

A Survey of MAC Protocols in Vehicular Ad Hoc Networks*

Hengliang Tang, Hao Wu, Jia Meng

School of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing
Email: 10120151@bjtu.edu.cn, hww@bjtu.edu.cn, 11120132@bjtu.edu.cn

Received: Oct. 8th, 2012; revised: Oct. 26th, 2012; accepted: Nov. 2nd, 2012

Abstract: In recent years, with the rapid development of vehicular communication systems and advanced ad hoc network technologies, Vehicular Ad Hoc Networks (VANET) which combines both of them has greatly attracted those people's attention in academic and industry fields. As one of the key technologies in vehicular ad hoc networks, MAC (Medium Access Control) protocol is indispensable to ensure the mobile nodes share the wireless medium fairly and efficiently. Since the specific characteristics and the increased variety of services in VANET, MAC protocols which are designed for Mobile Ad Hoc Networks are impossible to apply in VANET directly. In this paper, a survey of current MAC protocols for VANET is given. Then, we describe several latest MAC protocol schemes and analysis the main problems and challenges. Finally, some future research areas for MAC in VANET are pointed out.

Keywords: Vehicular Ad Hoc Networks (VANET); Ad Hoc Networks; Medium Access Control (MAC) Protocol

车载自组织网络 MAC 协议研究综述*

汤恒亮, 吴昊, 孟嘉

北京交通大学电子信息工程学院, 北京
Email: 10120151@bjtu.edu.cn, hww@bjtu.edu.cn, 11120132@bjtu.edu.cn

收稿日期: 2012 年 10 月 8 日; 修回日期: 2012 年 10 月 26 日; 录用日期: 2012 年 11 月 2 日

摘要: 近年来, 随着车载通信系统的不断发展和自组织网络技术的日益成熟, 将二者有机结合成一体的车载自组织网络(VANET, Vehicular Ad Hoc Networks)已引起学术界和工业界的极大关注。媒介接入控制(MAC, Medium Access Control)协议是保证移动终端能够公平有效地共享无线信道的必要手段, 是车载自组织网络的关键技术之一。由于 VANET 自身的特点及不断增长的业务不同, 现有自组织网络的 MAC 协议并不能直接用于车载自组织网络中。本文在简要介绍车载自组织网络特点和 MAC 协议基本原理的基础上, 对车载自组织网络 MAC 协议的最新研究进展进行了综述, 探讨了几种具有代表性的车载自组织网络 MAC 协议方案, 分析了目前研究中存在的主要问题和挑战, 并指出了该领域未来发展趋势。

关键词: 车载自组织网络(VANET); Ad Hoc 网络; 媒介接入控制(MAC)协议

1. 引言

随着交通运输行业的飞速发展, 道路车辆数目显著增加, 交通安全形势也是日趋严峻。在过去的十年间, 许多研究致力于通过发展驾驶辅助系统来解决交

通安全问题, 这一系统能够感知周围交通和车辆状况, 并且在危急时刻准确提醒司机^[1]。车载自组织网络(VANET, Vehicle Ad Hoc Networks)就是在此背景下应运而生的。VANET 是一种自组织、结构灵活开放的车辆间通信网络, 也是一种特殊的移动自组织网络(MANET, Mobile Ad Hoc Networks), 能够适应不断变化的网络拓扑结构, 也可以为道路车辆之间、车辆与

*基金项目: 教育部长江学者和创新团队发展计划资助(编号: IRT0949); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(编号: 2012JBZ017)。

路边固定接入点之间提供通信^[2]。VANET 作为未来智能交通系统(ITS, Intelligent Transportation System)的基础部分,扮演着非常重要的角色,通过车间或车辆与路边单元(RSU, Roadside Unit)之间的无线多跳通信,不仅能为司机提供及时报警和路况等信息,还可以通过路边单元接入互联网,方便司机或乘客获取天气、交通流量、商店购物及网络娱乐等信息,从而有利于合理选择行车路线,避免交通堵塞,增加行车舒适度,因此,具有广泛的商业应用前景^[3]。

