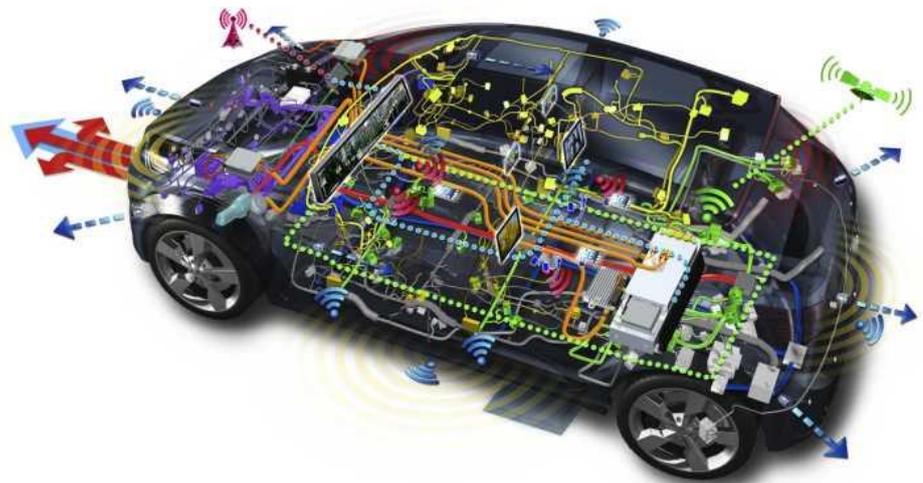


虹科 2022

RTaW 软件产品目录

RTaW-Pegase—用于 TSN 最全面的设计工具



WE SPECIALIZE IN

CAN | CAN FD | LIN

汽车以太网 / TSN | 数采方案

测试测量 | 汽车诊断 | AR/VR

虹科云课堂——在线加油您的未来

2020年2月21日，虹科云课堂首次与大家见面，带来的第一节《CAN总线基础之物理层篇》课程，就得到了各位工程师朋友们的大力支持与参与，当晚观看人数4900+。我们非常感恩，愿不负支持与鼓励，致力将虹科云课堂打造成干货知识共享平台。

目前虹科云课堂的全部课程已经超过200节，如下表格是我们汽车相关的部分课程列表，大家通过微信扫描二维码关注公众号，点击免费课程直接进入观看，全部免费。



微信扫码左侧二维码
关注虹科车辆网络公众号
菜单栏点击免费课程

虹科云课堂部分课程	
TSN 技术课程：	LIN 总线一致性测试基本方法
从汽车网络角度来谈 TSN 技术	LIN 自动化测试软件(LINWorks)基本使用方法
基于 TSN 的汽车实时数据传输网络解决方案	LIN 自动化测试软件(LINWorks)高级功能使用
TSN 时间敏感型网络技术综述	基于 CANLIN 总线的汽车零部件测试方案
以太网流量模型和仿真	LIN 线控制的车窗玻璃如何下降
基于 TSN 的智能驾驶汽车 E/E 架构设计案例分享	CAN 高级应用课程(诊断、标定、J1939、OBD、OTA...)：
IEEE 802.1AS 时间同步机制	UDS 诊断基础
TSN 技术如何提高下一代汽车以太网的服务质量？	UDS 诊断及 ISO27145
汽车视频数据记录仪课程：	基于 UDS 的 ECU 刷写
视频数据记录仪在 ADAS 中的应用	基于 PCAN 的二次开发方法
CAN、CAN FD、CAN XL 总线课程：	远程诊断
CAN 总线基础之物理层篇	汽车云诊断及工具的发展与实施
CAN 数据链路层详解篇	CCP 标定技术
CAN FD 协议基础	J1939 及国六排放
CAN 总线一致性测试基本方法	OBD 诊断及应用 (GB3847)
CAN 测试软件(PCAN-Explorer6)基本使用方法	智能汽车 OTA 系统的产品演进方向
CAN 测试软件(PCAN-Explorer6)高级功能使用	BMS 电池组仿真测试方案
最新 CAN FD 产品与应用方案	总线开发的流程及注意事项
浅谈 CAN 总线的最新发展：CAN FD 与 CAN XL	车用总线深入解析

CAN 线的各种故障模式波形分析	汽车测修诊断相关课程:
LIN 总线相关课程:	汽车维修诊断大师系列-如何选择示波器
汽车 LIN 总线基本协议概述	汽车维修诊断大师系列-巧用示波器
汽车 LIN 总线诊断及节点配置规范	汽车维修诊断-振动异响 (NVH) 诊断方案

虹科云课堂——在线加油您的未来.....	1
RTaW-Pegase——用于 TSN 网络最全面的设计工具.....	1
1. 面临的挑战——纯机械-电子机械-电动智能化.....	1
2. 应对挑战带来的新需求.....	1
3. 一个优质的解决方案.....	1
3.1. RTaW-Pegase 软件介绍.....	1
3.2. 优势.....	2
3.3. 特点.....	2
3.4. 应用实例.....	3
4. RTaW-Pegase 模块.....	6
4.1. 不同协议下的功能及配置.....	6
5. 复杂问题的分解.....	7
5.1. 过载分析.....	8
5.2. 每个 TSN 解决方案的总网络容量.....	8
5.3. 成本及可扩展性分析.....	8
5.4. 降低成本&优化性能.....	8
5.5. 基于核心拓扑的架构合成.....	8
6. RTaW-Pegase 的合作客户.....	9
7. RTaW-Pegase 4.0.0 新增加的功能.....	9
7.1. 新特点.....	9
7.2. 新功能.....	10
8. 异构网络架构设计展示.....	10
9. 应用案例.....	11
9.1. 宝马——基于 TSN 和以太网的汽车 E/E 架构设计.....	11
9.2. 沃尔沃——构建一个可预测 QoS 的 TSN 网络架构.....	13
9.3. IEEE802.1Q 下的预整形机制——一种简单而高效地 QoS 机制.....	15
9.4. 雷诺原型以太网网络架构.....	16
联系我们:	19

RTaW-Pegase——用于 TSN 网络最全面的设计工具

1. 面临的挑战——纯机械-电子机械-电动智能化

随着近些年汽车技术的飞速发展，人们环保意识日趋强烈、购车需求普遍提高的趋势下，购车用户和汽车厂商也越来越注重汽车的节能环保、智能化等问题，自然而然的电动车、新能源车以及智能车的研发也就成了汽车行业的新潮。

