



基于城市车载自组织网络中传输质量的自适应地理路由协议

廖晓娟¹, 刘 雷²

(1. 重庆科创职业学院 人工智能学院, 重庆 402160;
2. 西安电子科技大学 信息与通信工程学院, 陕西 西安 710071)

摘 要: 车载自组织网络(VANET)一直以来受到越来越多的关注。然而, VANET 的固有特性, 如节点的高移动性、频繁变化的拓扑, 在复杂的城市环境中为设计高效的路由协议提出了许多挑战。提出基于城市车辆网络(AGQOT)传输质量的自适应地理路由协议, 作为道路路段的选择指导, 一种称为传输质量(QOT)的度量被设计用来测量每个路段的性能, 将路由连通性与分组传送率(PDR)相结合。在这种度量的帮助下, 道路路段可以逐个动态地选择, 以构成最佳路由路径, 避免局部最大和数据拥塞问题。提出一种改进的贪婪转发策略, 使数据包沿着选定的路段转发, 保证数据包传输的快速可靠。仿真结果表明, 提出的协议可以提高网络在分组传输率和端到端延迟方面的性能。

关键词: 车载自组织网络; 地理路由协议; 传输质量; 链路质量; 连通性; 局部优化; 数据拥塞

中图分类号: F276.5

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2021) 03-0104-07

DOI: 10.19899/j.cnki.42-1669/Z.2021.03.019

车载自组织网络(VANET)正在受到越来越多的关注。与其他移动自组织网络(MANET)不同的是, VANET 有其自身的独特特征, 包括动态拓扑变化、节点移动性高、道路布局约束以及阻碍无线信号路障的障碍等, 这些给设计高效的路由协议带来了许多挑战^[1]。已经有大量针对 VANET 设计的路由协议, 一般来说, 它们可以分为两类: 基于拓扑的路由和基于位置(地理)的路由。相比之下, 随着数字地图、导航系统和其他位置服务的可用性日益增加, VANET 中基于位置的路由被优先选择, 其中数据包进行转发, 不需要建立和维护任何路由, 而是取决于节点的

位置^[2]。很明显, 实际的城市道路环境包含两个主要部分: 交叉口和路段。因此, 在一个交叉点如何选择下一个路段, 以及如何选择下一跳沿所选路段中继续分组, 是非常重要的。为了解决这些问题, 基于指定的应用需求设计的路由度量标准在提供可量化值以判断路由效率方面起关键作用。OVDF^[3] 将数据包转发到最低传输时延的路段。TLRC^[4] 将数据包沿着具有最大连通度的路段传输。BAHG^[5] 旨在找到具有最小跳数的路由路径。然而, 这些协议存在两个主要问题: 局部最大和数据拥塞。除了当前节点, 没有节点可用于将数据包转发到目的地时, 局部最大问题

投稿日期: 2020-09-02

基金项目: 国家自然科学基金“基于车流波动理论保证安全类应用的车辆自组织网络多场景数据分发方法”(项目编号: F010402)。

作者简介: 廖晓娟(1987-), 女, 河南信阳人, 重庆科创职业学院人工智能学院讲师, 研究方向: 物联网、嵌入式技术; 刘雷(1987-), 男, 河南南阳人, 西安电子科技大学信息与通信工程学院副教授, 研究方向: 车联网、物联网、边缘计算。

将会出现。如果相同的路由路径被使用来传输不同的源一目的地对的数据分组,数据拥塞将可能发生。

为了克服这些问题,本文提出了一种基于传输质量(QOT)的适应性地理路由,这种路由能更好地利用了实时和历史的交通信息。作为下一个交叉点的选择指导,一种名为QOT的新颖度量被提出,这个度量通过将连接性与路段上的分组传送率(PDR)相结合,来全面反映每个路段的性能。在这个量度的帮助下,并考虑到当前交叉路口和候选交叉点之间的QOT以及从候选交叉点到目的地的QOT,下一个交叉路口被动态地依次选择。这可以避免相同的路由路径由来自不同源一目的地的频繁数据分组过度拥挤的风险,当分组沿着所选路段转发时,此度量采用一种改进的贪婪转发策略来选择下一跳,其新颖性是考虑节点的移动性特性和每跳进程以保证数据快速高效传输。