车载自组织网络作为一种新型的移动自组织网络,具有传统自组织网络的特点,如传输距离短、自组织、自管理和低带宽等;同时,车载自组织网络特定的应用环境和业务需求也导致其面临许多特殊问题:如车载终端移动速度快,网络的拓扑结构高度动态变化,支持优先级高、实时性强、突发的交通安全类业务应用,许多实时业务需要以广播形式发送等^[4-6]。然而由于无线信道资源有限,在车载自组织网络中如何提高信道接入的公平性和有效性,合理地对待信道资源进行动态分配和管理,对于消息快速有效传播和网络性能提升具有极其重要的影响。而传统 MANET 中的 MAC 协议不能很好满足 VANET 的需要,应该探索新的 MAC 协议机制。

2. MAC 协议基本原理

媒介接入控制(MAC, Medium Access Control)层是数据链路层的两个子层之一,按 IEEE 802 标准,数据链路层由 LLC 和 MAC 两个子层组成,MAC 是数据链路层的底层部分,是逻辑链路控制层与物理层之间的接口。MAC 层将来自较高层的数据包转换成目标网络的帧格式,并具有检错功能,但其主要任务是实现网络访问控制,为不同物理介质提供访问路径。对于不同物理媒体,MAC 层有所不同。

媒介访问控制方法,也就是信道访问控制方法,可以简单地把它理解为如何控制网络节点何时能够发送、如何传输及怎样介质上接收数据的。MAC 协议最重要的功能是确定网络中的站点来合理占有信道,即信道分配问题。MAC 协议的主要作用是保证公平性和有效的资源共享。MAC 机制主要分为两类:基于竞争的协议和无竞争的信道协议。基于竞争的协议假定网络中没有中心实体来分配信道资源,每个节

点必须通过竞争媒体资源来进行传送,当超过一个节点同时尝试发送时,碰撞就会发生。相反,无竞争的协议为每个需要通信的节点分配专用的信道资源。无竞争的协议能够有效的减少冲突,其代价是突发数据业务的信道利用率可能会比较低。

目前普遍使用的网络采用的是 IEEE802.3 的 MAC 层标准,采用 CSMA/CD 访问控制方式;而在无线局域网中,MAC 所对应的标准为 IEEE802.11,其工作方式采用分布式控制(DCF, Distributed Control Function)和中心式控制(PCF, Pointed Control Function)。

3. 研究现状

在无线网络中,节点通过发送和接收特定频率的无线电磁信号来互相传输信息,可以将无线频段视为一种节点公用的信道,在每一个特定时刻,处于同一个竞争域之内的节点只能有一个在发送。如果有两个或更多节点同时在发送信号,就会发生信号冲突,结果是两者的传输都不成功,只能等下次再传,造成时间延迟的增加和信道资源的浪费。为了能够公平、有效地共享这个公用信道,就需要 MAC 协议来协调各个节点对信道的访问。而 VANET 网络的节点高速移动、拓扑快速变化的特点,使这种协调管理变得更加困难,同时, VANET 主动安全应用对于传输时延的严格要求,也在很大程度上增加了协议设计的难度。下面就目前国内外研究机构及其学者针对适用于 VANET 网络的 MAC 协议的最新成果进行介绍,并对其进行分析和评价。

3.1. 基于信道协调的 MAC 协议

Ad Hoc MAC^[7]是 CarTALK2000 项目中提出的一种新型 MAC 协议解决方案的,采用动态 TDMA 接入机制。其基本思想是:每个终端周期广播附加信息,即帧信息(FI, Frame Information),使所有邻节点知道每个时隙信道的使用情况,从而同样的 R-ALOHA(随机 ALOHA)方式能够在 Ad Hoc 环境下工作。其中 FI 标明了发送节点检测到的前一帧时隙状态,而终端为了能够接入信道必须获得一个信道,即基信道(BCH, Basic Channel)。BCH 上的信息可以被一跳范围内的节点正确接收,主要用于传送 FI、其它信号信息和承载有效载荷。假设一帧由 N 个时隙组成,车辆获得其

中一个时隙作为它的 BCH。一帧时间内,若车辆监听到成功传送,就在 FI 相应时隙标上发送者的 ID。对于新加入的车辆,首先监听一帧的时间,然后选择一个空闲时隙来发送分组。如果邻节点正确接收到了该分组,就在 FI 中标示出来;若在下一帧所有接收到的 FI 中该时隙都标有它的 ID,即可将该时隙作为它的 BCH,如图 1 所示。

