

7-20-2021

High Adaptability Vehicle Network Communication Protocol Based on AODV

Wang Tong

1. College of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;;2. Key Laboratory of advanced ship communication and information technology, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;

Gao Shan

1. College of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;;2. Key Laboratory of advanced ship communication and information technology, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;

Tianshu Dai

1. College of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;;2. Key Laboratory of advanced ship communication and information technology, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research](#), [Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

High Adaptability Vehicle Network Communication Protocol Based on AODV

Abstract

Abstract: Routing protocol is an essential part of vehicular ad-hoc network (VANET). According to the characteristics of frequent changes of vehicle node location in urban environment, *an AODV routing protocol based on Network Topology Changes (NTCAODV) is proposed. According to the speed and relative position information, by calculating the stability coefficient of nodes, the link connection is established on the basis of principle of "optimal stability", and the idea of extended loop is improved according to recorded the link establishment time.* Simulation results show that NTCAODV routing protocol has good performance in various urban environments, improves the success rate of data transmission, and has good adaptability in urban environments with different vehicle density.

Keywords

Vehicular Ad-hoc Network(VANET), trajectory, optimal stability, extended loop, real map mobile model

Recommended Citation

Wang Tong, Gao Shan, Dai Tianshu. High Adaptability Vehicle Network Communication Protocol Based on AODV[J]. Journal of System Simulation, 2021, 33(7): 1661-1669.

基于 AODV 的高适应性车载网络通信协议

王桐^{1,2}, 高山^{1,2*}, 戴天殊^{1,2}

(1. 哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001;

2. 哈尔滨工程大学 先进船舶通信与信息技术重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 路由协议是车辆自组织网络(Vehicular Ad-hoc Network, VANET)中必不可少的一部分。根据城市环境中运动节点位置变化频繁等特点, 提出一种基于网络拓扑结构变化的 AODV 路由协议(Ad-hoc On-demand Distance Vector routing protocol based on Network Topology Changes, NTCAODV)。通过根据速度和相对位置信息计算节点间的稳定度系数, 以“最佳稳定度”为基本原则建立链路连接; 根据记录的链路建立时间对扩展环路思想进行改进。仿真结果表明: NTCAODV 路由协议在城市多样环境中表现出较好的性能, 提高了数据传递的成功率, 在车辆密度不同的城市环境下有着较好的适应性。

关键词: 车载自组织网络; 运动轨迹; 最佳稳定度; 扩展环路; 真实地图移动模型

中图分类号: TP391.9 文献标志码: A 文章编号: 1004-731X (2021) 07-1661-09

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.20-0184

High Adaptability Vehicle Network Communication Protocol Based on AODV

Wang Tong^{1,2}, Gao Shan^{1,2*}, Dai Tianshu^{1,2}

(1. College of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;

2. Key Laboratory of advanced ship communication and information technology, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: Routing protocol is an essential part of vehicular ad-hoc network (VANET). According to the characteristics of frequent changes of vehicle node location in urban environment, an AODV routing protocol based on Network Topology Changes (NTCAODV) is proposed. According to the speed and relative position information, by calculating the stability coefficient of nodes, the link connection is established on the basis of principle of "optimal stability", and the idea of extended loop is improved according to recorded the link establishment time. Simulation results show that NTCAODV routing protocol has good performance in various urban environments, improves the success rate of data transmission, and has good adaptability in urban environments with different vehicle density.

Keywords: Vehicular Ad-hoc Network(VANET); trajectory; optimal stability; extended loop; real map mobile model

引言

车辆自组织网络(Vehicular Ad-hoc Network, VANET)是一种多跳分布式无线网络^[1], 它通常是用于在实际交通环境下, 车辆之间以及车辆与周围

环境设施之间相互通信组成的 Ad hoc 网络, 是无线自组织网络(Mobile Ad Hoc Network, MANET)^[2]在交通环境下的应用。该网络可以为车辆、路边设施和行人等提供高效、快速的网络服务, 从而实现提前交通事故预警、辅助驾驶、实时车况查询等功

收稿日期: 2020-04-14 修回日期: 2020-05-20

基金项目: 国家自然科学基金(61102105, 51779050); 国家重点研发计划(2016YFB0700100); 哈尔滨市人才项目(2017RAQXJ036); 中央高校基本科研业务费(2017RAQXJ036)

第一作者: 王桐(1977-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为车联网建模与仿真。E-mail: wangtong@hrbeu.edu.cn

通讯作者: 高山(1986-), 男, 博士, 讲师, 研究方向为人工智能、车联网。E-mail: gaoshan08@hrbeu.edu.cn

能。当前研究结果表明,如果司机在发生碰撞前 0.5 s 被给予警告,可以有效避免六成以上的交通事故。因此,有大量的研究对车间通信的路由交换过程中的 VANET 网络路由协议进行设计。然而,由于实际环境下车载网络中的移动节点具有速度较快,拓扑形态快速变化等特点,对 VANET 路由协议提出了更高的要求。因此,对路由协议^[3]的设计和改进成为 VANET 研究的一大热点。

