

基于 CAN 总线的汽车实时数据监测与故障诊断

王涛 莫宗维 曲彬

重庆电讯职业学院 重庆市江津区 402247

摘要: 在现代汽车工业的发展进程中,随着汽车电子化和智能化技术的迅猛推进,对汽车实时数据监测与故障诊断系统的需求日益迫切。CAN (Controller Area Network) 总线,作为汽车内部广泛采用的通信协议,凭借其卓越的可靠性、实时性和数据传输效率,已成为汽车实时数据监测与故障诊断系统不可或缺的基石。借助 CAN 总线,车辆各子系统能够实时互通传感器数据和控制信息,从而显著提升整车的性能、安全性和乘坐舒适性。本研究的核心目标在于深入分析基于 CAN 总线的汽车实时数据监测与故障诊断系统,旨在进一步提高车辆故障检测的时效性和精确性。

关键词: CAN 总线; 实时数据监测; 故障诊断

引言

控制器局域网 (CAN, 总线) 技术作为一种用于车辆和工业自动化的高速串行通信网络,自 20 世纪 80 年代由德国 Bosch 公司开发以来,已经成为现代汽车和工业控制系统中的关键技术。其经历了从最初的协议发布到如今广泛应用的多个阶段,涵盖了从引擎控制、变速器控制、ABS 等关键系统到工业自动化、医疗设备和楼宇自动化等多个领域。如今 CAN FD 协议的普及和高层协议的开发进一步提升了其应用价值,当面对带宽限制、实时性要求、兼容性问题 and 安全性挑战的复杂环境时,深入研究 CAN 总线技术的发展历程、现状及其面临的挑战,具有重要的理论和实践意义。笔者期望通过研究可以提高系统的可靠性和性能,扩展其应用领域,并促进技术的标准化和互操作性,从而推动 CAN 总线技术的进一步发展和广泛应用。

1. CAN 总线技术概述

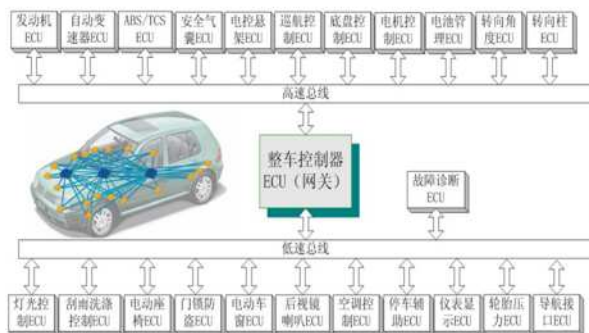
1.1 CAN 总线的基本原理及其特点

CAN (Controller Area Network) 总线是一种多主机制的串行通信协议,旨在实现各个节点之间的可靠通信。其基本原理包括多主机制、消息优先级、位定时以及错误检测与处理等。多主机制允许网络中所有节点均可发起通信,而不需要中央控制单元,所有节点平等竞争总线使用权。每个消息都有一个唯一的标识符,用于确定消息的优先级,标识符越低优先级越高。在总线仲裁过程中,优先级高的消息可以优先传输。CAN 总线使用非归零编码 (NRZ) 和位填充技术,实现同步和错误检测,每个节点通过采样总线电压来判断传

输位的状态。CAN 总线具有多种错误检测机制,包括循环冗余校验 (CRC)、帧检查、确认错误和位填充错误,发现错误后节点会自动重传数据。CAN 总线的特点和优势包括高可靠性、实时性、低成本、灵活性和标准化。

1.2 CAN 总线在汽车电子系统中的应用

CAN (Controller Area Network) 总线是一种多主机制的串行通信协议,应用中的主要作用是实现各个节点之间的可靠通信。其基本原理包括多主机制、消息优先级、位定时以及错误检测与处理等。多主机制允许网络中所有节点均可发起通信,而不需要中央控制单元,所有节点平等竞争总线使用权。每个消息都有一个唯一的标识符,用于确定消息的优先级,标识符越低优先级越高。在总线仲裁过程中,优先级高的消息可以优先传输。CAN 总线使用非归零编码 (NRZ) 和位填充技术,实现同步和错误检测,每个节点通过采样总线电压来判断传输位的状态。CAN 总线具有多种错误检测机制,包括循环冗余校验 (CRC)、帧检查、确认错误和位填充错误,发现错误后节点会自动重传数据。CAN 总线的特点和优势包括高可靠性、实时性、低成本、灵活性和标准化。高可靠性通过多种错误检测和处理机制实现,确保数据传输的高可靠性和容错能力。实时性通过消息优先级机制和快速的错误恢复能力实现,满足实时数据传输的要求。低成本由于 CAN 总线结构简单,只需要两根传输线,减少了布线成本和系统复杂性。灵活性体现在支持多主机制,可以方便地添加和删除节点,系统扩展性好。



