

虚拟化技术在工业操作系统 中的应用与实践

北京东土科技股份有限公司

郭建川

科东（广州）软件科技有限公司



自我介绍



郭建川，四川大学计算机专业硕士，16年操作系统研发管理经验，作为操作系统技术负责人参与了国家863项目、核高基、发改委等渠道的多个预研重点项目，以及天脉、多型无人机、重型先进战机等多个装备型号项目。在嵌入式操作系统和开发工具方面具有较丰富的理论和实践经验，参与项目曾获得国防科学技术进步二等奖、中航工业集团科学技术奖一等奖、中船重工科学技术进步奖一等奖等多项奖章。作为东土工业操作系统Intewell的研发负责人参与研发基于Intewell的软件定义控制与流程的工业互联网解决方案，获得2019年首届工信部中国工业互联网大赛一等奖和2020年首届全球工业智能领域“湛卢奖”技术创新奖。

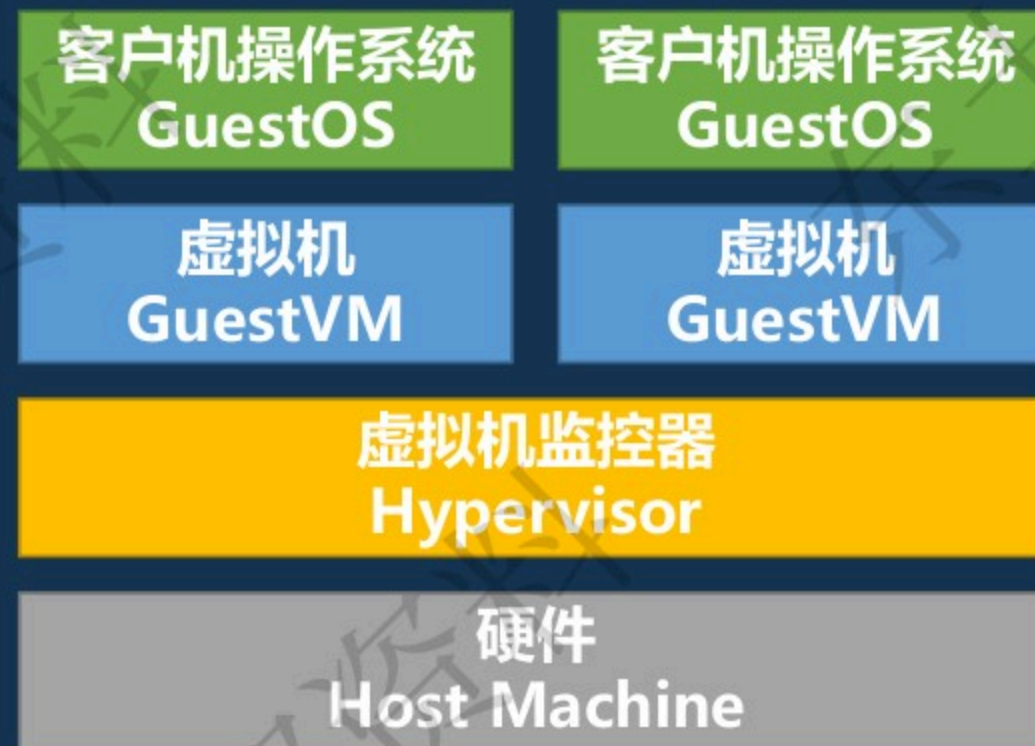
01

浅谈虚拟化技术

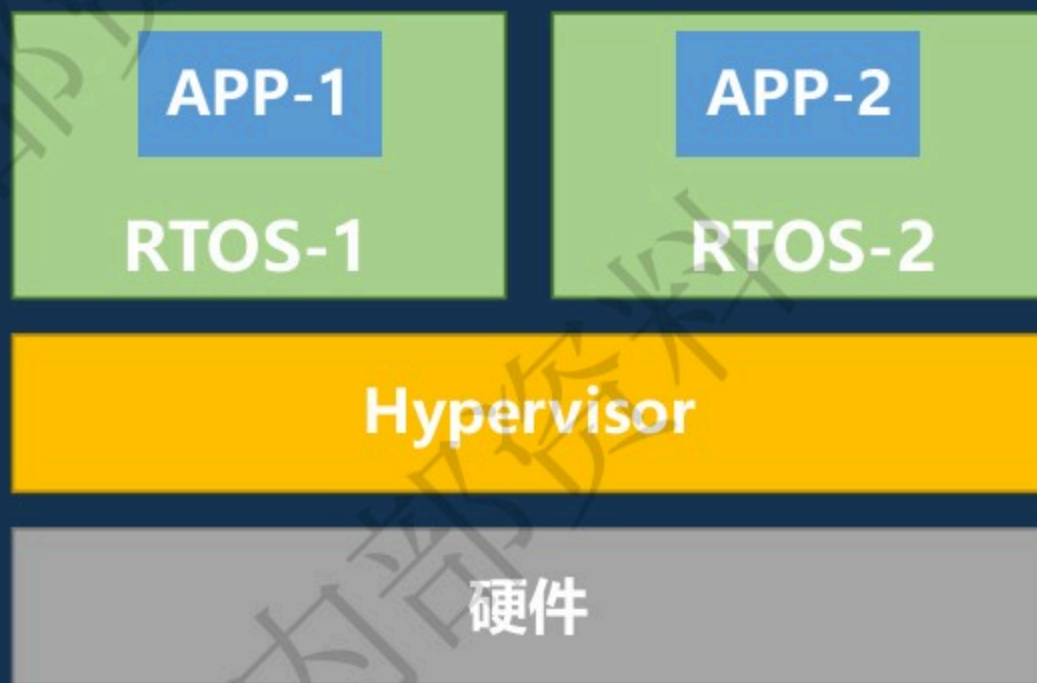
什么是虚拟化

虚拟化就是在在一台物理计算机上，通过一个叫做Hypervisor的虚拟机监控器运行多台逻辑计算机，我们称之为“虚拟机”。

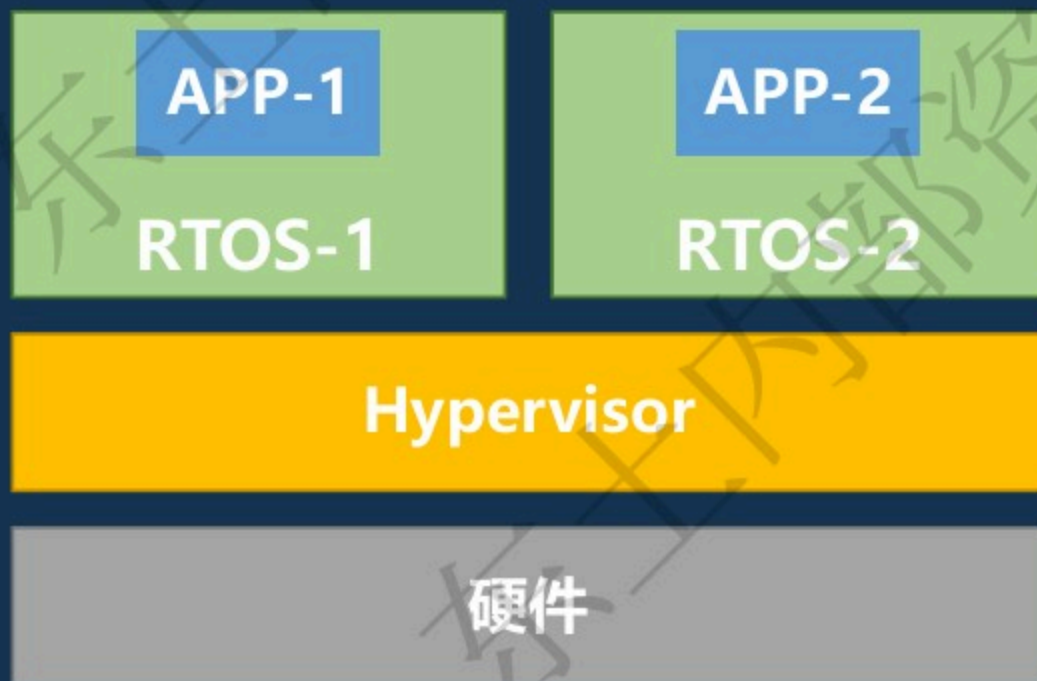
每台虚拟机上可以运行不同的操作系统，我们称之为“Guest OS”，不同虚拟机中的应用程序都可以相互独立的空间内运行而互不影响。