本文的剩余部分组织如下:以前的研究在第一部分进行了回顾;本文提出的协议在第二部分中给出;在第三节中,主要呈现性能评估以数值结果;在第四部分中给出结论。

一、相关工作

已经有许多关于设计高效路由协议的研究了。例如GPSR-MV^[6]提出了一种众所周知的地理路由方案,它将贪婪转发与周边路由相结合,来传输数据包。然而,该研究显示GPSR-MV^[5]不适合具有高移动性和不同路段的城市VANET。使用交通信息后,TFOR^[7]通过考虑从每个候选交叉点到目的地的剩余距离和车辆交通的变化,动态地选择下一个交点。然而,仅依赖于密度信息来选择最佳路由路径是不够的。随着城市地图、导航系统和其他位置服务的可用性,OVDF通过对交通的统计信息,任播传输机制以及节点未来的移动预测的开发研究,致力于发现具有最小时延的路由。基于提出的网络模型和设计的时延函数,可以形成一个马尔科夫过程。最后提出了一个最优的路由策略解决这个马尔科夫过程。

IGRP^[8]采用遗传算法,来选择最大化连通性的最佳路由路径,同时满足给定的QoS要求,如误码率,端到端延迟和跳数。路由路径由一系列交点组成,从而降低了其对节点移动的敏感度。然而,考虑到在发送数据包之前需要知道完整的路由,这种路由协议在快速变化的网络环境中不能正常工作。BAHG可以找到具有最少数目的中间交点的一条路线。可以通过提出的跳跃贪婪路由方案来发现最优路由,同时考虑到由交叉点周围的主干节点提供的连接状态。此外,为了解决源和目的地移动的问题,一种更新程序也被提出。通过探索无线信道的广播性质和分组接收的多样性,机会路由提供了一种替代方法,可以提高多跳通信的可靠性。LLA^[9]可以通过被称为长寿命任意路由(LLA)的方案来提供稳定的通信路径,以处理VANET的任何路径通信的稳定性问

题。然而,由于转发器的选择是基于退避定时器,所以LLA在高密度环境中不能很好地执行。

IRQV^[10]用蚁群优化算法寻找最优路径。每个路径可以根据两个指标,即连通概率和时延模型来评估性能。在路段里面,一个贪婪的携带转发机制用来传输数据。在路口,下一个用来传输数据的路段根据更新的全局信息素选定。

二、提出的新协议

(一)假设

每个车辆配备有短距离无线通信的收发器,如DSRC设备,并能够使用GPS了解其位置、速度。通过已经商业化的数字地图,交叉点的位置可以确定,平均速度、车辆平均密度也能够得到。通过使用位置服务,目的地的当前地理位置由源节点获取。通过周期性的分组交换,每个车辆获取邻居表中维护的邻居的位置和速度。

(二)系统模型

1. 网络模型

正在考虑的典型城市地区场景由有交叉路口的路段构成。双车道路段在宽度、长度和车辆交通密度方面,都有所不同。我们将场景抽象为有向图 $G(V, E)$,其中 V 是路口的集合, E 是道路段的集合。该图中的每个链接表示具有两个相邻交叉点的一个路段。

2. 节点移动性模型

参考文献^[7]中的结果,我们提取节点的速度遵循高斯分布,可以表示为:

$$V_i \sim N(\mu_i, \sigma_i) \quad (1)$$

其中 μ_i 、 σ_i 分别表示平均速度和节点 i 的相应的标准偏差。

基于节点的移动方向,发送节点和接收节点之间相对速度以 ΔV_{ij} 表示,也遵循着高斯分布:

$$\Delta V_{ij} \sim \begin{cases} N(\mu_i - \mu_j, \sigma_i + \sigma_j), & \text{同向} \\ N(\mu_i + \mu_j, \sigma_i + \sigma_j), & \text{其它} \end{cases} \quad (2)$$

定义节点 i 和节点 j 之间的链路连接时间作为平均首次通过时间 T_{ij} ,从时间 $t=0$ 开始,直到节点 j 移动出节点 i 的传输范围:

$$T_{ij} = \{\min t | D(0) = d_0 \text{ and } -R < D(\tau) < R \text{ for } 0 < \tau < t\}, \quad (3)$$

其中 $D(\tau)$ 表示在 τ 时刻的车间距离,其初始值为 d_0 , R 为传输范围。

根据公式(3), T_{ij} 的累积分布函数(CDF)可以用如下公式获得:

$$\begin{aligned} P(T_{ij} < t) &= P(-R < D(t) < R) \\ &= P(|d_0 + \Delta v_{ij} t| < R) \\ &= \int_{-R-d_0}^{R-d_0} \int_{-R-d_0}^{t} f_{\Delta v_{ij}}(\Delta v_{ij}) d\Delta v_{ij} \end{aligned} \quad (4)$$

