

智能网联汽车通信系统设计与实现

Jiling Wang

淄博职业学院 山东淄博

【摘要】 V2X 是智能网联汽车通信系统的核心技术，实现车辆与车辆之间、车辆与人之间、车辆与基础设施之间、车辆与云端之间的数据互联互通，通过信息共享，实现车辆智能决策。本文结合智能网联汽车应用场景需求，对智能网联汽车通信系统进行分析、设计与实现，为智能网联汽车通信技术的应用提供解决方案。随着全球汽车产量和保有量的不断增长，带来的能源、环境、安全、交通拥堵等问题日益凸显。在此背景下，通信、交通、汽车三大产业共同发展，智能化、信息化、低碳化也成为汽车产业公认的发展方向。智能网联汽车不仅是三大产业融合的产物，也是汽车产业本身发展的重要产物。汽车是交通运输的一部分，美、日、欧等国家率先发展智能汽车、智能交通技术和产业，把智能网联汽车和协同交通系统发展上升到国家战略高度。在我国，工信部等部委也在积极行动，正在制定智能网联汽车和智能交通的技术路线图和产业发展战略。

【关键词】 V2X；智能网联汽车；TE-V；专用短程通信

【收稿日期】 2024 年 9 月 25 日

【出刊日期】 2024 年 11 月 28 日

【DOI】 10.12208/j.itss.20240004

Design and Implementation of Intelligent Connected Vehicle Communication System

Jiling Wang

Zibo Vocational Institute, Zibo, Shandong

【Abstract】 V2X is the core technology of an intelligent networked vehicle communication system, enabling data interconnection between vehicles, between vehicles and people, between vehicles and infrastructure, and between vehicles and the cloud. Through information sharing, vehicles can make intelligent decisions. This article analyzes, designs, and implements a communication system for intelligent networked vehicles based on the requirements of intelligent networked vehicle application scenarios, providing a solution for the application of intelligent networked vehicle communication technology. With the continuous growth of global automobile production and ownership, the problems caused by energy, environment, safety, and traffic congestion are increasingly prominent. Against this backdrop, the three major industries of communication, transportation, and automobile are developing together. Intelligence, informatization, and low-carbon have also become recognized development directions in the automotive industry. Intelligent networked vehicles are not only the fusion product of the three major industries, but also an important product for the development of the automotive industry itself. Automobile is a part of transportation. The United States, Japan, and Europe have taken the lead in developing the technology and industry of intelligent vehicles and intelligent transportation, and have promoted the development of intelligent networked vehicles and collaborative transportation systems to a national strategic height. In China, ministries and commissions such as the Ministry of Industry and Information Technology are also taking active action, and are formulating a technical roadmap and industrial development strategy for intelligent networked vehicles and intelligent transportation.

【Keywords】 V2X; ICV; TE-V; DSRC

1 介绍

智能网联汽车是指搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，融合现代通信和网络技术的新一代汽车，能够实现车与车、路、云之间的智能信息交换与共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能。V2X (Vehicle to Everything) 通信技术是智能网联汽车中的关键通信技术，可以实现信息共享、保障协同控制。自 2014 年以来，V2X 技术已成为智能交通领域的研究热点^[1]。

1.1 V2X 技术研究现状

V2X 主要有四个方面，分别是 V2V (车对车)、V2I (车对基础设施)、V2N (车对网络)、V2P (车对行人)。V2X 技术是通过车载通信设备与车辆、人、基础设施、网络之间的数据传输实现的，可以实时采集周边信息到终端，为智能网联汽车提供决策依据。在目前的 V2X 领域研究中，主要有两大技术，分别是专用短程通信技术标准 (DSRC) 和基于 4G/5G 蜂窝网络的 LTE-V 技术。