虚拟化的优势



安全隔离，容错
针对特定应用的优化



多业务融合
降低总体硬件成本

虚拟化的对象

- CPU虚拟化

- 通过Hypervisor实现多个虚拟CPU分时复用同一物理CPU，而Guest OS中的各个线程/进程分时复用了虚拟CPU。例如Intel VT-x, AMD-V技术

- 内存虚拟化

- GVA(Guest Virtual Address)->GPA(Guest Physical Address)->HPA(Host Physical Address), 两次地址转换。例如Intel EPT技术

- I/O虚拟化

- 设备透传: Intel VT-d、ARM SMMU
- 设备模拟: 分为全虚拟和半虚拟两种, 半虚拟多采用virtio I/O

虚拟化的模式

- 完全虚拟化

- 基于硬件运行（native）的OS不需要修改任何代码就可以直接跑在Hypervisor上
- 非敏感指令，可以在物理CPU上直接执行；敏感指令的执行和对特权资源的访问，通过硬件辅助虚拟化技术来识别和截获

- 半虚拟化

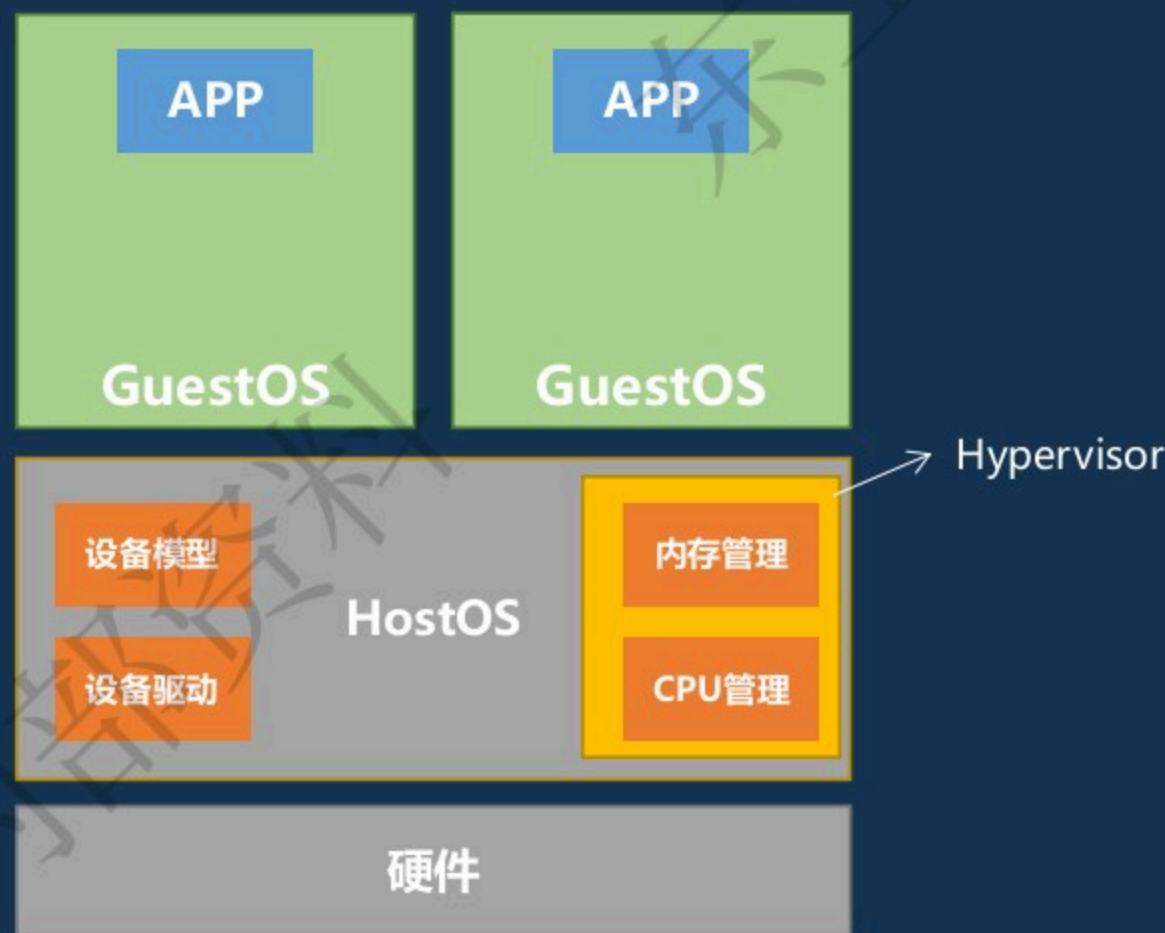
- 需要修改直接基于native运行的OS代码，以便和Hypervisor更好的配合
- 不需要硬件辅助虚拟化支持，通过调用Hypercall（虚拟机调用接口），触发一个系统调用中断来执行敏感指令和访问特权资源

虚拟化的类型

基于bare-metal的Type-I型虚拟化



基于OS的Type-II型虚拟化



嵌入式虚拟化的特点

- 虚拟机资源隔离和分配
 - 将全局内存空间划分为静态可配置的内存池子集
 - 为虚拟机分配访问权限和通信权限
- 实时和非实时虚拟机的灵活高效调度
 - 同时承载运行实时虚拟机和非实时虚拟机
 - 灵活的调度机制, 以支撑运行硬实时任务以及软实时和非实时任务的调度计划
- 虚拟机间高速通信
 - 不同虚拟机间的应用以受控方式相互通信, 常见的有共享内存、SMIPC、虚拟网卡等

常见的开源Hypervisor

	内核设计	类型	模式	硬件平台	支持的Guest OS
XEN	微内核	Type-I	全/半	X86、ARM	Linux、BSDs、Windows
ACRN	微内核	Type-I	全	X86	Zephyr、Linux、VxWorks、Xenomai、Windows
L4Re	微内核	Type-I	全/半	X86、ARM、MIPS	Linux、Android
KVM	宏内核	Type-II	全	X86、ARM、MIPS	Linux、BSDs、Windows、Android.....
Xvisor	宏内核	Type-II	全/半	X86、ARM、RISC-V	Linux、BSDs

轻量级虚拟化-容器技术

一个容器包含了完整的运行时环境：

- 除了应用程序本身之外
- 这个应用所需的全部依赖、类库、其他二进制文件、配置文件等

都统一被打入了一个称为容器镜像的包中。通过将应用程序本身和其依赖容器化，操作系统发行版本和其他基础环境造成的差异，都被抽象掉了。容器就是一种基于操作系统能力的隔离技术，这和基于 Hypervisor 的虚拟化技术（能完整模拟处虚拟硬件和客户机操作系统）的复杂度不一样。



轻量级虚拟化-容器技术

1. 环境依赖更少;
2. 更轻量 (虚拟机镜像几十G上百G, 容器镜像一般不到1G);
3. 好移动 (因为轻量所以迁移会更快, 虚拟机不适合跨环境迁移);
4. 启动快 (没有内核、镜像小)、可以回滚、可以弹性;
5. 适合于微服务 (变化大、流量大、进程多、更新快);
6. 利于CI/CD, 快速部署、用以轻松建立、维护、扩容和滚动更新应用程序。

特性	虚拟机	容器
隔离级别	操作系统级	进程级
隔离策略	Hypervisor	CGroups
系统资源	5~15%	0~5%
启动时间	分钟级	秒级
镜像存储	GB~TB	KB~MB
集群规模	上百	上万
高可用策略	备份、容灾、迁移	弹性、负载、动态

02

虚拟化技术在Intewell中的应用

科东，科学城+东土科技集团投资成立，根植湾区，放眼世界



- 全球工业互联网技术创新的引领者
- 全球工业通信排名前**10**的唯一中国大陆企业
- 中国首家工业互联网联盟发起人和理事长单位
- 创业板上市企业 (300353)