2. 应对挑战带来的新需求

- 汽车分布式电子电气架构下的新功能拓展与架构仿真评估
- 局部高带宽和激增数据量带来的通讯瓶颈与延时上限
- “全栈”功能行为的仿真挑战，需要不同精度级别的高可靠仿真
- OEM 车辆的快速开发与技术迭代
- 对中央计算电子电气架构预演与评估的新仿真需求
- 自动化功能的测试
- 测试覆盖率需考虑执行路径的可变性和可验证性

3. 一个优质的解决方案

3.1. RTaW-Pegase 软件介绍

RTaW-Pegase[®]:汽车通信网络架构的建模、仿真、自动配置软件，支持全开发周期的设计选择和验证。



3.1.1. 设计 E/E 架构

利用备选的拓扑结构、可模拟的流量来实现架构设计和技术选择，可对 TSN 网络的拓扑结构进行压力

测试、结构优化（CAN 的负载以及如何迁到 CAN FD 网络中）等。

3.1.2. 网络配置

RTaW-Pegase 有拓扑结构和已知流量，优化网络的配置；并对所有协议都添加了算法的自动化配置，包括 ZeroConfig-TSN。

3.1.3. 功能集成

网络流量可视化，可测试网络架构的实施是否符合标准。

3.2. 优势

 <p>检验网络性能与可靠性</p> <p>时间精确的模拟仿真以及数学理论分析</p>	 <p>缩短进入市场的时间成本</p> <p>对所有网络QoS参数的自动配置算法</p>	 <p>电子电气架构成本优化</p> <p>更好地使用硬件和软件资源</p>	 <p>面向未来设计</p> <p>量化可增加的额外网络流量</p>	 <p>可信赖的结果</p> <p>RTaW-Pegase 已被行业领导者使用了10年以上</p>
--	---	---	--	--

- ✓ RTaW-Pegase 中包含的网络拓扑和数据流有如，连接到 CAN 网络的汽车以太网 TSN 主干网，基于分层的 TSN 的工业通信结构，以交换机为主干网的大型 AFDX 网络，航空航天中多核 SOC 的 NOC 和具有三重冗余路由的网状网络。
- ✓ RTaW-Pegase: 用于构建和优化使用在汽车领域、航空航天领域以及工业领域的通信网络，包括时间敏感网络（TSN）、CAN（CAN FD/XL）、LIN、Arinc、NoC 车载网络，以及分离式通信的无线网络。
- ✓ RTaW-Pegase 是用于 TSN 最全面的设计工具。除了精确时间的模拟仿真外，RTaW-Pegase 还可以计算通信延迟和缓冲区利用率的严格上限，并且嵌入高阶自动配置算法，以确保使用硬件和软件组件的准确性和最佳化。

3.3. 特点

- ✓ 支持工业以太网、汽车交换式以太网（包含 802.1Q, AVB Credit-Based Shaper, Qbv Time-Aware Shaper, frame preemption, 802.1CB, SOME/TP (TP), AS-2020, DoIp, AVTP），具有任意速度和拓扑结构的时间触发以太网(包括 SAE AS6802)以及 AFDX (ARINC664)
- ✓ 支持对由 CAN (2.0A,2.0B,CAN FD,CAN XL 和 ARINC825)、AFDX、TTE、FlexRay、LIN 和 ARINC429 通过网关连接的总线组成的多样通信结构进行最坏情况分析和精确时间模拟
- ✓ Topology Stress Test (TST)©design-space 探索算法帮助设计师在不完全了解通信需求的情况下进行早期的拓扑和技术选择
- ✓ 高级通信层、运行时环境和应用程序可以用用户编写的 Java 插件建模

- ✓ 丰富的图形编辑和可视化环境与通信架构编辑器，甘特图，设计选项可比较
- ✓ 实现网络演算的最新技术，以计算通信延迟、帧抖动和缓冲区利用率的上限
- ✓ 提供最坏情况分析 and 时序精确模拟与并行模拟引擎，以预测最坏情况和典型性能
- ✓ 包括优化的优先级分配和路由算法，AVB 基于信用的整形器和 TSN 时间感知整形器的配置算法
- ✓ 专业支持和自定义扩展可用。RTaW-Pegase 功能也可以通过 Pegase 库在您自己的程序中使用

3.4. 应用实例



3.4.1. 应用流程

- **建模**：用设计变量描述网络和通信的要求（文件或 API）。
- **配置**：对 CAN（FD/XL）、TSN、LIN、Flexray 总线的优先级、整形器、流量包的调度。
- **分析**：验证在网络架构中计算最坏情况下是否能达到硬实时的要求。
- **仿真**：时间精确模拟来验证复杂的时间限制（例如 TCP 吞吐量）。如：

