

Research on Remote Detection and Diagnosis System for Automobile Based on Internet of Things

Changwei Luo

Fuqing Automobile Repair and Maintenance Factory, Fuqing, Fujian, 350300, China

Abstract

With the rapid development of intelligent connected vehicles and vehicle electronic control technology, the traditional method of relying on on-board fault lights and manual diagnosis at maintenance stations is no longer suitable for the high integration of software and hardware in automotive systems, multi-dimensional coupling of fault modes, and complex and changing operating environments. The Internet of Things technology realizes real-time monitoring, remote data transmission and intelligent analysis of vehicle operation status through the collaboration of sensor network, edge computing and cloud, and provides a new technical path for the transformation of vehicle fault diagnosis mode. The results of this study indicate that the three-layer collaborative architecture of vehicle end edge cloud can effectively improve the accuracy and coverage of vehicle fault detection, significantly reduce maintenance costs, and improve user experience, providing important engineering value and theoretical support for the sustainable operation of intelligent connected vehicles.

Keywords

Internet of Things; Remote inspection of automobiles; Fault diagnosis; CAN bus

基于物联网的汽车远程检测与诊断系统研究

罗长威

福清市汽车修配厂, 中国 · 福建 福清 350300

摘 要

随着智能网联汽车与车辆电子控制技术的快速发展, 传统依赖车载故障灯与维修站人工诊断的方式已难以适应汽车系统高度软硬件集成、故障模式多维耦合和运行环境复杂多变的现实需求。物联网技术通过传感器网络、边缘计算与云端协同, 实现车辆运行状态的实时监测、远程数据传输与智能分析, 为车辆故障诊断模式转型提供新的技术路径。本研究结果表明, 车端—边缘—云端三层协同架构能有效提升车辆故障检测准确度与覆盖率, 显著降低维护成本并改善用户体验, 为智能网联汽车的可持续运行提供重要工程价值与理论支撑。

关键词

物联网; 汽车远程检测; 故障诊断; CAN 总线

1 引言

汽车电子系统集成度不断提高, 从发动机管理系统、制动系统、车身电子到信息娱乐系统均由多组 ECU 构成的分布式控制网络协同运行, 其内部功能耦合与通信依赖性极高, 使局部异常在系统水平的传播路径呈指数式放大。传统故障诊断方式多以 DTC (Diagnostic Trouble Code) 检出与维修站扫描仪解析为主, 缺乏长周期、跨子系统、多工况的连续性监测能力, 导致诊断呈现滞后性和孤立性。因此, 构建依托物联网架构的远程检测与诊断系统, 利用分布式传感器数据、网络通信与云端知识库实现系统级故障识别, 是智能汽车运维的重要变革。本文在梳理相关技术基础上提出实

用化诊断框架, 并从数据获取、系统建模与安全治理三个层面展开深入研究。

2 基于物联网的汽车远程检测体系结构与通信协议

2.1 基于物联网的汽车远程检测体系结构

物联网架构下的汽车远程监测以车端感知层、边缘处理层与云端平台层构成完整技术体系。车端感知层包括主动状态监测传感器与车辆内部通信网络, 前者涵盖温度、振动、压力、电流、电压与油液品质等多种传感单元, 后者以 CAN、LIN、FlexRay 与以太网为数据总线基础, 通过 ECU 之间的实时交互形成系统状态闭环。边缘处理层通常构建于网关设备, 如 T-Box 或智能车机, 负责协议解析、数据预处理与初步诊断, 尤其在车辆移动性和通信不稳定环境下, 通过局部计算降低数据丢失风险与网络依赖性。云端平台层

【作者简介】罗长威 (1978-), 男, 中国福建尤溪人, 本科, 工程师、高级技师, 从事汽车检测研究。

承担长周期数据分析、模型训练、故障演化趋势识别、软件 OTA 管理以及跨车队健康管理等功能，通过多车数据集训练深度学习模型，实现从单车经验型诊断向群体学习驱动的预测性维护转型。系统总体架构应具备可扩展性，以适配不同车型、混动结构与功能域集中式电子架构下的多域协作^[1]。

2.2 车端数据采集与通信协议

车端数据采集基于分布式电子电气架构，其核心是保障传感信息的完整性、时序一致性与模块间通信实时性。在传统分布式 ECU 架构中，CAN 总线以仲裁机制完成多节点通信，通过优先级标签确保动力系统与制动系统数据优先传输。随着 ADAS 与智能驾驶功能普及，FlexRay 高速总线与

以太网通信逐渐用于摄像头、毫米波雷达和激光雷达数据集成，实现大带宽、低延时的环境感知数据交换^[2-3]。OBD 诊断协议作为远程采集入口，支持 DTC、PID 参数和传感器监控信息的解析，而在新能源车辆中，还需采集 BMS(Battery Management System) 数据，包括 SOC、SOH、温度梯度与均衡状态。考虑车辆运行环境复杂、振动强度大、温差跨度广和 EMI 干扰显著，传感器布局需遵循冗余与去耦合原则，通过多点采样与结构隔振确保采集数据具有工程稳定性。随着车载电子逐渐由功能域集中向中央计算架构转移，数据采集协议将呈现融合化趋势，基于 TSN 的车载以太网有望成为未来主干方案。