其中 $f_{\Delta v_{ij}}(\Delta V_{ij})$ 是 ΔV_{ij} 的概率密度函数(PDF)。

因此,节点 i 和节点 j 之间的平均链路连接时间可以通过以下公式计算:

$$E(T_{ij}) = \int_0^{\infty} t \frac{\partial P(T_{ij} < t)}{\partial t} dt = \int_0^{\infty} \frac{1}{t} [f_{\Delta v_{ij}}(\frac{-R-d_0}{t}) - f_{\Delta v_{ij}}(\frac{R-d_0}{t})] dt \quad (5)$$

3. 信道竞争

车辆网络利用基于竞争的 MAC 来解决信道竞争。DCF 被应用于 MAC 调度。每个车辆以 λ_s 的速率产生消息。参考文献^[11]中的结果,表明车辆在随机选择的时隙中发送一个分组的概率 τ_s 为:

$$\tau_s = \frac{2(1-p)^2}{2+pW_s-3p}(T_s\lambda_s), \quad (6)$$

其中, T_s 表示一个时隙的长度, W_s 代表最小竞争窗口。

假设有 N 辆车与发送者竞争同一个频道。那么分组访问信道的碰撞概率可以表示为:

$$p_c = 1 - (1 - \tau_s)^N \quad (7)$$

(三) 提出的协议

1. 道路评估

由于车辆高速运动,网络容易遇到频繁的链路分区和重复性中断。因此,连接性是影响互通性能的重要指标,特别是对于轻负载情况。根据车辆连接的概率进行测量,连通性直接取决于车辆的密度,通过连通性可以预测供应服务的质量。如图 1 所示,存在从源 S 到目标 D 的两条可用路径。可以发现,尽管黑色路由路径的长度较短,由于车辆密度较小,实际上存在一些孤立的车辆。因此,必须采用携带转发方案将从 S 发送的数据包转发给 D,从而大大增加延迟。

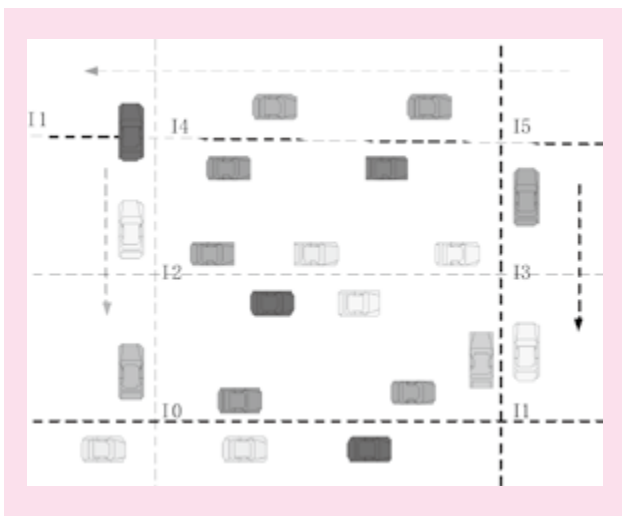


图 1 传输策略的例子

相反,考虑到蓝色小车已经完全连接,尽管路径

长度较长,但分组能够以线传输引起的较低延迟来快速传输。因此,当通过多个交叉点将从源发送的分组转发到目的地时,较高连通性的路由将会被优先选择。然而,在不考虑频道衰落和其他车辆干扰的影响的情况下,连通性不能全面反映网络性能。例如,较高的车辆密度可以提高连通性,但 PDR 可能会因重型数据流而加剧。当具有最高连通性的相同路由路径被多对源一目的地对使用时,数据拥塞将可能发生。因此,为了评估网络性能,提出了一种在路段上一起考虑连通性和 PDR 的新颖度量 QOT,例如:

$$P_{qot} = P_{connectivity} P_{pdr} \quad (8)$$

其中, P_{qot} 表示路段的 QOT, $P_{connectivity}$ 表示路段的连通性, P_{pdr} 表示当车辆连接的链路连接时的路段的相应 PDR。通过该模型,测量每个路段可以用可量化的数值来表示。