4项国际标准



11项国家标准



1项行业标准



6项核高基项目



3项863计划



800+专利



SCI GROUP
科学城集团

- **36年**历史
- 国有独资公司，资产**691亿**
- 全资及控股**134家**企业
- **28亿**年度固定资产投资

新一代信息技术

城市建设开发与更新改造

环境保护与水环境治理

现代金融业

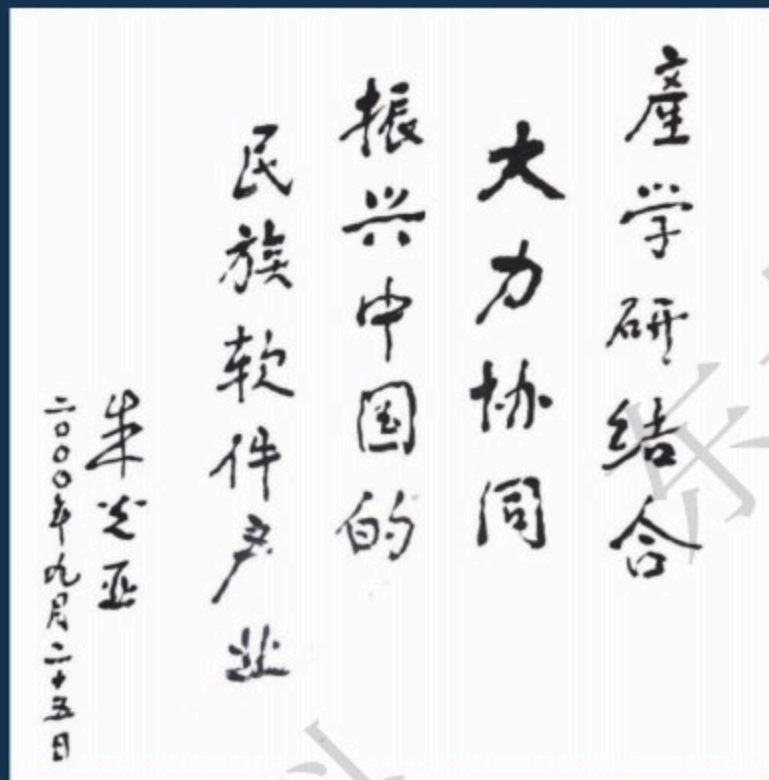
KYLAND

- 注册资本：**2.5亿元**人民币（东土：70%；科学城：30%）
- 员工69人，本科以上学历**94%**
- 国产化工业操作系统践行者、领跑者



KYLAND

Intewell操作系统, 源于“道”, 20载沉淀, 厚积薄发



斩获重量级嘉奖，成功彰显实力

2000年启动，二十载风雨兼程，先后承担**6**项核高基科研项目，**3**项863项目，赢得一系列奖项



电力电网控制系统		
15.	应用于电力电网/重大工程装备控制系统的国产高可靠工业级处理器、密码技术在工业控制网络及数据安全中的应用	神州龙芯（江苏）智能科技有限公司
16.	应用于电力电网/重大工程装备控制系统的国产高可靠工业级处理器、密码技术在工业控制网络及数据安全中的应用	神州龙芯（江苏）智能科技有限公司
17.	实时操作系统	北京东土科技股份有限公司
18.	安全可控工业控制计算机在电力电网控制系统中的应用	研祥智能科技股份有限公司
19.	基于重大工程装备行业的安全可靠可编程逻辑控制系统	中电智能科技有限公司
20.	基于国产高性能龙芯处理器的电力安全系统	龙芯中科技术有限公司（补链）
21.	电力行业工业技术软件化与信息安全测试验证环境	中国软件评测中心（补链）
22.	工业互联网平台企业安全综合防护系统	中国科学院沈阳自动化研究所
23.	电力控制芯片及操作系统	北京智芯微电子科技有限公司
24.	电力电网行业示范应用	北京豪航至臻科技有限公司

