

Intel® Xeon® CPU
H3C® E3300 G6 Server
Comba® 5G containerization 5G RAN
AI-Link® 5G Core

基于OTII-E的5G工业专网一体机

工业场景对5G专网的可靠性有着较高的要求，本文重点介绍了高密度的OTII-E服务器承载的容器化5G专网给工业场景提供高可靠工业5G网络的使用案例。

Author

Zhao, Qianli (INTEL),
Li, Gang (COMBA),
Xu, Liang (H3C),
Pan, Ziquan (AI-Link),
Wu, Jinghua (INTEL),
Ou, yang (COMBA),
Shi, Qian (H3C),
Zhang, Tianhong (AI-Link),
Huang, Yong (COMBA),
Ding, Baoguo (Comba),
Gao, Jiming (INTEL),
Zeng, Hongli (INTEL)



Content

- 5G工业专网 2
- 工业以太网 2
- 工业以太网发展趋势 2
- 面临的挑战 2
- 部署成本 2
- 维护成本 2
- 单点故障 2
- 应用下沉 2
- 方案介绍 2
- 组网拓扑 2
- 第四代Intel® 至强® 可扩展处理器 3
- OTII-E 3
- H3C® UniServer E3300 G6 3
- Intel® 边缘软件 3
- 边缘平台 3
- GMA 3
- 京信® Cloud vRAN 3
- 艾灵® 轻量化核心网 4
- 核心网 HA 方案 4
- 方案优势 4
- 硬件成本优势 4
- 实施成本优势 5
- 高可用优势 5
- 硬件高可用优势 5
- 链路高可用优势 5
- 应用案例 6
- 艾灵网络“AI+机器视觉” 6
- 艾灵网络ALC工厂数字化改造 6

概述

随着工业以太网的发展，当前已经逐步进入了工业4.0时代，边缘计算、5G专网和时间确定性网络也逐渐成为高速、可靠、安全、兼容、易扩展的解决方案。5G专网在工业场景中使用存在一些待解决的问题，例如，5G专网空口受工厂环境影响，存在一定的不确定性，为了使得5G专网能够提高稳定性，需要采用AB网方式覆盖工厂区域，传统的方案由于设备体积大，走线复杂等因素，受到种种限制。本文介绍了一种基于OTII-E服务器、边缘计算平台和容器化5G网元的5G专网软硬一体解决方案，极大的提升了5G专网的适用性。

文中讲述的测试环境涉及新华三，京信通信，艾灵网络和英特尔的软件和硬件解决方案，物料列表参考表1。

类型	设备	厂商	数量	备注
硬件	CPU	英特尔	2	4th Gen Intel® Xeon® Scalable Processors with Intel® vRAN Boost
	UniServer E3300 G6	新华三	1	OTII-E 服务器
	1588 交换机	京信通信	1	GPS + GMC + Switch
	前传交换机	京信通信/新华三	1	Comba 或 H3C 前传交换机，文中以 Comba 前传交换机为例
软件	RRU	京信通信/新华三	若干	Comba 或 H3C RRU，文中以 Comba RRU 为例
	Edge Platform	英特尔	1	
	DU	京信通信/新华三	2	Comba 或 H3C DU，文中以 Comba DU 为例
	CU	京信通信/新华三	2	Comba 或 H3C CU，文中以 Comba CU 为例
	5GC	艾灵网络/新华三	2	Ai-Link 或 H3C 5GC，文中以 Ai-Link 5GC 为例
	PLC	艾灵网络	1	

5G工业专网

工业以太网

工业以太网是指在工业环境中使用的以太网技术，用于实现工业设备、系统和网络之间的数据通信和控制。工业以太网是工业互联网的重要基础设施，也是工业4.0的核心技术之一。工业以太网具有高速、可靠、安全、兼容、易扩展等优点，能够满足工业生产的高效、智能、绿色的需求。

工业以太网发展趋势

随着工业4.0和智能制造的兴起，工业以太网的应用领域也在不断扩大。它已经成为实现智能工厂和物联网的关键技术之一。通过将各种设备、机器人和传感器连接到统一的工业以太网网络中，企业可以实现设备的远程监控、大数据分析和实时决策。这为生产流程的优化、效率的提高和质量的保证提供了强有力的支持。

