

智能网联汽车新型电子电气架构标准化

需求研究

目录

前言.....	II
1 智能网联汽车新型电子电气架构概述.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究范围.....	2
1.3 研究目的.....	3
2 新型电子电气架构的发展现状.....	3
3 新型电子电气架构关键技术分析.....	8
3.1 概述.....	8
3.2 功能架构.....	9
3.3 软件架构.....	11
3.4 物理架构.....	19
3.5 数据架构.....	21
3.6 网络架构.....	21
3.6.1 网络拓扑.....	22
3.6.2 网络通信协议.....	25
3.6.3 网络通信矩阵.....	26
3.7 安全架构.....	27
3.7.1 功能安全架构.....	27
3.7.2 网络安全架构.....	29
4 智能网联汽车新型电子电气架构标准化路线.....	30
4.1 标准现状.....	30
4.1.1 功能架构.....	30
4.1.2 软件架构.....	30
4.1.3 物理架构.....	31
4.1.4 数据架构.....	32
4.1.5 网络架构.....	33
4.1.6 安全架构.....	36
4.2 标准化需求分析.....	38
4.2.1 功能架构.....	38
4.2.2 软件架构.....	38
4.2.3 物理架构.....	40
4.2.4 数据架构.....	40
4.2.5 网络架构.....	40
4.2.5.1 网络通信协议.....	40
4.2.5.2 网络通信矩阵.....	41
4.2.6 安全架构.....	41
4.3 标准化路线图.....	42

前言

国家发改委、科技部等 11 个部委联合发布的《智能汽车创新发展战略》中提到智能网联汽车的战略任务需突破“新型电子电气架构”等基础前沿技术。智能网联汽车的电动化、网联化、智能化、共享化发展需求对整车电子电气架构提出了新的挑战。新型电子电气架构作为智能网联汽车基础支撑与关键共性技术的集中体现，必须支撑汽车“四化”的快速发展，因此新型电子电气架构的标准化研究势在必行。

本研究报告集合行业主流技术供应商及车企，通过对行业发展、关键技术、发展、国内外标准进行分析，提出了新型电子电气架构的标准路线，为下一步国家标准制定和产品准入提供参考。

在本研究报告编制过程中，各起草单位参阅了大量资料，并借鉴了行业的部分素材，鉴于篇幅有限，这里不一一列举，仅作诚挚的感谢！

在此，再次衷心感谢参与研究报告编写的各个单位和组织：中国汽车技术研究中心有限公司、舍弗勒智能驾驶科技（长沙）有限公司、一汽解放汽车有限公司、华为技术有限公司、东风汽车集团有限公司技术中心、金龙联合汽车工业（苏州）有限公司、国汽智控（北京）科技有限公司、北汽福田汽车股份有限公司、中兴通讯股份有限公司、紫光国芯微电子股份有限公司、华人运通（江苏）技术有限公司、大陆投资（中国）有限公司、长城汽车股份有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司、泛亚汽车技术有限公司、大众汽车（中国）投资有限公司、北京百度智行科技有限公司、博泰车联网科技（上海）股份有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、北京万集科技股份有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、东风商用车有限公司、维克多汽车技术（上海）有限公司、浙江吉利新能源商用车集团有限公司。

主要编写人：韩光省、张路、姜兆娟、张丽波、孙航、马涛、吴含冰、范志容、张朋、李春、黄小云、张立峰、陈晓、何明、王康、薛选峰、王俊红、赵晶、王静、叶圣伟、金磊、孙琬、程周、时红仁、张兆龙、孙江辉、李玉珂、韩冬阁、张正琴、刘壮、矫莉、周铮、郑方、丛炜、彭伟、李明辉、李玉鹏、周正阳、张晓亮、华一丁、徐梅、刘建峰、乔璐峰、张瑜、王颖鑫、顾海雷。

1 智能网联汽车新型电子电气架构概述

1.1 研究背景

电子电气架构（EEA, Electronic/Electrical Architecture）是集合整车电子电气系统功能需求分析、系统方案设计、网络架构设计、子系统功能开发、整车电气原理及线束拓扑设计等内容为一体的顶层规划工作，是一种将整车动力驱动、底盘转向、娱乐信息、车身电气等用户功能转化为系统策略、网络数据、容错诊断、能量管理、电源分配、物理布局等具体实现的电子电气系统解决方案。

随着汽车智能化、网联化程度的不断加深，汽车电子电气架构也将随之迎来相应的变化升级。图 1-1 给出了汽车电子电气架构的发展历程和未来趋势，通过分析可知，电子电气架构遵循着分布式向域集中式、中央集中式逐渐演进的过程。

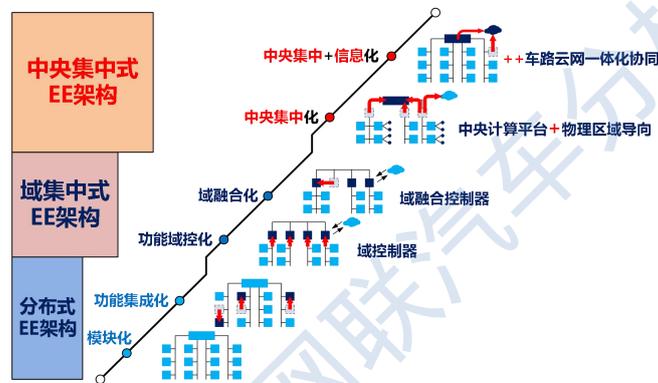


图 1-1 电子电气架构发展历程及趋势

传统的汽车电子电气架构是一种分布式网络拓扑结构，根据汽车功能划分成不同的控制器和网段，如动力总成、信息娱乐、底盘和车身等，每个控制器的设计都基于特定的功能需求展开的，控制器之间主要通过 CAN/LIN 总线传递彼此间的信息，以此来实现整车的功能。

然而，在分布式电子电气架构中每增加一个功能，很大程度上就需要增加相应的控制器和通讯信号，控制器扩展计算能力不足、整车总线负载率高、通信带宽不足、软件升级困难等瓶颈效应显现。智能网联汽车的电动化、网联化、智能化、共享化发展需求对整车电子电气架构提出了新的挑战。汽车电子电气架构必须支撑汽车“四化”的快速发展，为此必须满足的基本需求包括高计算性能、高通讯带宽、高功能安全性、高信息安全性、软件持续更新等。随之而来的域集中式电子电气架构将多个控制器的功能进行集中化与区域控制化，形成整车由 3~5 个域控制器主控，采用实时操作系统，软件采用分层解耦化设计，具备远程软件升级功能，后期甚至出现 2~3 个域控制器的融合方案。

为满足智能化新阶段的高级别自动驾驶需求，车路云网一体化协同下的智能网联汽车要求下一代电子电气架构在车载算力集中、车路云多源算力分配、时间敏感关键信息流、多核多任务软件架构等方面提供相应的技术支撑能力。目前已见雏形的以中央计算大脑为核心的中央集中式电子电气架构将为此提供基础技术平台。

2020 年，国家发改委、科技部等 11 个部委联合发布的《智能汽车创新发展战略》中提

到智能网联汽车的战略任务需突破“新型电子电气架构”等基础前沿技术。因此，作为智能网联汽车基础支撑与关键共性技术的集中体现，新型电子电气架构的标准化势在必行。

1.2 研究范围

基于上述研究背景，项目组在行业内积极开展广泛的调研工作，对目前国内外整车企业的电子电气架构研发现状进行了深入的调研和分析。项目组认为分布式电子电气架构体系已经成熟完备，并不具备向上支撑能力，因此，无标准化的意义与必要性。目前国内大部分整车企业处于域集中式电子电气架构研发阶段，但其尚未形成标准化的研究成果，少数整车企业已经开展了中央集中式电子电气架构研究，但成熟度比较低。因此，本项目开展智能网联汽车新型电子电气架构标准化需求研究对象主要包括域集中式电子电气架构和中央集中式电子电气架构。

域集中式电子电气架构(Domain Centralized Electronic/Electrical Architecture)是基于域控制器的电子电气架构，域控制器具有强大的硬件计算能力和丰富的软件接口支持，使得更多核心功能模块集中于域控制器内，系统功能集成度得以提高，整车的功能一般分为动力控制域，底盘控制器域、车身与智能座舱控制域，自动驾驶控制域等，其架构如图 1-2 所示。

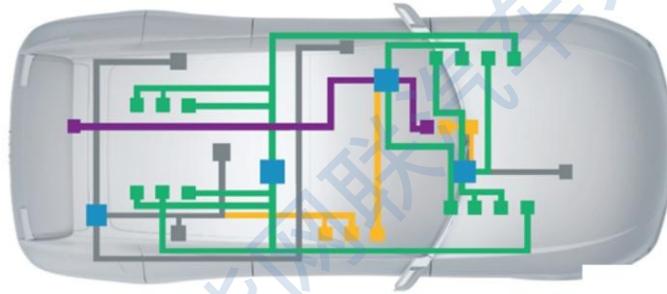


图 1-2 域集中式电子电气架构（来源于网站）

该架构主要能实现面向服务的体系架构（SOA），从而实现了区别于分布式架构的基于信号的驱动，这种面向服务的架构由于域控制器 DCU 集成了整车层级的软件，整车集成度得以提高，使得远程升级变得更加方便，实现了软硬件分离，单个 ECU 的作用被弱化，复杂的数据处理和控制在统一安排在核心处理器中，ECU 更多的是在执行 DCU 的命令；以太网作为骨干网，通讯速率得以显著提升；域内算力集中，实现了资源的更高效利用。同时，传感器模块不再需要与具体某个 ECU 相对应，从而零部件得以进行标准化生产。

中央集中式电子电气架构（Brain Centralized Electronic/Electrical Architecture）是基于中央计算大脑的电子电气架构，该架构提供开放式软件平台，实现了真正意义上的软硬件解耦，也为将来“软件定义汽车”奠定了基础，可以实现云计算，从而提高整车安全性，其架构如图 1-3 所示。

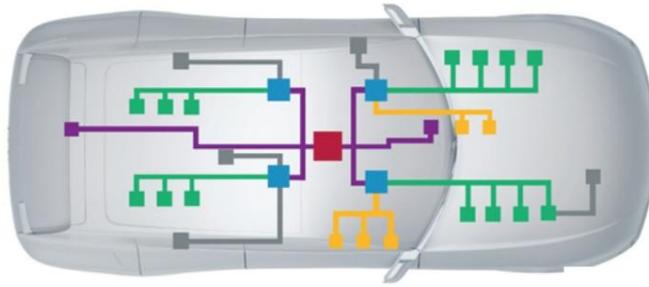


图 1-3 中央集中式电子电气架构（来源于网站）

在该架构下，中央计算大脑满足了整车的高性能计算、算力高度集中、具有实时操作系统（RTOS）；高通信宽带，满足高数据通讯需求；实现集中式电子电气架构下功能安全以及远程刷写、远程车辆控制信息安全；更便利的 OTA，在车辆整个生命周期内，让用户持续体验新功能，不改变硬件，提升车辆性能，提高用户满意度。

1.3 研究目的

本项目旨在从国内外行业技术发展现状及趋势、国内外标准现状等方面出发，研究面向支撑智能网联汽车发展的新型电子电气架构的标准化需求，提出相关的标准化路线与指导建议，制定一套新型电子电气架构标准基础技术体系，为行业制定出适应全新阶段下智能网联汽车发展的新型电子电气架构标准技术框架，加快推动我国智能网联汽车的研发和产业化。

2 新型电子电气架构的发展现状

本项目研究从整体方案、系统组成、技术特点等方面开展国内外企业在新型电子电气架构技术领域的调研分析工作，并对行业内新型电子电气架构发展现状进行了研究。

一汽解放规划并计划实施的下一代电子电气架构采用如图 2-1 所示的新型网络架构平台。该平台采用基于中央网关的跨域集中式电子电气架构方案，将整车功能划分为 5 个功能区域，分别为动力域、底盘域、智驾域、舒适域和信息域。并设计 3 个域控制器、2 个跨功能域的控制域，其中动力底盘域控制器实现动力系统和底盘系统功能的协调控制，智能座舱域控制器实现舒适系统和信息系统的协调控制。

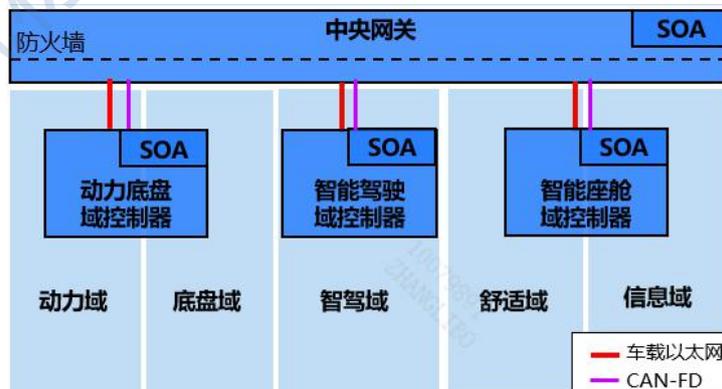


图 2-1 一汽解放网络架构平台示意图

东风岚图在最新研发的新能源车型上采用中央集中式电子电气架构平台化方案，设计了

基于一个中央大脑加四个区域控制器，并且与云端连通，形成车云一体化解决方案，如图 2-2 所示。整个方案包括网络架构平台、异构硬件平台、通用底层软件平台、应用软件平台和第三方开发者平台。方案中具有三个基础平台：硬件平台、软件平台和第三方开发者平台，通过构建一个架构平台加三个基础平台，打造基础的软硬件分离平台，支持应用软件复用与快速迭代。中央大脑的物理形态，由 Board-1 和 Board-2 组成，Board-1 主要承载智能驾驶域的功能，Board-2 主要承载智能座舱、动力等功能，实现了高度中央集成化。

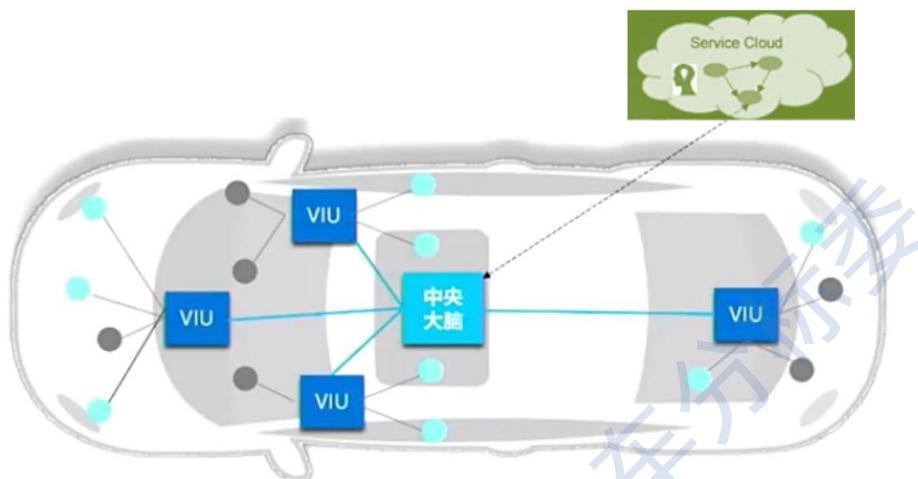


图 2-2 东风岚图中央集中式电子电气架构

长城汽车新一代 GEEP3 网络架构平台示意图如图 2-3 所示。GEEP3 平台采用基于中央网关的域集中式电子电气架构方案，包含 4 个域控制器，分别为动力域控制器、自动驾驶域控制器、车身域控制器和信息娱乐域控制器。

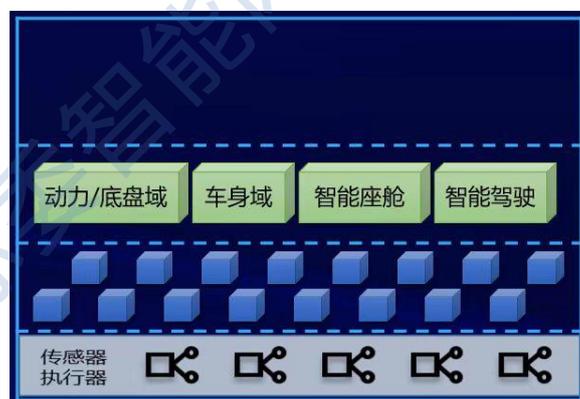


图 2-3 长城 GEEP3 的网络架构平台示意图

大众 ID3 车型上搭载了 MEB 平台的 E3 电子电气架构，如图 2-4 所示。该架构是由 3 个车辆应用服务器（ICAS, In-Car Application Server）组成的域集中式电子电气架构，具体包括：车辆控制服务器 ICAS1、智能驾驶服务器 ICAS2 和信息娱乐服务器 ICAS3。通过 ICAS 这种大型域控制器，逐步将本域的其他 ECU 的软件功能（如智能传感器 Smart Sensor 的一些功能 Applications，以及基础软件 Basic Services）逐步向 ICAS 中转移，直到其他 ECU（本域的传感器和执行系统）慢慢被合并。

A new approach to enable updatability & upgradability

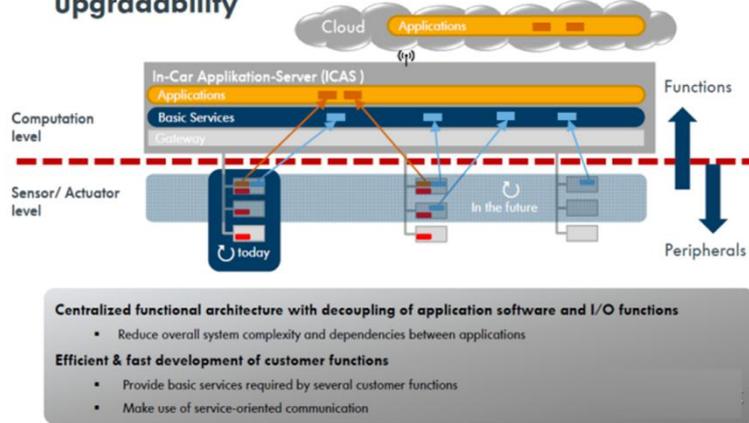


图 2-4 大众 MEB 平台 E3 架构（来源于网站）

E3 网络架构的骨干网采用车载以太网，如图 2-5 所示。其中的车辆控制服务器 ICAS1 需要更多 DMIPS 算力，因此除了提供 MCU（Micro Controller Unit）外，还有一个多核 ARM 作为 MPU（Micro Processor Unit）。

