

基于SOA理念的新型软件定义汽车电子电气架构

孙丰涛 刘伟川 任建平

(珠海广通汽车有限公司, 珠海 519090)

【欢迎引用】孙丰涛, 刘伟川, 任建平, 等. 基于SOA理念的新型软件定义汽车电子电气架构[J]. 汽车文摘, 2024(6): 24-29.

【Cite this paper】SUN F T, LIU W C, REN J P, et al. Software-defined Automotive E/E Architecture Based on Service-Oriented Architecture Concept[J]. Automotive Digest (Chinese), 2024(6): 24-29.

【摘要】为了适应软件定义汽车发展新趋势, 促进汽车电子电气架构变革升级, 阐述了软件定义汽车的驱动关键特征, 深入研究了未来汽车新型电子电气硬件架构, 探讨了面向服务软件架构(Service-Oriented Architecture, SOA)设计理念、分层模型和部署平台。在此基础上, 搭建了软件定义汽车整体技术框架, 并对未来软件定义汽车开发新流程及应用场景进行了探讨, 以为未来汽车全新电子电气架构设计提供技术参考。

关键词: 软件定义汽车; 电子电气架构; 分层模型; 新型架构

中图分类号: U463.6 文献标志码: A DOI: 10.19822/j.cnki.1671-6329.20230207

Software-defined Automotive E/E Architecture Based on Service-Oriented Architecture Concept

Sun Fengtao, Liu Weichuan, Ren Jianping

(Zhuhai Guangtong Automobile Co., Ltd, Zhuhai 519090)

【Abstract】To adapt to new trend of software-defined vehicle development and promote transformation and upgrading of automotive electronic and electrical architecture, this paper delineates the pivotal factors driving software-defined vehicle development and investigates the impending evolution of vehicle electronic and electrical hardware architecture. The paper examines the conceptual framework, hierarchical structure, and deployment strategies of Service-Oriented Architecture (SOA). Building upon these insights, a holistic technical framework for software-defined vehicle is developed, and the study delves into novel development methodologies and potential application domains. This research offers a technical blueprint for the design of future automotive electronic and electrical architectures.

Key words: Software-defined vehicle, E/E architecture, Hierarchical model, New architecture

0 引言

软件定义汽车已经成为汽车行业发展趋势和竞争焦点。汽车行业的演变经历了从机械定义汽车到电子定义汽车, 如今正迈向软件定义汽车^[1]。软件定义汽车是指软件深度参与汽车定义、架构、开发、验证、销售、服务等全生命周期过程中, 不断推动各阶段的改进和优化, 旨在持续提升驾乘体验, 实现汽车价值持续增值。

在此背景下, 汽车产业正面临全面重构, 以硬件为主导的传统汽车正向着以软件为主导的智能移动终端转型。软件定义汽车技术是推动传统汽车升级

为智能汽车的核心, 作为一种全新的整车设计、研发、销售和服务模式, 其将相应地引起整车软硬件技术架构的升级和变革。

20世纪80年代, 汽车工业企业及科研机构开始对智能汽车的软件系统框架开展早期探索^[2]。欧洲、美国和日本等国家和地址发展软件定义汽车技术较早, 形成了先发优势。近年来, 随着我国汽车产业转型升级, 国家高度重视并大力推进软件定义汽车的发展。在各国政策与资本的加持下, 互联网科技公司、信息通信技术 (Information Communications Technology, ICT) 科技公司等科技型公司也纷纷开展软件定义汽车智能座舱、车联网、导航等关键技术研发^[3-6]。

目前车辆架构正朝着以通用计算平台为基础、面向服务架构的方向发展^[7],软件定义汽车与基于服务的软件设计理念成为系统软件设计的基石^[8]。传统汽车电子电气架构已不能够支撑当前的技术挑战及市场需求^[9],未来的汽车电子电气架构必须能够支撑汽车“新四化”的发展^[10]。

