

下一代车规级IP核: 车载通信网络的演进与未来架构

引言

汽车行业正经历一场由技术进步与消费者需求变化共同推动的深刻变革。在此背景下, 车用IP核的开发在提升车载通信与控制系统性能方面日益重要。本文将系统梳理当前已趋成熟的CAN/LIN通信方案, 重点探讨基于以太网的新兴演进方向, 包括区域架构 (Zonal Architecture) 及10BASE-T1S等前沿标准。

CAN – 控制器局域网 & LIN – 本地互联网络

CAN由博世 (Bosch) 于20世纪80年代推出, 是汽车通信中的重要标准, 以其在发动机管理与安全等关键系统中的高可靠性与强大功能而被广泛应用。随着技术发展, CAN协议已逐步演进, 支持更高的数据传输速率。相较之下, LIN作为一种面向非关键应用的低成本通信方案, 常被用作CAN的子网络, 主要承担车身控制功能。LIN采用简单的主从架构, 支持最高20 kbps的数据速率, 并与CAN系统实现完全互操作性。

1986 – CAN

- 📄 数据传输率: 高达 1 Mbps
- ↶ 有效载荷: 8 bytes
- ✧ 基本的实时通信与错误处理
- 🔍 应用场景: 发动机管理、车辆诊断

2015 – CAN FD

- 📄 数据传输率: 高达 10 Mbps
- ↶ 有效载荷: 64 bytes
- ✧ 适用于数据密集型应用场景向后兼容 CAN 2.0, 便于系统集成与升级
- 🔍 应用场景: 数据密集型汽车任务, 如ADAS、信息娱乐系统

1991 – CAN 2.0

- 📄 数据传输率: 高达 1 Mbps
- ↶ 有效载荷: 8 bytes
- ✧ 扩展帧格式, 增强的错误检测与处理能力, 满足关键实时系统需求
- 🔍 应用场景: 实时控制系统、底盘与车身电子系统、工业自动化领域

2021 – CAN XL

- 📄 数据传输率: 高达 20 Mbps
- ↶ 有效载荷: 2048 bytes
- ✧ 多种传输模式增强网络灵活性, 适应多样化应用需求向后兼容 CAN 2.0 和 CAN FD, 确保系统平滑演进
- 🔍 应用场景: 软件定义汽车、自动驾驶系统、车联万物 (V2X) 通信

CAN的优势性

- 高可靠性与容错能力
- 实时数据传输能力
- 降低线束重量与成本
- 支持多个节点共享同一总线
- 支持点对多点通信
- 技术成熟、标准完善

LIN的优势性

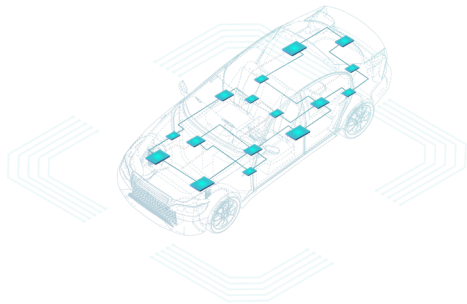
- 专为低流量 / 低成本应用设计
- 简化线束布设
- 易于搭建与集成
- 其主从架构简化了通信流程
- 适用于非关键性应用场景

车载通信新趋势：“以太网化”与Zonal 区域架构

以太网正日益成为汽车网络的骨干，这一趋势主要由高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和信息娱乐系统对更高带宽的需求所驱动。与传统架构依赖多个独立控制单元不同，区域架构将电子组件按功能区域进行组织，从而提升了模块化程度与可扩展性。

这种现代设计促进了以太网、CAN和LIN等多种通信协议的无缝集成。其中，以太网为高级应用提供高速数据传输，而CAN总线则用于实时关键功能，LIN总线则以经济高效的方式补充CAN总线，处理简单非关键任务。

然而，这种新型汽车数据通信模式的转型仍处于早期阶段，尚需进一步开发。诸如10BASE-T1S等创新技术正在涌现，旨在支持更简化、更具成本效益的以太网配置，以满足行业不断变化的需求。随着区域架构的持续演进，它将在提升车辆性能的同时，有效应对现代汽车系统日益增长的复杂性，发挥至关重要的作用。