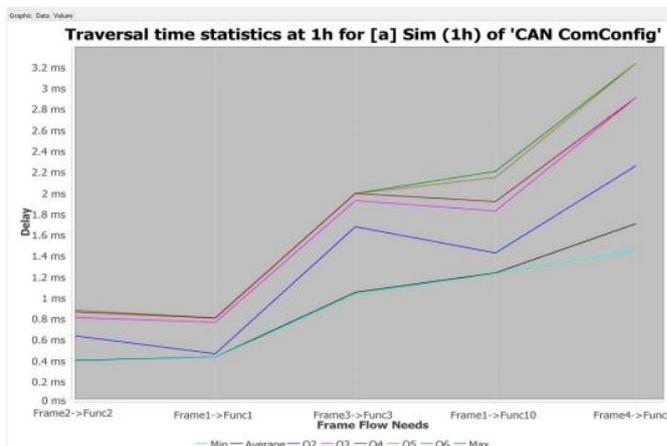


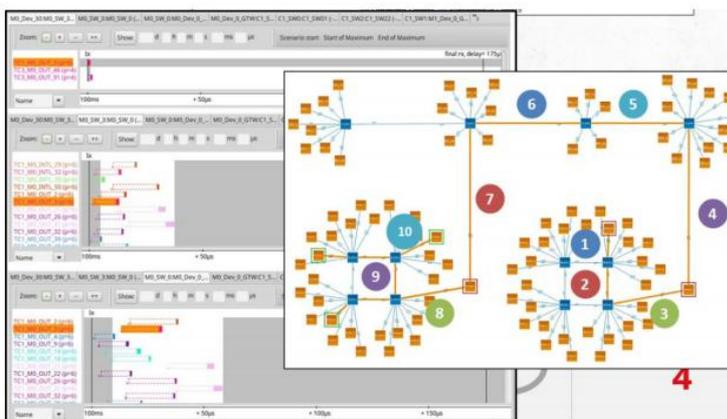
图 1 时间精确模拟来验证复杂的时间下的传输延时

- **可视化：**跨链路或者网络中的甘特图，清晰看到网络的实时传输，如端到端延迟。

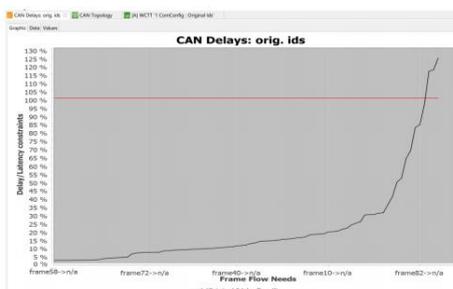


3.4.2. 基于仿真结果做相关优化措施

- **网关：**定义并验证网关和桥接策略。
- **确定技术：**确定所需网络技术（数据传输速率、协议等）以支持即将到来的、通信要求还不太清楚的用例。
- **量化网络性能：**估计现有网络可以支持额外流量的容量。
- **消除瓶颈：**确定网络瓶颈，并提出渐进式的改进措施，以解决这些问题。
- **自动化：**根据通信要求和设计目标（成本、风险、时间），自动选择 TSN 协议及配置。

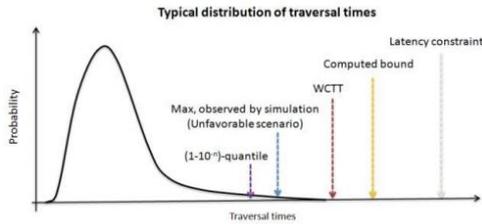


- **分析：**通过网络通信进行分析，检查网络设备和应用程序的行为是否符合其规范。如：
☺ **CAN ID 优化的延迟时间上限分析**



FrameFlow	FlowNeed	1 *Original Ids %	Deadline %
frame58	n/a	1.7 %	100.0 %
frame50	n/a	1.8 %	100.0 %
frame5	n/a	1.8 %	100.0 %
frame52	n/a	1.8 %	100.0 %
frame21	n/a	1.8 %	100.0 %
frame25	n/a	1.9 %	100.0 %
frame9	n/a	1.9 %	100.0 %
frame42	n/a	1.9 %	100.0 %
frame53	n/a	2.0 %	100.0 %
frame45	n/a	2.0 %	100.0 %
frame43	n/a	2.3 %	100.0 %
frame29	n/a	2.8 %	100.0 %
frame23	n/a	3.1 %	100.0 %
frame19	n/a	82.2 %	100.0 %
frame82	n/a	83.9 %	100.0 %
frame83	n/a	96.0 %	100.0 %
frame27	n/a	116.3 %	100.0 %
frame55	n/a	117.1 %	100.0 %
frame76	n/a	124.2 %	100.0 %

☺ 计算最坏情况的遍历时间（WCTT）的理论基础



可达到的时间范围内收敛的统计量是分位数。形式上，对于随机变量X，p分位数是一个x值，使得 $P[X < x] = p$ 或等效地， $P[X > x] = 1 - p$ 。换句话说，它是一个阈值L，因此对于任何响应时间，

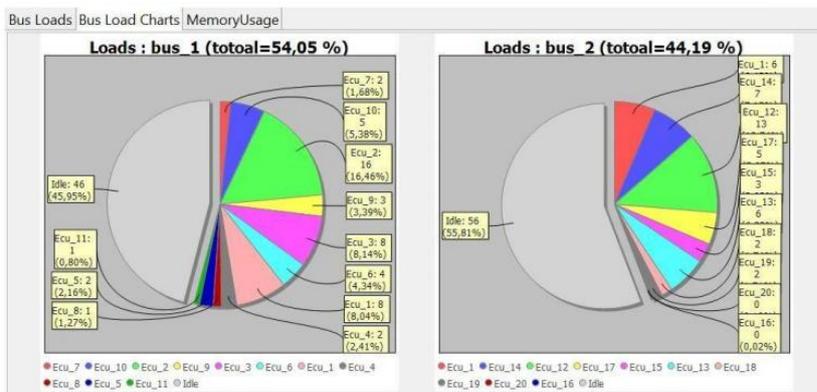
- 小于L的概率大于p
- 大于L的概率小于1-p

例如，响应时间大于[1-10⁻⁶]分位数的概率小于10⁻⁶。

☺ 验证计算最坏情况下能否达到硬实时的要求

Id(d...)	Id(hex)	CANId type	Name	Sender	PayLoad	Period	Mi...	TxMode	TxOffset	Min	Average	Max	WCTT Bound
23	0x17	11 bits	Frame_17	Ecu_10	8 byte	50 ms		P	25 ms	0,472 ms	0,574 ms	1,600 ms	2,440 ms
28	0x1c	11 bits	Frame_1c	Ecu_6	1 byte	50 ms		P	0 ms	0,224 ms	0,330 ms	1,120 ms	2,676 ms
29	0x1d	11 bits	Frame_1d	Ecu_2	8 byte	200 ms	50 ...	P+E	50 ms	0,472 ms	0,686 ms	1,880 ms	2,888 ms
33	0x21	11 bits	Frame_21	Ecu_3	4 byte	100 ms		P	50 ms	0,332 ms	0,400 ms	1,428 ms	2,856 ms
37	0x25	11 bits	Frame_25	Ecu_9	8 byte	100 ms		P	50 ms	0,472 ms	0,589 ms	1,633 ms	2,960 ms
39	0x27	11 bits	Frame_27	Ecu_1	8 byte	50 ms		P	0 ms	0,472 ms	0,604 ms	1,706 ms	3,444 ms
40	0x28	11 bits	Frame_28	Ecu_2	8 byte	50 ms		P	25 ms	0,472 ms	0,551 ms	1,439 ms	3,444 ms
45	0x2d	11 bits	Frame_2d	Ecu_3	5 byte	50 ms		P	25 ms	0,364 ms	0,427 ms	1,247 ms	3,444 ms
65	0x41	11 bits	Frame_41	Ecu_6	8 byte	50 ms		P	25 ms	0,472 ms	0,607 ms	1,701 ms	3,692 ms