2019年首届工业互联网大赛
一等奖

2020年首届全球工业智能领域“湛卢奖”
技术创新奖

2020年广东省优秀软件产品和服务
基础软件与工业软件TOP 10

2019年工信部工业强基工程重点产品、工艺“一条龙”应用计划
示范项目



60+发明专利



30+软著

基于软件定义的INTEWELL工业操作系统



系统亮点

微内核: 微内核架构, 实现硬件资源的软件定义, 可靠性高

全自主: INTEWELL操作系统完全自主可控

高可靠: 近30年稳定运行、经久验证, 高可靠余度设计业界领先

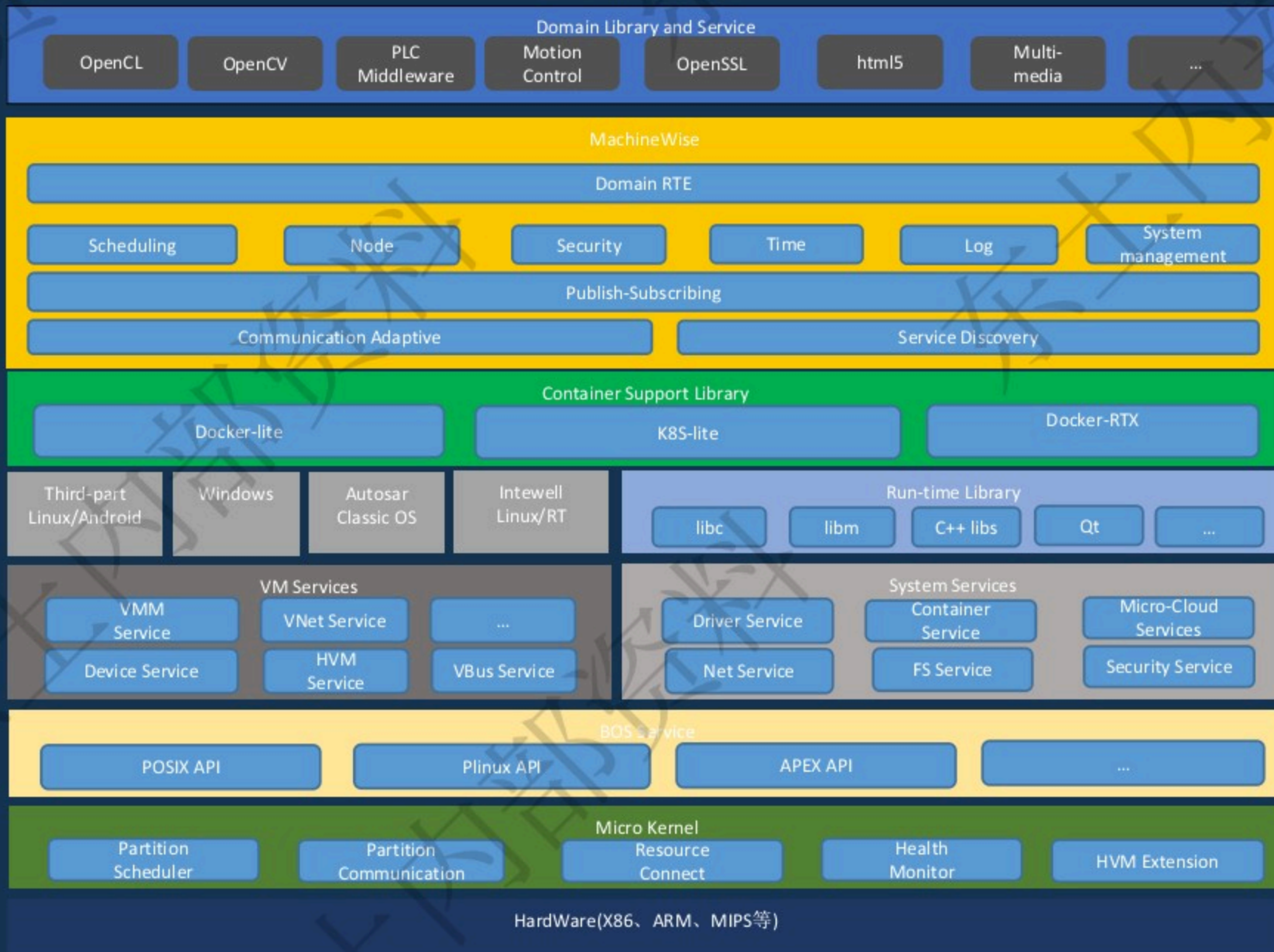
强实时: 实时性性能优异, us级响应

超融合: 具备在一个硬件上运行多个高实时系统和多个非实时系统的能力, 集边缘计算、工业控制、运动控制、数据采集、人工智能于一体

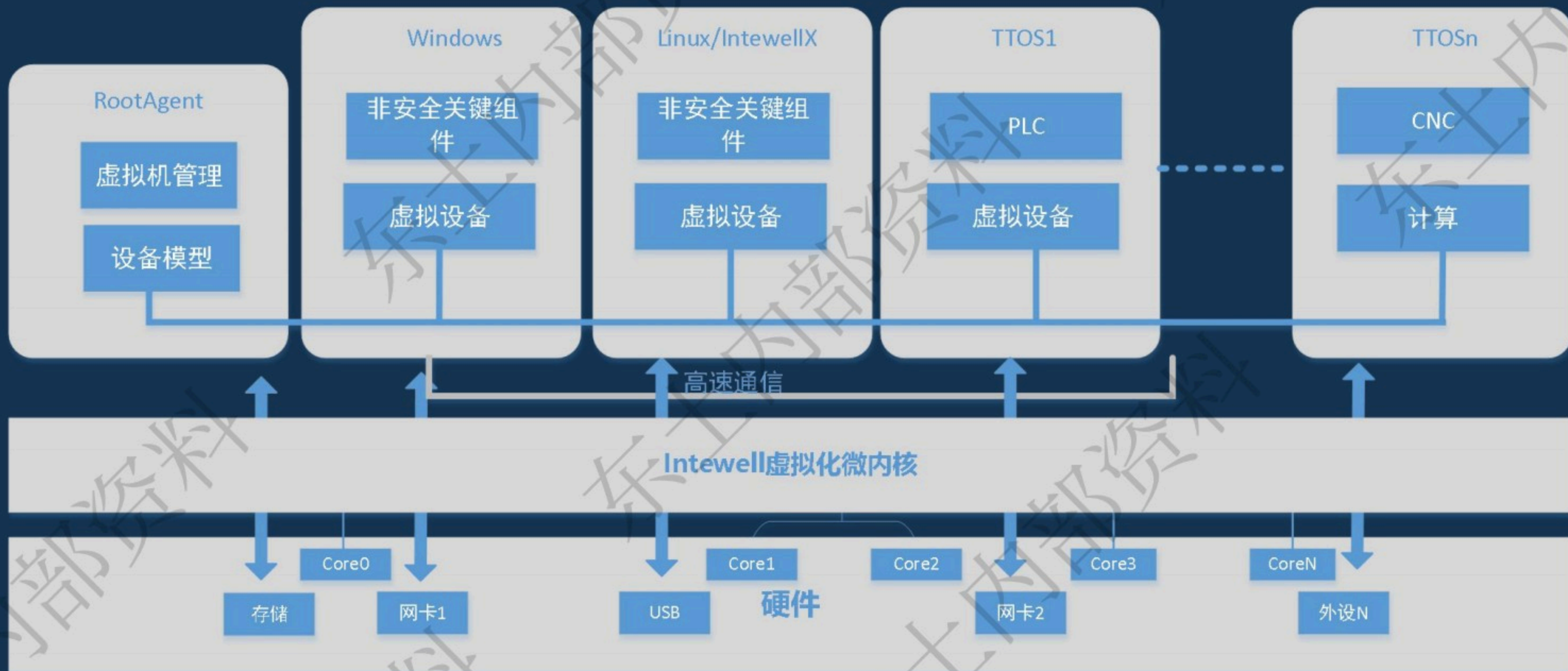


INTEWELL是机器世界控制驱动与管理、信息交互、任务协同及工业大数据应用的系统平台

微内核架构内生安全

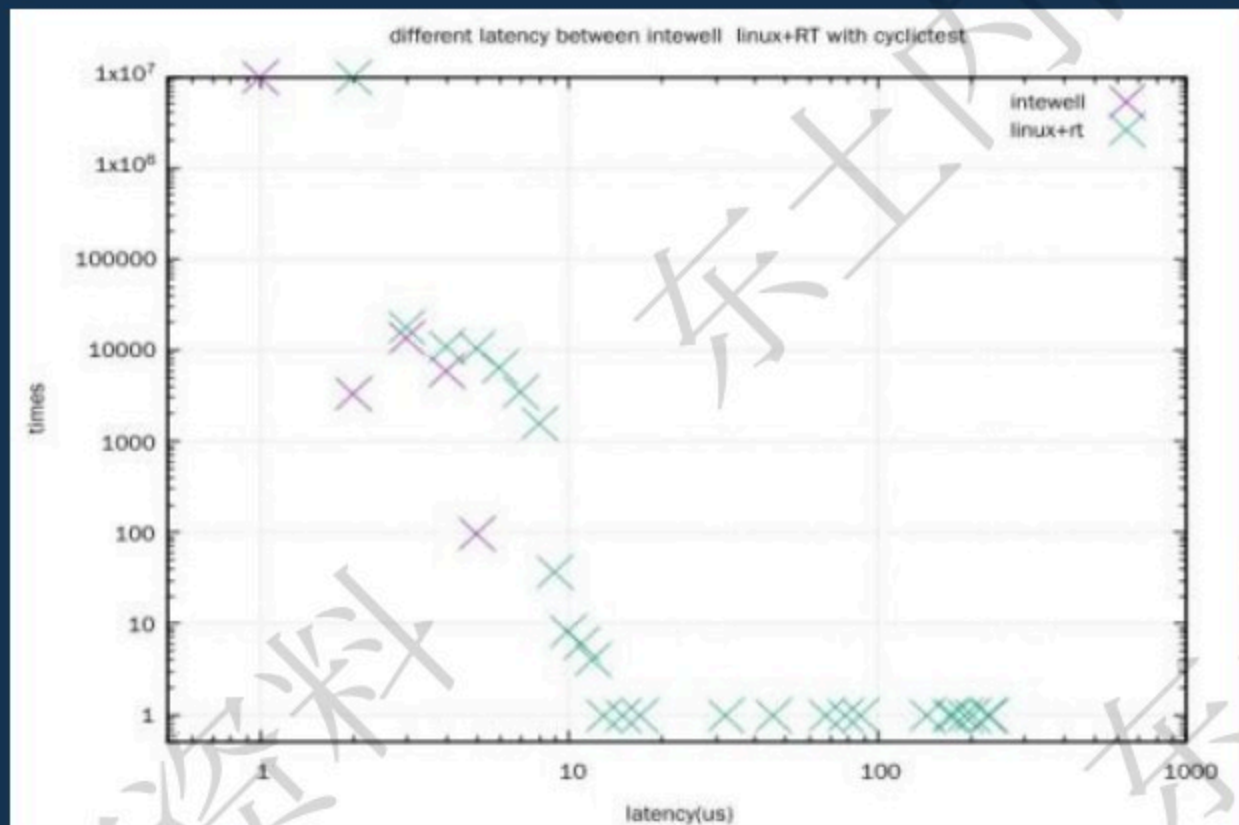


Intewell虚拟化构型