文献[8]提出一种支持服务质量的多信道 MAC 协议,该策略令每一个节点能够自适应地根据不同服务类型调整竞争窗口,并以多速率动态调整控制信道和服务信道的间隙。文中给出了用来获得竞争窗口的理论模型及基于交通状况变化的优化间隙值。文献[9]提出了一个附加服务质量规定信道分配策略的专用多信道 MAC 协议,该策略基于 EDCA(增强型分布式信道分配)信道吞吐量分析,其目的是用来提高采用 RSU 辅助的车载自组网的非安全服务 QoS 性能。

多信道 MAC 协议不仅能保证安全数据包的低时延可靠传输,同时能给分布式的非安全应用提供最大吞吐量,文献^[10]基于最新的标准草案 IEEE802.11p 和 IEEE 1609.4 提出一个变量控制信道间隙的多信道 MAC 策略,该策略能够在控制信道和服务信道之间

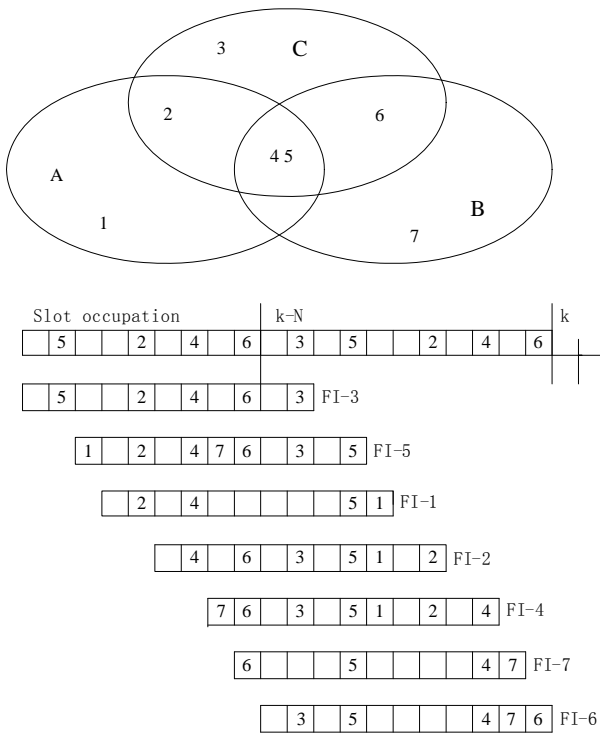


Figure 1. Curve: system result of standard experiment
图 1. 标准试验系统结果曲线

动态调整长度比例,同时引入了一个多信道协调机制来提供服务信道的自由竞争接入。理论分析和仿真结果表明该策略能够帮助 IEEE 1609.4 MAC 在维持控制信道上紧急安全信息的优先级传输的同时,有效地增强服务信道的饱和吞吐量,并减小服务数据包的传输延迟。文中所提出机制与已有机制相比,其突出特性在于:1) 控制信道(CCH)间隔被进一步划分为安全间隔和 WAVE 服务通告间隔;2) 基于理论分析,推导出最佳 CCH 间隔来提高服务信道(SCHs)的饱和吞吐量,同时保证在 CCH 上的安全信息和专用服务通告的传输;3) 提出一个多信道协调机制通过在 CCH 上的信道预留来提供自由竞争的 SCHs。图 2 所示为 CCH 信道上资源预留的竞争模型,分析结果和仿真实验都证实该机制能够提供有效的信道利用率,并在传输较大服务数据包时提供更高的饱和吞吐量和更低时延。但是该机制依然不能解决控制信道与服务信道在不同传输时隙下的资源空闲问题,同时所提出方案带来的隐藏终端问题也需要进一步的分析和探讨。

3.2. 基于安全信息传输的 MAC 协议

文献[11]考虑到设计 MAC 协议的一个关键挑战就是网络拓扑快速变化时消息能否实时准确传递,该文提出一个增强型空分多址协议以适应 VANET 中安全紧急消息的传播;在所提出的协议中,道路被逻辑性地划分为若干空间间隙,并且对于每一个空间位置根据车辆交通分布来分配时分多址时间间隙。例如,在稀疏交通场景下采用空间隙,而在拥塞交通场景下分配更多时隙,从而优化信道分配的公平性和实现吞吐量最大化,提高道路交通安全性并获得最佳的行驶体验。文献[12]中作者提出一种新颖的 MAC 协议,使车载安全信息应用在可靠性与低时延的性能方面获得平衡。由于所有的簇信息都嵌入在控制信道安全消息中,该协议通过增加簇头生存时间和成员节点的