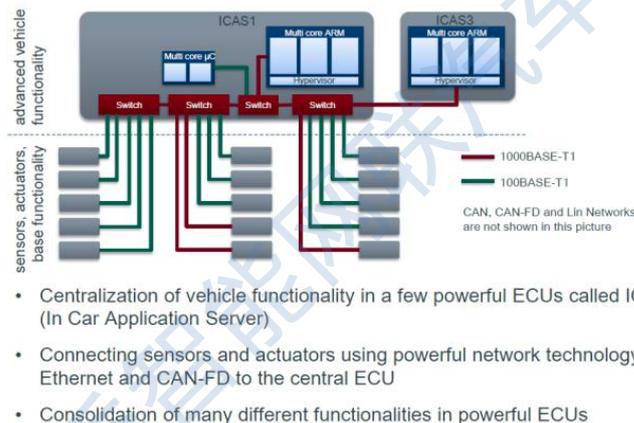


图 2-5 E3 架构中车控域控制器（ICAS1）与智能座舱域控制器（ICAS3）的连接示意图（来源于网站）

大众汽车为了加速自动驾驶技术的应用，组建了庞大队伍自主开发汽车操作系统 vw.OS。vw.OS 采用的是基于 Adaptive AUTOSAR 面向服务的软件架构，其中，中央集中式软件参考架构如图 2-6 所示。大众新一代电子电气架构的设计特点主要有：采用高性能处理器、高速车载以太网总线；兼容 POSIX 的内核（Linux/QNX 等）Linux + Adaptive AUTOSAR 操作系统；应用软件和 I/O 功能解耦，减少整个系统的复杂性和应用之间的依赖性；高效、快速地开发用户功能；采用面向服务的通信机制。

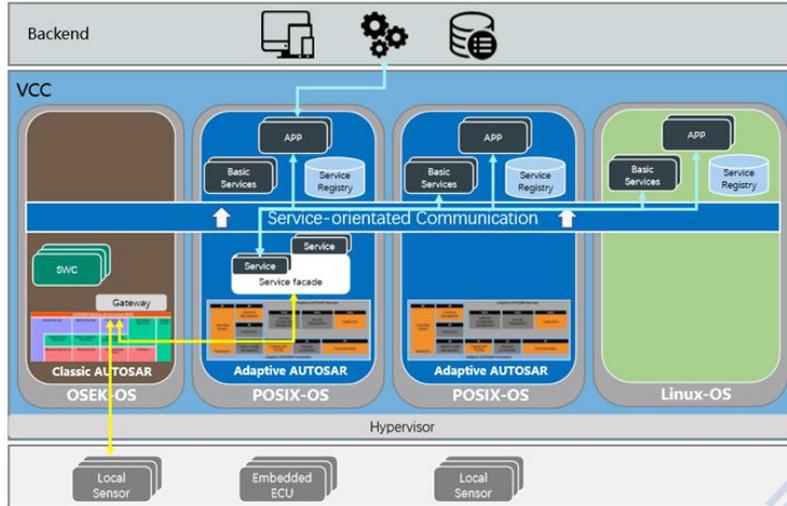


图 2-6 大众中央集中式软件参考架构（来源于网站）

FEEA3.0 是一汽红旗的全新一代整车电子电气架构平台，突破 SOA 架构的中央计算型软硬件平台开发及整车应用的技术难题，结合支撑软硬件分离的“FAW.OS”和高算力计算平台，基于高速通讯网络和智能电源网络，打造端到端的车云一体化架构，支撑一汽集团数字化转型的战略目标。预计在 2023 年底，完成 FEEA3.0 平台搭载整车量产。

舍弗勒作为汽车零部件企业，积极探索与跟进先进的电子电气架构技术。结合技术的发展，电子电气架构在舍弗勒内部经历了从模块化、集成化、中央化到融合化的迭代发展，如图 2-7 所示，每一个阶段，舍弗勒均推出了其具有代表性的产品。

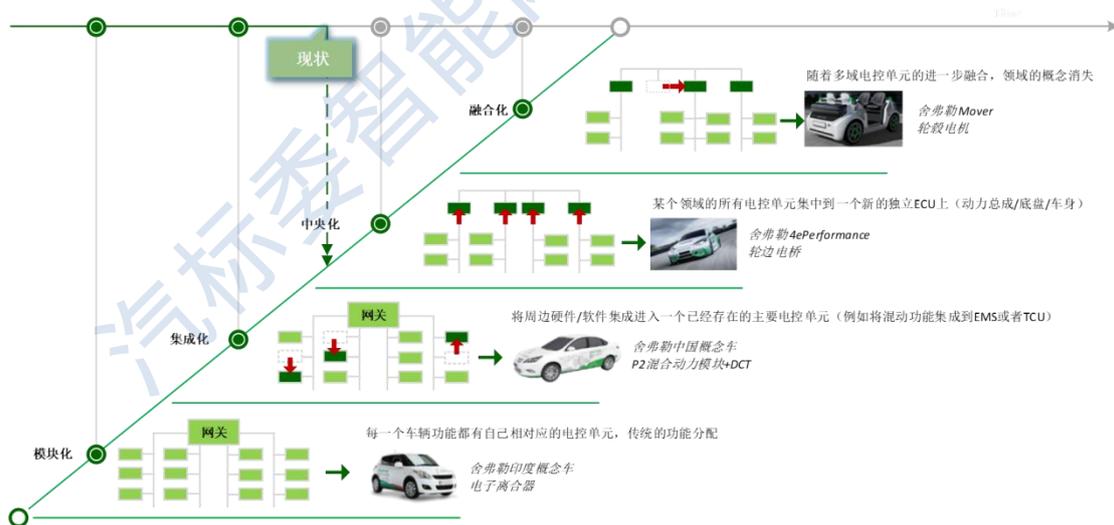


图 2-7 舍弗勒电子产品与电子电气架构之间的演进

图 2-8 为舍弗勒在一款滑板式底盘上的通讯架构，体现了舍弗勒在域融合阶段电子电气架构的探索。该规划车型配备一款滑板式底盘集中式控制单元 RCDU（Rolling Chassis Domain Unit），该控制单元进一步集成了大部分与传动链和底盘控制相关的软件算法，统筹管理协调驾驶性/制动/转向等子功能，可以取代传统的底盘控制器、整车控制器，同时也可以充当中央网关的功能，将车辆下装系统和上装系统解耦，该架构将尽可能多的软件功能从周边执

行机构控制器内转移到中央控制单元，从而实现整车电子电气系统的集中化和灵活性。

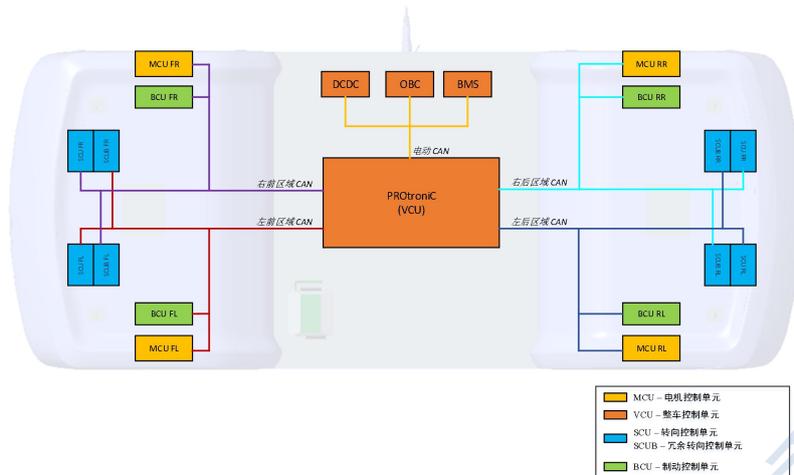


图 2-8 滑板式底盘通讯架构

华为公司提出的 CC 架构采用分布式网关 + 域控制器的架构，如图 2-9 所示。该架构将车辆控制分为三大部分：驾驶、座舱和整车控制，以此推出三大平台产品：MDC 智能驾驶平台、CDC 智能座舱平台和 VDC 整车控制平台。该架构可做到软件可升级、硬件可更换、传感器可拓展。

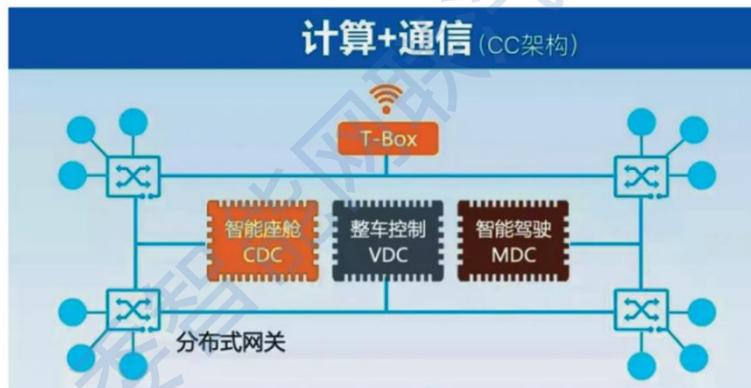


图 2-9 华为 CC 架构

百度公司研发的 Apollo 开放平台架构主要体现为一套软件平台，其依赖的计算平台硬件需要采用第三方的 IPC，如图 2-10 所示。百度自行研发了两款辅助性硬件 ASU (Apollo 传感器单元) 和 AXU (Apollo 扩展单元)。其中，ASU 用于收集各传感器的数据，通过 PCIe 传输至 IPC，此外，IPC 对车辆的控制指令通过 ASU 向 CAN 总线发送给执行端；AXU 用于满足额外算力、存储的需求，以 GPU、FPGA 形式接入已有硬件平台。Apollo 软件平台架构的主要特点有：为网联云控 (V2X) 进行软硬件端到端的开发；提出“认证平台”的概念，包括车辆认证、硬件认证；融入了云服务，其中包括百度公司的其他产品，如：基础百度云服务、在线仿真产品、高精度地图、小度助手 (Duer OS)；由于开源，核心的算法模块在 Github 进行长时间优化后进行产品化；主要侧重系统软件的开发，包含定制优化的操作系统、系统中间件及算法功能模块，大部分硬件则采用第三方方案；产品未涉及到 AUTOSAR 架构的额外开发适配，也无需对车辆现有的 ECU/MCU 进行改变。



图 2-10 百度 Apollo 开放平台架构

根据以上的分析可以看出，在车型平台开发中已经有数家车企开始采用了域集中式或中央集中式电子电气架构的方案，大众 ID3 采用了域集中式电子电气架构、一汽解放采用了基于中央网关的跨域集中式电子电气架构方案、东风岚图在最新研发的新能源车型上采用了中央集中式电子电气架构平台化方案，长城 GEEP3 平台采用了基于中央网关的域集中式电子电气架构方案。零部件企业在开发中也逐步采用域集中式和中央集中式电子电气架构方案，舍弗勒在产品研发中有采用域集中式和中央集中式电子电气架构的方案、华为公司的 CC 架构采用了分布式网络 + 域控制器的架构，百度 Apollo 的开放平台架构等。

3 新型电子电气架构关键技术分析

3.1 概述

根据新阶段智能网联汽车的发展需求，在关键技术的组成划分上，新型电子电气架构横跨功能架构、软件架构、物理架构，同时纵贯数据架构、网络架构、安全架构。相对于研究对象的横向视角观之，功能架构包括整车动力、底盘、智驾、智舱等各功能域的应用接口与应用功能方案，是实现用户功能的系统工程化与数据化的实现载体。软件架构由应用软件平台与底层基础软件平台组成，向上为功能架构提供可复用的应用软件实现支撑，向下建立统一的面向不同硬件的基础软件组件，实现软硬件解耦。物理架构主要由部件级硬件平台与元素级芯片平台组成，是电子电气架构的真实物理反映。系统实现的纵向视角观之，数据架构包括数据采集、数据处理以及数据应用，为整车数据价值挖掘和释放提供基础保障。网络架构包含多种车载网络通信技术，为其他架构部分提供信息传输基础保障。安全架构主要由功能安全、预期功能安全以及信息安全的系统范畴组成，为其他架构部分提供整车全方位系统级安全保障基础。各个子架构之间相互依赖，协同配合，共同构成整车宏观电子电气架构，图 3-1 为电子电气架构关键技术构成全景图。

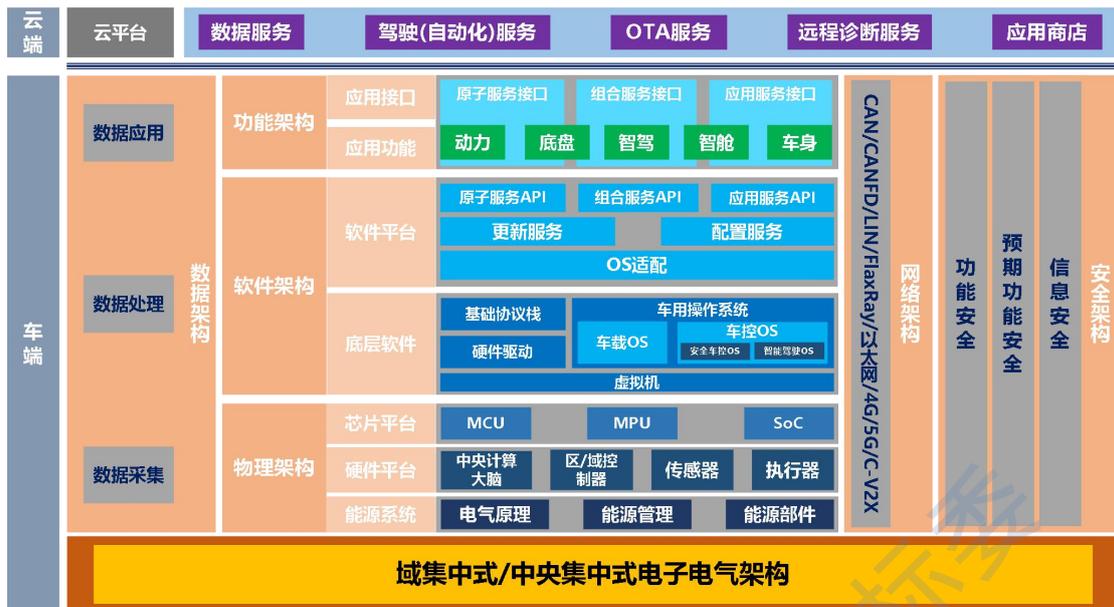


图 3-1 整车电子电气架构技术全景图

3.2 功能架构

功能架构是通过功能需求分解来实现功能逻辑，即对用户功能进行方案设计、子系统划分、逻辑组件划分，并定义子系统和逻辑组件之间的接口关系。功能架构主要研究电子电气系统如何满足用户的需求，并提供具体的解决方案，通过运行能力的细化，明确系统在用户需求分析中需要完成的任务，进而总结抽象系统需要具备的能力，定义系统需要完成的活动。

在域集中式电子电气架构阶段，为了快速推出车辆新功能、灵活迭代，支持软件定义汽车，在 IT 领域成熟应用的 SOA 设计理念被引入到汽车电子电气架构开发中，如图 3-2。在 SOA 架构模型中，所有的功能都定义成了独立的服务。服务之间通过交互和协调完成业务的整体逻辑，所有的服务通过功能型总线连接。这种松耦合的架构使得各服务在交互过程中无需考虑双方的内部实现细节，以及部署在何种平台上。

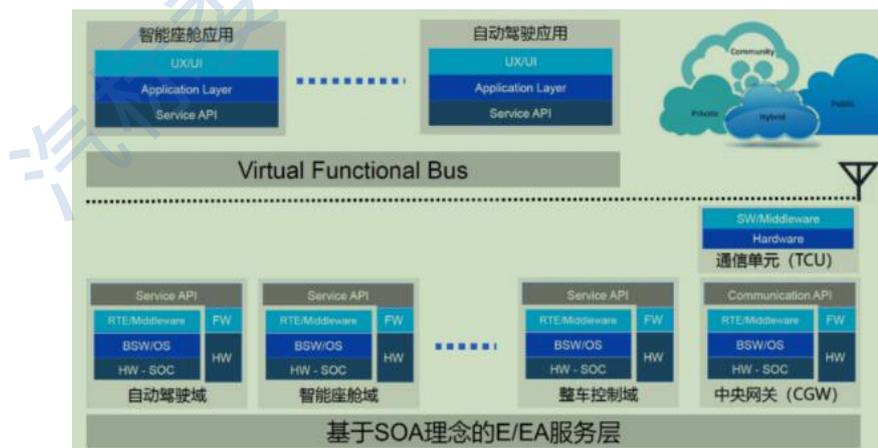


图 3-2 基于 SOA 理念的电子电气架构开发

面向服务的功能架构本质上是相互分散的 ECU 及对应的功能进行模块化，标准化，以服务的方式提供，从而汽车可以在不增加或更换硬件的条件下通过使用不同的服务为车主

提供不同的体验，从而真正实现软件定义汽车。面向服务的功能架构的优点：一是服务接口标准化，不依赖平台实现；二是支持按需请求和响应等模式；三是支持复杂的数据类型；四是服务高内聚松耦合，可扩展性强，升级容易。在面向服务的功能架构中，为了提升软件的复用性，降低开发复杂度，需要对服务进行分层设计。至少包括原子服务，组合服务，应用服务（或场景服务）三个层次。如图 3-3 所示。

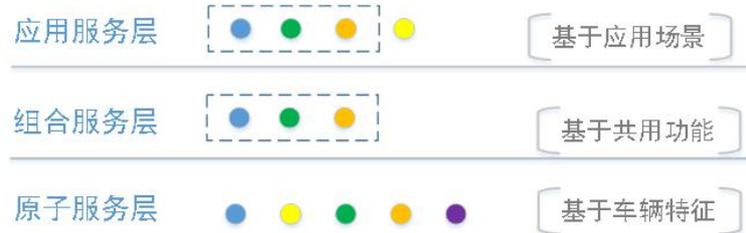


图 3-3 功能架构服务分层图示

原子服务是实现一定的数据融合或控制逻辑的功能模块。对于作为服务的最小单位和单一执行实体（如传感器、执行器）进行抽象，为应用功能提供单一功能的服务接口，一次开发多次重用，最大化提升开发效率。

组合服务是可以由多个原子服务组合，可实现多应用功能（或场景服务）共用的某种策略和控制逻辑，例如车辆位置服务。

应用服务（或场景服务）是基于原子服务或组合服务对特定场景下的整车服务、应用功能、体验等进行定义和组合，形成用户可感知的具有差异化竞争力的功能特性，例如：用户上车场景。

面向服务的功能架构在原子服务，组合服务，应用功能（或场景服务）三个层次上均存在相应关键技术需要突破。总的来说，原子服务设计的关键技术主要有原子服务粒度划分原则和方法、原子服务接口标准化设计原则和方法、原子服务的性能定义方法；组合服务设计的关键技术主要有组合服务粒度划分原则和方法、组合服务接口标准化设计原则和方法、组合服务的性能定义方法；应用服务设计的关键技术主要有应用功能粒度划分原则和方法、应用功能场景定义原则和方法、SOA 功能方案评价方法、应用服务的性能定义方法。