强实时性，业界领先，保障安全运行可靠稳定

cyclitest测试中，Intewell与RT-Linux系统的抖动延迟时间对比

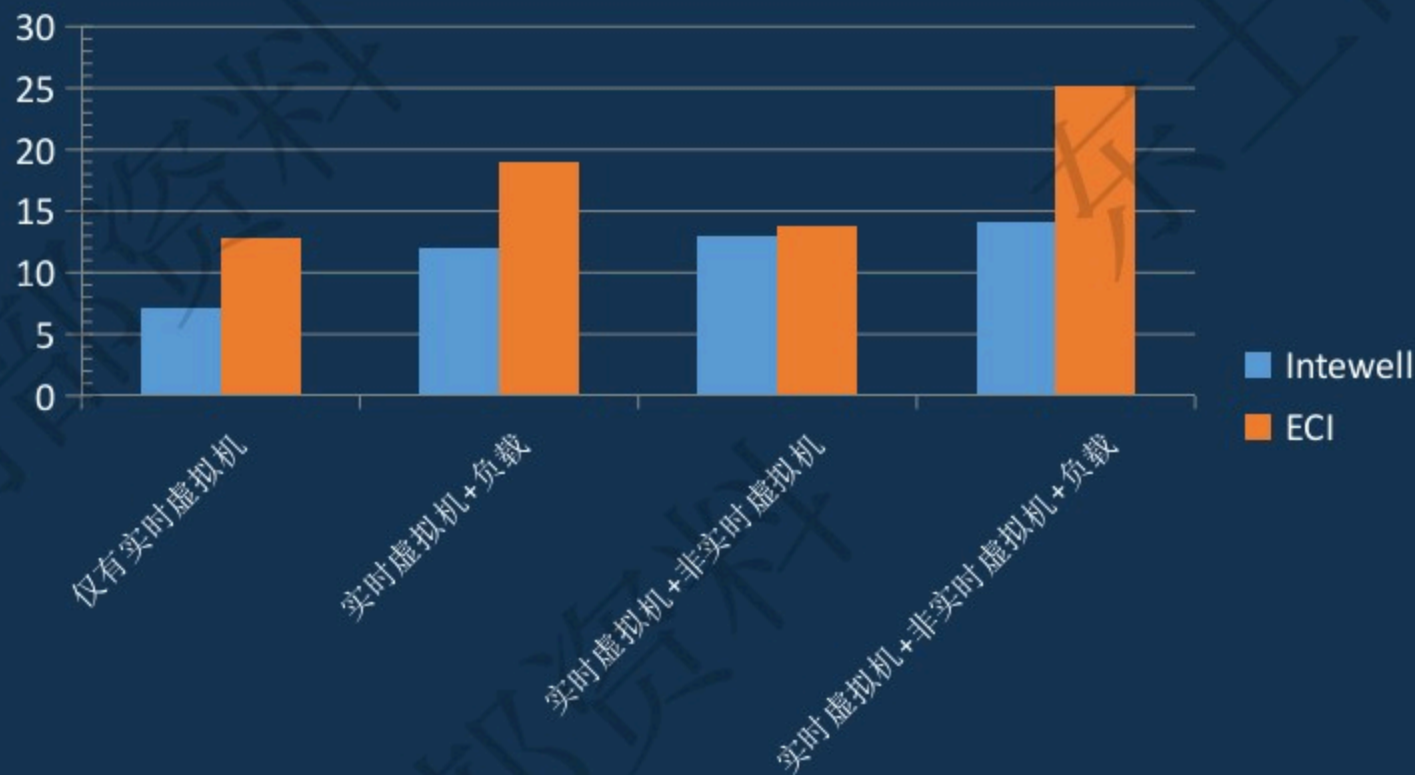


数据来源：工信部电子五所

方案亮点

- 低至5us的定时器抖动
- 调度精度us级
- 切换时间<3us

Intewell和Intel ECI (ACRN Hypervisor) 实时性测试抖动最大时延对比图



客户价值

- 满足时间严苛业务的时间抖动需要
- 工业机器人控制、CNC、运动控制等高速应用

INTEWELL产品特点-自主可控，安全可靠

100%

内核及部分关键模块源码自主率（工信部电子五所检测）

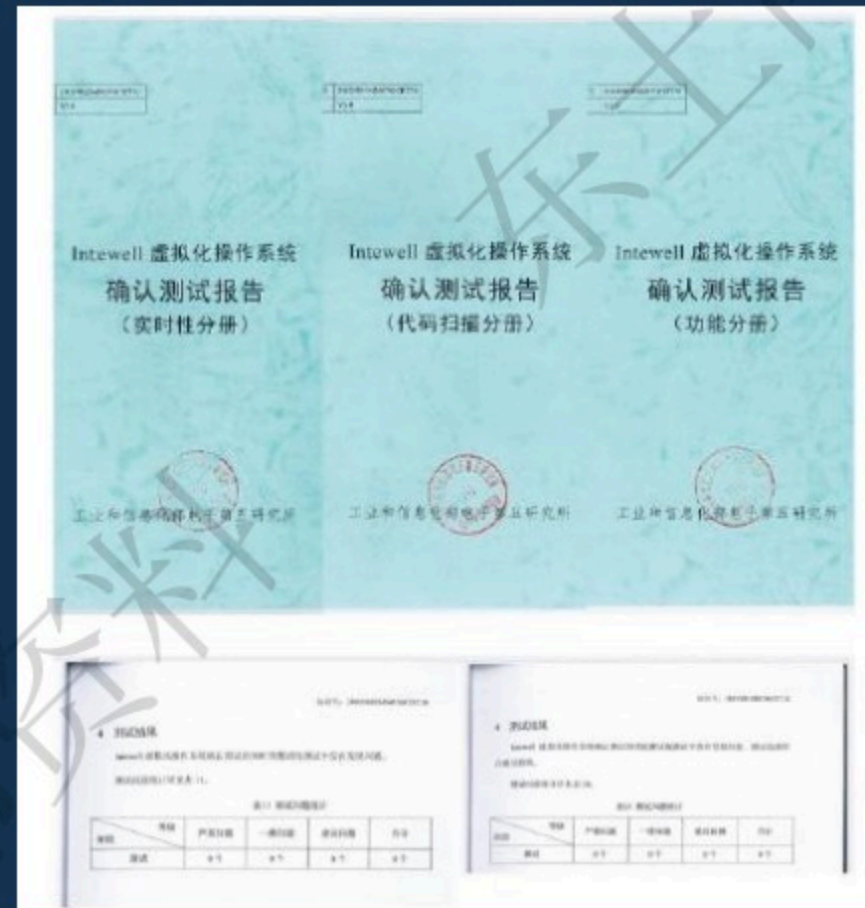
20000+

测试用例

100%覆盖操作系统软件需求核心模块达到平均**10行**源码对应1个测试用例，逻辑结构达到**100%MC/DC覆盖**和**100%二进制分支覆盖**

10+

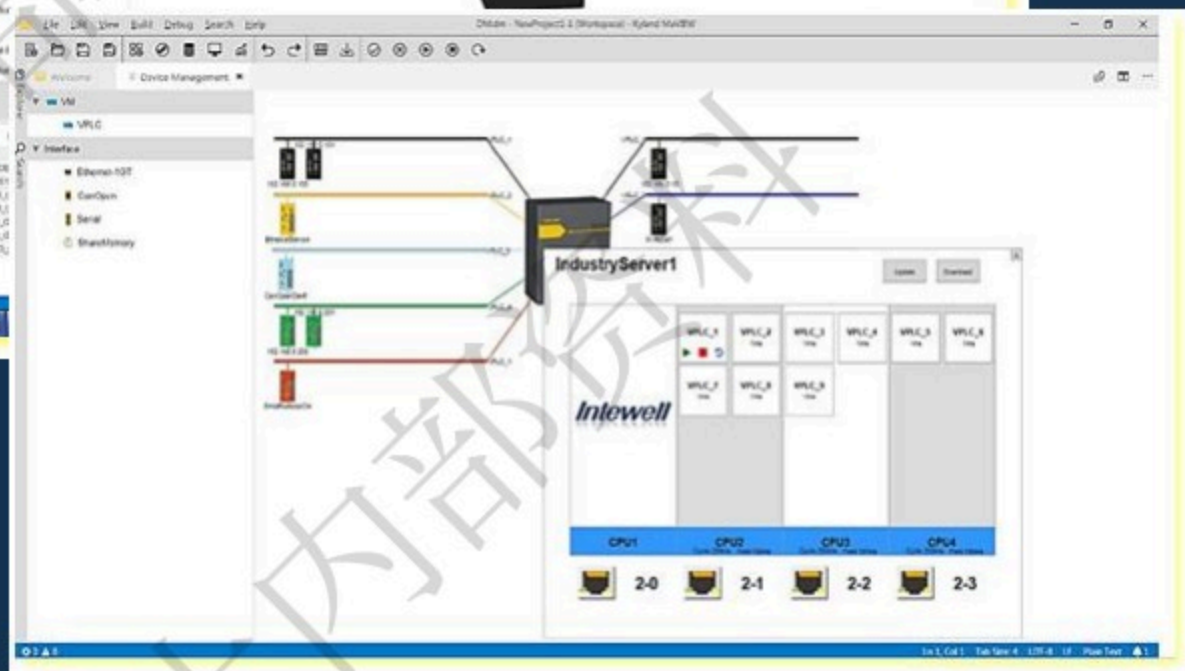
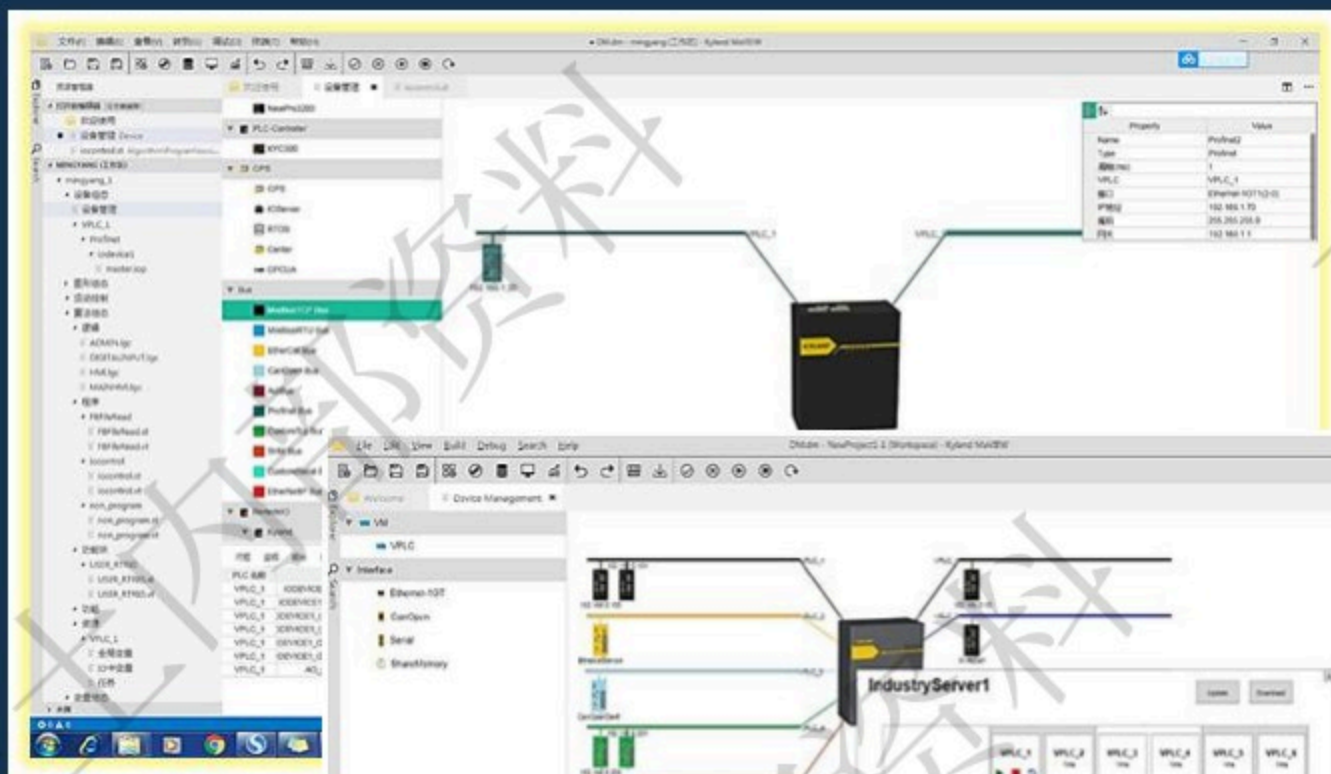
通过全面测试的第三方机构数量



