 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i7.6719

Analysis of Data Communication System Based on CAN Bus

Jiwei Qiu Zhe Hu Kang Wang

Army Military Transportation College Automotive Non-commissioned Officer School, Bengbu, Anhui, 233010, China

Abstract

With the continuous advancement of intelligent systems in industrial control, transportation, and energy management, higher demands are placed on real-time performance, reliability, and interference resistance in communication networks. The ControllerAreaNetwork (CAN) bus technology, leveraging its unique communication mechanisms and system architecture, has gradually replaced traditional serial communication protocols in various domestic applications, becoming the mainstream solution for building efficient data communication systems. Particularly in automotive electronics, industrial automation equipment, and renewable energy grid integration systems, CAN-based data communication systems have demonstrated strong adaptability and practical engineering value. This paper systematically explores the working principles, system architecture, communication advantages, and specific application practices of CAN buses in critical sectors across China.

Keywords

CAN bus; data communication system; automobile; industrial automation; application; analysis

基于 CAN 总线的数据通信系统分析

邱继为 胡喆 王康

陆军军事交通学院汽车士官学校，中国 · 安徽 蚌埠 233010

摘 要

随着工业控制系统、交通运输系统及能源管理系统智能化水平的不断提升，对通信系统的实时性、可靠性和抗干扰能力提出了更高要求。控制器局域网络（Controller Area Network, CAN）总线技术凭借其独特的通信机制和系统结构，在国内众多应用场景中逐步取代传统串行通信协议，成为构建高效数据通信系统的主流方案。特别是在汽车电子控制、工业自动化设备、新能源并网系统等领域，基于CAN总线的数据通信系统已展现出强大的适应能力和工程实践价值。本文旨在系统探讨CAN总线的工作原理、系统结构、通信优势及其在我国关键领域中的具体应用实践。

关键词

CAN总线；数据通信系统；汽车；工业自动化；应用；分析

1 引言

数据通信技术是现代自动化系统的核心支撑手段，而 CAN 总线因其优异的实时控制特性和鲁棒性，被广泛应用于嵌入式系统的数据传输中。我国在智能制造、新能源运输、智能交通等领域的技术发展过程中，急需稳定可靠的通信平台以支撑多节点协同工作和复杂工况下的信息交互。CAN 总线通信系统因其多主机访问、非破坏仲裁、错误检测机制等技术特点，在本土化场景中展现出良好适配性 [1]。

【作者简介】邱继为(1989–)，中国河南濮阳人，本科，汽车维修高级技师，主要从事车辆维修、特种车辆操作使用与维护、智能化无人装备运用等教学研究。

2 CAN 总线的概述

所谓 CAN，其实就是在各种设备检测和控制方面得到应用的数据通信网络，能够用于实现不同设备间的通信，从而实现信息共享和工作协调。从特点上来看，CAN 拥有简单的结构和较低的成本，并且通信方式较为灵活，能够为多主串行通信协议提供支持，并且能够在电磁干扰环境中得到应用。所以在工业生产中，CAN 在工控系统中得到了广泛应用，能够确保数据通信的可靠性。作为一种串行通信协议，CAN 总线能够完成多个主机的挂接，并实现数据通信。

3 CAN 总线通信原理及系统结构

3.1 通信原理

CAN 总线通信过程基于消息优先级仲裁、非破坏性总线访问和多层次错误检测机制协同工作。在我国多数 CAN 通信工程中，系统采用位定时同步 + 位采样机制确保各节

点时钟一致性，避免因晶振偏差导致的位误判。节点发送报文前需监测总线空闲状态，采用显性 / 隐性电平完成非破坏性仲裁，在优先级冲突时低 ID 优先 [2]。数据帧格式包括起始位、仲裁域、控制域、数据域、CRC 校验、ACK 响应及帧结束位，确保传输可靠。

3.2 系统结构

基于 CAN 总线的数据通信系统通常由 CAN 控制器、CAN 收发器、物理总线及若干通信节点构成。在我国典型应用场景中，如工业设备控制系统与汽车电子系统，多采用分布式主从节点结构，每个节点集成 MCU、CAN 控制器（内置或外挂）及收发器模块。总线采用终端匹配电阻（常为 120Ω）保障信号完整性，通信线路多选用双绞屏蔽线抑制共模干扰。系统设计中常应用集中式电源供电结合 DC-DC 隔离设计以防止节点间干扰。节点程序开发一般采用 HAL 库或裸机寄存器方式配置 CAN 控制器参数，如位时序、滤波器与中断机制，实现报文精准收发。系统结构上强调去中心化，提高容错能力与通信冗余性。

4 CAN 总线通信系统的优势

4.1 高可靠性与实时性

CAN 总线采用非破坏性仲裁机制，在节点优先级冲突时确保高优先级报文快速发送，显著提升关键数据的实时传输能力。在我国智能制造领域，如高速包装线控制系统中，该特性可有效规避控制信号延迟造成的生产节拍失控问题。CAN 协议内建多级错误检测机制，包括位填充校验、CRC 校验、应答位监测及错误标志帧，确保数据传输的完整性与一致性。系统检测到错误时可通过自动重发及错误主动通知机制避免故障扩散，增强系统运行的可靠性。

