

一种依据簇首可选度进行簇首选举的车联网分簇算法

蒋守凤¹

JIANG Shoufeng

摘要

车联网中车辆的高速移动性导致网络拓扑具有强动态变化性,簇首的频繁更换会降低网络整体性能。为选举出相对稳定的簇首,考虑模糊理论与车联网分簇算法中多因素制约簇首选举的契合性,文章提出了一种依据簇首可选度进行簇首选举的车联网分簇算法,将车辆节点间距离、车辆相对移动速度和车辆的相对方向数作为簇首选举的影响因素,并对簇首选举、簇建立和簇维护过程进行了设计。仿真结果表明,所提的算法中簇首选举成功后维持时间相对较长,有利于车联网网络稳定性。

关键词

车联网; 车辆通信; 模糊理论; 簇首选举; 分簇算法

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2024.11.018

0 引言

车联网(internet of vehicles, IoV)被定义为由车辆的位置、行驶路线、速度等信息构成的信息化交通网络,依靠移动通信技术,实现车与车、车与设备等其他事物的互联,网络规模庞大,是未来智能交通系统的重要组成部分^[1]。在城区交通系统中,道路状况相对复杂,特别是道路交叉地段

有十字、环路等路况,车辆有直行、转向和等待等情况,有数百甚至更多的车辆行驶、聚集^[2]会有数百甚至更多的车辆行驶和聚集,并具有速度快、移动性强等特点^[3],为缓解车辆对路边单元(road side unit, RSU)的信息交互,减少数据传输的压力,车联网中车辆之间经常采用车对车(vehicle-to-vehicle, V2V)通信,降低整个车联网的数据传输消耗。

车联网通信可通过分簇算法将车辆进行逻辑划分成簇,按某种方法选定簇首作为簇内车辆与RSU通信的媒介,寻找V2V和车辆与RSU之间最优路径,节省网络开销,满足车联网低时延、高可靠性的要求^[4]。由于车联网拓扑动态变化

1. 内蒙古电子信息职业技术学院 内蒙古呼和浩特 010070

[基金项目] 2022 年内蒙古电子信息职业技术学院科研项目“车联网分簇算法的研究”(KZY202203)

5 结语

随着城市公共空间智能计算机网络监控系统的部署,对于特定环境下目标对象的感知识别成为监控管理关注的重要问题。基于计算机网络监控摄像机、Faster-RCNN深度学习算法,将采集的帧图像转换为可识别像素特征的纹理图、灰度图,利用RCNN回归器作出目标图像像素的框选与灰度特征提取,在池化层按照设定的池化窗口大小、移动步长作出下采样降维计算,并使用Softmax分类器将目标像素灰度、基准图像灰度形成特征匹配,得到的目标像素灰度识别精度更高,损失函数值更优,能够实现更良好的网络监控目标识别效果。

参考文献:

[1] 周永丽. 基于大数据技术的视频监控应用探讨[J]. 现代工业经济和信息化, 2019, 19(5):63-64+77.

- [2] 李楠. 智慧监控在高速公路信息化中的应用[J]. 中国交通信息化, 2019(5):32-34.
- [3] 姜旭东, 宋本扬, 杜泽永, 等. 基于图像识别技术的龙溪口航电工程智能视频监控系统设计[J]. 水运工程, 2023(10):183-187.
- [4] 王景. 基于深度学习算法的视频监控人脸识别系统研究[J]. 长江信息通信, 2023, 36(8):128-131.
- [5] 赵杰. 基于深度学习的人脸识别算法在视频监控的应用研究[J]. 电子设计工程, 2023, 31(13):182-186.
- [6] 刘嘉敏, 郑超, 张丽梅, 等. 基于图像重构特征融合的高光谱图像分类方法[J]. 中国激光, 2021, 48(9):203-212.