(a) 连接的建模

对于每个双车道路段,车辆朝向相反方向移动,如图 2 所示。假设它们以密度 λ_1 在车道 1 上均匀分布,以密度 λ_2 在车道 2 上均匀分布^[12]。那么,位于车道 $i, i \in \{1, 2\}$, 长度间隔为 l 的车辆数量是泊松分布的:

$$f(k_i, l) = \frac{(\lambda_i l)^{k_i}}{k_i!} e^{-\lambda_i l} \quad (9)$$

可以推导出车道内连续车道间距离小于等于长度中的至少一辆车辆的车辆距离的概率为:

根据等式,可以推导出车道 i 内连续车道间距离小于等于 X 长度中的至少一辆车辆的车辆距离位于 X 长度内的概率为:

$$F_i(x) = 1 - e^{-\lambda_i x} \quad (10)$$

如果车辆之间的距离超过无线传输距离,则同一车道中两台连续车辆之间的连接被定义为断开。考虑到车辆的高移动性,一个车道的连通性可能小于 1,这意味着车道中存在一些断开的连接。对于双车道路段的一条断路,一辆车可以利用相反方向的车辆来改善连通性。如图 2 所示,通道 1 中两条连续车辆 A 和 B 之间的连接断开。然而,如果在另一个车道的覆盖范围内有足够的车辆,则仍然可以通过多跳中继传输来相互连接。如果这里给出的条件保持不变,则可以修复它们之间的断开连接:1) 覆盖缺口中有 N_{ab} 辆车;2) 覆盖间隙内任何连续车辆间的车辆间距离不大于传输范围;3) 覆盖范围 S 内的多跳链路的长度大于 $lab - R$ 。

假设 N_{ab} 辆有序车辆, $v_1, v_2, \dots, v_{N_{ab}}$ 依次位于另一车道 2 的覆盖范围内。 d_i 表示为车辆 v_i 与车辆 v_{i+1} 之间的车间距离,其中 $i \in \{1, 2, \dots, N_{ab} - 1\}$ 。

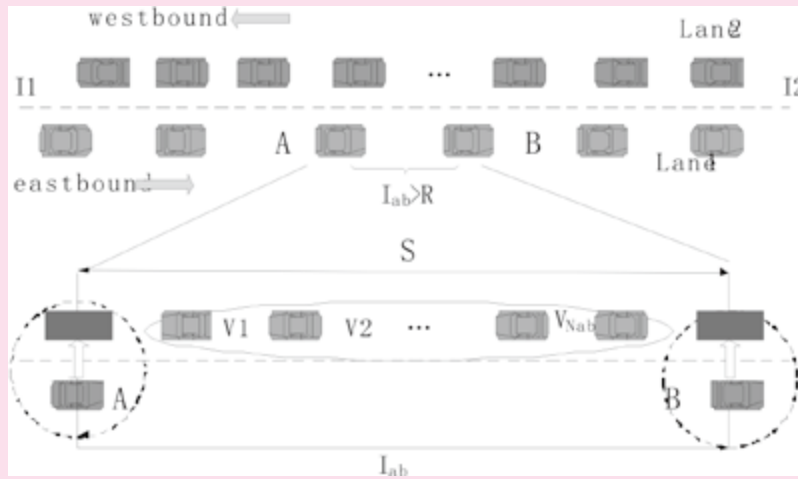


图2 在其他通道中的节点的帮助下进行数据包转发

根据等式,直接表明事件 η_1 的概率是:

$$\Pr(\eta_1) = \frac{(\lambda_1 l_{ab})^{N_{ab}} e^{-\lambda_1 l_{ab}}}{N_{ab}!} \quad (11)$$

根据等式,车辆间距离小于传输范围的概率可写为:

$$F_2(R) = 1 - e^{-\lambda_2 R} \quad (12)$$

在这种情况下,相应的车间距离的概率密度函数(PDF)为:

$$f_2(x) = \frac{\lambda_2 e^{-\lambda_2 x}}{1 - e^{-\lambda_2 R}} \quad (13)$$

此外,所有车间距离之和 $S = \sum_{k=1}^m d_k$ 的PDF计算如下:

$$f_2(S) = \frac{\lambda_2^m S^{m-1}}{(1 - e^{-\lambda_2 R})^m (m-1)!} e^{-\lambda_2 S} \quad (14)$$