由于车间网络所具有的特殊性,传统的路由协议在车载网络运行的场景下性能表现难以令人满意。近年来,各国研究人员根据每次参与通信过程的节点数目的不同,将车载网络路由协议分为广播、单播和组播路由协议。

常见的单播路由协议包括基于拓扑和基于地理位置的路由协议。根据对节点实时信息的获取方式可以将基于地理位置的路由协议分为:Geocast Routing^[4], GPSR^[5]等路由协议。参与这类路由协议运行的节点可以针对自身位置对消息转发过程进行选择,不需要对自身的路由表进行处理,方便进行管理。由于对定位技术的要求较高,为了减少对定位技术的过度依赖,研究人员会选用基于拓扑的路由协议:先应式及反应式路由协议。先应式路由协议,如目的节点序列距离矢量协议(Destination-Sequenced Distance Vector Protocol, DSDV)^[6],最优链路状态路由协议(Optimized Link State Routing Protocol, OLSR)^[7],是利用洪泛的方式在节点间传递信息,并对自身的路由表进行主动维护。文献[8]提出了一种使用模糊粗糙集理论(Fuzzy-Rough Set theory, FR)来对数据传输过程中最佳路径进行估计的增强型 OLSR 协议。文献[9]提出了一种利用最近连接时间为基础进行链路建立的基于时间戳选择集的 OLSR 协议。这类路由能够较好地控制传输时延,适合节点移动速度较低的交通环境。针对车辆拓扑结构快速变化的场景,反应式路由,例如 DSR^[10],AODV^[11]等具有较快的反应速度和较低的网络开销。参与此类路由协议运行的节点只需在数据发送时才建立相应的连接。文献

[12]提出了一种基于权值的预测路由协议,通过预测下一跳节点的状态来得到路径权值并建立连接,这样可以有效改善路由传递效率。

针对复杂多样的城市运动场景,大多数常见的路由协议表现的并不理想。在复杂的城市环境中,车辆与外界间的信息交换过程还需考虑道路环境,交通状况等因素影响。针对该问题,本文提出了利用车辆移动信息作为基础,计算节点间链路稳定程度,从而建立链路的方法,并通过不同场景下链路建立时间的分布范围对链路建立过程进行优化。

1 NTCAODV 路由协议

1.1 NTCAODV 工作流程

本文提出一种改进的基于网络拓扑结构变化的 AODV 路由协议(Ad hoc On-demand Distance Vector routing protocol based on Network Topology Changes, NTCAODV)。

NTCAODV 路由协议针对路由发现阶段和路由建立阶段进行改进。图 1 展示了 NTCAODV 路由协议的运行流程。

首先,在对节点信息初始化后,更新现有的路由信息。然后,判断想要进行交流的 2 个节点间能否直接通信。如果可以,则直接进行数据传递;否则,则进行路由链路的建立过程。在路由建立阶段,丢弃以“最小跳数”为原则的路由建立策略。在 AODV 路由协议中引入速度和位置参量,提出借助在建立过程中节点间的移动稳定程度来建立路由连接。即在链路建立过程中优先选取运动状况更为接近的节点作为构成链路连接的节点,从而保证建立的链路连接更加稳定,不容易发生断裂。最后,在路由发现阶段,针对信息的洪泛过程提出一种基于原始路径建立时间的改进扩展环路思想,对路由信息的洪泛过程进行控制。通过对提出的改进策略进行仿真,验证在面对不同网络拓扑结构变化的情况下是否具有较好的适应性。