1.1.1 DSRC 技术研究现状

DSRC 技术的起源可以追溯到 20 世纪 90 年代，它是基于 802.11p 协议及其扩展和延伸的应用场景，应用场景可以分为安全相关的应用场景和非安全相关的应用场景^[2]。DSRC 技术可以在车辆高速行驶时快速识别车辆，为车辆和基础设施提供快速数据流交互功能，具有传输时延小、传输速率高的优点。DSRC 技术是美国 V2X 通信技术的主要研究领域，美国通过 Safety Pilot、M City 等项目验证了 DSRC 技术的有效性，并于 2016 年 12 月发布了 V2V 通信的 NPRM (Notices of Proposed Rules Making)，为 V2V 通信技术的发展提供了建议。

DSRC 技术也存在不足，由于采用基于 CSMA/CA (带冲突检测的载波侦听多路访问) 的接入技术，当本地用户过多时，车辆之间的信道接入竞争会导致系统性能急剧下降，从而带来不可接受的传输时延和可靠性。DSRC 的商业化情景应用也面临困难，主要是由于道路覆盖成本高，以及车辆离开道路后难以继续获得服务。

1.1.2 LTE-V 技术研究现状

LTE-V (Long Term Evolution Vehicle, 长期演进技术) 是汽车通信领域基于 4GLTE 系统的演进技术，作为基于 TD-LTE 技术的车间解决方案。目前

LTE-V 主要有两种工作模式，即 LTEV-Direct 和 LTE-V-Cell^[2]。LTE-V-Direct 模式采用车间直连通信，可以满足车间通信的高可靠、低时延、高速车辆运动等要求；LTE-V-Cell 模式是以蜂窝网络基站作为信息交互中心，通过基站进行控制和协调的集中式工作模式，可以满足高可靠、连续性等通信要求。在实际应用场景中，LTE-V-Direct 技术实现了车间通信，在车辆防撞领域效果显著；LTE-V-Cell 技术可以实现高速、连续的数据传输，LTE-V 具有支持高车速、高数据传输速率、低时延、传输范围广等优势。相较于 DSRC 技术，LTE-V 的部署成本更低，而且目前 LTE-V 可以共享 4G 网络的基站，未来可以平滑过渡到 5G。

2 智能网联汽车通信系统设计

2.1 基于 DSRC 的车联网通信系统设计

为了满足车路协同系统对于低时延、高可靠性通信网络的要求，设计了通信协议框架，其中物理层/MAC 层选用 802.11p 协议、组网技术选用 Ad-hoc 方式、传输层选用非 IP 化的传输层协议。由此形成的车路通信系统能够在高速移动、网络拓扑频繁变化的条件下有效降低通信时延、保证车载网络质量，为 V2X 系统提供可靠、稳定、高效的通信服务。在实现 V2X 通信协议设计后，进行相关协议的嵌入式开发，完成车载单元 OBU、路侧单元 RSU 等硬件终端设备的设计开发及其性能测试验证系统。

2.2 基于 4G/5G 的 LTE-V 车联网通信系统

当前的无线通信系统已经可以支撑绝大部分交通效率等商业应用。而自动驾驶作为车联网的重要场景，尤其涉及到驾乘人员安全、车辆安全等问题，因此对无线通信系统提出了更高的性能要求。为满足这些性能需求，现有的通信系统需要进行改进和优化，主要解决以下关键问题：

(1) 低时延、高可靠。在车联网中，不同类型的应用对于时延的要求不同，车辆碰撞风险越高，对时延的要求就越严格。大部分安全系统的性能取决于人和设备的响应时间，如果消息到达后人和设备来不及响应，主动安全的性能就无法得到保证。安全系统对响应时间的要求非常严格，一般在毫秒级。自动驾驶则更进一步，要求系统不依赖人的控制就能正常运行并避免碰撞。因此在自动驾驶的防撞应用中，车辆之间、车辆与基础设施之间的消息

分发也必须满足低时延的特性。

(2) 高移动性。在车联网场景中,要求支持高速行驶场景,相对速度可能达到 300 公里/小时。同时由于有可能使用 5-6GHz 频段支持车载业务,要求系统支持更大的多普勒频率。为满足高移动性的要求,可以考虑重新设计导频分配、接收机处理等方案,降低多普勒频移对系统接收性能的影响。