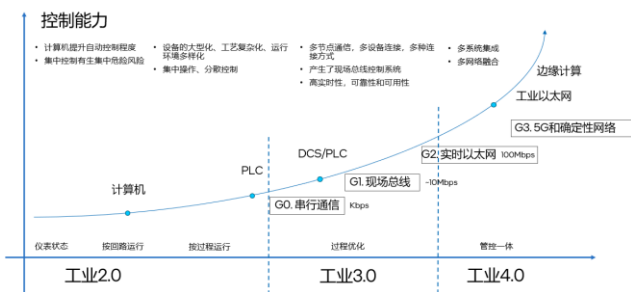


图1 工业以太网发展趋势

工业以太网作为关键的工业通信技术，正不断发展和演进，以满足未来工业的需求。随着5G技术的普及，工业以太网与5G将进一步融合，形成更加强大和灵活的通信基础设施。这将带来更高的移动性、更广的覆盖范围和更低的时延，推动工业物联网和智能制造的发展。

面临的挑战

在工业场景下，复杂的工厂环境和精密的远程控制对5G专网的部署形态和网络质量存在较高的要求。

部署成本

传统专网部署需要多种通信设备和服务器，通讯设备仅用于构建专网，服务器用于承载边缘应用。整套工业专网需要较高的硬件成本。

维护成本

网络设备和服务器之间需要通过光纤连接，复杂的拓扑导致在工厂内部署受到极大的限制。

单点故障

工业场景对网络可靠性要求较高，构建AB网的场景下，需要更多的通信设备和光纤，进一步加剧了实施复杂度。

应用下沉

随着逐渐AI的发展，智能化的边缘应用对边缘算力的

需求逐渐增大。灵活的部署形态和充分利用的硬件资源是工业专网落地的关键要求。

方案介绍

基于OTII-E服务器多节点高密度的特点，针对复杂的工业场景实施需求，将容器化的5G专网网元，边缘应用平台部署在单个OTII-E服务器机框内的容器化集群之上。为复杂的工业场景提供了多种灵活的部署选择：

1) 2节点OTII-E服务器

两节点边缘集群，集群内的5G网元和业务实例具备高可用特性，由集群同一调度管理。在本文中重点以2节点形态作为主要测试和验证机型。

2) 3节点OTII-E服务器

三节点边缘集群，集群控制器有Raft算法维护一致性，具备高可用能力。集群内的5G网元和业务实例具备高可用特性，由集群同一调度管理。

3) 4节点OTII-E服务器

四节点边缘集群，集群控制器有Raft算法维护一致性，具备高可用能力。集群内的5G网元和业务实例具备高可用特性，由集群同一调度管理。

图2 整体部署方案

组网拓扑

在对网络可靠性要求较高的场景下，可以在2个Node节点上同时部署2套5G专网协议栈，来实现高可用。如图2所示。

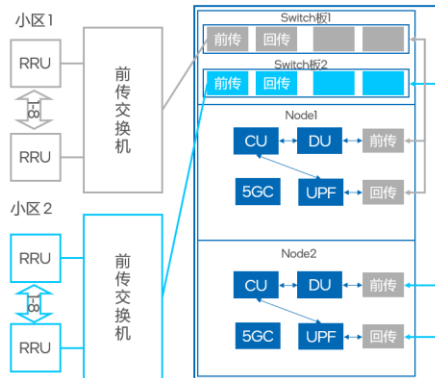


图2 双小区高可用5G专网组网拓扑图

在不需要AB网的场景下，可以借助边缘平台对BBU和5G Core进行调度编排，进而实现高可用，如图3所示。

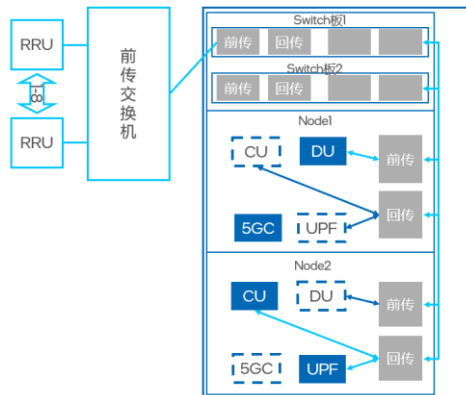


图3 单小区高可用5G专网组网拓扑图

第四代Intel® 至强® 可扩展处理器



图4 第四代Intel® 至强® 可扩展处理

内置Intel® vRAN Boost的第四代Intel® 至强® 可扩展处理器为vRAN部署提供大容量和低时延。完全整合于处理器中的vRAN加速技术既能提高每瓦性能和能效，又减少了系统组件的用量。此外，它还可释放全端到端虚拟化和云原生架构带来的创新潜力，实现更高效率。该平台是通信服务提供商网络未来发展的重要组成部分，可提供灵活性、可扩展性和来自开放行业生态系统的众多选择，帮助运营商未来在面对大量带宽需求和持续快速的变化时既能够灵活实施扩展又不失掌控力，更好地应对机遇和挑战。