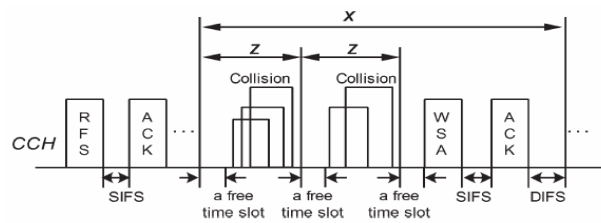


Figure 2. Content model of resource reservation on CCH
图 2. CCH 信道上资源预留的竞争模型

驻留时间来保证交通安全有效性和可靠性,同时增强了簇拓扑的稳定性。文献[13]指出车辆环境的安全应用会集中使用广播消息,IEEE802.11 技术凭借有效性和成熟度将在未来车间通信中成为首要选择。但是,IEEE 802.11 标准没有为广播通信而专门设计,由此会引发大量问题。该文分析了在真实车载环境中 MAC 层的最小竞争窗口对性能的影响,并且提出一个简单方法使得竞争窗口适应于网络密度,进而提高广播消息成功接收的概率。但是这些协议的广播消息的竞争窗口是固定的,对系统性能有所限制,并且对于多跳通信的分析及其影响还有待深入和加强。

为了提高在车辆和路边单元(RSUs)之间通信的有效性,大部分研究都忽略了以下事实:即车辆的不均匀分布和不同 RSU 的工作负荷不均衡。文献[14]通过考虑公共交通的周期性和不变性,提出一种新型的 V2I 混合优化策略,成为动态资源分配策略。该策略中,所有属于 RSU 的资源都被作为一个整体来调度,并且将公交车作为中继站节点,在实时交通状况下分担 RSUs 的一些负担。推导出 MAC 接入的可变长度自由竞争周期,同时定义生存时间的值来保证公交车的数据可靠性。仿真结果表明,所提出机制具有更高的数据传递率和更低的时延,可以获得资源的动态调度和更好的 QoS 性能,这些优势在车辆密度较高时表现得更加明显。

3.3. 基于多跳广播的 MAC 协议

文献[15]提出了一种基于 IEEE802.11 的多跳广播协议来处理 VANET 中紧急消息传播的问题。该协议采用二进制分割方法,在传输距离范围内重复划分路段来获得最远可能的区域。接下来的任务就委托给在这个最远区域所选择的一个车辆节点,不仅实现在高速公路环境下的方向性广播,而且很好地适应于复杂道路结构。其优点是能减小广播时延,这对于时间要求严格的安全应用来说是一个重要的因素。不考虑车辆密度情况下,竞争时延几乎保持为常量。作者针对接入协议有效性进行了数学分析,仿真结果表明所提出协议在时延和消息过程方面显示出更好的性能。但是该协议的不足之处在于竞争时延仍然是固定值,并且未考虑车载密度。

文献[16]围绕车载自组织网络中最近广泛讨论的

可靠多跳广播协议展开研究。一般大部分协议使用基于重发的通告消息来提供可靠性。当一个数据包丢失不能按时检测时,重发方式就会导致时延,而确认消息也将增加在每一个节点的 MAC 层竞争事件概率。文献提出一个使用路径多样性来提供可靠性的机制,即一个消息通过两条不同路径来传播,通过这两条路径的协调,广播消息相比于重发方式有着更小的传播时延和更高的可靠性。

3.4. 基于适应性检测机制的 MAC 协议

在车辆密度较大时,预约型 MAC 协议无法分配空闲信道,而冲突型 MAC 协议需要等待很长时间才能接入信道,这将造成很大的接入延迟,于是有学者提出了一种自动检测车辆空闲信道的 MAC 协议^[17],该协议是一种基础性 MAC 协议,也是预约型协议和竞争型协议的动态调整。它可以根据周围车辆情况来动态改变监听距离和帧传输距离,从而保证系统内车辆实时接入信道,对基于预约和竞争冲突两种方式的 MAC 协议都适用。