结构划分上，功能架构的主要难点在于原子服务和组合服务如何体现服务的原子性或多功能共用性，明确服务的划分原则，减少服务之间的耦合性。如何设计原子服务的接口，包含服务接口、服务参数的数据类型、服务的交互模式以及易扩展易使用的接口，如何定义并满足服务的性能要求。如何定义应用服务的粒度，实现功能定制化的发展趋势，做到尽可能千人千面，体现出车辆差异化的竞争力。

整体层面上，功能架构的主要难点在于准确评价 SOA 功能方案实现的优劣，进行软硬件解耦开发，从车端将各项功能需求从软硬件层面剥离实现解耦，以及重新功能分配等难点，需要打通不同专业壁垒，从经济性、先进性等维度进行评估方案的准确性和严谨性。同时，不同整车对于同一应用服务的安全性和交互体验性有不同要求，如何明确服务的性能要求，并根据性能要求实现不同服务在软件架构中的部署设计也是衔接功能架构与软件架构的技术难点。

在中央集中式电子电气架构阶段，功能架构的关键技术与难点在 SOA 服务模型设计上与域集中式基本一致，不同点在于当采用车云多源计算时，需要引入更多的 V2X 技术，功

能架构范畴将不仅局限于整车，需要更多考虑车-云信息互联，以及多方参与开发的开放式汽车生态系统。

3.3 软件架构

软件架构是通过软件模块来实现功能需求，即对用户功能需求进行代码层面的服务定义、服务配置、OS 适配，定义并实现操作系统、中间件协议栈、硬件驱动等基础软件平台。软件架构主要研究电子控制系统核心部件（例如：ECU、域控制器、中央计算大脑）如何通过软件的形式实现功能架构中定义的用户需求解决方案，通过程序代码的细化分层，明确功能架构中的任务分配及系统内部分工，进而构建整体软件实现能力。

新型电子电气架构的发展也对汽车软件架构提出了新的挑战：为了支持复杂的应用，同时在分布式处理和计算资源分配时，保证最大灵活性和可扩展性，需要遵循面向服务的架构（SOA）。系统由一系列的服务组成，服务之间可以相互调用，应用可以根据需要使用一个或多个服务。一个服务可以运行在本地 ECU，也可以运行在远程 ECU 上。不论哪种情况，应用程序的代码都一样，通过代理模式实现。通信服务负责处理具体通信细节，应用程序无需关心。SOA 中不同的应用使用不同的服务。众核以及异构计算所带来的并行计算能力，使得实现内在并行性在技术上成为可能。因此，随着众核-异构计算技术的发展，软件架构需要有扩展功能和性能的能力。硬件和平台接口规范只是一部分，OS/hypervisor 技术和开发工具（如自动并行化工具）的发展也非常重要。软件架构支持应用的增量部署：动态管理资源和通信，以减少软件开发、集成的工作量，从而实现较短的迭代周期。增量部署还支持探索性软件开发阶段。随着智能化与网联化的发展，软件定义汽车成为大势所趋，快速开发千人千面的汽车是增加用户粘性的一种必要手段。敏捷开发以用户的需求进化为核心，采用迭代、循序渐进。

由国际上主流整车企业主导制定的 Adaptive AUTOSAR（AP AUTOSAR）软件架构主要适应于新的集中式的高性能计算平台，满足车内部件之间的高速通信需求和智能驾驶的高计算能力需求，如图 3-4 所示。AP 平台采用了服务化的架构，系统由一系列的服务组成，应用和其他软件模块可以根据需求调用其中的一个或者多个服务，而服务可以是平台提供的，也可以是远程其他部件提供，OEM 可以按照功能设计需求定义自己的服务组合。AP 平台没有设计新的操作系统内核，所有符合 POSIX 标准的操作系统内核都可以使用。AP 软件架构主要分为虚拟机/容器/硬件层、ARA 以及用户应用层。其中 ARA 由包含自适应平台基础功能与自适应平台服务的功能集群提供的应用接口组成。ARA 的自适应平台基础功能主要包括通信管理（COM）、加密（crypto）、日志记录（Log）、诊断（Diag）、持续性（Per）、入侵检测系统管理器（IDS）、执行管理（Exec）、时间同步（Tsync）、平台健康管理（PHM）、身份与访问管理（IAM）以及操作系统接口等 API，ARA 的自适应平台服务主要包括升级与配置管理（UCM）、状态管理（SM）以及网络管理（NM）等服务。

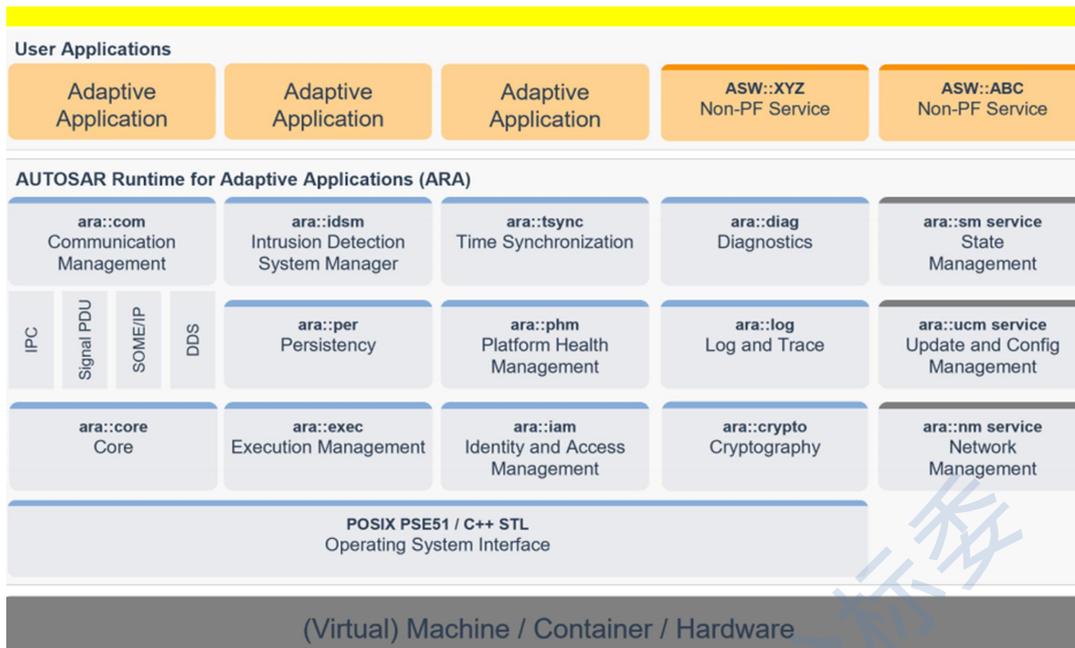


图 3-4 Adaptive AUTOSAR 软件架构

从新型电子电气架构发展现状分析可知，汽车控制核心逐步演进至域控制器和中央集中式计算平台。由于技术发展的渐进性和汽车产业链的复杂性，当前阶段我国智能网联汽车还是以域控制器为主，未来很长一段时间域控制器和中央计算大脑将会在智能网联汽车产品上共存，支持全面网联和云控协同感知、决策、控制，数据收集与处理，支持高等级自动驾驶。

对于域集中式电子电气架构，软件架构中关键技术体现在车用操作系统上。汽标委在2019年发布的《车用操作系统标准体系》明确车用操作系统的定义与分类。车用操作系统是运行于车内的程序集合，其主要功能为：管理硬件资源、隐藏内部逻辑提供软件平台、提供界面接口、为上层应用提供基础服务等。

车用操作系统从与整车正常运行是否相关的角度，分为车控操作系统和车载操作系统。其中，车控操作系统可进一步细分为安全车控操作系统和智能驾驶操作系统，如图 3-5 所示。

(1) 安全车控操作系统，面向传统车辆控制领域，如动力系统、底盘系统和车身系统等；该类操作系统对实时性和安全性要求极高，生态发展已经趋于成熟。

(2) 智能驾驶操作系统，面向智能驾驶领域，应用于智能驾驶控制器，该类操作系统对安全性及可靠性要求较高，同时对性能及运算能力的要求也较高。该类操作系统目前在全世界范围内都处于研究发展的初期，生态尚未完备。

(3) 车载操作系统，面向信息娱乐系统，主要应用于车机中控系统，对于安全性和可靠性的要求处于中等水平，该类操作系统发展迅速，依托于该类操作系统的生态也处于迅速发展时期。

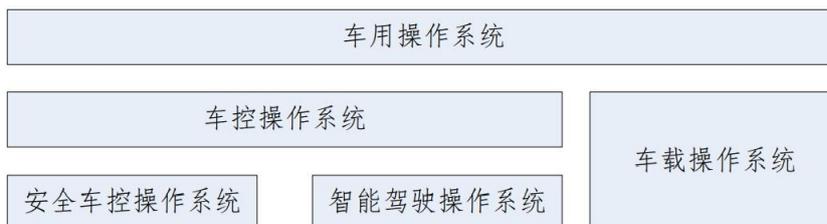


图 3-5 车用操作系统分类图

车控操作系统是运行在异构分布硬件架构上的实时安全平台软件，提供整车及部件感知、规划、控制等功能框架并向上支撑智能网联驾驶生态的软件集合，是车载智能计算基础平台安全、实时和高效运行的重要基础和核心支撑。

车控操作系统采用纵向分层、横向分区式架构，并在逻辑层次上包含系统软件和功能软件框架，是车载智能计算基础平台安全、实时、高效的核心和基础。系统软件创建复杂嵌入式系统运行环境，可以实现与 Classic 和 Adaptive 两个平台的兼容和交互。功能软件根据中国智能网联汽车应用特点，以及各类辅助驾驶/自动驾驶功能的核心共性需求，明确定义和实现各共性子模块，并进行通用模块定义和实现。

在参考并吸收国内外主流车控操作系统软件架构的基础上，资源管理与信息服务标准工作组在已经完成的《车控操作系统总体技术要求研究报告》中提出基于“中国方案”的车控操作系统参考软件架构，如图 3-6 所示，其中，红色框线部分代表车控操作系统，蓝色框线部分代表车载智能计算基础平台，包含车控操作系统和分布式异构硬件平台。车控操作系统主要由两部分组成：功能软件层与系统软件层。

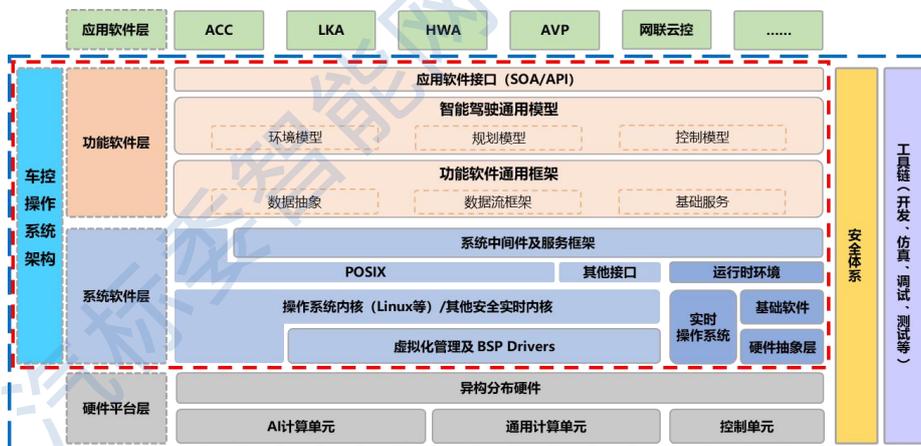


图 3-6 车控操作系统参考架构

功能软件层是车控操作系统中根据面向服务的架构设计理念，通过提取智能驾驶核心共性需求，形成智能驾驶各共性服务功能模块，高效实现驾驶自动化功能开发的软件模块。根据车控操作系统参考架构，结合功能软件的主要核心功能和应用需求，形成车控操作系统功能软件架构（参见图 3-7）。

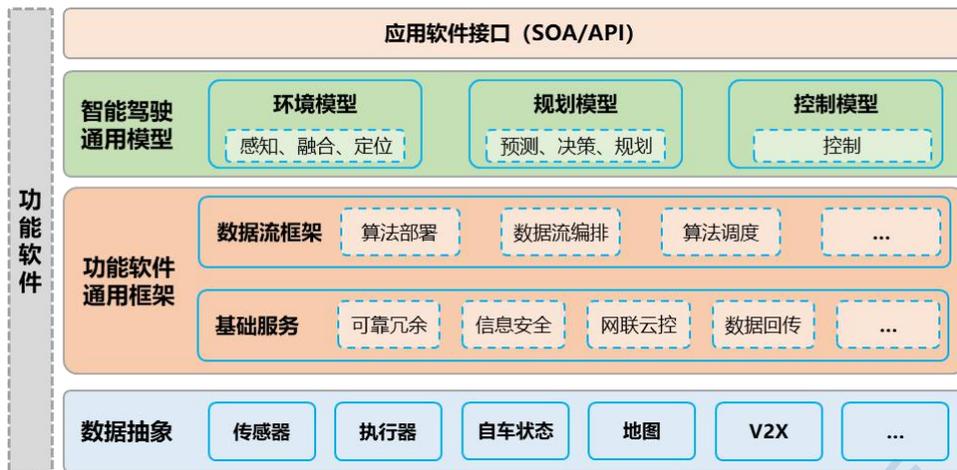


图 3-7 功能软件架构

功能软件架构包含智能驾驶通用模型、功能软件通用框架、数据抽象三个部分，其要求如下：

(1) 智能驾驶通用模型要求

智能驾驶通用模型需要提供智能驾驶所需的感知、融合、定位、规划和控制等算法以及这些算法所需外部环境和车辆自身数据的抽象化模型。

(2) 功能软件通用框架要求

功能软件通用框架是支撑智能驾驶所必需的数据处理、算法逻辑处理和运行的主干。功能软件通用框架需要做到高性能计算、高可靠性和稳定性。

(3) 数据抽象

数据抽象通过对传感器、执行器、自车状态、地图以及来自云端的接口等数据进行标准化处理，为上层的智能驾驶通用模型提供各种不同的数据源建立异构硬件和驾驶环境的数据抽象，达到功能和应用开发与底层硬件的解耦和依赖。

数据抽象层需要满足对来自不同类型的数据源数据的统一抽象描述、标准化的数据结构定义，提供上层功能和应用开发的统一化 API 函数库，以支持软件层面实现功能架构中设计的原子服务、组合服务以及应用服务。

系统软件层是车控操作系统中支撑自动驾驶功能实现的复杂大规模嵌入式系统运行环境。系统软件既能够兼容 Classic AUTOSAR 平台，可基于 Classic AUTOSAR 平台进行扩展，也能够跟 Adaptive AUTOSAR 平台适配，又在业务机制上有所创新。车控操作系统软件架构如图 3-8 所示。



图 3-8 系统软件架构

系统软件包含智能驾驶操作系统系统软件和安全车控操作系统系统软件，以及配套的工具链和相关的网络安全措施。完善的车控操作系统方案既要求符合整车计算平台的演化，支持高性能硬件预埋，又要能支持应用功能、差异化产品开发，通过软件更新服务盈利。

面向安全车控操作系统的系统软件需采用车规级安全实时操作系统内核，支持 MCU 等控制芯片，兼容国际主流的系统软件中间件如 Classic AUTOSAR 标准等，满足车辆动力电子、底盘电子、车身电子等实时控制功能安全应用需求。

面向智能驾驶操作系统的系统软件以车规级操作系统内核，支持高算力计算异构芯片，以标准的 POSIX 接口为基础，兼容国际主流的系统软件中间件如 Adaptive AUTOSAR 等，满足智能驾驶不同应用所需的功能安全和信息安全等要求。

与安全车控操作系统相比，智能驾驶操作系统平台要求主要体现在如下方面：

- (1) 强大的计算能力，以满足图像识别和决策计算的要求；
- (2) 强大的数据吞吐能力，以满足多传感器数据的实时接入和处理；
- (3) 高度的灵活性、扩展性、可编程性，以满足多种算法模型的需要；
- (4) 需要快速学习和易用性，以满足 ADAS 和自动驾驶算法所需调试、调优、调测。

系统软件的分布式通信中间件系统各层的功能要求如下：

(1) 本地服务和远程服务之间的通信应以统一的接口描述语言定义的文件为契约。接口定义语言 (IDL) 是一种中立的接口描述语言，与具体的操作系统、编程语言无关。

(2) SOA 框架的底层核心功能应具备服务发现、消息序列化、内部事件/消息处理和传输功能。应用之间、服务之间、操作系统之间，可通过标准的通信协议或服务接口相互通信或访问，特别是满足传感数据大数据吞吐传输。需要支持典型的车内通信协议如 SOME/IP 协议、DDS 规范等。其中，服务发现功能应具备访问控制功能，防止无权用户的窃听和侵入；传输功能应具备数据加密和签名等功能，保证通信数据的安全。

安全框架和服务应支持高安全、强实时性要求的系统开发。在系统软件层面需要支持基本的安全机制，包括但不限于：

(1) 应用隔离保护 (Freedom from Interference between Applications)；系统软件需要支持资源确定性隔离、容错、保护机制、故障隔离，支持必要的冗余备份恢复，以满足不同安全级别的应用需求。

(2) 支持 Fail-Safe (指故障时系统能够导向或维持在安全状态) 和 Fail-Operational (指

系统失效后还可降级操作/运行)；系统软件要保护各模块加载、启动和运行的安全可靠；在异常处理方面，系统软件需要保障系统故障可识别、可监控、可隔离、可恢复。

(3) 支持安全通信 (E2E 通信保护)。

责权管理要求操作系统实现资源标识和管理的统一 ID 体系，并支持不同层级的管理通道，包括政府安全监管级别、整车厂和供应商级别、第三方开发者级别，并内置实现并发模式下的超越管理。

系统软件应支持持续的软件升级，实现应用模型与架构模型解耦，原子服务与硬件驱动解耦，软件组件支持根据实际要求进行动态配置与加载，满足系统软件和应用软件能够在有限的资源上完整的运行与发布。

应用更新管理应支持软件版本更新发布机制，实现应用系统可升级，包括 OS、应用、数据和模型。升级方式包括但不限于 OTA、OBD 以及其他离线升级方式。

系统软件应提供诊断机制，支持运行时、生产下线和售后诊断需求。系统软件还应支持 Logging 和 Tracing 机制，提供支持开发阶段的代码调试和故障分析能力。

车载操作系统运行于车载芯片上，管理和控制智能网联汽车车载软件、硬件资源的软件集合，为智能网联汽车提供除驾驶自动化功能实现以外的服务，包括车载信息娱乐、网联、导航、多媒体娱乐、语音、辅助驾驶、AI 等服务。