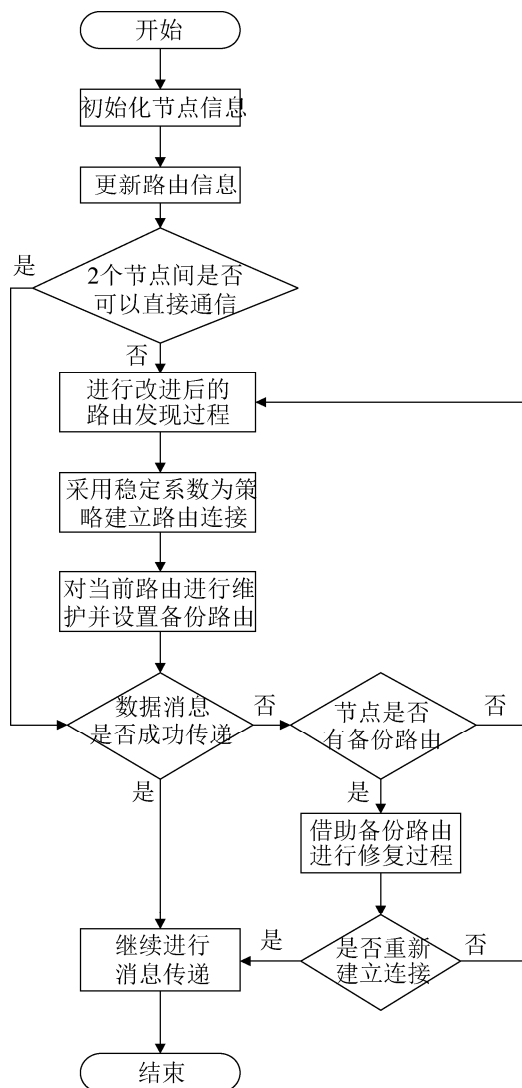


图 1 NTCAODV 路由协议流程图

Fig. 1 NTCAODV routing protocol flowchart

1.2 基于链路稳定度的链路建立机制

在经典的 AODV 路由协议算法中, 基于“最小跳数”为原则建立路由连接, 可以快速建立一条可用的路由链路。然而, 此策略未能考虑到在网络拓扑结构频繁变化导致的链路不稳定状况。因此, 在 AODV 路由协议中引入速度和相对位置 2 个参量, 仿真过程中获取参与仿真的节点速度和相对位置, 计算节点间的相对稳定度, 通过判断链路的稳定程度建立路由连接。式(1)展示了用参数 σ 的大小作为链路建立评价指标的依据, 即参数 σ 指标越大, 表明 2 个节点间的运动状态差异越大, 以此建立的链路更加不稳定。

$$\sigma_{i,j} = \lambda[(v_{xi} - v_{xj})^2 + (v_{yi} - v_{yj})^2] + \mu[(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2] \quad (1)$$

式中: σ 为节点 i, j 间的拓扑结构稳定度系数; v 为 2 个节点在水平和垂直方向的速度大小; x 和 y 为 2 个节点在水平方向与垂直方向的位置; λ 和 μ 为不同情况下速度与位置的权重。

通常建立连接的 2 个节点存在图 2 所示的 3 种相对移动状态, 针对不同的情况, 速度和位置的权重也要取不同的值。

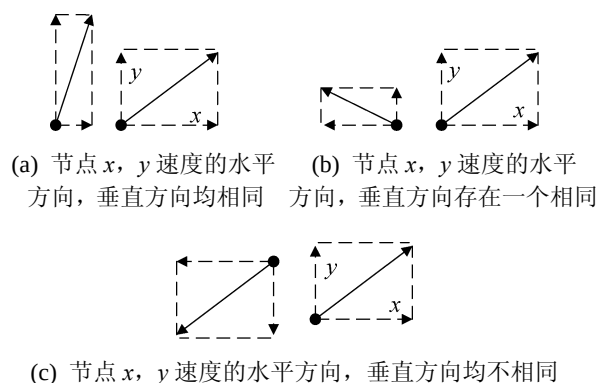


图 2 节点常见 3 种相对移动状态

Fig. 2 Three common relative motion states of nodes

由于节点相对位置在仿真过程中取值较大, 当节点运动状态相近时, 应该降低位置大小的权重。为了使改进的 NTCAODV 路由协议具有更好的准确性, 一般取值如表 1~3 所示。

表 1 NTCAODV-0.9 的权重取值

Tab. 1 NTCAODV-0.9 weight value

运动状态	速度权重 λ	位置权重 μ
图 2(a)	0.9	0.1
图 2(b)	0.5	0.5
图 2(c)	0.1	0.9

表 2 NTCAODV-0.7 的权重取值

Tab. 2 NTCAODV-0.7 weight value

运动状态	速度权重 λ	位置权重 μ
图 2(a)	0.7	0.3
图 2(b)	0.5	0.5
图 2(c)	0.3	0.7

表3 NTCAODV-0.3的权重取值
Tab. 3 NTCAODV-0.3 weight value

运动状态	速度权重 λ	位置权重 μ
图 2(a)	0.5	0.5
图 2(b)	0.5	0.5
图 3(c)	0.5	0.5

改进传统 AODV 路由协议的 RREQ 数据包, 使其携带速度大小、运行方向、相对位置大小以及计算的节点间稳定度数值。改进后的格式如图 3 所示。

(原 RREQ 数据包格式)	
节点水平方向速度值	节点水平方向速度方向
节点垂直方向速度值	节点垂直方向速度方向
节点水平方向位置值	节点垂直方向位置值
节点间稳定度之和	