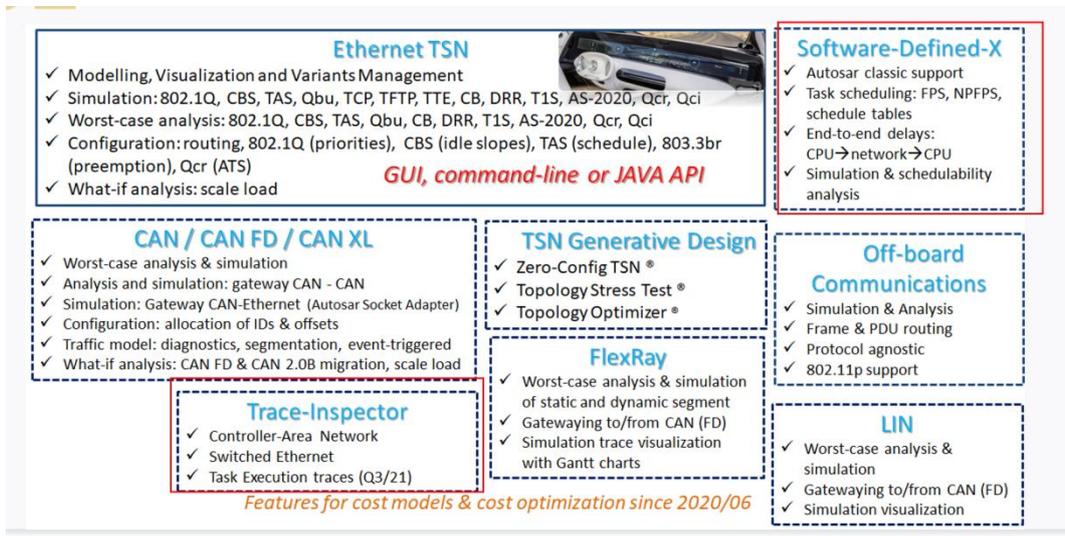
☺ 总线负载与各 ECU 使用率



☺ 分享功能

用 RTaW-Pegase Viewer 分享网络描述和配置备选方案（Java 插件扩展）。

4. RTaW-Pegase 模块



4.1. 不同协议下的功能及配置

4.1.1. 汽车以太网/TSN (GUI, 命令或 JAVA API)

- ☺ 建模、可视化和变体管理
- ☺ 模拟仿真：802.1Q, CBS, TAS, Qbu, TCP, TFTP, CB, SOME/IP (TP), T1S, AS-2020, Qcr, Qci;
- ☺ 配置：路由, 802.1Q (优先级), CBS (idle slopes), TAS (调度表), 802.3br (帧抢占)
- ☺ 假设分析：标准负荷

4.1.2. TSN 通用配置

- ☺ Zero-Config TSN[®]
- ☺ 拓扑结构压力测试
- ☺ 拓扑结构优化

4.1.3. Off-board Communications

- ☺ 仿真分析
- ☺ 帧和 PDU 的传输路径
- ☺ 未知的协议
- ☺ 支持 802.11p

4.1.4. CAN/CAN FD/CAN XL

- ☺ 最坏情况分析及仿真
- ☺ 模拟和分析：CAN 和 CAN 之间的网关
- ☺ 模拟：ID 分配，偏移量
- ☺ 流量模型：诊断，分段，事件触发
- ☺ 假设分析：CAN2.0B 和 CAN FD 协议，标准负荷

4.1.5. LIN

- ☺ 最坏情况分析
- ☺ CAN（FD 与 LIN 之间的关系）
- ☺ 可视化的仿真

4.1.6. FlexRay

- ☺ 最坏情况下分析仿真
- ☺ CAN（FD）与 FlexRay 之间的网关
- ☺ 可视化的分析（甘特图）

4.1.7. Trace-Inspector

- ☺ CAN
- ☺ 交换式以太网

4.1.8. Software-Defined-X

- ☺ 支持 Autosar classic
- ☺ 任务调度管理：FPS, NPFPS, 调度表
- ☺ 端到端延迟：CPU→network→CPU
- ☺ 仿真与可调度性分析

5. 复杂问题的分解



5.1. 过载分析

- 确定架构可扩展的上限
- TSN 协议的独立性
- 快速、简略的分析

5.2. 每个 TSN 解决方案的总网络容量

- 评估 TSN 调度解决方案的相对能力，以支持额外的流量
- 评估架构的耐用性

5.3. 成本及可扩展性分析

- 考虑不同 TSN 调度解决方案的成本
- 成本是一个可以根据时间、风险等参数调整的函数

5.4. 降低成本&优化性能

- 通过本地优化消除性能瓶颈
- 降低链路的传输速率
- 重新定位功能以减少 ECU 的数量

5.5. 基于核心拓扑的架构合成

- 添加硬件组件扩展核心拓扑结构
- 以人工创建的候选架构为基准架构

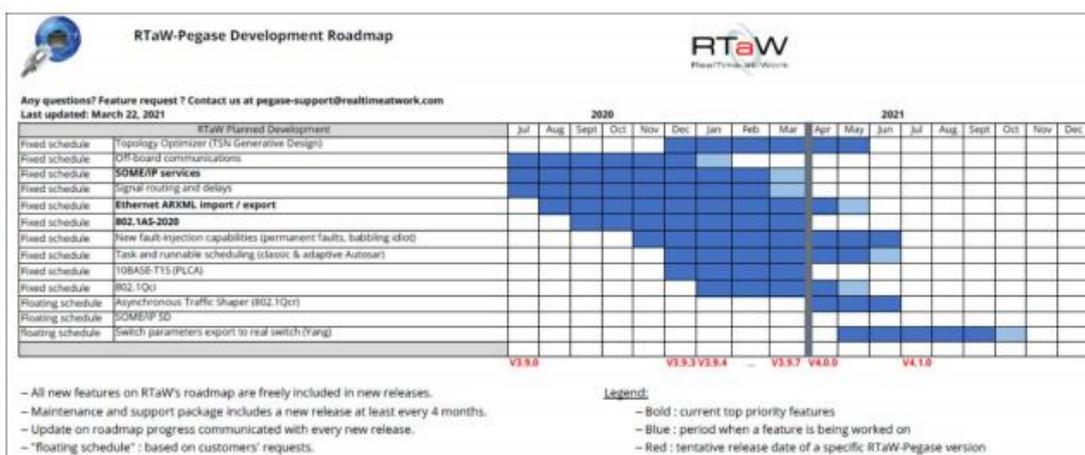
6. RTaW-Pegase 的合作客户



国外：Airbus Helicopters、Airbus Defence and Space、ArianeGroup、宝马，Volvo，戴姆勒、奔驰、雷诺集团、FCA、标志雪铁龙 PSA、博世；

