

# 车联网中基于多参数决策的中继选择方案

张雪茹 宋 梁

(河南科技大学信息工程学院 河南 洛阳 471000)

**摘 要** 5G 时代,车联网是最具发展潜力的应用,也是未来智能交通管理系统的重要组成部分。但是,车联网本身也存在局限性。车联网中的车辆节点移动迅速,网络拓扑变化快,道路环境复杂,这些问题都将导致通信链路不稳定,甚至产生中断。因此,选择可靠、高效的中继节点来保障车联网的有效通信连接极为重要。提出基于多参数决策的中继选择方案,综合考虑候选中继节点的带宽、时延、节点切换预测值以及用户节点的相应需求,利用简单的线性加权函数评估候选中继的性能,最终得到最优中继。仿真结果表明,该方案在系统吞吐量和中继切换次数方面比传统方案更具优越性。

**关键词** 车联网 中继选择 多参数 线性加权 吞吐量

**中图分类号** TP3 **文献标志码** A **DOI**:10.3969/j.issn.1000-386x.2020.03.024

## RELAY SELECTION SCHEME BASED ON MULTI-PARAMETER DECISION MAKING IN INTERNET OF VEHICLES

Zhang Xueru Song Liang

(School of Information Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, Henan, China)

**Abstract** In the 5G era, Internet of Vehicles is the most promising application and an important part of the future intelligent traffic management system. However, the Internet of Vehicles has its own limitations. The vehicle nodes in the Internet of Vehicles move rapidly, the network topology changes rapidly, and the road environment is complex, which will lead to unstable communication links and even interruptions. Therefore, it is extremely important to choose a reliable and efficient relay nodes to ensure effective communication connection of the Internet of Vehicles. Based on this, this paper proposes a relay selection scheme based on multi-parameter decision making. Considering the bandwidth, delay, node switch prediction value of the candidate relay nodes and corresponding requirements of the user nodes, the performance of the candidate relay nodes was evaluated by a simple linear weighting function respectively, and finally the optimal relay was obtained. The simulation results show that the proposed relay selection scheme is superior to the traditional scheme in terms of system throughput and relay switching times.

**Keywords** Internet of Vehicles Relay selection Multi-parameter Linear weighting Throughput

## 0 引 言

在汽车和通信网络技术极速发展的时代背景下,车联网(vehicle to everything, V2X)的概念应运而生,即以车辆为主体,实现车与车通信(vehicle to vehicle, V2V)、车与人通信(vehicle to pedestrian, V2P)、车与基础设施通信(vehicle to infrastructure, V2I)以及车与网络间的通信(vehicle to network, V2N)。其最终目的是

缓解交通拥堵,降低车祸概率,提高出行及交通管理效率,同时满足 5G 时代更高要求的应用场景,如自动驾驶、队列编排等。

目前,车联网领域存在两大技术标准,分别是基于 802.11p 的专用短距离通信技术 DSRC 和 2017 年 3GPP 提出的 C-V2X (cellular-V2X)。DSRC 的通信距离一般在数百米,适用于车联网中的安全类应用场景,如十字路口防碰撞预警、紧急车辆预警等。然而它的组网需要铺设大量路侧单元,这些硬件设备将大大增

加建设成本。以蜂窝通信技术为基础的 C-V2X 直接利用现有蜂窝网络、基站和频谱,组网成本明显降低。此外,C-V2X 包含两种通信模式,分别是网络通信(Uu)和直接通信(PC5)。网络通信模式借助已有蜂窝网络能够支持比 DSRC 更高带宽、长距离的通信连接,满足信号灯提示、车速引导等效率类应用场景;直接通信模式在网络覆盖内外皆可工作,实现车辆与周边设备的直接通信,满足安全类应用场景。经验证,在相同的测试环境下,当通信距离在 400 米到 1 200 米之间时,C-V2X 系统的误码率明显低于 DSRC 系统,C-V2X 在可靠性与稳定性方面占据极大优势<sup>[1]</sup>。本文即是在 C-V2X 标准之上开展研究。

车联网作为物联网的重要组成部分之一,除了能为未来智能交通管理系统提供帮助外,也具有一些明显的缺陷:高速移动的车辆节点将导致网络拓扑频繁变化,链路连接时间相对较短,易产生中断;易受地理环境和建筑物影响,导致车辆的通信覆盖范围受限;出行高峰期很难满足所有通信车辆的实际带宽需求。因此,考虑如何选择具有最佳性能的中继节点来转发数据以最大化保障车联网的低延时、高可靠通信是很必要的。

