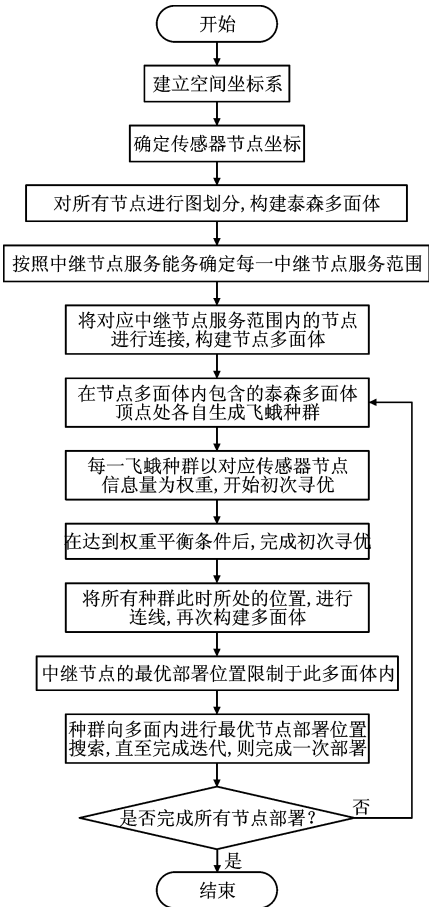


图 9 求解流程图

3.4 参数设定

首先,进行节点类型、数量及节点一周内发送数据量大小参数设定,具体如表 1 所示。

表 1 节点参数设定

节点名称	节点数	数据包大小/kb	节点类型
空气温湿度采集	10	480	传感器节点
光照度采集	10	320	
土壤温湿度采集	16	495	
二氧化碳浓度采集	10	270	
叶面温度采集	15	330	
通风继电器	10	120	动作节点
加热继电器	11	60	
补光继电器	15	80	
卷帘继电器	13	230	
灌溉电磁阀	10	190	

进一步构建坐标系,确定所有节点在三维空间下分布。仿真实验环境设定在一个长(x) $\times$ 宽(y)

$\times$ 高(z)为 100 m $\times$ 100 m $\times$ 3.5 m 的三维空间内,节点分布情况如图 10 所示。

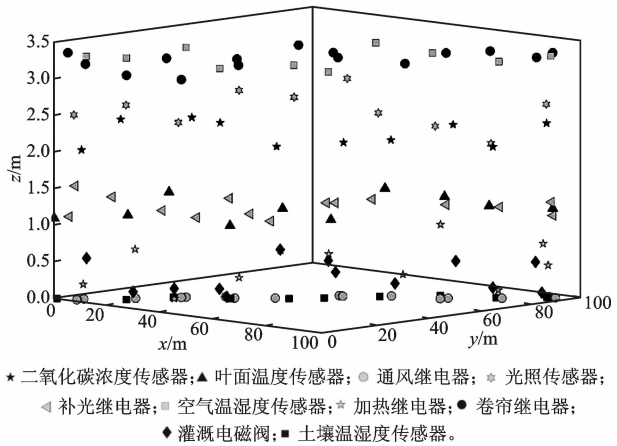


图 10 节点三维空间分布情况

设定能耗、中继节点转发能力及算法参数如表 2 所示。

表 2 实验参数设定

参数	参数物理意义	数值
$E_{\text{elec}}/(\text{nA} \cdot \text{bit}^{-1})$	接收/发送 1 bit 数据能耗	0.07
$E_{\text{amp}}/(\text{nA} \cdot \text{bit}^{-1})$	放大 1 bit 数据能耗	0.04
C_{min}/MB	中继最小信息转发量	2.344
C_{max}/MB	中继最大信息转发量	3.711
D_{max}/m	节点多边形节点间最大距离	19.5
T_{max}	算法最大迭代次数	30
R_{cmax}/m	中继节点覆盖半径	35
R_{dmax}/m	汇聚节点覆盖半径	80