国内：华为、华人运通、小鹏汽车、北京理工大学，集度汽车；

7. RTaW-Pegase 4.0.0 新增加的功能



7.1. 新特点

- (以太网 TSN) 支持 802.1AS-2020: 建模、仿真和最坏情况分析；

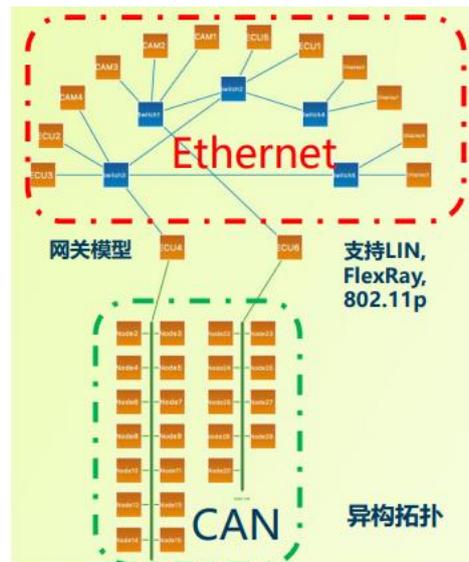
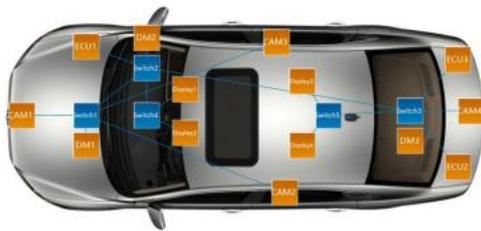
- (以太网 TSN/CAN) 支持 802.3cg-2019 (10BASE-T1S PLCA) ;
- 建模、模拟和最坏情况分析, 从 CAN (带或不带以太网) 迁移到 T1S;
- (以太网 TSN) 支持 SOME/IP (TP) : 建模、模拟和最坏情况分析;
- (以太网 TSN/CAN) 支持信号通信 (CAN 到 CAN 和 CAN 到以太网网络) : 建模、仿真和端到端的最坏情况分析。

7.2. 新功能

- (off Board Communication)支持 IEEE 802.11p 网络 (用于车辆环境的 WIFI) : 建模、模拟、异构网络
- (CAN) 支持 CAN XL