图3 改进后 RREQ 数据包格式
Fig. 3 Improved RREQ packet format

改进后的 RREQ 消息处理过程如图 4 所示。

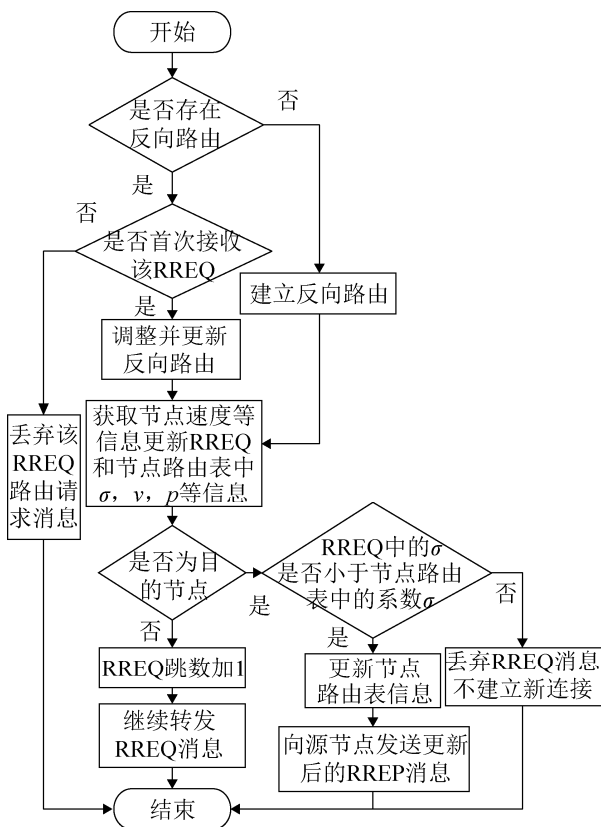


图4 改进后的 RREQ 消息处理流程

Fig. 4 Improved RREQ message processing process

如果该节点收到相同源节点的信息, 会选择丢弃该信息。否则, 会根据自身的速度和位置信息与 RREQ 数据包中携带的信息进行计算并更新, 然后判断是否需要继续洪泛更新后的 RREQ 数据包。

在传统 AODV 路由协议的 RREP 分组中添加稳定度系数值, 使其可以携带该链路的整体稳定度的值并发送给源节点, 从而判断当前链路与原链路的稳定程度。改进后的 RREP 消息处理流程如图 5 所示。

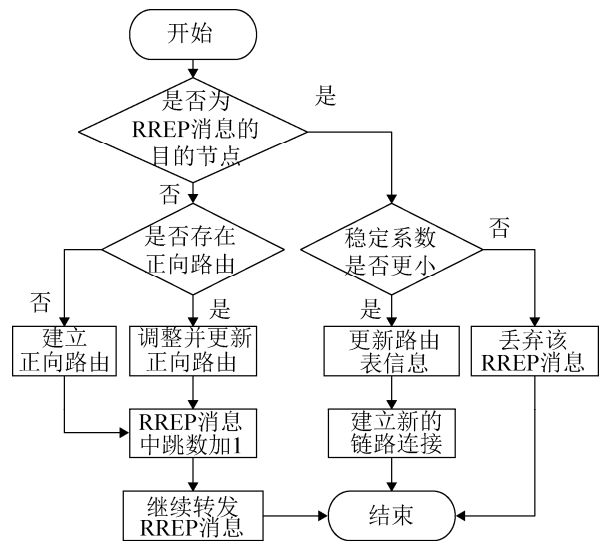


图5 改进后的 RREP 消息处理流程

Fig. 5 Improved RREP message processing process

参与链路建立过程的节点对 RREP 消息进行判定。如果新的 RREP 消息与之前处理的消息来自相同的源节点, 那么对其进行判定。只有当新的消息分组携带更大的序列号, 或者序列号值相同但链路的稳定度系数更小时链路更稳定, 节点才会更新自身的路由表信息建立新连接。源节点收到 RREP 消息后发送消息至目标节点, 直到有更稳定的链路连接后选择更新链路。采用链路稳定度策略建立路由链路更加稳定, 数据传递成功率会得到提高。如表 4 所示, 展示了单次仿真过程中, 到达源节点的 RREP 数据包中携带的稳定度系数变化趋势。对表 4 中数据分析可以得知, 第二次到达的链路稳定度系数小, 表示链路更加稳定, 因此对路由进行更新, 建立新的连接。而之后可以建立的链路并不稳定, 并不对现有链路进行更新。

表 4 稳定度系数数值展示

Tab. 4 Numerical display of stability factor

到达顺序	稳定度系数数值
1	117 435
2	6 209
3	25 909
4	161 547

1.3 基于扩展环路的路由发现机制

扩展环路^[13]的思想是源节点在进行路由发现过程时, 通过对每次发送 RREQ 消息的范围进行一定的设定并逐步加大, 从而降低洪泛过程带来的网络开销。这种策略的优势是当发送与接收信息的节点间距离较近时, 可以有效地降低路由开销问题。与此同时带来的问题是, 当目的节点与源节点之间距离较远时, 对 RREQ 消息进行多次发送导致网络开销增大。

因此, 提出一种改进的扩展环路思路。从节点成功建立连接的时间历史记录中对相关的阈值进行估算, 从而确定不同场景下源节点二次重发的时间阈值 L 的大小。

在传统 AODV 路由协议代码上, 添加时间获取模块并记录每次成功建立链路连接的时间。假设网络中相隔最远的 2 个节点之间传递消息需要的时间是 T , 并规定每次源节点到目的节点间的消息传递时间是 t 。如表 5 所示, 对相关参数进行定义。

