

Bosch IP Tech Day 2026

从标准到落地：CAN XL工具链赋能中国整车产业

From Standard to Implementation:
CAN XL Toolchain Empowers China's Automotive Industry

虹科·陈皓

Hongke · Christo Chen

目录 / CONTENTS

01. 必然选择 Inevitable Choice

- CAN FD遇到瓶颈
 - CAN FD Hits Bottlenecks
- 整车架构的要求
 - Vehicle Architecture Requirements
- 行业生态已就绪
 - Industry Ecosystem is Ready

02. 工具链就绪 Toolchain Ready

- 标准软硬件工具 Standard Tools
 - PCAN-USB XL
 - PCAN-Explorer 7
- 开放的API资源 Open API Resources
 - PCAN-Basic 5
 - PCAN-Developer 5
 - SocketCAN XL

03. 测试与应用 Testing & Applications

- CAN XL vs. 10BASE-T1S
 - 通信测试 Communication Testing
 - 刷写测试 Flashing
- 整车负载优化 Vehicle Bus Load Optimization
 - 实际案例 Case Studies

公司简介

虹科电子科技有限公司（前身是宏科）成立于1995年，总部位于中国南方经济和文化中心-广州。目前在上海、北京、西安、成都、苏州、台湾、香港等城市设有分部，在韩国、日本设有海外分公司。同时，为了实现本地服务，特在以下工业城市设立销售代表：沈阳、天津、南京、合肥、杭州、武汉、深圳、郑州、重庆、青岛。

作为一家高科技解决方案提供商，我们致力于通过创新帮助客户实现成功。我们专注于工业制造、汽车研发测试等领域。同时，虹科已孵化出包括：点成（生物与医药）、友思特（机器视觉与光学）、宏集（工业物联网与工业测量）、德思特（电子测试/测量）、康谋（自动驾驶研发测试）、安宝特（工业AR）、艾体宝（企业级IT方案）等7个成熟独立业务公司。我们拥有超过70项专利资质，掌握着行业最前沿的技术和创新力量，服务的知名客户超过8000家。

我们始终致力于为行业客户提供创新及前端的产品和技术解决方案，为科技社会发展助力加码。

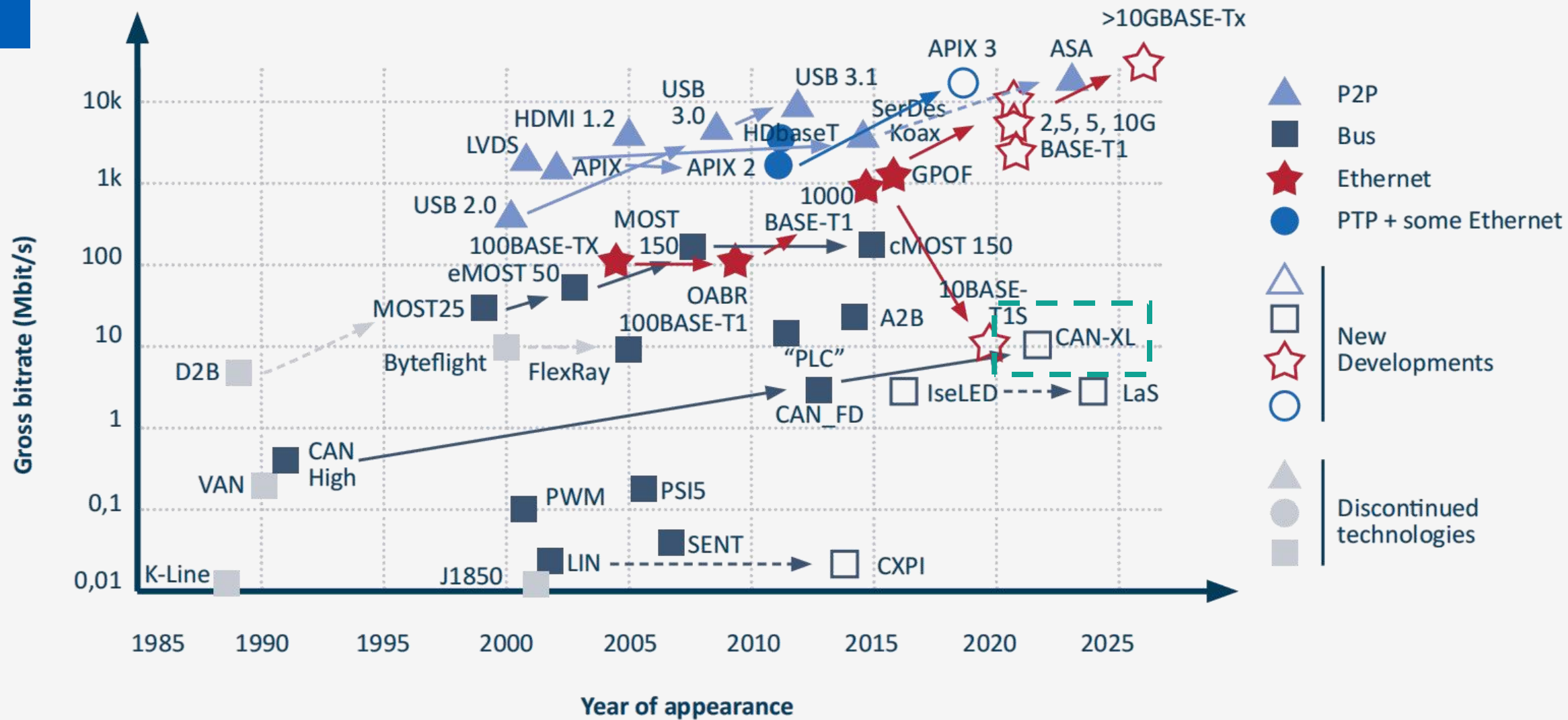
01

必然选择

Inevitable Choice



● ● 必然选择



01 为什么是CAN XL? ——车载总线的演进必然

汽车电子架构正从分布式向域控与中央计算架构快速演进，车载信号量迎来爆发式增长，传统总线带宽已难以匹配日益攀升的传输需求，技术升级势在必行。



存量瓶颈：性能天花板显现

Existing Bottleneck

现有CAN FD总线负载逼近极限，有效数据率低，通信效率受限，已无法支撑高阶智驾、智能座舱等新增功能的海量数据传输需求。



增量需求：架构升级驱动

Incremental Demand

Zonal域控架构下，传感器融合、海量诊断数据交互及高频OTA升级，对总线的大载荷、高带宽与低时延特性提出了更严苛的要求。

2048 字节

单帧载荷提升32倍，减少拆包

20 Mbps

传输速率提升2.5倍，更高速率

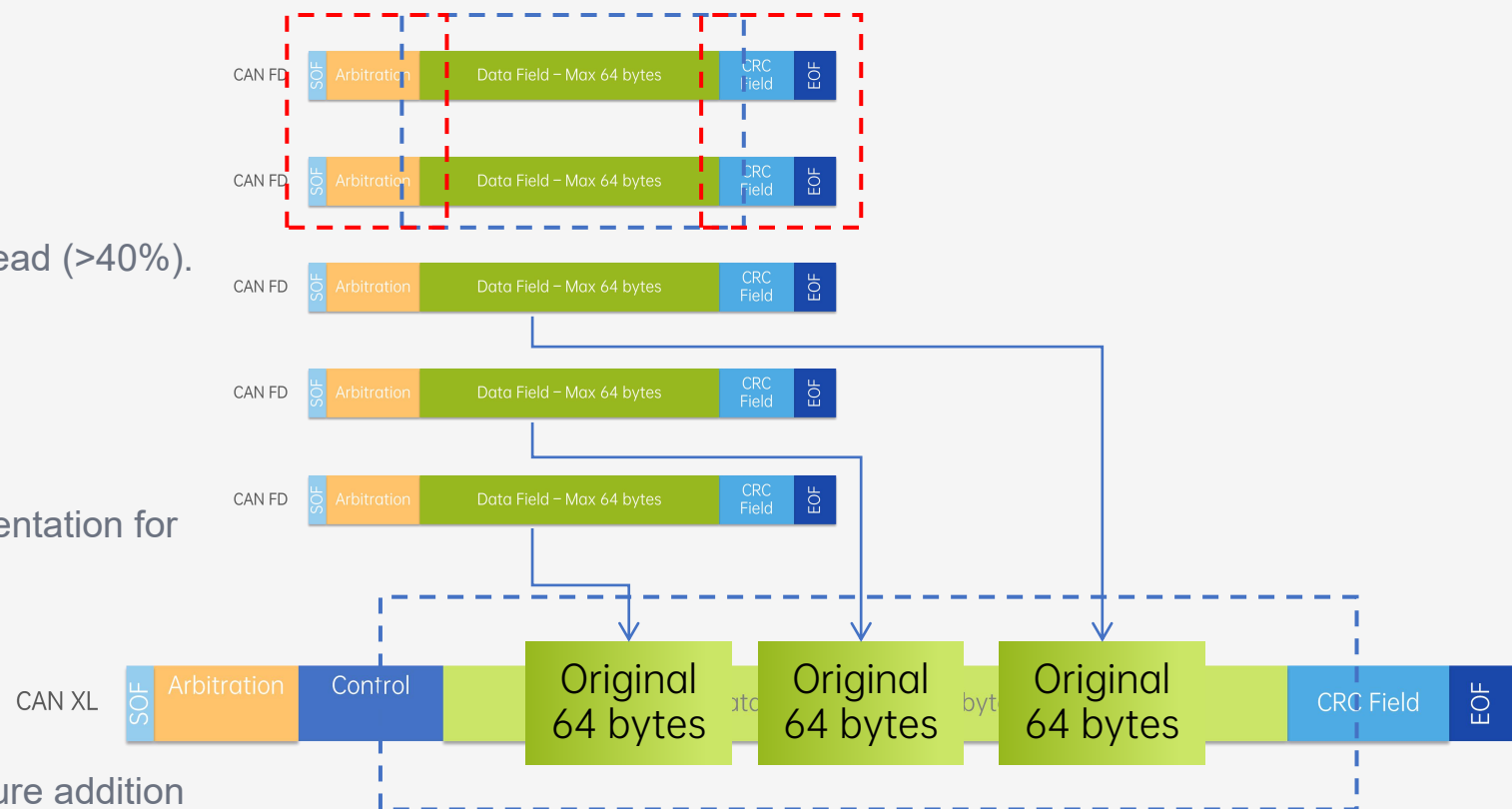
CAN XL 是兼顾兼容性与性能的最优解：它不仅向下兼容CAN FD，实现平滑升级，更在成本可控的前提下，提供了满足未来十年车载通信需求的高带宽与高载荷能力。

痛点一：CAN FD的技术瓶颈 (CAN FD Bottlenecks)

报文碎片化，仲裁开销巨大（超40%）。
Message fragmentation with high arbitration overhead (>40%).

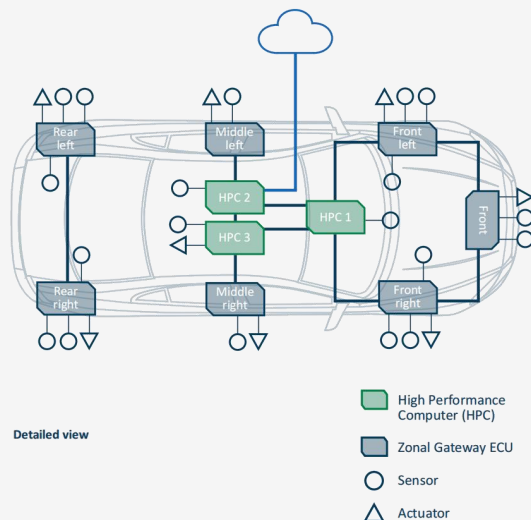
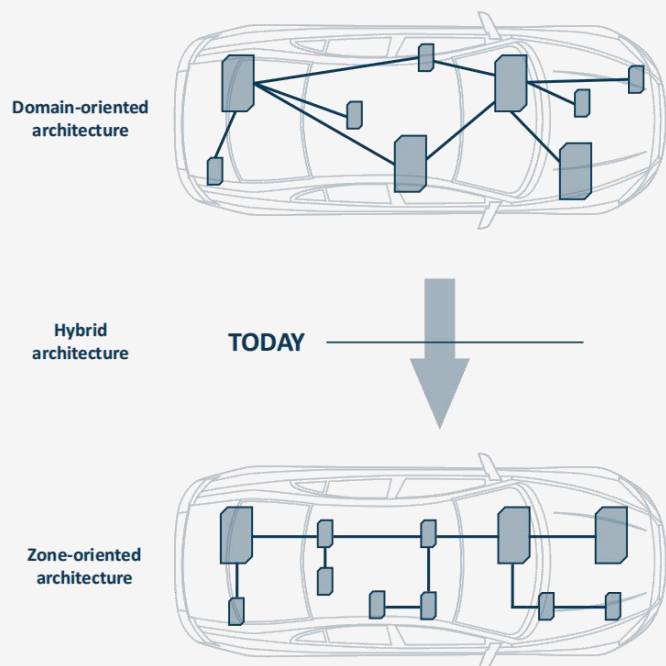
单帧载荷上限64字节，大数据必须分片。
64-byte single-frame payload limit, requiring fragmentation for large data.

总线负载逼近饱和，新增功能困难。
Bus load approaching saturation, making new feature addition difficult.



痛点二：Zonal架构对总线的新要求

New Requirements for Zonal Architecture



域控制器集中化，跨域数据量激增。

Centralization of domain controllers leads to a surge in cross-domain data.

智能传感器数据量级提升。

Increased data volume from smart sensors.

软件定义汽车，OTA/诊断频次提升。

Software-defined vehicles increase OTA/diagnostic frequency.

需平滑升级，保护现有投资。

Requires smooth upgrade to protect existing investments.

ISO标准、CiA规范

Life cycle

Previously

Withdrawn
ISO 11898-2:2024

Now

Published
ISO 11898-2:2026
Stage: 60.60 ^

00

10

20

30

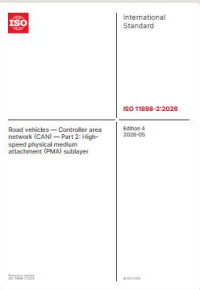
40

50

60 Publication

90

95



ISO 11898-2:2026

Road vehicles — Controller area network (CAN)
Part 2: High-speed physical medium attachment (PMA) sublayer

Published (Edition 4, 2026)

Read sample

Title	Published Size	Status Action
 CiA 610-1 version 1.0.0 CAN XL specifications and test plans - Part 1: Data link layer and physical coding sub-layer requirements	2023-09-01 77 KB	withdrawn Download 
 CiA 610-3 version 1.0.4 CAN XL specifications and test plans- Part 3: Physical medium attachment sub-layer requirements	2023-09-01 77 KB	withdrawn Download 
 CiA 611-1 version 2.0.0 CAN XL higher-layer functions - Part 1: Service data unit types	2024-08-12 448 KB	DSP Download 
 CiA 611-2 version 1.0.0 CAN XL higher-layer functions - Part 2: Multi-PDU protocol	2024-09-03 294 KB	DSP Download 
 CiA 613-2 version 1.0.0 CAN XL add-on services - Part 2: CANsec data plane	2026-05-29 1 MB	DSP Download 

02

工具链就绪 Toolchain Ready



- 高速USB 2.0的CAN接口（兼容USB 3.0）
- 高速CAN连接（符合ISO 11898-2 2024标准）
 - 符合CAN规范，包括CAN CC、CAN FD和CAN XL（ISO 11898-1 2024）
 - CAN波特率支持20kbit/s - 1Mbit/s
 - CAN FD数据域波特率最高可达8Mbit/s
 - CAN XL数据域波特最高可达8Mbit/s
 - 通过收发器模式切换，CAN XL数据比特率最高可达20Mbit/s
- CAN总线通过DB9接口连接（符合 CiA® 106标准）
- 时间戳精度为1μs
- CAN XL核心功能通过FPGA实现
- 已通过C&S的CAN XL评估板验证
- CAN SIC XL收发器为TI TCAN6062V
- 已通过全球多家主机厂验证
- 电气隔离高达500V
- USB供电
- 工作温度-40°C ~ +85°C



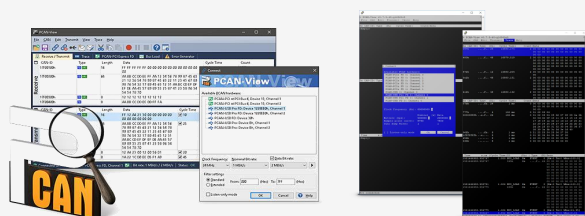
- 可连接多达 16 个 CAN 通道
- 可与多个 CAN 接口同时连接，且不受其硬件类型的限制
- 支持 CAN 规范，包括 CAN CC（经典 CAN 2.0）、CAN FD 和 CAN XL（ISO 11898-1 2024）
- 支持 CAN-XL 操作模式：
 - 带故障信号的 CAN XL (Error Signaling ON)
 - CAN XL 无错误信号 (Error Signaling OFF)
 - 带收发器模式开关的 CAN XL (FAST Mode Switch)
- 在接收和发送列表中显示带有各种信息的 CAN 通信流量
- 支持 Python、VB 脚本自定义测试 case
- 支持 J1939 (FD)
- 根据 CiA® 611-1 标准，通过选择服务数据单元类型 (SDT) 来创建 CAN XL 发送消息，例如 CAN FD 帧的 Tunnel 传输
- 使用 trace 记录 CAN 数据通信流量
 - 回放 trace 文件，并可选择循环回放功能
- 多个灵活的过滤器，也可用于 trace 文件



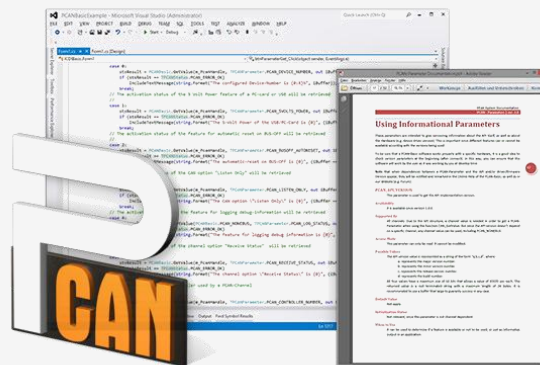
- 当前方案：全面的CAN XL工具链已准备就绪！



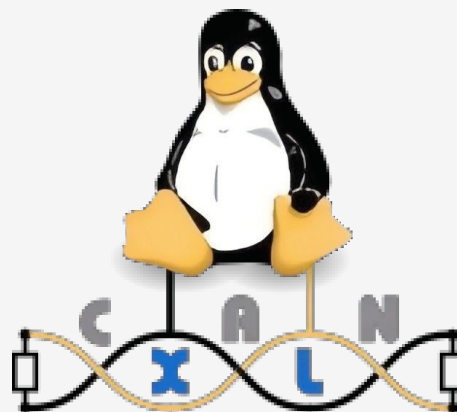
PCAN-USB XL Interface



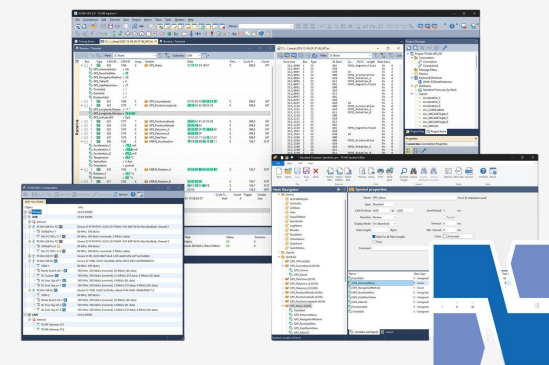
PCAN-View (Windows & Linux)



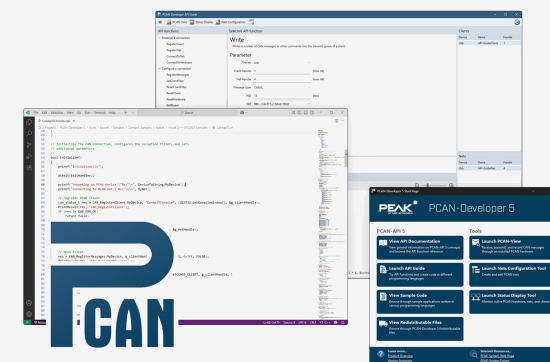
PCAN-Basic API



SocketCAN XL



PCAN-Explorer 7
(CAN XL/J1939 FD/Python)



PCAN-Developer 5 API
(CAN XL/CAN FD Light)

硬件、驱动、软件、API 全生态的 CAN XL 工具链
Hardware、Driver、Software、API

CAN XL 综合产品与技术解决方案 CANXL Comprehensive Product and Technology Solutions

贯穿“架构仿真—物理层测试—开发工具链—网络接口硬件”的全栈产品解决方案

核心产品矩阵

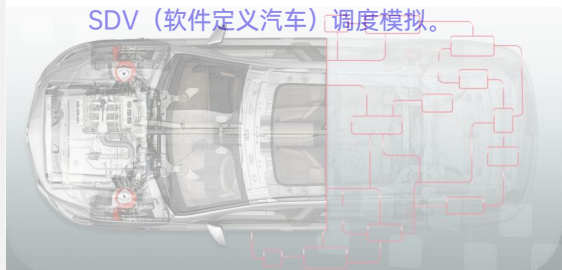


Simulation

RtaW 仿真平台

通信仿真与 E/E 架构设计

- 协议仿真验证：支持车载以太网及 CAN XL 通信协议与车端网络架构。
- 时序与可调度性：实时分析网络延迟、抖动与 Worst-case 可调度性瓶颈。
- 架构优化：支持 TSN 拓扑配置优化与 SDV（软件定义汽车）调度模拟。

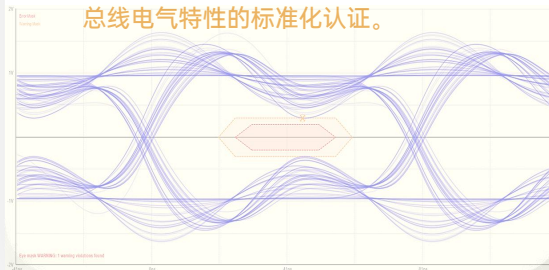


Physical Testing

C&S 测试平台

物理层一致性测试与认证

- 一致性测试：专注于 CAN XL 与车载以太网物理层标准测试。
- INVIO 软件平台：提供自动化测试执行、信号完整性分析与符合性报告。
- 合规验证：帮助 OEM 及 Supplier 完成总线电气特性的标准化认证。



CAN XL Tool Chain

CAN XL 工具链

全系硬件接口与二次开发生态

- 跨平台驱动：提供成熟的 Windows 及 Linux 系统底层高性能驱动。
- PCAN-Explorer 7：总线报文监控、收发、脚本自动化与 DBC/ARXML 解密。
- 丰富 API 接口：集成 PCAN-Basic API 与 PCAN-Developer API 极速开发。



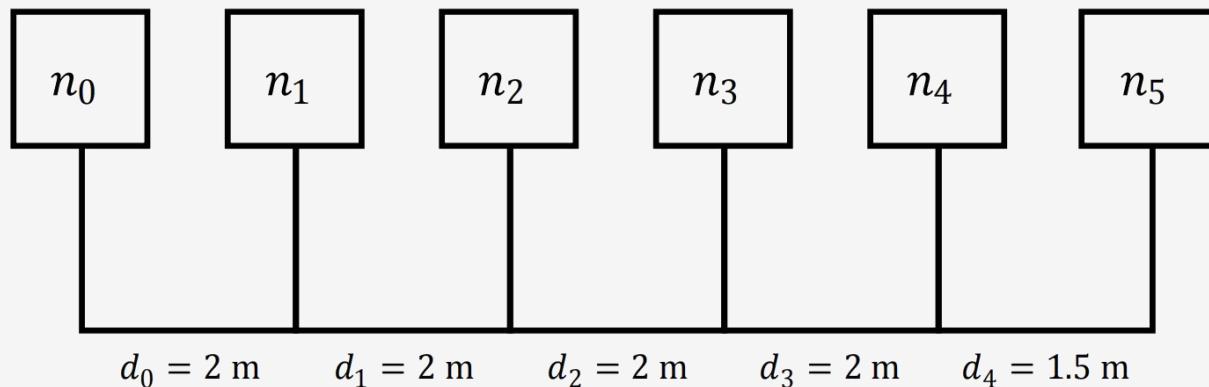
方案全面覆盖总线全生命周期开发需求：仿真规划 → 物理层验证 → 软件开发分析 → 拓扑硬件组网

03

测试与应用

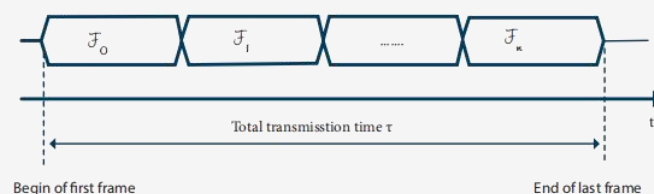
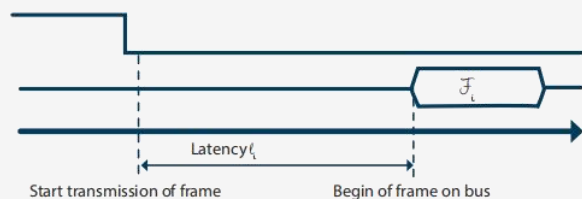
Testing & Applications





- 6个节点 ($n_0 \sim n_5$)
- 共享总线 (5个网段, $d_0 \sim d_4$)
- 总线总长度: 9.5米 ($d = \sum_{k=0}^4 d_k = 9.5\text{ m}$)
- 采用菊花链布线实现 (daisy chain)

EVALUATION SCENARIOS	
Scenario 1 - Real time control	Scenario 2 - Large data transfer
Application: Sensor-Actor communication	Application: ECU flashing, Data streaming
Traffic type: Small cyclic frames	Traffic type: Multi-frame transmission
Metrics: Latency, Jitter, Influence of background traffic	Metric: Effective net data rate



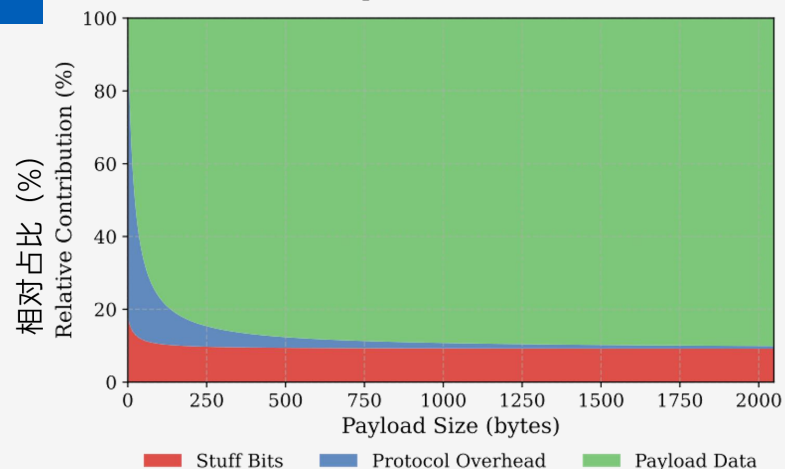
- 6 nodes
- Shared bus (5 segments)
- Total length: 9.5 m
- Daisy chain implementation

HARDWARE CONFIGURATION	
CAN XL	10BASE-TS
Arbitration 500 kbps, Data 10 Mbps	10Mbps
Single transceiver type (limited availability)	Multiple different 10BASE-T1S transceivers (IEEE compliant)

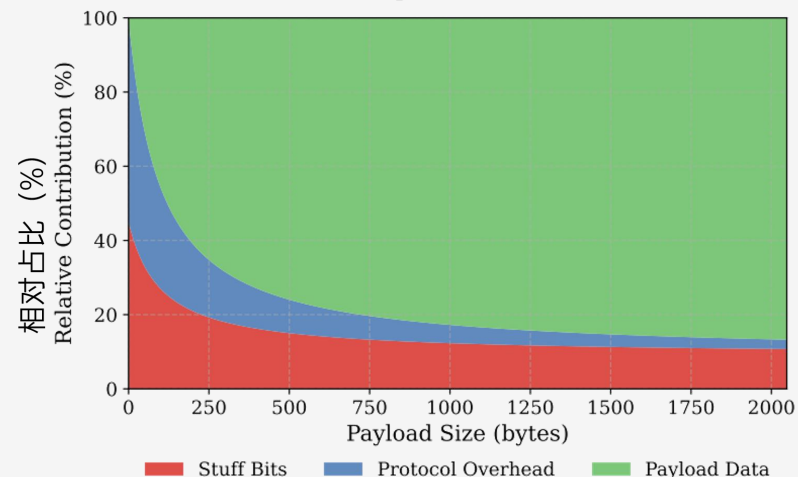
Field Name	Bit timing	Length without stuff bits [bit]
Start of Frame	Nominal	1
Arbitration	Nominal	15
Control	Nominal / XL	2 / 79
Data	XL	8 to 16384
CRC	XL	36
ACK	Nominal	6
End of Frame	Nominal	7

Payload size	10BASE-T1S Overhead	CAN XL Over-head (bit-based)	CAN XL Over-head (time-based)
8 bytes	~ 90 %	~ 73 %	~ 93 %
64 bytes	~ 54 %	~ 29 %	~ 64 %
200 bytes	~ 27 %	~ 17 %	~ 39 %
512 bytes	~ 12 %	~ 12 %	~ 23 %
1200 bytes	~ 6 %	~ 10 %	~ 16 %

相对帧组成（基于bit数）
Relative Frame Composition (CAN-XL, bit count based)



相对帧组成（基于时间）
Relative Frame Composition (CAN-XL, time based)

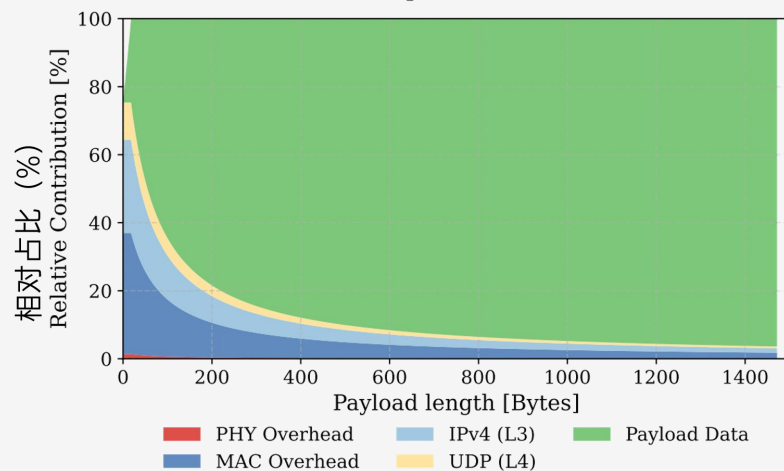


- 在中小有效载荷场景下，比特级效率更高
- 由于仲裁阶段速率较慢，时间级开销有所增加

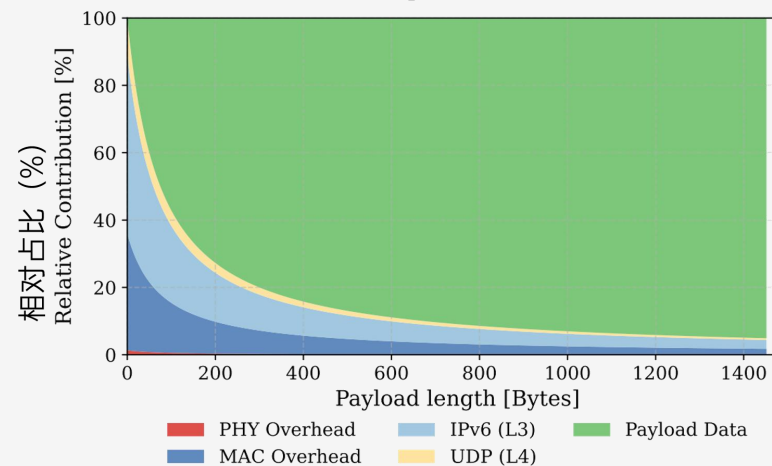
CAN XL

10BASE-T1S

相对帧组成 (IPv4)
Relative Frame Composition (10BASE-T1S, IPv4)

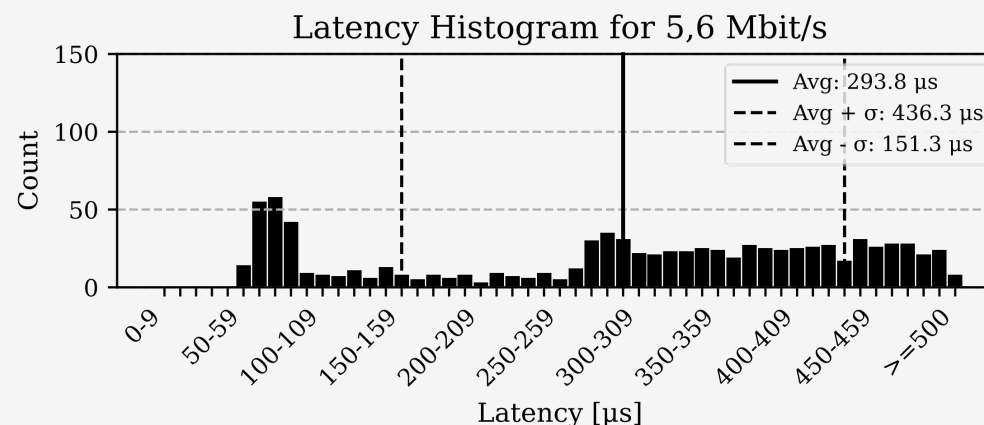
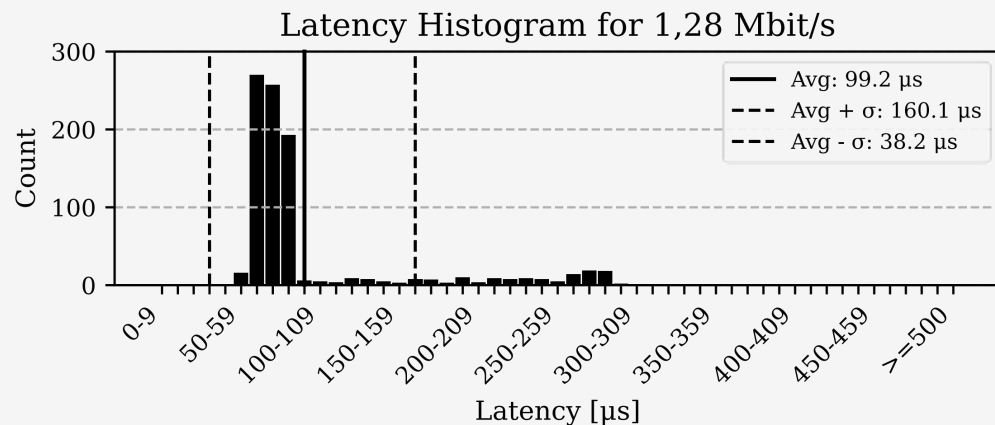


相对帧组成 (IPv6)
Relative Frame Composition (10BASE-T1S, IPv6)



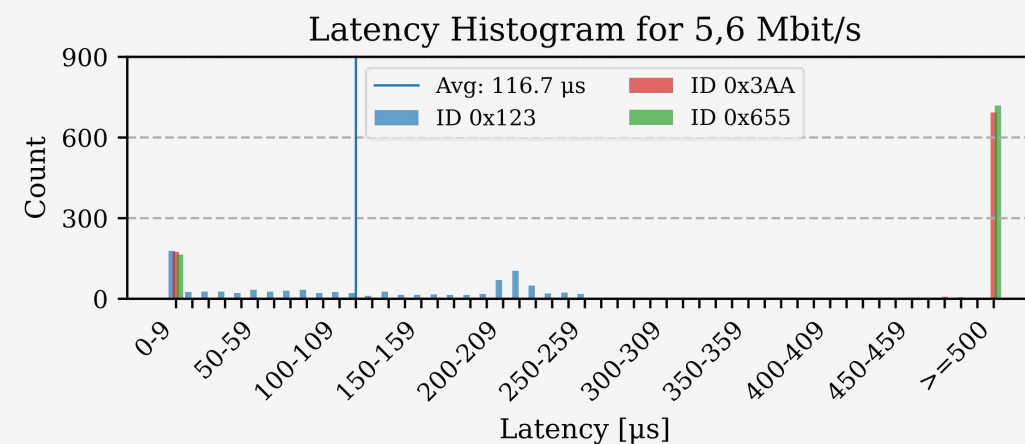
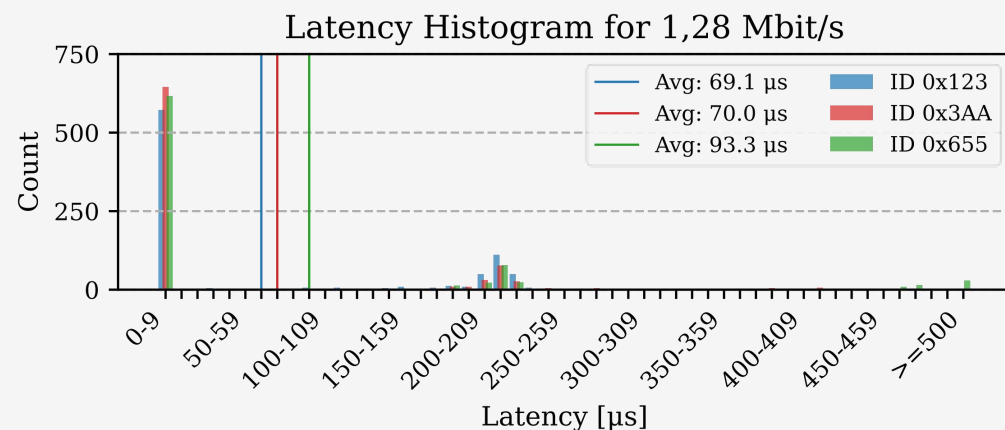
- 效率高度依赖上层协议
- 大有效载荷场景下，两者的效率趋于一致

10BASE-T1S



测试场景	背景流量吞吐量	平均延迟	最小延迟	延迟标准差 (抖动)	延迟分布特征
低负载场景 (场景 #1)	1.28 Mbit/s	99.2 μ s	58 μ s	61 μ s	单峰为主： 绝大多数报文延迟低于 100 μ s
高负载场景 (场景 #6)	5.6 Mbit/s	293.8 μ s	< 90 μ s (短延迟帧区间)	142.5 μ s	双峰分布： 大量帧延迟 < 90 μ s， 另一部分延迟 > 270 μ s， 中间区间样本极少

CAN XL



#1: $D_B = 1.28$ Mbps, Busload~21%

优先级	最小延迟	平均延迟	最大延迟
高优先级	1.09 μ s	69.11 μ s	256.72 μ s
中优先级	1.09 μ s	70.02 μ s	487.78 μ s
低优先级	1.09 μ s	93.28 μ s	758.90 μ s

#6: $D_B = 5.6$ Mbps, Busload~90%

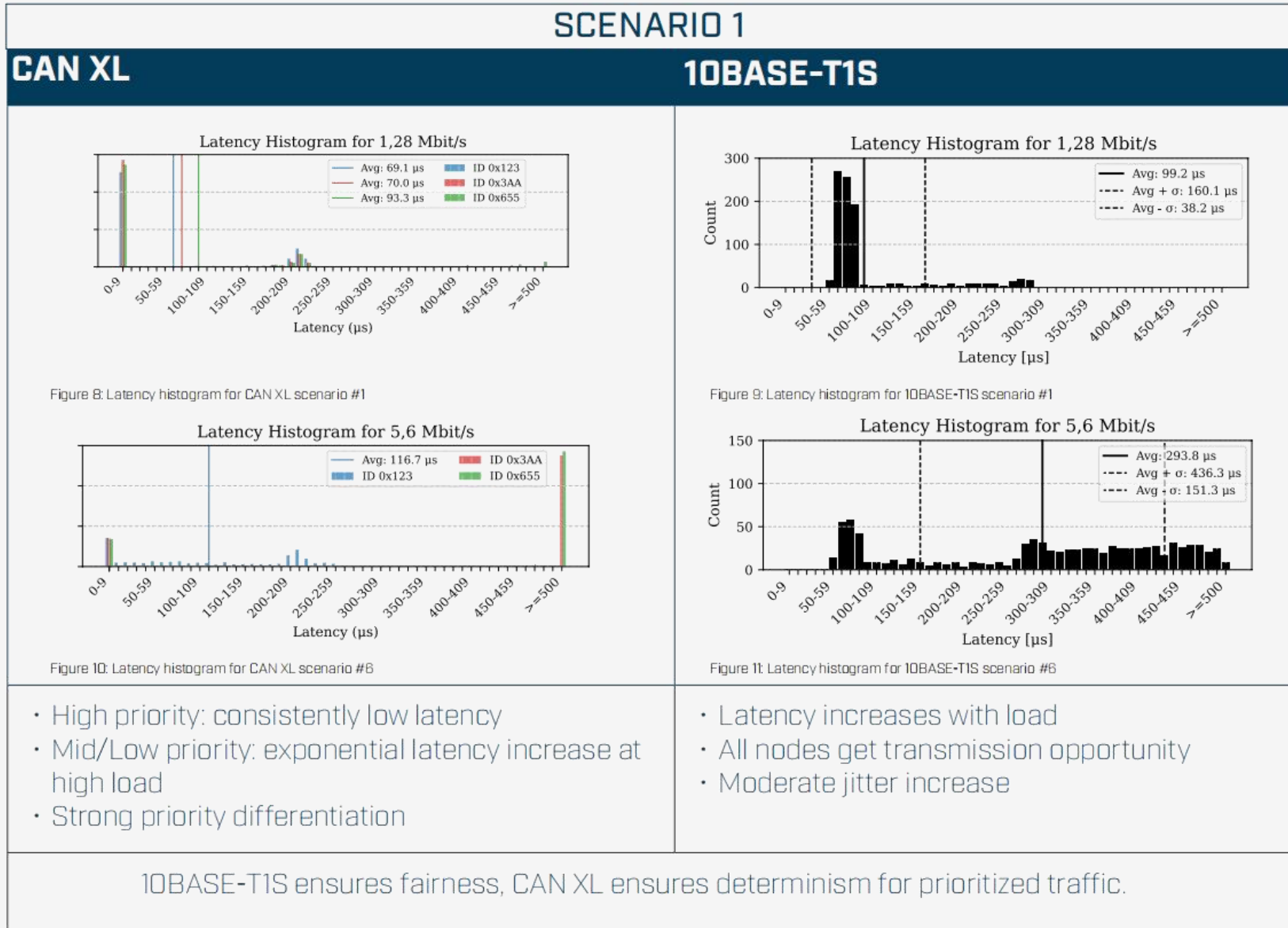
优先级	最小延迟	平均延迟	最大延迟
高优先级	1.12 μ s	116.70 μ s	257.66 μ s
中优先级	1.10 μ s	816.64 μ s	1986.89 μ s
低优先级	1.10 μ s	1877.83 μ s	9959.58 μ s

Priority	$\min(\ell)$	$\bar{\ell}$	$\max(\ell)$
high	1.09 μs	69.11 μs	256.72 μs
mid	1.09 μs	70.02 μs	487.78 μs
low	1.09 μs	93.28 μs	758.90 μs

Priority	$\min(\ell)$	$\bar{\ell}$	$\max(\ell)$
high	1.12 μs	116.70 μs	257.66 μs
mid	1.10 μs	816.64 μs	1986.89 μs
low	1.10 μs	1877.83 μs	9959.58 μs

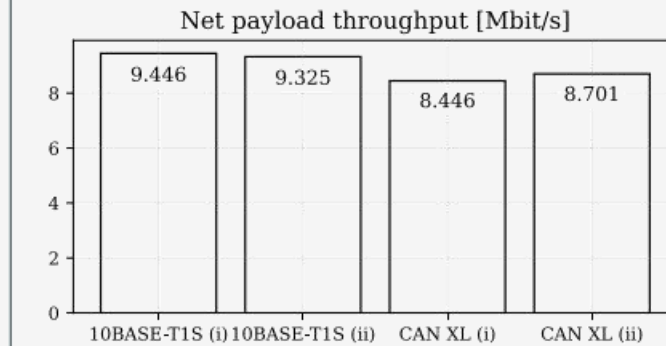
- 高优先级流量：延迟始终保持在较低水平
- 中/低优先级流量：高负载下延迟呈指数级增长
- 具备极强的优先级区分能力

- 延迟随负载增加而上升
- 所有节点均能获得传输机会
- 抖动增幅适中



10BASE-T1S 保障传输公平性，CAN XL 保障高优先级流量的确定性。

SCENARIO 2



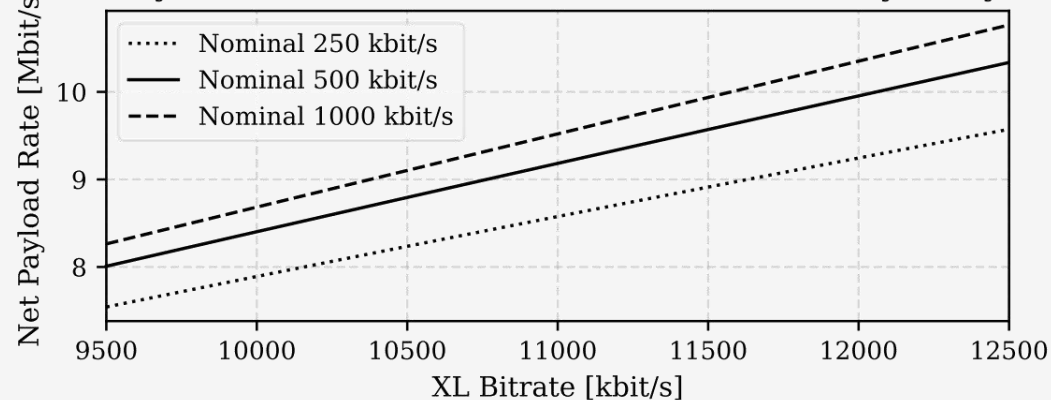
Case (i): Max payload size

Case (ii): Equal payload size (1200 B)

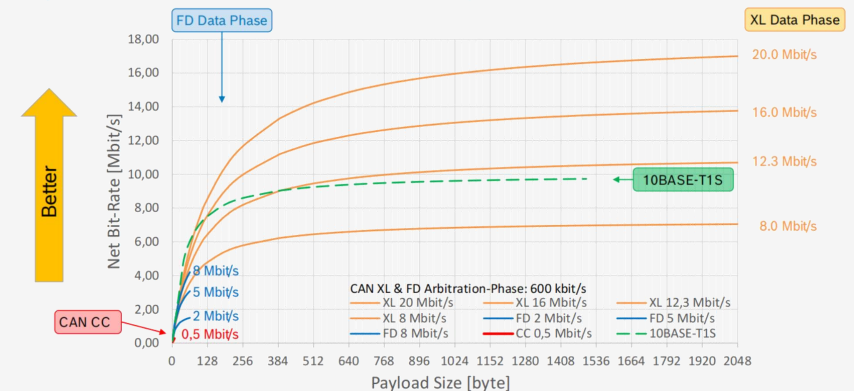
Figure 12: Net throughput for transmission of a payload of 960 kByte

- Both technologies approach theoretical maximum
- CAN XL throughput depends strongly on arbitration bitrate and data bitrate
- Large payload sizes reduce overhead impact

Net Payload Rate [Mbit/s] vs XL Bitrate w. 1200 Byte Payload



Comparison – Net Bit Rate over Payload Size



1. CAN XL 受益于其基于优先级的仲裁机制。当标识符配置得当，高优先级帧能获得极低的时延，在许多情况下优于 10BASE-T1S 的结果。然而，这一优势也伴随着权衡：如果标识符配置和流量优先级设置不当，或者总线负载增加，CAN XL 会为较低优先级的帧表现出显著更高的尾部时延（tail latencies）。
2. 10BASE-T1S 的时延结果方差要小得多。PLCA 确保每个节点在每个周期都能获得传输机会。这虽然不允许对关键消息进行优先级排序，但也防止了饥饿现象（starvation），并将最大等待时间限制在大约一个帧时长加上一个周期。
3. 在我们研究的**块传输场景**中，两种技术都达到了接近其理论最大值的吞吐量。CAN XL 的效率取决于 Payload 大小以及仲裁/数据比特率的选择。10BASE-T1S 在 Payload 较小的情况下主要受 IP（第 3 层）和 UDP（第 4 层）开销的影响。对于 Payload 较大的情况，两者之间的效率差距缩小。

Item Navigator

- ford_lincoln_base_pt
 - Enums
 - Signals
 - Symbols
 - DTE_HPCMtoECG (337h)
 - DTE_ECGtoHPCM (338h)
 - Tire_Pressure_Data_FD1 (385h)
 - TesterPhysicalReqVDM_FD1 (721h)
 - AWD_Torque_Data (20Ch)
 - PHEV_Battery_Data1_FD1 (2E4h)
 - ECG_Data2_FD1 (488h)
 - SmartChargingData_ECG_3 (308h)
 - SmartChargingData_ECG_2 (307h)
 - SmartChargingData_ECG_1 (306h)
 - APIM_Data_FD1 (328h)
 - HEV_ChargeStat_FD1 (352h)
 - MasterReset_HS3_ECGDat_FD1 (233h)
 - TesterPhysicalResVDM (729h)
 - Suspension_Data (23Ah)
 - VeyDynamics_Data (345h)
 - ECG_Data3_FD1 (375h)
 - LocationServices_Data1_FD1 (47Eh)
 - LocationServices_3_FD1 (21Eh)
 - PARSEDPushPCMtoGWM_ECG (1B836010h)
 - ECG_Data_FD1 (32Ah)
 - ECG_Data4_FD1 (226h)
 - OffBrdChrg_Signals2 (27Fh)
 - OffBrdChrg_Signals (212h)
 - ConsTip_Data_FD1 (476h)
 - Locking_Systems_2_FD1 (331h)
 - BCMC_Data_FD1 (36Fh)
 - DCACA_Data4 (36Eh)
 - HeadUpDisplayReq_FD1 (188h)
 - PARSEDPHysGWM_ECGtoSODR (1BA18CD8h)
 - PARSEDPHysGWM_ECGtoSODR (1BA18CD8h)