当前行业内各主机厂对面向服务的架构(Service-Oriented Architecture, SOA)的开发尚处于初步阶段,并无统一或绝对正确的标准^[11]。本文提出了一种基于SOA理念的新型软件定义汽车电子电气架构,可以为未来汽车全新电子电气架构设计提供技术参考。

1 新型软件定义汽车概述

1.1 软件定义汽车的驱动因素

(1)汽车“新四化”发展需求。汽车将向着电动化、智能化、网联化和共享化的方向快速发展。新能源动力系统、自动驾驶系统、车联网、汽车共享和移动出行,均极大地依赖软件技术的支持与推动。目前,智能座舱、智能驾驶和智能车控已应用于多种车型,软件在其中发挥了至关重要的作用,未来软件在汽车中的比重和价值将会持续提高。

(2)汽车价值链转移。在传统汽车领域,硬件系统的同质化问题限制了差异化的发展。然而,随着车载应用软件增多,软件体系的差异化逐渐成为汽车价值差异化的关键因素,未来软件和服务能力将成为各大车企的核心竞争力。通过空中下载(Over the Air, OTA)技术,车辆可以持续进行功能优化升级,维护和提升品牌价值,促进汽车产业链升级优化。

(3)消费者需求。近年来,汽车消费者的关注焦点逐渐转向体验化、个性化和数字化。汽车不再是单一出行工具,而发展成为个性化体验型产品,软件在这一转变过程中发挥重要作用。传统汽车软件和硬件的高度耦合,限制了车辆功能的持续迭代更新。通过将汽车软件更新与车型发布分离,软件更新与整车系统相对独立,可以对已量产的车辆进行迭代优化,覆盖汽车的整个生命周期,进而满足消费者不断变化的长尾需求。同时,消费者可通过订阅服务实现汽车的个性化配置,进一步提升整体消费体验。

1.2 软件定义汽车架构特征

(1)软硬件解耦。软硬件解耦是软件定义汽车架构最核心的特征。传统汽车软硬件高度耦合,而软件定义汽车则是基于SOA实现车辆的软硬件解耦,从而实现软件可以跨车型、跨平台重复使用,可支持汽车

应用快速开发和持续发布。

(2)系统开放和生态融合。系统开放和生态融合是软件定义汽车架构的显著特征。软件定义汽车架构促使汽车向互通的网联模式转型,满足人-车-路-网-云产业融合、协同发展要求。通过开放系统,汽车能够与智能交通、智能城市和信息娱乐等更多领域深度融合,催生全新的汽车开发创新生态。

2 汽车软硬件技术架构分析

2.1 硬件技术架构

2.1.1 传统分布式电子电气架构

传统汽车的电子电气架构是一种面向信号的架构,采用分布式网络拓扑结构,如图1所示。

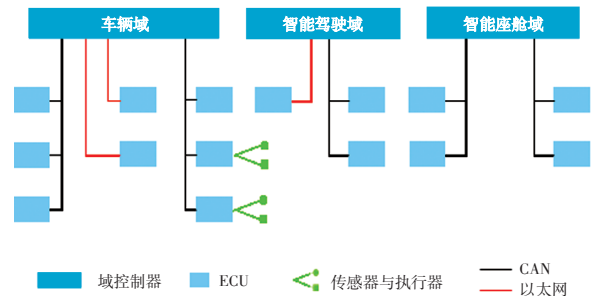


图1 分布式电子电气架构

在汽车电子电气架构中,系统功能通常被划分为多个独立模块,如动力总成、底盘、车身和信息娱乐。各模块控制器的设计与开发均基于其特定的功能需求,控制器之间通过控制器局域网(CAN)和局域互联网络(Local Interconnect Network, LIN)总线传递信息,以实现信息的交流和传递,协调各控制器的运作,确保汽车各项功能正常执行。

传统汽车架构软硬件高度嵌套,当需要在现有架构中增加一项新功能时,需改变与其相关的ECU软件,这增加了系统升级和提升车辆功能的复杂度。对于汽车制造商而言,集成验证新增功能也是一项挑战。特别是在实现较复杂功能时,需要同时开发多个控制器才能完成验证。因此,在传统架构下,很难通过软件定义汽车新功能,硬件之间难以形成较强协同性,汽车软件的可复用性差,OTA升级能力较弱,难以满足未来智能汽车的发展要求。