从得知,事件 η_2 的发生概率为:

$$\Pr(\eta_2) = (1 - e^{-\lambda_2 R})^{N_{ab}+1} \quad (15)$$

根据事件 η_1 和 η_2 情况,并考虑等式,事件 η_3 的概率为:

$$\Pr(\eta_3) = 1 - \int_0^{l_{ab}-R} f_2(S) dS \quad (16)$$

因此,在另一个通道的多跳中继传输的帮助下,A可以与B连接的事件 η 的概率可以表示为:

$$\Pr(\eta) = \Pr(\eta_1) \Pr(\eta_2) \Pr(\eta_3) \quad (17)$$

从参考文献^[13]得知,车道1中的平均断开链路数可表示如下:

$$N_l = \frac{L}{(e^{\lambda_1 R} - 1) \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{R e^{-\lambda_1 R}}{1 - e^{-\lambda_1 R}} \right) + R + \frac{1}{\lambda_1}} \quad (18)$$

结合方程和,道路的总连通性,即通过在另一车

道中的车辆的帮助下,通过多跳传输将车道1中的所有车辆完全连接的概率为:

$$p_L = [\Pr(\eta)]^{N_l} \quad (19)$$

(b) 多跳包传送比的建模

(1) 单跳传输率:根据等式,单跳传输率等于在指定重试限制 r 之前成功发送数据包的概率,可以由下式给出:

$$PDR_{one-hop} = 1 - p_b^r \quad (20)$$

(2) 跳数:跳数定义为从通过多跳传输方式从一个交叉路口释放到另一个交叉路口的时刻,分组经历的中继节点的数量。

定义 d_i , $i \in \{1, 2\}$ 为车道 i 中一个发送者的每一跳进程。然后,其累积分布函数(CDF)可以表示为:

$$P(d_i) = \frac{e^{-\lambda_i(R-d)}(1 - e^{-\lambda_i d})}{1 - e^{-\lambda_i R}} \quad (21)$$

然后,双车道每跳进程的CDF为:

$$P(d) = P_1(d)P_2(d) = \frac{e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)(R-d)}(1 - e^{-\lambda_1 d})(1 - e^{-\lambda_2 d})}{(1 - e^{-\lambda_1 R})(1 - e^{-\lambda_2 R})} \quad (22)$$

因此,双车道的预期每跳进程为:

$$\bar{d} = \int_0^R x dF(x) \quad (23)$$

在知道双车道的每跳进程后,预期的跳数可以近似为:

$$h = \frac{L}{\bar{d}} \quad (24)$$

(3) 多跳包传送率:组合方程和,路段总体估计包传送率可以计算如下:

$$PDR_{multi-hop} = (1 - p_c^r)^h \quad (25)$$

(c)QOT的计算

基于方程,我们可以获得路段的 QOT:

$$p_{qot} = p_L(1 - p_c^r)^h \quad (26)$$

为方便起,我们将每个路段的重量定义为相应 QOT 的负对数,这样就可以添加几个路段上的重量,即:

$$C_L = -\log p_{qot} \quad (27)$$

2. 下一个路段选择

考虑到复杂的城市环境和频繁的拓扑变化以及可观的网络规模,对于网络拓扑的瞬时信息有全面认识是非常困难的。因此,其中由源节点静态地计算经过由一系列路段组成的路由路径向目的节点发送分组的方案,例如 IGRP 不能捕获到车辆流量的变化。为了避免这个问题,我们采用自适应路口选择算法,通过这个算法,在基于某些特定的应用需求下,路口会依次被选择。

当分组到达一个路口时,这时就存在被定义为相邻路口的候选路口。然后,我们可以将更靠近目的地的相邻路段添加到指定的候选序列中。更高的优先级被赋予了序列中具有较大 QOT 的路段。只有在所有相应的较高优先级路段都不能接收到的情况下,才会选择某个较低优先级的路段来转发该分组。图 3 为在一个交叉点的路由决策的示例。一个分组正在从路口 I_0 发往路口 I_8 。当分组到达路口 I_1 时,相邻的路口为 I_0 , I_2 和 I_4 。考虑到路段 I_0 和 I_1 之间的路段是分组穿过的路径,所以避免路由环路应该被排除。那么,有两个路口选择,即 I_2 和 I_4 。假设路口 I_1 和 I_2 之间的路段 r_{12} 的 QOT 比路口 I_1 和 I_4 之间的路段 r_{14} 大,那么路段 r_{12} 有着更高的优先级来传送分组数据。然而,如果没有车辆在路段 r_{12} 中接收到分组,则次优路段 r_{14} 将被选择来转发分组。