本文针对城市道路中的 V2I 通信场景,考虑当用户车辆不能与基站或路边基础设施直接通信时,将大量的移动车辆视为候选中继,综合考虑它们的时延、带宽、节点切换预测值等性能参数以及用户车辆的需求,并利用简单线性加权方法找到最优中继。本方案将有利于提高数据传输的速率,降低时延,同时缓解由车辆节点进入阴影区域而引发的链路不稳定。这种更加全面、多角度的中继选择方法,更能适用于未来车联网的多种需求,并能有效提高用户 QoS 满意度。

## 1 相关工作

近年来,各国对车联网的研究层出不穷,其目的多是为了实现车辆间的安全预警机制,同时满足 5G 时代用户更高要求的应用需求,最终推动自动驾驶的实现。

当前,有许多研究者试图将移动自组网的相关中继选择方案应用于车联网(特殊的移动自组网)。例如文献[2]试图将基于最短路径的中继选择算法应用于车联网,这种方法将距离用户节点最小跳数的节点选为中继,很难适应于可能频繁出现网络拥塞的车联网。因此,有研究者提出基于最小跳数和节点剩余能量的中继选择算法<sup>[3]</sup>及基于最小负载的中继选择

方法<sup>[4]</sup>。

在大量的研究中,人们通常利用路侧单元 RSU 为车辆提供中继服务,文献[5]利用路径持续时间和路由持续时间来评估链路稳定性,选择能够提供最长链路生存周期的节点来提供中继服务。这种方法的确可以极大程度上减少时延,但是车联网具有动态拓扑结构、车辆节点高速移动等特点,这些都将影响车辆与 RSU 之间的稳定链接,导致链路频繁切换,增加额外的时延。因此,有研究者提出将移动车辆视为中继节点,为用户提供网络接入服务,不仅能够降低设备成本还能更好地适应车联网的动态变化<sup>[6]</sup>。

文献[7]提出多目标优化的移动中继选择方法,节点切换预测值越高(即中继节点在用户通信范围与非阴影区交叉区域停留时间大于通信时间)吞吐量预测值越高则被选为最优中继。文献[8]提出基于端到端最大容量的移动中继选择算法,仿真结果表明该算法端到端容量提升率达到 50%。文献[9]也提出一种移动中继车辆的选择算法,该算法利用车辆速度、信号强度和候选中继车辆与用户车辆间的链路稳定性构造线性加权函数,函数值最高的中继被选为最优中继。

本文即是在上述研究的基础上,提出了新的车联网中继选择方案——车联网中基于多参数决策的中继选择方案。

## 2 中继选择方案设计

本文提出的适用于车联网的多参数决策中继选择方案,利用移动车辆提供中继服务。在选择中继的过程中,综合考虑用户车辆的带宽、时延需求以及中继车辆的切换预测值,将性能最优的中继车辆被选为最优中继。

上述中继选择过程中涉及三种重要的决策参数,它们能从多方面保障系统稳定。所选中继车辆的可用带宽若能满足用户车辆的需求甚至远大于用户需求,就能保障用户较高的传输速率,这将极大地提高数据传输的可靠性。同时,5G 时代数据的海量传输,必须将传输时延控制在最低水平,才能保障某些通信应用的实时有效性,例如安全预警类应用。此外,城市交通环境中的密集建筑物会引发信号盲区和阴影问题,导致通信链路频繁切换,降低系统性能。因此,利用中继节点切换预测值来表示候选中继在用户通信范围与非阴影交叉区域内的停留时间,停留时间越长代表该候选中继能够维持通信链路稳定的时间越长<sup>[7]</sup>。最后,将这三个决策参数进行归一化处理,构造简单线性加权函数来评估候选中继的性能,其中加权函数值最大