图一 CAN 总线在汽车电子的应用

2. 汽车实时数据监测系统设计

汽车实时数据监测系统设计在现代汽车工业中的重要性不言而喻，它不仅是保障驾驶安全的重要手段，更是提升汽车性能、优化用户体验的关键环节。随着技术的不断进步，汽车实时数据监测系统也在不断迭代升级，以满足日益增长的市场需求。在最新的汽车实时数据监测系统中，工程师引入了更为先进的传感器技术和数据分析算法，它能够即时获取车辆各项运行参数，如发动机状态、燃油消耗、排放水平、车速和刹车情况等，从而及时发现潜在问题并采取预防措施，避免突发故障和事故，并优化车辆性能^[1]。该系统的架构设计包括传感器与数据采集层、数据传输层、数据处理层、数据存储层和数据可视化层。传感器与数据采集模块负责实时采集车辆各部件和系统的运行数据，数据传输层通过 CAN 总线、以太网或无线通信方式确保数据可靠传输，数据处理层由嵌入式处理器或车载计算机系统组成，进行数据的实时处理和分析。数据存储层采用本地存储或云存储保存历史数据，而数据可视化层则通过 Grafana、Tableau 和 Power BI 等工具将数据以图表、仪表盘等形式展示给用户，支持实时监控和决策。通过合理设计和集成各个模块，汽车实时数据监测系统能够显著提升车辆的安全性、可靠性和性能，为智能驾驶和车联网的发展提供有力支持。

3. CAN 总线数据采集与处理

CAN 总线数据采集与处理是车辆运行监控系统的核心，通过监听和记录车辆各节点之间传输的数据帧来获取实时运行状态。数据采集的方法主要包括被动监听和主动请求。被动监听是通过数据采集设备连接到 CAN 总线，实时捕获并记录所有传输的数据帧，主动请求则是通过发送特定请求帧，从节点获取特定数据。这些方法需要具备高采样率和高

可靠性，以确保数据的实时性和完整性。常用的数据采集设备和工具包括 CAN 分析仪、数据记录仪、嵌入式采集设备以及各种软件工具。CAN 分析仪如 PEAK 系统的 PCAN 分析仪和 Kvaser 的 CAN 分析仪，主要用于监听和记录 CAN 总线上的数据帧。数据记录仪如 Vector 的 CANape 和 Intrepid 的 ValueCAN，专门用于长时间监测和记录车辆运行数据。嵌入式采集设备则集成到车辆系统中，实时采集和处理数据。软件工具如 CANoe、CANalyzer 和 BusMaster，用于数据解析、分析和可视化，帮助工程师高效地采集、存储和分析 CAN 总线数据。CAN 总线数据帧的结构复杂而严谨，包括帧起始 (SOF)、仲裁字段、控制字段、数据字段、CRC 字段、ACK 字段和帧结束 (EOF) 等部分。帧起始标识帧的开始，仲裁字段包含标识符 (ID) 和控制位，用于确定消息的优先级，控制字段包含数据长度代码 (DLC)，指示数据字段的长度。数据字段是实际传输的数据，长度可变 (0-8 字节)。CRC 字段用于错误检测，ACK 字段由接收节点发送确认信号，帧结束标识帧的结束。数据帧的解析包括提取标识符、数据长度和数据内容，并进行 CRC 校验，以确保数据的完整性和正确性。在数据采集过程中，数据过滤与预处理至关重要，能够显著提高数据质量和分析效率。常见的过滤与预处理步骤包括噪声过滤、帧过滤、数据校准、时间同步和数据压缩。噪声过滤去除采集过程中的电气噪声和无效数据帧，帧过滤根据标识符筛选出感兴趣的数据帧，忽略无关数据。数据校准对传感器数据进行校准，确保数据的准确性，时间同步对不同数据源进行时间同步，保证多源数据的一致性。数据压缩则对数据进行压缩处理，减少存储空间需求。这些步骤确保数据的准确性和一致性，为后续的数据处理和决策提供可靠的基础。