Symbol properties

Name: DTE_HPCMtoECG 13 of 32 characters used

Type: FD Standard

CAN ID (Hex): 337h to Send Period: 1000 ms

Direction: Bi-Directional ☐ Paused

Display Mode: On (Standard) Timeout: 0 ms

Data Length: 8 Bytes Min. Interval: 0 ms

☐ Valid for all Data Lengths Color: ☐ Automatic

☐ Trace

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 0	DteAccep...	DteVehEffld_No_Actl						
Byte 1	DteVeh_E_Actl							
Byte 2	DteVeh_Eff_Actl							
Byte 3	DteVeh_Pw_Actl							
Byte 4	DteVehEld_No_Actl							
Byte 5	DteVehPwld_No_Actl							
Byte 6								
Byte 7								
Byte 8								

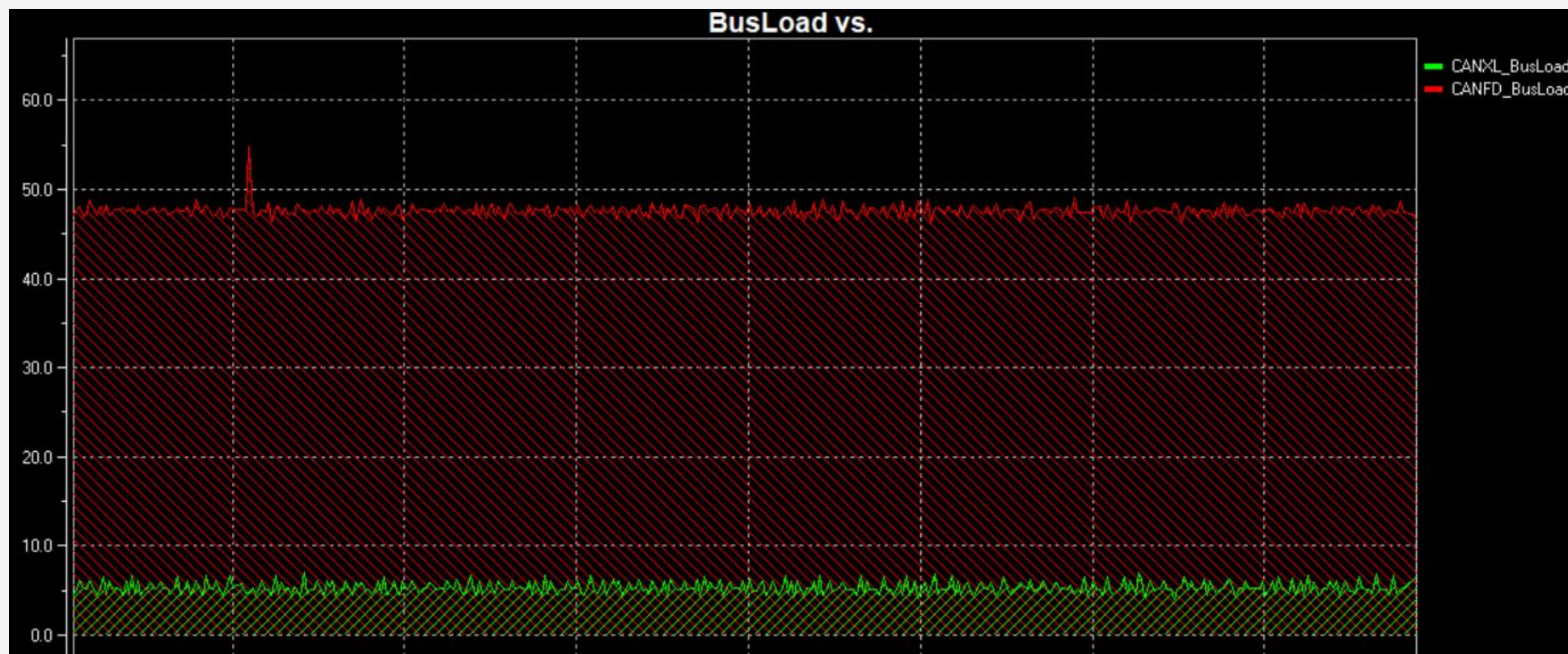
Variables and Signals Layout

*某美系量产CAN FD架构车型

虹科	Domain Name	报文数量 Num of Messages	信号数量 Num of Signals
动力传动域	Powertrain Domain	94	628
底盘控制域	Chassis Control Domain	35	287
ADAS 与智能驾驶域	ADAS & Automated Driving Domain	38	312
车身与安全域	Body & Security Domain	27	215
空调与热管理域	HVAC & Thermal Management Domain	21	156
信息娱乐与导航域	Infotainment & Navigation Domain	24	198
拖车辅助域	Trailer Assist Domain	18	142
诊断与网络管理域	Diagnostic & Network Management Domain	74	199
总计	Total	331	2137



业务域	转换前 (CAN(FD))		转换后 (CAN XL)		报文数缩减率	总数据量变化
	报文数量	总 Payload	报文数量	总 Payload		
动力传动系统	94	928	3	832	96.8%	-10.3%
底盘控制系统	35	368	3	320	91.4%	-13.0%
ADAS 智能驾驶	38	456	3	512	92.1%	+12.3%
车身与安全	27	264	2	256	92.6%	-3.0%
空调与热管理	21	184	1	64	95.2%	-65.2%
信息娱乐与导航	24	320	1	256	95.8%	-20.0%
拖车辅助	18	176	1	128	94.4%	-27.3%
诊断与物理层测试	12	768	4	2176	66.7%	+183.3%
网络管理与网关路由	62	392	2	576	96.8%	+46.9%
总计	331	3856	20	5120	94.0%	+32.8%



*CAN FD 500k-2M ---> CAN XL 500k-2M-8M(Error Signaling On)

	平均总线负载	峰值负载	波动范围
CAN FD (500k/2M, 红色)	~47%	~55%	45% ~ 55%
CAN XL (500k/2M/8M, 绿色)	~5.5%	~7%	4% ~ 7%

整体负载优化率: 约 88.3%

技术必然：架构演进的最优解

兼顾高实时性、大带宽与向后兼容性，完美契合软件定义汽车(SDV)与Zonal架构趋势

工具就绪：全流程赋能体系

虹科提供从高性能接口硬件、多协议分析软件到开发调试资源的完整工具链



生态成熟：量产落地的关键期

SO国际标准体系已正式发布，主流半导体厂商芯片方案全面就绪，产业链上下游协同打通

场景落地：成熟方案可复制

已在诊断OTA刷写、智能传感器高速数据传输、自动化测试台架升级等高频场景实现落地

感谢倾听
Thanks for listening

THANKS

演讲人：陈皓



hkaco.com



陈皓
15701347522