

车联网网络架构与媒质接入机制研究

Internet of Vehicles: Architecture and Multichannel MAC

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2011) 03-0016-05

摘要: 车联网旨在实现一体化智能交通体系和无处不在的网络,其关键技术在于全网数据共享和车辆宽带接入。现有车辆网络架构因其不同设计目标而缺少统一的协议栈和数据接口,难以有效进行全网数据共享或协同通信;其多信道机制缺少灵活性,整体网络性能受网络节点密度影响较大。文章提出面向安全应用的车联网无线网络架构及其协同通信协议栈,并对车联网自适应多信道媒质接入协议进行研究。

关键词: 车联网; 协议栈; 多信道; 媒体访问控制协议

Abstract: Internet of Vehicles is designed for intelligent transportation and ubiquitous Internet access. Its key is whole-network data sharing technology and vehicular broadband access. Because existing vehicular networks have different design objectives and lack a unified protocol stack and data interface, it is difficult to share data across the whole network or communicate cooperatively. Overall network performance is also affected by network node density because multichannel mechanisms lack flexibility. This paper puts forward a wireless network architecture and cooperative communication protocol stack for Internet of Vehicles. It also discusses self-adaptive multichannel MAC.

Keywords: Internet of vehicles; protocol stack; multichannel; MAC protocol

须超/XU Chao
王新红/WANG Xinhong
刘富强/LIU Fuqiang
(同济大学 电信学院宽带无线通信与多媒体
实验室, 上海 200092)
(School of Electronics and Information
Engineering, Tongji University, Shanghai
200092, China)

车联网采用多信道 MAC 机制可以获得优于单信道的网络吞吐量和时延特性,实现安全消息和非安全消息非冲突传输。多信道 MAC 在保证安全应用服务质量(QoS)基础上,尽可能多地为车辆提供宽带接入服务,使得车联网数据共享、主动安全、交通管理、信息服务等成为可能。

现有车辆自组网因其本身网络架构约束,存在全网数据采集缺乏、信息共享不充分和数据交互实时性不足等影响车辆安全的问题^[1]。中国车联网的研究集中于车辆网络协议的理论和传感器硬件开发,对于车联网整体性网络框架和协议栈研究较少。就无线通信技术而言,为保证车辆安全消息的准确传输,已有多信道 MAC 协议缺乏灵活的信道协调机制和有效的分配策略,不能完全适用于复杂的车辆通信环境,或者以牺牲非安全业务的带宽来保证安全消息的传输。为此,本文设计车联网整体框架和相应通信协议栈,解决车路一体化控制和全网数据共享,在此基础上研究多信道自适应 MAC 机制,在保证安全消息准确传输的前提下,提高非安全业务的服务质量,构成一种高效的、面向交通安全应用的车联网网

车联网以车辆为基本信息单元,通过传感器技术、信息采集技术、接入技术、传输技术、组网技术,将行人、车辆、路边设施等道路实体与交通管理网络、移动网络与后备网络连接;服务于车辆安全、交通控制、信息服务、用户网络接入等应用;旨在建立改善交通状况、提高出行效率、拓展信息交互形式的智能综合网络体系。

车联网具有广泛性、移动性和智能性 3 个特点。广泛性指车联网的对象是广义概念,包括车辆、飞机、船舶、铁路等交通工具以及为车辆提供服务的路边单元、车载传感器、数

据服务器等相关设施。对于不同通信设备与入网方式,车联网都提供相应的接口。移动性是由车辆不断运动、车辆间高动态的拓扑结构所决定的,保证车辆高速运动场景下实时安全信息传输,并在此基础上支持非安全应用的数据服务(如提供路况信息、基于位置信息的地图下载服务等),是现有车辆自组织网信道协调机制,如车辆通信环境下的无线接入(WAVE)媒体访问控制(MAC)、车辆网格网络(VMESH)^[1]、基于 TDMA 的多信道 MAC 协议(TMMAC)等无法完全适用的。智能性指车联网通过各种方式获取车辆和路况信息,主动对潜在交通隐患做出反应,是交通一体化、协同化、智能化体现。

基金项目: 国家自然科学基金项目
(61073153)