4. 实时数据监测与故障诊断系统

在现代工业和工程系统中，实时数据监测与故障诊断系统是确保设备可靠性和安全性的关键工具。该系统包括硬件设计、软件开发、实时数据监测模块和故障诊断模块的综合集成。硬件设计是系统实现的基础，涉及传感器选择、数据采集装置配置、处理器选型和通信模块集成。传感器应精确匹配监测对象和目标参数，如高精度温度、压力和振动传感器。数据采集装置需要高效采集和传输数据，处理器则选用高性能的 ARM 处理器或单片机，满足复杂数据处理和系统控制需求。通信模块可根据应用需求选择 Wi-Fi、蓝牙或

Zigbee, 确保数据稳定传输和实时性。系统软件开发的目的是实现数据采集、处理、存储和显示等功能。数据采集程序应具备实时性和高效性, 数据处理算法需有效去噪并提取有用信息, 数据存储管理采用高效结构, 确保数据有效管理和快速查询, 用户界面设计则注重数据可视化, 实现监测数据的实时显示和人机交互^[2]。

5. 实时数据监测与故障诊断系统实现

在现代工业和工程系统中, 实时数据监测与故障诊断系统已成为确保设备可靠性和安全性的重要工具。其实现包括硬件设计、软件开发、实时数据监测模块和故障诊断模块的综合集成。系统硬件设计是整个系统实现的基础。硬件设计涉及传感器的选择、数据采集装置的配置、处理器的选型和通信模块的集成。传感器的选择应根据监测对象和目标参数进行精确匹配, 如选择高精度的温度、压力和振动传感器。数据采集装置必须具备高效的数据采集和传输能力, 而处理器则需选用高性能的 ARM 处理器或单片机, 以满足复杂数据处理和系统控制的需求。通信模块方面, 可以根据具体应用需求选择 Wi-Fi、蓝牙或 Zigbee 等, 以确保数据的稳定传输和实时性。

系统软件开发是硬件设计的延续, 其主要目标是实现数据采集、处理、存储和显示等功能。数据采集程序需具备实时性和高效性, 能够准确采集传感器数据。数据处理算法, 如滤波和特征提取应设计精巧, 能够有效去除噪声并提取有用信息。数据存储管理方面, 应采用高效的数据存储结构, 确保数据的有效管理和快速查询。同时用户界面设计应注重数据可视化, 实现监测数据的实时显示和人机交互。

实时数据监测模块的实现中, 首先要解决的是数据采集与预处理问题, 通过实现传感器数据的实时采集和预处理, 数据传输方面则必须利用通信模块实现稳定且实时的数据传输。数据存储与管理则需要设计高效的数据库或文件系统, 提供数据查询和导出功能, 数据可视化则通过设计友好

的用户界面, 实时显示监测数据, 并提供数据趋势分析和报警功能。故障诊断模块的实现是系统的核心, 其主要包括故障特征提取、故障模式识别和故障定位等方面, 故障特征提取需采用如时域分析、频域分析和小波变换等先进算法, 提取能够反映故障状态的关键特征参数。故障模式识别则应用支持向量机、神经网络和决策树等机器学习算法, 对故障类型进行准确识别和分类。故障定位结合监测数据和系统模型, 设计精确的故障定位算法, 提供故障发生位置和处理建议, 最后诊断结果通过设计直观的显示界面, 实时展示诊断结果, 提供故障报警和报告生成功能^[3]。

6. 结论与展望

随着科技的不断发展, 实时数据监测与故障诊断系统在工业和工程领域的应用愈发广泛。本文详细探讨了该系统从数据采集、预处理到实时监测与故障诊断的各个环节, 展示了系统设计的全面性和复杂性。通过硬件设计与软件开发的综合集成, 系统成功实现了对设备状态的实时监控与故障预警, 显著提高了设备的可靠性和安全性。展望未来实时数据监测与故障诊断系统将继续发挥重要作用, 为工业和工程领域的设备管理和维护提供有力支持。随着技术的不断进步和创新, 系统将在智能化、物联网、多源信息融合和可视化等方面迎来新的发展机遇。

参考文献:

- [1] 基于 CAN 总线纯电动汽车的整车控制器 [J]. 陈龙华; 李洪林; 杨汉立; 鲜光梅; 张艳琪 .,2022(S1)
- [2] 便携式汽车仪表检测装置的设计与实现 [J]. 钱田义; 李美 .,2020(23)
- [3] 智能汽车 CAN 总线通信系统的建模与验证 [J]. 张芮; 王瑞; 楚敏 .,2020(07)

作者简介:

王涛 (1981.11), 男, 汉族, 重庆市南岸区, 本科, 讲师, 研究方向: 汽车检测与维修