文献^[18]提出了一个新颖的自适应的 MAC 机制。其原理是:基于模糊逻辑控制原理建立一个简单、实际又高效的非线性控制规则,能够方便地应用在不同网络环境中(例如车间通信和车辆与基础设施之间的通信)。通过模拟评估,证实了所提出的模糊控制方法能够不需要调整任何参数情况下,在高密度和动态网络环境中提供系统有效控制的鲁棒性。该方法在不同优先级交通类型中能提供更明显的差异化性能,因此与 IEEE802.11pMAC 协议相比较,提高了吞吐量性能。

针对车载自组织网络无线链路不可靠以及误比特率高的特点,有学者提出一种可控的重传协议^[19]。该协议旨在解决由重传导致的冲突率增加的问题,基本思想是对重传的次数进行控制,寻找重传次数的最优值。仿真表明,紧急消息的数据传递率在高密度环境下可得到显著提高。文献^[20]提出一种自适应 MAC 重发限制选择机制来增强车载自组网中视频流应用的 IEEE802.11p 标准 MAC 协议的性能。

3.5. 基于可扩展性的 MAC 协议

VANET 中车辆的移动具有一定的规律性,一定范围内的车辆的平均速度、加速度以及移动方向等都

具有共性。因此,可以将这些车辆进行分组形成一个簇。在每个簇内,簇头可以控制节点的业务接入请求并合理分配带宽。应用分簇机制来设计 MAC 协议可以增加安全消息传输的可靠性,降低数据包冲突率。Lai 等人提出一种基于区域划分的分簇 MAC 协议(RCM, Region-based Clustering Mechanism)^[21]。其基本方法是,首先将服务区域分割成一组独立的单元。然后对每个服务单元中的车辆数目进行限制。每个服务单元会分配一个独立的信道。由于每个服务单元中的车辆是有限的,所以减少了车辆间竞争信道的时间,增加了吞吐量。

文献^[22]提出动态适应传输功率和竞争窗口大小的新策略来增强 VANET 中信息传输的性能。该策略包含了 IEEE802.11e 的增强型分布式信道接入(EDCA)机制,并且使用了一个联合方法适应物理层的传输功率和 MAC 层的 QoS 参数。在该策略中,根据基于预测的本地车辆密度动态改变传输距离可以实现传输功率的调整,竞争窗口的大小则通过即时冲突率反映服务差异化来确定。为了实现信息的及时传播,VANET 通过消息紧急程度来进行分级,并且使用 EDCA 机制来实现信息传播。仿真结果表明所提出机制能够获得更高的吞吐量和更低的时延。该协议动态性强,可扩展性好,但是消息优先级和信道协调的有效融合依然是个难以完全解决的问题。

4. 面临的主要问题和挑战

MAC 协议一直是车载自组织网络研究和设计的主要技术难点之一^[23]。由于 MAC 协议必须支持基于 VANET 网络的业务需求,并适应其应用环境的各种限制条件,使得 MAC 层协议的设计与实现更加困难。特别是对实时性安全业务的 QoS 保障更是目前 MAC 协议研究的热点和难点。到目前为止,国内外学术界对这方面的研究仍处于不断深化的阶段。

多跳是自组织网络的一个显著特性,在 MAC 协议的设计中首先要充分考虑多跳带来的隐藏终端和暴露终端问题;考虑各节点间使用信道资源的公平性、网络中服务质量的保证(例如对实时业务的支持);此外,自组织网络的无线信道资源十分宝贵,所以如何进行空间复用、提高信道资源的利用率也是 MAC 协议应当考虑的问题。目前,车载自组织网络 MAC

层协议研究中面临的主要问题有:

1) 隐藏终端和暴露终端问题

目前,对于隐藏和暴露终端,通常的解决方式是在每次发送数据之前,通信双方先使用短控制报文进行握手。但握手机制并不能实现数据分组的无冲突发送,因此,简单地采用握手机制只能减少数据分组的冲突,并不能从根本上解决数据分组的冲突。因此,在此基础上提出了改进措施:划分控制信道,即在数据信道上交互数据信息,通过控制信道交互控制信息,这样就可以避免发生数据分组与控制分组及数据分组间的冲突。另外,分别有学者提出用功率控制的方法来减少隐藏终端的影响以及采用有向天线的方法来解决暴露终端的问题。

2) 公平接入问题

已有的 MAC 协议通常采用两种方法实现节点的随机接入:退避算法和采用发送概率的接入机制。目前被广泛使用的典型算法有 BER^[24]和 MILD^[25],但是这些算法中存在着严重的不公平现象。