4 实验结果及数据分析

4.1 基于 VIMFO 算法的部署结果

本文在上述参数设定的情况下,使用配置为 intel core i5-8650U、8GB 运行内存的笔记本电脑,window10 的系统环境下,利用 matlab2017b 进行仿真实验,实验流程如下。

(1)按照图 5 所示流程进行中继节点服务对象确定,共确定中继节点 10 个;然后,按照图 9 所示流程,依次求得每一中继节点的部署位置,具体结果如图 11 所示。

(2)在以上实验结果的前提下,进一步求得汇聚节点的部署位置,最终所求中继节点及汇聚节点在三维空间内分布位置如图 12 所示。

(3)按照本文所述策略构建智慧农业信息传输网络,如图 13 所示。

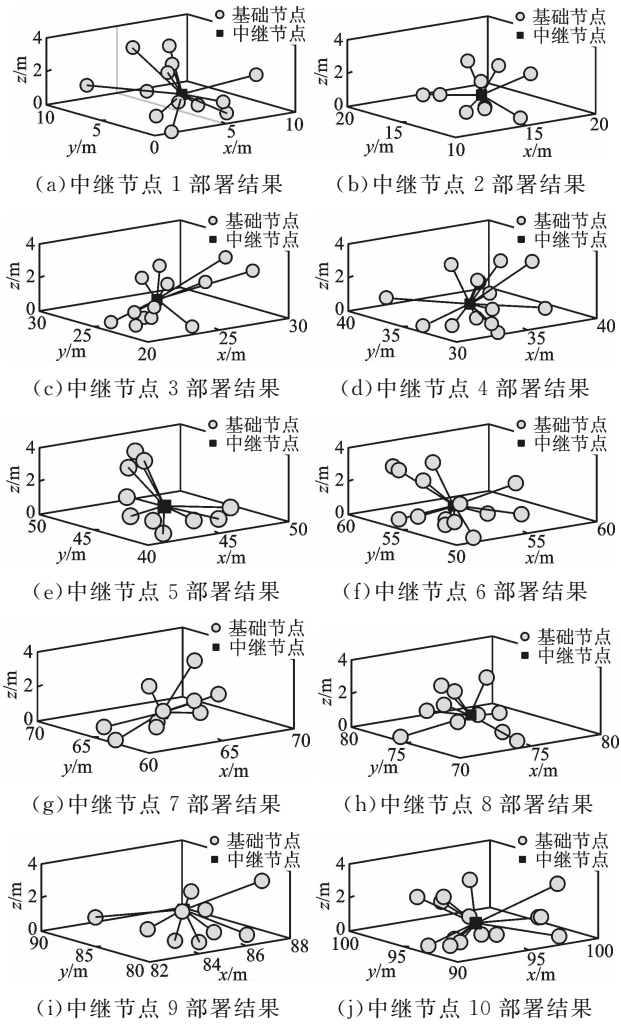


图 12 中继节点及汇聚节点分布图

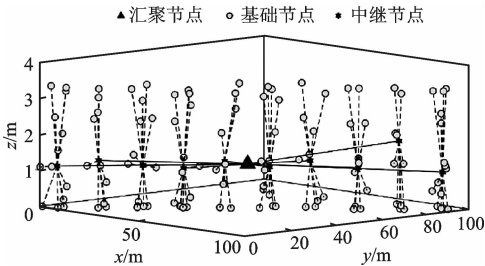


图 13 智慧农业信息传输网络节点分布图

图 11 各中继节点服务对象及部署位置

在此基础上,求得所有节点之间的距离分布矩阵如图 14。图中, C_T 表示汇聚节点, $C_T \sim R$ 依次表示 1~10 号中继节点, $R \sim A$ 依次表示 A 区域内所

