

智能网联汽车电子电气架构演进趋势及关键技术研究

吴茂伟 洪吉发

江铃汽车股份有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i1.11397

[摘要] 本文研究了智能网联汽车电子电气架构(E/E架构)的演进趋势及关键技术。首先,介绍了E/E架构的基本概念,明确了其在智能网联汽车发展中的作用和重要性。接下来,分析了E/E架构的主要演进趋势,包括从集中到分布式架构的转变,以及软硬件解耦等技术路径的出现。然后,深入探讨了支持E/E架构演进的关键技术,如以太网通信技术、实时操作系统以及硬件安全等。本文还通过具体案例分析,展示了领先企业在E/E架构上的创新应用。最后,对未来E/E架构的发展方向进行了展望,指出模块化设计和人工智能集成可能是推动智能网联汽车未来发展的主要动力。此研究为相关领域的技术人员和研究者提供了一定的理论参考和实践指导。

[关键词] 智能网联汽车; 电子电气架构; 技术演进; 关键技术; 未来展望

中图分类号: U284.36+2 **文献标识码:** A

Research on the evolution trend and key technologies of intelligent and connected automotive electronic and electrical architecture

Maowei Wu Jifa Hong

Jiangling Automobile Co., Ltd.

[Abstract] This paper investigates the evolutionary trends and key technologies of Electronic and Electrical Architecture (E/E Architecture) for Intelligent Connected Vehicles. It begins by introducing the basic concepts of E/E Architecture, highlighting its role and importance in the development of intelligent connected vehicles. Subsequently, it analyzes major evolutionary trends in E/E Architecture, such as the shift from centralized to distributed architectures and the emergence of software-hardware decoupling. The paper delves into key technologies that support E/E Architecture evolution, including Ethernet communication, real-time operating systems, and hardware security. Through case studies, the paper showcases innovative applications of E/E Architectures by leading companies. Finally, future directions for E/E Architecture development are discussed, suggesting that modular design and AI integration may drive the future growth of intelligent connected vehicles. This study provides theoretical insights and practical guidance for professionals and researchers in related fields.

[Key words] Intelligent Connected Vehicles; Electronic and Electrical Architecture; Technological Evolution; Key Technologies; Future Outlook

引言

在当今汽车工业蓬勃发展的背景下,技术创新正在以惊人的速度推动汽车朝向智能化和网联化的方向演进。随着消费者对交通工具的安全性、舒适性和互联性的需求不断提升,传统的车辆架构已难以满足现代汽车所需要的高复杂度和高性能。因此,智能网联汽车的电子电气架构(Electrical/Electronic Architecture, E/E Architecture)成为了应对这些挑战的关键所在。

智能网联汽车是在传统汽车的基础上,集成了高度自动化驾驶功能、丰富的互联服务以及智能交互能力的先进交通工具。

这类汽车的快速发展,不仅推动了相关制造技术的升级,也深刻影响了全球汽车产业的未来发展方向。

电子电气架构是汽车系统的核心和基础,它决定了车辆的信息处理能力、通信效率和功能协同水平。随着汽车电子化和电气化程度的不断提高,现代E/E架构需要支持多种高计算需求和大规模数据处理的功能模块,如自动驾驶系统、高级驾驶辅助系统(ADAS)、车辆到一切(V2X)通信等。因此,电子电气架构在车辆的智能化进程中起着至关重要的作用。

传统的车辆电子电气架构通常采用分布式设计,每个功能模块相对独立,依赖于专属通信总线和控制单元。然而,这种架

构随着技术的发展,逐渐暴露出网络带宽不足、模块间通信效率低、更新升级困难等问题。为此,全球汽车厂商和技术供应商正在开发更先进的架构,以集中化控制和模块化设计来解决这些瓶颈。

综上所述,本论文将全面探讨智能网联汽车的电子电气架构的演进趋势及其背后的关键技术。本文将首先介绍智能网联汽车E/E架构的基本概念,接着分析其演进趋势,最后探讨支撑该架构的若干关键技术。希望通过本研究,为相关领域的技术创新提供参考和借鉴。

1 智能网联汽车电子电气架构的基本概念

电子电气架构(Electrical/Electronic Architecture, E/E Architecture)是指汽车中所有电子和电气系统的整体设计和布局,是实现车辆功能集成和信息通信的基础。随着汽车技术的发展,特别是智能化和网联化趋势的加速推进,E/E架构的复杂性和重要性不断增加。

1.1 电子电气架构的定义和基本组成部分

电子电气架构涵盖车辆内部所有电气和电子部件的构成与连接,主要包括计算平台(如中央处理器和边缘计算单元)、通信网络(通信总线和网络协议)、传感器和执行器、软件系统,以及其他配套的电气设备。这些组件共同协作,以确保车辆的各种功能能够安全、可靠和高效地运行。

