

基于蚁群算法的无线云计算车载通信全局路径规划

缪海洋

(浙江慈惠宁康养老产业有限公司, 浙江 杭州 310000)

【摘要】通过使用按使用付费的商业模式, 云计算为客户提供基础设施即服务、软件即服务和平台即服务, 以提供计算、网络和存储能力。云计算中可能会频繁出现无线通信, 以保证数据传输的流畅性, 以达到存储和处理的目的。针对冷链市区车速变化频繁、备选路径多的特点, 传统算法在选择路径时计算量大, 无法有效收敛, 3D路径规划搜索效率低, 容易陷入停滞和局部最优问题。因此, 本文提出利用蚁群算法进行无线云计算车载通信全局路径规划。实验结果表明, 当迭代次数为100次时, 蚁群算法的路径距离为9500 m, 而深度学习算法与最近邻算法的路径距离分别为9900 m、9700 m, 较蚁群算法分别增加4.21%、2.11%。且蚁群算法收敛到最小值所需的迭代次数比深度学习算法低11.27%, 比最近邻算法低24.55%。

【关键词】蚁群算法; 无线云计算; 全局路径规划

一、引言

在现代云计算中, 无线网络可用于用户数据处理、存储等服务。且无线网络是用户与基础设施保持连接的唯一途径。但随着冷链物流市场规模不断增加。由于生鲜产品易腐烂, 在运输过程中很容易损坏或丢失^[1]。然而, 由于冷链运输中存在制冷环节, 冷链运输产生的碳排放量明显高于普通货物运输产生的碳排放量, 且运送距离和运送时间的增加必然导致运输成本和温室气体排放量的大幅增加。为提高冷链运输的效率和生产率^[2], 同时减少对现有资源的消耗, 目前已有多位学者对车载通信系统中冷链路径规划进行研究, 但多数研究冷链路径规划只考虑一条道路连接配送点的情况。由于城市道路的复杂性, 实际配送中的车辆经常有多条路线可供选择, 进一步导致车载通信需要在多条路线之间做出选择。因此本文提出利用蚁群算法进行无线云计算车载通信全局路径规划。

二、无线云计算车载通信系统路径规划模型建立

(一) 客户满意度

假设无线云计算车载通信系统中的特定车辆h到达特定客户i所在位置的时间为 T_i 。且假设客户i期望的服务时间窗口为 $[ET_i, LT_i]$ 。从时间窗口的角度来看, 客户i的满意度函数可以用公式(1)表示如下:

$$f(T_{ih}) = \begin{cases} 0, T_{ih} < 2ET_i - LT_i \\ 1 + \frac{T_{ih} - ET_i}{LT_i - ET_i}, 2ET_i - LT_i < T_{ih} < ET_i \\ 1, ET_i \leq T_{ih} < LT_i \\ 1 - \frac{T_{ih} - ET_i}{LT_i - ET_i}, LT_i \leq T_{ih} < 2ET_i - LT_i \\ 0, T_{ih} \geq 2ET_i - LT_i \end{cases} \quad (1)$$

按时间窗口衡量的所有客户的平均满意度由公式(2)得出:

$$TW = \frac{\sum_{i \in I} \sum_{h \in H} x_{ih} f(T_{ih})}{|I|} \quad (2)$$

式中, x_{ih} 为0-1变量, 表示车辆h是否服务于客户i; $|I|$ 为需要得到服务的客户数量, I 为所有客户的集合。从等式的角度可以表示为分段函数, 如式(3)表示:

$$f_i = \begin{cases} 1, & \text{在指定的时指定的时间达} \\ 1 - \frac{r_i}{2r}, & \text{没有指定的时有指定的可到达} \end{cases} \quad (3)$$

通过对相关数据集应用权重系数判断以时限为定义的客户满意度和以优先级为特征的客户满意度的权重。因此可以用公式(4)来表示满意度:

$$f = \eta q f_{tw} + w f_p \quad (4)$$

(二) 无线云计算车载通信系统模型求解

由于无线云计算车载通信系统中每条路径的初始信息素浓度相同, 搜索过程中蚂蚁行走的随机性太强, 收敛速度太慢。此外, 节点之间的线段作为云计算的载体, 极大增加算法的空间复杂度。在启