有节点, $A \sim B$ 表示 B 区域内所有节点。依此类推, $I \sim J$ 表示 J 区域内所有节点。

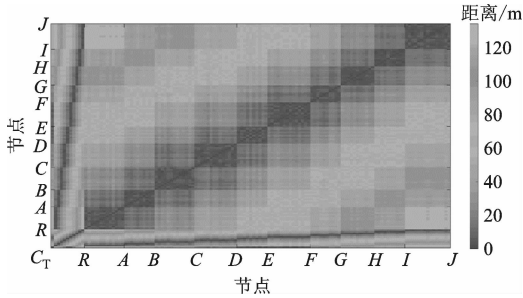


图 14 节点间距离分布矩阵

从图 14 中可以看出,汇聚节点到各中继节点的距离分布在 0 到 65 m 的区间内;中继节点到对应区域节点的距离分布在 0 到 25 m 区间内。求解结果分布比较平稳,未出现波动较大的解,且均处于对应中继节点、汇聚节点的覆盖半径下。

4.2 对比实验

为验证本文所述算法的性能及可靠性,本文采用传统的蚁群算法(AC),按照文章 3.3 节所述流程进行改进,得到改进后的蚁群算法(VIAC);并在参数一致的前提下,与常规的 MFO 算法进行了对比实验。实验主要检验算法的求解速度,及求解结果的优劣性。

首先,从能耗波动角度进行对比。在不同算法求解结果下,各中继节点对应基础节点(传感器节点、动作节点)数量对比如图 15 所示;基础节点到对应中继能耗波动对比如图 16 所示。

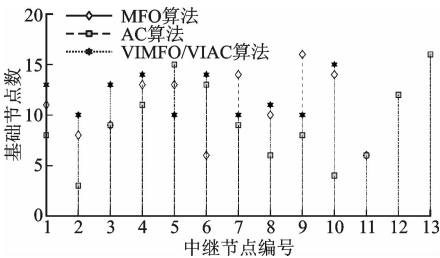


图 15 不同算法下各中继节点对应的基础节点数

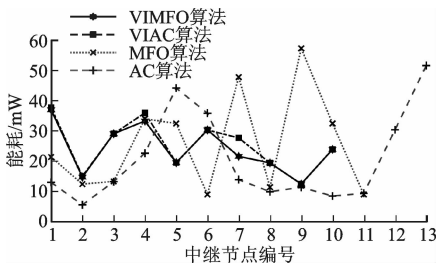


图 16 不同算法下基础节点到其中继节点的能耗波动对比

从图 15、图 16 可以看出:VIMFO 算法及 VIAC 算法各设置中继节点 10 个,两种算法在多个中继节点处取得相同值,但 VIAC 算法在能耗波动方面表现依旧不如 VIMFO 算法优秀;未改进的 MFO 算法需要部署中继节点 11 个,且 MFO 算法与其他算法相比,求解能耗波动比较大,造成了能耗不均,增大了用户的维护负担;而 AC 算法与 MFO 算法相比,虽然能耗波动有所降低,但需要部署中继节点 13 个,经济性指标较低。因此,本文所述改进策略在一定程度上降低了网络节点间能耗波动。

其次,从网络连通率角度进行对比。不同求解算法下,网络连通率随迭代次数的变化如图 17 所示。

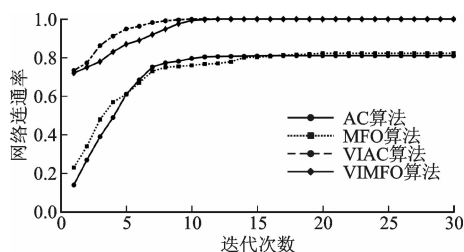


图 17 不同算法下通信网络连通率

由图 17 可以看出:AC 算法在第 16 次迭代后达到寻优极值,最终的网络连通率为 0.81;采用 MFO 算法求解时,迭代次数为 20 次,网络连通率则为 0.823,而 VIAC、VIMFO 算法迭代次数分别为 9 次、11 次,且改进后的算法网络连通率均达到 100%,实现了本文 2.1 节所述的通信网络全连通。在 MFO、AC、VIAC 及 VIMFO 算法的求解时,算法耗时分别为 5.33、5.12、3.16、3.31 s。可以看出,改进后的算法求解速度明显加快。