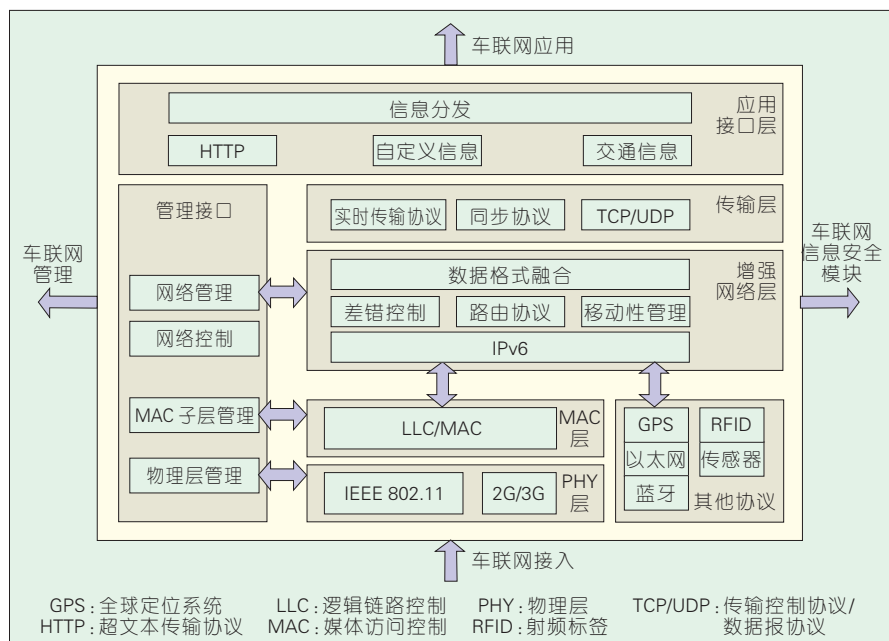
1 车联网网络架构和通信协议栈

1.1 车联网协同通信架构的设计

(1) 车联网管理模块

(3)车联网应用模块





▲图3 车联网通信协议栈设计

车联网为服务于车辆安全、交通效率,在此基础上,提供车联网用户其他非安全或非实时的接入后备网的接口。模块有前后向兼容性,能够兼容现有网络体系和未来可能的新应用。

(4) 车联网基站设备

为上层应用提供标准的会话支持、信息支持和统一的应用层接口。车联网基站可以是 WiMAX、Wi-Fi、2G/3G 及其他能够为车辆提供接入和信息服务的基站。

(5) 车联网网络和传输模块

车联网内部协议众多,对于底层不同的车联网网络、路由策略,提供与现有网络相似或可以完全兼容的网络传输体系。基本的传输控制协议/数据报协议(TCP/UDP)、智能交通信息等,在这里被融合成统一的数据格式。

(6) 车联网接入模块

对于底层传感器网络、无线网络和有线网络,提供统一的接入。

1.2 车联网通信协议栈的设计

车联网通信协议栈如图3所示。

图3分别在物理层、MAC层、网络层、

传输层定义统一的功能、结构和接口。车联网管理接口负责车联网内部各层间,多种通信协议的融合,提供数据业务的差错控制、资源调度和路由机制等;物理层和MAC层负责车联网底层通信的工作。车辆间通信使用 802.11p^[4] 协议。车路通信使用 2G/3G、WiMAX 等技术来满足长距离车辆与路边设施间的通信。车内传感器使用蓝牙、红外等技术连接;网络层和传输层协议融合底层不同车辆接入方式的数据,把有效负载上传给应用层接口,传输层负责辅助车载

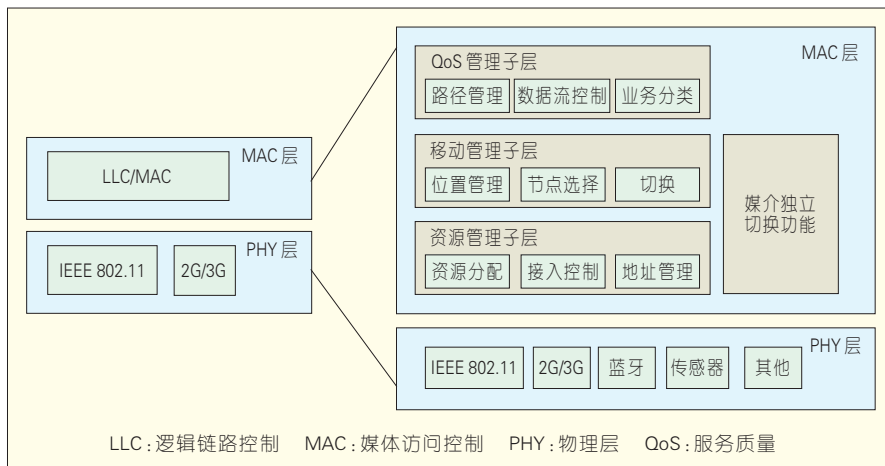
GPS 同步车联网全局时钟和提供高效的路由机制、移动性管理等。协议栈上层为交通安全、数据业务、控制信息提供统一的接口,并支持用户自定义的协议实现后向兼容。

