

文章编号: 2096-1618(2019)03-0238-05

车辆边缘网络中传输信息的 QoS 保障机制

邢 婷¹, 卢 康², 谭佐艳³

(1. 赛迪顾问股份有限公司, 北京 100048; 2. 空间物理重点实验室, 北京 100076; 3. 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876)

摘要:随着经济水平的快速发展, 车辆越来越多。车辆的增多给道路带来如交通拥塞和交通安全等问题。为这些信息提供服务质量保障将提高交通安全并提升用户的乘车体验。基于增强分布式信道访问机制提出了一个新的服务质量保障方案——scenes enhanced distributed channel access (SEDCA)。通过边缘服务器获得道路密度, 并在接入类别队列内部根据信息属性设计了分类器来更加严格的区分消息的优先级。然后, 在不同场景下, 从接入类别队列内部调度、增强分布式信道访问参数调整等方面对信息提升服务质量性能。仿真结果表明方案提升了网络性能。

关 键 词: 车辆边缘网络; 传输信息; 服务质量

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2019.03.005

0 引言

随着经济水平和汽车工业的快速发展, 汽车越来越多。车辆增加也带来了如交通拥塞和交通安全等问题。这不仅给人们带来了巨大的经济损失, 交通拥堵也降低了旅客行车过程中的舒适度。因此, 车辆交通安全以及行车过程的舒适程度越来越成为关注的内容。

车联网^[1]作为智能交通系统 (intelligent transportation system, ITS)^[2]的重要研究部分成为了行业关注的热点。随着车辆业务种类的增多和对服务质量的要求越来越高, 传统车联网中的车载云计算^[3]存在着传输时延大、网络容易拥塞等缺点, 这对于对时延要求很高的车联网来说是不能容忍的。边缘计算的出现为车联网带来了新的机遇和挑战。

车辆边缘网络就是一个整合了车联网和边缘网络的系统。在车辆边缘网络中, 除了车载单元、路侧单元, 还有 MEC 服务器^[4]。它主要利用边缘计算的优势来减少传输时延。在这个网络中, 会传输很多的信息, 比如安全性信息、周期性信息以及娱乐性信息。这些信息通过车间 (vehicle to vehicle, 2V) 和车路 (vehicle to infrastructure, V2I) 的方式进行通信^[5]。不同的信息由于其作用不同, 在不同的场景下会有不同的紧急程度。对它们实现区分服务并保障各类信息的服务质量 (quality of service, QoS) 有利于保障交通安全提高交通效率。

WAVE^[6]协议栈是车辆边缘网络中通信的标准之一。WAVE 的 MAC 层使用了 IEEE 802.11p 的增强分布式信道访问 (enhanced distributed channel access,

EDCA)^[7]机制。EDCA 机制在一定程度上已经为传输信息提供了 QoS 服务, 但是还存在如高车辆密度时信道拥塞、广播风暴, 低车辆密度时资源浪费等情况。所以基于 EDCA 机制, 结合车辆场景, 提出了一个新的保障信息 QoS 的方案 SEDCA (scenes enhanced distributed channel access)。

1 EDCA 机制工作原理简介

EDCA 机制定义了 8 种不同的用户优先级 (user priority, UP) 和 4 种不同的接入类别 (access category, AC) 来保障车载应用的服务质量, 消息会根据自己的用户优先级进入不同的 AC 队列, 优先级越高用户优先级数值就越大。4 个 AC 队列分别是 AC_VI、AV_VO、AC_BE、AC_BK, 分别对应了语音 (voice)、视频 (video)、尽最大努力交付 (best effort)、背景信息 (background) 4 种不同的业务。每个车辆节点的 MAC 层都有 4 个传输队列与这 4 个 AC 对应。每个 AC 队列都有 4 个可配置参数^[8]: 最大竞争窗口 (CW_{max})、最小竞争窗口 (CW_{min})、仲裁帧间隔 (AIFS)、发送机会 (TXOP), 各个队列的竞争均基于 CSMA/CA 协议。