【作者简介】

郝春云(1985—), 女, 河南周口人, 硕士, 讲师, 研究方向: 计算机科学与技术。

(收稿日期: 2024-06-06)

性较强^[5],网络中车辆与RSU通信依靠簇首车辆信息转发,簇首的选择及维持稳定对网络低通信开销和低时延起到了重要的作用,研究能维持网络相对稳定的车联网分簇算法具有一定的意义。

考虑到分簇过程中车辆节点是否能够胜任簇首这一职务受多种因素影响,本文将模糊理论^[6]应用于车联网分簇算法,提出一种依据簇首可选度进行簇首选举的车联网分簇算法,得到一个利于车联网稳定的分簇路由算法。

1 依据簇首可选度进行簇首选举的车联网分簇算法

以城区场景为研究背景,所有车辆节点都拥有一个唯一的ID号,都具有全球定位系统来获取车辆的实时位置信息,都安装了可以获得其行驶状态信息的传感器,都携带车联网通信模块^[7]。

车辆*i*的坐标为(*x_i*,*y_i*),移动速度分别为*v_i*,*R_{i,j}*为车辆*i*和车辆*j*相对距离,*V_{i,j}*为车辆*i*和车辆*j*相对速度,*D_{i,j}*为车辆*i*和车辆*j*相对方向。假设车辆的最大通信半径*R_{max}*内有*n*辆车进行通信。

1.1 因素选定

1.1.1 车辆节点间距离

从簇首候选者到通信半径的所有其他车辆的距离为车辆节点间距离,节点间距离短代表簇首与其他车辆彼此靠近,这有利于实现簇的稳定^[8]。两车辆节点相对距离*R_{i,j}*的公式为:

$$R_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (1)$$

计算车辆*x*与周围其他车辆的车辆间距离,则车辆*x*节点间距离*VR_x*计算公式为:

$$VR_x = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n R_{x,i} \quad i \neq x \quad (2)$$

车辆*x*节点间距离的归一化:

$$CR_x = \frac{VR_x - VR_{\min}}{VR_{\max} - VR_{\min}} \quad (3)$$

式中:*VR_{max}*和*VR_{min}*是范围内车辆节点间最大和最小距离。

1.1.2 车辆相对移动速度

簇首候选者的相对移动速度较高,则表示簇首候选者离开当前簇的可能性较高,将当前簇推向重选簇首的可能性大,影响簇的稳定性^[8]。当知道通信范围内所有车辆的速度信息,可计算两辆车的相对速度*V_{i,j}*,其公式为:

$$V_{i,j} = \frac{\min\{|v_i|, |v_j|\}}{\max\{|v_i|, |v_j|\}} \quad (4)$$

计算车辆*x*与周围其他车辆的车辆相对移动速度*VV_x*计算公式为:

$$VV_x = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n V_{x,i} \quad i \neq x \quad (5)$$

车辆*x*相对移动速度归一化为:

$$CV_x = \frac{VV_x - VV_{\min}}{VV_{\max} - VV_{\min}} \quad (6)$$

式中:*VV_{max}*和*VV_{min}*是范围内车辆节点最大和最小相对移动速度。

1.1.3 车辆的相对方向数

簇首候选者在簇中与大多数车辆的移动方向相反,则其离开周围车辆的概率较大,网络拓扑变化性加大,会增加网络开销,显著降低网络效率。两车辆的相对方向*D_{i,j}*计算公式为:

$$D_{i,j} = \cos \theta = \frac{v_i \cdot v_j}{|v_i| \cdot |v_j|} \quad (7)$$

本文使用存储函数*N*对与车辆*x*运动方向相同的车辆进行数量存储,当 $-\pi/4 \leq \theta \leq \pi/4$ 时,则认为两车辆运动方向相同,*N_x*值加1,车辆*x*运动方向相同的汽车越多,说明其作为簇首越稳定。车辆*x*的相对方向数*VD_x*的计算公式为:

$$VD_x = \frac{N_x}{n} \quad (8)$$

车辆*x*相对方向数的归一化:

$$CD_x = \frac{VD_x - VD_{\min}}{VD_{\max} - VD_{\min}} \quad (9)$$

式中:*VD_{max}*和*VD_{min}*单位内车辆节点最大和最小的相对方向数。

1.2 簇首选举

1.2.1 车辆节点信息获取

网络初始阶段,默认所有车辆都是孤立状态,在*k*跳(数据包生命周期)范围,每辆车周期性的广播包含节点ID、车辆行驶速度、车辆位置信息和当前跳数(初次广播时跳数为0)的HELLO包。车辆收到其他车辆的HELLO包后保存,根据包内容建立邻居列表^[9]如表1所示。