03

Intewell工业应用实践

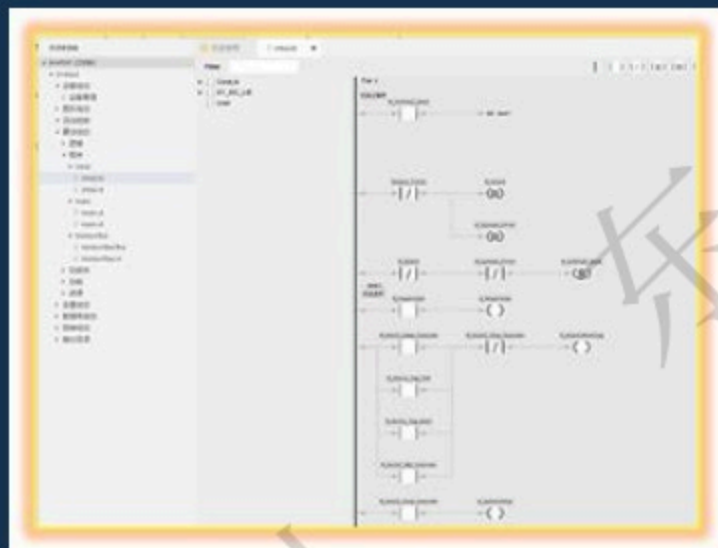
自主可控MaVIEW控制基础软件



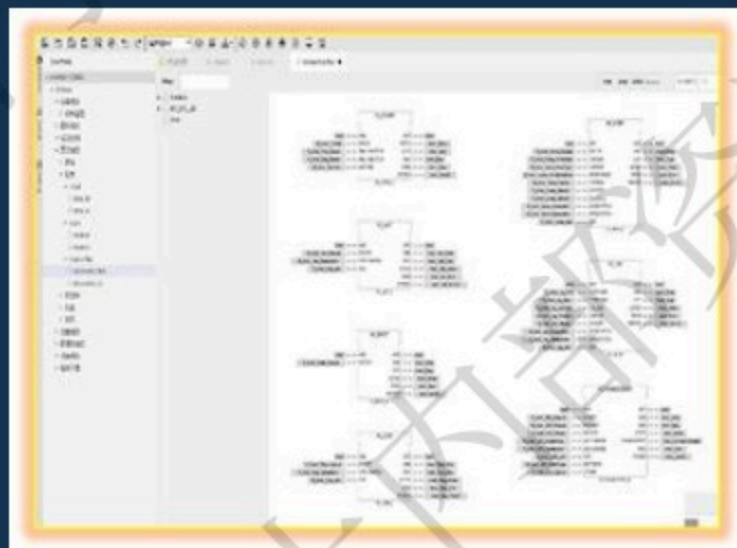
符合IEC61131-3国际标准全自主MaVIEW控制基础软件

MaVIEW软件支持IEC61131-3标准的编程语言

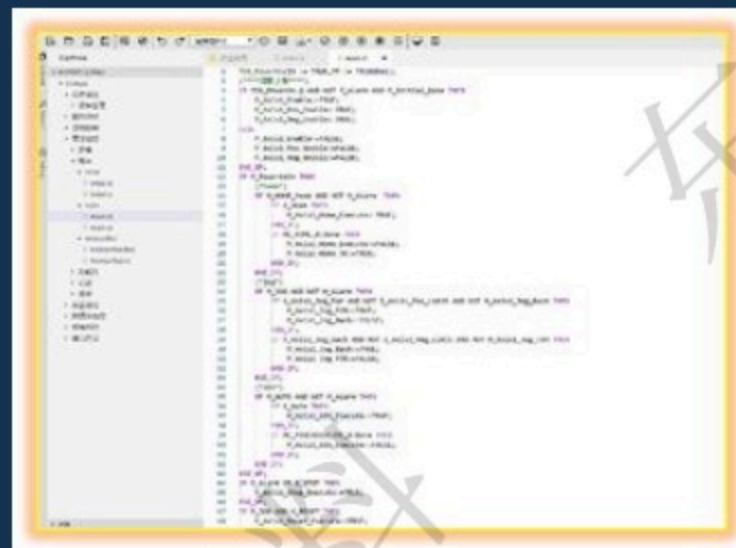
LD (梯形图)



FBD (功能块图)



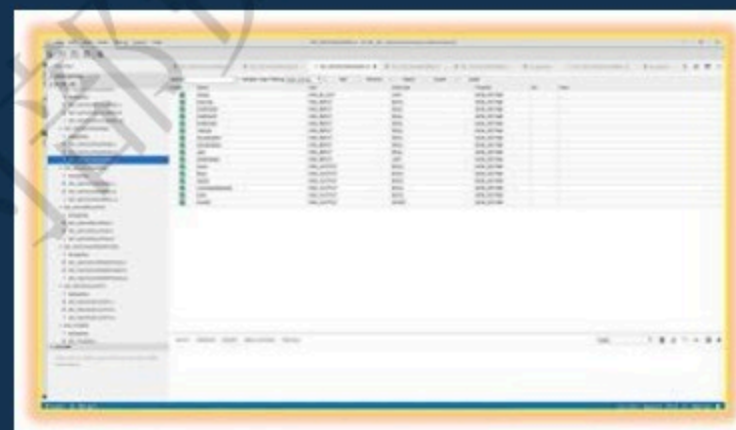
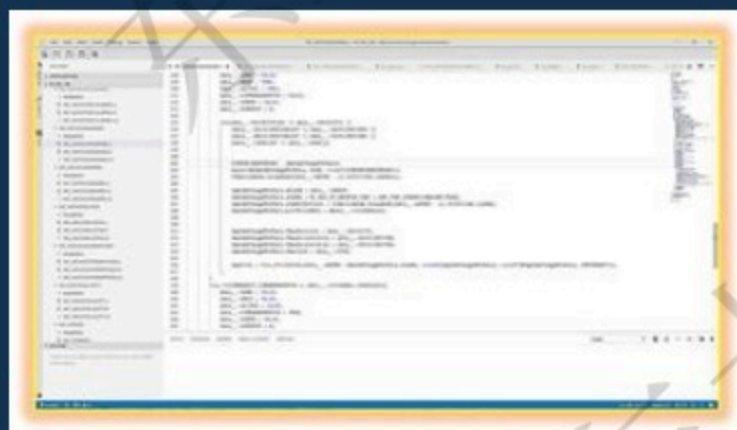
ST (结构化文本)