退避计数器最大值广播技术是一种防止节点间退避计数器最大值产生巨大差距的方法。但就目前提出的方法而言,当网络规模比较大、节点较密集时,由于局部区域中的信道争用的加剧,较大的退避计数器值会被扩散到全网,对于那些信道争用不太激烈区域的节点来说,这会大大降低信道的使用效率。

3) QoS 保障问题

MAC 协议服务质量(QoS, Quality of Service)主要是解决实时性要求很高的业务快速获得信道使用权和避免时延过大的时延抖动问题。因此,对于车载通信系统中的安全信息有效、实时传递相当重要。而目前信道使用权的获得通常是采用分布式方式,这就导致业务的接入速度不只取决于节点自身,很大程度上还依赖于其相邻节点的个数、业务量及业务的优先级。此外,自组网的信道带宽较窄,无线信道本身质量不稳定,且信道带宽被周围的节点共享,周围节点的移动和这些节点业务量的变化使链路带宽很难预测。移动设备的有限可用能量、节点的移动等因素还会使网络状态不断动态变化。这些都对协议的可靠性及业务的接入时延带来负面影响。

车辆自组织网络中,MAC 协议主要可以分为两类:一类是以时分多址(TDMA)为代表的控制接入协

议,另一类是以 ALOHA 和载波侦听多址接入(CSMA)为代表的随机接入协议。TDMA 协议中,每个车辆节点被指定了固定的时隙发送数据,优点是延时小,而且不会发生多个节点同时接入。发生碰撞的情况,但是由于车辆自组网中车辆节点快速移动,网络拓扑结构变化频繁,使得更新车辆节点的分配时隙也相当频繁,带来巨大的网络开销。CSMA 协议已经被广泛应用于 IEEE802.11 系列标准中,节点在发送自己消息之前先进行媒体侦听,如果媒体空闲便发送数据,如果媒体被占用则退避等待直到空闲。由于车辆自组网的动态特性,随机接入协议比较适用,但是接入碰撞、隐藏终端等问题依然存在。在无线局域网(WLAN)中,通信模式大都采用点对点的方式,而在 VANET 中大部分的信息需要通过广播的方式进行通信。因此,要针对 VANET 的特点设计 MAC 层协议,在以下几方面存在挑战^[26]:

1) 优先级接入

对涉及到生命安全的消息有必要保证其快速准确地发布出去,所以此类消息在接入信道时应被赋予较高的优先级,而乘客办公、娱乐等这类对实时性要求不高的消息,应该以较低的优先级接入信道。根据消息延时要求的不同,对不同类型的消息赋予不同的优先级,高优先级的消息接入信道时,设置较低的退避接入计数器最大值,较短的帧间间隔,保证高优先级的消息以较大可能性先于低优先级消息接入信道。

2) 多信道协调

由于安全应用和非安全应用在 VANET 中是并存的,所以必须采取措施避免工作在服务信道上的车辆接收不到控制信道中传输的安全消息。通过自适应的令牌环协调,车辆消息的接入被工作在不同服务信道上的多个令牌环自治管理。该协议使得安全消息能够以更小的延时得以传输,同时非安全应用的网络吞吐量也得以提高。目前,VANET 中不少研究是针对 MAC 层多信道协调问题,希望在保证安全应用实时性的同时,提高服务信道中非安全应用网络吞吐量。

3) 广播

VANET 中传播的消息绝大多数都是安全性应用消息。这类消息的特性是消息简短,优先级高,主要通过广播或组播的方式发送,实时性要求高。保证广播消息可靠低延时的传输给 MAC 协议设计带来不少

挑战。首先,车辆节点接收到广播消息后不会发出确认消息(ACK),因为将会造成严重的消息碰撞,引起 ACK 风暴问题。而缺少 ACK 确认的广播机制,将不能检测到消息是否发送成功,也不能实现消息发送失败的重传机制。其次,由于广播情况下缺少发送失败检测机制,竞争窗口(CW)的大小一旦确定后不能改变,当大量的节点竞争接入信道时,便会引起严重的碰撞。第三,隐藏终端问题在 VANET 中更加突出,因为单播中的握手机制会造成广播中请求发送/准备接收(RTS/CTS)握手消息的泛滥。有效的多跳广播协议能减少重新广播的次数,减少竞争和碰撞,保证车辆自组网中安全消息的可靠低延时传输。在设计多跳广播协议时有必要综合考虑车辆位置信息、车辆节点密度、信号强度、信噪比、误码率等因素来选择转发消息的车辆节点,实现广播消息的可靠低延时传输。