4.2 多主结构灵活性高

CAN 总线具备多主结构，任一节点可主动发起通信，在需要高速互动的设备之间构建高效互联。比如新能源客车 BMS（电池管理系统）设计中，不同模组间可实时互发电压、电流、温度等状态信息，无需中心调度系统协调。该结构支持异步通信方式，每个节点依据设定周期或事件触发自主发送报文，提升数据通达效率。此外，多主结构支持动态节点扩展，在设备增补或重构时无需大幅调整通信策略，满足快速部署与系统升级的需求，体现了架构的高度灵活性。

4.3 传输效率高

CAN 总线支持最大 1Mbps 速率的差分信号通信，并通过短帧结构和仲裁机制压缩空闲时延，提升单位时间数据传输能力。在国内轨道交通信号系统中，大量状态量需实时上传至主控单元，CAN 总线可在极短时延内完成多节点报文调度。协议设计中报文长度最短可至 44 位（标准帧），最长为 128 位（扩展帧），传输时间最短仅需几十微秒。系统中普遍使用 DMA 方式传输数据至 CAN 控制器发送缓存，减少 CPU 干预，提升链路效率。

4.4 强抗干扰能力

CAN 总线采用差分信号传输，显著提升系统抗共模干扰能力。在高压高频电磁干扰场景，如我国南方地区风电变流系统，CAN 总线依靠屏蔽双绞线和收发器抗干扰设计可有效避免误码与通信中断。CAN 协议支持错误检测与主动退出机制，当节点接收错误帧达到特定阈值即进入离线状态，防止故障节点干扰总线通信。工程中常配合使用光耦隔离、TVS 二极管、EMI 滤波等硬件手段进行多重防护，提升系统整体抗扰能力 [3]。

5 基于 CAN 总线的数据通信系统的应用

5.1 汽车电子系统

在汽车电子系统的工程实践中，CAN 总线被广泛部署于整车控制器（VCU）、电池管理系统（BMS）、电子制动系统（EBS）、仪表信息采集单元（ICU）等核心子系统间的高速数据交互链路。系统架构通常采用分布式节点设计，依据功能域划分为驱动控制域与车身控制域，分别配置独立的物理 CAN 通道，并通过中继控制器实现跨域通信桥接，以降低通道负载与提升通信确定性。主控单元普遍选用集成双 CAN 模块的高性能 MCU（如 NXPS32K 系列、瑞萨 RH850 系列），结合 TJA1042 高抗扰收发器构建差分物理层，确保在高电磁干扰环境下维持总线通信稳定性。每一 CAN 节点在系统初始化阶段依据静态配置文件加载其所对应的仲裁 ID 及帧结构，控制信息帧依据应用场景设定不同优先级，关键控制帧（如制动请求、转矩控制）优先级高于状态监控类数据。主控节点系统上电后通过广播初始化帧进行网络拓扑确认及参数同步，各子节点完成响应后转入周期同步传输阶段；期间系统设定基于时间戳的超时检测机制，若某节点在规定周期未完成帧发送或响应，则触发硬件中断并写入错误日志。在故障诊断机制上，系统内嵌总线状态监控模块，实时记录错误帧类型、节点 ID 及离线事件，通过 OBD 接口输出原始故障数据供后续离线解析使用；同时，为提升系统鲁棒性，部分主控节点支持冗余 CAN 通道切换策略，可在主通道故障检测后自动切换至备用通道，保障通信连续性与控制安全性。

5.2 车载诊断系统的故障检测与维修支持

基于 CAN 总线架构的车载诊断系统（On-Board Diagnostics II, OBD-II）已实现对整车各功能域控制器（ECUs）的高效数据交互和集中式故障检测支持。系统通过标准 PID（Parameter ID）请求机制对关键子系统参数如发动机转速、进气歧管压力、节气门开度及车辆速度等进行实时采集，并结合 ISO 15765-4 协议对故障诊断码（DTC, Diagnostic Trouble Codes）进行编码传输。诊断设备以 CAN 报文帧为基础，通过设定特定请求帧 ID 向目标 ECU 发起诊断请求，ECU 按预设响应帧 ID 返回故障状态及环境数据。为提升故障定位精度，系统采用扩展帧格式实现多字节数据

传输，并通过 UDS 协议执行自定义服务例程，如读 / 清除 DTC、ECU 识别码查询、实况数据流读取、控制命令下发（如执行部件激活）。实际应用中，维修终端借助 CAN 转 USB 或蓝牙接口模块将诊断请求输入车载 CAN 网络，并通过实时监控 CAN 总线上的帧数据比对故障触发前后关键参数变化趋势，进一步结合波形分析和 DTC 触发条件反推故障发生位置。系统支持多节点并发诊断，可对动力系统、传动系统、排放控制系统及辅助安全系统实现模块化监测，并可结合故障码清除指令重置系统状态以验证维修效果。此类基于 CAN 总线的诊断方法已形成标准化作业流程，具备高度可移植性与协议兼容性。