仲裁帧间间隔的计算公式如 (1)^[9]。其中 AIFSN 表示仲裁帧间间隔时隙数, AC 表示某个 AC 队列, aSlotTime 是一个时隙, SIFS 则是指短帧间间隔。

$$AIFS[AC_k] = AIFSN[AC_k] \times aSlotTime + SIFS \quad (1)$$
窗口的调整规则如下:

$$\begin{cases} CW[AC]_{new} = \min(CW[AC]_{max}, (CW[AC] + 1) \times 2 - 1), & \text{发送失败} \\ CW[AC]_{new} = CW[AC]_{min}, & \text{发送成功} \end{cases} \quad (2)$$

收稿日期: 2019-01-17

基金项目: 国家重点研究发展计划资助项目 (2016YFE0204500); 国家自然科学基金资助项目 (61302078); 国家高技术研究发展计划 (“863”计划) 基金资助项目 (20HAA01A102)

2 车辆密度估计和细分 AC 队列

在为不同场景设计具体的区分服务方案之前,需要先判断当前车辆的密度,并且在一个特定的场景下,需要细分 AC 队列。因此,先详细讲述车辆密度的计算步骤和细分 AC 队列的方法。

2.1 车辆密度估计

主要根据单位区域内有多少辆车来计算。由于计算比较复杂,将计算车辆密度的工作卸载到 MEC 服务器来完成,主要步骤如下:

- (1)RSU 通过道路传感器收集车辆的位置信息 $\{G_1,G_2,\cdots,G_n\}$ 和 RSU 的服务范围 R 打包,然后通过有线连接传给 MEC 服务器;
 - (2)MEC 服务器统计该区域内车的总数 n ,通过以下公式计算密度:
- $$\rho=n/R \tag{3}$$
- (3)MEC 计算完成以后,通过 RSU 将结果发送给 RSU 服务区域内的车辆;
 - (4)若密度低于或者等于阈值 $\rho_{\text{threshold}}$ 表示低车辆密度场景,密度高于阈值表示高车辆密度场景;
 - (5)由于车辆密度是快速变化的,需要设置一个更新时间 T_{refresh} 来定期更新车辆密度。

2.2 细分 AC 队列

原 EDCA 机制中,信息虽然根据用户优先级进入了 AC 队列,但在 AC 队列内部存在不同类型的信息具有相同的用户优先级的情况。如表 1 显示的生命安全信息、公共安全信息的用户优先级都是 3,都会进入 AC[1] 队列。再比如用户优先级为 4 和 5 非同类消息也会进入 AC[2] 队列。

表 1 消息优先级等级划分^[10]

重要性	紧急程度		
	<10 ms	10 ~ 20 ms	>20 ms
Safety of life	7	5	3
Public safety	6	4	3
Non-priority	2	1	1

然而这些类型的信息却有不同紧急程度,因此根据信息属性把数据分为控制报文、周期性信息、安全性信息、娱乐性信息(在这把除了周期性信息和安全性信息的数据报文都为娱乐性信息),其示意图见图 1。这些信息之间的优先级关系如下:控制报文>安全性信息>周期性信息>娱乐性信息。

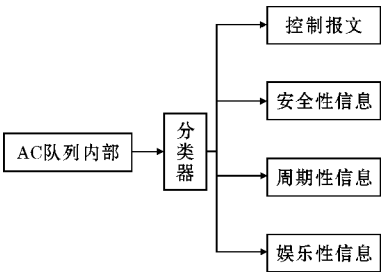


图 1 AC 队列内部细分图

3 保障传输信息 QoS 的机制

3.1 总体设计思路

首先,车辆根据 2.1 介绍的计算密度的方法来判断当前车辆所处环境。

其次,根据 2.2 的方法细分 AC,然后根据不同场景设计了不同的调度算法来对信息实现区分服务,保障它们的 QoS。

最后,当判断为高车辆密度时,此环境下以多跳广播方式发送的消息比较多,并且它们的传播跟时间、空间都有关系,因此设计了一个时空相关性函数来衡量多跳广播消息的紧急程度;当为低车辆密度时,由于车辆位置变化比较快,因此考虑了车辆的位移趋势。