OTII-E

OTII (Open Telecom IT Infrastructure) 即电信开放IT基础设施项目，隶属于中国最大的开源硬件组织——开放数据中心委员会 (ODCC)。OTII-E属于OTII系列三大标准之一，模块化设计可以更好的满足不同用户在边缘侧灵活配置的需求，具有强大的存储和网络扩展能力。



图5 OTII产品系列

H3C® UniServer E3300 G6

UniServer E3300 G6边缘服务器是新华三为解决复杂多变的边缘场景，基于ODCC OTII-E技术规范，完全自主研发的新一代模块化边缘服务器。在2U机箱中可以同时插入多种类型节点 (最多4个)，节点可选1U半宽、2U半宽，可组合成2U2N、2U3N、2U4N多种配置。产品主要特点：1) 短机身，可以适配600mm深度机柜；2) 模块化，客户可根据需求选配不同类型节点；3) 维护方便，所有节点模块均支持热维护；4) 可选配交换节点，支持CT和IT融合部署；5) 1P设计，CPU故障解耦；6) IO资源全部前置，PCIe、硬盘等散热更优；7) 电源M_CRPS钛金电源，体积小、效率高。

Intel® 边缘软件 边缘平台

Intel® 边缘软件作为底层容器化平台，为5G网元和智能工业应用提供云原生计算、存储和网络资源编排和调度，极大的提升了硬件资源利用率，降低边缘集群

运维成本。京信vRAN和5G核心网以及工业智能边缘应用以容器形式运行在Intel边缘集群之上提供智能工业服务。

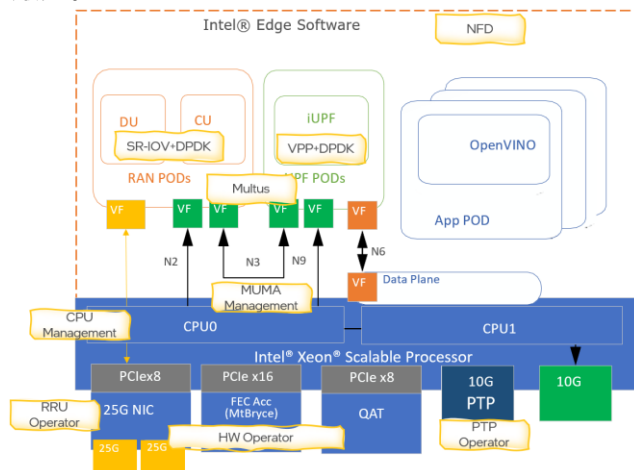


图6 Intel®边缘软件架构图

边缘平台为5G网元和边缘应用提供了云原生的硬件管理和资源分配组件：

- NFD：节点特性发现组件，通过对硬件特性的探测调整业务容器的调度策略。
- Multus：为5G网元提供多个网络接口，控制面使用Calico，数据面使用SR-IOV。
- SR-IOV：为5G网元提供高性能数据面。
- CPU Management：为5G网元和边缘应用提供CPU隔离，CPU分配和CPU调度支持。
- NUMA Management：将5G网元尽最大努力调度在同一NUMA上。
- HW Operator：提供硬件设备云原生管理能力，在本案例中涉及QAT，FEC两种硬件加速卡的管理。

GMA

通用多址 (GMA, Generic Multi-Access Network Virtualization) 网络虚拟化是一种基于客户端/服务器的软件框架，用于虚拟化Wi-Fi、LTE/5G等，并管理边缘的数据流量，以满足新兴应用程序 (如AR/VR、工业应用程序、云游戏等) 的不同要求 (覆盖率、移动性、吞吐量、延迟和可靠性)。它支持各种多路径流量管理操作，包括切换、拆分和复制。