的候选中继即为最优中继。

下面对本文所提方案涉及的通信场景、中继选择过程及性能评估进行详细描述。

## 2.1 通信场景

起初,车联网的出现是为了实现车辆间的互联互通。随着物联网概念的出现,逐步实现车辆与路边基础设施的链接成为我们研究的重点。特别是在城市交通环境中,各种信号干扰或是建筑物遮挡都容易产生盲区或阴影阻碍用户车辆与基础设施之间的通信。此时,处于阴影区域的用户车辆可以根据本文提出的中继选择方法选择最优中继来协助其转发数据。所选最优中继,一方面要满足用户带宽和时延要求且优于其他候选中继;另一方面,所选中继处于用户通信范围与非阴影区域交叉区的时长也要大于其他候选中继。本文的通信场景如图 1 所示。

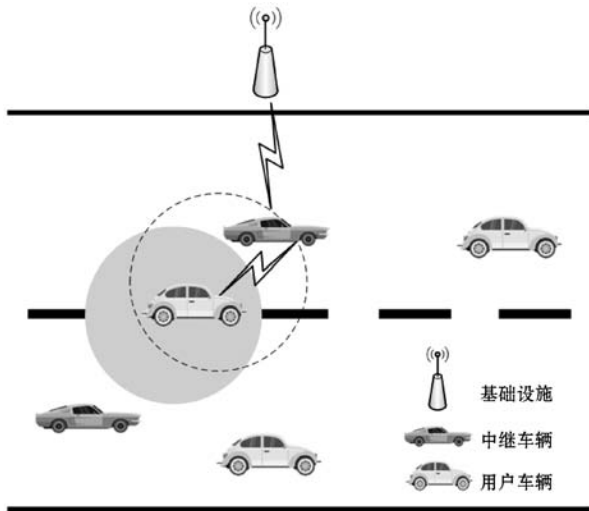


图 1 通信场景

## 2.2 基于多参数决策的中继选择方案流程

(1) 判断是否可以直接通信。基站或基础设施向车辆发送信息,携带基站或基础设施的信号强度 RSS、带宽、时延等。用户车辆对收到的信息进行分析,若 RSS 大于等于预设值,且带宽和时延满足用户需求,则用户车辆切换至直接通信模式与基站或基础设施通信;相反,则需要选择中继来转发数据。

(2) 确定候选中继。选择中继的过程如下:首先,用户车辆向其周围的车辆发送数据转发请求消息,携带用户车辆节点的带宽、时延等信息。接着,接收到用户车辆消息的中继车辆节点,若能够提供比用户车辆的需求更高的带宽和更低的时延,则向用户车辆回复确认消息,其中携带自己的带宽、时延、速度、方向等信息,同时成为候选中继之一。若用户车辆没有收到回复确认消息,则结束本次请求。

(3) 确定最优中继。最后,由用户车辆自行选择

最优中继来为自己转发数据。若候选列表中只有一个候选中继,那么该中继就是最优中继。若列表中有多个候选中继,则分别对每个候选中继的带宽、时延、节点切换预测值三种属性进行简单的线性加权分析。具体做法是,首先对这三种属性进行规范化处理消除量纲和数量级的差异,接着人为确定各属性的权重值  $\beta$ ,最后求得线性加权函数值  $Q$ 。 $Q$  值最大的候选中继被选为用户车辆的最优中继。