5. 总结语

由于车载自组织网络的特殊性,现有已研究多年的 MANET 中的 MAC 协议基本上都不能适用于 VANET 网络。因此,设计 VANET 网络中的 MAC 协议时,除了要考虑无线信道特性、隐藏终端和暴露终端等普遍问题外,还要考虑 VANET 特定的应用背景和业务要求。为了满足设计目标所提出的既要保证实时性又要兼顾吞吐量的高要求,本文针对目前主流和先进的车载自组织网络的 MAC 协议进行综述,探讨了面临的主要问题和挑战,目前针对 VANET 的 MAC 协议研究仍处于起步阶段,仍有不少问题有待进一步研究。本文主要将目前主流车载 Ad Hoc 网络的 MAC 协议分为五类来评价,它们之间的描述和应用范围如表 1。

基于 VANET 网络的特点和主要应用,未来工作应该着重于提高协议的实时性和可靠性,研究目标应该集中在如何减小冲突发生的概率、时隙竞争所需的时间,研究思路在于如何降低分布式 TDMA 协议应用于 VANET 网络中的不确定性,发掘节点之间的不同之处用于差异化竞争时隙。

具体要求表现为:

1) 可靠性: 安全信息消息,尤其是紧急消息需要能够及时无误地被接收到。

2) 可预测延时: 交通安全消息需要在一定时间

Table 1. Classification about MAC protocols in VANET
表 1. 车载自组织网络 MAC 协议分类评价

车载自组织网络 MAC 协议	描述	应用范围
基于信道协调的 MAC 协议	通过信道协调和预留实现信道资源的优化配置	高速公路、城市街区
基于安全信息传输的 MAC 协议	优化信道分配, 实现安全信息的有效传播	城市高密度车辆节点区域
基于多跳广播的 MAC 协议	利用 VANET 网络的多跳特性保证信道可靠接入	高速公路、城市街区
基于适应性检测机制的 MAC 协议	根据周围车辆情况来动态改变参数来保证信道接入	城市高密度车辆节点区域
基于可扩展性的 MAC 协议	根据车辆密度等信息动态调整参数来减少车辆的信道竞争, 扩展协议性能	城市街区

范围内到达接收端。对于紧急消息来说, 需要将事故在一定时间之内告知周围车辆。对于某些消息, 可预测延时的意义是节点知道已经过期, 对节点已经没有用处, 需要发送或者接收新的消息。

3) 可扩展性: 车载网络中节点的数量处于动态变化中, MAC 协议需要适应这种变化。无论是节点相对较少或较多, MAC 协议都要能够很好的运行。

4) 公平性: MAC 协议应该使得网络中的节点公平地访问信道。

我们认为未来研究工作趋势为:

1) 多种接入机制的综合使用, 例如根据 VANET 网络丰富的业务种类, 考虑不同种协议间的相互协作以达到更好的性能。例如 IEEE802.11 可以更好的解决高移动性问题, 且不需要时间同步, 而 Ad Hoc MAC 可以提供高可靠性, 因此两者结合起来可以为 VANET 提供更好的方案。

2) 区分服务优先级的方法; 针对 VANET 的主动安全性业务的真正有效且没有传输冲突的可靠 MAC 协议设计方案也有待进一步研究。例如以 Ad Hoc MAC 为原型设计出性能良好的特定背景下应用的 MAC 协议。

3) 针对 VANET 的网络拓扑快速变化和车间通信的及时性要求需要进一步研究具有强适应性和实时性的 MAC 协议。例如, 采用资源预留的方法。

参考文献 (References)

[1] 常促宇, 向勇, 史美林. 车载 Ad Hoc 网络的现状与发展[J]. 通信学报, 2007, 11.
 [2] F. Zhang. The current situation and development thinking of the intelligent transportation system in China. 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE2010), Wuhan, 26-28 June 2010: 2826-2829.
 [3] S.-H. An, et al. A survey of intelligent transportation systems. 2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN2011), Bali, 26-28 July 2011: 332-337.