表 5 参数相关定义

Tab. 5 Parameter related definition

参数名称	参数定义
节点总数	N
节点密度	s
节点间信息传递速度	v
时间 t 内覆盖的节点数	N_t
目标节点在 t 覆盖的区域内概率	P_t
阈值为 t 时的路由开销	W_t

利用式(2)计算当前策略下的路由开销 W_t 。

$$W_t = P_t N_t + (1 - P_t)(N + N_t) \quad (2)$$

式中: N_t 为时间 t 内能够覆盖的节点总数, 如式(3)所示:

$$N_t = \pi(vt)^2 s \quad (3)$$

整理后可以得式(4), 一个与时间 t 相关的一元二次函数。

$$W_t = (\pi v^2 s) t^2 + N(1 - P_t) \quad (4)$$

分析式(4)可以得到, 在取值范围内路由开销 W_t 是随时间 t 增大而增大的。因此, 在一定的时间 t 内, 目的节点在时间 t 的作用区域内的概率 P_t 越大越好, 即概率 P_t 大小近似时, 时间 t 越小越好。为了减少路由开销, 概率 P_t 需要满足 2 个条件:

- (1) 在 t 取值一定时, t 值左侧的 P_t 要足够大;
- (2) 当 P_t 在某一区域内取值足够大时, t 的变化不对 P_t 产生很大影响。

基于以上思想, 在 NS-3 平台上用 AODV 路由协议对 50 辆汽车所在的场景进行仿真, 得到的分布结果如图 6 所示。分析可得, 多数建立链路连接的时间在 500 ms 以内。因此在节点个数为 50 的车辆移动场景下, 仿真工作采用 500 作为改进后扩展环路的阈值。

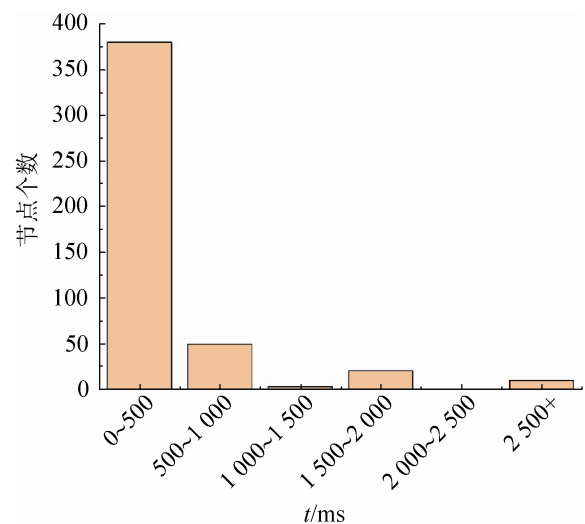


图 6 节点个数为 50 的阈值判定依据

Fig. 6 Threshold value of 50 nodes

不同节点密度的场景有不同的对应阈值。不同场景的仿真阈值大小如表 6 所示。可以看出, 随着节点密度的增大, 阈值稳定在 250 ms 左右。

表6 不同节点密度仿真时对应的阈值取值
Tab. 6 Corresponding threshold value in simulation of different node density

节点密度	阈值/ms
50	500
100	300
150	250
200	250

2 仿真结果及分析

2.1 仿真环境

对以真实场景为基础建立的移动模型进行路由协议的仿真,是当前对VANETs路由协议研究的一个重要领域。通过将真实地图引入仿真平台NS-3^[14]并(全称 SUMO)^[15]根据实际场景建立移动模型,如图7所示,参与仿真的节点可以在较为真实的模拟真实城市场景下进行信息交换的模拟过程,从而增加每次路由协议仿真结果的可信度。本文通过在NS-3平台上验证分析NTCAODV路由算法的性能。同时仿真运行AODV, DSDV和不同参

数的NTCAODV路由协议并进行分析。本次仿真实验中,参与仿真的车辆个数分别为50, 100, 150, 200, 车辆速度分别为5, 10, 15, 20 m/s。仿真时间取300 s。每次场景下仿真运行10次后取平均值作为结果。

如图8所示,红色节点代表参与仿真的节点,蓝色线条表示信息的传递方向。节点3向外发送RREQ等数据包进行路由的发现和建立过程从而完成信息的传递。

2.2 结果分析

本文主要从数据传递成功率和平均端到端时延两个方面对算法进行比较分析。数据传递成功率是指在全部仿真通信时间内,节点接收到的完整数据包数量与发送的数据包数量总和之比。平均端到端时延是指,在整个仿真过程中,数据包消息的发送间隔与节点接收数据包数量的总和之比。分别修改节点密度和节点运行速度对仿真结果进行分析。