表 1 典型车载通信总线协议在远程诊断场景下的性能对比

通信协议	典型带宽	传输延迟	网络拓扑	使用场景特征	对远程诊断的适配性评价
CAN (Controller Area Network)	125 kbps–1 Mbps	低延迟，毫秒级仲裁	多主线型，总线共享	传统 ECU 网络核心，用于动力与制动实时控制	适配基础故障码与实时数据采集，但带宽不足以承载大规模诊断特征流
LIN (Local Interconnect Network)	≤ 20 kbps	延迟较高	单主多从	车身舒适系统、传感器节点	适用于低频诊断与状态监测，不适合动态工况数据
FlexRay	10 Mbps	固定周期同步	双通道冗余	ADAS、稳定性控制系统	支持高可靠与时间触发诊断，但成本高、部署复杂
车载以太网 (Automotive Ethernet)	100 Mbps–1 Gbps	亚毫秒级	星型 / 环型，可 TSN	传感器融合、域集中架构	支持大规模传感数据与边缘推理，是未来远程诊断主干协议
OBD-II (On-board Diagnostics)	依赖底层协议	与 CAN 一致	桥接式	维修工具接口、法规排放检测入口	易于标准化采集 DTC 与 PID，是远程故障检索与法规诊断核心入口

上述通信协议从带宽、实时性到拓扑结构分别对应不同的诊断能力边界。低带宽协议如 LIN 难以支撑高频动态工况分析，而 CAN 虽然具备实时性，但受仲裁机制限制难以承载复杂多维感知数据，导致其功能更多集中在 ECU 级故障与安全控制。而以太网与 FlexRay 在远程诊断中表现更强，其高带宽与同步机制不仅适用于多传感器融合，更可支撑运行数据的边缘侧预处理与云端特征提交，使诊断对象从部件级拓展到系统级与行为级。表 1 对比可见，未来远程检测系统将呈现“诊断功能向高带宽协议迁移”的趋势，而 OBD-II 将继续承担法规检测与维保入口的核心角色。

3 边缘计算在车辆诊断中的应用与知识融合机制

3.1 边缘计算在车辆诊断中的应用

边缘计算的引入显著改变了车辆诊断模式，使数据处理能力从云端回落至车端或附近节点，从而降低通信延迟与带宽压力并增强实时诊断响应能力。在车辆运行环境下，边缘节点结合时序特征提取、异常点过滤与滑动窗口建模，对传感器数据进行预处理避免瞬态干扰造成误判。车端诊断算法多采用模型驱动与数据驱动协同策略：模型驱动方法依托热力学、机电系统与控制方程构建故障特征，例如利用发动机进气压力与节气门开度之间的偏差诊断混合气不足；数

据驱动方法则基于历史样本训练神经网络或支持向量机，在高维传感数据中提取模式分布与多变量耦合特征。边缘处理不仅提高实时性，也通过第一轮特征压缩显著降低上传数据量，从单车诊断延伸至车队诊断。特别是在动力电池管理中，通过边缘节点对温升速率、充放电梯度与单体一致性进行实时分析，可在劣化初期触发预警并执行降功率保护策略^[4]。

3.2 云端平台的诊断模型与知识融合机制

云端诊断以平台模式运行，通过跨车辆数据积累训练通用模型，从而有效应对车辆故障模式的个体差异与跨车型变化。云端平台通常构建矩阵式数据湖，存储历史运行数据、维修记录、故障标签与环境因子，对数据进行清洗、分群与特征工程处理；随后采用深度学习网络，如 LSTM 处理时间序列、GNN 处理拓扑信息、CNN 处理振动谱信号，从多视角构建诊断模型。另一方面，知识图谱作为专家知识表达工具，通过对 DTC、元件失效机理、维修经验和环境影响的图谱化描述，实现数据—机理—经验之间的统一推理，弥补纯数据模型在小样本、长尾场景下的性能不足。云端平台还承担持续学习功能，通过 OTA 向车端更新模型参数与诊断逻辑，使系统具备自我迭代能力，并对新型故障实现快速适应。在实际工程中，云端诊断的核心价值不在于单次判断，而在于构建闭环管理体系，使车辆生命周期的健康状态可被量化、预测与干预。