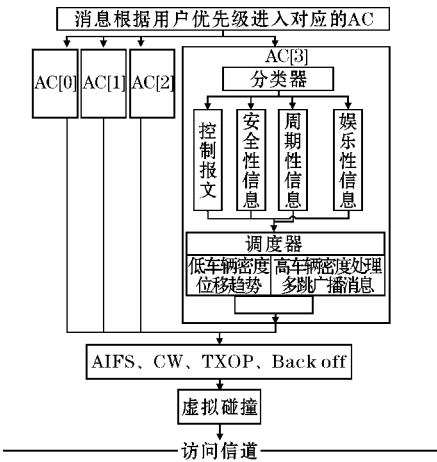


图 2 总体设计思路

3.2 低车辆密度

车辆密度低时,高优先级业务网络负载较低,低优先级业务占用信道机会较少,而且此时车间距离大、车速较快、网络拓扑结构高动态变化、链路寿命短。

为解决上述问题,主要采用以下 2 个办法来达到区分服务和提升 QoS 性能的目的:AC 队列内部采用队列长度阈值的调度方法、考虑车辆的位移趋势。

3.2.1 AC 队列内部调度过程

AC 队列内部细分完 AC 以后,内部的调度过程如下:

(1)由于车辆密度低,控制报文和安全性信息都

比较少,给它们赋予绝对的优先权,有就发送;(2)控制报文和安全性信息发完以后,然后按 FCFS 调度周期性信息,调度完再处理娱乐性信息;(3)调度娱乐性信息时,持续检测周期性信息队列的长度,当其超过周期性信息队列长度的阈值并且娱乐性信息未调度完时,抢占式调度周期性信息。处理周期性信息直到周期性信息队列长度减小为阈值的一半时,放弃抢占过程,转为调度娱乐性信息;(4)调度周期性信息和娱乐性信息过程中,若有控制报文和安全性信息,则转为调度控制报文和安全性信息。

在资源充足的时候,这样的调度方式既不会占用高优先级信息的资源,又能保证低优先级信息的性能得到比较大的提升。

3.2.2 车辆位移趋势

车辆之间存在 3 种位移趋势关系:相离、相向、相对静止。这 3 种不同的关系导致车辆之间的通信机会不一样,若车辆之间是相离,那么他们之间的通信机会是越来越少的。周期性信息和安全性信息都是广播发送的,是发送车辆与周围一群车的关系,不仅复杂而且没有反馈。因此,主要通过 V2V 单播方式来判断两车之间的位移趋势,从而区分不同位移趋势下信息的传输优先级并提升 QoS。EDCA 机制中仲裁帧间隔时间(AIFS)规定了每个业务不同的优先级,故从 AIFS 出发,提出一个新的概念 T_IFS (trend inter-frame spacing),设计公式如下:

$$T_{IFS[RS_k][AC_k]} = (T_{IFSN[RS_k]} + AIFSN[AC_k]) \times \alpha SloTime + SIFS \tag{4}$$

其中,RS_k 表示 3 种位移趋势,T_{IFS[RS_k]}表示 3 种位移趋势下取的值。

下面说明如何判断车辆的位移趋势。假设 t₀ 时刻,车 a、车 b 的坐标为(x_{a1},y_{a1}),(x_{b1},y_{b1}),那么两车开始之间的距离为(接受包的车要记录下此距离)