动无线云计算车载通信系统时, 本文将云计算数据存储在离散点中, 并将云计算数据素不均匀地分配到每个离散点, 可以进一步降低算法的复杂度, 提高车载通信系统初步阶段的搜索效率和效果。具体方法如下: 需要将初始点(或位置)S和目标点(或位置)Di与线段Li绑定和关联起来。主要因为最优路径主要集中在Li附近。因此, 可以将Li与各平面 $i = 1, 2, \dots, n$ 的交点视为球面中点, 将LM视为球面半径, 从而构建一个更好的离散点域。点的初始信息素值用数学表达式表示, 分别如下式(5)和(6)所示。

$$\tau_{Pa}^0 = \begin{cases} \tau_0 + v \cdot (1 - \frac{Pa, L}{Lm}), & Pa, L < Lm \\ \tau_0 & \end{cases} \quad (5)$$

$$Lm = \sqrt{L_{y, max}^2 + L_{z, max}^2} \quad (6)$$

启发式功能是蚁群算法成功的关键因素。其基本功能是根据现有的距离云数据信息, 引导蚂蚁走尽可能短的路径, 会直接影响到算法的收敛性、稳定性和最优性。蚂蚁在寻找节点时, 往往会忽略路径上的障碍物, 优先选择离当前节点最近的离散点, 从而陷入局部最优。为解决上述问题, 本文构建新启发式函数的可行策略, 以及引导蚂蚁搜索最优路径的动态角度系数。

对三维空间中的离散点进行可行性评估, 并根据每个点的可行性计算出规划空间中每个节点可见区域内离散点的可行性系数权重。并用式(7)表示:

$$s(i_{a+1}, j_{a+1}, k_{a+1}) = \begin{cases} 1, & P_{a+1} \in R(P_a) \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

式中, $s(i_{a+1}, j_{a+1}, k_{a+1})$ 视野中每个离散点的权重 $R(P_a)$, 并利用式(8)表示 $s(i_a, j_a, k_a)$:

尽管在启发式函数中加入可行性因子提高路径规划的安全性, 但由于无线云计算数据量较大, 算法变得更加复杂。因此本文在计算启发式函数时, 选择直接计算启发式函数, 而不是直接调用相应的权重, 可以极大减少计算启发式函数的时间。每只蚂蚁完成一次转移后, 都会对其经过路径上的信息素进行局部更新, 以避免陷入局部最优。

三、仿真实验结果

(一) 数据参数设定

通过高德开放平台提供的API接口, 可以查询所选区域内所有道路的交通状况。反馈云计算数据包

括以下内容: (i) 当前时间; (ii) 公路名称; (iii) 公路坐标; (iv) 公路速度; (v) 当前拥堵程度。云计算数据采集间隔为10分钟, 可获得2023年9月至2023年12月三个月的交通状况信息。每个需求点均由随机数发生器确定优先级, 配送中心的车辆数量和可用存储容量足以满足所有需求点的配送, 所有车辆可承载的最大负荷为450磅。蚁群算法由Qt-Creator中的C++ 代码实现。该方法在Ubuntu 18.04中执行, CPU为英特尔 i7-10875H, 主频为 2.30 GHz, 内存为48 GB。在模拟和实际应用中, OPTP 方法通过单线程序计算所有机器人的轨迹, 没有进行并行化处理

(二) 无线云计算车载通信系统迭代变化规律

为进一步验证无线云计算车载通信系统的路径规划效果, 本文将蚁群算法与深度学习算法和最近邻算法进行对比, 进一步探究蚁群算法收敛变化规律。由图可知, 随着迭代次数增加, 无线云计算车载通信系统规划路径均呈下降趋势, 且相同迭代次数下, 蚁群算法的路径距离最小。当迭代次数为100次时, 蚁群算法的路径距离为9500 m, 而深度学习算法与最近邻算法的路径距离分别为9900 m、9700 m, 较蚁群算法分别增加4.21%、2.11%。且蚁群算法收敛到最小值所需的迭代次数比深度学习算法低11.27%, 比最近邻算法低24.55%。结果表明, 蚁群算法在路径长度和迭代次数上都优于深度学习算法和最近邻算法。由于该算法使用信息素局部和全局更新, 且每只蚂蚁完成一次转移后, 都会对其经过路径上的信息素进行局部更新。因此蚁群算法可以避免局部最优解。由于信息素是由蚁群位编码, 因此搜索空间扩大了一倍, 收敛速度也更快。因此, 蚁群算法可以极大提高无线云计算车载通信系统的路径规划效率。