2.1.2 跨域集中式电子电气架构

目前,汽车制造商已经开始研发和应用新型电子电气架构。跨域集中式电子电气架构已经成为一种典型的发展趋势。如图2所示,在该架构中,整车功能被划分为若干个功能域,例如车辆控制域、智能驾驶域以

及智能座舱域。每个功能域都配备了相应的域控制器,部分域控制器可负责2个或2个以上的功能域集中控制,进一步提高了集成化程度以及传统架构性能。

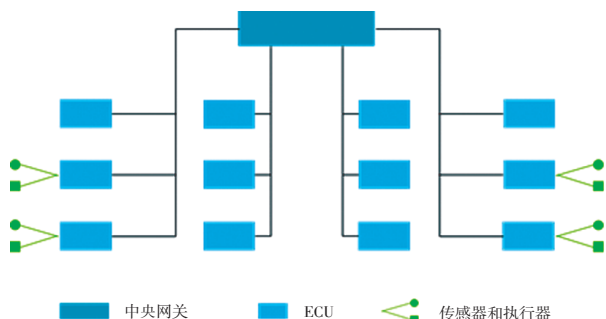


图2 跨域集中式电子电气架构

2.1.3 新型中央集中式电子电气架构

为了满足汽车产业“新四化”发展的更高标准,新一代电子电气架构必须满足高性能计算需求,实现车载算力高度集中,具备多源算力分配、多核处理多任务的能力。其可以提供开放式软件平台,实现真正意义上的架构软硬件解耦,为“软件定义汽车”奠定基础。

新型中央集中式电子电气架构摒弃了按照功能部署的传统方式,见图3,中央计算平台作为最高决策机构,可以调用各层资源,直接面向应用和服务。然而,若所有传感器和执行器都接入中央计算平台,平台需要支持的接口过多,同时汽车线束也会相应增多。为了简化通信并减少线束,可以按照就近接入和供电原则,围绕中央计算平台依据物理位置划分区域。根据汽车的地理位置划分区控制器,充当网关的作用,负责分配数据和电力。对于一些时延敏感的功能,区控制器可以就近集成部分控制功能,以优化响应速度和系统效率。

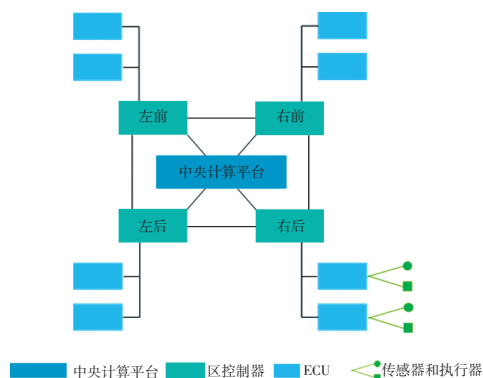


图3 中央集中式电子电气架构

2.2 软件技术架构

2.2.1 SOA设计理念

SOA架构开发是整车企业未来必须掌握的关键

核心技术。SOA设计理念是将车端的不同功能以及相应硬件的能力划分为服务,对不同服务组件的接口进行标准化封装。通过既定的协议,服务可以相互访问和扩展组合。整车制造商可以将智能汽车原生能力封装为标准化的服务接口,并以服务的形式供应用层调用,实现资源的充分共享。应用层可以在不同的车型上实现复用,同时基于标准化服务接口,可以实现新功能的快速迭代和更新。因此,借助SOA架构设计,并结合未来新型集中式电子电气架构,为实现软件定义汽车奠定坚实基础。