传统架构

ECU 分布方式

整车配备超过 100 个电子控制单元(ECU), 分别部署在靠近传感器或执行器的位置, 具有高度复杂的软件系统

线束设计

需要大量、笨重且成本高昂的线束来连接所有 ECU

网络结构

每个子系统拥有独立且隔离的网络

数据速率

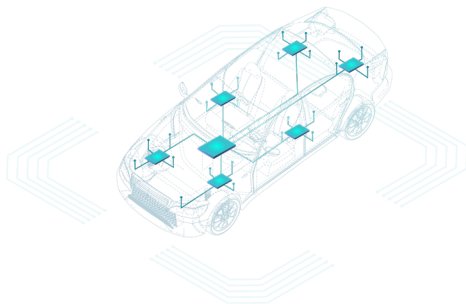
受限于1 Mbps(CAN)和 20 Mbps (CAN XL)

可扩展性

随着整车硬件和软件的复杂性提升, 系统扩展受限

维护与升级

硬件依赖, 需要进行物理干预



ZONAL 区域架构

集中式部署区域控制器, 负责多个功能, 从而显著降低整体ECU数量和软件复杂度

只需较短且更轻便的线束, 将区域控制器与中央 ECU 及传感器/执行器连接, 有望将整车线束长度减少 50%

采用集中式区域枢纽, 实现统一的通信架构

通过以太网实现高达 10 Gbps 的高速数据传输, 满足自动驾驶等先进应用需求

模块化区域设计便于实现硬件和软件的灵活升级

支持通过空中下载 (OTA) 进行维护和功能升级

车载以太网ZONAL 区域架构的关键优势

- 高性能: 支持先进的实时应用, 具备更快的数据传输速率和更高的网络可靠性
- 模块化与可扩展性: 便于集成新技术与功能, 更快适应系统演进与更新
- 成本效益: 通过将软件处理转移集中至CPU, 降低线束复杂度, 减少 ECU 数量
- 统一通信架构: 标准化通信协议, 提升系统互用性
- 持续演进能力: 支持软件定义汽车, 数据传输速率远超 10G, 轻松实现整车空中下载 (OTA) 升级, 提高维护与功能更新的效率

车载以太网技术的新发展

10BASE-T1S 协议

以太网技术中的一项新进展——10BASE-T1S, 支持通过一根单绞线实现数据传输, 极大降低了布线重量与系统复杂性, 同时提供高达 10 Mbps 的传输速率。不同于传统的点对点以太网连接, 10BASE-T1S 支持在共享总线上实现点对多点通信。

凭借这些特性, 该技术正在逐步取代 CAN 架构, 用于车载网络中传感器与执行器的连接。在采用集中式以太网骨干架构的场景下, 协议转换不再是集成过程中的必要步骤。

TSN (时间敏感网络)

时间敏感网络 (TSN) 是在以太网基础上的进一步扩展, 是一套由 IEEE 制定的标准, 旨在通过实现确定性和低延迟通信, 提升以太网在关键应用中的性能。TSN 使数据传输过程实现时间同步, 从而确保关键数据包在严格的时间窗口内稳定交付。

这一特性对于诸如高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和自动驾驶等汽车应用至关重要, 因为这些系统对数据交换的时效性和可靠性具有极高要求, 直接关系到车辆的安全性与运行性能。



关于 Fraunhofer IPMS

弗劳恩霍夫光子微系统研究所 (Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems, 简称 IPMS) 专注于智能工业解决方案、生物与健康、移动出行以及绿色可持续微电子领域的应用研究与开发。研究重点包括电子、机械和光学元件及其在微型化设备和系统中的集成。服务范围涵盖从设计与产品开发到在自有实验室和无尘室内进行的试生产。

作为安全数据通信解决方案领域的专家, IPMS的数据通信与计算部门 (DCC) 致力于在半导体 IP 核、Li-Fi 光通信技术和量子技术等前沿领域开发创新技术, 旨在为移动出行、电信、工业自动化和能源供应等关键行业带来全新的安全通信解决方案。

联系我们

Yuqing Huang 黄雨晴 – 市场与传播经理
邮箱: yuqing.huang@ipms.fraunhofer.de

Fraunhofer IPMS
Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden, Germany
www.ipms.fraunhofer.de/en