(3) 高传输速率、大容量。车联网车云协同理念中的“超视距感知”和“移动云计算”能力,要求车辆在行驶过程中能够实时下载高精度三维地图,车辆根据规划路线和实时地图不断修正行驶轨迹。同时,在自动驾驶中,可能要求驾驶员能够以视频的形式感知周围不断变化的场景(车辆、人、路况等),这对系统传输速率提出了更高的要求,部署的网络应具有足够的覆盖范围和实时带宽。当发生交通事故或者拥堵时,大量车载终端可能并发发送消息,形成“消息风暴”,导致无线通信性能严重下降,因此对系统容量要求非常高。可以考虑采用 Mass MIMO 来提高系统的传输速率和容量,同时在高负载情况下,还应考虑灵活有效的过载控制机制,保证系统的鲁棒性。

(4) 网络架构灵活。随着昼夜及特殊时段车辆密度的变化,车联网系统总的通信带宽、所需空口资源、系统处理能力等都会不断变化。为实现节约资源、节能减排的目标,车联网系统需要支持空口及硬件资源的弹性配置。同时,车联网通信系统可能基于 5G 蜂窝系统频段,或使用新的专用频段,需要能支持多频段配置和使用的网络架构。此外,现有的 DSRC、Wi-Fi、3G/4G 蜂窝网络等均可以支持部分车联网应用,在 LTE-V 车联网系统中,还需要考虑如何与现有的各类网络协同,共同支持各类自动驾驶业务。基于 LTE 的车联网不仅需要满足超高带宽、超高速移动性、互联网业务发展的需求,还需要面对物联网等新兴、多样化的应用需求,车联网中多样化的应用场景和业务需求对网络架构设计提出了很高的设计要求。

2.2.1 核心网络

为了满足车联网的需求,网络需要具有如下水平分层、垂直分域的架构,网络横向包括虚拟资源、虚拟部件、运营管理三层,纵向包括业务网络域和管理编排域。

虚拟组件层完成网络连接、移动性管理等功能,类似传统网元功能。虚拟组件层的实现基础不再是专用的硬件设备,而是基于网络功能虚拟化(NFV)技术实现软硬件解耦的虚拟资源层。虚拟资源层为虚拟组件提供物理计算/存储/交换资源等基础设施,虚拟组件可以分布在多个地理上分散的数据中心。运营管理层完成网络的运营,包括用户/业务签约、计费管理、网络策略调整、网络能力开放等。网络垂直包括业务域和管理编排域,业务域可以是一组公共的网络组件层,也可以是实现不同业务的专用网络切片,比如车联网业务网络。管理编排域 MANO 负责整个业务域组件的管理和编排,包括虚拟组件的分配和调度、性能检测、弹性伸缩等。

车联网虚拟组件层支持 M-MIMO、D2D、多站点协同等创新无线技术,满足车联网需求。设计和优化可以从以下方向考虑:

(1) NFV/MANO。根据业务场景需求对所需网络功能进行灵活裁剪和组网,动态分配和调整网络资源,隔离不同业务场景所需的网络资源,可以满足未来应用场景的第三方网络需求,大大提升用户体验;网络自动化编排包括网元功能的按需编排和业务的按需路由。利用 MANO 技术,通过网络按需创建网络和业务功能,实现网络/服务的自动编排。

(2) 控制与转发组件分离。车联网虚拟组件实现控制与转发分离后,控制面组件负责车联网终端的认证、授权、高速移动、连接管理等,转发面组件负责消息的快速转发。二者可以分开部署,例如控制面可以相对集中,覆盖广泛的地理区域,支持高速的终端移动;而转发面可以分布下沉,与内容分发网络(CDN)服务器一起实现快速分流,解决高带宽、大吞吐量的传输成本和网络时延问题。

(3) V2X 车载终端及路侧终端设备开发

3 设备硬件设计

车载终端和路侧终端设备采用成熟的工业级硬件架构,选择基于精简指令集 RISCARM 微处理器的平台架构,集成 CAN 总线接口,接入 GPS/北斗定位、DSRC 及 LTE-V 通信模块、TCP/IP 模块等。