表1 车辆节点邻居列表

节点ID	车辆行驶速度	车辆位置信息	跳数
<i>i</i>	<i>v_i</i>	(<i>x_i</i> , <i>y_i</i>)	<i>k</i>
...	...	...	...
<i>j</i>	<i>v_j</i>	(<i>x_j</i> , <i>y_j</i>)	<i>k</i>

1.2.2 簇首选举

(1) 确定因素集及相应的权重向量

在簇首选举过程,确定车辆节点间距离*CR*、车辆相对移动速度*CV*和车辆的相对方向数*CD*为利用模糊理论综合评判法对簇首选举的因素集*U*={*CR*,*CV*,*CD*},取权重向量*A*=(*a₁*,*a₂*,*a₃*)。

(2) 确定评语集

评语集 $V=(1, 2, 3)$ ，与各因素的对应关系如表 2。

表 2 评语集与各因素的对应关系

评语集	车辆节点间距离	车辆相对移动速度	车辆的相对方向数
3	近	慢	多
2	中	中	中
1	远	快	少

(3) 确定各个因素对评语集的隶属度函数

选择三角形隶属函数^[10]，为了保证簇首稳定，尽可能选择节点车辆节点距离近、车辆相对移动速度慢和车辆的相对方向数多的节点做簇首，输入参数的隶属度函数如图 1~图 3。

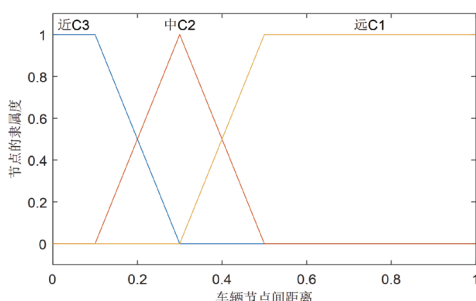


图 1 车辆节点距离的隶属函数

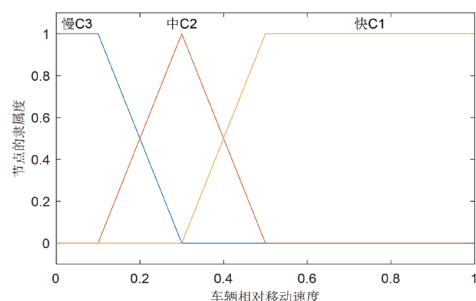


图 2 车辆相对移动速度的隶属函数

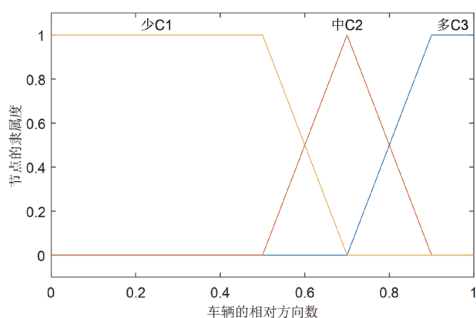


图 3 车辆的相对方向数的隶属函数

(4) 建立模糊评判矩阵

CR 隶属于评语集 $V=(1, 2, 3)$ 的隶属度为：

$$r_1 = \{C_1(CR), C_2(CR), C_3(CR)\}。$$

CV 隶属于评语集 $V=(1, 2, 3)$ 的隶属度为：

$$r_2 = \{C_1(CV), C_2(CV), C_3(CV)\}。$$

CD 隶属于评语集 $V=(1, 2, 3)$ 的隶属度为：

$$r_3 = \{C_1(CD), C_2(CD), C_3(CD)\}。$$

模糊评判矩阵为：

$$R = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1(CR) & C_2(CR) & C_3(CR) \\ C_1(CV) & C_2(CV) & C_3(CV) \\ C_1(CD) & C_2(CD) & C_3(CD) \end{bmatrix} \quad (10)$$