资源管理与信息服务标准工作组 2021 年 7 月份发布的《车载操作系统架构研究报告》中将车载操作系统架构从车载操作系统应用、车载操作系统软件架构两个维度进行分类。从车载操作系统应用角度，可分为中控操作系统架构、仪表操作系统架构、T-box 操作系统架构；从车载操作系统软件架构角度，可分为单系统架构和多系统架构。两类架构均可实现一芯多屏（多屏融合、多屏互动）、单屏多系统（虚拟运行环境、多应用生态融合）、一芯多功能单元（信息娱乐、T-box 等）应用。

单系统架构仅涉及单个车载操作系统的架构，范围是介于应用程序和硬件抽象层之间，由车载操作系统内核、基础库、基础服务、运行环境及程序运行框架组成。无网联功能的单系统，例如车载收音机，提供车辆的基本信息；有网联功能的单系统，例如车载信息娱乐系统、T-box 等；进一步的，还可以支持导航、多媒体娱乐、语音、辅助驾驶、AI 等功能。

多系统架构是多个车载操作系统运行于同一套硬件的架构，每个车载操作系统的架构符合单系统架构。

车载操作系统单系统架构如图 3-9 所示，介于应用程序和硬件抽象层之间，由车载操作系统内核、资源抽象层、基础库、基础服务、运行时环境及程序运行框架组成。

车载操作系统通过组件化和自包含的模块设计架构，应支持通过配置对系统功能进行灵活裁剪。针对特定的车机功能域，根据比如娱乐信息域、仪表盘域或者基础服务系统等方面的需求，车载操作系统内核可以配置为不同的核心软件架构。

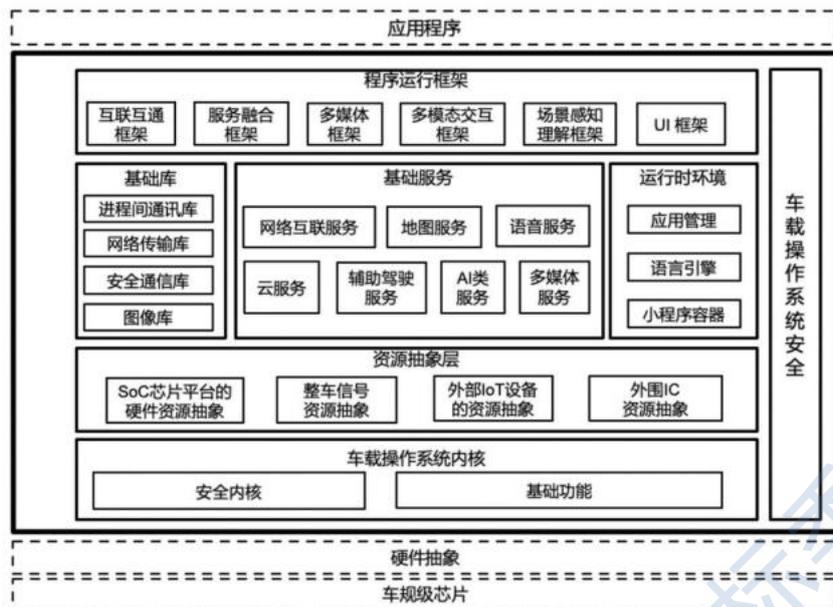


图 3-9 车载操作系统单系统架构

a) 车载操作系统内核

车载操作系统内核是操作系统中最基础和核心的部分，用于管理系统资源，提供对软件层面的抽象和对硬件访问的抽象，车载操作系统即在车载操作系统内核基础上的延伸与扩展，车载操作系统内核既可以是宏内核，也可以是微内核。

车载操作系统内核包括安全内核和基础功能两部分。其中，基础功能包括计算内核（任务优先级调度等）、存储管理、进程间通信管理、网络接口等功能。

b) 资源抽象层

资源抽象层为车载操作系统应用和基础服务提供 SoC 芯片平台的硬件资源抽象、整车信号的资源抽象、外围 IC 的资源抽象。

c) 基础库

基础库为车载操作系统应用提供基础资源库，包括进程间通讯库、网络传输库、安全通信库、图像库等。

d) 基础服务

基础服务是车载操作系统为上层应用程序提供的基础服务的封装，使得应用程序按照基础服务提供的方式，有效调度和使用硬件资源。

基础服务包括网络互联服务、地图服务、语音服务、多媒体服务、云服务、辅助驾驶服务、AI 类服务等。

e) 运行时环境

运行时环境是运行应用程序所需要的软件集合，包括应用管理、语言引擎和小程序容器。

f) 程序运行框架

程序运行框架是车载操作系统为应用程序提供的访问接口，把车载操作系统所提供的基本服务包装成应用程序所能够使用但又无需理解其内部工作机制的细节，从而更好的实现解耦。

程序运行框架主要包括互联互通框架、服务融合框架、多媒体框架、多模态交互、场景感知理解框架、UI 框架等。

车载操作系统多系统架构分类如图 3-10 所示，分为硬件隔离、虚拟机监视器（Hypervisor）、容器三种方案，用于满足不同功能、性能和安全的隔离需求。

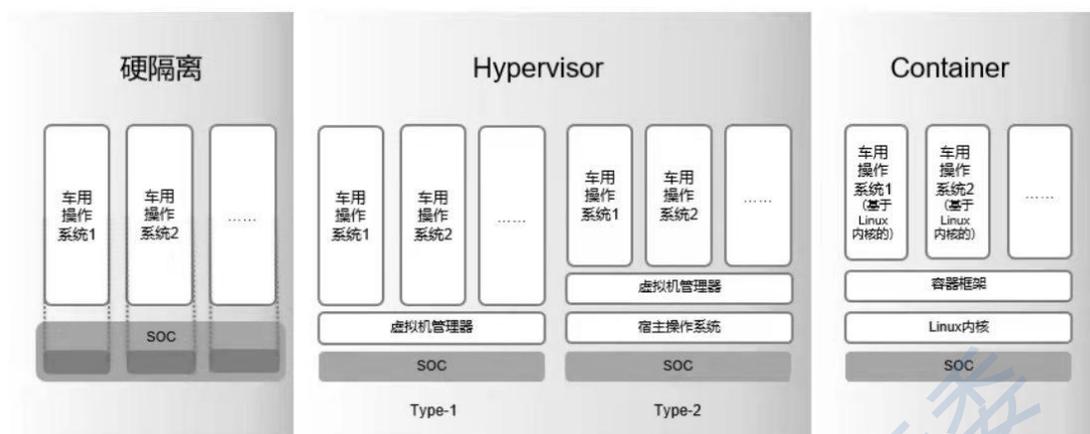


图 3-10 车载操作系统多系统架构

a) 硬件隔离架构

硬件隔离方案将硬件资源通过硬件分区的方式进行划分和管理，硬件资源的所属分区拥有对该资源的访问和管理权限，其他分区不能对该资源进行操作。通过硬件分区的方式对资源进行管理，简化了资源从属和管理问题，方便了软件开发，但灵活性稍差。

b) 虚拟机监视器架构

虚拟机监视器是一种运行在硬件层和操作系统之间的中间软件层，主要用途是能通过限制或允许访问 CPU、内存和外设等片上资源来定义每个虚拟机（即操作系统）可用的功能，可以为每个虚拟机分配不同的资源，而虚拟机无需知道或根本不知道彼此的存在，并且无法访问未提供给它们的资源。基于虚拟机监视器的系统架构，可以协调不同芯片、不同芯片底层软件、不同应用层软件，使得硬件和软件资源可以按照产品需求，灵活地在不同的虚拟机操作系统中分配。

c) 容器架构

容器（Container）架构基于 Linux 内核和容器框架承载多个应用程序，这些承载应用程序的容器共享底层计算机和操作系统，Linux 内核确保运行在不同容器中的应用程序彼此之间一无所知，具有不同的文件系统，网络和存储接口，处理器和内存。这种分离纯粹是合乎逻辑的，因此其性能成本很少。容器映像中的文件用作从该映像创建的容器的只读文件系统。在容器中运行的程序看不到任何其他文件。在容器内运行的代码的行为独立于基础系统：应用程序与基础架构完全分开。

对于中央集成式电子电气架构，图 3-11 提出了一种可供参考的中央集中式计算基础平台软件架构，集成了车控操作系统和车载操作系统。

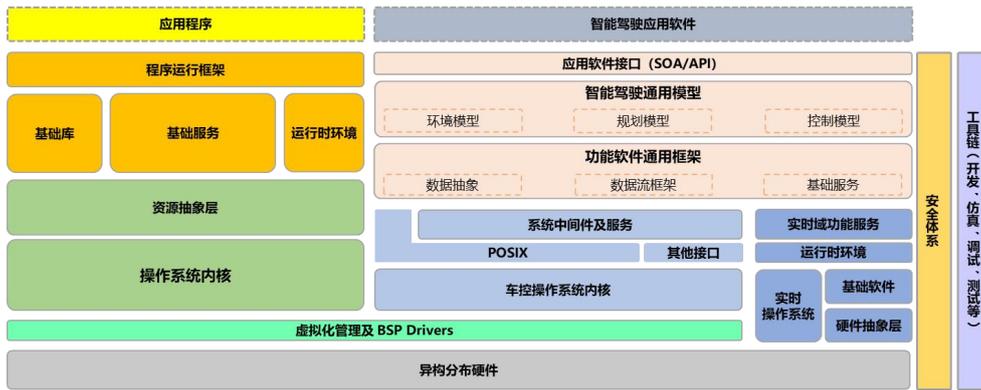


图 3-11 中央集中式计算基础平台软件架构

3.4 物理架构

物理架构是通过具体的电子传感器（输入端）、电子控制单元 ECU（控制端）、执行器（输出端）以及电源系统（能量端）等电子电气物理载体系统来实现电子电气架构中其他子架构的约束需求。物理架构主要研究电子电气物理载体系统如何承载软件架构中的基础软件和应用软件平台，并实现功能架构中的功能逻辑实例可执行，通过电子电气硬件连接，完成系统信息交互、数据传输以及系统安全等功能性与性能要求，进而将最初的用户场景需求实体化。

在域集中式电子电气架构中，物理架构的关键技术体现为核心的域控制器，通过域控制器的整合，分散的车辆硬件之间可以实现信息互联互通和资源共享，软件可升级，硬件和传感器可以互换和进行功能扩展，解决了分布式电子电气架构资源浪费，协同性差的弊端。

域控制器具有强大的硬件计算能力与丰富的软件接口支持，使得更多核心功能模块集中于域控制器内，系统功能集成度大大提高，这样对于功能的感知与执行的硬件要求降低。域控制器的出现并不代表底层硬件 ECU 的大规模消失，很多 ECU 的功能会被弱化（软件和处理功能降级，执行层面功能保留），大部分传感器也可以直接传输数据给域控制器，或把数据初步处理后给域控制器，很多复杂计算都可以在域控制器里完成，甚至大部分控制功能也在域控制器里完成，原有 ECU 很多只需执行域控制器的命令，即，外围 ECU 仅关注本身基本功能，而域控制器关注系统级功能实现。（以上文字来自：《2020 年汽车域控制器行业深度分析报告》）

目前主流的功能域可划分为五个域：车身域、底盘域、动力域、智能座舱域、自动驾驶域。这五大域控制系统较为完备地集成了 L3（含）以下级别自动驾驶车辆的所有控制功能。

动力域控制器是一种智能化的动力总成管理单元，借助 CAN/FlexRay 实现变速器管理、引擎管理、电池监控、交流发电机调节。其优势在于为多种动力系统单元（内燃机、电动机/发电机、电池、变速箱）计算和分配扭矩、通过预判驾驶策略实现 CO₂ 减排、通信网关等，主要用于动力总成的优化与控制，同时兼具电气智能故障诊断、智能节电、总线通信等功能。

底盘域控制器负责与汽车行驶相关的传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统。传动系统负责把发动机的动力传给驱动轮，可以分为机械式、液力式和电力式等，其中机械式传动系统主要由离合器、变速器、万向传动装置和驱动桥组成、液力式传动系统主要由液力变

矩器、自动变速器、万向传动装置和驱动桥组成；行驶系统把汽车各个部分连成一个整体并对全车起支承作用,如车架、悬架、车轮、车桥都是它的零件；转向系统保证汽车能按驾驶员的意愿进行直线或转向行驶；制动系统迫使路面在汽车车轮上施加一定的与汽车行驶方向相反的外力，对汽车进行一定程度的强制制动，其功用是减速停车、驻车制动。

智能座舱域控制器（DCU）通过以太网/MOST/CAN 与全液晶仪表、大屏中控系统、车载信息娱乐系统、抬头显示系统、流媒体后视镜等进行信息交互，实现抬头显示、仪表盘、导航等部件的融合，不仅具有传统座舱电子部件，还进一步整合智能驾驶 ADAS 系统和车联网 V2X 系统，从而进一步优化智能驾驶、车载互联、信息娱乐等功能。

自动驾驶域控制器具备多传感器融合、定位、路径规划、决策控制的能力，需要外接多个摄像头、毫米波雷达、激光雷达等设备，完成包含图像识别、数据处理、算法决策、控制执行等功能。该域控制器配备核心运算力强的处理器 MPU，从而提供自动驾驶不同等级的算力需求的支持，算法处理上涵盖了感知、决策、控制三个层面的实现。输入输出方面，自动驾驶域控制器通过激光雷达、毫米波雷达、摄像头、GPS、惯导等车载传感器来感知周围环境，通过传感器数据处理及多传感器信息融合，以及适当的工作模型制定相应的策略，进行决策与规划，之后将输出传送至执行机构，进行车辆的横纵向控制，控制车辆沿着期望的轨迹行驶。

车身域控制器集成了传统 BCM、PEPS、纹波防夹、TPMS 等控制模块的绝大部分车身电气功能，包括内外灯光、雨刮洗涤、中控门锁、车窗控制、智能钥匙、低频天线、电子转向柱锁、胎压检测以及无线接收等用户功能需求。（以上文字来自：《2020 年汽车域控制器行业深度分析报告》）

在域集中式电子电气架构中，物理架构的技术难点在于域控制器设计与划分原则，其原因在于：一方面既要考虑域控制器集成功能的控制策略的成熟度及开发难度，另一方也要兼顾现有基础资源与方案构成。域控制器开发中涉及到核心控制策略上移，在协议和接口制定方面，需考虑现有自主不可控核心控制策略的开放度与可行融合组件的性价比等综合因素。

在中央集中式电子电气架构中，物理架构的关键技术体现为核心的中央计算大脑，通过对域集中式电子电气架构中的多个域控制器进一步的高度整合，拥有算力更强的多核芯片以及各种操作系统的组合，使得车辆硬件、车路云之间通过高通信宽带通讯技术可以实现整车的中央集中控制与车路云信息互联互通和资源共享，支持整车 OTA，提供开放式的第三方开发者平台，进而真正实现软件定义汽车。

中央计算大脑能够进行整车控制的高性能计算，算力高度集中，支持多种操作系统（RTOS/QNX/Android/Linux/AUTOSAR），支持 10G 及以上的高通信宽带，满足海量各种关键信息流的高数据通讯需求，支持整车 OTA，支持车路云一体化协同下的高级别自动驾驶，支持开放式汽车生态构建。

在中央集中式电子电气架构中，物理架构的技术难点在于中央计算大脑的技术成熟度，其原因在于：一方面尚未有量产的车规级中央处理器芯片能够同时满足整车所有功能域的集中计算与处理要求，另一方面对于整车企业乃至整个行业而言需要组建大量的软件功能服务能力以支撑中央计算大脑复杂的软件体系，与此同时，更需要强大的软件架构构建能力去协同底层的操作系统、AUTOSAR 以及其他中间件软件模块之间的合作共存。

无论在域集中式还是中央集中式电子电气架构中，物理架构有一个共同的关键技术：电

源系统。在智能网联汽车的高级别自动驾驶功能实现上,安全冗余的电源系统保证了在主电源失效的情况下,自动驾驶功能依然可以通过备份电源安全运行。电源系统主要包含发电系统、储能系统、配电系统及用电设备。发电系统:目前行业内主要有两种发电源,一是传统燃油车的发电机以及新能源车的 DC/DC;另外一个为储能系统,目前行业内的主要储能系统包括:铅酸电池、锂电池、超级电容等;配电系统:主要有传统保险丝、继电器、MOSFET、eFuse 等,分布在插线式保险盒、汇流排式保险盒以及 PCB 保险盒中,新型式保险也可能放在域控制器或者车身控制器中;用电设备:采用冗余的用电设备主要有自动驾驶相关控制器、转向、制动等,但也可能存在一些主机厂分析到其他功能必须满足故障后持续运行,可能也会采用双路供电。

电源系统的技术难点在于电源冗余的设计,需从发电系统、储能系统、配电系统和用电设备等全方面开展分析,对各个维度的故障进行分析,根据系统特点进行特定的安全策略制定。目前电源系统存在多种组合形式,有的主机厂可能配备发动机+铅酸电池,有的可能配备 DC/DC+锂电池等,也有的主机厂采用全车 Fuse,有的采用部分 eFuse+部分 Fuse,从电源形式上存在多种组合方式。

3.5 数据架构

随着整车厂业务需求的推动,车联网数据的采集从 2020 年开始已经快速向 50-100Hz (10ms-20ms) 高质量级别的能力迈进。多家整车厂已经在不同阶段的软件化数采实现和调研过程中,有针对性的采集高质量车辆信号数据并以高压缩比的格式上传。无论是业务部门排故还是用数据驱动开发新的场景应用,业务部门对数据的采集要求各有不同,从整车集成到路试再到 SOP 之后,不同阶段也会不同,数据采集策略需要满足所有业务部门的采集要求,简单的信号筛选是难以满足业务部门未来的各种采集需求。

为满足不同的数据采集需求,在新型电子电气架构中,借助于功能架构、软件架构、物理架构提供的系统基础,数据架构可以为车辆的数据价值挖掘和释放提供基础保障,数据架构至少包括数据采集,数据处理与数据应用三个层次。其中,数据采集层用于采集车辆总线数据、用户个人数据和环境数据。数据处理层用于在存储和分析原始数据得到车辆、驾驶员、外界环境相关的特征数据,数据应用层包括多个基于数据的应用,可能用于研发设计阶段和使用阶段,数据应用可能部署在云端,也可能部署在车端高性能域控制器上。

基于数据的应用至少分为安全类应用、驾乘类应用、交互类应用和效率类应用等。安全类应用包括基于大数据分析的避碰撞预警和干预。驾乘类应用例如识别驾驶风格并优化驾驶模式,交互类应用例如对驾驶员画像和评价等,效率类应用例如提升标定效率的自动化标定等。基于数据交换和数据分析的车辆应用有巨大的发展空间。

3.6 网络架构

网络架构是通过多种车载网络以太网/CAN/LIN 等信息传输技术来实现功能需求在各个电子单元之间的交互,即对用户功能需求进行信息交互层面的传输规则定义、网络参数配置、软件平台适配、诊断、软件升级等,网络架构贯穿功能架构、软件架构以及物理架构之中。目前新型电子电气架构中网络架构的主要技术体现为网络拓扑、网络通信协议以及网络通信矩阵。