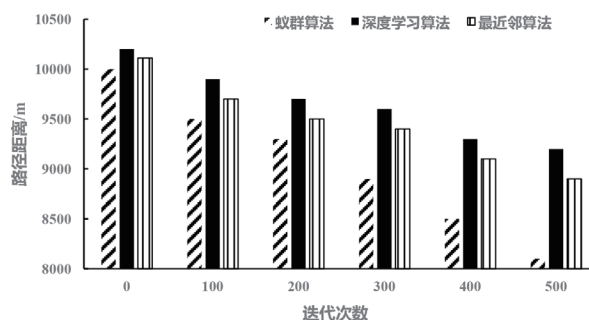


图1 不同迭代次数下的路径距离变化

表 1 初始配送路线及配送距离

配送车辆	车辆行驶路线	车辆经过各店铺距离 /km	装载率	车辆行驶距离 /km
1	0-12-3-13-1-0	0-14-5.4-5.3-8.1-26.8	90%	59.6
2	0-6-7-8-10-0	0-32.7-11.4-3.8-32.8-11.3	92.5%	92
3	0-14-5-2-11-0	0-5.2-11.5-18-18.8-5.7	88.25%	59.2
4	0-4-9-19-20-0	0-12.7-3.8-15.6-1.1-16.3	92%	49.5
5	0-16-15-17-18-0	0-8.7-3.5-5-2.3-10.4	96%	27.6
合计				287.9

表 2 优化后配送路线及配送距离

配送车辆	车辆行驶路线	车辆经过各连锁门店距离 /km	装载率	车辆行驶距离 /km
1	1-6-10-7-8-9-1	0-6.8-8.5-19.1-11.4-3.8-39.6	99.25%	89.2
2	1-13-14-4-5-1	0-14-3.7-5.3-3.3-12.7	95.75%	39
3	1-17-18-19-16-1	0-8.7-1.8-2.3-4.8-5.6	96%	23.2
4	1-20-21-2-3-1	0-15.5-1.1-11.8-2.7-23.2	89.75%	54.3
5	1-11-12-15-1	0-11.3-6-10.5-5.2	78%	33
合计				238.7

（三）配送路线及配送距离优化

采用代码来表达无线云计算车载通信全局路径规划路线，1表示冷链运输分配中心，2-21表示店铺。假设冷链配送车辆在离开了配送中心，并且在执行了一次配送之后，还需要回到冷链运输分配中心。代码为1-3-5-7-1表明冷链运输车辆离开仓库中心之后，首先去店铺3进行分配工作，然后配送结束；然后去店铺5分发，并继续去店铺7分发，并回到分配中心1。

为进一步验证基于蚁群算法的无线云计算车载通信全局路径规划的有效性，将初始和优化后配送路线距离进行比较。试验结果如表1和2中。由表1可以看出，在初始配送线路上，汽车的总行程为287.9公里，5辆汽车的一次配送费用为3769.32元。由表2可以看出，最优配送线路上的车辆总行程为238.7公里，通过计算，得到5辆汽车的一次配送费用为3237.96元。通过对表1、2的比较，发现三种车型的装载率都在95%以上，其中车辆的载率为99.25%，几乎是满载状态，而另外两种车型则分别低于90%和80%，并且在优化之前，两种方案的装载率均在90%左右，最大的装载率只有96%，没有足够的空间来承载大型货物。通过对优化前后的配送路线进行比较，发现优化后的路线可以减少49.2公里，并且单个配送费用可以减少531.36元，冷链配送频率为两周一次，一年24次，这样计算可以得到，全年的配送路程减少1180.8公里，节约12753元。

四、结论

针对冷链市区车速变化频繁、备选路径多的特点，传统算法在选择路径时计算量大，无法有效收敛，3D路径规划搜索效率低，容易陷入停滞和局部最优问题。因此，本文提出利用蚁群算法进行无线云计算车载通信全局路径规划。主要结论如下：蚁群算法可以极大提高无线云计算车载通信系统的路径规划效率，且通过对优化前后的配送路线进行比较，发现优化后的路线可以减少49.2公里，并且单个配送费用可以减少531.36元，冷链配送频率为两周一次，一年24次，这样计算可以得到，全年的配送路程减少1180.8公里，节约12753元。

参考文献：

[1]詹小飞，赵红，王宁，等.基于多策略改进麻雀搜索算法的无人艇路径规划[J].大连海事大学学报，2024，50（01）：1-10。
[2]朱波，谈笑昊，谈东奎，等.基于高精地图的物流配送车路径规划与跟踪控制[J].汽车工程学报，2024，14（02）：193-204。

作者简介：

缪海洋（1993—），男，汉族，安徽宣城人，本科，研究方向：智慧养老领域（包括智慧养老平台的开发建设、智慧养老院建设、居家养老智能照护系统）。