(1) 具体功能模块包括以下几个部分:

CAN 总线数据采集模块。通过 OBD 接口与车辆内部 CAN 网络连接,该模块可以定期或不定期地获取车辆的总线数据,并传输到主处理模块进行分

析处理,分析出有效信息,包括车辆状态或故障信息,这些数据将作为主动安全预警应用中车辆数据的一部分信息源。

(2) GNSS 定位模块。包括普通导航级定位模块和高精度定位模块。高精度定位模块支持 D-GPS 技术,可将车辆定位精度达到 1m 以内,实现车道级定位。该模块的定位结果数据包括但不限于经度、经度精度、纬度、纬度精度、海拔、海拔精度、航向、航向精度等。这部分信息将作为主动安全预警应用中车辆数据的另一个信息来源。

(3) 近距离通信模块。支持通信标准的射频收发芯片和基带处理芯片,辅以外围电路,车辆可以从空中接口接收消息,这些消息携带周围车辆的位置信息、速度信息、加速度信息、车辆故障状态等,或者携带路侧设备信息的红绿灯状态和剩余时间信息、限速标志、限高标志等。这些信息经过协议栈的分析处理,在主动安全预警算法中作为周围环境信息的主要来源^[3]。

(4) 主处理模块。采用 ARM 的微处理器芯片,具有信息处理、危险情况判断、预警等级决策等功能。该模块综合考虑车辆的 CAN 数据、车辆的 GNSS 数据、DSRC 获取的周边车辆信息、路侧设备信息,判断当前车辆是否存在行驶危险。然后根据危险的严重程度,通过预警模块进行声音和视觉预警。

(5) 预警模块。包括声音预警和图像预警两部分,包括手机预警模块和产品嵌入式预警模块两种。手机预警模块包括手机、Pad 等设备搭载的 APP 程序,通过 Wi-Fi 与主处理模块通信,接收主处理模块发来的预警信息,经过分析后,最终采用合理的 HMI 进行图像预警和音频报警。

(6) 人机交互。完成在软硬件基础平台上实现的各种应用程序和统一的人机交互界面设计。

参考文献

- [1] Li Keqiang, Dai Yifan, Li Shengbo, etc Development Status and Trend of Intelligent Connected Vehicle (ICV) Technology [J]. Journal of Automotive Safety and Energy Conservation, 2017, 08 (1): 1-14.
- [2] Chen Shanzhi, Hu Jinling, Shi Yan, et al. LTE-V2X Internet of Vehicles Technology, Standards, and Applications [J]. Telecommunications Science, 2018, (4).
- [3] Zhang Yaping, Quan Jiangang, Xu Haoyu. Research and Analysis of V2X Test Environment Construction [J]. Automotive Industry Research, 2017, (7): 45-4.
- [4] Zhang, Y., Liao, X., & Chen, C. (2021). A survey on vehicle-to-everything (V2X) communication systems. IEEE Access, 9, 17428-17443.
- [5] Lin, H., Zhou, L., Li, Y., & Bai, H. (2021). Intelligent vehicular communication system for cooperative driving: A review. Journal of Network and Computer Applications, 177, 103015.
- [6] Min, X., & Wang, C. (2020). Intelligent transportation methods and mechanisms for connected vehicles. IEEE Communications Magazine, 58(5), 48-55.
- [7] Zhang, S., Gao, J., Liu, J., Zhang, Y., & Yang, K. (2019). A survey of intelligent transportation systems based on vehicle-to-vehicle and vehicle-to-infrastructure communications. IEEE Access, 7, 131254-131273.
- [8] Li, Z., Wu, W., Sun, L., Zhang, J., & He, Y. (2018). Dynamic cooperation authentication scheme for enhancing security in vehicle-to-vehicle communication. IEEE Access, 6, 58363-58373.
- [1] Li Keqiang, Dai Yifan, Li Shengbo, etc Development Status and Trend of Intelligent Connected Vehicle (ICV)

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS