

基于OpenHarmony的车机智能系统设计与实现

任燕,姜微,薄喜柱,邹秀芳

(广州商学院 信息技术与工程学院,广东 广州 510000)

摘要: 针对传统车机系统在设备协同、交互体验及安全性等方面存在的不足,基于OpenHarmony操作系统,设计并实现了一套支持多模态交互、分布式协同且具有高安全性的车机智能系统。该系统依托OpenHarmony的分布式架构优势,南向采用普中Hi3861开发板构建硬件控制层,集成舵机、雨滴传感器等外设,通过物联网感知技术实现多源数据采集;北向基于ArkUI框架开发大屏端界面,通过MQTT协议实现南北向数据通信。AI大模型的引入提升了系统的智能化水平,可执行车辆设备控制、环境自适应调节等功能,并集成娱乐组件优化用户体验。测试结果表明,该系统在功能完整性、性能稳定性及用户体验等方面均达到预期水平,为车载智能系统的国产化研发提供了可复用的技术方案。

关键词: OpenHarmony; 车机智能系统; 分布式架构; 物联网; AI交互

DOI: 10.11907/rjdk.251521

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(2025)012-0050-07

扫描二维码阅读全文:



Design and Implementation of Vehicle-Mounted Intelligent System Based on OpenHarmony

REN Yan, JIANG Wei, BO Xizhu, ZOU Xiufang

(School of Information Technology and Engineering, Guangzhou College of Commerce, Guangzhou 510000, China)

Abstract: Based on the OpenHarmony operating system, a smart cockpit system supporting multi-modal interaction, distributed collaboration and high security is designed and implemented. Taking full advantage of OpenHarmony's distributed architecture, the system constructs a hardware control layer based on PuZhong Hi3861 development board in the southbound, integrating peripherals such as servos and raindrop sensors, and collects multi-source data with the help of IoT sensing technology. In the northbound, it uses the ArkUI framework to develop large-screen interfaces, and realizes north-south data interaction through the MQTT protocol. An AI large model is introduced to improve the intelligence level of the system, realizing functions such as vehicle equipment control and environment adaptive adjustment, and integrating entertainment components to optimize user experience. Test results show that the system has achieved the expected goals in terms of function integrity, performance stability and user experience, which can provide a reference for the localized development of in-vehicle intelligent systems.

Key Words: OpenHarmony; vehicle-mounted intelligent system; distributed architecture; Internet of Things; AI interaction

0 引言

随着5G通信、人工智能与自动驾驶技术的深度融合,智能网联汽车已成为全球汽车产业转型升级的核心方向。

车机系统作为人机交互的核心载体^[1],正从传统的影音娱乐终端加速向“车辆控制—环境感知—智能决策”一体化平台演进^[2]。当前主流的车机系统多基于Linux或Android架构构建,虽具备成熟的应用生态,但在分布式设备协同、实时响应车载数据传输方面仍存在隐私泄露风险。

收稿日期:2025-08-02

作者简介: 任燕(1991-),女,广州商学院信息技术与工程学院硕士研究生,研究方向为计算机软件技术;姜微(1978-),女,博士,广州商学院信息技术与工程学院博士研究生,研究方向为鸿蒙北向应用开发、大数据技术;薄喜柱(1972-),男,博士,广州商学院信息技术与工程学院博士研究生,研究方向为鸿蒙技术;邹秀芳(1994-),女,广州商学院信息技术与工程学院硕士研究生,研究方向为图像处理和深度学习。本文通讯作者:姜微。

近年来,随着国产鸿蒙操作系统的崛起,不少学者围绕鸿蒙在车载领域的应用展开探索。如邵泽杰等^[3]提出的基于鸿蒙操作系统的智能安全驾驶监测,对驾驶员的酒后驾驶与疲劳驾驶行为进行监测和报警。王绅同等^[4]提出的基于鸿蒙系统的无人方程式赛车远程监控与数据管理,可实现十万级以上数据量低延迟储存,数据平均丢失率仅为 0.042 4%。因此,本文基于鸿蒙操作系统,结合 OpenHarmony 技术设计了一款国产车机智能系统。OpenHarmony 作为面向智能终端全场景的分布式操作系统,其微内核架构带来的低时延特性、基于数字证书链端到端的安全机制以及跨设备协同能力,为突破传统车机系统瓶颈提供了全新的技术路径,也为国产操作系统在智能领域的应用提供了参考^[5-6]。

本文基于 OpenHarmony 通过构建南向硬件层与北向应用层的协同架构,重点攻克分布式设备控制、多模态交互响应及跨设备通信稳定性等技术难点,创新性地引入 AI 大模型以优化语音交互的上下文理解能力,采用消息队列遥测传输(Message Queuing Telemetry Transport, MQTT)协议以保障南北向数据的低时延传输(实测平均时延 ≤ 50 ms),最终实现车辆设备的智能化管理与用户体验升级^[7-9]。

1 系统总体设计

1.1 设计目标

本文系统旨在构建基于 OpenHarmony 的智能车机平台,其核心设计目标在于充分发挥 OpenHarmony 分布式架构的技术优势,实现对车内设备的高效控制及数据的实时共享。凭借其优异的可扩展性,为后续接入更多传感器以及与其他设备的无缝集成提供支撑,进而构建具备强大交互能力的车机智能生态系统^[10-12]。同时,依托系统的安全性,确保监测数据的完整性与准确性,保障在极端环境下车机智能系统也能稳定运行^[13]。

构建基于 OpenHarmony 的智能车机平台的核心目标如下:①实现车窗、灯光、雨刮等车辆硬件的实时控制及状态监控;②支持语音、触控等多模态交互方式,以提升驾驶场景下的操作便捷性^[14];③基于分布式架构实现车机与手机、云端等设备的无缝协同;④保障系统在复杂车载环境中通信的稳定性与数据的安全性;⑤适配国产 Hi3861 开发板,实现核心技术的自主控制^[15]。

1.2 总体架构

该系统基于鸿蒙生态构建“端—云—端”三层架构,通过南向设备端采集数据、云端消息交互、北向车机智能应用端的全链路协同,实现车辆状态监测与多场景交互功能。三层架构系统技术如图 1 所示。

(1)南向设备层进行数据采集与控制。硬件选型采用 Hi3861 开发板,集成 6 类外设,分别为温湿度传感器、

MG90S 舵机、LED 灯组、Wi-Fi 模块、雨滴传感器以及 SG90 舵机 3 个,实现车内环境数据实时采集与设备状态控制。通过 Hi3861 MQTT 客户端将传感器数据上传至华为云设备接入服务(IoT Device Access, IoT)平台,同时接收北向下发的控制指令^[16]。

(2)云端服务层作为数据枢纽中间层。华为云 IoT 平台作为消息中转站,通过 MQTT 协议发布或订阅模型实现南北向设备解耦,支持数据持久化存储。规则引擎过滤无效数据,并将有效信息推送至北向应用。

(3)北向应用层进行车机智能交互。使用 ArkTS 语言集成 DevEco Studio 进行开发,可实现五大功能页面,分别为车窗电尾门控制页、雨刮控制页、车灯控制页、音乐播放页、AI 交互页^[17]。通过调用华为云 IoT API 获取云端数据,以可视化组件实时展示车辆状态。同时集成了 DeepSeek 智能 AI 助手,可实现实时对话问答。

1.3 技术特点及对比分析

系统基于 OpenHarmony 的分布式架构,融合语音输入、物联网感知技术、AI 大模型、MQTT 通信协议等多种前沿技术^[18]。通过语音输入保证用户在驾驶中也能使用车机系统;利用物联网感知技术实现多源数据采集,为系统提供丰富的数据基础;借助 AI 大模型提升系统的智能化与集成度,使系统能够更智能地处理和分析数据^[19];利用 MQTT 通信协议保障软硬件之间双向数据传输的高效性和稳定性;添加音乐播放组件,并采用语音式交互方式,提升车机系统的附加值^[20]。通过多技术融合令车机系统实现了更多功能和更优的性能。

传统车机系统多基于 Linux 或 Android 架构构建,虽在应用生态成熟度上具备一定优势,但在核心技术特性与架构能力上与基于 OpenHarmony 的车机智能系统存在显著差异^[21]。具体对比分析如下:

(1)操作系统架构基础存在差异。传统 Linux 架构车机系统采用宏内核设计,内核集成了大量驱动与服务模块,导致系统资源占用较高。Android 架构车机虽依托开源生态支持丰富的应用,但本质为移动终端系统移植,其分层架构在车载场景下存在实时性不强的问题。本文系统基于 OpenHarmony 微内核架构,内核仅保留进程调度、内存管理等核心功能,通过模块化设计实现按需扩展,系统资源占用降低了 40% 以上。微内核的进程隔离机制为车辆控制、环境感知等核心模块提供独立运行空间,可从底层规避传统架构中功能模块相互干扰的风险。而且分布式软总线技术原生支持跨设备协同,无需额外中间件即可实现车机与手机、云端的无缝数据共享。

(2)智能化与交互体验存在差异。传统车机系统的交互方式以触控为主,语音交互多依赖简单指令匹配,上下文理解能力薄弱,识别准确率普遍低于 90%。本文系统引入 AI 大模型 DeepSeek-chat 与 sherpa_onnx 语音识别引擎,对语音指令识别的准确率高达 95% 以上,可支持各种复杂

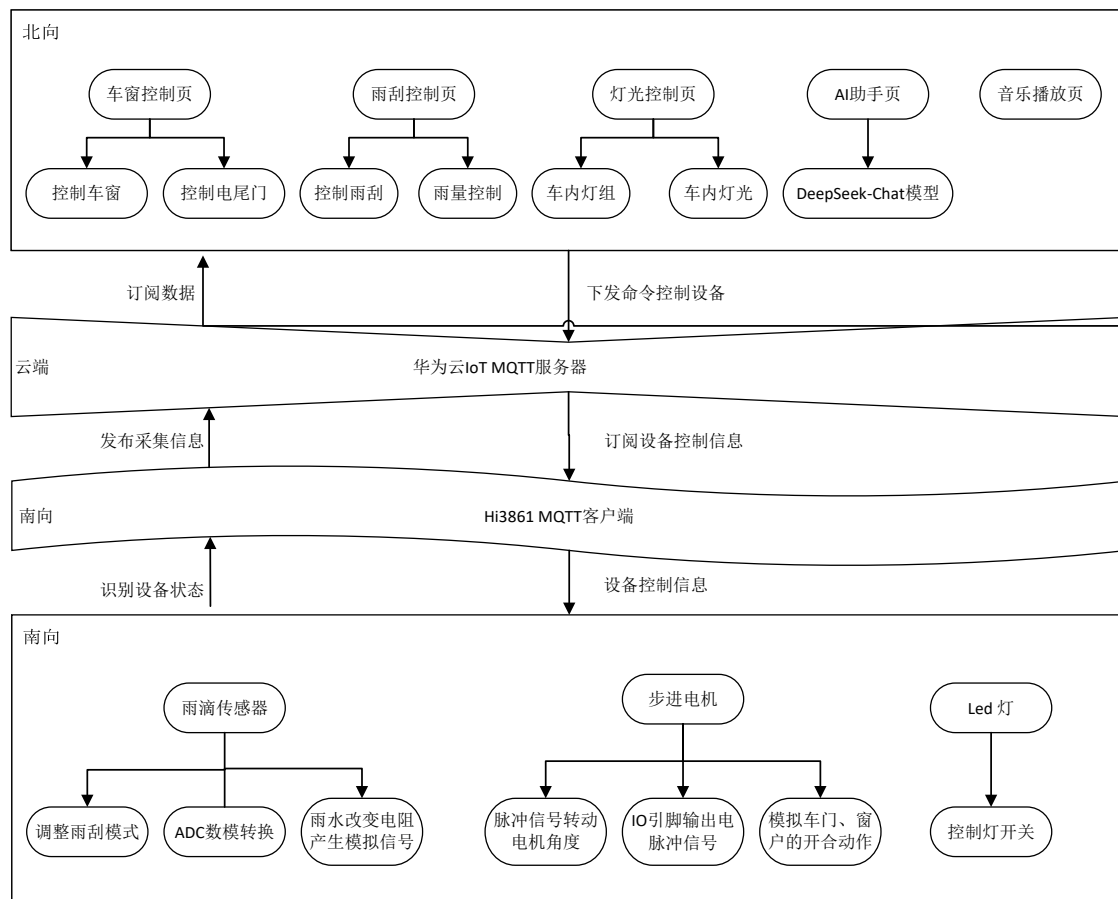


Fig. 1 Three-tier architecture diagram

图1 三层架构图

指令的场景化解析,并联动硬件执行指令动作。

2 系统南向设计

2.1 南向技术方案

南向硬件以普中 Hi3861 开发板为核心,主要包括 MG90S 舵机控制车窗开合、SG90 舵机控制后备箱开关、雨滴传感器检测雨量、光线传感器感知环境光强、LED 灯组模拟车辆灯光系统。

南向硬件连接采用通用输入输出 (General-Purpose Input/Output, GPIO) 接口实现,其中舵机通过脉冲宽度调变 (Pulse Width Modulation, PWM) 信号控制转动角度,雨滴传感器通过模数转换 (Analog-to-Digital Converter, ADC) 通道将模拟信号转换为数字量,LED 灯通过 GPIO 电平控制开关状态。所有设备均采用稳压电路供电,确保电压稳定在 3.3 ~ 5 V 范围内。

驱动程序采用多线程设计,将设备控制与数据采集封装为独立任务,通过消息队列实现任务间的通信,以提升系统响应速度。Hi3861 MQTT 客户端架构如图 2 所示。

2.2 南向技术实现

南向技术实现以硬件设备控制与数据传输为核心目标,通过模块化驱动与标准化通信协议开发,构建稳定、高

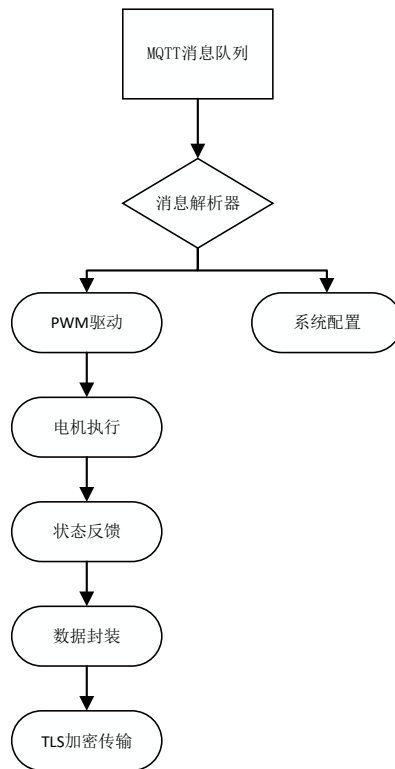


Fig. 2 MQTT client architecture

图2 MQTT客户端架构

效的底层支撑体系。本文从设备控制模块与 MQTT 客户端两方面详述技术实现过程,重点阐述硬件驱动逻辑与南北向数据交互机制。

设备控制模块作为南向硬件层的核心执行单元,负责外设的初始化配置、状态监测与指令响应,通过硬件接口适配与驱动程序优化实现高精度控制。

硬件接口适配,采用 GPIO 接口实现外设标准化连接。其中, MG90S 舵机与 SG90 舵机通过脉冲宽度调制 PWM 信号,实现角度控制。通过定时器生成 100 ~ 500 Hz 可调频率的 PWM 波形,支持 0 ~ 180° 角度连续调节,以满足车窗开合与后备箱开关的多级控制需求。雨滴传感器通过模数转换 ADC 通道完成模拟信号数字化,设置采样频率为 10 Hz,分辨率为 12 位,可量化 0 ~ 3.3 V 电压范围内的雨量强度。LED 灯组通过 GPIO 电平高低切换实现开关控制,支持 PWM 调光模式下 0 ~ 100% 亮度连续可调。

驱动程序针对不同外设特性实现专用驱动逻辑。舵机驱动通过封装定时器 API 实现 PWM 信号的精准生成,提供 SetAngle(angle: number) 接口支持角度参数直接配置。传感器驱动集成滑动平均滤波算法,对连续 5 次 ADC 采样值进行平滑处理,可有效滤除高频噪声。

MQTT 客户端作为南向设备与云端通信的核心节点,负责数据上行传输与指令下行接收,通过标准化协议实现与华为云 IoT 平台的可靠交互。基于 TCP/IP 协议栈实现底层通信链路,通过 OpenHarmony 的 @ohos.net.socket 模块构建 TCP Socket 实例。以 bind() 与 connect() 接口完成网络初始化,支持断线自动重连机制。核心实现代码如下:

```
// 初始化 TCP Socket 实例
1. let tcpSocket = constructTCPSocketInstance()
// 配置本地 IP 和端口
2. let localIp = "0.0.0.0"
// 绑定到所有网络接口
3. let localPort = 9990 // 本地端口
// 服务端配置(南向设备)
4. let serverIp = "172.17.27.83" // 南向设备 IP
5. let serverPort = 9999 // 南向设备端口
```

3 系统北向设计

3.1 北向技术开发

北向技术架构作为车机智能系统与用户交互的核心载体,通过分层设计保障设备通信的可靠性与交互体验的流畅性。其主要包含通信服务层和终端应用层两大模块,整体架构如图 3 所示。

通信服务层基于 MQTT 协议构建终端与云端通信链路,核心功能包括:①设备注册与发现;②消息路由与转发;③QoS 控制值为 1 以保障消息可靠传输;④自动重连机制;⑤支持海量设备并行;⑥接入与双向数据传输。

终端应用层基于 ArkTS 与 ArkUI 框架构建,采用“一

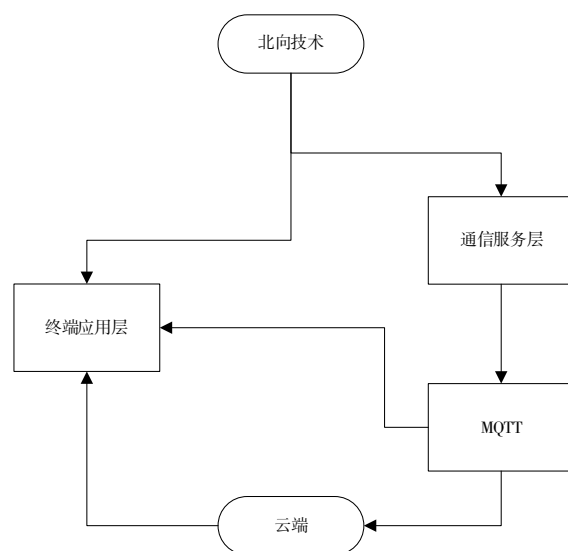


Fig. 3 Northbound technology development architecture

图 3 北向技术开发架构

页一功能”模块化设计,开发五大核心功能页面,适配 12.3 英寸车载大屏显示需求,支持语音与触控两种多模态交互模式。

3.2 北向技术实现

北向应用层作为车机系统与用户交互的核心载体,基于 OpenHarmony 系统实现设备控制、数据可视化及智能交互功能。开发环境配置 DevEco Studio 5.0.3 集成 OpenHarmony 5.0.3 SDK 卡。采用“一机一密”证书机制与动态 Token 双重认证策略,调用库函数实现设备与服务器连接。基于 ArkTS 语言与 ArkUI 框架开发北向大屏界面,实现车窗控制、雨刮控制、灯光控制、音乐播放及 AI 助手五大核心功能页面。界面布局采用 Flex 弹性布局与 Grid 网格布局相结合的方式,适配 12.3 英寸车载大屏(分辨率 1 920 × 720)的显示需求。

(1)车窗控制页通过按钮的索引值区分不同操作对象,并生成对应的指令文本。根据按钮组件 button_group 的 index 属性生成对应的操作消息字符串。函数通过 switch 语句匹配不同的索引值(0 ~ 5),分别对应关闭不同车窗或后备箱的操作提示,超出范围则返回“未知操作”。

(2)雨刮控制页通过“速度+”和“速度-”按钮调节雨刮档位。该功能共设计 5 个档位,档位越高,雨刮摆动越快。PWM 输出会根据档位自动调整,每档增加 20%,并且每 2 s 自动从服务器获取一次雨量数据,实时进行数据更新。

(3)灯光控制页通过 @State 装饰器实现状态与 UI 的联动,当用户操作改变某些变量时,页面自动更新显示,同时通过 promptAction 展示操作反馈。灯光初始化以 SearchController 实现车内、车外灯光分类控制,以 outSetValue: number = 40 存储亮度值(车内灯光支持亮度 1 ~ 100)用于控制灯光的亮度等级,以 outSetValuetwo: number = 40 存储冷暖值(0 为最冷色调,100 为最暖色调)用于调节灯光的色温。车外灯光包含左右转向灯、近光灯、远光灯及倒车

灯的独立控制,状态切换响应延迟≤100 ms。

(4)音乐播放页集成网络音乐接口,支持播放列表管理、歌词滚动同步及音质调节功能,通过跨页组件通信实现与车窗控制页音乐小组件的状态同步。

(5)AI助手页集成了DeepSeek-chat大模型与 sherpa_onnx 语音识别引擎,采用端云协同部署模式。轻量级语音识别与指令解析在车机本地完成,复杂语义理解与多设备联动决策则由云端处理,识别准确率可达95%以上。核心实现代码如下:

```
// 处理接收到的消息
1. function handleReceivedMessage():
2. IF receiveMsg changed:
3. updateMessageHistory(receiveMsg)
4. processControlCommand(receiveMsg)
// 发送消息处理
5. function handleSendMessage():
6. IF sendMsg not empty:
7. sendMessageToServer(sendMsg)
8. updateMessageHistory(sendMsg)
9. clearSendMsg()
```

3.3 分布式通信

分布式通信是实现“南向硬件—云端服务—北向应用”全链路的数据交互机制,其核心目标是通过标准化的通信协议与架构设计,打破南向硬件设备、云端服务平台与北向车机应用之间的交互壁垒,实现数据的高效流转与指令的可靠执行。

北向大屏控制指令通过通信链路下发至南向舵机,将执行状态实时回传至北向界面。当用户通过北向端触发指令时,指令封装为JSON格式消息,通过MQTT协议发布至device/control/window主题。华为云IoT平台作为消息枢纽,基于路由机制将指令转发至南向Hi3861客户端,客户端解析指令后驱动MG90S舵机执行指令操作,并将执行状态回传至北向应用,实现操作—执行—反馈的实时控制。典型车窗控制指令格式如下:

```
1. { "deviceType": "window",
```

```
2. "action": "close",
3. "target": "leftFront" }
```

传输过程中采用QoS=1服务质量等级,确保消息至少被送达一次,且需接收方返回PUBACK确认后完成传输。

4 系统测试

4.1 测试环境

硬件环境:核心控制单元采用普中Hi3861开发板,该开发板搭载ARM Cortex-M4内核,主频为160 MHz,集成2.4 GHz WiFi模块,为南向设备控制和数据传输提供硬件支撑。测试终端采用搭载OpenHarmony 5.0操作系统的大屏模拟器,屏幕尺寸为12.3英寸,分辨率达到1920×720,可模拟实际车载显示场景。辅助测试设备包括MG90S和SG90舵机、雨滴传感器、LED灯组,用于检测PWM信号的精度与稳定性,显示相应测试结果。

软件环境:开发工具采用DevEco Studio 5.0,集成OpenHarmony SDK。测试平台选用华为云IoT平台,承担云端数据交互与设备管理功能。网络调试工具采用Wireshark(数据包分析)与MQTT.fx协议调试,以保障通信链路的可追溯性。

4.2 南向测试

针对系统南向硬件层的设备控制逻辑、传感器数据采集与指令执行的准确性进行验证,测试核心硬件控制的响应效率与状态反馈能力。测试结果如表1所示。

南向硬件设备均能按指令精准响应,传感器数据采集误差≤5%,指令执行成功率为100%。通过MQTT协议实现的南北向通信延迟≤50 ms,数据丢包率低至0.03%,满足设计预期。

4.3 北向测试

针对北向应用层的界面交互逻辑、功能组件协同性及多模态交互可靠性进行验证,测试车窗控制页、雨刮控制页、灯光控制页及AI助手页的响应效率与用户体验。测试结果如表2所示。

Table 1 Southbound testing table

表1 南向测试表

测试项	测试场景	操作步骤	测试结果
车窗控制	华为云IoT平台远程控制车窗与后备箱的舵机响应逻辑	在华为云IoT平台点击对应指令按钮,触发SG90舵机转动。指令参数值分别为two(左窗)、three(后备箱)、four(右窗),分别对应不同设备的控制指令下发	舵机按指令精准启动,状态回传无延迟,执行成功率100%
	雨滴传感器数据采集与雨刮自动控制逻辑的协同性	将雨滴传感器放入水中,模拟雨天环境,监测MG90S舵机(模拟雨刮)的启动状态。华为云IoT平台running按钮指令参数变化为ONE,则指示灯亮起,MG90S舵机左右转动,对应雨刮启动信号	雨滴传感器检测到水分后,MG90S舵机自动启动并左右转动(模拟雨刮运行),指示灯同步亮起,无水分时雨刮自动停止,响应逻辑符合预期
灯光控制	华为云IoT平台控制车灯开关的准确性与状态反馈能力	在华为云平台通过led1和led2两个指令按钮分别控制右车灯和左车灯,监测灯光状态变化从OFF到ON	led1指令触发右车灯蓝光亮起,led2指令触发左车灯绿光亮起,状态切换无延迟,反馈信息实时更新
语音交互	验证语音指令经AI解析后对硬件设备控制的可靠性	调用sherpa_onnx语音识别引擎,通过模拟器麦克风输入“打开雨刮”语音指令,经DeepSeek大模型解析后生成控制信号,监测舵机响应	语音指令识别的准确率达到95%,指令参数ONE成功触发舵机转动(模拟雨刮启动),端到端响应延迟≤50 ms

Table 2 Northbound testing table
表 2 北向测试表

测试项	测试场景	操作步骤	测试结果
车窗控制页	北向大屏车窗控制页的交互逻辑、状态反馈及组件协同性	在大屏车窗控制页点击对应按钮,触发控制指令;监测舵机响应、历史记录更新及页面组件同步状态	指令下发后, MG90S/SG90 舵机精准转动,历史记录栏实时记录操作信息;页面组件正常;功能完整度 100%
	北向大屏雨刮控制页模式切换、自动调节及状态显示的准确性	在大屏雨刮控制页手动切换模式、调节速度档位,模拟雨天场景。用雨滴传感器检测水分,监测雨刮自动启动状态	舵机置于水中,雨刮自动启动并按雨量强度调节速度,≥75% 时切换高速模式,无雨水时自动停止;页面实时显示水量、时间、网络状态,功能响应符合预期
灯光控制页	北向大屏灯光控制页调节逻辑、状态显示及附加信息更新的准确性	在灯光控制页点击按钮控制车内照明灯开关,调节亮度与冷暖色调;监测车外灯光状态显示	车内灯光开关响应无延迟,亮度(1~100%)与冷暖色调(3000~6500 K)调节平滑;车外灯光状态栏实时同步,转向灯等开关状态信息准确
	北向大屏 AI 助手页语音交互的准确性、指令解析能力及硬件控制的可靠性	通过模拟器麦克风输入语音指令,如打开右转向灯,经 sherpa_onnx 引擎转文本后,由 DeepSeek-Chat 大模型解析并触发硬件控制,监测指令执行结果与页面反馈	语音指令识别准确率达到 95%,打开右转向灯指令成功触发右车灯蓝光亮起;AI 助手响应时延≤300 ms,支持多语言交互,页面实时显示指令内容与执行结果交互体验流畅

北向应用各功能页交互响应延迟≤100 ms,组件协同性良好;多模态交互符合驾驶场景需求, AI 语音指令执行成功率为 100%,用户体验达到设计目标。

5 结语

本文基于 OpenHarmony 设计并实现了一套车机智能系统,通过南向硬件层—云端服务层—北向应用层的协同架构,有效解决了传统车机系统在设备协同性、交互响应效率及国产化适配等方面的技术瓶颈。本文主要研究成果如下:

在技术架构创新层面,依托 OpenHarmony 分布式软总线与微内核技术特性,构建支持跨设备无缝协同的车机系统架构。通过普中 Hi3861 开发板与 ArkUI 框架的软硬协同设计,实现了车内设备的高效管控与多源数据实时共享。其分布式通信延迟控制在 50 ms 以内,显著优于传统 Linux 架构车载系统的响应性能。

在多技术融合应用层面,基于 DeepSeek-chat 大模型与 sherpa_onnx 语音引擎的多模态交互机制,实现对复杂场景指令的精准解析,识别准确率可达 95% 以上,并通过场景化联动控制提升了系统的智能化水平,功能集成度较传统车机系统提升了 40%。

在国产化适配验证层面,基于国产 Hi3861 开发板与 OpenHarmony 操作系统完成核心技术栈自主可控部署,硬件成本较采用进口芯片的方案大幅降低。

未来的研究方向将聚焦于进一步优化 OpenHarmony 操作系统在多车协同场景下的分布式通信效率,探索 AI 大模型与自动驾驶技术的深度融合,以实现更复杂路况下的智能决策,并拓展系统对更多类型车载硬件的兼容性,从而推动车机智能系统向更全面的智慧出行生态演进。

参 考 文 献:

[1] WANG D M, SONG X Z. Current status of patent technology for human-machine interaction in automotive smart cockpits[J]. China Science and Technology Information, 2024(24): 16-19.

王迪明,宋秀之. 汽车智能座舱人机交互专利技术现状[J]. 中国科技信息, 2024(24): 16-19.

[2] PU S L, REN W Q, ZHU J, et al. Key technologies and applications of intelligent IoT perception[J]. Intelligent Perception Engineering, 2024(1): 51-59.

浦世亮,任文奇,朱江,等. 智能物联感知关键技术及应用[J]. 智能感知工程, 2024(1): 51-59.

[3] SHAO Z J, SUN J F, CHEN J K, et al. Intelligent safe driving monitoring system based on HarmonyOS[J]. Electronic Product World, 2022, 29(10): 20-23.

邵泽杰,孙俊峰,陈靖康,等. 基于鸿蒙操作系统的智能安全驾驶监测系统[J]. 电子产品世界, 2022, 29(10): 20-23.

[4] WANG S T, SU Q H, WANG L Y, et al. Development of a remote monitoring and data management system for autonomous formula racing cars based on HarmonyOS[J]. Journal of Beijing Information Science and Technology University (Natural Science Edition), 2024, 39(1): 61-68.

王绅同,苏清华,王立勇,等. 基于鸿蒙系统的无人方程式赛车远程监控与数据管理系统开发[J]. 北京信息科技大学学报(自然科学版), 2024, 39(1): 61-68.

[5] WAN H W, HUANG P. Cloud-edge collaborative smart tunnel solution based on OpenHarmony[J]. Urban Construction Theory Research (Electronic Edition), 2023(30): 133-135.

万华文,黄鹏. 基于开源鸿蒙的云边协同智慧隧道解决方案[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(30): 133-135.

[6] MA J W, LI J R, TIAN Y. Design of an environmental parameter monitoring system based on OpenHarmony[J]. Journal of Yan'an University (Natural Science Edition), 2022, 41(2): 36-41, 51.

马建为,李江荣,田原. 基于 OpenHarmony 的环境参数监测系统设计[J]. 延安大学学报(自然科学版), 2022, 41(2): 36-41, 51.

[7] CHEN C Y, WU Y, WANG Y X, et al. Design of a smart home temperature and humidity sensing, control and display system based on the MQTT protocol[J]. Internet of Things Technology, 2025, 15(13): 102-105, 110.

陈池源,吴轶,王宇霄,等. 基于 MQTT 协议的智能家居温湿度感控系统设计[J]. 物联网技术, 2025, 15(13): 102-105, 110.

[8] LI Z S. Application of HarmonyOS in distributed intelligent terminal management[J]. Information & Computer (Theory Edition), 2024, 36(17): 90-93.

黎芷杉. 鸿蒙操作系统在分布式智能终端管理中的应用[J]. 信息与

- 电脑(理论版), 2024, 36(17): 90-93.
- [9] ZHAO X, DENG Q, ZHAO J, et al. Analysis of interactive experience design for intelligent central control in automobiles[J]. Farm Machinery Use & Maintenance, 2025(7): 66-69.
赵旋, 邓倩, 赵焦, 等. 汽车智能化中控交互体验设计分析[J]. 农机使用与维修, 2025(7): 66-69.
- [10] WANG F. A grapefruit microstructure fiber temperature sensor coated with liquid crystal based on waist-enlarged taper[J]. Optoelectronics Letters, 2024, 20(3): 142-146.
- [11] ZHAO F. Innovative application of automotive sensor technology in intelligent driving systems[J]. Automotive Test Report, 2024(23): 29-31.
赵芳. 汽车传感器技术在智能驾驶系统中的创新应用[J]. 汽车测试报告, 2024(23): 29-31.
- [12] LI D H. Application of sensors in modern automobiles[J]. Automotive Maintenance Technician, 2024(14): 22.
李东海. 现代汽车中传感器的应用[J]. 汽车维修技师, 2024(14): 22.
- [13] WANG C G. Reflections on the process of automotive intelligence and its key technologies[J]. Automotive Maintenance Technician, 2025(14): 60-61.
王长庚. 关于汽车智能化进程及其关键技术的思考[J]. 汽车维修技师, 2025(14): 60-61.
- [14] DU C F. Application of intelligent speech recognition technology in vehicle-machine interaction systems[J]. Television Technology, 2024, 48(4): 217-219.
杜成菲. 智能语音识别技术在车机交互系统中的应用[J]. 电视技术, 2024, 48(4): 217-219.
- [15] ZHANG Y, LIU J F. Design of an intelligent restaurant system based on dual control of HarmonyOS Hi3861 and STM32[J]. Internet of Things Technology, 2023, 13(1): 85-88.
张洋, 刘建粉. 基于鸿蒙 Hi3861 和 STM32 双控的智能餐厅系统设计[J]. 物联网技术, 2023, 13(1): 85-88.
- [16] LI S, HE W. Smart home design based on HarmonyOS Hi3861 IoT WiFi module[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2022, 22(12): 80-82, 87.
李苏, 何巍. 鸿蒙 Hi3861 IoT WiFi 模组的智能家居设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2022, 22(12): 80-82, 87.
- [17] ZHANG Z H. Research on native application development of HarmonyOS based on ArkTS[J]. Information & Computer (Theory Edition), 2024, 36(19): 87-89.
张正海. 基于 ArkTS 的 HarmonyOS 原生应用开发研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(19): 87-89.
- [18] WANG H. Design and implementation of a speech recognition control system based on HarmonyOS OpenHarmony[J]. Software Engineering, 2023, 26(9): 59-62.
王浩. 基于鸿蒙 OpenHarmony 的语音识别控制系统设计与实现[J]. 软件工程, 2023, 26(9): 59-62.
- [19] WANG X P, LI X D. A human-machine interaction framework based on large language models[J]. Command Information System and Technology, 2024, 15(6): 74-78, 100.
王鑫鹏, 李晓冬. 基于大型语言模型的人机交互框架[J]. 指挥信息系统与技术, 2024, 15(6): 74-78, 100.
- [20] LIU D, DONG M H, LIU Z. Design and implementation of a distributed music player based on HarmonyOS[J]. Journal of Anhui Vocational & Technical College of Electronics & Information, 2023, 22(4): 15-19.
刘丹, 董明华, 刘正. 基于鸿蒙系统的分布式音乐播放器设计与实现[J]. 安徽电子信息职业技术学院学报, 2023, 22(4): 15-19.
- [21] BAI Y W, LI L P. Vehicle remote control APP based on Android[J]. Computer Systems & Applications, 2020, 29(2): 112-117.
白云伟, 李丽萍. 基于 Android 的车辆远程控制 APP[J]. 计算机系统应用, 2020, 29(2): 112-117.

(责任编辑:黄健)