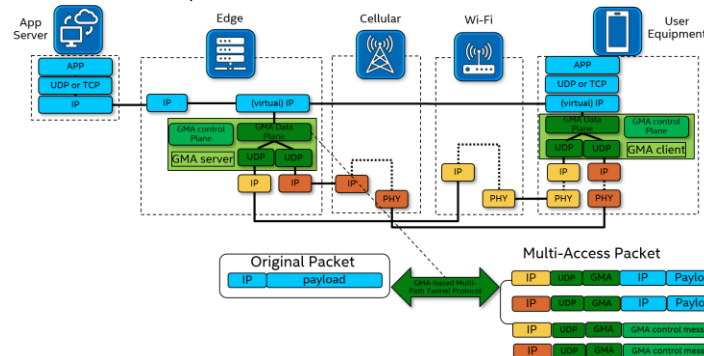


图7 GMA架构图

京信® Cloud vRAN

京信® Cloud vRAN是一套完整的云化/容器化的商用

基站解决方案，旨在帮助用户实现灵活、可扩展和可管理的无线网络。京信Cloud vRAN积极借鉴已成熟的ICT实践经验，基于云原生原则进行设计，采用容器、微服务、动态编排等技术以提高应用程序的可移植性和部署一致性，以达到5G基站产品好用、易用的目的。京信® Cloud vRAN支持多种规格灵活组网，拥有OP72、OP8两个产品系列，并细分CU/DU一体化/分离，1C到8C规格，GPS或1588时钟源等多个子规格。本产品已在多款操作系统、虚拟平台和硬件上进行了商用。自2019年上海世界移动通信大会，中国移动、京信、Intel三方联合发布业界首款商用5G云小站以来。京信先后发布了flex5G方案、云工业基站等产品和商用部署方案，积极探索在5G时代通讯产品和产业的有效结合方式，以期更好的支持工业的数字转型。

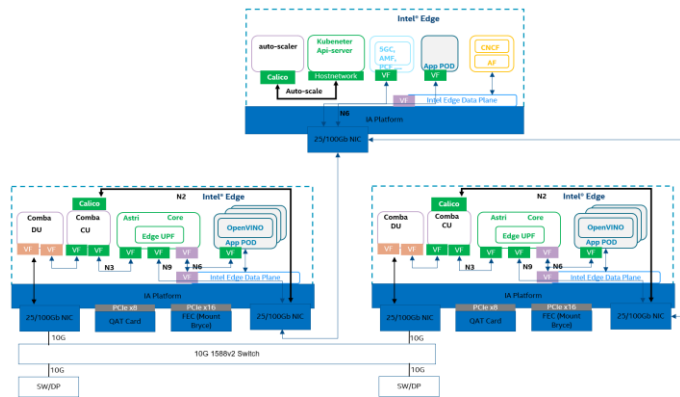


图8 京信Cloud vRAN自动弹性扩缩容部署架构图
在本方案中京信® Cloud vRAN采用CU/DU网元分离部署，使用auto-scaler控制器对基站进行动态伸缩控制。针对工业场景，京信® Cloud vRAN在确定性、可靠性及低时延上进行增强，通过动态资源调整，满足多场景业务特性需求，比如，工业Cloud vRAN的网络双向通信时延8ms。

艾灵® 轻量化核心网

艾灵 5G 核心网以及工业智能边缘应用以容器形式运行在集群Intel边缘平台之上提供智能工业服务。核心网开户数据存储在 NoSQL 数据库服务中。用户只需要在 Kubernetes 中创建一个Ailink5GSCluster 资源，Operator 会在集群中若干个创建ControlPlane资源和UserPlane资源，然后根据ControlPlane资源和UserPlane资源中的定义，分别创建信令面和用户面网元的工作负载，并保证SMF网元和UPF网元相关联。