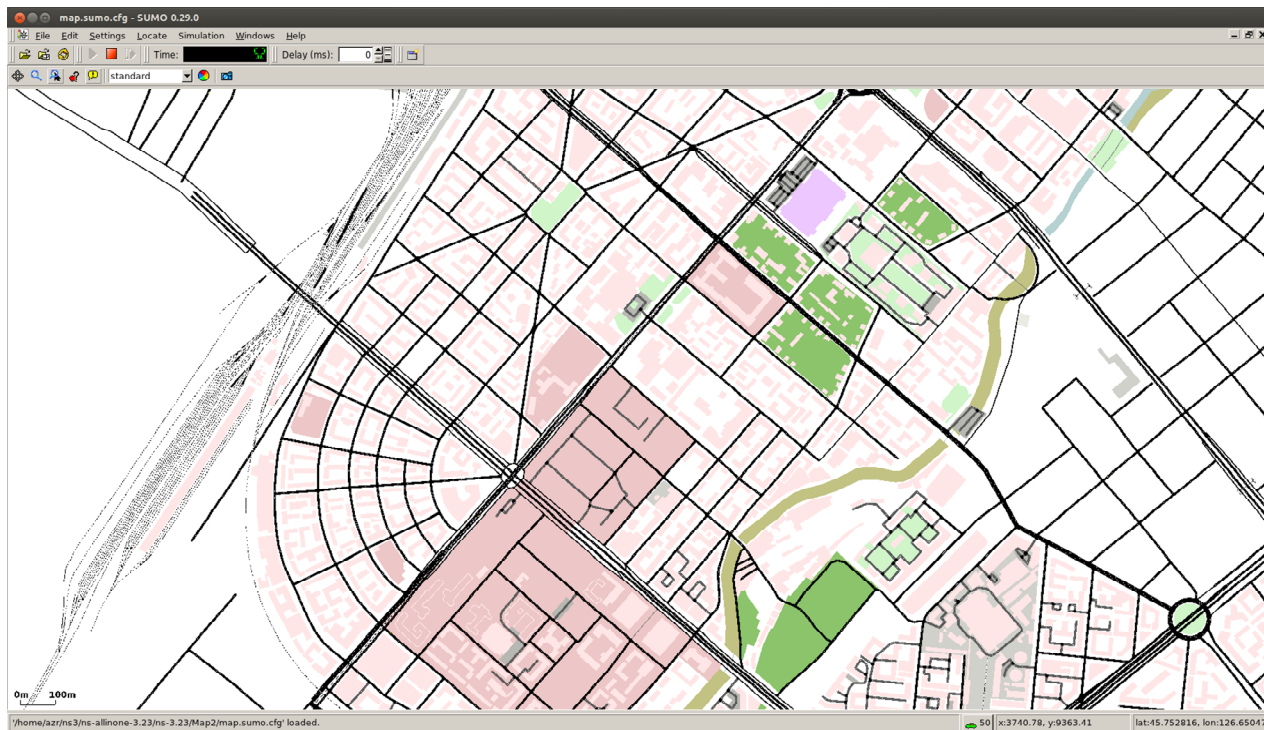


图7 SUMO运行场景

Fig. 7 SUMO Operating scenario

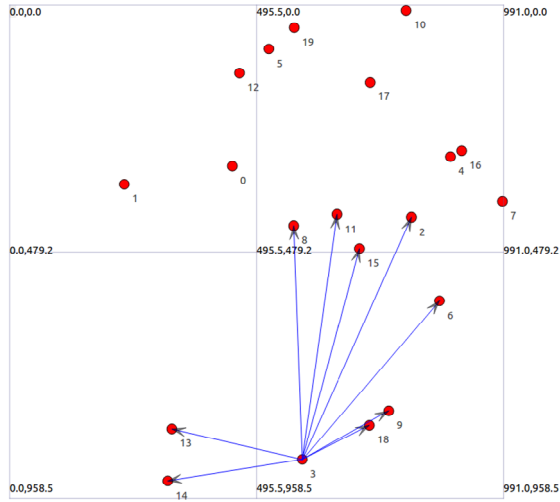


图 8 仿真模型节点运行状况展示

Fig. 8 Simulation model node operation status display

2.2.1 节点密度对路由协议的影响

图 9 可以看出, 当节点运行速度为 20 m/s 时, 随着一定范围内车辆节点密度的不断变大导致数据传递成功率逐渐下降。出现这种情况的原因在于节点个数的增加导致参与链路组成的节点个数不断增多, 断裂的概率随之增大, 从而导致传递成功率下降。由于采用更加稳定的链路连接策略, 改进后的 NTCAODV 路由协议建立的链路会更加稳定。当同向速度权重不断变大时, 即从 0.5~0.9, 数据传递成功率出现下降情况。出现这种情况的原因在于, 同向速度比重增大意味着位置权重减小, 两个同向而行的节点即使距离较远。

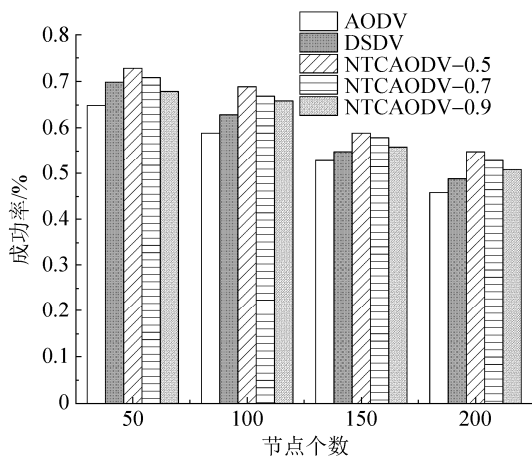


图 9 车辆密度与数据传递成功率 PDR 的关系

Fig. 9 Relationship between vehicle density and data transmission success rate PDR