1.3 媒介独立切换功能模块

车联网第二层和第三层协议之间采用媒介无关的切换模块(MIHF),屏蔽车联网底层不同接入方式差异。MIHF 处理从传感器网络、802.11、3G 等不同无线接入方式的数据,由资源管理子层分配信道资源。移动管理子层根据车辆位置信息和周围网络拓扑信息,选择车辆接入点或下一跳数据节点。采用 MIHF 模块的车联网能最大程度保证安全信息的连续性和服务质量,减少切换时延和丢包率。媒介独立切换功能模块如图4所示。

2 车联网多信道 MAC 协议

现有车辆网络采用的多信道协调机制具体为:在控制信道(CCH)间隔,所有车辆节点跳频到控制信道,采用竞争方式进行安全消息的传递和信道协商,并在服务信道(SCH)间隔跳频到预约好的服务信道传递非安全信息。这样虽然能确保车辆节点接受服务信道上的非安全应用又不错过在控制信道上的安全消息,但固定间隔的时隙分割模式的协调机



▲图4 媒介独立切换功能模块

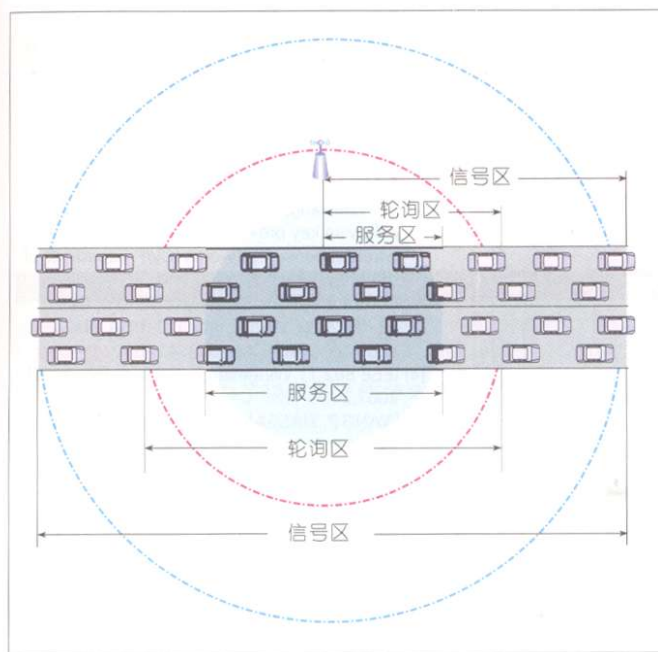


图5
RAMC对周围空间的划分

制对网络的适应性较差。在信道的接入机制方面,竞争接入很难保证安全消息和实时的非安全应用的QoS,并且安全消息缺乏可靠而有效的广播服务。根据车联网特点本文设计两种自适应MAC,分别在有车载单元(RSU)和车辆自组织情况下,提高车联网网络多信道协调机制的灵活性、有效性和安全性。

2.1 基于RSU多信道协作MAC机制

基于路边单元协调的媒体访问控制(RAMC)协议借由路边单元对所有信道资源统一分配,同时满足车辆安全和非安全应用。位于服务范围内的车辆可自由选择服务信道。RSU监听服务信道和控制信道内全部安全消息,周期性在所有信道内向附近车辆广播整合后安全信息简报,实现安全消息的可靠传输前提下非安全应用的高吞吐量。由于多频段设备成本及信道间干扰,一般车载设备使用单频天线,车辆因处于服务信道而没有接收到邻节点安全消息,将导致网络整体安全应用QoS下降。传统多信道协调机制将CCH分割为安全信息交换间隔和控制间隔。车辆须维持在CCH等待周围车辆完成

安全信息交换,在此期间SCH完全空闲,通过牺牲整体信道带宽效率保证安全信息可靠传输。非安全服务若需要一整个间隔传输,则这种MAC机制在交通密集情况时,将无法保障非安全应用QoS^[5]。