2.2.2 汽车SOA软件分层模型

如图4所示,在面向服务的架构中,需要对服务进行分层设计,至少包括原子服务、组合服务和应用服务。

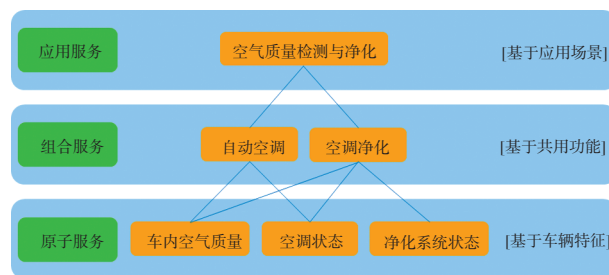


图4 汽车SOA软件分层模型

(1)原子服务是SOA中的最小服务单元和单一执行实体(如传感器、执行器),是对底层逻辑的封装,是架构中可通用、可复用的功能单元,不具有再拆分的价值^[2]。原子服务为应用提供单一功能服务接口,一次开发可多次重用,构成了SOA架构中的底层基础结构。例如,将车内空气质量传感器、空调执行器的基本接口封装为原子服务,并将车内空气质量参数、空调和空气净化系统状态等封装为原子服务,为上层服务架构提供支持。

(2)组合服务由多个原子服务组合而成,组合服务可以访问和调用原子服务,扩大业务范围。通过组合服务,可实现某种策略或控制逻辑,例如根据原子服务层车内空气质量参数评估车内空气质量。

(3)应用服务基于原子服务和组合服务,旨在为智能汽车提供多场景下的整车服务、应用功能,并优化用户体验。原子服务和组合服务的设计侧重于架构的灵活性和可复用性,而应用服务则专注于实现具体功能和优化用户体验。例如,在实现车内空气质量检测和自动净化功能的应用服务时,系统会在检测到车内空气质量下降时自动触发响应机制,如开启空调外循环和启动空气净化系统,从而确保车内持续保持

较高的空气质量。

2.2.3 SOA 服务接口

SOA 服务的能力和特征由其服务接口定义^[13]。服务接口是一种通信内容定义,通过定义 SOA 服务接口,可以将服务从功能架构过渡到软件技术架构,其决定服务之间的动态数据交互以及业务逻辑的行为和能力。接口定义独立于通信协议,其建立了 2 个服务间的通信机制。SOA 服务具有定义明确的可调用接口,通过配置服务映射关系,按照定义调用相关服务,可以形成业务流程。因此,服务接口定义构成 SOA 架构设计的关键部分。

2.2.4 SOA 汽车软件部署平台

随着新型集中式电子电气架构的发展和应用,新架构将成为部署 SOA 设计的最佳选择,其主要原因如下。

(1)新架构平台可以搭载汽车开放系统架构(Automotive Open System Architecture, AUTOSAR)中间件。应用软件可以直接调用公共标准接口,消除了应用软件针对不同操作系统接口的适配或变更需求,实现真正意义上的 SOA“软硬分离”特性。