8. 异构网络架构设计展示

异构拓扑: CAN(FD)-车载以太网



9. 应用案例

9.1. 宝马——基于 TSN 和以太网的汽车 E/E 架构设计

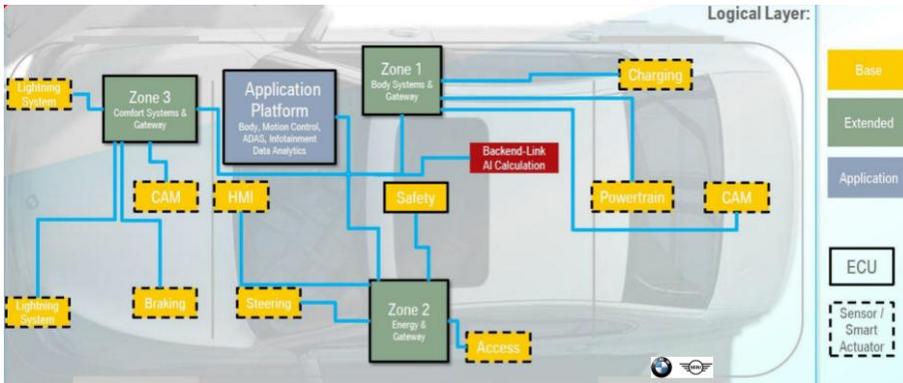


图 2 SOA 架构模型

9.1.1. 问题：

- 1、通过模块化实现 SW 和 HW 的可扩展性和可重用性
- 2、高投入和高成本的集成和测试
- 3、设计导向的改变和软、硬件的可扩展性

9.1.2. 解决方案：

- 1、基于上述 SOA 架构原型，可以在 RTaW-Pegase 软件中进行仿真分析。

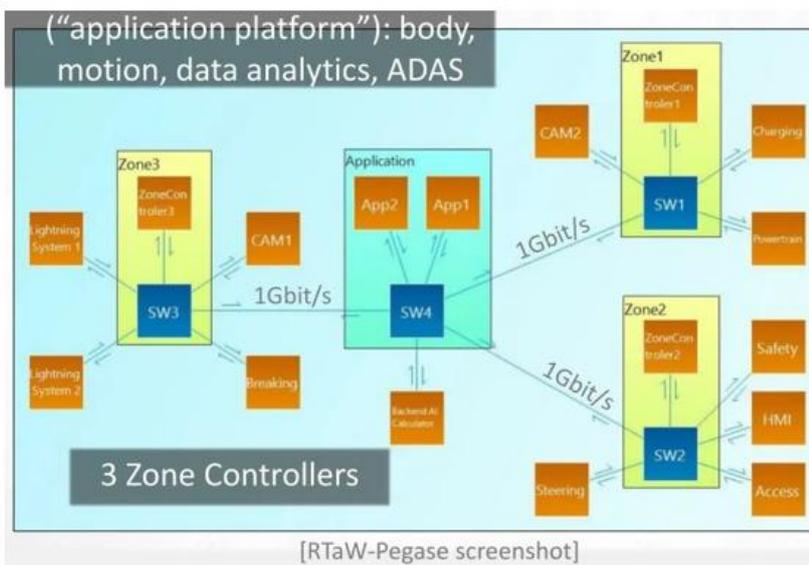


图 3 RTaW-Pegase 中的 TSN 网络模型

2、用 RTaW-Pegase 将设计问题进行分解。

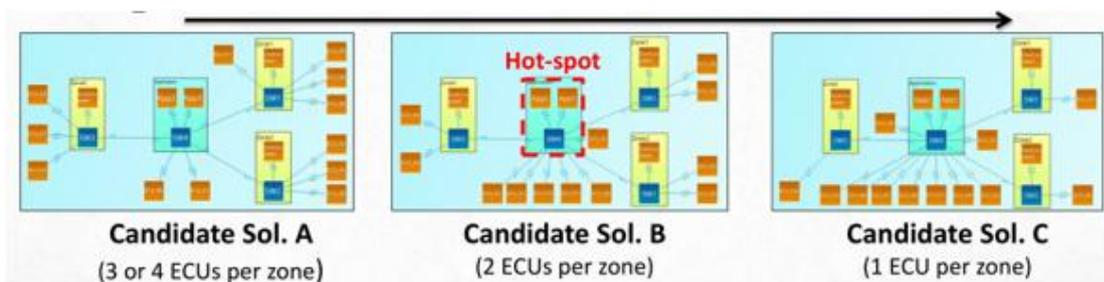
- **Overload 分析:** 确定架构扩展性的上限，独立于 TSN 协议，快速、粗略的分析；
- **TSN 解决方案的总网络容量:** 评估 TSN 调度方案支持额外流量的相对能力，能够估算出架构寿命，精确、计算密集型分析。
- **成本/可扩展性分析:** 考虑不同的 TSN 调度方案的成本，在 RTaW-Pegase 软件中，我们可以知道不同 TSN 解决方案的成本组成架构，可以设置网络延展性需求百分比，也可以在网络架构中安全地新增多项服务，同时可以比较同一架构上竞争性 TSN 解决方案，也可以比较不同架构之间的性价比。
- **架构能力:** 考虑 CPU 要求。
- **架构合成:** 通过添加硬件组件（单个组件或模块）来扩展核心拓扑结构，同时需要对手动创建的候选架构进行基准测试。

3、扩展拓扑结构：可通过增加硬件组件，如下所示：

- **ECUs/Processors/SoCs:** 算力，可靠性、安全性
- **Switches:** 增加带宽，缩短线缆的长度
- **带有内部网关的 ECUs:** 空间、成本的优化，可重复实用性；
- **连接网关:** 获得额外的带宽
- **网络接口+链路:** 平衡负载，可靠性、安全性。

4、基于核心拓扑结构，利用 RTaW-Pegase 软件生成的架构：

- 在“hot-spots”附近增加 ECU，即在未来增加的服务数量方面，收到此影响最大的 ECU；
- 参数指定拓扑平衡和 hot-spots 覆盖之间的权衡；



RTaW-Pegase 可计算性能指标，例如网络负载、通信延迟和缓冲区利用率，从而有可能在所有情况下预测网络性能，并且可以比较不同的设计和配置选项，使您可以避免过度配置资源（连接速度，交换机中的内存，不需要的技术等）。另外，RTaW-Pegase 包括设计空间分配算法，以优化网络拓扑（例如，交换机的数量和位置），数据流路由以及在工作站上分配软件功能。

9.2. 雷诺——构建一个可预测 QoS 的 TSN 网络架构

9.2.1. 问题

- 设计下一代面向服务的 E/E 架构



图 4 RTaW-Pegase 构建的汽车网络架构

9.2.2. 解决方案

1、OEM 视角的 SOA 和中央计算平台

- ☺ 硬件和软件的解耦（面向不同的客户和具体的服务需求）
- ☺ 服务的重新使用和模块化（构建块）
- ☺ 简化基于软件的创新方式
- ☺ 定制化，新业务模式，借助软件更新
- ☺ 转变传统的通信模型（借助多平台中间件、网络配置更加灵活和自动化、保障网络数据传输的 QoS）

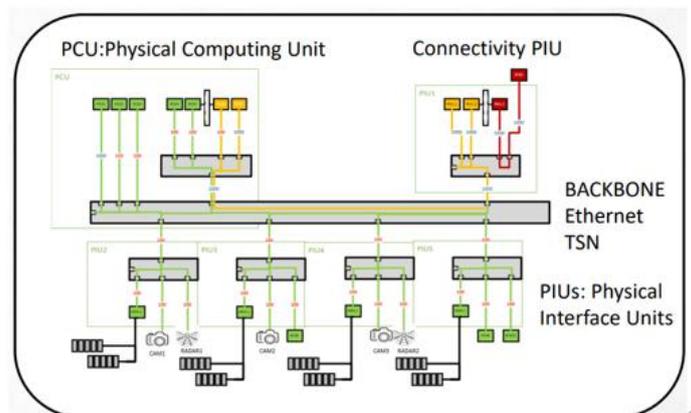


图 5 SOA 的中央计算平台

2、服务和应用程序的层次结构

- ☺ 专用于电子控制单元，例如：摄像头和雷达
- ☺ 用于基于服务的区域控制器，例如：传感器数据处理
- ☺ 用于组合服务的高性能计算 ECU，例如 ADAS
- ☺ 用于云端，例如：信息娱乐
- ☺ 用于基础架构，例如：速度限制
- SOA 用例
- ☺ Lighting Service