RAMC属于集中式多信道协议,依靠多射频RSU协调控制信道和服务信道资源,将时间划分为一个个同步间隔,其长度取决于安全消息最大时延。RAMC进一步将CCH分成非竞争(CFP)和竞争(CP)两个子时隙。在CFP时隙车辆使用轮询方式发送安全消息,最大程度确保安全消息传输;在CP时隙传输诸如服务信息声明、附加的安全消息等。SCH同样分成安全服务(非竞争)和非安全服务(竞争)两个子时隙。出现紧急安全消息时,RSU可以中止SCH正在提供的服务转而广播安全消息。在一个同步时隙内,RSU监控所有在CCH和SCH传输的安全消息;整合、处理收到的信息,在所有信道广播综合安全消息(CSM);向服务范围车辆重播任何紧急预警信息。车辆在服务区内可以自由选择服务信道或控制信道,被RSU轮询时须在当前信道广播状态安全信息;任何时候收到安全应用

请求,车辆必须返回CCH信道。RAMC不要求车辆周期性切换到CCH完成安全消息交互。RSU在全信道广播,使车辆在SCH也能接收到安全信息报告,最终减少车辆在CCH和SCH间的切换次数并提高整体信道利用率。

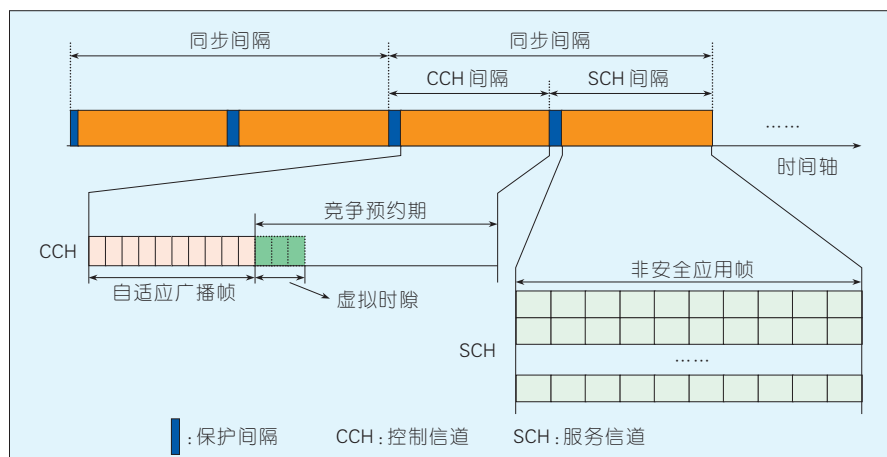
为减少干扰和提高安全消息传输可靠性,RAMC将以RSU为中心按距离分为3个区域:服务区、轮询区和信号区。如图5所示。服务区内车辆既可以在CCH也可以在SCH。同步间隔内车辆发送完安全信息后,可自由选择信道。在轮询区内服务区外车辆只允许在CCH信道与周围车辆交换安全信息。RSU将进入该区域的车辆添加到轮询列表中,此后他们能使用CFP时隙传递安全信息。在信号区内轮询区外车辆只能使用CP时隙发送安全和控制信息,在CFP时隙必须保持静默,以此减少干扰。

综上,RAMC利用多频段RSU监控所有信道的安全信息并广播安全信息简报,在保证安全消息传输前提下,充分利用多信道提高区域内非安全应用吞吐量。对车辆在RSU不同区域行为的划分能有效减少车辆间干扰。相对现有多信道机制,RAMC在高密度城市环境下,对车辆网络性能提升尤为显著。

2.2 基于自适应广播的多信道MAC机制

基于自适应广播的多信道MAC如图6所示。在没有路边单元的情况下,这种MAC机制提供了更安全,灵活性更好的资源非配策略。信道接入时间被分割为相等同步间隔,每个同步间隔包括等长CCH间隔和SCH间隔。CCH间隔又进一步分为一个自适应广播帧(ABF)和一个竞争预约期(CRP)。车辆动态地预约ABF中的一个时隙进行安全消息或其他控制消息的无冲突传递。