(2)新架构域控制器平台间可以通过以太网进行数据传输,其高带宽特性可助力实现 SOA 的跨域协作。

(3)新架构平台具备多线程、高算力以及可在多核处理器上并发运行的优点,能够处理大量边缘触发型数据。

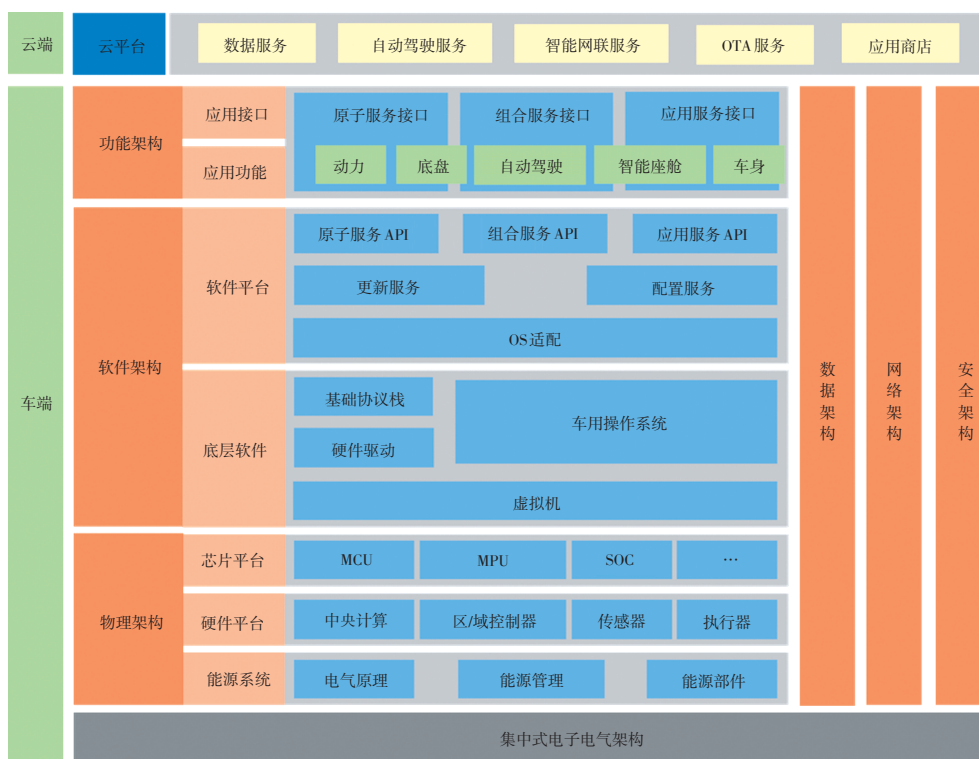
因此,基于域控制器的集中式电子电气架构和车载以太网的车载网络,可以满足软件定义汽车对信息处理计算能力、网络带宽的新需求,实现高算力支持,促进软件应用持续升级^[14]。

3 新型软件定义汽车的开发与应用

3.1 软件定义汽车整体技术框架

新型软件定义汽车整体技术框架呈现为“四横三纵”布局,如图 5 所示。

新型整体技术框架横跨功能架构、软件架构、物理架构和集中式电子电气架构,纵贯数据架构、网络架构和安全架构。子架构之间互相依赖、协同运作,共同构成新型软件定义汽车宏观电子电气架构。



注:应用程序编程接口(Application Programming Interface, API),操作系统(Operating System, OS),微控制单元(Micro Controller Unit, MCU),微处理器(Micro Processor Unit, MPU),系统级芯片(System on Chip, SOC)。

图 5 新型软件定义汽车整体技术框架

功能架构包括动力系统、底盘系统、智能驾驶、智能座舱和车身各功能区域的应用接口以及应用功能,是用户功能的关键实现载体。功能架构着重于满足

用户需求,提供具体细化的解决方案,实现相应功能,主要包括用户功能方案设计、子系统划分、逻辑组件划分和接口关系定义。

软件架构借助软件模块实现上层功能需求,即通过软件实现上层功能架构中已明确的用户需求解决方案,主要包括代码服务定义、操作系统定义、OS适配、中间件协议栈、硬件驱动和虚拟机。

物理架构借助传感器、执行器和ECU等电子电气物理载体实现子架构的约束需求,使功能逻辑实例可执行,即通过电子电气硬件连接,实现数据传输、信息交互,将用户场景需求实体化。

在新型集中式电子电气架构下,物理架构的核心在于区域控制器,通过区域整合,原本分散的汽车硬件可以实现信息交互和资源共享,软件可升级,硬件可进行功能扩展。

数据架构的核心在于挖掘车辆数据,释放和充分发挥数据价值,主要包括数据采集、数据处理和数据应用等。

网络架构借助CAN、LIN、FlexRay、5G和以太网等信息传输技术实现各电子单元之间的交互,进而实现功能需求,网络架构贯穿于功能架构、软件架构和物理架构中。

安全架构借助整车级、系统级安全技术确保整体架构的安全性,主要包括功能安全架构和网络安全架构,安全架构同样贯穿功能架构、软件架构和物理架构中,保障整体安全性。

上述子架构共同构成了新型软件定义汽车整体技术框架。在“四横”布局中,集中式电子电气架构为基础技术平台,为其他架构提供基础。软件架构在横向布局中则发挥了关键的承接作用,向下为物理架构建立统一的底层软件平台,向上为功能架构建立应用软件平台,提供可复用的应用软件支撑。在“三纵”布局中,数据架构纵贯功能架构、软件架构和物理架构,实现车辆数据价值挖掘和释放。网络架构同样贯穿功能架构、软件架构和物理架构,实现跨层间的信息交互。安全架构则为其他架构提供安全保障。