3.6.1 网络拓扑

在域集中式电子电气架构中，根据功能架构的设计，一般将整车电子电气控制功能划分为 5 个功能域：动力域、底盘安全域、智能驾驶域、信息娱乐域和车身舒适域。每个功能域设计一个域控制器，其余控制器均为域内控制器（一般为智能传感器、智能执行器和传统控制器）。这种情况下，网络架构通常有两种设计方案。

方案一：将各个域控制器通过以太网、CAN/CANFD 连接到中央网关上，通过中央网关路由实现各个域控制器的连接。基于中央网关的域集中式电子电气架构的网络架构示意图如图 3-12 所示。

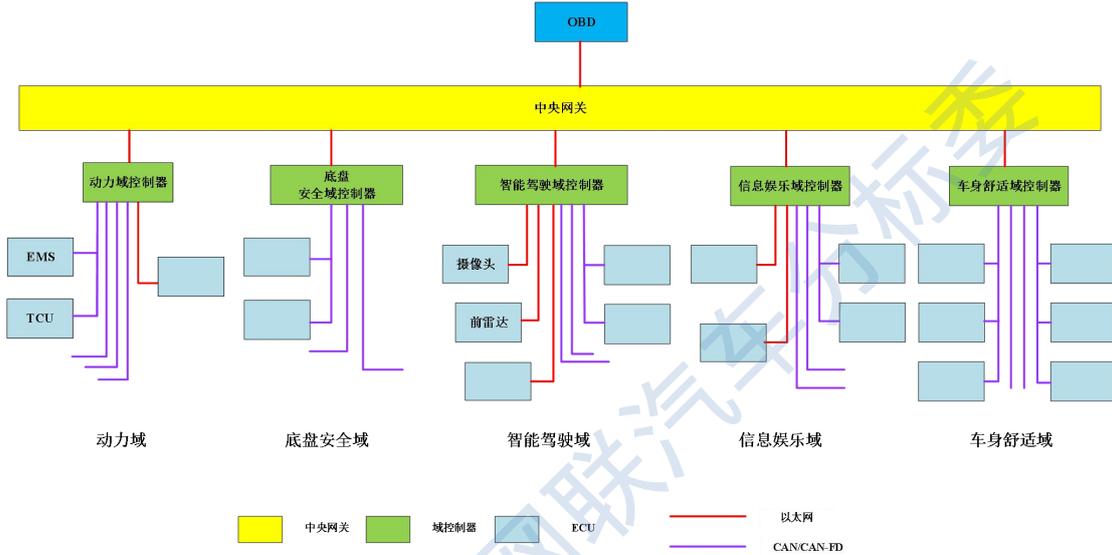


图 3-12 基于中央网关的域集中式电子电气架构的网络架构示意图

方案二：将各个域控制器直接连接在一起，形成骨干网，从而实现各个域控制器的连接。基于骨干网的域集中式电子电气架构的网络架构示意图如图 3-13 所示。

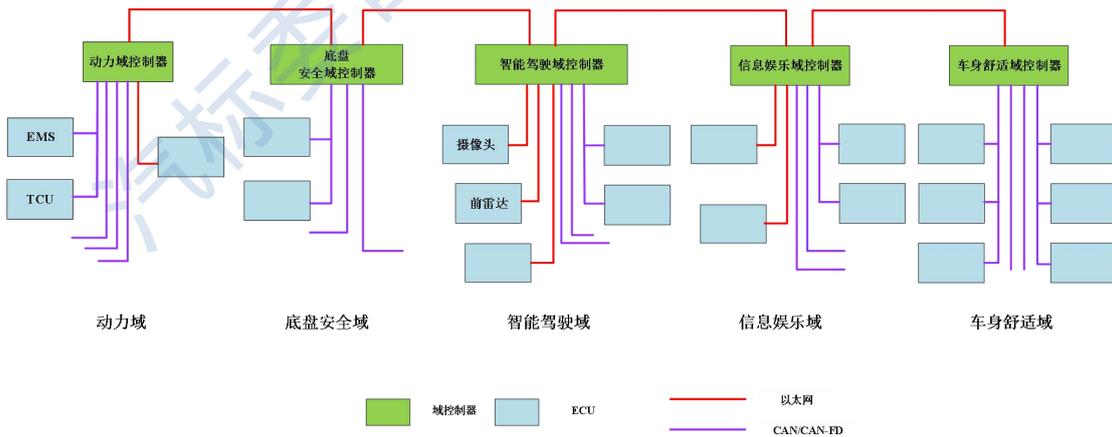


图 3-13 基于骨干网的域集中式电子电气架构的网络架构示意图

为进一步降低零部件数量和线束长度，系统功能集成度进一步提升，电子电气架构由域集中式向跨域集中式转变。在域集中式电子电气架构中，域控制器只负责一个域的功能集中控制；而在跨域集中式电子电气架构中，有些域控制器负责两个或两个以上域的功能集中控

制。比较常见的跨域集中式电子电气架构是三域架构。

三域架构分别为车辆控制域、智能驾驶域和智能座舱域，将原来的动力域、底盘安全域和车身舒适域整合为车辆控制域，智能驾驶域和智能座舱域专注实现汽车智能化和网联化。

三域架构有 3 个域控制器：车辆域控制器负责整车控制，对实时性和安全性要求高；智能驾驶域控制器负责自动驾驶相关感知、规划、决策相关功能实现；智能座舱域控制器负责 HMI 交互和智能座舱相关功能实现

在跨域集中的情况下，网络架构通常也有两种设计方案。方案一：基于中央网关的跨域集中式电子电气架构的网络架构示意图如图 3-14 所示。

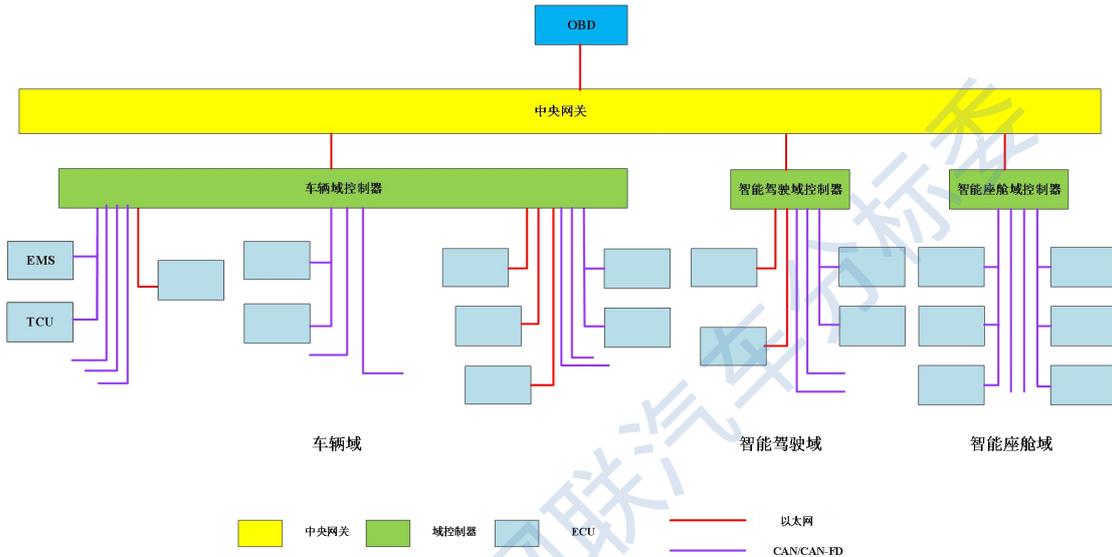


图 3-14 基于中央网关的跨域集中式电子电气架构的网络架构示意图

方案二：基于骨干网的跨域集中式电子电气架构的网络架构示意图如图 3-15 所示。

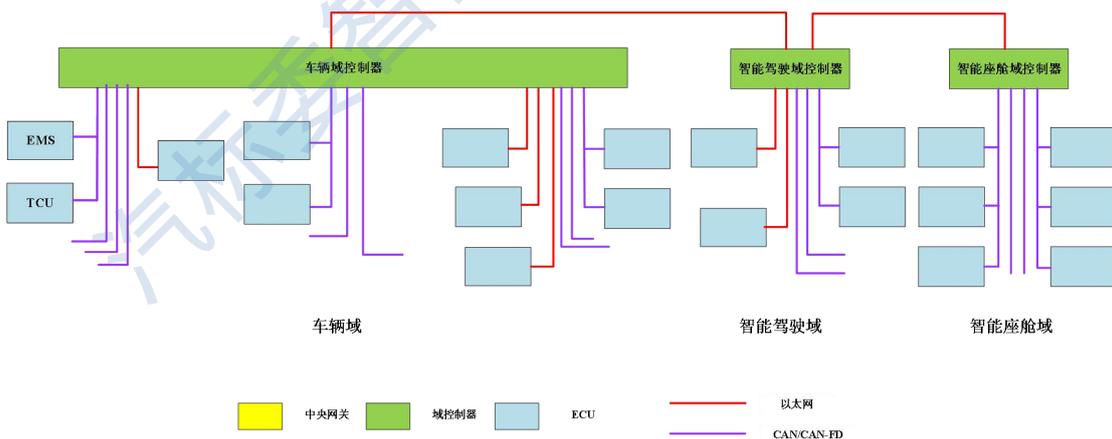


图 3-15 基于骨干网的跨域集中式电子电气架构的网络架构示意图

域集中式电子电气架构（含跨域集中式电子电气架构）的网络架构技术开发难点如下：

(1) 在分布式电子电气架构中，因为软硬件是紧密耦合的，所以车内软件分布于各 ECU 且由零部件供应商完成。采用域集中式电子电气架构后，软件从硬件分离，更多核心功能模块集中于域控制器内，增加了整车厂承担的车内软件开发工作；同时，对于功能的感知

和执行的硬件要求降低，减少了零部件供应商承担的车内软件开发工作。综上，电子电气架构由分布式向域集中式转变，带来整车厂和零部件供应商的分工及合作模式变更，需要双方共同努力。

(2) 设计整车电子电气架构时，需要与各域内控制器供应商的平台产品规划相匹配，否则电子电气架构难以实施或者实施成本极高。如果各域内控制器的对外接口(包括功能接口、通信接口和电气接口)能够统一，则能够极大地降低整车电子电气架构实施成本。建议域内控制器对外接口标准化工作逐步实施。

(3) 整车厂必须掌握整车级和系统级的控制策略，并具备各个域控制器的软硬件开发能力，这对整车厂具有一定的挑战性。

(4) 在功能域划分和各功能域内的网段划分时，需要综合权衡网络架构的扩展性、实时性和安全性以达到性价比最优。

相比于域集中式，中央集中式电子电气架构的集成度进一步提高，软硬件进一步解耦，因此，也带来了网络架构的显著变化。

中央集中式电子电气架构与分布式和域集中式的最大区别在于，不再按照功能去部署车内的电子电气系统，计算集中于中央计算大脑，原有分布式架构下的 ECU 的控制或计算功能被中央计算大脑收编，转变为更加简单的传感器或执行器。

然而，如果所有传感器及执行器都要接入中央计算大脑，则中央计算大脑需要支持的 IO 接口过多，同时整车所需的线束长度也会大幅增加。为了减少线束长度，简化通信，就近接入和供电，在中央集中式架构下可以按照物理位置划分区域并在区域内部署设区域网关，形成中央计算平台(1个或多个)和多个区域网关的架构，中央集中式电子电气架构的网络架构示意图如图 3-16 所示。

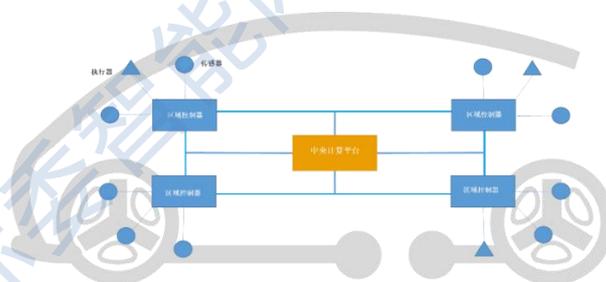


图 3-16 中央集中式电子电气架构的网络架构示意图

对于某些对时延要求较高的功能需要就近控制，区域网关也可以集成部分控制功能，所以也被称为区域控制器。在不同厂家的方案中也有不同的名称，例如在华为的方案被称为 VIU，在安波福的方案中被称为 PDC。

在中央集中式的网络架构中，形成了两层网络。

第一层网络是区域控制器之间和区域控制器与中央计算平台的骨干网。骨干网一般会采用环形架构，当一条通路中断时可以快速切换到另一条通路，保证通信的可靠性。

同时骨干网一般会采用以太网，实现不同区域之间和区域与中央计算平台之间的高速数据传输。骨干网的速率可能会达到 25Gbps 及以上速率。

第二层是区域控制器与传感器/执行器的区域子网。这个区域子网主要负责传感器和执行器与区域网关和区域之外的数据传输。一般需要基础的 CAN/LIN 总线，同时区域网关支持

GPIO/PWM/DIO 等通用 IO 接口，对于强电部件可能还包括高低边驱动。

同时为了功能安全冗余的考虑，某些重要传感器或执行器（例如底盘）可能会同时连接多个区域网关。

中央集中式网络架构的开发重点体现在如何根据车型需求设计网络，如何部署区域网关，如何支撑面向服务的通信。开发难点体现在如何在保证网络性能的基础上提高网络的可靠性，满足整车功能安全和性能要求。

3.6.2 网络通信协议

在新型电子电气架构中，广泛应用的车辆网络通信协议主要有两种：CAN/CANFD 和车载以太网。其中 CAN/CANFD 技术具有高实时性、传输距离远、抗电磁干扰能力强、成本低等优点，能很好的适应车载 ECU 间的控制数据传输需求。经过数十年的发展，CAN/CANFD 技术已经成熟应用，国内外的相关标准化也已经建立。所以本节将重点分析车载以太网技术。

车载以太网以新型网络的姿态进入汽车网络是从 OBD 诊断设备开始逐步深入，并最终系统和汽车网络的演进过程，演进过程大致可分为 3 个阶段。

第一阶段：OBD 诊断设备应用

采用传统以太网的典型接口 100-Tx 实现汽车诊断和固件升级。尽管该接口标准不满足汽车的电磁兼容性要求，但因为汽车诊断和固件升级工作通常在服务站进行并且汽车始终处于静止状态，对电磁兼容性要求不是很高，所以允许在诊断接口使用 100-Tx。

使用以太网进行诊断的汽车通常需要采用 RJ45 连接器来连接运行诊断软件的外部计算机。因为以太网通信速率快，所以一些汽车固件升级也经常通过该接口完成。

第二阶段：系统级应用

第二阶段的汽车以太网由单对非屏蔽双绞线电缆和车载以太网 PHY 芯片组成，可实现 100Mbps 速率全双工数据传输，PHY 与上层 MAC 之间采用标准的 MII 接口进行连接。

采用车载以太网的典型接口 100BASE-T1（BroadR-Reach PHY 技术）实现智能驾驶域和信息娱乐域的大容量数量传输，例如传输辅助驾驶系统的摄像头信息、信息娱乐系统的音视频信息等，有效地降低成本和重量。

第三阶段：骨干网应用

采用车载以太网的典型接口 100/1000T1 作为骨干网通信接口，实现各个功能域的域控制器和中央网关之间的信息传输。

骨干网对信息同步和通信延时的要求比较严苛，需要采用时间敏感网络(Time-Sensitive Networking, TSN)技术，满足其高带宽、实时处理、确定性传输、在同一线缆上实现不同优先级的数据流传输、高可靠性等传输需求。

域集中式与中央集中式电子电气架构的网络通信协议技术开发难点如下：

(1) CANFD 相较于传统 CAN，总线拓扑和物理层设计要求较高，容易产生错误帧，需要增加专门的物理层仿真设计工作。

(2) 车载以太网普遍使用 100T1 和 1000T1，单对双绞线，同时还满足汽车行业对高可靠性、低电磁辐射、低功耗、带宽分配、低延迟以及同步实时性等方面的要求，设计要求高，难度大。

(3) 车载以太网的使用引入了 SOME/IP 协议，同一车型平台同时具有面向服务和基于

信号的通讯模式，不同模式下的通讯交互路由难度较大。

(4) 在智能驾驶场景下，车载摄像头、激光雷达必须一直处于工作状态，动态无歇地收集车辆行驶信息；并且必须实时交给决策层进行计算。这对车内通信的数据承载能力和实时传输能力提出了较高的要求。如何提升车载以太网的实时性，是大规模商用之前必须攻克的技术问题。

(5) 网络安全至关重要，车载以太网与车外网络互联意味着车辆的控制权暴露在车外空间。对远程驾驶怀揣憧憬的同时，也要警惕不法分子对车辆的非法控制。

区域子网主要采用的通信物理层是 10BASE-T1S/CAN/ CANFD/FlexRay/LIN，骨干网主要采用的通信物理层是 1000-T1。

区域子网主要是实现面向信号&PDU 的通信方式(Signal-Oriented Communication)，相对比较传统，支持传统的总线协议即可，带宽在 500k(CAN)、2M(CANFD)、10M 不等。区域子网的网络通信协议相对稳定和成熟。骨干网用于实现面向服务的通信方式(Service-Oriented Communication)；要实现的通信协议有：SOME/IP(IP 中间件)、DoIP(IP 诊断)、TSN(802.1Qbv/CB/Qbu /Qch/Qci...)，即车载时间敏感网络)、XCP(标定测量)等。另外，针对信息娱乐和网联服务，还需要实现 HTTP。在骨干网开发中还需要考虑如何提高可靠性，例如故障时的快速倒换机制。

3.6.3 网络通信矩阵

如前所述，在新型电子电气架构中广泛应用的车辆网络通信协议主要有两种：CAN/CANFD 和车载以太网。相应的网络通信矩阵也分为此两类。

CAN/CANFD 为总线式通信，在信息传输时通常采用的是面向信号的通信方式。在这种传输情况下信息内容体现最核心之处就是通信矩阵，在通信矩阵中以信号作为主要对象，体现出信号被封装到哪条报文中，信号被哪个节点发送，被哪个节点接收。

例如仪表 (IC) 需要发动机控制系统 (EMS) 的发动机转速信号，则发动机控制系统就直接把发动机转速信号同其他信号 (如驾驶员需求扭矩、发动机扭矩等) 一起，打包成报文发送到总线上，仪表收到该报文之后就能够获得了发动机转速信号，CAN/CANFD 信息传输示例如图 3-17 所示。