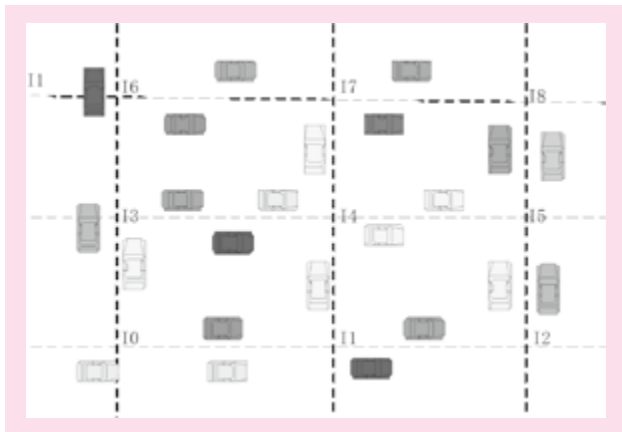


图 3 一个交叉点的路由决策的示例

3. 下一跳选择

在确定下一个路段时,就需要下一跳的选择策略来沿所选路段中继分组。

由于节点的高移动性,对于一个发送者来说,其邻居可能在一个信标间隔期间移出其传输范围,这会导致错误的路由决定。为了解决这个问题,可以利用从上一个信标提取的信息,如位置和速度来预测每个邻居的存在。另外,为了进一步保证发送方和接收方之间的链路可用性,提高数据传输的效率,公式给出的链路连接时间也应该考虑在内。因此,改进的贪婪路由方案会挑选最靠近被预测在发送方的传输范围内并且具有与发送者一个特定阈值和更大的连接时间的交叉路口集合中的节点。由于节点的移动性和分布,一个数据包很可能会遇到网络分区,从而陷入局部最优问题。然后,作为一种路由恢复策略,携带转发方案被采用来转发分组。

三、仿真部分

在本节中, AGQOT 的性能将在我们开发的测试台中进行评估,其结合了拓扑生成工具 VanetMobiSim 与网络模拟器 NS-2。我们的协议将与方案 GPSR-MV 和 TFOR 进行比较。

(一) 仿真环境和参数设置

仿真区域设置为 $7500m \times 7500m$, 双向通道, 由 165 个交点组成。车辆的速度为 $30km/h$ 到 $60km/h$ 之间。车辆数量从 150 个到 600 个不等。有不同来源和目的地的 10 个随机选择的流程开始在不同时刻进行通信,直到仿真结束。为了实现障碍物模型, $5dB$ 的衰减被规定来解决障碍导致的阴影衰落。每次模拟重复 50 次,置信区间为 95%。剩余的模拟参数列于表 1。

表 1 模拟参数

参数	值
MAC 协议	DCF
通信半径 R	250 m
数据速率	2Mbps
Beacon 包间隔	1 s
包产生速率	1-50 packets/second
数据包大小	比特

(二) 仿真结果和性能分析

图 4 显示了节点数量对端到端延迟的影响。从图中可以看出,当增加所有协议的节点数量时,延迟会降低。这是因为在低密度网络的情况下,分组需要由节点携带,而在高密度网络的情况下,可以使用无线通信来发送分组。相比之下,一辆车的移动速度比无线通信慢得多。对于我们提出的协议,它选择具有足够数量的节点的路线来提高连通性,但是

同时不选择具有非常高数量节点的路由以避免网络竞争,从而降低延迟。对于 TFOR,它根据本地信息选择路由,这可能导致局部最大问题。对于 GPSR-MV,由于过度使用进位和转发方案,它可能会产生较高的端到端延迟。

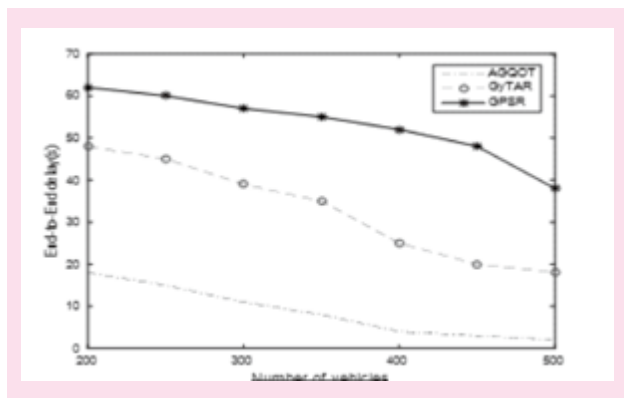


图4 节点数量对端到端延迟的影响

图5显示了分组速率对端到端延迟的影响。可以注意到,对于所有协议,端到端延迟随着分组速率的增加而增加。对于 GPSR-MV 和 TFOR,它们提供更高的端到端延迟,原因是它们不允许负载平衡。在密度网络的情况下,它们容易导致数据拥塞。本文提出的协议全面考虑了网络连通性和分组传输率,缓解了网络分区,避免了信道竞争。因此,与其他协议相比,它实现了更好的结果。