为了进行非安全应用,车辆之间



▲图6 基于自适应广播的多信道 MAC

在 CRP 中通过信道协商过程预约下一个 SCH 间隔的信道资源。在 CRP 中采用 CSMA/CA 作为信道接入控制机制。由于 CCH 间隔长度固定,而 ABF 长度动态变化,因而 CRP 的长度依赖于 ABF 的长度。从全局来看,网络中的车辆并非同步地进入 CRP,而这个异步行为可能导致冲突产生。我们在 CRP 中引入虚拟时隙以避免潜在的冲突,作为自适应广播机制来满足高动态车载环境下不同业务的 QoS。CRP 规定了车辆进行信道协商和信道选择的过程。车辆专用多信道 (DMMAC) 中采用的信道协商机制类似于 TMMAC 在 Ad Hoc 交通指示信息 (ATIM) 窗口中的 3 次握手过程,尽管两种协议有着不同的信道选择算法。一对车辆节点需要交换 3 种数据包,即竞争预约期请求 (CRP-REQ)、竞争预约期相应 (CRP-RES) 和竞争预约期确认 (CRP-ACK),以完成一次协商。除此之外,车辆节点还可以利用 CRP-BRD 消息在 CRP 中进行紧急安全消息的广播。车辆传输安全消息、控制消息的广播需在 ABF 中预约一个空闲的时隙作为其专用基本信道 (BCH)。自适应广播机制在没有中心节点的协调情况下,使用基于预约的可靠 ALOHA (RR-ALOHA)^[6] 的一些思想完成动态预约,从而避免由于隐藏终端等问题造成的传输冲突。

自适应广播机制根据网络节点密度调整自己的自适应广播帧长,两跳广播利用车辆的拓扑将紧急安全消息可靠并且有效地广播到两跳范围内,为安全消息提供无冲突、非时延受限的传输,增强 MAC 协议对不同交通密度环境的适应能力,完成安全消息无冲突传递,并一定程度解决交通密度变化和网络拓扑对车辆网络性能的影响,提高整体网络性能。

3 结束语

车联网概念的提出,车路一体化的智能交通方向研究,已经成为“十二五”期间的重点发展内容。对此文章给出车联网的通信架构及其功能模块,针对协调车联网功能模块通信方式,设计了面向安全应用的车联网通信协议栈,并研究车联网底层媒介独立切换功能模块。我们对车联网通信中多信道协调、资源预约和信道分配提出了两种 MAC 机制,并论证这些机制对于提高现有车辆网络安全性能提升和整体网络性能改善是有效的。对于车联网信息通信安全性、不同接入方式融合、异构通信数据的一致性和可行性还有待进一步的研究。

4 参考文献

- [1] ZANG Yunpeng, STIBOR L, WALKER B, et al. A novel MAC protocol for throughput sensitive applications in vehicular environments [C]//

- Proceedings of the 65th Vehicular Technology Conference (VTC-Spring '07), Apr 22-25, 2007, Dublin, Ireland. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2007: 2580-2584.
- [2] HOSSAIN E, CHOW G, LEUNG V C M, et al. Vehicular telematics over heterogeneous wireless networks: A survey [J]. Computer Communications, 2010, 33 (7): 775-793.
- [3] DU Wenliang, DENG Jing, HAN Y S, et al. A pair wise key pre-distribution scheme for wireless sensor networks [C]// Proceedings of the 10th ACM Computer and Communications Security (CCS '03), Oct 27-31, 2003, Washington DC, USA. New York, NY, USA: ACM, 2003: 42-51.
- [4] IEEE 802.11. Wireless local area networks [S]. 2007.
- [5] WANG Z, HASSAN M. How much of DSRC is available for non-safety use? [C]// Proceedings of the 5th ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET '08), Sep 15, 2008, San Francisco, CA, USA. New York, NY, USA: ACM, 2008: 23-29.
- [6] BORGONOVO F, CAPONE A, CESANA M, et al. ADHOC MAC: A new MAC architecture for Ad Hoc networks providing efficient and reliable point-to-point and broadcast services [J]. Wireless Networks, 2004, 10(4): 359-366.

收稿日期: 2011-02-24

作者简介



须超, 同济大学在读硕士研究生; 主要研究方向为车载无线接入协议、资源管理和宽带无线测试。



王新红, 同济大学副教授、博士; 主要研究方向为车载通信、宽带无线通信网络; 已承担国家级基金项目 3 项。



刘富强, 同济大学教授、博导; 主要研究方向为宽带无线通信网络、视频图像处理等; 已承担国家级基金项目 6 项。