Message	CAN ID	Periodic (ms)	Signal	Short Name	DLC	Start Byte	Start Bit	Len	Data	Initial Value	Default Value	Range	Conversion	
VCU_Torque_Request	\$168	10	Motor Working Status Request 电机工作状态请求	IMWkStRqst	8	0	7	2	ENM	0	1	N/A	\$0 = Disable (禁止) \$2 = Enable (使能)	
			Request for Active Discharge 主动放电请求	RqstftrActDischrg	0	5	1	ENM	0	0	N/A	\$0 = No Request (无请求) \$1 = Request (请求)	\$0 = No Request (无请求) \$1 = Request (请求)	
			Motor Control Mode Request 电机控制模式请求	TMCtrlMdRqst	0	3	4	ENM	2	1	N/A	\$1 = Speed Control (转速控制) \$2 = Torque Control (扭矩控制)	\$1 = Speed Control (转速控制) \$2 = Torque Control (扭矩控制)	
			Motor Torque Request Validity 电机扭矩请求有效性	TMTorqRqstV	1	4	1	BLN	0	1	N/A	\$0 = Valid (有效) \$1 = Invalid (无效)	\$0 = Valid (有效) \$1 = Invalid (无效)	
			Motor Torque Request 电机扭矩请求	TMTorqRqst	1	3	12	UNM	0	FFF	-511 - 511 Nm	e=N*0.25-511		
			Motor Speed Request Validity 电机速度请求有效性	TMSpdRqstV	4	7	1	BLN	0	1	N/A	\$0 = Valid (有效) \$1 = Invalid (无效)	\$0 = Valid (有效) \$1 = Invalid (无效)	
			Motor Speed Request 电机速度请求	TMSpdRqst	4	6	15	UNM	0	7FFF	-16384 to 16383 rpm	e=N*1-16384		
			VCU Control Request_1 Rolling Counter 滚珠计数	VCUCtrlRqst1RollCntr	6	3	4	UNM			0 - 15	N/A		
			VCU Control Request_1 Checksum 校验和	VCUCtrlRqst1Cksum	7	7	8	UNM			0 - 255	N/A		
			VCU_Vehicle_Command_State	\$155	10	BMS High Voltage Power On Request 电机高压上下电请求	BMSHVPowOnRqst	8	0	7	2	ENM	0	3
Vehicle Operation Mode 整车运行模式	VecOptMod	0				5	4	ENM	0	F	N/A	\$0 = Sleep (休眠) \$1 = Intifical (初始化) \$2 = Power Up (上电) \$3 = Run (行驶) \$4 = Charging (充电) \$5 = Power Down (下电) \$6 = Error (故障) \$7 = Imp Home \$8 = Reserved		

图 3-17 CAN/CANFD 信息传输示例

车载以太网采用交换机式网络，在信息传输时采用的较多的是 AUTOSAR 组织提出的 SOME/IP 通信方式，这是一种面向服务的通信方式。面向服务的通信方式就是要通过一定的

方式对服务的相关信息进行打包，打包后再把这些信息在网络上进行传输。面向服务的通信方式具备接口标准可访问和拓展性优良的特点，使得服务组件的部署不再依赖于特定的操作系统和编程语言，一定程度上实现软硬件的分离，成为未来软件定义汽车的技术基础。车载以太网 SOME/IP 通信信息传输示例如图 3-18 所示。

The screenshot shows a complex table with multiple columns: Service Name, Service ID, Service Description, ECU Type, Host Property Name, Host Property Data Type, ECU Specific ID, Transport Name, Transport ID, Transport Description, Host ID, and Host Property (IP). The table is organized into sections for different services like '0x0103 数据帧传输', '0x0104 数据帧传输', '0x0105 数据帧传输', '0x0106 数据帧传输', '0x0107 数据帧传输', and '0x0108 数据帧传输'. Each section lists various ECUs and their associated communication parameters. At the bottom, there are tabs for '1 服务定义', '3 SOMEIP通信行为定义', '2 数据类型定义', '4 SOMEIP-SD 全局定义', and '5 SOMEIP-SD ECU定义'.

图 3-18 SOME/IP 信息传输示例

现阶段，面向信号的通信方式与面向服务的通信方式将在车内长期并存。

域集中式与中央集中式电子电气架构的网络通信矩阵技术开发难点如下：

(1) 网络通信矩阵平台化开发既能够极大地提高开发效率，又能够有效地降低开发成本。但每个整车生产厂的各车型品系的规划不同，使得各车型的电子电气控制功能的功能特性和功能分配方案均不同，而网络通信矩阵与功能架构密切相关，这给网络通信矩阵平台化开发带来了巨大挑战。

(2) 基于域集中式的网络架构，拥有以太网的节点一般同时会接入 CAN/CANFD 总线，网络管理数据、诊断数据和应用数据是冗余发送（即 CAN 网络和车载以太网均发送）还是非冗余发送（即仅通过 CAN 网络发送或仅通过车载以太网发送），在选择时需要考虑功能安全需要、负载率、实时性、控制器性能等诸多因素，存在选择性的难度。

(3) 中央网关（可以集中在某一个域控制器中）需要支持多种总线，不同总线之间的信号路由难度较大，如 CAN - CANFD，CAN/CANFD - Ethernet 之间。

(4) 基于中央集中式的网络架构中，在区域子网中，主要采用面向信号的通信模式，网络通信矩阵即传统的信号矩阵，信号收发关系和路由信息静态固定。在骨干网中，主要采用面向服务的通信模式，路由信息与收发关系是按需生成的，网络开发难点在于支撑灵活可变的通信。

3.7 安全架构

安全架构是通过整车级与系统级的安全技术来实现功能需求在整体架构层面的安全性，即对用户功能需求进行系统安全方面的相关项定义、危害/危害分析、风险评估、系统安全目标定义等，安全架构贯穿功能架构、软件架构、物理架构以及网络架构之中。目前新型电子电气架构中安全架构的主要技术体现为功能安全架构与网络安全架构。

3.7.1 功能安全架构

功能安全架构由功能安全生命周期的概念阶段中三个子阶段相关项定义、危害分析和风险评估、功能安全概念构成。

功能安全生命周期的初始任务是对相关项的功能、接口、环境条件、法规要求、已知危害等机型描述。确定相关项的边界及其接口，以及对其他相关项、要素或者外部措施的假设。

通过危害分析和风险评估预测与相关项相关的危害事件所处工况的暴露概率、危害事件的可控性和严重度。这些参数共同决定了危害事件的 ASIL 等级。然后通过危害分析和风险评估确定相关项的功能安全目标，功能安全目标是相关项的最高层面的安全要求。将所确定的危害事件的 ASIL 等级分配给相应的功能安全目标。在危害分析和风险评估、功能安全概念和技术安全概念中，对人员行为的假设（包括可控性和人员反应）以及与 ASIL 分级相关的技术假设是经过确认的。

基于功能安全目标，同时考虑初步的构架设想以开发功能安全概念。功能安全概念是通过从安全目标中导出功能安全要求，并通过将这些功能安全要求分配给相关项要素来开发的。功能安全概念还可以包括其他技术或依赖于外部措施。在这些情况下，对相应的假设或预期行为进行确认。

传统交通事件包含“场景”、“驾驶员”、“车辆”三个角色，驾驶行为分为“感知”、“决策”、“执行”。

驾驶员拥有强大的感知（感官）和运算系统（大脑），以及明确的法律界限（驾照和交通规则），对于传统汽车开发人员只需要保证，汽车在人员特定的操作下按设计的预期执行。对于由各种复杂电子电气系统构成的车辆，不可避免会存在软硬件故障的发生。

功能安全的定义及解决的问题是“避免电子电气系统故障导致功能异常而引起的不合理的危害”，针对电子电气系统失效以及随机硬件失效而采取相应的安全措施/安全机制来进入安全状态以避免失效演变为整车危害事件，侧重于整车系统故障失效层面。

2021 年，国家标准 GB/T 40429-2021 将驾驶自动化分级的范围分为从 L0 级的无驾驶自动化到 L5 级的完全驾驶自动化。L3 之后“当使用这些自动驾驶功能，不会要求您接管驾驶”，这就给车辆安全责任划分了明确的界限，即“自动驾驶功能激活时，出现的交通事故，责任归于车辆”。这意味着，感知、决策和执行全部由汽车来实现，这对功能安全的开发带来极大的挑战。

为了应对未来自动驾驶的愿景，新型电子电气架构中的功能安全架构面临以下难点。

（1）感知，对于实现自动驾驶面临多重挑战：多传感器信息融合，低延迟要求和有限算力的矛盾以及难以准确表征和处理不确定性等。多样式冗余的传感器影响整车电子电气布署，需要高性能、高算力、高安全等级的域集中式控制器系统（ADAS/AD）。

（2）场景的概念，定义为一段时间序列内事件的发展。我们通常将环境和交通情况，包括车辆对这些情况所做出的反应称为场景。从安全性和已知性角度，将车辆运行场景分为已知安全场景、已知不安全场景、未知不安全场景和未知安全场景，如图 3-19 所示。如何将已知不安全场景和未知不安全场景的风险控制到合理可接受的水平对功能安全开发带来极大的挑战。

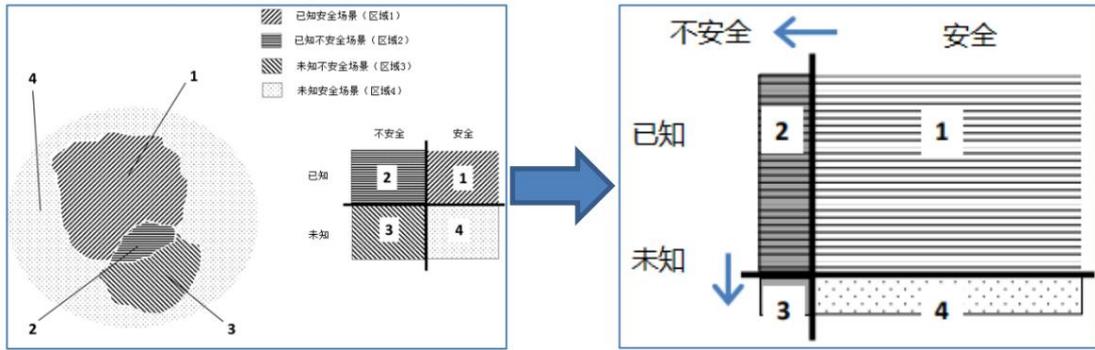


图 3-19 车辆运行场景划分

(3) 决策，当场景从封闭走向开放，开放的环境越大、越复杂，对于自动驾驶决策层的挑战将呈指数上升。决策层算法不仅需对多传感器融合的数据准确处理，还负责车辆的路径规划、行为规划及轨迹规划。

(4) 执行，针对自动驾驶，车辆的电子电气架构、驱动系统、转向系统、制动系统等均需要重新设计，提供可靠性和可用性。比如，完全冗余的转向系统 EPS 来满足失效可操作功能。

3.7.2 网络安全架构

网络安全架构是一个新领域，需设计一个强大的网络安全框架，以保护关键的信息。与传统计算机系统不同，车辆会在网络和物理层面都受到攻击，这使得车辆安全防护变得更困难。另外网络攻击策略在不断发展，仅实施一层很难防止系统免受网络攻击，这意味着需要多层安全架构设计。

未来的车辆需要集成多个传感器、执行器、ECU 和微型计算机，不同子系统/域的通信将非常复杂，雷达、摄像头、GPS、超声波传感器、V2X、基础设施设备以及这些传感器依赖的应用程序都有可能遭受到攻击。

新的汽车架构在发展，但并不一定意味着每个 ECU 都从头开发，或者车载总线类型都往最高性能发展，类似于传统 CAN 总线将仍然会长期存在，但其负载在很多情况下已经达到带宽限制，难以支持加密签名等加密措施。

当前的供应商开发流程通常不允许主机厂对来自不同供应商的零件进行端到端网络安全测试，这可能使主机厂和供应商难以在软件开发和测试期间共同实现网络安全测试完整性。

网络安全设计者需要让汽车安全系统没有任何故障点，然而攻击者只需要找到一个缺陷就可以完成对汽车的攻击，设计难度极大。

自动驾驶需要汽车和外界进行大量的数据交互，为了确保安全，车辆需要尽可能频繁地向外提供与其位置和移动相关的信息，但是在这个过程中可能会泄露驾驶员的隐私，这又需应尽可能少地交换位置和移动数据，以限制位置跟踪和分析。因此需要对车辆安全和隐私做出权衡。

汽车的使用寿命明显长于典型 IT 设备。汽车的架构和安全基础定义到汽车停止运行的时间可能超过 20 年甚至更长时间，在如此长的生命周期内，所使用的加密算法仍然需要保

证有效。

4 智能网联汽车新型电子电气架构标准化路线

4.1 标准现状

目前国内外还没有关于新型电子电气架构设计方法论相关的标准。

4.1.1 功能架构

多功能域实现基于 SOA 的设计原则及开发范围不同，市场上该架构下的产品不一，均按各自 OEM 需求独立设计，目前没有统一功能架构标准。

原子服务基于当前较稳定的汽车产品形态，利于开展标准化，当前已有相关组织逐步开展原子服务的标准化研究工作，近期较有影响的是中国汽车工业协会智能网联汽车分会软件定义汽车工作组于 2021-06-19 发布的《软件定义汽车服务 API 第一部分：原子服务 API 参考》。

4.1.2 软件架构

2003 年，宝马、博世、大陆、戴姆勒、通用、福特、标志雪铁龙、丰田、大众 9 家企业作为核心成员，成立了一个汽车开放系统架构组织（简称 AUTOSAR 组织），致力于建立一个标准化平台，独立于硬件的分层软件架构，制定各种车辆应用接口规范和集成标准，为应用开发提供方法论层面的指导，以减少汽车软件设计的复杂度，提高汽车软件的灵活性和开发效率，以及在不同汽车平台的复用性。AUTOSAR 以 OSEK/VDX 为基础，但涉及的范围更广。

截至目前，AUTOSAR 组织已发布 Classic 和 Adaptive 两个平台规范，分别对应安全控制类和自动驾驶的高性能类。Classic 平台基于 OSEK/VDX 标准，定义了安全车控操作系统的技术规范。Classic AUTOSAR 的软件架构如图 4-1 所示，其主要特点是面向功能的架构（FOA），采用分层设计，实现应用层、基础软件层和硬件层的解耦。



图 4-1 Classic AUTOSAR 软件架构

AUTOSAR 组织为应对自动驾驶技术的发展推出了 Adaptive AUTOSAR (AP) 架构，如图 4-2 所示，其主要特点是采用面向服务的架构 (SOA)，服务可根据应用需求动态加载，可

通过配置文件动态加载配置，并可进行单独更新，相对于 Classic AUTOSAR（CP），可以满足更强大的算力需求，更安全，兼容性好，可进行敏捷开发。

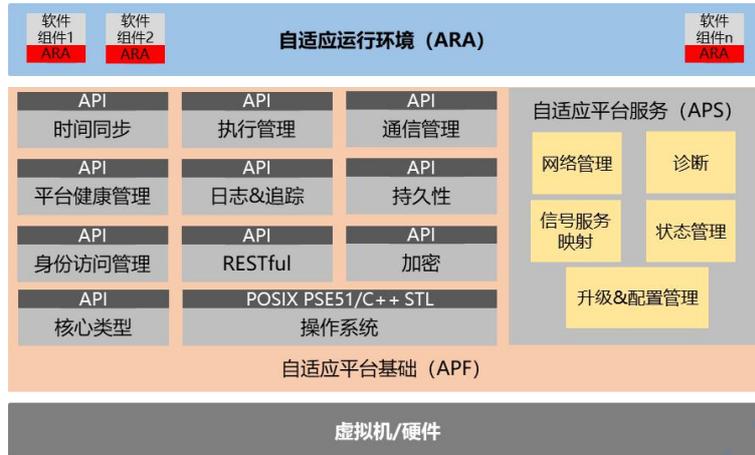


图 4-2 Adaptive AUTOSAR 软件架构

在日本，日本汽车软件平台架构组织（Japan Automotive Software Platform Architecture, JasPar）成立于 2004 年，旨在联合企业横向定制兼顾汽车软硬件的通信标准、实现车控操作系统的通用化，提高基础软件的再利用率等。JasPar 组织成员包括绝大多数的日系汽车及配套软硬件产品厂商。

我国主机厂及零配件供应商目前主要使用 Classic AUTOSAR 标准进行软件开发。一汽集团、长安集团等主机厂于 2009 年开始利用 Classic AUTOSAR 标准的工具进行 ECU 的设计、开发、验证。同时，上汽集团、一汽集团、长安集团、奇瑞集团等主机厂和部分高校成立了 CASA 联盟，旨在中国推广和发展 AUTOSAR 架构。目前江淮汽车也是主要基于 Classic AUTOSAR 标准进行软件和产品开发。

4.1.3 物理架构

不同整车厂和供应商域控制器的分类，以及功能有差异，目前对域控制器硬件还没有进行标准化。传统 ECU 的标准化现状可以参照分布式电子电气架构。

当前执行器其物理接口、电气接口和通信接口并未标准化，其中执行器的物理接口受限于供应商及整车厂的造型、布置以及产品延续性等因素，其标准化进程较为艰难，现只局限于单个供应商内部的标准化或是单个整车厂内部的标准化；执行器的通信接口标准化还局限于单个供应商内部或是单个整车厂内部，待电气接口标准化后逐步完备。

目前的低压电源管理系统包括静态电源管理以及动态电源管理，其中静态电源管理包括静态功耗管控、分级关断策略管控、OTA 升级用电策略管控、远程控制功能用电策略管控等。动态电源管理包括智能充放电策略管控、智能充电阈值管控等。基于不同车型，由于其用电场景及用电量的差异化，造成电源管理的策略难以形成标准化的策略方案。

蓄电池传感器可实现蓄电池电压 U、电流 I、温度 T、蓄电池电量 SOC、健康度 SOH、启停信号预测等状态和阈值唤醒等功能。基于不同供应商，由于前期开发思路和平台差异化，造成蓄电池传感器的机械连接结构和 LIN 功能架构存在差异化，难以实现不同供应商产品之间的直接替换。

车载计算平台标准化需求研究已成立项目组，属于智能网联汽车标准工作组。

区域控制器目前没有国标，部分供应商已完成了平台化设计。

4.1.4 数据架构

在域集中式电子电气架构阶段，整车厂除了快速推出车辆新功能之外，在实现车-云信息互联的情况下，可以搭建多方参与开发的汽车生态系统，这其中的数据挖掘和应用就尤为重要。如何高效地传输和使用海量车辆数据是整车厂必须解决的一道难题。

在中央集中式电子电气架构阶段，车路云一体化协同程度更高，在车云信息互联之外还实现车云边缘计算和软件动态资源共享技术，数据的实时高效地传输更是数据架构重点考虑的内容。