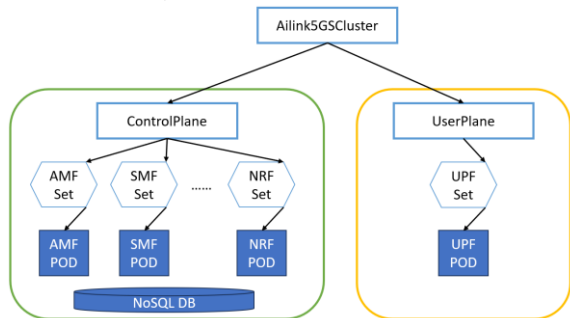


图9 核心网集群架构图

核心网 HA 方案

基于 AMF Set + VIP 漂移 + KV Store 状态同步的核心网 HA 方案

用户在Kubernetes中创建一个Ailink5GSCluster资源，由Ailink5GSCluster资源控制创建两个ControlPlane资源和两个UserPlane资源。用户在基站中配置多个AMF地址指向不同的AMF实例。N3、N4、N6接口均使用虚拟IP。处于就绪状态的网元会把VIP绑定到工作网卡上，并发送ARP广播，更新二层网络中的ARP缓存，实现VIP漂移。相同网元的不同实例间使用KV Store服务进行状态同步，信令面和用户面可以分别使用不同的KV Store服务实例。基于AMF动态向基站更新自身权重以及基站消息重路由功能，实现同时只有一个控制面服务组承载业务。

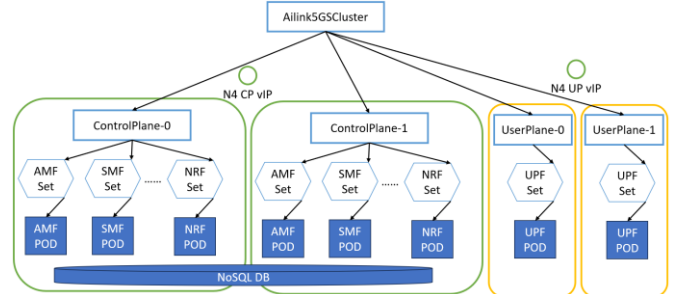


图10 VIP 漂移 HA 方案

基于 AMF SET 的核心网 HA 方案

用户在Kubernetes中创建多个Ailink5GSCluster资源，每个Ailink5GSCluster资源仅控制一个ControlPlane资源和一个UserPlane资源。用户在基站中配置多个AMF地址指向不同的AMF实例。

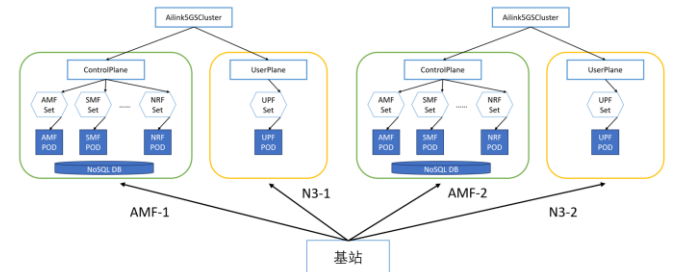


图11 多实例 HA 方案

方案优势

本方案从硬件，边缘平台，5G网元等各个方面，对成本和可靠性进行了多维度的提升。

硬件成本优势

E3300 G6具有强大模块扩展能力，单个计算节点就是一台服务器，节点类型十分丰富，包含存储类型节点、计算类型节点、均衡类型节点，用户可根据应用场景选择最合适的节点，避免IO资源和空间的浪费；同时，E3300 G6支持跨平台复用，可通过只升级节点实现CPU平台升级（无需更换整台服务器），有利于用户投资保护。另外，E3300 G6服务器Flex区域

可以插入单/双交换机模块实现IT和CT融合部署，进一步节约成本、空间，简化部署。

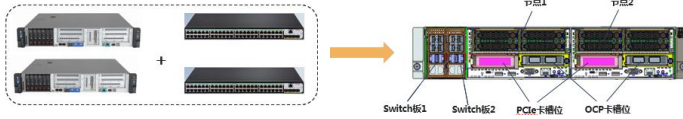


图12 E3300 G6服务器

1台E3300 G6 (2U2N) 服务器替代2台OTII 2U服务器+2台交换机，可以节约结构件、散热器、风扇、PSU等成本。

对比项	E3300 G6 的方案	OTII 2U 的方案	备注
服务器机箱 (含单板)	机箱、1P 主板等各 1 个	机箱、2P 主板等各 2 个	机箱减半、主板节省 PCB 板面积，阻容感、VR 电源芯片、连接器等器件
散热器	2 个	4 个	散热器数量减半
PSU	2 个	4 个	电源数量减半
风扇	4 个	8 个	风扇数量减半
交换机	内置 Switch 板×2	外部交换机×2	节约机箱结构、220V 电源模块，风扇、CPLD 等
光模块/光纤	10G 内部走线互联	10G 外部走线	内部走线节约光模块和光纤