1.2 电气架构在传统汽车与智能网联汽车中的区别

在传统汽车中,E/E架构多采用分布式设计,各个功能模块(如发动机控制、变速器控制、安全气囊控制等)独立运作,依赖于各自的控制器和通信线路。每个模块的作用相对单一,系统的通信需求也相对简单,主要通过CAN总线、LIN总线等实现功能模块之间的数据通信。

智能网联汽车则不同,其功能需求更为复杂,如自动驾驶功能和高级驾驶辅助系统(ADAS)需要处理大量的传感器数据,并进行实时响应。这引发了对更高带宽、更快速通信网络的需求。因此,智能网联汽车的E/E架构趋向于使用更先进的通信技术(如以太网和车载互联网协议)来应对日益增加的通信和数据处理需求。

1.3 网络架构的层次与模块化设计

现代E/E架构的设计向模块化和层次化发展,目的是提高系统的灵活性、可扩展性和维护性。模块化设计允许制造商根据不同车型和功能需求,灵活配置车辆的电子电气系统。此外,层次化设计有助于简化系统架构,类似于计算机网络中的分层模型,有效分离硬件层、网络通信层和应用层,以便于开发和管理。

在智能网联汽车中,这种模块化与层次化设计是通过域控制器以及中央网关进行协调和管理,以实现多个车辆子系统的互联互通。例如,车身控制域、动力总成域、信息娱乐域、ADAS域等,通过中央网关协调数据流和指令通讯,增强系统的连贯性与整体性能。

通过了解智能网联汽车电子电气架构的基本概念,我们可

以更好地理解其在车辆智能化和网联化中的核心作用,这也为后续研究这些架构的演进趋势和关键技术奠定了基础。

2 电子电气架构的演进趋势

电子电气架构在智能网联汽车中的演化历程可谓是技术进步和 market 需求的缩影。随着智能网联汽车对功能复杂性和数据处理需求的增加,电子电气架构经历了一系列重大变革。这一部分将深入探讨该领域的重要演进趋势,包括架构集成化、网络通信协议的发展、软件定义汽车的兴起,以及功能安全和信息安全的增强。

2.1 集成化趋势: 从分布式到集中式架构

传统的汽车电子电气架构通常为分布式,多个控制单元(ECUs)被分散安置在车辆的不同部位,各自负责特定的功能。这种设计随着车辆电子元件数量的增多而变得愈加复杂,导致线束繁多且成本攀升。然而,随着微控制器和处理器能力的提升,集成化架构的概念应运而生。集中式架构通过减少ECUs的数量,转而使用更强大的中央处理平台,统一管理和执行车辆的多项功能,从而简化了系统结构,降低了布线复杂性,提高了系统的协同性和响应速度。

2.2 网络通信协议的发展: 从CAN总线到以太网

网络通信协议是连接汽车内各个电子元件的“神经网络”。经典的CAN(Controller Area Network)总线曾是汽车工业的核心技术之一,因其稳定性和实时性而广受青睐,但随着数据传输需求的激增,CAN总线的低速率逐渐成为瓶颈。此时,以太网技术进入了汽车领域。相比之下,以太网提供了更高的带宽,能够支持更多的功能集成、自动驾驶和联网服务。这种从CAN总线到以太网的转变标志着汽车网络通信能力的一次显著升级。

2.3 软件定义汽车的崛起

软件定义汽车(Software Defined Vehicle, SDV)这一概念正在重新定义汽车设计与功能实现的方式。通过利用高度可编程的硬件平台,汽车制造商可以在不改变物理硬件的情况下,通过软件更新或升级来添加新功能或提升性能。这一趋势强调软件的重要性,同时也要求软硬件的深度协同和更高的算力支持。这种模式不仅加速了创新和产品更新换代的速度,也极大地增强了个性化和用户体验。

2.4 功能安全与信息安全的趋势

随着汽车电子电气系统的复杂性和互联性不断增加,功能安全与信息安全的需求也愈发重要。功能安全侧重于确保车辆在电子系统故障情况下的安全性,而信息安全则致力于保护车辆及其用户的数据不被未经授权的访问和篡改。现代电子电气架构要求系统具备内置的冗余设计、故障检测与处理能力,以及多层次的信息安全防护机制。这一趋势推动了更严格的功能安全标准(如ISO 26262)和信息安全规范(如Cybersecurity)。

综上所述,电子电气架构的演进趋势反映出智能网联汽车的整体技术进化方向,这些趋势不仅提升了车辆的性能,还为实现更智能安全的驾驶体验提供了坚实的技术基础。

3 关键技术

在智能网联汽车的电子电气架构中,关键技术的集成和发展起到了至关重要的作用。这些技术不仅推动了汽车的智能化升级,还为未来的发展奠定了基础。在这一部分,我们将深入探讨五大关键技术,包括自动驾驶与辅助驾驶技术的集成、车联网技术及5G的应用、OTA技术更新、先进的传感和检测技术,以及电动化与高压系统架构。