当数百个服务生成的数千个数据流争夺网络资源时，配置通信服务如下图所示：

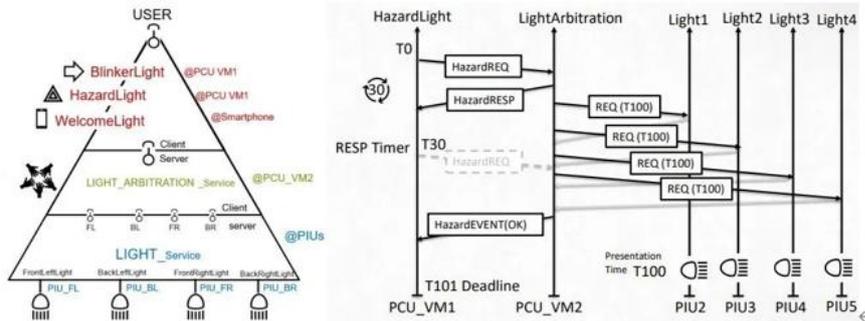


图 4 Lighting Service

☺ 智能传感器融合用例

智能传感器：将模拟数据转换为服务通信（例如摄像头和雷达）使用（硬件或软件中的）CBS 整形解决方案，预整形脉冲信号

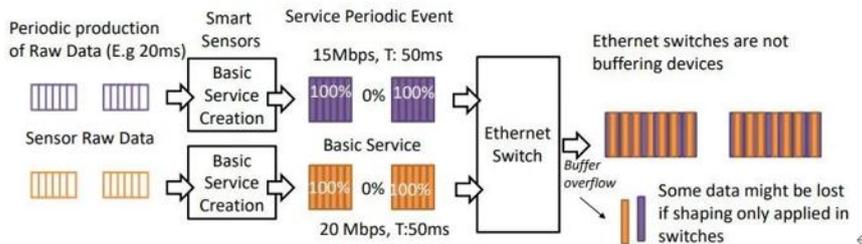


图 5 数据转换

3、E/E 架构：拓扑、协议栈、服务特征及其 QoS 要求

- ☺ E/E 架构的以太网仿真模型
- ☺ 用于流量分段和整形的协议栈
- ☺ 通过服务配置 TSN QoS 机制

4、针对服务优化 TSN 配置，最大化网络容量并减少内存消耗

- ☺ 过载分析
- ☺ 手动配置
- ☺ 基于算法配置

9.3. IEEE802.1Q 下的预整形机制——一种简单而高效地 QoS 机制

9.3.1. 问题

汽车工业中以太网通信的高速发展，需要新的通信协议来满足音频/视频流等苛刻通信要求。

9.3.2. 解决方案

探索在 IEEE802.1Q 下针对突发流量使用预整形策略，作为 AVB/CBS 和 TSN/TAS 的一种简单有效的替代方法。在该案例中我们展示了如何对音频/视频流使用预整形如何在最大程度上减少尽力而为流的通信等待时间，同时满足其余流量是时序约束。

9.3.3. 现有方案的局限性

- ⊗ 仅使用优先级会导致性能下降，即严重的抖动和最大延迟，并且可能导致优先级流量（尽力而为流量）的匮乏。另外，当流量突发时，交换机中避免丢包所需的内存可能变得很重要。
- ⊗ 到现在为止，AVB/CBS 确保性能更好，但标准的 AVB 类不够灵活，无法满足所有通信需求。此外，为自定义类定义参数需要最坏情况的可调度性分析和用于设置 CBS IDLESlopes 的优化算法
- ⊗ 虽然 TSN/TAS 与 CBS 结合使用时，提供了很多可能性，但是，为了使其有效，必须对所有发送者和交换机共同完成 TAS 门调度表的配置，这会导致复杂的优化问题。同样，TSN/TNS 需要同步协议来建立和维护全局时钟，这会导致一些开销和复杂性，并降低系统的整体鲁棒性。

9.3.4. 预整形机制

预整形并不是针对提高优先级较高的的流量的通信延迟，而是可以与帧抢占结合使用，配置为属于流集合的预整形流，而不是被高优先级抢占。在汽车领域，可以在中间件级别或通信驱动程序级别的软件中实现预整形。

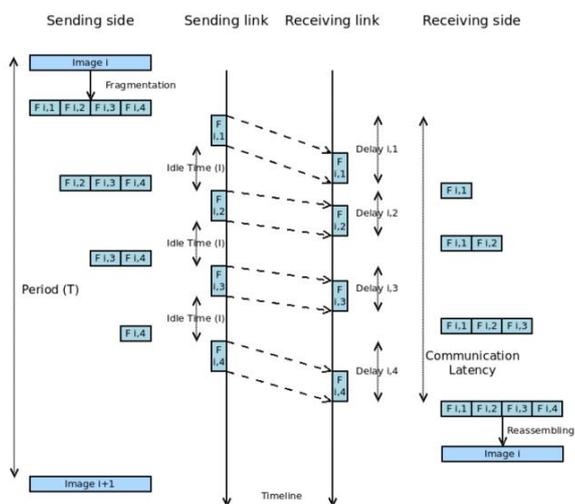


图 6 预整形机制系统模型

9.4. 雷诺原型以太网网络架构

9.4.1. 拓扑结构和流量

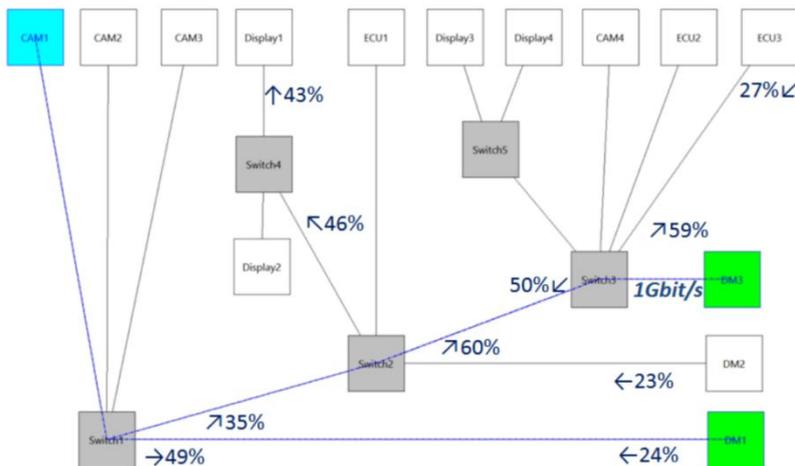


图 7 案例研究使用的原型网络拓扑结构 (RTaW-Pegase 截图)

9.4.2. 验证技术和协议配置

- ☺ 静态优先级以太网，不进行预整形，其优先级分配按优先级降序排列，优先级从高到低为：命令和控制（最高优先级），然后是音视频，最后是尽力而为流（最低优先级）。
- ☺ 具有预整形的静态优先级以太网（称为具有预整形的 IEEE802.1Q），用于视频流。
- ☺ 具有自定义类的 AVB/CBS，不适用标准的 125/250us CMI 和标准的空闲斜率。