$$d_1 = \sqrt{(x_{a1} - x_{b1})^2 + (y_{a1} - y_{b1})^2} \tag{5}$$

经过 t 时刻以后,车 a、车 b 的坐标为(x_{a2},y_{a2}),(x_{b2},y_{b2}),此时两车之间的距离为

$$d_2 = \sqrt{(x_{a2} - x_{b2})^2 + (y_{a2} - y_{b2})^2} \tag{6}$$

计算 Δd=d₂-d₁,若 Δd<0,则两车相向;若 Δd>0,则两车相离;否则相对静止。

最后根据位移趋势设置 T_{IFS[RS_k]}的值,值的设置如表 2 所示。

表 2 各种位移趋势对应的值

位移趋势	T _{IFS[RS_k]}
相离	-2
相向	2
动态静止	0

3.3 高车辆密度

高车辆密度时,存在以下问题:车间距离较小,驾驶员反应时间短;信道竞争紧张,广播消息接受率低。

为解决上述问题,主要采用以下 2 个办法来达到区分服务和提升 QoS 性能的目的:预处理广播消息、AC 队列内部采用队列长度阈值的调度方法。

3.3.1 多跳广播消息的预处理

安全性信息属于多跳广播消息。原来的 EDCA 机制没有考虑多跳广播消息的时空相关性,而是采用了固定的时延来限制多跳广播消息的发送。但是多跳广播消息随着时间和空间距离的增加,对于接收车辆来说,紧急程度是越来越低的,比如一辆车不会在意离它 1 km 以外或者一个小时之前发生的紧急刹车消息。

因此设计一个时空密度相关性函数来动态的描述多跳广播消息的优先级和紧急程度,函数设计为

$$f = \mu \cdot f_1(\Delta t) + v \cdot f_2(d) + \gamma, (\mu < 0, v < 0, k > 0) \tag{7}$$
$$\Delta t = t_{re} - t_0, d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

其中,f₁ 是 Δt 的函数,Δt 表示从车 k 收到源车发出的紧急消息的经过了多长时间,t_{re}表示收到消息的时间,t₀表示消息发送的时间;f₂ 是 d 的函数,d 表示车 k 到源车之间的距离,(x₂,y₁)和(x₂,y₂)表示源车的位置和接受车辆的位置;r 表示初始优先级,u、v 是相关系数;f 表示新的优先级。

从函数可以看出,多跳广播消息随着时间和空间距离的增加,其优先级越来越小。把 AC 队列分为了多个小队列以后,对安全性消息的预处理就包括了:把小于 f 的消息丢弃来限制消息的发送;根据消息的优先级进行排队然后再发送;车辆密度高时,消息的传输会比较容易超出影响范围,式(7)会减小总时延来限制消息的传播从而减小网络的负载。

3.3.2 AC 队列内部调度过程

同低车辆密度一样,先在 AC 队列内部细分 AC,之后对安全性信息做预处理,最后进行调度,内部的调度过程如下:

(1)对控制报文绝对的优先权,有就发送;(2)对于紧急安全信息,由于其时延要求高,且为小概率事件,因此设其队列长度小于周期性信息的队列长度;(3)先按 FCFS 调度安全性信息,调度完再处理周期性信息;(4)调度周期性信息时,持续检测安全性信息队列的长度,当其超过安全性队列长度阈值时,抢占式调度安全性信息,当安全性信息队列长度减小为阈值的一半时,放弃抢占过程转为调度周期性信息;(5)当高优先级都处理完毕以后,再处理娱乐性信息。

这样处理的原因主要是高车辆密度车距较小,为了避免安全事故,先考虑了跟交通安全有关的消息。

4 仿真分析

采用的仿真平台是 NS3、SUMO^[10] 和 Matlab。首先在 VMware Workstation 里安装了 ubuntu16.04,然后在 ubuntu16.04 里安装 NS-3.26 和 SUMO-0.32。Matlab 安装在 windows10 系统里。

4.1 仿真参数设置

设置车辆运行在一个 1 km×1 km 的区域内,并假设车道是长为 1 km 的单车道,车辆随机的分布在道路上,分低、中、高 3 个车辆密度场景进行仿真,主要参数设置如表 3。车辆密度的阈值设置为平均 25 辆/km²,并以 [15,25,35] 辆/km² 来分别表示车辆密度较低、车辆密度适中、车辆密度较高,并设置了相对应的平均速度为 [20,10,5] m/s,加/减速度分别设置为 0.9/s² 和 0.5/s²^[19]。使用了 Matlab 去分析和呈现最后的结果。

表 3 仿真参数	
仿真参数	参数值
场景大小	1 km×1 km
仿真时间	300 s
移动速度	5 ~ 20 m/s
选取节点数	15、25、35
MAC 层协议	802.11p
数据大小	200 byte
RSU 通信范围	300 m
路由协议	AODV ^[11]
密度阈值	1/50 (vehicle/m)
邻居节点更新时间	5 s
低车辆密度调度阈值	25
高车辆密度调度阈值	55

4.2 仿真结果分析

对低、中、高车辆密度场景分别进行仿真实验,并和原 EDCA 机制在时延、吞吐量、丢包率 3 个方面进行对比。

3 种场景下的时延仿真结果如图 2 所示,从图中不难看出,不论是在高密度还是低密度,提出的区分服务方案都比原 EDCA 机制的时延减少了。原因是,在低密度场景下,考虑了位移趋势,让消息更快传输。另外一个原因是设计的调度方式让娱乐信息更快传输了。因此就减少了信息的传输时延。而在高密度下,预处理了广播消息以及在调度时充分考虑了高优先级消息的优先级,所以减小了时延。

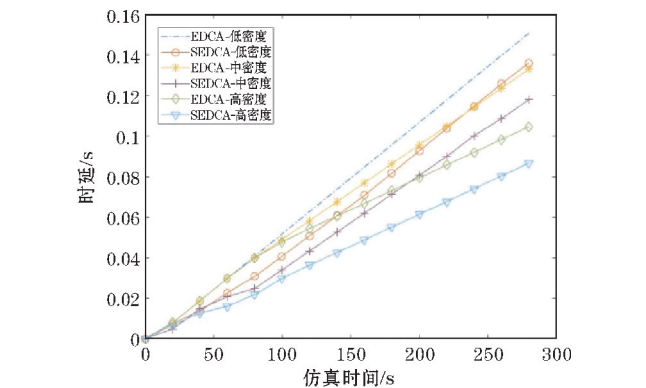


图 3 高中低密度下的时延对比图

图 3 反应了 3 种场景下吞吐量的变化情况,3 种场景下,吞吐量都有一定程度的增加。低密度下考虑车辆的位移趋势使单位时间内发送的消息增加了,并且高密度下增加了广播的接受率也增加了吞吐量。

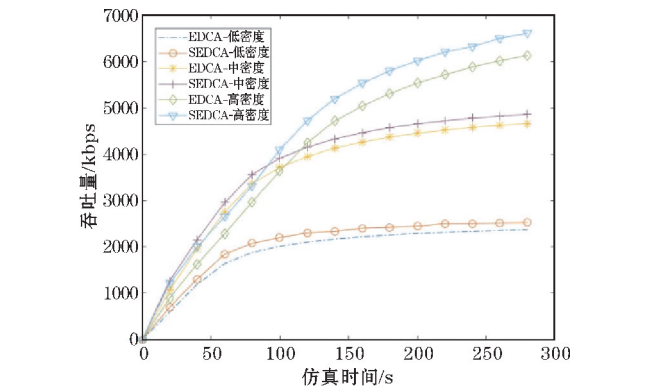


图 4 高中低密度下的吞吐量对比图

3 种场景下丢包率的变化如图 4。不难看出,在低密度下的丢包率非常小,原因是此时信道竞争不激烈,而高密度下因为信道竞争非常激烈导致丢包率较高。提出的方案在高密度下性能有所提高,但是低密度下却因为增加了娱乐信息的调度机会,所以丢包率增加了一些。

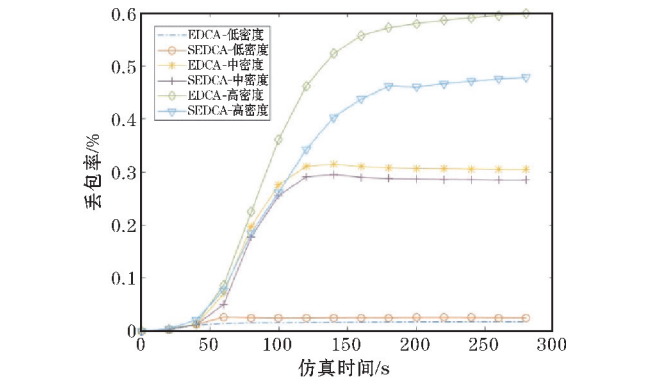


图 5 高中低密度下的丢包率对比图

5 结束语

车辆边缘中会传输各种各样的信息,这些信息在不同的场景下会有不同的紧急程度。为了区分这些信

息的优先级和紧急程度,最终达到提高交通安全和效率的目的,基于车辆边缘网络和 EDCA 机制提出了一个新的对传输信息实现区分服务的方案。首先利用 MEC 服务器计算的车辆密度来判断当前的车辆环境;然后,在不同的环境下,主要从 AC 队列内部分类、AC 队列内部调度、高密度考虑紧急安全消息的时空相关性、低密度考虑车辆的位移趋势几个方面设计了更加详细的为传输信息保障 QoS 性能算法。仿真结果数据表明提出的方案减少了时延,提升了吞吐量。