4 汽车典型子系统的物联网诊断应用研究

4.1 动力系统在物联网环境下的多维诊断机制

动力系统的故障检测与诊断呈现典型的跨模式特征，其复杂性不仅来源于传感参数的多维耦合，也源于不同动力类型下机理差异导致的特征表达方式非一致^[5]。在燃油动力车辆中，进气压力、空燃比与喷油控制构成发动机基本工作环路，三者的非线性偏移直接表现为热效率下降与排放增量。传统以故障码为中心的诊断体系往往只能捕捉结果性失效，而难以刻画瞬态扰动与边缘状态。在物联网系统中，通过在车端持续采集节气门开度、进气压力、排气温度及曲轴转速四类高频数据，在发动机加速、减速和怠速转换过程中构建时间序列训练样本，由边缘节点执行滑动窗口分析，可识别喷油脉冲宽度异常与进气压力滞后之间的耦合关系，并利用云端模型建立失效特征矩阵，实现“从症状反推机理”的智能诊断。此外，多源数据在不同工况下呈现的协方差结构可作为燃烧稳定性指标，例如氧传感器输出高频抖动与排气温度慢漂移的组合，往往意味着混合比调节逻辑不足或EGR阀迟滞。在新能源车辆中，动力电池系统成为诊断核心，其退化表现不具备离散性故障特征，而呈现缓慢累积过程，高温环境、充放电倍率与循环深度共同作用决定单体寿命。物联网体系下的BMS数据不仅记录电压、内阻与温升，还可捕捉充放电过程中的瞬态梯度，通过云端聚类模型识别出“长期轻微热应力”与“短时大倍率冲击”两类不同退化路径，并结合SOH预测模型构成动态阈值判断策略。在实际运行中，进一步引入累计应力理论，以充电倍率 \times 温升时间 \times 循环深度的三维积分量化电芯负荷，使系统能够在功能正常但退化临界的状态下提前触发限功率或均衡策略，从预测性维护层面延缓寿命衰退与热失控风险。

4.2 制动系统与车身电子系统的远程诊断路径

制动系统的失效具有更显著的系统性特征，其诊断不仅依赖单一传感器数据，更需要对执行器、控制软件与车载通信之间的协同状况进行分析。在ABS、ESP及EHB等电子制动架构中，CAN总线为主线节点提供实时信号，包括车轮转速、制动压力以及液压执行阀的动作状态。物联网诊断系统通过长周期采集制动曲线，将制动力变化率与制动踏板力输入建立关联，并在不同路面附着系数条件下形成参考模型；当执行器延迟与压力反馈不匹配时，边缘节点能在毫秒级时间窗内识别非正常抖动模式，从而提示液压回路堵塞、执行阀疲劳或控制器软延迟。此外，ABS触发频次在极端工况下会呈现“尖峰模式”，若长期在低制动承载环境

中出现高触发概率，通常意味着轮速传感器异常、制动液气泡或踏板行程反馈漂移，通过云端回放数据可以分离用户驾驶习惯干扰，提升误判抑制能力。相比之下，车身电子系统虽然对安全的直接影响较弱，但其诊断难度更高，因为故障多表现为通信质量下降和节点抗干扰能力削弱，而非功能完全丧失。在功能域集中式架构下，车身控制模块与显示系统、舒适系统通常共享通信资源，若局部节点对EMI敏感或软件版本差异，通信丢包率与时延将呈现跨域扩散趋势。物联网诊断系统通过统计多节点时延分布、丢帧数量以及域控制器间数据一致性指标，可捕捉潜在的电子架构疲劳趋势，并在系统降级前提出维护建议。实际工程中，通过建立多节点通信热图与波动区间模型，可识别软硬件老化导致的“微失效”，从而避免集中式系统因单点故障而触发级联降级机制，为车辆全生命周期的可靠性保障提供重要技术支撑。

5 结语

基于物联网的汽车远程检测与诊断系统通过构建车端、边缘、云端协同架构突破传统诊断模式的时效性与局限性，在跨系统、多工况与故障演化识别方面展现显著优势。通过分布式传感采集、协议融合通信和边缘智能处理，可实时发现关键部件异常并提前介入；基于云端的大规模数据分析与知识图谱推理，故障诊断能力从静态识别扩展至动态预测，形成车辆生命周期健康管理体。面对新一代集中式电子电气架构与智能驾驶场景，系统安全、数据可信与隐私保护将成为核心约束。在未来研究中，应进一步深化诊断模型对不同车辆平台的适配机制，拓展边缘节点算力以适应高维感知数据，并通过法规体系与行业标准完善远程诊断系统的工程部署路径，从而推动智能网联汽车进入安全可控的可持续发展阶段。

参考文献

- [1] 张正甫,赖兴余,张华军,等. 新能源汽车远程监控与故障诊断技术研究[J].汽车维修技师,2025,(22):76-77.
- [2] 宋明祥. 数字化背景下远程监控在汽车发动机故障诊断与维修中的应用[J].汽车维修技师,2025,(14):58-59.
- [3] 刘坚. 车联网环境下汽车年检远程检测技术与安全保障研究[J].时代汽车,2025,(14):145-147.
- [4] 喻鑫. 基于物联网的新能源汽车远程监控与故障诊断系统[J].汽车维修技师,2025,(02):52-53.
- [5] 罗天娇. 基于物联网技术的汽车起重机可靠性自动化检测研究[D].中国地质大学(北京),2023.