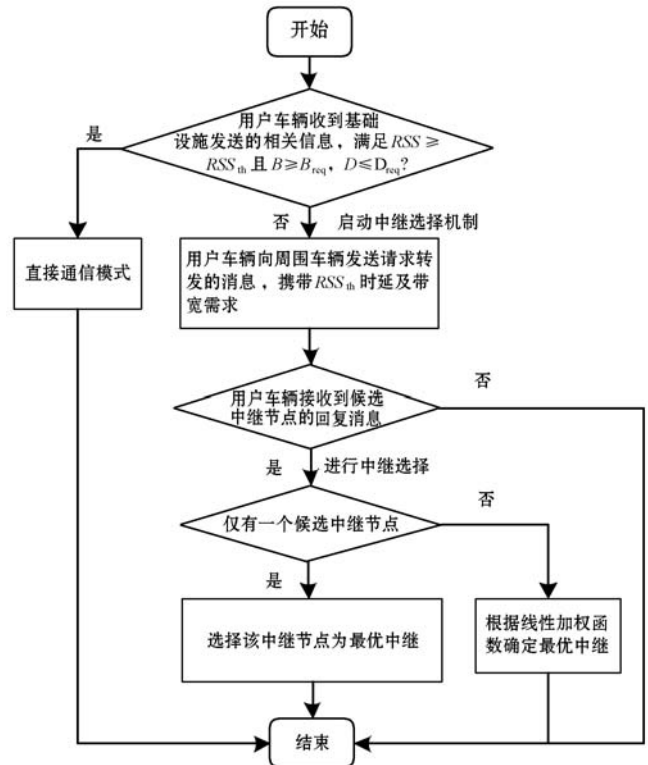


图 2 基于多参数决策的中继选择流程图

## 2.3 候选中继的性能评估过程

对各候选中继的多个参数特征进行规范化处理,并分别分配加权系数后相加求和,求和数值最大的候选中继即为最优中继。本方案中涉及的参数分别分配相同的加权系数。

(1) 候选中继可用带宽的规范化。第  $i$  个候选中继可用带宽的规范化表达式如下:

$$\chi_{i1} = \frac{B_{R_i}^{av}}{B_{R_i}} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

式中:  $B_{R_i}^{av}$ 、 $B_{R_i}$  分别是候选中继  $i$  的可用带宽和总带宽。

(2) 用户车辆接入外网时延的规范化。用户车辆与基站或基础设施间的接入链路包括两部分,分别是用户车辆与移动中继车辆间的链路以及候选中继车辆与基站或基础设施间的链路。因此用户车辆接入基站或基础设施网络的时延为上述两部分链路的时延之和。其规范化表达式如下:

$$\chi_{i2} = \overline{D}_{U,R_i} + \overline{D}_{R_i,I} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

式中: $\bar{D}_{U,R_i}$ 、 $\bar{D}_{R_i,I}$ 分别表示用户车辆与第*i*个候选中继车辆之间的规范化链接时延,第*i*个候选中继车辆与基站或基础设施间的规范化链接时延,其表达式分别为:

$$\bar{D}_{U,R_i} = \frac{D_{\text{req}}^{\max} - D_{U,R_i}}{D_{\text{req}}^{\max} - D_{\text{req}}^{\min}} \quad (3)$$

式中: $D_{\text{req}}^{\max}$ 、 $D_{\text{req}}^{\min}$ 分别表示用户接入第*i*个候选中继车辆时所需最大、最小时延。 $D_{U,R_i}$ 表示用户与第*i*个候选中继车辆之间的链接时延。

$$\bar{D}_{R_i,I} = \frac{D_{R_i,I}^{\max} - D_{R_i,I}}{D_{R_i,I}^{\max} - D_{R_i,I}^{\min}} \quad (4)$$

式中: $D_{R_i,I}^{\max}$ 、 $D_{R_i,I}^{\min}$ 分别表示第*i*个候选中继车辆接入基站或基础设施的所需最大、最小时延。 $D_{R_i,I}$ 表示第*i*个候选中继车辆与基站或基础设施之间的链接时延。

(3) 候选中继切换预测值的规范化。当用户车辆处于阴影区域或信号盲区时,第*i*个候选中继位于用户通信范围与非阴影区域交叉区域的停留时间,即中继切换预测值可表示为<sup>[7]</sup>:

$$T_{i\text{switch}(t)} = \frac{T_{i(t)}}{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N T_{k(t)}} \quad (5)$$

式中: $T_{i(t)}$ 表示*t*时刻第*i*个候选中继在用户通信范围与非阴影区域交叉区域的停留时间; $\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N T_{k(t)}$ 表示所有候选中继的停留时间均值。

定义其规范化为:

$$\chi_{i3} = \frac{T_{i\text{switch}(t)}}{\max(T_{1\text{switch}(t)}, T_{2\text{switch}(t)}, \dots, T_{N\text{switch}(t)})} \quad i=1,2,\dots,N \quad (6)$$

(4) 最优中继的确定。对上述三个规范化参数进行简单的线性加权求和,即可评估各候选中继的性能,进而确定最优中继。

$$Q_i = \beta_1 \chi_{i1} + \beta_2 (1 - \chi_{i2}) + \beta_3 \chi_{i3} \quad i=1,2,\dots,N \quad (7)$$

式中: $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 为各项参数的权重值,且 $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$ 。

当存在多个候选中继车辆时, $Q$ 值最大的候选中继则选为最优中继,即满足下式:

$$\hat{i} = \arg \max_i [\beta_1 \chi_{i1} + \beta_2 (1 - \chi_{i2}) + \beta_3 \chi_{i3}] \quad i=1,2,\dots,N \quad (8)$$