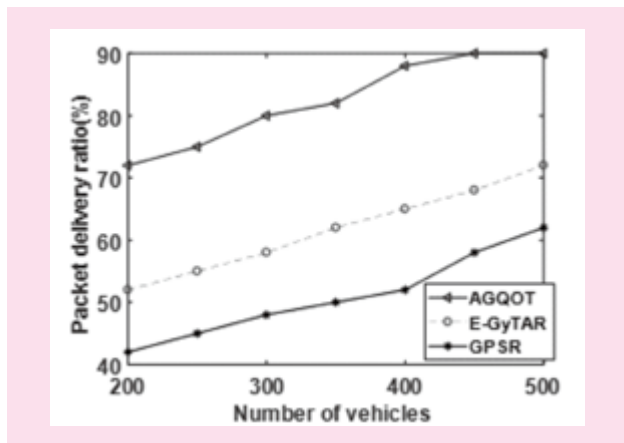


图5 分组速率对端到端延迟的影响

图6显示了节点数量对分组传送率的影响。可以注意到,对于三种协议,当增加节点数量时,分组传送比率增加,因此可以发现我们提出的协议优于所有其他协议。对于 TFOR,它选择较高车辆通行的路线。因此,可能会发生多次冲突,导致传输失败。对于 GPSR-MV,由于携带转发方案导致的传输延迟较长,在到达目的地之前,数据包很容易丢弃。

图7显示了分组速率对分组传送率的影响。可以注意到,在增加分组速率时,分组传送率降低。对

于 GPSR-MV,由于过度使用携带转发方案,它提供了最差的分组传送率,许多数据包容易丢弃。对于 TFOR,它不考虑负载平衡能力,可能会导致多次重传。相比之下,我们提出的模型反映了网络连通性和捕获信道条件,达到了最佳效果。

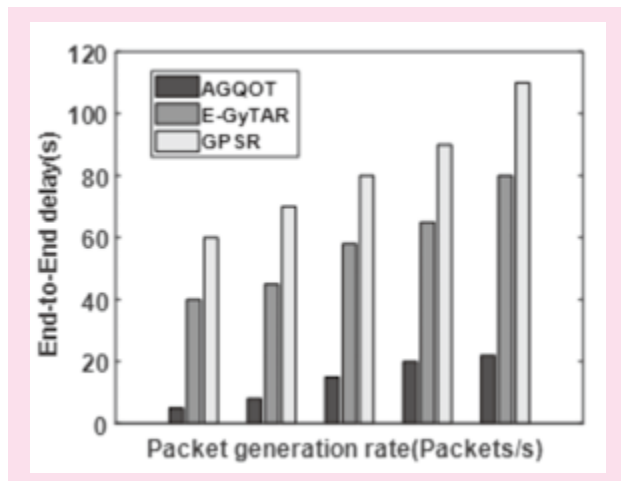


图6 节点数量对分组传送率的影响

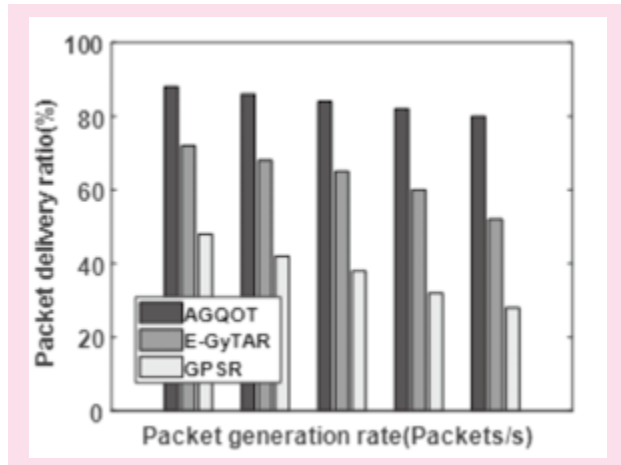


图7 分组速率对分组传送率的影响

四、结论

本文提出了一种城市车辆网络的新型路由协议。首先,一个命名为 QOT 并且考虑到连接性和数据包传输比率的新度量被设计用来衡量每个路段的性能。在此度量的帮助下,道路段可以逐个动态地选择,以构成最佳路由路径。当分组沿所选路段转发时,本文提出了改进的贪婪转发策略来选择下一跳,保证快速高效的数据传输。仿真结果表明,提出的协议可以提高网络在分组传输率和端到端延迟方面的性能。