图 9 可以看出, 计算得到的链路也会更加稳定, 从而导致链路存在不稳定隐患, 降低数据传递的成功率。但是整体表现依旧比改进前的 AODV 路由协议和 DSDV 路由协议更好。

图 10 表示当前仿真区域内运行速度为 20m/s 时, 平均端到端时延随着仿真节点密度的增大而逐渐变长。出现这种情况的原因在于, 节点密度的不断增多导致参与链路建立的节点个数变多, 因此发送的时延也随之延长。改进后的 NTCAODV 路由协议在节点密度较小时平均端到端时延较长, 而车辆密度增大的情况下时延大小出现下降。当节点密度较小时, 扩展环路的存在导致路由发现过程延长。而随着节点密度的增大, 可以选择的节点数增多, 平均端到端时延也会随之降低。

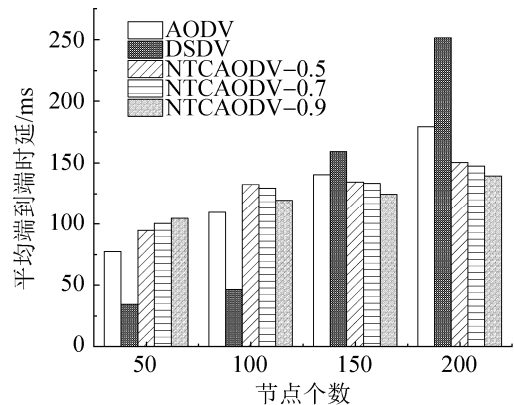


图 10 车辆密度与平均端到端时延的关系

Fig. 10 Relationship between vehicle density and average end-to-end delay

随着同向情况下速度比重的增大, 即取值从 0.5~0.9, 链路会优先选取同向运行的节点进行链路建立。因此, 节点密度较小时同向节点个数较少导致平均端到端时延大小的增长。而节点密度的增加导致同向运行的车辆数量增大, 链路断裂的概率降低, 从而导致平均端到端时延的降低。

2.2.2 节点速度对路由协议性能的影响

由图 11 可以得到, 当节点个数为 200 时, 数据传递成功率随着速度的增加表现出下降的趋势。出现这种状况的原因在于, 速度的增大导致链路稳定性降低, 更容易发生断裂从而降低数据传递的成

功率。而 NTCAODV 路由协议具有更加稳定的链路连接, 仿真过程中具有更加优异的表现。

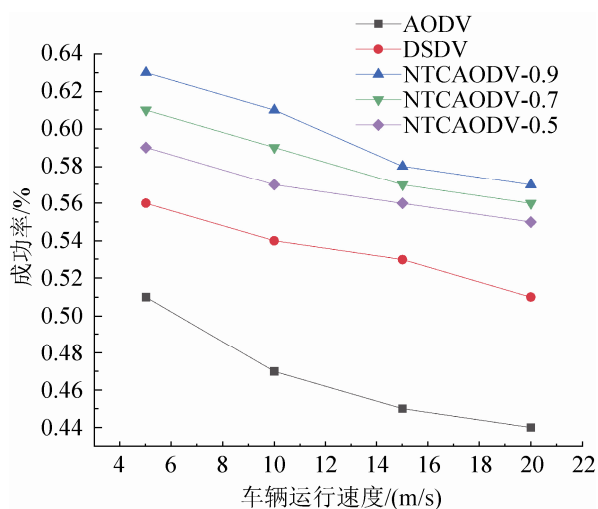


图 11 节点运行速度与数据传递成功率的关系

Fig. 11 Relationship between node running speed and data transmission success rate

改进后的 NTCAODV 路由协议随着而速度大小所占的权重值增大, 即从 0.5~0.9, 数据传递成功率有所下降。出现这种情况的原因在于同向运动的节点即便相隔较远, 计算结果仍被认为稳定, 从而导致链路的稳定性存在隐患。

由图 12 所示, 平均端到端时延随速度的不断增大而增长。节点位置的频繁变化导致新的链路不断建立, 从而延长了平均端到端时延。改进后的 NTCAODV 路由协议具有较低的时延。随着同向运