表1 OTII-E和OTII 2U对比

实施成本优势

部署时，可以节省3U空间，相对于传统服务器部署空间节省60%，同时机箱内部电缆代替光模块和光纤，减少外部走线，部署高效、可靠性高。

维护方便，可以不间断业务进行维护，生产不用停机，大大提高生产的效率。

从运维多台设备变成了运维一台设备，运维费用、人力费用节省约50%，同时能耗费用也会有较大节约。

高可用优势

硬件高可用优势

E3300 G6 的可选用双节点，实现业务处理 HA；每个节点到交换机可选用双网卡，实现网卡 HA；Flex 区域可选用双交换卡，实现交换机 HA；PSU 支持 1+1 冗余；风扇支持 N+1 冗余；环境适应能力强，宽温设计可部署无空调环境。

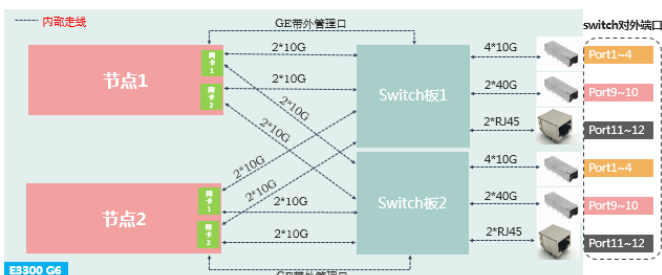


图13 双交换机+双网卡方案

链路高可用优势

可靠性优势

单链路的场景下，由于空口受到环境的影响，不可避免的存在丢包的情况，在使用多链路的多发选收特性之后，对网络的可靠性有明显的指数级的提升。

假设单链路的丢包率为1%，那么使用双发选收的场

景下，丢包率为0.001%；使用三发选收的场景下，丢包率是0.00001%。

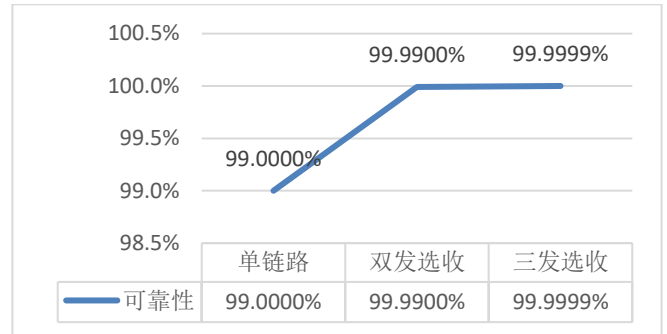


图14 双发选收可靠性

假设单链路的丢包率为0.01%，那么使用双发选收的场景下，丢包率为0.000001%；使用三发选收的场景下，丢包率是0.0000000001%。

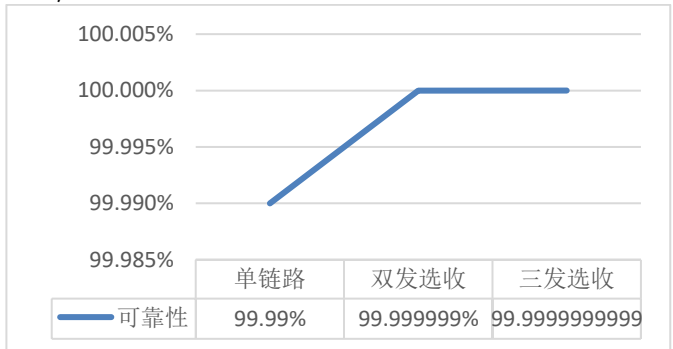


图15 双发选收可靠性

时延优化

单链路场景下，仅有一个链路收发，由于空口质量波动，不可避免的发生重传，此时网络时延会有较大的波动。当开启多发选收之后，接收端会优先使用先到的数据报文，因此可以极大的优化网络抖动范围。从表1和表2的对比中，可以分析出，开启双发选收后，最大时延有10ms左右的下降，网络抖动范围从25ms下降到了15ms。

业务	对端 IP	最大时延	最小时延	<20ms	<24ms	<48ms
ping	192.168.1.90	34.946	9.375	98.9300%	99.788%	100.000%
ping	192.168.1.60	34.981	9.416	98.110%	99.608%	99.996%
ping	192.168.1.61	32.884	9.357	99.384%	99.901%	100.000%
ping	192.168.1.62	32.780	9.362	99.007%	99.832%	100.000%
ping	192.168.1.63	34.768	9.342	98.311%	99.746%	100.000%
ping	192.168.1.64	32.826	9.259	99.415%	99.905%	100.000%
ping	192.168.1.65	32.471	9.312	99.390%	99.895%	100.000%
ping	192.168.1.66	75.520	9.372	98.622%	99.772%	99.999%
ping	192.168.1.150	32.727	9.368	98.490%	99.729%	100.000%
ping	192.168.1.70	32.481	9.343	99.409%	99.904%	100.000%
ping	192.168.1.72	32.759	9.365	98.900%	99.809%	100.000%