参考文献:

- [1] Ng S C, Zhang W, Zhang Y, et al. Analysis of Access and Connectivity Probabilities in Vehicular Relay Networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2010, 29(1):140-150.
- [2] Rawat D B, Popescu D C, Yan G, et al. Enhancing VANET Performance by Joint Adaptation of Transmission Power and Contention Window Size [J]. IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems, 2011, 22(9):1528-1535.
- [3] 吴振铨,黄旭民,余荣,等.车载边缘计算中基于信誉值的计算卸载方法研究[J].计算机应用研究,2018,35:2692-2695.
- [4] C Huang, M Chiang, D Dao, et al. V2V Data Offloading for Cellular Network Based on the Software Defined Network (SDN) Inside Mobile Edge Computing (MEC) Architecture [J]. in IEEE Access, 2018,6:17741-17755.
- [5] Douglas L L Moura, Raquel S Cabral, Thiago Sales. An evolutionary algorithm for roadside unit deployment with betweenness centrality preprocessing [J]. Future Generation Computer System, 2018:776-784.
- [6] P Tiwari, R S Kushwah. Traffic analysis for VANET using WAVE and WiMAX [J]. 2015 International Conference on Communication Networks (ICCN), Gwalior, 2015:343-346.
- [7] Obaidat I, Alsmirat M, Jararweh Y. Completing IEEE 802.11e implementation in NS-3 [C]. International Conference on Information and Communication Systems, IEEE, 2016:190-195.
- [8] J Chen, K Cheng. EDCA/CA: Enhancement of IEEE 802.11e EDCA by Contention Adaption for Energy Efficiency [J]. In IEEE Transactions on Wireless Communications, 2008, 7(8):2866-2870.
- [9] I Inan, F Keceli, E Ayanoglu. Performance Analysis of the IEEE 802.11e Enhanced Distributed Coordination Function Using Cycle Time Approach [J]. IEEE GLOBECOM 2007 - IEEE Global Telecommunications Conference, Washington, DC, 2007:2552-2557.
- [10] 徐婷.车联网中基于多优先级的消息队列控制方法[P].CN 103457875 A.2013.
- [11] Karnadi F K, Mo Z H, Lan K C. Rapid Generation of Realistic Mobility Models for VANET [J]. 2007:2506-2511.
- [12] S Hamrioui, P Lorenz. EQ-AODV: Energy and QoS supported AODV for better performance in WMSNs, 2016 IEEE International Conference on Communications (ICC) [C]. Kuala Lumpur, 2016:1-6.

QoS Guarantee Mechanism for Transmitting Information in Vehicle Edge Network

XING Ting¹, LU Kang², TAN Zuoyan³

(1. CCID Consulting Co., Ltd., Beijing 100048, China; 2. Space Physics Key Laboratory, Beijing 100876, China; 3. State Key Laboratory of Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: With the rapid development of the economic, there are more and more vehicles. The increase in vehicles brings problems such as traffic congestion and traffic safety to the road. Providing quality of service for the information will improve traffic safety and enhance the user's ride experience. Based on the enhanced distributed channel access (EDCA) mechanism, we propose a service quality assurance scheme, called scenes enhanced distributed channel access (SEDCA). We obtain road density through the Mobile Computing Edge (MEC) Server, and design a classifier based on information attributes within the Access Category (AC) queue to more strictly distinguish the priority of the message. Then, in different scenarios, the information is differentiated from the internal scheduling of the AC queue, and the EDCA parameters adjustment to improve the QoS performance. Simulation results show that our solution improves network performance.

Keywords: vehicular edge network; transmission information; QoS