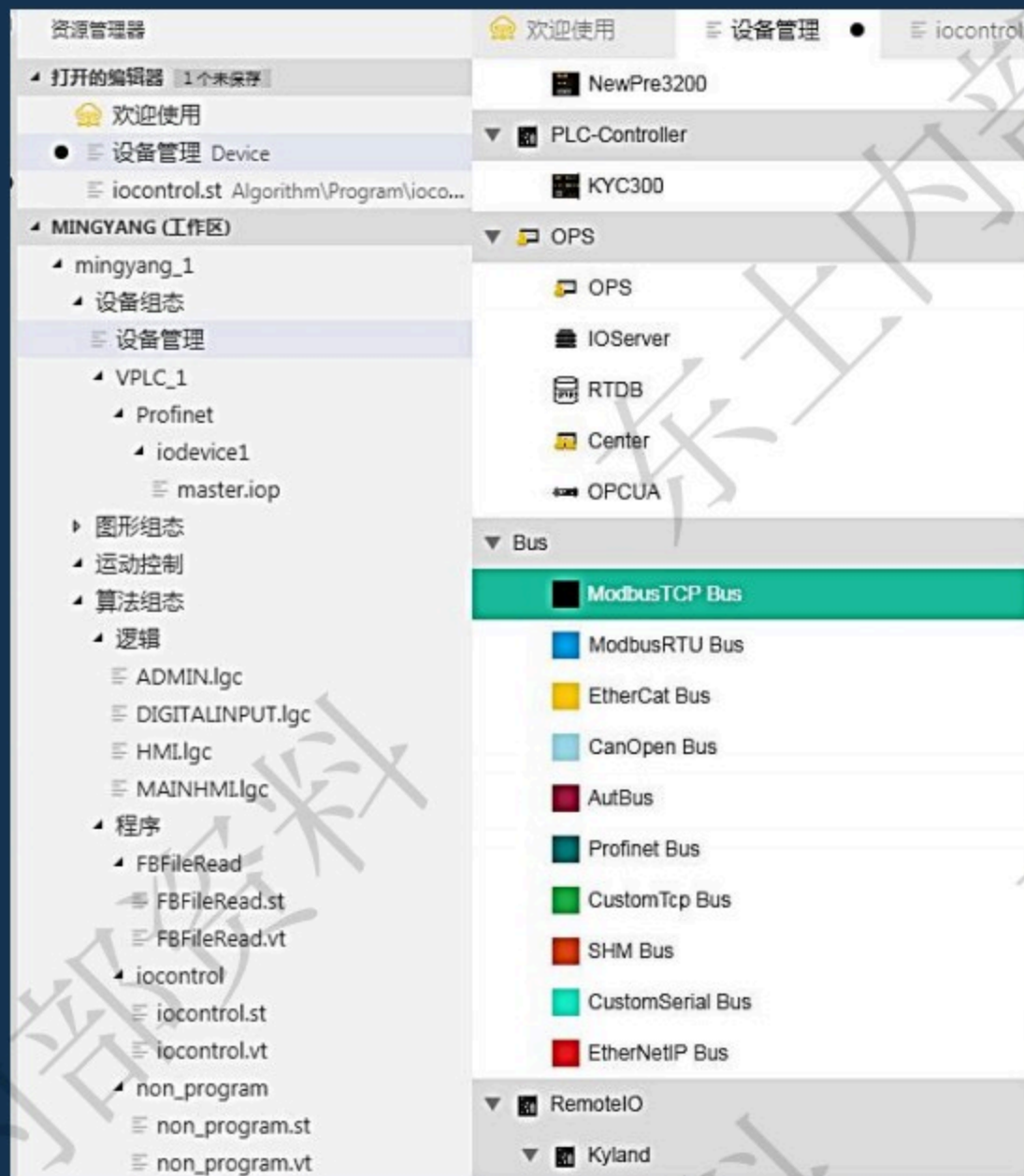
支持C\C++编程
支持Matlab/Simulink



提供Lib Developer支持工
程师开发想要的FB库



MaVIEW软件支持多种开放式总线通信协议



Property	Value
Name	EtherCat3
Type	EtherCat
周期(ms)	1
VPLC	VPLC_1
接口	Ethernet-1GT1(2-0)
IP地址	192.168.1.70
掩码	255.255.255.0
网关	192.168.1.1

Property	Value
Name	Profinet2
Type	Profinet
周期(ms)	1
VPLC	VPLC_1
接口	Ethernet-1GT1(2-0)
IP地址	192.168.1.70
掩码	255.255.255.0
网关	192.168.1.1



Property	Value
Name	CanOpen4
Type	CanOpen
周期(ms)	1
VPLC	VPLC_1
接口	
Rate	
CanType	
CobId	
NodId	

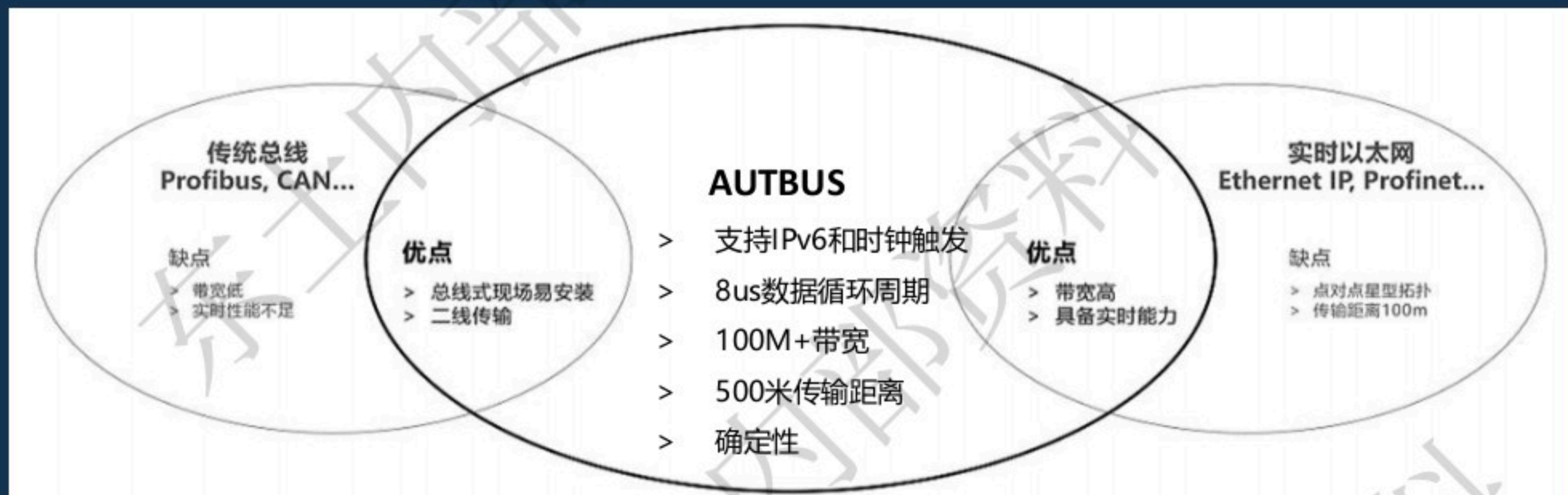


Property	Value
Name	OPCUA1
Type	OPCUA
使能	<input type="checkbox"/>
匿名登录	<input type="checkbox"/>
密码登录	<input checked="" type="checkbox"/>
节点ID类型	STRING
父节点ID	UA_NS0ID_OBJECTSFOLDE
引用类型节点ID	UA_NS0ID_ORGANIZES
类型定义节点ID	UA_NS0ID_BASEDATAVARIA
IP	127.0.0.1
端口	20581
安全策略类型	NONE
link	
用户名	usr
密码	123