5.3 无人机与无人车

在我国本土开发的中小型无人机与无人车系统中，基于 CAN 总线的数据通信架构已被广泛集成于飞控系统（FCU）、惯性测量单元（IMU）、电调模块（ESC）、伺服执行单元及图像识别处理模块之间的数据传输路径中。系统设计层面，开发团队优先选用具备双 CAN 控制器的 STM32F4/F7 或 TIC2000 系列微控制器，通过将姿态控制与路径规划解耦，实现控制域与感知域的分层管理。在拓扑结构方面，系统采用标准总线型布线，辅以冗余 CAN 通道设计，当主通道发生节点异常或总线仲裁失败时，可自动切换至备用通道以维持通信连续性。为保障控制指令传输的实时性与优先级响应，开发者在 ID 分配中采取分段式优先级配置策略，确保飞行姿态修正、速度控制等关键指令占据高优先级段，而如环境数据缓存、图像数据索引等非时间敏感数据采用中低优先级段以减少总线占用。帧格式采用扩展 ID 结构并嵌入状态标志位，结合节点状态机逻辑用于动态判断飞控模式切换与任务状态标识。在系统调试过程中，引入基于总线电气层实时采样的监测模块，利用帧周期统计与错误帧检测机制量化节点稳定性，并设定帧重发计数阈值，对出现异常的节点进行限权或重置 [4]。为提升抗干扰能力，电气设计上采用差分信号传输方式，并对关键线缆实施 120Ω 端接匹配、采用屏蔽层碳纤维复合结构与双绞线布线工艺，增强电磁兼容性能，以适应无人平台在高振动与复杂干扰场中的通信稳定性需求。

5.4 新能源系统

在新能源系统中，基于 CAN 总线的数据通信结构已成为光伏并网系统、分布式风电场监控及储能变流单元的核心通信方式。以典型光伏并网场景为例，系统通过多级主从节点架构构建 CAN 通信网络，每组光伏逆变器设定主控节点，通过 ID 映射机制定向管理从属汇流箱控制器及温度传感单元，确保电气参数如母线电压、支路电流、输出频率等信息的实时上传。上行数据通过设定优先级和帧间最小发送间隔，在主控节点中采用周期与事件触发相结合机制发送至中继单元，再由中继节点上传至 EMS 控制层 [5]。通信布线采用 IP67 等级 M12 防水 CAN 接插件及多层屏蔽铠装电缆，并通过终端阻抗校验机制提升抗干扰能力。所有 CAN 节点集成硬件看门狗系统，结合软件层内置异常帧检测算法，实时监测总线帧率波动与负载率突变，通过设定阈值触发隔离控制逻辑，实现故障节点的物理断开与通信恢复。系统所有通信模块通过隔离型 DC-DC 电源模块与主直流母线隔离，配合高 EMC 等级 CAN 收发器以增强对浪涌、电磁干扰与静电放电的抵抗能力。此外，系统引入节点优先级重构策略与总线仲裁机制优化算法，避免并发时的信号冲突及带宽阻塞，实现多节点协同作业下的数据一致性与通信实时性。

6 结语

综上所述，CAN 总线数据通信系统凭借着多主结构、高可靠性以及强抗干扰性等诸多优点在我国众多行业里得到日益广泛的应用。上文通过对基于 CAN 总线数据通信系统定义、原理、结构、优势及其在包括汽车电子系统、车载诊断系统的故障检测与维修支持、无人机与无人车、新能源系统等行业应用探讨，体现出该系统的技术成熟性与适应能力。未来，随着应用领域不断拓宽以及要求提高，我们在基于 CAN 总线数据通信系统研究上应加强多通道通信、差分冗余机制及抗干扰结构设计等领域的探索，以为我国将来各行业提供更加安全、高效、可靠的通信解决方案。

参考文献

[1] 胡道畅,欧阳中辉,陈青华,等.基于CAN总线的特种车辆状态数据采集系统[J].兵工自动化, 2021, 40(4):4.

[2] 陈中原.基于CAN总线的多传感器数据安全传输方法[J].电子制作, 2024, 32(18):78-80.

[3] 章万静 赵陇 赵红梅 王晨阳 吴海霞.基于CAN总线智能汽车数据采集系统的设计[J]. 2023.

[4] 方略,何洪军,高旭.基于CAN通信多通道数据采集系统设计[J].计算技术与自动化, 2020, 39(3):4.

[5] 任艺,王南,陈艺峰,等.基于CAN总线的光伏集散电源控制系统通信网络设计[J].控制与信息技术, 2020(005).