(5) 总评价函数 B

$$B = (b_1, b_2, b_3) = A \cdot R$$

$$= (a_1, a_2, a_3) \cdot \begin{bmatrix} C_1(CR) & C_2(CR) & C_3(CR) \\ C_1(CV) & C_2(CV) & C_3(CV) \\ C_1(CD) & C_2(CD) & C_3(CD) \end{bmatrix} \quad (11)$$

最终得到每辆车的簇首可选度 $S = V \cdot B = (1, 2, 3) \cdot (b_1, b_2, b_3)$ 。

各车辆根据节点邻居列表计算自身簇首可选度，读取跳数若小于 k 则加 1 后转发本车信息和簇首可选度，若为 k 则停止转发。信息充分交互后，每辆车都能够保存 k 跳内其他车辆的信息^[7]。

1.3 簇建立

得到 k 跳内其他车辆的簇首可选度后，随选取一辆车 m ，选择其通信半径内簇首可选度最大的车辆为簇首，并向该车发送 HEAD 包，通知其为簇首。接到 HEAD 的车辆成为簇首，生成本簇编号 (CLuID)，并广播 LEAD 消息。

收到簇首消息的车辆，读取该 LEAD 包的跳数，若小于 k 则向此 LEAD 信息添加自身 ID 信息并跳数加 1 转发，若为 k 则停止转发。

未加入簇的车辆向簇首发送申请加入 JOIN 信息，收到 JOIN 信息的非簇首读取其中跳数信息，若小于 k 则将本车 ID 信息加入并将跳数加 1 转发，若为 k 则停止转发。

簇首收到 JOIN 信息后会判断本簇成员是否已满，未满足则从接收到的相同车辆 ID 的信息中选取跳数最小的进行保存，可知簇首与此簇员最少跳数的通信链路，并发送同意加入的 AGREE 信息。已满则向其发送拒绝 REFUSE 信息。

簇中车辆收到簇首发送的 AGREE 信息后，则成功加入簇。所有节点均成功加入簇后，簇建立阶段完成。

簇首向最近的 RSU 上报 LEAD 信息，完成 RSU 和簇成员上、下行数据传输的中继工作。

1.4 簇的维护

簇建立完成后，因网络拓扑变化，导致簇首无法继续担任这一职务，或有簇成员离开簇，或有新的车辆加入簇，都需要进行簇的维护^[11]。

当有簇成员离开本簇，一定时间内簇首无法接收到该簇成员消息，则从成员表中删除该成员。当簇内成员不足时，簇首将广播可容纳新成员的消息，网络中存在的孤立车辆节点则可申请加入，簇首收到申请加入的消息，如果该节点符合簇成员条件，则接收该节点入簇，完成簇的维护。

当簇首无法担任簇首时产生的簇成员变化,其他车辆将定位附近的簇或启动新的簇建立过程。

2 仿真分析

2.1 参数设置

使用 MATLAB 软件对提出的分簇算法性能进行仿真,仿真场景中每辆车位置随机产生,车辆移动速度在范围内随机变化。参数设置如表 3,仿真多次并对结果取平均值。

表 3 城区应用场景仿真参数

参数名称	城区道路参数
区域面积	1000 m×1000 m
时长	300 s
车辆数量	100, 200, 300
车辆速度范围	10~30 km/h
RSU 数量	5

2.2 仿真结果与分析

簇的重组会产生额外开销和时延,降低车联网的稳定性,簇首持续时间较长则表明重组次数较少,网络较稳定。图 4 为不同网络容量场景下,依据簇首可选度算法与综合值 $M = CR + CV + CD$ 最大为簇首的选举方法的平均簇首持续时间对比结果。