9.4.3. 尽力而为流

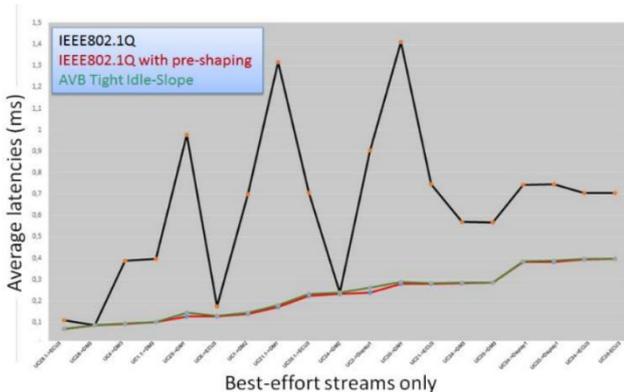


图 8 平均通信延迟

● 尽力而为流的平均延迟：

预整形机制和 AVB 自定义类在这里都是可行的解决方案，它们在尽力而为流的平均延迟方面的表现几

乎相同。但是，除了不需要专用硬件外，预整形还具有优于 AVB 的性能，即命令和控制流以最高优先级发送，从而减少了等待时间，对于系统的鲁棒性也是有益的。

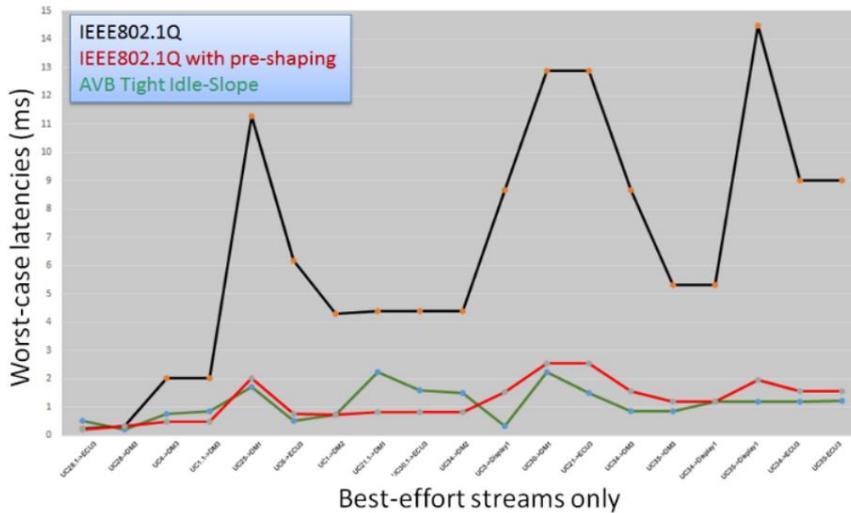
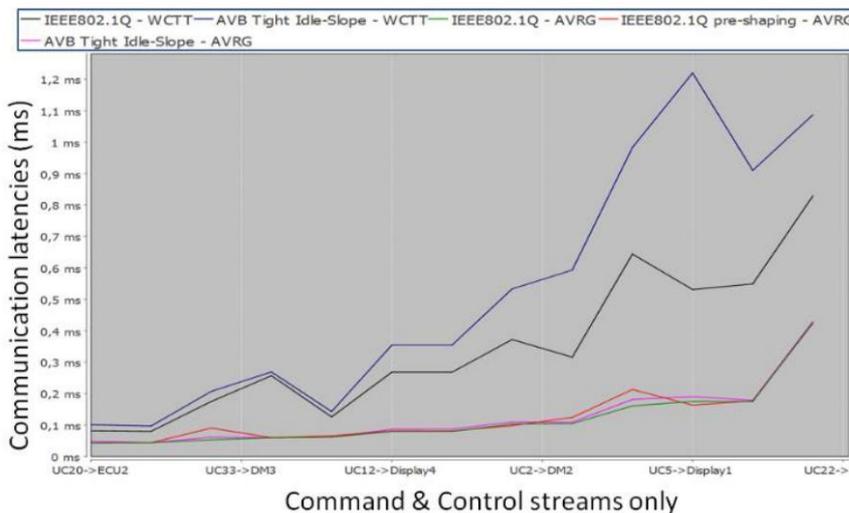


图 9 最坏情况下的通信延迟

● 尽力而为流的最坏情况延迟:

可观察到预整形和 AVB 自定义类之间的相似性能。该实验表明，通过预整形，还可以显著降低延迟的变化，从而降低接收时的抖动。



● 对 Command&Control 流的影响:

预整形对 C&C 流量的 WCTT 没有影响，当将 AVB tight IdleSlope 用于音频/视频流时，C&C 的 WCTT 明显大于 IEEE802.1Q。

在实际案例研究中进行的试验表明，将预整形应用于生成帧突发的流是减少较低优先级流的通信延迟的有效机制。另外，预整形不需要专用硬件，并且可以以最小的开销在软件中实现。该机制虽然简单有效，

但具有静态优先级调度的预整形策略有一些局限性：

- ◆ 该节点会发送超出其规范的帧
- ◆ 最大通信延迟会发生变化，在添加新功能或新 ECU 可能会要求重新配置所有流的预整形参数。
- ◆ 设置参数的过程需要专用的工具支持

联系我们:

广州虹科电子科技有限公司

Hongke Technology Co., Ltd

www.hkaco.com

广州市黄埔区科学大道 99 号科汇金谷三街 2 号 701 室 邮编 510663

联系我们: [广州](#)[上海](#)[北京](#)[西安](#)[武汉](#)[深圳](#)[成都](#)[香港](#)[台湾](#)



车辆网络事业部

CAN/CAN FD 仿真测试分析工具、CAN 总线诊断仪/干扰仪
PEAK CAN 卡、CAN/CAN FD 网关和记录仪、CAN 低成本数采
LIN 总线仿真分析工具 Baby-LIN 系列、
车载以太网/TSN 的 IP 核、交换机、网关等
TSN 实时通信架构的建模, 仿真和自动配置工具 RTaW-Pegase
一致性测试服务: 包括 CAN/LIN/CANFD 一致性测试服务
下线测试 (EOL) 服务, 基于 PCAN 的二次开发以及 UDS 诊断;



华南区销售

林燕芬

电话/微信: 1351276172

邮箱: lin.yanfen@hkaco.com



华东区销售

宁昆

电话/微信: 18302181471

邮箱: ning.kun@hkaco.com



华北区销售

张瑞婕

电话/微信: 18138758797

邮箱: zhang.ruijie@hkaco.com