最后,从能耗角度进行对比。求得不同算法下一周内能耗,如图 18 所示。

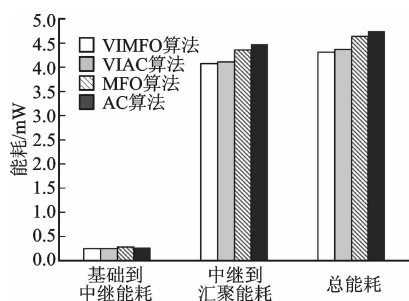


图 18 不同算法下的一周内能耗对比

由图 18 可得,利用本文改进后的算法 VIAC 与未改进的 AC 算法相比,能耗优化效果提升 8.1%,而 VIMFO 算法与常规 MFO 算法相比,能耗优化效果提升 6.9%。以上结果进一步表明了本文改进

策略的有效性。

综合所有对比实验,VIMFO 算法以相对最小的能耗波动、最少的能量消耗及中继节点投入数量,实现了传感器通信网络的全连通。

产生以上结果的主要原因是:传统群体智能算法中,种群的生成多数采用随机生成的方法,并且种群在寻优过程中需要遍历整个搜索区域,这种策略的不确定性和无序性在很大程度上加大了寻优时间;此外,求解结果容易陷入局部最优,也是此类算法的通病,而本文所述策略采用分布式的寻优思路,通过有序生成种群,利用引导种群有向搜索的策略,能够有效解决上述缺陷。

5 结 论

本文针对 5G 背景下的智慧农业通信网络信息传输问题,利用 5G 通信高带宽、低时延的特点,通过设计分布式的信息传输网络,并采用三维维诺图对传统群智算法进行改进的策略,进一步来获取智慧农业信息传输网络中继节点及汇聚节点的优化部署位置。实验结果表明,本文所提策略能够在保障信息传输网络全连通的前提下,有效降低信息传输能耗及算法寻优时间。

参考文献:

- [1] 李世超,曹如月,魏爽,等. 基于 TD-LTE 的多机协同导航通信系统研究 [J]. 农业机械学报, 2017, 48 (S1): 45-51, 65.
- LI Shichao, CAO Ruyue, WEI Shuang, et al. Research on multi-machine cooperative navigation communication system based on TD-LTE [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(S1): 45-51, 65.
- [2] FARRIS I, ORSINO A, MILITANO L, et al. Federated IoT services leveraging 5G technologies at the edge [J]. Ad Hoc Networks, 2018, 68: 58-69.
- [3] VIDA I. The technology underpinning 5G [J]. Nature Electronics, 2020, 3(1): 5-6.
- [4] GODFREY A, BRUNO S, GERHARD PH, et al. A survey on 5G networks for the internet of things: communication technologies and challenges [J]. IEEE Access, 2017, 5(12): 3619-3647.
- [5] 张朝辉. 无线传感器网络优化与目标三维定位研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019: 2-24.
- [6] SUN Yao, ZHANG Lei, FENG Gang, et al. Blockchain-enabled wireless internet of things: performance analysis and optimal communication node deployment