参考文献:

- [1] Y. R. B. Al-Mayouf, N. F. Abdullah, O. A. Mahdi, S. Khan, M. Ismail, M. Guizani, and S. H. Ahmed, Real-

- time intersection-based segment aware routing algorithm for urban vehicular networks[J]. IEEE Trans, Nuclear Science, 2018, (2): 880.
- [2] T. S. Darwish, K. A. Bakar, and K. Haseeb, "Reliable intersection-based traffic aware routing protocol for urban areas vehicular ad hoc networks[J]. IEEE Intell, Transp, 2018, (1): 60-73.
 - [3] O. Choi, S. Kim, J. Jeong, H.-W. Lee, and S. Chong, Delay-optimal data forwarding in vehicular sensor networks[J]. IEEE Trans, Veh. Technol., 2016, (8): 6389-6402.
 - [4] Q. Ding, B. Sun, and X. Zhang, A traffic-light-aware routing protocol based on street connectivity for urban vehicular ad hoc networks[J]. IEEE Commun, Lett., 2016, (8): 1635-1638.
 - [5] P. K. Sahu, E. H.-K. Wu, J. Sahoo, and M. Gerla, BAHG: back-bone-assisted hop greedy routing for VANET's city environments[J]. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 2013, (14): 199-213.
 - [6] TuH, PengL, LiH. GSPR-MV: A routing protocol based on motion vector for VANET[C]. 12th IEEE International Conference on Signal Processing (ICSP), 2014: 2354-2359.
 - [7] I. A. Abbasi, B. Nazir, A. Abbasi, S. M. Bilal, and S. A. Madani, "A traffic flow-oriented routing protocol for VANETs[J]. EURASIP J. Wireless Commun, Netw., 2014, (1): 121.
 - [8] Chen C, Liu L, Qiu T, et al. ASGR: An Artificial Spider-Web-Based Geographic Routing in Heterogeneous Vehicular Networks[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2018, (28): 25.
 - [9] J. Rak, "LLA: A New Anypath Routing Scheme Providing Long Path Lifetime in VANETs," [J]. Communications Letters, IEEE, 2014, (18): 281-284.
 - [10] G. Li, L. Boukhatem, and J. Wu, Adaptive quality-of-service-based routing for vehicular ad hoc networks with ant colony optimization[J], IEEE Trans, 2017, (4): 3249-3264.
 - [11] K. A. Hafeez, L. Zhao, B. Ma, and J. W. Mark, Performance Analysis and Enhancement of the DSRC for VANET's Safety Applications[J], IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2013, (62): 3069-3083.
 - [12] C. Shao, S. Leng, Y. Zhang, A. Vinel, and M. Jonsson, Performance Analysis of Connectivity Probability and Connectivity-Aware MAC Protocol Design for Platoon-Based VANETs[J]. Vehicular Technology, IEEE Transactions on, 2015, (64): 5596-5609.
 - [13] A. B. Reis, S. Sargento, F. Neves, and O. K. Tonguz, Deploying roadside units in sparse vehicular networks: what really works and what does not[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2014, (63): 2794-2806.

[责任编辑: 胡大威]

An Adaptive Quality of Transmission Based Geographic Routing Protocol under Urban VANETs

LIAO Xiao-juan¹, LIU Lei²

(1. Chongqing Creation Vocational College, Chongqing 402160, China;

2. Xi'an University, Xi'an 710071, China)

Abstract: Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs) have been attracting more and more attention. However, due to high mobility of nodes, frequent changing topology, there are many challenges for designing an efficient routing protocol in complex urban vehicular environment. In this paper, we propose an adaptive quality of transmission based geographical routing for urban vehicular networks (AGQOT). As the selection guidance of road segments, we first devise a novel metric named as quality of transmission (QOT) to measure the performance of road segments with the combination of the connectivity and packet delivery ratio (PDR). By using the metric, each road segment can be dynamically selected one by one to comprise the best routing path, alleviating the local maximum and data congestion. An improved forwarding scheme is further proposed to forward the packet along the selected road segment, guaranteeing the fast and reliable data transmission. A series of extensive simulation results show that the protocol proposed can improve the network in terms of packet delivery ratio and end-to-end delay.

Key words: Vehicular Ad Hoc Networks; geographic routing protocol; quality of transmission; link quality; connectivity; local optimization; data congestion.