### 3 仿真分析

本文使用 MATLAB 仿真工具对所提出的车联网中继选择方案进行性能评估,分别从吞吐量和中继切换次数方面将所提方案与随机中继选择方案和最短路

径中继选择方案进行对比,仿真结果证实本文提出的方案更具优越性。

选择 1.5 km 的城市道路作为仿真中的车辆行驶道路,同时假设道路中阴影区域半径为 100 m。初始条件下用户车辆和中继车辆随机分布在道路上且行驶方向一致,汽车最低时速 20 km,最高时速 60 km。由用户车辆发起通信,通信时长服从泊松分布。仿真过程中,车辆循环出入仿真道路。本仿真历时 250 s。其他具体仿真参数如表 1 所示。

表 1 仿真参数

参数	参数值
仿真区域	1.5 km(水平方向)
基础设施数量	1 个
中继车辆数	40 个
一般车辆数	20 个
基础设施传输半径	250 m
车辆无线传输半径	100 ~ 150 m
车辆时速	20 ~ 60 km
车辆最小带宽需求 <sup>[10]</sup>	10 Mbit/s
车辆最大带宽需求 <sup>[10]</sup>	30 Mbit/s
基础设施总带宽	200 Mbit/s
中继车辆总带宽	100 Mbit/s

图 3 显示了不同中继选择方法下的系统吞吐量变化。0 s 至 100 s 内,用户车辆开始发起通信,数据量激增,系统吞吐量增大,曲线呈上升趋势;随后由于各用户车辆完成通信或是切换中继受阻会导致网络中数据减少,吞吐量降低,曲线呈下降趋势。如图所示,虽然三种方法下的系统吞吐量变化趋势相似,但本文提出的多参数决策中继选择方法能够比其他两种传统方法获得更高的吞吐量。这是因为本文提出的中继选择方法将候选中继的可用带宽作为中继选择依据,保障了较高的数据传输速率,才使得系统吞吐量提高。

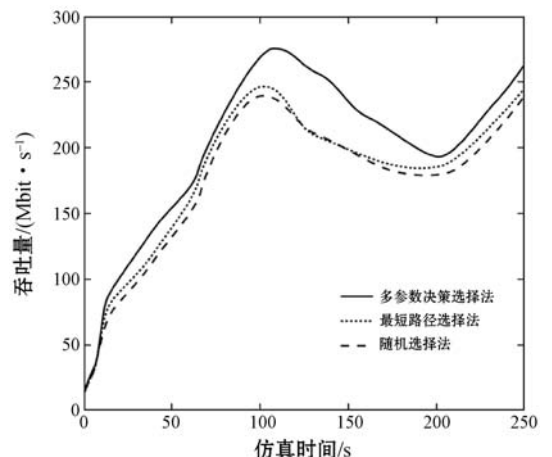


图 3 吞吐量对比

图4显示了中继车辆通信范围的变化对系统吞吐量的影响。可以看出,随着中继车辆通信范围的扩大,用户通信范围内的可用中继增多,用户选中最优中继机会增大,系统吞吐量逐渐提高,三种中继选择方法的曲线都呈上升趋势。但是,本文提出的中继选择方法优势更加明显。这是因为,本方法考虑了节点的切换预测值,选择可用带宽最高、能够协助用户转发数据的时间最长的候选中继作为最优中继,使得用户通信过程中的中继切换次数减少,丢包率降低,更多的数据能够准确传输,系统吞吐量也就比其他两种中继选择方法高。

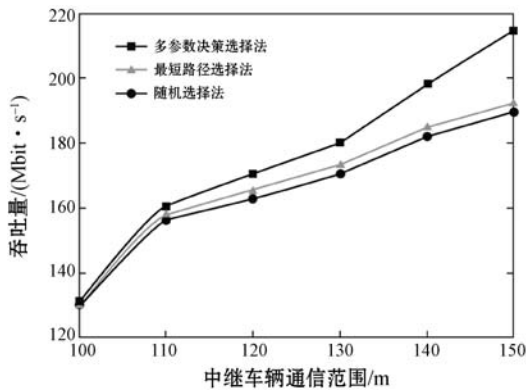


图4 中继车辆通信范围对吞吐量的影响

图5显示了用户车辆最大速度的变化对中继切换次数的影响。其中,中继车辆的通信范围固定不变,取100 m。随着用户车辆相对速度的提高,中继切换得更加频繁。三种中继选择方法中,本文提出的多参数决策中继选择方法的累积切换次数最少,这是因为本方法将节点切换预测值作为最优中继的选择依据。