表2 单链路端到端网络质量

业务	对端 IP	最大时延	最小时延	<20ms	<24ms	<48ms
ping	192.168.1.90	21.509	9.316	99.999%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.60	24.973	9.385	99.996%	99.997%	100.000%
ping	192.168.1.61	17.493	9.382	100.000%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.62	18.963	8.503	100.000%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.63	17.488	9.424	100.000%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.64	17.475	9.339	100.000%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.65	17.479	9.300	100.000%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.66	22.470	9.421	99.999%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.150	20.847	9.417	99.999%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.70	17.792	9.333	100.000%	100.000%	100.000%
ping	192.168.1.72	17.415	8.487	100.000%	100.000%	100.000%

表3 双链路双发选收网络质量

应用案例

艾灵网络“AI+机器视觉”

随着制造流程工艺与信息技术创新的逐步融合，传统制造行业面临巨大挑战。为进一步加强产品竞争力，制造企业不断优化制造工艺，提高制造精度，规范操作流程，逐步实现生产的自动化、信息化和智能化。在这样大背景下，越来越多的工业客户希望能通过“AI+机器视觉”来提高工业质检的效率。传统工业质检仍是采用人工目视缺陷检测，依靠肉眼对表面进行观察，这种方式存在诸多弊端，例如：劳动强度大、检测稳定性及一致性差；自动化程度低、生产效率低；难以形成精益化生产等等。为了有效解决这些问题，艾灵网络提供了拥有自主知识产权的“板材表面缺陷检测系统”，将深度学习模型与板材生产工艺流程相结合，实现了“图像采集、图像处理、缺陷分析、缺陷标注、智能研判、数据展示、控制联动”的全流程自动化检测，大大提升了检测效率，检测精度，同时减少人员投入数量，降低企业用工成本。



图16 缺陷检测系统

板材表面缺陷检测系统一次性完成15种缺陷检测，实现全自动分拣；所有质检结果均可在系统中全量保存，并可查询详情；每条质检产线永久节省4个人工，一年可节约20万元；无需产线改造即可完成设备部署；质检标准始终统一，产品质量稳定可控；一键生成质检报表，支持按照缺陷种类、合格/不合格、起止时间、可修复/不可修复等多维度生成报表。

艾灵网络ALC工厂数字化改造

ALC生产工厂国内数量约200家，目前该行业处于数字化转型的关键风口期，基本途径是以信息化系统

(MOM系统)为核心构建全连接工厂，实现从生产自动化向数字化、智能化工厂的转型。艾灵网络的依托英特尔架构，为ALC工厂提供高可靠的无线网络和高可靠(设备高可用、数据热备份)的工业云数据中心等基础设施，为数字化工厂建立坚实可靠底座，保证上层应用的稳定运行和弹性扩展。

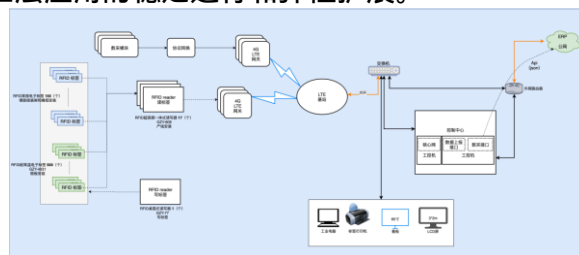


图17 全连接工厂示意图



图18 全连接工厂数据采集方案图

全连接工厂实现了无线、AI和边缘云产品在ALC行业的一次完美复制。实现了与工控机、组态软件、关系型数据库等从硬件到软件的工业级可靠性和性能的适配和调优，进一步提升了产品性能。产品再次深入产线和现场工业流程，实现向下与工业PLC、温度传感器等设备打通联动，向上与MOM系统数据集成，搭建全连接工厂，实现了在工业现场从生产监控到生产管理的全套能力建设，并帮助客户改善产能，提高效率，为客户带来价值和成功。