3.2 新型软件定义汽车开发

3.2.1 开发流程与模式

相比传统汽车,软件定义汽车的开发流程具有以下3个方面的明显不同。首先,软件开发在整车开发中的比重将显著增加,采用软硬件并行开发的方式,实现了相互解耦、高效协同。在开发的各个阶段,软件都可以即时发布,不必依赖硬件。其次,硬件开发在车企平台基础上,进一步实现架构化,以便在共用零部件的同时,实现开发设计过程中的通用方法。最后,软件定义汽车采用闭环开发模式,根据用户的个

性化需求指导新功能或新车型开发,借助OTA技术实现功能的持续迭代和更新。

传统汽车一般遵循V型开发模式,无法满足软件定义汽车快速更新迭代的需求。而软件定义汽车开发模式为首先进行整车系统解耦,对各子系统开展需求分析,然后根据系统需求分析,进行并行开发和持续集成,最后完成发布。新开发模式使整车开发贯穿于汽车产品全生命周期。

3.2.2 软件定义汽车应用场景

软件定义汽车使整车场景更加智能化、体验化和个性化,在智能场景中,车、云和人得到有机结合,以下是3种典型应用场景。

(1)自动驾驶场景:软件定义汽车将为自动驾驶提供技术支撑。独立于硬件的软件可以进行快速的迭代和升级,自动驾驶应用的新算法、新增功能可以直接更新到汽车上,推动自动驾驶系统持续完善和进化,加速高级别自动驾驶应用落地。例如:消费者在购车时若选择安装自动驾驶功能包,可以通过OTA软件升级持续提升车辆自动驾驶能力。当车企研发出新的智能召唤功能或针对特定极端工况更新了自动驾驶算法,这些新功能和算法均可以通过OTA快速升级到车辆中。

(2)智能网联场景:随着车用无线通信(Vehicle to Everything, V2X)技术的快速发展,软件定义汽车将不再是信息孤岛,而是人、车、路、网、云互联的产业生态。例如:汽车的控制功能将不局限于汽车本身,可实现与智能家居产品的互联互通。消费者可以通过车机系统或车辆语音指令提前控制家中的空调、扫地机器人等设备,享受舒适的家居环境。在家中,也可通过智能音箱语音指令查询车辆状态,实现车辆与家居的智能互动。

(3)智能交互应用:基于软件定义汽车,开发者可通过调用原子服务实现多样化场景应用。如图6所示,汽车一键休憩服务允许车主通过APP、按键或语音控制发送指令,汽车将自动调整车内环境至休憩模式,如关闭车窗、打开遮阳帘、调节氛围灯、将座椅调整到舒适休息位置。

随着智能汽车应用的不断丰富,汽车应用商城将对应用进行分类,用户根据个人需求在应用商城订阅服务,实现个性化用户体验。

3.3 软件定义汽车应用场景

(1)智能驾乘体验:基于智能底盘传感器信息,车辆可以获取车辆当前运动工况。通过软件对底盘控

制进行优化,可以显著提升乘坐舒适性。此外,还能够引入更多创新的驾驶体验,例如坦克调转行驶方式、汽车90°横移等。

(2)用户自定义场景模式:软件定义汽车允许用户根据个人喜好自定义场景模式,以满足个性化的需求。例如,用户可以自定义影院模式,在该模式下,座椅、空调、氛围灯、娱乐系统将自动执行用户的预设设置。用户也可以自定义洗车场景模式,在该模式下,汽车可以自动执行提醒天气状况、自动关闭车窗、关闭天窗、折叠后视镜等一系列自定义动作,以简化洗车流程。