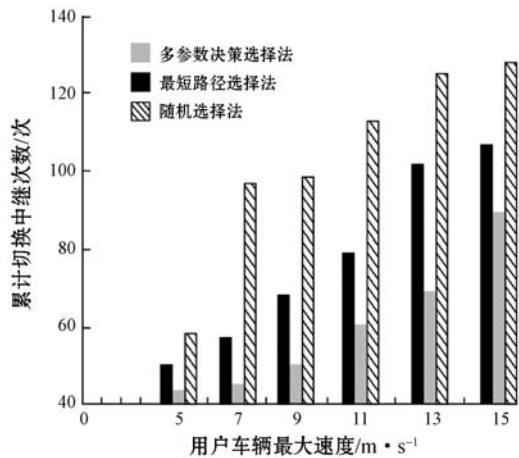


图5 用户最大速度对中继切换次数的影响

## 4 结 语

本文提出了一种适用于车联网、基于多参数决策的中继选择方案,综合考虑候选中继节点的带宽、时延、节点切换预测值以及用户节点的相应需求,利用简

单的线性加权函数评估候选中继的性能,最终得到最优中继。仿真结果表明,本文提出的中继选择方案在系统吞吐量和中继切换次数方面比传统方案更具优越性。这将从多个角度提高用户的 QoS 满意度。

未来我们将在更多的实际环境下将本文所提方案与其他方案进行对比分析,同时进一步研究不同应用场景与各个参数权重配置之间的关系。

## 参 考 文 献

- [1] 中国通信协会. 车联网技术、标准与产业发展态势前沿报告[R]. 北京:中国通信协会,2018:7.
- [2] Couto D. Performance of multihop wireless networks : shortest path is not enough[J]. Acm Sigcomm Computer Communication Review, 2003, 33(1):83-88.
- [3] Park B N, Lee W, Lee C, et al. QoS-aware adaptive Internet gateway selection in Ad Hoc wireless Internet access networks[C]//2006 3rd International Conference on Broadband Communications, Networks and Systems. IEEE, 2006.
- [4] Shin J, Lee H, Na J, et al. Load balancing among internet gateways in ad hoc networks[C]//IEEE Vehicular Technology Conference. IEEE, 2006.
- [5] Benslimane A, Barghi S, Assi C. Fast track article: An efficient routing protocol for connecting vehicular networks to the Internet[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2011, 7(1):98-113.
- [6] Benslimane A, Taleb T, Sivaraj R. Dynamic clustering-based adaptive mobile gateway management in integrated VANET—3G Heterogeneous Wireless Networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2011, 29(3):559-570.
- [7] 林青,戴慧碧,张振伟,等多目标优化的移动中继选择算法[J]. 小型微型计算机系统, 2016, 37(8):1816-1820.
- [8] Ge Y, Wen S, Ang Y H, et al. Optimal relay selection in IEEE 802.16j multihop relay vehicular networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2010, 59(5):2198-2206.
- [9] 刘琨. 车联网中路由算法的研究与实现[D]. 北京:北京邮电大学, 2018.
- [10] 3GPP. TR22.886 Study on enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services (Release 16) [EB/OL]. 2018-06/2019-01. <https://portal.3gpp.org>.
- [11] 比拉,刘佳,郭爱煌. 基于车流密度的车联网城市场景中中继选择算法[J]. 通信技术, 2017, 50(1):50-55.
- [12] 马得森,沈正源,金晓晴,等. 一种车联网簇方法与簇内中继选择方法[J]. 电子技术应用, 2018(3):22-28.
- [13] 龚恒,林涛,侯长军,等. VANET 中多跳广播方案的研究进展[J]. 电子技术应用, 2016, 42(12):10-15.
- [14] 彭军,马东,刘凯阳,等. 基于 LTE-D2D 技术的车联网通信架构与数据分发策略研究[J]. 通信学报, 2016, 37(7):62-70.