[4] 王笑京. 智能交通系统研发历程与评述[J]. 城市交通, 2008, 6(1): 6-12.
 [5] J. P. Zhang, et al. Data-driven intelligent transportation systems: A survey. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2011, 12(4): 1624-1639.
 [6] Q. Wang, et al. Performance evaluation of information propagation in vehicular Ad Hoc network. IET Intelligent Transport Systems, 2012, 6(2): 187-196.
 [7] F. Borgonovo, et al. Ad Hoc MAC: New MAC architecture for Ad Hoc networks providing efficient and reliable point-to-point and broadcast services. Wireless Networks, 2004, 10(4): 359-366.
 [8] W. Qing, et al. A QoS supported multi-channel MAC for vehicular Ad Hoc networks. 2011 IEEE 73rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Budapest, 15-18 May 2011: 1-5.
 [9] N. Cheng, et al. A QoS-provision multi-channel MAC in RSU-assisted vehicular networks (poster). 2011 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), Amsterdam, 14-16 November 2011: 193-197.
 [10] Q. Wang, et al. An IEEE 802.11p-based multichannel MAC scheme with channel coordination for vehicular Ad Hoc networks. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2012, 13(2): 449-458.
 [11] R. S. Tomar, S. Verma. Enhanced SDMA for VANET communication. 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), Fukuoka-shi, 26-29 March 2012: 688-693.
 [12] K. A. Hafeez, et al. A novel medium access control (MAC) protocol for VANETs. 6th International ICST Conference on Communications and Networking in China (CHINACOM), Harbin, 17-19 August 2011: 685-690.
 [13] R. Stanica, et al. Broadcast communication in vehicular Ad-Hoc network safety applications. IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), Las Vegas, 9-12 January 2011: 462-466.
 [14] T. Jiang, et al. Efficient dynamic scheduling scheme between vehicles and roadside units based on IEEE 802.11p/WAVE communication standard. 11th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), St. Petersburg, 23-25 August 2011: 120-125.
 [15] J. Sahoo, et al. Binary-partition-assisted MAC-layer broadcast for emergency message dissemination in VANETs. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2011, 12(3): 757-770.
 [16] C. Wu, et al. A broadcast path diversity mechanism for delay sensitive VANET safety applications. IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), Amsterdam, 14-16 November 2011: 171-176.
 [17] D. Kentaro, T. Takeshi and T. Hideyoshi. Adaptive MAC protocol for high-load inter-vehicle communication. IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, Montreal, 22-24 August 2005: 138-145.
 [18] C. Chrysostomou, et al. Applying adaptive QoS-aware medium access control in priority-based vehicular ad hoc networks. IEEE

- Symposium on Computers and Communications (ISCC), Kerkyra, 28 June-1 July 2011: 741-747.
- [19] M. I. Hassan, H. L. Vu, T. Sakurai and L. L. H. Andrew. Effect of Retransmissions on the Performance of the IEEE 802.11 MAC Protocol for DSRC. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2010, 61(1): 22-34.
- [20] M. Asefi, et al. A mobility-aware and quality-driven retransmission limit adaptation scheme for video streaming over VANETs. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2012, 11(5): 1817-1827.
- [21] Y.-C. Lai, P. Lin, W. J. Liao and C.-M. Chen. A region-based clustering mechanism for channel access in vehicular Ad Hoc networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2011, 29(1): 83-93.
- [22] D. B. Rawat, et al. Enhancing VANET performance by joint adaptation of transmission power and contention window size. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 2011, 22(9): 1528-1535.
- [23] S. Yanamandram, H. Shahnasser. Analysis of DSRC based MAC protocols for VANETs. *International Conference on Ultra Modern Telecommunications & Workshops*, St. Petersburg, 12-14 October 2009: 1-6.
- [24] H. Saleet, et al. Intersection-based geographical routing protocol for VANETs: A proposal and analysis. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2011, 60(9): 4560-4574.
- [25] S. Shi, et al. Logarithm increase-linear decrease backoff algorithm based on self-adaptive optimal contention window. *International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM)*, Taiyuan, 22-24 October 2010, pp. V10-657-V10-661.
- [26] M. J. Booysen, S. Zeadally and G.-J. van Rooyen. Survey of media access control protocols for vehicular ad hoc networks. *Communication, Networking & Broadcasting*, 2011, 5(11): 1619-1631.