- [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2019, 6(3): 5791-5802.
- [7] ABBAS D. A design flow for an optimized congestion-aware application-specific wireless network-on-chip architecture [J]. Future Generation Computer Systems, 2020, 106: 234-249.
- [8] BIAGIONI E, GIORDANO S, DOBRE C. Ad hoc and sensor networks [J]. IEEE Communications Magazine, 2018, 56(7): 124-124.
- [9] WAN Zhiping, LIU Shaojiang, NI Weichuan, et al. An energy-efficient multi-level adaptive clustering routing algorithm for underwater wireless sensor networks [J]. Cluster Computing, 2019, 22(6): 14651-14660.
- [10] SHAMA S, SAYEED G, ANWAR A K. ADP-MAC: an adaptive and dynamic polling-based MAC protocol for wireless sensor networks [J]. IEEE Sensors Journal, 2018, 18(2): 860-874.
- [11] SAPRE S, MINI S. Optimized relay nodes positioning to achieve full connectivity in wireless sensor networks [J]. Wireless Personal Communications, 2018, 99(4): 1521-1540.
- [12] XU Jian, LIU Yongzhi, MENG Yanyu. Analysis and simulation of reliability of wireless sensor network based on node optimization deployment model [J]. Cluster Computing, 2019, 22(8): 1-7.
- [13] ZHANG Zhaojun, HU Funian, ZHANG Na. Ant colony algorithm for satellite control resource scheduling problem [J]. Applied Intelligence, 2018, 48(10): 1-11.
- [14] WU Xianxiang, SUN Muye, CHEN Xiao, et al. Empirical study of particle swarm optimization inspired by Lotka-Volterra model in ecology [J]. Soft Computing, 2019, 23(14): 5571-5582.
- [15] JAIN M, SINGH V, RANI A. A novel nature-inspired algorithm for optimization: squirrel search algorithm [J]. Swarm and Evolutionary Computation, 2019, 44(2): 148-175.
- [16] CRUZ D P F, MAIA R D, DE CASTRO L N. A critical discussion into the core of swarm intelligence algorithms [J]. Evolutionary Intelligence, 2019, 12(2): 189-200.
- [17] 张颖, 乔运龙, 张海洋. 基于虚拟力和果蝇优化算法混合控制水声传感器网络部署策略 [J]. 上海交通大学学报, 2017, 51(6): 715-721.
- ZHANG Ying, QIAO Yunlong, ZHANG Haiyang. Deployment strategy of underwater acoustic sensor network based on hybrid control of virtual force and Drosophila optimization algorithm [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2017, 51(6): 715-721.
- [18] 蒋鹏, 冯洋, 吴锋. 果蝇启发的水下传感网部署算法 [J]. 电子学报, 2017, 45(6): 1403-1407.
- JIANG Peng, FENG Yang, WU Feng. Drosophila inspired underwater sensor network deployment algorithm [J]. Journal of Electronics, 2017, 45(6): 1403-1407.
- [19] MIRJALILI S. Moth-flame optimization algorithm: a novel nature-inspired heuristic paradigm [J]. Knowledge-Based Systems, 2015, 89(1): 228-249.
- [20] LIU Chih-Hung. A nearly optimal algorithm for the geodesic Voronoi diagram of points in a simple polygon [J]. Algorithmica, 2020, 82(4): 915-937.

[本刊相关文献链接]

孙士清, 彭建华, 游伟, 等. 5G 网络下资源感知的服务功能链协同构建和映射算法. 2020, 54(8): 140-148. [doi:10.7652/xjtuxb202008018]

刘遼, 刘三阳. 采用主成分策略的传感器网络路由评估算法. 2017, 51(6): 47-53. [doi:10.7652/xjtuxb201706008]

刘洲洲, 李士宁. 采用压缩感知和 GM(1,1) 的无线传感器网络异常检测方法. 2017, 51(2): 40-46. [doi:10.7652/xjtuxb201702007]

孙泽宇, 李传锋, 邢萧飞, 等. 联合感知无线传感网的优化覆盖控制算法. 2016, 50(10): 86-92. [doi:10.7652/xjtuxb201610013]

董恩清, 刘伟, 宋洋. 采用三角形节点块处理无线传感器网络节点定位中节点翻转歧义的迭代方法. 2015, 49(4): 84-90. [doi:10.7652/xjtuxb201504014]

魏全瑞, 刘俊, 韩九强. 改进的无线传感器网络无偏距离估计与节点定位算法. 2014, 48(6): 1-6. [doi:10.7652/xjtuxb201406001]

汪志伟, 曹建福, 郑辑光. 一种面向分簇无线传感器网络的多信道跨层协议. 2013, 47(6): 61-67. [doi:10.7652/xjtuxb201306011]

(编辑 刘杨)