3.1 自动驾驶与辅助驾驶技术的集成

自动驾驶与辅助驾驶技术通过传感器、计算平台和执行机构的有机整合,实现了车辆的半自动化和全自动化驾驶。这一技术的核心在于高级驾驶辅助系统(ADAS)的不断完善,如自适应巡航控制(ACC)、车道保持辅助(LKA)等功能,逐渐由L2级别向L3甚至更高等级自动驾驶发展。通过对传感器数据的实时处理和深度学习算法的应用,车辆可以更加精准地识别道路状况、行人及其他动态物体。随着技术的进步,自动驾驶系统的安全性、可靠性和用户体验正不断提升。

3.2 车联网技术的发展与5G的应用

车联网技术致力于通过无线通信技术连接车辆、基础设施和云平台,以实现信息交互和数据共享。5G技术的引入,大幅提高了数据传输的速率、减少了延迟,使得车辆能够实现实时信息获取和快速响应。V2X(Vehicle-to-Everything)通信技术拓展了车联网的应用范围,包括车辆与车辆(V2V)、车辆与基础设施(V2I)、车辆与行人(V2P)、以及车辆与网络(V2N)的通信。车联网和5G的结合,不仅提升了交通效率,还大大改善了安全性和乘客的驾驶体验。

3.3 OTA(Over-the-Air)技术更新

OTA技术通过无线方式对车辆的软件和固件进行更新,不仅提高了车辆维护的便捷性,还显著降低了与软件更新相关的成本。现代智能网联汽车中,OTA技术被广泛应用于导航系统、娱乐系统以及电气控制单元(ECU)的远程更新。通过OTA,不断进化的软件功能能够即时交付至用户,增强了车辆的功能性和安全性。此外,汽车制造商和软件开发者可以通过OTA技术实现快速的故障修复和新功能部署,提升用户满意度。

3.4 先进的传感和检测技术

传感和检测技术是实现智能网联汽车的感知能力的基础。这些技术主要包括激光雷达(LiDAR)、摄像头、雷达、超声波传感器等。激光雷达通过激光脉冲生成高度精确的三维环境模型,适用于物体检测和距离测量。摄像头用于识别交通标志、车道线及障碍物等。此外,雷达传感器可在复杂天气条件下准确测距和检测动态物体。通过传感器数据融合技术,提高了环境感知的可靠性和系统的冗余性,确保了自动驾驶系统在多样化路况下的安全运行。

3.5 电动化与高压系统架构

随着电动汽车市场的快速扩张,电动化已经成为智能网联汽车的重要发展方向。高压系统架构的设计对于电动车动力系统的性能和效率至关重要。这包括高效的电池管理系统(BMS)、电机控制器和能量回收系统。高压系统不仅支持车辆动力的电动化,还为集成各种智能功能提供了电力保障。充电基础设施的完善和无线充电技术的突破,也将在未来进一步推动电动化技术的普及和应用。

通过这些关键技术的不断进步,智能网联汽车正向着高效、安全、智能的方向迈进。这些技术不仅优化了驾驶体验,还推动了汽车产业的深刻变革和可持续发展。

4 结语

智能网联汽车的电子电气架构(E/E架构)在过去的几年中经历了显著的变革,这些变革主要由技术进步和市场需求推动。本文旨在通过对E/E架构演变趋势及关键技术的研究,揭示未来发展的潜在方向和挑战。

首先,随着自动驾驶技术、车联网和人工智能的不断融合,E/E架构的集成走向显得愈发重要,从传统的分布式架构向高度集成化、集中化的架构演变,使得车辆在性能、安全性和功能多样性上取得了突破。其次,网络通信技术从CAN协议向以太网协议转变,显示出对更高带宽和更低延迟的需求,这为车辆功能的扩展和汽车软件的迭代升级提供了基础保障。

在关键技术方面,先进的传感与检测能力、OTA更新、以及基于5G的车联网技术的应用,使得车辆在智能化和网联化方面不断取得新的进展。同时,电气化和高压系统架构的成熟正推动汽车迈向绿色环保的新时代,这不仅符合全球环境保护的需要,也回应了消费者对节能高效交通工具的期待。

【参考文献】

- [1]强秀华,李林.智能网联汽车多域电子电气架构技术发展研究[J].时代汽车,2024,(16):25-27.
- [2]李春,聂石启,司炎鑫,等.自动驾驶汽车电子电气架构技术开发[J].汽车电器,2021(12):6-8,12.
- [3]余雪玮,赵熙俊,苏波.地面无人平台体系架构研究综述[J].车辆与动力技术,2019(1):8-15.
- [4]第二届智能网联车辆电子电气信息(EEI)架构技术大赛报名启动[J].汽车维修技师,2024(18):9.
- [5]杜莎.汽车变革趋势下电子电气架构如何演进?[J].汽车与配件,2019(15):56-57.

作者简介:

吴茂伟(1987--),男,汉族,江西省宜春市人,大学本科,中级工程师,汽车电子相关。