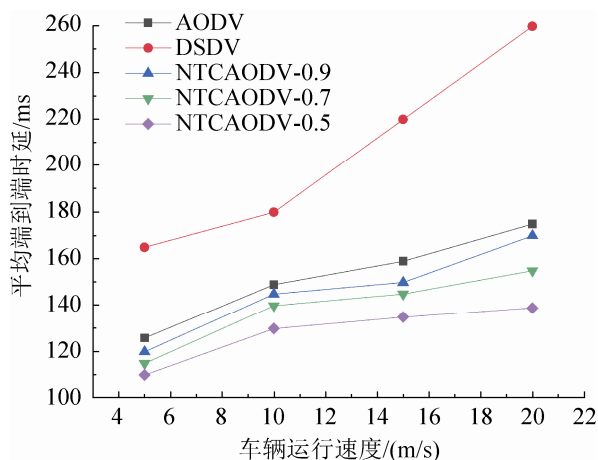


图 12 车辆速度与平均端到端时延的关系

Fig. 12 Relationship between vehicle speed and average end-to-end delay

行节点速度大小所占的权重值增大, 即从 0.5~0.9, 以此为基础建立的路由链路连接中的节点同向所占的比率会有所增大, 建立好的路由不容易发生断裂从而降低时延的增大。

3 结论

提出一种基于网络拓扑结构变化的 AODV 路由协议, 借助 NS-3 仿真平台对真实的大学地图进行模型制作并仿真。将仿真后得到的数据传递成功率和平均端到端时延作为指标对仿真结果进行分析。仿真结果说明对比其他各类型路由协议, 改进后的 NTCAODV 路由协议对于节点密度不同的城市环境具有较好的适应性, 数据传递成功率不会因为车辆密度的增大出现断崖式的下降。以后的工作可以针对车辆密度较低时城市场景的平均端到端时延这一问题进行改进。

参考文献:

- [1] Tarapiah S, Aziz K, Atalla S. Analysis the Performance of Vehicles Ad Hoc Network[J]. International Journal of Applied Engineering Research (S2347-5013), 2020, 15(4): 364-371.
- [2] Ubarhande S D, Doye D D, Nalwade P S. A Secure Path Selection Scheme for Mobile Ad Hoc Network[J]. Wireless Personal Communications (S0929-6212), 2017, 97: 2087-2096.
- [3] Maratha B P, Sheltami T R, Salah K. Performance Study of MANET Routing Protocols in VANET[J]. Arabian Journal for Science and Engineering (S2193-567X), 2016, 42: 3115-3126.
- [4] Meijerink B, Baratchi M, Heijenk G. Design & Analysis of a Distributed Routing Algorithm Towards Internet-wide Geocast[J]. Computer Communications (S0140-3664), 2019, 146: 201-218.
- [5] Zhang L C, Zhu X N, Wang Z G, et al. Research of Improvement of GPSR Protocol in Vehicular Ad Hoc Networks[J]. Applied Mechanics and Materials (S1660-9336), 2015, 3785(1477): 1115-1118.
- [6] Saraswat B K, Bhardwaj M, Pathak A. Optimum Experimental Results of AODV, DSDV & DSR Routing Protocol in Grid Environment[J]. Procedia Computer Science (S1877-0509), 2015, 57: 1359-1366.
- [7] Kumar P, Verma S. Implementation of Modified OLSR

- Protocol in AANETs for UDP and TCP Environment [J/OL]. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences (S1319-1587). (2019-08-02) [2020-04-10]. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.07.009>.
- [8] Karuppanan K, Mahalaksmi S. Enhanced Optimized Link State Routing Protocol for VANET Using Fuzzy Rough Set[C]// International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics. New York: IEEE, 2013: 1942-1947.
- [9] 张洪. 高速移动自组织网 OLSR 路由协议研究与改进[D]. 成都: 西南交通大学, 2007.
- Zhang Hong. Research and Improvement of OLSR Routing Protocol in High Speed Mobile Ad Hoc Network[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2007.
- [10] Salari-Moghaddam S, Taheri H, Karimi A. Trust Based Routing Algorithm to Improve Quality of Service in DSR Protocol[J]. Wireless Personal Communications (S0929-6212), 2019, 109(1): 1-16.
- [11] Kaur N, Singhai R. Analysis of Traffic Impact on Proposed Congestion Control Scheme in AODV[J]. Wireless Personal Communications (S0929-6212), 2019, 109(2): 1395-1418.
- [12] Shen X, Wu Y, Xu Z, et al. AODV-PNT: An Improved Version of AODV Routing Protocol with Predicting Node Trend in VANET[C]//IEEE, International Conference on Advanced Infocomm Technology. Pisataway: IEEE, 2015: 91-97.
- [13] 李世宝, 洪利. 基于扩展环的 Ad Hoc 网络路由发现算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(18): 112-114.
- Li Shibao, Hong Li. Ad Hoc Network Route Discovery Algorithm Based on Extended Ring[J]. Computer Engineering, 2010, 36(18): 112-114.
- [14] Font J L, Iñigo P, Domínguez M, et al. Analysis of Source Code Metrics from Ns-2 and Ns-3 Network Simulators[J]. Simulation Modelling Practice and Theory (S1569-190X), 2011, 19(5): 1330-1346.
- [15] Behrisch M, Krajzewicz D, Nippold R, et al. Simulation of Urban Mobility[C]// NECTIS Workshop. DLR, 2009.