支持Modbus TCP/RTU, CANopen, EtherCAT, Ethernet/IP, Profinet, OPC UA, MQTT, AUTBUS
支持自定义串口/TCP/CAN



自主可控AUTBUS工业现场总线



国际高速总线标准IEC61158-Type 28, IEC61784-CP22

- 1、**简约型宽带**：二线传输，总线式拓扑，安装维护便利，重量轻；
- 2、**自适应组网**：网络节点动态变化（新节点加入、退出、故障、节电保持）动态适应，不影响网络通信。任何节点都可以时间触发模式，在自己配置的的时间片内自由通信；
- 3、**全节点同步**：全网物理层时间高精度同步，不占用网络带宽，总线式发送，无延时到达；
- 4、**纳秒级管理**：纳级精确时间同步；
- 5、**网络拓展**：时间触发方式工作，与TSN天然融合，一网到底整网时间精确分配，粒度更灵活。



基于Intewell高实时虚拟化的边缘通用控制器解决方案



- 聚焦智能制造、机器人、CNC、轨道交通、电力、能源等行业

科东软件

边缘通用型控制器 NewPre 家族

Intewell 操作系统和 MaVIEW 控制开发平台

软件定义控制

II In All

智慧工业边缘超脑

国产化龙芯边缘通用型控制器
NewPre5100



国产化飞腾边缘通用型控制器
NewPre5300



5G 边缘通用型控制器
NewPre2100



AI 边缘通用型控制器
NewPre3101



经典边缘通用型控制器
NewPre3000



模组化边缘通用型控制器
NewPre3200



PLC 控制器 & I/O
KYC300



边缘通用型控制器核心优势

控制能力弹性扩展



机器视觉与控制融合



全工业级设计，高效散热无风扇设计，工业宽温设计，符合EMC 三级，IP40 防护，满足严苛工业应用场景要求

平台+生态，开放合作，共建共赢

应用生态

工业视觉/测量 语音识别 数字孪生 人机监控 点云处理 工业安全 ...
资产管理 预测性维护 能源管理 可视化 工业AR MES WMS

合作伙伴生态

- 集成商
- 分销商
- OEM
- APP 伙伴



解决方案生态

- 工程机械
- 物流
- 建工
- 矿山
- 冶金
- 石化
- 轨交

操作系统/基础软件

Intewell • MaVIEW • KyGate • 第三方基础软件

工业网络通信

AUTBUS • SDR • TSN • 5G • 第三方通信协议

处理器



24家APP伙伴，21家授权渠道，10家战略合作伙伴，2家OEM伙伴

广泛行业应用



智能制造



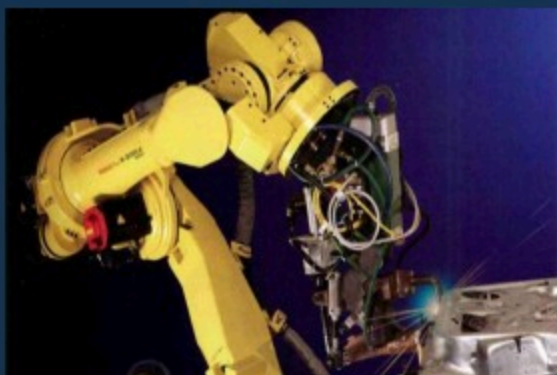
城市交通



输配电



石油化工



工业机器人控制



CNC控制



视觉识别



轨交列车VCU



工程机械车载控制



风机控制器



核电DCS



轨交信号系统

应用案例-视觉+控制实现镍板自动检测



价值:

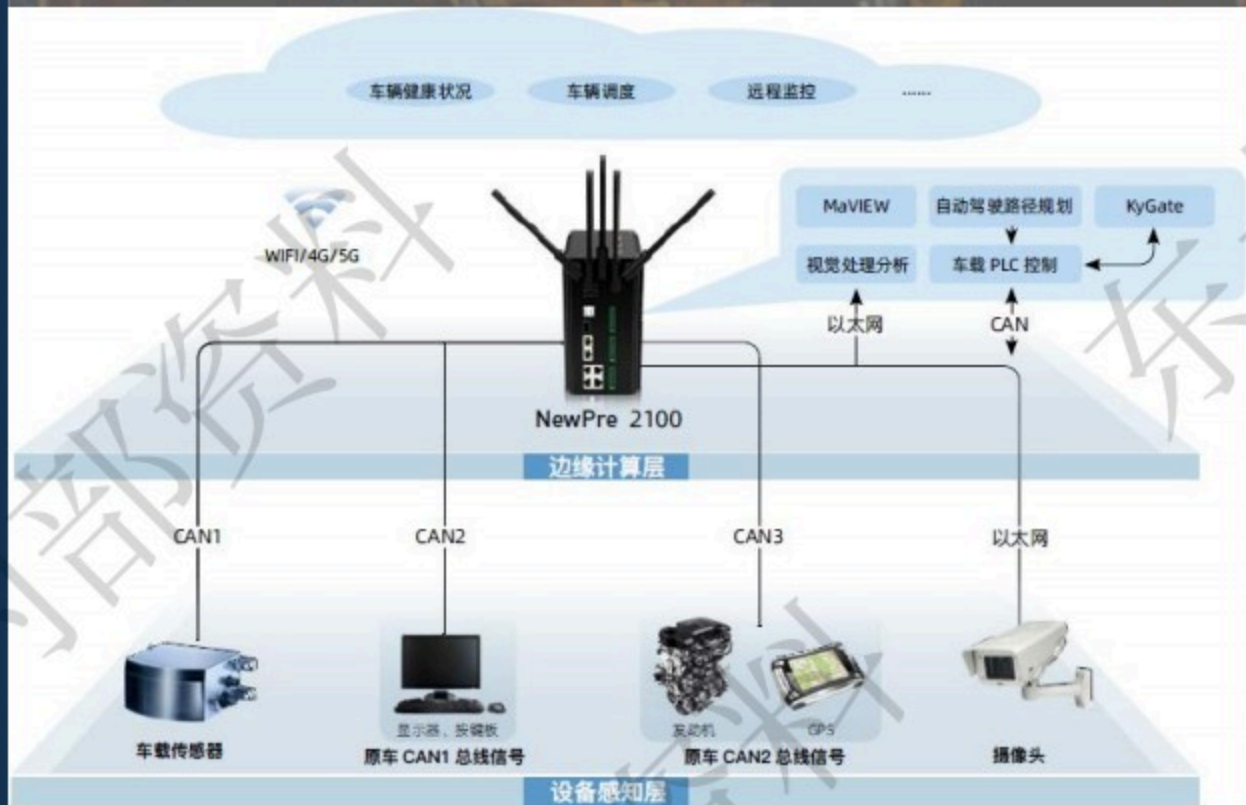
- 1、机器视觉自动分析标定镍板品质，提高检测效率，提高检测准确度。
- 2、机械臂自动控制代替人工手动翻板，提高效率，减少人力，降低工伤风险。
- 3、一台边缘控制器集成视觉分析+机械臂控制，机器内部内存通信让视觉分析与机械臂控制交互更高效。
- 4、整体检测效率比人工效率更高。
- 5、由三个人减少到一个人，降低人工成本。



应用案例-为工程车辆系统装上“智慧大脑”



摊铺机辅助驾驶系统



客户痛点

- 工程车辆多数车载PLC 控制器接口有限，难以支持视觉辅助、雷达、无线网关等外设，改造扩展十分困难
- 如何提高计算能力以支持自动驾驶、多车协同等控制应用

解决方案

- INTEWELL操作系统+软件定义控制的工业服务器+协议网关(KyGate)的整体解决方案
- 以一台支持多种总线通信及内置WIFI/4G/5G模块的工业服务器，实现工程车辆控制、视觉分析、自动驾驶、上云连接等功能，支持工程车辆车地通信，从而实现远程维护、控制以及基于云端的多车协同控制

客户价值

- 一台机器实现多个功能，节省设备采购成本约15%和安装空间
- 接口丰富，扩展方便，可灵活接入其他设备
- 提供核心硬件、操作系统、控制编程软件一体化的平台和方案，支持机器视觉、自动驾驶等控制应用
- 支持功能定制化开发

承载人工智能 软件定义未来

KYLAND

科东软件