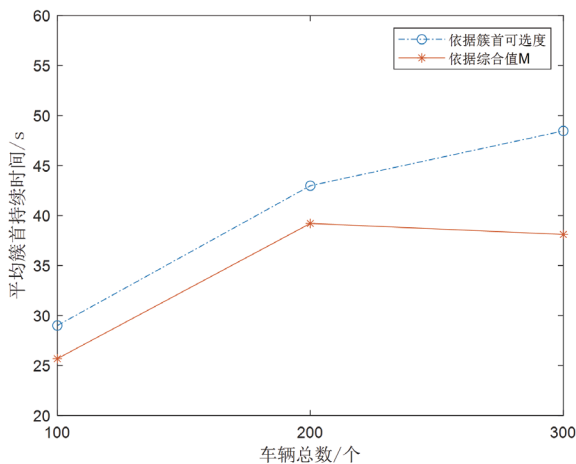


图 4 不同网络容量场景下平均簇首持续时间

可以看出,不同网络容量场景下,本文算法平均簇首持续时间更优越,这是因为根据簇首可选度选举出的簇首因为隶属函数的制约,使得簇内所有车辆当前时刻和未来时刻的状态变化较小,簇首优势维持时间更长,最终簇内结构更稳定。

3 结语

本文对城区场景下车联网分簇算法进行研究,分析了车联网的网络特点和分簇机制,提出了一种依据簇首可选度进行簇首选举的车联网分簇算法,将车辆节点间距离、车辆相

对移动速度和车辆的相对方向作为簇首选举的影响因素,引入模糊理论计算簇首可选度,并对簇首选举、簇建立和簇维护过程进行了设计,仿真表明本文算法平均簇首持续时间更优越,可减少更换簇首导致的时延,降低链路中断的概率,增强网络稳定性。

参考文献:

- [1] 周景旸,马若飞,王瑞松,等.基于博弈论的车联网通信中继选择算法研究[J].移动通信,2023,47(12):15-20.
- [2] 吴怡,杨琼,吴庆祥,等.基于自组织映射神经网络的VANET组网算法[J].通信学报,2011,32(12):136-145.
- [3] 刘云,黄润根.基于移动性预测分簇算法的仿真设计[J].计算机测量与控制,2023,31(12):265-270+283.
- [4] 曾萍,赵耿,张沥文.一种车联网分簇算法研究[J].北京电子科技学院学报,2022,30(3):100-110.
- [5] 弓之箭,苗笛,李扬,等.一种基于V-NDN的车联网数据转发决策算法[J].物联网技术,2023,13(11):40-44+47.
- [6] DEGRAUWE D, ROECK G D, LOMBAERT G. Uncertainty quantification in the damage assessment of a cablestayed bridge by means of fuzzy numbers[J]. Computers & structures, 2009, 87(17/18):1058-1066.
- [7] 白传栋,武梦龙,孙德辉.基于副簇头的特殊环境下VANET分簇算法研究[J/OL].太原理工大学学报,1-9 [2024-06-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/14.1220.n.20210217.0925.002.html>.
- [8] 吴晨杰.基于移动性的车联网分簇优化算法的研究与实现[D].南京:南京邮电大学,2020.
- [9] 陶志勇,蒋守凤.基于模糊理论的无线传感器网络簇首选举算法[J].计算机工程,2015,41(9):115-119.
- [10] 陆亚芳,易可夫,冯绪,等.基于模糊理论的无线传感器网络多层分簇式路由算法[J].传感技术学报,2014, 27(7): 933-938.
- [11] 刘云,黄润根.基于移动性预测分簇算法的仿真设计[J].计算机测量与控制,2023,31(12):265-270+283.

【作者简介】

蒋守凤(1987—),女,满族,江苏泗阳人,硕士,讲师,研究方向:移动通信技术研究和教学。

(收稿日期:2024-08-13)