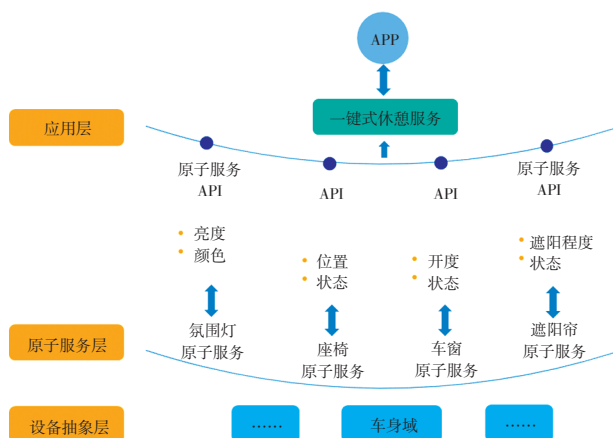


图6 智能交互应用实例

(3)后市场应用场景:软件定义汽车的新模式也将为后市场带来创新应用场景,为用户提供更全面的车辆后市场服务和其他拓展服务,例如智慧城市、智慧充电、智慧停车等出行服务,车载社群、车载游戏等生态服务。

4 结束语

软件定义汽车已成为汽车产业发展的必然趋势,其传统的架构迫切需要创新与升级。本文对新型汽车架构的关键特征进行了深入分析,并对未来新型软件定义汽车的硬件技术架构和软件技术架构进行了详细探讨。在此基础上,搭建了一个新型软件定义汽车整体技术框架,并对软件定义汽车的开发流程和可

应用场景进行了研究。

软件定义汽车将引领汽车产业迈向新的发展阶段。未来汽车将具有更高的可持续性和环境效率,实现更高级别的自动驾驶能力,并在整个生命周期中持续进化。未来汽车将提供更多服务、功能、体验和應用,推动人-车-路-网-云万物互联的产业生态。

参 考 文 献

- [1] 王馨,郁淑聪,李亚楠. 浅析软件定义下汽车行业结构的变化与影响[J]. 时代汽车, 2022(3): 10-12.
- [2] 栾辉,刘聪. 基于面向服务架构的软件开发方法研究[J]. 北京汽车, 2022, (2): 43-46.
- [3] 缪立新,王发平. V2X 车联网关键技术研究及应用综述[J]. 汽车工程学报, 2020, 10(1): 1-12.
- [4] 张玉新,何文钦,陈虹,等. 自动驾驶汽车安全技术专利分析综述[J]. 中国科学: 信息科学, 2020, 50(11): 1732-1755.
- [5] 冯远洋,孙锐,王洪艳,等. 汽车智能座舱发展现状及未来趋势[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(17): 201-206
- [6] 赵明妹. 车载导航到自动驾驶电子地图发展综述[J]. 测绘通报, 2023(6): 6-10+92.
- [7] EPAM. Decoupling Hardware from Software in the Next Generation of Connected Vehicles[R]. 2018.
- [8] 邹渊,孙文景,张旭东,等. 智能网联汽车多域电子电气架构技术发展研究[J]. 汽车工程, 2023, 45(6): 895-909.
- [9] 金劭南,高仕宁,李超,等. 面向SOA的E/E架构设计数智化转型实践[J]. 汽车文摘, 2024(3): 31-38.
- [10] 张政. 车辆电子电气架构演进趋势研究[J]. 汽车文摘, 2021, (12): 29-33.
- [11] 吴浩,杨华,雷永富,等. 一种面向SOA架构适应性功能设计与实现方法[J]. 汽车电器, 2023(1): 61-63.
- [12] 刘佳熙,施思明,徐振敏,等. 面向服务架构汽车软件开发方法和实践[J]. 中国集成电路, 2021, 30(Z1): 82-88.
- [13] 鲁涛. 基于SOA面向服务架构的正向开发方法在汽车中的应用研究[J]. 装备制造技术, 2021(12): 147-151.
- [14] 孟天闯,李佳幸,黄晋,等. 软件定义汽车技术体系的研究[J]. 汽车工程, 2021, 43(4): 459-468.

(责任编辑 梵玲)