目前，不同整车厂和供应商域控制器之间的物理信号和通信数据均存在不同程度的差异，车内传感器、车身控制、底盘控制、动力与能源控制等数据结构标准化尚未开展。除了 GB 32960 新能源数据，其他智能驾驶等车辆功能的车云交互数据种类、格式、协议以及信号各类属性的标准化工作暂未有统一性的成果发布。目前国内汽标委智能网联分标委正在研究制定《智能网联汽车数据通用要求》国标，2021年9月已经正式立项，标准内容包括三方面：第一是智能网联汽车数据分类分级的原则，以方便对数据进行分类分级保护；第二方面是数据安全要求，规范在收集、存储、使用、传输、共享、公开等阶段的安全要求；第三方面是数据通用格式。此标准一旦完成，将有可能成为车辆数据架构的基础标准。除此以外，智能网联汽车产业创新联盟、中国汽车工业协会等组织也在研究制定相关团体标准。

在国际上，欧盟法规 Regulation(EU)2018/858 明确规定在 2020 年 9 月后车企需要通过网站向第三方开放 OBD 和维修相关数据，可对共享数据收取费用。为此提出了 extended vehicle 的概念，将车扩展到物理边界之外的云端系统以及与云端交互的数据。ISO 的道路车辆技术委员会 TC22 的数据通信子委员会 SC31 专门设立 WG6 工作组，研究制定 extended vehicle 相关标准。目前已经发布《ISO 20077 Road Vehicles — Extended vehicle(ExVe) methodology》和《ISO 20078 Road Vehicles — Extended vehicle(ExVe) web services》等系列标准。前者定义了基本概念和术语，后者规范了获取数据的相关框架和交互流程。ISO 的标准中没有定义数据的格式和模型，重点在于通过 web service 获取数据的方式和安全授权要求。

国际万维网联盟 W3C 和汽车开源车载信息娱乐系统联盟 GENIVI (已改名为 COVESA) 联合制定了 Vehicle Signal Specification(简称 VSS)标准，定义车身、底盘、ADAS 等域的车辆数据，以 YAML 的格式描述数据名称和类型，在此基础上 W3C 定义了访问 VSS 数据的 VISS(Vehicle Information Service Specification)规范，包括访问 VSS 数据的 web socket 和 HTTP API 集合。在此基础上延伸出了其它的开源项目如 Eclipse Kuxsa，如 AUTOSAR Adaptive Platform 的 Vehicle API 项目，GENIVI 改名为 COVESA 后与 W3C 发起了 Common Vehicle Interface Initiative 项目，旨在推动标准化的车辆数据架构。

除了整车以外，在传感器领域有 SENSORIS 标准，定义交换传感器数据的接口。诊断数据领域有 ASAM 的 ODX 模型。智能驾驶仿真等数据遵循 OpenX 系列数据标准，作为一个完整的仿真测试场景描述方案，OpenX 系列标准包括：OpenDRIVE、OpenSCENARIO 和 OpenCRG。仿真测试场景的静态部分（如道路拓扑结构、交通标志标线等）由 OpenDRIVE 文件描述，道路的表面细节（如坑洼、卵石路等）由 OpenCRG 文件描述，仿真测试场景的动态部分（如交通车的行为）由 OpenSCENARIO 文件描述。

4.1.5 网络架构

目前,国内主流量产车型仍以分布式电子电气架构和域集中式电子电气架构为主。一汽、东风、上汽、北汽、长城等整车厂均已完成域集中式电子电气架构(含跨域集中式电子电气架构)开发,并已在部分车型中量产应用。

目前没有标准的域集中式电子电气架构作为参考,每个整车厂均独立进行架构开发,开发出的电子电气架构方案各具特色。

智能网联汽车广泛应用的车辆网络通信技术主要有两种: CAN/CANFD 和车载以太网。

(1) CAN/CANFD 网络通信协议标准研究现状

CAN/CANFD 通信采用 ISO 定义的 OSI (Open System Interconnect, 开放系统互连) 层次模型,其协议架构示意图如图 4-3 所示。

1) 针对 CAN/CANFD 诊断: 采用 DoCAN 协议,除表示层由 OEM 自行定义外,其他各层均由 ISO 定义了相应的通信协议标准。

2) 针对乘用车 CAN/CANFD 通信: 通常不使用网络层、会话层和表示层; ISO 定义了物理层和数据链路层通信标准; 传输层和应用层标准由 OEM 自行定义,因此每个 OEM 的应用层标准均不同,这给控制器在不同 OEM 车辆上的匹配应用带来很大困难。例如,控制器 ECU1 已经在 OEM1 车辆上量产应用,如计划将控制器 ECU1 移植到 OEM2 车辆上,则必须对控制器 ECU1 的通信软件进行适应性更改,随之带来了开发成本、开发进度、多品种零部件管理等系统问题。

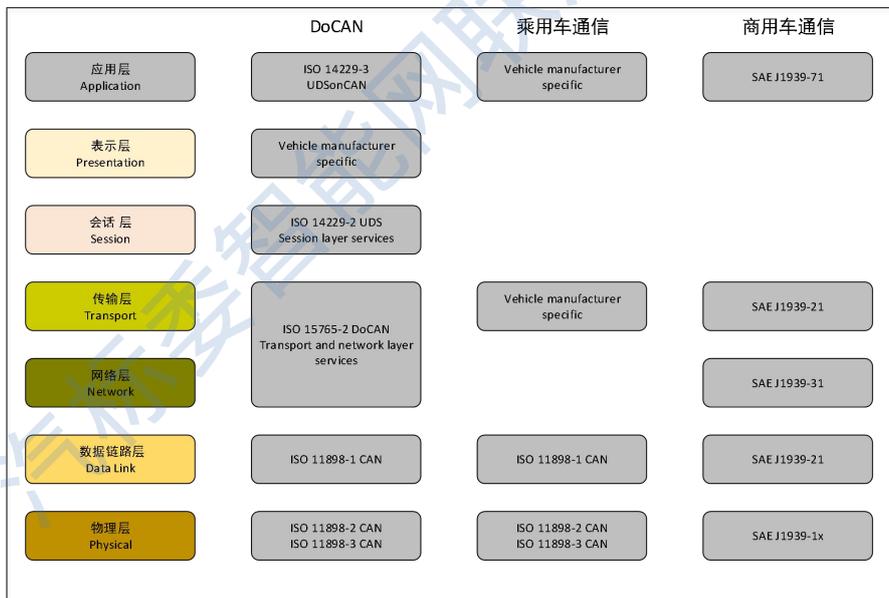


图 4-3 CAN/CANFD 协议架构示意

3) 针对商用车 CAN/CANFD 通信: 通常不使用会话层和表示层; SAE 定义了物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层通信标准; 但相关国际标准还不够完善(例如 SAE J1939 标准只支持 CAN 通信、不支持 CANFD 通信),需要整车厂根据车辆应用的实际需求对上述标准进行的修改和补充。

(2) 车载以太网网络通信协议标准研究现状

车载以太网通信也采用 ISO 定义的 OSI（Open System Interconnect，开放系统互连）层次模型，其协议架构示意图如图 4-4 所示。

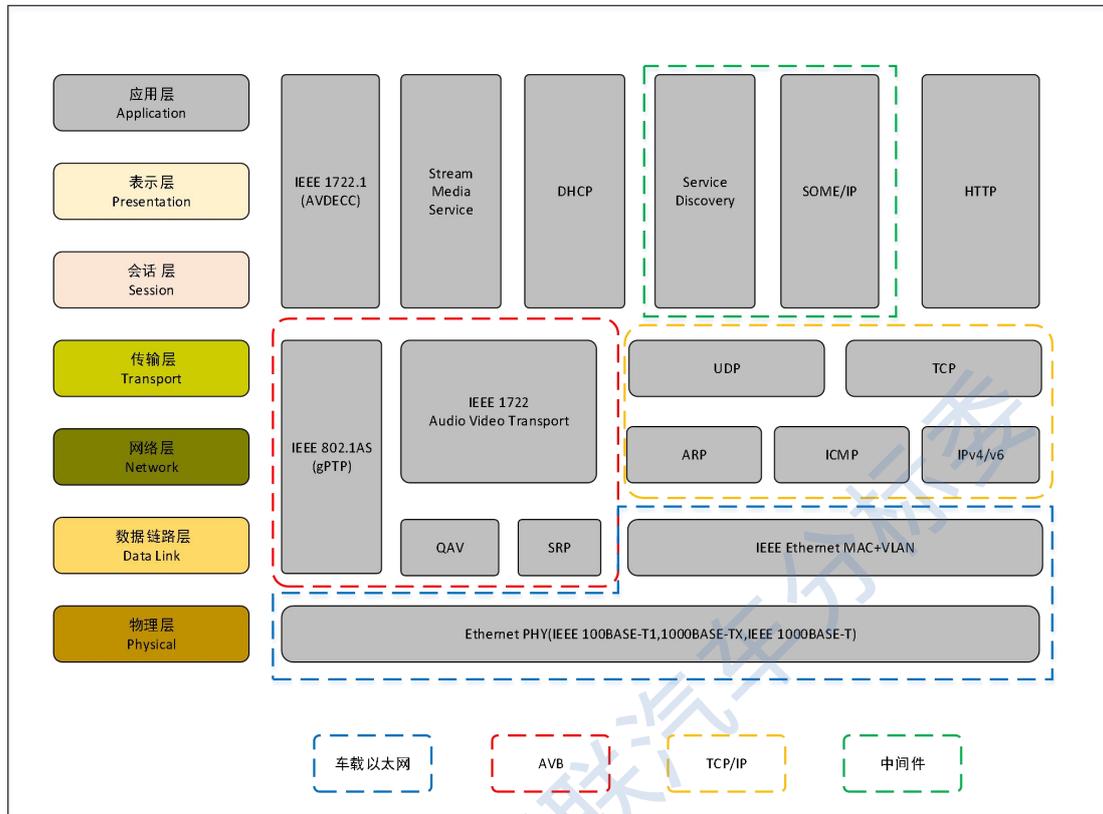


图 4-4 车载以太网协议架构示意图

车载以太网协议由 4 部分组成：

1) 黄色框部分：为 TCP/IP 协议，是当前网络最基本的协议结构，车载以太网的网络协议是在 TCP/IP 网络分层模型的基础上进行补充所形成的。由于车载以太网与车外网络基于相同协议，车载以太网在与车外网络进行通信时，接口过渡更加平滑。传统车内通信网络基于独有的网络协议，与车外网络进行交互时，需要对不同系统的协议进行转换。在网联化趋势下，车载以太网的协议转换成本更小。

2) 绿色框和蓝色框部分：根据车辆应用的实际需求对传统以太网标准进行的修改和补充。其中 SOME/IP 协议（Scalable service-oriented middleware over IP，基于 IP 的可伸缩的面向服务的中间件）是计算机以太网所没有、车载以太网新引入的协议。它采用 SOA 架构，面向服务进行通信，根据 client 是否有需求决定 server 是否推送服务，具有灵活性、复用性，能够利用 AUTOSAR 实现软硬件解耦。

3) 红色框部分：为 AVB 协议(Ethernet Audio/Video Bridging，以太网音视频桥接技术)，在传统以太网的基础上，通过保障带宽，限制延迟和精确时钟同步，以支持各种基于音频、视频的网络多媒体应用。AVB 关注于增强传统以太网的实时音视频性能，同时又保持了 100% 向后兼容传统以太网，是极具发展潜力的下一代网络音视频实时传输技术。AVB 协议在 2012 年 11 月被 IEEE 802.1 任务组正式更名为 TSN（Time-Sensitive Network 时间敏感网络）。

4) 其他部分与传统以太网基本相同。

车载以太网相关的国际标准和行业标准分别来自 RFC、IEEE、ISO、AUTOSAR 和 OPEN 联

盟等国际化组织。国内各整车厂根据自身特点，参考国际标准和行业标准制定了各自的车载以太网配置规范，而这些配置规范对于整车厂来说是核心技术，目前基本上以企业标准的形式存在，还没有在汽车行业范围标准化。

目前已经有相关网络通信协议，其通信网络协议如 4-5 所示：

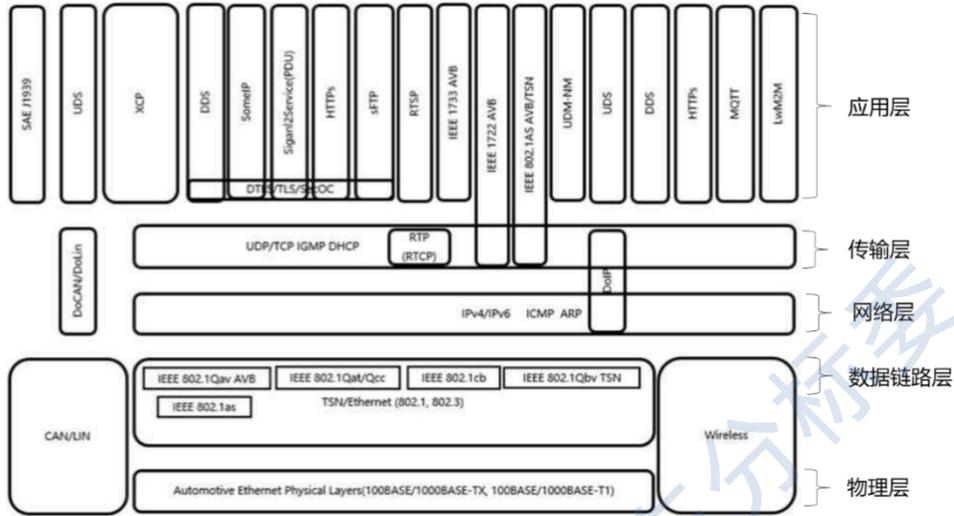


图 4-5 目前已经有相关网络通信协议示意图

不论是 CAN/CANFD 网络，还是车载以太网网络，网络通信矩阵都与各车型的电子电气控制功能的功能特性和功能分配方案密切相关。针对单一整车厂，在功能架构平台化的基础上，实现网络通信矩阵标准化是可行的，目前大部分整车厂都已经形成了自己的网络通信矩阵企业标准；但因为每个整车厂的功能架构均不相同，从客观上限制了在整个汽车行业范围内实现网络通信矩阵标准化。

针对商用车/乘用车的车载以太网通信和乘用车的 CAN/CANFD 通信，因为网络通信矩阵由 OEM 自行定义，所以每个 OEM 的网络通信矩阵定义均不相同，这给控制器在不同 OEM 车辆上的匹配应用带来很大困难。例如，控制器 ECU1 已经在 OEM1 车辆上量产应用，如计划将控制器 ECU1 移植到 OEM2 车辆上，则必须对控制器 ECU1 的通信软件进行适应性更改，随之带来了开发成本、开发进度、多品种零部件管理等问题。

针对商用车的 CAN 通信，所有 OEM 都遵循行业通用的应用层标准 SAE J1939-71，SAE J1939-71 详细定义了各个信号的数据长度、精度、偏移、数据范围以及在报文中的位置。所以各 OEM 的网络通信矩阵定义基本相同，这给控制器在不同 OEM 车辆上的匹配应用带来极大便利。但 SAE J1939-71 定义的信号并不全面（例如：不能够支持智能网联汽车和新能源汽车的全部功能需求），仍需要各整车厂根据车辆应用的实际需求不断进行完善。

此外，网络通信矩阵相当于汽车网络通信的“密码本”，一旦在整个汽车行业范围内标准化，将增大网络安全风险。

信号矩阵的标准在商用车领域有 SAE J1939 等，SAE J1939 描述了基于 CAN 总线的一种网络应用，其应用层定义了通信矩阵的内容，包括每一个参数的数据比例（scaling）、数据界限（limit）、偏移量（offset）、传输功能（transfer）四个部分。

网络管理领域有 AUTOSAR 和 OSEK 两种行业标准，定义各网络控制控制器协同睡眠和协同唤醒的控制策略。

诊断领域有 ISO13400、ISO14229 协议，定义物理层要求、传输层和网络服务的要求、OBD 布置和接插件的相关要求和一致性测试标准。

传感器领域有 ISO23150 协议，定义传感器融合的抽象语义。

4.1.6 安全架构

功能安全在国内外已有相关标准。国际标准化组织 ISO 在 2018 年发布了第二版 ISO 26262-2018。自 2016 年 2 月，国际标准化组织 ISO 下设的功能安全工作组（ISO/TC22/SC32/WG8）启动了预期功能安全 ISO 21448 的制定工作，2021 年 11 发布了 ISO 21448 FDIS 版草案，计划于 2022 年 3 月正式发布。全国汽车标准化委员会（SAC/TC 114）也制定了功能安全系列标准。2019 年开始修订 GB/T 34590，预计 2022 年发布，同时也在制定功能安全落地的相关标准 GB/T《功能安全评估和审核方法》。

网络安全在国内外也有相关的标准在制定。国际标准 ISO/SAE 21434 规定了有关道路车辆电子电器系统（包括其组件和接口）的概念、开发、生产、经营、维护和停用阶段的网络安全风险管理要求。SAE J3061 网络安全指南，分为三个部分。第一部分将定义 ASIL 和 TARA 分析方法。第二部分和第三部分将侧重于信息安全测试，其中第二部分侧重于供应商硬件和软件安全测试方法的概述，第三部分侧重于使用工具的概述。SAEJ3061 还致力于指导硬件信息安全以及如何保护 OBDII 接口。

表 4-1 SAEJ3061 分类

标准	内容
SAEJ3061-1 汽车网络安全完整性等级	车辆网络安全分类方案。网络安全完整性和功能安全完整性地关系
SAE J3061-2 网络安全测试方法	软硬件信息安全机制概述
SAE J3061-3 网络安全测试工具	信息安全测试工具概述
SAE J3101 车辆硬件网络安全需求	提出实施硬件网络安全机制的需求
SAE J3138 数据链路接口防护指南	数据链路接口防护指南

ITU 致力于智能交通系统的安全问题，重点考虑 V2X 通信，也考虑了车载系统信息安全问题。

表 4-2 ITU 信息安全标准

标准	内容
X.1373	智能交通系统通信设备软件安全升级防护能力
X.itssec-2	V2X 安全通信指南
X.itssec-3	车辆可访问外部设备的安全要求
X.itssec-4	车载系统入侵检测方法
X.itssec-5	车载边缘计算安全指南
X.eivnsec	基于以太网的车载网络安全指南

为了访问车辆数据，ISO 开发了 ExVe 概念，遵循最小化攻击表面的目标，例如车辆中限制服务接口，将数据传输到远程安全服务器，服务提供商可以从服务器访问数据，而不是直接从车辆获取。为了确保公平竞争，服务器由中立方运营。ISO TR 23791 指导源自 ISO 20078 系列的安全，保障，竞争，责任和数据保护风险的评估。ISO 20828 描述了如何颁发和管理公钥证书。

联合国经济及社会理事会欧洲经济委员会中内陆运输委员会道路交通分委会下属的车辆结构工作组 (WP.29) 起草了车辆网络安全和远程软件升级法规。针对信息安全的要求主要分为两大方面, 即信息安全管理体系认证 (Cyber Security Management System, 以下简称“CSMS 认证”) 和车辆型式审批。CSMS 认证主要审查主机厂是否在汽车的全生命周期中制定了信息安全相关的流程, 以确保汽车全生命周期中都有对应的流程措施。各流程实施于开发、生产、量产运维各个阶段, 保证信息安全设计、实施及响应均有流程体系指导; 车辆型式审批则是针对 OEM 信息安全开发中具体的工作项进行审查, 旨在保证实施于车辆的信息安全防护技术在进行审查认证时足够完备。

AUTOSAR 标准定义了车辆软件网络安全标准。三个主要安全机制是加密服务管理(CSM)、加密抽象层(CAL) 车载安全通信(SecOC)。

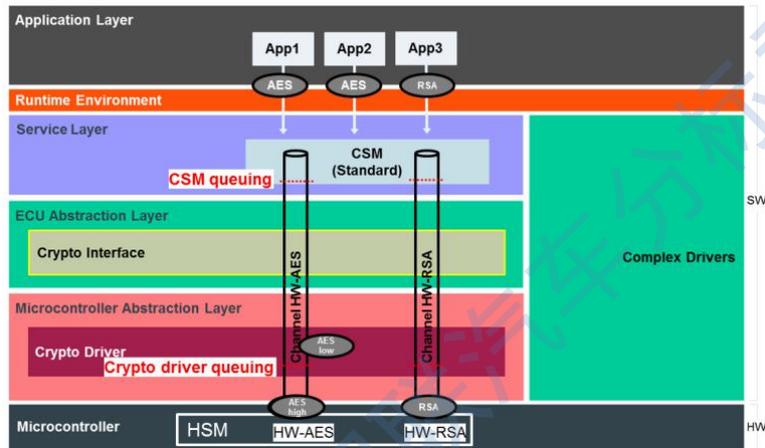


图 4-6 Classic AUTOSAR 信息安全模块

Adaptive AUTOSAR 提供了多种加密操作的唯一标准接口, 并将加密服务程序进行分组, 每组实现特定的加密功能。加密服务程序包括:

- 加密服务程序
- 密钥存储程序
- X.509 证书管理程序

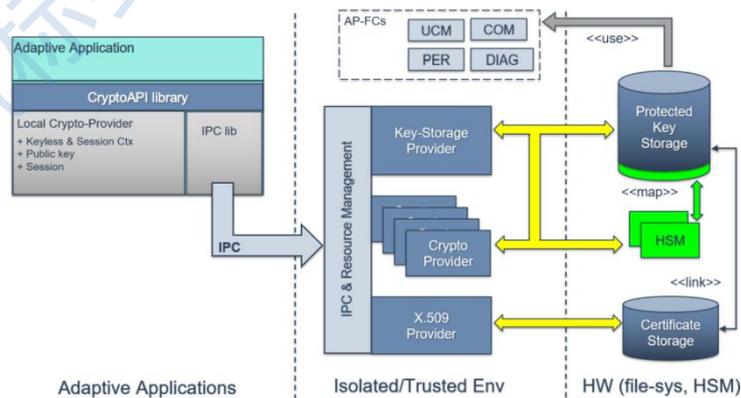


图 4-7 Adaptive AUTOSAR 信息安全模块

国内已发布网络安全相关的标准 GB/T 40861-2021《汽车信息安全通用技术要求》、GB/T 40855-2021《电动汽车远程服务与管理系统信息安全技术要求及试验方法》、GB/T 40856-2021

《车载信息交互系统信息安全技术要求及试验方法》、GB/T 40857-2021《汽车网关信息安全技术要求及试验方法》，为网络安全架构的开发提供了指导。

4.2 标准化需求分析

目前因新型电子电气架构的相关标准较少，各企业对电子电气架构的认知和理解上多少存在差异。为在行业中统一对新型电子电气架构的认知，有必要制定关于新型电子电气架构设计方法论的标准。

4.2.1 功能架构

汽车“四化”对汽车电子电气架构的需求可以总结为：有效的变形管理，高计算性能，高通讯性能，有效的跨域功能协调和软件持续更新升级。另外，汽车“四化”的功能很大程度上依靠软件实现，软件驱动创新是未来汽车“四化”的核心。功能架构的标准化是实现软件定义汽车、快速迭代的必要条件。

原子服务的标准化建议主要集中在四方面：

一是定义原子服务的 API，在整车功能域中涉及到原子服务的包括车身控制、能量管理、运动控制、人机交互等，在这些功能域需要结合整车现有的硬件配置设计原子服务 API，建立标准的 API 规范，从而提高在原子服务基础上形成的整车应用的互操作性和兼容性。

二是定义原子服务 API 的交互模式，需要定义标准化的原子服务 API 交互模式和流程，方便第三方应用能够按照标准的方式使用原子服务，并获得期望的结果。

三是定义原子服务 API 所使用的数据类型。车内的状态数据很多，需要明确原子服务所涉及的状态数据的数据格式和语义，从而基于数据类型进行整车通信架构的设计。

四是定义原子服务的性能要求，并给出部署建议。应该根据原子服务的作用和特点明确原子服务对实时性、可靠性等方面的要求，并根据要求给出部署建议，建立实现原子服务的性能基准。

4.2.2 软件架构

从技术角度看，软件架构在软件开发过程中重要性主要有：架构明确了系统实现的约束条件，架构是架构设计师对系统实现的各方面进行权衡的结果，是总体设计的体现，因此，在具体实现时必须按架构的设计进行；架构为维护的决策提供根据，在架构层次上能为日后的更改决策提供推理、判断的依据；在较高层面上实现软件复用，软件架构作为系统的抽象模型，可以在多个系统间传递（复用），特别是比较容易地应用到具有相似质量属性和功能需求的系统中。在软件定义汽车时代，车控操作系统是自动驾驶汽车的核心技术，其架构作为软件架构的一种，设计搭建高质量的车控操作系统架构对自动驾驶汽车的快速发展具有重要影响。

高度变化的需求、智能化的持续演进、车载硬件和软件系统复杂程度的提升对车控操作系统的性能、可扩展性、易用性、系统可靠性提出了严峻的挑战。车控操作系统运行基础是异构、分布式计算平台，既具有安全车控操作系统的功能和特点，还能够提供高性能、高可靠的传感器、分布式通信、自动驾驶通用框架等模块以支持自动驾驶感知、规划、决策、控制与执行的共性实现。车控操作系统总体架构与电子电气架构的革新和对应的车载计算架构

相辅相成，因此从整个驾驶闭环角度，将安全车控操作系统与智能驾驶操作系统进行整体架构研究。

架构是操作系统的顶层设计，明确了对系统实现的约束条件，为维护决策提供依据，以及便于在较高层面上实现复用。因此，将车控操作系统的架构和技术要求进行标准化有助于实现操作系统的行业共识，降低主机厂、零部件供应商等之间的沟通成本，实现操作系统软件复用，提高开发效率。车控操作系统的技术要求包括功能要求和性能要求等，通过技术要求和测试方法的标准化，可以评价车控操作系统的基本功能和性能能否满足产品设计要求。

智能汽车的发展需要符合中国标准的车内电子电气架构、通信系统、智能终端、驾驶辅助和自动驾驶系统、云平台等新架构汽车产品标准，因此，在软件定义汽车的趋势下，网联、云控也成为中国智能网联汽车发展的特色，而作为智能网联汽车的核心车控操作系统，更应该满足“中国标准”方案的智能汽车电子电气架构。此外，车控操作系统的架构设计某种程度上决定能否建立良好的应用软件生态，从而建立基于软件、服务的商业模式。鉴于适配于集中式电子电气架构的车控操作系统软件架构尚在演化，以及“中国标准”方案的智能网联汽车的发展需求，研究并制定符合“中国方案”智能网联汽车发展的车控操作系统架构具有迫切需求和重要意义。

表 4-3 架构和要求类标准化建议

标准化对象	分析	必要性	启动建议
车控操作系统总体架构及要求	通过标准化，可以实现域集中式计算平台驾驶自动化功能的高效开发，实现可扩展、可复用。	必要	优先级高
智能网联汽车 车控操作系统技术要求及试验方法	通过规定车控操作系统的技术要求及对应的测试方法，保证产品的质量。	必要	优先级低
智能网联汽车 车载操作系统技术要求及试验方法	通过规定车载操作系统的技术要求及对应的测试方法，保证产品的质量。	必要	优先级低

随着智能化、网联化技术的发展，智能汽车感知融合、决策规划和控制执行功能带来了更为复杂算法并产生大量的数据，需要更高的计算能力与数据通讯能力。基于 OSEK/VDX 和 Classic AUTOSAR 软件架构的安全车控操作系统已经不能满足未来自动驾驶汽车的发展需求，AUTOSAR 组织为面向更复杂的域控制器和中央计算平台的集中式电子电气架构推出 Adaptive AUTOSAR 平台。Adaptive 平台定义采用了基于 POSIX 标准的操作系统，可以为支持 POSIX 标准的操作系统及不同的应用需求提供标准化的平台接口和应用服务，主要是为了适应汽车智能化的发展需求。Adaptive AUTOSAR 尚处于发展初期，其生态建设获得 Tier1、主机厂的普遍认可尚需时日。同时，由于智能网联汽车的区域属性及社会属性增加，在行驶过程中需要通信、地图、数据平台等本国属性的支撑和安全管理，每个国家都有自己的使用标准规范，因此，Adaptive AUTOSAR 能否满足智能化的需求尚有待验证。

车控操作系统是智能网联汽车的基础软件部分，运行于智能网联汽车车载智能计算基础平台。智能网联汽车的复杂性，需要通过车控操作系统软件架构和接口的标准化实现产业链的分工协同，提高开发效率，保障软件平台的安全可信，减少对接成本，构建统一生态。

表 4-4 架构和要求类标准化建议

标准化对象	分析	必要性	启动建议
车用操作系统总体架构	融合了车控操作系统和车载操作系统，满足中央集中式计算平台技术发展需求。	必要	优先级低

4.2.3 物理架构

中央集成+区域控制式的电子电气架构的理念为即插即用，并且中央集成+区域控制式的电子电气架构及以后的架构已趋于稳定，更有充足的理由要求执行器的电气接口和通信接口标准化，以减少主机厂与供应商由于无标准所进行的二次开发。

执行器的电气接口标准化的建议为都推荐采用 CAN、LIN 的电气接口；执行器的通信接口标准化的建议为：通信协议标准化，其中包括底层通信协议标准化；梳理所有车型都必须标配或可复用的执行器功能，使应用层协议标准化。

域集中式电子电气架构的电源管理，通过标准化，可有效提升电源系统开发效率，降低开发成本。建议电源管理标准化内容：对于用电模式（例如工厂模式、储运模式等）进行标准化划分，确定每种模式的用电策略；对于整车静置以及储运等进行标准化定义，例如时间、工况等；针对不同类型蓄电池的智能充放电阈值进行标准化定义；分级关断策略的等级划分及功能控制进行标准化定义；语音及文字提醒进行标准化定制。中央集中式电子电气架构的电源管理允许脱手脱眼的自动驾驶必须配备双电源，且切换时间要满足自动驾驶相关控制器的故障容错时间，但由于每个主机厂的电源现状不一样，不建议对具体冗余方案进行标准化。

目前蓄电池、发电机已有行业标准，各主机厂根据自己车型的功能用电需求，依据行业标准对蓄电池、发电机进行选型即可，各主机厂的功能用电需求各不相同，不建议再对蓄电池和发电机做标准化；同样，保险丝盒也不建议做标准化的要求。

由于芯片的限制，目前还不能真正实现中央计算平台，而是由各域控制器进行物理集成。由于中央计算平台更多的是控制器策略集中，可以考虑将电气接口标准化。域控制器的电气接口的标准化，需要梳理车型在不同物理区域的传感器和执行器。

4.2.4 数据架构

数据架构的标准化方面需要考虑三个方面，一是车辆数据采集和处理的框架，定义不同角色的功能和接口；二是数据内容与格式；三是使用和交互数据的格式和协议，包括开发编程所需的 API。

4.2.5 网络架构

网络架构总体标准化建议定义域集中式电子电气架构的参考网络架构，明确整车电控功能域的划分情况以及各域控制器之间的连接形式，方便域集中式电子电气架构的部署和配置；定义参考网络拓扑和架构，方便中央集中式电子电气架构的部署和配置。

4.2.5.1 网络通信协议

在整个车载以太网协议架构中，基本都是国际标准，或者 IEEE 工作组制定，或者 OPEN 联盟、AUTOSAR 联盟等制定。为了保证中国汽车行业不受“卡脖子”等因素的限制，建议考虑参照以上标准设计国内汽车行业发展所使用的国家标准或者行业标准。

针对目前车载以太网协议架构中未覆盖的其他应用领域（如网关路由规范、以太网刷写规范等），在整个汽车行业范围内开展通信规范标准化工作。通过标准化工作使行业形成合力，从而推动新型电子电气架构平台和共性技术快速发展。

改善现有协议性能，例如，在现有车载以太网中增加相关特性，降低时延等性能。在现有协议体系中尝试改进现有协议的短板，建立中国特有的标准。

4.2.5.2 网络通信矩阵

网络通信矩阵都与各车型的电子电气控制功能的功能特性和功能分配方案密切相关，而功能架构又是整车厂的核心技术，一般是不公开的，所以很难在整个汽车行业范围内实现网络通信矩阵标准化，建议针对关键控制器实现网络通信矩阵标准化。

目前车辆只匹配少量智能传感器（如阳光雨量传感器，转向角传感器），但从电子电气架构发展趋势看智能传感器和执行器的数量越来越多，迫切需要通过网络通信矩阵标准化将其逐步统一为标准件，以便由不同整车厂为其推销成本。

自动驾驶公司通常会与传统整车厂合作开发 L3-L5 的自动驾驶车辆，传统整车厂负责提供转向、制动等性能优良的整车（也称为电控底盘），自动驾驶公司负责加装雷达、摄像头等传感器将其改造为自动驾驶车辆，并在此基础上开展自动驾驶控制策略研究。在将传统车辆改造为智能驾驶车辆过程中，遇到的最大问题就是智能驾驶域控制器的通信接口不统一问题。

整车电子电气一般划分为 5 个功能域：动力域、底盘安全域、智能驾驶域、信息娱乐域和车身舒适域。在这种合作方式中，相当于自动驾驶公司负责开发智能驾驶域的电控功能，整车厂负责开发其他功能域的所有电控功能，二者的通信接口就是智能驾驶域域控制器的网络通信矩阵。建议将智能驾驶域域控制器的网络通信矩阵标准化，以提高智能驾驶域域控制器匹配不同整车厂车辆的可复用性。

因此，有必要补充现有的通信矩阵标准，提高在软件定义汽车趋势下不同部件的兼容性和互操作性，简化整车协同，加速升级迭代。建议定义底盘控制、车身控制、三电等方面的信号标准，明确语义和交互规范，简化开发。在传感器执行器就近接入的架构下，需要对传感器和执行器硬件资源进行抽象，以方便上层应用能够跨区域调用，为此需要定义传感器执行器设备抽象的服务化接口，屏蔽下层不同物理信号和 IO 控制的差异。在面向服务的通信中，通信收发关系不固定，不能仅凭 DBC 文件就确定信号的含义和位数，需要定义更加灵活的通信编码方案，建议定义新的架构下的通信编码标准。

4.2.6 安全架构

功能安全相关方法论的标准已有，亟需制定一些有助于功能安全落地的标准。

汽车网络安全是新的挑战，这需要额外的努力、工程方法和非常具体的技能，需要在车辆的整个生命周期内处理威胁、管理风险、实施网络安全设计和网络安全措施。汽车行业已经认识到这些要求，制定行业标准，以解决汽车网络安全问题并保护其资产。对于汽车制造

商和供应商来说,对用于车辆开发和部署的网络安全指标有一个清晰和共同的理解和协议变得越来越重要。对于信息安全措施实施多少才足够也需要达成统一的认知标准,信息安全测试也需统一要求,形成标准。

目前全国汽车标准化委员会的功能安全工作组和信息安全工作组分别对功能安全和网络安全相关标准制定展开了工作。

4.3 标准化路线图

标准制定路线图是基于基础通用先行、产业需求先行、法律法规支撑的原则,部分标准可以根据指定实际情况进行拆分和合并,同时参考技术实际发展状态,实时优化标准体系。

(1) 第一阶段

需制定基础通用类、安全测评类及技术支撑类标准,满足新型电子电气架构的要求,制定标准建议如下:

基础通用类:

—《新型电子电气架构设计方法论》

适用于所有车型的架构设计方法论,随着技术更新迭代与架构演变,该方法论可以一直被沿用,其内容细节方面可以不断更新,但框架始终不变。拟标准化的内容包含:

- (1) 新型电子电气架构技术领域的标准术语与缩略语;
- (2) 新型电子电气架构的技术体系结构(技术组成、开发流程、开发团队、工具链);
- (3) 新型电子电气架构-功能架构服务层级划分原则;
- (4) 新型电子电气架构-软件架构服务数据交互格式;
- (5) 新型电子电气架构-物理架构实体形态(ECU、传感器、开关等)典型化;
- (6) 新型电子电气架构-数据架构交互数据的格式和协议种类;
- (7) 新型电子电气架构-网络架构推荐网络拓扑;
- (8) 新型电子电气架构-网络架构推荐网络通信协议;
- (9) 新型电子电气架构-网络架构推荐网络通信矩阵分区原则;
- (10) 新型电子电气架构-安全架构的约定边界。

技术支撑类:

—开展《新型电子电气架构接口标准体系研究》,包括但不限于以下类别:

● 原子服务接口定义:

功能架构中的原子服务交互接口定义与软件架构中系统软件中原子服务的接口定义编程规定。拟标准化的具体原子服务种类包含:

- (1) 毫米波雷达传感器原子服务;
- (2) 超声波雷达传感器原子服务;
- (3) 激光雷达传感器原子服务;
- (4) 前/后/左/右向摄像头原子服务;
- (5) 内部摄像头原子服务;
- (6) 车内外灯光原子服务;
- (7) 空调传感器原子服务;
- (8) 空调风门执行器原子服务;

- (9) 车门锁执行器原子服务;
- (10) 车窗/天窗执行器原子服务;
- (11) 车门开关执行器原子服务。

● 硬件接口规范:

物理架构中的硬件接口规范与网络架构中通信接口规范。拟标准化的接口信息包含:

- (1) 额定工作电压/电流;
- (2) 最大工作电压/电流;
- (3) 输入输出阻抗参数;
- (4) 驱动类型定义;
- (5) 短路/断路保护要求;
- (6) 故障检测类型要求;
- (7) 机械连接要求;
- (8) 电气连接要求;
- (9) 数据格式、长度及精度要求;
- (10) 数据 ID、发送、触发方式要求。

(2) 第二阶段

在完成基础通用类和技术支撑类标准的前提下,持续研究新型电子电气架构的标准化需求。